Nebula Graph Database 手册

v3.2.0

吴敏，周瑶，梁振亚，杨怡璇，黄凤仙

2022 vesoft Inc.

Table of contents

1. 欢迎阅读 Nebula Graph 3.2.0 文档 5
2. 简介 6
   - 2.1 图 6
   - 2.2 图数据库的市场概况 24
   - 2.3 相关技术 35
   - 2.4 什么是 Nebula Graph 48
   - 2.5 数据模型 52
   - 2.6 路径 54
   - 2.7 点 VID 56
   - 2.8 服务架构 58
3. 快速入门 75
   - 3.1 快速入门 75
   - 3.2 步骤 1：安装 Nebula Graph 76
   - 3.3 步骤 2：启动 Nebula Graph 服务 79
   - 3.4 步骤 3：连接 Nebula Graph 84
   - 3.5 注册 Storage 服务 86
   - 3.6 步骤 4：使用常用 nGQL（CRUD 命令） 87
   - 3.7 nGQL 命令汇总 97
4. nGQL 指南 118
   - 4.1 nGQL 概述 118
   - 4.2 数据类型 133
   - 4.3 变量和复合查询 151
   - 4.4 运算符 156
   - 4.5 函数和表达式 169
   - 4.6 通用查询语句 214
   - 4.7 子句和选项 252
   - 4.8 图空间语句 280
   - 4.9 Tag 语句 289
   - 4.10 Edge type 语句 297
   - 4.11 点语句 303
   - 4.12 边语句 310
   - 4.13 原生索引 317
   - 4.14 全文索引 328
   - 4.15 子图和路径 337

2022 vesoft Inc.

4.16 查询调优与终止 344
4.17 *Macro Rendering Error* 348
5. 安装部署 349
5.1 准备编译、安装和运行 Nebula Graph 的环境 349
5.2 编译与安装 355
5.3 存算合并版 Nebula Graph 374
5.4 设置 Nebula Graph 企业版 License 376
5.5 管理 Nebula Graph 服务 379
5.6 连接 Nebula Graph 服务 384
5.7 管理 Storage 主机 386
5.8 升级版本 387
5.9 卸载 Nebula Graph 392
6. 配置与日志 394
6.1 配置 394
6.2 日志 412
7. 监控 417
7.1 查询 Nebula Graph 监控指标 417
7.2 RocksDB 统计数据 425
8. 数据安全 427
8.1 验证和授权 427
8.2 SSL 加密 436
9. 备份与恢复 438
9.1 管理快照 438
10. 同步与迁移 440
10.1 BALANCE 440
10.2 集群间数据同步 441
11. 最佳实践 447
11.1 Compaction 447
11.2 Storage 负载均衡 449
11.3 图建模设计 452
11.4 系统设计建议 456
11.5 执行计划 457
11.6 超级顶点（稠密点）处理 458
11.7 实践案例 460
12. 客户端 461
12.1 Nebula Console 461

2022 vesoft Inc.

13. 图计算 465
13.1 算法简介 465
13.2 Nebula Analytics 471
13.3 Dag Controller 477
14. 附录 480
14.1 Nebula Graph 3.2.0 release notes 480
14.2 Nebula Graph 学习路径 482
14.3 关于 License 489
14.4 常见问题 FAQ 491
14.5 导入工具选择 499
14.6 如何贡献代码和文档 500
14.7 Nebula Graph 年表 504
14.8 思维导图 510
14.9 错误码 514

2022 vesoft Inc.

1. 欢迎阅读 Nebula Graph 3.2.0 文档

3.2.0 尚未发布

最后更新: July 1, 2022

2022 vesoft Inc.

2. 简介

2.1 图

当前，从计算机行业巨头（例如 Amazon 和 Facebook）到小型研究团队，都投入了大量的资源探索图数据库在解决各种数据关系问题上的潜力。当然你也可以选择像他们这样进行尝试，现在可供选择的数据库有很多。那么图数据库究竟是什么？它可以做些什么？作为一类数据库，它在数据库领域里处于什么位置呢？要回答这些问题，我们首先得了解图。

图是计算机科学研究的主要领域之一。图能够高效地解决目前存在的诸多问题。本章将从图说起，继而说明图数据库的优点及其在现代应用程序开发中的巨大潜力，然后介绍分布式图数据库的区别和几种其他类型的数据库。

2.1.1 图、图片与图论

图无处不在。当听到图这个词时，很多人都会想到条形图或折线图，因为有时候我们确实会把它们称作图。从传统意义上来说，图是用来展示两个或多个数据系统之间的联系的。最简单的例子如下图，下图展示了 Nebula Graph GitHub 仓库星星数量随时间推移的变化。

这是相对比较简单的一种图，横轴为时间，纵轴为星星数量。可以看到，星星数量是随着时间推移而上升的。这种类型的图通常称为折线图。折线图可以显示随时间（根据常用比例设置）而变化的连续数据。此处我们只给出了折线图的例子。当然图的形式有多种，比如饼图、条形图等。

还有一种“图”在日常口语中会更多的被提及，例如，“图像识别”，“美图秀”，“修图”等。例如下“图”的左边。

2022 vesoft Inc.

但是——总会有但是——我们在本书中讨论的图是另外一个概念——“图论”中的图。

在数学的分支图论中，图是基本研究对象，用于表示实体与实体之间的关系。一张图由一些小圆点（称为顶点或节点，即 Vertex）和连接这些圆点的直线或曲线（称为边，即 Edge）组成。“图（Graph）”这一名词最早由西尔维斯特在 1878 年提出。

通常，在英文中，为了区分这两种不同的图，前者会称为 Image，后者称为 Graph。在中文中，前者会强调为“图片”，后者会强调为“拓扑图”、“网络图”等。

这才是本书所说的图。

简单来说，图论就是研究图的学问。图论始于 18 世纪初期的柯尼斯堡七桥问题。柯尼斯堡当时是普鲁士的城市（现在属于俄罗斯，更名为加里宁格勒）。普雷格尔河穿过柯尼斯堡，不仅把柯尼斯堡分成了两部分，而且还在河中间形成了两个小岛。这就将整个城市分割成了四个区域，各区域由七座桥连接。当时有一个与柯尼斯堡相关的小游戏，即如何只穿过每座桥一次，浏览整个城市的四个区域。下图为柯尼斯堡七座桥的简化图。 有兴趣的话可以试试寻找这个小游戏的答案[1]。

2022 vesoft Inc.

大数学家欧拉为了解决了这一问题。通过将城市的四个区域抽象成点，将连接城市的七座桥抽象成连接点的边，欧拉证明了这一问题是无法解决的。简化的抽象图如下[2]：

图中四个点代表柯尼斯堡的四个区域，点之间的线代表连接四个区域的七座桥。从图中不难看出，偶数座桥连接的区域可以轻松通过，因为来去可以选择不同的路线。奇数座桥连接的区域只能作为起点或者终点，因为同样的路线只能走一次。和节点相关联的边的条数称为节点度。现在可以证明，只有两个节点有奇数度，另外节点有偶数度时，也即两个区域必须有偶数座桥，剩下的区域有奇数座桥时，柯尼斯堡问题才能解决。然而由上图得知，柯尼斯堡的任何区域都没有偶数座桥，所以这个谜题无解。

2022 vesoft Inc.

2.1.2 属性图

从数学角度来说，图论是研究建模对象之间关系结构的学科。但是从工业界使用的角度，通常会对基础的图模型进行扩展，称为**属性图模型**。属性图通常由以下几部分组成：

- 节点，即对象或实体。在本书中，通常简称为点（Vertex）。
- 节点之间的关系，在本书中，通常简称为边（Edge）。通常边是有方向或者无方向的，以表示两个实体之间有持续的关系。

- 此外，在节点和边上，还可以有属性（properties）。

在现实生活中，有很多属性图的例子。

例如企查查或者 BOSS 直聘这类的公司，用图来建模商业股权关系网络。这个网络中，点通常是一个自然人或者是一家企业，边通常是某自然人与某企业之间的股权关系。点上的属性可以是自然人姓名、年龄、身份证号等。边上的属性可以是投资金额、投资时间、董监高等职位关系。

2022 vesoft Inc.

在一个股票市场里面，点可以是一家上市公司，边可以是上市公司之间的相关性。点的属性可以为股票代码、简称、市值、板块等；边的属性可以为股价的时间序列相关性系数[3]。

图关系还可以是类似《权力的游戏》这样电视剧中的人物关系网[4]：点为人物，边为人物之间的互动关系；点的属性为人物姓名、年龄、阵营等，边的属性（距离）为两个人物之间的互动次数，互动越频繁距离越近。

2022 vesoft Inc.

图也可以用于 IT 系统内部的治理。例如，对于像微众银行这样的公司，通常有着非常庞大的数据仓库，以及相应的数仓管理工具。这些管理工具记录了数仓内 Hive 表之间通过 Job 实现的 ETL 关系[5]，这样的 ETL 关系，可以非常方便的用图的形式呈现和管理，当出现问题时也可以非常方便地追溯根源。

2022 vesoft Inc.

图也可以用于记录一个大型 IT 系统内部错综复杂的微服务之间的调用关系[6]，运维团队用其进行服务治理。这里每个点表示一个微服务，边表示两个微服务之间的调用关系；这样，运维人员可以方便地寻找可用性低于阈值 (99.99%) 的调用链路，或者发现那些出故障会影响面特别大的微服务节点。

2022 vesoft Inc.

服务治理
- 图谱数据
  - 将RPC服务调用关系写入图谱
  - 包含service、api、team等4类实体及5类关系
  - 点边数量在百万级别，实时写入
- 用于服务链路治理和告警优化

```
//查找API com.sankuai.ia.search.api:SearchControllerV2.search过去七天可用率低于99.99%的链路的thrift调用，最大图遍历深度为10
GO 1 TO 10 STEPS FROM
hash("com.sankuai.ia.search.api:SearchControllerV2.search") OVER call WHERE call.availability>0 AND call.availability<1000000 AND
$$.api.type=="mtthrift" YIELD call._src,call._dst
```

```
//查找所有java类型服务提供的API，并统计其会影响的上游API的数量，从高到低排序看影响次数大小（调用的可用率小于4个9）
LOOKUP ON service WHERE service.type=="java"
| GO FROM $-.VertexID OVER provider YIELD
provider._dst AS java_api_id
| GO FROM $-.java_api_id OVER call REVERSELY WHERE
call.availability>0 AND call.availability<1000000
YIELD call._src AS api_src, call._dst AS api_dst
| GROUP BY $-.api_src YIELD $-.api_src AS api_id,
count(1) AS call_cnt
| ORDER BY call_cnt DESC
| FETCH PROP ON api $-.api_id YIELD
api.appkey,api.method,$-.call_cnt
```

图也可以用于提升代码开发效率。用图存放代码之间的函数调用关系[6]，可以提升研发团队审查和测试代码的效率。在这样的图中，每个点是代码中的一个函数或者变量，每个边是函数或者变量之间的调用关系。当有新提交的代码之时，人们可以更方便的看到可能会受到影响到的其他接口，这样可以帮助测试人员更好的评估潜在的上线风险。

代码依赖分析
- 图谱数据
  - 将公司代码库中代码的依赖关系写入图谱
  - 包含method、field、class、interface等4类顶点、7类关系
  - 点边数量在千万级别，实时写入
- 用于QA精准测试
  - RD向代码仓库提交PR后，能查询出所修改代码能影响到的外部接口，并展示调用路径

```
//查找最外层method到某个method的所有无环路径
(GO 1 to 30 STEPS FROM 2946345526231222882 OVER
method_call_method REVERSELY YIELD DISTINCT
method_call_method._dst AS id
MINUS
GO 1 to 30 STEPS FROM 2946345526231222882 OVER
method_call_method REVERSELY YIELD DISTINCT
method_call_method._src as id )
| FIND NOLOOP path FROM $-.id TO
2946345526231222882 OVER method_call_method UPTO
30 STEPS
```

```
//确认两个method间是否有路径
FIND SINGLE SHORTEST PATH FROM hash("method1")
TO hash("method2") OVER method_call_method UPTO
30 STEPS
```

此外，相对于静态不发生变化的属性图，我们还可以通过增加一些时间信息，发掘出更多的使用场景。

例如，在一个银行间账户资金流向网络里面[7]，点是账户，边是账户之间的转账记录。边属性记录了转账的时间、金额等。同盾、邦盛、半云科技等公司采用图技术，可以方便地通过图的方式探索发现明显的资金挪用、“以贷还贷”、“团伙贷款”等现象。

2022 vesoft Inc.

同样的方法也可以用于探索发现加密货币的流向。

在一个黑产账户和设备网络中[8]，其中的点可以是账户、手机设备和 WIFI 网络，边是这些账户与手机设备之间的登录关系，以及手机设备和 WIFI 网络之间的接入关系。

2022 vesoft Inc.

这些登录记录的网络构成了黑产群体网络的团伙作案特征。360 数科[8]、快手[9]、微信[10]、知乎[11]、携程金融这些公司都通过图技术实时（毫秒级的）识别超过百万个的黑产社群。

更进一步，除了时间这个维度外，我们通过添加一些地理位置信息，还能发现属性图更多的应用场景。

例如新冠病毒的流行病学溯源[12]，点是人物，边是人与人之间的接触；点属性为人物的身份证、发病时间等信息，边属性为人物之间发生密切接触的时间和地理位置等。为卫生防疫部门快速识别高风险人群和其行为轨迹提供帮助。

2022 vesoft Inc.

地理位置与图的结合也可以用于一些 O2O 的场景，例如基于 POI（Point-of-Interest）的实时美食推荐[13]，使得美团这类本地生活服务平台公司能在消费者在打开 APP 的时候，实时推荐出更为合适的商家。

2022 vesoft Inc.

图还可以用于更深度的知识推理，华为、vivo、OPPO、微信、美团等公司，将图用于表征底层知识关系的数据模型。

2022 vesoft Inc.

2.1.3 为什么要使用图数据库

虽然关系型数据库与 XML/JSON 等半结构类型的数据库，都可以用来描述图结构的数据模型，但是，图（数据库）不仅可以描述图结构与存储数据本身，更着眼于处理数据之间的关联（拓扑）关系。具体来说，图（数据库）有这么几个优点：

- 图是一种更直观、更符合人脑思考直觉的知识表示方式。这使得我们在抽象业务问题时，可以着眼于“业务问题本身”，而不是“如何将问题描述为数据库的某种特定结构（例如表格结构）”。

2022 vesoft Inc.

- 图更容易展现数据的特征，例如转账的路径、近邻的社区。例如，如果要分析《权力的游戏》中的人物派别关系和人物重要性，表的组织方式如下：

Id	Label	Interval	Modularity Class	betweenness	community
-4364237027732478972	Arya-Stark		4	0.017495	0
-4973959390558533367	Gendry		0	0.0	0
-7025436182975816947	Hallis-Mollen		5	0.0	0
8249703968876499989	Raymun-Darry		0	0.0	0
-9085767779232784107	Hobb		3	0.0	1
7505218728385384214	Randyll-Tarly		3	0.0	1
5114251854412197144	Viserys-Targaryen		7	0.002858	2
-2958304360028784612	Jonos-Bracken		2	0.0	3
-4359919586974142177	Lancel-Lannister		0	0.0	0
7195357273749773604	Robb-Stark		5	0.072984	0
1075531505424338989	Marq-Piper		4	0.006237	0
-3670573862518875597	Addam-Marbrand		2	0.0	0
3931316780000927284	Robert-Arryn		2	0.0	0
4826035041806538 79	Irri		7	0.000096	2
7181995877190281794	Jommo		7	0.0	2
1787258805162148944	Eddard-Stark		0	0.269604	0
-558158798715221422	Danwell-Frey		1	0.021389	4
-2434779847791595692	Mordane		4	0.001056	0
8409318129262644314	Clydas		3	0.0	1
-1738391870688186527	Karyl-Vance		2	0.010753	5
6902668443292429674	Haggo		7	0.000068	2
958616218496853 59	Mya-Stone		2	0.0	0
2025059960255100299	Porther		0	0.0	0
-1967336888960310122	Colemon		2	0.0	0
5894253429758865049	Ilyn-Payne		4	0.00032	0
-1356662602606843742	Pycelle		0	0.000321	0
3827026564842300 79	Gared		6	0.004328	1
1306559795724859089	Jorah-Mormont		7	0.012611	2
-9641019998144797 7	Cayn		0	0.000022	0

这显然不如下方图的组织方式直观：

2022 vesoft Inc.

特别是当某些中心节点被删除：

2022 vesoft Inc.

或者，增加一条边，可以彻底地改变整个图拓扑：

虽然只是个别数据的细微改变，图可以比表更直观地表现其中的重要而系统的信息。

2022 vesoft Inc.

- 图查询语言是针对图结构访问设计的，可以更加直观。例如，下面是一个 LDBC 中的查询示例，要求：查找某人（Person）在社交网络上发布的帖子（Posts）；查找相应的回复（Message，回复本身还会被多次回复）;发帖时间、回帖时间都满足一定条件；根据回帖数量对结果排序。

如果使用 PostgreSQL 编写查询语句：

```
--PostgreSQL
WITH RECURSIVE post_all(psa_threadid
                      , psa_thread_creatorid, psa_messageid
                      , psa_creationdate, psa_messagetype
                       ) AS (
    SELECT m_messageid AS psa_threadid
         , m_creatorid AS psa_thread_creatorid
         , m_messageid AS psa_messageid
         , m_creationdate, 'Post'
      FROM message
     WHERE 1=1 AND m_c_replyof IS NULL -- post, not comment
       AND m_creationdate BETWEEN :startDate AND :endDate
  UNION ALL
    SELECT psa.psa_threadid AS psa_threadid
         , psa.psa_thread_creatorid AS psa_thread_creatorid
         , m_messageid, m_creationdate, 'Comment'
      FROM message p, post_all psa
     WHERE 1=1 AND p.m_c_replyof = psa.psa_messageid
     AND m_creationdate BETWEEN :startDate AND :endDate
)
SELECT p.p_personid AS "person.id"
     , p.p_firstname AS "person.firstName"
     , p.p_lastname AS "person.lastName"
     , count(DISTINCT psa.psa_threadid) AS threadCount
END) AS messageCount
     , count(DISTINCT psa.psa_messageid) AS messageCount
  FROM person p left join post_all psa on (
       1=1   AND p.p_personid = psa.psa_thread_creatorid
   AND psa_creationdate BETWEEN :startDate AND :endDate
   )
 GROUP BY p.p_personid, p.p_firstname, p.p_lastname
 ORDER BY messageCount DESC, p.p_personid
 LIMIT 100;
```

如果使用为图专门设计的图语言 Cypher 编写查询语句：

```
--Cypher
MATCH (person:Person)<-[:HAS_CREATOR]-(post:Post)<-[:REPLY_OF*0..]-(reply:Message)
WHERE post.creationDate >= $startDate AND post.creationDate <= $endDate
  AND reply.creationDate >= $startDate AND reply.creationDate <= $endDate
RETURN
  person.id, person.firstName, person.lastName, count(DISTINCT post) AS threadCount,
  count(DISTINCT reply) AS messageCount
ORDER BY
  messageCount DESC, person.id ASC
LIMIT 100
```

- 由于存储引擎和查询引擎可以针对图的结构专门设计，图的遍历（对应 SQL 中的 join）要高效得多。下图是知名产品 Neo4j 所做的一个对比[13]。

深度	关系型数据库的执行时间(s)	Neo4j的执行时间(s)	返回的记录条数
2	0.016	0.01	~2500
3	30.267	0.168	~110000
4	1543.505	1.359	~600000
5	未完成	2.132	~800000

关系数据库 vs 图数据库(多跳查询)

2022 vesoft Inc.

- 图数据库具有广泛的适用场景。例如数据集成（知识图谱）、个性化推荐、欺诈与威胁检测、风险分析与合规、身份（与控制权）验证、IT 基础设施管理、供应链与物流、社交网络研究等。
- 根据文献[14] 的统计，使用图技术最多的领域，依次是：信息技术(IT)、学术界研究、金融、工业界实验室、政府、医疗健康、国防、制药业、零售与电子商务、交通运输、电信、保险。
- 2019 年，根据 Gartner 的问卷调研，27% 的客户（500 组）在使用图数据库，20% 有计划使用。

2.1.4 RDF

受篇幅所限，本章不讨论 RDF 数据模型。

1. 图片来源 https://medium.freecodecamp.org/i-dont-understand-graph-theory-1c96572a1401. ↩
2. 图片来源 https://medium.freecodecamp.org/i-dont-understand-graph-theory-1c96572a1401 ↩
3. https://nebula-graph.com.cn/posts/stock-interrelation-analysis-jgrapht-nebula-graph/ ↩
4. https://nebula-graph.com.cn/posts/game-of-thrones-relationship-networkx-gephi-nebula-graph/ ↩
5. https://nebula-graph.com.cn/posts/practicing-nebula-graph-webank/ ↩
6. https://nebula-graph.com.cn/posts/meituan-graph-database-platform-practice/ ↩↩
7. https://zhuanlan.zhihu.com/p/90635957 ↩
8. https://nebula-graph.com.cn/posts/graph-database-data-connections-insight/ ↩↩
9. https://nebula-graph.com.cn/posts/kuaishou-security-intelligence-platform-with-nebula-graph/ ↩
10. https://nebula-graph.com.cn/posts/nebula-graph-for-social-networking/ ↩
11. https://mp.weixin.qq.com/s/K2QinpR5Rplw1teHpHtf4w ↩
12. https://nebula-graph.com.cn/posts/detect-corona-virus-spreading-with-graph-database/ ↩
13. https://nebula-graph.com.cn/posts/meituan-graph-database-platform-practice/ ↩↩
14. https://arxiv.org/abs/1709.03188 ↩

最后更新: March 7, 2022

2022 vesoft Inc.

2.2 图数据库的市场概况

既然已经讨论了什么是图，接下来让我们进一步认识基于图论和属性图模型发展起来的图数据库。

不同的图数据库在术语方面可能会略有不同，但是归根结底都是在讲点、边和属性。至于更多的功能，例如标签、索引、约束、TTL、长任务、存储过程和UDF等这些高级功能，在不同图数据库中，会存在明显的差异。

图数据库用图来存储数据，而图是最接近高度灵活、高性能的数据结构之一。图数据库是一种专门用于存储和检索庞大信息网的存储引擎，它能够高效地将数据存储为点和边，并允许对这些点边结构进行高性能的检索和查询。我们也可以为这些点和边添加属性。

图数据库几乎适用于存储所有领域的数据。因为在几乎所有领域中，事物之间都是由某种相关联的。图数据库支持存储实体之间的丰富关系，并且能够将这些关系完美地呈现出来，而无需像其他建模方式那样，将关系也当成实体存储。因此图数据库能够以最接近对数据直观认知的形式存储数据。

2.2.1 三方机构的统计和预测

DB-Engines 的统计

根据世界知名的数据库排名网站DB-Engines.com的统计，图数据库至2013年以来，一直是“增速最快”的数据库类别[1]。

该网站根据一些指标来统计每种类别的数据库的流行度变化趋势，这些指标包括基于Google等搜索引擎的收录和趋势情况、主要IT技术论坛和社交网站上讨论的技术话题、招聘网站的职位变化等。该网站共收录了371种数据库产品，并分为12个类别。这12个类别中，图数据库这种类别的增速远远快于其他任何的类别。

Gartner 的预测

世界顶级智库Gartner早在2013年之前[2]，就将图数据库作为主要的"商业智能与分析技术趋势"。在那个时候，Big Data正火热的如日中天，数据科学家更是炙手可热的职位。

2022 vesoft Inc.

Figure 1. Hype Cycle for Business Intelligence and Analytics, 2013

BI = business intelligence; DBMS = database management system; SaaS = software as a service; PaaS = platform as a service

直到最近，图数据库及相关的图技术依旧是"2021年十大数据与分析趋势"[3]:

2022 vesoft Inc.

趋势八：图技术使一切产生关联（Graph Relates Everything）

图技术已成为许多现代数据和分析能力的基础，能够在不同的数据资产中发现人、地点、事物、事件和位置之间的关系。数据和分析领导者依靠图技术快速回答需要在了解情况并理解多个实体之间的联系和优势的性质后才能回答的复杂业务问题。

Gartner预测，到2025年图技术在数据和分析创新中的占比将从2021年的10%上升到80%。该技术将促进整个企业机构的快速决策。

可以注意到，Gartner 的预测比较好的吻合了 DB-Engines 的统计结论。技术的进步并不是完全线性的，通常会有一段快速发展的泡沫期，然后进入一段平台期，之后由于新的技术的出现产生新一轮的泡沫期，再经历一段平台期。以此往复螺旋形的循环发展。

2022 vesoft Inc.

对于市场规模的预测

根据 verifiedmarketresearc[4], fnfresearch[5], marketsandmarkets[6], 以及 gartner[7] 等智库的统计和预测，图数据库市场（包括云服务）规模在2019年大约是8亿美元，将在未来6年保持25%左右的年复合增长(CAGR)至 30-40 亿美元，这大约对应于全球数据库市场 5-10% 的市场份额。

2.2.2 市场参与者

（第一代）图数据库的先行者 Neo4j

虽然在 1970 年代，人们已经提出了一些类似于"图”的数据模型和产品原型（例如 CODASYL[8])和相应的图语言 G/G+ 语言[9]。但真正能够让“图数据库”这个概念流行起来，不得不说到这个市场最主要的先行者 Neo4j，甚至(标签)属性图和图数据库这两个主要术语就是 Neo4j 最早提出并实践的。

> **本小节关于Neo4j和其创造的图查询语言Cypher的历史内容主要摘录自 ISO WG3 的工作论文"An overview of the recent history of Graph Query Languages"[10] 和[9]，本书作者根据最新两年的进展有删减和更新。**

> **关于图查询语言(Graph Query Language，GQL) 和国际标准的制定**

熟悉数据库的读者可能都知道结构化查询语言SQL。通过使用SQL，人们以接近自然语言的方式访问数据库。在 SQL 被广泛采用和标准化之前，关系型数据库的市场是非常碎片和割裂的——各家厂商的产品都有完全不同的接入访问方式，数据库产品自身的开发人员、数据库产品周边工具的开发人员、数据库最终的使用人员，都不得不学习各个厂商的完全不同的产品，在不同产品之间迁移极其困难。当1989年SQL-89标准被制定后，整个关系型数据库的市场快速收敛到SQL-89上。这大大降低了上述各种人员的学习曲线。

类似的，在图数据库领域，图语言(GQL)承担了类似于SQL的作用，是一种用户与图数据库主要的交互方式。但不同于SQL-89这种国际标准，GQL还没有任何国际标准。目前有两种主流的图语言：

Neo4j的Cypher (及其后续——ISO正在制定过程中的 GQL-standard 草案)和Apache TinkerPop的Gremlin。前者通常被称为声明式语言(Declarative query language)——也即用户只需要告诉系统“要什么”，而不管“怎么做”；后者通常被称为命令式语言(Imperative query language)，用户会显式地指定系统的操作。

GQL国际标准正在制定过程中。

2022 vesoft Inc.

年表简述

- 2000 年，Neo4j 的创始人产生将数据建模成网络（network）的想法。
- 2001 年，Neo4j 开发了最早的核心部分代码。
- 2007 年，Neo4j 开始以一个公司的方式运作。
- 2009 年，Neo4j 团队借鉴 XPath 作为图查询语言，Gremlin[11]最初也是基于这个想法。
- 2010 年，Neo4j 的员工 Marko Rodriguez 采用术语属性图（Property Graph）来描述 Neo4j 和 Tinkerpop / Gremlin 的数据模型。
- 2011 年，第一个公开发行版本 Neo4j 1.4; 并发布了Cypher的第一个版本。
- 2012 年，Neo4j 1.8 为 Cypher 增加写入图的能力。Neo4j 2.0 增加了标签和索引，Cypher 成为一种声明式的语言。
- 2015 年，Neo4j 将 Cypher 开源为 openCypher。
- 2017 年，ISO WG3 工作组开始讨论如何将属性图查询能力引入 SQL。
- 2018 年 12 月，从 Neo4j 3.5 开始其核心部分转为闭源。
- 2019 年, ISO 正式立项两个项目(ISO/IEC JTC 1 N 14279和ISO/IEC JTC 1/SC 32 N 3228），启动关于图数据库语言国际标准的制定工作。
- 2021 年，Neo4j 完成 F 轮 3.25 亿美元的融资，是整个数据库（包括关系型）历史上最大一轮融资。

NEO4J 的早期历史

Neo4j 和属性图这种数据模型，最早构想于 2000 年。Neo4j 的创始人们当时在开发一个媒体管理系统，所使用的数据库的 schema 经常会发生重大变化。为了支持这种灵活性，Neo4j 的联合创始人 Peter Neubauer，受到 Informix Cocoon 的启发，希望将系统能够建模为一种概念相互连接的网络。印度理工学院孟买分校的一群研究生们实现了最早的原型。Neo4j 的联合创始人 Emil Eifrém 和这些学生们花了一周的时间，将 Peter 最初的想法扩展成为一个更抽象的模型：节点通过关系连接，key-value 作为节点和关系的属性。这群人开发了一个 Java API 来和这种数据模型交互，并在关系型数据库之上实现了一个抽象层。

虽然这种网络模型极大的提高了生产力，但是性能一直很差。所以 Neo4j 联合创始人 Johan Svensson 花了不少精力，为这种网络模型实现了一个原生的数据管理系统。这个就成为了 Neo4j。在最初的几年，Neo4j 作为一个内部产品很成功。在 2007 年，Neo4j 的知识产权转移给了一家独立的数据库公司。

在 Neo4j 的第一个公开发行版中（Neo4j 1.4，2011 年），数据模型由节点和有类型的边构成，节点和边都有 key-value 组成的属性。Neo4j 的早期版本没有任何的索引，应用程序只能从根节点开始自己构造查询结构（search structure）。因为这样对于应用程序非常笨重，Neo4j 2.0（2013.12）引入了一个新概念——点上的标签（label）。基于点标签，Neo4j 可以为一些预定义的节点属性建立索引。

"节点"、"关系"、"属性"、"关系只能有一个标签"、"节点可以有零个或者多个标签"，以上这些概念构成了 Neo4j 属性图的数据模型定义。随着后来增加的索引功能，让 Cypher 成为了与 Neo4j 交互的主要方式。因为这样应用程序开发者只需要关注于数据本身，而不是上段提到的那个开发者自己构建的查询结构（search structure）。

GREMLIN 的创造

Gremlin是基于Apache TinkerPop开发的图语言，其风格接近于一连串的函数（过程）调用。最初 Neo4j 的查询方式是通过 Java API。应用程序可以将查询引擎作为库(library)嵌入到应用程序中，然后使用 API 来查询图。

就在这段时间，NOSQL 这个概念开始出现。NOSQL 型的数据库引擎一般用 REST 和 HTTP 来交互和查询。Neo4j 的早期员工 Tobias Lindaaker、Ivarsson、Peter Neubauer 、Marko Rodriguez用 XPath 作为图查询，Groovy 提供循环结构，分支和计算（等图灵完毕的功能）。 这个就是 Gremlin 最初的原型。 2009 年 11 月发布了第一个版本。

后来，Marko 发现同时用两种不同的解析器（XPath 和 Groovy）有很多问题，就将 Gremlin 改为基于 Groovy 的一种领域特定语言（DSL）。

CYPHER 的创造

Gremlin 和 Neo4j 的 Java API 一样，最初用于表达如何查询数据库的一种过程（Procedural）。它允许更短的语法来表达查询，也允许通过网络远程访问数据库。Gremlin 这种过程式的特性，需要用户知道如何采用最好的办法查询结果，这样对于应用程序开发人员来说仍旧有负担。与此同时，在过去30年中，声明式语言 SQL 取得了极大的成功：SQL 可以将“获取数据的声明方式”和“引擎如何获取数据”相分开，所以 Neo4j 的工程师们希望开发一种声明式的图查询语言。

2010 年，Andrés Taylor 作为工程师加入 Neo4j。受 SQL 启发，他启动了一个项目来开发图查询语言，而这种新语言于 2011 年 Neo4j 1.4 发布，这种新语言就是如今大多数图查询语言的先祖——Cypher 。

2022 vesoft Inc.

Cypher 的语法基础，是用 "ASCII艺术(ASCII art)" 来描述图模式。这种方式最初来源于 Neo4j 工程师团队在源代码中评注如何描述图模式。可以看下图的例子：

ASCII art 简单说，就是如何用可打印文本来描述点和边。Cypher 文本用 `()` 表示点， `-[]->` 表示边。 `(query)-[modeled as]->(drawing)` 来表示 起点 `query`， 终点 `drawing`， 边 `modeled as`，这样一个最简单的图关系(也可以称为图模式)。

Cypher 第一个版本实现了对图的读取，但是需要用户说明从哪些节点开始查询。只有从这些节点开始，才可以支持图的模式匹配。

在后面的版本，2012 年 10 月发布的 Neo4j 1.8 中，Cypher 增加了修改图的能力。但查询还是需要指明从哪些节点开始。

2022 vesoft Inc.

2013 年 12 月，Neo4j 2.0 引入了 label 的概念，label 本质上是个索引。这样，查询引擎就可以利用索引，来选择模式所匹配到的节点，而不需要用户指定开始查询的节点。

随着 Neo4j 的普及，Cypher 有着广泛的开发者群体，在各行各业的得到广泛的使用。至今仍是最受欢迎的图查询语言。

2015 年 9 月，Neo4j 发起成立了 openCypher Implementors Group（oCIG），将 Cypher 开放为 openCypher，通过开源的方式来治理和推进语言自身的演化。

后续

Cypher 启发了一系列后续的图查询语言，包括

2015 年，Oracle 发布图引擎PGX使用的图语言PGQL。

2016 年，Linked Data Benchmarking Council, LDBC 是一个行业知名的图性能基准评测机构。LDBC 发布 G-CORE

2018 年，基于 Redis 的图库(library) RedisGraph 采用 Cypher 作为其图语言

2019 年，国际标准组织 ISO 启动两个项目，基于 openCypher, PGQL, GSQL[12], and G-CORE 等现有业界成果，启动图语言国际标准的制定过程

2019 年，Nebula Graph 以 openCypher 为基础发布其扩展的图语言 Nebula Graph Query Language, nGQL。

分布式图数据库

大约 2005-2010 年，随着 Google 云计算"三驾马车"的发布，各种分布式的架构开始越来越流行，其中就包括以开源方式运作的 Hadoop 和 Cassandra 等。这里包括几个方面的影响：

1. 由于数据量和计算量越来越大，相比于单机(例如 Neo4j)或者小型机这种方案，分布式系统的技术和成本优势更加明显；而同时，分布式系统使得应用程序在访问这成千上万台机器时，就如同访问本地的系统一样，不需要在代码层面进行过多改造；
2. 开源方式使得更多的人（包括代码开发者、数据科学家、产品经理等）以更加低成本和有效的方式参与新兴的技术，并反馈给社区。

严格说，Neo4j 也提供了不少的分布式的能力，但都和业界意义上的（对等、分片的）分布式系统有较大的不同:

- Neo4j 3.X 要求全量数据必须存放在单机中。虽然其也提供多机之间(Master-slave/slave)做全量复制和高可用，但数据不可切分为不同子图存放。

2022 vesoft Inc.

Cluster architecture

- Neo4j 4.X 允许在不同机器上各存放一部分数据（子图），然后在应用层需通过一定方式拼装后(其称为编织 Fabric)[13]，将读写分发到各个机器上。这种做法需要应用层代码有大量的参与和工作。例如，设计如何把不同子图应该放置在哪些机器上，如何将从各机器获取的部分结果重新编织为最终的结果。

其语法风格大体是

```
USE graphA  # S1.1 从 Shard A 读
MATCH (movie:Movie)
Return movie.title AS title
    UNION   # S2. 在代理服务器 Join 结果
USE graphB  # S1.2 从 Shard B 读
```


2022 vesoft Inc.

```
MATCH  (move:Movie)
RETURN movie.title AS title
```

第二代（分布式）图数据库：TITAN 和其后继者 JANUSGRAPH

2011 年，Aurelius 公司成立，致力于开发一个开源的分布式图数据库 Titan[14]。到 2015 年 Titan 的第一个正式版发布，Titan 后端可以支持多种主流的分布式存储架构（例如 Cassandra, HBase, Elasticsearch, BerkeleyDB），并可以复用 Hadoop 生态的诸多便利，前端以 Gremlin 为统一的查询语言。对于程序员使用、开发和社区参与都很方便。大规模的图，可以分片后存放在 HBase 或者 Cassarndar上(这些当时都已经是相对成熟的分布式存储方案)，Gremlin 语言虽然略微冗长但相对功能完备。整个方案在当时(2011-2015)体现了不错的竞争力。

下图显示了 2012年 - 2015 年，Titan 和 Neo4j 在 GitHub.com 上 star 的增长情况。

2015 年 Aurelius(Titan) 被 DataStax 收购，这之后 Titan 逐渐转变为一个闭源的商业产品 (DataStax Enterprise Graph)。

2022 vesoft Inc.

在 Aurelius(Titan) 被收购后，市场对于开源分布式的图数据库一直仍有比较强烈的需求，而当时市场上成熟和活跃的产品并不多。大数据时代，数据仍在远快于摩尔定律的速度，源源不断的产生。Linux 基金会以及一些技术巨头(Expero, Google, GRAKN.AI, Hortonworks, IBM and Amazon) 在2017年，复制并分叉(fork)了原有的Titan项目，并启动为一个新项目 JanusGraph[15]。之后大多数的社区工作，包括开发、测试、发布和推广都逐步转移到了新的 JanusGraph。

下图显示了两个项目2012-2021年日常代码提交(pull request)的变化情况，可以观察到几点：

1. 即使 Aurelius(Titan) 2015 年被收购后，其开源代码仍有一定的活跃度(左侧)，但增速已经明显放缓。这体现了社区的力量。
2. 新项目 JanusGraph 项目在 2017 年 1 月启动后，其社区迅速活跃起来，短短一年时间就超越了 Titan 过去 5 年累计的 pull request 数量。而与此同时，Titan 开源项目就此停滞。

2022 vesoft Inc.

同期知名产品 ORIENTDB, TIGERGRAPH, ARANGODB, 和 DGRAPH

此后更多的厂商加入整个市场，除了由Linux基金会托管的 JanusGraph，还有一些由商业公司主导开发的分布式图数据，各方采用的数据模型和访问方式也有明显的不同。 本文不做一一介绍，仅简单列出主要区别。

厂商名	创立时间	核心产品名	开源协议	数据模型	查询语言
OrientDB LTD (2017 年 被 SAP 收购)	2011	OrientDB	开源	文档 + KV + 图	OrientDB SQL (基于SQL扩展的图能力)
GraphSQL (后改名 TigerGraph)	2012	TigerGraph	商业版本	图(分析)	GraphSQL (类SQL风格)
ArangoDB GmbH	2014	ArangoDB	Apache License 2.0	文档 + KV + 图	AQL (同时操作文档, KV 和图)
DGraph Labs	2016	DGraph	Apache Public License 2.0 + Dgraph Community License	原 RDF，后改为 GraphQL	GraphQL+-

传统巨头微软、亚马逊和甲骨文纷纷入场

除了聚焦于图产品的厂商外，传统巨头也纷纷进入这个领域。

Microsoft Azure Cosmos DB[16] 是一个在微软云上的多模数据库云服务，可以提供SQL、文档、图、key-value等多种能力； Amazon AWS Neptune[17] 是一种由 AWS 提供图数据库云服务, 可以提供属性图和 RDF 两种数据模型； Oracle graph[18] 是关系型数据库巨头 Oracle 在图技术与图数据库方向的产品。

新一代开源分布式图数据库 NEBULA GRAPH

在下一章，我们将正式介绍新一代开源分布式图数据库 Nebula Graph。

---

1. https://db-engines.com/en/ranking_categories ↩
2. https://www.yellowfinbi.com/blog/2014/06/yfcommunitynews-big-data-analytics-the-need-for-pragmatism-tangible-benefits-and-real-world-case-165305 ↩
3. https://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-top-10-data-and-analytics-trends-for-2021/ ↩
4. https://www.verifiedmarketresearch.com/product/graph-database-market/ ↩
5. https://www.globenewswire.com/news-release/2021/01/28/2165742/0/en/Global-Graph-Database-Market-Size-Share-to-Exceed-USD-4-500-Million-By-2026-Facts-Factors.html ↩
6. https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/graph-database-market-126230231.html ↩
7. https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2019-07-01-gartner-says-the-future-of-the-database-market-is-the ↩
8. https://www.amazon.com/Designing-Data-Intensive-Applications-Reliable-Maintainable/dp/1449373321 ↩
9. I. F. Cruz, A. O. Mendelzon, and P. T. Wood. A Graphical Query Language Supporting Recursion. In Proceedings of the Association for Computing Machinery Special Interest Group on Management of Data, pages 323–330. ACM Press, May 1987. ↩↩
10. "An overview of the recent history of Graph Query Languages". Authors: Tobias Lindaaker, U.S. National Expert.Date: 2018-05-14 ↩
11. Gremlin是基于Apache TinkerPop开发的图语言(https://tinkerpop.apache.org/)。 ↩
12. https://docs.tigergraph.com/dev/gsql-ref ↩
13. https://neo4j.com/fosdem20/ ↩
14. https://github.com/thinkaurelius/titan ↩
15. https://github.com/JanusGraph/janusgraph ↩
16. https://azure.microsoft.com/en-us/free/cosmos-db/ ↩
17. https://aws.amazon.com/cn/neptune/ ↩
18. https://www.oracle.com/database/graph/ ↩

最后更新: March 7, 2022

2022 vesoft Inc.

2.3 相关技术

本节主要介绍两个和分布式图数据库关系密切的领域，数据库方面和图技术方面。

2.3.1 数据库方面

关系型数据库

关系型数据库，是指采用了关系模型来组织数据的数据库。关系模型为二维表格模型，一个关系型数据库就是由二维表及其之间的联系所组成的一个数据组织。说到关系型数据库，大多数人都会想到 MySQL。MySQL 是目前最流行的数据库管理系统之一，支持使用最常见的结构化查询语言（SQL）进行数据库操作，并以表格、行、列的形式存储数据。这种存储数据的方法源自埃德加·科德（Edgar Frank Codd）于 1970 年提出的关系型数据模型。

在关系型数据库中，可以为待存储的每种类型的数据创建一个表。例如，球员表用来存储所有的球员信息，球队表用来存储球队信息等。SQL 表中的每行数据都必须包含一个主键（primary key）。主键是该行数据的唯一标识符。一般地，主键作为字段 ID 都是随行数自增的。关系型数据库自问世以来一直为计算机行业提供着非常好的服务，并将未来很长的时间内继续服务下去。

如果你用过 Excel、WPS 或其他类似的应用，你就会大概了解到关系数据库是如何工作的。首先设置好列，然后在对应的列下添加行数据。你可以对某一列数据进行求平均值或其他聚合操作，这与在关系型数据库 MySQL 中求平均值的操作类似。而 EXcel 中的数据透视表则相当于在关系型数据库 MySQL 中使用聚合函数和 CASE 语句对数据进行查询。一个 EXcel 文件可以有多张表，一张表就相当于 MySQL 的一张表。一个 EXcel 文件则类似于一个 MySQL 数据库。

关系型数据库中的关系

与图数据库不同，关系型数据库（或 SQL 型的数据库）中的边也是作为实体存储在专门的边表中的。先创建两个表，球员（player）和球队（team），然后再创建表 player_team 作为边表。边表通常由相关的表 join 而成。例如，此处的边表 player_team 就由球员表和球队表 join 而成。

这种存储边的方式在关联小型数据集时问题并不大，但是当关系型数据库中的关系太多时，问题就出现了。事实上，关系型数据库是非常“反关系的”。具体来说，当你只想查询一个球员的队友时，你必须对表中的所有数据进行 join 操作，然后再过滤掉你不需要的所有数据，当你的数据集达到一定规模时，这将给关系型数据库带来巨大压力。如果你想关联多张不同的表，可能在 join 爆炸（join bombs）前系统就已经无法响应了。

关系型数据库起源

上文提到，关系型数据模型最早是由 IBM 的工程师埃德加·科德（Edgar Frank Codd）于 1970 年提出的。科德写了几篇数据库管理系统方面的论文，论述了关系型数据模型的潜力。关系型数据模型不依赖于数据链接列表（网状数据或层级数据），而是更多依赖于数据集。他使用元组演算

2022 vesoft Inc.

（tuple calculus）的数学方法论证了这些数据集能够完成与导航数据库管理系统相同的任务。唯一的要求是，关系型数据模型需要一种合适的查询语言，以保证数据库的一致性要求。这就为后来声明型的结构化查询语言（SQL）提供了灵感来源。IBM 的 R 系统是关系型数据模型的最早使用者之一。然而，由前 IBM 员工拉里·埃里森创办的名叫软件开发实验室的小公司在市场上击败了 IBM。该公司的产品就是后来为我们熟知的 Oracle。

由于“关系数据库”在当时是一个比较时髦的词汇，因此许多数据库供应商都喜欢在其产品名称中使用这个词汇，尽管他们的产品实际上并不是关系型的。为了防止这种情况并减少关系型数据模型的错误使用，科德提出了著名科德 12 定律（Codd's 12 rules）。所有关系型数据系统都必须遵循科德 12 定律。

NoSQL 数据库

图数据库并不是可以克服关系型数据库缺点的唯一替代方案。现在市面上还有很多非关系型数据库的产品，这些产品都可以叫做 NoSQL。NoSQL 一词最早于上世纪 90 年代末提出，可以解释为“非 SQL” 或“不仅是 SQL”，具体解释要根据语境判断。为便于理解，这里 NoSQL 可以解释成 “非关系型数据库”。不同于关系型数据库，NoSQL 数据库提供的数据存储、检索机制并不是基于表关系建模的。 NoSQL 数据库可以分为四类：

- 键值存储（key-value stores）
- 列式存储（column-family stores）
- 文件存储（document stores）
- 图数据库（graph databases）

下面将分别介绍这四类数据库。

键值存储

键值存储，顾名思义，就是使用键值对存储数据的数据库。不同于关系型数据库，键值存储是没有表和列的。如果一定要做类比，键值数据库本身就像一张有很多列（也就是键）的大表。在键值存储数据库中，数据（即键值对中的值）都是通过键来存储和查询的，通常用哈希列表来实现。这比传统的 SQL 数据库要简单得多，而且对于某些 web 应用来说，这就足够了。

键值模型对于 IT 系统来说优势在于简单、易部署。多数情况下，这种存储方式对非关联的数据很适用。如是只是存储数据而无需查询的话，使用这种存储方法就没有问题。但是如果 DBA 只对部分值进行查询或更新的时候，键值模型就显得效率低下了。常见的键值存储数据库有：Redis、Voldemort、Oracle BDB。

列式存储

NoSQL 数据库的列式存储与 NoSQL 数据库的键值存储有许多相似之处，因为列式存储仍然在使用键进行存储和检索。区别在于列式存储数据库中，列是最小的存储单元，每一列均由键、值以及用于版本控制和冲突解决的时间戳组成。这在分布式扩展时特别有用，因为在数据库更新时，可以使用时间戳定位过期数据。由于列式存储良好的扩展性，因此适用于非常大的数据集。常见的列式存储数据库有：HBase、Cassandra、HadoopDB 等。

文档存储

准确来说，NoSQL 数据库文档存储实际上也是基于键值的数据库，只不过对功能做了增强。数据仍然以键值的形式存储，但是文档存储中的值是结构化的文档，而不仅仅是一个字符串或单个值。也就是说，由于信息结构的增加，文档存储能够执行更优化的查询，并且使数据检索更加容易。因此，文档存储特别适合存储、索引并管理面向文档的数据或者类似的半结构化数据。

从技术上讲，作为一个半结构化的信息单元，文档存储中的文档可以是任何形式可用的文档，包括 XML、JOSN、YAML 等，这取决于数据库供应商的设计。 比如，JSON 就是一种常见的选择。虽然 JSON 不是结构化数据的最佳选择，但是 JSON 型的数据在前端和后端应用中都可以使用。常见的文档存储数据库有：MongoDB、CouchDB、Terrastore 等。

图存储

最后一类 NoSQL 数据库是图数据库。本书重点讨论的 Nebula Graph 也是一种图数据库。虽然同为 NoSQL 型数据库，但是图数据库与上述 NoSQL 数据库有本质上的差异。图数据库以点、边、属性的形式存储数据。其优点在于灵活性高，支持复杂的图形算法，可用于构建复杂的关系图谱。我们将在随后的章节中详细讨论图数据库。不过在本章中，你只要知道图数据库是一种 NoSQL 类型的数据库就可以了。常见的图数据库有：Nebula Graph、Neo4j、OrientDB 等。

2.3.2 图技术方面

来看一张 2020 年的图技术全景[1]

2022 vesoft Inc.

和图有关联的技术有很多，可以大致分为这么几类：

- 基础设施：包括图数据库、图计算(处理)引擎、图深度学习、云服务等。
- 应用：包括可视化、知识图谱、反诈骗、网络安全、社交网络等。
- 开发工具：包括图查询语言、建模工具、开发框架和库。
- 电子书籍[2]和会议等。

图语言

在上一节中，我们介绍了图语言的历史。在这一节中，我们对图语言的功能做一个分类：

- 近邻查询：查询给定点或者边的邻边、邻点，或者是 K 跳的近邻。
- 图模式匹配(Pattern matching)：找到一个/所有的子图，满足给定的图模式；这个问题非常接近于"子图同构映射(subgraph isomorphism)"——虽然两个看上去不同的图，但其实是一模一样的[3]。

2022 vesoft Inc.

- 可达性（连通性）问题：最常见的可达性问题就是最短路径问题。泛化一些，这类问题通常用正则路径(Regular Path Query)的方式来描述——一系列联通的点组构成了一条路径，而该路径需要满足某种正则表达。
- 分析型问题：通常与一些汇聚型算子相关（平均值、count、最大值、点的出入度），或者度量所有两两点之间的距离、某节点与其他节点之间的互动程度（介数中心性）等。

图数据库(Graph Database)与图处理(Graph processing)系统

一个图系统通常会涉及到复杂的数据流水线[4]，从数据源(左边)到处理输出(右边)，会经过多个数据加工处理环节和系统；大的模块可以分为 ETL模块，图数据库系统(Graph OLTP)，图处理系统(Graph OLAP)，基于图引擎的应用系统（BI、知识图谱等）。

2022 vesoft Inc.

虽然这两类系统都是与图数据和图技术相关的系统，也处理类似的目标，但是他们有着不同的起源和特长（及弱点）：

- （在线）图数据库目标是图的持久化存储管理、高效的子图操作。硬盘（及网络）是目标运行设备，物理/逻辑数据映射，数据完整性和（故障）一致性是主要目标。每一个请求通常只会涉及到全图的一小部分，通常可以在一台服务器上完成；单个请求时延通常在毫秒到秒级别，请求并发量通常在几千到几十万。早期的 Neo4j 是图数据库领域的起源之一。
- （离线）图处理系统目标是全图的大批量、并行、迭代、处理与分析，内存（及网络）是目标运行设备。每一个请求会涉及到所有的图节点，需要所有的服务器参与完成；单个请求的时延通常在分钟到小时（天），请求并发量通常为个位数。Google 的 Pregel[5] 是图处理系统的典型起源代表，它的点中心编程抽象与BSP的运行模式构成的编程范式，相比之前 Hadoop Map-Reduce 是更为图友好的 API 抽象。

6

图的分片方式

对于一个大规模的图数据来说，是很难存放在单个服务器的内存中的，即使仅仅存放图结构本身也不够。而且通过增加单服务器的能力，其成本价格通常成指数级别上升。 此外，随着数据量的增加，例如到达千亿级别的时候，已经超过了市面上所有商用服务器的容量能力。

与此对应的，另外一个经常使用的方案，是对数据进行分片，并将每个分片放置在不同的服务器上（并进行冗余备份），以此来增加可靠性和性能。对于一些 NoSQL 型的系统，例如 key-value 或者文档型的系统来说，这个分片方式是比较直观和自然的；通常可以根据 key 或者 docID，来将每个记录或者数据单元(key-value, doc)放在不同的服务器上。

但是图这种数据结构的分片通常不那么直观，这是因为通常图是“全联通”的，每个点通常只要6跳就可以联通到其他任何节点； 而理论上早已证明图的划分问题是 NP 的。 与此同时，当把整个图数据分散到多个服务器时，跨服务器的网络访问时延10倍于同一个服务器内部的硬件(内存)访问时间；因此对于一些深度优先遍历的场景，会发生大量的跨网络访问，导致整体时延极高。

7

2022 vesoft Inc.

另一方面，通常图有着明显的幂律分布；少量节点的邻边稠密程度远大于平均的节点，虽然处理这些节点通常可以在同一台服务器内，减少了跨网络访问，但这也意味着这些服务器压力会远大于平均。

因此，常见的图分片(Sharding)方式有几类：

- 偏应用层面的分片：应用层感知并控制每个点和边应该落在哪个分片上，一般来说可以根据点和边的类型（比如业务意义来人为）判断。将一组相同类型的点放在一个分片，另一组相同类型的点放在另一个分片。当然，为了高可靠，分片本身还可以做多副本。在应用使用时，从各个分片取回所要的点和边，然后在偏应用侧（或者某个代理服务器端），将取回的数据拼装成最终的结果。其典型代表是 Neo4j 4.x 的 Fabric。

2022 vesoft Inc.

- 使用分布式的缓存层：在硬盘之上增加内存缓存层，并对重要的部分分片和数据（例如图结构）进行缓存，并预热这部分缓存。
- 增加（只读）副本或视图 (View)：为部分图分片增加只读的副本或者建立一个视图，将较重的读请求负载通过这些分片服务器承担。
- 进行细颗粒度的图划分：例如将点和边组成多个小分片（Partition），而不是一台服务器一个大分片（Sharding），再将关联性较强的 Partition 尽量放置在同一个服务器上[8]。

具体工程实践时，也会混合使用上述几种方式。通常，离线的图处理系统会通过一个ETL过程，将图进行一定程度的预处理以提高局部性；而在线图数据库系统通常会选择周期性的数据再平衡过程来提高数据局部性。

2022 vesoft Inc.

一些技术上的挑战

在文献[9]中，对于无处不在的大图和挑战做了详尽的调研，下面是其列出的十大图技术挑战：

- 可扩展性(软件可以处理更大的图规模): 包括大图的加载、更新、图计算和图遍历，触发器，超级节点；
- 可视化：可定制布局，大图的渲染，多层次展示，动态（更新）的展示
- 查询语言和编程 API：包括语言表达能力、标准兼容性、与现有系统的兼容性；子查询的设计和跨多图之间的关联查询
- 更快的图（及机器学习）算法
- 易用性（配置和使用）
- 性能指标与测试
- 更通用的图技术软件（例如，处理离线、在线、流式的计算）
- 图清洗（ETL）
- Debug 调试与测试

一些开源的单机图工具

对于图数据库通常会有一个误解，只要涉及到图结构的数据存取就需要存放在图数据库中，这是一种很大的浪费。

这就像也许你只需要一个 SQLite，却用了一个 Oracle。

当数据量并不大时，通常单机内存可以放下，例如数据量几千万的点边关系，使用一些单机的开源工具也可以取得很好的效果。

> **Note**
>
> 下面是一些推荐的单机图库，也可以集成在你的应用程序里面。

- JGraphT[10]: 一个知名的开源 Java 图论库(library)，其实现了相当多的高效图算法。
- JUNG[11]是BSD许可下用Java编写的开源图建模和可视化框架。该框架内置了许多布局算法，以及诸如图聚类和节点中心性度量之类的分析算法。
- igraph[12]: 一个轻量且功能强大的 Library, 支持R、python、C
- NetworkX[13]: 数据科学家做图论分析第一选择， python。
- Cytoscape[14]: 功能强大的可视化开源图分析工具。
- Gephi[15]: 功能强大的可视化开源图分析工具。
- arrows.app[16]： 非常简单的脑图工具，用于可视化生成 Cypher 语句.

一些行业数据集和 Benchmark

LDBC

关联数据基准委员会（LDBC[17]，Linked Data Benchmark Council）是由Oracle、Intel等软硬件巨头和主流图数据库厂商Neo4j和TigerGraph等组成的非赢利机构，是图的基准指南制定者与测试结果发布机构，在行业内有着很高的影响力。

社交网络基准测试（SNB，Social Network Benchmark）是由关联数据基准委员会（LDBC）开发的面向图数据库的基准测试（Benchmark）之一，分为交互式查询（Interactive）和商业智能（BI）两个场景。其作用类似于 TPC-C, TPC-H 等测试在 SQL 型数据库中的功能，可以帮助用户比较多种图数据库产品的功能、性能、容量。

SNB 数据集模拟一个社交网络的人、发帖之间的关系，考虑了社交网络的分布属性、人的活跃度等等社交信息。

2022 vesoft Inc.

其标准数据量从 0.1 GB (scale factor 0.1) 到 1000 GB (sf1000)，也可以生成 10 TB，100 TB等更大的数据集；其点、边数量如下表。

Scale Factor	0.1	0.3	1	3	10	30	100	300	1000
# of Persons	1.5K	3.5K	11K	27K	73K	182K	499K	1.25M	3.6M
# of nodes	327.6K	908K	3.2M	9.3M	30M	88.8M	282.6M	817.3M	2.7B
# of edges	1.5M	4.6M	17.3M	52.7M	176.6M	540.9M	1.8B	5.3B	17B

2022 vesoft Inc.

2.3.3 一些趋势

虽然图的各种技术起源和目标并不相同，但在相互借鉴和融合

上云的趋势在加速，对于弹性能力提出更高要求

根据 Gartner 的预计，云服务一直保持较快的增速和渗透率[18]。大量的商业软件，正在从 10 年前完全私有本地逐步转向基于云服务的商业模式。 云服务的一大优点是其提供了近乎无限的弹性能力；这也要求各种基于云基础设施的软件必须有更好的快速弹性扩缩容能力。

2022 vesoft Inc.

硬件趋势，SSD 将成为主流的持久化设备

硬件决定了软件的架构——从发现摩尔定律的 50 年代到进入多核的 00 年代，硬件发展趋势和速度一直深刻的决定了软件的架构。数据库类系统大多围绕“硬盘+内存”设计，高性能计算型系统大多围绕“内存 + CPU”设计，分布式系统面对千兆、万兆和 RDMA 网卡的设计也完全不同。

图基于拓扑的遍历有着极其明显的随机访问特点，因此大多数早期图数据库系统都采用了“大内存 + HDD” 的架构————通过设计**常驻**在内存中的一些数据结构（例如B+树、Hash表等），在内存中实现随机访问目的，以优化图的拓扑遍历，再将这些随机访问转换成 HDD 所适合的顺序读写。整套软件的架构（包括存储和计算层）都必须基于和围绕这样的 IO 流程来展开。随着 SSD 价格的快速下降[19]，SSD 正在替代 HDD 成为持久化设备的主流。SSD 随机访问友好、IO 队列深、按块存取的特点与 HDD 高度顺序、随机时延极高、磁道易损坏的访问特点有着明显的不同。全部的软件架构也需要重新设计，这成为沉重的历史技术负担。

2022 vesoft Inc.

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
SSD $/TB	$2,220	$1,293	$840	$538	$493	$378	$195	$128	$86	$58	$40	$29	$21	$15	$12	$9	$7	$6
HDD $/TB	$60	$53	$45	$35	$30	$26.8	$23.9	$22.2	$21	$19	$18	$17	$16	$15	$14	$14	$13	$13
Ratio SSD/HDD $/TB	37	25	19	15	16	14	8.1	5.8	4.2	3.0	2.2	1.7	1.3	1.0	0.8	0.7	0.54	0.45

Figure 4 – SSD/HDD Pricing Ratio 2013 – 2030

Source: © Wikibon, 2021.

2022 vesoft Inc.

1. https://graphaware.com/graphaware/2020/02/17/graph-technology-landscape-2020.html ↩
2. 学习目的(非商业用途)可以联系[作者]((mailto:min.wu@vesoft.com)获取电子版。 ↩
3. https://en.wikipedia.org/wiki/Graph_isomorphism ↩
4. The Future is Big Graphs! A Community View on Graph Processing Systems. https://arxiv.org/abs/2012.06171 ↩
5. G. Malewicz, M. H. Austern, A. J. Bik, J. C. Dehnert, I. Horn, N. Leiser, and G. Czajkowski. Pregel: a system for large-scale graph processing. In Proceedings of the International Conference on Management of data (SIGMOD), pages 135–146, New York, NY, USA, 2010. ACM ↩
6. https://neo4j.com/graphacademy/training-iga-40/02-iga-40-overview-of-graph-algorithms/ ↩
7. https://livebook.manning.com/book/graph-powered-machine-learning/welcome/v-8/ ↩
8. https://www.arangodb.com/learn/graphs/using-smartgraphs-arangodb/ ↩
9. https://arxiv.org/abs/1709.03188 ↩
10. https://jgrapht.org/ ↩
11. https://github.com/jrtom/jung ↩
12. https://igraph.org/ ↩
13. https://networkx.org/ ↩
14. https://cytoscape.org/ ↩
15. https://gephi.org/ ↩
16. https://arrows.app/ ↩
17. https://github.com/ldbc/ldbc_snb_docs ↩
18. https://cloudcomputing-news.net/news/2019/apr/15/public-cloud-soaring-to-331b-by-2022-according-to-gartner/ ↩
19. https://blocksandfiles.com/2021/01/25/wikibon-ssds-vs-hard-drives-wrights-law/ ↩

最后更新: June 30, 2022

2022 vesoft Inc.

2.4 什么是 Nebula Graph

Nebula Graph 是一款开源的、分布式的、易扩展的原生图数据库，能够承载包含数千亿个点和数万亿条边的超大规模数据集，并且提供毫秒级查询。

2.4.1 什么是图数据库

图数据库是专门存储庞大的图形网络并从中检索信息的数据库。它可以将图中的数据高效存储为点（Vertex）和边（Edge），还可以将属性（Property）附加到点和边上。

2022 vesoft Inc.

图数据库适合存储大多数从现实抽象出的数据类型。世界上几乎所有领域的事物都有内在联系，像关系型数据库这样的建模系统会提取实体之间的关系，并将关系单独存储到表和列中，而实体的类型和属性存储在其他列甚至其他表中，这使得数据管理费时费力。

Nebula Graph 作为一个典型的图数据库，可以将丰富的关系通过边及其类型和属性自然地呈现。

2.4.2 Nebula Graph 的优势

开源

Nebula Graph 是在 Apache 2.0 条款下开发的。越来越多的人，如数据库开发人员、数据科学家、安全专家、算法工程师，都参与到 Nebula Graph 的设计和开发中来，欢迎访问 Nebula Graph GitHub 主页参与开源项目。

高性能

基于图数据库的特性使用 C++ 编写的 Nebula Graph，可以提供毫秒级查询。众多数据库中，Nebula Graph 在图数据服务领域展现了卓越的性能，数据规模越大，Nebula Graph 优势就越大。详情请参见 Nebula Graph benchmarking 页面。

易扩展

Nebula Graph 采用 shared-nothing 架构，支持在不停止数据库服务的情况下扩缩容。

易开发

Nebula Graph 提供 Java、Python、C++ 和 Go 等流行编程语言的客户端，更多客户端仍在开发中。详情请参见 Nebula Graph clients。

2022 vesoft Inc.

高可靠访问控制

Nebula Graph 支持严格的角色访问控制和 LDAP（Lightweight Directory Access Protocol）等外部认证服务，能够有效提高数据安全性。详情请参见验证和授权。

生态多样化

Nebula Graph 开放了越来越多的原生工具，例如 Nebula Studio、Nebula Console、Nebula Exchange 等，更多工具可以查看生态工具概览。

此外，Nebula Graph 还具备与 Spark、Flink、HBase 等产品整合的能力，在这个充满挑战与机遇的时代，大大增强了自身的竞争力。

兼容 openCypher 查询语言

Nebula Graph 查询语言，简称为 nGQL，是一种声明性的、部分兼容 openCypher 的文本查询语言，易于理解和使用。详细语法请参见 nGQL 指南。

面向未来硬件，读写平衡

闪存型设备有着极高的性能，并且价格快速下降， Nebula Graph 是一个面向 SSD 设计的产品，相比于基于 HDD + 大内存的产品，更适合面向未来的硬件趋势，也更容易做到读写平衡。

灵活数据建模

用户可以轻松地在 Nebula Graph 中建立数据模型，不必将数据强制转换为关系表。而且可以自由增加、更新和删除属性。详情请参见数据模型。

广受欢迎

腾讯、美团、京东、快手、360 等科技巨头都在使用 Nebula Graph。详情请参见 Nebula Graph 官网。

2.4.3 适用场景

Nebula Graph 可用于各种基于图的业务场景。为节约转换各类数据到关系型数据库的时间，以及避免复杂查询，建议使用 Nebula Graph。

欺诈检测

金融机构必须仔细研究大量的交易信息，才能检测出潜在的金融欺诈行为，并了解某个欺诈行为和设备的内在关联。这种场景可以通过图来建模，然后借助 Nebula Graph，可以很容易地检测出诈骗团伙或其他复杂诈骗行为。

实时推荐

Nebula Graph 能够及时处理访问者产生的实时信息，并且精准推送文章、视频、产品和服务。

知识图谱

自然语言可以转化为知识图谱，存储在 Nebula Graph 中。用自然语言组织的问题可以通过智能问答系统中的语义解析器进行解析并重新组织，然后从知识图谱中检索出问题的可能答案，提供给提问人。

社交网络

人际关系信息是典型的图数据，Nebula Graph 可以轻松处理数十亿人和数万亿人际关系的社交网络信息，并在海量并发的情况下，提供快速的好友推荐和工作岗位查询。

2022 vesoft Inc.

2.4.4 视频

用户也可以通过视频了解什么是图数据。

- 图数据库 Nebula Graph 介绍视频（01 分 39 秒）

2.4.5 主题演讲

查看演讲快速了解图数据库概况。

2.4.6 相关链接

- 官方网站
- 文档首页
- 博客首页
- 论坛
- GitHub

最后更新: May 13, 2022

2022 vesoft Inc.

2.5 数据模型

本文介绍 Nebula Graph 的数据模型。数据模型是一种组织数据并说明它们如何相互关联的模型。

2.5.1 数据模型

Nebula Graph 数据模型使用 6 种基本的数据模型：

- 图空间（Space）

  图空间用于隔离不同团队或者项目的数据。不同图空间的数据是相互隔离的，可以指定不同的存储副本数、权限、分片等。

- 点（Vertex）

  点用来保存实体对象，特点如下：

- 点是用点标识符（`VID`）标识的。`VID` 在同一图空间中唯一。VID 是一个 int64，或者 fixed_string(N)。
- 点可以有 0 到多个 Tag。

> **Compatibility**
>
> Nebula Graph 2.x 及以下版本中的点必须包含至少一个 Tag。

- 边（Edge）

  边是用来连接点的，表示两个点之间的关系或行为，特点如下：

- 两点之间可以有多条边。
- 边是有方向的，不存在无向边。
- 四元组 `<起点 VID、Edge type、边排序值 (rank)、终点 VID>` 用于唯一标识一条边。边没有 EID。
- 一条边有且仅有一个 Edge type。
- 一条边有且仅有一个 Rank，类型为 int64，默认值为 0。

> **关于**
>
> Rank 可以用来区分 Edge type、起始点、目的点都相同的边。该值完全由用户自己指定。
> 读取时必须自行取得全部的 Rank 值后排序过滤和拼接。
> 不支持诸如 `next()`，`pre()`，`head()`，`tail()`，`max()`，`min()`，`lessThan()`，`moreThan()` 等函数功能，也不能通过创建索引加速访问或者条件过滤。

- 标签（Tag）

  Tag 由一组事先预定义的属性构成。

- 边类型（Edge type）

  Edge type 由一组事先预定义的属性构成。

- 属性（Property）

  属性是指以键值对（Key-value pair）形式表示的信息。

2022 vesoft Inc.

Note

Tag 和 Edge type 的作用，类似于关系型数据库中“点表”和“边表”的表结构。

2.5.2 有向属性图

Nebula Graph 使用有向属性图模型，指点和边构成的图，这些边是有方向的，点和边都可以有属性。

下表为篮球运动员数据集的结构示例，包括两种类型的点（**player**、**team**）和两种类型的边（**serve**、**follow**）。

类型	名称	属性名（数据类型）	说明
Tag	**player**	name (string) age（int）	表示球员。
Tag	**team**	name (string)	表示球队。
Edge type	**serve**	start_year (int) end_year (int)	表示球员的行为。 该行为将球员和球队联系起来，方向是从球员到球队。
Edge type	**follow**	degree (int)	表示球员的行为。 该行为将两个球员联系起来，方向是从一个球员到另一个球员。

Note

Nebula Graph 中没有无向边，只支持有向边。

Compatibility

由于 Nebula Graph 3.2.0 的数据模型中，允许存在"悬挂边"，因此在增删时，用户需自行保证“一条边所对应的起点和终点”的存在性。详见 INSERT VERTEX、DELETE VERTEX、INSERT EDGE、DELETE EDGE。

不支持 openCypher 中的 MERGE 语句。

最后更新: May 13, 2022

2022 vesoft Inc.

2.6 路径

图论中一个非常重要的概念是路径，路径是指一个有限或无限的边序列，这些边连接着一系列点。

路径的类型分为三种：`walk`、`trail`、`path`。关于路径的详细说明，请参见维基百科。

本文以下图为例进行简单介绍。

2.6.1 walk

`walk` 类型的路径由有限或无限的边序列构成。遍历时点和边可以重复。

查看示例图，由于 C、D、E 构成了一个环，因此该图包含无限个路径，例如 `A->B->C->D->E`、`A->B->C->D->E->C`、`A->B->C->D->E->C->D`。

> **Note**
>
> `GO` 语句采用的是 `walk` 类型路径。

2.6.2 trail

`trail` 类型的路径由有限的边序列构成。遍历时只有点可以重复，边不可以重复。柯尼斯堡七桥问题的路径类型就是 `trail`。

查看示例图，由于边不可以重复，所以该图包含有限个路径，最长路径由 5 条边组成：`A->B->C->D->E->C`。

> **Note**
>
> `MATCH`、`FIND PATH` 和 `GET SUBGRAPH` 语句采用的是 `trail` 类型路径。

在 trail 类型中，还有 `cycle` 和 `circuit` 两种特殊的路径类型，以下图为例对这两种特殊的路径类型进行介绍。

2022 vesoft Inc.

- cycle

  `cycle` 是封闭的 `trail` 类型的路径，遍历时边不可以重复，起点和终点重复，并且没有其他点重复。在此示例图中，最长路径由三条边组成：`A->B->C->A` 或 `C->D->E->C` .

- circuit

  `circuit` 也是封闭的 `trail` 类型的路径，遍历时边不可以重复，除起点和终点重复外，可能存在其他点重复。在此示例图中，最长路径为：`A->B->C->D->E->C->A` 。

2.6.3 path

`path` 类型的路径由有限的边序列构成。遍历时点和边都不可以重复。

查看示例图，由于点和边都不可以重复，所以该图包含有限个路径，最长路径由 4 条边组成：`A->B->C->D->E` 。

2.6.4 视频

用户也可以观看视频了解路径的相关概念。

Path（03 分 09 秒）

最后更新: March 23, 2022

2022 vesoft Inc.

2.7 点 VID

在 Nebula Graph 中，一个点由点的 ID 唯一标识，即 VID 或 Vertex ID。

2.7.1 VID 的特点

- VID 数据类型只可以为定长字符串 `FIXED_STRING(<N>)` 或 `INT64` ；一个图空间只能选用其中一种 VID 类型。
- VID 在一个图空间中必须唯一，其作用类似于关系型数据库中的主键（索引+唯一约束）。但不同图空间中的 VID 是完全独立无关的。
- 点 VID 的生成方式必须由用户自行指定，系统不提供自增 ID 或者 UUID。
- VID 相同的点，会被认为是同一个点。例如：
- VID 相当于一个实体的唯一标号，例如一个人的身份证号。Tag 相当于实体所拥有的类型，例如"滴滴司机"和"老板"。不同的 Tag 又相应定义了两组不同的属性，例如"驾照号、驾龄、接单量、接单小号"和"工号、薪水、债务额度、商务电话"。
- 同时操作相同 VID 并且相同 Tag 的两条 `INSERT` 语句（均无 `IF NOT EXISTS` 参数），晚写入的 `INSERT` 会覆盖先写入的。
- 同时操作包含相同 VID 但是两个不同 `TAG A` 和 `TAG B` 的两条 `INSERT` 语句，对 `TAG A` 的操作不会影响 `TAG B` 。
- VID 通常会被（LSM-tree 方式）索引并缓存在内存中，因此直接访问 VID 的性能最高。

2.7.2 VID 使用建议

- Nebula Graph 1.x 只支持 VID 类型为 `INT64` ，从 2.x 开始支持 `INT64` 和 `FIXED_STRING(<N>)` 。在 `CREATE SPACE` 中通过参数 `vid_type` 可以指定 VID 类型。
- 可以使用 `id()` 函数，指定或引用该点的 VID；
- 可以使用 `LOOKUP` 或者 `MATCH` 语句，来通过属性索引查找对应的 VID;
- 性能上，直接通过 VID 找到点的语句性能最高，例如 `DELETE xxx WHERE id(xxx) == "player100"` ，或者 `GO FROM "player100"` 等语句。通过属性先查找 VID，再进行图操作的性能会变差，例如 `LOOKUP | GO FROM $-.ids` 等语句，相比前者多了一次内存或硬盘的随机读（ `LOOKUP` ）以及一次序列化（ `|` ）。

2.7.3 VID 生成建议

VID 的生成工作完全交给应用端，有一些通用的建议：

- （最优）通过有唯一性的主键或者属性来直接作为 VID；属性访问依赖于 VID;
- 通过有唯一性的属性组合来生成 VID，属性访问依赖于属性索引。
- 通过 snowflake 等算法生成 VID，属性访问依赖于属性索引；
- 如果个别记录的主键特别长，但绝大多数记录的主键都很短的情况，不要将 `FIXED_STRING(<N>)` 的 `N` 设置成超大，这会浪费大量内存和硬盘，也会降低性能。此时可通过 BASE64，MD5，hash 编码加拼接的方式来生成。
- 如果用 hash 方式生成 int64 VID：在有 10 亿个点的情况下，发生 hash 冲突的概率大约是 1/10。边的数量与碰撞的概率无关。

2.7.4 定义和修改 VID 与其数据类型

VID 的数据类型必须在创建图空间时定义，且一旦定义无法修改。

VID 必须在插入点时设置，且一旦设置无法修改。

2022 vesoft Inc.

2.7.5 "查询起始点"(`start vid`) 与全局扫描

绝大多数情况下，Nebula Graph 的查询语句（`MATCH`、`GO`、`LOOKUP`）的执行计划，必须要通过一定方式找到查询起始点的 VID（`start vid`）。

定位 `start vid` 只有两种方式：

1. 例如 `GO FROM "player100" OVER` 是在语句中显式的指明 `start vid` 是 "player100"；
2. 例如 `LOOKUP ON player WHERE player.name == "Tony Parker"` 或者 `MATCH (v:player {name:"Tony Parker"})`，是通过属性 `player.name` 的索引来定位到 `start vid`；

Caution

`match (n) return n;` 会返回错误 `Scan vertices or edges need to specify a limit number, or limit number can not push down.`，这是一个全局扫描，需要用 `LIMIT` 子句限制返回数量才能执行。

最后更新: March 14, 2022

2022 vesoft Inc.

2.8 服务架构

2.8.1 Nebula Graph 架构总览

Nebula Graph 由三种服务构成：Graph 服务、Meta 服务和 Storage 服务，是一种存储与计算分离的架构。

每个服务都有可执行的二进制文件和对应进程，用户可以使用这些二进制文件在一个或多个计算机上部署 Nebula Graph 集群。

下图展示了 Nebula Graph 集群的经典架构。

2022 vesoft Inc.

Meta 服务

在 Nebula Graph 架构中，Meta 服务是由 nebula-metad 进程提供的，负责数据管理，例如 Schema 操作、集群管理和用户权限管理等。

Meta 服务的详细说明，请参见 Meta 服务。

Graph 服务和 Storage 服务

Nebula Graph 采用计算存储分离架构。Graph 服务负责处理计算请求，Storage 服务负责存储数据。它们由不同的进程提供，Graph 服务是由 nebula-graphd 进程提供，Storage 服务是由 nebula-storaged 进程提供。计算存储分离架构的优势如下：

- 易扩展

  分布式架构保证了 Graph 服务和 Storage 服务的灵活性，方便扩容和缩容。

- 高可用

  如果提供 Graph 服务的服务器有一部分出现故障，其余服务器可以继续为客户端提供服务，而且 Storage 服务存储的数据不会丢失。服务恢复速度较快，甚至能做到用户无感知。

- 节约成本

  计算存储分离架构能够提高资源利用率，而且可根据业务需求灵活控制成本。

- 更多可能性

  基于分离架构的特性，Graph 服务将可以在更多类型的存储引擎上单独运行，Storage 服务也可以为多种目的计算引擎提供服务。

Graph 服务和 Storage 服务的详细说明，请参见 Graph 服务和 Storage 服务。

最后更新: April 15, 2022

2022 vesoft Inc.

2.8.2 Meta 服务

本文介绍 Meta 服务的架构和功能。

Meta 服务架构

Meta 服务是由 nebula-metad 进程提供的，用户可以根据场景配置 nebula-metad 进程数量：

- 测试环境中，用户可以在 Nebula Graph 集群中部署 1 个或 3 个 nebula-metad 进程。如果要部署 3 个，用户可以将它们部署在 1 台机器上，或者分别部署在不同的机器上。
- 生产环境中，建议在 Nebula Graph 集群中部署 3 个 nebula-metad 进程。请将这些进程部署在不同的机器上以保证高可用。

所有 nebula-metad 进程构成了基于 Raft 协议的集群，其中一个进程是 leader，其他进程都是 follower。

leader 是由多数派选举出来，只有 leader 能够对客户端或其他组件提供服务，其他 follower 作为候补，如果 leader 出现故障，会在所有 follower 中选举出新的 leader。

Note

leader 和 follower 的数据通过 Raft 协议保持一致，因此 leader 故障和选举新 leader 不会导致数据不一致。更多关于 Raft 的介绍见 Storage 服务。

Meta 服务功能

管理用户账号

Meta 服务中存储了用户的账号和权限信息，当客户端通过账号发送请求给 Meta 服务，Meta 服务会检查账号信息，以及该账号是否有对应的请求权限。

2022 vesoft Inc.

更多 Nebula Graph 的访问控制说明，请参见身份验证。

管理分片

Meta 服务负责存储和管理分片的位置信息，并且保证分片的负载均衡。

管理图空间

Nebula Graph 支持多个图空间，不同图空间内的数据是安全隔离的。Meta 服务存储所有图空间的元数据（非完整数据），并跟踪数据的变更，例如增加或删除图空间。

管理 SCHEMA 信息

Nebula Graph 是强类型图数据库，它的 Schema 包括 Tag、Edge type、Tag 属性和 Edge type 属性。

Meta 服务中存储了 Schema 信息，同时还负责 Schema 的添加、修改和删除，并记录它们的版本。

更多 Nebula Graph 的 Schema 信息，请参见数据模型。

管理 TTL 信息

Meta 服务存储 TTL（Time To Live）定义信息，可以用于设置数据生命周期。数据过期后，会由 Storage 服务进行处理，具体过程参见 TTL。

管理作业

Meta 服务中的作业管理模块负责作业的创建、排队、查询和删除。

最后更新: November 25, 2021

2022 vesoft Inc.

2.8.3 Graph 服务

Graph 服务主要负责处理查询请求，包括解析查询语句、校验语句、生成执行计划以及按照执行计划执行四个大步骤，本文将基于这些步骤介绍 Graph 服务。

Graph 服务架构

查询请求发送到 Graph 服务后，会由如下模块依次处理：

1. **Parser**：词法语法解析模块。
2. **Validator**：语义校验模块。
3. **Planner**：执行计划与优化器模块。
4. **Executor**：执行引擎模块。

Parser

Parser 模块收到请求后，通过 Flex（词法分析工具）和 Bison（语法分析工具）生成的词法语法解析器，将语句转换为抽象语法树（AST），在语法解析阶段会拦截不符合语法规则的语句。

例如 `GO FROM "Tim" OVER like WHERE properties(edge).likeness > 8.0 YIELD dst(edge)` 语句转换的 AST 如下。

2022 vesoft Inc.

Validator

Validator 模块对生成的 AST 进行语义校验，主要包括：

- 校验元数据信息

  校验语句中的元数据信息是否正确。

  例如解析 `OVER`、`WHERE` 和 `YIELD` 语句时，会查找 Schema 校验 Edge type、Tag 的信息是否存在，或者插入数据时校验插入的数据类型和 Schema 中的是否一致。

- 校验上下文引用信息

  校验引用的变量是否存在或者引用的属性是否属于变量。

  例如语句 `$var = GO FROM "Tim" OVER like YIELD dst(edge) AS ID; GO FROM $var.ID OVER serve YIELD dst(edge)`，Validator 模块首先会检查变量 `var` 是否定义，其次再检查属性 `ID` 是否属于变量 `var`。

- 校验类型推断

  推断表达式的结果类型，并根据子句校验类型是否正确。

  例如 `WHERE` 子句要求结果是 `bool`、`null` 或者 `empty`。

- 校验 `*` 代表的信息

  查询语句中包含 `*` 时，校验子句时需要将 `*` 涉及的 Schema 都进行校验。

  例如语句 `GO FROM "Tim" OVER * YIELD dst(edge), properties(edge).likeness, dst(edge)`，校验 `OVER` 子句时需要校验所有的 Edge type，如果 Edge type 包含 `like` 和 `serve`，该语句会展开为 `GO FROM "Tim" OVER like,serve YIELD dst(edge), properties(edge).likeness, dst(edge)`。

- 校验输入输出

  校验管道符（|）前后的一致性。

  例如语句 `GO FROM "Tim" OVER like YIELD dst(edge) AS ID | GO FROM $-.ID OVER serve YIELD dst(edge)`，Validator 模块会校验 `$-.ID` 在管道符左侧是否已经定义。

校验完成后，Validator 模块还会生成一个默认可执行，但是未进行优化的执行计划，存储在目录 `src/planner` 内。

Planner

如果配置文件 `nebula-graphd.conf` 中 `enable_optimizer` 设置为 `false`，Planner 模块不会优化 Validator 模块生成的执行计划，而是直接交给 Executor 模块执行。

如果配置文件 `nebula-graphd.conf` 中 `enable_optimizer` 设置为 `true`，Planner 模块会对 Validator 模块生成的执行计划进行优化。如下图所示。

2022 vesoft Inc.

- 优化前

  如上图右侧未优化的执行计划，每个节点依赖另一个节点，例如根节点 `Project` 依赖 `Filter`、`Filter` 依赖 `GetNeighbor`，最终找到叶子节点 `Start`，才能开始执行（并非真正执行）。

  在这个过程中，每个节点会有对应的输入变量和输出变量，这些变量存储在一个哈希表中。由于执行计划不是真正执行，所以哈希表中每个 key 的 value 值都为空（除了 `Start` 节点，起始数据会存储在该节点的输入变量中）。哈希表定义在仓库 `nebula-graph` 内的 `src/context/ExecutionContext.cpp` 中。

  例如哈希表的名称为 `ResultMap`，在建立 `Filter` 这个节点时，定义该节点从 `ResultMap["GN1"]` 中读取数据，然后将结果存储在 `ResultMap["Filter2"]` 中，依次类推，将每个节点的输入输出都确定好。

- 优化过程

  Planner 模块目前的优化方式是 RBO（rule-based optimization），即预定义优化规则，然后对 Validator 模块生成的默认执行计划进行优化。新的优化规则 CBO（cost-based optimization）正在开发中。优化代码存储在仓库 `nebula-graph` 的目录 `src/optimizer/` 内。

  RBO 是一个自底向上的探索过程，即对于每个规则而言，都会由执行计划的根节点（示例是 `Project`）开始，一步步向下探索到最底层的节点，在过程中查看是否可以匹配规则。

  如上图所示，探索到节点 `Filter` 时，发现依赖的节点是 `GetNeighbor`，匹配预先定义的规则，就会将 `Filter` 融入到 `GetNeighbor` 中，然后移除节点 `Filter`，继续匹配下一个规则。在执行阶段，当算子 `GetNeighbor` 调用 Storage 服务的接口获取一个点的邻边时，Storage 服务内部会直接将不符合条件的边过滤掉，这样可以极大地减少传输的数据量，该优化称为过滤下推。

Executor

Executor 模块包含调度器（Scheduler）和执行器（Executor），通过调度器调度执行计划，让执行器根据执行计划生成对应的执行算子，从叶子节点开始执行，直到根节点结束。如下图所示。

2022 vesoft Inc.

每一个执行计划节点都一一对应一个执行算子，节点的输入输出在优化执行计划时已经确定，每个算子只需要拿到输入变量中的值进行计算，最后将计算结果放入对应的输出变量中即可，所以只需要从节点 `Start` 一步步执行，最后一个算子的输出变量会作为最终结果返回给客户端。

代码结构

Nebula Graph 的代码层次结构如下：

```
|--src
   |--context    //校验期和执行期上下文
   |--daemons
   |--executor   //执行算子
   |--mock
   |--optimizer  //优化规则
   |--parser     //词法语法分析
   |--planner    //执行计划结构
   |--scheduler  //调度器
   |--service
   |--util       //基础组件
   |--validator  //语句校验
   |--visitor
```

视频

用户也可以通过视频全方位了解 Nebula Graph 的查询引擎。

- nMeetup·上海 ｜全面解析 Query Engine（33 分 30 秒）

最后更新: March 7, 2022

2022 vesoft Inc.

2.8.4 Storage 服务

Nebula Graph 的存储包含两个部分，一个是 Meta 相关的存储，称为 Meta 服务，在前文已有介绍。

另一个是具体数据相关的存储，称为 Storage 服务。其运行在 nebula-storaged 进程中。本文仅介绍 Storage 服务的架构设计。

优势

- 高性能（自研 KVStore）
- 易水平扩展（Shared-nothing 架构，不依赖 NAS 等硬件设备）
- 强一致性（Raft）
- 高可用性（Raft）
- 支持向第三方系统进行同步（例如全文索引）

Storage 服务架构

Storage 服务是由 nebula-storaged 进程提供的，用户可以根据场景配置 nebula-storaged 进程数量，例如测试环境 1 个，生产环境 3 个。

2022 vesoft Inc.

所有 nebula-storaged 进程构成了基于 Raft 协议的集群，整个服务架构可以分为三层，从上到下依次为：

- Storage interface 层

  Storage 服务的最上层，定义了一系列和图相关的 API。API 请求会在这一层被翻译成一组针对分片的 KV 操作，例如：

- `getNeighbors`：查询一批点的出边或者入边，返回边以及对应的属性，并且支持条件过滤。
- `insert vertex/edge`：插入一条点或者边及其属性。
- `getProps`：获取一个点或者一条边的属性。

  正是这一层的存在，使得 Storage 服务变成了真正的图存储，否则 Storage 服务只是一个 KV 存储服务。

- Consensus 层

  Storage 服务的中间层，实现了 Multi Group Raft，保证强一致性和高可用性。

- Store Engine 层

  Storage 服务的最底层，是一个单机版本地存储引擎，提供对本地数据的 `get`、`put`、`scan` 等操作。相关接口存储在 `KVStore.h` 和 `KVEngine.h` 文件，用户可以根据业务需求定制开发相关的本地存储插件。

下文将基于架构介绍 Storage 服务的部分特性。

Storage 写入流程

KVStore

Nebula Graph 使用自行开发的 KVStore，而不是其他开源 KVStore，原因如下：

- 需要高性能 KVStore。
- 需要以库的形式提供，实现高效计算下推。对于强 Schema 的 Nebula Graph 来说，计算下推时如何提供 Schema 信息，是高效的关键。
- 需要数据强一致性。

2022 vesoft Inc.

基于上述原因，Nebula Graph 使用 RocksDB 作为本地存储引擎，实现了自己的 KVStore，有如下优势：

- 对于多硬盘机器，Nebula Graph 只需配置多个不同的数据目录即可充分利用多硬盘的并发能力。
- 由 Meta 服务统一管理所有 Storage 服务，可以根据所有分片的分布情况和状态，手动进行负载均衡。

> **Note**
>
> 不支持自动负载均衡是为了防止自动数据搬迁影响线上业务。

- 定制预写日志（WAL），每个分片都有自己的 WAL。
- 支持多个图空间，不同图空间相互隔离，每个图空间可以设置自己的分片数和副本数。

2022 vesoft Inc.

数据存储格式

图存储的主要数据是点和边，Nebula Graph 将点和边的信息存储为 key，同时将点和边的属性信息存储在 value 中，以便更高效地使用属性过滤。

- 点数据存储格式

  相比 Nebula Graph 2.x 版本，3.x 版本的每个点多了一个不含 TagID 字段并且无 value 的 key，用于支持无 Tag 的点。

字段	说明
`Type`	key 类型。长度为 1 字节。
`PartID`	数据分片编号。长度为 3 字节。此字段主要用于 Storage 负载均衡（balance）时方便根据前缀扫描整个分片的数据。
`VertexID`	点 ID。当点 ID 类型为 int 时，长度为 8 字节；当点 ID 类型为 string 时，长度为创建图空间时指定的 `fixed_string` 长度。
`TagID`	点关联的 Tag ID。长度为 4 字节。
`SerializedValue`	序列化的 value，用于保存点的属性信息。

2022 vesoft Inc.

- 边数据存储格式

Type (1 byte)	PartID (3 bytes)	VertexID (n bytes)	EdgeType (4 bytes)	Rank (8 bytes)	VertexID (n bytes)	PlaceHolder (1 byte)	SerializedValue

字段	说明
`Type`	key 类型。长度为 1 字节。
`PartID`	数据分片编号。长度为 3 字节。此字段主要用于 Storage 负载均衡（balance）时方便根据前缀扫描整个分片的数据。
`VertexID`	点 ID。前一个 `VertexID` 在出边里表示起始点 ID，在入边里表示目的点 ID；后一个 `VertexID` 出边里表示目的点 ID，在入边里表示起始点 ID。
`Edge type`	边的类型。大于 0 表示出边，小于 0 表示入边。长度为 4 字节。
`Rank`	用来处理两点之间有多个同类型边的情况。用户可以根据自己的需求进行设置，例如存放交易时间、交易流水号等。长度为 8 字节，
`PlaceHolder`	预留字段。长度为 1 字节。
`SerializedValue`	序列化的 value，用于保存边的属性信息。

属性说明

Nebula Graph 使用强类型 Schema。

对于点或边的属性信息，Nebula Graph 会将属性信息编码后按顺序存储。由于属性的长度是固定的，查询时可以根据偏移量快速查询。在解码之前，需要先从 Meta 服务中查询具体的 Schema 信息（并缓存）。同时为了支持在线变更 Schema，在编码属性时，会加入对应的 Schema 版本信息。

数据分片

由于超大规模关系网络的节点数量高达百亿到千亿，而边的数量更会高达万亿，即使仅存储点和边两者也远大于一般服务器的容量。因此需要有方法将图元素切割，并存储在不同逻辑分片（Partition）上。Nebula Graph 采用边分割的方式。

2022 vesoft Inc.

切边与存储放大

Nebula Graph 中逻辑上的一条边对应着硬盘上的两个键值对（key-value pair），在边的数量和属性较多时，存储放大现象较明显。边的存储方式如下图所示。

2022 vesoft Inc.

上图以最简单的两个点和一条边为例，起点 SrcVertex 通过边 EdgeA 连接目的点 DstVertex，形成路径 `(SrcVertex)-[EdgeA]->(DstVertex)`。这两个点和一条边会以 6 个键值对的形式保存在存储层的两个不同分片，即 Partition x 和 Partition y 中，详细说明如下：

- 点 SrcVertex 的键值保存在 Partition x 中。
- 边 EdgeA 的第一份键值，这里用 EdgeA_Out 表示，与 SrcVertex 一同保存在 Partition x 中。key 的字段有 Type、PartID（x）、VID（Src，即点 SrcVertex 的 ID）、EdgeType（符号为正，代表边方向为出）、Rank（0）、VID（Dst，即点 DstVertex 的 ID）和 PlaceHolder。SerializedValue 即 Value，是序列化的边属性。
- 点 DstVertex 的键值保存在 Partition y 中。
- 边 EdgeA 的第二份键值，这里用 EdgeA_In 表示，与 DstVertex 一同保存在 Partition y 中。key 的字段有 Type、PartID（y）、VID（Dst，即点 DstVertex 的 ID）、EdgeType（符号为负，代表边方向为入）、Rank（0）、VID（Src，即点 SrcVertex 的 ID）和 PlaceHolder。SerializedValue 即 Value，是序列化的边属性，与 EdgeA_Out 中该部分的完全相同。

EdgeA_Out 和 EdgeA_In 以方向相反的两条边的形式存在于存储层，二者组合成了逻辑上的一条边 EdgeA。EdgeA_Out 用于从起点开始的遍历请求，例如 `(a)-[]->()`；EdgeA_In 用于指向目的点的遍历请求，或者说从目的点开始，沿着边的方向逆序进行的遍历请求，例如例如 `()-[]->(a)`。

如 EdgeA_Out 和 EdgeA_In 一样，Nebula Graph 冗余了存储每条边的信息，导致存储边所需的实际空间翻倍。因为边对应的 key 占用的硬盘空间较小，但 value 占用的空间与属性值的长度和数量成正比，所以，当边的属性值较大或数量较多时候，硬盘空间占用量会比较大。

如果对边进行操作，为了保证两个键值对的最终一致性，可以开启 TOSS 功能，开启后，会先在正向边所在的分片进行操作，然后在反向边所在分片进行操作，最后返回结果。

分片算法

分片策略采用**静态 Hash** 的方式，即对点 VID 进行取模操作，同一个点的所有 Tag、出边和入边信息都会存储到同一个分片，这种方式极大地提升了查询效率。

> **Note**
>
> 创建图空间时需指定分片数量，分片数量设置后无法修改，建议设置时提前满足业务将来的扩容需求。

多机集群部署时，分片分布在集群内的不同机器上。分片数量在 CREATE SPACE 语句中指定，此后不可更改。

如果需要将某些点放置在相同的分片（例如在一台机器上），可以参考公式或代码。

下文用简单代码说明 VID 和分片的关系。

```
// 如果 ID 长度为 8，为了兼容 1.0，将数据类型视为 int64。
uint64_t vid = 0;
if (id.size() == 8) {
    memcpy(static_cast<void*>(&vid), id.data(), 8);
} else {
    MurmurHash2 hash;
    vid = hash(id.data());
}
PartitionID pId = vid % numParts + 1;
```

简单来说，上述代码是将一个固定的字符串进行哈希计算，转换成数据类型为 int64 的数字（int64 数字的哈希计算结果是数字本身），将数字取模，然后加 1，即：

```
pId = vid % numParts + 1;
```

示例的部分参数说明如下。

参数	说明
`%`	取模运算。
`numParts`	`VID` 所在图空间的分片数，即 CREATE SPACE 语句中的 `partition_num` 值。
`pId`	`VID` 所在分片的 ID。

2022 vesoft Inc.

例如有 100 个分片，`VID` 为 1、101 和 1001 的三个点将会存储在相同的分片。分片 ID 和机器地址之间的映射是随机的，所以不能假定任何两个分片位于同一台机器上。

Raft

关于 RAFT 的简单介绍

分布式系统中，同一份数据通常会有多个副本，这样即使少数副本发生故障，系统仍可正常运行。这就需要一定的技术手段来保证多个副本之间的一致性。

基本原理：Raft 就是一种用于保证多副本一致性的协议。Raft 采用多个副本之间竞选的方式，赢得"超过半数"副本投票的（候选）副本成为 Leader，由 Leader 代表所有副本对外提供服务；其他 Follower 作为备份。当该 Leader 出现异常后（通信故障、运维命令等），其余 Follower 进行新一轮选举，投票出一个新的 Leader。Leader 和 Follower 之间通过心跳的方式相互探测是否存活，并以 Raft-wal 的方式写入硬盘，超过多个心跳仍无响应的副本会被认为发生故障。

> **Note**
>
> 因为 Raft-wal 需要定期写硬盘，如果硬盘写能力瓶颈会导致 Raft 心跳失败，导致重新发起选举。硬盘 IO 严重堵塞情况下，会导致长期无法选举出 Leader。

读写流程：对于客户端的每个写入请求，Leader 会将该写入以 Raft-wal 的方式，将该条同步给其他 Follower，并只有在"超过半数"副本都成功收到 Raft-wal 后，才会返回客户端该写入成功。对于客户端的每个读取请求，都直接访问 Leader，而 Follower 并不参与读请求服务。

故障流程：场景 1：考虑一个配置为单副本（图空间）的集群；如果系统只有一个副本时，其自身就是 Leader；如果其发生故障，系统将完全不可用。场景 2：考虑一个配置为 3 副本（图空间）的集群；如果系统有 3 个副本，其中一个副本是 Leader，其他 2 个副本是 Follower；即使原 Leader 发生故障，剩下两个副本仍可投票出一个新的 Leader（以及一个 Follower），此时系统仍可使用；但是当这 2 个副本中任一者再次发生故障后，由于投票人数不足，系统将完全不可用。

> **Note**
>
> Raft 多副本的方式与 HDFS 多副本的方式是不同的，Raft 基于"多数派"投票，因此副本数量不能是偶数。

MULTI GROUP RAFT

由于 Storage 服务需要支持集群分布式架构，所以基于 Raft 协议实现了 Multi Group Raft，即每个分片的所有副本共同组成一个 Raft group，其中一个副本是 leader，其他副本是 follower，从而实现强一致性和高可用性。Raft 的部分实现如下。

由于 Raft 日志不允许空洞，Nebula Graph 使用 Multi Group Raft 缓解此问题，分片数量较多时，可以有效提高 Nebula Graph 的性能。但是分片数量太多会增加开销，例如 Raft group 内部存储的状态信息、WAL 文件，或者负载过低时的批量操作。

实现 Multi Group Raft 有 2 个关键点：

- 共享 Transport 层

  每一个 Raft group 内部都需要向对应的 peer 发送消息，如果不能共享 Transport 层，会导致连接的开销巨大。

- 共享线程池

  如果不共享一组线程池，会造成系统的线程数过多，导致大量的上下文切换开销。

批量（BATCH）操作

Nebula Graph 中，每个分片都是串行写日志，为了提高吞吐，写日志时需要做批量操作，但是由于 Nebula Graph 利用 WAL 实现一些特殊功能，需要对批量操作进行分组，这是 Nebula Graph 的特色。

例如无锁 CAS 操作需要之前的 WAL 全部提交后才能执行，如果一个批量写入的 WAL 里包含了 CAS 类型的 WAL，就需要拆分成粒度更小的几个组，还要保证这几组 WAL 串行提交。

2022 vesoft Inc.

LEADER 切换（TRANSFER LEADERSHIP）

leader 切换对于负载均衡至关重要，当把某个分片从一台机器迁移到另一台机器时，首先会检查分片是不是 leader，如果是的话，需要先切换 leader，数据迁移完毕之后，通常还要重新均衡 leader 分布。

对于 leader 来说，提交 leader 切换命令时，就会放弃自己的 leader 身份，当 follower 收到 leader 切换命令时，就会发起选举。

成员变更

为了避免脑裂，当一个 Raft group 的成员发生变化时，需要有一个中间状态，该状态下新旧 group 的多数派需要有重叠的部分，这样就防止了新的 group 或旧的 group 单方面做出决定。为了更加简化，Diego Ongaro 在自己的博士论文中提出每次只增减一个 peer 的方式，以保证新旧 group 的多数派总是有重叠。Nebula Graph 也采用了这个方式，只不过增加成员和移除成员的实现有所区别。具体实现方式请参见 Raft Part class 里 addPeer/removePeer 的实现。

缓存

由于 RocksDB 本身的缓存管理存在限制，无法按需缓存点或边，所以 Nebula Graph 自行实现了 Storage 缓存管理，可以更自由地设置缓存大小、内容等。详情参见 storage cache 配置。

与 HDFS 的区别

Storage 服务基于 Raft 协议实现的分布式架构，与 HDFS 的分布式架构有一些区别。例如：

- Storage 服务本身通过 Raft 协议保证一致性，副本数量通常为奇数，方便进行选举 leader，而 HDFS 存储具体数据的 DataNode 需要通过 NameNode 保证一致性，对副本数量没有要求。
- Storage 服务只有 leader 副本提供读写服务，而 HDFS 的所有副本都可以提供读写服务。
- Storage 服务无法修改副本数量，只能在创建图空间时指定副本数量，而 HDFS 可以调整副本数量。
- Storage 服务是直接访问文件系统，而 HDFS 的上层（例如 HBase）需要先访问 HDFS，再访问到文件系统，远程过程调用（RPC）次数更多。

总而言之，Storage 服务更加轻量级，精简了一些功能，架构没有 HDFS 复杂，可以有效提高小块存储的读写性能。

最后更新: June 30, 2022

2022 vesoft Inc.

3. 快速入门

3.1 快速入门

快速入门将介绍如何简单地使用 Nebula Graph，包括部署、连接 Nebula Graph，以及基础的增删改查操作。

3.1.1 文档

按照以下步骤可以快速部署并且使用 Nebula Graph。

1. 安装 Nebula Graph

   使用 RPM 或 DEB 文件可以快速安装 Nebula Graph。关于其它部署方式及相应的准备工作，参见**安装部署**章节。

2. 启动 Nebula Graph

   部署好 Nebula Graph 之后需要启动 Nebula Graph 服务。

3. 连接 Nebula Graph

   启动 Nebula Graph 服务后即可使用客户端连接。Nebula Graph 支持多种客户端，快速入门中介绍使用原生命令行客户端 Nebula Console 连接 Nebula Graph 的方法。

4. 注册 Storage 服务

   首次连接 Nebula Graph 后需要先注册 Storage 服务才能正常查询数据。

5. 使用常用 nGQL（CRUD 命令）

   注册 Storage 服务之后即可使用 nGQL（Nebula Graph Query Language）进行增删改查。

3.1.2 视频

用户也可以观看视频了解 Nebula Graph 的相关概念和操作。

热点视频

- Foesa 小学姐课堂——Nebula Graph 那些磨人的概念（04 分 20 秒）

- Foesa 小学姐课堂——path 的三种类型（03 分 09 秒）

NG 辅导班

- 第一篇：图世界的那些概念、术语（08 分 12 秒）

- 第二篇：如何更好地学习 Nebula Graph（07 分 44 秒）

请访问 Bilibili 空间，查看 30 多个，500 多分钟的系列视频。

最后更新: May 13, 2022

2022 vesoft Inc.

3.2 步骤 1：安装 Nebula Graph

RPM 和 DEB 是 Linux 系统下常见的两种安装包格式，本文介绍如何使用 RPM 或 DEB 文件在一台机器上快速安装 Nebula Graph。

Note

部署 Nebula Graph 集群的方式参见使用 RPM/DEB 包部署集群。

Enterpriseonly

企业版请发送邮件至 inquiry@vesoft.com。

3.2.1 前提条件

安装 wget

3.2.2 下载安装包

阿里云 OSS 下载

- 下载 release 版本

  URL 格式如下：

```
//Centos 7
https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/<release_version>/nebula-graph-<release_version>.el7.x86_64.rpm

//Centos 8
https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/<release_version>/nebula-graph-<release_version>.el8.x86_64.rpm

//Ubuntu 1604
https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/<release_version>/nebula-graph-<release_version>.ubuntu1604.amd64.deb

//Ubuntu 1804
https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/<release_version>/nebula-graph-<release_version>.ubuntu1804.amd64.deb

//Ubuntu 2004
https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/<release_version>/nebula-graph-<release_version>.ubuntu2004.amd64.deb
```

  例如要下载适用于 `Centos 7.5` 的 `3.2.0` 安装包：

```
wget https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/3.2.0/nebula-graph-3.2.0.el7.x86_64.rpm
wget https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/3.2.0/nebula-graph-3.2.0.el7.x86_64.rpm.sha256sum.txt
```

  下载适用于 `ubuntu 1804` 的 `3.2.0` 安装包：

```
wget https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/3.2.0/nebula-graph-3.2.0.ubuntu1804.amd64.deb
wget https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/3.2.0/nebula-graph-3.2.0.ubuntu1804.amd64.deb.sha256sum.txt
```


2022 vesoft Inc.

- 下载日常开发版本 (nightly)

Danger

- nightly 版本通常用于测试新功能、新特性，请**不要**在生产环境中使用 nightly 版本。
- nightly 版本不保证每日都能完整发布，也不保证是否会更改文件名。

URL 格式如下：

```
//Centos 7
https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/nightly/<yyyy.mm.dd>/nebula-graph-<yyyy.mm.dd>-nightly.el7.x86_64.rpm

//Centos 8
https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/nightly/<yyyy.mm.dd>/nebula-graph-<yyyy.mm.dd>-nightly.el8.x86_64.rpm

//Ubuntu 1604
https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/nightly/<yyyy.mm.dd>/nebula-graph-<yyyy.mm.dd>-nightly.ubuntu1604.amd64.deb

//Ubuntu 1804
https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/nightly/<yyyy.mm.dd>/nebula-graph-<yyyy.mm.dd>-nightly.ubuntu1804.amd64.deb

//Ubuntu 2004
https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/nightly/<yyyy.mm.dd>/nebula-graph-<yyyy.mm.dd>-nightly.ubuntu2004.amd64.deb
```

例如要下载 `2021.11.24` 适用于 `Centos 7.5` 的 `2.x` 安装包：

```
wget https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/nightly/2021.11.24/nebula-graph-2021.11.24-nightly.el7.x86_64.rpm
wget https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/nightly/2021.11.24/nebula-graph-2021.11.24-nightly.el7.x86_64.rpm.sha256sum.txt
```

要下载 `2021.11.24` 适用于 `Ubuntu 1804` 的 `2.x` 安装包：

```
wget https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/nightly/2021.11.24/nebula-graph-2021.11.24-nightly.ubuntu1804.amd64.deb
wget https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/nightly/2021.11.24/nebula-graph-2021.11.24-nightly.ubuntu1804.amd64.deb.sha256sum.txt
```

3.2.3 安装 Nebula Graph

- 安装 RPM 包

```
$ sudo rpm -ivh --prefix=<installation_path> <package_name>
```

`--prefix` 为可选项，用于指定安装路径。如不设置，系统会将 Nebula Graph 安装到默认路径 `/usr/local/nebula/` 。

例如，要在默认路径下安装3.2.0版本的 RPM 包，运行如下命令：

```
sudo rpm -ivh nebula-graph-3.2.0.el7.x86_64.rpm
```

- 安装 DEB 包

```
$ sudo dpkg -i <package_name>
```

Note

使用 DEB 包安装 Nebula Graph 时不支持自定义安装路径。默认安装路径为 `/usr/local/nebula/` 。

例如安装3.2.0版本的 DEB 包：

```
sudo dpkg -i nebula-graph-3.2.0.ubuntu1804.amd64.deb
```


2022 vesoft Inc.

3.2.4 后续操作

- （企业版）设置 License
- 启动 Nebula Graph
- 连接 Nebula Graph

最后更新: November 25, 2021

2022 vesoft Inc.

3.3 步骤 2：启动 Nebula Graph 服务

Nebula Graph 支持通过脚本或 systemd 管理服务。本文详细介绍这两种方式。

Enterpriseonly

仅企业版支持使用 systemd 管理服务。

Danger

这两种方式互不兼容，选择使用其中一种。

3.3.1 使用脚本管理服务

使用脚本 `nebula.service` 管理服务，包括启动、停止、重启、中止和查看。

Note

`nebula.service` 的默认路径是 `/usr/local/nebula/scripts`，如果修改过安装路径，请使用实际路径。

语法

```
$ sudo /usr/local/nebula/scripts/nebula.service
[-v] [-c <config_file_path>]
<start | stop | restart | kill | status>
<metad | graphd | storaged | all>
```

参数	说明
`-v`	显示详细调试信息。
`-c`	指定配置文件路径，默认路径为 `/usr/local/nebula/etc/`。
`start`	启动服务。
`stop`	停止服务。
`restart`	重启服务。
`kill`	中止服务。
`status`	查看服务状态。
`metad`	管理 Meta 服务。
`graphd`	管理 Graph 服务。
`storaged`	管理 Storage 服务。
`all`	管理所有服务。

3.3.2 使用 systemd 管理服务

为方便使用，Nebula Graph 企业版支持用 systemd 管理服务，通过 `systemctl` 启动、停止、重启和查看服务。

2022 vesoft Inc.

Note

- 安装 Nebula Graph 企业版后，systemd 所需的 `.service` 文件在安装目录的 `etc/unit` 目录内，使用 RPM/DEB 包安装的 Nebula Graph，会自动将这些 `.service` 文件放入 `/usr/lib/systemd/system` 目录内，并且 `ExecStart` 也会根据指定的 Nebula Graph 安装路径进行生成，因此可以直接使用 `systemctl` 命令。
- 对于使用企业版 Dashboard 安装的企业版 Nebula Graph，不支持使用 `systemctl` 管理服务。
- 对于其他方式安装的企业版 Nebula Graph，需要用户手动将 `.service` 文件移动到 `/usr/lib/systemd/system` 目录内，并修改 `.service` 文件内的 `ExecStart` 的文件路径，才可以正常使用 `systemctl` 命令。

语法

```
$ systemctl <start | stop | restart | status > <nebula | nebula-metad | nebula-graphd | nebula-storaged>
```

参数	说明
`start`	启动服务。
`stop`	停止服务。
`restart`	重启服务。
`status`	查看服务状态。
`nebula`	管理所有服务。
`nebula-metad`	管理 Meta 服务。
`nebula-graphd`	管理 Graph 服务。
`nebula-storaged`	管理 Storage 服务。

3.3.3 启动 Nebula Graph 服务

非容器部署

对于非容器部署的 Nebula Graph，执行如下命令启动服务：

```
$ sudo /usr/local/nebula/scripts/nebula.service start all
[INFO] Starting nebula-metad...
[INFO] Done
[INFO] Starting nebula-graphd...
[INFO] Done
[INFO] Starting nebula-storaged...
[INFO] Done
```

或者：

```
$ systemctl start nebula
```

如果需要设置开机自动启动，命令如下：

```
$ systemctl enable nebula
```

容器部署

对于使用 Docker Compose 部署的 Nebula Graph，在 `nebula-docker-compose/` 目录内执行如下命令启动服务：

```
[nebula-docker-compose]$ docker-compose up -d
Building with native build. Learn about native build in Compose here: https://docs.docker.com/go/compose-native-build/
Creating network "nebula-docker-compose_nebula-net" with the default driver
Creating nebula-docker-compose_metad0_1 ... done
Creating nebula-docker-compose_metad2_1 ... done
Creating nebula-docker-compose_metad1_1 ... done
```


2022 vesoft Inc.

```
Creating nebula-docker-compose_storaged2_1 ... done
Creating nebula-docker-compose_graphd1_1   ... done
Creating nebula-docker-compose_storaged1_1 ... done
Creating nebula-docker-compose_storaged0_1 ... done
Creating nebula-docker-compose_graphd2_1   ... done
Creating nebula-docker-compose_graphd_1    ... done
```

3.3.4 停止 Nebula Graph 服务

Danger

请勿使用 `kill -9` 命令强制终止进程，否则可能较小概率出现数据丢失。

非容器部署

执行如下命令停止 Nebula Graph 服务：

```
$ sudo /usr/local/nebula/scripts/nebula.service stop all
[INFO] Stopping nebula-metad...
[INFO] Done
[INFO] Stopping nebula-graphd...
[INFO] Done
[INFO] Stopping nebula-storaged...
[INFO] Done
```

或者：

```
$ systemctl stop nebula
```

容器部署

在 `nebula-docker-compose/` 目录内执行如下命令停止 Nebula Graph 服务：

```
[nebula-docker-compose]$ docker-compose down
Stopping nebula-docker-compose_graphd_1    ... done
Stopping nebula-docker-compose_graphd2_1   ... done
Stopping nebula-docker-compose_storaged0_1 ... done
Stopping nebula-docker-compose_storaged1_1 ... done
Stopping nebula-docker-compose_graphd1_1   ... done
Stopping nebula-docker-compose_storaged2_1 ... done
Stopping nebula-docker-compose_metad1_1    ... done
Stopping nebula-docker-compose_metad2_1    ... done
Stopping nebula-docker-compose_metad0_1    ... done
Removing nebula-docker-compose_graphd_1    ... done
Removing nebula-docker-compose_graphd2_1   ... done
Removing nebula-docker-compose_storaged0_1 ... done
Removing nebula-docker-compose_storaged1_1 ... done
Removing nebula-docker-compose_graphd1_1   ... done
Removing nebula-docker-compose_storaged2_1 ... done
Removing nebula-docker-compose_metad1_1    ... done
Removing nebula-docker-compose_metad2_1    ... done
Removing nebula-docker-compose_metad0_1    ... done
Removing network nebula-docker-compose_nebula-net
```

Note

命令 `docker-compose down -v` 将会**删除**所有本地 Nebula Graph 的数据。如果使用的是 developing 或 nightly 版本，并且有一些兼容性问题，请尝试这个命令。

3.3.5 查看 Nebula Graph 服务

非容器部署

执行如下命令查看 Nebula Graph 服务状态：

2022 vesoft Inc.

```
$ sudo /usr/local/nebula/scripts/nebula.service status all
```

- 如果返回如下结果，表示 Nebula Graph 服务正常运行。

```
[INFO] nebula-metad(33fd35e): Running as 29020, Listening on 9559
[INFO] nebula-graphd(33fd35e): Running as 29095, Listening on 9669
[WARN] nebula-storaged after v3.0.0 will not start service until it is added to cluster.
[WARN] See Manage Storage hosts:ADD HOSTS in https://docs.nebula-graph.io/
[INFO] nebula-storaged(33fd35e): Running as 29147, Listening on 9779
```

Note

正常启动 Nebula Graph 后，`nebula-storaged` 进程的端口显示红色。这是因为 `nebula-storaged` 在启动流程中会等待 `nebula-metad` 添加当前 Storage 服务，当前 Storage 服务收到 Ready 信号后才会正式启动服务。从 3.0.0 版本开始，在配置文件中添加的 Storage 节点无法直接读写，配置文件的作用仅仅是将 Storage 节点注册至 Meta 服务中。必须使用 `ADD HOSTS` 命令后，才能正常读写 Storage 节点。更多信息，参见管理 Storage 主机。

- 如果返回类似如下结果，表示 Nebula Graph 服务异常，可以根据异常服务信息进一步排查，或者在 Nebula Graph 社区寻求帮助。

```
[INFO] nebula-metad: Running as 25600, Listening on 9559
[INFO] nebula-graphd: Exited
[INFO] nebula-storaged: Running as 25646, Listening on 9779
```

也可以使用 `systemctl` 命令查看 Nebula Graph 服务状态：

```
$ systemctl status nebula
● nebula.service
   Loaded: loaded (/usr/lib/systemd/system/nebula.service; disabled; vendor preset: disabled)
   Active: active (exited) since — 2022-03-28 04:13:24 UTC; 1h 47min ago
  Process: 21772 ExecStart=/usr/local/ent-nightly/scripts/nebula.service start all (code=exited, status=0/SUCCESS)
 Main PID: 21772 (code=exited, status=0/SUCCESS)
    Tasks: 325
   Memory: 424.5M
   CGroup: /system.slice/nebula.service
           ├─21789 /usr/local/ent-nightly/bin/nebula-metad --flagfile /usr/local/ent-nightly/etc/nebula-metad.conf
           ├─21827 /usr/local/ent-nightly/bin/nebula-graphd --flagfile /usr/local/ent-nightly/etc/nebula-graphd.conf
           └─21900 /usr/local/ent-nightly/bin/nebula-storaged --flagfile /usr/local/ent-nightly/etc/nebula-storaged.conf

3月 28 04:13:24 xxxxxx systemd[1]: Started nebula.service.
...
```

Nebula Graph 服务由 Meta 服务、Graph 服务和 Storage 服务共同提供，这三种服务的配置文件都保存在安装目录的 `etc` 目录内，默认路径为 `/usr/local/nebula/etc/`，用户可以检查相应的配置文件排查问题。

容器部署

在 `nebula-docker-compose` 目录内执行如下命令查看 Nebula Graph 服务状态：

```
[nebula-docker-compose]$ docker-compose ps
            Name                           Command                  State                                          Ports
-------------------
```

```
PORTS                                                                                                   NAMES
2a6c56c405f5   vesoft/nebula-graphd:nightly     "/usr/local/nebula/b..."   36 minutes ago   Up 36 minutes (healthy)   0.0.0.0:49230->9669/tcp, 0.0.0.0:49229->19669/tcp, 0.0.0.0:49228->19670/
tcp                           nebula-docker-compose_graphd2_1
7042e0a8e83d   vesoft/nebula-storaged:nightly   "./bin/nebula-storag..."   36 minutes ago   Up 36 minutes (healthy)   9777-9778/tcp, 9780/tcp, 0.0.0.0:49227->9779/tcp, 0.0.0.0:49226->19779/
tcp, 0.0.0.0:49225->19780/tcp   nebula-docker-compose_storaged2_1
18e3ea63ad65   vesoft/nebula-storaged:nightly   "./bin/nebula-storag..."   36 minutes ago   Up 36 minutes (healthy)   9777-9778/tcp, 9780/tcp, 0.0.0.0:49219->9779/tcp, 0.0.0.0:49218->19779/
tcp, 0.0.0.0:49217->19780/tcp   nebula-docker-compose_storaged0_1
4dcabfe8677a   vesoft/nebula-graphd:nightly     "/usr/local/nebula/b..."   36 minutes ago   Up 36 minutes (healthy)   0.0.0.0:49224->9669/tcp, 0.0.0.0:49223->19669/tcp, 0.0.0.0:49222->19670/
tcp                           nebula-docker-compose_graphd1_1
a74054c6ae25   vesoft/nebula-graphd:nightly     "/usr/local/nebula/b..."   36 minutes ago   Up 36 minutes (healthy)   0.0.0.0:9669->9669/tcp, 0.0.0.0:49221->19669/tcp, 0.0.0.0:49220->19670/
tcp                           nebula-docker-compose_graphd_1
880025a3858c   vesoft/nebula-storaged:nightly   "./bin/nebula-storag..."   36 minutes ago   Up 36 minutes (healthy)   9777-9778/tcp, 9780/tcp, 0.0.0.0:49216->9779/tcp, 0.0.0.0:49215->19779/
tcp, 0.0.0.0:49214->19780/tcp   nebula-docker-compose_storaged1_1
45736a32a23a   vesoft/nebula-metad:nightly      "./bin/nebula-metad ..."   36 minutes ago   Up 36 minutes (healthy)   9560/tcp, 0.0.0.0:49213->9559/tcp, 0.0.0.0:49212->19559/tcp, 0.
0.0.0:49211->19560/tcp                  nebula-docker-compose_metad0_1
3b2c90eb073e   vesoft/nebula-metad:nightly      "./bin/nebula-metad ..."   36 minutes ago   Up 36 minutes (healthy)   9560/tcp, 0.0.0.0:49207->9559/tcp, 0.0.0.0:49206->19559/tcp, 0.
0.0.0:49205->19560/tcp                  nebula-docker-compose_metad2_1
7bb31b7a5b3f   vesoft/nebula-metad:nightly      "./bin/nebula-metad ..."   36 minutes ago   Up 36 minutes (healthy)   9560/tcp, 0.0.0.0:49210->9559/tcp, 0.0.0.0:49209->19559/tcp, 0.
0.0.0:49208->19560/tcp                  nebula-docker-compose_metad1_1
```

最后登录容器排查问题

```
[nebula-docker-compose]$ docker exec -it 2a6c56c405f5 bash
[root@2a6c56c405f5 nebula]#
```

3.3.6 下一步

连接 Nebula Graph

最后更新: November 25, 2021

2022 vesoft Inc.

3.4 步骤 3：连接 Nebula Graph

本文介绍如何使用原生命令行客户端 Nebula Console 连接 Nebula Graph。

Caution

首次连接到 Nebula Graph 后，必须先注册 Storage 服务，才能正常查询数据。

Nebula Graph 支持多种类型的客户端，包括命令行客户端、可视化界面客户端和流行编程语言客户端。详情参见客户端列表。

3.4.1 前提条件

- Nebula Graph 服务已启动。
- 运行 Nebula Console 的机器和运行 Nebula Graph 的服务器网络互通。
- Nebula Console 的版本兼容 Nebula Graph 的版本。

Note

版本相同的 Nebula Console 和 Nebula Graph 兼容程度最高，版本不同的 Nebula Console 连接 Nebula Graph 时，可能会有兼容问题，或者无法连接并报错 `incompatible version between client and server` 。

3.4.2 操作步骤

1. 在 Nebula Console 下载页面，确认需要的版本，单击 **Assets**。

   Note

   建议选择**最新**版本。

2. 在 **Assets** 区域找到机器运行所需的二进制文件，下载文件到机器上。
3. （可选）为方便使用，重命名文件为 `nebula-console` 。

   Note

   在 Windows 系统中，请重命名为 `nebula-console.exe` 。

4. 在运行 Nebula Console 的机器上执行如下命令，为用户授予 nebula-console 文件的执行权限。

   Note

   Windows 系统请跳过此步骤。

```
$ chmod 111 nebula-console
```

5. 在命令行界面中，切换工作目录至 nebula-console 文件所在目录。

2022 vesoft Inc.

6. 执行如下命令连接 Nebula Graph。

- Linux 或 macOS

```
$ ./nebula-console -addr <ip> -port <port> -u <username> -p <password>
  [-t 120] [-e "nGQL_statement" | -f filename.nGQL]
```

- Windows

```
> nebula-console.exe -addr <ip> -port <port> -u <username> -p <password>
  [-t 120] [-e "nGQL_statement" | -f filename.nGQL]
```

参数说明如下。

参数	说明
`-h/-help`	显示帮助菜单。
`-addr/-address`	设置要连接的 Graph 服务的 IP 地址。默认地址为 127.0.0.1。如果 Nebula Graph 部署在 Nebula Cloud 上，需要创建 Private Link，并设置该参数的值为专用终结点的 IP 地址。
`-P/-port`	设置要连接的 Graph 服务的端口。默认端口为 9669。
`-u/-user`	设置 Nebula Graph 账号的用户名。未启用身份认证时，可以使用任意已存在的用户名（默认为 `root` ）。
`-p/-password`	设置用户名对应的密码。未启用身份认证时，密码可以填写任意字符。
`-t/-timeout`	设置整数类型的连接超时时间。单位为秒，默认值为 120。
`-e/-eval`	设置字符串类型的 nGQL 语句。连接成功后会执行一次该语句并返回结果，然后自动断开连接。
`-f/-file`	设置存储 nGQL 语句的文件的路径。连接成功后会执行该文件内的 nGQL 语句并返回结果，执行完毕后自动断开连接。
`-enable_ssl`	连接 Nebula Graph 时使用 SSL 加密。
`-ssl_root_ca_path`	指定 CA 证书的存储路径。
`-ssl_cert_path`	指定 CRT 证书的存储路径。
`-ssl_private_key_path`	指定私钥文件的存储路径。

更多参数参见项目仓库。

最后更新: November 25, 2021

2022 vesoft Inc.

3.5 注册 Storage 服务

首次连接到 Nebula Graph 后，需要先添加 Storage 主机，并确认主机都处于在线状态。

> **Compatibility**

- 从 Nebula Graph 3.0.0 版本开始，必须先使用 `ADD HOSTS` 添加主机，才能正常通过 Storage 服务读写数据。
- 在此前的版本中，无需执行该操作。

3.5.1 前提条件

已连接 Nebula Graph 服务。

3.5.2 操作步骤

1. 添加 Storage 主机。

   执行如下命令添加主机：

```
ADD HOSTS <ip>:<port> [,<ip>:<port> ...];
```

   示例：

```
nebula> ADD HOSTS 192.168.10.100:9779, 192.168.10.101:9779, 192.168.10.102:9779;
```

> **Caution**
>
> 请确保添加的主机 IP 和配置文件 `nebula-storaged.conf` 中 `local_ip` 配置的 IP 一致，否则会导致添加 Storage 主机失败。关于配置文件的详情，参见配置管理。

2. 检查主机状态，确认全部在线。

```
nebula> SHOW HOSTS;
+-----------------+------+-----------+----------+-------------+----------------------  +------------------------+---------+
| Host            | Port | HTTP port | Status   | Leader count | Leader distribution  |   Partition distribution | Version |
+-----------------+------+-----------+----------+-------------+----------------------  +------------------------+---------+
| "192.168.10.100" | 9779 | 19669     | "ONLINE" | 0            | "No valid partition" | "No   valid partition"   | "3.1.0" |
| "192.168.10.101" | 9779 | 19669     | "ONLINE" | 0            | "No valid partition" | "No   valid partition"   | "3.1.0" |
| "192.168.10.102" | 9779 | 19669     | "ONLINE" | 0            | "No valid partition" | "No   valid partition"   | "3.1.0" |
+-----------------+------+-----------+----------+-------------+----------------------  +------------------------+---------+
```

   在返回结果的 **Status** 列，可以看到所有 Storage 主机都在线。

最后更新: May 13, 2022

2022 vesoft Inc.

3.6 步骤 4：使用常用 nGQL（CRUD 命令）

本文介绍 Nebula Graph 查询语言的基础语法，包括用于 Schema 创建和常用增删改查操作的语句。

如需了解更多语句的用法，参见 nGQL 指南。

3.6.1 图空间和 Schema

一个 Nebula Graph 实例由一个或多个图空间组成。每个图空间都是物理隔离的，用户可以在同一个实例中使用不同的图空间存储不同的数据集。

为了在图空间中插入数据，需要为图数据库定义一个 Schema。Nebula Graph 的 Schema 是由如下几部分组成。

组成部分	说明
点（Vertex）	表示现实世界中的实体。一个点可以有 0 到多个标签。
标签（Tag）	点的类型，定义了一组描述点类型的属性。
边（Edge）	表示两个点之间**有方向**的关系。
边类型（Edge type）	边的类型，定义了一组描述边的类型的属性。

更多信息，请参见数据结构。

本文将使用下图的数据集演示基础操作的语法。

2022 vesoft Inc.

2022 vesoft Inc.

异步实现创建和修改

Caution

Nebula Graph 中执行如下创建和修改操作，是异步实现的。要在**下一个**心跳周期之后才能生效，否则访问会报错。为确保数据同步，后续操作能顺利进行，请等待 2 个心跳周期（20 秒）。

- `CREATE SPACE`
- `CREATE TAG`
- `CREATE EDGE`
- `ALTER TAG`
- `ALTER EDGE`
- `CREATE TAG INDEX`
- `CREATE EDGE INDEX`

Note

默认心跳周期是 10 秒。修改心跳周期参数 `heartbeat_interval_secs`，请参见配置简介。

3.6.2 创建和选择图空间

nGQL 语法

- 创建图空间

```
CREATE SPACE [IF NOT EXISTS] <graph_space_name> (
[partition_num = <partition_number>,]
[replica_factor = <replica_number>,]
vid_type = {FIXED_STRING(<N>) | INT64}
)

[COMMENT = '<comment>'];
```

参数详情请参见 CREATE SPACE。

- 列出创建成功的图空间

```
nebula> SHOW SPACES;
```

- 选择数据库

```
USE <graph_space_name>;
```

示例

1. 执行如下语句创建名为 `basketballplayer` 的图空间。

```
nebula> CREATE SPACE basketballplayer(partition_num=15, replica_factor=1, vid_type=fixed_string(30));
```

2. 执行命令 `SHOW HOSTS` 检查分片的分布情况，确保平衡分布。

```
nebula> SHOW HOSTS;
+------------+-----------+-----------+-----------+--------------+---------------------------------+------------------------+---------+
| Host       | Port      | HTTP port | Status    | Leader count | Leader distribution             | Partition distribution | Version |
+------------+-----------+-----------+-----------+--------------+---------------------------------+------------------------+---------+
| "storaged0" | 9779      | 19669     | "ONLINE"  | 5            | "basketballplayer:5"            | "basketballplayer:5"   | "3.1.0" |
| "storaged1" | 9779      | 19669     | "ONLINE"  | 5            | "basketballplayer:5"            | "basketballplayer:5"   | "3.1.0" |
| "storaged2" | 9779      | 19669     | "ONLINE"  | 5            | "basketballplayer:5"            | "basketballplayer:5"   | "3.1.0" |
+------------+-----------+-----------+-----------+--------------+---------------------------------+------------------------+---------+
```


2022 vesoft Inc.

如果 **Leader distribution** 分布不均匀，请执行命令 `BALANCE LEADER` 重新分配。更多信息，请参见 Storage 负载均衡。

3. 选择图空间 `basketballplayer` 。

```
nebula[(none)]> USE basketballplayer;
```

用户可以执行命令 `SHOW SPACES` 查看创建的图空间。

```
nebula> SHOW SPACES;
+-------------------+
| Name              |
+-------------------+
| "basketballplayer" |
+-------------------+
```

3.6.3 创建 Tag 和 Edge type

nGQL 语法

```
CREATE {TAG | EDGE} [IF NOT EXISTS] {<tag_name> | <edge_type_name>}
    (
      <prop_name> <data_type> [NULL | NOT NULL] [DEFAULT <default_value>] [COMMENT '<comment>']
      [{, <prop_name> <data_type> [NULL | NOT NULL] [DEFAULT <default_value>] [COMMENT '<comment>']} ...]
    )
    [TTL_DURATION = <ttl_duration>]
    [TTL_COL = <prop_name>]
    [COMMENT = '<comment>'];
```

参数详情请参见 CREATE TAG 和 CREATE EDGE。

示例

创建 Tag: `player` 和 `team` ，以及 Edge type: `follow` 和 `serve` 。说明如下表。

名称	类型	属性
player	Tag	name (string), age (int)
team	Tag	name (string)
follow	Edge type	degree (int)
serve	Edge type	start_year (int), end_year (int)

```
nebula> CREATE TAG player(name string, age int);

nebula> CREATE TAG team(name string);

nebula> CREATE EDGE follow(degree int);

nebula> CREATE EDGE serve(start_year int, end_year int);
```

3.6.4 插入点和边

用户可以使用 `INSERT` 语句，基于现有的 Tag 插入点，或者基于现有的 Edge type 插入边。

nGQL 语法

- 插入点

```
INSERT VERTEX [IF NOT EXISTS] [tag_props, [tag_props] ...]
VALUES <vid>: ([prop_value_list])

tag_props:
  tag_name ([prop_name_list])

prop_name_list:
   [prop_name [, prop_name] ...]
```


2022 vesoft Inc.

```
prop_value_list:
   [prop_value [, prop_value] ...]
```

`vid` 是 Vertex ID 的缩写，`vid` 在一个图空间中是唯一的。参数详情请参见 INSERT VERTEX。

- 插入边

```
INSERT EDGE [IF NOT EXISTS] <edge_type> ( <prop_name_list> ) VALUES
<src_vid> -> <dst_vid>[@<rank>] : ( <prop_value_list> )
[, <src_vid> -> <dst_vid>[@<rank>] : ( <prop_value_list> ), ...];

<prop_name_list> ::=
[ <prop_name> [, <prop_name> ] ...]

<prop_value_list> ::=
[ <prop_value> [, <prop_value> ] ...]
```

参数详情请参见 INSERT EDGE。

示例

- 插入代表球员和球队的点。

```
nebula> INSERT VERTEX player(name, age) VALUES "player100":("Tim Duncan", 42);

nebula> INSERT VERTEX player(name, age) VALUES "player101":("Tony Parker", 36);

nebula> INSERT VERTEX player(name, age) VALUES "player102":("LaMarcus Aldridge", 33);

nebula> INSERT VERTEX team(name) VALUES "team203":("Trail Blazers"), "team204":("Spurs");
```

- 插入代表球员和球队之间关系的边。

```
nebula> INSERT EDGE follow(degree) VALUES "player101" -> "player100":(95);

nebula> INSERT EDGE follow(degree) VALUES "player101" -> "player102":(90);

nebula> INSERT EDGE follow(degree) VALUES "player102" -> "player100":(75);

nebula> INSERT EDGE serve(start_year, end_year) VALUES "player101" -> "team204":(1999, 2018),"player102" -> "team203":(2006,  2015);
```

3.6.5 查询数据

- GO 语句可以根据指定的条件遍历数据库。`GO` 语句从一个或多个点开始，沿着一条或多条边遍历，返回 `YIELD` 子句中指定的信息。
- FETCH 语句可以获得点或边的属性。
- LOOKUP 语句是基于索引的，和 `WHERE` 子句一起使用，查找符合特定条件的数据。
- MATCH 语句是查询图数据最常用的，可以灵活的描述各种图模式，但是它依赖索引去匹配 Nebula Graph 中的数据模型，性能也还需要调优。

nGQL 语法

- `GO`

```
GO [[<M> TO] <N> STEPS ] FROM <vertex_list>
OVER <edge_type_list> [{REVERSELY | BIDIRECT}]
[ WHERE <conditions> ]
YIELD [DISTINCT] <return_list>
[{ SAMPLE <sample_list> | <limit_by_list_clause> }]
[| GROUP BY {<col_name> | expression> | <position>} YIELD <col_name>]
```


2022 vesoft Inc.

```
[| ORDER BY <expression> [{ASC | DESC}]]
[| LIMIT [<offset>,] <number_rows>];
```

- `FETCH`
- 查询 Tag 属性

```
FETCH PROP ON {<tag_name>[, tag_name ...] | *}
<vid> [, vid ...]
YIELD <return_list> [AS <alias>];
```

- 查询边属性

```
FETCH PROP ON <edge_type> <src_vid> -> <dst_vid>[@<rank>] [, <src_vid> -> <dst_vid> ...]
YIELD <output>;
```

- `LOOKUP`

```
LOOKUP ON {<vertex_tag> | <edge_type>}
[WHERE <expression> [AND <expression> ...]]
YIELD <return_list> [AS <alias>];

<return_list>
    <prop_name> [AS <col_alias>] [, <prop_name> [AS <prop_alias>] ...];
```

- `MATCH`

```
MATCH <pattern> [<clause_1>]  RETURN <output>  [<clause_2>];
```

`GO` 语句示例

- 从 VID 为 `player101` 的球员开始，沿着边 `follow` 找到连接的球员。

```
nebula> GO FROM "player101" OVER follow YIELD id($$);
+-------------+
| id($$)      |
+-------------+
| "player100" |
| "player102" |
```


2022 vesoft Inc.

```
| "player125" |
+-------------+
```

- 从 VID 为 `player101` 的球员开始，沿着边 `follow` 查找年龄大于或等于 35 岁的球员，并返回他们的姓名和年龄，同时重命名对应的列。

```
nebula> GO FROM "player101" OVER follow WHERE properties($$).age >= 35 \
        YIELD properties($$).name AS Teammate, properties($$).age AS Age;
+-----------------+-----+
| Teammate        | Age |
+-----------------+-----+
| "Tim Duncan"    | 42  |
| "Manu Ginobili" | 41  |
+-----------------+-----+
```

子句/符号	说明
`YIELD`	指定该查询需要返回的值或结果。
`$$`	表示边的终点。
`\`	表示换行继续输入。

- 从 VID 为 `player101` 的球员开始，沿着边 `follow` 查找连接的球员，然后检索这些球员的球队。为了合并这两个查询请求，可以使用管道符或临时变量。

- 使用管道符

```
nebula> GO FROM "player101" OVER follow YIELD dst(edge) AS id | \
        GO FROM $-.id OVER serve YIELD properties($$).name AS Team, \
        properties($^).name AS Player;
+-----------------+---------------------+
| Team            | Player              |
+-----------------+---------------------+
| "Spurs"         | "Tim Duncan"        |
| "Trail Blazers" | "LaMarcus Aldridge" |
| "Spurs"         | "LaMarcus Aldridge" |
| "Spurs"         | "Manu Ginobili"     |
+-----------------+---------------------+
```

子句/符号	说明
`$^`	表示边的起点。
`|`	组合多个查询的管道符，将前一个查询的结果集用于后一个查询。
`$-`	表示管道符前面的查询输出的结果集。

- 使用临时变量

> **Note**
>
> 当复合语句作为一个整体提交给服务器时，其中的临时变量会在语句结束时被释放。

```
nebula> $var = GO FROM "player101" OVER follow YIELD dst(edge) AS id; \
        GO FROM $var.id OVER serve YIELD properties($$).name AS Team, \
        properties($^).name AS Player;
+-----------------+---------------------+
| Team            | Player              |
+-----------------+---------------------+
| "Spurs"         | "Tim Duncan"        |
| "Trail Blazers" | "LaMarcus Aldridge" |
| "Spurs"         | "LaMarcus Aldridge" |
| "Spurs"         | "Manu Ginobili"     |
+-----------------+---------------------+
```

`FETCH` 语句示例

查询 VID 为 `player100` 的球员的属性。

2022 vesoft Inc.

```
nebula> FETCH PROP ON player "player100" YIELD properties(vertex);
+------------------------------+
| properties(VERTEX)           |
+------------------------------+
| {age: 42, name: "Tim Duncan"} |
+------------------------------+
```

Note

`LOOKUP` 和 `MATCH` 的示例在下文的索引 部分查看。

3.6.6 修改点和边

用户可以使用 `UPDATE` 语句或 `UPSERT` 语句修改现有数据。

`UPSERT` 是 `UPDATE` 和 `INSERT` 的结合体。当使用 `UPSERT` 更新一个点或边，如果它不存在，数据库会自动插入一个新的点或边。

Note

每个 partition 内部， `UPSERT` 操作是一个串行操作，所以执行速度比执行 `INSERT` 或 `UPDATE` 慢很多。其仅在多个 partition 之间有并发。

nGQL 语法

- `UPDATE` 点

```
UPDATE VERTEX <vid> SET <properties to be updated>
[WHEN <condition>] [YIELD <columns>];
```

- `UPDATE` 边

```
UPDATE EDGE <source vid> -> <destination vid> [@rank] OF <edge_type>
SET <properties to be updated> [WHEN <condition>] [YIELD <columns to be output>];
```

- `UPSERT` 点或边

```
UPSERT {VERTEX <vid> | EDGE <edge_type>} SET <update_columns>
[WHEN <condition>] [YIELD <columns>];
```

示例

- 用 `UPDATE` 修改 VID 为 `player100` 的球员的 `name` 属性，然后用 `FETCH` 语句检查结果。

```
nebula> UPDATE VERTEX "player100" SET player.name = "Tim";

nebula> FETCH PROP ON player "player100" YIELD properties(vertex);
+------------------------+
| properties(VERTEX)     |
+------------------------+
```


2022 vesoft Inc.

```
| {age: 42, name: "Tim"} |
+------------------------+
```

- 用 `UPDATE` 修改某条边的 `degree` 属性，然后用 `FETCH` 检查结果。

```
nebula> UPDATE EDGE "player101" -> "player100" OF follow SET degree = 96;

nebula> FETCH PROP ON follow "player101" -> "player100" YIELD properties(edge);
+------------------+
| properties(EDGE) |
+------------------+
| {degree: 96}     |
+------------------+
```

- 用 `INSERT` 插入一个 VID 为 `player111` 的点，然后用 `UPSERT` 更新它。

```
nebula> INSERT VERTEX player(name,age) VALUES "player111":("David West", 38);

nebula> UPSERT VERTEX "player111" SET player.name = "David", player.age = $^.player.age + 11 \
        WHEN $^.player.name == "David West" AND $^.player.age > 20 \
        YIELD $^.player.name AS Name, $^.player.age AS Age;
+---------+-----+
| Name    | Age |
+---------+-----+
| "David" | 49  |
+---------+-----+
```

3.6.7 删除点和边

nGQL 语法

- 删除点

```
DELETE VERTEX <vid1>[, <vid2>...]
```

- 删除边

```
DELETE EDGE <edge_type> <src_vid> -> <dst_vid>[@<rank>]
[, <src_vid> -> <dst_vid>...]
```

示例

- 删除点

```
nebula> DELETE VERTEX "player111", "team203";
```

- 删除边

```
nebula> DELETE EDGE follow "player101" -> "team204";
```

3.6.8 索引

用户可以通过 CREATE INDEX 语句为 Tag 和 Edge type 增加索引。

使用索引必读

`MATCH` 和 `LOOKUP` 语句的执行都依赖索引，但是索引会导致写性能大幅降低（降低 90%甚至更多）。请**不要随意**在生产环境中使用索引，除非很清楚使用索引对业务的影响。

必须为“已写入但未构建索引”的数据重建索引，否则无法在 `MATCH` 和 `LOOKUP` 语句中返回这些数据。参见重建索引。

2022 vesoft Inc.

nGQL 语法

- 创建索引

```
CREATE {TAG | EDGE} INDEX [IF NOT EXISTS] <index_name>
ON {<tag_name> | <edge_name>} ([<prop_name_list>]) [COMMENT = '<comment>'];
```

- 重建索引

```
REBUILD {TAG | EDGE} INDEX <index_name>;
```

Note

为没有指定长度的变量属性创建索引时，需要指定索引长度。在 utf-8 编码中，一个中文字符占 3 字节，请根据变量属性长度设置合适的索引长度。例如 10 个中文字符，索引长度需要为 30。详情请参见创建索引。

基于索引的 `LOOKUP` 和 `MATCH` 示例

确保 `LOOKUP` 或 `MATCH` 有一个索引可用。如果没有，请先创建索引。

找到 Tag 为 `player` 的点的信息，它的 `name` 属性值为 `Tony Parker` 。

```
// 为 name 属性创建索引 player_index_1。
nebula> CREATE TAG INDEX IF NOT EXISTS player_index_1 ON player(name(20));

// 重建索引确保能对已存在数据生效。
nebula> REBUILD TAG INDEX player_index_1
+------------+
| New Job Id |
+------------+
| 31         |
+------------+

// 使用 LOOKUP 语句检索点的属性。
nebula> LOOKUP ON player WHERE player.name == "Tony Parker" \
        YIELD properties(vertex).name AS name, properties(vertex).age AS age;
+---------------+-----+
| name          | age |
+---------------+-----+
| "Tony Parker" | 36  |
+---------------+-----+

// 使用 MATCH 语句检索点的属性。
nebula> MATCH (v:player{name:"Tony Parker"}) RETURN v;
+--------------------------------------------------+
| v                                                |
+--------------------------------------------------+
| ("player101" :player{age: 36, name: "Tony Parker"}) |
+--------------------------------------------------+
```

最后更新: April 6, 2022

2022 vesoft Inc.

3.7 nGQL 命令汇总

3.7.1 函数

2022 vesoft Inc.

- 数学函数

2022 vesoft Inc.

函数	说明
double abs(double x)	返回 x 的绝对值。
double floor(double x)	返回小于或等于 x 的最大整数。
double ceil(double x)	返回大于或等于 x 的最小整数。
double round(double x)	返回离 x 最近的整数值，如果 x 恰好在中间，则返回离 0 较远的整数。
double sqrt(double x)	返回 x 的平方根。
double cbrt(double x)	返回 x 的立方根。
double hypot(double x, double y)	返回直角三角形（直角边长为 x 和 y）的斜边长。
double pow(double x, double y)	返回 x^y 的值。
double exp(double x)	返回 e^x 的值。
double exp2(double x)	返回 2^x 的值。
double log(double x)	返回以自然数 e 为底 x 的对数。
double log2(double x)	返回以 2 为底 x 的对数。
double log10(double x)	返回以 10 为底 x 的对数。
double sin(double x)	返回 x 的正弦值。
double asin(double x)	返回 x 的反正弦值。
double cos(double x)	返回 x 的余弦值。
double acos(double x)	返回 x 的反余弦值。
double tan(double x)	返回 x 的正切值。
double atan(double x)	返回 x 的反正切值。
double rand()	返回 [0,1) 内的随机浮点数。
int rand32(int min, int max)	返回 `[min, max)` 内的一个随机 32 位整数。 用户可以只传入一个参数，该参数会判定为 `max`，此时 `min` 默认为 `0`。 如果不传入参数，此时会从带符号的 32 位 int 范围内随机返回。
int rand64(int min, int max)	返回 `[min, max)` 内的一个随机 64 位整数。 用户可以只传入一个参数，该参数会判定为 `max`，此时 `min` 默认为 `0`。 如果不传入参数，此时会从带符号的 64 位 int 范围内随机返回。
std()	返回参数的总体标准差。
sum()	返回参数的和。
bit_and()	逐位做 AND 操作。
bit_or()	逐位做 OR 操作。
bit_xor()	逐位做 XOR 操作。
int size()	返回列表或映射中元素的数量。
int range(int start, int end, int step)	返回 `[start,end]` 中指定步长的值组成的列表。步长 `step` 默认为 1。
int sign(double x)	返回 x 的正负号。 如果 x 为 `0`，则返回 `0`。 如果 x 为负数，则返回 `-1`。 如果 x 为正数，则返回 `1`。
double e()	返回自然对数的底 e（2.718281828459045）。

2022 vesoft Inc.

函数	说明
double pi()	返回数学常数π（3.141592653589793）。
double radians()	将角度转换为弧度。 `radians(180)` 返回 `3.141592653589793` 。

- 聚合函数

函数	说明
avg()	返回参数的平均值。
count()	语法： `count({expr | *})` 。 `count()` 返回总行数（包括 NULL）。 `count(expr)` 返回满足表达式的非空值的总数。 `count()` 和 `size()` 是不同的。
max()	返回参数的最大值。
min()	返回参数的最小值。
collect()	`collect()` 函数返回一个符合表达式返回结果的列表。该函数可以将多条记录或值合并进一个列表，实现数据聚合。

2022 vesoft Inc.

- 字符串函数

函数	说明
int strcasecmp(string a, string b)	比较两个字符串（不区分大小写）。当 a=b 时，返回 0，当 a>b 是，返回大于 0 的数，当 a<b 时，返回小于 0 的数。
string lower(string a)	返回小写形式的字符串。
string toLower(string a)	和 `lower()` 相同。
string upper(string a)	返回大写形式的字符串。
string toUpper(string a)	和 `upper()` 相同。
int length(string a)	以字节为单位，返回给定字符串的长度。
string trim(string a)	删除字符串头部和尾部的空格。
string ltrim(string a)	删除字符串头部的空格。
string rtrim(string a)	删除字符串尾部的空格。
string left(string a, int count)	返回字符串左侧 `count` 个字符组成的子字符串。如果 `count` 超过字符串 a 的长度，则返回字符串 a。
string right(string a, int count)	返回字符串右侧 `count` 个字符组成的子字符串。如果 `count` 超过字符串 a 的长度，则返回字符串 a。
string lpad(string a, int size, string letters)	在字符串 a 的左侧填充 `letters` 字符串，并返回 `size` 长度的字符串。
string rpad(string a, int size, string letters)	在字符串 a 的右侧填充 `letters` 字符串，并返回 `size` 长度的字符串。
string substr(string a, int pos, int count)	从字符串 a 的指定位置 `pos` 开始（不包括 `pos` 位置的字符），提取右侧的 `count` 个字符，组成新的字符串并返回。
string substring(string a, int pos, int count)	和 `substr()` 相同。
string reverse(string)	逆序返回字符串。
string replace(string a, string b, string c)	将字符串 a 中的子字符串 b 替换为字符串 c。
list split(string a, string b)	在子字符串 b 处拆分字符串 a，返回一个字符串列表。
concat()	`concat()` 函数至少需要两个或以上字符串参数，并将所有参数连接成一个字符串。 语法：`concat(string1,string2,...)`
concat_ws()	`concat_ws()` 函数将两个或以上字符串参数与预定义的分隔符（separator）相连接。

- 日期时间函数

函数	说明
int now()	根据当前系统返回当前时区的时间戳。
timestamp timestamp()	根据当前系统返回当前时区的时间戳。
date date()	根据当前系统返回当前日期（UTC 时间）。
time time()	根据当前系统返回当前时间（UTC 时间）。
datetime datetime()	根据当前系统返回当前日期和时间（UTC 时间）。

2022 vesoft Inc.

- Schema 函数
- 原生 nGQL 语句适用

函数	说明
id(vertex)	返回点 ID。数据类型和点 ID 的类型保持一致。
map properties(vertex)	返回点的所有属性。
map properties(edge)	返回边的所有属性。
string type(edge)	返回边的 Edge type。
src(edge)	返回边的起始点 ID。数据类型和点 ID 的类型保持一致。
dst(edge)	返回边的目的点 ID。数据类型和点 ID 的类型保持一致。
int rank(edge)	返回边的 rank。
vertex	返回点的信息。包括点 ID、Tag、属性和值。
edge	返回边的信息。包括 Edge type、起始点 ID、目的点 ID、rank、属性和值。
vertices	返回子图中的点的信息。详情参见 GET SUBGRAPH。
edges	返回子图中的边的信息。详情参见 GET SUBGRAPH。
path	返回路径信息。详情参见 FIND PATH。

- openCypher 兼容语句适用

函数	说明
id(<vertex>)	返回点 ID。数据类型和点 ID 的类型保持一致。
list tags(<vertex>)	返回点的 Tag，与 labels() 作用相同。
list labels(<vertex>)	返回点的 Tag，与 tags() 作用相同，用于兼容 openCypher 语法。
map properties(<vertex_or_edge>)	返回点或边的所有属性。
string type(<edge>)	返回边的 Edge type。
src(<edge>)	返回边的起始点 ID。数据类型和点 ID 的类型保持一致。
dst(<edge>)	返回边的目的点 ID。数据类型和点 ID 的类型保持一致。
vertex startNode(<path>)	获取一条边或一条路径并返回它的起始点 ID。
string endNode(<path>)	获取一条边或一条路径并返回它的目的点 ID。
int rank(<edge>)	返回边的 rank。

2022 vesoft Inc.

- 列表函数

函数	说明
keys(expr)	返回一个列表，包含字符串形式的点、边或映射的所有属性。
labels(vertex)	返回点的 Tag 列表。
nodes(path)	返回路径中所有点的列表。
range(start, end [, step])	返回 `[start,end]` 范围内固定步长的列表，默认步长 `step` 为 1。
relationships(path)	返回路径中所有关系的列表。
reverse(list)	返回将原列表逆序排列的新列表。
tail(list)	返回不包含原列表第一个元素的新列表。
head(list)	返回列表的第一个元素。
last(list)	返回列表的最后一个元素。
reduce()	将表达式逐个应用于列表中的元素，然后和累加器中的当前结果累加，最后返回完整结果。

- 类型转换函数

函数	说明
bool toBoolean()	将字符串转换为布尔。
float toFloat()	将整数或字符串转换为浮点数。
string toString()	将任意数据类型转换为字符串类型。
int toInteger()	将浮点或字符串转换为整数。
set toSet()	将列表或集合转换为集合。
int hash()	`hash()` 函数返回参数的哈希值。其参数可以是数字、字符串、列表、布尔值、NULL 等类型的值，或者计算结果为这些类型的表达式。

- 谓词函数

谓词函数只返回 `true` 或 `false`，通常用于 `WHERE` 子句中。

```
<predicate>(<variable> IN <list> WHERE <condition>)
```

函数	说明
exists()	如果指定的属性在点、边或映射中存在，则返回 `true`，否则返回 `false`。
any()	如果指定的谓词适用于列表中的至少一个元素，则返回 `true`，否则返回 `false`。
all()	如果指定的谓词适用于列表中的每个元素，则返回 `true`，否则返回 `false`。
none()	如果指定的谓词不适用于列表中的任何一个元素，则返回 `true`，否则返回 `false`。
single()	如果指定的谓词适用于列表中的唯一一个元素，则返回 `true`，否则返回 `false`。

2022 vesoft Inc.

- 条件表达式函数

函数	说明
CASE	使用条件来过滤 nGQL 查询语句的结果，常用于 `YIELD` 和 `RETURN` 子句中。 `CASE` 表达式会遍历所有条件，并在满足第一个条件时停止读取后续条件，然后返回结果。 如果不满足任何条件，将通过 `ELSE` 子句返回结果。如果没有 `ELSE` 子句且不满足任何条件，则返回 `NULL`。
coalesce()	返回所有表达式中第一个非空元素。

3.7.2 通用查询语句

- MATCH

2022 vesoft Inc.

```
MATCH <pattern> [<clause_1>]  RETURN <output>  [<clause_2>];
```


2022 vesoft Inc.

模式	示例	说明
匹配点	`(v)`	用户可以在一对括号中使用自定义变量来表示模式中的点。例如 `(v)` 。
匹配 Tag	`MATCH (v:player) RETURN v`	用户可以在点的右侧用 `:<tag_name>` 表示模式中的 Tag。
匹配多 Tag	`MATCH (v:player:team) RETURN v LIMIT 10`	用户可以用英文冒号（:）匹配多 Tag 的点。
匹配点的属性	`MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"}) RETURN v`	用户可以在 Tag 的右侧用 `{<prop_name>: <prop_value>}` 表示模式中点的属性。
匹配单点 ID	`MATCH (v) WHERE id(v) == 'player101' RETURN v`	用户可以使用点 ID 去匹配点。 `id()` 函数可以检索点的 ID。
匹配多点 ID	`MATCH (v:player { name: 'Tim Duncan' })--(v2) WHERE id(v2) IN ["player101", "player102"] RETURN v2`	要匹配多个点的 ID，可以用 `WHERE id(v) IN [vid_list]` 。
匹配连接的点	`MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"})--(v2) RETURN v2.player.name AS Name`	用户可以使用 `--` 符号表示两个方向的边，并匹配这些边连接的点。用户可以在 `--` 符号上增加 `<` 或 `>` 符号指定边的方向。
匹配路径	`MATCH p=(v:player{name:"Tim Duncan"})-->(v2) RETURN p`	连接起来的点和边构成了路径。用户可以使用自定义变量命名路径。
匹配边	`MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"})-[e]-(v2) RETURN e` `MATCH ()<-[e]-()  RETURN e  LIMIT 3`	除了用 `--` 、 `-->` 、 `<--` 表示未命名的边之外，用户还可以在方括号中使用自定义变量命名边。例如 `-[e]-` 。
匹配 Edge type	`MATCH ()-[e:follow]->() RETURN e LIMIT 5`	和点一样，用户可以用 `:<edge_type>` 表示模式中的 Edge type，例如 `-[e:follow]-` 。
匹配边的属性	`MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"})-[e:follow{degree:95}]->(v2) RETURN e`	用户可以用 `{<prop_name>: <prop_value>}` 表示模式中 Edge type 的属性，例如 `[e:follow{likeness:95}]` 。
匹配多个 Edge type	`MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"})-[e:follow | :serve]->(v2) RETURN e`	使用 `|` 可以匹配多个 Edge type，例如 `[e:follow | :serve]` 。第一个 Edge type 前的英文冒号（:）不可省略，后续 Edge type 前的英文冒号可以省略，例如 `[e:follow | serve]` 。
匹配多条边	`MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"})-[]->(v2)<-[e:serve]-(v3) RETURN v2, v3`	用户可以扩展模式，匹配路径中的多条边。
匹配定长路径	`MATCH p=(v:player{name:"Tim Duncan"})-[e:follow*2]->(v2) RETURN DISTINCT v2 AS Friends`	用户可以在模式中使用 `:<edge_type>*<hop>` 匹配定长路径。 `hop` 必须是一个非负整数。 `e` 的数据类型是列表。
匹配变长路径	`MATCH p=(v:player{name:"Tim Duncan"})-[e:follow*1..3]->(v2) RETURN v2 AS Friends`	`minHop` ：可选项。表示路径的最小长度。 `minHop` 必须是一个非负整数，默认值为 1。 `maxHop` ：可选项。表示路径的最大长度。 `maxHop` 必须是一个非负整数，默认为无穷大。 `e` 的数据类型是列表。
匹配多个 Edge type 的变长路径	`MATCH p=(v:player{name:"Tim Duncan"})-[e:follow | serve*2]->(v2) RETURN DISTINCT v2`	用户可以在变长或定长模式中指定多个 Edge type。 `hop` 、 `minHop` 和 `maxHop` 对所有 Edge type 都生效。 `e` 的数据类型是列表。
检索点或边的信息	`MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"}) RETURN v` `MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"})-[e]->(v2) RETURN e`	使用 `RETURN {<vertex_name> | <edge_name>}` 检索点或边的所有信息。
检索点 ID	`MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"}) RETURN id(v)`	使用 `id()` 函数检索点 ID。
检索 Tag	`MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"}) RETURN labels(v)`	使用 `labels()` 函数检索点上的 Tag 列表。 检索列表 `labels(v)` 中的第 N 个元素，可以使用 `labels(v)[n-1]` 。

2022 vesoft Inc.

模式	示例	说明
检索点或边的单个属性	`MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"}) RETURN v.player.age`	使用 `RETURN {<vertex_name> | <edge_name>}.<property>` 检索单个属性。使用 `AS` 设置属性的别名。
检索点或边的所有属性	`MATCH p=(v:player{name:"Tim Duncan"})-[]->(v2) RETURN properties(v2)`	使用 `properties()` 函数检索点或边的所有属性。
检索 Edge type	`MATCH p=(v:player{name:"Tim Duncan"})-[e]->() RETURN DISTINCT type(e)`	使用 `type()` 函数检索匹配的 Edge type。
检索路径	`MATCH p=(v:player{name:"Tim Duncan"})-[*3]->() RETURN p`	使用 `RETURN <path_name>` 检索匹配路径的所有信息。
检索路径中的点	`MATCH p=(v:player{name:"Tim Duncan"})-[]->(v2) RETURN nodes(p)`	使用 `nodes()` 函数检索路径中的所有点。
检索路径中的边	`MATCH p=(v:player{name:"Tim Duncan"})-[]->(v2) RETURN relationships(p)`	使用 `relationships()` 函数检索路径中的所有边。
检索路径长度	`MATCH p=(v:player{name:"Tim Duncan"})-[*..2]->(v2) RETURN p AS Paths, length(p) AS Length`	使用 `length()` 函数检索路径的长度。

- OPTIONAL MATCH

模式	示例	说明
作为MATCH语句的可选项去匹配图数据库中的模式	`MATCH (m)-[]->(n) WHERE id(m)=="player100" OPTIONAL MATCH (n)-[]->(l) WHERE id(n)=="player125" RETURN id(m),id(n),id(l)`	如果图数据库中没有对应的模式，对应的列返回NULL。

- LOOKUP

```
LOOKUP ON {<vertex_tag> | <edge_type>}
[WHERE <expression> [AND <expression> ...]]
YIELD <return_list> [AS <alias>]
```

模式	示例	说明
检索点	`LOOKUP ON player WHERE player.name == "Tony Parker" YIELD player.name AS name, player.age AS age`	返回 Tag 为 `player` 且 `name` 为 `Tony Parker` 的点。
检索边	`LOOKUP ON follow WHERE follow.degree == 90 YIELD follow.degree`	返回 Edge type 为 `follow` 且 `degree` 为 `90` 的边。
通过 Tag 列出所有点	`LOOKUP ON player YIELD properties(vertex),id(vertex)`	查找所有 Tag 为 `player` 的点 VID。
通过 Edge type 列出边	`LOOKUP ON like YIELD edge AS e`	查找 Edge type 为 `like` 的所有边的信息。
统计点	`LOOKUP ON player YIELD id(vertex)| YIELD COUNT(*) AS Player_Count`	统计 Tag 为 `player` 的点。
统计边	`LOOKUP ON like YIELD id(vertex)| YIELD COUNT(*) AS Like_Count`	统计 Edge type 为 `like` 的边。

2022 vesoft Inc.

- GO

```
GO [[<M> TO] <N> STEPS ] FROM <vertex_list>
OVER <edge_type_list> [{REVERSELY | BIDIRECT}]
[ WHERE <conditions> ]
YIELD [DISTINCT] <return_list>
[{SAMPLE <sample_list> | LIMIT <limit_list>}]
[| GROUP BY {col_name | expr | position} YIELD <col_name>]
[| ORDER BY <expression> [{ASC | DESC}]]
[| LIMIT [<offset_value>,] <number_rows>]
```

示例	说明
`GO FROM "player102" OVER serve YIELD dst(edge)`	返回 player102 所属队伍。
`GO 2 STEPS FROM "player102" OVER follow YIELD dst(edge)`	返回距离 player102 两跳的朋友。
`GO FROM "player100", "player102" OVER serve WHERE properties(edge).start_year > 1995 YIELD DISTINCT properties($$).name AS team_name, properties(edge).start_year AS start_year, properties($^).name AS player_name`	添加过滤条件。
`GO FROM "player100" OVER follow, serve YIELD properties(edge).degree, properties(edge).start_year`	遍历多个 Edge type。属性没有值时，会显示 `UNKNOWN_PROP` 。
`GO FROM "player100" OVER follow REVERSELY YIELD src(edge) AS destination`	返回 player100 入方向的邻居点。
`GO FROM "player100" OVER follow REVERSELY YIELD src(edge) AS id | GO FROM $-.id OVER serve WHERE properties($^).age > 20 YIELD properties($^).name AS FriendOf, properties($$).name AS Team`	查询 player100 的朋友和朋友所属队伍。
`GO FROM "player102" OVER follow YIELD dst(edge) AS both`	返回 player102 所有邻居点。
`GO 2 STEPS FROM "player100" OVER follow YIELD src(edge) AS src, dst(edge) AS dst, properties($$).age AS age | GROUP BY $-.dst YIELD $-.dst AS dst, collect_set($-.src) AS src, collect($-.age) AS age`	根据年龄分组。

2022 vesoft Inc.

- FETCH

- 获取点的属性值

```
FETCH PROP ON {<tag_name>[, tag_name ...] | *}
<vid> [, vid ...]
YIELD <return_list> [AS <alias>]
```

示例	说明
`FETCH PROP ON player "player100" YIELD properties(vertex)`	在 `FETCH` 语句中指定 Tag 获取对应点的属性值。
`FETCH PROP ON player "player100" YIELD player.name AS name`	使用 `YIELD` 子句指定返回的属性。
`FETCH PROP ON player "player101", "player102", "player103" YIELD properties(vertex)`	指定多个点 ID 获取多个点的属性值，点之间用英文逗号（,）分隔。
`FETCH PROP ON player, t1 "player100", "player103" YIELD properties(vertex)`	在 `FETCH` 语句中指定多个 Tag 获取属性值。Tag 之间用英文逗号（,）分隔。
`FETCH PROP ON * "player100", "player106", "team200" YIELD properties(vertex)`	在 `FETCH` 语句中使用 `*` 获取当前图空间所有标签里，点的属性值。

- 获取边的属性值

```
FETCH PROP ON <edge_type> <src_vid> -> <dst_vid>[@<rank>] [, <src_vid> -> <dst_vid> ...]
YIELD <output>;
```

示例	说明
`FETCH PROP ON serve "player100" -> "team204" YIELD properties(edge)`	获取连接 player100 和 team204 的边 serve 的所有属性值。
`FETCH PROP ON serve "player100" -> "team204" YIELD serve.start_year`	使用 `YIELD` 子句指定返回的属性。
`FETCH PROP ON serve "player100" -> "team204", "player133" -> "team202" YIELD properties(edge)`	指定多个边模式 (`<src_vid> -> <dst_vid>[@<rank>]`) 获取多个边的属性值。模式之间用英文逗号（,）分隔。
`FETCH PROP ON serve "player100" -> "team204"@1 YIELD properties(edge)`	要获取 rank 不为 0 的边，请在 FETCH 语句中设置 rank。
`GO FROM "player101" OVER follow YIELD follow._src AS s, follow._dst AS d | FETCH PROP ON follow $-.s -> $-.d YIELD follow.degree`	返回从点 player101 开始的 follow 边的 degree 值。
`$var = GO FROM "player101" OVER follow YIELD follow._src AS s, follow._dst AS d; FETCH PROP ON follow $var.s -> $var.d YIELD follow.degree`	自定义变量构建查询。

2022 vesoft Inc.

- SHOW

语句	语法	示例	说明
SHOW CHARSET	`SHOW CHARSET`	`SHOW CHARSET`	显示当前的字符集。
SHOW COLLATION	`SHOW COLLATION`	`SHOW COLLATION`	显示当前的排序规则。
SHOW CREATE SPACE	`SHOW CREATE SPACE <space_name>`	`SHOW CREATE SPACE basketballplayer`	显示指定图空间的创建语句。
SHOW CREATE TAG/EDGE	`SHOW CREATE {TAG <tag_name> | EDGE <edge_name>}`	`SHOW CREATE TAG player`	显示指定 Tag/Edge type 的基本信息。
SHOW HOSTS	`SHOW HOSTS [GRAPH | STORAGE | META]`	`SHOW HOSTS` `SHOW HOSTS GRAPH`	显示 Graph、Storage、Meta 服务主机信息、版本信息。
SHOW INDEX STATUS	`SHOW {TAG | EDGE} INDEX STATUS`	`SHOW TAG INDEX STATUS`	重建原生索引的作业状态，以便确定重建索引是否成功。
SHOW INDEXES	`SHOW {TAG | EDGE} INDEXES`	`SHOW TAG INDEXES`	列出当前图空间内的所有 Tag 和 Edge type（包括属性）的索引。
SHOW PARTS	`SHOW PARTS [<part_id>]`	`SHOW PARTS`	显示图空间中指定分片或所有分片的信息。
SHOW ROLES	`SHOW ROLES IN <space_name>`	`SHOW ROLES in basketballplayer`	显示分配给用户的角色信息。
SHOW SNAPSHOTS	`SHOW SNAPSHOTS`	`SHOW SNAPSHOTS`	显示所有快照信息。
SHOW SPACES	`SHOW SPACES`	`SHOW SPACES`	显示现存的图空间。
SHOW STATS	`SHOW STATS`	`SHOW STATS`	显示最近 `STATS` 作业收集的图空间统计信息。
SHOW TAGS/EDGES	`SHOW TAGS | EDGES`	`SHOW TAGS`、`SHOW EDGES`	显示当前图空间内的所有 Tag/Edge type。
SHOW USERS	`SHOW USERS`	`SHOW USERS`	显示用户信息。
SHOW SESSIONS	`SHOW SESSIONS`	`SHOW SESSIONS`	显示所有会话信息。
SHOW SESSIONS	`SHOW SESSION <Session_Id>`	`SHOW SESSION 1623304491050858`	指定会话 ID 进行查看。
SHOW QUERIES	`SHOW [ALL] QUERIES`	`SHOW QUERIES`	查看当前 Session 中正在执行的查询请求信息。
SHOW META LEADER	`SHOW META LEADER`	`SHOW META LEADER`	显示当前 Meta 集群的 leader 信息。

2022 vesoft Inc.

3.7.3 子句和选项

子句	语法	示例	说明
GROUP BY	`GROUP BY <var> YIELD <var>, <aggregation_function(var)>`	`GO FROM "player100" OVER follow BIDIRECT YIELD $$.player.name as Name | GROUP BY $-.Name YIELD $-.Name as Player, count(*) AS Name_Count`	查找所有连接到 player100 的点，并根据他们的姓名进行分组，返回姓名的出现次数。
LIMIT	`YIELD <var> [| LIMIT [<offset_value>,] <number_rows>]`	`GO FROM "player100" OVER follow REVERSELY YIELD $$.player.name AS Friend, $$.player.age AS Age | ORDER BY $-.Age, $-.Friend | LIMIT 1, 3`	从排序结果中返回第 2 行开始的 3 行数据。
SKIP	`RETURN <var> [SKIP <offset>] [LIMIT <number_rows>]`	`MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"}) --> (v2) RETURN v2.player.name AS Name, v2.player.age AS Age ORDER BY Age DESC SKIP 1`	用户可以单独使用 `SKIP <offset>` 设置偏移量，后面不需要添加 `LIMIT <number_rows>` 。
SAMPLE	`<go_statement> SAMPLE <sample_list>;`	`GO 3 STEPS FROM "player100" OVER * YIELD properties($$).name AS NAME, properties($$).age AS Age SAMPLE [1,2,3];`	在结果集中均匀取样并返回指定数量的数据。
ORDER BY	`<YIELD clause> ORDER BY <expression> [ASC | DESC] [, <expression> [ASC | DESC] ...]`	`FETCH PROP ON player "player100", "player101", "player102", "player103" YIELD player.age AS age, player.name AS name | ORDER BY $-.age ASC, $-.name DESC`	`ORDER BY` 子句指定输出结果的排序规则。
RETURN	`RETURN {<vertex_name>|<edge_name>| <vertex_name>.<property>| <edge_name>.<property>|...}`	`MATCH (v:player) RETURN v.player.name, v.player.age LIMIT 3`	返回点的属性为 `name` 和 `age` 的前三行值。
TTL	`CREATE TAG <tag_name>(<property_name_1> <property_value_1>, <property_name_2> <property_value_2>, ...) ttl_duration= <value_int>, ttl_col = <property_name>`	`CREATE TAG t2(a int, b int, c string) ttl_duration= 100, ttl_col = "a"`	创建 Tag 并设置 TTL 选项。
WHERE	`WHERE {<vertex|edge_alias>.<property_name> {>|==|<|...} <value>...}`	`MATCH (v:player) WHERE v.player.name == "Tim Duncan" XOR (v.player.age < 30 AND v.player.name == "Yao Ming") OR NOT (v.player.name == "Yao Ming" OR v.player.name == "Tim Duncan") RETURN v.player.name, v.player.age`	`WHERE` 子句可以根据条件过滤输出结果，通常用于 `GO` 和 `LOOKUP` 语句， `MATCH` 和 `WITH` 语句。
YIELD	`YIELD [DISTINCT] <col> [AS <alias>] [, <col> [AS <alias>] ...] [WHERE <conditions>];`	`GO FROM "player100" OVER follow YIELD dst(edge) AS ID | FETCH PROP ON player $-.ID YIELD player.age AS Age \| YIELD AVG($-.Age) as Avg_age, count(*)as Num_friends`	查找 player100 关注的 player，并计算他们的平均年龄。
WITH	`MATCH $expressions WITH {nodes()| labels()|...}`	`MATCH p=(v:player{name:"Tim Duncan"})--() WITH nodes(p) AS n UNWIND n AS n1 RETURN DISTINCT n1`	`WITH` 子句可以获取并处理查询前半部分的结果，并将处理结果作为输入传递给查询的后半部分。
UNWIND	`UNWIND <list> AS <alias> <RETURN clause>`	`UNWIND [1,2,3] AS n RETURN n`	拆分列表。

2022 vesoft Inc.

3.7.4 图空间语句

语句	语法	示例	说明
CREATE SPACE	`CREATE SPACE [IF NOT EXISTS] <graph_space_name> ( [partition_num = <partition_number>,] [replica_factor = <replica_number>,] vid_type = {FIXED_STRING(<N>) | INT[64]} ) [COMMENT = '<comment>']`	`CREATE SPACE my_space_1 (vid_type=FIXED_STRING(30))`	创建一个新的图空间。
CREATE SPACE	`CREATE SPACE <new_graph_space_name> AS <old_graph_space_name>`	`CREATE SPACE my_space_4 as my_space_3`	克隆现有图空间的 Schema。
USE	`USE <graph_space_name>`	`USE space1`	指定一个图空间，或切换到另一个图空间，将其作为后续查询的工作空间。
SHOW SPACES	`SHOW SPACES`	`SHOW SPACES`	列出 Nebula Graph 示例中的所有图空间。
DESCRIBE SPACE	`DESC[RIBE] SPACE <graph_space_name>`	`DESCRIBE SPACE basketballplayer`	显示指定图空间的信息。
CLEAR SPACE	`CLEAR SPACE [IF EXISTS] <graph_space_name>`	清空图空间中的点和边，但不会删除图空间本身以及其中的 Schema 信息。	
DROP SPACE	`DROP SPACE [IF EXISTS] <graph_space_name>`	`DROP SPACE basketballplayer`	删除指定图空间的所有内容。

3.7.5 TAG 语句

语句	语法	示例	说明
CREATE TAG	`CREATE TAG [IF NOT EXISTS] <tag_name> (<prop_name> <data_type> [NULL | NOT NULL] [DEFAULT <default_value>] [COMMENT '<comment>'] [{, <prop_name> <data_type> [NULL | NOT NULL] [DEFAULT <default_value>] [COMMENT '<comment>']} ...]) [TTL_DURATION = <ttl_duration>] [TTL_COL = <prop_name>] [COMMENT = '<comment>']`	`CREATE TAG woman(name string, age int, married bool, salary double, create_time timestamp) TTL_DURATION = 100, TTL_COL = "create_time"`	通过指定名称创建一个 Tag。
DROP TAG	`DROP TAG [IF EXISTS] <tag_name>`	`DROP TAG test;`	删除当前工作空间内所有点上的指定 Tag。
ALTER TAG	`ALTER TAG <tag_name> <alter_definition> [, alter_definition] ...] [ttl_definition [, ttl_definition] ... ] [COMMENT = '<comment>']`	`ALTER TAG t1 ADD (p3 int, p4 string)`	修改 Tag 的结构。例如增删属性、修改数据类型，也可以为属性设置、修改 TTL（Time-To-Live）。
SHOW TAGS	`SHOW TAGS`	`SHOW TAGS`	显示当前图空间内的所有 Tag 名称。
DESCRIBE TAG	`DESC[RIBE] TAG <tag_name>`	`DESCRIBE TAG player`	查看指定 Tag 的详细信息，例如字段名称、数据类型等。
DELETE TAG	`DELETE TAG <tag_name_list> FROM <VID>`	`DELETE TAG test1 FROM "test"`	删除指定点上的指定 Tag。

2022 vesoft Inc.

3.7.6 Edge type 语句

语句	语法	示例	说明
CREATE EDGE	`CREATE EDGE [IF NOT EXISTS] <edge_type_name> (<prop_name> <data_type> [NULL | NOT NULL] [DEFAULT <default_value>] [COMMENT '<comment>'] [{, <prop_name> <data_type> [NULL | NOT NULL] [DEFAULT <default_value>] [COMMENT '<comment>']} ...]) [TTL_DURATION = <ttl_duration>] [TTL_COL = <prop_name>] [COMMENT = '<comment>']`	`CREATE EDGE e1(p1 string, p2 int, p3 timestamp) TTL_DURATION = 100, TTL_COL = "p2"`	指定名称创建一个 Edge type。
DROP EDGE	`DROP EDGE [IF EXISTS] <edge_type_name>`	`DROP EDGE e1`	删除当前工作空间内的指定 Edge type。
ALTER EDGE	`ALTER EDGE <edge_type_name> <alter_definition> [, alter_definition] ...] [ttl_definition [, ttl_definition] ... ] [COMMENT = '<comment>']`	`ALTER EDGE e1 ADD (p3 int, p4 string)`	修改 Edge type 的结构。
SHOW EDGES	`SHOW EDGES`	`SHOW EDGES`	显示当前图空间内的所有 Edge type 名称。
DESCRIBE EDGE	`DESC[RIBE] EDGE <edge_type_name>`	`DESCRIBE EDGE follow`	查看指定 Edge type 的详细信息，例如字段名称、数据类型等。

3.7.7 点语句

语句	语法	示例	说明
INSERT VERTEX	`INSERT VERTEX [IF NOT EXISTS] [tag_props, [tag_props] ...] VALUES <vid>: ([prop_value_list])`	`INSERT VERTEX t2 (name, age) VALUES "13":("n3", 12), "14": ("n4", 8)`	在 Nebula Graph 实例的指定图空间中插入一个或多个点。
DELETE VERTEX	`DELETE VERTEX <vid> [, <vid> ...]`	`DELETE VERTEX "team1"`	删除点，以及点关联的出边和入边。
UPDATE VERTEX	`UPDATE VERTEX ON <tag_name> <vid> SET <update_prop> [WHEN <condition>] [YIELD <output>]`	`UPDATE VERTEX ON player "player101" SET age = age + 2`	修改点上 Tag 的属性值。
UPSERT VERTEX	`UPSERT VERTEX ON <tag> <vid> SET <update_prop> [WHEN <condition>] [YIELD <output>]`	`UPSERT VERTEX ON player "player667" SET age = 31`	结合 `UPDATE` 和 `INSERT`，如果点存在，会修改点的属性值；如果点不存在，会插入新的点。

2022 vesoft Inc.

3.7.8 边语句

语句	语法	示例	说明
INSERT EDGE	`INSERT EDGE [IF NOT EXISTS] <edge_type> ( <prop_name_list> ) VALUES <src_vid> -> <dst_vid>[@<rank>] : ( <prop_value_list> ) [, <src_vid> -> <dst_vid>[@<rank>] : ( <prop_value_list> ), ...]`	`INSERT EDGE e2 (name, age) VALUES "11"->"13": ("n1", 1)`	在 Nebula Graph 实例的指定图空间中插入一条或多条边。
DELETE EDGE	`DELETE EDGE <edge_type> <src_vid> -> <dst_vid>[@<rank>] [, <src_vid> -> <dst_vid>[@<rank>] ...]`	`DELETE EDGE serve "player100" -> "team204"@0`	删除边。一次可以删除一条或多条边。
UPDATE EDGE	`UPDATE EDGE ON <edge_type> <src_vid> -> <dst_vid> [@<rank>] SET <update_prop> [WHEN <condition>] [YIELD <output>]`	`UPDATE EDGE ON serve "player100" -> "team204"@0 SET start_year = start_year + 1`	修改边上 Edge type 的属性。
UPSERT EDGE	`UPSERT EDGE ON <edge_type> <src_vid> -> <dst_vid> [@rank] SET <update_prop> [WHEN <condition>] [YIELD <properties>]`	`UPSERT EDGE on serve "player666" -> "team200"@0 SET end_year = 2021`	结合 `UPDATE` 和 `INSERT`，如果边存在，会更新边的属性；如果边不存在，会插入新的边。

2022 vesoft Inc.

3.7.9 索引

- 原生索引

  索引配合 `LOOKUP` 和 `MATCH` 语句使用。

语句	语法	示例	说明
CREATE INDEX	`CREATE {TAG | EDGE} INDEX [IF NOT EXISTS] <index_name> ON {<tag_name> | <edge_name>} ([<prop_name_list>]) [COMMENT = '<comment>']`	`CREATE TAG INDEX player_index on player()`	对 Tag、EdgeType 或其属性创建原生索引。
SHOW CREATE INDEX	`SHOW CREATE {TAG | EDGE} INDEX <index_name>`	`show create tag index index_2`	创建 Tag 或者 Edge type 时使用的 nGQL 语句，其中包含索引的详细信息，例如其关联的属性。
SHOW INDEXES	`SHOW {TAG | EDGE} INDEXES`	`SHOW TAG INDEXES`	列出当前图空间内的所有 Tag 和 Edge type（包括属性）的索引。
DESCRIBE INDEX	`DESCRIBE {TAG | EDGE} INDEX <index_name>`	`DESCRIBE TAG INDEX player_index_0`	查看指定索引的信息，包括索引的属性名称（Field）和数据类型（Type）。
REBUILD INDEX	`REBUILD {TAG | EDGE} INDEX [<index_name_list>]`	`REBUILD TAG INDEX single_person_index`	重建索引。索引功能不会自动对其创建之前已存在的存量数据生效。
SHOW INDEX STATUS	`SHOW {TAG | EDGE} INDEX STATUS`	`SHOW TAG INDEX STATUS`	查看索引名称和对应的状态。
DROP INDEX	`DROP {TAG | EDGE} INDEX [IF EXISTS] <index_name>`	`DROP TAG INDEX player_index_0`	删除当前图空间中已存在的索引。

- 全文索引

语法	示例	说明
`SIGN IN TEXT SERVICE [(<elastic_ip:port> [,<username>, <password>]), (<elastic_ip:port>), ...]`	`SIGN IN TEXT SERVICE (127.0.0.1:9200)`	Nebula Graph 的全文索引是基于 Elasticsearch 实现，部署 Elasticsearch 集群之后，可以使用 `SIGN IN` 语句登录 Elasticsearch 客户端。
`SHOW TEXT SEARCH CLIENTS`	`SHOW TEXT SEARCH CLIENTS`	列出文本搜索客户端。
`SIGN OUT TEXT SERVICE`	`SIGN OUT TEXT SERVICE`	退出所有文本搜索客户端。
`CREATE FULLTEXT {TAG | EDGE} INDEX <index_name> ON {<tag_name> |  <edge_name>} ([<prop_name_list>])`	`CREATE FULLTEXT TAG INDEX nebula_index_1 ON player(name)`	创建全文索引。
`SHOW FULLTEXT INDEXES`	`SHOW FULLTEXT INDEXES`	显示全文索引。
`REBUILD FULLTEXT INDEX`	`REBUILD FULLTEXT INDEX`	重建全文索引。
`DROP FULLTEXT INDEX <index_name>`	`DROP FULLTEXT INDEX nebula_index_1`	删除全文索引。
`LOOKUP ON {<tag> | <edge_type>} WHERE <expression> [YIELD <return_list>]`	`LOOKUP ON player WHERE FUZZY(player.name, "Tim Dunncan", AUTO, OR) YIELD player.name`	使用查询选项。

2022 vesoft Inc.

3.7.10 子图和路径

类型	语法	示例	说明
子图	`GET SUBGRAPH [WITH PROP] [<step_count> STEPS] FROM {<vid>, <vid>...} [{IN | OUT | BOTH} <edge_type>, <edge_type>...] YIELD [VERTICES AS <vertex_alias>] [,EDGES AS <edge_alias>]`	`GET SUBGRAPH 1 STEPS FROM "player100" YIELD VERTICES AS nodes, EDGES AS relationships`	指定 Edge type 的起始点可以到达的点和边的信息，返回子图信息。
路径	`FIND { SHORTEST | ALL | NOLOOP } PATH [WITH PROP] FROM <vertex_id_list> TO <vertex_id_list> OVER <edge_type_list> [REVERSELY | BIDIRECT] [<WHERE clause>] [UPTO <N> STEPS] YIELD path as <alias> [| ORDER BY $-.path] [| LIMIT <M>]`	`FIND SHORTEST PATH FROM "player102" TO "team204" OVER * YIELD path as p`	查找指定起始点和目的点之间的路径。返回的路径格式类似于 `(<vertex_id>)-[:<edge_type_name>@<rank>]->(<vertex_id)` 。

3.7.11 查询调优

类型	语法	示例	说明
EXPLAIN	`EXPLAIN [format="row" | "dot"] <your_nGQL_statement>`	`EXPLAIN format="row" SHOW TAGS` `EXPLAIN format="dot" SHOW TAGS`	输出 nGQL 语句的执行计划，但不会执行 nGQL 语句。
PROFILE	`PROFILE [format="row" | "dot"] <your_nGQL_statement>`	`PROFILE format="row" SHOW TAGS` `EXPLAIN format="dot" SHOW TAGS`	执行 nGQL 语句，然后输出执行计划和执行概要。

2022 vesoft Inc.

3.7.12 运维

- BALANCE

语法	说明
`BALANCE LEADER`	在当前图空间内启动任务均衡分布 leader。该命令会返回任务 ID。

- 作业管理

语法	说明
`SUBMIT JOB COMPACT`	触发 RocksDB 的长耗时 `compact` 操作。
`SUBMIT JOB FLUSH`	将内存中的 RocksDB memfile 写入硬盘。
`SUBMIT JOB STATS`	启动一个作业，该作业对当前图空间进行统计。作业完成后，用户可以使用 `SHOW STATS` 语句列出统计结果。
`SHOW JOB <job_id>`	显示当前图空间内指定作业和相关任务的信息。Meta 服务将 `SUBMIT JOB` 请求解析为多个任务，然后分配给进程 nebula-storaged。
`SHOW JOBS`	列出当前图空间内所有未过期的作业。
`STOP JOB`	停止当前图空间内未完成的作业。
`RECOVER JOB`	重新执行当前图空间内失败的作业，并返回已恢复的作业数量。

- 终止查询

语法	示例	说明
`KILL QUERY (session=<session_id>, plan=<plan_id>)`	`KILL QUERY(SESSION=1625553545984255,PLAN=163)`	在一个会话中执行命令终止另一个会话中的查询。

最后更新: June 30, 2022

2022 vesoft Inc.

4. nGQL 指南

4.1 nGQL 概述

4.1.1 什么是 nGQL

nGQL（Nebula Graph Query Language）是 Nebula Graph 使用的的声明式图查询语言，支持灵活高效的图模式，而且 nGQL 是为开发和运维人员设计的类 SQL 查询语言，易于学习。

nGQL 是一个进行中的项目，会持续发布新特性和优化，因此可能会出现语法和实际操作不一致的问题，如果遇到此类问题，请提交 issue 通知 Nebula Graph 团队。Nebula Graph 3.0 及更新版本正在支持 openCypher 9。

nGQL 可以做什么

- 支持图遍历
- 支持模式匹配
- 支持聚合
- 支持修改图
- 支持访问控制
- 支持聚合查询
- 支持索引
- 支持大部分 openCypher 9 图查询语法（不支持修改和控制语法）

示例数据 Basketballplayer

用户可以下载 Nebula Graph 示例数据 basketballplayer 文件，然后使用 Nebula Graph Console，使用选项 `-f` 执行脚本。

> **Note**
>
> 导入示例数据前，确保已执行 `ADD HOSTS` 命令将 Storage 主机增加至集群中。更多信息，请参见管理 Storage 主机。

占位标识符和占位符值

Nebula Graph 查询语言 nGQL 参照以下标准设计：

- (Draft) ISO/IEC JTC1 N14279 SC 32 - Database_Languages - GQL
- (Draft) ISO/IEC JTC1 SC32 N3228 - SQL_Property_Graph_Queries - SQLPGQ
- OpenCypher 9

在模板代码中，任何非关键字、字面值或标点符号的标记都是占位符标识符或占位符值。

2022 vesoft Inc.

本文中 nGQL 语法符号的说明如下。

符号	含义
< >	语法元素的名称。
:	定义元素的公式。
[ ]	可选元素。
{ }	显式的指定元素。
|	所有可选的元素。
...	可以重复多次。

例如创建点的 nGQL 语法：

```
INSERT VERTEX [IF NOT EXISTS] [tag_props, [tag_props] ...]
VALUES <vid>: ([prop_value_list])

tag_props:
  tag_name ([prop_name_list])

prop_name_list:
   [prop_name [, prop_name] ...]

prop_value_list:
   [prop_value [, prop_value] ...]
```

示例语句：

```
nebula> CREATE TAG IF NOT EXISTS player(name string, age int);
```

关于 openCypher 兼容性

原生 NGQL 和 OPENCYPHER 的关系

原生 nGQL 是由 Nebula Graph 自行创造和实现的图查询语言。openCypher 是由 openCypher Implementers Group 组织所开源和维护的图查询语言，最新版本为 openCypher 9。

由于 nGQL 语言部分兼容了 openCypher，这个部分在本文中称为 openCypher 兼容语句。

Note

`nGQL 语言 = 原生 nGQL 语句 + openCypher 兼容语句`

行为未定义

不要在同一个复合语句中，同时使用 `原生 nGQL 语句` 和 `openCypher 兼容语句`，其行为是未定义的。

NGQL 完全兼容 OPENCYPHER 9 吗？

不。

2022 vesoft Inc.

openCypher 兼容性

nGQL 设计目标仅为兼容部分的 DQL 语句(match, optional match, with等)。

不计划兼容任何 DDL，DML，DCL；

不计划兼容 Bolt 协议；

不计划兼容 APOC 与 GDS。

在本文搜索 "compatibility" 或者 “兼容性” 查看具体不兼容的细节。

在 Nebula Graph Issues 中已经列出已知的兼容错误。如果发现这种类型的新问题，请提交问题并附带 `incompatible` 标签。

NGQL 和 OPENCYPHER 9 的 主要差异有哪些？

类别	openCypher 9	nGQL
Schema	弱 Schema	强 Schema
相等运算符	`=`	`==`
数学求幂	`^`	使用 `pow(x, y)` 替代 `^`。
边 Rank	无此概念	用 `@rank` 设置。
语句	-	不支持 openCypher 9 的所有 DML 语句（如 `CREATE`、`MERGE` 等），不支持所有的 DCL，和支持部分 `MATCH`，`OPTIONAL MATCH` 语法和函数。
语句文本换行	换行符	`\` + 换行符
Label 与 Tag 是不同的概念	Label 用于寻找点（点的索引）。	Tag 用于定义点的一种类型及相应的属性，无索引功能。
预编译与参数化查询	支持	仅支持参数化查询。

Compatibility

请注意 openCypher 9 和 Cypher 在语法和许可上有不同：

1. Cypher 要求所有 Cypher 语句必须“显式地在一个事务中”执行，而 openCypher 没有这样的要求。另外，nGQL **没有**事务及隔离性。
2. Cypher 企业版功能有多种的约束（constraints），包括 Unique node property constraints、Node property existence constraints、Relationship property existence constraints、Node key constraints。 OpenCypher 标准中没有约束。 而 nGQL 是强 Schema 系统，前述的约束大多通过 Schema 定义可实现（包括 NOT NULL），唯一不能支持的功能是“属性值唯一性”（UNIQUE constraint）。
3. Cypher 有 APoC，openCypher 9 没有 APoC。Cypher 有 Blot 协议支持要求， openCypher 9 没有。

哪里可以找到更多 NGQL 的示例？

用户可以在 Nebula Graph GitHub 的 features 目录内查看超过 2500 条 nGQL 示例。

features 目录内包含很多。features 格式的文件，每个文件都记录了使用 nGQL 的场景和示例。例如：

```
Feature: Basic match

  Background:
    Given a graph with space named "basketballplayer"

  Scenario: Single node
    When executing query:
      """
      MATCH (v:player {name: "Yao Ming"}) RETURN v;
      """
    Then the result should be, in any order, with relax comparison:
      | v                                                |
```


2022 vesoft Inc.

```
      | ("player133" :player{age: 38, name: "Yao Ming"}) |

  Scenario: One step
    When executing query:
      """
      MATCH (v1:player{name: "LeBron James"}) -[r]-> (v2)
      RETURN type(r) AS Type, v2.player.name AS Name
      """
    Then the result should be, in any order:

      | Type     | Name        |
      | "follow" | "Ray Allen" |
      | "serve"  | "Lakers"    |
      | "serve"  | "Heat"      |
      | "serve"  | "Cavaliers" |

Feature:  Comparison of where clause

  Background:
    Given a graph with space named "basketballplayer"

    Scenario: push edge props filter down
      When profiling query:
        """
        GO FROM "player100" OVER follow
        WHERE properties(edge).degree IN [v IN [95,99] WHERE v > 0]
        YIELD dst(edge), properties(edge).degree
        """
      Then the result should be, in any order:
        | follow._dst | follow.degree |
        | "player101" | 95            |
        | "player125" | 95            |
      And the execution plan should be:
        | id | name         | dependencies | operator info                                                    |
        | 0  | Project      | 1            |                                                                  |
        | 1  | GetNeighbors | 2            | {"filter": "(properties(edge).degree IN [v IN [95,99] WHERE (v>0)])"} |
        | 2  | Start        |              |                                                                  |
```

示例中的关键字说明如下。

关键字	说明
`Feature`	描述当前文档的主题。
`Background`	描述当前文档的背景信息。
`Given`	描述执行示例语句的前提条件。
`Scenario`	描述具体场景。如果场景之前有 `@skip` 标识，表示这个场景下示例语句可能无法正常工作，请不要在生产环境中使用该示例语句。
`When`	描述要执行的 nGQL 示例语句。可以是 `executing query` 或 `profiling query` 。
`Then`	描述执行 `When` 内语句的预期返回结果。如果返回结果和文档不同，请提交 issue 通知 Nebula Graph 团队。
`And`	描述执行 `When` 内语句的副作用或执行计划。
`@skip`	跳过这个示例。通常表示测试代码还没有准备好。

欢迎增加更多 tck case，在 CI/CD 中自动回归所使用的语句。

是否支持 TINKERPOP GREMLIN？

不支持。也没有计划。

是否支持 W3C 的 RDF（SPARQL） 或 GRAPHQL 等？

不支持。也没有计划。

Nebula Graph 的数据模型是属性图，是一个强 Schema 系统，不支持 RDF 标准。

nGQL 也不支持 SPARQL 和 GraphQL。

最后更新: May 13, 2022

2022 vesoft Inc.

4.1.2 模式

模式（pattern）和图模式匹配，是图查询语言的核心功能，本文介绍 Nebula Graph 设计的各种模式，部分还未实现。

单点模式

点用一对括号来描述，通常包含一个名称。例如：

```
(a)
```

示例为一个简单的模式，描述了单个点，并使用变量 `a` 命名该点。

多点关联模式

多个点通过边相连是常见的结构，模式用箭头来描述两个点之间的边。例如：

```
(a)-[]->(b)
```

示例为一个简单的数据结构：两个点和一条连接两个点的边，两个点分别为 `a` 和 `b`，边是有方向的，从 `a` 到 `b`。

这种描述点和边的方式可以扩展到任意数量的点和边，例如：

```
(a)-[]->(b)<-[]-(c)
```

这样的一系列点和边称为 `路径`（path）。

只有在涉及某个点时，才需要命名这个点。如果不涉及这个点，则可以省略名称，例如：

```
(a)-[]->()<-[]-(c)
```

Tag 模式

> **Note**
>
> nGQL 中的 `Tag` 概念与 openCypher 中的 `Label` 有一些不同。例如，必须创建一个 `Tag` 之后才能使用它，而且 `Tag` 还定义了属性的类型。

模式除了简单地描述图中的点之外，还可以描述点的 Tag。例如：

```
(a:User)-[]->(b)
```

模式也可以描述有多个 Tag 的点，例如：

```
(a:User:Admin)-[]->(b)
```

属性模式

点和边是图的基本结构。nGQL 在这两种结构上都可以增加属性，方便实现更丰富的模型。

在模式中，属性的表示方式为：用花括号括起一些键值对，用英文逗号分隔。例如一个点有两个属性：

```
(a {name: 'Andres', sport: 'Brazilian Ju-Jitsu'})
```

在这个点上可以有一条边是：

```
(a)-[{blocked: false}]->(b)
```


2022 vesoft Inc.

边模式

描述一条边最简单的方法是使用箭头连接两个点。

可以用以下方式描述边以及它的方向性。如果不关心边的方向，可以省略箭头，例如：

```
(a)-[]-(b)
```

和点一样，边也可以命名。一对方括号用于分隔箭头，变量放在两者之间。例如：

```
(a)-[r]->(b)
```

和点上的 Tag 一样，边也可以有类型。描述边的类型，例如：

```
(a)-[r:REL_TYPE]->(b)
```

和点上的 Tag 不同，一条边只能有一种 Edge type。但是如果我们想描述多个可选 Edge type，可以用管道符号（|）将可选值分开，例如：

```
(a)-[r:TYPE1|TYPE2]->(b)
```

和点一样，边的名称可以省略，例如：

```
(a)-[:REL_TYPE]->(b)
```

变长模式

在图中指定边的长度来描述多条边（以及中间的点）组成的一条长路径，不需要使用多个点和边来描述。例如：

```
(a)-[*2]->(b)
```

该模式描述了 3 点 2 边组成的图，它们都在一条路径上（长度为 2），等价于：

```
(a)-[]->()-[]->(b)
```

也可以指定长度范围，这样的边模式称为`variable-length edges`，例如：

```
(a)-[*3..5]->(b)
```

`*3..5`表示最小长度为 3，最大长度为 5。

该模式描述了 4 点 3 边、5 点 4 边或 6 点 5 边组成的图。

也可以忽略最小长度，只指定最大长度，例如：

```
(a)-[*..5]->(b)
```

> **Note**
>
> 必须指定最大长度，**不支持**仅指定最小长度（`(a)-[*3..]->(b)`）或都不指定（`(a)-[*]->(b)`）。

路径变量

一系列连接的点和边称为`路径`。nGQL 允许使用变量来命名路径，例如：

```
p = (a)-[*3..5]->(b)
```

可以在 MATCH 语句中使用路径变量。

最后更新: April 21, 2022

2022 vesoft Inc.

4.1.3 注释

本文介绍 nGQL 中的注释方式。

版本兼容性

- Nebula Graph 1.x 支持四种注释方式：`#`、`--`、`//`、`/* */`。
- Nebula Graph 2.x 中，`--`不再是注释符。

Examples

```
nebula> # 这行什么都不做。
nebula> RETURN 1+1;     # 这条注释延续到行尾。
nebula> RETURN 1+1;     // 这条注释延续到行尾。
nebula> RETURN 1 /* 这是一条行内注释 */ + 1 == 2;
nebula> RETURN 11 +            \
/* 多行注释       \
用反斜线来换行。    \
*/ 12;
```

nGQL 语句中的反斜线（\）代表换行。

OpenCypher 兼容性

- 在 nGQL 中，用户必须在行末使用反斜线（\）来换行，即使是在使用`/* */`符号的多行注释内。
- 在 openCypher 中不需要使用反斜线换行。

```
/* openCypher 风格：
这条注释
延续了不止
一行 */
MATCH (n:label)
RETURN n;
```

```
/* 原生 nGQL 风格：  \
这条注释       \
延续了不止     \
一行 */       \
MATCH (n:tag) \
RETURN n;
```

最后更新: May 13, 2022

2022 vesoft Inc.

4.1.4 大小写区分

标识符区分大小写

以下语句会出现错误，因为 `my_space` 和 `MY_SPACE` 是两个不同的图空间。

```
nebula> CREATE SPACE IF NOT EXISTS my_space (vid_type=FIXED_STRING(30));
nebula> use MY_SPACE;
[ERROR (-1005)]: SpaceNotFound:
```

关键字不区分大小写

以下语句是等价的，因为 `show` 和 `spaces` 是关键字。

```
nebula> show spaces;
nebula> SHOW SPACES;
nebula> SHOW spaces;
nebula> show SPACES;
```

函数不区分大小写

函数名称不区分大小写，例如 `count()` 、 `COUNT()` 、 `couNT()` 是等价的。

```
nebula> WITH [NULL, 1, 1, 2, 2] As a \
        UNWIND a AS b \
        RETURN count(b), COUNT(*), couNT(DISTINCT b);
+----------+----------+------------------+
| count(b) | COUNT(*) | couNT(distinct b) |
+----------+----------+------------------+
| 4        | 5        | 2                |
+----------+----------+------------------+
```

最后更新: May 13, 2022

2022 vesoft Inc.

4.1.5 关键字

关键字在 nGQL 中有重要意义，分为保留关键字和非保留关键字。建议不要在 Schema 中使用关键字。

如果必须使用关键字：

- 非保留关键字作为标识符时可以不使用引号。
- 保留关键字或特殊字符作为标识符时，需要用反引号（`）包围，例如 `AND`。

Note

关键字不区分大小写。

```
nebula> CREATE TAG TAG(name string);
[ERROR (-1004)]: SyntaxError: syntax error near `TAG'

nebula> CREATE TAG `TAG` (name string);
Execution succeeded

nebula> CREATE TAG SPACE(name string);
Execution succeeded

nebula> CREATE TAG 中文(简体 string);
Execution succeeded

nebula> CREATE TAG `￥%特殊 字符&*+-*/` (`q~！ () =  wer` string);
Execution succeeded
```

保留关键字

```
ACROSS
ADD
ALTER
AND
AS
ASC
ASCENDING
BALANCE
BOOL
BY
CASE
CHANGE
COMPACT
CREATE
DATE
DATETIME
DELETE
DESC
DESCENDING
DESCRIBE
DISTINCT
DOUBLE
DOWNLOAD
DROP
EDGE
EDGES
EXISTS
EXPLAIN
FETCH
FIND
FIXED_STRING
FLOAT
FLUSH
FORMAT
FROM
GET
GO
GRANT
IF
IGNORE_EXISTED_INDEX
IN
INDEX
INDEXES
INGEST
INSERT
INT
INT16
INT32
```


2022 vesoft Inc.

```
INT64
INT8
INTERSECT
IS
LIMIT
LIST
LOOKUP
MAP
MATCH
MINUS
NO
NOT
NOT_IN
NULL
OF
OFFSET
ON
OR
ORDER
OVER
OVERWRITE
PROFILE
PROP
REBUILD
RECOVER
REMOVE
RESTART
RETURN
REVERSELY
REVOKE
SET
SHOW
STEP
STEPS
STOP
STRING
SUBMIT
TAG
TAGS
TIME
TIMESTAMP
TO
UNION
UPDATE
UPSERT
UPTO
USE
VERTEX
VERTICES
WHEN
WHERE
WITH
XOR
YIELD
```

非保留关键字

```
ACCOUNT
ADMIN
ALL
ANY
ATOMIC_EDGE
AUTO
BIDIRECT
BOTH
CHARSET
CLIENTS
COLLATE
COLLATION
COMMENT
CONFIGS
CONTAINS
DATA
DBA
DEFAULT
ELASTICSEARCH
ELSE
END
ENDS
ENDS_WITH
FORCE
FULLTEXT
FUZZY
GOD
GRAPH
GROUP
GROUPS
GUEST
HDFS
HOST
HOSTS
```


2022 vesoft Inc.

```
INTO
IS_EMPTY
IS_NOT_EMPTY
IS_NOT_NULL
IS_NULL
JOB
JOBS
KILL
LEADER
LISTENER
META
NOLOOP
NONE
NOT_CONTAINS
NOT_ENDS_WITH
NOT_STARTS_WITH
OPTIONAL
OUT
PART
PARTITION_NUM
PARTS
PASSWORD
PATH
PLAN
PREFIX
QUERIES
QUERY
REDUCE
REGEXP
REPLICA_FACTOR
RESET
ROLE
ROLES
SAMPLE
SEARCH
SERVICE
SESSION
SESSIONS
SHORTEST
SIGN
SINGLE
SKIP
SNAPSHOT
SNAPSHOTS
SPACE
SPACES
STARTS
STARTS_WITH
STATS
STATUS
STORAGE
SUBGRAPH
TEXT
TEXT_SEARCH
THEN
TOP
TTL_COL
TTL_DURATION
UNWIND
USER
USERS
UUID
VALUE
VALUES
VID_TYPE
WILDCARD
ZONE
ZONES
FALSE
TRUE
```

最后更新: May 13, 2022

2022 vesoft Inc.

4.1.6 nGQL 风格指南

nGQL 没有严格的构建格式要求，但根据恰当而统一的风格创建 nGQL 语句有利于提高可读性、避免歧义。在同一组织或项目中使用相同的 nGQL 风格有利于降低维护成本，规避因格式混乱或误解造成的问题。本文为写作 nGQL 语句提供了风格参考。

Compatibility

nGQL 风格与 Cypher Style Guide 不同。

换行

1. 换行写子句。

   不推荐：

```
GO FROM "player100" OVER follow REVERSELY YIELD src(edge) AS id;
```

   推荐：

```
GO FROM "player100" \
OVER follow REVERSELY \
YIELD src(edge) AS id;
```

2. 换行写复合语句中的不同语句。

   不推荐：

```
GO FROM "player100" OVER follow REVERSELY YIELD src(edge) AS id | GO FROM $-.id \
OVER serve WHERE properties($^).age > 20 YIELD properties($^).name AS FriendOf, properties($$).name AS Team;
```

   推荐：

```
GO FROM "player100" \
OVER follow REVERSELY \
YIELD src(edge) AS id | \
GO FROM $-.id OVER serve \
WHERE properties($^).age > 20 \
YIELD properties($^).name AS FriendOf, properties($$).name AS Team;
```

3. 子句长度超过 80 个字符时，在合适的位置换行。

   不推荐：

```
MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"})-[e]->(v2) \
WHERE (v2.player.name STARTS WITH "Y" AND v2.player.age > 35 AND v2.player.age < v.player.age) OR (v2.player.name STARTS WITH "T" AND v2.player.age < 45 AND v2.player.age > v.player.age) \
RETURN v2;
```

   推荐：

```
MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"})-[e]->(v2) \
WHERE (v2.player.name STARTS WITH "Y" AND v2.player.age > 35 AND v2.player.age < v.player.age) \
OR (v2.player.name STARTS WITH "T" AND v2.player.age < 45 AND v2.player.age > v.player.age) \
RETURN v2;
```

Note

即使子句不超过 80 个字符，如需换行后有助于理解，也可将子句再次分行。

2022 vesoft Inc.

标识符命名

在 nGQL 语句中，关键字、标点符号、空格以外的字符内容都是标识符。推荐的标识符命名方式如下。

1. 使用单数名词命名 Tag，用原型动词或动词短语构成 Edge type。

   不推荐：

```
MATCH p=(v:players)-[e:are_following]-(v2) \
RETURN nodes(p);
```

   推荐：

```
MATCH p=(v:player)-[e:follow]-(v2) \
RETURN nodes(p);
```

2. 标识符用蛇形命名法，以下划线（_）连接单词，且所有字母小写。

   不推荐：

```
MATCH (v:basketballTeam) \
RETURN v;
```

   推荐：

```
MATCH (v:basketball_team) \
RETURN v;
```

3. 语法关键词大写，变量小写。

   不推荐：

```
match (V:player) return V limit 5;
```

   推荐：

```
MATCH (v:player) RETURN v LIMIT 5;
```

Pattern

1. 分行写 Pattern 时，在表示边的箭头右侧换行，而不是左侧。

   不推荐：

```
MATCH (v:player{name: "Tim Duncan", age: 42}) \
-[e:follow]->()-[e2:serve]->()<--(v2) \
RETURN v, e, v2;
```

   推荐：

```
MATCH (v:player{name: "Tim Duncan", age: 42})-[e:follow]-> \
()-[e2:serve]->()<--(v2) \
RETURN v, e, v2;
```

2. 将无需查询的点和边匿名化。

   不推荐：

```
MATCH (v:player)-[e:follow]->(v2) \
RETURN v;
```

   推荐：

```
MATCH (v:player)-[:follow]->() \
RETURN v;
```

3. 将非匿名点放在匿名点的前面。

   不推荐：

2022 vesoft Inc.

```
MATCH ()-[:follow]->(v) \
RETURN v;
```

推荐：

```
MATCH (v)<-[:follow]-() \
RETURN v;
```

字符串

字符串用双引号包围。

不推荐：

```
RETURN 'Hello Nebula!';
```

推荐：

```
RETURN "Hello Nebula!\"123\"";
```

> **Note**
>
> 字符串中需要嵌套单引号或双引号时，用反斜线（\）转义。例如：
>
> ```
> RETURN "\"Nebula Graph is amazing,\" the user says.";
> ```

结束语句

1. 用英文分号（;）结束 nGQL 语句。

   不推荐：

   ```
   FETCH PROP ON player "player100" YIELD properties(vertex);
   ```

   推荐：

   ```
   FETCH PROP ON player "player100" YIELD properties(vertex);
   ```

2. 使用管道符（|）分隔的复合语句，仅在最后一行末用英文分号结尾。在管道符前使用英文分号会导致语句执行失败。

   不支持：

   ```
   GO FROM "player100" \
   OVER follow \
   YIELD dst(edge) AS id; | \
   GO FROM $-.id \
   OVER serve \
   YIELD properties($$).name AS Team, properties($^).name AS Player;
   ```

   支持：

   ```
   GO FROM "player100" \
   OVER follow \
   YIELD dst(edge) AS id | \
   GO FROM $-.id \
   OVER serve \
   YIELD properties($$).name AS Team, properties($^).name AS Player;
   ```

3. 在包含自定义变量的复合语句中，用英文分号结束定义变量的语句。不按规则加分号或使用管道符结束该语句会导致执行失败。

   不支持：

   ```
   $var = GO FROM "player100" \
   OVER follow \
   YIELD dst(edge) AS id \
   GO FROM $var.id \
   ```


2022 vesoft Inc.

```
OVER serve \
YIELD properties($$).name AS Team, properties($^).name AS Player;
```

也不支持：

```
$var = GO FROM "player100" \
OVER follow \
YIELD dst(edge) AS id | \
GO FROM $var.id \
OVER serve \
YIELD properties($$).name AS Team, properties($^).name AS Player;
```

支持：

```
$var = GO FROM "player100" \
OVER follow \
YIELD dst(edge) AS id; \
GO FROM $var.id \
OVER serve \
YIELD properties($$).name AS Team, properties($^).name AS Player;
```

最后更新: May 31, 2022

2022 vesoft Inc.

4.2 数据类型

4.2.1 数值

nGQL 支持整数和浮点数。

整数

nGQL 支持带符号的 64 位整数（INT64）、32 位整数（INT32）、16 位整数（INT16）和 8 位整数（INT8）。

类型	声明关键字	范围
INT64	`INT64` 或 `INT`	-9,223,372,036,854,775,808 ~ 9,223,372,036,854,775,807
INT32	`INT32`	-2,147,483,648 ~ 2,147,483,647
INT16	`INT16`	-32,768 ~ 32,767
INT8	`INT8`	-128 ~ 127

浮点数

nGQL 支持单精度浮点（FLOAT）和双精度浮点（DOUBLE）。

类型	声明关键字	范围	精度
FLOAT	`FLOAT`	3.4E +/- 38	6~7 位
DOUBLE	`DOUBLE`	1.7E +/- 308	15~16 位

nGQL 支持科学计数法，例如 `1e2`、`1.1e2`、`.3e4`、`1.e4`、`-1234E-10`。

Note

不支持 MySQL 中的 DECIMAL 数据类型。

数值的读写

在写入和读取不同类型的数据时，nGQL 的行为遵守以下规则：

数值类型	设置为 VID	设置为属性类型	读取该类型的属性值得到的类型
INT64	支持	支持	INT64
INT32	不支持	支持	INT64
INT16	不支持	支持	INT64
INT8	不支持	支持	INT64
FLOAT	不支持	支持	DOUBLE
DOUBLE	不支持	支持	DOUBLE

2022 vesoft Inc.

例如，nGQL 不支持设置 INT8 类型的 VID，但支持将 TAG 或 Edge type 的某个属性类型设置为 INT8。当使用 nGQL 语句读取 INT8 类型的属性时，获取到的值的类型为 INT64。

- Nebula Graph 支持写入多种进制的数值：
- 十进制，例如 `123456`。
- 十六进制，例如 `0x1e240`。
- 八进制，例如 `0361100`。

  但 Nebula Graph 会将写入的非十进制数值解析为十进制的值保存。读取到的值为十进制。

  例如，属性 `score` 的类型为 `INT`，通过 INSERT 语句为其赋值 `0xb`，使用 FETCH 等语句查询该属性值获取到的结果是 `11`，即将十六进制的 `0xb` 转换为十进制后的值。

- 将 FLOAT/DOUBLE 类型的数值插入 INT 类型的列，会将数值四舍五入取整。

最后更新: January 6, 2022

2022 vesoft Inc.

4.2.2 布尔

Nebula Graph 使用关键字 `BOOL` 声明布尔数据类型，可选值为 `true` 或 `false`。

nGQL 支持以如下方式使用布尔值：

- 将属性值的数据类型定义为布尔。
- 在 `WHERE` 子句中用布尔值作为判断条件。

最后更新: November 25, 2021

2022 vesoft Inc.

4.2.3 字符串

Nebula Graph 支持定长字符串和变长字符串。

声明与表示方式

nGQL 中的字符串声明方式如下：

- 使用关键字 `STRING` 声明变长字符串。
- 使用关键字 `FIXED_STRING(<length>)` 声明定长字符串，`<length>` 为字符串长度，例如 `FIXED_STRING(32)` 。

字符串的表示方式为用双引号或单引号包裹，例如 `"Hello, Cooper"` 或 `'Hello, Cooper'` 。

字符串读写

nGQL 支持以如下方式使用字符串：

- 将 VID 的数据类型定义为定长字符串。
- 将变长字符串设置为 Schema 名称，包括图空间、Tag、Edge type 和属性的名称。
- 将属性值的数据类型定义为定长或变长字符串。

例如：

- 将属性值的类型定义为定长字符串

```
nebula> CREATE TAG IF NOT EXISTS t1 (p1 FIXED_STRING(10));
```

- 将属性值的类型定义为变长字符串

```
nebula> CREATE TAG IF NOT EXISTS t2 (p2 STRING);
```

如果尝试写入的定长字符串超出长度限制：

- 当该定长字符串为属性值时，写入会成功，Nebula Graph 将截断字符串，仅存入符合长度限制的部分。
- 当该定长字符串为 VID 时，写入会失败，Nebula Graph 将报错。

转义字符

字符串中不支持直接换行，可以使用转义字符实现，例如：

- `"\n\t\r\b\f"`
- `"\110ello world"`

OpenCypher 兼容性

openCypher、Cypher 和 nGQL 之间有一些细微区别，例如下面 openCypher 的示例，不能将单引号替换为双引号。

```
# File: Literals.feature
Feature: Literals

Background:
    Given any graph
 Scenario: Return a single-quoted string
    When executing query:
      """
      RETURN '' AS literal
      """
    Then the result should be, in any order:
      | literal |
```


2022 vesoft Inc.

```
      | ''      |    # Note: it should return single-quotes as openCypher required.
    And no side effects
```

Cypher 的返回结果同时支持单引号和双引号，nGQL 遵循 Cypher 的方式。

```
nebula > YIELD '' AS quote1, "" AS quote2, "'" AS quote3, '"' AS quote4
+--------+--------+--------+--------+
| quote1 | quote2 | quote3 | quote4 |
+--------+--------+--------+--------+
| ""     | ""     | "'"    | """    |
+--------+--------+--------+--------+
```

最后更新: November 25, 2021

2022 vesoft Inc.

4.2.4 日期和时间类型

本文介绍日期和时间的类型，包括 `DATE` 、 `TIME` 、 `DATETIME` 、 `TIMESTAMP` 和 `DURATION` 。

注意事项

- 在插入时间类型的属性值时，Nebula Graph 会根据配置文件中 `timezone_name` 参数指定的时区，将该 `DATE` 、 `TIME` 、 `DATETIME` 转换成相应的世界协调时间（UTC）时间。

  Note

  如需修改当前时区，请同时修改所有服务的配置文件中的 `timezone_name` 参数。

- 函数 `date()` 、 `time()` 和 `datetime()` 可以指定时区进行转换，例如 `datetime("2017-03-04 22:30:40.003000+08:00")` 或 `datetime("2017-03-04T22:30:40.003000[Asia/Shanghai]")` 。
- 函数 `date()` 、 `time()` 、 `datetime()` 和 `timestamp()` 可以用空值获取当前的日期或时间。
- 函数 `date()` 、 `time()` 、 `datetime()` 和 `duration()` 可以用属性名称获取自身的某一个具体属性值，例如 `date().month` 获取当前月份、 `time("02:59:40").minute` 获取传入时间的分钟数。

Note

设置时间的年份为负数时，需要使用 Map 类型数据。

openCypher 兼容性

- 支持年、月、日、时、分、秒、毫秒、微秒，不支持纳秒。
- 不支持函数 `localdatetime()` 。
- 不支持大部分字符串时间格式，支持 `YYYY-MM-DDThh:mm:ss` 和 `YYYY-MM-DD hh:mm:ss` 。
- 支持单个数字的字符串时间格式，例如 `time("1:1:1")` 。

DATE

`DATE` 包含日期，但是不包含时间。Nebula Graph 检索和显示 `DATE` 的格式为 `YYYY-MM-DD` 。支持的范围是 `-32768-01-01` 到 `32767-12-31` 。

`date()` 支持的属性名称包括 `year` 、 `month` 和 `day` 。 `date()` 支持输入 `YYYY` 、 `YYYY-MM` 或 `YYYY-MM-DD` ，未输入的月份或日期默认为 `01` 。

```
nebula> RETURN DATE({year:-123, month:12, day:3});
+-----------------------------------+
| date({year:-(123),month:12,day:3}) |
+-----------------------------------+
| -123-12-03                        |
+-----------------------------------+
nebula> RETURN DATE("23333");
+---------------+
| date("23333") |
+---------------+
| 23333-01-01   |
+---------------+
```

TIME

`TIME` 包含时间，但是不包含日期。Nebula Graph 检索和显示 `TIME` 的格式为 `hh:mm:ss.msmsmsususus` 。支持的范围是 `00:00:00.000000` 到 `23:59:59.999999` 。

`time()` 支持的属性名称包括 `hour` 、 `minute` 和 `second` 。

2022 vesoft Inc.

DATETIME

`DATETIME` 包含日期和时间。Nebula Graph 检索和显示 `DATETIME` 的格式为 `YYYY-MM-DDThh:mm:ss.msmsmsususus` 。支持的范围是 `-32768-01-01T00:00:00.000000` 到 `32767-12-31T23:59:59.999999` 。

`datetime()` 支持的属性名称包括 `year` 、 `month` 、 `day` 、 `hour` 、 `minute` 和 `second` 。

TIMESTAMP

`TIMESTAMP` 包含日期和时间。支持的范围是 UTC 时间的 `1970-01-01T00:00:01` 到 `2262-04-11T23:47:16` 。

`TIMESTAMP` 还有以下特点：

- 以时间戳形式存储和显示。例如 `1615974839` ，表示 `2021-03-17T17:53:59` 。
- 查询 `TIMESTAMP` 的方式包括时间戳和 `timestamp()` 函数。
- 插入 `TIMESTAMP` 的方式包括时间戳、 `timestamp()` 函数和 `now()` 函数。
- `timestamp()` 函数支持传入空值获取当前时区的时间戳，还接受 string 类型的参数。

```
# 传入当前时间。
nebula> RETURN timestamp();
+-------------+
| timestamp() |
+-------------+
| 1625469277  |
+-------------+

# 传入指定时间。
nebula> RETURN timestamp("2022-01-05T06:18:43");
+----------------------------------+
| timestamp("2022-01-05T06:18:43") |
+----------------------------------+
| 1641363523                       |
+----------------------------------+
```

> **版本兼容性**
>
> 在 Nebula Graph 3.0.0 版本前，传入 timestamp() 函数的时间字符串可包含毫秒和微秒；从 3.0.0 版本起，传入 timestamp() 函数的时间字符串不支持包含毫秒和微秒。

- 底层存储的数据格式为 **64 位 int**。

DURATION

`DURATION` 是一段连续的时间，由 `years` 、 `months` 、 `days` 、 `hours` 、 `minutes` 、 `seconds` 六个Key自由组合成的Map类型数据表示。例如 `duration({years: 12, months: 5, days: 14, hours: 16, minutes: 12, seconds: 70})` 。

`DURATION` 还有以下特点：

- 不支持为 `DURATION` 类型数据创建索引。
- 可以用于对指定时间进行计算。

示例

1. 创建 Tag，名称为 `date1` ，包含 `DATE` 、 `TIME` 和 `DATETIME` 三种类型。

```
nebula> CREATE TAG IF NOT EXISTS date1(p1 date, p2 time, p3 datetime);
```

2. 插入点，名称为 `test1` 。

```
nebula> INSERT VERTEX date1(p1, p2, p3) VALUES "test1":(date("2021-03-17"), time("17:53:59"), datetime("2017-03-04T22:30:40.003000[Asia/Shanghai]"));
```


2022 vesoft Inc.

3. 获取 `test1` 的属性 `p1` 的月份。

```
nebula> CREATE TAG INDEX IF NOT EXISTS date1_index ON date1(p1);
nebula> REBUILD TAG INDEX date1_index;
nebula> MATCH (v:date1) RETURN v.date1.p1.month;
+-----------------+
| v.date1.p1.month |
+-----------------+
| 3                |
+-----------------+
```

4. 创建 Tag，名称为 `school`，包含 `TIMESTAMP` 类型。

```
nebula> CREATE TAG IF NOT EXISTS school(name string , found_time timestamp);
```

5. 插入点，名称为 `DUT`，存储时间为 `"1988-03-01T08:00:00"`。

```
# 时间戳形式插入，1988-03-01T08:00:00 对应的时间戳为 573177600，转换为 UTC 时间为 573206400。
nebula> INSERT VERTEX school(name, found_time) VALUES "DUT":("DUT", 573206400);

# 日期和时间格式插入。
nebula> INSERT VERTEX school(name, found_time) VALUES "DUT":("DUT", timestamp("1988-03-01T08:00:00"));
```

6. 插入点，名称为 `dut`，用 `now()` 或 `timestamp()` 函数存储时间。

```
# 用 now() 函数存储时间
nebula> INSERT VERTEX school(name, found_time) VALUES "dut":("dut", now());

# 用 timestamp() 函数存储时间
nebula> INSERT VERTEX school(name, found_time) VALUES "dut":("dut", timestamp());
```

还可以使用 `WITH` 语句设置具体日期时间或进行计算，例如：

```
nebula> WITH time({hour: 12, minute: 31, second: 14, millisecond:111, microsecond: 222}) AS d RETURN d;
+-----------------+
| d               |
+-----------------+
| 12:31:14.111222 |
+-----------------+

nebula> WITH date({year: 1984, month: 10, day: 11}) AS x RETURN x + 1;
+------------+
| (x+1)      |
+------------+
| 1984-10-12 |
+------------+

nebula> WITH date('1984-10-11') as x, duration({years: 12, days: 14, hours: 99, minutes: 12}) as d \
        RETURN x + d AS sum, x - d AS diff;
+------------+------------+
| sum        | diff       |
+------------+------------+
| 1996-10-29 | 1972-09-23 |
+------------+------------+
```

最后更新: April 18, 2022

2022 vesoft Inc.

4.2.5 NULL

默认情况下，插入点或边时，属性值可以为 `NULL`，用户也可以设置属性值不允许为 `NULL`（`NOT NULL`），即插入点或边时必须设置该属性的值，除非创建属性时已经设置默认值。

NULL 的逻辑操作

`AND`、`OR`、`XOR` 和 `NOT` 的真值表如下。

a	b	a AND b	a OR b	a XOR b	NOT a
false	false	false	false	false	true
false	null	false	null	null	true
false	true	false	true	true	true
true	false	false	true	true	false
true	null	null	true	null	false
true	true	true	true	false	false
null	false	false	null	null	null
null	null	null	null	null	null
null	true	null	true	null	null

OpenCypher 兼容性

Nebula Graph 中，NULL 的比较和操作与 openCypher 不同，后续也可能会有变化。

NULL 的比较

Nebula Graph 中，NULL 的比较操作不兼容 openCypher。

NULL 的操作和返回

Nebula Graph 中，对 NULL 的操作以及返回结果不兼容 openCypher。

示例

使用 NOT NULL

创建 Tag，名称为 `player`，指定属性 `name` 为 `NOT NULL`。

```
nebula> CREATE TAG IF NOT EXISTS player(name string NOT NULL, age int);
```

使用 `SHOW` 命令查看创建 Tag 语句，属性 `name` 为 `NOT NULL`，属性 `age` 为默认的 `NULL`。

```
nebula> SHOW CREATE TAG player;
+-----------+----------------------------------+
| Tag       | Create Tag                       |
+-----------+----------------------------------+
| "student" | "CREATE TAG `player` (           |
|           |  `name` string NOT NULL,         |
|           |  `age` int64 NULL                |
|           | ) ttl_duration = 0, ttl_col = """ |
+-----------+----------------------------------+
```

插入点 `Kobe`，属性 `age` 可以为 `NULL`。

```
nebula> INSERT VERTEX player(name, age) VALUES "Kobe":("Kobe",null);
```


2022 vesoft Inc.

使用 NOT NULL 并设置默认值

创建 Tag，名称为 `player`，指定属性 `age` 为 `NOT NULL`，并设置默认值 `18`。

```
nebula> CREATE TAG IF NOT EXISTS player(name string, age int NOT NULL DEFAULT 18);
```

插入点 `Kobe`，只设置属性 `name`。

```
nebula> INSERT VERTEX player(name) VALUES "Kobe":("Kobe");
```

查询点 `Kobe`，属性 `age` 为默认值 `18`。

```
nebula> FETCH PROP ON player "Kobe" YIELD properties(vertex);
+-------------------------+
| properties(VERTEX)      |
+-------------------------+
| {age: 18, name: "Kobe"} |
+-------------------------+
```

最后更新: December 8, 2021

2022 vesoft Inc.

4.2.6 列表

列表（List）是复合数据类型，一个列表是一组元素的序列，可以通过元素在序列中的位置访问列表中的元素。

列表用左方括号（[）和右方括号（]）包裹多个元素，各个元素之间用英文逗号（,）隔开。元素前后的空格在列表中被忽略，因此可以使用换行符、制表符和空格调整格式。

OpenCypher 兼容性

复合数据类型（例如 List、Set、Map）**不能**存储为点或边的属性。

列表操作

对列表进行操作可以使用预设的列表函数，也可以使用下标表达式过滤列表内的元素。

下标表达式语法

```
[M]
[M..N]
[M..]
[..N]
```

nGQL 的下标支持从前往后查询，从 0 开始，0 表示第一个元素，1 表示第二个元素，以此类推；也支持从后往前查询，从-1 开始，-1 表示最后一个元素，-2 表示倒数第二个元素，以此类推。

- [M]：表示下标为 M 的元素。
- [M..N]：表示 `M ≤ 下标 < N` 的元素。`N` 为 0 时，返回为空。
- [M..]：表示 `M ≤ 下标` 的元素。
- [..N]：表示 `下标 < N` 的元素。`N` 为 0 时，返回为空。

Note

- 越界的下标返回为空，未越界的可以正常返回。
- `M ≥ N` 时，返回为空。
- 查询单个元素时，如果 `M` 为 null，返回报错 `BAD_TYPE` ；范围查询时，`M` 或 `N` 为 null，返回为 `null` 。

示例

```
# 返回列表 [1,2,3]
nebula> RETURN list[1, 2, 3] AS a;
+-----------+
| a         |
+-----------+
| [1, 2, 3] |
+-----------+

# 返回列表 [1,2,3,4,5] 中位置下标为 3 的元素。列表的位置下标是从 0 开始，因此返回的元素为 4。
nebula> RETURN range(1,5)[3];
+---------------+
| range(1,5)[3] |
+---------------+
| 4             |
+---------------+

# 返回列表 [1,2,3,4,5] 中位置下标为-2 的元素。列表的最后一个元素的位置下标是-1，因此-2 是指倒数第二个元素，即 4。
nebula> RETURN range(1,5)[-2];
+------------------+
| range(1,5)[-(2)] |
+------------------+
| 4                |
+------------------+

# 返回列表 [1,2,3,4,5] 中下标位置从 0 到 3（不包括 3）的元素。
nebula> RETURN range(1,5)[0..3];
+------------------+
| range(1,5)[0..3] |
```


2022 vesoft Inc.

```
+-----------------+
| [1, 2, 3]       |
+-----------------+

# 返回列表 [1,2,3,4,5] 中位置下标大于 2 的元素。
nebula> RETURN range(1,5)[3..] AS a;
+--------+
| a      |
+--------+
| [4, 5] |
+--------+

# 返回列表内下标小于 3 的元素。
nebula> WITH list[1, 2, 3, 4, 5] AS a \
        RETURN a[..3] AS r;
+-----------+
| r         |
+-----------+
| [1, 2, 3] |
+-----------+

# 筛选列表 [1,2,3,4,5] 中大于 2 的元素，将这些元素分别做运算并返回。
nebula> RETURN [n IN range(1,5) WHERE n > 2 | n + 10] AS a;
+--------------+
| a            |
+--------------+
| [13, 14, 15] |
+--------------+

# 返回列表内第一个至倒数第二个（包括）的元素。
nebula> YIELD list[1, 2, 3][0..-1] AS a;
+--------+
| a      |
+--------+
| [1, 2] |
+--------+

# 返回列表内倒数第三个至倒数第一个（不包括）的元素。
nebula> YIELD list[1, 2, 3, 4, 5][-3..-1] AS a;
+--------+
| a      |
+--------+
| [3, 4] |
+--------+

# 设置变量，返回列表内下标为 1、2 的元素。
nebula> $var = YIELD 1 AS f, 3 AS t; \
        YIELD list[1, 2, 3][$var.f..$var.t] AS a;
+--------+
| a      |
+--------+
| [2, 3] |
+--------+

# 越界的下标返回为空，未越界的可以正常返回。
nebula> RETURN list[1, 2, 3, 4, 5] [0..10] AS a;
+-----------------+
| a               |
+-----------------+
| [1, 2, 3, 4, 5] |
+-----------------+

nebula> RETURN list[1, 2, 3] [-5..5] AS a;
+-----------+
| a         |
+-----------+
| [1, 2, 3] |
+-----------+

# [0..0] 时返回为空。
nebula> RETURN list[1, 2, 3, 4, 5] [0..0] AS a;
+----+
| a  |
+----+
| [] |
+----+

# M ≥ N 时，返回为空。
nebula> RETURN list[1, 2, 3, 4, 5] [3..1] AS a;
+----+
| a  |
+----+
| [] |
+----+

# 范围查询时，下标有 null 时，返回为 null。
nebula> WITH list[1,2,3] AS a \
        RETURN a[0..null] as r;
+----------+
| r        |
+----------+
| __NULL__ |
+----------+
```


2022 vesoft Inc.

```
# 将列表 [1,2,3,4,5] 中的元素分别做运算，然后将列表去掉表头并返回。
nebula> RETURN tail([n IN range(1, 5) | 2 * n - 10]) AS a;
+-----------------+
| a               |
+-----------------+
| [-6, -4, -2, 0] |
+-----------------+

# 将列表 [1,2,3] 中的元素判断为真，然后返回。
nebula> RETURN [n IN range(1, 3) WHERE true | n] AS r;
+-----------+
| r         |
+-----------+
| [1, 2, 3] |
+-----------+

# 返回列表 [1,2,3] 的长度。
nebula> RETURN size(list[1,2,3]);
+---------------+
| size([1,2,3]) |
+---------------+
| 3             |
+---------------+

# 将列表 [92,90] 中的元素做运算，然后在 where 子句中进行条件判断。
nebula> GO FROM "player100" OVER follow WHERE properties(edge).degree NOT IN [x IN [92, 90] | x + $$.player.age] \
        YIELD dst(edge) AS id, properties(edge).degree AS degree;
+-------------+--------+
| id          | degree |
+-------------+--------+
| "player101" | 95     |
| "player102" | 90     |
+-------------+--------+

# 将 MATCH 语句的查询结果作为列表中的元素进行运算并返回。
nebula> MATCH p = (n:player{name:"Tim Duncan"})-[:follow]->(m) \
        RETURN [n IN nodes(p) | n.age + 100] AS r;
+------------+
| r          |
+------------+
| [142, 136] |
| [142, 133] |
+------------+
```

OpenCypher 兼容性

- 在 openCypher 中，查询越界元素时返回 `null`，而在 nGQL 中，查询单个越界元素时返回 `OUT_OF_RANGE`。

```
nebula> RETURN range(0,5)[-12];
+-------------------+
| range(0,5)[-(12)] |
+-------------------+
| OUT_OF_RANGE      |
+-------------------+
```

- 复合数据类型（例如 set、map、list）**不能**存储为点或边的属性。
- 建议修改图建模方式：将复合数据类型建模为点的邻边，而不是该点的自身属性，每条邻边可以动态增删，并且可以设置邻边的 Rank 值来控制邻边的顺序。

- List 中不支持 pattern，例如 `[(src)-[]->(m) | m.name]`。

最后更新: January 7, 2022

2022 vesoft Inc.

4.2.7 集合

集合（Set）是复合数据类型，集合中是一组元素，与列表（List）不同的是，集合中的元素是无序的，且不允许重复。

集合用左花括号（{）和右花括号（}）包裹多个元素，各个元素之间用英文逗号（,）隔开。元素前后的空格在集合中被忽略，因此可以使用换行符、制表符和空格调整格式。

OpenCypher 兼容性

- 复合数据类型（例如 List、Set、Map）**不能**存储为点或边的属性。
- 在 OpenCypher 中，集合不是一个数据类型，而在 nGQL 中，用户可以使用集合。

示例

```
# 返回集合 {1,2,3}。
nebula> RETURN set{1, 2, 3} AS a;
+-----------+
| a         |
+-----------+
| {3, 2, 1} |
+-----------+

# 返回集合 {1,2,1}，因为集合不允许重复元素，会返回 {1,2}，且顺序是无序的。
nebula> RETURN set{1, 2, 1} AS a;
+--------+
| a      |
+--------+
| {2, 1} |
+--------+

# 判断集合中是否有指定元素 1。
nebula> RETURN 1 IN set{1, 2} AS a;
+------+
| a    |
+------+
| true |
+------+

# 计算集合中的元素数量。
nebula> YIELD size(set{1, 2, 1}) AS a;
+---+
| a |
+---+
| 2 |
+---+

# 返回目标点属性值组成的集合。
nebula> GO FROM "player100" OVER follow \
        YIELD set{properties($$).name,properties($$).age} as a;
+-----------------------+
| a                     |
+-----------------------+
| {36, "Tony Parker"}   |
| {41, "Manu Ginobili"} |
+-----------------------+
```

最后更新: January 7, 2022

2022 vesoft Inc.

4.2.8 映射

映射（Map）是复合数据类型。一个映射是一组键值对（Key-Value）的无序集合。在映射中，Key 是字符串类型，Value 可以是任何数据类型。用户可以通过 `map['<key>']` 的方法获取映射中的元素。

映射用左花括号（{）和右花括号（}）包裹多个键值对，各个键值对之间用英文逗号（,）隔开。键值对前后的空格在映射中被忽略，因此可以使用换行符、制表符和空格调整格式。

OpenCypher 兼容性

- 复合数据类型（例如 List、Set、Map）**不能**存储为点或边的属性。
- 不支持映射投影（map projection）。

示例

```
# 返回简单的映射。
nebula> YIELD map{key1: 'Value1', Key2: 'Value2'} as a;
+---------------------------------+
| a                               |
+---------------------------------+
| {Key2: "Value2", key1: "Value1"} |
+---------------------------------+

# 返回列表类型的映射。
nebula> YIELD map{listKey: [{inner: 'Map1'}, {inner: 'Map2'}]} as a;
+----------------------------------------------+
| a                                            |
+----------------------------------------------+
| {listKey: [{inner: "Map1"}, {inner: "Map2"}]} |
+----------------------------------------------+

# 返回混合类型的映射。
nebula> RETURN map{a: LIST[1,2], b: SET{1,2,1}, c: "hee"} as a;
+---------------------------------+
| a                               |
+---------------------------------+
| {a: [1, 2], b: {2, 1}, c: "hee"} |
+---------------------------------+

# 返回映射中的指定元素。
nebula> RETURN map{a: LIST[1,2], b: SET{1,2,1}, c: "hee"}["b"] AS b;
+--------+
| b      |
+--------+
| {2, 1} |
+--------+

# 判断映射中是否有指定key，暂不支持判断value。
nebula> RETURN "a" IN MAP{a:1, b:2} AS a;
+------+
| a    |
+------+
| true |
+------+
```

最后更新: January 7, 2022

2022 vesoft Inc.

4.2.9 类型转换

类型转换是指将表达式的类型转换为另一个类型。

Nebula Graph 支持显式地转换类型。详情参见类型转换函数。

示例

```
nebula> UNWIND [true, false, 'true', 'false', NULL] AS b \
        RETURN toBoolean(b) AS b;
+----------+
| b        |
+----------+
| true     |
+----------+
| false    |
+----------+
| true     |
+----------+
| false    |
+----------+
| __NULL__ |
+----------+

nebula> RETURN toFloat(1), toFloat('1.3'), toFloat('1e3'), toFloat('not a number');
+------------+----------------+----------------+------------------------+
| toFloat(1) | toFloat("1.3") | toFloat("1e3") | toFloat("not a number") |
+------------+----------------+----------------+------------------------+
| 1.0        | 1.3            | 1000.0         | __NULL__               |
+------------+----------------+----------------+------------------------+
```

最后更新: June 10, 2022

2022 vesoft Inc.

4.2.10 地理位置

地理位置（GEOGRAPHY）是由经纬度构成的表示地理空间信息的数据类型。Nebula Graph 当前支持简单地理要素中的 Point、LineString 和 Polygon 三种地理形状。支持 SQL-MM 3 中的部分核心 geo 解析、构造、格式设置、转换、谓词和度量等函数。

GEOGRAPHY

GEOGRAPHY 的基本类型是点，由经纬度确定一个点，例如 `"POINT(3 8)"` 表示经度为 `3°`，纬度为 `8°`。多个点可以构成线段或多边形。

类型	示例	说明
Point	`"POINT(3 8)"`	点类型
LineString	`"LINESTRING(3 8, 4.7 73.23)"`	线段类型
Polygon	`"POLYGON((0 1, 1 2, 2 3, 0 1))"`	多边形类型

示例

geo 相关函数请参见 geo 函数。

```
//创建 Tag，允许存储任意形状地理位置数据类型。
nebula> CREATE TAG IF NOT EXISTS any_shape(geo geography);

//创建 Tag，只允许存储点形状地理位置数据类型。
nebula> CREATE TAG IF NOT EXISTS only_point(geo geography(point));

//创建 Tag，只允许存储线段形状地理位置数据类型。
nebula> CREATE TAG IF NOT EXISTS only_linestring(geo geography(linestring));

//创建 Tag，只允许存储多边形形状地理位置数据类型。
nebula> CREATE TAG IF NOT EXISTS only_polygon(geo geography(polygon));

//创建 Edge type，允许存储任意形状地理位置数据类型。
nebula> CREATE EDGE IF NOT EXISTS any_shape_edge(geo geography);

//创建存储多边形地理位置的点。
nebula> INSERT VERTEX any_shape(geo) VALUES "103":(ST_GeogFromText("POLYGON((0 1, 1 2, 2 3, 0 1))"));

//创建存储多边形地理位置的边。
nebula> INSERT EDGE any_shape_edge(geo) VALUES "201"->"302":(ST_GeogFromText("POLYGON((0 1, 1 2, 2 3, 0 1))"));

//查询点 103 的属性 geo。
nebula> FETCH PROP ON any_shape "103" YIELD ST_ASText(any_shape.geo);
+--------------------------------+
| ST_ASText(any_shape.geo)       |
+--------------------------------+
| "POLYGON((0 1, 1 2, 2 3, 0 1))" |
+--------------------------------+

//查询边 201->302 的属性 geo。
nebula> FETCH PROP ON any_shape_edge "201"->"302" YIELD ST_ASText(any_shape_edge.geo);
+--------------------------------+
| ST_ASText(any_shape_edge.geo)  |
+--------------------------------+
| "POLYGON((0 1, 1 2, 2 3, 0 1))" |
+--------------------------------+

//为 geo 属性创建索引并使用 LOOKUP 查询。
nebula> CREATE TAG INDEX IF NOT EXISTS any_shape_geo_index ON any_shape(geo);
nebula> REBUILD TAG INDEX any_shape_geo_index;
nebula> LOOKUP ON any_shape YIELD ST_ASText(any_shape.geo);
+--------------------------------+
| ST_ASText(any_shape.geo)       |
+--------------------------------+
| "POLYGON((0 1, 1 2, 2 3, 0 1))" |
+--------------------------------+
```


2022 vesoft Inc.

为 geo 属性创建索引时，还可以指定 geo 索引的参数。说明如下。

参数	默认值	说明
`s2_max_level`	`30`	S2 cell 用于填充的最大等级。取值：`1` ~ `30`。设置为小于默认值时，意味着会使用较大的单元格进行填充。
`s2_max_cells`	`8`	S2 cell 用于填充的最大数量，可以限制填充时的工作量。取值：`1` ~ `30`。对于复杂形状的区域（例如细矩形），可以使用更大的值。

Note

指定如上两个参数对 Point 类型属性没有影响，Point 类型属性的 `s2_max_level` 强制为 `30`。

```
nebula> CREATE TAG INDEX IF NOT EXISTS any_shape_geo_index ON any_shape(geo) with (s2_max_level=30, s2_max_cells=8);
```

最后更新: May 13, 2022

2022 vesoft Inc.

4.3 变量和复合查询

4.3.1 复合查询（子句结构）

复合查询将来自不同请求的数据放在一起，然后进行过滤、分组或者排序等，最后返回结果。

Nebula Graph 支持三种方式进行复合查询（或子查询）：

- （opencypher 兼容语句）连接各个子句，让它们在彼此之间提供中间结果集。
- （原生 nGQL）多个查询可以合并处理，以英文分号（;）分隔，返回最后一个查询的结果。
- （原生 nGQL）可以用管道符（|）将多个查询连接起来，上一个查询的结果可以作为下一个查询的输入。

OpenCypher 兼容性

在复合查询中，请**不要**混用 opencypher 兼容语句和原生 nGQL 语句，例如 `MATCH ... | GO ... | YIELD ...`，混用两种语句，行为是未定义的。

- 如果使用 openCypher 兼容语句（`MATCH`、`RETURN`、`WITH` 等），请不要使用管道符或分号组合子句。
- 如果使用原生 nGQL 语句（`FETCH`、`GO`、`LOOKUP` 等），必须使用管道符或分号组合子句。

行为未定义

不要混用 openCypher 兼容语句和原生 nGQL 语句，行为是未定义的。

复合查询不支持事务

例如一个查询由三个子查询 A、B、C 组成，A 是一个读操作，B 是一个计算操作，C 是一个写操作，如果在执行过程中，任何一个操作执行失败，则整个结果是未定义的：没有回滚，而且写入的内容取决于执行程序。

Note

openCypher 没有事务要求。

示例

- opencypher 兼容语句

```
# 子句连接多个查询。
nebula> MATCH p=(v:player{name:"Tim Duncan"})--() \
        WITH nodes(p) AS n \
```


2022 vesoft Inc.

```
        UNWIND n AS n1 \
        RETURN DISTINCT n1;
```

- 原生 nGQL（分号）

```
# 只返回边。
nebula> SHOW TAGS; SHOW EDGES;

# 插入多个点。
nebula> INSERT VERTEX player(name, age) VALUES "player100":("Tim Duncan", 42); \
        INSERT VERTEX player(name, age) VALUES "player101":("Tony Parker", 36); \
        INSERT VERTEX player(name, age) VALUES "player102":("LaMarcus Aldridge", 33);
```

- 原生 nGQL（管道符）

```
# 管道符连接多个查询。
nebula> GO FROM "player100" OVER follow YIELD dst(edge) AS id | \
        GO FROM $-.id OVER serve YIELD properties($$).name AS Team, \
        properties($^).name AS Player;
+-----------+-----------------+
| Team      | Player          |
+-----------+-----------------+
| "Spurs"   | "Tony Parker"   |
| "Hornets" | "Tony Parker"   |
| "Spurs"   | "Manu Ginobili" |
+-----------+-----------------+
```

最后更新: November 25, 2021

2022 vesoft Inc.

4.3.2 自定义变量

Nebula Graph 允许将一条语句的结果作为自定义变量传递给另一条语句。

OpenCypher 兼容性

当引用一个变量的点、边或路径，需要先给它命名。例如：

```
nebula> MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"}) RETURN v;
+--------------------------------------------------+
| v                                                |
+--------------------------------------------------+
| ("player100" :player{name: "Tim Duncan", age: 42}) |
+--------------------------------------------------+
```

示例中的 `v` 就是自定义变量。

原生 nGQL

nGQL 扩展的自定义变量可以表示为 `$var_name`， `var_name` 由字母、数字或下划线（_）构成，不允许使用其他字符。

自定义变量仅在当前执行（本复合查询中）有效，执行结束后变量也会释放，**不能**在其他客户端、执行、session 中使用之前的自定义变量。

用户可以在复合查询中使用自定义变量。复合查询的详细信息请参见复合查询。

> **Note**
>
> 自定义变量区分大小写。

示例

```
nebula> $var = GO FROM "player100" OVER follow YIELD dst(edge) AS id; \
        GO FROM $var.id OVER serve YIELD properties($$).name AS Team, \
        properties($^).name AS Player;
+-----------+-----------------+
| Team      | Player          |
+-----------+-----------------+
| "Spurs"   | "Tony Parker"   |
| "Hornets" | "Tony Parker"   |
| "Spurs"   | "Manu Ginobili" |
+-----------+-----------------+
```

最后更新: November 25, 2021

2022 vesoft Inc.

4.3.3 引用属性

用户可以在 `WHERE` 和 `YIELD` 子句中引用点或边的属性。

> **Note**
>
> 本功能仅适用于原生 nGQL 的 GO 语句。

引用点的属性

起始点

```
$^.<tag_name>.<prop_name>
```

参数	说明
`$^`	起始点
`tag_name`	点的 Tag 名称
`prop_name`	Tag 内的属性名称

目的点

```
$$.<tag_name>.<prop_name>
```

参数	说明
`$$`	目的点
`tag_name`	点的 Tag 名称
`prop_name`	Tag 内的属性名称

引用边的属性

引用自定义的边属性

```
<edge_type>.<prop_name>
```

参数	说明
`edge_type`	Edge type
`prop_name`	Edge type 的属性名称

引用内置的边属性

除了自定义的边属性，每条边还有如下四种内置属性：

参数	说明
`_src`	边的起始点
`_dst`	边的目的点
`_type`	边的类型内部编码，正负号表示方向：正数为正向边，负数为逆向边
`_rank`	边的 rank 值

2022 vesoft Inc.

示例

```
# 返回起始点的 Tag player 的 name 属性值和目的点的 Tag player 的 age 属性值。
nebula> GO FROM "player100" OVER follow YIELD $^.player.name AS startName, $$.player.age AS endAge;
+--------------+--------+
| startName    | endAge |
+--------------+--------+
| "Tim Duncan" | 36     |
| "Tim Duncan" | 41     |
+--------------+--------+

# 返回 Edge type follow 的 degree 属性值。
nebula> GO FROM "player100" OVER follow YIELD follow.degree;
+---------------+
| follow.degree |
+---------------+
| 95            |
+---------------+

# 返回 EdgeType 是 follow 的起始点 VID、目的点 VID、EdgeType 编码（正数为正向边，负数为逆向边），和边的 rank 值。
nebula> GO FROM "player100" OVER follow YIELD follow._src, follow._dst, follow._type, follow._rank;
+-------------+-------------+--------------+--------------+
| follow._src | follow._dst | follow._type | follow._rank |
+-------------+-------------+--------------+--------------+
| "player100" | "player101" | 17           | 0            |
| "player100" | "player125" | 17           | 0            |
+-------------+-------------+--------------+--------------+
```

版本兼容性

从 Nebula Graph 2.6.0 起支持了新的 Schema 函数。以上示例在 Nebula Graph 3.2.0 中的写法如下：

```
GO FROM "player100" OVER follow YIELD properties($^).name AS startName, properties($$).age AS endAge;
GO FROM "player100" OVER follow YIELD properties(edge).degree;
GO FROM "player100" OVER follow YIELD src(edge), dst(edge), type(edge), rank(edge);
```

Nebula Graph 3.2.0 兼容新旧语法。

最后更新: March 7, 2022

2022 vesoft Inc.

4.4 运算符

4.4.1 比较符

Nebula Graph 支持的比较符如下。

符号	说明
`=`	赋值
`+`	加法
`-`	减法
`*`	乘法
`/`	除法
`==`	相等
`!=`, `<>`	不等于
`>`	大于
`>=`	大于等于
`<`	小于
`<=`	小于等于
`%`	取模
`-`	负数符号
`IS NULL`	为 NULL
`IS NOT NULL`	不为 NULL
`IS EMPTY`	不存在
`IS NOT EMPTY`	存在

比较操作的结果是 `true` 或者 `false`。

Note

- 比较不同类型的值通常没有定义，结果可能是 `NULL` 或其它。
- `EMPTY` 当前仅用于判断，不支持函数或者运算操作，包括且不限于 `GROUP BY`、`count()`、`sum()`、`max()`、`hash()`、`collect()`、`+`、`*`。

OpenCypher 兼容性

openCypher 中没有 `EMPTY`，因此不支持在 MATCH 语句中使用 `EMPTY`。

示例

`==`

字符串比较时，会区分大小写。不同类型的值不相等。

2022 vesoft Inc.

Note

nGQL 中的相等符号是 `==`，openCypher 中的相等符号是 `=`。

```
nebula> RETURN 'A' == 'a', toUpper('A') == toUpper('a'), toLower('A') == toLower('a');
+------------+----------------------------+----------------------------+
| ("A"=="a") | (toUpper("A")==toUpper("a")) | (toLower("A")==toLower("a")) |
+------------+----------------------------+----------------------------+
| false      | true                       | true                       |
+------------+----------------------------+----------------------------+

nebula> RETURN '2' == 2, toInteger('2') == 2;
+----------+--------------------+
| ("2"==2) | (toInteger("2")==2) |
+----------+--------------------+
| false    | true               |
+----------+--------------------+
```

`>`

```
nebula> RETURN 3 > 2;
+-------+
| (3>2) |
+-------+
| true  |
+-------+

nebula> WITH 4 AS one, 3 AS two \
        RETURN one > two AS result;
+--------+
| result |
+--------+
| true   |
+--------+
```

`>=`

```
nebula> RETURN 2 >= "2", 2 >= 2;
+----------+--------+
| (2>="2") | (2>=2) |
+----------+--------+
| __NULL__ | true   |
+----------+--------+
```

`<`

```
nebula> YIELD 2.0 < 1.9;
+---------+
| (2<1.9) |
+---------+
| false   |
+---------+
```

`<=`

```
nebula> YIELD 0.11 <= 0.11;
+--------------+
| (0.11<=0.11) |
+--------------+
| true         |
+--------------+
```

`!=`

```
nebula> YIELD 1 != '1';
+----------+
| (1!="1") |
+----------+
| true     |
+----------+
```

`IS [NOT] NULL`

```
nebula> RETURN null IS NULL AS value1, null == null AS value2, null != null AS value3;
+--------+----------+----------+
| value1 | value2   | value3   |
+--------+----------+----------+
| true   | __NULL__ | __NULL__ |
+--------+----------+----------+
```


2022 vesoft Inc.

```
nebula> RETURN length(NULL), size(NULL), count(NULL), NULL IS NULL, NULL IS NOT NULL, sin(NULL), NULL + NULL, [1, NULL] IS NULL;
+--------------+------------+-------------+--------------+------------------+-----------+-------------+------------------+
| length(NULL) | size(NULL) | count(NULL) | NULL IS NULL | NULL IS NOT NULL | sin(NULL) | (NULL+NULL) | [1,NULL] IS NULL |
+--------------+------------+-------------+--------------+------------------+-----------+-------------+------------------+
| __NULL__     | __NULL__   | 0           | true         | false            | __NULL__  | __NULL__    | false            |
+--------------+------------+-------------+--------------+------------------+-----------+-------------+------------------+

nebula> WITH {name: null} AS `map` \
        RETURN `map`.name IS NOT NULL;
+----------------------+
| map.name IS NOT NULL |
+----------------------+
| false                |
+----------------------+

nebula> WITH {name: 'Mats', name2: 'Pontus'} AS map1, \
        {name: null} AS map2, {notName: 0, notName2: null } AS map3 \
        RETURN map1.name IS NULL, map2.name IS NOT NULL, map3.name IS NULL;
+------------------+----------------------+------------------+
| map1.name IS NULL | map2.name IS NOT NULL | map3.name IS NULL |
+------------------+----------------------+------------------+
| false            | false                | true             |
+------------------+----------------------+------------------+

nebula> MATCH (n:player) \
        RETURN n.player.age IS NULL, n.player.name IS NOT NULL, n.player.empty IS NULL;
+----------------------+--------------------------+-----------------------+
| n.player.age IS NULL | n.player.name IS NOT NULL | n.player.empty IS NULL |
+----------------------+--------------------------+-----------------------+
| false                | true                     | true                  |
| false                | true                     | true                  |
...
```

`IS [NOT] EMPTY`

```
nebula> RETURN null IS EMPTY;
+---------------+
| NULL IS EMPTY |
+---------------+
| false         |
+---------------+

nebula> RETURN "a" IS NOT EMPTY;
+------------------+
| "a" IS NOT EMPTY |
+------------------+
| true             |
+------------------+

nebula> GO FROM "player100" OVER * WHERE properties($$).name IS NOT EMPTY YIELD dst(edge);
+-------------+
| dst(EDGE)   |
+-------------+
| "team204"   |
| "player101" |
| "player125" |
+-------------+
```

最后更新: May 13, 2022

2022 vesoft Inc.

4.4.2 布尔符

Nebula Graph 支持的布尔符如下。

符号	说明
AND	逻辑与
OR	逻辑或
NOT	逻辑非
XOR	逻辑异或

对于以上运算的优先级，请参见运算优先级。

对于带有 `NULL` 的逻辑运算，请参见 NULL。

Note

非 0 数字不能转换为布尔值。

最后更新: March 7, 2022

2022 vesoft Inc.

4.4.3 管道符

nGQL 支持使用管道符（|）将多个查询组合起来。

openCypher 兼容性

管道符仅适用于原生 nGQL。

语法

nGQL 和 SQL 之间的一个主要区别是子查询的组成方式。

- 在 SQL 中，子查询是嵌套在查询语句中的。
- 在 nGQL 中，子查询是通过类似 shell 中的管道符（`|`）实现的。

示例

```
nebula> GO FROM "player100" OVER follow \
        YIELD dst(edge) AS dstid, properties($$).name AS Name | \
        GO FROM $-.dstid OVER follow YIELD dst(edge);

+-------------+
| dst(EDGE)   |
+-------------+
| "player100" |
| "player102" |
| "player125" |
| "player100" |
+-------------+
```

用户可以使用 `YIELD` 显式声明需要返回的结果，如果不使用 `YIELD`，默认返回目标点 ID。

必须在 `YIELD` 子句中为需要的返回结果设置别名，才能在管道符右侧使用引用符 `$-`，例如示例中的 `$-.dstid`。

性能提示

Nebula Graph 中的管道对性能有影响，以 `A | B` 为例，体现在以下几个方面：

1. 管道是同步操作。也即需要管道之前的子句 `A` 执行完毕后，数据才能整体进入管道子句。
2. 管道本身是需要序列化和反序列化的，这个是单线程执行的。
3. 如果 `A` 发大量数据给 `|`，整个查询请求的总体时延可能会非常大。此时可以尝试拆分这个语句：

a. 应用程序发送 `A`，
b. 将收到的返回结果在应用程序拆分，
c. 并发发送给多个 graphd，
d. 每个 graphd 执行部分 B。

这样通常比单个 graphd 执行完整地 `A | B` 要快很多。

最后更新: December 8, 2021

2022 vesoft Inc.

4.4.4 引用符

nGQL 提供引用符来表示 `WHERE` 和 `YIELD` 子句中的属性，或者复合查询中管道符之前的语句输出结果。

openCypher 兼容性

引用符仅适用于原生 nGQL。

引用符列表

引用符	说明
`$^`	引用起始点。更多信息请参见引用属性。
`$$`	引用目的点。更多信息请参见引用属性。
`$-`	引用复合查询中管道符之前的语句输出结果。更多信息请参见管道符。

示例

```
# 返回起始点和目的点的年龄。
nebula> GO FROM "player100" OVER follow YIELD properties($^).age AS SrcAge, properties($$).age AS DestAge;
+--------+---------+
| SrcAge | DestAge |
+--------+---------+
| 42     | 36      |
| 42     | 41      |
+--------+---------+

# 返回 player100 追随的 player 的名称和团队。
nebula> GO FROM "player100" OVER follow \
        YIELD dst(edge) AS id | \
        GO FROM $-.id OVER serve \
        YIELD properties($^).name AS Player, properties($$).name AS Team;
+-----------------+-----------+
| Player          | Team      |
+-----------------+-----------+
| "Tony Parker"   | "Spurs"   |
| "Tony Parker"   | "Hornets" |
| "Manu Ginobili" | "Spurs"   |
+-----------------+-----------+
```

最后更新: November 25, 2021

2022 vesoft Inc.

4.4.5 集合运算符

合并多个请求时，可以使用集合运算符，包括 `UNION` 、 `UNION ALL` 、 `INTERSECT` 和 `MINUS` 。

所有集合运算符的优先级相同，如果一个 nGQL 语句中有多个集合运算符，Nebula Graph 会从左到右进行计算，除非用括号指定顺序。

openCypher 兼容性

集合运算符仅适用于原生 nGQL。

UNION、UNION DISTINCT、UNION ALL

```
<left> UNION [DISTINCT | ALL] <right> [ UNION [DISTINCT | ALL] <right> ...]
```

- 运算符 `UNION DISTINCT` （或使用缩写 `UNION` ）返回两个集合 A 和 B 的并集，不包含重复的元素。
- 运算符 `UNION ALL` 返回两个集合 A 和 B 的并集，包含重复的元素。
- `left` 和 `right` 必须有相同数量的列和数据类型。如果需要转换数据类型，请参见类型转换。

示例

```
# 返回两个查询结果的并集，不包含重复的元素。
nebula> GO FROM "player102" OVER follow YIELD dst(edge) \
        UNION \
        GO FROM "player100" OVER follow YIELD dst(edge);
+-------------+
| dst(EDGE)   |
+-------------+
| "player100" |
| "player101" |
| "player125" |
+-------------+

# 返回两个查询结果的并集，包含重复的元素。
nebula> GO FROM "player102" OVER follow YIELD dst(edge) \
        UNION ALL \
        GO FROM "player100" OVER follow YIELD dst(edge);
+-------------+
| dst(EDGE)   |
+-------------+
| "player100" |
| "player101" |
| "player101" |
| "player125" |
+-------------+

# UNION 也可以和 YIELD 语句一起使用，去重时会检查每一行的所有列，每列都相同时才会去重。
nebula> GO FROM "player102" OVER follow \
        YIELD dst(edge) AS id, properties(edge).degree AS Degree, properties($$).age AS Age \
        UNION /* DISTINCT */ \
        GO FROM "player100" OVER follow \
        YIELD dst(edge) AS id, properties(edge).degree AS Degree, properties($$).age AS Age;
+-------------+--------+-----+
| id          | Degree | Age |
+-------------+--------+-----+
| "player100" | 75     | 42  |
| "player101" | 75     | 36  |
| "player101" | 95     | 36  |
| "player125" | 95     | 41  |
+-------------+--------+-----+
```

INTERSECT

```
<left> INTERSECT <right>
```

- 运算符 `INTERSECT` 返回两个集合 A 和 B 的交集。
- `left` 和 `right` 必须有相同数量的列和数据类型。如果需要转换数据类型，请参见类型转换。

示例

2022 vesoft Inc.

```
nebula> GO FROM "player102" OVER follow \
        YIELD dst(edge) AS id, properties(edge).degree AS Degree, properties($$).age AS Age \
        INTERSECT \
        GO FROM "player100" OVER follow \
        YIELD dst(edge) AS id, properties(edge).degree AS Degree, properties($$).age AS Age;
+----+--------+-----+
| id | Degree | Age |
+----+--------+-----+
+----+--------+-----+
```

MINUS

```
<left> MINUS <right>
```

运算符 `MINUS` 返回两个集合 A 和 B 的差异，即 `A-B` 。请注意 `left` 和 `right` 的顺序， `A-B` 表示在集合 A 中，但是不在集合 B 中的元素。

示例

```
nebula> GO FROM "player100" OVER follow YIELD dst(edge) \
        MINUS \
        GO FROM "player102" OVER follow YIELD dst(edge);
+-------------+
| dst(EDGE)   |
+-------------+
| "player125" |
+-------------+

nebula> GO FROM "player102" OVER follow YIELD dst(edge) \
        MINUS \
        GO FROM "player100" OVER follow YIELD dst(edge);
+-------------+
| dst(EDGE)   |
+-------------+
| "player100" |
+-------------+
```

集合运算符和管道符的优先级

当查询包含集合运算符和管道符（|）时，管道符的优先级高。例如 `GO FROM 1 UNION GO FROM 2 | GO FROM 3` 相当于 `GO FROM 1 UNION (GO FROM 2 | GO FROM 3)` 。

示例

```
nebula> GO FROM "player102" OVER follow \
        YIELD dst(edge) AS play_dst  \
        UNION \
        GO FROM "team200" OVER serve REVERSELY \
        YIELD src(edge) AS play_src \
        | GO FROM $-.play_src OVER follow YIELD dst(edge) AS play_dst;

+-------------+
| play_dst    |
+-------------+
| "player100" |
| "player101" |
| "player117" |
| "player105" |
+-------------+
```

```
nebula> GO FROM "player102" OVER follow YIELD follow._dst AS play_dst  \
UNION \
GO FROM "team200" OVER serve REVERSELY YIELD serve._dst AS play_dst \
| GO FROM $-.play_dst OVER follow YIELD follow._dst AS play_dst;
```

该查询会先执行红框内的语句，然后执行绿框的 `UNION` 操作。

圆括号可以修改执行的优先级，例如：

```
nebula> (GO FROM "player102" OVER follow \
        YIELD dst(edge) AS play_dst  \
        UNION \
        GO FROM "team200" OVER serve REVERSELY \
```


2022 vesoft Inc.

```
        YIELD src(edge) AS play_dst) \
        | GO FROM $-.play_dst OVER follow YIELD dst(edge) AS play_dst;
```

该查询中，圆括号包裹的部分先执行，即先执行 `UNION` 操作，再将结果结合管道符进行下一步操作。

最后更新: December 8, 2021

2022 vesoft Inc.

4.4.6 字符串运算符

Nebula Graph 支持使用字符串运算符进行连接、搜索、匹配运算。支持的运算符如下。

名称	说明
+	连接字符串。
CONTAINS	在字符串中执行搜索。
(NOT) IN	字符串是否匹配某个值。
(NOT) STARTS WITH	在字符串的开头执行匹配。
(NOT) ENDS WITH	在字符串的结尾执行匹配。
正则表达式	通过正则表达式匹配字符串。

Note

所有搜索或匹配都区分大小写。

示例

`+`

```
nebula> RETURN 'a' + 'b';
+-----------+
| ("a"+"b") |
+-----------+
| "ab"      |
+-----------+
nebula> UNWIND 'a' AS a UNWIND 'b' AS b RETURN a + b;
+-------+
| (a+b) |
+-------+
| "ab"  |
+-------+
```

`CONTAINS`

`CONTAINS` 要求待运算的左右两边都是字符串类型。

```
nebula> MATCH (s:player)-[e:serve]->(t:team) WHERE id(s) == "player101" \
        AND t.team.name CONTAINS "ets" RETURN s.player.name, e.start_year, e.end_year, t.team.name;
+---------------+--------------+------------+-------------+
| s.player.name | e.start_year | e.end_year | t.team.name |
+---------------+--------------+------------+-------------+
| "Tony Parker" | 2018         | 2019       | "Hornets"   |
+---------------+--------------+------------+-------------+

nebula> GO FROM "player101" OVER serve WHERE (STRING)properties(edge).start_year CONTAINS "19" AND \
        properties($^).name CONTAINS "ny" \
        YIELD properties($^).name, properties(edge).start_year, properties(edge).end_year, properties($$).name;
+---------------------+----------------------------+--------------------------+---------------------+
| properties($^).name | properties(EDGE).start_year | properties(EDGE).end_year | properties($$).name |
+---------------------+----------------------------+--------------------------+---------------------+
| "Tony Parker"       | 1999                       | 2018                     | "Spurs"             |
+---------------------+----------------------------+--------------------------+---------------------+

nebula> GO FROM "player101" OVER serve WHERE !(properties($$).name CONTAINS "ets") \
        YIELD properties($^).name, properties(edge).start_year, properties(edge).end_year, properties($$).name;
+---------------------+----------------------------+--------------------------+---------------------+
| properties($^).name | properties(EDGE).start_year | properties(EDGE).end_year | properties($$).name |
+---------------------+----------------------------+--------------------------+---------------------+
| "Tony Parker"       | 1999                       | 2018                     | "Spurs"             |
+---------------------+----------------------------+--------------------------+---------------------+
```

`(NOT) IN`

```
nebula> RETURN  1 IN [1,2,3], "Yao" NOT IN ["Yi", "Tim", "Kobe"], NULL IN ["Yi", "Tim", "Kobe"];
+---------------+----------------------------------+-----------------------------+
| (1 IN [1,2,3]) | ("Yao" NOT IN ["Yi","Tim","Kobe"]) | (NULL IN ["Yi","Tim","Kobe"]) |
+---------------+----------------------------------+-----------------------------+
```


2022 vesoft Inc.

```
| true           | true                              | __NULL__                      |
+----------------+-----------------------------------+-------------------------------+
```

(NOT) STARTS WITH

```
nebula> RETURN 'apple' STARTS WITH 'app', 'apple' STARTS WITH 'a', 'apple' STARTS WITH toUpper('a');
+----------------------------+--------------------------+-----------------------------------+
| ("apple" STARTS WITH "app") | ("apple" STARTS WITH "a") | ("apple" STARTS WITH toUpper("a")) |
+----------------------------+--------------------------+-----------------------------------+
| true                       | true                     | false                             |
+----------------------------+--------------------------+-----------------------------------+

nebula> RETURN 'apple' STARTS WITH 'b','apple' NOT STARTS WITH 'app';
+--------------------------+--------------------------------+
| ("apple" STARTS WITH "b") | ("apple" NOT STARTS WITH "app") |
+--------------------------+--------------------------------+
| false                    | false                          |
+--------------------------+--------------------------------+
```

(NOT) ENDS WITH

```
nebula> RETURN 'apple' ENDS WITH 'app', 'apple' ENDS WITH 'e', 'apple' ENDS WITH 'E', 'apple' ENDS WITH 'b';
+--------------------------+-------------------------+-------------------------+-------------------------+
| ("apple" ENDS WITH "app") | ("apple" ENDS WITH "e") | ("apple" ENDS WITH "E") | ("apple" ENDS WITH "b") |
+--------------------------+-------------------------+-------------------------+-------------------------+
| false                    | true                    | false                   | false                   |
+--------------------------+-------------------------+-------------------------+-------------------------+
```

正则表达式

> **Note**
>
> 当前仅 opencypher 兼容语句（`MATCH`、`WITH` 等）支持正则表达式，原生 nGQL 语句（`FETCH`、`GO`、`LOOKUP` 等）不支持正则表达式。

Nebula Graph 支持使用正则表达式进行过滤，正则表达式的语法是继承自 `std::regex`，用户可以使用语法 `=~ '<regexp>'` 进行正则表达式匹配。例如：

```
nebula> RETURN "384748.39" =~ "\\d+(\\.\\d{2})?";
+--------------------------------+
| ("384748.39"=~"\d+(\.\d{2})?") |
+--------------------------------+
| true                           |
+--------------------------------+

nebula> MATCH (v:player) WHERE v.player.name =~ 'Tony.*' RETURN v.player.name;
+---------------+
| v.player.name |
+---------------+
| "Tony Parker" |
+---------------+
```

最后更新: January 7, 2022

2022 vesoft Inc.

4.4.7 列表运算符

Nebula Graph 支持使用列表（List）运算符进行运算。支持的运算符如下。

名称	说明
+	连接列表。
IN	元素是否存在于列表中。
[]	使用下标操作符访问列表中的元素。

示例

```
nebula> YIELD [1,2,3,4,5]+[6,7] AS myList;
+----------------------+
| myList               |
+----------------------+
| [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7] |
+----------------------+

nebula> RETURN size([NULL, 1, 2]);
+------------------+
| size([NULL,1,2]) |
+------------------+
| 3                |
+------------------+

nebula> RETURN NULL IN [NULL, 1];
+--------------------+
| (NULL IN [NULL,1]) |
+--------------------+
| __NULL__           |
+--------------------+

nebula> WITH [2, 3, 4, 5] AS numberlist \
    UNWIND numberlist AS number \
    WITH number \
    WHERE number IN [2, 3, 8] \
    RETURN number;
+--------+
| number |
+--------+
| 2      |
| 3      |
+--------+

nebula> WITH ['Anne', 'John', 'Bill', 'Diane', 'Eve'] AS names RETURN names[1] AS result;
+--------+
| result |
+--------+
| "John" |
+--------+
```

最后更新: November 25, 2021

2022 vesoft Inc.

4.4.8 运算符优先级

nGQL 运算符的优先级从高到低排列如下（同一行的运算符优先级相同）：

- `-`（负数）
- `!`、`NOT`
- `*`、`/`、`%`
- `-`、`+`
- `==`、`>=`、`>`、`<=`、`<`、`<>`、`!=`
- `AND`
- `OR`、`XOR`
- `=`（赋值）

如果表达式中有相同优先级的运算符，运算是从左到右进行，只有赋值操作是例外（从右到左运算）。

运算符的优先级决定运算的顺序，要显式修改运算顺序，可以使用圆括号。

示例

```
nebula> RETURN 2+3*5;
+-----------+
| (2+(3*5)) |
+-----------+
| 17        |
+-----------+

nebula> RETURN (2+3)*5;
+-----------+
| ((2+3)*5) |
+-----------+
| 25        |
+-----------+
```

openCypher 兼容性

在 openCypher 中，比较操作可以任意连接，例如 `x < y <= z` 等价于 `x < y AND y <= z`。

在 nGQL 中，`x < y <= z` 等价于 `(x < y) <= z`，`(x < y)` 的结果是一个布尔值，再将布尔值和 `z` 比较，最终结果是 `NULL`。

最后更新: November 25, 2021

2022 vesoft Inc.

4.5 函数和表达式

4.5.1 内置数学函数

本文介绍 Nebula Graph 支持的数学函数。

> **Note**
>
> 如果参数为 `NULL`，则输出结果是未定义的。

abs()

abs() 返回指定数字的绝对值。

语法：`abs(<expression>)`

- `expression`：结果的数据类型为 double 的表达式。
- 返回类型：double。

示例：

```
nebula> RETURN abs(-10);
+------------+
| abs(-(10)) |
+------------+
| 10         |
+------------+

nebula> RETURN abs(5-6);
+------------+
| abs((5-6)) |
+------------+
| 1          |
+------------+
```

floor()

floor() 返回小于或等于指定数字的最大整数。

语法：`floor(<expression>)`

- `expression`：结果的数据类型为 double 的表达式。
- 返回类型：double。

示例：

```
nebula> RETURN floor(9.9);
+------------+
| floor(9.9) |
+------------+
| 9.0        |
+------------+
```

ceil()

ceil() 返回大于或等于指定数字的最小整数。

2022 vesoft Inc.

语法：`ceil(<expression>)`

- `expression`：结果的数据类型为 double 的表达式。
- 返回类型：double。

示例：

```
nebula> RETURN ceil(9.1);
+----------+
| ceil(9.1) |
+----------+
| 10.0     |
+----------+
```

round()

round() 返回指定数字四舍五入后的值。极端情况下请注意浮点数的精度问题。

语法：`round(<expression>, <digit>)`

- `expression`：结果的数据类型为 double 的表达式。
- `digit`：小数位数。小于 0 时，在小数点左侧做四舍五入。数据类型为 int。
- 返回类型：double。

示例：

```
nebula> RETURN round(314.15926, 2);
+-------------------+
| round(314.15926,2) |
+-------------------+
| 314.16            |
+-------------------+

nebula> RETURN round(314.15926, -1);
+----------------------+
| round(314.15926,-(1)) |
+----------------------+
| 310.0                |
+----------------------+
```

sqrt()

sqrt() 返回指定数字的平方根。

语法：`sqrt(<expression>)`

- `expression`：结果的数据类型为 double 的表达式。
- 返回类型：double。

示例：

```
nebula> RETURN sqrt(9);
+---------+
| sqrt(9) |
+---------+
| 3.0     |
+---------+
```

cbrt()

cbrt() 返回指定数字的立方根。

2022 vesoft Inc.

语法：`cbrt(<expression>)`

- `expression`：结果的数据类型为 double 的表达式。
- 返回类型：double。

示例：

```
nebula> RETURN cbrt(8);
+---------+
| cbrt(8) |
+---------+
| 2.0     |
+---------+
```

hypot()

hypot() 返回直角三角形的斜边长。

语法：`hypot(<expression_x>,<expression_y>)`

- `expression_x`、`expression_y`：结果的数据类型为 double 的表达式。表示直角三角形的边长 `x` 和 `y`。
- 返回类型：double。

示例：

```
nebula> RETURN hypot(3,2*2);
+----------------+
| hypot(3,(2*2)) |
+----------------+
| 5.0            |
+----------------+
```

pow()

pow() 返回指定数字的幂（x^y）。

语法：`pow(<expression_x>,<expression_y>,)`

- `expression_x`：结果的数据类型为 double 的表达式。表示底数 `x`。
- `expression_y`：结果的数据类型为 double 的表达式。表示指数 `y`。
- 返回类型：double。

示例：

```
nebula> RETURN pow(3,3);
+----------+
| pow(3,3) |
+----------+
| 27       |
+----------+
```

exp()

exp() 返回自然常数 e 的幂（e^x）。

语法：`exp(<expression>)`

- `expression`：结果的数据类型为 double 的表达式。表示指数 `x`。
- 返回类型：double。

示例：

2022 vesoft Inc.

```
nebula> RETURN exp(2);
+------------------+
| exp(2)           |
+------------------+
| 7.38905609893065 |
+------------------+
```

exp2()

exp2() 返回2的幂（2^x）。

语法：`exp2(<expression>)`

- `expression`：结果的数据类型为 double 的表达式。表示指数 `x`。
- 返回类型：double。

示例：

```
nebula> RETURN exp2(3);
+---------+
| exp2(3) |
+---------+
| 8.0     |
+---------+
```

log()

log() 返回以自然数 e 为底的对数（\(log_{e}{N}\)）。

语法：`log(<expression>)`

- `expression`：结果的数据类型为 double 的表达式。表示真数 `N`。
- 返回类型：double。

示例：

```
nebula> RETURN log(8);
+--------------------+
| log(8)             |
+--------------------+
| 2.0794415416798357 |
+--------------------+
```

log2()

log2() 返回以 2 为底的对数（\(log_{2}{N}\)）。

语法：`log2(<expression>)`

- `expression`：结果的数据类型为 double 的表达式。表示真数 `N`。
- 返回类型：double。

示例：

```
nebula> RETURN log2(8);
+---------+
| log2(8) |
+---------+
| 3.0     |
+---------+
```

log10()

log10() 返回以 10 为底的对数（\(log_{10}{N}\)）。

2022 vesoft Inc.

语法：`log10(<expression>)`

- `expression`：结果的数据类型为 double 的表达式。表示真数 `N`。
- 返回类型：double。

示例：

```
nebula> RETURN log10(100);
+------------+
| log10(100) |
+------------+
| 2.0        |
+------------+
```

sin()

sin() 返回指定数字的正弦值。可以使用函数 `radians()` 将角度转化为弧度。

语法：`sin(<expression>)`

- `expression`：结果的数据类型为 double 的表达式。
- 返回类型：double。

示例：

```
nebula> RETURN sin(3);
+--------------------+
| sin(3)             |
+--------------------+
| 0.1411200080598672 |
+--------------------+
```

asin()

asin() 返回指定数字的反正弦值。可以使用函数 `radians()` 将角度转化为弧度。

语法：`asin(<expression>)`

- `expression`：结果的数据类型为 double 的表达式。
- 返回类型：double。

示例：

```
nebula> RETURN asin(0.5);
+--------------------+
| asin(0.5)          |
+--------------------+
| 0.5235987755982989 |
+--------------------+
```

cos()

cos() 返回指定数字的余弦值。可以使用函数 `radians()` 将角度转化为弧度。

语法：`cos(<expression>)`

- `expression`：结果的数据类型为 double 的表达式。
- 返回类型：double。

示例：

```
nebula> RETURN cos(0.5);
+--------------------+
| cos(0.5)           |
+--------------------+
```


2022 vesoft Inc.

```
| 0.8775825618903728 |
+--------------------+
```

acos()

acos() 返回指定数字的反余弦值。可以使用函数 `radians()` 将角度转化为弧度。

语法：`acos(<expression>)`

- `expression`：结果的数据类型为 double 的表达式。
- 返回类型：double。

示例：

```
nebula> RETURN acos(0.5);
+--------------------+
| acos(0.5)          |
+--------------------+
| 1.0471975511965979 |
+--------------------+
```

tan()

tan() 返回指定数字的正切值。可以使用函数 `radians()` 将角度转化为弧度。

语法：`tan(<expression>)`

- `expression`：结果的数据类型为 double 的表达式。
- 返回类型：double。

示例：

```
nebula> RETURN tan(0.5);
+--------------------+
| tan(0.5)           |
+--------------------+
| 0.5463024898437905 |
+--------------------+
```

atan()

atan() 返回指定数字的反正切值。可以使用函数 `radians()` 将角度转化为弧度。

语法：`atan(<expression>)`

- `expression`：结果的数据类型为 double 的表达式。
- 返回类型：double。

示例：

```
nebula> RETURN atan(0.5);
+--------------------+
| atan(0.5)          |
+--------------------+
| 0.4636476090008061 |
+--------------------+
```

rand()

rand() 返回 [0,1) 内的随机浮点数。

语法：`rand()`

- 返回类型：double。

2022 vesoft Inc.

示例：

```
nebula> RETURN rand();
+--------------------+
| rand()             |
+--------------------+
| 0.6545837172298736 |
+--------------------+
```

rand32()

rand32() 返回指定范围（`[min, max)`）内的随机 32 位整数。

语法：`rand32(<expression_min>,<expression_max>)`

- `expression_min`：结果的数据类型为 int 的表达式。表示最小值`min`。
- `expression_max`：结果的数据类型为 int 的表达式。表示最大值`max`。
- 返回类型：int。
- 用户可以只传入一个参数，该参数会判定为`max`，此时`min`默认为`0`。如果不传入参数，此时会从带符号的 32 位 int 范围内随机返回。

示例：

```
nebula> RETURN rand32(1,100);
+---------------+
| rand32(1,100) |
+---------------+
| 63            |
+---------------+
```

rand64()

rand64() 返回指定范围（`[min, max)`）内的随机 64 位整数。

语法：`rand64(<expression_min>,<expression_max>)`

- `expression_min`：结果的数据类型为 int 的表达式。表示最小值`min`。
- `expression_max`：结果的数据类型为 int 的表达式。表示最大值`max`。
- 返回类型：int。
- 用户可以只传入一个参数，该参数会判定为`max`，此时`min`默认为`0`。如果不传入参数，此时会从带符号的 64 位 int 范围内随机返回。

示例：

```
nebula> RETURN rand64(1,100);
+---------------+
| rand64(1,100) |
+---------------+
| 34            |
+---------------+
```

std()

std() 返回参数的总体标准差。

语法：`std(<expression>)`

- 返回类型：double。

示例：

```
nebula> MATCH (v:player) RETURN std(v.player.age);
+-------------------+
| std(v.player.age) |
+-------------------+
```


2022 vesoft Inc.

```
| 6.423895701687502 |
+-------------------+
```

sum()

sum() 返回参数的和。

语法：`sum(<expression>)`

- 返回类型：与原参数相同。

示例：

```
nebula> MATCH (v:player) RETURN sum(v.player.age);
+-------------------+
| sum(v.player.age) |
+-------------------+
| 1698              |
+-------------------+
```

bit_and()

bit_and() 返回按位进行 AND 运算后的结果。

语法：`bit_and(<expression_1>,<expression_2>)`

- `expression_1`、`expression_2`：结果的数据类型为 int 的表达式。
- 返回类型：int。

示例：

```
nebula> RETURN bit_and(5,6);
+--------------+
| bit_and(5,6) |
+--------------+
| 4            |
+--------------+
```

bit_or()

bit_or() 返回按位进行 OR 运算后的结果。

语法：`bit_or(<expression_1>,<expression_2>)`

- `expression_1`、`expression_2`：结果的数据类型为 int 的表达式。
- 返回类型：int。

示例：

```
nebula> RETURN bit_or(5,6);
+-------------+
| bit_or(5,6) |
+-------------+
| 7           |
+-------------+
```

bit_xor()

bit_xor() 返回按位进行 XOR 运算后的结果。

语法：`bit_xor(<expression_1>,<expression_2>)`

- `expression_1`、`expression_2`：结果的数据类型为 int 的表达式。
- 返回类型：int。

2022 vesoft Inc.

示例：

```
nebula> RETURN bit_xor(5,6);
+--------------+
| bit_xor(5,6) |
+--------------+
| 3            |
+--------------+
```

size()

size() 返回列表或映射中元素的数量。

语法：`size(<expression>)`

- `expression`：列表或映射的表达式。
- 返回类型：int。

示例：

```
nebula> RETURN size([1,2,3,4]);
+----------------+
| size([1,2,3,4]) |
+----------------+
| 4              |
+----------------+
```

range()

range() 返回指定范围（`[start,end]`）中指定步长的值组成的列表。

语法：`range(<expression_start>,<expression_end>[,<expression_step>])`

- `expression_start`：结果的数据类型为 int 的表达式。表示起始值 `start`。
- `expression_end`：结果的数据类型为 int 的表达式。表示结束值 `end`。
- `expression_step`：结果的数据类型为 int 的表达式。表示步长 `step`，默认值为 `1`。
- 返回类型：list。

示例：

```
nebula> RETURN range(1,3*3,2);
+-----------------+
| range(1,(3*3),2) |
+-----------------+
| [1, 3, 5, 7, 9]  |
+-----------------+
```

sign()

sign() 返回指定数字的正负号。如果数字为 `0`，则返回 `0`；如果数字为负数，则返回 `-1`；如果数字为正数，则返回 `1`。

语法：`sign(<expression>)`

- `expression`：结果的数据类型为 double 的表达式。
- 返回类型：int。

示例：

```
nebula> RETURN sign(10);
+----------+
| sign(10) |
+----------+
| 1        |
+----------+
```


2022 vesoft Inc.

e()

e() 返回自然对数的底 e（2.718281828459045）。

语法：`e()`

- 返回类型：double。

示例：

```
nebula> RETURN e();
+------------------+
| e()              |
+------------------+
| 2.718281828459045 |
+------------------+
```

pi()

pi() 返回数学常数π（3.141592653589793）。

语法：`pi()`

- 返回类型：double。

示例：

```
nebula> RETURN pi();
+------------------+
| pi()             |
+------------------+
| 3.141592653589793 |
+------------------+
```

radians()

radians() 返回指定角度的弧度。

语法：`radians(<angle>)`

- 返回类型：double。

示例：

```
nebula> RETURN radians(180);
+------------------+
| radians(180)     |
+------------------+
| 3.141592653589793 |
+------------------+
```

最后更新: June 30, 2022

2022 vesoft Inc.

4.5.2 聚合函数

本文介绍 Nebula Graph 支持的聚合函数。

> **Note**
>
> 如果参数为 `NULL`，则输出结果是未定义的。

avg()

avg() 返回参数的平均值。

语法：`avg(<expression>)`

- 返回类型：double。

示例：

```
nebula> MATCH (v:player) RETURN avg(v.player.age);
+--------------------+
| avg(v.player.age)  |
+--------------------+
| 33.294117647058826 |
+--------------------+
```

count()

count() 返回参数的数量。

- （原生 nGQL）用户可以同时使用 `count()` 和 `GROUP BY` 对指定的值进行分组和计数，再使用 `YIELD` 返回结果。
- （openCypher 方式）用户可以使用 `count()` 对指定的值进行计数，再使用 `RETURN` 返回结果。不需要使用 `GROUP BY`。

语法：`count({<expression> | *})`

- count(*) 返回总行数（包括 NULL）。
- 返回类型：int。

示例：

```
nebula> WITH [NULL, 1, 1, 2, 2] As a UNWIND a AS b \
        RETURN count(b), count(*), count(DISTINCT b);
+----------+----------+------------------+
| count(b) | count(*) | count(distinct b) |
+----------+----------+------------------+
| 4        | 5        | 2                |
+----------+----------+------------------+
```

```
# 返回 player101 follow 的人，以及 follow player101 的人，即双向查询。
nebula> GO FROM "player101" OVER follow BIDIRECT \
        YIELD properties($$).name AS Name \
        | GROUP BY $-.Name YIELD $-.Name, count(*);
+---------------------+----------+
| $-.Name             | count(*) |
+---------------------+----------+
| "LaMarcus Aldridge" | 2        |
| "Tim Duncan"        | 2        |
| "Marco Belinelli"   | 1        |
| "Manu Ginobili"     | 1        |
| "Boris Diaw"        | 1        |
| "Dejounte Murray"   | 1        |
+---------------------+----------+
```


2022 vesoft Inc.

上述示例的返回结果有两列：

- `$-.Name` ：查询结果包含的姓名。
- `count(*)` ：姓名出现的次数。

因为测试数据集 `basketballplayer` 中没有重复的姓名， `count(*)` 列中数字 `2` 表示该行的人和 `player101` 是互相 `follow` 的关系。

```
# 方法一：统计数据库中的年龄分布情况。
nebula> LOOKUP ON player \
        YIELD player.age As playerage \
        | GROUP BY $-.playerage \
        YIELD $-.playerage as age, count(*) AS number \
        | ORDER BY $-.number DESC, $-.age DESC;
+-----+--------+
| age | number |
+-----+--------+
| 34  | 4      |
| 33  | 4      |
| 30  | 4      |
| 29  | 4      |
| 38  | 3      |
+-----+--------+
...

# 方法二：统计数据库中的年龄分布情况。
nebula> MATCH (n:player) \
        RETURN n.player.age as age, count(*) as number \
        ORDER BY number DESC, age DESC;
+-----+--------+
| age | number |
+-----+--------+
| 34  | 4      |
| 33  | 4      |
| 30  | 4      |
| 29  | 4      |
| 38  | 3      |
+-----+--------+
...
```

```
# 统计 Tim Duncan 关联的边数。
nebula> MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"}) -- (v2) \
        RETURN count(DISTINCT v2);
+--------------------+
| count(distinct v2) |
+--------------------+
| 11                 |
+--------------------+

# 多跳查询，统计 Tim Duncan 关联的边数，返回两列（不去重和去重）。
nebula> MATCH (n:player {name : "Tim Duncan"})-[]->(friend:player)-[]->(fof:player) \
        RETURN count(fof), count(DISTINCT fof);
+------------+---------------------+
| count(fof) | count(distinct fof) |
+------------+---------------------+
| 4          | 3                   |
+------------+---------------------+
```

max()

max() 返回参数的最大值。

语法： `max(<expression>)`

- 返回类型：与原参数相同。

示例：

```
nebula> MATCH (v:player) RETURN max(v.player.age);
+------------------+
| max(v.player.age) |
+------------------+
| 47               |
+------------------+
```

min()

min() 返回参数的最小值。

2022 vesoft Inc.

语法：`min(<expression>)`

- 返回类型：与原参数相同。

示例：

```
nebula> MATCH (v:player) RETURN min(v.player.age);
+------------------+
| min(v.player.age) |
+------------------+
| 20               |
+------------------+
```

collect()

collect() 返回一个符合表达式返回结果的列表。该函数可以将多条记录或值合并进一个列表，实现数据聚合。类似 SQL 中的 `GROUP BY` 。

语法：`collect(<expression>)`

- 返回类型：list。

示例：

```
nebula> UNWIND [1, 2, 1] AS a \
        RETURN a;
+---+
| a |
+---+
| 1 |
| 2 |
| 1 |
+---+

nebula> UNWIND [1, 2, 1] AS a \
        RETURN collect(a);
+------------+
| collect(a) |
+------------+
| [1, 2, 1]  |
+------------+

nebula> UNWIND [1, 2, 1] AS a \
        RETURN a, collect(a), size(collect(a));
+---+------------+------------------+
| a | collect(a) | size(collect(a)) |
+---+------------+------------------+
| 2 | [2]        | 1                |
| 1 | [1, 1]     | 2                |
+---+------------+------------------+

# 降序排列，限制输出行数为 3，然后将结果输出到列表中。
nebula> UNWIND ["c", "b", "a", "d" ] AS p \
        WITH p AS q \
        ORDER BY q DESC LIMIT 3 \
        RETURN collect(q);
+-----------------+
| collect(q)      |
+-----------------+
| ["d", "c", "b"] |
+-----------------+

nebula> WITH [1, 1, 2, 2] AS coll \
        UNWIND coll AS x \
        WITH DISTINCT x \
        RETURN collect(x) AS ss;
+--------+
| ss     |
+--------+
| [1, 2] |
+--------+

nebula> MATCH (n:player) \
        RETURN collect(n.player.age);
+-------------------------------------------------------------+
| collect(n.player.age)                                       |
+-------------------------------------------------------------+
| [32, 32, 34, 29, 41, 40, 33, 25, 40, 37, ...
...

# 基于年龄聚合姓名。
nebula> MATCH (n:player) \
        RETURN n.player.age AS age, collect(n.player.name);
+-----+-------------------------------------------------------------------+
| age | collect(n.player.name)                                            |
+-----+-------------------------------------------------------------------+
```


2022 vesoft Inc.

```
| 24  | ["Giannis Antetokounmpo"]                                          |
| 20  | ["Luka Doncic"]                                                    |
| 25  | ["Joel Embiid", "Kyle Anderson"]                                   |
+----+--------------------------------------------------------------------+
...
```

聚合示例

```
nebula>  GO FROM "player100" OVER follow YIELD dst(edge) AS dst, properties($$).age AS age \
         | GROUP BY $-.dst \
         YIELD \
         $-.dst AS dst, \
         toInteger((sum($-.age)/count($-.age)))+avg(distinct $-.age+1)+1 AS statistics;
+-------------+------------+
| dst         | statistics |
+-------------+------------+
| "player125" | 84.0       |
| "player101" | 74.0       |
+-------------+------------+
```

最后更新: June 30, 2022

2022 vesoft Inc.

4.5.3 内置字符串函数

本文介绍 Nebula Graph 支持的字符串函数。

注意事项

- 字符串的表示方式为用双引号或单引号包裹。
- 和 SQL 一样，nGQL 的字符索引（位置）从 `1` 开始。但是 C 语言的字符索引是从 `0` 开始的。
- 如果参数为 `NULL`，则输出结果是未定义的。

strcasecmp()

strcasecmp() 比较两个字符串（不区分大小写）。

语法：`strcasecmp(<string_a>,<string_b>)`

- `string_a`、`string_b`：待比较的字符串。
- 返回类型：int。
- 当 `string_a = string_b` 时，返回 `0`，当 `string_a > string_b` 是，返回大于 `0` 的数，当 `string_a < string_b` 时，返回小于 `0` 的数。

示例：

```
nebula> RETURN strcasecmp("a","aa");
+---------------------+
| strcasecmp("a","aa") |
+---------------------+
| -97                 |
+---------------------+
```

lower() 和 toLower()

lower() 和 toLower() 都可以返回指定字符串的小写形式。

语法：`lower(<string>)`、`toLower(<string>)`

- `string`：指定的字符串。
- 返回类型：string。

示例：

```
nebula> RETURN lower("Basketball_Player");
+---------------------------+
| lower("Basketball_Player") |
+---------------------------+
| "basketball_player"       |
+---------------------------+
```

upper() 和 toUpper()

upper() 和 toUpper() 都可以返回指定字符串的大写形式。

语法：`upper(<string>)`、`toUpper(<string>)`

- `string`：指定的字符串。
- 返回类型：string。

示例：

2022 vesoft Inc.

```
nebula> RETURN upper("Basketball_Player");
+---------------------------+
| upper("Basketball_Player") |
+---------------------------+
| "BASKETBALL_PLAYER"       |
+---------------------------+
```

length()

length() 返回指定字符串的长度，单位：字节。

语法：`length(<string>)`

- `string` ：指定的字符串。
- 返回类型：int。

示例：

```
nebula> RETURN length("basketball");
+---------------------+
| length("basketball") |
+---------------------+
| 10                  |
+---------------------+
```

trim()

trim() 删除指定字符串头部和尾部的空格。

语法：`trim(<string>)`

- `string` ：指定的字符串。
- 返回类型：string。

示例：

```
nebula> RETURN trim(" basketball player ");
+----------------------------+
| trim(" basketball player ") |
+----------------------------+
| "basketball player"        |
+----------------------------+
```

ltrim()

ltrim() 删除字符串头部的空格。

语法：`ltrim(<string>)`

- `string` ：指定的字符串。
- 返回类型：string。

示例：

```
nebula> RETURN ltrim(" basketball player ");
+----------------------------+
| ltrim(" basketball player ") |
+----------------------------+
| "basketball player "        |
+----------------------------+
```

rtrim()

rtrim() 删除字符串尾部的空格。

2022 vesoft Inc.

语法：`rtrim(<string>)`

- `string` ：指定的字符串。
- 返回类型：string。

示例：

```
nebula> RETURN rtrim(" basketball player ");
+-----------------------------+
| rtrim(" basketball player ") |
+-----------------------------+
| " basketball player"        |
+-----------------------------+
```

left()

left() 返回指定字符串头部若干个字符组成的子字符串。

语法：`left(<string>,<count>)`

- `string` ：指定的字符串。
- `count` ：指定从头部开始的字符数量。如果 `count` 超过字符串的长度，则返回字符串本身。
- 返回类型：string。

示例：

```
nebula> RETURN left("basketball_player",6);
+----------------------------+
| left("basketball_player",6) |
+----------------------------+
| "basket"                   |
+----------------------------+
```

right()

right() 返回指定字符串尾部若干个字符组成的子字符串。

语法：`right(<string>,<count>)`

- `string` ：指定的字符串。
- `count` ：指定从尾部开始的字符数量。如果 `count` 超过字符串的长度，则返回字符串本身。
- 返回类型：string。

示例：

```
nebula> RETURN right("basketball_player",6);
+-----------------------------+
| right("basketball_player",6) |
+-----------------------------+
| "player"                    |
+-----------------------------+
```

lpad()

lpad() 在指定字符串的头部填充字符串至指定长度，并返回结果字符串。

2022 vesoft Inc.

语法：`lpad(<string>,<count>,<letters>)`

- `string` ：指定的字符串。
- `count` ：指定从尾部开始将要返回的字符数量。如果 `count` 少于 `string` 字符串的长度，则只返回 `string` 字符串**从前到后**的 `count` 个字符。
- `letters` ：从头部填充的字符串。
- 返回类型：string。

示例：

```
nebula> RETURN lpad("abcd",10,"b");
+---------------------+
| lpad("abcd",10,"b") |
+---------------------+
| "bbbbbbabcd"        |
+---------------------+

nebula> RETURN lpad("abcd",3,"b");
+--------------------+
| lpad("abcd",3,"b") |
+--------------------+
| "abc"              |
+--------------------+
```

rpad()

rpad() 在指定字符串的尾部填充字符串至指定长度，并返回结果字符串。

语法：`rpad(<string>,<count>,<letters>)`

- `string` ：指定的字符串。
- `count` ：指定从头部开始将要返回的字符数量。如果 `count` 少于 `string` 字符串的长度，则只返回 `string` 字符串**从前到后**的 `count` 个字符。
- `letters` ：从尾部填充的字符串。
- 返回类型：string。

示例：

```
nebula> RETURN rpad("abcd",10,"b");
+---------------------+
| rpad("abcd",10,"b") |
+---------------------+
| "abcdbbbbbb"        |
+---------------------+

nebula> RETURN rpad("abcd",3,"b");
+--------------------+
| rpad("abcd",3,"b") |
+--------------------+
| "abc"              |
+--------------------+
```

substr() 和 substring()

substr() 和 substring() 从指定字符串的指定位置开始（不包括开始位置的字符），提取后面的若干个字符，组成新的字符串并返回。

语法：`substr(<string>,<pos>,<count>)` 、 `substring(<string>,<pos>,<count>)`

- `string` ：指定的字符串。
- `pos` ：指定开始的位置，即字符索引，数据类型为 int。
- `count` ：指定从开始位置往后提取的字符数量。
- 返回类型：string。

2022 vesoft Inc.

`SUBSTR()` 和 `SUBSTRING()` 的返回说明

- 如果 `pos` 为 0，表示从指定字符串头部开始提取（包括第一个字符）。
- 如果 `pos` 大于最大字符索引，则返回空字符串。
- 如果 `pos` 是负数，则返回 `BAD_DATA` 。
- 如果省略 `count` ，则返回从 `pos` 位置开始到字符串末尾的子字符串。
- 如果 `count` 为 0，则返回空字符串。
- 使用 `NULL` 作为任何参数会出现错误。

> **openCypher 兼容性**
>
> 在 openCypher 中，如果字符串 `a` 为 `null` ，会返回 `null` 。

示例：

```
nebula> RETURN substr("abcdefg",2,4);
+-----------------------+
| substr("abcdefg",2,4) |
+-----------------------+
| "cdef"                |
+-----------------------+

nebula> RETURN substr("abcdefg",0,4);
+-----------------------+
| substr("abcdefg",0,4) |
+-----------------------+
| "abcd"                |
+-----------------------+

nebula> RETURN substr("abcdefg",2);
+---------------------+
| substr("abcdefg",2) |
+---------------------+
| "cdefg"             |
+---------------------+
```

reverse()

reverse() 逆序返回指定的字符串。

语法：`reverse(<string>)`

- `string` ：指定的字符串。
- 返回类型：string。

示例：

```
nebula> RETURN reverse("abcdefg");
+--------------------+
| reverse("abcdefg") |
+--------------------+
| "gfedcba"          |
+--------------------+
```

replace()

replace() 将指定字符串中的子字符串 a 替换为字符串 b。

2022 vesoft Inc.

语法：`replace(<string>,<substr_a>,<string_b>)`

- `string` ：指定的字符串。
- `substr_a` ：子字符串 a。
- `string_b` ：字符串 b。
- 返回类型：string。

示例：

```
nebula> RETURN replace("abcdefg","cd","AAAAA");
+--------------------------------+
| replace("abcdefg","cd","AAAAA") |
+--------------------------------+
| "abAAAAAefg"                   |
+--------------------------------+
```

split()

split() 将子字符串 b 识别为分隔符，分隔指定字符串，并返回分隔后的字符串列表。

语法：`split(<string>,<substr>)`

- `string` ：指定的字符串。
- `substr` ：子字符串 b。
- 返回类型：list。

示例：

```
nebula> RETURN split("basketballplayer","a");
+------------------------------+
| split("basketballplayer","a") |
+------------------------------+
| ["b", "sketb", "llpl", "yer"] |
+------------------------------+
```

concat()

concat() 返回所有参数连接成的字符串。

语法：`concat(<string1>,<string2>,...)`

- 函数至少需要两个或以上字符串参数。如果字符串参数只有一个，则返回该字符串参数本身。
- 如果任何一个的字符串参数为 `NULL` ，则 `concat()` 函数返回值为 `NULL` 。
- 返回类型：string。

示例：

```
//连接 1, 2, 3
nebula> RETURN concat("1","2","3") AS r;
+-------+
| r     |
+-------+
| "123" |
+-------+

//字符串参数有 NULL
nebula> RETURN concat("1","2",NULL) AS r;
+----------+
| r        |
+----------+
| __NULL__ |
+----------+

nebula> GO FROM "player100" over follow \
        YIELD concat(src(edge), properties($^).age, properties($$).name, properties(edge).degree) AS A;
+----------------------------+
```


2022 vesoft Inc.

```
| A                           |
+-----------------------------+
| "player10042Tony Parker95"  |
| "player10042Manu Ginobili95" |
+-----------------------------+
```

concat_ws()

concat_ws() 返回用分隔符（separator）连接的所有字符串。

语法：`concat_ws(<separator>,<string1>,<string2>,... )`

- 函数至少需要两个或以上字符串参数。
- 如果分隔符为 `NULL` 时，`concat_ws()` 函数才返回 `NULL`。
- 如果分隔符不为 `NULL`，字符串参数只有一个，则返回该字符串参数本身。
- 字符串参数存在 `NULL` 值时，忽略 `NULL` 值，继续连接下一个参数。

示例：

```
//分隔符为 +，连接 a，b，c。
nebula> RETURN concat_ws("+","a","b","c") AS r;
+---------+
| r       |
+---------+
| "a+b+c" |
+---------+

//分隔符为 NULL。
neubla> RETURN concat_ws(NULL,"a","b","c") AS r;
+----------+
| r        |
+----------+
| __NULL__ |
+----------+

//分隔符为 +，字符串参数有 NULL。
nebula> RETURN concat_ws("+","a",NULL,"b","c") AS r;
+---------+
| r       |
+---------+
| "a+b+c" |
+---------+

//分隔符为+。字符串参数只有一个
nebula> RETURN concat_ws("+","a") AS r;
+-----+
| r   |
+-----+
| "a" |
+-----+

nebula> GO FROM "player100" over follow \
        YIELD concat_ws(" ",src(edge), properties($^).age, properties($$).name, properties(edge).degree) AS A;
+--------------------------------+
| A                              |
+--------------------------------+
| "player100 42 Tony Parker 95"  |
| "player100 42 Manu Ginobili 95" |
+--------------------------------+
```

extract()

extract() 从指定字符串中提取符合正则表达式的子字符串。

语法：`extract(<string>,"<regular_expression>")`

- `string`：指定的字符串。
- `regular_expression`：正则表达式。
- 返回类型：list。

示例：

2022 vesoft Inc.

```
nebula> MATCH (a:player)-[b:serve]-(c:team{name: "Lakers"}) \
        WHERE a.player.age > 45 \
        RETURN extract(a.player.name, "\\w+") AS result;
+----------------------------+
| result                     |
+----------------------------+
| ["Shaquille", "O", "Neal"] |
+----------------------------+

nebula> MATCH (a:player)-[b:serve]-(c:team{name: "Lakers"}) \
        WHERE a.player.age > 45 \
        RETURN extract(a.player.name, "hello") AS result;
+--------+
| result |
+--------+
| []     |
+--------+
```

最后更新: June 30, 2022

2022 vesoft Inc.

4.5.4 内置日期时间函数

Nebula Graph 支持以下内置日期时间函数。

函数	说明
int now()	根据当前系统返回当前时区的时间戳。
timestamp timestamp()	根据当前系统返回当前时区的时间戳。
date date()	根据当前系统返回当前日期（UTC 时间）。
time time()	根据当前系统返回当前时间（UTC 时间）。
datetime datetime()	根据当前系统返回当前日期和时间（UTC 时间）。
map duration()	持续时间。可以用于对指定时间进行计算。

详细信息参见日期和时间类型。

示例

```
nebula>  RETURN now(), timestamp(), date(), time(), datetime();
+------------+-------------+------------+-----------------+----------------------------+
| now()      | timestamp() | date()     | time()          | datetime()                 |
+------------+-------------+------------+-----------------+----------------------------+
| 1640057560 | 1640057560  | 2021-12-21 | 03:32:40.351000 | 2021-12-21T03:32:40.351000 |
+------------+-------------+------------+-----------------+----------------------------+
```

最后更新: December 22, 2021

2022 vesoft Inc.

4.5.5 Schema 函数

本文介绍 Nebula Graph 支持的 Schema 函数。Schema 函数分为两类，一类适用于原生 nGQL 语句，另一类适用于 openCypher 兼容语句。

原生 nGQL 语句适用

原生 nGQL 语句的 `YIELD` 和 `WHERE` 子句中可以使用如下介绍的函数。

> **Note**
>
> 由于 vertex、edge、vertices、edges、path 属于关键字，使用时需要用 `AS <alias>` 设置别名才能正常使用。例如 `GO FROM "player100" OVER follow YIELD edge AS e;` 。

ID(VERTEX)

id(vertex) 返回点 ID。

语法：`id(vertex)`

- 返回类型：和点 ID 的类型保持一致。

示例：

```
nebula> LOOKUP ON player WHERE player.age  > 45 YIELD id(vertex);
+-------------+
| id(VERTEX)  |
+-------------+
| "player144" |
| "player140" |
+-------------+
```

PROPERTIES(VERTEX)

properties(vertex) 返回点的所有属性。

语法：`properties(vertex)`

- 返回类型：map。

示例：

```
nebula> LOOKUP ON player WHERE player.age  > 45 \
        YIELD properties(vertex);
+-------------------------------------+
| properties(VERTEX)                  |
+-------------------------------------+
| {age: 47, name: "Shaquille O'Neal"} |
| {age: 46, name: "Grant Hill"}       |
+-------------------------------------+
```

PROPERTIES(EDGE)

properties(edge) 返回边的所有属性。

语法：`properties(edge)`

- 返回类型：map。

示例：

```
nebula> GO FROM "player100" OVER follow \
        YIELD properties(edge);
+------------------+
| properties(EDGE) |
+------------------+
| {degree: 95}     |
```


2022 vesoft Inc.

```
| {degree: 95}     |
+-----------------+
```

TYPE(EDGE)

type(edge) 返回边的 Edge type。

语法：`type(edge)`

- 返回类型：string。

示例：

```
nebula> GO FROM "player100" OVER follow \
        YIELD src(edge), dst(edge), type(edge), rank(edge);
+-------------+-------------+------------+------------+
| src(EDGE)   | dst(EDGE)   | type(EDGE) | rank(EDGE) |
+-------------+-------------+------------+------------+
| "player100" | "player101" | "follow"   | 0          |
| "player100" | "player125" | "follow"   | 0          |
+-------------+-------------+------------+------------+
```

SRC(EDGE)

src(edge) 返回边的起始点 ID。

语法：`src(edge)`

- 返回类型：和点 ID 的类型保持一致。

示例：

```
nebula> GO FROM "player100" OVER follow \
        YIELD src(edge), dst(edge);
+-------------+-------------+
| src(EDGE)   | dst(EDGE)   |
+-------------+-------------+
| "player100" | "player101" |
| "player100" | "player125" |
+-------------+-------------+
```

DST(EDGE)

dst(edge) 返回边的目的点 ID。

语法：`dst(edge)`

- 返回类型：和点 ID 的类型保持一致。

示例：

```
nebula> GO FROM "player100" OVER follow \
        YIELD src(edge), dst(edge);
+-------------+-------------+
| src(EDGE)   | dst(EDGE)   |
+-------------+-------------+
| "player100" | "player101" |
| "player100" | "player125" |
+-------------+-------------+
```

RANK(EDGE)

rank(edge) 返回边的 rank。

语法：`rank(edge)`

- 返回类型：int。

示例：

```
nebula> GO FROM "player100" OVER follow \
        YIELD src(edge), dst(edge), rank(edge);
+-------------+-------------+------------+
| src(EDGE)   | dst(EDGE)   | rank(EDGE) |
+-------------+-------------+------------+
```


2022 vesoft Inc.

```
| "player100" | "player101" | 0          |
| "player100" | "player125" | 0          |
+-------------+-------------+------------+
```

VERTEX

vertex 返回点的信息。包括点 ID、Tag、属性和值。需要用 `AS <alias>` 设置别名。

语法：`vertex`

示例：

```
nebula> LOOKUP ON player WHERE player.age  > 45 YIELD vertex AS v;
+-------------------------------------------------------+
| v                                                     |
+-------------------------------------------------------+
| ("player144" :player{age: 47, name: "Shaquille O'Neal"}) |
| ("player140" :player{age: 46, name: "Grant Hill"})       |
+-------------------------------------------------------+
```

EDGE

edge 返回边的信息。包括 Edge type、起始点 ID、目的点 ID、rank、属性和值。需要用 `AS <alias>` 设置别名。

语法：`edge`

示例：

```
nebula> GO FROM "player100" OVER follow YIELD edge AS e;
+--------------------------------------------------+
| e                                                |
+--------------------------------------------------+
| [:follow "player100"->"player101" @0 {degree: 95}] |
| [:follow "player100"->"player125" @0 {degree: 95}] |
+--------------------------------------------------+
```

VERTICES

vertices 返回子图中的点的信息。详情参见 GET SUBGRAPH。

EDGES

edges 返回子图中的边的信息。详情参见 GET SUBGRAPH。

PATH

path 返回路径信息。详情参见 FIND PATH。

openCypher 兼容语句适用

openCypher 兼容语句的 `RETURN` 和 `WHERE` 子句中可以使用如下介绍的函数。

ID()

id() 返回点 ID。

语法：`id(<vertex>)`

- 返回类型：和点 ID 的类型保持一致。

示例：

```
nebula> MATCH (v:player) RETURN id(v);
+-------------+
| id(v)       |
+-------------+
| "player129" |
| "player115" |
| "player106" |
| "player102" |
...
```


2022 vesoft Inc.

TAGS() 和LABELS()

tags() 和labels() 返回点的 Tag。

语法：`tags(<vertex>)`、`labels(<vertex>)`

- 返回类型：list。

示例：

```
nebula> MATCH (v) WHERE id(v) == "player100" \
        RETURN tags(v);
+------------+
| tags(v)    |
+------------+
| ["player"] |
+------------+
```

PROPERTIES()

properties() 返回点或边的所有属性。

语法：`properties(<vertex_or_edge>)`

- 返回类型：map。

示例：

```
nebula> MATCH (v:player)-[e:follow]-() RETURN properties(v),properties(e);
+--------------------------------------+---------------+
| properties(v)                        | properties(e) |
+--------------------------------------+---------------+
| {age: 31, name: "Stephen Curry"}     | {degree: 90}  |
| {age: 47, name: "Shaquille O'Neal"}  | {degree: 100} |
| {age: 34, name: "LeBron James"}      | {degree: 13}  |
...
```

TYPE()

type() 返回边的 Edge type。

语法：`type(<edge>)`

- 返回类型：string。

示例：

```
nebula> MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"})-[e]->() \
        RETURN type(e);
+----------+
| type(e)  |
+----------+
| "serve"  |
| "follow" |
| "follow" |
+----------+
```

SRC()

src() 返回边的起始点 ID。

语法：`src(<edge>)`

- 返回类型：和点 ID 的类型保持一致。

示例：

```
nebula> MATCH ()-[e]->(v:player{name:"Tim Duncan"}) \
        RETURN src(e);
+-------------+
| src(e)      |
+-------------+
| "player125" |
| "player113" |
```


2022 vesoft Inc.

```
| "player102" |
...
```

DST()

dst() 返回边的目的点 ID。

语法：`dst(<edge>)`

- 返回类型：和点 ID 的类型保持一致。

示例：

```
nebula> MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"})-[e]->() \
        RETURN dst(e);
+------------+
| dst(e)     |
+------------+
| "team204"  |
| "player101" |
| "player125" |
+------------+
```

STARTNODE()

startNode() 获取一条边或一条路径并返回它的起始点信息，包括点 ID、Tag、属性和值。

语法：`startNode(<path>)`

示例：

```
nebula> MATCH p = (a :player {name : "Tim Duncan"})-[r:serve]-(t) \
        RETURN startNode(p);
+--------------------------------------------------+
| startNode(p)                                     |
+--------------------------------------------------+
| ("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"}) |
+--------------------------------------------------+
```

ENDNODE()

endNode() 获取一条边或一条路径并返回它的目的点信息，包括点 ID、Tag、属性和值。

语法：`endNode(<path>)`

示例：

```
nebula> MATCH p = (a :player {name : "Tim Duncan"})-[r:serve]-(t) \
        RETURN endNode(p);
+----------------------------------+
| endNode(p)                       |
+----------------------------------+
| ("team204" :team{name: "Spurs"}) |
+----------------------------------+
```

RANK()

rank() 返回边的 rank。

语法：`rank(<edge>)`

- 返回类型：int。

示例：

```
nebula> MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"})-[e]->() \
        RETURN rank(e);
+---------+
| rank(e) |
+---------+
| 0       |
| 0       |
| 0       |
+---------+
```


2022 vesoft Inc.

最后更新: June 30, 2022

2022 vesoft Inc.

4.5.6 列表函数

本文介绍 Nebula Graph 支持的列表（List）函数。部分列表函数在原生 nGQL 语句和 openCypher 兼容语句中的语法不同。

注意事项

- 和 SQL 一样，nGQL 的字符索引（位置）从 `1` 开始。但是 C 语言的字符索引是从 `0` 开始的。
- 如果参数为 `NULL`，则输出结果是未定义的。

通用

RANGE()

range() 返回指定整数范围 `[start,end]` 内固定步长的列表。

语法：`range(start, end [, step])`

- `step`：可选参数。步长。默认为 `1`。
- 返回类型：list。

示例：

```
nebula> RETURN range(1,9,2);
+----------------+
| range(1,9,2)   |
+----------------+
| [1, 3, 5, 7, 9] |
+----------------+
```

REVERSE()

reverse() 返回将原列表逆序排列的新列表。

语法：`reverse(<list>)`

- 返回类型：list。

示例：

```
nebula> WITH [NULL, 4923, 'abc', 521, 487] AS ids \
        RETURN reverse(ids);
+----------------------------------+
| reverse(ids)                     |
+----------------------------------+
| [487, 521, "abc", 4923, __NULL__] |
+----------------------------------+
```

TAIL()

tail() 返回不包含原列表第一个元素的新列表。

语法：`tail(<list>)`

- 返回类型：list。

示例：

```
nebula> WITH [NULL, 4923, 'abc', 521, 487] AS ids \
        RETURN tail(ids);
+------------------------+
| tail(ids)              |
+------------------------+
| [4923, "abc", 521, 487] |
+------------------------+
```


2022 vesoft Inc.

HEAD()

head() 返回列表的第一个元素。

语法：`head(<list>)`

- 返回类型：与原列表内的元素类型相同。

示例：

```
nebula> WITH [NULL, 4923, 'abc', 521, 487] AS ids \
        RETURN head(ids);
+-----------+
| head(ids) |
+-----------+
| __NULL__  |
+-----------+
```

LAST()

last() 返回列表的最后一个元素。

语法：`last(<list>)`

- 返回类型：与原列表内的元素类型相同。

示例：

```
nebula> WITH [NULL, 4923, 'abc', 521, 487] AS ids \
        RETURN last(ids);
+-----------+
| last(ids) |
+-----------+
| 487       |
+-----------+
```

REDUCE()

reduce() 将表达式逐个应用于列表中的元素，然后和累加器中的当前结果累加，最后返回完整结果。该函数将遍历给定列表中的每个元素 e，在 e 上运行表达式并和累加器的当前结果累加，将新的结果存储在累加器中。这个函数类似于函数式语言（如 Lisp 和 Scala）中的 fold 或 reduce 方法。

> **openCypher 兼容性**
>
> 在 openCypher 中，`reduce()` 函数没有定义。nGQL 使用了 Cypher 方式实现 `reduce()` 函数。

语法：`reduce(<accumulator> = <initial>, <variable> IN <list> | <expression>)`

- `accumulator` ：在遍历列表时保存累加结果。
- `initial` ：为 `accumulator` 提供初始值的表达式或值。
- `variable` ：为列表引入一个变量，决定使用列表中的哪个元素。
- `list` ：列表或列表表达式。
- `expression` ：该表达式将对列表中的每个元素运行一次，并将结果累加至 `accumulator` 。
- 返回类型：取决于提供的参数，以及表达式的语义。

示例：

```
nebula> RETURN reduce(totalNum = -4 * 5, n IN [1, 2] | totalNum + n * 2) AS r;
+-----+
| r   |
+-----+
| -14 |
+-----+

nebula> MATCH p = (n:player{name:"LeBron James"})<-[:follow]-(m) \
        RETURN  nodes(p)[0].age AS src1,  nodes(p)[1].age AS dst2,  \
        reduce(totalAge = 100, n IN nodes(p) | totalAge + n.age) AS sum;
```


2022 vesoft Inc.

```
+------+------+-----+
| src1 | dst2 | sum |
+------+------+-----+
| 34   | 31   | 165 |
| 34   | 29   | 163 |
| 34   | 33   | 167 |
| 34   | 26   | 160 |
| 34   | 34   | 168 |
| 34   | 37   | 171 |
+------+------+-----+

nebula> LOOKUP ON player WHERE player.name == "Tony Parker" YIELD id(vertex) AS VertexID \
        |  GO FROM $-.VertexID over follow \
        WHERE properties(edge).degree != reduce(totalNum = 5, n IN range(1, 3) | properties($$).age + totalNum + n) \
        YIELD properties($$).name AS id, properties($$).age AS age, properties(edge).degree AS degree;
+--------------------+-----+--------+
| id                 | age | degree |
+--------------------+-----+--------+
| "Tim Duncan"       | 42  | 95     |
| "LaMarcus Aldridge" | 33  | 90     |
| "Manu Ginobili"    | 41  | 95     |
+--------------------+-----+--------+
```

原生 nGQL 语句适用

KEYS()

keys() 返回一个列表，包含字符串形式的点、边的所有属性。

语法：`keys({vertex | edge})`

- 返回类型：list。

示例：

```
nebula> LOOKUP ON player \
        WHERE player.age  > 45 \
        YIELD keys(vertex);
+----------------+
| keys(VERTEX)   |
+----------------+
| ["age", "name"] |
| ["age", "name"] |
+----------------+
```

LABELS()

labels() 返回点的 Tag 列表。

语法：`labels(verte)`

- 返回类型：list。

示例：

```
nebula> FETCH PROP ON * "player101", "player102", "team204" \
        YIELD labels(vertex);
+---------------+
| labels(VERTEX) |
+---------------+
| ["player"]    |
| ["player"]    |
| ["team"]      |
+---------------+
```

openCypher 兼容语句适用

KEYS()

keys() 返回一个列表，包含字符串形式的点、边或映射的所有属性。

语法：`keys(<vertex_or_edge>)`

- 返回类型：list。

2022 vesoft Inc.

示例：

```
nebula> MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"})-[e]->() \
        RETURN keys(e);
+---------------------------+
| keys(e)                   |
+---------------------------+
| ["end_year", "start_year"] |
| ["degree"]                |
| ["degree"]                |
+---------------------------+
```

LABELS()

labels() 返回点的 Tag 列表。

语法：`labels(<vertex>)`

- 返回类型：list。

示例：

```
nebula> MATCH (v)-[e:serve]->() \
        WHERE id(v)=="player100" \
        RETURN labels(v);
+------------+
| labels(v)  |
+------------+
| ["player"] |
+------------+
```

NODES()

nodes() 返回路径中所有点的列表。包括点 ID、Tag、属性和值。

语法：`nodes(<path>)`

- 返回类型：list。

示例：

```
nebula> MATCH p=(v:player{name:"Tim Duncan"})-->(v2) \
        RETURN nodes(p);
+------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
| nodes(p)                                                                                                   |
+------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
| [("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"}), ("team204" :team{name: "Spurs"})]                     |
| [("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"}), ("player101" :player{age: 36, name: "Tony Parker"})]   |
| [("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"}), ("player125" :player{age: 41, name: "Manu Ginobili"})] |
+------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
```

RELATIONSHIPS()

relationships() 返回路径中所有关系的列表。

语法：`relationships(<path>)`

- 返回类型：list。

示例：

```
nebula> MATCH p=(v:player{name:"Tim Duncan"})-->(v2) \
        RETURN relationships(p);
+---------------------------------------------------------------------+
| relationships(p)                                                    |
+---------------------------------------------------------------------+
| [[:serve "player100"->"team204" @0 {end_year: 2016, start_year: 1997}]] |
| [[:follow "player100"->"player101" @0 {degree: 95}]]                |
| [[:follow "player100"->"player125" @0 {degree: 95}]]                |
+---------------------------------------------------------------------+
```

最后更新: June 30, 2022

2022 vesoft Inc.

4.5.7 类型转换函数

本文介绍 Nebula Graph 支持的类型转换函数。

toBoolean()

toBoolean() 将字符串转换为布尔。

语法：`toBoolean(<value>)`

- 返回类型：bool。

示例：

```
nebula> UNWIND [true, false, 'true', 'false', NULL] AS b \
        RETURN toBoolean(b) AS b;
+----------+
| b        |
+----------+
| true     |
| false    |
| true     |
| false    |
| __NULL__ |
+----------+
```

toFloat()

toFloat() 将整数或字符串转换为浮点数。

语法：`toFloat(<value>)`

- 返回类型：float。

示例：

```
nebula> RETURN toFloat(1), toFloat('1.3'), toFloat('1e3'), toFloat('not a number');
+------------+----------------+----------------+-------------------------+
| toFloat(1) | toFloat("1.3") | toFloat("1e3") | toFloat("not a number") |
+------------+----------------+----------------+-------------------------+
| 1.0        | 1.3            | 1000.0         | __NULL__                |
+------------+----------------+----------------+-------------------------+
```

toString()

toString() 将任意非复合数据类型数据转换为字符串类型。

语法：`toString(<value>)`

- 返回类型：string。

示例：

```
nebula> RETURN toString(9669) AS int2str, toString(null) AS null2str;
+---------+----------+
| int2str | null2str |
+---------+----------+
| "9669"  | __NULL__ |
+---------+----------+
```

toInteger()

toInteger() 将浮点或字符串转换为整数。

语法：`toInteger(<value>)`

- 返回类型：int。

2022 vesoft Inc.

示例：

```
nebula> RETURN toInteger(1), toInteger('1'), toInteger('1e3'), toInteger('not a number');
+--------------+----------------+------------------+---------------------------+
| toInteger(1) | toInteger("1") | toInteger("1e3") | toInteger("not a number") |
+--------------+----------------+------------------+---------------------------+
| 1            | 1              | 1000             | __NULL__                  |
+--------------+----------------+------------------+---------------------------+
```

toSet()

toSet() 将列表或集合转换为集合。

语法：`toSet(<value>)`

- 返回类型：set。

示例：

```
nebula> RETURN toSet(list[1,2,3,1,2]) AS list2set;
+-----------+
| list2set  |
+-----------+
| {3, 1, 2} |
+-----------+
```

hash()

hash() 返回参数的哈希值。其参数可以是数字、字符串、列表、布尔值、NULL 等类型的值，或者计算结果为这些类型的表达式。

`hash()` 函数采用 MurmurHash2 算法，种子（seed）为 `0xc70f6907UL`。用户可以在 `MurmurHash2.h` 中查看其源代码。

在 Java 中的调用方式如下：

```
MurmurHash2.hash64("to_be_hashed".getBytes(),"to_be_hashed".getBytes().length, 0xc70f6907)
```

语法：`hash(<string>)`

- 返回类型：int。

示例：

```
nebula> RETURN hash("abcde");
+--------------------+
| hash("abcde")      |
+--------------------+
| 811036730794841393 |
+--------------------+

nebula> YIELD hash([1,2,3]);
+----------------+
| hash([1,2,3])  |
+----------------+
| 11093822460243 |
+----------------+

nebula> YIELD hash(NULL);
+------------+
| hash(NULL) |
+------------+
| -1         |
+------------+

nebula> YIELD hash(toLower("HELLO NEBULA"));
+-------------------------------+
| hash(toLower("HELLO NEBULA")) |
+-------------------------------+
| -8481157362655072082          |
+-------------------------------+
```

最后更新: June 30, 2022

2022 vesoft Inc.

4.5.8 条件表达式函数

本文介绍 Nebula Graph 支持的条件表达式函数。

CASE

`CASE` 表达式使用条件来过滤 nGQL 查询语句的结果，常用于 `YIELD` 和 `RETURN` 子句中。和 openCypher 一样，nGQL 提供两种形式的 `CASE` 表达式：简单形式和通用形式。

`CASE` 表达式会遍历所有条件，并在满足第一个条件时停止读取后续条件，然后返回结果。如果不满足任何条件，将通过 `ELSE` 子句返回结果。如果没有 `ELSE` 子句且不满足任何条件，则返回 `NULL` 。

简单形式

- 语法

```
CASE <comparer>
WHEN <value> THEN <result>
[WHEN ...]
[ELSE <default>]
END
```

Caution

`CASE` 表达式一定要用 `END` 结尾。

参数	说明
`comparer`	用于与 `value` 进行比较的值或者有效表达式。
`value`	和 `comparer` 进行比较，如果匹配，则满足此条件。
`result`	如果 `value` 匹配 `comparer` ，则返回该 `result` 。
`default`	如果没有条件匹配，则返回该 `default` 。

- 示例

```
nebula> RETURN \
        CASE 2+3 \
        WHEN 4 THEN 0 \
        WHEN 5 THEN 1 \
        ELSE -1 \
        END \
        AS result;
+--------+
| result |
+--------+
| 1      |
+--------+
```

```
nebula> GO FROM "player100" OVER follow \
        YIELD properties($$).name AS Name, \
        CASE properties($$).age > 35 \
        WHEN true THEN "Yes" \
        WHEN false THEN "No" \
        ELSE "Nah" \
        END \
        AS Age_above_35;
+-----------------+--------------+
| Name            | Age_above_35 |
+-----------------+--------------+
| "Tony Parker"   | "Yes"        |
| "Manu Ginobili" | "Yes"        |
+-----------------+--------------+
```


2022 vesoft Inc.

通用形式

- 语法

```
CASE
WHEN <condition> THEN <result>
[WHEN ...]
[ELSE <default>]
END
```

参数	说明
`condition`	如果条件 `condition` 为 true，表示满足此条件。
`result`	`condition` 为 true，则返回此 `result` 。
`default`	如果没有条件匹配，则返回该 `default` 。

- 示例

```
nebula> YIELD \
        CASE WHEN 4 > 5 THEN 0 \
        WHEN 3+4==7 THEN 1 \
        ELSE 2 \
        END \
        AS result;
+--------+
| result |
+--------+
| 1      |
+--------+
```

```
nebula> MATCH (v:player) WHERE v.player.age > 30 \
        RETURN v.player.name AS Name,  \
        CASE \
        WHEN v.player.name STARTS WITH "T" THEN "Yes" \
        ELSE "No" \
        END \
        AS Starts_with_T;
+--------------------+--------------+
| Name               | Starts_with_T |
+--------------------+--------------+
| "Tim"              | "Yes"        |
| "LaMarcus Aldridge" | "No"         |
| "Tony Parker"      | "Yes"        |
+--------------------+--------------+
```

简单形式和通用形式的区别

为了避免误用简单形式和通用形式，用户需要了解它们的差异。请参见如下示例：

```
nebula> GO FROM "player100" OVER follow \
        YIELD properties($$).name AS Name, properties($$).age AS Age, \
        CASE properties($$).age \
        WHEN properties($$).age > 35 THEN "Yes" \
        ELSE "No" \
        END \
        AS Age_above_35;
+----------------+-----+-------------+
| Name           | Age | Age_above_35 |
+----------------+-----+-------------+
| "Tony Parker"  | 36  | "No"        |
| "Manu Ginobili" | 41  | "No"        |
+----------------+-----+-------------+
```

示例本意为当玩家年龄大于 35 时输出 `Yes` 。但是查看输出结果，年龄为 36 时输出的却是 `No` 。

这是因为查询使用了简单形式的 `CASE` 表达式，比较对象是 `$$.player.age` 和 `$$.player.age > 35` 。当年龄为 36 时：

- `$$.player.age` 的值为 `36` ，数据类型为 int。
- `$$.player.age > 35` 的值为 `true` ，数据类型为 boolean。

这两种数据类型无法匹配，不满足条件，因此返回 `No` 。

2022 vesoft Inc.

coalesce()

coalesce() 返回所有表达式中第一个非空元素。

语法：`coalesce(<expression_1>[,<expression_2>...])`

- 返回类型：与原元素类型相同。

示例：

```
nebula> RETURN coalesce(null,[1,2,3]) as result;
+-----------+
| result    |
+-----------+
| [1, 2, 3] |
+-----------+

nebula> RETURN coalesce(null) as result;
+-----------+
| result    |
+-----------+
| NULL      |
+-----------+
```

最后更新: June 30, 2022

2022 vesoft Inc.

4.5.9 谓词函数

谓词函数只返回 `true` 或 `false`，通常用于 `WHERE` 子句中。

Nebula Graph 支持以下谓词函数。

函数	说明
exists()	如果指定的属性在点、边或映射中存在，则返回 `true`，否则返回 `false`。
any()	如果指定的谓词适用于列表中的至少一个元素，则返回 `true`，否则返回 `false`。
all()	如果指定的谓词适用于列表中的每个元素，则返回 `true`，否则返回 `false`。
none()	如果指定的谓词不适用于列表中的任何一个元素，则返回 `true`，否则返回 `false`。
single()	如果指定的谓词适用于列表中的唯一一个元素，则返回 `true`，否则返回 `false`。

Note

如果列表为空，或者列表中的所有元素都为空，则返回 NULL。

Compatibility

在 openCypher 中只定义了函数 `exists()`，其他几个函数依赖于具体实现。

语法

```
<predicate>(<variable> IN <list> WHERE <condition>)
```

示例

```
nebula> RETURN any(n IN [1, 2, 3, 4, 5, NULL] \
        WHERE n > 2) AS r;
+------+
| r    |
+------+
| true |
+------+

nebula> RETURN single(n IN range(1, 5) \
        WHERE n == 3) AS r;
+------+
| r    |
+------+
| true |
+------+

nebula> RETURN none(n IN range(1, 3) \
        WHERE n == 0) AS r;
+------+
| r    |
+------+
| true |
+------+

nebula> WITH [1, 2, 3, 4, 5, NULL] AS a \
        RETURN any(n IN a WHERE n > 2);
+-------------------------+
| any(n IN a WHERE (n>2)) |
+-------------------------+
| true                    |
+-------------------------+

nebula> MATCH p = (n:player{name:"LeBron James"})<-[:follow]-(m) \
        RETURN nodes(p)[0].name AS n1, nodes(p)[1].name AS n2, \
        all(n IN nodes(p) WHERE n.name NOT STARTS WITH "D") AS b;
+----------------+-------------------+-------+
| n1             | n2                | b     |
+----------------+-------------------+-------+
```


2022 vesoft Inc.

```
| "LeBron James" | "Danny Green"     | false |
| "LeBron James" | "Dejounte Murray" | false |
| "LeBron James" | "Chris Paul"      | true  |
| "LeBron James" | "Kyrie Irving"    | true  |
| "LeBron James" | "Carmelo Anthony" | true  |
| "LeBron James" | "Dwyane Wade"     | false |
+---------------+------------------+-------+

nebula> MATCH p = (n:player{name:"LeBron James"})-[:follow]->(m) \
        RETURN single(n IN nodes(p) WHERE n.age > 40) AS b;
+------+
| b    |
+------+
| true |
+------+

nebula> MATCH (n:player) \
        RETURN exists(n.player.id), n IS NOT NULL;
+-------------+--------------+
| exists(n.id) | n IS NOT NULL |
+-------------+--------------+
| false       | true         |
...

nebula> MATCH (n:player) \
        WHERE exists(n['name']) \
        RETURN n;
+------------------------------------------------------------+
| n                                                          |
+------------------------------------------------------------+
| ("player105" :player{age: 31, name: "Danny Green"})        |
| ("player109" :player{age: 34, name: "Tiago Splitter"})     |
| ("player111" :player{age: 38, name: "David West"})         |
...
```

最后更新: January 7, 2022

2022 vesoft Inc.

4.5.10 geo 函数

geo 函数用于生成地理位置（GEOGRAPHY）数据类型的值或对其执行操作。

关于地理位置数据类型说明请参见地理位置。

函数说明

函数	返回类型	说明
ST_Point(longitude, latitude)	`GEOGRAPHY`	创建包含一个点的地理位置。
ST_GeogFromText(wkt_string)	`GEOGRAPHY`	返回与传入的 WKT 字符串形式相对应的 GEOGRAPHY。
ST_ASText(geography)	`STRING`	返回传入的 GEOGRAPHY 的 WKT 字符串形式。
ST_Centroid(geography)	`GEOGRAPHY`	以单点 GEOGRAPHY 的形式返回传入的 GEOGRAPHY 的形心。
ST_ISValid(geography)	`BOOL`	返回传入的 GEOGRAPHY 是否有效。
ST_Intersects(geography_1, geography_2)	`BOOL`	返回传入的两个 GEOGRAPHY 是否有交集。
ST_Covers(geography_1, geography_2)	`BOOL`	返回 geography_1 是否完全包含 geography_2。如果 geography_2 中没有位于 geography_1 外部的点，返回 True。
ST_CoveredBy(geography_1, geography_2)	`BOOL`	返回 geography_2 是否完全包含 geography_1。如果 geography_1 中没有位于 geography_2 外部的点，返回 True。
ST_DWithin(geography_1, geography_2, distance)	`BOOL`	如果 geography_1 中至少有一个点与 geography_2 中的一个点的距离小于或等于 distance 参数（以米为单位）指定的距离，则返回 True。
ST_Distance(geography_1, geography_2)	`FLOAT`	返回两个非空 GEOGRAPHY 之间的最短距离（以米为单位）。
S2_CellIdFromPoint(point_geography)	`INT`	返回覆盖点 GEOGRAPHY 的 S2 单元ID。
S2_CoveringCellIds(geography)	`ARRAY<INT64>`	返回覆盖传入的 GEOGRAPHY 的 S2 单元 ID 的数组。

示例

```
nebula> RETURN ST_ASText(ST_Point(1,1));
+-------------------------+
| ST_ASText(ST_Point(1,1)) |
+-------------------------+
| "POINT(1 1)"            |
+-------------------------+

nebula> RETURN ST_ASText(ST_GeogFromText("POINT(3 8)"));
+----------------------------------------+
| ST_ASText(ST_GeogFromText("POINT(3 8)")) |
+----------------------------------------+
| "POINT(3 8)"                           |
+----------------------------------------+

nebula> RETURN ST_ASTEXT(ST_Centroid(ST_GeogFromText("LineString(0 1,1 0)")));
+----------------------------------------------------------------+
| ST_ASTEXT(ST_Centroid(ST_GeogFromText("LineString(0 1,1 0)"))) |
+----------------------------------------------------------------+
| "POINT(0.5000380800773782 0.5000190382261059)"                 |
+----------------------------------------------------------------+

nebula> RETURN ST_ISValid(ST_GeogFromText("POINT(3 8)"));
+----------------------------------------+
| ST_ISValid(ST_GeogFromText("POINT(3 8)")) |
+----------------------------------------+
| true                                   |
+----------------------------------------+

nebula> RETURN ST_Intersects(ST_GeogFromText("LineString(0 1,1 0)"),ST_GeogFromText("LineString(0 0,1 1)"));
+------------------------------------------------------------------------------------------+
| ST_Intersects(ST_GeogFromText("LineString(0 1,1 0)"),ST_GeogFromText("LineString(0 0,1 1)")) |
+------------------------------------------------------------------------------------------+
| true                                                                                     |
```


2022 vesoft Inc.

```
+-----------------------------------------------------------------------------------------------+

nebula> RETURN ST_Covers(ST_GeogFromText("POLYGON((0 0,10 0,10 10,0 10,0 0))"),ST_Point(1,2));
+-------------------------------------------------------------------------------+
| ST_Covers(ST_GeogFromText("POLYGON((0 0,10 0,10 10,0 10,0 0))"),ST_Point(1,2)) |
+-------------------------------------------------------------------------------+
| true                                                                          |
+-------------------------------------------------------------------------------+

nebula> RETURN ST_CoveredBy(ST_Point(1,2),ST_GeogFromText("POLYGON((0 0,10 0,10 10,0 10,0 0))"));
+-------------------------------------------------------------------------------+
| ST_CoveredBy(ST_Point(1,2),ST_GeogFromText("POLYGON((0 0,10 0,10 10,0 10,0 0))")) |
+-------------------------------------------------------------------------------+
| true                                                                          |
+-------------------------------------------------------------------------------+

nebula> RETURN ST_dwithin(ST_GeogFromText("Point(0 0)"),ST_GeogFromText("Point(10 10)"),20000000000.0);
+-------------------------------------------------------------------------------+
| ST_dwithin(ST_GeogFromText("Point(0 0)"),ST_GeogFromText("Point(10 10)"),20000000000) |
+-------------------------------------------------------------------------------+
| true                                                                          |
+-------------------------------------------------------------------------------+

nebula> RETURN ST_Distance(ST_GeogFromText("Point(0 0)"),ST_GeogFromText("Point(10 10)"));
+-----------------------------------------------------------------------+
| ST_Distance(ST_GeogFromText("Point(0 0)"),ST_GeogFromText("Point(10 10)")) |
+-----------------------------------------------------------------------+
| 1.5685230187677438e+06                                                |
+-----------------------------------------------------------------------+

nebula> RETURN S2_CellIdFromPoint(ST_GeogFromText("Point(1 1)"));
+-----------------------------------------------+
| S2_CellIdFromPoint(ST_GeogFromText("Point(1 1)")) |
+-----------------------------------------------+
| 1153277837650709461                           |
+-----------------------------------------------+

nebula> RETURN S2_CoveringCellIds(ST_GeogFromText("POLYGON((0 1, 1 2, 2 3, 0 1))"));
+-----------------------------------------------------------------------------------------------
```

4.5.11 Elasticsearch 查询函数

Elasticsearch 查询函数可以让 Nebula Graph 向 Elasticsearch 发送 GET 请求读取数据，并将返回的 JSON 转换为 Nebula Graph 内的 map 格式，以便用于同一个复合图查询语句中。

关于 Elasticsearch 语法，请参见 Elasticsearch 官方文档。

> **Enterpriseonly**
>
> 仅企业版支持本功能。

注意事项

- 不能使用已经部署了全文索引的 Elasticsearch 服务，需要使用独立部署的 Elasticsearch 服务，并且用户需要自行向 Elasticsearch 中写入数据，Nebula Graph 不会向该 Elasticsearch 写入数据。部署 Elasticsearch 集群请参见 Kubernetes 安装 Elasticsearch 或单机安装 Elasticsearch。
- 使用前需要 SIGN IN 服务，例如 `SIGN IN TEXT SERVICE (127.0.0.1:9200, HTTP)`，不再使用时可以 SIGN OUT 服务。具体语法请参见登录文本搜索客户端。
- 只支持 GET 请求。请用 Elasticsearch 客户端执行 POST、PUT、DELETE 请求。
- 没有超时时间，Nebula Graph 会一直等待 Elasticsearch 返回结果。
- 不支持函数后直接跟操作符，例如 `RETURN calles("/test/player/1")["_source"]`。
- 兼容 Elasticsearch 7 及以上版本，更低版本未测试。

openCypher 兼容性

本文操作仅适用于 openCypher 方式。

语法

可以通过 calles() 直接执行 Elasticsearch 语句，也可以通过 callesfile() 执行指定文件内的 Elasticsearch 语句。

```
calles("<es_query>");
callesfile("<es_query_file_path>");
```

- 返回类型：map。Elasticsearch 返回 JSON 格式字符串，Nebula Graph 转换成 map 格式。

示例

```
nebula> RETURN calles("/test/player/1") AS a;
+-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
| a                                                                                                                                                         |
+-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
| {_id: "1", _index: "test", _primary_term: 1, _seq_no: 0, _source: {age: 43, name: "Tim Duncan"}, _type: "player", _version: 1, found: true} |
+-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------+

nebula> WITH calles("/test/player/1") AS a RETURN a;
+-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
| a                                                                                                                                                         |
+-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
| {_id: "1", _index: "test", _primary_term: 1, _seq_no: 0, _source: {age: 43, name: "Tim Duncan"}, _type: "player", _version: 1, found: true} |
+-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------+

nebula> WITH calles("/test/player/1") AS a \
        MATCH (b:player) WHERE b.player.age == a["_source"]["age"] \
        RETURN b;
+-------------------------------------------------+
| b                                               |
+-------------------------------------------------+
| ("player141" :player{age: 43, name: "Ray Allen"}) |
+-------------------------------------------------+
```


2022 vesoft Inc.

```
//对于不存在的数据，会返回 found 字段为 false。
nebula> WITH calles("/test/player/123") AS a RETURN a;
+-----------------------------------------------------------+
| a                                                         |
+-----------------------------------------------------------+
| {_id: "123", _index: "test", _type: "player", found: false} |
+-----------------------------------------------------------+

//对于不存在的文件，会返回报错 read Elaticsearch file fail。
nebula> RETURN callesfile('/home/xxx/es_query_test.txt');
+-------------------------------------------+
| callESFile( "/home/xxx/es_query_test.txt" ) |
+-------------------------------------------+
| {error: "read Elaticsearch file fail."}     |
+-------------------------------------------+

nebula> RETURN callesfile('/home/xxx/es_query.txt');
+-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
| callESFile( "/home/xxx/es_query.txt"    )                                                
```

4.5.12 自定义函数

openCypher 兼容性

Nebula Graph 3.2.0 不支持自定义函数（UDF）和存储过程。

最后更新: November 25, 2021

2022 vesoft Inc.

4.6 通用查询语句

4.6.1 MATCH

`MATCH` 语句提供基于模式（pattern）匹配的搜索功能。

一个 `MATCH` 语句定义了一个搜索模式，用该模式匹配存储在 Nebula Graph 中的数据，然后用 `RETURN` 子句检索数据。

本文示例使用测试数据集 basketballplayer 进行演示。

语法

与 `GO` 或 `LOOKUP` 等其他查询语句相比，`MATCH` 的语法更灵活。`MATCH` 语句采用的路径类型是 `trail`，即遍历时只有点可以重复，边不可以重复。

`MATCH` 语法如下：

```
MATCH <pattern> [<clause_1>]  RETURN <output>  [<clause_2>];
```

- `pattern` ：pattern 的详细说明请参见模式。`MATCH` 语句支持匹配一个或多个模式，多个模式之间用英文逗号（,）分隔。例如 `(a)-[]->(b),(c)-[]->(d)` 。
- `clause_1` ：支持 `WHERE` 、 `WITH` 、 `UNWIND` 、 `OPTIONAL MATCH` 子句，也可以使用 `MATCH` 作为子句。
- `output` ：定义需要返回的输出。可以使用 `AS` 设置输出的别名。
- `clause_2` ：支持 `ORDER BY` 、 `LIMIT` 子句。

注意事项

除以下三种情况之外，请确保 `MATCH` 语句有**至少**一个索引可用。

- `MATCH` 语句中 `WHERE` 子句使用 id() 函数指定了点的 VID，不需要创建索引即可执行。
- 当遍历所有点边时，例如 `MATCH (v) RETURN v LIMIT N` ，不需要创建索引，但必须使用 `LIMIT` 限制输出结果数量。
- 当遍历指定 Tag 的点或指定 Edge Type 的边时，例如 `MATCH (v:player) RETURN v LIMIT N` ，不需要创建索引，但必须使用 `LIMIT` 限制输出结果数量。

> **Note**
>
> 目前 MATCH 语句无法查询到悬挂边。

> **版本兼容性**
>
> 从 3.0.0 版本开始，为了区别不同 Tag 的属性，返回属性时必须额外指定 Tag 名称。即从 `RETURN <变量名>.<属性名>` 改为 `RETURN <变量名>.<Tag名>.<属性名>` 。

示例

创建索引

```
# 在 Tag player 的 name 属性和 Edge type follow 上创建索引。
nebula> CREATE TAG INDEX IF NOT EXISTS name ON player(name(20));
nebula> CREATE EDGE INDEX IF NOT EXISTS follow_index on follow();

# 重建索引使其生效。
nebula> REBUILD TAG INDEX name;
+------------+
| New Job Id |
+------------+
| 121        |
+------------+
```


2022 vesoft Inc.

```
nebula> REBUILD EDGE INDEX follow_index;
+------------+
| New Job Id |
+------------+
| 122        |
+------------+

# 确认重建索引成功。
nebula> SHOW JOB 121;
+---------------+---------------------+------------+-------------------------+-------------------------+-------------+
| Job Id(TaskId) | Command(Dest)       | Status     | Start Time              | Stop Time               | Error Code  |
+---------------+---------------------+------------+-------------------------+-------------------------+-------------+
| 121           | "REBUILD_TAG_INDEX" | "FINISHED" | 2021-05-27T02:18:02.000000 | 2021-05-27T02:18:02.000000 | "SUCCEEDED" |
| 0             | "storaged1"         | "FINISHED" | 2021-05-27T02:18:02.000000 | 2021-05-27T02:18:02.000000 | "SUCCEEDED" |
| 1             | "storaged0"         | "FINISHED" | 2021-05-27T02:18:02.000000 | 2021-05-27T02:18:02.000000 | "SUCCEEDED" |
| 2             | "storaged2"         | "FINISHED" | 2021-05-27T02:18:02.000000 | 2021-05-27T02:18:02.000000 | "SUCCEEDED" |
+---------------+---------------------+------------+-------------------------+-------------------------+-------------+

nebula> SHOW JOB 122;
+---------------+---------------------+------------+-------------------------+-------------------------+-------------+
| Job Id(TaskId) | Command(Dest)       | Status     | Start Time              | Stop Time               | Error Code  |
+---------------+---------------------+------------+-------------------------+-------------------------+-------------+
| 122           | "REBUILD_EDGE_INDEX" | "FINISHED" | 2021-05-27T02:18:11.000000 | 2021-05-27T02:18:11.000000 | "SUCCEEDED" |
| 0             | "storaged1"         | "FINISHED" | 2021-05-27T02:18:11.000000 | 2021-05-27T02:18:21.000000 | "SUCCEEDED" |
| 1             | "storaged0"         | "FINISHED" | 2021-05-27T02:18:11.000000 | 2021-05-27T02:18:21.000000 | "SUCCEEDED" |
| 2             | "storaged2"         | "FINISHED" | 2021-05-27T02:18:11.000000 | 2021-05-27T02:18:21.000000 | "SUCCEEDED" |
+---------------+---------------------+------------+-------------------------+-------------------------+-------------+
```

匹配点

历史版本兼容性

从 Nebula Graph 3.0.0 开始，支持 `MATCH (v) RETURN v LIMIT n`，不需要创建索引; 但是必须使用 `LIMIT` 限制输出结果数量。

不可以直接执行 `MATCH (v) RETURN v`。

用户可以在一对括号中使用自定义变量来表示模式中的点。例如 `(v)`。

```
nebula> MATCH (v) \
        RETURN v \
        LIMIT 3;
+-------------------------------------------------------+
| v                                                     |
+-------------------------------------------------------+
| ("player102" :player{age: 33, name: "LaMarcus Aldridge"}) |
| ("player106" :player{age: 25, name: "Kyle Anderson"})     |
| ("player115" :player{age: 40, name: "Kobe Bryant"})       |
+-------------------------------------------------------+
```

匹配 TAG

历史版本兼容性

在 Nebula Graph 3.0.0 之前，匹配 Tag 的前提是 Tag 本身有索引或者 Tag 的某个属性有索引，否则，用户无法基于该 Tag 执行 `MATCH` 语句。从 Nebula Graph 3.0.0 开始，匹配 Tag 可以不创建索引，但需要使用 `LIMIT` 限制输出结果数量。

用户可以在点的右侧用 `:<tag_name>` 表示模式中的 Tag。

```
nebula> MATCH (v:player) \
        RETURN v \
        LIMIT 3;
+-------------------------------------------------------+
| v                                                     |
+-------------------------------------------------------+
| ("player102" :player{age: 33, name: "LaMarcus Aldridge"}) |
| ("player106" :player{age: 25, name: "Kyle Anderson"})     |
| ("player115" :player{age: 40, name: "Kobe Bryant"})       |
+-------------------------------------------------------+
...
```

需要匹配拥有多个 Tag 的点，可以用英文冒号（:）。

2022 vesoft Inc.

Note

匹配多个 Tag 的点时，不支持进行属性过滤。

例如，不支持 `match (v1:player:team) where v1.player.name=="Tim Duncan" return v1 limit 10;` 。

```
nebula> CREATE TAG actor (name string, age int);
nebula> INSERT VERTEX actor(name, age) VALUES "player100":("Tim Duncan", 42);
nebula> MATCH (v:player:actor) \
        RETURN v \
        LIMIT 10;
+-------------------------------------------------------------------------------------+
| v                                                                                   |
+-------------------------------------------------------------------------------------+
| ("player100" :actor{age: 42, name: "Tim Duncan"} :player{age: 42, name: "Tim Duncan"}) |
+-------------------------------------------------------------------------------------+
```

匹配点的属性

用户可以在 Tag 的右侧用 `{<prop_name>: <prop_value>}` 表示模式中点的属性。

```
# 使用属性 name 搜索匹配的点。
nebula> MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"}) \
        RETURN v;
+--------------------------------------------------+
| v                                                |
+--------------------------------------------------+
| ("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"}) |
+--------------------------------------------------+
```

使用 `WHERE` 子句也可以实现相同的操作：

```
nebula> MATCH (v:player) \
        WHERE v.player.name == "Tim Duncan" \
        RETURN v;
+--------------------------------------------------+
| v                                                |
+--------------------------------------------------+
| ("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"}) |
+--------------------------------------------------+
```

openCypher 兼容性

在 openCypher 9 中， `=` 是相等运算符，在 nGQL 中， `==` 是相等运算符， `=` 是赋值运算符。

匹配点 ID

用户可以使用点 ID 去匹配点。 `id()` 函数可以检索点的 ID。

```
nebula> MATCH (v) \
        WHERE id(v) == 'player101' \
        RETURN v;
+--------------------------------------------------+
| v                                                |
+--------------------------------------------------+
| ("player101" :player{age: 36, name: "Tony Parker"}) |
+--------------------------------------------------+
```

要匹配多个点的 ID，可以用 `WHERE id(v) IN [vid_list]` 。

```
nebula> MATCH (v:player { name: 'Tim Duncan' })--(v2) \
        WHERE id(v2) IN ["player101", "player102"] \
        RETURN v2;
+-------------------------------------------------------+
| v2                                                    |
+-------------------------------------------------------+
| ("player101" :player{age: 36, name: "Tony Parker"})       |
| ("player101" :player{age: 36, name: "Tony Parker"})       |
| ("player102" :player{age: 33, name: "LaMarcus Aldridge"}) |
+-------------------------------------------------------+
```


2022 vesoft Inc.

匹配连接的点

用户可以使用 `--` 符号表示两个方向的边，并匹配这些边连接的点。

> **版本兼容性**
>
> 在 nGQL 1.x 中，`--` 符号用于行内注释，从 nGQL 2.x 起，`--` 符号表示出边或入边，不再用于注释。

```
nebula> MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"})--(v2:player) \
        RETURN v2.player.name AS Name;
+--------------------+
| Name               |
+--------------------+
| "Manu Ginobili"    |
| "Manu Ginobili"    |
| "Dejounte Murray"  |
...
```

用户可以在 `--` 符号上增加 `<` 或 `>` 符号指定边的方向。

```
# -->表示边从 v 开始，指向 v2。对于点 v 来说是出边，对于点 v2 来说是入边。
nebula> MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"})-->(v2:player) \
        RETURN v2.player.name AS Name;
+----------------+
| Name           |
+----------------+
| "Tony Parker"  |
| "Manu Ginobili" |
+----------------+
```

如果需要判断目标点，可以使用 `CASE` 表达式。

```
nebula> MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"})--(v2) \
        RETURN \
        CASE WHEN v2.team.name IS NOT NULL \
        THEN v2.team.name  \
        WHEN v2.player.name IS NOT NULL \
        THEN v2.player.name END AS Name;

+--------------------+
| Name               |
+--------------------+
| "Manu Ginobili"    |
| "Manu Ginobili"    |
| "Spurs"            |
| "Dejounte Murray"  |
...
```

如果需要扩展模式，可以增加更多点和边。

```
nebula> MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"})-->(v2)<--(v3) \
        RETURN v3.player.name AS Name;
+--------------------+
| Name               |
+--------------------+
| "Dejounte Murray"  |
| "LaMarcus Aldridge" |
| "Marco Belinelli"  |
...
```

如果不需要引用点，可以省略括号中表示点的变量。

```
nebula> MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"})-->()<--(v3) \
        RETURN v3.player.name AS Name;
+--------------------+
| Name               |
+--------------------+
| "Dejounte Murray"  |
| "LaMarcus Aldridge" |
| "Marco Belinelli"  |
...
```

匹配路径

连接起来的点和边构成了路径。用户可以使用自定义变量命名路径。

2022 vesoft Inc.

```
nebula> MATCH p=(v:player{name:"Tim Duncan"})-->(v2) \
        RETURN p;
+------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
| p                                                                                                                                        |
+------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
| <("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"})-[:serve@0 {end_year: 2016, start_year: 1997}]->("team204" :team{name: "Spurs"})> |
| <("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"})-[:follow@0 {degree: 95}]->("player101" :player{age: 36, name: "Tony Parker"})>   |
| <("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"})-[:follow@0 {degree: 95}]->("player125" :player{age: 41, name: "Manu Ginobili"})> |
+------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
```

openCypher 兼容性

在 nGQL 中，`@`符号表示边的 rank，在 openCypher 中，没有 rank 概念。

匹配边

历史版本兼容性

在 Nebula Graph 3.0.0 之前，匹配边的前提是边本身有对应属性的索引，否则，用户无法基于边执行 `MATCH` 语句。从 Nebula Graph 3.0.0 开始，匹配边可以不创建索引，但需要使用 `LIMIT` 限制输出结果数量，并且必须指定边的方向。

```
nebula> MATCH ()<-[e]-() \
        RETURN e \
        LIMIT 3;
+--------------------------------------------------+
| e                                                |
+--------------------------------------------------+
| [:follow "player101"->"player102" @0 {degree: 90}] |
| [:follow "player103"->"player102" @0 {degree: 70}] |
| [:follow "player135"->"player102" @0 {degree: 80}] |
+--------------------------------------------------+
```

匹配 EDGE TYPE

和点一样，用户可以用 `:<edge_type>` 表示模式中的 Edge type，例如 `-[e:follow]-` 。

历史版本兼容性

在 Nebula Graph 3.0.0 之前，匹配 Edge Type 的前提是 Edge type 本身有对应属性的索引，否则，用户无法基于 Edge Type 执行 `MATCH` 语句。从 Nebula Graph 3.0.0 开始，匹配 Edge Type 可以不创建索引，但需要使用 `LIMIT` 限制输出结果数量，并且必须指定边的方向。

```
nebula> MATCH ()-[e:follow]->() \
        RETURN e \
        limit 3;
+--------------------------------------------------+
| e                                                |
+--------------------------------------------------+
| [:follow "player102"->"player100" @0 {degree: 75}] |
| [:follow "player102"->"player101" @0 {degree: 75}] |
| [:follow "player129"->"player116" @0 {degree: 90}] |
+--------------------------------------------------+
```

匹配边的属性

Note

匹配边的属性的前提是 Edge type 本身有对应属性的索引，否则，用户无法执行 `MATCH` 语句匹配该属性。

用户可以用 `{<prop_name>: <prop_value>}` 表示模式中 Edge type 的属性，例如 `[e:follow{likeness:95}]` 。

```
nebula> MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"})-[e:follow{degree:95}]->(v2) \
        RETURN e;
+--------------------------------------------------+
| e                                                |
+--------------------------------------------------+
| [:follow "player100"->"player101" @0 {degree: 95}]    |
```


2022 vesoft Inc.

```
| [:follow "player100"->"player125" @0 {degree: 95}]     |
+---------------------------------------------------------+
```

匹配多个 EDGE TYPE

使用 `|` 可以匹配多个 Edge type，例如 `[e:follow|:serve]` 。第一个 Edge type 前的英文冒号（:）不可省略，后续 Edge type 前的英文冒号可以省略，例如 `[e:follow|serve]` 。

> **Note**
>
> 同时匹配多个 Tag 和多个 Edge type 时，不支持进行属性过滤。
>
> 例如，不支持 `MATCH (v)-[e:follow|serve]->(v2) where v.player.name=="Tim Duncan" RETURN e limit 10;` ，其中 `(v)` 代表匹配点的所有 Tag。

```
nebula> MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"})-[e:follow|:serve]->(v2) \
        RETURN e;
+--------------------------------------------------------------------------+
| e                                                                        |
+--------------------------------------------------------------------------+
| [:follow "player100"->"player101" @0 {degree: 95}]                       |
| [:follow "player100"->"player125" @0 {degree: 95}]                       |
| [:serve "player100"->"team204" @0 {end_year: 2016, start_year: 1997}]    |
+--------------------------------------------------------------------------+
```

匹配多条边

用户可以扩展模式，匹配路径中的多条边。

```
nebula> MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"})-[]->(v2)<-[e:serve]-(v3) \
        RETURN v2, v3;
+----------------------------------+-------------------------------------------------------+
| v2                               | v3                                                    |
+----------------------------------+-------------------------------------------------------+
| ("team204" :team{name: "Spurs"}) | ("player104" :player{age: 32, name: "Marco Belinelli"})   |
| ("team204" :team{name: "Spurs"}) | ("player101" :player{age: 36, name: "Tony Parker"})       |
| ("team204" :team{name: "Spurs"}) | ("player102" :player{age: 33, name: "LaMarcus Aldridge"}) |
...
```

匹配定长路径

用户可以在模式中使用 `:<edge_type>*<hop>` 匹配定长路径。 `hop` 必须是一个非负整数。

```
nebula> MATCH p=(v:player{name:"Tim Duncan"})-[e:follow*2]->(v2) \
        RETURN DISTINCT v2 AS Friends;
+-------------------------------------------------------+
| Friends                                               |
+-------------------------------------------------------+
| ("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"})        |
| ("player125" :player{age: 41, name: "Manu Ginobili"})     |
| ("player102" :player{age: 33, name: "LaMarcus Aldridge"}) |
+-------------------------------------------------------+
```

如果 `hop` 为 0，模式会匹配路径上的起始点。

```
nebula> MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"}) -[*0]-> (v2) \
        RETURN v2;
+-------------------------------------------------+
| v2                                              |
+-------------------------------------------------+
| ("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"}) |
+-------------------------------------------------+
```

匹配变长路径

用户可以在模式中使用 `:<edge_type>*[minHop..maxHop]` 匹配变长路径。

2022 vesoft Inc.

Caution

如果未设置 `maxHop` 可能会导致 graph 服务 OOM，请谨慎执行该命令。

参数	说明
`minHop`	可选项。表示路径的最小长度。`minHop` 必须是一个非负整数，默认值为 1。
`maxHop`	可选项。表示路径的最大长度。`maxHop` 必须是一个非负整数，默认值为无穷大。

如果未指定 `minHop` 和 `maxHop`，仅设置了 `:<edge_type>*`，则二者都应用默认值，即 `minHop` 为 1，`maxHop` 为无穷大。

```
nebula> MATCH p=(v:player{name:"Tim Duncan"})-[e:follow*]->(v2) \
        RETURN v2 AS Friends;
+-------------------------------------------------------+
| Friends                                               |
+-------------------------------------------------------+
| ("player125" :player{age: 41, name: "Manu Ginobili"})     |
| ("player101" :player{age: 36, name: "Tony Parker"})       |
...

nebula> MATCH p=(v:player{name:"Tim Duncan"})-[e:follow*1..3]->(v2) \
        RETURN v2 AS Friends;
+-------------------------------------------------------+
| Friends                                               |
+-------------------------------------------------------+
| ("player101" :player{age: 36, name: "Tony Parker"})       |
| ("player125" :player{age: 41, name: "Manu Ginobili"})     |
| ("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"})        |
...

nebula> MATCH p=(v:player{name:"Tim Duncan"})-[e:follow*1..]->(v2) \
        RETURN v2 AS Friends;
+-------------------------------------------------------+
| Friends                                               |
+-------------------------------------------------------+
| ("player125" :player{age: 41, name: "Manu Ginobili"})     |
| ("player101" :player{age: 36, name: "Tony Parker"})       |
| ("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"})        |
...
```

用户可以使用 `DISTINCT` 关键字聚合重复结果。

```
nebula> MATCH p=(v:player{name:"Tim Duncan"})-[e:follow*1..3]->(v2:player) \
        RETURN DISTINCT v2 AS Friends, count(v2);
+-------------------------------------------------------+-----------+
| Friends                                               | count(v2) |
+-------------------------------------------------------+-----------+
| ("player102" :player{age: 33, name: "LaMarcus Aldridge"}) | 1         |
| ("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"})        | 4         |
| ("player101" :player{age: 36, name: "Tony Parker"})       | 3         |
| ("player125" :player{age: 41, name: "Manu Ginobili"})     | 3         |
+-------------------------------------------------------+-----------+
```

如果 `minHop` 为 `0`，模式会匹配路径上的起始点。例如，与上个示例相比，下面的示例设置 `minHop` 为 `0`。此时，因为表示 `"Tim Duncan"` 的点是路径的起始点，所以它在结果集中的计数为 5，比在上个示例的结果中多计一次。

```
nebula> MATCH p=(v:player{name:"Tim Duncan"})-[e:follow*0..3]->(v2:player) \
        RETURN DISTINCT v2 AS Friends, count(v2);
+-------------------------------------------------------+-----------+
| Friends                                               | count(v2) |
+-------------------------------------------------------+-----------+
| ("player102" :player{age: 33, name: "LaMarcus Aldridge"}) | 1         |
| ("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"})        | 5         |
| ("player125" :player{age: 41, name: "Manu Ginobili"})     | 3         |
| ("player101" :player{age: 36, name: "Tony Parker"})       | 3         |
+-------------------------------------------------------+-----------+
```

匹配多个 EDGE TYPE 的变长路径

用户可以在变长或定长模式中指定多个 Edge type。`hop`、`minHop` 和 `maxHop` 对所有 Edge type 都生效。

```
nebula> MATCH p=(v:player{name:"Tim Duncan"})-[e:follow|serve*2]->(v2) \
        RETURN DISTINCT v2;
+-------------------------------------------------------+
| v2                                                    |
+-------------------------------------------------------+
| ("team204" :team{name: "Spurs"})                      |
```


2022 vesoft Inc.

```
| ("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"})        |
| ("team215" :team{name: "Hornets"})                        |
| ("player125" :player{age: 41, name: "Manu Ginobili"})     |
| ("player102" :player{age: 33, name: "LaMarcus Aldridge"}) |
+-----------------------------------------------------------+
```

匹配多个模式

用户可以用英文逗号（,）分隔多个模式。

```
nebula> MATCH (v1:player{name:"Tim Duncan"}), (v2:team{name:"Spurs"}) \
        RETURN v1,v2;
+-------------------------------------------------+--------------------------------+
| v1                                              | v2                             |
+-------------------------------------------------+--------------------------------+
| ("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"}) | ("team204" :team{name: "Spurs"}) |
+-------------------------------------------------+--------------------------------+
```

多MATCH检索

不同的模式有不同的筛选条件时，可以使用多 `MATCH`，会返回模式完全匹配的行。

```
nebula> MATCH (m)-[]->(n) WHERE id(m)=="player100" \
        MATCH (n)-[]->(l) WHERE id(n)=="player125" \
        RETURN id(m),id(n),id(l);
+------------+------------+------------+
| id(m)      | id(n)      | id(l)      |
+------------+------------+------------+
| "player100" | "player125" | "team204"   |
| "player100" | "player125" | "player100" |
+------------+------------+------------+
```

OPTIONAL MATCH检索

参见OPTIONAL MATCH。

> **Performance**

Nebula Graph 3.2.0 中 `MATCH` 语句的性能和资源占用得到了优化.但对性能要求较高时，仍建议使用 `GO`，`LOOKUP`，`|` 和 `FETCH` 等来替代 `MATCH`。

最后更新: June 30, 2022

2022 vesoft Inc.

4.6.2 OPTIONAL MATCH

`OPTIONAL MATCH` 通常与 `MATCH` 语句一起使用，作为 `MATCH` 语句的可选项去匹配命中的模式，如果没有命中对应的模式，对应的列返回 `NULL`。

openCypher 兼容性

本文操作仅适用于 nGQL 中的 openCypher 方式。

示例

`MATCH` 语句中使用 `OPTIONAL MATCH` 的示例如下：

```
nebula> MATCH (m)-[]->(n) WHERE id(m)=="player100" \
        OPTIONAL MATCH (n)-[]->(l) WHERE id(n)=="player125" \
        RETURN id(m),id(n),id(l);
+-------------+-------------+-------------+
| id(m)       | id(n)       | id(l)       |
+-------------+-------------+-------------+
| "player100" | "team204"   | __NULL__    |
| "player100" | "player101" | __NULL__    |
| "player100" | "player125" | "team204"   |
| "player100" | "player125" | "player100" |
+-------------+-------------+-------------+
```

而使用多 `MATCH`，不使用 `OPTIONAL MATCH` 时，会返回模式完全匹配的行。示例如下：

```
nebula> MATCH (m)-[]->(n) WHERE id(m)=="player100" \
        MATCH (n)-[]->(l) WHERE id(n)=="player125" \
        RETURN id(m),id(n),id(l);
+-------------+-------------+-------------+
| id(m)       | id(n)       | id(l)       |
+-------------+-------------+-------------+
| "player100" | "player125" | "team204"   |
| "player100" | "player125" | "player100" |
+-------------+-------------+-------------+
```

最后更新: March 7, 2022

2022 vesoft Inc.

4.6.3 LOOKUP

`LOOKUP` 根据索引遍历数据。用户可以使用 `LOOKUP` 实现如下功能：

- 根据 `WHERE` 子句搜索特定数据。
- 通过 Tag 列出点：检索指定 Tag 的所有点 ID。
- 通过 Edge type 列出边：检索指定 Edge type 的所有边的起始点、目的点和 rank。
- 统计包含指定 Tag 的点或属于指定 Edge type 的边的数量。

OpenCypher 兼容性

本文操作仅适用于原生 nGQL。

注意事项

- 索引会导致写性能大幅降低（降低 90%甚至更多）。请不要随意在生产环境中使用索引，除非很清楚使用索引对业务的影响。
- 通过Explain命令查看选择的索引。

> **版本兼容性**
>
> 在 2.5.0 版本之前，如果用 `LOOKUP` 语句基于指定属性查询时该属性没有索引，系统将报错，而不会使用其它索引。

前提条件

请确保 `LOOKUP` 语句有至少一个索引可用。

如果已经存在相关的点、边或属性，必须在新创建索引后重建索引，才能使其生效。

语法

```
LOOKUP ON {<vertex_tag> | <edge_type>}
[WHERE <expression> [AND <expression> ...]]
YIELD <return_list> [AS <alias>];

<return_list>
    <prop_name> [AS <col_alias>] [, <prop_name> [AS <prop_alias>] ...];
```

- `WHERE <expression>` ：指定遍历的过滤条件，还可以结合布尔运算符 AND 和 OR 一起使用。详情请参见 WHERE。
- `YIELD` ：定义需要返回的输出。详情请参见 `YIELD`。
- `AS` ：设置别名。

2022 vesoft Inc.

WHERE 语句限制

在 `LOOKUP` 语句中使用 `WHERE` 子句，不支持如下操作：

- `$-` 和 `$^` 。
- 在关系表达式中，不支持运算符两边都有字段名，例如 `tagName.prop1 > tagName.prop2` 。
- 不支持运算表达式和函数表达式中嵌套 AliasProp 表达式。
- 不支持 XOR 运算符。
- 不支持除 `STARTS WITH` 之外的字符串操作。
- 不支持图模式

检索点

返回 Tag 为 `player` 且 `name` 为 `Tony Parker` 的点。

```
nebula> CREATE TAG INDEX IF NOT EXISTS index_player ON player(name(30), age);

nebula> REBUILD TAG INDEX index_player;
+------------+
| New Job Id |
+------------+
| 15         |
+------------+

nebula> LOOKUP ON player \
        WHERE player.name == "Tony Parker" \
        YIELD id(vertex);
+---------------+
| id(VERTEX)    |
+---------------+
| "player101"   |
+---------------+

nebula> LOOKUP ON player \
        WHERE player.name == "Tony Parker" \
        YIELD properties(vertex).name AS name, properties(vertex).age AS age;
+---------------+-----+
| name          | age |
+---------------+-----+
| "Tony Parker" | 36  |
+---------------+-----+

nebula> LOOKUP ON player \
        WHERE player.age  > 45 \
        YIELD id(vertex);
+-------------+
| id(VERTEX)  |
+-------------+
| "player144" |
| "player140" |
+-------------+

nebula> LOOKUP ON player \
        WHERE player.name STARTS WITH "B" \
        AND player.age IN [22,30] \
        YIELD properties(vertex).name, properties(vertex).age;
+-------------------------+------------------------+
| properties(VERTEX).name | properties(VERTEX).age |
+-------------------------+------------------------+
| "Ben Simmons"           | 22                     |
| "Blake Griffin"         | 30                     |
+-------------------------+------------------------+

nebula> LOOKUP ON player \
        WHERE player.name == "Kobe Bryant"\
        YIELD id(vertex) AS VertexID, properties(vertex).name AS name |\
        GO FROM $-.VertexID OVER serve \
        YIELD $-.name, properties(edge).start_year, properties(edge).end_year, properties($$).name;
+---------------+----------------------------+--------------------------+---------------------+
| $-.name       | properties(EDGE).start_year | properties(EDGE).end_year | properties($$).name |
+---------------+----------------------------+--------------------------+---------------------+
| "Kobe Bryant" | 1996                       | 2016                     | "Lakers"            |
+---------------+----------------------------+--------------------------+---------------------+
```

检索边

返回 Edge type 为 `follow` 且 `degree` 为 `90` 的边。

2022 vesoft Inc.

```
nebula> CREATE EDGE INDEX IF NOT EXISTS index_follow ON follow(degree);

nebula> REBUILD EDGE INDEX index_follow;
+------------+
| New Job Id |
+------------+
| 62         |
+------------+

nebula> LOOKUP ON follow \
        WHERE follow.degree == 90 YIELD edge AS e;
+--------------------------------------------------+
| e                                                |
+--------------------------------------------------+
| [:follow "player109"->"player125" @0 {degree: 90}] |
| [:follow "player118"->"player120" @0 {degree: 90}] |
| [:follow "player118"->"player131" @0 {degree: 90}] |
...

nebula> LOOKUP ON follow \
        WHERE follow.degree == 90 \
        YIELD properties(edge).degree;
+-------------------------+
| properties(EDGE).degree |
+-------------------------+
| 90                      |
| 90                      |
...

nebula> LOOKUP ON follow \
        WHERE follow.degree == 60 \
        YIELD dst(edge) AS DstVID, properties(edge).degree AS Degree |\
        GO FROM $-.DstVID OVER serve \
        YIELD $-.DstVID, properties(edge).start_year, properties(edge).end_year, properties($$).name;
+-------------+----------------------------+--------------------------+---------------------+
| $-.DstVID   | properties(EDGE).start_year | properties(EDGE).end_year | properties($$).name |
+-------------+----------------------------+--------------------------+---------------------+
| "player105" | 2010                       | 2018                     | "Spurs"             |
| "player105" | 2009                       | 2010                     | "Cavaliers"         |
| "player105" | 2018                       | 2019                     | "Raptors"           |
+-------------+----------------------------+--------------------------+---------------------+
```

通过 Tag 列出所有的对应的点/通过 Edge type 列出边

如果需要通过 Tag 列出所有的点，或通过 Edge type 列出边，则 Tag、Edge type 或属性上必须有至少一个索引。

2022 vesoft Inc.

例如一个 Tag `player` 有属性 `name` 和 `age`，为了遍历所有包含 Tag `player` 的点 ID，Tag `player`、属性 `name` 或属性 `age` 中必须有一个已经创建索引。

- 查找所有 Tag 为 `player` 的点 VID。

```
nebula> CREATE TAG IF NOT EXISTS player(name string,age int);

nebula> CREATE TAG INDEX IF NOT EXISTS player_index on player();

nebula> REBUILD TAG INDEX player_index;
+------------+
| New Job Id |
+------------+
| 66         |
+------------+

nebula> INSERT VERTEX player(name,age) \
        VALUES "player100":("Tim Duncan", 42), "player101":("Tony Parker", 36);

# 列出所有的 player。类似于 MATCH (n:player) RETURN id(n) /*, n */。

nebula> LOOKUP ON player YIELD id(vertex);
+-------------+
| id(VERTEX)  |
+-------------+
| "player100" |
| "player101" |
...
```

- 查找 Edge type 为 `follow` 的所有边的信息。

```
nebula> CREATE EDGE IF NOT EXISTS follow(degree int);

nebula> CREATE EDGE INDEX IF NOT EXISTS follow_index on follow();

nebula> REBUILD EDGE INDEX follow_index;
+------------+
| New Job Id |
+------------+
| 88         |
+------------+

nebula> INSERT EDGE follow(degree) \
        VALUES "player100"->"player101":(95);

# 列出所有的 follow 边。类似于 MATCH (s)-[e:follow]->(d) RETURN id(s), rank(e), id(d) /*, type(e) */。

nebula)> LOOKUP ON follow YIELD edge AS e;
+-----------------------------------------------------+
| e                                                   |
+-----------------------------------------------------+
| [:follow "player105"->"player100" @0 {degree: 70}]  |
| [:follow "player105"->"player116" @0 {degree: 80}]  |
| [:follow "player109"->"player100" @0 {degree: 80}]  |
...
```

统计点或边

统计 Tag 为 `player` 的点和 Edge type 为 `follow` 的边。

```
nebula> LOOKUP ON player YIELD id(vertex)|\
        YIELD COUNT(*) AS Player_Number;
+---------------+
| Player_Number |
+---------------+
| 51            |
+---------------+

nebula> LOOKUP ON follow YIELD edge AS e| \
        YIELD COUNT(*) AS Follow_Number;
+---------------+
| Follow_Number |
+---------------+
| 81            |
+---------------+
```

Note

使用 `SHOW STATS` 命令也可以统计点和边。

2022 vesoft Inc.

最后更新: May 13, 2022

2022 vesoft Inc.

4.6.4 GO

`GO` 从给定起始点开始遍历图。 `GO` 语句采用的路径类型是 `walk`，即遍历时点和边都可以重复。

openCypher 兼容性

本文操作仅适用于原生 nGQL。

语法

```
GO [[<M> TO] <N> STEPS ] FROM <vertex_list>
OVER <edge_type_list> [{REVERSELY | BIDIRECT}]
[ WHERE <conditions> ]
YIELD [DISTINCT] <return_list>
[{ SAMPLE <sample_list> | <limit_by_list_clause> }]
[| GROUP BY {<col_name> | expression> | <position>} YIELD <col_name>]
[| ORDER BY <expression> [{ASC | DESC}]]
[| LIMIT [<offset>,] <number_rows>];

<vertex_list> ::=
    <vid> [, <vid> ...]

<edge_type_list> ::=
   <edge_type> [, <edge_type> ...]
   | *
```


2022 vesoft Inc.

```
<return_list> ::=
    <col_name> [AS <col_alias>] [, <col_name> [AS <col_alias>] ...]
```

- `<N> STEPS` ：指定跳数。如果没有指定跳数，默认值 `N` 为 `1` 。如果 `N` 为 `0` ，Nebula Graph 不会检索任何边。
- `M TO N STEPS` ：遍历 `M~N` 跳的边。如果 `M` 为 `0` ，输出结果和 `M` 为 `1` 相同，即 `GO 0 TO 2` 和 `GO 1 TO 2` 是相同的。
- `<vertex_list>` ：用逗号分隔的点 ID 列表，或特殊的引用符 `$-.id` 。详情参见管道符。
- `<edge_type_list>` ：遍历的 Edge type 列表。
- `REVERSELY | BIDIRECT` ：默认情况下检索的是 `<vertex_list>` 的出边（正向）， `REVERSELY` 表示反向，即检索入边； `BIDIRECT` 为双向，即检索正向和反向，通过返回 `<edge_type>._type` 字段判断方向，其正数为正向，负数为反向。
- `WHERE <conditions>` ：指定遍历的过滤条件。用户可以在起始点、目的点和边使用 `WHERE` 子句，还可以结合 `AND` 、 `OR` 、 `NOT` 、 `XOR` 一起使用。详情参见 WHERE。

  Note

  遍历多个 Edge type 时， `WHERE` 子句有一些限制。例如不支持 `WHERE edge1.prop1 > edge2.prop2` 。

- `YIELD [DISTINCT] <return_list>` ：定义需要返回的输出。 `<return_list>` 建议使用 Schema 函数，当前支持 `src(edge)` 、 `dst(edge)` 、 `type(edge)` 等，暂不支持嵌套函数。详情参见 YIELD。
- `SAMPLE <sample_list>` ：用于在结果集中取样。详情参见 SAMPLE。
- `<limit_by_list_clause>` ：用于在遍历过程中逐步限制输出数量。详情参见 LIMIT。
- `GROUP BY` ：根据指定属性的值将输出分组。详情参见 GROUP BY。分组后需要再次使用 `YIELD` 定义需要返回的输出。
- `ORDER BY` ：指定输出结果的排序规则。详情参见 ORDER BY。

  Note

  没有指定排序规则时，输出结果的顺序不是固定的。

- `LIMIT [<offset>,] <number_rows>]` ：限制输出结果的行数。详情参见 LIMIT。

示例

```
# 返回 player102 所属队伍。
nebula> GO FROM "player102" OVER serve YIELD dst(edge);
+-----------+
| dst(EDGE) |
+-----------+
| "team203" |
| "team204" |
+-----------+
```

```
# 返回距离 player102 两跳的朋友。
nebula> GO 2 STEPS FROM "player102" OVER follow YIELD dst(edge);
+-------------+
| dst(EDGE)   |
+-------------+
| "player101" |
| "player125" |
| "player100" |
| "player102" |
| "player125" |
+-------------+
```

```
# 添加过滤条件。
nebula> GO FROM "player100", "player102" OVER serve \
        WHERE properties(edge).start_year > 1995 \
        YIELD DISTINCT properties($$).name AS team_name, properties(edge).start_year AS start_year, properties($^).name AS player_name;
```


2022 vesoft Inc.

```
+----------------+------------+--------------------+
| team_name      | start_year | player_name        |
+----------------+------------+--------------------+
| "Spurs"        | 1997       | "Tim Duncan"       |
| "Trail Blazers" | 2006       | "LaMarcus Aldridge" |
| "Spurs"        | 2015       | "LaMarcus Aldridge" |
+----------------+------------+--------------------+
```

```
# 遍历多个 Edge type。属性没有值时，会显示 UNKNOWN_PROP。
nebula> GO FROM "player100" OVER follow, serve \
        YIELD properties(edge).degree, properties(edge).start_year;
+------------------------+----------------------------+
| properties(EDGE).degree | properties(EDGE).start_year |
+------------------------+----------------------------+
| 95                     | UNKNOWN_PROP               |
| 95                     | UNKNOWN_PROP               |
| UNKNOWN_PROP           | 1997                       |
+------------------------+----------------------------+
```

```
# 返回 player100 入方向的邻居点。
nebula> GO FROM "player100" OVER follow REVERSELY \
        YIELD src(edge) AS destination;
+------------+
| destination |
+------------+
| "player101" |
| "player102" |
...

# 该 MATCH 查询与上一个 GO 查询具有相同的语义。
nebula> MATCH (v)<-[e:follow]- (v2) WHERE id(v) == 'player100' \
        RETURN id(v2) AS destination;
+------------+
| destination |
+------------+
| "player101" |
| "player102" |
...
```

```
# 查询 player100 的朋友和朋友所属队伍。
nebula> GO FROM "player100" OVER follow REVERSELY \
        YIELD src(edge) AS id | \
        GO FROM $-.id OVER serve \
        WHERE properties($^).age > 20 \
        YIELD properties($^).name AS FriendOf, properties($$).name AS Team;
+--------------------+----------------+
| FriendOf           | Team           |
+--------------------+----------------+
| "Boris Diaw"       | "Spurs"        |
| "Boris Diaw"       | "Jazz"         |
| "Boris Diaw"       | "Suns"         |
...

# 该 MATCH 查询与上一个 GO 查询具有相同的语义。
nebula> MATCH (v)<-[e:follow]- (v2)-[e2:serve]->(v3)  \
        WHERE id(v) == 'player100' \
        RETURN v2.player.name AS FriendOf, v3.team.name AS Team;
+--------------------+----------------+
| FriendOf           | Team           |
+--------------------+----------------+
| "Boris Diaw"       | "Spurs"        |
| "Boris Diaw"       | "Jazz"         |
| "Boris Diaw"       | "Suns"         |
...
```

```
# 查询 player100 1~2 跳内的朋友。
nebula> GO 1 TO 2 STEPS FROM "player100" OVER follow \
        YIELD dst(edge) AS destination;
+------------+
| destination |
+------------+
| "player101" |
| "player125" |
...

# 该 MATCH 查询与上一个 GO 查询具有相同的语义。
nebula> MATCH (v) -[e:follow*1..2]->(v2) \
        WHERE id(v) == "player100" \
        RETURN id(v2) AS destination;
+------------+
| destination |
+------------+
| "player100" |
| "player102" |
...
```

```
# 根据年龄分组。
nebula> GO 2 STEPS FROM "player100" OVER follow \
        YIELD src(edge) AS src, dst(edge) AS dst, properties($$).age AS age \
```


2022 vesoft Inc.

```
        | GROUP BY $-.dst \
        YIELD $-.dst AS dst, collect_set($-.src) AS src, collect($-.age) AS age;
+-------------+----------------------------+----------+
| dst         | src                        | age      |
+-------------+----------------------------+----------+
| "player125" | ["player101"]              | [41]     |
| "player100" | ["player125", "player101"] | [42, 42] |
| "player102" | ["player101"]              | [33]     |
+-------------+----------------------------+----------+
```

```
# 分组并限制输出结果的行数。
nebula> $a = GO FROM "player100" OVER follow YIELD src(edge) AS src, dst(edge) AS dst; \
        GO 2 STEPS FROM $a.dst OVER follow \
        YIELD $a.src AS src, $a.dst, src(edge), dst(edge) \
        | ORDER BY $-.src | OFFSET 1 LIMIT 2;
+-------------+-------------+-------------+-------------+
| src         | $a.dst      | src(EDGE)   | dst(EDGE)   |
+-------------+-------------+-------------+-------------+
| "player100" | "player125" | "player100" | "player101" |
| "player100" | "player101" | "player100" | "player125" |
+-------------+-------------+-------------+-------------+
```

```
# 在多个边上通过 IS NOT EMPTY 进行判断。
nebula> GO FROM "player100" OVER follow WHERE properties($$).name IS NOT EMPTY YIELD dst(edge);
+-------------+
| dst(EDGE)   |
+-------------+
| "player125" |
| "player101" |
+-------------+
```

最后更新: March 7, 2022

2022 vesoft Inc.

4.6.5 FETCH

`FETCH` 可以获取指定点或边的属性值。

openCypher 兼容性

本文操作仅适用于原生 nGQL。

获取点的属性值

语法

```
FETCH PROP ON {<tag_name>[, tag_name ...] | *}
<vid> [, vid ...]
YIELD <return_list> [AS <alias>];
```

参数	说明
`tag_name`	Tag 名称。
`*`	表示当前图空间中的所有 Tag。
`vid`	点 ID。
`YIELD`	定义需要返回的输出。详情请参见 `YIELD`。
`AS`	设置别名。

基于 TAG 获取点的属性值

在 `FETCH` 语句中指定 Tag 获取对应点的属性值。

```
nebula> FETCH PROP ON player "player100" YIELD properties(vertex);
+------------------------------+
| properties(VERTEX)           |
+------------------------------+
| {age: 42, name: "Tim Duncan"} |
+------------------------------+
```

获取点的指定属性值

使用 `YIELD` 子句指定返回的属性。

```
nebula> FETCH PROP ON player "player100" \
        YIELD properties(vertex).name AS name;
+--------------+
| name         |
+--------------+
| "Tim Duncan" |
+--------------+
```

获取多个点的属性值

指定多个点 ID 获取多个点的属性值，点之间用英文逗号（,）分隔。

```
nebula> FETCH PROP ON player "player101", "player102", "player103" YIELD properties(vertex);
+--------------------------------------+
| properties(VERTEX)                   |
+--------------------------------------+
| {age: 33, name: "LaMarcus Aldridge"} |
| {age: 40, name: "Tony Parker"}       |
| {age: 32, name: "Rudy Gay"}          |
+--------------------------------------+
```

基于多个 TAG 获取点的属性值

在 `FETCH` 语句中指定多个 Tag 获取属性值。Tag 之间用英文逗号（,）分隔。

```
# 创建新 Tag t1。
nebula> CREATE TAG IF NOT EXISTS t1(a string, b int);
```


2022 vesoft Inc.

```
# 为点 player100 添加 Tag t1。
nebula> INSERT VERTEX t1(a, b) VALUES "player100":("Hello", 100);

# 基于 Tag player 和 t1 获取点 player100 上的属性值。
nebula> FETCH PROP ON player, t1 "player100" YIELD vertex AS v;
+------------------------------------------------------------------------+
| v                                                                      |
+------------------------------------------------------------------------+
| ("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"} :t1{a: "Hello", b: 100}) |
+------------------------------------------------------------------------+
```

用户可以在 `FETCH` 语句中组合多个 Tag 和多个点。

```
nebula> FETCH PROP ON player, t1 "player100", "player103" YIELD vertex AS v;
+------------------------------------------------------------------------+
| v                                                                      |
+------------------------------------------------------------------------+
| ("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"} :t1{a: "Hello", b: 100}) |
| ("player103" :player{age: 32, name: "Rudy Gay"})                       |
+------------------------------------------------------------------------+
```

在所有标签中获取点的属性值

在 `FETCH` 语句中使用 `*` 获取当前图空间所有标签里，点的属性值。

```
nebula> FETCH PROP ON * "player100", "player106", "team200" YIELD vertex AS v;
+------------------------------------------------------------------------+
| v                                                                      |
+------------------------------------------------------------------------+
| ("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"} :t1{a: "Hello", b: 100}) |
| ("player106" :player{age: 25, name: "Kyle Anderson"})                  |
| ("team200" :team{name: "Warriors"})                                    |
+------------------------------------------------------------------------+
```

获取边的属性值

语法

```
FETCH PROP ON <edge_type> <src_vid> -> <dst_vid>[@<rank>] [, <src_vid> -> <dst_vid> ...]
YIELD <output>;
```

参数	说明
`edge_type`	Edge type 名称。
`src_vid`	起始点 ID，表示边的起点。
`dst_vid`	目的点 ID，表示边的终点。
`rank`	边的 rank。可选参数，默认值为 `0`。起始点、目的点、Edge type 和 rank 可以唯一确定一条边。
`YIELD`	定义需要返回的输出。详情请参见 `YIELD`。

获取边的所有属性值

```
# 获取连接 player100 和 team204 的边 serve 的所有属性值。
nebula> FETCH PROP ON serve "player100" -> "team204" YIELD properties(edge);
+------------------------------------+
| properties(EDGE)                   |
+------------------------------------+
| {end_year: 2016, start_year: 1997} |
+------------------------------------+
```

获取边的指定属性值

使用 `YIELD` 子句指定返回的属性。

```
nebula> FETCH PROP ON serve "player100" -> "team204"    \
        YIELD properties(edge).start_year;
+----------------------------+
| properties(EDGE).start_year |
+----------------------------+
| 1997                       |
+----------------------------+
```


2022 vesoft Inc.

获取多条边的属性值

指定多个边模式（`<src_vid> -> <dst_vid>[@<rank>]`）获取多个边的属性值。模式之间用英文逗号（,）分隔。

```
nebula> FETCH PROP ON serve "player100" -> "team204", "player133" -> "team202" YIELD edge AS e;
+----------------------------------------------------------------------+
| e                                                                    |
+----------------------------------------------------------------------+
| [:serve "player100"->"team204" @0 {end_year: 2016, start_year: 1997}] |
| [:serve "player133"->"team202" @0 {end_year: 2011, start_year: 2002}] |
+----------------------------------------------------------------------+
```

基于 RANK 获取属性值

如果有多条边，起始点、目的点和 Edge type 都相同，可以通过指定 rank 获取正确的边属性值。

```
# 插入不同属性值、不同 rank 的边。
nebula> insert edge serve(start_year,end_year) \
        values "player100"->"team204"@1:(1998, 2017);

nebula> insert edge serve(start_year,end_year) \
        values "player100"->"team204"@2:(1990, 2018);

# 默认返回 rank 为 0 的边。
nebula> FETCH PROP ON serve "player100" -> "team204" YIELD edge AS e;
+----------------------------------------------------------------------+
| e                                                                    |
+----------------------------------------------------------------------+
| [:serve "player100"->"team204" @0 {end_year: 2016, start_year: 1997}] |
+----------------------------------------------------------------------+

# 要获取 rank 不为 0 的边，请在 FETCH 语句中设置 rank。
nebula> FETCH PROP ON serve "player100" -> "team204"@1 YIELD edge AS e;
+----------------------------------------------------------------------+
| e                                                                    |
+----------------------------------------------------------------------+
| [:serve "player100"->"team204" @1 {end_year: 2017, start_year: 1998}] |
+----------------------------------------------------------------------+
```

复合语句中使用 FETCH

将 `FETCH` 与原生 nGQL 结合使用是一种常见的方式，例如和 `GO` 一起。

```
# 返回从点 player101 开始的 follow 边的 degree 值。
nebula> GO FROM "player101" OVER follow \
        YIELD src(edge) AS s, dst(edge) AS d \
        | FETCH PROP ON follow $-.s -> $-.d \
        YIELD properties(edge).degree;
+-------------------------+
| properties(EDGE).degree |
+-------------------------+
| 95                      |
| 90                      |
| 95                      |
+-------------------------+
```

用户也可以通过自定义变量构建类似的查询。

```
nebula> $var = GO FROM "player101" OVER follow \
        YIELD src(edge) AS s, dst(edge) AS d; \
        FETCH PROP ON follow $var.s -> $var.d \
        YIELD properties(edge).degree;
+-------------------------+
| properties(EDGE).degree |
+-------------------------+
| 95                      |
| 90                      |
| 95                      |
+-------------------------+
```

更多复合语句的详情，请参见复合查询（子句结构）。

最后更新: December 8, 2021

2022 vesoft Inc.

4.6.6 SHOW

SHOW CHARSET

`SHOW CHARSET` 语句显示当前的字符集。

目前可用的字符集为 `utf8` 和 `utf8mb4` 。默认字符集为 `utf8` 。Nebula Graph 扩展 `uft8` 支持四字节字符，因此 `utf8` 和 `utf8mb4` 是等价的。

语法

```
SHOW CHARSET;
```

示例

```
nebula> SHOW CHARSET;
+---------+-----------------+-------------------+--------+
| Charset | Description     | Default collation | Maxlen |
+---------+-----------------+-------------------+--------+
| "utf8"  | "UTF-8 Unicode" | "utf8_bin"        | 4      |
+---------+-----------------+-------------------+--------+
```

参数	说明
`Charset`	字符集名称。
`Description`	字符集说明。
`Default collation`	默认排序规则。
`Maxlen`	存储一个字符所需的最大字节数。

最后更新: November 25, 2021

2022 vesoft Inc.

SHOW COLLATION

`SHOW COLLATION` 语句显示当前的排序规则。

目前可用的排序规则为 `utf8_bin` 、 `utf8_general_ci` 、 `utf8mb4_bin` 和 `utf8mb4_general_ci` 。

- 当字符集为 `utf8` ，默认排序规则为 `utf8_bin` 。
- 当字符集为 `utf8mb4` ，默认排序规则为 `utf8mb4_bin` 。
- `utf8_general_ci` 和 `utf8mb4_general_ci` 不区分大小写。

语法

```
SHOW COLLATION;
```

示例

```
nebula> SHOW COLLATION;
+------------+---------+
| Collation  | Charset |
+------------+---------+
| "utf8_bin" | "utf8"  |
+------------+---------+
```

参数	说明
`Collation`	排序规则名称。
`Charset`	与排序规则关联的字符集名称。

最后更新: July 27, 2021

2022 vesoft Inc.

SHOW CREATE SPACE

`SHOW CREATE SPACE` 语句显示指定图空间的创建语句。

图空间的更多详细信息，请参见 CREATE SPACE。

语法

```
SHOW CREATE SPACE <space_name>;
```

示例

```
nebula> SHOW CREATE SPACE basketballplayer;
+--------------------
+-----------------------
```

SHOW CREATE TAG/EDGE

`SHOW CREATE TAG` 语句显示指定 Tag 的基本信息。Tag 的更多详细信息，请参见 CREATE TAG。

`SHOW CREATE EDGE` 语句显示指定 Edge type 的基本信息。Edge type 的更多详细信息，请参见 CREATE EDGE。

语法

```
SHOW CREATE {TAG <tag_name> | EDGE <edge_name>};
```

示例

```
nebula> SHOW CREATE TAG player;
+----------+----------------------------------+
| Tag      | Create Tag                       |
+----------+----------------------------------+
| "player" | "CREATE TAG `player` (           |
|          |  `name` string NULL,             |
|          |  `age` int64 NULL                |
|          | ) ttl_duration = 0, ttl_col = """ |
+----------+----------------------------------+

nebula> SHOW CREATE EDGE follow;
+----------+----------------------------------+
| Edge     | Create Edge                      |
+----------+----------------------------------+
| "follow" | "CREATE EDGE `follow` (          |
|          |  `degree` int64 NULL             |
|          | ) ttl_duration = 0, ttl_col = """ |
+----------+----------------------------------+
```

最后更新: November 25, 2021

2022 vesoft Inc.

SHOW HOSTS

`SHOW HOSTS` 语句可以显示集群信息，包括端口、状态、leader、分片、版本等信息，或者指定显示 Graph、Storage、Meta 服务主机信息。

语法

```
SHOW HOSTS [GRAPH | STORAGE | META];
```

> **Note**
>
> 对于使用源码安装的 Nebula Graph，执行添加了服务名的命令后，输出的信息中不显示版本信息。

示例

```
nebula> SHOW HOSTS;
+-------------+------+-----------+----------+--------------+---------------------------------+------------------------------+---------+
| Host        | Port  | HTTP port | Status   | Leader count | Leader distribution             | Partition distribution       | Version |
+-------------+------+-----------+----------+--------------+---------------------------------+------------------------------+---------+
| "storaged0" | 9779  | 19669     | "ONLINE" | 8            | "docs:5, basketballplayer:3"    | "docs:5, basketballplayer:3" | "3.1.0" |
| "storaged1" | 9779  | 19669     | "ONLINE" | 9            | "basketballplayer:4, docs:5"    | "docs:5, basketballplayer:4" | "3.1.0" |
| "storaged2" | 9779  | 19669     | "ONLINE" | 8            | "basketballplayer:3, docs:5"    | "docs:5, basketballplayer:3" | "3.1.0" |
+-------------+------+-----------+----------+--------------+---------------------------------+------------------------------+---------+

nebula> SHOW HOSTS GRAPH;
+-----------+------+----------+---------+--------------+---------+
| Host      | Port | Status   | Role    | Git Info Sha | Version |
+-----------+------+----------+---------+--------------+---------+
| "graphd"  | 9669 | "ONLINE" | "GRAPH" | "3ba41bd"    | "3.1.0" |
| "graphd1" | 9669 | "ONLINE" | "GRAPH" | "3ba41bd"    | "3.1.0" |
| "graphd2" | 9669 | "ONLINE" | "GRAPH" | "3ba41bd"    | "3.1.0" |
+-----------+------+----------+---------+--------------+---------+

nebula> SHOW HOSTS STORAGE;
+-------------+------+----------+-----------+--------------+---------+
| Host        | Port | Status   | Role      | Git Info Sha | Version |
+-------------+------+----------+-----------+--------------+---------+
| "storaged0" | 9779 | "ONLINE" | "STORAGE" | "3ba41bd"    | "3.1.0" |
| "storaged1" | 9779 | "ONLINE" | "STORAGE" | "3ba41bd"    | "3.1.0" |
| "storaged2" | 9779 | "ONLINE" | "STORAGE" | "3ba41bd"    | "3.1.0" |
+-------------+------+----------+-----------+--------------+---------+

nebula> SHOW HOSTS META;
+----------+------+----------+--------+--------------+---------+
| Host     | Port | Status   | Role   | Git Info Sha | Version |
+----------+------+----------+--------+--------------+---------+
| "metad2" | 9559 | "ONLINE" | "META" | "3ba41bd"    | "3.1.0" |
| "metad0" | 9559 | "ONLINE" | "META" | "3ba41bd"    | "3.1.0" |
| "metad1" | 9559 | "ONLINE" | "META" | "3ba41bd"    | "3.1.0" |
+----------+------+----------+--------+--------------+---------+
```

最后更新: March 10, 2022

2022 vesoft Inc.

SHOW INDEX STATUS

`SHOW INDEX STATUS` 语句显示重建原生索引的作业状态，以便确定重建索引是否成功。

语法

```
SHOW {TAG | EDGE} INDEX STATUS;
```

示例

```
nebula> SHOW TAG INDEX STATUS;
+-----------------------------------+--------------+
| Name                              | Index Status |
+-----------------------------------+--------------+
| "date1_index"                     | "FINISHED"   |
| "basketballplayer_all_tag_indexes" | "FINISHED"   |
| "any_shape_geo_index"             | "FINISHED"   |
+-----------------------------------+--------------+

nebula> SHOW EDGE INDEX STATUS;
+---------------+--------------+
| Name          | Index Status |
+---------------+--------------+
| "follow_index" | "FINISHED"   |
+---------------+--------------+
```

相关文档

- 管理作业
- REBUILD NATIVE INDEX

最后更新: March 23, 2022

2022 vesoft Inc.

SHOW INDEXES

`SHOW INDEXES` 语句可以列出当前图空间内的所有 Tag 和 Edge type（包括属性）的索引。

语法

```
SHOW {TAG | EDGE} INDEXES;
```

示例

```
nebula> SHOW TAG INDEXES;
+------------------+--------------+-----------------+
| Index Name       | By Tag       | Columns         |
+------------------+--------------+-----------------+
| "fix"            | "fix_string" | ["p1"]          |
| "player_index_0" | "player"     | ["name"]        |
| "player_index_1" | "player"     | ["name", "age"] |
| "var"            | "var_string" | ["p1"]          |
+------------------+--------------+-----------------+

nebula> SHOW EDGE INDEXES;
+----------------+----------+---------+
| Index Name     | By Edge  | Columns |
+----------------+----------+---------+
| "follow_index" | "follow" | []      |
+----------------+----------+---------+
```

版本兼容性

Nebula Graph 2.0.1 中， `SHOW TAG/EDGE INDEXES` 语句仅返回 `Names` 。

最后更新: November 25, 2021

2022 vesoft Inc.

SHOW PARTS

`SHOW PARTS` 语句显示图空间中指定分片或所有分片的信息。

语法

```
SHOW PARTS [<part_id>];
```

示例

```
nebula> SHOW PARTS;
+--------------+--------------------+--------------------+-------+
| Partition ID | Leader             | Peers              | Losts |
+--------------+--------------------+--------------------+-------+
| 1            | "192.168.2.1:9779" | "192.168.2.1:9779" | ""    |
| 2            | "192.168.2.2:9779" | "192.168.2.2:9779" | ""    |
| 3            | "192.168.2.3:9779" | "192.168.2.3:9779" | ""    |
| 4            | "192.168.2.1:9779" | "192.168.2.1:9779" | ""    |
| 5            | "192.168.2.2:9779" | "192.168.2.2:9779" | ""    |
| 6            | "192.168.2.3:9779" | "192.168.2.3:9779" | ""    |
| 7            | "192.168.2.1:9779" | "192.168.2.1:9779" | ""    |
| 8            | "192.168.2.2:9779" | "192.168.2.2:9779" | ""    |
| 9            | "192.168.2.3:9779" | "192.168.2.3:9779" | ""    |
| 10           | "192.168.2.1:9779" | "192.168.2.1:9779" | ""    |
+--------------+--------------------+--------------------+-------+

nebula> SHOW PARTS 1;
+--------------+--------------------+--------------------+-------+
| Partition ID | Leader             | Peers              | Losts |
+--------------+--------------------+--------------------+-------+
| 1            | "192.168.2.1:9779" | "192.168.2.1:9779" | ""    |
+--------------+--------------------+--------------------+-------+
```

返回结果的说明如下：

参数	说明
`Partition ID`	存储分片的 ID
`Leader`	分片对应的 Raft leader 副本的信息，包括 IP 地址与服务端口
`Peers`	分片对应的所有副本（leader 与 follower）的信息，包括 IP 地址与服务端口
`Losts`	分片对应的处于离线状态的副本信息，包括 IP 地址和服务端口

最后更新: November 25, 2021

2022 vesoft Inc.

SHOW ROLES

`SHOW ROLES` 语句显示分配给用户的角色信息。

根据登录的用户角色，返回的结果也有所不同：

- 如果登录的用户角色是 `GOD`，或者有权访问该图空间的 `ADMIN`，则返回该图空间内除 `GOD` 之外的所有用户角色信息。
- 如果登录的用户角色是有权访问该图空间 `DBA`、 `USER` 或 `GUEST`，则返回自身的角色信息。
- 如果登录的用户角色没有权限访问该图空间，则返回权限错误。

关于角色的详情请参见内置角色权限。

语法

```
SHOW ROLES IN <space_name>;
```

示例

```
nebula> SHOW ROLES in basketballplayer;
+---------+-----------+
| Account | Role Type |
+---------+-----------+
| "user1" | "ADMIN"   |
+---------+-----------+
```

最后更新: April 13, 2021

2022 vesoft Inc.

SHOW SNAPSHOTS

`SHOW SNAPSHOTS` 语句显示所有快照信息。

快照的使用方式请参见管理快照。

角色要求

只有 `GOD` 角色的用户（即 `root` ）才能执行 `SHOW SNAPSHOTS` 语句。

语法

```
SHOW SNAPSHOTS;
```

示例

```
nebula> SHOW SNAPSHOTS;
+-------------------------------+---------+-------------------------------------------------------+
| Name                          | Status  | Hosts                                                 |
+-------------------------------+---------+-------------------------------------------------------+
| "SNAPSHOT_2020_12_16_11_13_55" | "VALID" | "storaged0:9779, storaged1:9779, storaged2:9779"    |
| "SNAPSHOT_2020_12_16_11_14_10" | "VALID" | "storaged0:9779, storaged1:9779, storaged2:9779"    |
+-------------------------------+---------+-------------------------------------------------------+
```

最后更新: March 23, 2022

2022 vesoft Inc.

SHOW SPACES

`SHOW SPACES` 语句显示现存的图空间。

如何创建图空间，请参见 CREATE SPACE。

语法

```
SHOW SPACES;
```

示例

```
nebula> SHOW SPACES;
+--------------------+
| Name               |
+--------------------+
| "docs"             |
| "basketballplayer"  |
+--------------------+
```

最后更新: November 25, 2021

2022 vesoft Inc.

SHOW STATS

`SHOW STATS` 语句显示最近 `STATS` 作业收集的图空间统计信息。

图空间统计信息包含：

- 点的总数
- 边的总数
- 每个 Tag 关联的点的总数
- 每个 Edge type 关联的边的总数

前提条件

在需要查看统计信息的图空间中执行 `SUBMIT JOB STATS` 。详情请参见 SUBMIT JOB STATS。

Caution

`SHOW STATS` 的结果取决于最后一次执行的 `SUBMIT JOB STATS` 。如果发生过新的写入或者更改，必须再次执行 `SUBMIT JOB STATS` ，否则统计数据有错误。

语法

```
SHOW STATS;
```

示例

```
# 选择图空间。
nebula> USE basketballplayer;

# 执行 SUBMIT JOB STATS。
nebula> SUBMIT JOB STATS;
+------------+
| New Job Id |
+------------+
| 98         |
+------------+

# 确认作业执行成功。
nebula> SHOW JOB 98;
+----------------+---------------+------------+----------------------------+----------------------------+-------------+
| Job Id(TaskId) | Command(Dest) | Status     | Start Time                 | Stop Time                  | Error Code  |
+----------------+---------------+------------+----------------------------+----------------------------+-------------+
| 98             | "STATS"       | "FINISHED" | 2021-11-01T09:33:21.000000 | 2021-11-01T09:33:21.000000 | "SUCCEEDED" |
| 0              | "storaged2"   | "FINISHED" | 2021-11-01T09:33:21.000000 | 2021-11-01T09:33:21.000000 | "SUCCEEDED" |
| 1              | "storaged0"   | "FINISHED" | 2021-11-01T09:33:21.000000 | 2021-11-01T09:33:21.000000 | "SUCCEEDED" |
| 2              | "storaged1"   | "FINISHED" | 2021-11-01T09:33:21.000000 | 2021-11-01T09:33:21.000000 | "SUCCEEDED" |
+----------------+---------------+------------+----------------------------+----------------------------+-------------+

# 显示图空间统计信息。
nebula> SHOW STATS;
+---------+------------+-------+
| Type    | Name       | Count |
+---------+------------+-------+
| "Tag"   | "player"   | 51    |
| "Tag"   | "team"     | 30    |
| "Edge"  | "follow"   | 81    |
| "Edge"  | "serve"    | 152   |
| "Space" | "vertices" | 81    |
| "Space" | "edges"    | 233   |
+---------+------------+-------+
```

最后更新: April 13, 2022

2022 vesoft Inc.

SHOW TAGS/EDGES

`SHOW TAGS` 语句显示当前图空间内的所有 Tag。

`SHOW EDGES` 语句显示当前图空间内的所有 Edge type。

语法

```
SHOW {TAGS | EDGES};
```

示例

```
nebula> SHOW TAGS;
+----------+
| Name     |
+----------+
| "player" |
| "star"   |
| "team"   |
+----------+

nebula> SHOW EDGES;
+----------+
| Name     |
+----------+
| "follow" |
| "serve"  |
+----------+
```

最后更新: November 25, 2021

2022 vesoft Inc.

SHOW USERS

`SHOW USERS` 语句显示用户信息。

角色要求

只有 `GOD` 角色的用户（即 `root` ）才能执行 `SHOW USERS` 语句。

语法

```
SHOW USERS;
```

示例

```
nebula> SHOW USERS;
+---------+-----------------+
| Account | IP Whitelist    |
+---------+-----------------+
| "root"  | ""              |
| "user1" | ""              |
| "user2" | "192.168.10.10" |
+---------+-----------------+
```

最后更新: March 16, 2022

2022 vesoft Inc.

SHOW SESSIONS

登录 Nebula Graph 数据库时，会创建对应会话，用户可以查询会话信息。

注意事项

- 执行 `exit` 退出登录时，客户端会调用 API `release`，释放会话并清除会话信息。如果没有正常退出，且没有在配置文件 nebula-graphd.conf 设置空闲会话超时时间（`session_idle_timeout_secs`），会话不会自动释放。对于未自动释放的会话，需要手动删除指定会话 (TODO: coding)。
- `SHOW SESSIONS` 查询所有 Graph 服务上的会话信息。
- `SHOW LOCAL SESSIONS` 从当前连接的 Graph 服务获取会话信息，不会查询其他 Graph 服务上的会话信息。
- `SHOW SESSION <Session_Id>` 查询指定 Session ID 的会话信息。

语法

```
SHOW [LOCAL] SESSIONS;
SHOW SESSION <Session_Id>;
```

示例

```
nebula> SHOW SESSIONS;
+------------------+----------+--------------------+----------------------------+----------------------------+------------------+----------+--------------------+
| SessionId        | UserName | SpaceName          | CreateTime                 | UpdateTime                 | GraphAddr        | Timezone | ClientIp           |
+------------------+----------+--------------------+----------------------------+----------------------------+------------------+----------+--------------------+
| 1651220858102296 | "root"   | "basketballplayer" | 2022-04-29T08:27:38.102296 | 2022-04-29T08:50:46.282921 | "127.0.0.1:9669" | 0        | "::ffff:127.0.0.1" |
| 1651199330300991 | "root"   | "basketballplayer" | 2022-04-29T02:28:50.300991 | 2022-04-29T08:16:28.339038 | "127.0.0.1:9669" | 0        | "::ffff:127.0.0.1" |
| 1651112899847744 | "root"   | "basketballplayer" | 2022-04-28T02:28:19.847744 | 2022-04-28T08:17:44.470210 | "127.0.0.1:9669" | 0        | "::ffff:127.0.0.1" |
| 1651041092662100 | "root"   | "basketballplayer" | 2022-04-27T06:31:32.662100 | 2022-04-27T07:01:25.200978 | "127.0.0.1:9669" | 0        | "::ffff:127.0.0.1" |
| 1650959429593975 | "root"   | "basketballplayer" | 2022-04-26T07:50:29.593975 | 2022-04-26T07:51:47.184810 | "127.0.0.1:9669" | 0        | "::ffff:127.0.0.1" |
| 1650958897679595 | "root"   | ""                 | 2022-04-26T07:41:37.679595 | 2022-04-26T07:41:37.683802 | "127.0.0.1:9669" | 0        | "::ffff:127.0.0.1" |
+------------------+----------+--------------------+----------------------------+----------------------------+------------------+----------+--------------------+

nebula> SHOW SESSION 1635254859271703;
+------------------+----------+--------------------+----------------------------+----------------------------+------------------+----------+--------------------+
| SessionId        | UserName | SpaceName          | CreateTime                 | UpdateTime                 | GraphAddr        | Timezone | ClientIp           |
+------------------+----------+--------------------+----------------------------+----------------------------+------------------+----------+--------------------+
| 1651220858102296 | "root"   | "basketballplayer" | 2022-04-29T08:27:38.102296 | 2022-04-29T08:50:54.254384 | "127.0.0.1:9669" | 0        | "::ffff:127.0.0.1" |
+------------------+----------+--------------------+----------------------------+----------------------------+------------------+----------+--------------------+
```

参数	说明
`SessionId`	会话 ID，唯一标识一个会话。
`UserName`	会话的登录用户名称。
`SpaceName`	用户当前所使用的图空间。刚登录时为空（`""`）。
`CreateTime`	会话的创建时间，即用户认证登录的时间。时区为配置文件中 `timezone_name` 指定的时区。
`UpdateTime`	用户有执行操作时，会更新此时间。时区为配置文件中 `timezone_name` 指定的时区。
`GraphAddr`	会话的 Graph 服务地址和端口。
`Timezone`	保留参数，暂无意义。
`ClientIp`	会话的客户端 IP 地址。

最后更新: May 13, 2022

2022 vesoft Inc.

SHOW QUERIES

`SHOW QUERIES` 语句可以查看当前 Session 中正在执行的查询请求信息。

> **Note**

如果需要终止查询，请参见终止查询。

注意事项

- `SHOW LOCAL QUERIES` 从本地缓存获取当前 Session 中查询的状态，几乎没有延迟。
- `SHOW QUERIES` 从 Meta 服务获取所有 Session 中的查询信息。这些信息会根据参数 `session_reclaim_interval_secs` 定义的周期同步到 Meta 服务，因此在客户端获取到的信息可能属于上个同步周期。

语法

```
SHOW [LOCAL] QUERIES;
```

示例

```
nebula> SHOW LOCAL QUERIES;
+------------------+-----------------+--------+----------------------+----------------------------+----------------+-----------+------------------------+
| SessionID        | ExecutionPlanID | User   | Host                 | StartTime                  | DurationInUSec | Status    | Query                  |
+------------------+-----------------+--------+----------------------+----------------------------+----------------+-----------+------------------------+
| 1625463842921750 | 46              | "root" | ""192.168.x.x":9669" | 2021-07-05T05:44:19.502903 | 0              | "RUNNING" | "SHOW LOCAL QUERIES;" |
+------------------+-----------------+--------+----------------------+----------------------------+----------------+-----------+------------------------+

nebula> SHOW QUERIES;
+------------------+-----------------+---------+----------------------+----------------------------+----------------+----------+-------------------------------------------------------------+
| SessionID        | ExecutionPlanID | User    | Host                 | StartTime                  | DurationInUSec | Status   | Query                                                       |
+------------------+-----------------+---------+----------------------+----------------------------+----------------+----------+-------------------------------------------------------------+
| 1625456037718757 | 54              | "user1" | ""192.168.x.x":9669" | 2021-07-05T05:51:08.691318 | 1504502        | "RUNNING" | "MATCH p=(v:player)-[*1..4]-(v2) RETURN v2 AS Friends;" |
+------------------+-----------------+---------+----------------------+----------------------------+----------------+----------+-------------------------------------------------------------+

# 返回耗时 TOP 10 的查询。
nebula> SHOW QUERIES | ORDER BY $-.DurationInUSec DESC | LIMIT 10;
+------------------+-----------------+---------+----------------------+----------------------------+----------------+----------+-------------------------------------------------------------+
| SessionID        | ExecutionPlanID | User    | Host                 | StartTime                  | DurationInUSec | Status   | Query                                                       |
+------------------+-----------------+---------+----------------------+----------------------------+----------------+----------+-------------------------------------------------------------+
| 1625471375320831 | 98              | "user2" | ""192.168.x.x":9669" | 2021-07-05T07:50:24.461779 | 2608176        | "RUNNING" | "MATCH (v:player)-[*1..4]-(v2) RETURN v2 AS Friends;" |
| 1625456037718757 | 99              | "user1" | ""192.168.x.x":9669" | 2021-07-05T07:50:24.910616 | 2159333        | "RUNNING" | "MATCH (v:player)-[*1..4]-(v2) RETURN v2 AS Friends;" |
+------------------+-----------------+---------+----------------------+----------------------------+----------------+----------+-------------------------------------------------------------+
```

参数说明如下。

参数	说明
`SessionID`	会话 ID。
`ExecutionPlanID`	执行计划 ID。
`User`	执行查询的用户名。
`Host`	用户连接的服务器地址和端口。
`StartTime`	执行查询的开始时间。
`DurationInUSec`	执行查询的持续时长。单位：微秒。
`Status`	查询的当前状态。
`Query`	查询语句。

最后更新: May 13, 2022

2022 vesoft Inc.

SHOW META LEADER

`SHOW META LEADER` 语句显示当前 Meta 集群的 leader 信息。

关于 Meta 服务的详细说明请参见 Meta 服务。

语法

```
SHOW META LEADER;
```

示例

```
nebula> SHOW META LEADER;
+-----------------+--------------------------+
| Meta Leader     | secs from last heart beat |
+-----------------+--------------------------+
| "127.0.0.1:9559" | 3                        |
+-----------------+--------------------------+
```

参数	说明
`Meta Leader`	Meta 集群的 leader 信息，包括 leader 所在服务器的 IP 地址和端口。
`secs from last heart beat`	距离上次心跳的时间间隔。单位：秒。

最后更新: November 25, 2021

2022 vesoft Inc.

4.7 子句和选项

4.7.1 GROUP BY

`GROUP BY` 子句可以用于聚合数据。

openCypher 兼容性

本文操作仅适用于原生 nGQL。

用户也可以使用 openCypher 方式的 count() 函数聚合数据。

```
nebula>  MATCH (v:player)<-[:follow]-(:player) RETURN v.player.name AS Name, count(*) as cnt ORDER BY cnt DESC;
+---------------------+-----+
| Name                | cnt |
+---------------------+-----+
| "Tim Duncan"        | 10  |
| "LeBron James"      | 6   |
| "Tony Parker"       | 5   |
| "Chris Paul"        | 4   |
| "Manu Ginobili"     | 4   |
+---------------------+-----+
...
```

语法

`GROUP BY` 子句可以聚合相同值的行，然后进行计数、排序和计算等操作。

`GROUP BY` 子句可以在管道符（|）之后和 `YIELD` 子句之前使用。

```
| GROUP BY <var> YIELD <var>, <aggregation_function(var)>
```

`aggregation_function()` 函数支持 `avg()`、`sum()`、`max()`、`min()`、`count()`、`collect()`、`std()`。

示例

```
# 查找所有连接到 player100 的点，并根据他们的姓名进行分组，返回姓名的出现次数。
nebula> GO FROM "player100" OVER follow BIDIRECT \
        YIELD properties($$).name as Name \
        | GROUP BY $-.Name \
        YIELD $-.Name as Player, count(*) AS Name_Count;
+--------------------+------------+
| Player             | Name_Count |
+--------------------+------------+
| "Shaquille O'Neal" | 1          |
| "Tiago Splitter"   | 1          |
| "Manu Ginobili"    | 2          |
| "Boris Diaw"       | 1          |
| "LaMarcus Aldridge" | 1          |
| "Tony Parker"      | 2          |
| "Marco Belinelli"  | 1          |
| "Dejounte Murray"  | 1          |
| "Danny Green"      | 1          |
| "Aron Baynes"      | 1          |
+--------------------+------------+
```

用函数进行分组和计算

```
# 查找所有连接到 player100 的点，并根据起始点进行分组，返回 degree 的总和。
nebula> GO FROM "player100" OVER follow \
        YIELD src(edge) AS player, properties(edge).degree AS degree \
        | GROUP BY $-.player \
        YIELD sum($-.degree);
+---------------+
| sum($-.degree) |
+---------------+
| 190           |
+---------------+
```

`sum()` 函数详情请参见内置数学函数。

2022 vesoft Inc.

最后更新: June 10, 2022

2022 vesoft Inc.

4.7.2 LIMIT

`LIMIT` 子句限制输出结果的行数。 `LIMIT` 在原生 nGQL 语句和 openCypher 兼容语句中的用法有所不同。

- 在原生 nGQL 语句中，一般需要在 `LIMIT` 子句前使用管道符，可以直接在 LIMIT 语句后设置或者省略偏移量参数。
- 在 openCypher 兼容语句中，不允许在 `LIMIT` 子句前使用管道符，可以使用 `SKIP` 指明偏移量。

> **Note**
>
> 在原生 nGQL 或 openCypher 方式中使用 `LIMIT` 时，使用 `ORDER BY` 子句限制输出顺序非常重要，否则会输出一个不可预知的子集。

原生 nGQL 语句中的 LIMIT

在原生 nGQL 中， `LIMIT` 有通用语法和 `GO` 语句中的专属语法。

原生 NGQL 中的通用 LIMIT 语法

原生 nGQL 中的通用 `LIMIT` 语法与 `SQL` 中的 `LIMIT` 原理相同。 `LIMIT` 子句接收一个或两个参数，参数的值必须是非负整数，且必须用在管道符之后。语法和说明如下：

```
... | LIMIT [<offset>,] <number_rows>;
```

参数	说明
`offset`	偏移量，即定义从哪一行开始返回。索引从 `0` 开始。默认值为 `0`，表示从第一行开始返回。
`number_rows`	返回的总行数。

示例：

```
# 从结果中返回最前面的 3 行数据。
nebula> LOOKUP ON player YIELD id(vertex)|\
        LIMIT 3;
+-------------+
| id(VERTEX)  |
+-------------+
| "player100" |
| "player101" |
| "player102" |
+-------------+

# 从排序后结果中返回第 2 行开始的 3 行数据。
nebula> GO FROM "player100" OVER follow REVERSELY \
        YIELD properties($$).name AS Friend, properties($$).age AS Age \
        | ORDER BY $-.Age, $-.Friend \
        | LIMIT 1, 3;
+-------------------+-----+
| Friend            | Age |
+-------------------+-----+
| "Danny Green"     | 31  |
| "Aron Baynes"     | 32  |
| "Marco Belinelli" | 32  |
+-------------------+-----+
```

GO 语句中的 LIMIT

`GO` 语句中的 `LIMIT` 除了支持原生 nGQL 中的通用语法外，还支持根据边限制输出结果数量。

语法：

```
<go_statement> LIMIT <limit_list>;
```


2022 vesoft Inc.

`limit_list` 是一个列表，列表中的元素必须为自然数，且元素数量必须与 `GO` 语句中的 `STEPS` 的最大数相同。下文以 `GO 1 TO 3 STEPS FROM "A" OVER * LIMIT <limit_list>` 为例详细介绍 `LIMIT` 的这种用法。

- 列表 `limit_list` 必须包含 3 个自然数元素，例如 `GO 1 TO 3 STEPS FROM "A" OVER * LIMIT [1,2,4]` 。
- `LIMIT [1,2,4]` 中的 `1` 表示系统在第一步时自动选择 1 条边继续遍历， `2` 表示在第二步时选择 2 条边继续遍历， `4` 表示在第三步时选择 4 条边继续遍历。
- 因为 `GO 1 TO 3 STEPS` 表示返回第一到第三步的所有遍历结果，因此下图中所有红色边和它们的原点与目的点都会被这条 `GO` 语句匹配上，而黄色边表示 `GO` 语句遍历时没有选择的路径。如果不是 `GO 1 TO 3 STEPS` 而是 `GO 3 STEPS` ，则只会匹配上第三步的红色边和它们两端的点。

在 basketballplayer 数据集中的执行示例如下：

```
nebula> GO 3 STEPS FROM "player100" \
        OVER * \
        YIELD properties($$).name AS NAME, properties($$).age AS Age \
        LIMIT [3,3,3];
+-----------------+--------------+
| NAME            | Age          |
+-----------------+--------------+
| "Spurs"         | UNKNOWN_PROP |
| "Tony Parker"   | 36           |
| "Manu Ginobili" | 41           |
+-----------------+--------------+

nebula> GO 3 STEPS FROM "player102" OVER * BIDIRECT\
        YIELD dst(edge) \
        LIMIT [rand32(5),rand32(5),rand32(5)];
+-------------+
| dst(EDGE)   |
+-------------+
| "player100" |
| "player100" |
+-------------+
```


2022 vesoft Inc.

openCypher 兼容语句中的 LIMIT

在 `MATCH` 等 openCypher 兼容语句中使用 LIMIT 不需要加管道符。语法和说明如下：

```
... [SKIP <offset>] [LIMIT <number_rows>];
```

参数	说明
`offset`	偏移量，即定义从哪一行开始返回。索引从 `0` 开始。默认值为 `0`，表示从第一行开始返回。
`number_rows`	返回的总行数量。

`offset` 和 `number_rows` 可以使用表达式，但是表达式的结果必须是非负整数。

Note

两个整数组成的分数表达式会自动向下取整。例如 `8/6` 向下取整为 1。

单独使用 LIMIT

`LIMIT` 可以单独使用，返回指定数量的结果。

```
nebula> MATCH (v:player) RETURN v.player.name AS Name, v.player.age AS Age \
        ORDER BY Age LIMIT 5;
+-------------------------+-----+
| Name                    | Age |
+-------------------------+-----+
| "Luka Doncic"           | 20  |
| "Ben Simmons"           | 22  |
| "Kristaps Porzingis"    | 23  |
| "Giannis Antetokounmpo" | 24  |
| "Kyle Anderson"         | 25  |
+-------------------------+-----+

nebula> MATCH (v:player) RETURN v.player.name AS Name, v.player.age AS Age \
        ORDER BY Age LIMIT rand32(5);
+-------------------------+-----+
| Name                    | Age |
+-------------------------+-----+
| "Luka Doncic"           | 20  |
| "Ben Simmons"           | 22  |
| "Kristaps Porzingis"    | 23  |
| "Giannis Antetokounmpo" | 24  |
+-------------------------+-----+
```

单独使用 SKIP

`SKIP` 可以单独使用，用于设置偏移量，返回指定位置之后的数据。

```
nebula> MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"}) --> (v2) \
        RETURN v2.player.name AS Name, v2.player.age AS Age \
        ORDER BY Age DESC SKIP 1;
+-----------------+-----+
| Name            | Age |
+-----------------+-----+
| "Manu Ginobili" | 41  |
| "Tony Parker"   | 36  |
+-----------------+-----+

nebula> MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"}) --> (v2) \
        RETURN v2.player.name AS Name, v2.player.age AS Age \
        ORDER BY Age DESC SKIP 1+1;
+---------------+-----+
| Name          | Age |
+---------------+-----+
| "Tony Parker" | 36  |
+---------------+-----+
```

同时使用 SKIP 与 LIMIT

同时使用 `SKIP` 与 `LIMIT` 可以返回从指定位置开始的指定数量的数据。

```
nebula> MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"}) --> (v2) \
        RETURN v2.player.name AS Name, v2.player.age AS Age \
        ORDER BY Age DESC SKIP 1 LIMIT 1;
+-----------------+-----+
```


2022 vesoft Inc.

```
| Name            | Age |
+-----------------+-----+
| "Manu Ginobili" | 41  |
+-----------------+-----+
```

最后更新: May 13, 2022

2022 vesoft Inc.

4.7.3 SAMPLE

`SAMPLE` 子句用于在结果集中均匀取样并返回指定数量的数据。

`SAMPLE` 仅能在 `GO` 语句中使用，语法如下：

```
<go_statement> SAMPLE <sample_list>;
```

`sample_list` 是一个列表，列表中的元素必须为自然数，且元素数量必须与 `GO` 语句中的 `STEPS` 的最大数相同。下文以 `GO 1 TO 3 STEPS FROM "A" OVER * SAMPLE <sample_list>` 为例详细介绍 `SAMPLE` 的用法。

- 列表 `sample_list` 必须包含 3 个自然数元素，例如 `GO 1 TO 3 STEPS FROM "A" OVER * SAMPLE [1,2,4]` 。
- `SAMPLE [1,2,4]` 中的 `1` 表示系统在第一步时自动选择 1 条边继续遍历， `2` 表示在第二步时选择 2 条边继续遍历， `4` 表示在第三步时选择 4 条边继续遍历。如果某一步没有匹配的边或者匹配到的边数量小于指定数量，则按实际数量返回。
- 因为 `GO 1 TO 3 STEPS` 表示返回第一到第三步的所有遍历结果，因此下图中所有红色边和它们的原点与目的点都会被这条 `GO` 语句匹配上，而黄色边表示 `GO` 语句遍历时没有选择的路径。如果不是 `GO 1 TO 3 STEPS` 而是 `GO 3 STEPS` ，则只会匹配上第三步的红色边和它们两端的点。

在 basketballplayer 数据集中的执行示例如下：

```
nebula> GO 3 STEPS FROM "player100" \
        OVER * \
        YIELD properties($$).name AS NAME, properties($$).age AS Age \
        SAMPLE [1,2,3];
+----------------+-------------+
| NAME           | Age         |
+----------------+-------------+
| "Spurs"        | UNKNOWN_PROP |
| "Tony Parker"  | 36          |
```


2022 vesoft Inc.

```
| "Manu Ginobili" | 41           |
+----------------+--------------+

nebula> GO 1 TO 3 STEPS FROM "player100" \
        OVER * \
        YIELD properties($$).name AS NAME, properties($$).age AS Age \
        SAMPLE [2,2,2];
+---------------------+-----+
| NAME                | Age |
+---------------------+-----+
| "Manu Ginobili"     | 41  |
| "Tony Parker"       | 36  |
| "Tim Duncan"        | 42  |
| "LaMarcus Aldridge" | 33  |
| "Tony Parker"       | 36  |
| "Tim Duncan"        | 42  |
+---------------------+-----+
```

最后更新: March 23, 2022

2022 vesoft Inc.

4.7.4 ORDER BY

`ORDER BY` 子句指定输出结果的排序规则。

- 在原生 nGQL 中，必须在 `YIELD` 子句之后使用管道符（|）和 `ORDER BY` 子句。
- 在 openCypher 方式中，不允许使用管道符。在 `RETURN` 子句之后使用 `ORDER BY` 子句。

排序规则分为如下两种：

- `ASC` （默认）：升序。
- `DESC`：降序。

原生 nGQL 语法

```
<YIELD clause>
ORDER BY <expression> [ASC | DESC] [, <expression> [ASC | DESC] ...];
```

Compatibility

原生 nGQL 语法中， `ORDER BY` 命令后必须使用引用符 `$-.` 。但在 2.5.0 之前的版本中不需要。

示例

```
nebula> FETCH PROP ON player "player100", "player101", "player102", "player103" \
        YIELD properties(vertex).age AS age, properties(vertex).name AS name \
        | ORDER BY $-.age ASC, $-.name DESC;
+-----+--------------------+
| age | name               |
+-----+--------------------+
| 32  | "Rudy Gay"         |
| 33  | "LaMarcus Aldridge" |
| 36  | "Tony Parker"      |
| 42  | "Tim Duncan"       |
+-----+--------------------+

nebula> $var = GO FROM "player100" OVER follow \
        YIELD dst(edge) AS dst; \
        ORDER BY $var.dst DESC;
+------------+
| dst        |
+------------+
| "player125" |
| "player101" |
+------------+
```

OpenCypher 方式语法

```
<RETURN clause>
ORDER BY <expression> [ASC | DESC] [, <expression> [ASC | DESC] ...];
```

示例

```
nebula> MATCH (v:player) RETURN v.player.name AS Name, v.player.age AS Age  \
        ORDER BY Name DESC;
+----------------+-----+
| Name           | Age |
+----------------+-----+
| "Yao Ming"     | 38  |
| "Vince Carter" | 42  |
| "Tracy McGrady" | 39  |
| "Tony Parker"  | 36  |
| "Tim Duncan"   | 42  |
+----------------+-----+
...

# 首先以年龄排序，如果年龄相同，再以姓名排序。
nebula> MATCH (v:player) RETURN v.player.age AS Age, v.player.name AS Name  \
        ORDER BY Age DESC, Name ASC;
+-----+------------------+
| Age | Name             |
+-----+------------------+
```


2022 vesoft Inc.

```
| 47  | "Shaquille O'Neal" |
| 46  | "Grant Hill"       |
| 45  | "Jason Kidd"       |
| 45  | "Steve Nash"       |
+-----+--------------------+
...
```

NULL 值的排序

升序排列时，会在输出的最后列出 NULL 值，降序排列时，会在输出的开头列出 NULL 值。

```
nebula> MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"}) --> (v2) \
        RETURN v2.player.name AS Name, v2.player.age AS Age  \
        ORDER BY Age;
+----------------+----------+
| Name           | Age      |
+----------------+----------+
| "Tony Parker"  | 36       |
| "Manu Ginobili" | 41       |
| __NULL__       | __NULL__ |
+----------------+----------+

nebula> MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"}) --> (v2) \
        RETURN v2.player.name AS Name, v2.player.age AS Age  \
        ORDER BY Age DESC;
+----------------+----------+
| Name           | Age      |
+----------------+----------+
| __NULL__       | __NULL__ |
| "Manu Ginobili" | 41       |
| "Tony Parker"  | 36       |
+----------------+----------+
```

最后更新: May 13, 2022

2022 vesoft Inc.

4.7.5 RETURN

`RETURN` 子句定义了 nGQL 查询的输出结果。如果需要返回多个字段，用英文逗号（,）分隔。

`RETURN` 可以引导子句或语句：

- `RETURN` 子句可以用于 nGQL 中的 openCypher 方式语句中，例如 `MATCH` 或 `UNWIND`。
- `RETURN` 可以单独使用，输出表达式的结果。

openCypher 兼容性

本文操作仅适用于 nGQL 中的 openCypher 方式。关于原生 nGQL 如何定义输出结果，请参见 `YIELD`。

`RETURN` 不支持如下 openCypher 功能：

- 使用不在英文字母表中的字符作为变量名。例如：

```
MATCH (`点 1`:player) \
RETURN `点 1`;
```

- 设置一个模式，并返回该模式匹配的所有元素。例如：

```
MATCH (v:player) \
RETURN (v)-[e]->(v2);
```

历史版本兼容性

- 在 nGQL 1.x 中，`RETURN` 适用于原生 nGQL，语法为 `RETURN <var_ref> IF <var_ref> IS NOT NULL`。
- 从 nGQL 2.0 开始，`RETURN` 不适用于原生 nGQL。

Map 顺序说明

`RETURN` 返回 Map 时，Key 的顺序是未定义的。

```
nebula> RETURN {age: 32, name: "Marco Belinelli"};
+-----------------------------------+
| {age:32,name:"Marco Belinelli"}    |
+-----------------------------------+
| {age: 32, name: "Marco Belinelli"} |
+-----------------------------------+

nebula> RETURN {zage: 32, name: "Marco Belinelli"};
+------------------------------------+
| {zage:32,name:"Marco Belinelli"}    |
+------------------------------------+
| {name: "Marco Belinelli", zage: 32} |
+------------------------------------+
```

返回点或边

使用 `RETURN {<vertex_name> | <edge_name>}` 返回点或边的所有信息。

```
// 返回点
nebula> MATCH (v:player) \
        RETURN v;
+-------------------------------------------------------------+
| v                                                           |
+-------------------------------------------------------------+
| ("player104" :player{age: 32, name: "Marco Belinelli"})      |
| ("player107" :player{age: 32, name: "Aron Baynes"})          |
| ("player116" :player{age: 34, name: "LeBron James"})         |
| ("player120" :player{age: 29, name: "James Harden"})         |
| ("player125" :player{age: 41, name: "Manu Ginobili"})        |
+-------------------------------------------------------------+
...
```


2022 vesoft Inc.

```
// 返回边
nebula> MATCH (v:player)-[e]->() \
        RETURN e;
+--------------------------------------------------------------------------------+
| e                                                                              |
+--------------------------------------------------------------------------------+
| [:follow "player104"->"player100" @0 {degree: 55}]                             |
| [:follow "player104"->"player101" @0 {degree: 50}]                             |
| [:follow "player104"->"player105" @0 {degree: 60}]                             |
| [:serve "player104"->"team200" @0 {end_year: 2009, start_year: 2007}]          |
| [:serve "player104"->"team208" @0 {end_year: 2016, start_year: 2015}]          |
+--------------------------------------------------------------------------------+
...
```

返回点 ID

使用 `id()` 函数返回点 ID。

```
nebula> MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"}) \
        RETURN id(v);
+------------+
| id(v)      |
+------------+
| "player100" |
+------------+
```

返回 Tag

使用 `labels()` 函数返回点上的 Tag 列表。

```
nebula> MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"}) \
        RETURN labels(v);
+------------+
| labels(v)  |
+------------+
| ["player"] |
+------------+
```

返回列表 `labels(v)` 中的第 N 个元素，可以使用 `labels(v)[n-1]` 。例如下面示例使用 `labels(v)[0]` 检索第一个元素。

```
nebula> MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"}) \
        RETURN labels(v)[0];
+--------------+
| labels(v)[0] |
+--------------+
| "player"     |
+--------------+
```

返回属性

使用语法 `{<vertex_name>|<edge_name>}.<property>` 返回点或边的属性。

```
nebula> MATCH (v:player) \
        RETURN v.player.name, v.player.age \
        LIMIT 3;
+------------------+--------------+
| v.player.name    | v.player.age |
+------------------+--------------+
| "Danny Green"    | 31           |
| "Tiago Splitter" | 34           |
| "David West"     | 38           |
+------------------+--------------+
```

使用 `properties()` 函数返回点或边的所有属性。

```
nebula> MATCH p=(v:player{name:"Tim Duncan"})-[]->(v2) \
        RETURN properties(v2);
+----------------------------------+
| properties(v2)                   |
+----------------------------------+
| {name: "Spurs"}                  |
| {age: 36, name: "Tony Parker"}   |
| {age: 41, name: "Manu Ginobili"} |
+----------------------------------+
```


2022 vesoft Inc.

返回 Edge type

使用 `type()` 函数返回匹配的 Edge type。

```
nebula> MATCH p=(v:player{name:"Tim Duncan"})-[e]->() \
        RETURN DISTINCT type(e);
+----------+
| type(e)  |
+----------+
| "serve"  |
| "follow" |
+----------+
```

返回路径

使用 `RETURN <path_name>` 返回匹配路径的所有信息。

```
nebula> MATCH p=(v:player{name:"Tim Duncan"})-[*3]->() \
        RETURN p;
+-----------------------
```

```
| <("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"})-[:follow@0 {degree: 95}]->("player125" :player{age: 41, name: "Manu
Ginobili"})>                                                                                                  | 1      |
| <("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"})-[:follow@0 {degree: 95}]->("player101" :player{age: 36, name: "Tony Parker"})-[:serve@0 {end_year: 2018, start_year: 1999}]-
>("team204" :team{name: "Spurs"})>     | 2      |
| <("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"})-[:follow@0 {degree: 95}]->("player101" :player{age: 36, name: "Tony Parker"})-[:serve@0 {end_year: 2019, start_year: 2018}]-
>("team215" :team{name: "Hornets"})>   | 2      |
| <("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"})-[:follow@0 {degree: 95}]->("player101" :player{age: 36, name: "Tony Parker"})-[:follow@0 {degree: 95}]->("player100" :player{age: 42,
name: "Tim Duncan"})>        | 2      |
| <("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"})-[:follow@0 {degree: 95}]->("player101" :player{age: 36, name: "Tony Parker"})-[:follow@0 {degree: 90}]->("player102" :player{age: 33,
name: "LaMarcus Aldridge"})> | 2      |
| <("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"})-[:follow@0 {degree: 95}]->("player101" :player{age: 36, name: "Tony Parker"})-[:follow@0 {degree: 95}]->("player125" :player{age: 41,
name: "Manu Ginobili"})>     | 2      |
| <("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"})-[:follow@0 {degree: 95}]->("player125" :player{age: 41, name: "Manu Ginobili"})-[:serve@0 {end_year: 2018, start_year: 2002}]-
>("team204" :team{name: "Spurs"})>   | 2      |
| <("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"})-[:follow@0 {degree: 95}]->("player125" :player{age: 41, name: "Manu Ginobili"})-[:follow@0 {degree: 90}]->("player100" :player{age:
42, name: "Tim Duncan"})>      | 2      |
+-----------------------
```

```
nebula> MATCH (v:player{name:"Tony Parker"})-->(v2:player) \
        RETURN DISTINCT v2.player.name, "Hello"+" graphs!", v2.player.age > 35;
+---------------------+---------------------+-------------------+
| v2.player.name      | ("Hello"+" graphs!") | (v2.player.age>35) |
+---------------------+---------------------+-------------------+
| "LaMarcus Aldridge" | "Hello graphs!"      | false             |
| "Tim Duncan"        | "Hello graphs!"      | true              |
| "Manu Ginobili"     | "Hello graphs!"      | true              |
+---------------------+---------------------+-------------------+

nebula> RETURN 1+1;
+-------+
| (1+1) |
+-------+
| 2     |
+-------+

nebula> RETURN 3 > 1;
+-------+
| (3>1) |
+-------+
| true  |
+-------+

nebula> RETURN 1+1, rand32(1, 5);
+-------+------------+
| (1+1) | rand32(1,5) |
+-------+------------+
| 2     | 1           |
+-------+------------+
```

返回唯一字段

使用 `DISTINCT` 可以删除结果集中的重复字段。

```
# 未使用 DISTINCT。
nebula> MATCH (v:player{name:"Tony Parker"})--(v2:player) \
        RETURN v2.player.name, v2.player.age;
+---------------------+--------+
| v2.name             | v2.age |
+---------------------+--------+
| "Tim Duncan"        | 42     |
| "LaMarcus Aldridge" | 33     |
| "Marco Belinelli"   | 32     |
| "Boris Diaw"        | 36     |
| "Dejounte Murray"   | 29     |
| "Tim Duncan"        | 42     |
| "LaMarcus Aldridge" | 33     |
| "Manu Ginobili"     | 41     |
+---------------------+--------+

# 使用 DISTINCT。
nebula> MATCH (v:player{name:"Tony Parker"})--(v2:player) \
        RETURN DISTINCT v2.player.name, v2.player.age;
+---------------------+--------+
| v2.name             | v2.age |
+---------------------+--------+
| "Tim Duncan"        | 42     |
| "LaMarcus Aldridge" | 33     |
| "Marco Belinelli"   | 32     |
| "Boris Diaw"        | 36     |
| "Dejounte Murray"   | 29     |
| "Manu Ginobili"     | 41     |
+---------------------+--------+
```

最后更新: May 13, 2022

2022 vesoft Inc.

4.7.6 TTL

TTL（Time To Live）指定属性的存活时间，超时后，该属性就会过期。

openCypher 兼容性

本文操作仅适用于原生 nGQL。

注意事项

- 不能修改带有 TTL 选项的属性的 Schema。
- TTL 和 INDEX 共存问题：
- 如果一个 Tag/Edge type 的其中一属性已有 INDEX，则不能为其设置 TTL，也不能为该 Tag 的其他属性设置 TTL。
- 如果已有 TTL，可以再添加 INDEX。

属性过期

点属性过期

点属性过期有如下影响：

- 如果一个点仅有一个 Tag，点上的一个属性过期，点也会过期。
- 如果一个点有多个 Tag，点上的一个属性过期，和该属性相同 Tag 的其他属性也会过期，但是点不会过期，点上其他 Tag 的属性保持不变。

边属性过期

因为一条边仅有一个 Edge type，边上的一个属性过期，边也会过期。

过期处理

属性过期后，对应的过期数据仍然存储在硬盘上，但是查询时会过滤过期数据。

Nebula Graph 自动删除过期数据后，会在下一次 Compaction 过程中回收硬盘空间。

> **Note**
>
> 如果关闭 TTL 选项，上一次 Compaction 之后的过期数据将可以被查询到。

TTL 选项

nGQL 支持的 TTL 选项如下。

选项	说明
`ttl_col`	指定要设置存活时间的属性。属性的数据类型必须是 `int` 或者 `timestamp` 。
`ttl_duration`	指定时间戳差值，单位：秒。时间戳差值必须为 64 位非负整数。属性值和时间戳差值之和如果小于当前时间戳，属性就会过期。如果 `ttl_duration` 为 `0` ，属性永不过期。

使用 TTL 选项

TAG 或 EDGE TYPE 已存在

如果 Tag 和 Edge type 已经创建，请使用 `ALTER` 语句更新 Tag 或 Edge type。

2022 vesoft Inc.

```
# 创建 Tag。
nebula> CREATE TAG IF NOT EXISTS t1 (a timestamp);

# ALTER 修改 Tag，添加 TTL 选项。
nebula> ALTER TAG t1 TTL_COL = "a", TTL_DURATION = 5;

# 插入点，插入后 5 秒过期。
nebula> INSERT VERTEX t1(a) VALUES "101":(now());
```

TAG 或 EDGE TYPE 不存在

创建 Tag 或 Edge type 时可以同时设置 TTL 选项。详情请参见 CREATE TAG 和 CREATE EDGE。

```
# 创建 Tag 并设置 TTL 选项。
nebula> CREATE TAG IF NOT EXISTS t2(a int, b int, c string) TTL_DURATION= 100, TTL_COL = "a";

# 插入点。过期时间戳为 1648197238（1648197138 + 100）。
nebula> INSERT VERTEX t2(a, b, c) VALUES "102":(1648197138, 30, "Hello");
```

删除存活时间

删除存活时间可以使用如下几种方法：

- 删除设置存活时间的属性。

  ```
  nebula> ALTER TAG t1 DROP (a);
  ```

- 设置 `ttl_col` 为空字符串。

  ```
  nebula> ALTER TAG t1 TTL_COL = "";
  ```

- 设置 `ttl_duration` 为 `0`。本操作可以保留 TTL 选项，属性永不过期，且属性的 Schema 无法修改。

  ```
  nebula> ALTER TAG t1 TTL_DURATION = 0;
  ```

最后更新: June 16, 2022

2022 vesoft Inc.

4.7.7 WHERE

`WHERE` 子句可以根据条件过滤输出结果。

`WHERE` 子句通常用于如下查询：

- 原生 nGQL，例如 `GO` 和 `LOOKUP` 语句。
- openCypher 方式，例如 `MATCH` 和 `WITH` 语句。

openCypher 兼容性

过滤 Rank 是原生 nGQL 功能。如需在 openCypher 兼容语句中直接获取 Rank 值，可以使用 rank() 函数，例如 `MATCH (:player)-[e:follow]->() RETURN rank(e);`。

基础用法

Note

下文示例中的 `$$`、`$^` 等是引用符号，详情请参见引用符。

用布尔运算符定义条件

在 `WHERE` 子句中使用布尔运算符 `NOT`、`AND`、`OR` 和 `XOR` 定义条件。关于运算符的优先级，请参见运算符优先级。

```
nebula> MATCH (v:player) \
        WHERE v.player.name == "Tim Duncan" \
        XOR (v.player.age < 30 AND v.player.name == "Yao Ming") \
        OR NOT (v.player.name == "Yao Ming" OR v.player.name == "Tim Duncan") \
        RETURN v.player.name, v.player.age;
+-------------------------+--------------+
| v.player.name           | v.player.age |
+-------------------------+--------------+
| "Danny Green"           | 31           |
| "Tiago Splitter"        | 34           |
| "David West"            | 38           |
...
```

```
nebula> GO FROM "player100" \
        OVER follow \
        WHERE properties(edge).degree > 90 \
        OR properties($$).age != 33 \
        AND properties($$).name != "Tony Parker" \
        YIELD properties($$);
+---------------------------------+
| properties($$)                  |
+---------------------------------+
| {age: 41, name: "Manu Ginobili"} |
+---------------------------------+
```


2022 vesoft Inc.

过滤属性

在 `WHERE` 子句中使用点或边的属性定义条件。

- 过滤点属性：

```
nebula> MATCH (v:player)-[e]->(v2) \
        WHERE v2.player.age < 25 \
        RETURN v2.player.name, v2.player.age;
+----------------------+---------------+
| v2.player.name       | v2.player.age |
+----------------------+---------------+
| "Ben Simmons"        | 22            |
| "Luka Doncic"        | 20            |
| "Kristaps Porzingis" | 23            |
+----------------------+---------------+
```

```
nebula> GO FROM "player100" OVER follow \
        WHERE $^.player.age >= 42 \
        YIELD dst(edge);
+-------------+
| dst(EDGE)   |
+-------------+
| "player101" |
| "player125" |
+-------------+
```

- 过滤边属性：

```
nebula> MATCH (v:player)-[e]->() \
        WHERE e.start_year < 2000 \
        RETURN DISTINCT v.player.name, v.player.age;
+--------------------+--------------+
| v.player.name      | v.player.age |
+--------------------+--------------+
| "Tony Parker"      | 36           |
| "Tim Duncan"       | 42           |
| "Grant Hill"       | 46           |
...
```

```
nebula> GO FROM "player100" OVER follow \
        WHERE follow.degree > 90 \
        YIELD dst(edge);
+-------------+
| dst(EDGE)   |
+-------------+
| "player101" |
| "player125" |
+-------------+
```

过滤动态计算属性

```
nebula> MATCH (v:player) \
        WHERE v[toLower("AGE")] < 21 \
        RETURN v.player.name, v.player.age;
+---------------+-------+
| v.name        | v.age |
+---------------+-------+
| "Luka Doncic" | 20    |
+---------------+-------+
```

过滤现存属性

```
nebula> MATCH (v:player) \
        WHERE exists(v.player.age) \
        RETURN v.player.name, v.player.age;
+-------------------------+--------------+
| v.player.name           | v.player.age |
+-------------------------+--------------+
| "Danny Green"           | 31           |
| "Tiago Splitter"        | 34           |
| "David West"            | 38           |
...
```

过滤 RANK

在 nGQL 中，如果多个边拥有相同的起始点、目的点和属性，则它们的唯一区别是 rank 值。在 `WHERE` 子句中可以使用 rank 过滤边。

```
# 创建测试数据。
nebula> CREATE SPACE IF NOT EXISTS test (vid_type=FIXED_STRING(30));
nebula> USE test;
```


2022 vesoft Inc.

```
nebula> CREATE EDGE IF NOT EXISTS e1(p1 int);
nebula> CREATE TAG IF NOT EXISTS person(p1 int);
nebula> INSERT VERTEX person(p1) VALUES "1":(1);
nebula> INSERT VERTEX person(p1) VALUES "2":(2);
nebula> INSERT EDGE e1(p1) VALUES "1"->"2"@0:(10);
nebula> INSERT EDGE e1(p1) VALUES "1"->"2"@1:(11);
nebula> INSERT EDGE e1(p1) VALUES "1"->"2"@2:(12);
nebula> INSERT EDGE e1(p1) VALUES "1"->"2"@3:(13);
nebula> INSERT EDGE e1(p1) VALUES "1"->"2"@4:(14);
nebula> INSERT EDGE e1(p1) VALUES "1"->"2"@5:(15);
nebula> INSERT EDGE e1(p1) VALUES "1"->"2"@6:(16);

# 通过 rank 过滤边，查找 rank 大于 2 的边。
nebula> GO FROM "1" \
        OVER e1 \
        WHERE rank(edge) > 2 \
        YIELD src(edge), dst(edge), rank(edge) AS Rank, properties(edge).p1 | \
        ORDER BY $-.Rank DESC;
+-----------+-----------+------+--------------------+
| src(EDGE) | dst(EDGE) | Rank | properties(EDGE).p1 |
+-----------+-----------+------+--------------------+
| "1"       | "2"       | 6    | 16                 |
| "1"       | "2"       | 5    | 15                 |
| "1"       | "2"       | 4    | 14                 |
| "1"       | "2"       | 3    | 13                 |
+-----------+-----------+------+--------------------+
```

过滤字符串

在 `WHERE` 子句中使用 `STARTS WITH` 、 `ENDS WITH` 或 `CONTAINS` 可以匹配字符串的特定部分。匹配时区分大小写。

`STARTS WITH`

`STARTS WITH` 会从字符串的起始位置开始匹配。

```
# 查询姓名以 T 开头的 player 信息。
nebula> MATCH (v:player) \
        WHERE v.player.name STARTS WITH "T" \
        RETURN v.player.name, v.player.age;
+------------------+--------------+
| v.player.name    | v.player.age |
+------------------+--------------+
| "Tony Parker"    | 36           |
| "Tiago Splitter" | 34           |
| "Tim Duncan"     | 42           |
| "Tracy McGrady"  | 39           |
+------------------+--------------+
```

如果使用小写 `t` （ `STARTS WITH "t"` ），会返回空集，因为数据库中没有以小写 `t` 开头的姓名。

```
nebula> MATCH (v:player) \
        WHERE v.player.name STARTS WITH "t" \
        RETURN v.player.name, v.player.age;
+---------------+--------------+
| v.player.name | v.player.age |
+---------------+--------------+
+---------------+--------------+
Empty set (time spent 5080/6474 us)
```

`ENDS WITH`

`ENDS WITH` 会从字符串的结束位置开始匹配。

```
nebula> MATCH (v:player) \
        WHERE v.player.name ENDS WITH "r" \
        RETURN v.player.name, v.player.age;
+------------------+--------------+
| v.player.name    | v.player.age |
+------------------+--------------+
| "Tony Parker"    | 36           |
| "Tiago Splitter" | 34           |
| "Vince Carter"   | 42           |
+------------------+--------------+
```

`CONTAINS`

`CONTAINS` 会检查关键字是否匹配字符串的某一部分。

```
nebula> MATCH (v:player) \
        WHERE v.player.name CONTAINS "Pa" \
        RETURN v.player.name, v.player.age;
+---------------+--------------+
```


2022 vesoft Inc.

```
| v.player.name | v.player.age |
+---------------+--------------+
| "Paul George" | 28           |
| "Tony Parker" | 36           |
| "Paul Gasol"  | 38           |
| "Chris Paul"  | 33           |
+---------------+--------------+
```

结合 NOT 使用

用户可以结合布尔运算符 `NOT` 一起使用，否定字符串匹配条件。

```
nebula> MATCH (v:player) \
        WHERE NOT v.player.name ENDS WITH "R" \
        RETURN v.player.name, v.player.age;
+-------------------------+--------------+
| v.player.name           | v.player.age |
+-------------------------+--------------+
| "Danny Green"           | 31           |
| "Tiago Splitter"        | 34           |
| "David West"            | 38           |
| "Russell Westbrook"     | 30           |
...
```

过滤列表

匹配列表中的值

使用 `IN` 运算符检查某个值是否在指定列表中。

```
nebula> MATCH (v:player) \
        WHERE v.player.age IN range(20,25) \
        RETURN v.player.name, v.player.age;
+-------------------------+--------------+
| v.player.name           | v.player.age |
+-------------------------+--------------+
| "Ben Simmons"           | 22           |
| "Giannis Antetokounmpo" | 24           |
| "Kyle Anderson"         | 25           |
| "Joel Embiid"           | 25           |
| "Kristaps Porzingis"    | 23           |
| "Luka Doncic"           | 20           |
+-------------------------+--------------+

nebula> LOOKUP ON player \
        WHERE player.age IN [25,28]  \
        YIELD properties(vertex).name, properties(vertex).age;
+-------------------------+------------------------+
| properties(VERTEX).name | properties(VERTEX).age |
+-------------------------+------------------------+
| "Kyle Anderson"         | 25                     |
| "Damian Lillard"        | 28                     |
| "Joel Embiid"           | 25                     |
| "Paul George"           | 28                     |
| "Ricky Rubio"           | 28                     |
+-------------------------+------------------------+
```

结合 NOT 使用

```
nebula> MATCH (v:player) \
        WHERE v.player.age NOT IN range(20,25) \
        RETURN v.player.name AS Name, v.player.age AS Age \
        ORDER BY Age;
+---------------------+-----+
| Name                | Age |
+---------------------+-----+
| "Kyrie Irving"      | 26  |
| "Cory Joseph"       | 27  |
| "Damian Lillard"    | 28  |
| "Paul George"       | 28  |
| "Ricky Rubio"       | 28  |
...
```

最后更新: May 13, 2022

2022 vesoft Inc.

4.7.8 YIELD

`YIELD` 定义 nGQL 查询的输出结果。

`YIELD` 可以引导子句或语句：

- `YIELD` 子句用于原生 nGQL 语句中，例如 `GO`、`FETCH` 或 `LOOKUP`，必须通过 `YIELD` 子句定义返回结果。
- `YIELD` 语句可以在独立查询或复合查询中使用。

openCypher 兼容性

本文操作仅适用于原生 nGQL。关于 openCypher 方式如何定义输出结果，请参见 `RETURN`。

`YIELD` 在 nGQL 和 openCypher 中有不同的函数：

- 在 openCypher 中，`YIELD` 用于在 `CALL[...YIELD]` 子句中指定过程调用的输出。

  Note

  nGQL 不支持 `CALL[...YIELD]`。

- 在 nGQL 中，`YIELD` 和 openCypher 中的 `RETURN` 类似。

  Note

  下文示例中的 `$$`、`$-` 等是引用符号，详情请参见引用符。

YIELD 子句

语法

```
YIELD [DISTINCT] <col> [AS <alias>] [, <col> [AS <alias>] ...];
```

参数	说明
`DISTINCT`	聚合输出结果，返回去重后的结果集。
`col`	要返回的字段。如果没有为字段设置别名，返回结果中的列名为 `col`。
`alias`	`col` 的别名。使用关键字 `AS` 进行设置，设置后返回结果中的列名为该别名。

使用 YIELD 子句

- `GO` 语句中使用 `YIELD`：

```
nebula> GO FROM "player100" OVER follow \
        YIELD properties($$).name AS Friend, properties($$).age AS Age;
+-----------------+-----+
| Friend          | Age |
+-----------------+-----+
| "Tony Parker"   | 36  |
```


2022 vesoft Inc.

```
| "Manu Ginobili" | 41  |
+-----------------+-----+
```

- `FETCH` 语句中使用 `YIELD` ：

```
nebula> FETCH PROP ON player "player100" \
        YIELD properties(vertex).name;
+-------------------------+
| properties(VERTEX).name |
+-------------------------+
| "Tim Duncan"            |
+-------------------------+
```

- `LOOKUP` 语句中使用 `YIELD` ：

```
nebula> LOOKUP ON player WHERE player.name == "Tony Parker" \
        YIELD properties(vertex).name, properties(vertex).age;
+-------------------------+------------------------+
| properties(VERTEX).name | properties(VERTEX).age |
+-------------------------+------------------------+
| "Tony Parker"           | 36                     |
+-------------------------+------------------------+
```

YIELD 语句

语法

```
YIELD [DISTINCT] <col> [AS <alias>] [, <col> [AS <alias>] ...]
[WHERE <conditions>];
```

参数	说明
`DISTINCT`	聚合输出结果，返回去重后的结果集。
`col`	要按返回的字段。如果没有为字段设置别名，返回结果中的列名为 `col` 。
`alias`	`col` 的别名。使用关键字 `AS` 进行设置，设置后返回结果中的列名为该别名。
`conditions`	在 `WHERE` 子句中设置的过滤条件。详情请参见 `WHERE` 。

复合查询中使用 YIELD 语句

在复合查询中， `YIELD` 语句可以接收、过滤、修改之前语句的结果集，然后输出。

```
# 查找 player100 关注的 player，并计算他们的平均年龄。
nebula> GO FROM "player100" OVER follow \
        YIELD dst(edge) AS ID \
        | FETCH PROP ON player $-.ID \
        YIELD properties(vertex).age AS Age \
        | YIELD AVG($-.Age) as Avg_age, count(*)as Num_friends;
+---------+-------------+
| Avg_age | Num_friends |
+---------+-------------+
| 38.5    | 2           |
+---------+-------------+
```

```
# 查找 player101 关注的 player，返回 degree 大于 90 的 player。
nebula> $var1 = GO FROM "player101" OVER follow \
        YIELD properties(edge).degree AS Degree, dst(edge) as ID; \
        YIELD $var1.ID AS ID WHERE $var1.Degree > 90;
+-------------+
| ID          |
+-------------+
| "player100" |
| "player125" |
+-------------+
```

独立使用 YIELD 语句

`YIELD` 可以计算表达式并返回结果。

```
nebula> YIELD rand32(1, 6);
+-------------+
| rand32(1,6) |
+-------------+
```


2022 vesoft Inc.

```
| 3           |
+-------------+

nebula> YIELD "Hel" + "\tlo" AS string1, ", World!" AS string2;
+-------------+------------+
| string1     | string2    |
+-------------+------------+
| "Hel    lo" | ", World!" |
+-------------+------------+

nebula> YIELD hash("Tim") % 100;
+-------------------+
| (hash("Tim")%100) |
+-------------------+
| 42                |
+-------------------+

nebula> YIELD \
      CASE 2+3 \
      WHEN 4 THEN 0 \
      WHEN 5 THEN 1 \
      ELSE -1 \
      END \
      AS result;
+--------+
| result |
+--------+
| 1      |
+--------+
```

最后更新: December 8, 2021

2022 vesoft Inc.

4.7.9 WITH

`WITH` 子句可以获取并处理查询前半部分的结果，并将处理结果作为输入传递给查询的后半部分。

openCypher 兼容性

本文操作仅适用于 openCypher 方式。

> **Note**
>
> 在原生 nGQL 中，有与 `WITH` 类似的管道符，但它们的工作方式不同。不要在 openCypher 方式中使用管道符，也不要在原生 nGQL 中使用 `WITH` 子句。

组成复合查询

使用 `WITH` 子句可以组合语句，将一条语句的输出转换为另一条语句的输入。

示例 1

1. 匹配一个路径。
2. 通过 `nodes()` 函数将路径上的所有点输出到一个列表。
3. 将列表拆分为行。
4. 去重后返回点的信息。

```
nebula> MATCH p=(v:player{name:"Tim Duncan"})--() \
        WITH nodes(p) AS n \
        UNWIND n AS n1 \
        RETURN DISTINCT n1;
+-------------------------------------------------------+
| n1                                                    |
+-------------------------------------------------------+
| ("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"})    |
| ("player101" :player{age: 36, name: "Tony Parker"})   |
| ("team204" :team{name: "Spurs"})                      |
| ("player102" :player{age: 33, name: "LaMarcus Aldridge"}) |
| ("player125" :player{age: 41, name: "Manu Ginobili"})  |
| ("player104" :player{age: 32, name: "Marco Belinelli"})  |
| ("player144" :player{age: 47, name: "Shaquille O'Neal"})  |
| ("player105" :player{age: 31, name: "Danny Green"})   |
| ("player113" :player{age: 29, name: "Dejounte Murray"})  |
| ("player107" :player{age: 32, name: "Aron Baynes"})   |
| ("player109" :player{age: 34, name: "Tiago Splitter"})  |
| ("player108" :player{age: 36, name: "Boris Diaw"})    |
+-------------------------------------------------------+
```

示例 2

1. 匹配点 ID 为 `player100` 的点。
2. 通过 `labels()` 函数将点的所有 Tag 输出到一个列表。
3. 将列表拆分为行。
4. 返回结果。

```
nebula> MATCH (v) \
        WHERE id(v)=="player100" \
        WITH labels(v) AS tags_unf \
        UNWIND tags_unf AS tags_f \
        RETURN tags_f;
+----------+
| tags_f   |
+----------+
| "player" |
+----------+
```


2022 vesoft Inc.

过滤聚合查询

`WITH` 可以在聚合查询中作为过滤器使用。

```
nebula> MATCH (v:player)-->(v2:player) \
        WITH DISTINCT v2 AS v2, v2.player.age AS Age \
        ORDER BY Age \
        WHERE Age<25 \
        RETURN v2.player.name AS Name, Age;
+----------------------+-----+
| Name                 | Age |
+----------------------+-----+
| "Luka Doncic"        | 20  |
| "Ben Simmons"        | 22  |
| "Kristaps Porzingis" | 23  |
+----------------------+-----+
```

collect() 之前处理输出

在 `collect()` 函数将输出结果转换为列表之前，可以使用 `WITH` 子句排序和限制输出结果。

```
nebula> MATCH (v:player) \
        WITH v.player.name AS Name \
        ORDER BY Name DESC \
        LIMIT 3 \
        RETURN collect(Name);
+----------------------------------------------+
| collect(Name)                                |
+----------------------------------------------+
| ["Yao Ming", "Vince Carter", "Tracy McGrady"] |
+----------------------------------------------+
```

结合 RETURN 语句使用

在 `WITH` 子句中设置别名，并通过 `RETURN` 子句输出结果。

```
nebula> WITH [1, 2, 3] AS `list` RETURN 3 IN `list` AS r;
+------+
| r    |
+------+
| true |
+------+

nebula> WITH 4 AS one, 3 AS two RETURN one > two AS result;
+--------+
| result |
+--------+
| true   |
+--------+
```

最后更新: May 13, 2022

2022 vesoft Inc.

4.7.10 UNWIND

`UNWIND` 语句可以将列表拆分为单独的行，列表中的每个元素为一行。

`UNWIND` 可以作为单独语句或语句中的子句使用。

语法

```
UNWIND <list> AS <alias> <RETURN clause>;
```

拆分列表

```
nebula> UNWIND [1,2,3] AS n RETURN n;
+---+
| n |
+---+
| 1 |
| 2 |
| 3 |
+---+
```

返回去重列表

在 `UNWIND` 语句中使用 `WITH DISTINCT` 可以将列表中的重复项忽略，返回去重后的结果。

示例 1

1. 拆分列表 `[1,1,2,2,3,3]` 。
2. 删除重复行。
3. 排序行。
4. 将行转换为列表。

```
nebula> WITH [1,1,2,2,3,3] AS n \
        UNWIND n AS r \
        WITH DISTINCT r AS r \
        ORDER BY r \
        RETURN collect(r);
+------------+
| collect(r) |
+------------+
| [1, 2, 3]  |
+------------+
```

示例 2

1. 将匹配路径上的顶点输出到列表中。
2. 拆分列表。
3. 删除重复行。
4. 将行转换为列表。

```
nebula> MATCH p=(v:player{name:"Tim Duncan"})--(v2) \
        WITH nodes(p) AS n \
        UNWIND n AS r \
        WITH DISTINCT r AS r \
        RETURN collect(r);
+------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
| collect(r)                                                                                                             |
+------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
| [("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"}), ("player101" :player{age: 36, name: "Tony Parker"}),             |
|("team204" :team{name: "Spurs"}), ("player102" :player{age: 33, name: "LaMarcus Aldridge"}),                            |
|("player125" :player{age: 41, name: "Manu Ginobili"}), ("player104" :player{age: 32, name: "Marco Belinelli"}),         |
|("player144" :player{age: 47, name: "Shaquile O'Neal"}), ("player105" :player{age: 31, name: "Danny Green"}),           |
|("player113" :player{age: 29, name: "Dejounte Murray"}), ("player107" :player{age: 32, name: "Aron Baynes"}),           |
|("player109" :player{age: 34, name: "Tiago Splitter"}), ("player108" :player{age: 36, name: "Boris Diaw"})]             |
+------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
```


2022 vesoft Inc.

最后更新: January 6, 2022

2022 vesoft Inc.

4.8 图空间语句

4.8.1 CREATE SPACE

图空间是 Nebula Graph 中彼此隔离的图数据集合，与 MySQL 中的 database 概念类似。`CREATE SPACE` 语句可以创建一个新的图空间，或者克隆现有图空间的 Schema。

前提条件

只有 God 角色的用户可以执行 `CREATE SPACE` 语句。详情请参见身份验证。

语法

创建图空间

```
CREATE SPACE [IF NOT EXISTS] <graph_space_name> (
    [partition_num = <partition_number>,]
    [replica_factor = <replica_number>,]
    vid_type = {FIXED_STRING(<N>) | INT[64]}
    )
    [COMMENT = '<comment>'];
```

参数	说明
`IF NOT EXISTS`	检测待创建的图空间是否存在，只有不存在时，才会创建图空间。仅检测图空间的名称，不会检测具体属性。
`<graph_space_name>`	在 Nebula Graph 实例中唯一标识一个图空间。图空间名称以英文字母开头，支持 1~4 字节的 UTF-8 编码字符，包括英文字母（区分大小写）、数字、中文等，但是不包括除下划线外的特殊字符。使用特殊字符或保留关键字时，需要用反引号（`）包围，详情参见关键字和保留字。
`partition_num`	指定图空间的分片数量。建议设置为集群中硬盘数量的 20 倍（HDD 硬盘建议为 2 倍）。例如集群中有 3 个硬盘，建议设置 60 个分片。默认值为 100。
`replica_factor`	指定每个分片的副本数量。建议在生产环境中设置为 3，在测试环境中设置为 1。由于需要基于多数表决，副本数量必须是**奇数**。默认值为 1。
`vid_type`	必选参数。指定点 ID 的数据类型。可选值为 `FIXED_STRING(<N>)` 和 `INT64`。`INT` 等同于 `INT64`。 `FIXED_STRING(<N>)` 表示数据类型为定长字符串，长度为 `N` 字节，超出长度会报错。例如，UTF-8中，一个中文字符的长度为三个字节，如果设置 `N` 为 12，那么 `vid_type` 为最多 4 个中文字符。 `INT64` 表示数据类型为整数。
`COMMENT`	图空间的描述。最大为 256 字节。默认无描述。

Caution

- 如果将副本数设置为 1，用户将无法使用 BALANCE 命令为 Nebula Graph 的存储服务平衡负载或扩容。
- VID 类型变更与长度限制：
- 在 Nebula Graph 1.x 中，VID 的类型只能为 `INT64`，不支持字符型；在 Nebula Graph 2.x 中，VID 的类型支持 `INT64` 和 `FIXED_STRING(<N>)`。请在创建图空间时指定 VID 类型，使用 `INSERT` 语句时也需要保持一致，否则会报错 VID 类型不匹配 `Wrong vertex id type: 1001`。
- VID 最大长度必须为 `N`，不可任意长度；超过该长度也会报错 `The VID must be a 64-bit integer or a string fitting space vertex id length limit.`。

版本兼容性

2.5.0 之前的 2.x 版本中，`vid_type` 不是必选参数，默认为 `FIXED_STRING(8)`。

2022 vesoft Inc.

Note

`graph_space_name`，`partition_num`，`replica_factor`，`vid_type`，`comment` 设置后就无法改变。除非 `DROP SPACE`，并重新 `CREATE SPACE`。

克隆图空间

```
CREATE SPACE <new_graph_space_name> AS <old_graph_space_name>;
```

参数	说明
`<new_graph_space_name>`	目标图空间名称。该图空间必须未创建。图空间名称以英文字母开头，支持 1~4 字节的 UTF-8 编码字符，包括英文字母（区分大小写）、数字、中文等，但是不包括除下划线外的特殊字符。使用保留关键字时，需要用反引号（`）包围，详情参见关键字和保留字。创建时会克隆 `<old_graph_space_name>` 图空间的 Schema，包括图空间本身参数（分片数量、副本数量等）、Tag、Edge type 和 原生索引。
`<old_graph_space_name>`	原始图空间名称。该图空间必须已存在。

示例

```
# 仅指定 VID 类型，其他选项使用默认值。
nebula> CREATE SPACE IF NOT EXISTS my_space_1 (vid_type=FIXED_STRING(30));

# 指定分片数量、副本数量和 VID 类型。
nebula> CREATE SPACE IF NOT EXISTS my_space_2 (partition_num=15, replica_factor=1, vid_type=FIXED_STRING(30));

# 指定分片数量、副本数量和 VID 类型，并添加描述。
nebula> CREATE SPACE IF NOT EXISTS my_space_3 (partition_num=15, replica_factor=1, vid_type=FIXED_STRING(30)) comment="测试图空间";

# 克隆图空间。
nebula> CREATE SPACE IF NOT EXISTS my_space_4 as my_space_3;
nebula> SHOW CREATE SPACE my_space_4;
+--------------+------------------
```

最后更新: June 29, 2022

2022 vesoft Inc.

4.8.2 USE

`USE` 语句可以指定一个图空间，或切换到另一个图空间，将其作为后续查询的工作空间。

前提条件

执行 `USE` 语句指定图空间时，需要当前登录的用户拥有指定图空间的权限，否则会报错。

语法

```
USE <graph_space_name>;
```

示例

```
# 创建示例空间。
nebula> CREATE SPACE IF NOT EXISTS space1 (vid_type=FIXED_STRING(30));
nebula> CREATE SPACE IF NOT EXISTS space2 (vid_type=FIXED_STRING(30));

# 指定图空间 space1 作为工作空间。
nebula> USE space1;

# 切换到图空间 space2。检索 space2 时，无法从 space1 读取任何数据，检索的点和边与 space1 无关。
nebula> USE space2;
```

Caution

不能在一条语句中同时操作两个图空间。

与 Fabric Cypher 不同，Nebula Graph 的图空间彼此之间是完全隔离的，将一个图空间作为工作空间后，用户无法访问其他空间。使用新图空间的唯一方法是通过 `USE` 语句切换。而在 Fabric Cypher 中可以在一条语句中（`USE + CALL` 语法）使用两个图空间。

最后更新: November 25, 2021

2022 vesoft Inc.

4.8.3 SHOW SPACES

`SHOW SPACES` 语句可以列出 Nebula Graph 示例中的所有图空间。

语法

```
SHOW SPACES;
```

示例

```
nebula> SHOW SPACES;
+--------------------+
| Name               |
+--------------------+
| "cba"              |
| "basketballplayer" |
+--------------------+
```

创建图空间请参见 CREATE SPACE。

最后更新: November 25, 2021

2022 vesoft Inc.

4.8.4 DESCRIBE SPACE

`DESCRIBE SPACE` 语句可以显示指定图空间的信息。

语法

你可以用 `DESC` 作为 `DESCRIBE` 的缩写。

```
DESC[RIBE] SPACE <graph_space_name>;
```

示例

```
nebula> DESCRIBE SPACE basketballplayer;
+----+--------------------+------------------+----------------+---------+------------+--------------------+---------+
| ID | Name               | Partition Number | Replica Factor | Charset | Collate    | Vid Type           | Comment |
+----+--------------------+------------------+----------------+---------+------------+--------------------+---------+
| 1  | "basketballplayer" | 10               | 1              | "utf8"  | "utf8_bin" | "FIXED_STRING(32)" |         |
+----+--------------------+------------------+----------------+---------+------------+--------------------+---------+
```

最后更新: May 13, 2022

2022 vesoft Inc.

4.8.5 CLEAR SPACE

`CLEAR SPACE` 语句用于清空图空间中的点和边，但不会删除图空间本身以及其中的 Schema 信息。

权限要求

只有 God 角色的用户可以执行 `CLEAR SPACE` 语句。

注意事项

- 数据清除后，**如无备份，无法恢复**。使用该功能务必谨慎。
- `CLEAR SPACE` 不是原子性操作。如果执行出错，请重新执行，避免残留数据。
- 图空间中的数据量越大，`CLEAR SPACE` 消耗的时间越长。如果 `CLEAR SPACE` 的执行因客户端连接超时而失败，可以增大 Graph 服务配置中 `storage_client_timeout_ms` 参数的值。
- 在 `CLEAR SPACE` 的执行过程中，向该图空间写入数据的行为不会被自动禁止。这样的写入行为可能导致 `CLEAR SPACE` 清除数据不完全，残留的数据也可能受到损坏。

  Enterpriseonly

  - 社区版 Nebula Graph 不支持在运行 `CLEAR SPACE` 的同时禁止写入。
  - 企业版 Nebula Graph 支持先运行 `SET VARIABLE read_only=true` 阻止向 Nebula Graph 写入数据，再运行 `CLEAR SPACE` 。数据清除成功后运行 `SET VARIABLE read_only=false` 即可重新允许写入。

语法

```
CLEAR SPACE [IF EXISTS] <space_name>;
```

参数/选项	说明
`IF EXISTS`	检查待清空的图空间是否存在，如果图空间存在，则继续执行清空操作；如果图空间不存在，则完成执行，并且提示执行成功，不会提示图空间不存在。若不设置该选项，当图空间不存在时，`CLEAR SPACE` 语句会执行失败，系统会报错。
`space_name`	要清除数据的图空间名称。

示例：

```
CLEAR SPACE basketballplayer;
```

保留的数据

图空间中，`CLEAR SPACE` 不会删除的数据包括：

- Tag 信息。
- Edge type 信息。
- 原生索引和全文索引的元数据。

下面的执行示例明确展示了 `CLEAR SPACE` 会删除与保留的数据。

```
# 进入图空间 basketballplayer。
nebula [(none)]> use basketballplayer;
Execution succeeded

# 查看 Tag 和 Edge type。
nebula[basketballplayer]> SHOW TAGS;
+----------+
```


2022 vesoft Inc.

```
| Name     |
+----------+
| "player" |
| "team"   |
+----------+
Got 2 rows

nebula[basketballplayer]> SHOW EDGES;
+----------+
| Name     |
+----------+
| "follow" |
| "serve"  |
+----------+
Got 2 rows

# 统计图空间中的数据。
nebula[basketballplayer]> SUBMIT JOB STATS;
+------------+
| New Job Id |
+------------+
| 4          |
+------------+
Got 1 rows

# 查看统计结果。
nebula[basketballplayer]> SHOW STATS;
+---------+------------+-------+
| Type    | Name       | Count |
+---------+------------+-------+
| "Tag"   | "player"   | 51    |
| "Tag"   | "team"     | 30    |
| "Edge"  | "follow"   | 81    |
| "Edge"  | "serve"    | 152   |
| "Space" | "vertices" | 81    |
| "Space" | "edges"    | 233   |
+---------+------------+-------+
Got 6 rows

# 查看 Tag 索引。
nebula[basketballplayer]> SHOW TAG INDEXES;
+------------------+----------+----------+
| Index Name       | By Tag   | Columns  |
+------------------+----------+----------+
| "player_index_0" | "player" | []       |
| "player_index_1" | "player" | ["name"] |
+------------------+----------+----------+
Got 2 rows

# ----------------------- CLEAR SPACE 分割线 -----------------------
# 执行 CLEAR SPACE 清空图空间 basketballplayer。
nebula[basketballplayer]> CLEAR SPACE basketballplayer;
Execution succeeded

# 更新统计信息。
nebula[basketballplayer]> SUBMIT JOB STATS;
+------------+
| New Job Id |
+------------+
| 5          |
+------------+
Got 1 rows

# 查看统计信息。Tag 和 Edge type 还存在，但所有的点和边都没了。
nebula[basketballplayer]> SHOW STATS;
+---------+------------+-------+
| Type    | Name       | Count |
+---------+------------+-------+
| "Tag"   | "player"   | 0     |
| "Tag"   | "team"     | 0     |
| "Edge"  | "follow"   | 0     |
| "Edge"  | "serve"    | 0     |
| "Space" | "vertices" | 0     |
| "Space" | "edges"    | 0     |
+---------+------------+-------+
Got 6 rows

# 查看 Tag 索引，它们依然存在。
nebula[basketballplayer]> SHOW TAG INDEXES;
+------------------+----------+----------+
| Index Name       | By Tag   | Columns  |
+------------------+----------+----------+
| "player_index_0" | "player" | []       |
| "player_index_1" | "player" | ["name"] |
+------------------+----------+----------+
Got 2 rows (time spent 523/978 us)
```

最后更新: May 13, 2022

2022 vesoft Inc.

4.8.6 DROP SPACE

`DROP SPACE` 语句用于删除指定图空间以及其中的所有信息。

> **Note**
>
> 可以通过修改 Storage 服务配置文件中 `auto_remove_invalid_space` 的值为 `false`，使 `DROP SPACE` 语句仅删除指定的逻辑图空间而保留硬盘上的所有数据。详情参见 Storage 服务配置。

前提条件

只有 God 角色的用户可以执行 `DROP SPACE` 语句。详情请参见身份验证。

语法

```
DROP SPACE [IF EXISTS] <graph_space_name>;
```

`IF EXISTS` 关键字可以检测待删除的图空间是否存在，只有存在时，才会删除图空间。

> **版本兼容性**
>
> 在 Nebula Graph 3.1.0 版本前，`DROP SPACE` 语句不会删除硬盘上对应图空间的目录和文件。

> **Caution**
>
> 请**谨慎**执行删除图空间操作。

最后更新: June 23, 2022

2022 vesoft Inc.

4.9 Tag 语句

4.9.1 CREATE TAG

`CREATE TAG` 语句可以通过指定名称创建一个 Tag。

OpenCypher 兼容性

nGQL 中的 Tag 和 openCypher 中的 Label 相似，但又有所不同，例如它们的创建方式。

- openCypher 中的 Label 需要在 `CREATE` 语句中与点一起创建。
- nGQL 中的 Tag 需要使用 `CREATE TAG` 语句独立创建。Tag 更像是 MySQL 中的表。

前提条件

执行 `CREATE TAG` 语句需要当前登录的用户拥有指定图空间的创建 Tag 权限，否则会报错。

语法

创建 Tag 前，需要先用 `USE` 语句指定工作空间。

```
CREATE TAG [IF NOT EXISTS] <tag_name>
    (
      <prop_name> <data_type> [NULL | NOT NULL] [DEFAULT <default_value>] [COMMENT '<comment>']
      [{, <prop_name> <data_type> [NULL | NOT NULL] [DEFAULT <default_value>] [COMMENT '<comment>']} ...]
    )
    [TTL_DURATION = <ttl_duration>]
    [TTL_COL = <prop_name>]
    [COMMENT = '<comment>'];
```

参数	说明
`IF NOT EXISTS`	检测待创建的 Tag 是否存在，只有不存在时，才会创建 Tag。仅检测 Tag 的名称，不会检测具体属性。
`<tag_name>`	1、每个图空间内的 Tag 必须是唯一的。 2、Tag 名称设置后无法修改。 3、Tag 名称以英文字母开头，支持 1~4 字节的 UTF-8 编码字符，包括英文字母（区分大小写）、数字、中文等，但是不包括除下划线外的特殊字符。使用特殊字符或保留关键字时，需要用反引号（`）包围且不能使用英文句号（`.`），详情参见关键字和保留字。
`<prop_name>`	属性名称。每个 Tag 中的属性名称必须唯一。属性的命名规则与 Tag 相同。
`<data_type>`	属性的数据类型，目前支持数值、布尔、字符串以及日期与时间。
`NULL | NOT NULL`	指定属性值是否支持为 `NULL`。默认值为 `NULL`。
`DEFAULT`	指定属性的默认值。默认值可以是一个文字值或 Nebula Graph 支持的表达式。如果插入点时没有指定某个属性的值，则使用默认值。
`COMMENT`	对单个属性或 Tag 的描述。最大为 256 字节。默认无描述。
`TTL_DURATION`	指定时间戳差值，单位：秒。时间戳差值必须为 64 位非负整数。属性值和时间戳差值之和如果小于当前时间戳，属性就会过期。默认值为 `0`，表示属性永不过期。
`TTL_COL`	指定要设置存活时间的属性。属性的数据类型必须是 `int` 或者 `timestamp`。一个 Tag 只能指定一个字段为 `TTL_COL`。更多 TTL 的信息请参见 TTL。

示例

2022 vesoft Inc.

```
nebula> CREATE TAG IF NOT EXISTS player(name string, age int);

# 创建没有属性的 Tag。
nebula> CREATE TAG IF NOT EXISTS no_property();

# 创建包含默认值的 Tag。
nebula> CREATE TAG IF NOT EXISTS player_with_default(name string, age int DEFAULT 20);

# 对字段 create_time 设置 TTL 为 100 秒。
nebula> CREATE TAG IF NOT EXISTS woman(name string, age int, \
        married bool, salary double, create_time timestamp) \
        TTL_DURATION = 100, TTL_COL = "create_time";
```

创建 Tag 说明

尝试使用新创建的 Tag 可能会失败，因为创建是异步实现的。为确保数据同步，后续操作能顺利进行，请等待 2 个心跳周期（20 秒）。

如果需要修改心跳间隔，请为所有配置文件修改参数 `heartbeat_interval_secs` 。

最后更新: June 16, 2022

2022 vesoft Inc.

4.9.2 DROP TAG

`DROP TAG` 语句可以删除当前工作空间内所有点上的指定 Tag。

点可以有一个或多个 Tag。

- 如果某个点只有一个 Tag，删除这个 Tag 后，该点变为无 Tag 的点。与该点相邻的**边仍然存在**——这会造成悬挂边。
- 如果某个点有多个 Tag，删除其中一个 Tag，仍然可以访问这个点，但是**无法访问**已删除 Tag 所定义的所有属性。

删除 Tag 操作仅删除 Schema 数据，硬盘上的文件或目录不会立刻删除，而是在下一次 Compaction 操作时删除。

前提条件

- 登录的用户必须拥有对应权限才能执行 `DROP TAG` 语句。详情请参见内置角色权限。
- 确保 Tag 不包含任何索引，否则 `DROP TAG` 时会报冲突错误 `[ERROR (-1005)]: Conflict!` 。删除索引请参见 drop index。

语法

```
DROP TAG [IF EXISTS] <tag_name>;
```

- `IF EXISTS` ：检测待删除的 Tag 是否存在，只有存在时，才会删除 Tag。
- `tag_name` ：指定要删除的 Tag 名称。一次只能删除一个 Tag。

示例

```
nebula> CREATE TAG IF NOT EXISTS test(p1 string, p2 int);
nebula> DROP TAG test;
```

最后更新: July 1, 2022

2022 vesoft Inc.

4.9.3 ALTER TAG

`ALTER TAG` 语句可以修改 Tag 的结构。例如增删属性、修改数据类型，也可以为属性设置、修改 TTL（Time-To-Live）。

前提条件

- 登录的用户必须拥有对应权限才能执行 `ALTER TAG` 语句。详情请参见内置角色权限。
- 确保要修改的属性不包含索引，否则 `ALTER TAG` 时会报冲突错误 `[ERROR (-1005)]: Conflict!` 。删除索引请参见 drop index。

语法

```
ALTER TAG <tag_name>
    <alter_definition> [[, alter_definition] ...]
    [ttl_definition [, ttl_definition] ... ]
    [COMMENT = '<comment>'];

alter_definition:
| ADD    (prop_name data_type [NULL | NOT NULL] [DEFAULT <default_value>] [COMMENT '<comment>'])
| DROP   (prop_name)
| CHANGE (prop_name data_type [NULL | NOT NULL] [DEFAULT <default_value>] [COMMENT '<comment>'])

ttl_definition:
    TTL_DURATION = ttl_duration, TTL_COL = prop_name
```

- `tag_name` ：指定要修改的 Tag 名称。一次只能修改一个 Tag。请确保要修改的 Tag 在当前工作空间中存在，否则会报错。
- 可以在一个 `ALTER TAG` 语句中使用多个 `ADD` 、 `DROP` 和 `CHANGE` 子句，子句之间用英文逗号（,）分隔。

示例

```
nebula> CREATE TAG IF NOT EXISTS t1 (p1 string, p2 int);
nebula> ALTER TAG t1 ADD (p3 int, p4 string);
nebula> ALTER TAG t1 TTL_DURATION = 2, TTL_COL = "p2";
nebula> ALTER TAG t1 COMMENT = 'test1';
nebula> ALTER TAG t1 ADD (p5 double NOT NULL DEFAULT 0.4 COMMENT 'p5') COMMENT='test2';
```

修改 Tag 说明

尝试使用刚修改的 Tag 可能会失败，因为修改是异步实现的。为确保数据同步，后续操作能顺利进行，请等待 2 个心跳周期（20 秒）。

如果需要修改心跳间隔，请为所有配置文件修改参数 `heartbeat_interval_secs` 。

最后更新: May 13, 2022

2022 vesoft Inc.

4.9.4 SHOW TAGS

`SHOW TAGS` 语句显示当前图空间内的所有 Tag 名称。

执行 `SHOW TAGS` 语句不需要任何权限，但是返回结果由登录的用户权限决定。

语法

```
SHOW TAGS;
```

示例

```
nebula> SHOW TAGS;
+----------+
| Name     |
+----------+
| "player" |
| "team"   |
+----------+
```

最后更新: November 25, 2021

2022 vesoft Inc.

4.9.5 DESCRIBE TAG

`DESCRIBE TAG` 显示指定 Tag 的详细信息，例如字段名称、数据类型等。

前提条件

登录的用户必须拥有对应权限才能执行 `DESCRIBE TAG` 语句。详情请参见内置角色权限。

语法

```
DESC[RIBE] TAG <tag_name>;
```

`DESCRIBE` 可以缩写为 `DESC` 。

示例

```
nebula> DESCRIBE TAG player;
+--------+----------+-------+---------+---------+
| Field  | Type     | Null  | Default | Comment |
+--------+----------+-------+---------+---------+
| "name" | "string" | "YES" |         |         |
| "age"  | "int64"  | "YES" |         |         |
+--------+----------+-------+---------+---------+
```

最后更新: November 25, 2021

2022 vesoft Inc.

4.9.6 DELETE TAG

`DELETE TAG` 语句可以删除指定点上的指定 Tag。

前提条件

登录的用户必须拥有对应权限才能执行 `DELETE TAG` 语句。详情请参见内置角色权限。

语法

```
DELETE TAG <tag_name_list> FROM <VID>;
```

- `tag_name_list` ：指定 Tag 名称。多个 Tag 用英文逗号（,）分隔，也可以用 `*` 表示所有 Tag。
- `VID` ：指定要删除 Tag 的点 ID。

示例

```
nebula> CREATE TAG IF NOT EXISTS test1(p1 string, p2 int);
nebula> CREATE TAG IF NOT EXISTS test2(p3 string, p4 int);
nebula> INSERT VERTEX test1(p1, p2),test2(p3, p4) VALUES "test":("123", 1, "456", 2);
nebula> FETCH PROP ON * "test" YIELD vertex AS v;
+-------------------------------------------------------+
| v                                                     |
+-------------------------------------------------------+
| ("test" :test1{p1: "123", p2: 1} :test2{p3: "456", p4: 2}) |
+-------------------------------------------------------+

nebula> DELETE TAG test1 FROM "test";
nebula> FETCH PROP ON * "test" YIELD vertex AS v;
+-----------------------------------+
| v                                 |
+-----------------------------------+
| ("test" :test2{p3: "456", p4: 2}) |
+-----------------------------------+

nebula> DELETE TAG * FROM "test";
nebula> FETCH PROP ON * "test" YIELD vertex AS v;
+---+
| v |
+---+
+---+
```

Compatibility

- 在 openCypher 中，可以使用 `REMOVE v:LABEL` 语句来移除该点 `v` 的 `LABEL`。
- 相同语意，但不同语法。在 nGQL 中使用 `DELETE TAG`。

最后更新: January 7, 2022

2022 vesoft Inc.

4.9.7 增加和删除标签

在 openCypher 中，有增加标签（`SET label`）和移除标签（`REMOVE label`）的功能，可以用于加速查询或者标记过程。

在 Nebula Graph 中，可以通过 Tag 变相实现相同操作，创建 Tag 并将 Tag 插入到已有的点上，就可以根据 Tag 名称快速查找点，也可以通过 `DELETE TAG` 删除某些点上不再需要的 Tag。

示例

例如在 basketballplayer 数据集中，部分篮球运动员同时也是球队股东，可以为股东 Tag `shareholder` 创建索引，方便快速查找。如果不再是股东，可以通过 `DELETE TAG` 语句删除相应运动员的股东 Tag。

```
//创建股东 Tag 和索引
nebula> CREATE TAG IF NOT EXISTS shareholder();
nebula> CREATE TAG INDEX IF NOT EXISTS shareholder_tag on shareholder();

//为点添加 Tag
nebula> INSERT VERTEX shareholder() VALUES "player100":();
nebula> INSERT VERTEX shareholder() VALUES "player101":();

//快速查询所有股东
nebula> MATCH (v:shareholder) RETURN v;
+--------------------------------------------------------------------+
| v                                                                  |
+--------------------------------------------------------------------+
| ("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"} :shareholder{})  |
| ("player101" :player{age: 36, name: "Tony Parker"} :shareholder{}) |
+--------------------------------------------------------------------+
nebula> LOOKUP ON shareholder YIELD id(vertex);
+-------------+
| id(VERTEX)  |
+-------------+
| "player100" |
| "player101" |
+-------------+

//如果 player100 不再是股东
nebula> DELETE TAG shareholder FROM "player100";
nebula> LOOKUP ON shareholder YIELD id(vertex);
+-------------+
| id(VERTEX)  |
+-------------+
| "player101" |
+-------------+
```

Note

如果插入测试数据后才创建索引，请用 `REBUILD TAG INDEX <index_name_list>;` 语句重建索引。

最后更新: January 7, 2022

2022 vesoft Inc.

4.10 Edge type 语句

4.10.1 CREATE EDGE

`CREATE EDGE` 语句可以通过指定名称创建一个 Edge type。

OpenCypher 兼容性

nGQL 中的 Edge type 和 openCypher 中的关系类型相似，但又有所不同，例如它们的创建方式。

- openCypher 中的关系类型需要在 `CREATE` 语句中与点一起创建。
- nGQL 中的 Edge type 需要使用 `CREATE EDGE` 语句独立创建。Edge type 更像是 MySQL 中的表。

前提条件

执行 `CREATE EDGE` 语句需要当前登录的用户拥有指定图空间的创建 Edge type 权限，否则会报错。

语法

创建 Edge type 前，需要先用 `USE` 语句指定工作空间。

```
CREATE EDGE [IF NOT EXISTS] <edge_type_name>
    (
      <prop_name> <data_type> [NULL | NOT NULL] [DEFAULT <default_value>] [COMMENT '<comment>']
      [{, <prop_name> <data_type> [NULL | NOT NULL] [DEFAULT <default_value>] [COMMENT '<comment>']} ...]
    )
    [TTL_DURATION = <ttl_duration>]
    [TTL_COL = <prop_name>]
    [COMMENT = '<comment>'];
```

参数	说明
`IF NOT EXISTS`	检测待创建的 Edge type 是否存在，只有不存在时，才会创建 Edge type。仅检测 Edge type 的名称，不会检测具体属性。
`<edge_type_name>`	每个图空间内的 Edge type 必须是唯一的。Edge type 名称设置后无法修改。Edge type 名称以英文字母开头，支持 1~4 字节的 UTF-8 编码字符，包括英文字母（区分大小写）、数字、中文等，但是不包括除下划线外的特殊字符。使用特殊字符或保留关键字时，需要用反引号（`）包围，详情参见关键字和保留字。
`<prop_name>`	属性名称。每个 Edge type 中的属性名称必须唯一。属性的命名规则与 Edge type 相同。
`<data_type>`	属性的数据类型，目前支持数值、布尔、字符串以及日期与时间。
`NULL | NOT NULL`	指定属性值是否支持为 `NULL`。默认值为 `NULL`。
`DEFAULT`	指定属性的默认值。默认值可以是一个文字值或 Nebula Graph 支持的表达式。如果插入边时没有指定某个属性的值，则使用默认值。
`COMMENT`	对单个属性或 Edge type 的描述。最大为 256 字节。默认无描述。
`TTL_DURATION`	指定时间戳差值，单位：秒。时间戳差值必须为 64 位非负整数。属性值和时间戳差值之和如果小于当前时间戳，属性就会过期。默认值为 `0`，表示属性永不过期。
`TTL_COL`	指定要设置存活时间的属性。属性的数据类型必须是 `int` 或者 `timestamp`。一个 Edge type 只能指定一个字段为 `TTL_COL`。更多 TTL 的信息请参见 TTL。

示例

```
nebula> CREATE EDGE IF NOT EXISTS follow(degree int);

# 创建没有属性的 Edge type。
nebula> CREATE EDGE IF NOT EXISTS no_property();
```


2022 vesoft Inc.

```
# 创建包含默认值的 Edge type。
nebula> CREATE EDGE IF NOT EXISTS follow_with_default(degree int DEFAULT 20);

# 对字段 p2 设置 TTL 为 100 秒。
nebula> CREATE EDGE IF NOT EXISTS e1(p1 string, p2 int, p3 timestamp) \
        TTL_DURATION = 100, TTL_COL = "p2";
```

最后更新: June 16, 2022

2022 vesoft Inc.

4.10.2 DROP EDGE

`DROP EDGE` 语句可以删除当前工作空间内的指定 Edge type。

一个边只能有一个 Edge type，删除这个 Edge type 后，用户就**无法访问**这个边，下次 Compaction 操作时会删除该边。

删除 Edge type 操作仅删除 Schema 数据，硬盘上的文件或目录不会立刻删除，而是在下一次 Compaction 操作时删除。

前提条件

- 登录的用户必须拥有对应权限才能执行 `DROP EDGE` 语句。详情请参见内置角色权限。
- 确保 Edge type 不包含任何索引，否则 `DROP EDGE` 时会报冲突错误 `[ERROR (-1005)]: Conflict!` 。删除索引请参见 drop index。

语法

```
DROP EDGE [IF EXISTS] <edge_type_name>
```

- `IF EXISTS` ：检测待删除的 Edge type 是否存在，只有存在时，才会删除 Edge type。
- `edge_type_name` ：指定要删除的 Edge type 名称。一次只能删除一个 Edge type。

示例

```
nebula> CREATE EDGE IF NOT EXISTS e1(p1 string, p2 int);
nebula> DROP EDGE e1;
```

最后更新: May 13, 2022

2022 vesoft Inc.

4.10.3 ALTER EDGE

`ALTER EDGE` 语句可以修改 Edge type 的结构。例如增删属性、修改数据类型，也可以为属性设置、修改 TTL（Time-To-Live）。

前提条件

- 登录的用户必须拥有对应权限才能执行 `ALTER EDGE` 语句。详情请参见内置角色权限。
- 确保要修改的属性不包含索引，否则 `ALTER EDGE` 时会报冲突错误 `[ERROR (-1005)]: Conflict!` 。删除索引请参见 drop index。

语法

```
ALTER EDGE <edge_type_name>
    <alter_definition> [, alter_definition] ...]
    [ttl_definition [, ttl_definition] ... ]
    [COMMENT = '<comment>'];

alter_definition:
| ADD    (prop_name data_type)
| DROP   (prop_name)
| CHANGE (prop_name data_type)

ttl_definition:
    TTL_DURATION = ttl_duration, TTL_COL = prop_name
```

- `edge_type_name` ：指定要修改的 Edge type 名称。一次只能修改一个 Edge type。请确保要修改的 Edge type 在当前工作空间中存在，否则会报错。
- 可以在一个 `ALTER EDGE` 语句中使用多个 `ADD` 、 `DROP` 和 `CHANGE` 子句，子句之间用英文逗号（,）分隔。

示例

```
nebula> CREATE EDGE IF NOT EXISTS e1(p1 string, p2 int);
nebula> ALTER EDGE e1 ADD (p3 int, p4 string);
nebula> ALTER EDGE e1 TTL_DURATION = 2, TTL_COL = "p2";
nebula> ALTER EDGE e1 COMMENT = 'edge1';
```

修改 Edge type 说明

尝试使用刚修改的 Edge type 可能会失败，因为修改是异步实现的。为确保数据同步，后续操作能顺利进行，请等待 2 个心跳周期（20 秒）。

如果需要修改心跳间隔，请为所有配置文件修改参数 `heartbeat_interval_secs` 。

最后更新: May 13, 2022

2022 vesoft Inc.

4.10.4 SHOW EDGES

`SHOW EDGES` 语句显示当前图空间内的所有 Edge type 名称。

执行 `SHOW EDGES` 语句不需要任何权限，但是返回结果由登录的用户权限 决定。

语法

```
SHOW EDGES;
```

示例

```
nebula> SHOW EDGES;
+----------+
| Name     |
+----------+
| "follow" |
| "serve"  |
+----------+
```

最后更新: November 25, 2021

2022 vesoft Inc.

4.10.5 DESCRIBE EDGE

`DESCRIBE EDGE` 显示指定 Edge type 的详细信息，例如字段名称、数据类型等。

前提条件

登录的用户必须拥有对应权限才能执行 `DESCRIBE EDGE` 语句。详情请参见内置角色权限。

语法

```
DESC[RIBE] EDGE <edge_type_name>
```

`DESCRIBE` 可以缩写为 `DESC` 。

示例

```
nebula> DESCRIBE EDGE follow;
+----------+---------+-------+---------+---------+
| Field    | Type    | Null  | Default | Comment |
+----------+---------+-------+---------+---------+
| "degree" | "int64" | "YES" |         |         |
+----------+---------+-------+---------+---------+
```

最后更新: November 25, 2021

2022 vesoft Inc.

4.11 点语句

4.11.1 INSERT VERTEX

`INSERT VERTEX` 语句可以在 Nebula Graph 实例的指定图空间中插入一个或多个点。

前提条件

执行 `INSERT VERTEX` 语句需要当前登录的用户拥有指定图空间的插入点权限，否则会报错。

语法

```
INSERT VERTEX [IF NOT EXISTS] [tag_props, [tag_props] ...]
VALUES VID: ([prop_value_list])

tag_props:
  tag_name ([prop_name_list])

prop_name_list:
   [prop_name [, prop_name] ...]

prop_value_list:
   [prop_value [, prop_value] ...]
```

- `IF NOT EXISTS` ：检测待插入的 VID 是否存在，只有不存在时，才会插入，如果已经存在，不会进行修改。

  Note

  - `IF NOT EXISTS` 仅检测 VID + Tag 的值是否相同，不会检测属性值。
  - `IF NOT EXISTS` 会先读取一次数据是否存在，因此对性能会有明显影响。

- `tag_name` ：点关联的 Tag（点类型）。Tag 的创建，详情请参见 CREATE TAG。

  Caution

  Nebula Graph 3.2.0 中支持插入无 Tag 的点。

- `property_name` ：需要设置的属性名称。
- `vid` ：点 ID。在 Nebula Graph 3.2.0 中支持字符串和整数，需要在创建图空间时设置，详情请参见 CREATE SPACE。
- `property_value` ：根据 `prop_name_list` 填写属性值。如果没有填写属性值，而 Tag 中对应的属性设置为 `NOT NULL` ，会返回错误。详情请参见 CREATE TAG。

  Caution

  `INSERT VERTEX` 与 openCypher 中 `CREATE` 的语意不同：

- `INSERT VERTEX` 语意更接近于 NoSQL(key-value) 方式的 INSERT 语意，或者 SQL 中的 `UPSERT` （`UPDATE` or `INSERT` ）。
- 相同 `VID` 和 `TAG` 的情况下，如果没有使用 `IF NOT EXISTS` ，新写入的数据会覆盖旧数据，不存在时会新写入。
- 相同 `VID` 但不同 `TAG` 的情况下，不同 TAG 对应的记录不会相互覆盖，不存在会新写入。

参考以下示例。

2022 vesoft Inc.

示例

```
# 插入不包含 Tag 的点。
nebula> INSERT VERTEX VALUES "1":();

# 插入不包含属性的点。
nebula> CREATE TAG IF NOT EXISTS t1();
nebula> INSERT VERTEX t1() VALUES "10":();
```

```
nebula> CREATE TAG IF NOT EXISTS t2 (name string, age int);
nebula> INSERT VERTEX t2 (name, age) VALUES "11":("n1", 12);

# 创建失败，因为"a13"不是 int 类型。
nebula> INSERT VERTEX t2 (name, age) VALUES "12":("n1", "a13");

# 一次插入 2 个点。
nebula> INSERT VERTEX t2 (name, age) VALUES "13":("n3", 12), "14":("n4", 8);
```

```
nebula> CREATE TAG IF NOT EXISTS t3(p1 int);
nebula> CREATE TAG IF NOT EXISTS t4(p2 string);

# 一次插入两个 Tag 的属性到同一个点。
nebula> INSERT VERTEX  t3 (p1), t4(p2) VALUES "21": (321, "hello");
```

一个点可以多次插入属性值，以最后一次为准。

```
# 多次插入属性值。
nebula> INSERT VERTEX t2 (name, age) VALUES "11":("n2", 13);
nebula> INSERT VERTEX t2 (name, age) VALUES "11":("n3", 14);
nebula> INSERT VERTEX t2 (name, age) VALUES "11":("n4", 15);
nebula> FETCH PROP ON t2 "11" YIELD properties(vertex);
+-----------------------+
| properties(VERTEX)    |
+-----------------------+
| {age: 15, name: "n4"} |
+-----------------------+
```

```
nebula> CREATE TAG IF NOT EXISTS t5(p1 fixed_string(5) NOT NULL, p2 int, p3 int DEFAULT NULL);
nebula> INSERT VERTEX t5(p1, p2, p3) VALUES "001":("Abe", 2, 3);

# 插入失败，因为属性 p1 不能为 NULL。
nebula> INSERT VERTEX t5(p1, p2, p3) VALUES "002":(NULL, 4, 5);
[ERROR (-1009)]: SemanticError: No schema found for `t5'

# 属性 p3 为默认值 NULL。
nebula> INSERT VERTEX t5(p1, p2) VALUES "003":("cd", 5);
nebula> FETCH PROP ON t5 "003" YIELD properties(vertex);
+---------------------------------+
| properties(VERTEX)              |
+---------------------------------+
| {p1: "cd", p2: 5, p3: __NULL__} |
+---------------------------------+

# 属性 p1 最大长度为 5，因此会被截断。
nebula> INSERT VERTEX t5(p1, p2) VALUES "004":("shalalalala", 4);
nebula> FETCH PROP on t5 "004" YIELD properties(vertex);
+-----------------------------------+
| properties(VERTEX)                |
+-----------------------------------+
| {p1: "shala", p2: 4, p3: __NULL__} |
+-----------------------------------+
```

使用 `IF NOT EXISTS` 插入已存在的点时，不会进行修改。

```
# 插入点 1。
nebula> INSERT VERTEX t2 (name, age) VALUES "1":("n2", 13);

# 使用 IF NOT EXISTS 修改点 1，因为点 1 已存在，不会进行修改。
nebula> INSERT VERTEX IF NOT EXISTS t2 (name, age) VALUES "1":("n3", 14);
nebula> FETCH PROP ON t2 "1" YIELD properties(vertex);
+-----------------------+
| properties(VERTEX)    |
+-----------------------+
| {age: 13, name: "n2"} |
+-----------------------+
```

最后更新: May 13, 2022

2022 vesoft Inc.

4.11.2 DELETE VERTEX

`DELETE VERTEX` 语句可以删除点，但是默认不删除该点关联的出边和入边。

> **Compatibility**
>
> Nebula Graph 2.x 默认删除点及关联该点的出边和入，Nebula Graph 3.2.0 默认只删除点，不删除该点关联的出边和入边，此时将默认存在悬挂边。

`DELETE VERTEX` 语句一次可以删除一个或多个点。用户可以结合管道符一起使用，详情请参见管道符。

> **Note**

- `DELETE VERTEX` 是直接删除点，不删除关联的边。
- `DELETE TAG` 是删除指定点上的指定 Tag。

语法

```
DELETE VERTEX <vid> [ , <vid> ... ] [WITH EDGE];
```

- `WITH EDGE`：删除该点关联的出边和入边。

示例

```
# 删除 VID 为 `team1` 的点，不删除该点关联的出边和入边。
nebula> DELETE VERTEX "team1";

# 删除 VID 为 `team1` 的点，并删除该点关联的出边和入边。
nebula> DELETE VERTEX "team1" WITH EDGE;
```

```
# 结合管道符，删除符合条件的点。
nebula> GO FROM "player100" OVER serve WHERE properties(edge).start_year == "2021" YIELD dst(edge) AS id | DELETE VERTEX $-.id;
```

删除过程

Nebula Graph 找到目标点并删除，该目标点的所有邻边（出边和入边）将成为悬挂边。

> **Caution**

- 不支持原子性删除，如果发生错误请重试，避免出现部分删除的情况。否则会导致悬挂边。
- 删除超级节点耗时较多，为避免删除完成前连接超时，可以调整 `nebula-graphd.conf` 中的参数 `--storage_client_timeout_ms` 延长超时时间。

悬挂边视频

- Nebula Graph 的悬挂边小科普（2 分 28 秒）

最后更新: March 21, 2022

2022 vesoft Inc.

4.11.3 UPDATE VERTEX

`UPDATE VERTEX` 语句可以修改点上 Tag 的属性值。

Nebula Graph 支持 CAS（compare and set）操作。

Note

一次只能修改一个 Tag。

语法

```
UPDATE VERTEX ON <tag_name> <vid>
SET <update_prop>
[WHEN <condition>]
[YIELD <output>]
```

参数	是否必须	说明	示例
`ON <tag_name>`	是	指定点的 Tag。要修改的属性必须在这个 Tag 内。	`ON player`
`<vid>`	是	指定要修改的点 ID。	`"player100"`
`SET <update_prop>`	是	指定如何修改属性值。	`SET age = age +1`
`WHEN <condition>`	否	指定过滤条件。如果 `<condition>` 结果为 `false`， `SET` 子句不会生效。	`WHEN name == "Tim"`
`YIELD <output>`	否	指定语句的输出格式。	`YIELD name AS Name`

示例

```
// 查看点”player101“的属性。
nebula> FETCH PROP ON player "player101" YIELD properties(vertex);
+--------------------------------+
| properties(VERTEX)             |
+--------------------------------+
| {age: 36, name: "Tony Parker"} |
+--------------------------------+

// 修改属性 age 的值，并返回 name 和新的 age。
nebula> UPDATE VERTEX ON player "player101" \
        SET age = age + 2 \
        WHEN name == "Tony Parker" \
        YIELD name AS Name, age AS Age;
+---------------+-----+
| Name          | Age |
+---------------+-----+
| "Tony Parker" | 38  |
+---------------+-----+
```

最后更新: December 8, 2021

2022 vesoft Inc.

4.11.4 UPSERT VERTEX

`UPSERT VERTEX` 语句结合 `UPDATE` 和 `INSERT`，如果点存在，会修改点的属性值；如果点不存在，会插入新的点。

Note

`UPSERT VERTEX` 一次只能修改一个 Tag。

`UPSERT VERTEX` 性能远低于 `INSERT`，因为 `UPSERT` 是一组分片级别的读取、修改、写入操作。

Danger

禁止在高并发写操作的情况下使用 `UPSERT` 语句，请使用 `UPDATE` 或 `INSERT` 代替。

语法

```
UPSERT VERTEX ON <tag> <vid>
SET <update_prop>
[WHEN <condition>]
[YIELD <output>]
```

参数	是否必须	说明	示例
`ON <tag>`	是	指定点的 Tag。要修改的属性必须在这个 Tag 内。	`ON player`
`<vid>`	是	指定要修改或插入的点 ID。	`"player100"`
`SET <update_prop>`	是	指定如何修改属性值。	`SET age = age +1`
`WHEN <condition>`	否	指定过滤条件。	`WHEN name == "Tim"`
`YIELD <output>`	否	指定语句的输出格式。	`YIELD name AS Name`

插入不存在的点

如果点不存在，无论 `WHEN` 子句的条件是否满足，都会插入点，同时执行 `SET` 子句，因此新插入的点的属性值取决于：

- `SET` 子句。
- 属性是否有默认值。

例如：

- 要插入的点包含基于 Tag `player` 的属性 `name` 和 `age`。
- `SET` 子句指定 `age=30`。

不同情况下的属性值如下表。

是否满足 `WHEN` 子句条件	属性是否有默认值	`name` 属性值	`age` 属性值
是	是	默认值	`30`
是	否	`NULL`	`30`
否	是	默认值	`30`
否	否	`NULL`	`30`

2022 vesoft Inc.

示例如下：

```
// 查看三个点是否存在，结果 “Empty set” 表示顶点不存在。
nebula> FETCH PROP ON * "player666", "player667", "player668" YIELD properties(vertex);
+--------------------+
| properties(VERTEX) |
+--------------------+
+--------------------+
Empty set

nebula> UPSERT VERTEX ON player "player666" \
        SET age = 30 \
        WHEN name == "Joe" \
        YIELD name AS Name, age AS Age;
+----------+----------+
| Name     | Age      |
+----------+----------+
| __NULL__ | 30       |
+----------+----------+

nebula> UPSERT VERTEX ON player "player666" \
        SET age = 31 \
        WHEN name == "Joe" \
        YIELD name AS Name, age AS Age;
+----------+-----+
| Name     | Age |
+----------+-----+
| __NULL__ | 30  |
+----------+-----+

nebula> UPSERT VERTEX ON player "player667" \
        SET age = 31 \
        YIELD name AS Name, age AS Age;
+----------+-----+
| Name     | Age |
+----------+-----+
| __NULL__ | 31  |
+----------+-----+

nebula> UPSERT VERTEX ON player "player668" \
        SET name = "Amber", age = age + 1 \
        YIELD name AS Name, age AS Age;
+---------+----------+
| Name    | Age      |
+---------+----------+
| "Amber" | __NULL__ |
+---------+----------+
```

上面最后一个示例中，因为 age 没有默认值，插入点时， `age` 默认值为 `NULL` ，执行 `age = age + 1` 后仍为 `NULL` 。如果 age 有默认值，则 `age = age + 1` 可以正常执行，例如：

```
nebula> CREATE TAG IF NOT EXISTS player_with_default(name string, age int DEFAULT 20);
Execution succeeded

nebula> UPSERT VERTEX ON player_with_default "player101" \
        SET age = age + 1 \
        YIELD name AS Name, age AS Age;

+----------+-----+
| Name     | Age |
+----------+-----+
| __NULL__ | 21  |
+----------+-----+
```

修改存在的点

如果点存在，且满足 `WHEN` 子句的条件，就会修改点的属性值。

```
nebula> FETCH PROP ON player "player101" YIELD properties(vertex);
+--------------------------------+
| properties(VERTEX)             |
+--------------------------------+
| {age: 36, name: "Tony Parker"} |
+--------------------------------+

nebula> UPSERT VERTEX ON player "player101" \
        SET age = age + 2 \
        WHEN name == "Tony Parker" \
        YIELD name AS Name, age AS Age;
+---------------+-----+
| Name          | Age |
+---------------+-----+
| "Tony Parker" | 38  |
+---------------+-----+
```


2022 vesoft Inc.

如果点存在，但是不满足 `WHEN` 子句的条件，修改不会生效。

```
nebula> FETCH PROP ON player "player101" YIELD properties(vertex);
+--------------------------------+
| properties(VERTEX)             |
+--------------------------------+
| {age: 38, name: "Tony Parker"} |
+--------------------------------+

nebula> UPSERT VERTEX ON player "player101" \
        SET age = age + 2 \
        WHEN name == "Someone else" \
        YIELD name AS Name, age AS Age;
+--------------+-----+
| Name         | Age |
+--------------+-----+
| "Tony Parker" | 38  |
+--------------+-----+
```

最后更新: December 8, 2021

2022 vesoft Inc.

4.12 边语句

4.12.1 INSERT EDGE

`INSERT EDGE` 语句可以在 Nebula Graph 实例的指定图空间中插入一条或多条边。边是有方向的，从起始点（src_vid）到目的点（dst_vid）。

`INSERT EDGE` 的执行方式为覆盖式插入。如果已有 Edge type、起点、终点、rank 都相同的边，则**覆盖**原边。

语法

```
INSERT EDGE [IF NOT EXISTS] <edge_type> ( <prop_name_list> ) VALUES
<src_vid> -> <dst_vid>[@<rank>] : ( <prop_value_list> )
[, <src_vid> -> <dst_vid>[@<rank>] : ( <prop_value_list> ), ...];

<prop_name_list> ::=
  [ <prop_name> [, <prop_name> ] ...]

<prop_value_list> ::=
  [ <prop_value> [, <prop_value> ] ...]
```

- `IF NOT EXISTS`：用户可以使用 `IF NOT EXISTS` 关键字检测待插入的边是否存在，只有不存在时，才会插入。

  Note

  - `IF NOT EXISTS` 仅检测<边的类型、起始点、目的点和 rank>是否存在，不会检测属性值是否重合。
  - `IF NOT EXISTS` 会先读取一次数据是否存在，因此对性能会有明显影响。

- `<edge_type>`：边关联的 Edge type，只能指定一个 Edge type。Edge type 必须提前创建，详情请参见 CREATE EDGE。
- `<prop_name_list>`：需要设置的属性名称列表。
- `src_vid`：起始点 ID，表示边的起点。
- `dst_vid`：目的点 ID，表示边的终点。
- `rank`：可选项。边的 rank 值。默认值为 `0`。

  openCypher 兼容性

  openCypher 中没有 rank 的概念。

- `<prop_value_list>`：根据 `prop_name_list` 填写属性值。如果属性值和 Edge type 中的数据类型不匹配，会返回错误。如果没有填写属性值，而 Edge type 中对应的属性设置为 `NOT NULL`，也会返回错误。详情请参见 CREATE EDGE。

示例

```
# 插入不包含属性的边。
nebula> CREATE EDGE IF NOT EXISTS e1();
nebula> INSERT EDGE e1 () VALUES "10"->"11":();

# 插入 rank 为 1 的边。
nebula> INSERT EDGE e1 () VALUES "10"->"11"@1:();
```

```
nebula> CREATE EDGE IF NOT EXISTS e2 (name string, age int);
nebula> INSERT EDGE e2 (name, age) VALUES "11"->"13":("n1", 1);

# 一次插入 2 条边。
nebula> INSERT EDGE e2 (name, age) VALUES \
        "12"->"13":("n1", 1), "13"->"14":("n2", 2);
```


2022 vesoft Inc.

```
# 创建失败，因为"a13"不是 int 类型。
nebula> INSERT EDGE e2 (name, age) VALUES "11"->"13":("n1", "a13");
```

一条边可以多次插入属性值，以最后一次为准。

```
# 多次插入属性值。
nebula> INSERT EDGE e2 (name, age) VALUES "11"->"13":("n1", 12);
nebula> INSERT EDGE e2 (name, age) VALUES "11"->"13":("n1", 13);
nebula> INSERT EDGE e2 (name, age) VALUES "11"->"13":("n1", 14);
nebula> FETCH PROP ON e2 "11"->"13" YIELD edge AS e;
+----------------------------------------+
| e                                      |
+----------------------------------------+
| [:e2 "11"->"13" @0 {age: 14, name: "n1"}] |
+----------------------------------------+
```

使用 `IF NOT EXISTS` 插入已存在的边时，不会进行修改。

```
# 插入边。
nebula> INSERT EDGE e2 (name, age) VALUES "14"->"15"@1:("n1", 12);
# 使用 IF NOT EXISTS 修改边，因为边已存在，不会进行修改。
nebula> INSERT EDGE IF NOT EXISTS e2 (name, age) VALUES "14"->"15"@1:("n2", 13);
nebula> FETCH PROP ON e2 "14"->"15"@1 YIELD edge AS e;
+----------------------------------------+
| e                                      |
+----------------------------------------+
| [:e2 "14"->"15" @1 {age: 12, name: "n1"}] |
+----------------------------------------+
```

Note

- Nebula Graph 3.2.0 允许存在悬挂边（Dangling edge）。因此可以在起点或者终点存在前，先写边；此时就可以通过 `<edgetype>._src` 或 `<edgetype>._dst` 获取到（尚未写入的）点 VID（不建议这样使用）。
- 目前还不能保证操作的原子性，如果失败请重试，否则会发生部分写入。此时读取该数据的行为是未定义的。
- 并发写入同一条边会报 `edge conflict` 错误，可稍后重试。
- `边的 INSERT 速度` 大约是点的 INSERT 速度一半。原因是 INSERT 边会对应 storaged 的两个 INSERT， `INSERT 点` 对应 storaged 的一个 INSERT。

最后更新: May 13, 2022

2022 vesoft Inc.

4.12.2 DELETE EDGE

`DELETE EDGE` 语句可以删除边。一次可以删除一条或多条边。用户可以结合管道符一起使用，详情请参见管道符。

如果需要删除一个点的所有出边，请删除这个点。详情请参见 DELETE VERTEX。

语法

```
DELETE EDGE <edge_type> <src_vid> -> <dst_vid>[@<rank>] [, <src_vid> -> <dst_vid>[@<rank>] ...]
```

Caution

如果不指定 rank，则仅仅删除 rank 为 0 的边。需要删除所有的 rank，见如下示例。

示例

```
nebula> DELETE EDGE serve "player100" -> "team204"@0;
```

```
# 结合管道符，删除两点之间同类型的所有rank的边。
nebula> GO FROM "player100" OVER follow \
        WHERE dst(edge) == "team204" \
        YIELD src(edge) AS src, dst(edge) AS dst, rank(edge) AS rank \
        | DELETE EDGE follow $-.src -> $-.dst @ $-.rank;
```

最后更新: March 7, 2022

2022 vesoft Inc.

4.12.3 UPDATE EDGE

`UPDATE EDGE` 语句可以修改边上 Edge type 的属性。

Nebula Graph 支持 CAS（compare and swap）操作。

语法

```
UPDATE EDGE ON <edge_type>
<src_vid> -> <dst_vid> [@<rank>]
SET <update_prop>
[WHEN <condition>]
[YIELD <output>]
```

参数	是否必须	说明	示例
`ON <edge_type>`	是	指定 Edge type。要修改的属性必须在这个 Edge type 内。	`ON serve`
`<src_vid>`	是	指定边的起始点 ID。	`"player100"`
`<dst_vid>`	是	指定边的目的点 ID。	`"team204"`
`<rank>`	否	指定边的 rank 值。	`10`
`SET <update_prop>`	是	指定如何修改属性值。	`SET start_year = start_year +1`
`WHEN <condition>`	否	指定过滤条件。如果 `<condition>` 结果为 `false`， `SET` 子句不会生效。	`WHEN end_year < 2010`
`YIELD <output>`	否	指定语句的输出格式。	`YIELD start_year AS Start_Year`

示例

```
// 用 GO 语句查看边的属性值。
nebula> GO FROM "player100" \
        OVER serve \
        YIELD properties(edge).start_year, properties(edge).end_year;
+------------------+----------------+
| serve.start_year | serve.end_year |
+------------------+----------------+
| 1997             | 2016           |
+------------------+----------------+

// 修改属性 start_year 的值，并返回 end_year 和新的 start_year。

nebula> UPDATE EDGE ON serve "player100" -> "team204"@0 \
        SET start_year = start_year + 1 \
        WHEN end_year > 2010 \
        YIELD start_year, end_year;
+------------+----------+
| start_year | end_year |
+------------+----------+
| 1998       | 2016     |
+------------+----------+
```

最后更新: November 25, 2021

2022 vesoft Inc.

4.12.4 UPSERT EDGE

`UPSERT EDGE` 语句结合 `UPDATE` 和 `INSERT`，如果边存在，会更新边的属性；如果边不存在，会插入新的边。

`UPSERT EDGE` 性能远低于 `INSERT`，因为 `UPSERT` 是一组分片级别的读取、修改、写入操作。

Danger

禁止在高并发写操作的情况下使用 `UPSERT` 语句，请使用 `UPDATE` 或 `INSERT` 代替。

语法

```
UPSERT EDGE ON <edge_type>
<src_vid> -> <dst_vid> [@rank]
SET <update_prop>
[WHEN <condition>]
[YIELD <properties>]
```

参数	是否必须	说明	示例
`ON <edge_type>`	是	指定 Edge type。要修改的属性必须在这个 Edge type 内。	`ON serve`
`<src_vid>`	是	指定边的起始点 ID。	`"player100"`
`<dst_vid>`	是	指定边的目的点 ID。	`"team204"`
`<rank>`	否	指定边的 rank 值。	`10`
`SET <update_prop>`	是	指定如何修改属性值。	`SET start_year = start_year +1`
`WHEN <condition>`	否	指定过滤条件。	`WHEN end_year < 2010`
`YIELD <output>`	否	指定语句的输出格式。	`YIELD start_year AS Start_Year`

插入不存在的边

如果边不存在，无论 `WHEN` 子句的条件是否满足，都会插入边，同时执行 `SET` 子句，因此新插入的边的属性值取决于：

- `SET` 子句。
- 属性是否有默认值。

例如：

- 要插入的边包含基于 Edge type `serve` 的属性 `start_year` 和 `end_year`。
- `SET` 子句指定 `end_year = 2021`。

不同情况下的属性值如下表。

是否满足 `WHEN` 子句条件	属性是否有默认值	`start_year` 属性值	`end_year` 属性值
是	是	默认值	`2021`
是	否	`NULL`	`2021`
否	是	默认值	`2021`
否	否	`NULL`	`2021`

2022 vesoft Inc.

示例如下：

```
// 查看如下三个点是否有 serve 类型的出边，结果 “Empty set” 表示没有 serve 类型的出边。
nebula> GO FROM "player666", "player667", "player668" \
        OVER serve \
        YIELD properties(edge).start_year, properties(edge).end_year;
+----------------------------+--------------------------+
| properties(EDGE).start_year | properties(EDGE).end_year |
+----------------------------+--------------------------+
+----------------------------+--------------------------+
Empty set

nebula> UPSERT EDGE on serve \
        "player666" -> "team200"@0 \
        SET end_year = 2021 \
        WHEN end_year == 2010 \
        YIELD start_year, end_year;
+------------+----------+
| start_year | end_year |
+------------+----------+
| __NULL__   | 2021     |
+------------+----------+

nebula> UPSERT EDGE on serve \
        "player666" -> "team200"@0 \
        SET end_year = 2022 \
        WHEN end_year == 2010 \
        YIELD start_year, end_year;
+------------+----------+
| start_year | end_year |
+------------+----------+
| __NULL__   | 2021     |
+------------+----------+

nebula> UPSERT EDGE on serve \
        "player667" -> "team200"@0 \
        SET end_year = 2022 \
        YIELD start_year, end_year;
+------------+----------+
| start_year | end_year |
+------------+----------+
| __NULL__   | 2022     |
+------------+----------+

nebula> UPSERT EDGE on serve \
        "player668" -> "team200"@0 \
        SET start_year = 2000, end_year = end_year + 1 \
        YIELD start_year, end_year;
+------------+----------+
| start_year | end_year |
+------------+----------+
| 2000       | __NULL__ |
+------------+----------+
```

上面最后一个示例中，因为 `end_year` 没有默认值，插入边时，`end_year` 默认值为 `NULL`，执行 `end_year = end_year + 1` 后仍为 `NULL`。如果 `end_year` 有默认值，则 `end_year = end_year + 1` 可以正常执行，例如：

```
nebula> CREATE EDGE IF NOT EXISTS serve_with_default(start_year int, end_year int DEFAULT 2010);
Execution succeeded

nebula> UPSERT EDGE on serve_with_default \
        "player668" -> "team200" \
        SET end_year = end_year + 1 \
        YIELD start_year, end_year;
+------------+----------+
| start_year | end_year |
+------------+----------+
| __NULL__   | 2011     |
+------------+----------+
```

修改存在的边

如果边存在，且满足 `WHEN` 子句的条件，就会修改边的属性值。

```
nebula> MATCH (v:player{name:"Ben Simmons"})-[e:serve]-(v2) \
        RETURN e;
+----------------------------------------------------------------------+
| e                                                                    |
+----------------------------------------------------------------------+
| [:serve "player149"->"team219" @0 {end_year: 2019, start_year: 2016}] |
+----------------------------------------------------------------------+

nebula> UPSERT EDGE on serve \
        "player149" -> "team219" \
        SET end_year = end_year + 1 \
        WHEN start_year == 2016 \
```


2022 vesoft Inc.

```
        YIELD start_year, end_year;
+------------+----------+
| start_year | end_year |
+------------+----------+
| 2016       | 2020     |
+------------+----------+
```

如果边存在，但是不满足 `WHEN` 子句的条件，修改不会生效。

```
nebula> MATCH (v:player{name:"Ben Simmons"})-[e:serve]-(v2) \
        RETURN e;
+----------------------------------------------------------------------+
| e                                                                    |
+----------------------------------------------------------------------+
| [:serve "player149"->"team219" @0 {end_year: 2020, start_year: 2016}] |
+----------------------------------------------------------------------+

nebula> UPSERT EDGE on serve \
        "player149" -> "team219" \
        SET end_year = end_year + 1 \
        WHEN start_year != 2016 \
        YIELD start_year, end_year;
+------------+----------+
| start_year | end_year |
+------------+----------+
| 2016       | 2020     |
+------------+----------+
```

最后更新: December 8, 2021

2022 vesoft Inc.

4.13 原生索引

4.13.1 索引介绍

Nebula Graph 支持两种类型索引：原生索引和全文索引。

和一般数据库意义上的索引概念不同，Nebula Graph中的索引没有加速查询的功能，是用于定位到数据的必要前置条件。

原生索引

原生索引可以基于指定的属性查询数据，有如下特点：

- 包括 Tag 索引和 Edge type 索引。
- 必须手动重建索引（`REBUILD INDEX`）。
- 支持创建同一个 Tag 或 Edge type 的多个属性的索引（复合索引），但是不能跨 Tag 或 Edge type。

原生索引操作

- CREATE INDEX
- SHOW CREATE INDEX
- SHOW INDEXES
- DESCRIBE INDEX
- REBUILD INDEX
- SHOW INDEX STATUS
- DROP INDEX
- LOOKUP
- MATCH

全文索引

全文索引是基于Elastic Search来实现的，用于对字符串属性进行前缀搜索、通配符搜索、正则表达式搜索和模糊搜索，有如下特点：

- 只允许创建一个属性的索引。
- 只能创建指定长度（不超过 256 字节）字符串的索引。
- 不支持逻辑操作，例如`AND`、`OR`、`NOT`。

Note

如果需要进行整个字符串的匹配，请使用原生索引。

全文索引操作

在对全文索引执行任何操作之前，请确保已经部署全文索引。详情请参见部署全文索引 和部署 listener。

部署完成后，Elasticsearch 集群上会自动创建全文索引。不支持重建或修改全文索引。如果需要删除全文索引，请在 Elasticsearch 集群上手动删除。

使用全文索引请参见使用全文索引查询。

2022 vesoft Inc.

没有 NULL 值索引

不支持对值为 NULL 的属性创建索引。

没有唯一索引

在 Cypher 中，可以通过 Constrains 实现属性值的唯一性限制。在 MySQL 中，可以建立唯一索引来限制某字段只有唯一值。在 nGQL 中没有属性的唯一索引（用户自行保证属性值的唯一性）。

数字、日期和时间类型的范围查询

原生索引还支持对数字、日期和时间类型的属性进行范围查询，不支持其他属性类型的范围查询。

最后更新: March 7, 2022

2022 vesoft Inc.

4.13.2 CREATE INDEX

前提条件

创建索引之前，请确保相关的 Tag 或 Edge type 已经创建。如何创建 Tag 和 Edge type，请参见 CREATE TAG 和 CREATE EDGE。

如何创建全文索引，请参见部署全文索引。

使用索引必读

索引的概念和使用限制都较为复杂。索引配合 `LOOKUP` 和 `MATCH` 语句使用。

`CREATE INDEX` 语句用于对 Tag、EdgeType 或其属性创建原生索引。通常分别称为“Tag 索引”、“Edge type 索引”和“属性索引”。

- Tag 索引和 Edge type 索引应用于和 Tag、Edge type 自身相关的查询，例如用 `LOOKUP` 查找有 Tag `player` 的所有点。
- “属性索引”应用于基于属性的查询，例如基于属性 `age` 找到 `age == 19` 的所有的点。

如果已经为 Tag `T` 的属性 `A` 建立过属性索引 `i_TA`，索引之间的可替代关系如下（Edge type 索引同理）：

- 查询引擎可以使用 `i_TA` 来替代 `i_T`。
- 在 `MATCH` 语句中 `i_T` 不能替代 `i_TA` 用于属性查找。
- 在 `LOOKUP` 语句中 `i_T` 可能替代 `i_TA` 用于属性查找。

> **版本兼容性**
>
> 在此前的版本中，`LOOKUP` 语句中的 Tag 或 Edge type 索引不可替代属性索引用于属性查找。

使用替代索引进行查询虽然能获得相同的结果，但查询性能会根据选择的索引有所区别。

> **Caution**
>
> 不要任意在生产环境中使用索引，除非很清楚使用索引对业务的影响。索引会导致写性能下降 90%甚至更多。
>
> 索引并不用于查询加速。只用于：根据属性定位到点或边，或者统计点边数量。
>
> 长索引会降低 Storage 服务的扫描性能，以及占用更多内存。建议将索引长度设置为和要被索引的最长字符串相同。索引长度最长为 256。

如果必须使用索引，通常按照如下步骤：

1. 初次导入数据至 Nebula Graph。
2. 创建索引。
3. 重建索引。
4. 使用 LOOKUP 或 MATCH 语句查询数据。不需要（也无法）指定使用哪个索引，Nebula Graph 会自动计算。

2022 vesoft Inc.

Note

如果先创建索引再导入数据，会因为写性能的下降导致导入速度极慢。

日常增量写入时保持 `--disable_auto_compaction = false`。

新创建的索引并不会立刻生效。创建新的索引并尝试立刻使用（例如 `LOOKUP` 或者 `REBUILD INDEX`）通常会失败（报错 `can't find xxx in the space`）。因为创建步骤是异步实现的，Nebula Graph 要在下一个心跳周期才能完成索引的创建。为确保数据同步，后续操作能顺利进行，请等待 2 个心跳周期（20 秒）。如果需要修改心跳间隔，请为所有配置文件修改参数 `heartbeat_interval_secs`。

Danger

创建索引，或者删除并再次创建同名索引后，必须 `REBUILD INDEX`。否则无法在 `MATCH` 和 `LOOKUP` 语句中返回这些数据。

语法

```
CREATE {TAG | EDGE} INDEX [IF NOT EXISTS] <index_name> ON {<tag_name> | <edge_name>} ([<prop_name_list>]) [COMMENT '<comment>'];
```

参数	说明
`TAG | EDGE`	指定要创建的索引类型。
`IF NOT EXISTS`	检测待创建的索引是否存在，只有不存在时，才会创建索引。
`<index_name>`	索引名。索引名在一个图空间中必须是唯一的。推荐的命名方式为 `i_tagName_propName`。索引名称以英文字母开头，支持 1~4 字节的 UTF-8 编码字符，包括英文字母（区分大小写）、数字、中文等，但是不包括除下划线外的特殊字符。使用特殊字符或保留关键字时，需要用反引号（`）包围，详情参见关键字和保留字。
`<tag_name> | <edge_name>`	指定索引关联的 Tag 或 Edge 名称。
`<prop_name_list>`	为**变长**字符串属性创建索引时，必须用 `prop_name(length)` 指定索引长度；为 Tag 或 Edge type 本身创建索引时，忽略 `<prop_name_list>`。
`COMMENT`	索引的描述。最大为 256 字节。默认无描述。

创建 Tag/Edge type 索引

```
nebula> CREATE TAG INDEX player_index on player();
```

```
nebula> CREATE EDGE INDEX follow_index on follow();
```

为 Tag 或 Edge type 创建索引后，用户可以使用 `LOOKUP` 语句查找 `带有该 Tag 的` 所有点的 VID，或者 `所有该类型的边` 的 `对应起始点 VID、目的点 VID、以及 rank`。详情请参见 LOOKUP。

创建单属性索引

```
nebula> CREATE TAG INDEX IF NOT EXISTS player_index_0 on player(name(10));
```

上述示例是为所有包含 Tag `player` 的点创建属性 `name` 的索引，索引长度为 10。即只使用属性 `name` 的前 10 个字符来创建索引。

```
# 变长字符串需要指定索引长度。
nebula> CREATE TAG IF NOT EXISTS var_string(p1 string);
nebula> CREATE TAG INDEX IF NOT EXISTS var ON var_string(p1(10));

# 定长字符串不需要指定索引长度。
nebula> CREATE TAG IF NOT EXISTS fix_string(p1 FIXED_STRING(10));
nebula> CREATE TAG INDEX IF NOT EXISTS fix ON fix_string(p1);
```

```
nebula> CREATE EDGE INDEX IF NOT EXISTS follow_index_0 on follow(degree);
```


2022 vesoft Inc.

创建复合属性索引

`复合属性索引` 用于查找一个 Tag（或者 Edge type) 中的多个属性（的组合）。

```
nebula> CREATE TAG INDEX IF NOT EXISTS player_index_1 on player(name(10), age);
```

Caution

不支持跨 Tag 或 Edge type 创建复合索引。

Note

使用复合属性索引时，遵循"最左匹配原则"，必须从复合属性索引的最左侧开始匹配。

最后更新: May 13, 2022

2022 vesoft Inc.

4.13.3 SHOW INDEXES

`SHOW INDEXES` 语句可以列出当前图空间内的所有 Tag 和 Edge type（包括属性）的索引。

语法

```
SHOW {TAG | EDGE} INDEXES;
```

示例

```
nebula> SHOW TAG INDEXES;
+------------------+--------------+-----------------+
| Index Name       | By Tag       | Columns         |
+------------------+--------------+-----------------+
| "fix"            | "fix_string" | ["p1"]          |
| "player_index_0" | "player"     | ["name"]        |
| "player_index_1" | "player"     | ["name", "age"] |
| "var"            | "var_string" | ["p1"]          |
+------------------+--------------+-----------------+

nebula> SHOW EDGE INDEXES;
+----------------+----------+---------+
| Index Name     | By Edge  | Columns |
+----------------+----------+---------+
| "follow_index" | "follow" | []      |
+----------------+----------+---------+
```

最后更新: March 7, 2022

2022 vesoft Inc.

4.13.4 SHOW CREATE INDEX

`SHOW CREATE INDEX` 展示创建 Tag 或者 Edge type 时使用的 nGQL 语句，其中包含索引的详细信息，例如其关联的属性。

语法

```
SHOW CREATE {TAG | EDGE} INDEX <index_name>;
```

示例

用户可以先运行 `SHOW TAG INDEXES` 查看有哪些 Tag 索引，然后用 `SHOW CREATE TAG INDEX` 查看指定索引的创建信息。

```
nebula> SHOW TAG INDEXES;
+------------------+----------+----------+
| Index Name       | By Tag   | Columns  |
+------------------+----------+----------+
| "player_index_0" | "player" | []       |
| "player_index_1" | "player" | ["name"] |
+------------------+----------+----------+

nebula> SHOW CREATE TAG INDEX player_index_1;
+------------------+-----------------------------------------------+
| Tag Index Name   | Create Tag Index                              |
+------------------+-----------------------------------------------+
| "player_index_1" | "CREATE TAG INDEX `player_index_1` ON `player` ( |
|                  |  `name`(20)                                   |
|                  | )"                                            |
+------------------+-----------------------------------------------+
```

Edge type 索引可以用类似的方法查询：

```
nebula> SHOW EDGE INDEXES;
+----------------+----------+---------+
| Index Name     | By Edge  | Columns |
+----------------+----------+---------+
| "follow_index" | "follow" | []      |
+----------------+----------+---------+

nebula> SHOW CREATE EDGE INDEX follow_index;
+-----------------+-----------------------------------------------+
| Edge Index Name | Create Edge Index                             |
+-----------------+-----------------------------------------------+
| "follow_index"  | "CREATE EDGE INDEX `follow_index` ON `follow` ( |
|                 | )"                                            |
+-----------------+-----------------------------------------------+
```

最后更新: March 7, 2022

2022 vesoft Inc.

4.13.5 DESCRIBE INDEX

`DESCRIBE INDEX` 语句可以查看指定索引的信息，包括索引的属性名称（Field）和数据类型（Type）。

语法

```
DESCRIBE {TAG | EDGE} INDEX <index_name>;
```

示例

```
nebula> DESCRIBE TAG INDEX player_index_0;
+--------+--------------------+
| Field  | Type               |
+--------+--------------------+
| "name" | "fixed_string(30)" |
+--------+--------------------+

nebula> DESCRIBE TAG INDEX player_index_1;
+--------+--------------------+
| Field  | Type               |
+--------+--------------------+
| "name" | "fixed_string(10)" |
| "age"  | "int64"            |
+--------+--------------------+
```

最后更新: October 27, 2021

2022 vesoft Inc.

4.13.6 REBUILD INDEX

Danger

索引功能不会自动对其创建之前已存在的存量数据生效————在索引重建完成之前，无法基于该索引使用 `LOOKUP` 和 `MATCH` 语句查询到存量数据。

重建索引期间，所有查询都会跳过索引并执行顺序扫描，返回结果可能不一致。

请在创建索引后，选择合适的时间为存量数据重建索引。使用索引的详情请参见 CREATE INDEX。

Performance

通过修改配置文件中的 `rebuild_index_part_rate_limit` 和 `snapshot_batch_size` 两个参数，可优化重建索引的速度，另外，更大参数可能会导致更高的内存和网络占用，详情请参见 Storage服务配置。

语法

```
REBUILD {TAG | EDGE} INDEX [<index_name_list>];

<index_name_list>::=
    [index_name [, index_name] ...]
```

- 可以一次重建多个索引，索引名称之间用英文逗号（,）分隔。如果没有指定索引名称，将会重建所有索引。
- 重建完成后，用户可以使用命令 `SHOW {TAG | EDGE} INDEX STATUS` 检查索引是否重建完成。详情请参见 SHOW INDEX STATUS。

示例

```
nebula> CREATE TAG IF NOT EXISTS person(name string, age int, gender string, email string);
nebula> CREATE TAG INDEX IF NOT EXISTS single_person_index ON person(name(10));

# 重建索引，返回任务 ID。
nebula> REBUILD TAG INDEX single_person_index;
+------------+
| New Job Id |
+------------+
| 31         |
+------------+

# 查看索引状态。
nebula> SHOW TAG INDEX STATUS;
+-----------------------+--------------+
| Name                  | Index Status |
+-----------------------+--------------+
| "single_person_index" | "FINISHED"   |
+-----------------------+--------------+

# 也可以使用 SHOW JOB <job_id>查看重建索引的任务状态。
nebula> SHOW JOB 31;
+----------------+---------------------+------------+-------------------------+-------------------------+-------------+
| Job Id(TaskId) | Command(Dest)       | Status     | Start Time              | Stop Time               | Error Code  |
+----------------+---------------------+------------+-------------------------+-------------------------+-------------+
| 31             | "REBUILD_TAG_INDEX" | "FINISHED" | 2021-07-07T09:04:24.000 | 2021-07-07T09:04:24.000 | "SUCCEEDED" |
| 0              | "storaged1"         | "FINISHED" | 2021-07-07T09:04:24.000 | 2021-07-07T09:04:28.000 | "SUCCEEDED" |
| 1              | "storaged2"         | "FINISHED" | 2021-07-07T09:04:24.000 | 2021-07-07T09:04:28.000 | "SUCCEEDED" |
| 2              | "storaged0"         | "FINISHED" | 2021-07-07T09:04:24.000 | 2021-07-07T09:04:28.000 | "SUCCEEDED" |
+----------------+---------------------+------------+-------------------------+-------------------------+-------------+
```

Nebula Graph 创建一个任务去重建索引，因此可以根据返回的任务 ID，通过 `SHOW JOB <job_id>` 语句查看任务状态。详情请参见 SHOW JOB。

最后更新: June 30, 2022

2022 vesoft Inc.

4.13.7 SHOW INDEX STATUS

`SHOW INDEX STATUS` 语句可以查看索引名称和对应作业的状态。

索引状态包括：

- `QUEUE` ：队列中
- `RUNNING` ：执行中
- `FINISHED` ：已完成
- `FAILED` ：失败
- `STOPPED` ：停止
- `INVALID` ：失效

> **Note**
>
> 如何创建索引请参见 CREATE INDEX。

语法

```
SHOW {TAG | EDGE} INDEX STATUS;
```

示例

```
nebula> SHOW TAG INDEX STATUS;
+---------------------+--------------+
| Name                | Index Status |
+---------------------+--------------+
| "player_index_0"    | "FINISHED"   |
| "player_index_1"    | "FINISHED"   |
+---------------------+--------------+
```

最后更新: January 13, 2022

2022 vesoft Inc.

4.13.8 DROP INDEX

`DROP INDEX` 语句可以删除当前图空间中已存在的索引。

前提条件

执行 `DROP INDEX` 语句需要当前登录的用户拥有指定图空间的 `DROP TAG INDEX` 和 `DROP EDGE INDEX` 权限，否则会报错。

语法

```
DROP {TAG | EDGE} INDEX [IF EXISTS] <index_name>;
```

`IF NOT EXISTS` ：检测待删除的索引是否存在，只有存在时，才会删除索引。

示例

```
nebula> DROP TAG INDEX player_index_0;
```

最后更新: April 1, 2021

2022 vesoft Inc.

4.14 全文索引

4.14.1 全文索引限制

Caution

本文介绍全文索引的限制，请在使用全文索引前仔细阅读。

全文索引有如下 16 条限制：

- 全文索引当前仅支持 `LOOKUP` 语句。
- 定长字符串长度超过 256 字节，将无法创建全文索引。
- 如果 Tag/Edge type 上存在全文索引，无法删除或修改 Tag/Edge type。
- 一个 Tag/Edge type 只能有一个全文索引。
- 属性的类型必须为 `String`。
- 全文索引不支持多个 Tag/Edge type 的搜索。
- 不支持排序全文搜索的返回结果，而是按照数据插入的顺序返回。
- 全文索引不支持搜索属性值为 `NULL` 的属性。
- 写入数据时，Elasticsearch 会自动创建相应的索引。在 Nebula Graph 中创建全文索引，但是未写入数据，查询时会报错 `text search not found`。
- 不支持修改 Elasticsearch 中的索引，只能删除重建。
- 不支持管道符。
- `WHERE` 子句只能用单个条件进行全文搜索。
- 全文索引不会与图空间一起删除。
- 确保同时启动了 Elasticsearch 集群和 Nebula Graph，否则可能导致 Elasticsearch 集群写入的数据不完整。
- 在点或边的属性值中不要包含 `'` 或 `\`，否则会导致 Elasticsearch 集群存储时报错。
- 从写入 Nebula Graph，到写入 listener，再到写入 Elasticsearch 并创建索引可能需要一段时间。如果访问全文索引时返回未找到索引，可等待索引生效（但是，该等待时间未知，也无返回码检查）。
- 使用 K8s 方式部署的 Nebula Graph 集群不支持全文索引。
- 不能与 calles() 函数同时使用。

最后更新: June 30, 2022

2022 vesoft Inc.

4.14.2 部署全文索引

Nebula Graph 的全文索引是基于 Elasticsearch 实现，这意味着用户可以使用 Elasticsearch 全文查询语言来检索想要的内容。全文索引由内置的进程管理，当 listener 集群和 Elasticsearch 集群部署后，内置的进程只能为数据类型为定长字符串或变长字符串的属性创建全文索引。

注意事项

使用全文索引前，请确认已经了解全文索引的使用限制。

部署 Elasticsearch 集群

部署 Elasticsearch 集群请参见 Kubernetes 安装 Elasticsearch 或单机安装 Elasticsearch。

当 Elasticsearch 集群启动时，请添加 Nebula Graph 全文索引的模板文件。关于索引模板的说明请参见 Elasticsearch 官方文档。

以下面的模板为例（针对ES 7.0及以上版本）：

```
{
 "template": "nebula*",
  "settings": {
    "index": {
      "number_of_shards": 3,
      "number_of_replicas": 1
    }
  },
  "mappings": {
    "properties" : {
            "tag_id" : { "type" : "long" },
            "column_id" : { "type" : "text" },
            "value" :{ "type" : "keyword"}
        }
  }
}
```

请确保指定的以下字段严格符合上述模板格式：

```
"template": "nebula*"
"tag_id" : { "type" : "long" },
"column_id" : { "type" : "text" },
"value" :{ "type" : "keyword"}
```

Caution

创建全文索引时，索引名称需要以 `nebula` 开头。

示例命令：

```
curl -H "Content-Type: application/json; charset=utf-8" -XPUT http://127.0.0.1:9200/_template/nebula_index_template -d '
{
 "template": "nebula*",
  "settings": {
    "index": {
      "number_of_shards": 3,
      "number_of_replicas": 1
    }
  },
  "mappings": {
    "properties" : {
            "tag_id" : { "type" : "long" },
            "column_id" : { "type" : "text" },
            "value" :{ "type" : "keyword"}
        }
  }
}'
```

用户可以配置 Elasticsearch 来满足业务需求，如果需要定制 Elasticsearch，请参见 Elasticsearch 官方文档。

2022 vesoft Inc.

登录文本搜索客户端

部署 Elasticsearch 集群之后，可以使用 `SIGN IN` 语句登录 Elasticsearch 客户端。必须使用 Elasticsearch 配置文件中的 IP 地址和端口才能正常连接，同时登录多个客户端，请在多个 `elastic_ip:port` 之间用英文逗号（,）分隔。

语法

```
SIGN IN TEXT SERVICE (<elastic_ip:port>, {HTTP | HTTPS} [,"<username>", "<password>"]) [, (<elastic_ip:port>, ...)];
```

示例

```
nebula> SIGN IN TEXT SERVICE (127.0.0.1:9200, HTTP);
```

> **Note**
>
> Elasticsearch 默认没有用户名和密码，如果设置了用户名和密码，请在 `SIGN IN` 语句中指定。

显示文本搜索客户端

`SHOW TEXT SEARCH CLIENTS` 语句可以列出文本搜索客户端。

语法

```
SHOW TEXT SEARCH CLIENTS;
```

示例

```
nebula> SHOW TEXT SEARCH CLIENTS;
+-------------+------+
| Host        | Port |
+-------------+------+
| "127.0.0.1" | 9200 |
+-------------+------+
```

退出文本搜索客户端

`SIGN OUT TEXT SERVICE` 语句可以退出所有文本搜索客户端。

语法

```
SIGN OUT TEXT SERVICE;
```

示例

```
nebula> SIGN OUT TEXT SERVICE;
```

最后更新: March 7, 2022

2022 vesoft Inc.

4.14.3 部署 Raft listener

全文索引的数据是异步写入 Elasticsearch 集群的。流程是通过 Storage 服务的 Raft listener（简称 listener）这个单独部署的进程，从 Storage 服务读取数据，然后将它们写入 Elasticsearch 集群。

前提条件

- 已经了解全文索引的使用限制。
- 已经部署 Nebula Graph 集群。
- 完成部署 Elasticsearch 集群。
- 准备一台或者多台额外的服务器，来部署 Raft listener。

注意事项

- 请保证 Nebula 各组件（Metad、Storaged、Graphd、listener）有相同的版本。
- 只能为一个图空间“一次性添加所有的 listener 机器”。尝试向已经存在有 listener 的图空间再添加新 listener 会失败。因此，需在一个命令语句里完整地添加全部的 listener。

部署流程

第一步：安装 STORAGE 服务

listener 进程与 storaged 进程使用相同的二进制文件，但是二者配置文件不同，进程使用端口也不同，可以在所有需要部署 listener 的服务器上都安装 Nebula Graph，但是仅使用 Storage 服务。详情请参见使用 RPM 或 DEB 安装包安装 Nebula Graph。

第二步：准备 LISTENER 的配置文件

用户必须在需要部署 listener 的机器上准备对应的配置文件，文件名称必须为 `nebula-storaged-listener.conf` ，并保存在安装路径下的 `etc` 目录内。用户可以参考提供的模板。注意去掉文件后缀 `.production` 。

2022 vesoft Inc.

大部分配置与 Storage 服务的配置文件相同，本文仅介绍差异部分。

名称	预设值	说明
daemonize	true	是否启动守护进程。
pid_file	pids_listener/nebula-storaged.pid	记录进程 ID 的文件。
meta_server_addrs	-	全部 Meta 服务的 IP 地址和端口。多个 Meta 服务用英文逗号（,）分隔。
local_ip	-	listener 服务的本地 IP 地址。
port	-	listener 服务的 RPC 守护进程监听端口。
heartbeat_interval_secs	10	Meta 服务的心跳间隔。单位：秒（s）。
listener_path	data/listener	listener 的 WAL 目录。只允许使用一个目录。
data_path	data	出于兼容性考虑，可以忽略此参数。填充一个默认值 data 。
part_man_type	memory	部件管理器类型，可选值为 memory 和 meta 。
rocksdb_batch_size	4096	批处理操作的默认保留字节。
rocksdb_block_cache	4	BlockBasedTable 的默认块缓存大小。单位：兆字节（MB）。
engine_type	rocksdb	存储引擎类型，例如 rocksdb 、 memory 等。
part_type	simple	部件类型，例如 simple 、 consensus 等。

Note

在配置文件中请使用真实的（listener 机器）IP 地址替换 127.0.0.1 。

第三步：启动 LISTENER

执行如下命令启动启动 listener：

```
./bin/nebula-storaged --flagfile <listener_config_path>/nebula-storaged-listener.conf
```

listener_config_path 是存放 listener 配置文件的路径。

第四步：添加 LISTENER 到 NEBULA GRAPH 集群

用命令行连接到 Nebula Graph，然后执行 USE <space> 进入需要创建全文索引的图空间。然后执行如下命令添加 listener：

```
ADD LISTENER ELASTICSEARCH <listener_ip:port> [,<listener_ip:port>, ...]
```

Warning

listener 必须使用真实的 IP 地址。

请在一个语句里完整地添加所有 listener。例如：

```
nebula> ADD LISTENER ELASTICSEARCH 192.168.8.5:9789,192.168.8.6:9789;
```

查看 listener

执行 SHOW LISTENER 语句可以列出所有的 listener。

示例

2022 vesoft Inc.

```
nebula> SHOW LISTENER;
+--------+-----------------+-----------------------+----------+
| PartId | Type            | Host                  | Status   |
+--------+-----------------+-----------------------+----------+
| 1      | "ELASTICSEARCH" | "[192.168.8.5:46780]" | "ONLINE" |
| 2      | "ELASTICSEARCH" | "[192.168.8.5:46780]" | "ONLINE" |
| 3      | "ELASTICSEARCH" | "[192.168.8.5:46780]" | "ONLINE" |
+--------+-----------------+-----------------------+----------+
```

删除 listener

执行 `REMOVE LISTENER ELASTICSEARCH` 语句可以删除图空间的所有 listener。

示例

```
nebula> REMOVE LISTENER ELASTICSEARCH;
```

Danger

删除 listener 后，将不能重新添加 listener，因此也无法继续向 ES 集群同步，文本索引数据将不完整。如果确实需要，只能重新创建图空间。

下一步

部署全文索引和 listener 后，全文索引会在 Elasticsearch 集群中自动创建，用户可以开始进行全文搜索。详情请参见全文搜索。

最后更新: November 25, 2021

2022 vesoft Inc.

4.14.4 全文搜索

全文搜索是基于全文索引对值为字符串类型的属性进行前缀搜索、通配符搜索、正则表达式搜索和模糊搜索。

在 `LOOKUP` 语句中，使用 `WHERE` 子句指定字符串的搜索条件。

前提条件

请确保已经部署全文索引。详情请参见部署全文索引和部署 listener。

注意事项

使用全文索引前，请确认已经了解全文索引的使用限制。

自然语言全文搜索

自然语言搜索将搜索的字符串解释为自然人类语言中的短语。搜索不区分大小写，且默认是对字符串的每个子字符串（以空格分隔）单独判断搜索。例如，有三个点属于标签 `player` ，标签 `player` 含有属性 `name` ，这三个点的 `name` 分别为 `Kevin Durant` 、 `Tim Duncan` 和 `David Beckham` 。现在已经建立好有关 `player.name` 的全文索引，在用全文索引前缀搜索语句 `LOOKUP ON player WHERE PREFIX(player.name,"d");` 查询时，这三个点都会被查询到。

语法

创建全文索引

```
CREATE FULLTEXT {TAG | EDGE} INDEX <index_name> ON {<tag_name> | <edge_name>} ([<prop_name_list>]);
```

显示全文索引

```
SHOW FULLTEXT INDEXES;
```

重建全文索引

```
REBUILD FULLTEXT INDEX;
```

删除全文索引

```
DROP FULLTEXT INDEX <index_name>;
```

使用查询选项

```
LOOKUP ON {<tag> | <edge_type>} WHERE <expression> [YIELD <return_list>];

<expression> ::=
    PREFIX | WILDCARD | REGEXP | FUZZY

<return_list>
    <prop_name> [AS <prop_alias>] [, <prop_name> [AS <prop_alias>] ...]
```

- PREFIX(schema_name.prop_name, prefix_string, row_limit, timeout)
- WILDCARD(schema_name.prop_name, wildcard_string, row_limit, timeout)
- REGEXP(schema_name.prop_name, regexp_string, row_limit, timeout)
- FUZZY(schema_name.prop_name, fuzzy_string, fuzziness, operator, row_limit, timeout)
- `fuzziness` ：可选项。允许匹配的最大编辑距离。默认值为 `AUTO` 。查看其他可选值和更多信息，请参见 Elasticsearch 官方文档。
- `operator` ：可选项。解释文本的布尔逻辑。可选值为 `OR` （默认）和 `and` 。
- `row_limit` ：可选项。指定要返回的行数。默认值为 `100` 。
- `timeout` ：可选项。指定超时时间。单位：毫秒（ms）。默认值为 `200` 。

2022 vesoft Inc.

示例

```
//创建图空间。
nebula> CREATE SPACE IF NOT EXISTS basketballplayer (partition_num=3,replica_factor=1, vid_type=fixed_string(30));

//登录文本搜索客户端。
nebula> SIGN IN TEXT SERVICE (127.0.0.1:9200, HTTP);

//切换图空间。
nebula> USE basketballplayer;

//添加 listener 到 Nebula Graph 集群。
nebula> ADD LISTENER ELASTICSEARCH 192.168.8.5:9789;

//创建 Tag。
nebula> CREATE TAG IF NOT EXISTS player(name string, age int);

//创建原生索引。
nebula> CREATE TAG INDEX IF NOT EXISTS name ON player(name(20));

//重建原生索引。
nebula> REBUILD TAG INDEX;

//创建全文索引，索引名称需要以 nebula 开头。
nebula> CREATE FULLTEXT TAG INDEX nebula_index_1 ON player(name);

//重建全文索引。
nebula> REBUILD FULLTEXT INDEX;

//查看全文索引。
nebula> SHOW FULLTEXT INDEXES;
+-----------------+-------------+-------------+--------+
| Name            | Schema Type | Schema Name | Fields |
+-----------------+-------------+-------------+--------+
| "nebula_index_1" | "Tag"       | "player"    | "name" |
+-----------------+-------------+-------------+--------+

//插入测试数据。
nebula> INSERT VERTEX player(name, age) VALUES \
  "Russell Westbrook": ("Russell Westbrook", 30), \
  "Chris Paul": ("Chris Paul", 33),\
  "Boris Diaw": ("Boris Diaw", 36),\
  "David West": ("David West", 38),\
  "Danny Green": ("Danny Green", 31),\
  "Tim Duncan": ("Tim Duncan", 42),\
  "James Harden": ("James Harden", 29),\
  "Tony Parker": ("Tony Parker", 36),\
  "Aron Baynes": ("Aron Baynes", 32),\
  "Ben Simmons": ("Ben Simmons", 22),\
  "Blake Griffin": ("Blake Griffin", 30);

//测试查询
nebula> LOOKUP ON player WHERE PREFIX(player.name, "B") YIELD id(vertex);
+----------------+
| id(VERTEX)     |
+----------------+
| "Boris Diaw"   |
| "Ben Simmons"  |
| "Blake Griffin" |
+----------------+

nebula> LOOKUP ON player WHERE WILDCARD(player.name, "*ri*") YIELD player.name, player.age;
+----------------+-----+
| name           | age |
+----------------+-----+
| "Chris Paul"   | 33  |
| "Boris Diaw"   | 36  |
| "Blake Griffin" | 30  |
+----------------+-----+

nebula> LOOKUP ON player WHERE WILDCARD(player.name, "*ri*") | YIELD count(*);
+----------+
| count(*) |
+----------+
| 3        |
+----------+

nebula> LOOKUP ON player WHERE REGEXP(player.name, "R.*") YIELD player.name, player.age;
+--------------------+-----+
| name               | age |
+--------------------+-----+
| "Russell Westbrook" | 30  |
+--------------------+-----+

nebula> LOOKUP ON player WHERE REGEXP(player.name, ".*") YIELD id(vertex);
+--------------------+
| id(VERTEX)         |
+--------------------+
| "Danny Green"      |
| "David West"       |
| "Russell Westbrook" |
+--------------------+
...
```


2022 vesoft Inc.

```
nebula> LOOKUP ON player WHERE FUZZY(player.name, "Tim Dunncan", AUTO, OR) YIELD player.name;
+--------------+
| name         |
+--------------+
| "Tim Duncan" |
+--------------+

//删除全文索引。
nebula> DROP FULLTEXT INDEX nebula_index_1;
```

最后更新: June 30, 2022

2022 vesoft Inc.

4.15 子图和路径

4.15.1 GET SUBGRAPH

`GET SUBGRAPH` 语句检索指定 Edge type 的起始点可以到达的点和边的信息，返回子图信息。

语法

```
GET SUBGRAPH [WITH PROP] [<step_count> STEPS] FROM {<vid>, <vid>...}
[{IN | OUT | BOTH} <edge_type>, <edge_type>...]
YIELD [VERTICES AS <vertex_alias>] [, EDGES AS <edge_alias>];
```

- `WITH PROP` ：展示属性。不添加本参数则隐藏属性。
- `step_count` ：指定从起始点开始的跳数，返回从 0 到 `step_count` 跳的子图。必须是非负整数。默认值为 1。
- `vid` ：指定起始点 ID。
- `edge_type` ：指定 Edge type。可以用 `IN` 、 `OUT` 和 `BOTH` 来指定起始点上该 Edge type 的方向。默认为 `BOTH` 。
- `YIELD` ：定义需要返回的输出。可以仅返回点或边。必须设置别名。

Note

`GET SUBGRAPH` 语句检索的路径类型为 `trail` ，即检索的路径只有点可以重复，边不可以重复。详情请参见路径。

示例

以下面的示例图进行演示。

2022 vesoft Inc.

插入测试数据：

```
nebula> CREATE SPACE IF NOT EXISTS subgraph(partition_num=15, replica_factor=1, vid_type=fixed_string(30));
nebula> USE subgraph;
nebula> CREATE TAG IF NOT EXISTS player(name string, age int);
nebula> CREATE TAG IF NOT EXISTS team(name string);
nebula> CREATE EDGE IF NOT EXISTS follow(degree int);
nebula> CREATE EDGE IF NOT EXISTS serve(start_year int, end_year int);
nebula> INSERT VERTEX player(name, age) VALUES "player100":("Tim Duncan", 42);
nebula> INSERT VERTEX player(name, age) VALUES "player101":("Tony Parker", 36);
nebula> INSERT VERTEX player(name, age) VALUES "player102":("LaMarcus Aldridge", 33);
nebula> INSERT VERTEX team(name) VALUES "team203":("Trail Blazers"), "team204":("Spurs");
nebula> INSERT EDGE follow(degree) VALUES "player101" -> "player100":(95);
nebula> INSERT EDGE follow(degree) VALUES "player101" -> "player102":(90);
```


2022 vesoft Inc.

```
nebula> INSERT EDGE follow(degree) VALUES "player102" -> "player100":(75);
nebula> INSERT EDGE serve(start_year, end_year) VALUES "player101" -> "team204":(1999, 2018),"player102" -> "team203":(2006,  2015);
```

- 查询从点 player101 开始、0~1 跳、所有 Edge type 的子图。

```
nebula> GET SUBGRAPH 1 STEPS FROM "player101" YIELD VERTICES AS nodes, EDGES AS relationships;
+-----------------------------------------------------------------------
+-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
| nodes                                                                  |
relationships                                                                                                                                          |
+-----------------------------------------------------------------------
+-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
| [("player101" :player{})]                                              | [[:serve "player101"->"team204" @0 {}], [:follow "player101"->"player100" @0 {}], [:follow "player101"-
>"player102" @0 {}]] |
| [("team204" :team{}), ("player100" :player{}), ("player102" :player{})] | [[:follow "player102"->"player100" @0
{}]]                                                                                                                                                    |
+-----------------------------------------------------------------------
+-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
```

返回的子图如下。

2022 vesoft Inc.

- 查询从点 `player101` 开始、0~1 跳、 `follow` 类型的入边的子图。

```
nebula> GET SUBGRAPH 1 STEPS FROM "player101" IN follow YIELD VERTICES AS nodes, EDGES AS relationships;
+--------------------------+---------------+
| nodes                    | relationships |
+--------------------------+---------------+
| [("player101" :player{})] | []            |
| []                       | []            |
+--------------------------+---------------+
```

因为 `player101` 没有 `follow` 类型的入边。所以仅返回点 `player101` 。

- 查询从点 `player101` 开始、0~1 跳、 `serve` 类型的出边的子图，同时展示边的属性。

```
nebula> GET SUBGRAPH WITH PROP 1 STEPS FROM "player101" OUT serve YIELD VERTICES AS nodes, EDGES AS relationships;
+-------------------------------------------------------+-------------------------------------------------------------------------+
| nodes                                                 | relationships                                                           |
+-------------------------------------------------------+-------------------------------------------------------------------------+
| [("player101" :player{age: 36, name: "Tony Parker"})] | [[:serve "player101"->"team204" @0 {end_year: 2018, start_year: 1999}]] |
| [("team204" :team{name: "Spurs"})]                    | []                                                                      |
+-------------------------------------------------------+-------------------------------------------------------------------------+
```

返回的子图如下。

FAQ

为什么返回结果中会出现超出 STEP_COUNT 跳数之外的关系？

为了展示子图的完整性，会在满足条件的所有点上额外查询一跳。例如下图。

2022 vesoft Inc.

- 用 `GET SUBGRAPH 1 STEPS FROM "A"`; 查询的满足结果的路径是 `A->B` 、 `B->A` 和 `A->C`，为了子图的完整性，会在满足结果的点上额外查询一跳，即 `B->C` 。
- 用 `GET SUBGRAPH 1 STEPS FROM "A" IN follow`; 查询的满足结果的路径是 `B->A`，在满足结果的点上额外查询一跳，即 `A->B` 。

如果只是查询满足条件的路径或点，建议使用 MATCH 或 GO 语句。例如：

```
nebula> MATCH p= (v:player) -- (v2) WHERE id(v)=="A" RETURN p;

nebula> GO 1 STEPS FROM "A" OVER follow YIELD src(edge),dst(edge);
```

为什么返回结果中会出现低于 STEP_COUNT 跳数的关系？

查询到没有多余子图数据时会停止查询，且不会返回空值。

```
nebula> GET SUBGRAPH 100 STEPS FROM "player101" OUT follow YIELD VERTICES AS nodes, EDGES AS relationships;
+-------------------------------------------------+-----------------------------------------------------------------------------------------------+
| nodes                                           | relationships                                                                                 |
+-------------------------------------------------+-----------------------------------------------------------------------------------------------+
| [("player101" :player{})]                       | [[:follow "player101"->"player100" @0 {}], [:follow "player101"->"player102" @0 {}]] |
| [("player100" :player{}), ("player102" :player{})] | [[:follow "player102"->"player100" @0 {}]]                                                   |
+-------------------------------------------------+-----------------------------------------------------------------------------------------------+
```

最后更新: May 13, 2022

2022 vesoft Inc.

4.15.2 FIND PATH

`FIND PATH` 语句查找指定起始点和目的点之间的路径。

语法

```
FIND { SHORTEST | ALL | NOLOOP } PATH [WITH PROP] FROM <vertex_id_list> TO <vertex_id_list>
OVER <edge_type_list> [REVERSELY | BIDIRECT]
[<WHERE clause>] [UPTO <N> STEPS]
YIELD path as <alias>
[| ORDER BY $-.path] [| LIMIT <M>];

<vertex_id_list> ::=
    [vertex_id [, vertex_id] ...]
```

- `SHORTEST` ：查找最短路径。
- `ALL` ：查找所有路径。
- `NOLOOP` ：查找非循环路径。
- `WITH PROP` ：展示点和边的属性。不添加本参数则隐藏属性。
- `<vertex_id_list>` ：点 ID 列表。多个点用英文逗号（,）分隔。支持 `$-` 和 `$var` 。
- `<edge_type_list>` ：Edge type 列表。多个 Edge type 用英文逗号（,）分隔。 `*` 表示所有 Edge type。
- `REVERSELY` | `BIDIRECT` ： `REVERSELY` 表示反向， `BIDIRECT` 表示双向。
- `<WHERE clause>` ：可以使用 `WHERE` 子句过滤边属性。
- `<N>` ：路径的最大跳数。默认值为 `5` 。
- `<M>` ：指定返回的最大行数。

Note

`FIND PATH` 语句检索的路径类型为 `trail`，即检索的路径只有点可以重复，边不可以重复。详情请参见路径。

限制

- 指定起始点和目的点的列表后，会返回起始点和目的点所有组合的路径。
- 搜索所有路径时可能会出现循环。
- 使用 `WHERE` 子句时只能过滤边属性，暂不支持过滤点属性，且不支持函数。
- graphd 是单进程查询，会占用很多内存。

示例

返回的路径格式类似于 `(<vertex_id>)-[:<edge_type_name>@<rank>]->(<vertex_id)` 。

```
nebula> FIND SHORTEST PATH FROM "player102" TO "team204" OVER * YIELD path AS p;
+------------------------------------------+
| p                                        |
+------------------------------------------+
| <("player102")-[:serve@0 {}]->("team204")> |
+------------------------------------------+
```

```
nebula> FIND SHORTEST PATH WITH PROP FROM "team204" TO "player100" OVER * REVERSELY YIELD path AS p;
+-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
| p                                                                                                                           |
+-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
```


2022 vesoft Inc.

```
| <("team204" :team{name: "Spurs"})<-[:serve@0 {end_year: 2016, start_year: 1997}]-("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"})> |
+-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
```

```
nebula> FIND ALL PATH FROM "player100" TO "team204" OVER * WHERE follow.degree is EMPTY or follow.degree >=0 YIELD path AS p;
+-------------------------------------------------------------------------+
| p                                                                       |
+-------------------------------------------------------------------------+
| <("player100")-[:serve@0 {}]->("team204")>                              |
| <("player100")-[:follow@0 {}]->("player125")-[:serve@0 {}]->("team204")> |
| <("player100")-[:follow@0 {}]->("player101")-[:serve@0 {}]->("team204")> |
| ...                                                                     |
+-------------------------------------------------------------------------+
```

```
nebula> FIND NOLOOP PATH FROM "player100" TO "team204" OVER * YIELD path AS p;
+-----------------------------------------------------------------------------------------------------------+
| p                                                                                                         |
+-----------------------------------------------------------------------------------------------------------+
| <("player100")-[:serve@0 {}]->("team204")>                                                                |
| <("player100")-[:follow@0 {}]->("player125")-[:serve@0 {}]->("team204")>                                  |
| <("player100")-[:follow@0 {}]->("player101")-[:serve@0 {}]->("team204")>                                  |
| <("player100")-[:follow@0 {}]->("player101")-[:follow@0 {}]->("player125")-[:serve@0 {}]->("team204")> |
| <("player100")-[:follow@0 {}]->("player101")-[:follow@0 {}]->("player102")-[:serve@0 {}]->("team204")> |
| ...                                                                                                       |
+-----------------------------------------------------------------------------------------------------------+
```

FAQ

是否支持 WHERE 子句，以实现图遍历过程中的条件过滤？

支持使用 `WHERE` 子句过滤，但只能过滤边属性，不支持过滤点属性。

如示例中的 `WHERE follow.degree is EMPTY or follow.degree >= 0` 。

最后更新: May 13, 2022

2022 vesoft Inc.

4.16 查询调优与终止

4.16.1 EXPLAIN 和 PROFILE

`EXPLAIN` 语句输出 nGQL 语句的执行计划，但不会执行 nGQL 语句。

`PROFILE` 语句执行 nGQL 语句，然后输出执行计划和执行概要。用户可以根据执行计划和执行概要优化查询性能。

执行计划

执行计划由 Nebula Graph 查询引擎中的执行计划器决定。

执行计划器将解析后的 nGQL 语句处理为 `action` 。 `action` 是最小的执行单元。典型的 `action` 包括获取指定点的所有邻居、获取边的属性、根据条件过滤点或边等。每个 `action` 都被分配给一个 `operator` 。

例如 `SHOW TAGS` 语句分为两个 `action` ， `operator` 为 `Start` 和 `ShowTags` 。更复杂的 `GO` 语句可能会被处理成 10 个以上的 `action` 。

语法

- `EXPLAIN`

```
EXPLAIN [format= {"row" | "dot"}] <your_nGQL_statement>;
```

- `PROFILE`

```
PROFILE [format= {"row" | "dot"}] <your_nGQL_statement>;
```

输出格式

`EXPLAIN` 或 `PROFILE` 语句的输出有两种格式： `row` （默认）和 `dot` 。用户可以使用 `format` 选项修改输出格式。

2022 vesoft Inc.

`row` 格式

`row` 格式将返回信息输出到一个表格中。

- `EXPLAIN`

```
nebula> EXPLAIN format="row" SHOW TAGS;
Execution succeeded (time spent 327/892 us)

Execution Plan

-----+----------+--------------+----------------+-------------------------------------------------------------------
| id | name     | dependencies | profiling data | operator info                                                     |
-----+----------+--------------+----------------+-------------------------------------------------------------------
|  1 | ShowTags | 0            |                | outputVar: [{"colNames":[],"name":"__ShowTags_1","type":"DATASET"}] |
|    |          |              |                | inputVar:                                                         |
-----+----------+--------------+----------------+-------------------------------------------------------------------
|  0 | Start    |              |                | outputVar: [{"colNames":[],"name":"__Start_0","type":"DATASET"}]    |
-----+----------+--------------+----------------+-------------------------------------------------------------------
```

- `PROFILE`

```
nebula> PROFILE format="row" SHOW TAGS;
+--------+
| Name   |
+--------+
| player |
| team   |
+--------+
Got 2 rows (time spent 2038/2728 us)

Execution Plan

-----+----------+--------------+-------------------------------------------------+-------------------------------------------------------------------
| id | name     | dependencies | profiling data                                  | operator info                                                     |
-----+----------+--------------+-------------------------------------------------+-------------------------------------------------------------------
|  1 | ShowTags | 0            | ver: 0, rows: 1, execTime: 42us, totalTime: 1177us | outputVar: [{"colNames":[],"name":"__ShowTags_1","type":"DATASET"}] |
|    |          |              |                                                 | inputVar:                                                         |
-----+----------+--------------+-------------------------------------------------+-------------------------------------------------------------------
|  0 | Start    |              | ver: 0, rows: 0, execTime: 1us, totalTime: 57us | outputVar: [{"colNames":[],"name":"__Start_0","type":"DATASET"}]    |
-----+----------+--------------+-------------------------------------------------+-------------------------------------------------------------------
```

参数	说明
`id`	`operator` 的 ID。
`name`	`operator` 的名称。
`dependencies`	当前 `operator` 所依赖的 `operator` 的 ID。
`profiling data`	执行概要文件内容。 `ver` 表示 `operator` 的版本； `rows` 表示 `operator` 输出结果的行数； `execTime` 表示执行 `action` 的时间； `totalTime` 表示执行 `action` 的时间、系统调度时间、排队时间的总和。
`operator info`	`operator` 的详细信息。

`dot` 格式

`dot` 格式将返回 DOT 语言的信息，然后用户可以使用 Graphviz 生成计划图。

Note

Graphviz 是一款开源可视化图工具，可以绘制 DOT 语言脚本描述的图。Graphviz 提供一个在线工具，可以预览 DOT 语言文件，并将它们导出为 SVG 或 JSON 等其他格式。详情请参见 Graphviz Online。

```
nebula> EXPLAIN format="dot" SHOW TAGS;
Execution succeeded (time spent 161/665 us)
Execution Plan
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------  --------------
  plan
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------  --------------
  digraph exec_plan {
      rankdir=LR;
      "ShowTags_0"[label="ShowTags_0|outputVar: \[\{\"colNames\":\[\],\"name\":\"__ShowTags_0\",\"type\":\"DATASET\"\}\]\l|inputVar:\l",   shape=Mrecord];
      "Start_2"->"ShowTags_0";
```


2022 vesoft Inc.

```
    "Start_2"[label="Start_2|outputVar: \[\{\"colNames\":\[\],\"name\":\"__Start_2\",\"type\":\"DATASET\"\}\]\l|inputVar: \l",   shape=Mrecord];
}
```

将上述示例的 DOT 语言转换为 Graphviz 图，如下所示。

最后更新: May 13, 2022

2022 vesoft Inc.

4.16.2 终止查询

`KILL QUERY` 命令可以终止正在执行的查询，常用于终止慢查询。

> **Note**
>
> 仅 God 角色权限可以终止任意查询，其他角色只能终止自己的查询。

语法

```
KILL QUERY (session=<session_id>, plan=<plan_id>);
```

- `session_id` ：会话 ID。
- `plan_id` ：执行计划 ID。

会话 ID 和执行计划 ID 可以唯一确定一个查询。二者可以通过 SHOW QUERIES 语句获取。

示例

在一个会话中执行命令终止另一个会话中的查询：

```
nebula> KILL QUERY(SESSION=1625553545984255,PLAN=163);
```

另一个会话中的查询会终止，并返回如下信息：

```
[ERROR (-1005)]: ExecutionPlanId[1001] does not exist in current Session.
```

最后更新: May 13, 2022

2022 vesoft Inc.

4.17 *Macro Rendering Error*

UndefinedError: 'dict object' has no attribute 'ent'

```
Traceback (most recent call last):
  File "/opt/hostedtoolcache/Python/3.8.13/x64/lib/python3.8/site-packages/mkdocs_macros/plugin.py", line 480, in render
    return md_template.render(**page_variables)
  File "/opt/hostedtoolcache/Python/3.8.13/x64/lib/python3.8/site-packages/jinja2/environment.py", line 1301, in render
    self.environment.handle_exception()
  File "/opt/hostedtoolcache/Python/3.8.13/x64/lib/python3.8/site-packages/jinja2/environment.py", line 936, in handle_exception
    raise rewrite_traceback_stack(source=source)
  File "<template>", line 33, in top-level template code
jinja2.exceptions.UndefinedError: 'dict object' has no attribute 'ent'
```

最后更新: July 14, 2022

2022 vesoft Inc.

5. 安装部署

5.1 准备编译、安装和运行 Nebula Graph 的环境

本文介绍编译、安装 Nebula Graph 的要求和建议，以及如何预估集群运行所需的资源。

5.1.1 关于存储硬件

Nebula Graph 是针对 NVMe SSD 进行设计和实现的，所有默认参数都是基于 SSD 设备进行调优，要求极高的 IOPS 和极低的 Latency。

- 不建议使用 HDD；因为其 IOPS 性能差，随机寻道延迟高；会遇到大量问题。
- 不要使用远端存储设备（如 NAS 或 SAN），不要外接基于 HDFS 或者 Ceph 的虚拟硬盘。
- 不要使用磁盘阵列（RAID）。
- 使用本地 SSD 设备；或 AWS Provisioned IOPS SSD 或等价云产品。

5.1.2 关于 CPU 架构

Enterpriseonly

企业版支持在 ARM 架构（包括 Apple Mac M1 和华为鲲鹏）上运行。访问官网获取商业支持。

Note

社区用户可以在 ARM MacOS 的 Docker Desktop 上或者 ARM Linux Server 上运行容器化的 Nebula Graph。

5.1.3 编译源码要求

硬件要求

类型	要求
CPU 架构	x86_64
内存	4 GB
硬盘	10 GB，SSD

操作系统要求

当前仅支持在 Linux 系统中编译 Nebula Graph，建议使用内核版本为 `4.15` 及以上版本的 Linux 系统。

Note

在内核版本低于要求的 Linux 系统中安装 Nebula Graph 可使用 RPM、DEB 或者 TAR 文件。

2022 vesoft Inc.

软件要求

软件版本需要如下表所示，如果版本不符合要求，请按照安装编译所需软件中的步骤进行操作。

软件名称	版本	备注
glibc	2.17 及以上	执行命令 `ldd --version` 检查版本。
make	任意稳定版本	-
m4	任意稳定版本	-
git	任意稳定版本	-
wget	任意稳定版本	-
unzip	任意稳定版本	-
xz	任意稳定版本	-
readline-devel	任意稳定版本	-
ncurses-devel	任意稳定版本	-
zlib-devel	任意稳定版本	-
g++	8.5.0 及以上	执行命令 `g++ -v` 检查版本。
cmake	3.14.0 及以上	执行命令 `cmake --version` 检查版本。
curl	任意稳定版本	-
redhat-lsb-core	任意稳定版本	-
libstdc++-static	任意稳定版本	仅在 CentOS 8+、RedHat 8+、Fedora 中需要。
libasan	任意稳定版本	仅在 CentOS 8+、RedHat 8+、Fedora 中需要。
bzip2	任意稳定版本	-

其他第三方软件将在安装（cmake）阶段自动下载并安装到 `build` 目录中。

2022 vesoft Inc.

安装编译所需软件

如果部分依赖软件缺失或者版本不满足要求，根据如下步骤手动安装。可根据实际情况删减命令中要安装的软件、跳过无需执行的步骤。

1. 安装依赖包。

- CentOS、RedHat、Fedora 用户请执行如下命令：

```
$ yum update
$ yum install -y make \
                 m4 \
                 git \
                 wget \
                 unzip \
                 xz \
                 readline-devel \
                 ncurses-devel \
                 zlib-devel \
                 gcc \
                 gcc-c++ \
                 cmake \
                 curl \
                 redhat-lsb-core \
                 bzip2
// 仅 CentOS 8+、RedHat 8+、Fedora 需要安装 libstdc++-static 和 libasan。
$ yum install -y libstdc++-static libasan
```

- Debian 和 Ubuntu 用户请执行如下命令：

```
$ apt-get update
$ apt-get install -y make \
                     m4 \
                     git \
                     wget \
                     unzip \
                     xz-utils \
                     curl \
                     lsb-core \
                     build-essential \
                     libreadline-dev \
                     ncurses-dev \
                     cmake
```

2. 检查主机上的 G++ 和 CMake 版本是否正确。版本信息请参见软件要求。

```
$ g++ --version
$ cmake --version
```

如果版本正确，则软件依赖已准备完毕，忽略后续步骤；如果不正确，根据不符合版本要求的软件执行后续步骤。

3. 如果 CMake 版本不符合要求，访问 CMake 官网以获取符合需要的版本。
4. 如果 G++ 版本不符合要求，自行到 GCC 官网获取相应版本或根据以下方法安装合适版本的 GCC。

- CentOS 系统的用户依次执行以下命令：

```
yum install centos-release-scl
yum install devtoolset-11
scl enable devtoolset-11 'bash'
```

- Ubuntu 系统的用户依次执行以下命令：

```
add-apt-repository ppa:ubuntu-toolchain-r/test
apt install gcc-11 g++-11
```


2022 vesoft Inc.

5.1.4 测试环境要求

硬件要求

类型	要求
CPU 架构	x86_64
CPU 核数	4
内存	8 GB
硬盘	100 GB，SSD

操作系统要求

当前仅支持在 Linux 系统中安装 Nebula Graph，建议在测试环境中使用内核版本为 `3.9` 及以上版本的 Linux 系统。

服务架构建议

进程	建议数量
metad（meta 数据服务进程）	1
storaged（存储服务进程）	≥1
graphd（查询引擎服务进程）	≥1

例如单机测试环境，用户可以在机器上部署 1 个 metad、1 个 storaged 和 1 个 graphd 进程。

对于更常见的测试环境，例如三台机器构成的集群，用户可以按照如下方案部署 Nebula Graph。

机器名称	metad 进程数量	storaged 进程数量	graphd 进程数量
A	1	1	1
B	-	1	1
C	-	1	1

5.1.5 生产环境运行要求

硬件要求

类型	要求
CPU 架构	x86_64
CPU 核数	48
内存	96 GB
硬盘	2 * 900 GB，NVMe SSD

操作系统要求

当前仅支持在 Linux 系统中安装 Nebula Graph，建议在生产环境中使用内核版本为 `3.9` 及以上版本的 Linux 系统。

用户可以通过调整一些内核参数来提高 Nebula Graph 性能，详情请参见内核配置。

2022 vesoft Inc.

服务架构建议

Danger

不要跨机房部署集群。

进程	数量
metad（meta 数据服务进程）	3
storaged（存储服务进程）	≥3
graphd（查询引擎服务进程）	≥3

有且仅有 3 个 metad 进程，每个 metad 进程会自动创建并维护 meta 数据的一个副本。

storaged 进程的数量不会影响图空间副本的数量。

用户可以在一台机器上部署多个不同进程，例如五台机器构成的集群，用户可以按照如下方案部署 Nebula Graph。

机器名称	metad 进程数量	storaged 进程数量	graphd 进程数量
A	1	1	1
B	1	1	1
C	1	1	1
D	-	1	1
E	-	1	1

2022 vesoft Inc.

5.1.6 Nebula Graph 资源要求

用户可以预估一个 3 副本 Nebula Graph 集群所需的内存、硬盘空间和分区数量。

资源	单位	计算公式	说明
硬盘空间	Bytes	`点和边的总数` * `属性的平均字节大小` * 6 * 120%	由于边存在存储放大现象，所以需要 `点和边的总数` * `属性的平均字节大小` * 6 的空间，详情请参见切边与存储放大。
内存	Bytes	[`点和边的总数` * 16 + `RocksDB 实例数量` * (`write_buffer_size` * `max_write_buffer_number` + `块缓存大小`)] * 120%	`点和边的总数` * 16 是 BloomFilter 需要占用的内存空间，`write_buffer_size` 和 `max_write_buffer_number` 是 RocksDB 内存相关参数，详情请参见 MemTable。块缓存大小请参见 Memory usage in RocksDB。
分区数量	-	`集群硬盘数量` * `disk_partition_num_multiplier`	`disk_partition_num_multiplier` 是一个用于衡量硬盘性能的整数，取值范围 2~20。建议在计算 SSD 硬盘的分区数量时使用 20 做参数值，HDD 硬盘使用 2。

- 问题 1：为什么磁盘空间和内存都要乘以 120%？

  答：额外的 20% 用于缓冲。

- 问题 2：如何获取 RocksDB 实例数量？

  答：在 `etc` 目录内查看配置文件 `nebula-storaged.conf`， `--data_path` 选项中的每个目录对应一个 RocksDB 实例，目录总数即是 RocksDB 实例数量。

Note

用户可以在配置文件 `nebula-storaged.conf` 中添加 `--enable_partitioned_index_filter=true` 来降低 bloom 过滤器占用的内存大小，但是在某些随机寻道（random-seek）的情况下，可能会降低读取性能。

最后更新: May 13, 2022

2022 vesoft Inc.

5.2 编译与安装

5.2.1 使用源码安装 Nebula Graph

使用源码安装 Nebula Graph 允许自定义编译和安装设置，并测试最新特性。

前提条件

- 准备正确的编译环境。参见软硬件要求和安装三方库依赖包。

  Note

  暂不支持离线编译 Nebula Graph。

- 待安装 Nebula Graph 的主机可以访问互联网。

安装步骤

1. 克隆 Nebula Graph 的源代码到主机。

- [推荐] 如果需要安装3.2.0版本的 Nebula Graph，执行如下命令：

```
$ git clone --branch release-3.2 https://github.com/vesoft-inc/nebula.git
```

- 如果需要安装最新的开发版本用于测试，执行如下命令克隆 master 分支的代码：

```
$ git clone https://github.com/vesoft-inc/nebula.git
```

2. 进入目录 `nebula`。

```
$ cd nebula
```

3. 创建目录 `build` 并进入该目录。

```
$ mkdir build && cd build
```

4. 使用 CMake 生成 makefile 文件。

   Note

   默认安装路径为 `/usr/local/nebula`，如果需要修改路径，请在下方命令内增加参数 `-DCMAKE_INSTALL_PREFIX=<installation_path>`。

   更多 CMake 参数说明，请参见 CMake 参数。

```
$ cmake -DCMAKE_INSTALL_PREFIX=/usr/local/nebula -DENABLE_TESTING=OFF -DCMAKE_BUILD_TYPE=Release ..
```

5. 编译 Nebula Graph。

   Note

   检查软硬件要求和安装三方库依赖包。

为了适当地加快编译速度，可以使用选项 `-j` 并行编译。并行数量 `N` 建议为\(\min(\text{CPU}核数，\frac{内存 (GB)}{2})\)。

2022 vesoft Inc.

```
$ make -j{N} # E.g., make -j2
```

6. 安装 Nebula Graph。

```
$ sudo make install
```

7. 安装目录下 `etc/` 目录中（默认为 `/usr/local/nebula/etc` ）的配置文件为参考模版，用户可以根据需要创建自己的配置文件。如果要使用 `script` 目录下的脚本，启动、停止、重启、中止和查看服务，配置文件需要命名为 `nebula-graph.conf` ， `nebula-metad.conf` 和 `nebula-storaged.conf` 。

更新 master 版本

master 分支的代码更新速度快，如果安装了 master 分支对应的开发版 Nebula Graph，可根据以下步骤更新版本。

1. 在目录 `nebula` 中，执行命令 `git pull upstream master` 更新源码。
2. 在目录 `nebula/build` 中，重新执行 `make -j{N}` 和 `make install` 。

下一步

- （企业版）设置 License
- 管理 Nebula Graph 服务

CMake 参数

使用方法

```
$ cmake -D<variable>=<value> ...
```

下文的 CMake 参数可以在配置 (CMake) 阶段用来调整编译设置。

CMAKE_INSTALL_PREFIX

`CMAKE_INSTALL_PREFIX` 指定 Nebula Graph 服务模块、脚本和配置文件的安装路径，默认路径为 `/usr/local/nebula` 。

ENABLE_WERROR

默认值为 `ON` ，表示将所有警告（warning）变为错误（error）。如果有必要，用户可以设置为 `OFF` 。

ENABLE_TESTING

默认值为 `ON` ，表示单元测试服务由 Nebula Graph 服务构建。如果只需要服务模块，可以设置为 `OFF` 。

ENABLE_ASAN

默认值为 `OFF` ，表示关闭内存问题检测工具 ASan（AddressSanitizer）。该工具是为 Nebula Graph 开发者准备的，如果需要开启，可以设置为 `ON` 。

2022 vesoft Inc.

CMAKE_BUILD_TYPE

`CMAKE_BUILD_TYPE` 控制 Nebula Graph 的 build 方法，取值说明如下：

- `Debug`

  `CMAKE_BUILD_TYPE` 的默认值，表示 build 过程中只记录 debug 信息，不使用优化选项。

- `Release`

  build 过程中使用优化选项，不记录 debug 信息。

- `RelWithDebInfo`

  build 过程中既使用优化选项，也记录 debug 信息。

- `MinSizeRel`

  build 过程中仅通过优化选项控制代码大小，不记录 debug 信息。

ENABLE_INCLUDE_WHAT_YOU_USE

默认值为 `OFF` 。当其值为 `ON` 且系统中安装了include-what-you-use，系统将在生成 makefile 过程中报告工程源码中包含的冗余头文件。

NEBULA_USE_LINKER

指定链接程序的方式：

- 默认值为 `bfd` ，表示使用 ld.bfd 链接程序。
- 如果系统中安装了 lld 链接器, 可设置参数值为 `lld` ，表示使用 ld.lld 链接程序。
- 如果系统中安装了 gold 链接器，可设为 `gold` ，表示使用 ld.gold 链接程序。

CMAKE_C_COMPILER/CMAKE_CXX_COMPILER

通常情况下，CMake 会自动查找并使用主机上的 C/C++编译器，但是如果编译器没有安装在标准路径，或者想使用其他编译器，请执行如下命令指定目标编译器的安装路径：

```
$ cmake -DCMAKE_C_COMPILER=<path_to_gcc/bin/gcc> -DCMAKE_CXX_COMPILER=<path_to_gcc/bin/g++> ..
$ cmake -DCMAKE_C_COMPILER=<path_to_clang/bin/clang> -DCMAKE_CXX_COMPILER=<path_to_clang/bin/clang++> ..
```

ENABLE_CCACHE

`ENABLE_CCACHE` 默认值为 `ON` ，表示使用 Ccache（compiler cache）工具加速编译。

如果想要禁用 ccache，仅仅设置 `ENABLE_CCACHE=OFF` 是不行的，因为在某些平台上，ccache 会代理当前编译器，因此还需要设置环境变量 `export CCACHE_DISABLE=true` ，或者在文件 `~/.ccache/ccache.conf` 中添加 `disable=true` 。更多信息请参见 ccache official documentation。

NEBULA_THIRDPARTY_ROOT

`NEBULA_THIRDPARTY_ROOT` 指定第三方软件的安装路径，默认路径为 `/opt/vesoft/third-party` 。

问题排查

如果出现编译失败，请参考以下建议：

1. 检查操作系统版本是否符合要求、内存和硬盘空间是否足够。
2. 检查 third-party 是否正确安装。
3. 使用 `make -j1` 降低编译并发度。

最后更新: March 7, 2022

2022 vesoft Inc.

5.2.2 使用 RPM 或 DEB 包安装 Nebula Graph

RPM 和 DEB 是 Linux 系统下常见的两种安装包格式，本文介绍如何使用 RPM 或 DEB 文件在一台机器上快速安装 Nebula Graph。

Note

部署 Nebula Graph 集群的方式参见使用 RPM/DEB 包部署集群。

Enterpriseonly

企业版请发送邮件至 inquiry@vesoft.com。

前提条件

安装 wget

下载安装包

阿里云 OSS 下载

- 下载 release 版本

  URL 格式如下：

```
//Centos 7
https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/<release_version>/nebula-graph-<release_version>.el7.x86_64.rpm

//Centos 8
https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/<release_version>/nebula-graph-<release_version>.el8.x86_64.rpm

//Ubuntu 1604
https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/<release_version>/nebula-graph-<release_version>.ubuntu1604.amd64.deb

//Ubuntu 1804
https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/<release_version>/nebula-graph-<release_version>.ubuntu1804.amd64.deb

//Ubuntu 2004
https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/<release_version>/nebula-graph-<release_version>.ubuntu2004.amd64.deb
```

  例如要下载适用于 `Centos 7.5` 的 `3.2.0` 安装包：

```
wget https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/3.2.0/nebula-graph-3.2.0.el7.x86_64.rpm
wget https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/3.2.0/nebula-graph-3.2.0.el7.x86_64.rpm.sha256sum.txt
```

  下载适用于 `ubuntu 1804` 的 `3.2.0` 安装包：

```
wget https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/3.2.0/nebula-graph-3.2.0.ubuntu1804.amd64.deb
wget https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/3.2.0/nebula-graph-3.2.0.ubuntu1804.amd64.deb.sha256sum.txt
```


2022 vesoft Inc.

- 下载日常开发版本 (nightly)

Danger

- nightly 版本通常用于测试新功能、新特性，请**不要**在生产环境中使用 nightly 版本。
- nightly 版本不保证每日都能完整发布，也不保证是否会更改文件名。

URL 格式如下：

```
//Centos 7
https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/nightly/<yyyy.mm.dd>/nebula-graph-<yyyy.mm.dd>-nightly.el7.x86_64.rpm

//Centos 8
https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/nightly/<yyyy.mm.dd>/nebula-graph-<yyyy.mm.dd>-nightly.el8.x86_64.rpm

//Ubuntu 1604
https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/nightly/<yyyy.mm.dd>/nebula-graph-<yyyy.mm.dd>-nightly.ubuntu1604.amd64.deb

//Ubuntu 1804
https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/nightly/<yyyy.mm.dd>/nebula-graph-<yyyy.mm.dd>-nightly.ubuntu1804.amd64.deb

//Ubuntu 2004
https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/nightly/<yyyy.mm.dd>/nebula-graph-<yyyy.mm.dd>-nightly.ubuntu2004.amd64.deb
```

例如要下载 `2021.11.24` 适用于 `Centos 7.5` 的 `2.x` 安装包：

```
wget https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/nightly/2021.11.24/nebula-graph-2021.11.24-nightly.el7.x86_64.rpm
wget https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/nightly/2021.11.24/nebula-graph-2021.11.24-nightly.el7.x86_64.rpm.sha256sum.txt
```

要下载 `2021.11.24` 适用于 `Ubuntu 1804` 的 `2.x` 安装包：

```
wget https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/nightly/2021.11.24/nebula-graph-2021.11.24-nightly.ubuntu1804.amd64.deb
wget https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/nightly/2021.11.24/nebula-graph-2021.11.24-nightly.ubuntu1804.amd64.deb.sha256sum.txt
```

安装 Nebula Graph

- 安装 RPM 包

```
$ sudo rpm -ivh --prefix=<installation_path> <package_name>
```

`--prefix` 为可选项，用于指定安装路径。如不设置，系统会将 Nebula Graph 安装到默认路径 `/usr/local/nebula/` 。

例如，要在默认路径下安装3.2.0版本的 RPM 包，运行如下命令：

```
sudo rpm -ivh nebula-graph-3.2.0.el7.x86_64.rpm
```

- 安装 DEB 包

```
$ sudo dpkg -i <package_name>
```

Note

使用 DEB 包安装 Nebula Graph 时不支持自定义安装路径。默认安装路径为 `/usr/local/nebula/` 。

例如安装3.2.0版本的 DEB 包：

```
sudo dpkg -i nebula-graph-3.2.0.ubuntu1804.amd64.deb
```


2022 vesoft Inc.

后续操作

- （企业版）设置 License
- 启动 Nebula Graph
- 连接 Nebula Graph

最后更新: November 25, 2021

2022 vesoft Inc.

5.2.3 使用 tar.gz 文件安装 Nebula Graph

用户可以下载打包好的 tar.gz 文件快速安装 Nebula Graph。

Note

Nebula Graph 从 2.6.0 版本起提供 tar.gz 文件。

操作步骤

1. 使用如下地址下载 Nebula Graph 的 tar.gz 文件。

   下载前需将 `<release_version>` 替换为需要下载的版本。

```
//Centos 7
https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/<release_version>/nebula-graph-<release_version>.el7.x86_64.tar.gz
//Checksum
https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/<release_version>/nebula-graph-<release_version>.el7.x86_64.tar.gz.sha256sum.txt

//Centos 8
https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/<release_version>/nebula-graph-<release_version>.el8.x86_64.tar.gz
//Checksum
https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/<release_version>/nebula-graph-<release_version>.el8.x86_64.tar.gz.sha256sum.txt

//Ubuntu 1604
https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/<release_version>/nebula-graph-<release_version>.ubuntu1604.amd64.tar.gz
//Checksum
https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/<release_version>/nebula-graph-<release_version>.ubuntu1604.amd64.tar.gz.sha256sum.txt

//Ubuntu 1804
https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/<release_version>/nebula-graph-<release_version>.ubuntu1804.amd64.tar.gz
//Checksum
https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/<release_version>/nebula-graph-<release_version>.ubuntu1804.amd64.tar.gz.sha256sum.txt

//Ubuntu 2004
https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/<release_version>/nebula-graph-<release_version>.ubuntu2004.amd64.tar.gz
//Checksum
https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/<release_version>/nebula-graph-<release_version>.ubuntu2004.amd64.tar.gz.sha256sum.txt
```

   例如，要下载适用于 `CentOS 7.5` 的 Nebula Graph release-3.2 tar.gz 文件，运行以下命令：

```
wget https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/3.2.0/nebula-graph-3.2.0.el7.x86_64.tar.gz
```

2. 解压 tar.gz 文件到 Nebula Graph 安装目录。

```
tar -xvzf <tar.gz_file_name> -C <install_path>
```

- `tar.gz_file_name` 表示 tar.gz 文件的名称。
- `install_path` 表示安装路径。

   例如：

```
tar -xvzf nebula-graph-3.2.0.el7.x86_64.tar.gz -C /home/joe/nebula/install
```

3. 修改配置文件名以应用配置。

   进入解压出的目录，将子目录 `etc` 中的文件 `nebula-graphd.conf.default` 、 `nebula-metad.conf.default` 和 `nebula-storaged.conf.default` 重命名，删除 `.default` ，即可应用 Nebula Graph 的默认配置。如需修改配置，参见配置管理。

   至此，Nebula Graph 安装完毕。

下一步

- （企业版）设置 License
- 管理 Nebula Graph 服务

2022 vesoft Inc.

最后更新: May 13, 2022

2022 vesoft Inc.

5.2.4 使用 Docker Compose 部署 Nebula Graph

使用 Docker Compose 可以基于准备好的配置文件快速部署 Nebula Graph 服务，仅建议在测试 Nebula Graph 功能时使用该方式。

前提条件

- 主机上安装如下应用程序。

应用程序	推荐版本	官方安装参考
Docker	最新版本	Install Docker Engine
Docker Compose	最新版本	Install Docker Compose
Git	最新版本	Download Git

- 如果使用非 root 用户部署 Nebula Graph，请授权该用户 Docker 相关的权限。详细信息，请参见 Manage Docker as a non-root user。
- 启动主机上的 Docker 服务。
- 如果已经通过 Docker Compose 在主机上部署了另一个版本的 Nebula Graph，为避免兼容性问题，需要删除目录 `nebula-docker-compose/data` 。

部署和连接 Nebula Graph

1. 通过 Git 克隆 `nebula-docker-compose` 仓库的 `3.1.0` 分支到主机。

Danger

`master` 分支包含最新的未测试代码。请**不要**在生产环境使用此版本。

```
$ git clone -b release-3.1 https://github.com/vesoft-inc/nebula-docker-compose.git
```

Note

Docker Compose 的 `x.y` 版本对齐内核的 `x.y` 版本，对于内核 `z` 版本，Docker Compose 不会发布对应的 `z` 版本，但是会拉取 `z` 版本的内核镜像。

2. 切换至目录 `nebula-docker-compose` 。

```
$ cd nebula-docker-compose/
```

3. 执行如下命令启动 Nebula Graph 服务。

从 3.0.2 开始，Nebula Graph 在 Docker Hub 上的 Docker 支持 ARM64 架构。用户可以在 ARM macOS 的 Docker Desktop 上或者 ARM Linux Server 上运行容器化的 Nebula Graph。

Note

如果长期未内核更新镜像，请先更新 Nebula Graph 镜像和 Nebula Console 镜像。

```
[nebula-docker-compose]$ docker-compose up -d
Creating nebula-docker-compose_metad0_1 ... done
Creating nebula-docker-compose_metad2_1 ... done
Creating nebula-docker-compose_metad1_1 ... done
Creating nebula-docker-compose_graphd2_1   ... done
Creating nebula-docker-compose_graphd_1    ... done
Creating nebula-docker-compose_graphd1_1   ... done
Creating nebula-docker-compose_storaged0_1 ... done
Creating nebula-docker-compose_storaged2_1 ... done
Creating nebula-docker-compose_storaged1_1 ... done
```


2022 vesoft Inc.

Note

上述服务的更多信息，请参见架构总览。

4. 连接 Nebula Graph。

Compatibility

从 3.1 版本开始，Docker-compose 会自动启动 Nebula Console 镜像的容器，并将 Storage 主机增加至集群中（即 `ADD HOSTS` 命令）。

a. 使用 `docker-compose ps` 命令查看 Nebula Console 容器名称。

```
$ docker-compose ps
          Name                        Command             State                Ports
-----------------------------------------------------------------------------------------
nebuladockercompose_console_1     sh -c sleep 3 &&          Up
                                  nebula-co ...
......
```

b. 进入 Nebula Console 容器中。

```
$ docker exec -it nebuladockercompose_console_1 /bin/sh
/ #
```

c. 通过 Nebula Console 连接 Nebula Graph。

```
/ # ./usr/local/bin/nebula-console -u <user_name> -p <password> --address=graphd --port=9669
```

Note

默认情况下，身份认证功能是关闭的，只能使用已存在的用户名（默认为 `root` ）和任意密码登录。如果想使用身份认证，请参见身份认证。

d. 查看集群状态。

```
nebula> SHOW HOSTS;
+-------------+------+-----------+----------+--------------+----------------------+------------------------+---------+
| Host        | Port | HTTP port | Status   | Leader count | Leader distribution  | Partition distribution | Version |
+-------------+------+-----------+----------+--------------+----------------------+------------------------+---------+
| "storaged0" | 9779 | 19669     | "ONLINE" | 0            | "No valid partition" | "No valid partition"   | "3.1.0" |
| "storaged1" | 9779 | 19669     | "ONLINE" | 0            | "No valid partition" | "No valid partition"   | "3.1.0" |
| "storaged2" | 9779 | 19669     | "ONLINE" | 0            | "No valid partition" | "No valid partition"   | "3.1.0" |
+-------------+------+-----------+----------+--------------+----------------------+------------------------+---------+
```

5. 执行两次 `exit` 可以退出容器。

查看 Nebula Graph 服务的状态和端口

执行命令 `docker-compose ps` 可以列出 Nebula Graph 服务的状态和端口。

```
$ docker-compose ps
nebuladockercompose_console_1     sh -c sleep 3 &&                Up
                                  nebula-co ...
nebuladockercompose_graphd1_1     /usr/local/nebula/bin/nebu ...   Up      0.0.0.0:49174->19669/tcp,:::49174->19669/tcp, 0.0.0.0:49171->19670/tcp,:::49171->19670/tcp, 0.0.0.0:49177->9669/
tcp,:::49177->9669/tcp
nebuladockercompose_graphd2_1     /usr/local/nebula/bin/nebu ...   Up      0.0.0.0:49175->19669/tcp,:::49175->19669/tcp, 0.0.0.0:49172->19670/tcp,:::49172->19670/tcp, 0.0.0.0:49178->9669/
tcp,:::49178->9669/tcp
nebuladockercompose_graphd_1      /usr/local/nebula/bin/nebu ...   Up      0.0.0.0:49180->19669/tcp,:::49180->19669/tcp, 0.0.0.0:49179->19670/tcp,:::49179->19670/tcp, 0.0.0.0:9669->9669/
tcp,:::9669->9669/tcp
nebuladockercompose_metad0_1      /usr/local/nebula/bin/nebu ...   Up      0.0.0.0:49157->19559/tcp,:::49157->19559/tcp, 0.0.0.0:49154->19560/tcp,:::49154->19560/tcp, 0.0.0.0:49160->9559/
tcp,:::49160->9559/tcp, 9560/tcp
nebuladockercompose_metad1_1      /usr/local/nebula/bin/nebu ...   Up      0.0.0.0:49156->19559/tcp,:::49156->19559/tcp, 0.0.0.0:49153->19560/tcp,:::49153->19560/tcp, 0.0.0.0:49159->9559/
tcp,:::49159->9559/tcp, 9560/tcp
nebuladockercompose_metad2_1      /usr/local/nebula/bin/nebu ...   Up      0.0.0.0:49158->19559/tcp,:::49158->19559/tcp, 0.0.0.0:49155->19560/tcp,:::49155->19560/tcp, 0.0.0.0:49161->9559/
tcp,:::49161->9559/tcp, 9560/tcp
nebuladockercompose_storaged0_1   /usr/local/nebula/bin/nebu ...   Up      0.0.0.0:49166->19779/tcp,:::49166->19779/tcp, 0.0.0.0:49163->19780/tcp,:::49163->19780/tcp, 9777/tcp, 9778/tcp, 0.
0.0.0:49169->9779/tcp,:::49169->9779/tcp, 9780/tcp
nebuladockercompose_storaged1_1   /usr/local/nebula/bin/nebu ...   Up      0.0.0.0:49165->19779/tcp,:::49165->19779/tcp, 0.0.0.0:49162->19780/tcp,:::49162->19780/tcp, 9777/tcp, 9778/tcp, 0.
0.0.0:49168->9779/tcp,:::49168->9779/tcp, 9780/tcp
```


2022 vesoft Inc.

```
nebuladockercompose_storaged2_1   /usr/local/nebula/bin/nebu ...   Up      0.0.0.0:49167->19779/tcp,:::49167->19779/tcp, 0.0.0.0:49164->19780/tcp,:::49164->19780/tcp, 9777/tcp, 9778/tcp, 0.
0.0.0:49170->9779/tcp,:::49170->9779/tcp, 9780/tcp
```

Nebula Graph 默认使用 `9669` 端口为客户端提供服务，如果需要修改端口，请修改目录 `nebula-docker-compose` 内的文件 `docker-compose.yaml`，然后重启 Nebula Graph 服务。

查看 Nebula Graph 服务的数据和日志

Nebula Graph 的所有数据和日志都持久化存储在 `nebula-docker-compose/data` 和 `nebula-docker-compose/logs` 目录中。

目录的结构如下：

```
nebula-docker-compose/
  |-- docker-compose.yaml
   ├─── data
   │    ├─── meta0
   │    ├─── meta1
   │    ├─── meta2
   │    ├─── storage0
   │    ├─── storage1
   │    └─── storage2
   └─── logs
        ├─── graph
        ├─── graph1
        ├─── graph2
        ├─── meta0
        ├─── meta1
        ├─── meta2
        ├─── storage0
        ├─── storage1
        └─── storage2
```

停止 Nebula Graph 服务

用户可以执行如下命令停止 Nebula Graph 服务：

```
$ docker-compose down
```

如果返回如下信息，表示已经成功停止服务。

```
Stopping nebuladockercompose_console_1   ... done
Stopping nebuladockercompose_graphd1_1   ... done
Stopping nebuladockercompose_graphd_1    ... done
Stopping nebuladockercompose_graphd2_1   ... done
Stopping nebuladockercompose_storaged1_1 ... done
Stopping nebuladockercompose_storaged0_1 ... done
Stopping nebuladockercompose_storaged2_1 ... done
Stopping nebuladockercompose_metad2_1    ... done
Stopping nebuladockercompose_metad0_1    ... done
Stopping nebuladockercompose_metad1_1    ... done
Removing nebuladockercompose_console_1   ... done
Removing nebuladockercompose_graphd1_1   ... done
Removing nebuladockercompose_graphd_1    ... done
Removing nebuladockercompose_graphd2_1   ... done
Removing nebuladockercompose_storaged1_1 ... done
Removing nebuladockercompose_storaged0_1 ... done
Removing nebuladockercompose_storaged2_1 ... done
Removing nebuladockercompose_metad2_1    ... done
Removing nebuladockercompose_metad0_1    ... done
Removing nebuladockercompose_metad1_1    ... done
Removing network nebuladockercompose_nebula-net
```

Danger

命令 `docker-compose down -v` 的参数 `-v` 将会**删除**所有本地的数据。如果使用的是 nightly 版本，并且有一些兼容性问题，请尝试这个命令。

修改配置

Docker Compose 部署的 Nebula Graph，配置文件位置为 `nebula-docker-compose/docker-compose.yaml`，修改该文件内的配置并重启服务即可使新配置生效。

具体的配置说明请参见配置管理。

2022 vesoft Inc.

常见问题

如何固定 DOCKER 映射到外部的端口？

在目录 `nebula-docker-compose` 内修改文件 `docker-compose.yaml`，将对应服务的 `ports` 设置为固定映射，例如：

```
graphd:
    image: vesoft/nebula-graphd:release-3.2
    ...
    ports:
      - 9669:9669
      - 19669
      - 19670
```

`9669:9669` 表示内部的 9669 映射到外部的端口也是 9669，下方的 `19669` 表示内部的 19669 映射到外部的端口是随机的。

如何升级/更新 NEBULA GRAPH 服务的 DOCKER 镜像？

1. 在文件 `nebula-docker-compose/docker-compose.yaml` 中，找到所有服务的 `image` 并修改其值为相应的镜像版本。
2. 在目录 `nebula-docker-compose` 内执行命令 `docker-compose pull`，更新 Graph 服务、Storage 服务、Meta 服务和 Nebula Console 的镜像。
3. 执行命令 `docker-compose up -d` 启动 Nebula Graph 服务。
4. 通过 Nebula Console 连接 Nebula Graph 后，分别执行命令 `SHOW HOSTS GRAPH`、`SHOW HOSTS STORAGE`、`SHOW HOSTS META` 查看各服务版本。

执行命令 `DOCKER-COMPOSE PULL` 报错 `ERROR: TOOMANYREQUESTS`

可能遇到如下错误：

`ERROR: toomanyrequests: You have reached your pull rate limit. You may increase the limit by authenticating and upgrading: https://www.docker.com/increase-rate-limit`

以上错误表示已达到 Docker Hub 的速率限制。解决方案请参见 Understanding Docker Hub Rate Limiting。

如何更新 NEBULA CONSOLE？

`docker-compose pull` 会同时更新 Nebula Graph 服务和 Nebula Console。

最后更新: May 13, 2022

2022 vesoft Inc.

5.2.5 使用 RPM/DEB 包部署 Nebula Graph 多机集群

Nebula Graph 不提供官方的集群部署工具，用户可以使用 RPM 或 DEB 文件手动部署集群。本文提供了部署集群的示例。

部署方案

机器名称	IP 地址	graphd 进程数量	storaged 进程数量	metad 进程数量
A	192.168.10.111	1	1	1
B	192.168.10.112	1	1	1
C	192.168.10.113	1	1	1
D	192.168.10.114	1	1	-
E	192.168.10.115	1	1	-

前提条件

- 准备 5 台用于部署集群的机器。
- 在集群中通过 NTP 服务同步时间。

手动部署流程

1. 安装 NEBULA GRAPH

在集群的每一台服务器上都安装 Nebula Graph，安装后暂不需要启动服务。安装方式请参见：

- 使用 RPM 或 DEB 包安装 Nebula Graph
- 使用源码安装 Nebula Graph

2.（企业版）设置 LICENSE。

- 如果部署企业版 Nebula Graph，需要设置 License。详情请参见设置 Nebula Graph 企业版 License。
- 如果部署社区版 Nebula Graph，略过此步骤。

3. 修改配置文件

修改每个服务器上的 Nebula Graph 配置文件。

Nebula Graph 的所有配置文件均位于安装目录的 `etc` 目录内，包括 `nebula-graphd.conf`、`nebula-metad.conf` 和 `nebula-storaged.conf`，用户可以只修改所需服务的配置文件。各个机器需要修改的配置文件如下。

机器名称	待修改配置文件
A	`nebula-graphd.conf`、`nebula-storaged.conf`、`nebula-metad.conf`
B	`nebula-graphd.conf`、`nebula-storaged.conf`、`nebula-metad.conf`
C	`nebula-graphd.conf`、`nebula-storaged.conf`、`nebula-metad.conf`
D	`nebula-graphd.conf`、`nebula-storaged.conf`
E	`nebula-graphd.conf`、`nebula-storaged.conf`

用户可以参考如下配置文件的内容，仅展示集群通信的部分设置，未展示的内容为默认设置，便于用户了解集群间各个服务器的关系。

2022 vesoft Inc.

Note

主要修改的配置是 `meta_server_addrs`，所有配置文件都需要填写所有 Meta 服务的 IP 地址和端口，同时需要修改 `local_ip` 为机器本身的联网 IP 地址。配置参数的详细说明请参见：

- Meta 服务配置
- Graph 服务配置
- Storage 服务配置

- 机器 A 配置

- `nebula-graphd.conf`

```
########## networking ##########
# Comma separated Meta Server Addresses
--meta_server_addrs=192.168.10.111:9559,192.168.10.112:9559,192.168.10.113:9559
# Local IP used to identify the nebula-graphd process.
# Change it to an address other than loopback if the service is distributed or
# will be accessed remotely.
--local_ip=192.168.10.111
# Network device to listen on
--listen_netdev=any
# Port to listen on
--port=9669
```

- `nebula-storaged.conf`

```
########## networking ##########
# Comma separated Meta server addresses
--meta_server_addrs=192.168.10.111:9559,192.168.10.112:9559,192.168.10.113:9559
# Local IP used to identify the nebula-storaged process.
# Change it to an address other than loopback if the service is distributed or
# will be accessed remotely.
--local_ip=192.168.10.111
# Storage daemon listening port
--port=9779
```

- `nebula-metad.conf`

```
########## networking ##########
# Comma separated Meta Server addresses
--meta_server_addrs=192.168.10.111:9559,192.168.10.112:9559,192.168.10.113:9559
# Local IP used to identify the nebula-metad process.
# Change it to an address other than loopback if the service is distributed or
# will be accessed remotely.
--local_ip=192.168.10.111
# Meta daemon listening port
--port=9559
```


2022 vesoft Inc.

- 机器 B 配置

- `nebula-graphd.conf`

```
########## networking ##########
# Comma separated Meta Server Addresses
--meta_server_addrs=192.168.10.111:9559,192.168.10.112:9559,192.168.10.113:9559
# Local IP used to identify the nebula-graphd process.
# Change it to an address other than loopback if the service is distributed or
# will be accessed remotely.
--local_ip=192.168.10.112
# Network device to listen on
--listen_netdev=any
# Port to listen on
--port=9669
```

- `nebula-storaged.conf`

```
########## networking ##########
# Comma separated Meta server addresses
--meta_server_addrs=192.168.10.111:9559,192.168.10.112:9559,192.168.10.113:9559
# Local IP used to identify the nebula-storaged process.
# Change it to an address other than loopback if the service is distributed or
# will be accessed remotely.
--local_ip=192.168.10.112
# Storage daemon listening port
--port=9779
```

- `nebula-metad.conf`

```
########## networking ##########
# Comma separated Meta Server addresses
--meta_server_addrs=192.168.10.111:9559,192.168.10.112:9559,192.168.10.113:9559
# Local IP used to identify the nebula-metad process.
# Change it to an address other than loopback if the service is distributed or
# will be accessed remotely.
--local_ip=192.168.10.112
# Meta daemon listening port
--port=9559
```


2022 vesoft Inc.

- 机器 C 配置

- `nebula-graphd.conf`

```
########## networking ##########
# Comma separated Meta Server Addresses
--meta_server_addrs=192.168.10.111:9559,192.168.10.112:9559,192.168.10.113:9559
# Local IP used to identify the nebula-graphd process.
# Change it to an address other than loopback if the service is distributed or
# will be accessed remotely.
--local_ip=192.168.10.113
# Network device to listen on
--listen_netdev=any
# Port to listen on
--port=9669
```

- `nebula-storaged.conf`

```
########## networking ##########
# Comma separated Meta server addresses
--meta_server_addrs=192.168.10.111:9559,192.168.10.112:9559,192.168.10.113:9559
# Local IP used to identify the nebula-storaged process.
# Change it to an address other than loopback if the service is distributed or
# will be accessed remotely.
--local_ip=192.168.10.113
# Storage daemon listening port
--port=9779
```

- `nebula-metad.conf`

```
########## networking ##########
# Comma separated Meta Server addresses
--meta_server_addrs=192.168.10.111:9559,192.168.10.112:9559,192.168.10.113:9559
# Local IP used to identify the nebula-metad process.
# Change it to an address other than loopback if the service is distributed or
# will be accessed remotely.
--local_ip=192.168.10.113
# Meta daemon listening port
--port=9559
```

- 机器 D 配置

- `nebula-graphd.conf`

```
########## networking ##########
# Comma separated Meta Server Addresses
--meta_server_addrs=192.168.10.111:9559,192.168.10.112:9559,192.168.10.113:9559
# Local IP used to identify the nebula-graphd process.
# Change it to an address other than loopback if the service is distributed or
# will be accessed remotely.
--local_ip=192.168.10.114
# Network device to listen on
--listen_netdev=any
# Port to listen on
--port=9669
```

- `nebula-storaged.conf`

```
########## networking ##########
# Comma separated Meta server addresses
--meta_server_addrs=192.168.10.111:9559,192.168.10.112:9559,192.168.10.113:9559
# Local IP used to identify the nebula-storaged process.
# Change it to an address other than loopback if the service is distributed or
# will be accessed remotely.
--local_ip=192.168.10.114
# Storage daemon listening port
--port=9779
```


2022 vesoft Inc.

- 机器 E 配置

- `nebula-graphd.conf`

```
########## networking ##########
# Comma separated Meta Server Addresses
--meta_server_addrs=192.168.10.111:9559,192.168.10.112:9559,192.168.10.113:9559
# Local IP used to identify the nebula-graphd process.
# Change it to an address other than loopback if the service is distributed or
# will be accessed remotely.
--local_ip=192.168.10.115
# Network device to listen on
--listen_netdev=any
# Port to listen on
--port=9669
```

- `nebula-storaged.conf`

```
########## networking ##########
# Comma separated Meta server addresses
--meta_server_addrs=192.168.10.111:9559,192.168.10.112:9559,192.168.10.113:9559
# Local IP used to identify the nebula-storaged process.
# Change it to an address other than loopback if the service is distributed or
# will be accessed remotely.
--local_ip=192.168.10.115
# Storage daemon listening port
--port=9779
```

4. 启动集群

依次启动**各个服务器**上的对应进程。

机器名称	待启动的进程
A	graphd、storaged、metad
B	graphd、storaged、metad
C	graphd、storaged、metad
D	graphd、storaged
E	graphd、storaged

启动 Nebula Graph 进程的命令如下：

```
sudo /usr/local/nebula/scripts/nebula.service start <metad|graphd|storaged|all>
```

Note

- 确保每个服务器中的对应进程都已启动，否则服务将启动失败。
- 当需都启动 graphd、storaged 和 metad 时，可以用 all 代替。
- `/usr/local/nebula` 是 Nebula Graph 的默认安装路径，如果修改过安装路径，请使用实际路径。更多启停服务的内容，请参见管理 Nebula Graph 服务。

5. 检查集群

安装原生 CLI 客户端 Nebula Console，然后连接任何一个已启动 graphd 进程的机器，添加 Storage 主机，然后执行命令 `SHOW HOSTS` 检查集群状态。例如：

```
$ ./nebula-console --addr 192.168.10.111 --port 9669 -u root -p nebula

2021/05/25 01:41:19 [INFO] connection pool is initialized successfully
Welcome to Nebula Graph!

> ADD HOSTS 192.168.10.111:9779, 192.168.10.112:9779, 192.168.10.113:9779, 192.168.10.114:9779, 192.168.10.115:9779;
> SHOW HOSTS;
+-----------------+------+-----------+----------+--------------+----------------------+------------------------+---------+
| Host            | Port | HTTP port | Status   | Leader count | Leader distribution  | Partition distribution | Version |
+-----------------+------+-----------+----------+--------------+----------------------+------------------------+---------+
```


2022 vesoft Inc.

```
| "192.168.10.111" | 9779 | 19669     | "ONLINE" | 0            | "No valid partition" | "No valid partition"   | "3.1.0" |
| "192.168.10.112" | 9779 | 19669     | "ONLINE" | 0            | "No valid partition" | "No valid partition"   | "3.1.0" |
| "192.168.10.113" | 9779 | 19669     | "ONLINE" | 0            | "No valid partition" | "No valid partition"   | "3.1.0" |
| "192.168.10.114" | 9779 | 19669     | "ONLINE" | 0            | "No valid partition" | "No valid partition"   | "3.1.0" |
| "192.168.10.115" | 9779 | 19669     | "ONLINE" | 0            | "No valid partition" | "No valid partition"   | "3.1.0" |
+------------------+------+-----------+----------+--------------+----------------------+------------------------+---------+
```

最后更新: June 9, 2022

2022 vesoft Inc.

5.2.6 使用生态工具安装 Nebula Graph

用户可以使用以下生态工具安装企业版和社区版的 Nebula Graph：

- 企业版 Nebula Dashboard
- Nebula Operator

安装详情

- 使用**企业版 Nebula Dashboard** 安装 Nebula Graph 的详情，参见创建集群。
- 使用 **Nebula Operator** 安装 Nebula Graph 的详情，参见使用 Kubectl 部署 Nebula Graph 集群 或 使用 Helm 部署 Nebula Graph 集群。

> **Note**
>
> 联系销售（inqury@vesoft.com）获取企业版 Nebula Graph 的安装包。

最后更新: May 13, 2022

2022 vesoft Inc.

5.3 存算合并版 Nebula Graph

存算合并版 Nebula Graph 将存储服务（Meta 和 Storage）和计算服务（Graph）合并至一个进程，用于部署在单台机器上。本文介绍存算合并版 Nebula Graph 的使用场景、安装步骤等。

Danger

存算合并版 Nebula Graph 不用于生产环境。

5.3.1 背景信息

传统的 Nebula Graph 架构由 3 个服务构成，每个服务都有可执行的二进制文件和对应的进程，进程之间通过 RPC 协议进行调用。而在存算合并版 Nebula Graph 中，Nebula Graph 中 3 个服务对应的 3 个进程被合为 1 个进程。

关于 Nebula Graph 的更多信息，参见架构总览。

5.3.2 使用场景

数据规模小，可用性需求不大的场景。例如，受限于机器数量的测试环境或者仅用于验证功能的场景。

5.3.3 使用限制

- 仅支持单副本服务。
- 不支持高可用和可靠性。

5.3.4 环境准备

关于安装存算合并版 Nebula Graph 所需的环境，参见编译 Nebula Graph 源码要求。

5.3.5 安装步骤

目前仅支持使用源码安装存算合并版 Nebula Graph。其安装步骤与多进程的 Nebula Graph 步骤类似，用户只需在**使用 CMake 生成 makefile 文件**步骤的命令中添加 `-DENABLE_STANDALONE_VERSION=on` 。示例如下：

```
cmake -DCMAKE_INSTALL_PREFIX=/usr/local/nebula -DENABLE_TESTING=OFF -DENABLE_STANDALONE_VERSION=on -DCMAKE_BUILD_TYPE=Release ..
```

有关具体的安装步骤，参见使用源码安装。

用户完成存算合并版 Nebula Graph 后，可以参见连接服务连接 Nebula Graph。

5.3.6 配置文件

存算合并版 Nebula Graph 的配置文件的路径默认为 `/usr/local/nebula/etc` 。

用户可执行 `sudo cat nebula-standalone.conf.default` 查看配置文件内容。配置文件参数和描述和多进程的 Nebula Graph 大体一致，除以下参数外：

参数	预设值	说明
`meta_port`	`9559`	Meta 服务的端口号。
`storage_port`	`9779`	Storage 服务的端口号。
`meta_data_path`	`data/meta`	Meta 数据存储路径。

2022 vesoft Inc.

用户可以执行命令查看配置项列表与说明。具体操作，请参见配置管理。

最后更新: January 12, 2022

2022 vesoft Inc.

5.4 设置 Nebula Graph 企业版 License

Nebula Graph 企业版需要用户设置 License 才可以正常启动并使用企业版功能，本文介绍如何设置企业版的 License 文件。

> **Enterpriseonly**

License 是为企业版用户提供的软件授权证书，企业版用户可以发送邮件至 `inquiry@vesoft.com` 申请 License 文件。

5.4.1 注意事项

- 没有设置 License 时，Nebula Graph 企业版无法启动。
- 请勿修改 License 文件，否则会导致 License 失效。
- License 快过期时，请及时发送邮件至 `inquiry@vesoft.com` 申请续期。
- License 的过期缓冲为 14 天：
- 过期前 30 天和过期当天，服务启动时会打印日志进行提醒。
- 过期后仍可继续使用 14 天。
- 过期 14 天后，服务无法启动，并会打印日志进行提醒。

5.4.2 Nebula Graph 企业版 License 说明

License 文件（`nebula.license`）内容示例如下：

```
----------License Content Start----------
{
  "vendor": "vesoft",
  "organization": "doc",
  "issuedDate": "2022-04-06T16:00:00.000Z",
  "expirationDate": "2022-05-31T15:59:59.000Z",
  "product": "nebula_graph",
  "version": ">3.0.0",
  "licenseType": "enterprise",
  "gracePeriod": 14,
  "graphdSpec": {
    "nodes": 3
  },
  "storagedSpec": {
    "nodes": 3
  },
  "clusterCode": "BAIAEAiAQAAG"
}
----------License Content End----------

----------License Key Start----------
cofFcOxxxxxxxxxxxxxxhnZgaxrQ==
----------License Key End----------
```


2022 vesoft Inc.

License 文件包含生效时间、过期时间等信息。说明如下。

参数	说明
`vendor`	发放渠道。
`organization`	用户名称。
`issuedDate`	License 生效时间。
`expirationDate`	License 过期时间。
`product`	产品类型。Nebula Graph 的产品类型为 `nebula_graph` 。
`version`	版本支持的信息。
`licenseType`	License 类型。包括 `enterprise` 、 `samll_bussiness` 、 `pro` 、 `individual` 。预留参数。
`gracePeriod`	证书过期后可继续使用服务的缓冲时间（单位天），超过缓冲期后停止服务。试用版的 License 过期后无缓冲期，默认值为 0。
`graphdSpec`	集群中 Graph 服务的数量限制。Nebula Graph 会实时监测当前活动的 Graph 服务数量，超过限制的 Graph 服务无法连接集群。
`storagedSpec`	集群中 Storage 服务的数量限制。Nebula Graph 会实时监测当前活动的 Storage 服务数量，超过限制的 Storage 服务无法连接集群。
`clusterCode`	用户的硬件信息，也是集群的唯一标识码。试用版的 License 中无此参数。

5.4.3 设置 Nebula Graph 企业版 License

1. 发送邮件至 `inquiry@vesoft.com` 申请 Nebula Graph 企业版安装包。
2. 安装 Nebula Graph 企业版。安装方式与社区版相同，请参见使用 RPM 或 DEB 包安装 Nebula Graph。
3. 发送邮件至 `inquiry@vesoft.com` 申请 License 文件 `nebula.license` 。
4. 将 License 文件上传到所有包含 Meta 服务的机器上，路径为每个 Meta 服务安装目录的 `share/resources/` 内。

Note

周边工具的 License 文件上传位置，请参见具体周边工具的说明文档。

5.4.4 续期 Nebula Graph 企业版 License

1. 发送邮件至 `inqury@vesoft.com` 申请新的 Nebula Graph 企业版 License。
2. 在所有包含 Meta 服务的机器上，路径为每个 Meta 服务安装目录的 `share/resources/` 内，使用新的 License 文件 `nebula.license` 替换旧的 License 文件。
3. 重启 Storage 和 Graph 服务。关于重启操作，参见启动服务。如果用户的 License 的过期时间在到期后的缓冲期内（默认 14 天），则无需重启 Storage 和 Graph 服务。

Note

当用户的 License 过期时间超过到期后的缓冲期，Graph 和 Storage 服务会自动停止。为了确保服务正常运行，请及时更新 License。

2022 vesoft Inc.

5.4.5 查看 Nebula Graph 企业版 License

- 直接查看 License 文件

  可以使用 cat 等命令直接查看 License 文件，例如 `cat share/resources/nebula.license` 。

- 通过 HTTP 接口查看 License 文件

  当 Nebula Graph 正常运行时，可以请求 Meta 服务的 HTTP 接口（默认为19559）获取 License 文件内容。例如 `curl -G "http://192.168.10.101:19559/license"` 。

5.4.6 下一步

启动 Nebula Graph

最后更新: June 16, 2022

2022 vesoft Inc.

5.5 管理 Nebula Graph 服务

Nebula Graph 支持通过脚本或 systemd 管理服务。本文详细介绍这两种方式。

Enterpriseonly

仅企业版支持使用 systemd 管理服务。

Danger

这两种方式互不兼容，选择使用其中一种。

5.5.1 使用脚本管理服务

使用脚本 `nebula.service` 管理服务，包括启动、停止、重启、中止和查看。

Note

`nebula.service` 的默认路径是 `/usr/local/nebula/scripts`，如果修改过安装路径，请使用实际路径。

语法

```
$ sudo /usr/local/nebula/scripts/nebula.service
[-v] [-c <config_file_path>]
<start | stop | restart | kill | status>
<metad | graphd | storaged | all>
```

参数	说明
`-v`	显示详细调试信息。
`-c`	指定配置文件路径，默认路径为 `/usr/local/nebula/etc/`。
`start`	启动服务。
`stop`	停止服务。
`restart`	重启服务。
`kill`	中止服务。
`status`	查看服务状态。
`metad`	管理 Meta 服务。
`graphd`	管理 Graph 服务。
`storaged`	管理 Storage 服务。
`all`	管理所有服务。

5.5.2 使用 systemd 管理服务

为方便使用，Nebula Graph 企业版支持用 systemd 管理服务，通过 `systemctl` 启动、停止、重启和查看服务。

2022 vesoft Inc.

Note

- 安装 Nebula Graph 企业版后，systemd 所需的 `.service` 文件在安装目录的 `etc/unit` 目录内，使用 RPM/DEB 包安装的 Nebula Graph，会自动将这些 `.service` 文件放入 `/usr/lib/systemd/system` 目录内，并且 `ExecStart` 也会根据指定的 Nebula Graph 安装路径进行生成，因此可以直接使用 `systemctl` 命令。
- 对于使用企业版 Dashboard 安装的企业版 Nebula Graph，不支持使用 `systemctl` 管理服务。
- 对于其他方式安装的企业版 Nebula Graph，需要用户手动将 `.service` 文件移动到 `/usr/lib/systemd/system` 目录内，并修改 `.service` 文件内的 `ExecStart` 的文件路径，才可以正常使用 `systemctl` 命令。

语法

```
$ systemctl <start | stop | restart | status > <nebula | nebula-metad | nebula-graphd | nebula-storaged>
```

参数	说明
`start`	启动服务。
`stop`	停止服务。
`restart`	重启服务。
`status`	查看服务状态。
`nebula`	管理所有服务。
`nebula-metad`	管理 Meta 服务。
`nebula-graphd`	管理 Graph 服务。
`nebula-storaged`	管理 Storage 服务。

5.5.3 启动 Nebula Graph 服务

非容器部署

对于非容器部署的 Nebula Graph，执行如下命令启动服务：

```
$ sudo /usr/local/nebula/scripts/nebula.service start all
[INFO] Starting nebula-metad...
[INFO] Done
[INFO] Starting nebula-graphd...
[INFO] Done
[INFO] Starting nebula-storaged...
[INFO] Done
```

或者：

```
$ systemctl start nebula
```

如果需要设置开机自动启动，命令如下：

```
$ systemctl enable nebula
```

容器部署

对于使用 Docker Compose 部署的 Nebula Graph，在 `nebula-docker-compose/` 目录内执行如下命令启动服务：

```
[nebula-docker-compose]$ docker-compose up -d
Building with native build. Learn about native build in Compose here: https://docs.docker.com/go/compose-native-build/
Creating network "nebula-docker-compose_nebula-net" with the default driver
Creating nebula-docker-compose_metad0_1 ... done
Creating nebula-docker-compose_metad2_1 ... done
Creating nebula-docker-compose_metad1_1 ... done
```


2022 vesoft Inc.

```
Creating nebula-docker-compose_storaged2_1 ... done
Creating nebula-docker-compose_graphd1_1   ... done
Creating nebula-docker-compose_storaged1_1 ... done
Creating nebula-docker-compose_storaged0_1 ... done
Creating nebula-docker-compose_graphd2_1   ... done
Creating nebula-docker-compose_graphd_1    ... done
```

5.5.4 停止 Nebula Graph 服务

Danger

请勿使用 `kill -9` 命令强制终止进程，否则可能较小概率出现数据丢失。

非容器部署

执行如下命令停止 Nebula Graph 服务：

```
$ sudo /usr/local/nebula/scripts/nebula.service stop all
[INFO] Stopping nebula-metad...
[INFO] Done
[INFO] Stopping nebula-graphd...
[INFO] Done
[INFO] Stopping nebula-storaged...
[INFO] Done
```

或者：

```
$ systemctl stop nebula
```

容器部署

在 `nebula-docker-compose/` 目录内执行如下命令停止 Nebula Graph 服务：

```
[nebula-docker-compose]$ docker-compose down
Stopping nebula-docker-compose_graphd_1    ... done
Stopping nebula-docker-compose_graphd2_1   ... done
Stopping nebula-docker-compose_storaged0_1 ... done
Stopping nebula-docker-compose_storaged1_1 ... done
Stopping nebula-docker-compose_graphd1_1   ... done
Stopping nebula-docker-compose_storaged2_1 ... done
Stopping nebula-docker-compose_metad1_1    ... done
Stopping nebula-docker-compose_metad2_1    ... done
Stopping nebula-docker-compose_metad0_1    ... done
Removing nebula-docker-compose_graphd_1    ... done
Removing nebula-docker-compose_graphd2_1   ... done
Removing nebula-docker-compose_storaged0_1 ... done
Removing nebula-docker-compose_storaged1_1 ... done
Removing nebula-docker-compose_graphd1_1   ... done
Removing nebula-docker-compose_storaged2_1 ... done
Removing nebula-docker-compose_metad1_1    ... done
Removing nebula-docker-compose_metad2_1    ... done
Removing nebula-docker-compose_metad0_1    ... done
Removing network nebula-docker-compose_nebula-net
```

Note

命令 `docker-compose down -v` 将会**删除**所有本地 Nebula Graph 的数据。如果使用的是 developing 或 nightly 版本，并且有一些兼容性问题，请尝试这个命令。

5.5.5 查看 Nebula Graph 服务

非容器部署

执行如下命令查看 Nebula Graph 服务状态：

2022 vesoft Inc.

```
$ sudo /usr/local/nebula/scripts/nebula.service status all
```

- 如果返回如下结果，表示 Nebula Graph 服务正常运行。

```
[INFO] nebula-metad(33fd35e): Running as 29020, Listening on 9559
[INFO] nebula-graphd(33fd35e): Running as 29095, Listening on 9669
[WARN] nebula-storaged after v3.0.0 will not start service until it is added to cluster.
[WARN] See Manage Storage hosts:ADD HOSTS in https://docs.nebula-graph.io/
[INFO] nebula-storaged(33fd35e): Running as 29147, Listening on 9779
```

Note

正常启动 Nebula Graph 后，`nebula-storaged` 进程的端口显示红色。这是因为 `nebula-storaged` 在启动流程中会等待 `nebula-metad` 添加当前 Storage 服务，当前 Storage 服务收到 Ready 信号后才会正式启动服务。从 3.0.0 版本开始，在配置文件中添加的 Storage 节点无法直接读写，配置文件的作用仅仅是将 Storage 节点注册至 Meta 服务中。必须使用 `ADD HOSTS` 命令后，才能正常读写 Storage 节点。更多信息，参见管理 Storage 主机。

- 如果返回类似如下结果，表示 Nebula Graph 服务异常，可以根据异常服务信息进一步排查，或者在 Nebula Graph 社区寻求帮助。

```
[INFO] nebula-metad: Running as 25600, Listening on 9559
[INFO] nebula-graphd: Exited
[INFO] nebula-storaged: Running as 25646, Listening on 9779
```

也可以使用 `systemctl` 命令查看 Nebula Graph 服务状态：

```
$ systemctl status nebula
● nebula.service
   Loaded: loaded (/usr/lib/systemd/system/nebula.service; disabled; vendor preset: disabled)
   Active: active (exited) since — 2022-03-28 04:13:24 UTC; 1h 47min ago
  Process: 21772 ExecStart=/usr/local/ent-nightly/scripts/nebula.service start all (code=exited, status=0/SUCCESS)
 Main PID: 21772 (code=exited, status=0/SUCCESS)
    Tasks: 325
   Memory: 424.5M
   CGroup: /system.slice/nebula.service
           ├─21789 /usr/local/ent-nightly/bin/nebula-metad --flagfile /usr/local/ent-nightly/etc/nebula-metad.conf
           ├─21827 /usr/local/ent-nightly/bin/nebula-graphd --flagfile /usr/local/ent-nightly/etc/nebula-graphd.conf
           └─21900 /usr/local/ent-nightly/bin/nebula-storaged --flagfile /usr/local/ent-nightly/etc/nebula-storaged.conf

3月 28 04:13:24 xxxxxx systemd[1]: Started nebula.service.
...
```

Nebula Graph 服务由 Meta 服务、Graph 服务和 Storage 服务共同提供，这三种服务的配置文件都保存在安装目录的 `etc` 目录内，默认路径为 `/usr/local/nebula/etc/`，用户可以检查相应的配置文件排查问题。

容器部署

在 `nebula-docker-compose` 目录内执行如下命令查看 Nebula Graph 服务状态：

```
[nebula-docker-compose]$ docker-compose ps
            Name                           Command                  State                                          Ports
-------------------
```

```
PORTS                                                                                                   NAMES
2a6c56c405f5   vesoft/nebula-graphd:nightly     "/usr/local/nebula/b..."   36 minutes ago   Up 36 minutes (healthy)   0.0.0.0:49230->9669/tcp, 0.0.0.0:49229->19669/tcp, 0.0.0.0:49228->19670/
tcp                           nebula-docker-compose_graphd2_1
7042e0a8e83d   vesoft/nebula-storaged:nightly   "./bin/nebula-storag..."   36 minutes ago   Up 36 minutes (healthy)   9777-9778/tcp, 9780/tcp, 0.0.0.0:49227->9779/tcp, 0.0.0.0:49226->19779/
tcp, 0.0.0.0:49225->19780/tcp   nebula-docker-compose_storaged2_1
18e3ea63ad65   vesoft/nebula-storaged:nightly   "./bin/nebula-storag..."   36 minutes ago   Up 36 minutes (healthy)   9777-9778/tcp, 9780/tcp, 0.0.0.0:49219->9779/tcp, 0.0.0.0:49218->19779/
tcp, 0.0.0.0:49217->19780/tcp   nebula-docker-compose_storaged0_1
4dcabfe8677a   vesoft/nebula-graphd:nightly     "/usr/local/nebula/b..."   36 minutes ago   Up 36 minutes (healthy)   0.0.0.0:49224->9669/tcp, 0.0.0.0:49223->19669/tcp, 0.0.0.0:49222->19670/
tcp                           nebula-docker-compose_graphd1_1
a74054c6ae25   vesoft/nebula-graphd:nightly     "/usr/local/nebula/b..."   36 minutes ago   Up 36 minutes (healthy)   0.0.0.0:9669->9669/tcp, 0.0.0.0:49221->19669/tcp, 0.0.0.0:49220->19670/
tcp                           nebula-docker-compose_graphd_1
880025a3858c   vesoft/nebula-storaged:nightly   "./bin/nebula-storag..."   36 minutes ago   Up 36 minutes (healthy)   9777-9778/tcp, 9780/tcp, 0.0.0.0:49216->9779/tcp, 0.0.0.0:49215->19779/
tcp, 0.0.0.0:49214->19780/tcp   nebula-docker-compose_storaged1_1
45736a32a23a   vesoft/nebula-metad:nightly      "./bin/nebula-metad ..."   36 minutes ago   Up 36 minutes (healthy)   9560/tcp, 0.0.0.0:49213->9559/tcp, 0.0.0.0:49212->19559/tcp, 0.
0.0.0:49211->19560/tcp                  nebula-docker-compose_metad0_1
3b2c90eb073e   vesoft/nebula-metad:nightly      "./bin/nebula-metad ..."   36 minutes ago   Up 36 minutes (healthy)   9560/tcp, 0.0.0.0:49207->9559/tcp, 0.0.0.0:49206->19559/tcp, 0.
0.0.0:49205->19560/tcp                  nebula-docker-compose_metad2_1
7bb31b7a5b3f   vesoft/nebula-metad:nightly      "./bin/nebula-metad ..."   36 minutes ago   Up 36 minutes (healthy)   9560/tcp, 0.0.0.0:49210->9559/tcp, 0.0.0.0:49209->19559/tcp, 0.
0.0.0:49208->19560/tcp                  nebula-docker-compose_metad1_1
```

最后登录容器排查问题

```
[nebula-docker-compose]$ docker exec -it 2a6c56c405f5 bash
[root@2a6c56c405f5 nebula]#
```

5.5.6 下一步

连接 Nebula Graph

最后更新: November 25, 2021

2022 vesoft Inc.

5.6 连接 Nebula Graph 服务

本文介绍如何使用原生命令行客户端 Nebula Console 连接 Nebula Graph。

Caution

首次连接到 Nebula Graph 后，必须先注册 Storage 服务，才能正常查询数据。

Nebula Graph 支持多种类型的客户端，包括命令行客户端、可视化界面客户端和流行编程语言客户端。详情参见客户端列表。

5.6.1 前提条件

- Nebula Graph 服务已启动。
- 运行 Nebula Console 的机器和运行 Nebula Graph 的服务器网络互通。
- Nebula Console 的版本兼容 Nebula Graph 的版本。

Note

版本相同的 Nebula Console 和 Nebula Graph 兼容程度最高，版本不同的 Nebula Console 连接 Nebula Graph 时，可能会有兼容问题，或者无法连接并报错 `incompatible version between client and server` 。

5.6.2 操作步骤

1. 在 Nebula Console 下载页面，确认需要的版本，单击 **Assets**。

   Note

   建议选择**最新**版本。

2. 在 **Assets** 区域找到机器运行所需的二进制文件，下载文件到机器上。
3. （可选）为方便使用，重命名文件为 `nebula-console` 。

   Note

   在 Windows 系统中，请重命名为 `nebula-console.exe` 。

4. 在运行 Nebula Console 的机器上执行如下命令，为用户授予 nebula-console 文件的执行权限。

   Note

   Windows 系统请跳过此步骤。

```
$ chmod 111 nebula-console
```

5. 在命令行界面中，切换工作目录至 nebula-console 文件所在目录。

2022 vesoft Inc.

6. 执行如下命令连接 Nebula Graph。

- Linux 或 macOS

```
$ ./nebula-console -addr <ip> -port <port> -u <username> -p <password>
  [-t 120] [-e "nGQL_statement" | -f filename.nGQL]
```

- Windows

```
> nebula-console.exe -addr <ip> -port <port> -u <username> -p <password>
  [-t 120] [-e "nGQL_statement" | -f filename.nGQL]
```

参数说明如下。

参数	说明
`-h/-help`	显示帮助菜单。
`-addr/-address`	设置要连接的 Graph 服务的 IP 地址。默认地址为 127.0.0.1。如果 Nebula Graph 部署在 Nebula Cloud 上，需要创建 Private Link，并设置该参数的值为专用终结点的 IP 地址。
`-P/-port`	设置要连接的 Graph 服务的端口。默认端口为 9669。
`-u/-user`	设置 Nebula Graph 账号的用户名。未启用身份认证时，可以使用任意已存在的用户名（默认为 `root`）。
`-p/-password`	设置用户名对应的密码。未启用身份认证时，密码可以填写任意字符。
`-t/-timeout`	设置整数类型的连接超时时间。单位为秒，默认值为 120。
`-e/-eval`	设置字符串类型的 nGQL 语句。连接成功后会执行一次该语句并返回结果，然后自动断开连接。
`-f/-file`	设置存储 nGQL 语句的文件的路径。连接成功后会执行该文件内的 nGQL 语句并返回结果，执行完毕后自动断开连接。
`-enable_ssl`	连接 Nebula Graph 时使用 SSL 加密。
`-ssl_root_ca_path`	指定 CA 证书的存储路径。
`-ssl_cert_path`	指定 CRT 证书的存储路径。
`-ssl_private_key_path`	指定私钥文件的存储路径。

更多参数参见项目仓库。

最后更新: November 25, 2021

2022 vesoft Inc.

5.7 管理 Storage 主机

从 3.0.0 版本开始，在配置文件中添加的 Storage 主机无法直接读写，配置文件的作用仅仅是将 Storage 主机注册至 Meta 服务中。必须使用 `ADD HOSTS` 命令后，才能正常读写 Storage 主机。

5.7.1 增加 Storage 主机

向集群中增加 Storage 主机。

```
ADD HOSTS <ip>:<port> [,<ip>:<port> ...];
ADD HOSTS "<hostname>":<port> [,"<hostname>":<port> ...];
```

Note

- 增加 Storage 主机在**下一个**心跳周期之后才能生效，为确保数据同步，请等待 2 个心跳周期（20 秒），然后执行 `SHOW HOSTS` 查看是否在线。
- IP地址和端口请和配置文件中的设置保持一致，例如单机部署的默认为 `127.0.0.1:9779` 。
- 使用域名时，需要用引号包裹，例如 `ADD HOSTS "foo-bar":9779` 。
- 使用域名时，需要用引号包裹，例如 `ADD HOSTS "foo-bar":9779` 。

5.7.2 删除 Storage 主机

从集群中删除 Storage 主机。

Note

无法直接删除正在使用的 Storage 主机，需要先删除关联的图空间，才能删除 Storage 主机。

```
DROP HOSTS <ip>:<port> [,<ip>:<port> ...];
DROP HOSTS "<hostname>":<port> [,"<hostname>":<port> ...];
```

最后更新: June 30, 2022

2022 vesoft Inc.

5.8 升级版本

5.8.1 升级 Nebula Graph 2.x 至 3.2.0 版本

本文以 Nebula Graph 2.6.1 版本升级到 3.2.0 版本为例，介绍 Nebula Graph 2.x 版本升级到 3.x 版本的方法。

适用版本

本文适用于将 Nebula Graph 从 2.0.0 及之后的 2.x 版本升级到 3.2.0 版本。不适用于 2.0.0 之前的历史版本（含 1.x 版本）。如需升级历史版本，将其根据最新的 2.x 版本文档升级到最新的 2.x 版本，然后根据本文的说明升级到 3.x 版本。

Caution

如需从 2.0.0 之前的版本（含 1.x 版本）升级到 3.2.0，还需找到 3.2.0 版本文件中 `share/resources` 目录下的 `date_time_zonespec.csv` 文件，将其复制到 Nebula Graph 安装路径下的相同目录内。也可从 GitHub 下载该文件。

升级限制

- 不支持轮转热升级，需完全停止整个集群服务。
- 未提供升级脚本，需手动在每台服务器上依次执行。
- 不支持基于 Docker 容器（包括 Docker Swarm、Docker Compose、K8s）的升级。
- 必须在原服务器上原地升级，不能修改原机器的 IP 地址、配置文件，不可更改集群拓扑。
- 硬盘空间要求：各机器硬盘剩余空间都需要是原数据目录的**二倍**。其中一倍空间用于容纳手动备份的数据，另一倍空间用于容纳复制到 `dst_db_path` 的 WAL，以及原有数据中新增的用于支持无 tag 点的 key。
- 已知会造成数据丢失的 4 种场景，和 alter schema 以及 default value 相关，参见 github known issues。
- 数据目录不要使用软连接切换，避免失效。
- 部分升级操作需要有 sudo 权限。

升级影响

- 数据膨胀

  Nebula Graph 3.x 版本扩展了原有的数据格式，每个点多出一个 key，所以升级后数据会占用更大的空间。

2022 vesoft Inc.

新增 key 的格式为：Type 字段（1 字节）+ Partition ID 字段（3 字节）+ VID（大小根据类型而定）。key 的 value 为空。多占用的空间可以根据点的数量和 VID 的数据类型计算。例如，数据集中有 1 亿个点，且 VID 为 INT64，则升级后这个 key 会占用 1 亿 *（1 + 3 + 8）= 12 亿字节，约等于 1.2 GB。

- 客户端兼容

  升级后旧版本客户端将无法连接 Nebula Graph，需将所有客户端都升级到兼容 Nebula Graph 3.2.0 的版本。

- 配置变化

  少数配置参数发生改变，详情参考版本发布说明和参数文档。

- 语法兼容

  nGQL 语法有部分不兼容：

- 禁用 `YIELD` 子句返回自定义变量。
- `FETCH`、`GO`、`LOOKUP`、`FIND PATH`、`GET SUBGRAPH` 语句中必须添加 `YIELD` 子句。
- MATCH 语句中获取点属性时，必须指定 Tag，例如从 `return v.name` 变为 `return v.player.name`。

Caution

可能存在其它暂未发现的影响，建议升级前详细查看版本发布说明和产品手册，并密切关注论坛与 GitHub 的最新动态。

升级准备

- 根据操作系统和架构下载 Nebula Graph 3.2.0 版本的 TAR 文件并解压，升级过程中需要其中的二进制文件。TAR 包下载地址参见 Download 页面。

  Note

  编译源码或者下载RPM/DEB包也可以获取新版二进制文件。

- 根据 Storage 和 Meta 服务配置中 `data_path` 参数的值找到数据文件的位置，并备份数据。默认路径为 `nebula/data/storage` 和 `nebula/data/meta`。

  Danger

  升级时不会自动备份原有数据。务必手动备份数据，防止丢失。

- 备份配置文件。

- 统计所有图空间升级前的数据量，供升级后比较。统计方法如下：

a. 运行 `SUBMIT JOB STATS`。

b. 运行 `SHOW JOBS` 并记录返回结果。

升级步骤

1. 停止所有 Nebula Graph 服务。

```
<nebula_install_path>/scripts/nebula.service stop all
```


2022 vesoft Inc.

`nebula_install_path` 代表 Nebula Graph 的安装目录。

`storaged` 进程 flush 数据要等待约 1 分钟。运行命令后可继续运行 `nebula.service status all` 命令以确认所有服务都已停止。启动和停止服务的详细说明参见管理服务。

> **Note**
>
> 如果超过 20 分钟不能停止服务，放弃本次升级，在论坛或 GitHub 提问。

2. 在**升级准备**中解压 TAR 包的目的路径下，用此处 `bin` 目录中的新版二进制文件替换 Nebula Graph 安装路径下 `bin` 目录中的旧版二进制文件。

> **Note**
>
> 每台部署了 Nebula Graph 服务的机器上都要更新相应服务的二进制文件。

3. 编辑所有 Graph 服务的配置文件，修改以下参数以适应新版本的取值范围。如参数值已在规定范围内，忽略该步骤。

- 为 `session_idle_timeout_secs` 参数设置一个在 [1,604800] 区间的值，推荐值为 28800。
- 为 `client_idle_timeout_secs` 参数设置一个在 [1,604800] 区间的值，推荐值为 28800。

这些参数在 2.x 版本中的默认值不在新版本的取值范围内，如不修改会升级失败。详细参数说明参见Graph 服务配置。

4. 启动所有 Meta 服务。

```
<nebula_install_path>/scripts/nebula-metad.service start
```

启动后，Meta 服务选举 leader。该过程耗时数秒。

启动后可以任意启动一个 Graph 服务节点，使用 Nebula Graph 连接该节点并运行 `SHOW HOSTS meta` 和 `SHOW META LEADER`，如果能够正常返回 Meta 节点的状态，则 Meta 服务启动成功。

> **Note**
>
> 如果启动异常，放弃本次升级，并在论坛或 GitHub 提问。

5. 使用 `bin` 目录下的新版 db_upgrader 文件升级数据格式。

> **Danger**
>
> 本步骤不会备份 Storage 服务中保存的数据。升级数据格式前，务必按照本文**升级准备**部分的说明备份数据。

命令语法：

```
<nebula_install_path>/bin/db_upgrader \
--src_db_path=<old_storage_data_path> \
--dst_db_path=<data_backup_path> \
--upgrade_meta_server=<meta_server_ip>:<port>[, <meta_server_ip>:<port> ...] \
--upgrade_version=2:3
```

- `old_storage_data_path` 代表数据的存储路径，由 Storage 服务配置文件中的 `data_path` 参数定义。
- `data_backup_path` 代表自定义的数据备份路径。**当前版本该设置不生效，升级数据格式时不会将原有数据备份到任何路径**。
- `meta_server_ip` 和 `port` 分别代表 Meta 服务各节点的 IP 地址和端口号。
- `2:3` 代表从 Nebula Graph 2.x 版本升级到 3.x 版本。

本文示例：

```
<nebula_install_path>/bin/db_upgrader \
--src_db_path=/usr/local/nebula/data/storage \
--dst_db_path=/home/vesoft/nebula/data-backup \
--upgrade_meta_server=192.168.8.132:9559 \
--upgrade_version=2:3
```


2022 vesoft Inc.

Note

如果出现异常，放弃本次升级，并在论坛或 GitHub 提问。

6. 启动所有 Graph 和 Storage 服务。

Note

如果启动异常，放弃本次升级，并在论坛或 GitHub 提问。

7. 连接新版 Nebula Graph，验证服务是否可用、数据是否正常。连接方法参见连接服务。

   目前尚无有效方式判断升级是否完全成功，可用于测试的参考命令如下：

```
nebula> SHOW HOSTS;
nebula> SHOW HOSTS storage;
nebula> SHOW SPACES;
nebula> USE <space_name>
nebula> SHOW PARTS;
nebula> SUBMIT JOB STATS;
nebula> SHOW STATS;
nebula> MATCH (v) RETURN v LIMIT 5;
```

   也可根据 3.2.0 版本的新功能测试，新功能列表参见发布说明。

升级失败回滚

如果升级失败，停止新版本的所有服务，从备份中恢复配置文件和二进制文件，启动历史版本的服务。

所有周边客户端也切换为旧版。

FAQ

Q：升级过程中是否可以通过客户端写入数据？

A：不可以。升级过程中需要停止所有服务。

Q：如果某台机器只有 Graph 服务，没有 Storage 服务，如何升级？

A：只需要升级 Graph 服务对应的二进制文件和配置文件。

Q：操作报错 `Permission denied`。

A：部分命令需要有 sudo 权限。

Q：是否有工具或者办法验证新旧版本数据是否一致？

A：没有。如果只是检查数据量，可以在升级完成后再次运行 `SUBMIT JOB STATS` 和 `SHOW STATS` 统计数据量，并与升级之前做对比。

Q: Storage `OFFLINE` 并且 `Leader count` 是 `0` 怎么处理？

A：运行以下命令手动添加 Storage 主机：

```
ADD HOSTS <ip>:<port>[, <ip>:<port> ...];
```

例如：

```
ADD HOSTS 192.168.10.100:9779, 192.168.10.101:9779, 192.168.10.102:9779;
```

如果有多个 Meta 服务节点，手动 `ADD HOSTS` 之后，部分 Storage 节点需等待数个心跳（`heartbeat_interval_secs`）的时间才能正常连接到集群。

如果添加 Storage 主机后问题仍然存在，在论坛或 GitHub 提问。

2022 vesoft Inc.

Q：为什么升级后用 `SHOW JOBS` 查询到的 Job 的 ID 与升级前一样，但 Job 名称等信息不同了？

A： Nebula Graph 2.5.0 版本调整了 Job 的定义，详情参见 Pull request。如果是从 2.5.0 之前的版本升级，会出现该问题。

Q: 有哪些语法不兼容？

A: 参见Release Note Incompatibility 部分。

最后更新: May 13, 2022

2022 vesoft Inc.

5.9 卸载 Nebula Graph

本文介绍如何卸载 Nebula Graph。

Caution

如果需要重新部署 Nebula Graph，请务必完全卸载后再重新部署，否则可能会出现问题，包括 Meta 不一致等。

5.9.1 前提条件

停止 Nebula Graph 服务。详情参见管理 Nebula Graph 服务。

5.9.2 步骤 1：删除数据和元数据文件

如果在配置文件内修改了数据文件的路径，可能会导致安装路径和数据文件保存路径不一致，因此需要查看配置文件，确认数据文件保存路径，然后手动删除数据文件目录。

Note

如果是集群架构，需要删除所有 Storage 和 Meta 服务节点的数据文件。

1. 检查 Storage 服务的 disk 配置。例如：

```
########## Disk ##########
# Root data path. Split by comma. e.g. --data_path=/disk1/path1/,/disk2/path2/
# One path per Rocksdb instance.
--data_path=/nebula/data/storage
```

2. 检查 metad 服务的配置文件，找到对应元数据目录。
3. 删除以上数据和元数据目录。

5.9.3 步骤 2：卸载安装目录

Note

删除整个安装目录，包括 `cluster.id` 文件。

安装路径为参数 `--prefix` 指定的路径。默认路径为 `/usr/local/nebula`。

卸载编译安装的 Nebula Graph

找到 Nebula Graph 的安装目录，删除整个安装目录。

卸载 RPM 包安装的 Nebula Graph

1. 使用如下命令查看 Nebula Graph 版本。

```
$ rpm -qa | grep "nebula"
```

返回类似如下结果。

```
nebula-graph-3.2.0-1.x86_64
```


2022 vesoft Inc.

2. 使用如下命令卸载 Nebula Graph。

```
sudo rpm -e <nebula_version>
```

例如：

```
sudo rpm -e nebula-graph-3.2.0-1.x86_64
```

3. 删除安装目录。

卸载 DEB 包安装的 Nebula Graph

1. 使用如下命令查看 Nebula Graph 版本。

```
$ dpkg -l | grep "nebula"
```

返回类似如下结果。

```
ii  nebula-graph  3.2.0  amd64     Nebula Package built using CMake
```

2. 使用如下命令卸载 Nebula Graph。

```
sudo dpkg -r <nebula_version>
```

例如：

```
sudo dpkg -r nebula-graph
```

3. 删除安装目录。

卸载 Docker Compose 部署的 Nebula Graph

1. 在目录 `nebula-docker-compose` 内执行如下命令停止 Nebula Graph 服务。

```
docker-compose down -v
```

2. 删除目录 `nebula-docker-compose` 。

最后更新: November 25, 2021

2022 vesoft Inc.

6. 配置与日志

6.1 配置

6.1.1 配置管理

Nebula Graph 基于 gflags 库打造了系统配置，多数配置项都是其中的 flags。Nebula Graph 服务启动时，默认会从配置文件中获取配置信息。对于文件中没有的配置项，系统使用默认值。

Enterpriseonly

性能、参数、查询语句的调优方式及服务仅在企业版提供。

Note

- 由于配置项多且可能随着 Nebula Graph 的开发发生变化，文档不会介绍所有配置项。按下文说明可在命令行获取配置项的详细说明。
- 不建议修改文档未介绍的配置项，除非已经熟悉源代码并完全了解配置项的作用。

版本兼容性

1.x 版本的文档提供了使用 CONFIGS 命令修改缓存中配置的方法，但在生产环境中使用该方法容易导致集群配置与本地配置文件不一致。因此，自 2.x 版本开始文档中将不再介绍 CONFIGS 命令的使用方法。

查看配置项列表与说明

使用以下命令获取二进制文件对应服务的所有配置项信息：

```
<binary> --help
```

例如：

```
# 获取 Meta 配置项的帮助信息
$ /usr/local/nebula/bin/nebula-metad  --help

# 获取 Graph 配置项的帮助信息
$ /usr/local/nebula/bin/nebula-graphd --help

# 获取 Storage 配置项的帮助信息
$ /usr/local/nebula/bin/nebula-storaged --help
```

以上示例使用了二进制文件的默认存储路径 `/usr/local/nebula/bin/` 。如果修改了 Nebula Graph 安装路径，使用实际路径查询配置项信息。

查看运行配置

使用 `curl` 命令获取运行中的配置项的值，即 Nebula Graph 的运行配置。

例如：

```
# 获取 Meta 服务的运行配置
curl 127.0.0.1:19559/flags

# 获取 Graph 服务的运行配置
curl 127.0.0.1:19669/flags

# 获取 Storage 服务的运行配置
curl 127.0.0.1:19779/flags
```


2022 vesoft Inc.

Note

实际环境中需使用真实的主机 IP 地址取代以上示例中的 `127.0.0.1`。

配置文件简介

源码、RPM/DEB、TAR 包集群的配置文件

Nebula Graph 为每个服务都提供了两份初始配置文件 `<service_name>.conf.default` 和 `<service_name>.conf.production`，方便用户在不同场景中使用。使用源码和 RPM/DEB 安装集群的配置文件的默认路径为 `/usr/local/nebula/etc/`；使用 TAR 包安装集群的配置文件路径为 `<install_path>/<tar_package_directory>/etc` TAR 包的安装路径。

初始配置文件中的配置值仅供参考，使用时可根据实际需求调整。如需使用初始配置文件，从上述两个文件选择其一，删除后缀 `.default` 或 `.production` 使其生效。

Caution

为确保服务的可用性，同类服务的配置需保持一致，本机 IP 地址 `local_ip` 除外。例如，一个 Nebula Graph 集群中部署了 3 个 Storage 服务器，3 者除 IP 地址外的其它配置需相同。

下表列出了各服务对应的初始配置文件。

Nebula Graph 服务	初始配置文件	配置说明
Meta	`nebula-metad.conf.default` 和 `nebula-metad.conf.production`	Meta 服务配置
Graph	`nebula-graphd.conf.default` 和 `nebula-graphd.conf.production`	Graph 服务配置
Storage	`nebula-storaged.conf.default` 和 `nebula-storaged.conf.production`	Storage 服务配置

所有服务的初始配置文件中都包含 `local_config` 参数，预设值为 `true`，表示 Nebula Graph 服务会从其配置文件获取配置并启动。

Caution

不建议修改 `local_config` 的值为 `false`。修改后 Nebula Graph 服务启动后会先尝试从 Meta 服务获取缓存的配置信息，可能导致集群配置不一致，造成未知风险。

DOCKER COMPOSE 集群的配置文件

对于使用 Docker Compose 创建的集群，集群的配置文件的默认路径为 `<install_path>/nebula-docker-compose/docker-compose.yaml`。配置文件中的 `command` 下面的参数为各服务的启动参数。

NEBULA OPERATOR 集群的配置文件

对于通过 Nebula Operator 使用 Kubectl 方式创建的集群，集群的配置文件的路径为用户创建集群 YAML 文件的路径。用户可通过配置文件中的 `spec.{graphd|storaged|metad}.config` 参数修改集群各个服务的相关配置。

Note

通过 Helm 部署的集群，暂不支持修改集群服务的相关配置。

关于 Nebula Graph 的配置相关的更多信息，参见 Nebula Config。

2022 vesoft Inc.

修改配置

默认情况下，所有 Nebula Graph 服务从配置文件获取配置。用户可以按照以下步骤修改配置并使其生效。

- 针对使用源码、RPM/DEB、TAR 包安装的集群：

a. 使用文本编辑器修改目标服务的配置文件并保存。

b. 选择合适的时间重启**所有** Nebula Graph 服务使修改生效。

- 针对使用 Docker Compose 安装的集群：

a. 在文件 `<install_path>/nebula-docker-compose/docker-compose.yaml` 中，修改服务配置。

b. 在目录 `nebula-docker-compose` 内执行命令 `docker-compose up -d` 重启涉及配置变化的服务。

- 针对使用 Kubectl 方式创建的集群：

  具体操作，参见自定义集群的配置参数。

最后更新: May 13, 2022

2022 vesoft Inc.

6.1.2 Meta 服务配置

Meta 服务提供了两份初始配置文件 `nebula-metad.conf.default` 和 `nebula-metad.conf.production`，方便在不同场景中使用。文件的默认路径为 `/usr/local/nebula/etc/`。

Caution

- 不建议修改 `local_config` 的值为 `false`。修改后 Nebula Graph 服务启动后会先尝试从 Meta 服务获取缓存的配置信息，可能导致集群配置不一致，造成未知风险。
- 不建议修改文档未介绍的配置项，除非已经熟悉源代码并清楚了解配置项作用。

配置文件使用方式

如需使用初始配置文件，从上述两个文件选择其一，删除后缀 `.default` 或 `.production`，Meta 服务才能将其识别为配置文件并从中获取配置信息。

配置文件参数值说明

配置文件内没有设置某个参数表示参数使用的是默认值。文件内只预设了部分参数的值，而且两份初始配置文件内的参数值也略有不同，本文的预设值以 `nebula-metad.conf.default` 为准。

如需查看所有的参数及其当前值，参见配置管理。

basics 配置

名称	预设值	说明
`daemonize`	`true`	是否启动守护进程。
`pid_file`	`pids/nebula-metad.pid`	记录进程 ID 的文件。
`timezone_name`	-	指定 Nebula Graph 的时区。初始配置文件中未设置该参数，如需使用请手动添加。系统默认值为 `UTC+00:00:00`。格式请参见 Specifying the Time Zone with TZ。例如，东八区的设置方式为 `--timezone_name=UTC+08:00`。
`license_path`	`share/resources/nebula.license`	企业版 License 路径。企业版需要用户设置 License 才可以正常启动并使用企业版功能。仅企业版 Nebula Graph 需要设置本参数，其他周边工具如何设置 License，请参见相应周边工具的部署文档。

Note

- 在插入时间类型的属性值时，Nebula Graph 会根据 `timezone_name` 设置的时区将该时间值（TIMESTAMP 类型例外）转换成相应的 UTC 时间，因此在查询中返回的时间类型属性值为 UTC 时间。
- `timezone_name` 参数只用于转换 Nebula Graph 中存储的数据，Nebula Graph 进程中其它时区相关数据，例如日志打印的时间等，仍然使用主机系统默认的时区。

2022 vesoft Inc.

logging 配置

名称	预设值	说明
`log_dir`	`logs`	存放 Meta 服务日志的目录，建议和数据保存在不同硬盘。
`minloglevel`	`0`	最小日志级别，即不会记录低于这个级别的日志。可选值为 `0` （INFO）、 `1` （WARNING）、 `2` （ERROR）、 `3` （FATAL）。建议在调试时设置为 `0`，生产环境中设置为 `1` 。如果设置为 `4`，Nebula Graph 不会记录任何日志。
`v`	`0`	日志详细级别，值越大，日志记录越详细。可选值为 `0` 、 `1` 、 `2` 、 `3` 。
`logbufsecs`	`0`	缓冲日志的最大时间，超时后输出到日志文件。 `0` 表示实时输出。单位：秒。
`redirect_stdout`	`true`	是否将标准输出和标准错误重定向到单独的输出文件。
`stdout_log_file`	`metad-stdout.log`	标准输出日志文件名称。
`stderr_log_file`	`metad-stderr.log`	标准错误日志文件名称。
`stderrthreshold`	`2`	要复制到标准错误中的最小日志级别（ `minloglevel` ）。
`timestamp_in_logfile_name`	`true`	日志文件名称中是否包含时间戳。 `true` 表示包含， `false` 表示不包含。

networking 配置

名称	预设值	说明
`meta_server_addrs`	`127.0.0.1:9559`	全部 Meta 服务的 IP 地址和端口。多个 Meta 服务用英文逗号（,）分隔。
`local_ip`	`127.0.0.1`	Meta 服务的本地 IP 地址。本地 IP 地址用于识别 nebula-metad 进程，如果是分布式集群或需要远程访问，请修改为对应地址。
`port`	`9559`	Meta 服务的 RPC 守护进程监听端口。Meta 服务对外端口为 `9559` ，对内端口为 `对外端口+1` ，即 `9560` ，Nebula Graph 使用内部端口进行多副本间的交互。
`ws_ip`	`0.0.0.0`	HTTP 服务的 IP 地址。
`ws_http_port`	`19559`	HTTP 服务的端口。
`ws_storage_http_port`	`19779`	HTTP 协议监听 Storage 服务的端口，需要和 Storage 服务配置文件中的 `ws_http_port` 保持一致。
`heartbeat_interval_secs`	`10`	默认心跳间隔。请确保所有服务的 `heartbeat_interval_secs` 取值相同，否则会导致系统无法正常工作。单位：秒。

Caution

必须在配置文件中使用真实的 IP 地址。否则某些情况下 `127.0.0.1/0.0.0.0` 无法正确解析。

storage 配置

名称	预设值	说明
`data_path`	`data/meta`	meta 数据存储路径。

2022 vesoft Inc.

misc 配置

名称	预设值	说明
`default_parts_num`	`100`	创建图空间时的默认分片数量。
`default_replica_factor`	`1`	创建图空间时的默认副本数量。

rocksdb options 配置

名称	预设值	说明
`rocksdb_wal_sync`	`true`	是否同步 RocksDB 的 WAL 日志。

最后更新: March 10, 2022

2022 vesoft Inc.

6.1.3 Graph 服务配置

Graph 服务提供了两份初始配置文件 `nebula-graphd.conf.default` 和 `nebula-graphd.conf.production`，方便在不同场景中使用。文件的默认路径为 `/usr/local/nebula/etc/`。

Caution

- 不建议修改 `local_config` 的值为 `false`。修改后 Nebula Graph 服务启动后会先尝试从 Meta 服务获取缓存的配置信息，可能导致集群配置不一致，造成未知风险。
- 不建议修改文档未介绍的配置项，除非已经熟悉源代码并完全了解配置项的作用。

配置文件使用方式

如需使用初始配置文件，从上述两个文件选择其一，删除后缀 `.default` 或 `.production`，Graph 服务才能将其识别为配置文件并从中获取配置信息。

配置文件参数值说明

配置文件内没有设置某个参数表示参数使用的是默认值。文件内只预设了部分参数的值，而且两份初始配置文件内的参数值也略有不同，本文的预设值以 `nebula-graphd.conf.default` 为准。

如需查看所有的参数及其当前值，参见配置管理。

basics 配置

名称	预设值	说明
`daemonize`	`true`	是否启动守护进程。
`pid_file`	`pids/nebula-graphd.pid`	记录进程 ID 的文件。
`enable_optimizer`	`true`	是否启用优化器。
`timezone_name`	-	指定 Nebula Graph 的时区。初始配置文件中未设置该参数，使用需手动添加。系统默认值为 `UTC+00:00:00`。格式请参见 Specifying the Time Zone with TZ。例如，东八区的设置方式为 `--timezone_name=UTC+08:00`。
`local_config`	`true`	是否从配置文件获取配置信息。

Note

- 在插入时间类型 的属性值时，Nebula Graph 会根据 `timezone_name` 设置的时区将该时间值（TIMESTAMP 类型例外）转换成相应的 UTC 时间，因此在查询中返回的时间类型属性值为 UTC 时间。
- `timezone_name` 参数只用于转换 Nebula Graph 中存储的数据，Nebula Graph 进程中其它时区相关数据，例如日志打印的时间等，仍然使用主机系统默认的时区。

2022 vesoft Inc.

logging 配置

名称	预设值	说明
`log_dir`	`logs`	存放 Graph 服务日志的目录，建议和数据保存在不同硬盘。
`minloglevel`	`0`	最小日志级别，即不会记录低于这个级别的日志。可选值为 `0` （INFO）、 `1` （WARNING）、 `2` （ERROR）、 `3` （FATAL）。建议在调试时设置为 `0`，生产环境中设置为 `1` 。如果设置为 `4`，Nebula Graph 不会记录任何日志。
`v`	`0`	日志详细级别，值越大，日志记录越详细。可选值为 `0` 、 `1` 、 `2` 、 `3` 。
`logbufsecs`	`0`	缓冲日志的最大时间，超时后输出到日志文件。 `0` 表示实时输出。单位：秒。
`redirect_stdout`	`true`	是否将标准输出和标准错误重定向到单独的输出文件。
`stdout_log_file`	`graphd-stdout.log`	标准输出日志文件名称。
`stderr_log_file`	`graphd-stderr.log`	标准错误日志文件名称。
`stderrthreshold`	`2`	要复制到标准错误中的最小日志级别（ `minloglevel` ）。
`timestamp_in_logfile_name`	`true`	日志文件名称中是否包含时间戳。 `true` 表示包含， `false` 表示不包含。

query 配置

名称	预设值	说明
`accept_partial_success`	`false`	是否将部分成功视为错误。此配置仅适用于只读请求，写请求总是将部分成功视为错误。
`session_reclaim_interval_secs`	`10`	将 Session 信息发送给 Meta 服务的间隔。单位：秒。
`max_allowed_query_size`	`4194304`	最大查询语句长度。单位：字节。默认为 `4194304` ，即 4MB。

2022 vesoft Inc.

networking 配置

名称	预设值	说明
`meta_server_addrs`	`127.0.0.1:9559`	全部 Meta 服务的 IP 地址和端口。多个 Meta 服务用英文逗号（,）分隔。
`local_ip`	`127.0.0.1`	Graph 服务的本地 IP 地址。本地 IP 地址用于识别 nebula-graphd 进程，如果是分布式集群或需要远程访问，请修改为对应地址。
`listen_netdev`	`any`	监听的网络设备。
`port`	`9669`	Graph 服务的 RPC 守护进程监听端口。
`reuse_port`	`false`	是否启用 SO_REUSEPORT。
`listen_backlog`	`1024`	socket 监听的连接队列最大长度，调整本参数需要同时调整 `net.core.somaxconn` 。
`client_idle_timeout_secs`	`28800`	空闲连接的超时时间。默认 8 小时。 `0` 表示永不超时。单位：秒。
`session_idle_timeout_secs`	`28800`	空闲会话的超时时间。取值范围为 1~604800。默认 8 小时。单位：秒。
`num_accept_threads`	`1`	接受传入连接的线程数。
`num_netio_threads`	`0`	网络 IO 线程数。 `0` 表示 CPU 核数。
`num_worker_threads`	`0`	执行用户查询的线程数。 `0` 表示 CPU 核数。
`ws_ip`	`0.0.0.0`	HTTP 服务的 IP 地址。
`ws_http_port`	`19669`	HTTP 服务的端口。
`heartbeat_interval_secs`	`10`	默认心跳间隔。请确保所有服务的 `heartbeat_interval_secs` 取值相同，否则会导致系统无法正常工作。单位：秒。
`storage_client_timeout_ms`	-	Graph 服务与 Storage 服务的 RPC 连接超时时间。初始配置文件中未设置该参数，使用需手动添加。默认值为 `60000` 毫秒。
`slow_query_threshold_us`	`200000`	定义超过多长时间的查询为慢查询。单位：微秒。
`ws_meta_http_port`	`19559`	HTTP 协议监听 Meta 服务的端口，需要和 Meta 服务配置文件中的 `ws_http_port` 保持一致。

Caution

必须在配置文件中使用真实的 IP 地址。否则某些情况下 `127.0.0.1/0.0.0.0` 无法正确解析。

charset and collate 配置

名称	预设值	说明
`default_charset`	`utf8`	创建图空间时的默认字符集。
`default_collate`	`utf8_bin`	创建图空间时的默认排序规则。

authorization 配置

名称	预设值	说明
`enable_authorize`	`false`	用户登录时是否进行身份验证。身份验证详情请参见身份验证。
`auth_type`	`password`	用户登录的身份验证方式。取值为 `password` 、 `ldap` 、 `cloud` 。

2022 vesoft Inc.

memory 配置

名称	预设值	说明
`system_memory_high_watermark_ratio`	`0.8`	内存高水位报警机制的触发阈值。系统内存占用率高于该值会触发报警机制，Nebula Graph 会停止接受查询。

audit 配置

Enterpriseonly

仅 Nebula Graph 企业版支持审计日志功能。

详细参数说明参见审计日志。

metrics 配置

名称	预设值	说明
`enable_space_level_metrics`	`false`	开启后可打开图空间级别的监控，对应的监控指标名称中包含图空间的名称，例如 `query_latency_us{space=basketballplayer}.avg.3600` 。支持的监控指标可用 `curl` 命令查看，详细说明参见查询监控指标。

session 配置

名称	预设值	说明
`max_sessions_per_ip_per_user`	`300`	相同用户和 IP 地址可以创建的最大会话数。

experimental 配置

名称	预设值	说明
`enable_experimental_feature`	`false`	实验性功能开关。可选值为 `true` 和 `false` 。当前支持的实验性功能请参见下文。

EXPERIMENTAL 功能说明

名称	说明
TOSS	TOSS（Transaction on Storage Side）功能，用于保证对边进行 `INSERT` 、 `UPDATE` 、 `UPSERT` 或 `DELETE` 操作的最终一致性（因为逻辑上的一条边对应着硬盘上的两个键值对）。开启后会增加相关操作的时延约 1 倍。

最后更新: June 23, 2022

2022 vesoft Inc.

6.1.4 Storage 服务配置

Storage 服务提供了两份初始配置文件 `nebula-storaged.conf.default` 和 `nebula-storaged.conf.production`，方便在不同场景中使用。文件的默认路径为 `/usr/local/nebula/etc/`。

Caution

- 不建议修改 `local_config` 的值为 `false`。修改配置并重启 Storage 服务，会先尝试从 Meta 服务获取缓存的配置信息，可能导致集群配置不一致，造成未知风险。
- 不建议修改文档未介绍的配置项，除非已经熟悉源代码并完全了解配置项的作用。

配置文件使用方式

如需使用初始配置文件，从上述两个文件选择其一，删除后缀 `.default` 或 `.production`，Storage 服务才能将其识别为配置文件并从中获取配置信息。

配置文件参数值说明

配置文件内没有设置某个参数表示参数使用的是默认值。文件内只预设了部分参数的值，而且两份初始配置文件内的参数值也略有不同，本文的预设值以 `nebula-storaged.conf.default` 文件为准，其中没有的参数则以 `nebula-storaged.conf.production` 文件为准。

Note

Raft Listener 的配置和 Storage 服务配置不同，详情请参见部署 Raft listener。

如需查看所有的参数及其当前值，参见配置管理。

basics 配置

名称	预设值	说明
`daemonize`	`true`	是否启动守护进程。
`pid_file`	`pids/nebula-storaged.pid`	记录进程 ID 的文件。
`timezone_name`	-	指定 Nebula Graph 的时区。初始配置文件中未设置该参数，如需使用请手动添加。系统默认值为 `UTC+00:00:00`。格式请参见 Specifying the Time Zone with TZ。例如，东八区的设置方式为 `--timezone_name=UTC+08:00`。
`local_config`	`true`	是否从配置文件获取配置信息。

Note

- 在插入时间类型的属性值时，Nebula Graph 会根据 `timezone_name` 设置的时区将该时间值（TIMESTAMP 类型例外）转换成相应的 UTC 时间，因此在查询中返回的时间类型属性值为 UTC 时间。
- `timezone_name` 参数只用于转换 Nebula Graph 中存储的数据，Nebula Graph 进程中其它时区相关数据，例如日志打印的时间等，仍然使用主机系统默认的时区。

2022 vesoft Inc.

logging 配置

名称	预设值	说明
`log_dir`	`logs`	存放 Storage 服务日志的目录，建议和数据保存在不同硬盘。
`minloglevel`	`0`	最小日志级别，即不会记录低于这个级别的日志。可选值：`0`（INFO）、`1`（WARNING）、`2`（ERROR）、`3`（FATAL）。建议在调试时设置为`0`，生产环境中设置为`1`。如果设置为`4`，Nebula Graph 不会记录任何日志。
`v`	`0`	日志详细级别，值越大，日志记录越详细。可选值：`0`、`1`、`2`、`3`。
`logbufsecs`	`0`	缓冲日志的最大时间，超时后输出到日志文件。`0`表示实时输出。单位：秒。
`redirect_stdout`	`true`	是否将标准输出和标准错误重定向到单独的输出文件。
`stdout_log_file`	`storaged-stdout.log`	标准输出日志文件名称。
`stderr_log_file`	`storaged-stderr.log`	标准错误日志文件名称。
`stderrthreshold`	`2`	要复制到标准错误中的最小日志级别（`minloglevel`）。
`timestamp_in_logfile_name`	`true`	日志文件名称中是否包含时间戳。`true`表示包含，`false`表示不包含。

networking 配置

名称	预设值	说明
`meta_server_addrs`	`127.0.0.1:9559`	全部 Meta 服务的 IP 地址和端口。多个 Meta 服务用英文逗号（,）分隔。
`local_ip`	`127.0.0.1`	Storage 服务的本地 IP 地址。本地 IP 地址用于识别 nebula-storaged 进程，如果是分布式集群或需要远程访问，请修改为对应地址。
`port`	`9779`	Storage 服务的 RPC 守护进程监听端口。Storage 服务对外端口为`9779`，对内端口为`9777`、`9778`和`9780`，Nebula Graph 使用内部端口进行多副本间的交互。
`ws_ip`	`0.0.0.0`	HTTP 服务的 IP 地址。
`ws_http_port`	`19779`	HTTP 服务的端口。
`heartbeat_interval_secs`	`10`	默认心跳间隔。请确保所有服务的`heartbeat_interval_secs`取值相同，否则会导致系统无法正常工作。单位：秒。

Caution

必须在配置文件中使用真实的 IP 地址。否则某些情况下`127.0.0.1/0.0.0.0`无法正确解析。

raft 配置

名称	预设值	说明
`raft_heartbeat_interval_secs`	`30`	Raft 选举超时时间。单位：秒。
`raft_rpc_timeout_ms`	`500`	Raft 客户端的远程过程调用（RPC）超时时间。单位：毫秒。
`wal_ttl`	`14400`	Raft WAL 的有效时间。单位：秒。

2022 vesoft Inc.

disk 配置

名称	预设值	说明
`data_path`	`data/storage`	数据存储路径，多个路径用英文逗号（,）分隔。一个 RocksDB 实例对应一个路径。
`minimum_reserved_bytes`	`268435456`	每个数据存储路径的剩余空间最小值，低于该值时，可能会导致集群数据写入失败。单位：字节。
`rocksdb_batch_size`	`4096`	批量操作的缓存大小。单位：字节。
`rocksdb_block_cache`	`4`	BlockBasedTable 的默认块缓存大小。单位：兆字节。
`disable_page_cache`	`false`	允许或禁止 Nebula Graph 使用操作系统的页缓存。默认值为 `false`，表示允许使用 page cache。当值为 `true` 时，禁止 Nebula Graph 使用 page cache，此时须设置充足的块缓存（block cache）空间。
`engine_type`	`rocksdb`	存储引擎类型。
`rocksdb_compression`	`lz4`	压缩算法，可选值：`no`、`snappy`、`lz4`、`lz4hc`、`zlib`、`bzip2`、`zstd`。
`rocksdb_compression_per_level`	-	为不同级别设置不同的压缩算法。
`enable_rocksdb_statistics`	`false`	是否启用 RocksDB 的数据统计。
`rocksdb_stats_level`	`kExceptHistogramOrTimers`	RocksDB 的数据统计级别。可选值：`kExceptHistogramOrTimers`（禁用计时器统计，跳过柱状图统计）、`kExceptTimers`（跳过计时器统计）、`kExceptDetailedTimers`（收集除互斥锁和压缩花费时间之外的所有统计数据）、`kExceptTimeForMutex` 收集除互斥锁花费时间之外的所有统计数据）、`kAll`（收集所有统计数据）。
`enable_rocksdb_prefix_filtering`	`true`	是否启用 prefix bloom filter，启用时可以提升图遍历速度，但是会增加内存消耗。
`enable_rocksdb_whole_key_filtering`	`false`	是否启用 whole key bloom filter。
`rocksdb_filtering_prefix_length`	`12`	每个 key 的 prefix 长度。可选值：`12`（分片 ID+点 ID）、`16`（分片 ID+点 ID+TagID/Edge typeID）。单位：字节。
`enable_partitioned_index_filter`	-	设置为 `true` 可以降低 bloom 过滤器占用的内存大小，但是在某些随机寻道（random-seek）的情况下，可能会降低读取性能。

Key-Value separation 配置

名称	预设值	说明
`rocksdb_enable_kv_separation`	`false`	是否启用 BlobDB KV 分离存储功能。开启后可以提高查询性能。
`rocksdb_kv_separation_threshold`	`100`	RocksDB KV 分离的阈值，在 flush 或 compaction 期间，大于或等于该阈值的值将被写入blob文件。单位：字节。
`rocksdb_blob_compression`	`lz4`	BlobDB 的压缩算法，可选值：`no`、`snappy`、`lz4`、`lz4hc`、`zlib`、`bzip2`、`zstd`。
`rocksdb_enable_blob_garbage_collection`	`true`	在 compaction 过程中是否对 BlobDB 进行垃圾收集。

2022 vesoft Inc.

misc 配置

Caution

下表中的 `snapshot` 与 Nebula Graph 快照是不同的概念，这里的 `snapshot` 指 Raft 同步过程中 leader 上的存量数据。

名称	预设值	说明
`auto_remove_invalid_space`	`true`	在执行 `DROP SPACE` 后，会删除指定图空间，该参数设置是否同时删除指定图空间内的所有数据。当值为 `true` 时，同时删除指定图空间内的所有数据。
`num_io_threads`	`16`	网络 I/O 线程的数量，用于发送 RPC 请求和接收响应。
`num_worker_threads`	`32`	Storage 的 RPC 服务的工作线程数量。
`max_concurrent_subtasks`	`10`	TaskManager 并发执行子任务的最大个数。
`snapshot_part_rate_limit`	`10485760`	Raft leader 向 Raft group 中其它成员同步存量数据时的限速。单位：字节/秒。
`snapshot_batch_size`	`1048576`	Raft leader 向 Raft group 中其它成员同步存量数据时每批发送的数据量。单位：字节。
`rebuild_index_part_rate_limit`	`4194304`	重建索引过程中，Raft leader 向 Raft group 中其它成员同步索引数据时的限速。单位：字节/秒。
`rebuild_index_batch_size`	`1048576`	重建索引过程中，Raft leader 向 Raft group 中其它成员同步索引数据时每批发送的数据量。单位：字节。

rocksdb options 配置

名称	预设值	说明
`rocksdb_db_options`	`{}`	RocksDB database 选项。
`rocksdb_column_family_options`	`{"write_buffer_size":"67108864", "max_write_buffer_number":"4", "max_bytes_for_level_base":"268435456"}`	RocksDB column family 选项。
`rocksdb_block_based_table_options`	`{"block_size":"8192"}`	RocksDB block based table 选项。

rocksdb options 配置的格式为 `{"<option_name>":"<option_value>"}`，多个选项用英文逗号（,）隔开。

2022 vesoft Inc.

`rocksdb_db_options` 和 `rocksdb_column_family_options` 支持的选项如下：

- `rocksdb_db_options`

```
max_total_wal_size
delete_obsolete_files_period_micros
max_background_jobs
stats_dump_period_sec
compaction_readahead_size
writable_file_max_buffer_size
bytes_per_sync
wal_bytes_per_sync
delayed_write_rate
avoid_flush_during_shutdown
max_open_files
stats_persist_period_sec
stats_history_buffer_size
strict_bytes_per_sync
enable_rocksdb_prefix_filtering
enable_rocksdb_whole_key_filtering
rocksdb_filtering_prefix_length
num_compaction_threads
rate_limit
```

- `rocksdb_column_family_options`

```
write_buffer_size
max_write_buffer_number
level0_file_num_compaction_trigger
level0_slowdown_writes_trigger
level0_stop_writes_trigger
target_file_size_base
target_file_size_multiplier
max_bytes_for_level_base
max_bytes_for_level_multiplier
disable_auto_compactions
```

参数的详细说明请参见 RocksDB 官方文档。

storage cache 配置

Enterpriseonly

仅企业版支持 storage cache 配置。

名称	预设值	说明
`enable_storage_cache`	`false`	是否开启 Storage 缓存功能。
`storage_cache_capacity`	`0`	为 Storage 缓存预留的内存大小，取值需要稍大于 `vertex_pool_capacity` 和 `empty_key_pool_capacity` 的总和。单位：兆字节。
`storage_cache_buckets_power`	`20`	bucket 的个数。取值为以 2 为底的对数，取值范围：0~32。例如取值为 20，表示 bucket 个数为 2\(^{20}\)。建议值为 `ceil(log2(cacheEntries * 1.6))` 。 `cacheEntries` 为要缓存的条目总数。
`storage_cache_locks_power`	`10`	锁的个数。取值为以 2 为底的对数，取值范围：0~32。例如取值为 10，表示锁个数为 2\(^{10}\)。建议值为 `max(1, storage_cache_buckets_power - 10)` 。
`enable_vertex_pool`	`false`	是否使用点的缓存池。仅在启用 Storage 缓存功能时生效。
`vertex_pool_capacity`	`50`	点缓存池的大小。 单位：兆字节。
`vertex_item_ttl`	`300`	点缓存条目的有效时间。单位：秒。
`enable_empty_key_pool`	`false`	是否使用 empty_key 的缓存池。empty_key 表示用户查询过但是实际不存在的 key。
`empty_key_pool_capacity`	`50`	empty_key 缓存池的大小。 单位：兆字节。
`empty_key_item_ttl`	`300`	empty_key 缓存条目的有效时间。单位：秒。

2022 vesoft Inc.

超级节点处理（出入边数量极多的点）

在每个点出发的查询获取到边时，直接截断。目的是避免超级节点的邻边过多，单个查询占用过多的硬盘和内存。截取前 `max_edge_returned_per_vertex` 个边，多余的边不返回。该参数作用于全局，不用于单个 space。

属性名	默认值	说明
max_edge_returned_per_vertex	2147483647	每个稠密点，最多返回多少条边，多余的边截断不返回。配置文件默认未设置。

数据量大而内存不够时

如果数据量很大但内存不够，则推荐把 storage 配置中的 `enable_partitioned_index_filter` 设置为 `true`；但由于缓存了较少的 RocksDB 索引，性能会受影响。

最后更新: June 23, 2022

2022 vesoft Inc.

6.1.5 Linux 内核配置

本文介绍与 Nebula Graph 相关的 Linux 内核配置，并介绍如何修改配置。

资源控制

ULIMIT 注意事项

命令 `ulimit` 用于为当前 shell 会话设置资源阈值，注意事项如下：

- `ulimit` 所做的更改仅对当前会话或子进程生效。
- 资源的阈值（软阈值）不能超过硬阈值。
- 普通用户不能使用命令调整硬阈值，即使使用 `sudo` 也不能调整。
- 修改系统级别或调整硬性阈值，请编辑文件 `/etc/security/limits.conf` 。这种方式需要重新登录才生效。

ULIMIT -C

`ulimit -c` 用于限制 core 文件的大小，建议设置为 `unlimited` ，命令如下：

```
ulimit -c unlimited
```

ULIMIT -N

`ulimit -n` 用于限制打开文件的数量，建议设置为超过 10 万，例如：

```
ulimit -n 130000
```

内存

VM.SWAPPINESS

`vm.swappiness` 是触发虚拟内存（swap）的空闲内存百分比。值越大，使用 swap 的可能性就越大，建议设置为 0，表示首先删除页缓存。需要注意的是，0 表示**尽量**不使用 swap。

VM.MIN_FREE_KBYTES

`vm.min_free_kbytes` 用于设置 Linux 内核保留的最小空闲千字节数。如果系统内存足够，建议设置较大值。例如物理内存为 128 GB，可以将 `vm.min_free_kbytes` 设置为 5 GB。如果值太小，会导致系统无法申请足够的连续物理内存。

VM.MAX_MAP_COUNT

`vm.max_map_count` 用于限制单个进程的 VMA（虚拟内存区域）数量。默认值为 `65530` ，对于绝大多数应用程序来说已经足够。如果应用程序因为内存消耗过大而报错，请增大本参数的值。

VM.DIRTY_*

`vm.dirty_*` 是一系列控制系统脏数据缓存的参数。对于写密集型场景，用户可以根据需要进行调整（吞吐量优先或延迟优先），建议使用系统默认值。

TRANSPARENT HUGE PAGE

为了降低延迟，用户必须关闭 THP（transparent huge page）。命令如下：

```
root# echo never > /sys/kernel/mm/transparent_hugepage/enabled
root# echo never > /sys/kernel/mm/transparent_hugepage/defrag
root# swapoff -a && swapon -a
```

为了防止系统重启后该配置失效，可以在GRUB配置文件或 `/etc/rc.local` 中添加相关配置，使系统启动时自动关闭 THP。

2022 vesoft Inc.

网络

NET.IPV4.TCP_SLOW_START_AFTER_IDLE

`net.ipv4.tcp_slow_start_after_idle` 默认值为 1，会导致闲置一段时间后拥塞窗口超时，建议设置为 `0`，尤其适合大带宽高延迟场景。

NET.CORE.SOMAXCONN

`net.core.somaxconn` 用于限制 socket 监听的连接队列数量。默认值为 `128`。对于有大量突发连接的场景，建议设置为不低于 `1024`。

NET.IPV4.TCP_MAX_SYN_BACKLOG

`net.ipv4.tcp_max_syn_backlog` 用于限制处于 SYN_RECV（半连接）状态的 TCP 连接数量。默认值为 `128`。对于有大量突发连接的场景，建议设置为不低于 `1024`。

NET.CORE.NETDEV_MAX_BACKLOG

`net.core.netdev_max_backlog` 用于限制队列中数据包的数量。默认值为 `1000`，建议设置为 `10000` 以上，尤其是万兆网卡。

NET.IPV4.TCP_KEEPALIVE_*

`net.ipv4.tcp_keepalive_*` 是一系列保持 TCP 连接存活的参数。对于使用四层透明负载均衡的应用程序，如果空闲连接异常断开，请增大 `tcp_keepalive_time` 和 `tcp_keepalive_intvl` 的值。

NET.IPV4.TCP_WMEM/RMEM

TCP 套接字发送/接收缓冲池的最小、最大、默认空间。对于大连接，建议设置为 `带宽 (GB) *往返时延 (ms)`。

SCHEDULER

对于 SSD 设备，建议将 `scheduler` 设置为 `noop` 或者 `none`，路径为 `/sys/block/DEV_NAME/queue/scheduler`。

其他参数

KERNEL.CORE_PATTERN

建议设置为 `core`，并且将 `kernel.core_uses_pid` 设置为 `1`。

修改参数

SYSCTL 命令

- `sysctl <conf_name>`

  查看当前参数值。

- `sysctl -w <conf_name>=<value>`

  临时修改参数值，立即生效，重启后恢复原值。

- `sysctl -p [<file_path>]`

  从指定配置文件里加载 Linux 系统参数，默认从 `/etc/sysctl.conf` 加载。

PRLIMIT

命令 `prlimit` 可以获取和设置进程资源的限制，结合 `sudo` 可以修改硬阈值，例如，`prlimit --nofile=140000 --pid=$$` 调整当前进程允许的打开文件的最大数量为 `140000`，立即生效，此命令仅支持 RedHat 7u 或更高版本。

最后更新: May 13, 2022

2022 vesoft Inc.

6.2 日志

6.2.1 运行日志

运行日志通常提供给 DBA 或开发人员查看，当系统出现故障，DBA 或开发人员可以根据运行日志定位问题。

Nebula Graph 默认使用 glog 打印运行日志，使用 gflags 控制日志级别，并在运行时通过 HTTP 接口动态修改日志级别，方便跟踪问题。

运行日志目录

运行日志的默认目录为 `/usr/local/nebula/logs/` 。

如果在 Nebula Graph 运行过程中删除运行日志目录，日志不会继续打印，但是不会影响业务。重启服务可以恢复正常。

配置说明

- `minloglevel` ：最小日志级别，即不会记录低于这个级别的日志。可选值为 `0` （INFO）、 `1` （WARNING）、 `2` （ERROR）、 `3` （FATAL）。建议在调试时设置为 `0` ，生产环境中设置为 `1` 。如果设置为 `4` ，Nebula Graph 不会记录任何日志。
- `v` ：日志详细级别，值越大，日志记录越详细。可选值为 `0` 、 `1` 、 `2` 、 `3` 。

Meta 服务、Graph 服务和 Storage 服务的日志级别可以在各自的配置文件中查看，默认路径为 `/usr/local/nebula/etc/` 。

查看运行日志级别

使用如下命令查看当前所有的 gflags 参数（包括日志参数）：

```
$ curl <ws_ip>:<ws_port>/flags
```

参数	说明
`ws_ip`	HTTP 服务的 IP 地址，可以在配置文件中查看。默认值为 `127.0.0.1` 。
`ws_port`	HTTP 服务的端口，可以在配置文件中查看。默认值分别为 `19559` （Meta）、 `19669` （Graph） `19779` （Storage）。

示例如下：

- 查看 Meta 服务当前的最小日志级别：

```
$ curl 127.0.0.1:19559/flags | grep 'minloglevel'
```

- 查看 Storage 服务当前的日志详细级别：

```
$ curl 127.0.0.1:19779/flags | grep -w 'v'
```

修改运行日志级别

使用如下命令修改运行日志级别：

2022 vesoft Inc.

```
$ curl -X PUT -H "Content-Type: application/json" -d '{"<key>":<value>[,"<key>":<value>]}' "<ws_ip>:<ws_port>/flags"
```

参数	说明
`key`	待修改的运行日志类型，可选值请参见配置说明。
`value`	运行日志级别，可选值请参见配置说明。
`ws_ip`	HTTP 服务的 IP 地址，可以在配置文件中查看。默认值为 `127.0.0.1` 。
`ws_port`	HTTP 服务的端口，可以在配置文件中查看。默认值分别为 `19559` （Meta）、 `19669` （Graph） `19779` （Storage）。

示例如下：

```
$ curl -X PUT -H "Content-Type: application/json" -d '{"minloglevel":0,"v":3}' "127.0.0.1:19779/flags" # storaged
$ curl -X PUT -H "Content-Type: application/json" -d '{"minloglevel":0,"v":3}' "127.0.0.1:19669/flags" # graphd
$ curl -X PUT -H "Content-Type: application/json" -d '{"minloglevel":0,"v":3}' "127.0.0.1:19559/flags" # metad
```

如果在 Nebula Graph 运行时修改了运行日志级别，重启服务后会恢复为配置文件中设置的级别，如果需要永久修改，请修改配置文件。

RocksDB 运行日志

RocksDB 的运行日志通常在 `/usr/local/nebula/data/storage/nebula/$id/data/LOG` , 其中 `$id` 为实例号。该日志通常用于调试 RocksDB 参数。

最后更新: April 11, 2022

2022 vesoft Inc.

6.2.2 审计日志

Nebula Graph 的审计日志功能可以将 Graph 服务接受到的所有操作进行分类存储，然后提供给终端用户查看，终端用户可以根据需要，追踪指定类型的操作。

> **Enterpriseonly**
>
> 仅企业版支持本功能。

日志类别

类别	语句	说明
`login`	-	客户端尝试连接 Graph 服务时，记录相关信息。
`exit`	-	断开与 Graph 服务的连接时，记录相关信息。
`ddl`	`CREATE SPACE`、`DROP SPACE`、`CREATE TAG`、`DROP TAG`、`ALTER TAG`、`DELETE TAG`、`CREATE EDGE`、`DROP EDGE`、`ALTER EDGE`、`CREATE INDEX`、`REBUILD INDEX`、`DROP INDEX`、`CREATE FULLTEXT INDEX`、`REBUILD FULLTEXT INDEX`、`DROP FULLTEXT INDEX`	记录 DDL 语句的信息。
`dql`	`MATCH`、`LOOKUP`、`GO`、`FETCH`、`GET SUBGRAPH`、`FIND PATH`、`UNWIND`、`GROUP BY`、`ORDER BY`、`YIELD`、`LIMIT`、`RETURN`	记录 DQL 语句的信息。
`dml`	`INSERT VERTEX`、`DELETE VERTEX`、`UPDATE VERTEX`、`UPSERT VERTEX`、`INSERT EDGE`、`DELETE EDGE`、`UPDATE EDGE`、`UPSERT EDGE`	记录 DML 语句的信息。
`dcl`	`CREATE USER`、`GRANT ROLE`、`REVOKE ROLE`、`CHANGE PASSWORD`、`ALTER USER`、`DROP USER`、`CREATE SNAPSHOT`、`DROP SNAPSHOT`、`ADD LISTENER`、`REMOVE LISTENER`、`BALANCE`、`SUBMIT JOB`、`STOP JOB`、`RECOVER JOB`、`ADD DRAINER`、`REMOVE DRAINER`	记录 DCL 语句的信息。
`util`	`SHOW HOSTS`、`SHOW USERS`、`SHOW ROLES`、`SHOW SNAPSHOTS`、`SHOW SPACES`、`SHOW PARTS`、`SHOW TAGS`、`SHOW EDGES`、`SHOW INDEXES`、`SHOW CREATE SPACE`、`SHOW CREATE TAG/EDGE`、`SHOW CREATE INDEX`、`SHOW INDEX STATUS`、`SHOW LISTENER`、`SHOW TEXT SEARCH CLIENTS`、`SHOW DRAINER CLIENTS`、`SHOW FULLTEXT INDEXES`、`SHOW CONFIGS`、`SHOW CHARSET`、`SHOW COLLATION`、`SHOW STATS`、`SHOW SESSIONS`、`SHOW META LEADER`、`SHOW DRAINERS`、`SHOW QUERIES`、`SHOW JOB`、`SHOW JOBS`、`DESCRIBE INDEX`、`DESCRIBE EDGE`、`DESCRIBE TAG`、`DESCRIBE SPACE`、`DESCRIBE USER`、`USE SPACE`、`SIGN IN TEXT SERVICE`、`SIGN OUT TEXT SERVICE`、`SIGN IN DRAINER SERVICE`、`SIGN OUT DRAINER SERVICE`、`EXPLAIN`、`PROFILE`、`KILL QUERY`、`DOWNLOAD HDFS`、`INGEST`	记录工具类语句的信息。
`unknown`	-	记录未能识别的语句。

设置审计日志

使用审计日志需要修改集群内的所有 Graph 服务的配置（`nebula-graphd.conf`），默认路径为 `/usr/local/nebula/etc/nebula-graphd.conf`。

2022 vesoft Inc.

Note

修改配置后，需要重启 Graph 服务才能生效。

与审计日志相关的参数说明如下。

参数	预设值	说明
`enable_audit`	`false`	是否开启审计日志。
`audit_log_handler`	`file`	审计日志的存储方案。可选值为 `file`（本地文件）和 `es`（Elasticsearch）。
`audit_log_file`	`./logs/audit/audit.log`	仅在 `audit_log_handler=file` 时生效。审计日志的存储路径，支持相对路径或绝对路径。
`audit_log_strategy`	`synchronous`	仅在 `audit_log_handler=file` 时生效。审计日志的同步方案。可选值为 `asynchronous` 和 `synchronous`。设置为 `asynchronous` 时，日志事件使用内存缓冲，不会阻塞主线程，但是可能会因为缓存不够而导致日志缺失；设置为 `synchronous` 时，日志事件每次都刷新并同步到文件中。
`audit_log_max_buffer_size`	`1048576`	仅在 `audit_log_handler=file`、`audit_log_strategy=asynchronous` 时生效。审计日志的缓存大小。单位：字节。
`audit_log_format`	`xml`	仅在 `audit_log_handler=file` 时生效。审计日志的格式。可选值为 `xml`、`json` 和 `csv`。
`audit_log_es_address`	-	仅在 `audit_log_handler=es` 时生效。Elasticsearch 服务器的地址。格式为 `IP1:port1, IP2:port2, ...`。
`audit_log_es_user`	-	仅在 `audit_log_handler=es` 时生效。登录 Elasticsearch 服务器的用户名。
`audit_log_es_password`	-	仅在 `audit_log_handler=es` 时生效。Elasticsearch 用户名对应的密码。
`audit_log_es_batch_size`	`1000`	仅在 `audit_log_handler=es` 时生效。每次发送至 Elasticsearch 服务器的日志条数。
`audit_log_exclude_spaces`	-	不需要记录日志的图空间列表。多个图空间用英文逗号（,）分隔。
`audit_log_categories`	`login,exit`	需要记录日志的分类列表。多个类别用英文逗号（,）分隔。

审计日志格式

以默认路径（`/usr/local/nebula/logs/audit/audit.log`）和默认 XML 格式为例说明各个字段的含义。

Note

如果在 Nebula Graph 运行过程中删除审计日志目录，日志不会继续打印，但是不会影响程序运行。重启服务审计日志打印可以恢复正常。

```
<AUDIT_RECORD
  CATEGORY="util"
  TIMESTAMP="2022-04-07 02:31:38"
  TERMINAL=""
  CONNECTION_ID="1649298693144580"
  CONNECTION_STATUS="0"
  CONNECTION_MESSAGE=""
  USER="root"
  CLIENT_HOST="127.0.0.1"
  HOST="192.168.8.111"
  SPACE=""
  QUERY="use basketballplayer1"
  QUERY_STATUS="-1005"
  QUERY_MESSAGE="SpaceNotFound: "
/>
<AUDIT_RECORD
  CATEGORY="util"
  TIMESTAMP="2022-04-07 02:31:39"
  TERMINAL=""
  CONNECTION_ID="1649298693144580"
  CONNECTION_STATUS="0"
  CONNECTION_MESSAGE=""
  USER="root"
  CLIENT_HOST="127.0.0.1"
```


2022 vesoft Inc.

```
  HOST="192.168.8.111"
  SPACE=""
  QUERY="use basketballplayer"
  QUERY_STATUS="0"
  QUERY_MESSAGE=""
/>
```

字段	说明
`CATEGORY`	日志类别。
`TIMESTAMP`	日志生成时间。
`TERMINAL`	保留字段，暂不支持。
`CONNECTION_ID`	连接的会话ID。
`CONNECTION_STATUS`	连接的状态码。`0` 表示成功，其他数字代表不同的错误信息。
`CONNECTION_MESSAGE`	如果连接出错，会显示报错信息。
`USER`	连接的用户名。
`CLIENT_HOST`	客户端的 IP 地址。
`HOST`	连接的机器的 IP 地址。
`SPACE`	执行查询的图空间。
`QUERY`	查询语句。
`QUERY_STATUS`	查询状态。`0` 表示成功，其他数字代表不同的错误信息。
`QUERY_MESSAGE`	如果查询出错，会显示报错信息。

最后更新: June 15, 2022

2022 vesoft Inc.

7. 监控

7.1 查询 Nebula Graph 监控指标

Nebula Graph 支持多种方式查询服务的监控指标，本文将介绍最基础的方式，即通过 HTTP 端口查询。

7.1.1 监控指标结构说明

Nebula Graph 的每个监控指标都由三个部分组成，中间用英文句号（.）隔开，例如 `num_queries.sum.600` 。不同的 Nebula Graph 服务支持查询的监控指标也不同。指标结构的说明如下。

类别	示例	说明
指标名称	`num_queries`	简单描述指标的含义。
统计类型	`sum`	指标统计的方法。当前支持 SUM、AVG、RATE 和 P 分位数（P75、P95、P99、P999）。
统计时间	`600`	指标统计的时间范围，当前支持 5 秒、60 秒、600 秒和 3600 秒，分别表示最近 5 秒、最近 1 分钟、最近 10 分钟和最近 1 小时。

图空间监控指标

Graph 服务支持一系列基于图空间的监控指标（Space Level Metrics），对不同图空间的数据分别记录。

如需开启图空间监控指标，先在 Graph 服务的配置文件中将 `enable_space_level_metrics` 参数的值修改为 `true` ，再启动 Nebula Graph。修改配置的详细方式参见配置管理。

Note

图空间指标只能通过查询所有监控指标的形式查询到，例如 `curl -G "http://192.168.8.40:19559/stats"` ，返回结果中以 `{space=space_name}` 的形式包含图空间名称，例如 `num_active_queries{space=basketballplayer}.sum.5=0` 。

7.1.2 通过 HTTP 端口查询监控指标

语法

```
curl -G "http://<ip>:<port>/stats?stats=<metric_name_list> [&format=json]"
```

选项	说明
`ip`	服务器的 IP 地址，可以在安装目录内查看配置文件获取。
`port`	服务器的 HTTP 端口，可以在安装目录内查看配置文件获取。默认情况下，Meta 服务端口为 19559，Graph 服务端口为 19669，Storage 服务端口为 19779。
`metric_name_list`	监控指标名称，多个监控指标用英文逗号（,）隔开。
`&format=json`	将结果以 JSON 格式返回。

Note

如果 Nebula Graph 服务部署在容器中，需要执行 `docker-compose ps` 命令查看映射到容器外部的端口，然后通过该端口查询。

2022 vesoft Inc.

示例

- 查询单个监控指标

  查询 Graph 服务中，最近 10 分钟的请求总数。

```
$ curl -G "http://192.168.8.40:19669/stats?stats=num_queries.sum.600"
num_queries.sum.600=400
```

- 查询多个监控指标

  查询 Meta 服务中，最近 1 分钟的心跳平均延迟和最近 10 分钟 P99 心跳（1%最慢的心跳）的平均延迟。

```
$ curl -G "http://192.168.8.40:19559/stats?stats=heartbeat_latency_us.avg.60,heartbeat_latency_us.p99.600"
heartbeat_latency_us.avg.60=281
heartbeat_latency_us.p99.600=985
```

- 查询监控指标并以 JSON 格式返回

  查询 Storage 服务中，最近 10 分钟新增的点数量，并以 JSON 格式返回结果。

```
$ curl -G "http://192.168.8.40:19779/stats?stats=num_add_vertices.sum.600&format=json"
[{"value":1,"name":"num_add_vertices.sum.600"}]
```

- 查询服务器的所有监控指标

  不指定查询某个监控指标时，会返回该服务器上所有的监控指标。

```
$ curl -G "http://192.168.8.40:19559/stats"
heartbeat_latency_us.avg.5=304
heartbeat_latency_us.avg.60=308
heartbeat_latency_us.avg.600=299
heartbeat_latency_us.avg.3600=285
heartbeat_latency_us.p75.5=652
heartbeat_latency_us.p75.60=669
heartbeat_latency_us.p75.600=651
heartbeat_latency_us.p75.3600=642
heartbeat_latency_us.p95.5=930
heartbeat_latency_us.p95.60=963
heartbeat_latency_us.p95.600=933
heartbeat_latency_us.p95.3600=929
heartbeat_latency_us.p99.5=986
heartbeat_latency_us.p99.60=1409
heartbeat_latency_us.p99.600=989
heartbeat_latency_us.p99.3600=986
num_heartbeats.rate.5=0
num_heartbeats.rate.60=0
num_heartbeats.rate.600=0
num_heartbeats.rate.3600=0
num_heartbeats.sum.5=2
num_heartbeats.sum.60=40
num_heartbeats.sum.600=394
num_heartbeats.sum.3600=2364
...
```


2022 vesoft Inc.

7.1.3 监控指标说明

Graph

参数	说明
`num_active_queries`	当前正在执行的查询数。
`num_active_sessions`	当前活跃的会话数量。
`num_aggregate_executors`	聚合（Aggregate）算子执行时间。
`num_auth_failed_sessions_bad_username_password`	因用户名密码错误导验证失败的会话数量。
`num_auth_failed_sessions_out_of_max_allowed`	因为超过 `FLAG_OUT_OF_MAX_ALLOWED_CONNECTIONS` 参数导致的验证登录的失败的 session 数量。
`num_auth_failed_sessions`	登录验证失败的会话数量。
`num_indexscan_executors`	索引扫描（IndexScan）算子执行时间。
`num_killed_queries`	被终止的查询数量。
`num_opened_sessions`	服务端建立过的会话数量。
`num_queries`	查询次数。
`num_query_errors_leader_changes`	因查询错误而导致的 Leader 变更的次数。
`num_query_errors`	查询错误次数。
`num_reclaimed_expired_sessions`	服务端主动回收的过期的会话数量。
`num_rpc_sent_to_metad_failed`	Graphd 服务发给 Metad 的 RPC 请求失败的数量。
`num_rpc_sent_to_metad`	Graphd 服务发给 Metad 服务的 RPC 请求数量。
`num_rpc_sent_to_storaged_failed`	Graphd 服务发给 Storaged 服务的 RPC 请求失败的数量。
`num_rpc_sent_to_storaged`	Graphd 服务发给 Storaged 服务的 RPC 请求数量。
`num_sentences`	Graphd 服务接收的语句数。
`num_slow_queries`	慢查询次数。
`num_sort_executors`	排序（Sort）算子执行时间。
`optimizer_latency_us`	优化器阶段延迟时间。
`query_latency_us`	查询平均延迟时间。
`slow_query_latency_us`	慢查询平均延迟时间。
`num_queries_hit_memory_watermark`	达到内存水位线的语句的数量。

2022 vesoft Inc.

Meta

参数	说明
`commit_log_latency_us`	Raft 协议中 Commit 日志的延迟时间。
`commit_snapshot_latency_us`	Raft 协议中 Commit 快照的延迟时间。
`heartbeat_latency_us`	心跳延迟时间。
`num_heartbeats`	心跳次数。
`num_raft_votes`	Raft 协议中投票的次数。
`transfer_leader_latency_us`	Raft 协议中转移 Leader 的延迟时间。
`num_agent_heartbeats`	AgentHBProcessor 心跳次数。
`agent_heartbeat_latency_us`	AgentHBProcessor 延迟时间。
`replicate_log_latency_us`	Raft 复制日志至大多数节点的延迟。
`num_send_snapshot`	Raft 发送快照至其他节点的次数。
`append_log_latency_us`	Raft 复制日志到单个节点的延迟。
`append_wal_latency_us`	Raft 写入单条 WAL 的延迟。
`num_grant_votes`	Raft 投票给其他节点的次数。
`num_start_elect`	Raft 发起投票的次数。

2022 vesoft Inc.

Storage

2022 vesoft Inc.

参数	说明
`add_edges_atomic_latency_us`	添加边单次延迟。
`add_edges_latency_us`	添加边的平均延迟时间。
`add_vertices_latency_us`	添加点的平均延迟时间。
`commit_log_latency_us`	Raft 协议中 Commit 日志的延迟时间。
`commit_snapshot_latency_us`	Raft 协议中 Commit 快照的延迟时间。
`delete_edges_latency_us`	删除边的平均延迟时间。
`delete_vertices_latency_us`	删除点的平均延迟时间。
`get_neighbors_latency_us`	查询邻居平均延迟时间。
`num_get_prop`	GetPropProcessor 执行的次数。
`num_get_neighbors_errors`	GetNeighborsProcessor 执行出错的次数。
`get_prop_latency_us`	GetPropProcessor 执行的延迟时间。
`num_edges_deleted`	删除的边数量。
`num_edges_inserted`	插入的边数量。
`num_raft_votes`	Raft 协议中投票的次数。
`num_rpc_sent_to_metad_failed`	Storaged 服务发给 Metad 服务的 RPC 请求失败的数量。
`num_rpc_sent_to_metad`	Storaged 服务发给 Metad 服务的 RPC 请求数量。
`num_tags_deleted`	删除的 Tag 数量。
`num_vertices_deleted`	删除的点数量。
`num_vertices_inserted`	插入的点数量。
`transfer_leader_latency_us`	Raft 协议中转移 Leader 的延迟时间。
`lookup_latency_us`	LookupProcessor 执行的延迟时间。
`num_lookup_errors`	LookupProcessor 执行时出错的次数。
`num_scan_vertex`	ScanVertexProcessor 执行的次数。
`num_scan_vertex_errors`	ScanVertexProcessor 执行时出错的次数。
`update_edge_latency_us`	UpdateEdgeProcessor 执行的延迟时间。
`num_update_vertex`	UpdateVertexProcessor 执行的次数。
`num_update_vertex_errors`	UpdateVertexProcessor 执行时出错的次数。
`kv_get_latency_us`	Getprocessor 的延迟时间。
`kv_put_latency_us`	PutProcessor 的延迟时间。
`kv_remove_latency_us`	RemoveProcessor 的延迟时间。
`num_kv_get_errors`	GetProcessor 执行出错次数。
`num_kv_get`	GetProcessor 执行次数。
`num_kv_put_errors`	PutProcessor 执行出错次数。
`num_kv_put`	PutProcessor 执行次数。

2022 vesoft Inc.

参数	说明
`num_kv_remove_errors`	RemoveProcessor 执行出错次数。
`num_kv_remove`	RemoveProcessor 执行次数。
`forward_tranx_latency_us`	传输平均延迟时间。
`scan_edge_latency_us`	ScanEdgeProcessor 执行的延迟时间。
`num_scan_edge_errors`	ScanEdgeProcessor 执行时出错的次数。
`num_scan_edge`	ScanEdgeProcessor 执行的次数。
`scan_vertex_latency_us`	ScanVertexProcessor 执行的延迟时间。
`num_add_edges`	添加边的次数。
`num_add_edges_errors`	添加边时出错的次数。
`num_add_vertices`	添加点的次数。
`num_start_elect`	Raft 发起投票的次数
`num_add_vertices_errors`	添加点时出错的次数。
`num_delete_vertices_errors`	删除点时出错的次数。
`append_log_latency_us`	Raft 复制日志到单个节点的延迟。
`num_grant_votes`	Raft 投票给其他节点的次数。
`replicate_log_latency_us`	Raft 复制日志到大多数节点的延迟。
`num_delete_tags`	删除 Tag 的次数。
`num_delete_tags_errors`	删除 Tag 时出错的次数。
`num_delete_edges`	删除边的次数。
`num_delete_edges_errors`	删除边时出错的次数。
`num_send_snapshot`	发送快照的次数。
`update_vertex_latency_us`	UpdateVertexProcessor 执行的延迟时间。
`append_wal_latency_us`	Raft 写入单条 WAL 的延迟。
`num_update_edge`	UpdateEdgeProcessor 执行的次数。
`delete_tags_latency_us`	删除 Tag 的平均延迟时间。
`num_update_edge_errors`	UpdateEdgeProcessor 执行时出错的次数。
`num_get_neighbors`	GetNeighborsProcessor 执行的次数。
`num_get_prop_errors`	GetPropProcessor 执行时出错的次数。
`num_delete_vertices`	删除点的次数。
`num_lookup`	LookupProcessor 执行的次数。
`num_sync_data`	Storage 同步 Drainer 数据的次数。
`num_sync_data_errors`	Storage 同步 Drainer 数据出错的次数。

2022 vesoft Inc.

图空间级别监控指标

参数	说明
`num_active_queries`	当前正在执行的查询数。
`num_queries`	查询次数。
`num_sentences`	Graphd 服务接收的语句数。
`optimizer_latency_us`	优化器阶段延迟时间。
`query_latency_us`	查询平均延迟时间。
`num_slow_queries`	慢查询次数。
`num_query_errors`	查询报错语句数量。
`num_query_errors_leader_changes`	因查询错误而导致的 Leader 变更的次数。
`num_killed_queries`	被终止的查询数量。
`num_aggregate_executors`	聚合（Aggregate）算子执行时间。
`num_sort_executors`	排序（Sort）算子执行时间。
`num_indexscan_executors`	索引扫描（IndexScan）算子执行时间。
`num_oom_queries`	导致内存耗尽的语句数量。
`num_auth_failed_sessions_bad_username_password`	因用户名密码错误导验证失败的会话数量。
`num_auth_failed_sessions`	登录验证失败的会话数量。
`num_opened_sessions`	服务端建立过的会话数量。
`num_queries_hit_memory_watermark`	达到内存水位线的语句的数量。
`num_reclaimed_expired_sessions`	服务端主动回收的过期的会话数量。
`num_rpc_sent_to_metad_failed`	Graphd 服务发给 Metad 的 RPC 请求失败的数量。
`num_rpc_sent_to_metad`	Graphd 服务发给 Metad 服务的 RPC 请求数量。
`num_rpc_sent_to_storaged_failed`	Graphd 服务发给 Storaged 服务的 RPC 请求失败的数量。
`num_rpc_sent_to_storaged`	Graphd 服务发给 Storaged 服务的 RPC 请求数量。
`slow_query_latency_us`	慢查询平均延迟时间。

最后更新: June 30, 2022

2022 vesoft Inc.

7.2 RocksDB 统计数据

Nebula Graph 使用 RocksDB 作为底层存储，本文介绍如何收集和展示 Nebula Graph 的 RocksDB 统计信息。

7.2.1 启用 RocksDB

RocksDB 统计功能默认关闭，启动 RocksDB 统计功能，你需要：

1. 修改 `nebula-storaged.conf` 文件中 `--enable_rocksdb_statistics` 参数为 `true`。配置默认文件目录为 `/use/local/nebula/etc`。
2. 重启服务使修改生效。

7.2.2 获取 RocksDB 统计信息

用户可以使用存储服务中的内置 HTTP 服务来获取以下类型的统计信息，且支持返回 JSON 格式的结果：

- 所有统计信息。
- 指定条目的信息。

7.2.3 示例

使用以下命令获取所有 RocksDB 统计信息：

```
curl -L "http://${storage_ip}:${port}/rocksdb_stats"
```

例如：

```
curl -L "http://172.28.2.1:19779/rocksdb_stats"

rocksdb.blobdb.blob.file.bytes.read=0
rocksdb.blobdb.blob.file.bytes.written=0
rocksdb.blobdb.blob.file.bytes.synced=0
...
```

使用以下命令获取部分 RocksDB 统计信息：

```
curl -L "http://${storage_ip}:${port}/rocksdb_stats?stats=${stats_name}"
```

例如使用以下语句获取 `rocksdb.bytes.read` 和 `rocksdb.block.cache.add` 的信息。

```
curl -L "http://172.28.2.1:19779/rocksdb_stats?stats=rocksdb.bytes.read,rocksdb.block.cache.add"

rocksdb.block.cache.add=14
rocksdb.bytes.read=1632
```

使用以下命令获取部分 JSON 格式的 RocksDB 统计信息：

```
curl -L "http://${storage_ip}:${port}/rocksdb_stats?stats=${stats_name}&format=json"
```

例如使用以下语句获取 `rocksdb.bytes.read` 和 `rocksdb.block.cache.add` 的统计信息并返回 JSON 的格式数据。

```
curl -L "http://172.28.2.1:19779/rocksdb_stats?stats=rocksdb.bytes.read,rocksdb.block.cache.add&format=json"

[
  {
    "rocksdb.block.cache.add": 1
  },
  {
    "rocksdb.bytes.read": 160
  }
]
```


2022 vesoft Inc.

最后更新: October 26, 2021

2022 vesoft Inc.

8. 数据安全

8.1 验证和授权

8.1.1 身份验证

身份验证用于将会话映射到特定用户，从而实现访问控制。

当客户端连接到 Nebula Graph 时，Nebula Graph 会创建一个会话，会话中存储连接的各种信息，如果开启了身份验证，就会将会话映射到对应的用户。

> **Note**
>
> 默认情况下，身份验证功能是关闭的，用户可以使用 root 用户名和任意密码连接到 Nebula Graph。

Nebula Graph 支持两种身份验证方式：本地身份验证和 LDAP 验证。

本地身份验证

本地身份验证是指在服务器本地存储用户名、加密密码，当用户尝试访问 Nebula Graph 时，将进行身份验证。

启用本地身份验证

1. 编辑配置文件 `nebula-graphd.conf`（默认目录为 `/usr/local/nebula/etc/`），设置如下参数：
   - `--enable_authorize`：是否启用身份验证，可选值：`true`、`false`。
   - `--failed_login_attempts`：可选项，需要手动添加该参数。单个 Graph 节点允许连续输入错误密码的次数。超过该次数时，账户会被锁定。如果有多个 Graph 节点，允许的次数为 `节点数 * 次数`。
   - `--password_lock_time_in_secs`：可选项，需要手动添加该参数。多次输入错误密码后，账户被锁定的时间。单位：秒。
2. 重启 Nebula Graph 服务。

> **Note**
>
> 开启身份验证后，默认的 God 角色账号为 `root`，密码为 `nebula`。角色详情请参见内置角色权限。

OpenLDAP 验证

OpenLDAP 是轻型目录访问协议（LDAP）的开源实现，可以实现账号集中管理。

启用 OPENLDAP 验证

> **Enterpriseonly**
>
> 当前仅企业版支持集成 OpenLDAP 进行身份验证，详情请参见使用 OpenLDAP 进行身份验证。

最后更新: January 5, 2022

2022 vesoft Inc.

8.1.2 用户管理

用户管理是 Nebula Graph 访问控制中不可或缺的组成部分，本文将介绍用户管理的相关语法。

开启身份验证后，用户需要使用已创建的用户才能连接 Nebula Graph，而且连接后可以进行的操作也取决于该用户拥有的角色权限。

Note

- 默认情况下，身份验证功能是关闭的，用户可以使用 root 用户名和任意密码连接到 Nebula Graph。
- 修改权限后，对应的用户需要重新登录才能生效。

创建用户（`CREATE USER`）

执行 `CREATE USER` 语句可以创建新的 Nebula Graph 用户。当前仅 **God** 角色用户（即 `root` 用户）能够执行 `CREATE USER` 语句。

- 语法

```
CREATE USER [IF NOT EXISTS] <user_name> [WITH PASSWORD '<password>'] [WITH IP WHITELIST <ip_list>];
```

- `IF NOT EXISTS`：检测待创建的用户名是否存在，只有不存在时，才会创建新用户。
- `user_name`：待创建的用户名。
- `password`：用户名对应的密码。
- `ip_list`（企业版）：IP 白名单列表。该用户只有通过列表内的 IP 才能连接 Nebula Graph。多个 IP 之间用英文逗号（,）分隔。

- 示例

```
nebula> CREATE USER user1 WITH PASSWORD 'nebula';
nebula> CREATE USER user2 WITH PASSWORD 'nebula' WITH IP WHITELIST 192.168.10.10,192.168.10.12;
nebula> SHOW USERS;
+---------+------------------------------+
| Account | IP Whitelist                 |
+---------+------------------------------+
| "root"  | ""                           |
| "user1" | ""                           |
| "user2" | "192.168.10.10,192.168.10.12" |
+---------+------------------------------+
```

授权用户（`GRANT ROLE`）

执行 `GRANT ROLE` 语句可以将指定图空间的内置角色权限授予用户。当前仅 **God** 角色用户和 **Admin** 角色用户能够执行 `GRANT ROLE` 语句。角色权限的说明，请参见内置角色权限。

- 语法

```
GRANT ROLE <role_type> ON <space_name> TO <user_name>;
```

- 示例

```
nebula> GRANT ROLE USER ON basketballplayer TO user1;
```


2022 vesoft Inc.

撤销用户权限（`REVOKE ROLE`）

执行 `REVOKE ROLE` 语句可以撤销用户的指定图空间的内置角色权限。当前仅 **God** 角色用户和 **Admin** 角色用户能够执行 `REVOKE ROLE` 语句。角色权限的说明，请参见内置角色权限。

- 语法

```
REVOKE ROLE <role_type> ON <space_name> FROM <user_name>;
```

- 示例

```
nebula> REVOKE ROLE USER ON basketballplayer FROM user1;
```

查看指定用户权限（`DESCRIBE USER`）

执行 `DESCRIBE USER` 语句可以查看指定用户的角色权限信息。

- 语法

```
DESCRIBE USER <user_name>;
DESC USER <user_name>;
```

- 示例

```
nebula> DESCRIBE USER user1;
+---------+--------------------+
| role    | space              |
+---------+--------------------+
| "ADMIN" | "basketballplayer" |
+---------+--------------------+
```

查看指定空间内用户权限（`SHOW ROLES`）

执行 `SHOW ROLES` 语句可以查看指定空间内的所有用户（除 `root` 以外）和对应角色权限的信息。

- 语法

```
SHOW ROLES IN <space_name>;
```

- 示例

```
nebula> SHOW ROLES IN basketballplayer;
+---------+-----------+
| Account | Role Type |
+---------+-----------+
| "user1" | "ADMIN"   |
+---------+-----------+
```


2022 vesoft Inc.

修改用户密码（`CHANGE PASSWORD`）

执行 `CHANGE PASSWORD` 语句可以修改用户密码，修改时需要提供旧密码和新密码。

- 语法

```
CHANGE PASSWORD <user_name> FROM '<old_password>' TO '<new_password>';
```

- 示例

```
nebula> CHANGE PASSWORD user1 FROM 'nebula' TO 'nebula123';
```

修改用户密码和 IP 白名单（`ALTER USER`）

执行 `ALTER USER` 语句可以修改用户密码和 IP 白名单，修改时不需要提供旧密码。当前仅 **God** 角色用户（即 `root` 用户）能够执行 `ALTER USER` 语句。

- 语法

```
ALTER USER <user_name> WITH PASSWORD '<password>' [WITH IP WHITELIST <ip_list>];
```

- 示例

> **Enterpriseonly**
>
> 没有使用 `WITH IP WHITELIST` 时，表示取消 IP 白名单，用户使用任何 IP 都可以连接 Nebula Graph。

```
nebula> ALTER USER user2 WITH PASSWORD 'nebula';
nebula> SHOW USERS;
+---------+--------------+
| Account | IP Whitelist |
+---------+--------------+
| "root"  | ""           |
| "user1" | ""           |
| "user2" | ""           |
+---------+--------------+

nebula> ALTER USER user2 WITH PASSWORD 'nebula' WITH IP WHITELIST 192.168.10.10;
```

删除用户（`DROP USER`）

执行 `DROP USER` 语句可以删除用户。当前仅 **God** 角色用户能够执行 `DROP USER` 语句。

> **Note**
>
> 删除用户不会自动断开该用户当前会话，而且权限仍在当前会话中生效。

- 语法

```
DROP USER [IF EXISTS] <user_name>;
```

- 示例

```
nebula> DROP USER user1;
```


2022 vesoft Inc.

查看用户列表（`SHOW USERS`）

执行 `SHOW USERS` 语句可以查看用户列表。当前仅 **God** 角色用户能够执行 `SHOW USERS` 语句。

- 语法

```
SHOW USERS;
```

- 示例

```
nebula> SHOW USERS;
+---------+-----------------+
| Account | IP Whitelist    |
+---------+-----------------+
| "root"  | ""              |
| "user1" | ""              |
| "user2" | "192.168.10.10" |
+---------+-----------------+
```

最后更新: March 16, 2022

2022 vesoft Inc.

8.1.3 内置角色权限

所谓角色，就是一组相关权限的集合。用户可以把角色分配给创建的用户，从而实现访问控制。

内置角色

Nebula Graph 内置了多种角色，说明如下：

- God
- 初始最高权限角色，拥有**所有操作**的权限。类似于 Linux 中的 `root` 和 Windows 中的 `administrator` 。
- Meta 服务初始化时，会自动创建 God 角色用户 `root` ，密码为 `nebula` 。

  注意

  请及时修改 `root` 用户的密码，保证数据安全。

- 一个集群只能有一个 God 角色用户，该用户可以管理集群内所有图空间。
- 不支持手动授权 God 角色，只能使用默认 God 角色用户 `root` 。

- Admin
- 对权限内的图空间拥有 Schema 和 data 的**读写**权限。
- 可以将权限内的图空间授权给其他用户。

  注意

  只能授权低于 ADMIN 级别的角色给其他用户。

- DBA
- 对权限内的图空间拥有 Schema 和 data 的**读写**权限。
- 无法将权限内的图空间授权给其他用户。

- User
- 对权限内的图空间拥有 Schema 的**只读**权限。
- 对权限内的图空间拥有 data 的**读写**权限。

- Guest
- 对权限内的图空间拥有 Schema 和 data 的**只读**权限。

Note

- 不支持自行创建角色，只能使用默认的内置角色。
- 一个用户在一个图空间内只能拥有一个角色权限。授权用户请参见用户管理。

2022 vesoft Inc.

角色权限

各角色的执行权限如下。

权限	God	Admin	DBA	User	Guest	相关语句
Read space	Y	Y	Y	Y	Y	`USE`、`DESCRIBE SPACE`
Read schema	Y	Y	Y	Y	Y	`DESCRIBE TAG`、`DESCRIBE EDGE`、`DESCRIBE TAG INDEX`、`DESCRIBE EDGE INDEX`
Write schema	Y	Y	Y			`CREATE TAG`、`ALTER TAG`、`CREATE EDGE`、`ALTER EDGE`、`DROP TAG`、`DELETE TAG`、`DROP EDGE`、`CREATE TAG INDEX`、`CREATE EDGE INDEX`、`DROP TAG INDEX`、`DROP EDGE INDEX`
Write user	Y					`CREATE USER`、`DROP USER`、`ALTER USER`
Write role	Y	Y				`GRANT`、`REVOKE`
Read data	Y	Y	Y	Y	Y	`GO`、`SET`、`PIPE`、`MATCH`、`ASSIGNMENT`、`LOOKUP`、`YIELD`、`ORDER BY`、`FETCH VERTICES`、`Find`、`FETCH EDGES`、`FIND PATH`、`LIMIT`、`GROUP BY`、`RETURN`
Write data	Y	Y	Y	Y		`INSERT VERTEX`、`UPDATE VERTEX`、`INSERT EDGE`、`UPDATE EDGE`、`DELETE VERTEX`、`DELETE EDGES`、`DELETE TAG`
Show operations	Y	Y	Y	Y	Y	`SHOW`、`CHANGE PASSWORD`
Job	Y	Y	Y	Y		`SUBMIT JOB COMPACT`、`SUBMIT JOB FLUSH`、`SUBMIT JOB STATS`、`STOP JOB`、`RECOVER JOB`、`BUILD TAG INDEX`、`BUILD EDGE INDEX`、`INGEST`、`DOWNLOAD`
Write space	Y					`CREATE SPACE`、`DROP SPACE`、`CREATE SNAPSHOT`、`DROP SNAPSHOT`、`BALANCE`、`ADMIN`、`CONFIG`

Caution

Show operations 为特殊操作，只会在自身权限内执行。例如 `SHOW SPACES`，每个角色都可以执行，但是只会返回自身权限内的图空间。 只有 God 角色可以执行 `SHOW USERS` 和 `SHOW SNAPSHOTS` 语句。

最后更新: April 20, 2022

2022 vesoft Inc.

8.1.4 使用 OpenLDAP 进行身份验证

本文介绍如何将 Nebula Graph 连接到 OpenLDAP 服务器，使用 OpenLDAP 中定义的 DN（Distinguished Name）和密码进行身份验证。

> **Enterpriseonly**
>
> 仅企业版支持本功能。

认证方式

启用 OpenLDAP 身份验证后，输入用户的账号和密码登录 Nebula Graph 时，Nebula Graph 会在 Meta 服务中查找登录账号是否存在，如果账号存在，再根据认证方式去 OpenLDAP 中找到对应的 DN，验证密码。

OpenLDAP 支持的认证方式有两种：简单绑定认证和搜索绑定认证。

简单绑定认证（SIMPLEBINDAUTH）

简单绑定认证会根据登录账号和 Graph 服务配置信息，拼接成 OpenLDAP 可以识别的 DN，然后根据 DN 和密码，在 OpenLDAP 上进行验证。

搜索绑定认证（SEARCHBINDAUTH）

搜索绑定认证会读取 Graph 服务配置信息，查询配置信息中的 `uid` 和登录账号是否匹配，如果匹配，就读取这个 DN，然后用 DN 和密码，在 OpenLDAP 上进行验证。

前提条件

- 已安装 OpenLDAP。
- 已在 OpenLDAP 上导入用户的账号和密码信息。
- OpenLDAP 所在服务器已开放相应认证端口。

2022 vesoft Inc.

操作步骤

以 OpenLDAP 上已存在的账号 `test2`、密码 `passwdtest2` 为例进行演示。

1. 连接 Nebula Graph，创建与 OpenLDAP 中对应的影子账号 `test2` 并授权。

```
nebula> CREATE USER test2 WITH PASSWORD '';
nebula> GRANT ROLE ADMIN ON basketballplayer TO test2;
```

> **Note**
>
> Nebula Graph 内创建用户时，密码可以任意设置。

2. 编辑配置文件 `nebula-graphd.conf`（默认目录为 `/usr/local/nebula/etc/`）：

- 简单绑定认证（推荐）

```
# 是否从配置文件获取配置信息。
--local_config=true
# 是否开启身份验证
--enable_authorize=true
# 身份验证方式：password、ldap、cloud
--auth_type=ldap
# OpenLDAP 服务器地址
--ldap_server=192.168.8.211
# OpenLDAP 服务器端口
--ldap_port=389
# OpenLDAP 中的 Schema 名称
--ldap_scheme=ldap
# DN 前缀
--ldap_prefix=uid=
# DN 后缀
--ldap_suffix=,ou=it,dc=sys,dc=com
```

- 搜索绑定认证

```
# 是否从配置文件获取配置信息。
--local_config=true
# 是否开启身份验证
--enable_authorize=true
# 身份验证方式：password、ldap、cloud
--auth_type=ldap
# OpenLDAP 服务器地址
--ldap_server=192.168.8.211
# OpenLDAP 服务器端口
--ldap_port=389
# OpenLDAP 中的 Schema 名称
--ldap_scheme=ldap
# 绑定目标对象的 DN
--ldap_basedn=ou=it,dc=sys,dc=com
```

3. 重启 Nebula Graph 服务，让新配置生效。
4. 进行登录测试。

```
$ ./nebula-console --addr 127.0.0.1 --port 9669 -u test2 -p passwdtest2
2021/09/08 03:49:39 [INFO] connection pool is initialized successfully

Welcome to Nebula Graph!
```

> **Note**
>
> 使用 OpenLDAP 进行身份验证后，无法使用 Nebula Graph 内置账号密码（包括 `root`）登录。

最后更新: May 13, 2022

2022 vesoft Inc.

8.2 SSL 加密

Nebula Graph 支持在客户端、Graph 服务、Meta 服务和 Storage 服务之间进行 SSL 加密传输，本文介绍如何设置 SSL 加密。

8.2.1 注意事项

开启 SSL 加密会轻微影响性能。

8.2.2 参数介绍

参数	默认值	说明
`cert_path`	-	PEM 证书的路径。
`key_path`	-	密钥证书的路径。
`password_path`	-	密码文件证书的路径。
`ca_path`	-	受信任 CA 证书文件的路径。
`enable_ssl`	`false`	是否开启 SSL 加密。
`enable_graph_ssl`	`false`	是否仅在 Graph 服务上开启 SSL 加密。
`enable_meta_ssl`	`false`	是否仅在 Meta 服务上开启 SSL 加密。

8.2.3 证书模式

为了使用 SSL 加密，必须有 SSL 证书。Nebula Graph 支持两种证书模式：

- 自签名证书模式

  需要自行制作签名证书。需要根据加密策略，在对应的配置文件内设置 `cert_path` 、 `key_path` 和 `password_path` 。

- CA 签名证书模式

  需要在认证机构（Certificate Authority）申请签名证书。需要根据加密策略，在对应的配置文件内设置 `cert_path` 、 `key_path` 和 `ca_path` 。

8.2.4 加密策略

Nebula Graph 支持三种加密策略。加密涉及的具体进程请参见详细说明。

- 对客户端、Graph 服务、Meta 服务和 Storage 服务之间的传输数据加密。

  需要修改 `nebula-graphd.conf` 、 `nebula-metad.conf` 和 `nebula-storaged.conf` 配置文件，设置 `enable_ssl = true` 。

- 对客户端和 Graph 服务之间的传输数据加密。

  适用于集群设置在同一个机房内，仅对外开放 Graph 服务的端口。因为其他服务可以通过内部网络通信，无需加密。需要修改 `nebula-graphd.conf` 配置文件，设置 `enable_graph_ssl = true` 。

- 对集群中 Meta 服务相关的传输数据加密。

  适用于向 meta 服务传输需保密的信息。需要修改 `nebula-graphd.conf` 、 `nebula-metad.conf` 和 `nebula-storaged.conf` 配置文件，设置 `enable_meta_ssl = true` 。

2022 vesoft Inc.

8.2.5 使用方式

1. 确认证书模式和加密策略。
2. 在对应的配置文件内增加证书配置和策略配置。

   例如使用自签名证书，并对客户端、Graph 服务、Meta 服务和 Storage 服务之间的数据传输进行加密。需要对三个配置文件都进行如下设置：

```
--cert_path=xxxxxx
--key_path=xxxxx
--password_path=xxxxxx
--enable_ssl=true
```

3. 客户端设置安全套接字并添加受信任的 CA。示例代码请参见 nebula-test-run.py。

最后更新: November 25, 2021

2022 vesoft Inc.

9. 备份与恢复

9.1 管理快照

Nebula Graph 提供快照（snapshot）功能，用于保存集群当前时间点的数据状态，当出现数据丢失或误操作时，可以通过快照恢复数据。

9.1.1 前提条件

Nebula Graph 的身份认证功能默认是关闭的，此时任何用户都能使用快照功能。

如果身份认证开启，仅 God 角色用户可以使用快照功能。关于角色说明，请参见内置角色权限。

9.1.2 注意事项

- 系统结构发生变化后，建议立刻创建快照，例如在 `add host`、`drop host`、`create space`、`drop space`、`balance` 等操作之后。
- 不支持自动回收创建失败的快照垃圾文件，需要手动删除。
- 不支持指定快照保存路径，默认路径为 `/usr/local/nebula/data`。

9.1.3 快照路径

Nebula Graph 创建的快照以目录的形式存储，例如 `SNAPSHOT_2021_03_09_08_43_12`，后缀 `2021_03_09_08_43_12` 根据创建时间（UTC）自动生成。

创建快照时，快照目录会自动在 leader Meta 服务器和所有 Storage 服务器的目录 `checkpoints` 内创建。

为了快速定位快照所在路径，可以使用 Linux 命令 `find`。例如：

```
$ find |grep 'SNAPSHOT_2021_03_09_08_43_12'
./data/meta2/nebula/0/checkpoints/SNAPSHOT_2021_03_09_08_43_12
./data/meta2/nebula/0/checkpoints/SNAPSHOT_2021_03_09_08_43_12/data
./data/meta2/nebula/0/checkpoints/SNAPSHOT_2021_03_09_08_43_12/data/000081.sst
...
```

9.1.4 创建快照

命令 `CREATE SNAPSHOT` 可以创建集群当前时间点的快照。只支持创建所有图空间的快照，不支持创建指定图空间的快照。

Note

如果快照创建失败，请删除快照重新创建。

```
nebula> CREATE SNAPSHOT;
```

9.1.5 查看快照

命令 `SHOW SNAPSHOTS` 可以查看集群中的所有快照。

```
nebula> SHOW SNAPSHOTS;
+-------------------------------+---------+------------------+
| Name                          | Status  | Hosts            |
+-------------------------------+---------+------------------+
| "SNAPSHOT_2021_03_09_08_43_12" | "VALID" | "127.0.0.1:9779" |
| "SNAPSHOT_2021_03_09_09_10_52" | "VALID" | "127.0.0.1:9779" |
+-------------------------------+---------+------------------+
```


2022 vesoft Inc.

参数说明如下：

参数	说明
`Name`	快照名称，前缀为 `SNAPSHOT`，表示该文件为快照文件，后缀为快照创建的时间点（UTC 时间）。
`Status`	快照状态。 `VALID` 表示快照有效， `INVALID` 表示快照无效。
`Hosts`	创建快照时所有 Storage 服务器的 IP 地址和端口。

9.1.6 删除快照

命令 `DROP SNAPSHOT` 可以删除指定的快照，语法为：

```
DROP SNAPSHOT <snapshot_name>;
```

示例如下：

```
nebula> DROP SNAPSHOT SNAPSHOT_2021_03_09_08_43_12;
nebula> SHOW SNAPSHOTS;
+-------------------------------+---------+-----------------+
| Name                          | Status  | Hosts           |
+-------------------------------+---------+-----------------+
| "SNAPSHOT_2021_03_09_09_10_52" | "VALID" | "127.0.0.1:9779" |
+-------------------------------+---------+-----------------+
```

9.1.7 恢复快照

当前未提供恢复快照命令，需要手动拷贝快照文件到对应的文件夹内，也可以通过 shell 脚本进行操作。实现逻辑如下：

1. 创建快照后，会在 leader Meta 服务器和所有 Storage 服务器的安装目录内生成 `checkpoints` 目录，保存创建的快照。以本文为例，当存在 2 个图空间时，创建的快照分别保存在 `/usr/local/nebula/data/meta/nebula/0/checkpoints` 、 `/usr/local/nebula/data/storage/nebula/3/checkpoints` 和 `/usr/local/nebula/data/storage/nebula/4/checkpoints` 中。

```
$ ls /usr/local/nebula/data/meta/nebula/0/checkpoints/
SNAPSHOT_2021_03_09_09_10_52
$ ls /usr/local/nebula/data/storage/nebula/3/checkpoints/
SNAPSHOT_2021_03_09_09_10_52
$ ls /usr/local/nebula/data/storage/nebula/4/checkpoints/
SNAPSHOT_2021_03_09_09_10_52
```

2. 当数据丢失需要通过快照恢复时，用户可以找到合适的时间点快照，将内部的文件夹 `data` 和 `wal` 分别拷贝到各自的上级目录（和 `checkpoints` 平级），覆盖之前的 `data` 和 `wal`，然后重启集群即可。

Caution

需要同时覆盖所有 Meta 节点的 data 和 wal 目录，因为存在重启集群后发生 Meta 重新选举 leader 的情况，如果不覆盖所有 Meta 节点，新的 leader 使用的还是最新的 Meta 数据，导致恢复失败。

最后更新: March 23, 2022

2022 vesoft Inc.

10. 同步与迁移

10.1 BALANCE

`BALANCE` 语句可以让 Nebula Graph 的 Storage 服务实现负载均衡。更多 `BALANCE` 语句示例和 Storage 负载均衡，请参见 Storage 负载均衡。

`BALANCE` 语法说明如下。

语法	说明
`BALANCE DATA`	启动任务均衡分布当前图空间中的所有分片。该命令会返回任务 ID（`job_id`）。
`BALANCE DATA REMOVE <ip:port> [,<ip>:<port> ...]`	启动任务迁空当前图空间指定的 Storage 服务中的分片。
`BALANCE LEADER`	启动任务均衡分布当前图空间中的所有 leader。该命令会返回任务 ID（`job_id`）。

查看、停止、重启任务，请参见作业管理。

最后更新: April 15, 2022

2022 vesoft Inc.

10.2 集群间数据同步

Nebula Graph 支持在集群间进行数据同步，即主集群 A 的数据可以近实时地复制到从集群 B 中，方便用户进行异地灾备或分流，降低数据丢失的风险，保证数据安全。

Enterpriseonly

仅企业版支持本功能。

10.2.1 背景

Primary cluster: Cluster A　　Secondary cluster: Cluster B

在集群间数据同步方案中，如果主集群 A 的图空间 a 和从集群 B 的图空间 b 建立了同步关系，任何向图空间 a 写入的数据，都会被发送到 Meta listener 或 Storage listener。listener 再将数据发送到 drainer。drainer 接收并存储数据，然后通过从集群的 Meta client 或 Storage client 发送数据至从集群的对应分片。

通过以上流程，最终实现集群间数据同步。

10.2.2 适用场景

- 异地灾备：通过数据同步可以实现跨机房或者跨城市的异地灾备。
- 数据迁移：通过切换主从集群的身份，可以实现不停止服务而完成迁移。
- 读写分离：通过设置主集群只写，从集群只读，实现读写分离，降低集群负载，提高稳定性和可用性。

2022 vesoft Inc.

10.2.3 注意事项

- 数据同步的基本单位是图空间，即只可以设置从一个图空间到另一个图空间的数据同步。
- 主从集群的数据同步是异步的（近实时）。
- 主从集群之间只支持1 对 1，不支持多个主集群同步到 1 个从集群，也不支持 1 个主集群同步到多个从集群，但是可以通过链式方式同步到多个从集群，例如 `主集群->从集群1->从集群2->从集群3` 。
- Meta listener 监听 Meta 服务，Storage listener 监听 Storage 服务，不可以混用。
- 1 个图空间只有 1 个 Meta listener 和 1 个或多个 Storage listener，这些 listener 可以对应 1 个或多个 drainer。
- listener 服务记录来自主集群的 WAL 或快照，drainer 服务记录来自 listener 的 WAL 和写入从集群的 WAL。这些文件都保存在对应服务的本地。
- 从集群中数据如果不为空，数据同步时可能会导致数据冲突或者数据不一致。建议保持从集群数据为空。

10.2.4 操作步骤

准备工作

- 准备至少 2 台部署服务的机器。主从集群需要分开部署，listener 和 drainer 可以单独部署，也可以分别部署在主从集群所在机器上，但是会增加集群负载。
- 准备企业版 License 文件。

示例环境

主集群A：机器 IP 地址为 `192.168.10.101` ，只启动 Graph、Meta、Storage 服务。

从集群B：机器 IP 地址为 `192.168.10.102` ，只启动 Graph、Meta、Storage 服务。

listener：机器 IP 地址为 `192.168.10.103` ，只启动 Meta listener、Storage listener 服务。

drainer：机器 IP 地址为 `192.168.10.104` ，只启动 drainer 服务。

1.搭建主从集群、listener 和 drainer 服务

1. 在所有机器上安装 Nebula Graph，修改配置文件：

- 主、从集群修改： `nebula-graphd.conf` 、 `nebula-metad.conf` 、 `nebula-storaged.conf` 。
- listener 修改： `nebula-metad-listener.conf` 、 `nebula-storaged-listener.conf` 。
- drainer 修改： `nebula-drainerd.conf` 。

> **Note**
>
> 修改配置文件时需要注意：
>
> - 将配置文件的后缀 `.default` 或 `.production` 删除。
> - 所有配置文件里都需要用真实的机器 IP 地址替换 `local_ip` 的 `127.0.0.1` 。
> - 所有 `nebula-graphd.conf` 配置文件里设置 `enable_authorize=true` 。
> - 主从集群填写各自集群的 `meta_server_addrs` ，注意不要错填其他集群的地址。
> - listener 的配置文件里 `meta_server_addrs` 填写主集群的机器 IP， `meta_sync_listener` 填写 listener 机器的 IP。
> - drainer 的配置文件里 `meta_server_addrs` 填写从集群的机器 IP。
>
> 更多配置说明，请参见配置管理。

2022 vesoft Inc.

2. 在主从集群和 listener 服务的机器上放置 License 文件，路径为安装目录的 `share/resources/` 内。
3. 在所有机器的 Nebula Graph 安装目录内启动对应的服务：
   - 主、从集群启动命令：`sudo scripts/nebula.service start all`。
   - listener 启动命令：
   - Meta listener：`sudo bin/nebula-metad --flagfile etc/nebula-metad-listener.conf`。
   - Storage listener：`sudo bin/nebula-storaged --flagfile etc/nebula-storaged-listener.conf`。
   - drainer 启动命令：`sudo scripts/nebula-drainerd.service start`。
4. 登录主集群增加 Storage 主机，检查 listener 服务状态。

```
nebula> ADD HOSTS 192.168.10.101:9779;
nebula> SHOW HOSTS STORAGE;
+-----------------+------+----------+-----------+--------------+----------------------+
| Host            | Port | Status   | Role      | Git Info Sha | Version              |
+-----------------+------+----------+-----------+--------------+----------------------+
| "192.168.10.101" | 9779 | "ONLINE" | "STORAGE" | "xxxxxxx"    | "ent-3.1.0"          |
+-----------------+------+----------+-----------+--------------+----------------------+

nebula> SHOW HOSTS STORAGE LISTENER;
+-----------------+------+----------+--------------------+--------------+----------------------+
| Host            | Port | Status   | Role               | Git Info Sha | Version              |
+-----------------+------+----------+--------------------+--------------+----------------------+
| "192.168.10.103" | 9789 | "ONLINE" | "STORAGE_LISTENER" | "xxxxxxx"    | "ent-3.1.0"          |
+-----------------+------+----------+--------------------+--------------+----------------------+

nebula> SHOW HOSTS META LISTENER;
+-----------------+------+----------+----------------+--------------+----------------------+
| Host            | Port | Status   | Role           | Git Info Sha | Version              |
+-----------------+------+----------+----------------+--------------+----------------------+
| "192.168.10.103" | 9559 | "ONLINE" | "META_LISTENER" | "xxxxxxx"    |  "ent-3.1.0"         |
+-----------------+------+----------+----------------+--------------+----------------------+
```

5. 登录从集群增加 Storage 主机，检查 drainer 服务状态。

```
nebula> ADD HOSTS 192.168.10.102:9779;
nebula> SHOW HOSTS STORAGE;
+-----------------+------+----------+-----------+--------------+----------------------+
| Host            | Port | Status   | Role      | Git Info Sha | Version              |
+-----------------+------+----------+-----------+--------------+----------------------+
| "192.168.10.102" | 9779 | "ONLINE" | "STORAGE" | "xxxxxxx"    | "ent-3.1.0"          |
+-----------------+------+----------+-----------+--------------+----------------------+

nebula> SHOW HOSTS DRAINER;
+-----------------+------+----------+-----------+--------------+----------------------+
| Host            | Port | Status   | Role      | Git Info Sha | Version              |
+-----------------+------+----------+-----------+--------------+----------------------+
| "192.168.10.104" | 9889 | "ONLINE" | "DRAINER" | "xxxxxxx"    | "ent-3.1.0"          |
+-----------------+------+----------+-----------+--------------+----------------------+
```

2.设置服务

1. 登录主集群，创建图空间 `basketballplayer`。

```
nebula> CREATE SPACE basketballplayer(partition_num=15, replica_factor=1, vid_type=fixed_string(30));
```

2. 进入图空间 `basketballplayer`，注册 drainer 服务。

```
nebula> USE basketballplayer;
//注册 drainer 服务。
nebula> SIGN IN DRAINER SERVICE(192.168.10.104:9889);
//检查是否注册成功。
nebula> SHOW DRAINER CLIENTS;
+-----------+-----------------+------+
| Type      | Host            | Port |
+-----------+-----------------+------+
| "DRAINER" | "192.168.10.104" | 9889 |
+-----------+-----------------+------+
```

3. 设置 listener 服务。

```
//设置 listener 服务，待同步的图空间名称为replication_basketballplayer（下文将在从集群中创建）。
nebula> ADD LISTENER SYNC META 192.168.10.103:9569 STORAGE 192.168.10.103:9789 TO SPACE replication_basketballplayer;
//查看 listener 状态。
nebula> SHOW LISTENER SYNC;
```


2022 vesoft Inc.

```
+--------+--------+------------------------+------------------------------+----------+
| PartId | Type   | Host                   | SpaceName                    | Status   |
+--------+--------+------------------------+------------------------------+----------+
| 0      | "SYNC" | ""192.168.10.103":9569" | "replication_basketballplayer" | "ONLINE" |
| 1      | "SYNC" | ""192.168.10.103":9789" | "replication_basketballplayer" | "ONLINE" |
| 2      | "SYNC" | ""192.168.10.103":9789" | "replication_basketballplayer" | "ONLINE" |
| 3      | "SYNC" | ""192.168.10.103":9789" | "replication_basketballplayer" | "ONLINE" |
| 4      | "SYNC" | ""192.168.10.103":9789" | "replication_basketballplayer" | "ONLINE" |
| 5      | "SYNC" | ""192.168.10.103":9789" | "replication_basketballplayer" | "ONLINE" |
| 6      | "SYNC" | ""192.168.10.103":9789" | "replication_basketballplayer" | "ONLINE" |
| 7      | "SYNC" | ""192.168.10.103":9789" | "replication_basketballplayer" | "ONLINE" |
| 8      | "SYNC" | ""192.168.10.103":9789" | "replication_basketballplayer" | "ONLINE" |
| 9      | "SYNC" | ""192.168.10.103":9789" | "replication_basketballplayer" | "ONLINE" |
| 10     | "SYNC" | ""192.168.10.103":9789" | "replication_basketballplayer" | "ONLINE" |
| 11     | "SYNC" | ""192.168.10.103":9789" | "replication_basketballplayer" | "ONLINE" |
| 12     | "SYNC" | ""192.168.10.103":9789" | "replication_basketballplayer" | "ONLINE" |
| 13     | "SYNC" | ""192.168.10.103":9789" | "replication_basketballplayer" | "ONLINE" |
| 14     | "SYNC" | ""192.168.10.103":9789" | "replication_basketballplayer" | "ONLINE" |
| 15     | "SYNC" | ""192.168.10.103":9789" | "replication_basketballplayer" | "ONLINE" |
+--------+--------+------------------------+------------------------------+----------+
```

4. 登录从集群，创建图空间 `replication_basketballplayer` 。

```
nebula> CREATE SPACE replication_basketballplayer(partition_num=15, replica_factor=1, vid_type=fixed_string(30));
```

5. 进入图空间 `replication_basketballplayer` ，设置 drainer 服务。

```
//设置 drainer 服务。
nebula> ADD DRAINER 192.168.10.104:9889;
//查看 drainer 状态。
nebula> SHOW DRAINERS;
+-------------------------+----------+
| Host                    | Status   |
+-------------------------+----------+
| ""192.168.10.104":9889" | "ONLINE" |
+-------------------------+----------+
```

6. 修改图空间为只读。

> **Note**
>
> 修改为只读是防止误操作导致数据不一致。只影响该图空间，其他图空间仍然可以读写。

```
nebula> USE replication_basketballplayer;
//设置当前图空间为只读。
nebula> SET VARIABLES read_only=true;
//查看当前图空间的读写属性。
nebula> GET VARIABLES read_only;
+-------------+--------+-------+
| name        | type   | value |
+-------------+--------+-------+
| "read_only" | "bool" | true  |
+-------------+--------+-------+
```

3.验证数据

1. 登录主集群，创建 Schema，插入数据。

```
nebula> USE basketballplayer;
nebula> CREATE TAG player(name string, age int);
nebula> CREATE EDGE follow(degree int);
nebula> INSERT VERTEX player(name, age) VALUES "player100":("Tim Duncan", 42);
nebula> INSERT VERTEX player(name, age) VALUES "player101":("Tony Parker", 36);
nebula> INSERT EDGE follow(degree) VALUES "player101" -> "player100":(95);
```

2. 登录从集群，检查数据。

```
nebula> USE replication_basketballplayer;
nebula> SUBMIT JOB STATS;
nebula> SHOW STATS;
+---------+------------+-------+
| Type    | Name       | Count |
+---------+------------+-------+
| "Tag"   | "player"   | 2     |
| "Edge"  | "follow"   | 1     |
| "Space" | "vertices" | 2     |
| "Space" | "edges"    | 1     |
+---------+------------+-------+
```


2022 vesoft Inc.

```
nebula> FETCH PROP ON player "player100" YIELD properties(vertex);
+------------------------------+
| properties(VERTEX)           |
+------------------------------+
| {age: 42, name: "Tim Duncan"} |
+------------------------------+

nebula> GO FROM "player101" OVER follow YIELD dst(edge);
+-------------+
| dst(EDGE)   |
+-------------+
| "player100" |
+-------------+
```

10.2.5 停止/重启数据同步

数据同步时，listener 会持续发送 WAL 给 drainer。

如果需要停止数据同步，可以使用 `stop sync` 命令。此时 listener 会停止向 drainer 发送 WAL。

如果需要重启数据同步，可以使用 `restart sync` 命令。此时 listener 会向 drainer 发送停止期间堆积的 WAL。如果 listener 上的 WAL 丢失，listener 会从主集群拉取快照重新进行同步。

10.2.6 切换主从集群

如果因为业务需要进行数据迁移，或者灾备恢复后需要切换主从集群，需要手动进行切换。

> **Note**
>
> 在切换主从之前需要为新的主集群搭建并启动 listener 服务（示例 IP 为 `192.168.10.105` ），为新的从集群搭建并启动 drainer 服务（示例 IP 为 `192.168.10.106` ）。

1. 登录主集群，取消 drainer 和 listener 服务。

```
nebula> USE basketballplayer;
nebula> SIGN OUT DRAINER SERVICE;
nebula> REMOVE LISTENER SYNC;
```

2. 设置图空间为只读，防止有新的数据写入主集群，导致数据不一致。

```
nebula> SET VARIABLES read_only=true;
```

3. 登录从集群，设置图空间为可读写，取消 drainer。

```
nebula> USE replication_basketballplayer;
nebula> SET VARIABLES read_only=false;
nebula> REMOVE DRAINER;
```

4. 将从集群更改为主集群。

```
nebula> SIGN IN DRAINER SERVICE(192.168.10.106:9889);
nebula> ADD LISTENER SYNC META 192.168.10.105:9559 STORAGE 192.168.10.105:9789 TO SPACE basketballplayer;
nebula> REMOVE DRAINER;
```

5. 登录之前的主集群，将其更改为从集群。

```
nebula> USE basketballplayer;
//修改图空间为可读写，否则无法设置 drainer 服务。
nebula> SET VARIABLES read_only=false;
nebula> ADD DRAINER 192.168.10.106:9889;
nebula> SET VARIABLES read_only=true;
```


2022 vesoft Inc.

10.2.7 常见问题

主集群中已经有 data 了，从集群可以同步到之前的存量 data 吗？

可以。对于主集群中的存量 data，主集群的 listener 会从各个分片的 leader 节点拉取快照，然后以 WAL 的形式发送给 drainer。存量 data 相关的 WAL 发送完毕后，开始发送主集群的增量 data 相关的 WAL 给 drainer。

从集群中已经有 data 了，数据同步会有影响吗？

仍然会进行全量数据同步。如果从集群中的数据是主集群数据的子集，最终会数据一致；如果不是主集群数据的子集，从集群不会进行反向同步，而且这部分数据会保留，请确保主从集群数据不会冲突。

从集群中已经有 Schema 了，数据同步会有影响吗？

数据同步时主集群中的 Schema 会覆盖从集群中的 Schema，因此可能导致被覆盖的 Schema 对应的数据失效或者数据不一致。请确保从集群中的 Schema 和主集群中的 Schema 没有冲突。

修改主集群的 Schema 会影响数据同步吗？

可能会增加数据同步延迟。因为 Schema 数据和 data 数据是分开处理的（Meta listener 和 Storage listener），data 数据同步时，drainer 会检查自身的 Schema 版本，如果版本大于当前存储的版本，说明 Schema 有更新，这时候会暂缓更新，等待从集群中的 Schema 数据先更新完成。

主从集群的机器数量、副本数量、分片数量需要相同吗？

不需要。因为是以图空间为基本单位，主集群不需要知道从集群的架构信息，只需要 listener 将 WAL 发送给 drainer 即可。

如果同步时出现故障，如何修复？

可以根据故障节点，进行如下处理：

- 主集群故障：会导致同步暂停，重启主集群服务即可。
- listener/drainer/从集群故障：服务恢复后，会收到前一节点发送的故障期间的 WAL。例如 drainer 故障恢复后，会收到 listener 发送来的故障期间的 WAL。如果用新的节点替换故障的 drainer 节点或从集群，需要将原节点的数据复制到新节点，否则相当于重新同步全量数据。

如何判断数据同步进度？

暂无工具进行直接判断。

最后更新: May 13, 2022

2022 vesoft Inc.

11. 最佳实践

11.1 Compaction

本文介绍 Compaction 的相关信息。

Nebula Graph 中，`Compaction` 是最重要的后台操作，对性能有极其重要的影响。

`Compaction` 操作会读取硬盘上的数据，然后重组数据结构和索引，然后再写回硬盘，可以成倍提升读取性能。将大量数据写入 Nebula Graph 后，为了提高读取性能，需要手动触发 `Compaction` 操作（全量 `Compaction` ）。

> **Note**
>
> `Compaction` 操作会长时间占用硬盘的 IO，建议在业务低峰期（例如凌晨）执行该操作。

Nebula Graph 有两种类型的 `Compaction` 操作：自动 `Compaction` 和全量 `Compaction` 。

11.1.1 自动 `Compaction`

自动 `Compaction` 是在系统读取数据、写入数据或系统重启时自动触发 `Compaction` 操作，提升短时间内的读取性能。默认情况下，自动 `Compaction` 是开启状态，可能在业务高峰期触发，导致意外抢占 IO 影响业务。

11.1.2 全量 `Compaction`

全量 `Compaction` 可以对图空间进行大规模后台操作，例如合并文件、删除 TTL 过期数据等，该操作需要手动发起。使用如下语句执行全量 `Compaction` 操作：

> **Note**
>
> 建议在业务低峰期（例如凌晨）执行该操作，避免大量占用硬盘 IO 影响业务。

```
nebula> USE <your_graph_space>;
nebula> SUBMIT JOB COMPACT;
```

上述命令会返回作业的 ID，用户可以使用如下命令查看 `Compaction` 状态：

```
nebula> SHOW JOB <job_id>;
```

11.1.3 操作建议

为保证 Nebula Graph 的性能，请参考如下操作建议：

- 数据导入完成后，请执行 `SUBMIT JOB COMPACT` 。
- 业务低峰期（例如凌晨）执行 `SUBMIT JOB COMPACT` 。
- 为控制 `Compaction` 的读写速率，请在配置文件 `nebula-storaged.conf` 中设置如下参数：

```
# 读写速率限制为 20MB/S。
--rocksdb_rate_limit=20 (in MB/s)
```


2022 vesoft Inc.

11.1.4 FAQ

Compaction 相关的日志在哪？

默认情况下，`/usr/local/nebula/data/storage/nebula/{1}/data/` 目录下的文件名为 `LOG` 文件，或者类似 `LOG.old.1625797988509303`，找到如下的部分。

```
** Compaction Stats [default] **
Level    Files   Size     Score Read(GB)  Rn(GB) Rnp1(GB) Write(GB) Wnew(GB) Moved(GB) W-Amp Rd(MB/s) Wr(MB/s) Comp(sec) CompMergeCPU(sec) Comp(cnt) Avg(sec) KeyIn KeyDrop
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
  L0      2/0    2.46 KB   0.5      0.0     0.0      0.0       0.0       0.0       0.0   1.0      0.0      0.0      0.53              0.51         2    0.264       0      0
 Sum      2/0    2.46 KB   0.0      0.0     0.0      0.0       0.0       0.0       0.0   1.0      0.0      0.0      0.53              0.51         2    0.264       0      0
 Int      0/0    0.00 KB   0.0      0.0     0.0      0.0       0.0       0.0       0.0   0.0      0.0      0.0      0.00              0.00         0    0.000       0      0
```

如果当前的 `L0` 文件数量较多，对读性能影响较大，可以触发 compaction。

可以同时在多个图空间执行全量 `Compaction` 操作吗？

可以，但是此时的硬盘 IO 会很高，可能会影响效率。

全量 `Compaction` 操作会耗费多长时间？

如果已经设置读写速率限制，例如 `rocksdb_rate_limit` 限制为 20MB/S 时，用户可以通过 `硬盘使用量/rocksdb_rate_limit` 预估需要耗费的时间。 如果没有设置读写速率限制，根据经验，速率大约为 50MB/S。

可以动态调整 `rocksdb_rate_limit` 吗？

不可以。

全量 `Compaction` 操作开始后可以停止吗？

不可以停止，必须等待操作完成。这是 RocksDB 的限制。

最后更新: March 7, 2022

2022 vesoft Inc.

11.2 Storage 负载均衡

用户可以使用 `BALANCE` 语句平衡分片和 Raft leader 的分布，或者清空某些 Storage 服务器方便进行维护。详情请参见 BALANCE。

Danger

`BALANCE` 命令通过创建和执行一组子任务来迁移数据和均衡分片分布，**禁止**停止集群中的任何机器或改变机器的 IP 地址，直到所有子任务完成，否则后续子任务会失败。

11.2.1 均衡分片分布

Enterpriseonly

仅企业版支持均衡分片分布。

Note

如果当前图空间已经有失败的均衡分片分布作业，无法开始新的均衡分片分布作业，只能恢复之前失败的作业。如果作业一直执行失败，可以先停止作业，再开始新的均衡分片分布作业。

`BALANCE DATA` 语句会开始一个作业，将当前图空间的分片平均分配到所有 Storage 服务器。通过创建和执行一组子任务来迁移数据和均衡分片分布。

2022 vesoft Inc.

示例

以横向扩容 Nebula Graph 为例，集群中增加新的 Storage 主机后，新主机上没有分片。

1. 执行命令 `SHOW HOSTS` 检查分片的分布。

```
nebual> SHOW HOSTS;
+-----------------+------+-----------+----------+--------------+-----------------------+------------------------+-------------+
| Host            | Port | HTTP port | Status   | Leader count | Leader distribution   | Partition distribution | Version     |
+-----------------+------+-----------+----------+--------------+-----------------------+------------------------+-------------+
| "192.168.8.101" | 9779 | 19669     | "ONLINE" | 0            | "No valid partition"  | "No valid partition"   | "3.1.0-ent" |
| "192.168.8.100" | 9779 | 19669     | "ONLINE" | 15           | "basketballplayer:15" | "basketballplayer:15"  | "3.1.0-ent" |
+-----------------+------+-----------+----------+--------------+-----------------------+------------------------+-------------+
```

2. 进入图空间 `basketballplayer`，然后执行命令 `BALANCE DATA` 将所有分片均衡分布。

```
nebula> USE basketballplayer;
nebula> BALANCE DATA;
+------------+
| New Job Id |
+------------+
| 2          |
+------------+
```

3. 根据返回的任务ID，执行命令 `SHOW JOB <job_id>` 检查任务状态。

```
nebula> SHOW JOB 2;
+------------------------+-----------------------------------------+-------------+-------------------------------+-------------------------------+-------------+
| Job Id(spaceId:partId) | Command(src->dst)                       | Status      | Start Time                    | Stop Time                     | Error Code  |
+------------------------+-----------------------------------------+-------------+-------------------------------+-------------------------------+-------------+
| 2                      | "DATA_BALANCE"                          | "FINISHED"  | "2022-04-12T03:41:43.000000000" | "2022-04-12T03:41:53.000000000" | "SUCCEEDED" |
| "2, 1:1"               | "192.168.8.100:9779->192.168.8.101:9779" | "SUCCEEDED" | 2022-04-12T03:41:43.000000      | 2022-04-12T03:41:53.000000      | "SUCCEEDED" |
| "2, 1:2"               | "192.168.8.100:9779->192.168.8.101:9779" | "SUCCEEDED" | 2022-04-12T03:41:43.000000      | 2022-04-12T03:41:53.000000      | "SUCCEEDED" |
| "2, 1:3"               | "192.168.8.100:9779->192.168.8.101:9779" | "SUCCEEDED" | 2022-04-12T03:41:43.000000      | 2022-04-12T03:41:53.000000      | "SUCCEEDED" |
| "2, 1:4"               | "192.168.8.100:9779->192.168.8.101:9779" | "SUCCEEDED" | 2022-04-12T03:41:43.000000      | 2022-04-12T03:41:53.000000      | "SUCCEEDED" |
| "2, 1:5"               | "192.168.8.100:9779->192.168.8.101:9779" | "SUCCEEDED" | 2022-04-12T03:41:43.000000      | 2022-04-12T03:41:53.000000      | "SUCCEEDED" |
| "2, 1:6"               | "192.168.8.100:9779->192.168.8.101:9779" | "SUCCEEDED" | 2022-04-12T03:41:43.000000      | 2022-04-12T03:41:43.000000      | "SUCCEEDED" |
| "2, 1:7"               | "192.168.8.100:9779->192.168.8.101:9779" | "SUCCEEDED" | 2022-04-12T03:41:43.000000      | 2022-04-12T03:41:53.000000      | "SUCCEEDED" |
| "Total:7"              | "Succeeded:7"                           | "Failed:0"  | "In Progress:0"               | "Invalid:0"                   | ""          |
+------------------------+-----------------------------------------+-------------+-------------------------------+-------------------------------+-------------+
```

4. 等待所有子任务完成，负载均衡进程结束，执行命令 `SHOW HOSTS` 确认分片已经均衡分布。

> **Note**
>
> `BALANCE DATA` 不会均衡 leader 的分布。均衡 leader 请参见均衡 leader 分布。

```
nebula> SHOW HOSTS;
+-----------------+------+-----------+----------+--------------+-----------------------+------------------------+-------------+
| Host            | Port | HTTP port | Status   | Leader count | Leader distribution   | Partition distribution | Version     |
+-----------------+------+-----------+----------+--------------+-----------------------+------------------------+-------------+
| "192.168.8.101" | 9779 | 19669     | "ONLINE" | 7            | "basketballplayer:7"  | "basketballplayer:7"   | "3.1.0-ent" |
| "192.168.8.100" | 9779 | 19669     | "ONLINE" | 8            | "basketballplayer:8"  | "basketballplayer:8"   | "3.1.0-ent" |
+-----------------+------+-----------+----------+--------------+-----------------------+------------------------+-------------+
```

如果有子任务失败，请执行 `RECOVER JOB <job_id>`。如果重做负载均衡仍然不能解决问题，请到Nebula Graph社区寻求帮助。

停止负载均衡作业

停止负载均衡作业，请执行命令 `STOP JOB <job_id>`。

- 如果没有正在执行的负载均衡作业，会返回错误。
- 如果有正在执行的负载均衡作业，会返回 `Job stopped`。

> **Note**
>
> `STOP JOB <job_id>` 不会停止正在执行的子任务，而是取消所有后续子任务，状态会置为 `INVALID`，然后等待正在执行的子任执行完毕根据结果置为 `SUCCEEDED` 或 `FAILED`。用户可以执行命令 `SHOW JOB <job_id>` 检查停止的作业状态。

2022 vesoft Inc.

恢复负载均衡作业

恢复负载均衡作业，请执行命令 `RECOVER JOB <job_id>` 。

Note

- 可以恢复执行失败的作业。
- 对于停止的作业，Nebula Graph 会判断该作业的开始时间（start time）之后是否有相同类型的失败作业（failed job）或完成作业（finished job），如果有的话，无法恢复停止的作业。例如当有 `stopped job1 -> finished job2 -> stopped job3` 时，只能恢复 job3，无法恢复 job1。

迁移分片

迁移指定的 Storage 主机中的分片来缩小集群规模，可以使用命令 `BALANCE DATA REMOVE <ip:port> [,<ip>:<port> ...]` 。

例如需要迁移 `192.168.8.100:9779` 中的分片，请执行如下命令：

```
nebula> BALANCE DATA REMOVE 192.168.8.100:9779;
nebula> SHOW HOSTS;
+-----------------+------+-----------+----------+--------------+-----------------------+------------------------+-------------+
| Host            | Port | HTTP port | Status   | Leader count | Leader distribution   | Partition distribution | Version     |
+-----------------+------+-----------+----------+--------------+-----------------------+------------------------+-------------+
| "192.168.8.101" | 9779 | 19669     | "ONLINE" | 15           | "basketballplayer:15" | "basketballplayer:15"  | "3.1.0-ent" |
| "192.168.8.100" | 9779 | 19669     | "ONLINE" | 0            | "No valid partition"  | "No valid partition"   | "3.1.0-ent" |
+-----------------+------+-----------+----------+--------------+-----------------------+------------------------+-------------+
```

Note

该命令仅迁移分片，不会将 Storage 主机从集群中删除。删除 Storage 主机请参见管理 Storage 主机。

11.2.2 均衡 leader 分布

用户可以使用命令 `BALANCE LEADER` 均衡 leader 分布。

示例

```
nebula> BALANCE LEADER;
```

用户可以执行 `SHOW HOSTS` 检查结果。

```
nebula> SHOW HOSTS;
+------------------+------+-----------+----------+--------------+----------------------------------+------------------------+---------+
| Host             | Port | HTTP port | Status   | Leader count | Leader distribution              | Partition distribution | Version |
+------------------+------+-----------+----------+--------------+----------------------------------+------------------------+---------+
| "192.168.10.100" | 9779 | 19669     | "ONLINE" | 4            | "basketballplayer:3"             | "basketballplayer:8"   | "3.1.0" |
| "192.168.10.101" | 9779 | 19669     | "ONLINE" | 8            | "basketballplayer:3"             | "basketballplayer:8"   | "3.1.0" |
| "192.168.10.102" | 9779 | 19669     | "ONLINE" | 3            | "basketballplayer:3"             | "basketballplayer:8"   | "3.1.0" |
| "192.168.10.103" | 9779 | 19669     | "ONLINE" | 0            | "basketballplayer:2"             | "basketballplayer:7"   | "3.1.0" |
| "192.168.10.104" | 9779 | 19669     | "ONLINE" | 0            | "basketballplayer:2"             | "basketballplayer:7"   | "3.1.0" |
| "192.168.10.105" | 9779 | 19669     | "ONLINE" | 0            | "basketballplayer:2"             | "basketballplayer:7"   | "3.1.0" |
+------------------+------+-----------+----------+--------------+----------------------------------+------------------------+---------+
```

Caution

在 Nebula Graph 3.2.0 中，Leader 切换会导致短时的大量请求错误（Storage Error `E_RPC_FAILURE` ），处理方法见 FAQ。

最后更新: May 13, 2022

2022 vesoft Inc.

11.3 图建模设计

本文介绍在 Nebula Graph 项目中成功应用的一些图建模和系统设计的通用建议。

> **Note**
>
> 本文建议是通用的，在特定领域有例外，请结合实际业务情况进行图建模。

11.3.1 以性能为第一目标进行建模

目前 Nebula Graph 没有完美的建模方法，如何建模取决于想从数据中挖掘的内容。分析数据并根据业务模型创建方便直观的数据模型，测试模型并优化，逐渐适应业务。为了更好的性能，用户可以多次更改或重新设计模型。

设计和评估最重要的查询语句

在测试环节中，通常会验证各种各样的查询语句，以全面评估系统能力。但在大多数生产场景下，每个集群被频繁调用的查询语句的类型并不会太多；根据 20-80 原则，针对重要的查询语句进行建模优化。

避免全量扫描

通过属性索引或者 VID 来先定位到某个（些）点或者边，然后开始图遍历；对于有些查询，它们只给定了一个子图或者路径的（正则）模式，但无法通过属性索引或者 VID 定位到遍历起始的点边，而期望找到库中全部满足该模式的子图，这样的查询是通过全量扫描实现的，这样的性能会很差。Nebula Graph 没有实现对于子图或者路径的图结构的索引。

Tag 与 Edge type 之间没有绑定关系

任何 Tag 可以与任何 Edge type 相关联，完全交由应用程序控制。不需要在 Nebula Graph 中预先定义，也没有命令获取哪些 Tag 与哪些 Edge type 相关联。

Tag/Edge type 预先定义了一组属性

建立 Tag（或者 Edge type）时，需要指定对应的属性。通常称为 Schema。

区分“经常改变的部分”和“不经常改变的部分”

改变指的是业务模型和数据模型上的改变（元信息），不是数据自身的改变。

一些图数据库产品是 schema-free 的设计，所以在数据模型上，不论是图拓扑结构还是属性，都可以非常自由。属性可以建模转变为图拓扑，反之亦然。这类系统通常对于图拓扑的访问有特别的优化。

而 Nebula Graph 3.2.0 是强 Schema 的（行存型）系统，这意味着业务数据模型中的部分是“不应该经常改变的”，例如属性 Schema 应该避免改变。类似于 MySQL 中 ALTER TABLE 是应该尽量避免的操作。

而点及邻边可以非常低成本的增删，因此可以将业务模型中“经常改变的部分”建模成点或边（关系），而不是属性 Schema。

例如，在一个业务模型中，人的属性是相对固定的，例如“年龄”，“性别”，“姓名”。而“通信好友”，“出入场所”，“交易账号”，“登录设备”等是相对容易改变的。前者适合建模为属性，后者适合建模为点或边。

自环

Nebula Graph是强Schema类型系统，使用 `ALTER TAG` 的开销很大，而且也不支持List类型属性，当用户需要为点添加一些临时属性或者List类型的属性时，可以先创建包含所需属性的边类型，然后为点插入一条或多条指向自身的边。查询时只需要查询指向自己的边属性。如下图所示。

2022 vesoft Inc.

示例：

如果要检索点的临时属性，请从自环边中获取。例如：

```
//创建边类型并插入自环属性。
nebula> CREATE EDGE IF NOT EXISTS temp(tmp int);
nebula> INSERT EDGE temp(tmp) VALUES "player100"->"player100"@1:(1);
nebula> INSERT EDGE temp(tmp) VALUES "player100"->"player100"@2:(2);
nebula> INSERT EDGE temp(tmp) VALUES "player100"->"player100"@3:(3);

//插入数据后，可以通过查询语句查询，例如：
nebula> GO FROM "player100" OVER temp YIELD properties(edge).tmp;
+----------------------+
| properties(EDGE).tmp |
+----------------------+
| 1                    |
| 2                    |
| 3                    |
+----------------------+

//如果需要返回结果为List，可以通过函数实现，例如：
nebula> MATCH (v1:player)-[e:temp]->() return collect(e.tmp);
+----------------+
| collect(e.tmp) |
+----------------+
| [1, 2, 3]      |
+----------------+
```

对于自环的操作没有封装任何的语法糖，操作方式与普通的边无异。

- Nebula Graph 自环小科普（2 分 54 秒）

悬挂边

悬挂边 (Dangling edge) 是指一条起点或者终点不存在于数据库中的边。

在 Nebula Graph 3.2.0中，有两种情况可能会出现悬挂边。

第一种情况：在起点和终点插入之前，用 INSERT EDGE 语句插入一条边。

第二种情况：使用 DELETE VERTEX 语句删除点的时候，没有使用 `WITH EDGE` 选项。此时系统默认不删除该点关联的出边和入边，这些边将变成悬挂边。

Nebula Graph 3.2.0 的数据模型中，由于设计允许图中存在“悬挂边”；没有 openCypher 中的 MERGE 语句。对于悬挂边的保证完全依赖应用层面。用户可以使用 GO 和 LOOKUP 语句查询到悬挂边，但无法使用 MATCH 语句查询到悬挂边。

示例：

```
// 插入起点为“11”，终点为“13”并且都不存在于数据库中的悬挂边
nebula> CREATE EDGE IF NOT EXISTS e1 (name string, age int);
nebula> INSERT EDGE e1 (name, age) VALUES "11"->"13":("n1", 1);

// 使用 GO 语句查询
nebula> GO FROM "11" over e1 YIELD properties(edge);
+----------------------+
```


2022 vesoft Inc.

```
| properties(EDGE)     |
+----------------------+
| {age: 1, name: "n1"} |
+----------------------+

// 使用 LOOKUP 语句查询
nebula> LOOKUP ON e1 YIELD EDGE AS r;
+-------------------------------------------------------+
| r                                                     |
+-------------------------------------------------------+
| [:e2 "11"->"13" @0 {age: 1, name: "n1"}]              |
+-------------------------------------------------------+

// 使用 MATCH 查询，不能查询到悬挂边
nebula> MATCH ()-[e:e1]->() RETURN e LIMIT 100;
+---+
| e |
+---+
+---+
Empty set (time spent 3153/3573 us)
```

- Nebula Graph 的悬挂边小科普（2 分 28 秒）

广度优先大于深度优先

- Nebula Graph 基于图拓扑结构进行深度图遍历的性能较低，广度优先遍历以及获取属性的性能较好。例如，模型 a 包括姓名、年龄、眼睛颜色三种属性，建议创建一个 Tag `person`，然后为它添加姓名、年龄、眼睛颜色的属性。如果创建一个包含眼睛颜色的 Tag 和一个 Edge type `has`，然后创建一个边用来表示人拥有的眼睛颜色，这种建模方法会降低遍历性能。
- “通过边属性获取边”的性能与“通过点属性获取点”的性能是接近的。在一些数据库中，会建议将边上的属性重新建模为中间节点的属性：例如 `(src)-[edge {P1, P2}]->(dst)`， `edge` 上有属性 `P1, P2`，会建议建模为 `(src)-[edge1]->(i_node {P1, P2})-[edge2]->(dst)`。在 Nebula Graph 3.2.0 中可以直接使用 `(src)-[edge {P1, P2}]->(dst)`，减少遍历深度有助于性能。

边的方向

查询时，如果需要使用边的逆向查询，可以用如下语法：

`(dst)<-[edge]-(src)` 或者 `GO FROM dst REVERSELY;`

如果不关心边的方向，可以使用如下语法：

`(src)-[edge]-(dst)` 或者 `GO FROM src BIDIRECT;`

因此，通常同一条边没有必要反向再冗余插入一次。

合理设置 Tag 属性

在图建模中，请将一组类似的平级属性放入同一个 Tag，即按不同概念进行分组。

正确使用索引

使用属性索引可以通过属性查找到 VID。但是索引会导致写性能下降 90%甚至更多，只有在根据点或边的属性定位点或边时才使用索引。

合理设计 VID

参考点 VID 一节。

长文本

为边创建属性时请勿使用长文本：这些属性会被存储 2 份，导致写入放大问题（write amplification）。此时建议将长文本放在 HBase/ES 中，将其地址存放在 Nebula Graph 中。

2022 vesoft Inc.

11.3.2 关于支持动态图（时序图）

在某些场景下，图需要同时带有时序信息，以描述整个图的结构随着时间变化的情况 [1]。

Nebula Graph 3.2.0 的边可以使用 Rank 字段存放时间信息 (int64)，但是点上没有字段可以存放时间信息（存放在属性会被新写入覆盖）。一个折中的办法是在点上设计自己指向自己的自环，并将时间信息放置在自环的 Rank 上。

11.3.3 一些免费的建模工具

arrows.app

1. https://blog.twitter.com/engineering/en_us/topics/insights/2021/temporal-graph-networks ↩

最后更新: June 17, 2022

2022 vesoft Inc.

11.4 系统设计建议

11.4.1 选择 QPS 优先或时延优先

- Nebula Graph 3.2.0 更擅长处理（互联网式的）有大量并发的小请求。也即：虽然全图很大（万亿点边），但是每个请求要访问到的子图本身并不大（几百万个点边）——单个请求时延不大；但这类请求的并发数量特别多——QPS 大。
- 但对于一些交互分析型的场景，并发请求的数量不多，而每个请求要访问的子图本身特别大（亿以上）。为降低时延，可以在应用程序中将一个大的请求，拆分为多个小请求，并发发送给多个 graphd。这样可以降低单个大请求的时延，降低单个 graphd 的内存占用。另外，也可以使用图计算功能 Nebula Algorithm。

11.4.2 数据传输与优化

- 读写平衡。Nebula Graph 适合读写平衡性的在线场景，也即 OLTP 型的的“并发的发生写入与读取”；而非数仓 OLAP 型的“一次写入多次读取”。
- 选择不同的写入方式。大批量的数据写入可以使用 sst 加载的方式；小批量的写入使用 `INSERT` 语句。
- 选择合适的时间运行 COMPACTION 和 BALANCE，来分别优化数据格式和存储分布。
- Nebula Graph 3.2.0 不支持关系型数据库意义上的事务和隔离性，更接近 NoSQL。

11.4.3 查询预热与数据预热

应用端进行预热：

- Graphd 不支持预编译查询及相应生成查询计划，也不支持缓存之前的查询结果；
- Storaged 不支持预热数据，只有 RocksDB 自身的 LSM-tree 和 BloomFilter 会启动时加载到内存中。
- 点和边被访问过后，会各自缓存在 Storaged 的两种 (LRU) Cache 中。

最后更新: June 29, 2022

2022 vesoft Inc.

11.5 执行计划

Nebula Graph 3.2.0 实现了基于规则的执行计划。用户无法改变执行计划，无法进行查询的预编译（及相应的计划缓存），无法通过指定索引来加速查询。

要查看执行计划及执行概要，请参考 EXPLAIN 和 PROFILE。

最后更新: November 25, 2021

2022 vesoft Inc.

11.6 超级顶点（稠密点）处理

11.6.1 原理介绍

在图论中，超级顶点（稠密点）是指一个点有着极多的相邻边。相邻边可以是出边（我指向谁）或者是入边（谁指向我）。

由于幂律分布的特点，超级顶点现象非常普遍。 例如社交网络中的影响力领袖（网红大 V）、证券市场中的热门股票、银行系统中的四大行、交通网络中的枢纽站、互联网中的高流量网站等、电商网络中的爆款产品。

在 Nebula Graph 3.2.0 中，一个 `点` 和其 `属性` 是一个 `Key-Value` （以该点的 `VID` 以及其他元信息作为 `Key` ），其 `Out-Edge Key-Value` 和 `In-Edge Key-Value` 都存储在同一个 partition 中（具体原理详见存储架构，并且以 LSM-tree 的形式组织存放在硬盘（和缓存）中。

因此不论是 `从该点出发的有向遍历` ，或者 `以该点为终点的有向遍历` ，都会涉及到大量的 `顺序 IO 扫描` （最理想情况，当完成 Compact 操作之后），或者大量的 `随机 IO` （有关于 `该点` 和其 `出入边` 频繁的写入）。

经验上说，当一个点的出入度超过 1 万时，就可以视为是稠密点。需要考虑一些特殊的设计和处理。

> **Note**
>
> Nebula Graph 中没有专用的字段来记录每个点的出度和入度，也没有内置任务来进行统计，因此无法预知哪些点会是超级节点。一个折中的办法是使用 Spark 周期性地计算和统计。

重复属性索引

在属性图中，除了网络拓扑结构中的超级顶点，还有一类情况类似于超级顶点————某**属性有极高重复率**，也即"相同的 `点类型 Tag` ，不同的 `顶点 VID` ，同一属性字段，拥有相同属性值"。

Nebula Graph 3.2.0 属性索引的设计复用了存储模块 RocksDB 的功能，这种情况下的索引会被建模为 `前缀相同的 Key` 。对于该属性的查找，（如果未能命中缓存，）会对应为硬盘上的“一次随机查找 + 一次前缀顺序扫描”，以找到对应的 `点 VID` （此后，通常会从该顶点开始图遍历，这样又会发生该点对应 Key-Value 的一次随机读+顺序扫描）。当重复率越高，扫描范围就越大。

关于属性索引的原理详细介绍在博客《分布式图数据库 Nebula Graph 的 Index 实践》。

经验上说，当重复属性值超过 1 万时，也需要特殊的设计和处理。

建议的办法

数据库端的常见办法

1. 截断: 只访问一定阈值的边，超过该阈值的其他边则不返回。
2. Compact：重新组织 RocksDB 中数据的排列方式，减少随机读，增加顺序读。

2022 vesoft Inc.

应用端的常见办法

根据业务意义，将一些超级顶点拆分：

- 删除多条边，合并为一条

  例如，一个转账场景：`（账户 A)-[转账]-> (账户 B)`。每次 `转账` 建模为 `一条 AB 之间的边`，那么 `（账户 A)` 和 `（账户 B)` 之间会有着数万十次转账的场景。

  按日、周、或者月为粒度，合并陈旧的转账明细。也就是批量删除陈旧的边，改为少量的边“月总额”和“次数。而保留最近月的转账明细。

- 拆分相同类型的边，变为多种不同类型的边

  例如，`（机场）<-[depart]-（航班）` 场景，每个架次航班的离港，都建模为一条航班和机场之间的边。那么大型机场的离港航班会极多。

  根据不同的 `航空公司` 将 `depart` 这个 Edge type 拆分更细的 Edge type，如 `depart_ceair`，`depart_csair` 等。在查询（图遍历）时，指定离港的航空公司。

- 切分顶点本身

  例如，对于 `（人）-[借款]-> (银行)` 的借款网络，某大型银行 A 的借款次数和借款人会非常的多。

  可以将该大行节点 A 拆分为多个相关联的子节点 A1、A2、A3，

  ```
  （人 1)-[借款]-> (银行 A1)，（人 2)-[借款]-> (银行 A2)，（人 2)-[借款]-> (银行 A3);
  (银行 A1)-[属于]-> (银行 A)，（银行 A2)-[属于]-> (银行 A)，（银行 A3)-[属于]-> (银行 A).
  ```

  这里的 A1、A2、A3 既可以是 A 真实的三个分行（例如北京、上海、浙江），也可以是三个按某种规则设立的虚拟分行，例如按借款金额划分 `A1: 1-1000, A2: 1001-10000, A3: 10000+`。这样，查询时对于 A 的任何操作，都转变为为对于 A1、A2、A3 的三次单独操作。

最后更新: April 22, 2022

2022 vesoft Inc.

11.7 实践案例

Nebula Graph 在各行各业都有应用，本文介绍部分实践案例。更多实践分享内容请参见博客。

11.7.1 业务场景

- 案例
- 经验
- 三方评测

11.7.2 内核

- MATCH 中变长 Pattern 的实现
- 如何向 Nebula Graph 增加一个测试用例
- 基于 BDD 理论的 Nebula 集成测试框架重构（上）
- 基于 BDD 理论的 Nebula 集成测试框架重构（下）
- 解析 Nebula Graph 子图设计及实践
- 基于全文搜索引擎的文本搜索
- 实操 | LDBC 数据导入及 nGQL 实践

11.7.3 周边工具

- 基于 Nebula Importer 批量导入工具性能验证方案总结
- 详解 Nebula 3.0 性能报告
- Nebula Graph 支持 JDBC 协议
- Nebula·利器 | Norm 知乎开源的 ORM 工具
- 基于 Nebula Graph 的 Betweenness Centrality 算法
- 无依赖单机尝鲜 Nebula Exchange 的 SST 导入
- logrotate 在 Nebula Graph 的日志滚动实践

最后更新: May 13, 2022

2022 vesoft Inc.

12. 客户端

12.1 Nebula Console

Nebula Console 是 Nebula Graph 的原生命令行客户端，用于连接 Nebula Graph 集群并执行查询，同时支持管理参数、导出命令的执行结果、导入测试数据集等功能。

12.1.1 获取 Nebula Console

Nebula Console 的获取方式如下：

- 从 GitHub 发布页下载二进制文件。
- 编译源码获取二进制文件。编译方法参见 Install from source code。

12.1.2 功能说明

连接 Nebula Graph

运行二进制文件 `nebula-console` 连接 Nebula Graph 的命令语法如下：

```
<path_of_console> -addr <ip> -port <port> -u <username> -p <password>
```

`path_of_console` 是 Nebula Console 二进制文件的存储路径。

常用参数的说明如下。

参数	说明
`-h/-help`	显示帮助菜单。
`-addr/-address`	设置要连接的 Graph 服务的 IP 地址。默认地址为 127.0.0.1。如果 Nebula Graph 部署在 Nebula Cloud 上，需要创建 Private Link，并设置该参数的值为专用终结点的 IP 地址。
`-P/-port`	设置要连接的 Graph 服务的端口。默认端口为 9669。
`-u/-user`	设置 Nebula Graph 账号的用户名。未启用身份认证时，可以使用任意已存在的用户名（默认为 `root`）。
`-p/-password`	设置用户名对应的密码。未启用身份认证时，密码可以填写任意字符。
`-t/-timeout`	设置整数类型的连接超时时间。单位为秒，默认值为 120。
`-e/-eval`	设置字符串类型的 nGQL 语句。连接成功后会执行一次该语句并返回结果，然后自动断开连接。
`-f/-file`	设置存储 nGQL 语句的文件的路径。连接成功后会执行该文件内的 nGQL 语句并返回结果，执行完毕后自动断开连接。
`-enable_ssl`	连接 Nebula Graph 时使用 SSL 加密。
`-ssl_root_ca_path`	指定 CA 证书的存储路径。
`-ssl_cert_path`	指定 CRT 证书的存储路径。
`-ssl_private_key_path`	指定私钥文件的存储路径。

更多参数参见项目仓库。

例如，要连接到部署在 192.168.10.8 上的 Graph 服务，运行以下命令。

```
./nebula-console -addr 192.168.10.8 -port 9669 -u Joe -p Joespassword
```


2022 vesoft Inc.

管理参数

Nebula Console 可以保存参数，用于参数化查询。

Note

- VID 不支持参数化查询。
- `SAMPLE` 子句中不支持参数化查询。
- 会话释放后，参数不会保留。

- 保存参数命令如下：

```
nebula> :param <param_name> => <param_value>;
```

示例：

```
nebula> :param p1 => "Tim Duncan";
nebula> MATCH (v:player{name:$p1})-[:follow]->(n)  RETURN v,n;
+--------------------------------------------------+--------------------------------------------------+
| v                                                | n                                                |
+--------------------------------------------------+--------------------------------------------------+
| ("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"}) | ("player125" :player{age: 41, name: "Manu Ginobili"}) |
| ("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"}) | ("player101" :player{age: 36, name: "Tony Parker"})   |
+--------------------------------------------------+--------------------------------------------------+

nebula> :param p2 => {"a":3,"b":false,"c":"Tim Duncan"};
nebula> RETURN $p2.b AS b;
+-------+
| b     |
+-------+
| false |
+-------+
```

- 查看当前保存的所有参数，命令如下：

```
nebula> :params;
```

- 查看指定参数，命令如下：

```
nebula> :params <param_name>;
```

- 删除指定参数，命令如下：

```
nebula> :param <param_name> =>;
```

导出执行结果

导出命令执行的返回结果，可以保存为 CSV 文件或 DOT 文件。

2022 vesoft Inc.

Note

- 文件保存在当前工作目录中，即 Linux 命令 `pwd` 显示的目录。
- 命令只对下一条查询语句生效。
- DOT 文件的内容可以复制后在 GraphvizOnline 网页中粘贴，生成可视化的执行计划图。

- 导出 CSV 文件命令如下：

```
nebula> :CSV <file_name.csv>;
```

- 导出 DOT 文件命令如下：

```
nebula> :dot <file_name.dot>;
```

示例：

```
nebula> :dot a.dot;
nebula> PROFILE FORMAT="dot" GO FROM "player100" OVER follow;
```

加载测试数据集

测试数据集名称为 basketballplayer，详细 Schema 信息和数据信息请使用相关 `SHOW` 命令查看。

加载测试数据集命令如下：

```
nebula> :play basketballplayer;
```

重复执行语句

重复执行下一个命令 N 次，然后打印平均执行时间。命令如下：

```
nebula> :repeat N;
```

示例：

```
nebula> :repeat 3;
nebula> GO FROM "player100" OVER follow YIELD dst(edge);
+-------------+
| dst(EDGE)   |
+-------------+
| "player101" |
| "player125" |
+-------------+
Got 2 rows (time spent 2602/3214 us)

Fri, 20 Aug 2021 06:36:05 UTC

+-------------+
| dst(EDGE)   |
+-------------+
| "player101" |
| "player125" |
+-------------+
Got 2 rows (time spent 583/849 us)

Fri, 20 Aug 2021 06:36:05 UTC

+-------------+
| dst(EDGE)   |
+-------------+
| "player101" |
| "player125" |
+-------------+
Got 2 rows (time spent 496/671 us)

Fri, 20 Aug 2021 06:36:05 UTC

Executed 3 times, (total time spent 3681/4734 us), (average time spent 1227/1578 us)
```


2022 vesoft Inc.

睡眠

睡眠 N 秒。常用于修改 Schema 的操作中，因为修改 Schema 是异步实现的，需要在下一个心跳周期才同步数据。命令如下：

```
nebula> :sleep N;
```

断开连接

用户可以使用 `:EXIT` 或者 `:QUIT` 从 Nebula Graph 断开连接。为方便使用，Nebula Console 支持使用不带冒号（:）的小写命令，例如 `quit`。

示例：

```
nebula> :QUIT;

Bye root!
```

最后更新: April 13, 2022

2022 vesoft Inc.

13. 图计算

13.1 算法简介

图计算可以检测图结构，例如图中社区的检测、图的划分等，也可以揭示各个点之间关联关系的内在特征，例如点的中心性、相似性等。本文介绍相关算法和参数。

> **Note**
>
> 本文仅介绍 Nebula Analytics 的参数，Nebula Algorithm 的参数请先参见对应的算法文件。

13.1.1 节点重要度算法

PageRank

PageRank（页面排序）算法根据点之间的关系（边）计算点的相关性和重要性，通常使用在搜索引擎页面排名中。如果一个网页被很多其他网页链接，说明这个网页比较重要（PageRank 值较高）；如果一个 PageRank 值很高的网页链接到其他网页，那么被链接到的网页的 PageRank 值会提高。

参数说明如下。

- Nebula Analytics

参数	默认值	说明
`ITERATIONS`	`10`	最大迭代次数。
`IS_DIRECTED`	`true`	是否考虑边的方向。如果设置为 `false`，系统会自动添加反向边。
`EPS`	`0.0001`	收敛精度，两轮迭代的结果差值小于这个值，结束迭代。
`DAMPING`	`0.85`	阻尼系数，访问页面后的跳转概率。

KCore

KCore 算法用于计算出没有小于 K 度的点组成的子图，通常使用在社区发现、金融风控等场景。其计算结果是判断点重要性最常用的参考值之一，体现了点的传播能力。

参数说明如下。

- Nebula Analytics

参数	默认值	说明
`TYPE`	`vertex`	计算类型。取值：`vertex`、`subgraph`。`vertex` 表示为每个点计算核数。
`VERTICES`	`0`	点的数量。如果设置为 `0`，系统会自动计算。
`EDGES`	`0`	边的数量。如果设置为 `0`，系统会自动计算。
`KMIN`	`1`	范围计算时设置 K 的最小值。仅在 `TYPE = subgraph` 时生效。
`KMAX`	`1000000`	范围计算时设置 K 的最大值。仅在 `TYPE = subgraph` 时生效。
`ITERATIONS`	`10`	最大迭代次数。

2022 vesoft Inc.

DegreeCentrality（NStepDegree）

DegreeCentrality（度中心性） 算法用于查找图中的流行点。度中心性测量来自点的传入或传出（或两者）关系的数量，具体取决于关系投影的方向。一个点的度越大就意味着这个点的度中心性越高，该点在网络中就越重要。

> **Note**
>
> Nebula Analytics 仅粗略估算度中心性。

参数说明如下。

- Nebula Analytics

参数	默认值	说明
`IS_DIRECTED`	`true`	是否考虑边的方向。如果设置为 `false`，系统会自动添加反向边。
`STEP`	`3`	计算度数。`-1` 表示无穷大。
`BITS`	`6`	用于基数估计的 hyperloglog 位宽。
`TYPE`	`both`	计算的边的方向。取值：`in`、`out`、`both`。

DegreeWithTime

DegreeWithTime 算法是基于边的时间范围统计邻居，查找出图中的流行点。

> **Note**
>
> 仅 Nebula Analytics 支持该算法。

参数说明如下。

参数	默认值	说明
`ITERATIONS`	`10`	最大迭代次数。
`IS_DIRECTED`	`true`	是否考虑边的方向。如果设置为 `false`，系统会自动添加反向边。
`BEGIN_TIME`	-	起始时间。
`END_TIME`	-	结束时间。

BetweennessCentrality

BetweennessCentrality（中介中心性）算法是一种检测点对图中信息流的影响量的方法，用于查找从图的一部分到另一部分时作为桥梁的点。每个点都会根据通过该点的最短路径的数量获得一个分数，即中介中心性分数。

2022 vesoft Inc.

参数说明如下。

- Nebula Analytics

参数	默认值	说明
`ITERATIONS`	`10`	最大迭代次数。
`IS_DIRECTED`	`true`	是否考虑边的方向。如果设置为 `false`，系统会自动添加反向边。
`CHOSEN`	`-1`	选取的点ID，`-1` 表示随机选。
`CONSTANT`	`2`	系数。

ClosenessCentrality

ClosenessCentrality（紧密中心性）算法用于计算一个点到所有其他可达点的最短距离的平均值的倒数。值越大，点在图中的位置越靠近中心，也可以用来衡量信息从该点传输到其他点的时间长短。

参数说明如下。

- Nebula Analytics

参数	默认值	说明
`ITERATIONS`	`10`	最大迭代次数。
`IS_DIRECTED`	`true`	是否考虑边的方向。如果设置为 `false`，系统会自动添加反向边。
`NUM_SAMPLES`	`10`	采样的点数量。

13.1.2 路径算法

APSP

APSP（全图最短路径）算法用于寻找图中两点之间的所有最短路径。

> **Note**
>
> 仅 Nebula Analytics 支持该算法。

参数说明如下。

参数	默认值	说明
`WEIGHT`	-	边的最大权重。

SSSP

SSSP（单源最短路径）算法用于计算给定的一个点（起始点）出发到其余各点的最短路径长度。通常使用在网络路由、路径设计等场景。

参数说明如下。

- Nebula Analytics

参数	默认值	说明
`WEIGHT`	-	边的最大权重。
`ROOT`	-	起始点的 VID。

2022 vesoft Inc.

BFS

BFS（广度优先遍历）算法是一种基础的图遍历算法，它给定一个起始点，以递增的跳数访问其他点，即先遍历点的所有相邻点，再往相邻点的相邻点延伸。

参数说明如下。

- Nebula Analytics

参数	默认值	说明
`WEIGHT`	-	边的最大权重。
`IS_DIRECTED`	`true`	是否考虑边的方向。如果设置为 `false`，系统会自动添加反向边。
`ROOT`	-	起始点的 VID。

13.1.3 社区发现算法

LPA

LPA（标签传播）算法是一种基于图的半监督学习方法，其基本思路是用已标记点的标签信息去预测未标记点的标签信息。利用样本间的关系建图，点包括已标注和未标注数据，其边表示两个点的相似度，点的标签按相似度传递给其他点。标签数据就像是一个源头，可以对无标签数据进行标注，点的相似度越大，标签越容易传播。

参数说明如下。

- Nebula Analytics

参数	默认值	说明
`ITERATIONS`	`10`	最大迭代次数。
`IS_DIRECTED`	`true`	是否考虑边的方向。如果设置为 `false`，系统会自动添加反向边。
`IS_CALC_MODULARITY`	`false`	是否计算模块度。

HANP

HANP（Hop Attenuation & Node Preference）算法是LPA算法的优化算法，考虑了标签的其他信息，例如度的信息、距离信息等，同时在传播时引入了衰减系数，防止过渡传播。

参数说明如下。

- Nebula Analytics

参数	默认值	说明
`ITERATIONS`	`10`	最大迭代次数。
`IS_DIRECTED`	`true`	是否考虑边的方向。如果设置为 `false`，系统会自动添加反向边。
`PREFERENCE`	`1.0`	对邻居节点度的偏向性。 `m>0` 表示偏向节点度高的邻居， `m<0` 表示偏向节点度低的邻居， `m=0` 表示不考虑邻居节点度。
`HOP_ATT`	`0.1`	衰减因子。取值范围 `0` ～ `1` 。值越大衰减的越快，可以传递的次数越少。

ConnectedComponent

ConnectedComponent（联通分量）算法用于计算出图中的一个子图，当中所有节点都相互连接。考虑路径方向的为强联通分量（strongly connected component），不考虑路径方向的为弱联通分量（weakly connected component）。

2022 vesoft Inc.

Note

Nebula Analytics 仅支持弱联通分量。

参数说明如下。

- Nebula Analytics

参数	默认值	说明
`IS_DIRECTED`	`true`	是否考虑边的方向。如果设置为 `false`，系统会自动添加反向边。
`IS_CALC_MODULARITY`	`false`	是否计算模块度。

Louvain

Louvain 算法是基于模块度的社区发现算法，该算法在效率和效果上都表现较好，并且能够发现层次性的社区结构，其优化目标是最大化整个社区网络的模块度。模块度用于区分社区内和社区间链路密度的差异，是衡量每个点划分社区的好坏。通常情况下，一个优秀的分群方法将会使得社区内部的模块度高于社区与社区之间。

参数说明如下。

- Nebula Analytics

参数	默认值	说明
`IS_DIRECTED`	`true`	是否考虑边的方向。如果设置为 `false`，系统会自动添加反向边。
`OUTER_ITERATION`	`20`	第一阶段最大迭代次数。
`INNER_ITERATION`	`10`	第二阶段最大迭代次数。
`IS_CALC_MODULARITY`	`false`	是否计算模块度。

13.1.4 图特征算法

TriangleCount

TriangleCount（三角计数）算法用于统计图中三角形个数。三角形越多，代表图中节点关联程度越高，组织关系越严密。

参数说明如下。

- Nebula Analytics

参数	默认值	说明
`OPT`	`3`	计算类型。取值：`1`（统计整个图）、`2`（通过每个点统计）、`3`（列出所有三角形）。
`REMOVED_DUPLICATION_EDGE`	`true`	是否排除重复边。
`REMOVED_SELF_EDGE`	`true`	是否排除自环边。

13.1.5 聚类算法

ClusteringCoefficient

ClusteringCoefficient（聚集系数）算法用于计算图中节点的聚集程度。在各类反映真实世界的网络结构，特别是社交网络结构中，各个点之间倾向于形成密度相对较高的网络群，也就是说，相对于在两个点之间随机连接而得到的网络，真实世界网络的聚集系数更高。

2022 vesoft Inc.

参数说明如下。

- Nebula Analytics

参数	默认值	说明
`TYPE`	`local`	聚集类型。取值：`local`（为每个点计算聚集系数）、`global`（为全图计算聚集系数）。
`REMOVED_DUPLICATION_EDGE`	`true`	是否排除重复边。
`REMOVED_SELF_EDGE`	`true`	是否排除自环边。

13.1.6 相似度算法

Jaccard

Jaccard（杰卡德相似度）算法用于计算两个点（或集合）的相似程度，预测他们之间的关系。适用于社交网上的好友推荐、关系预测等场景。

参数说明如下。

- Nebula Analytics

参数	默认值	说明
`IDS1`	-	若干个 VID 构成的集合A。多个 VID 之间用英文逗号（,）隔开。不可为空。
`IDS2`	-	若干个 VID 构成的集合B。多个 VID 之间用英文逗号（,）隔开。可以为空，为空时表示所有点。
`REMOVED_SELF_EDGE`	`true`	是否排除自环边。

最后更新: June 29, 2022

2022 vesoft Inc.

13.2 Nebula Analytics

Nebula Analytics 是一款高性能图计算框架工具，支持对 Nebula Graph 数据库中的数据执行图分析。

> **Enterpriseonly**
>
> 仅企业版支持本功能。

13.2.1 适用场景

Nebula Analytics 支持将数据源为 Nebula Graph 集群、HDFS 上的 CSV 文件或本地 CSV 文件中的数据导入 Nebula Analytics，并将图计算结果输出至 Nebula Graph 集群、HDFS 上的 CSV 文件或本地 CSV 文件。

Nebula Analytics 还支持结合 Dag Controller 进行复杂的图计算。详情参见Dag Controller。

13.2.2 使用限制

输入和输出均为 Nebula Graph 集群时，图计算结果只能输出到数据源所在的图空间。

13.2.3 版本兼容性

Nebula Analytics 版本和 Nebula Graph 内核的版本对应关系如下。

Nebula Analytics 版本	Nebula Graph 版本
3.2.0	3.2.0
3.1.0	3.1.0
1.0.x	3.0.x
0.9.0	2.6.x

2022 vesoft Inc.

13.2.4 支持算法

Nebula Analytics 支持的图计算算法如下。

算法名	说明	分类
APSP	全图最短路径	路径
SSSP	单源最短路径	路径
BFS	广度优先遍历	路径
PageRank	页面排序	节点重要度
KCore	K核	节点重要度
DegreeCentrality	度中心性	节点重要度
DegreeWithTime	基于边的时间范围统计邻居	节点重要度
BetweennessCentrality	中介中心性	节点重要度
ClosenessCentrality	紧密中心性	节点重要度
TriangleCount	三角计数	图特征
LPA	标签传播	社区发现
HANP	标签传播进阶版	社区发现
WCC	弱联通分量	社区发现
LOUVAIN	鲁汶	社区发现
Clustering Coefficient	聚集系数	聚类
Jaccard	杰卡德相似度	相似度

13.2.5 安装 Nebula Analytics

在多个机器安装由多个 Nebula Analytics 服务构成的集群时，需要安装路径相同，并设置节点间 SSH 免密登录。

```
sudo rpm -i nebula-analytics-3.2.0-centos.x86_64.rpm  --prefix /home/xxx/nebula-analytics
```


2022 vesoft Inc.

13.2.6 使用方法

安装完成后，用户可以设置不同算法的参数，然后执行脚本，即可获得算法的结果，并导出为指定格式。

2022 vesoft Inc.

1. 选择 Nebula Analytics 集群的任一节点，进入目录 `scripts`。

```
$ cd scripts
```


2022 vesoft Inc.

2. 确认数据源和输出路径。配置方法如下：

- 数据源为 Nebula Graph 集群

a. 修改配置文件 `nebula.conf`，设置 Nebula Graph 集群相关信息。

```
# 连接 Nebula Graph 时的重试次数。
--retry=3
# 要读取或写入的图空间名称。
--space=baskeyballplayer

# 读取 Nebula Graph 设置
# Nebula Graph 的 metad leader服务地址，例如为192.168.8.101。
--meta_server_addrs=192.168.8.101:9559
# 要读取的边的名称。
--edges=LIKES
# 要读取的作为边的权重属性的名称。可以是属性名，也可以是 _rank。
#--edge_data_fields
# 每次扫描读取的行数。
--read_batch_size=10000

# 写回 Nebula Graph 设置
# Nebula Graph 的 graphd 服务地址。
--graph_server_addrs=192.168.8.100:9669
# Nebula Graph 的登录用户名。
--user=root
# Nebula Graph 的登录密码。
--password=nebula
# 写回 Nebula Graph 时采用的模式: insert 和 update。
--mode=insert
# 写回到 Nebula Graph 的 Tag 名称。
--tag=pagerank
# 写回到 Nebula Graph 的 Tag 对应的属性名称。
--prop=pr
# 写回到 Nebula Graph 的 Tag 对应的属性的类型。
--type=double
# 写回时，每次写入的行数。
--write_batch_size=1000
# 写回失败的数据所存储的文件。
--err_file=/home/xxx/analytics/err.txt
```

b. 修改需要使用的算法脚本，例如 `run_pagerank.sh`，设置相关参数。

```
# 集群所有机器所运行的进程数之和，推荐每台机器为 1 或者 NUMA 架构的 node 数。
WNUM=3
# 每个进程的线程数，推荐最大设置为机器的硬件线程数。
WCORES=4
# 数据源路径
# 可以通过文件 nebula.conf 设置从 Nebula Graph 读取：
INPUT=${INPUT:="nebula:$PROJECT/scripts/nebula.conf"}
# 也可以通过本地或 HDFS 上的 CSV 文件读取：
# #INPUT=${INPUT:="$PROJECT/data/graph/v100_e2150_ua_c3.csv"}

# 图计算结果输出路径
# 可以输出至 Nebula Graph 集群，如果数据源也为 Nebula Graph，结果会输出至 nebula.conf 指定的图空间。
OUTPUT=${OUTPUT:="nebula:$PROJECT/scripts/nebula.conf"}
# 也可以输出至本地或 HDFS 上的 CSV 文件：
# OUTPUT=${OUTPUT:='hdfs://192.168.8.100:9000/_test/output'}

# true 为有向图，false 为无向图。
IS_DIRECTED=${IS_DIRECTED:=true}
# 是否进行 ID 编码
NEED_ENCODE=${NEED_ENCODE:=true}
# 数据源的点 ID 类型，例如：string、int32、int64。
VTYPE=${VTYPE:=int32}
# 编码类型。distributed 为分布式点ID编码，single 为单机点 ID 编码。
ENCODER=${ENCODER:="distributed"}
# PageRank 算法的参数。不同算法的参数不同。
EPS=${EPS:=0.0001}
DAMPING=${DAMPING:=0.85}
# 迭代次数
ITERATIONS=${ITERATIONS:=100}
```


2022 vesoft Inc.

- 数据源为本地或 HDFS 上的 CSV 文件

  修改需要使用的算法脚本，例如 `run_pagerank.sh`，设置相关参数。

```
# 集群所有机器所运行的进程数之和，推荐每台机器为 1 或者 NUMA 架构的 node 数。
WNUM=3
# 每个进程的线程数，推荐最大设置为机器的硬件线程数。
WCORES=4
# 数据源路径
# 可以通过文件 nebula.conf 设置从 Nebula Graph 读取：
# INPUT=${INPUT:="nebula:$PROJECT/scripts/nebula.conf"}
# 也可以通过本地或 HDFS 上的 CSV 文件读取：
INPUT=${INPUT:="$PROJECT/data/graph/v100_e2150_ua_c3.csv"}

# 图计算结果输出路径
# 可以输出至 Nebula Graph 集群，如果数据源也为 Nebula Graph，结果会输出至 nebula.conf 指定的图空间。
# OUTPUT=${OUTPUT:="nebula:$PROJECT/scripts/nebula.conf"}
# 也可以输出至本地或 HDFS 上的 CSV 文件：
OUTPUT=${OUTPUT:='hdfs://192.168.8.100:9000/_test/output'}

# true 为有向图，false 为无向图。
IS_DIRECTED=${IS_DIRECTED:=true}
# 是否进行 ID 编码
NEED_ENCODE=${NEED_ENCODE:=true}
# 数据源的点 ID 类型，例如：string、int32、int64。
VTYPE=${VTYPE:=int32}
# 编码类型。distributed 为分布式点ID编码，single 为单机点 ID 编码。
ENCODER=${ENCODER:="distributed"}
# PageRank 算法的参数。不同算法的参数不同。
EPS=${EPS:=0.0001}
DAMPING=${DAMPING:=0.85}
# 迭代次数
ITERATIONS=${ITERATIONS:=100}
```

3. 修改配置文件 `cluster`，设置执行算法的 Nebula Analytics 集群节点和任务分配权重。

```
# Nebula Analytics 集群节点 IP 地址:任务分配权重
192.168.8.200:1
192.168.8.201:1
192.168.8.202:1
```

4. 执行算法脚本。例如：

```
./run_pagerank.sh
```

5. 在输出路径查看计算结果。

- 输出至 Nebula Graph 集群，请根据 `nebula.conf` 的设置查看计算结果。
- 输出至 HDFS 上的 CSV 文件或本地 CSV 文件，请根据图计算脚本内的 `OUTPUT` 设置查看计算结果，计算结果为 `.gz` 格式的压缩文件。

最后更新: July 1, 2022

2022 vesoft Inc.

13.3 Dag Controller

Dag Controller 是一款任务编排调度工具，可以编排调度有向无环图（DAG）类型的作业，该作业由多个任务组成，且任务之间存在先后关系，组成一个有向无环图（DAG）。

Dag Controller 可以结合 Nebula Analytics 进行复杂的图计算。例如 Dag Controller 将算法调用请求发送给 Nebula Analytics ， Nebula Analytics 保存结果至 Nebula Graph 或 HDFS，Dag Controller 再将上次的计算结果作为下一个算法任务的输入创建新的任务。

本文介绍如何使用 Dag Controller。

> **Enterpriseonly**
>
> 仅企业版支持本功能。

13.3.1 前提条件

- 已部署 2.2.x 或以上版本的 HDFS。
- 已安装 1.8 版本的 JDK。

13.3.2 准备工作

不同的环境安装包和命令略有区别，本文的准备工作如下：

- 操作系统为 CentOS 7。
- 如果 Nebula Analytics 和 Dag Controller 分别部署在多台机器，请确保机器网络互通。
- 如果 Nebula Analytics 是分布式架构，请确保路径、端口等配置相同。

13.3.3 注意事项

- BFS、SSSP 算法需要对参数 `root` 做校验，只支持一个上游组件，且必须要指定行和列。存在多个文件时，随机取一个，找不到行、列或者文件时直接报错。
- 相似度算法，不限制上游组件的格式，但是需要指定列。存在多个文件时，随机叠加然后取前 N 条数据进行处理，指定了行和列、或者指定列不存在的话直接报错。

13.3.4 部署 Nebula Analytics

1. 安装 libatomic、psmisc。

```
$ sudo yum -y install libatomic psmisc
```

2. 安装 Nebula Analytics。

```
$ sudo rpm -ivh <analytics_package_name> --prefix <install_path>
$ sudo chown <user>:<user> -R <install path>
```

例如：

```
$ sudo rpm -ivh nebula-analytics-3.2.0-centos.x86_64.rpm --prefix=/home/vesoft/nebula-analytics
$ sudo chown vesoft:vesoft -R /home/vesoft/nebula-analytics
```

3. 配置 `set_env.sh` 文件，路径为 `nebula-analytics/scripts/set_env.sh` 。配置正确的 Hadoop 路径和 JDK 路径。如果有多台机器，请确保路径一致。

```
export HADOOP_HOME=<hadoop_path>
export JAVA_HOME=<java_path>
```


2022 vesoft Inc.

13.3.5 部署 Dag Controller

1. 配置 Dag Controller 机器 SSH 免密登录 Nebula Analytics 机器，以及 Nebula Analytics 集群内所有节点间的 SSH 相互免密登录。

   例如机器 A（Dag Controller）通过 SSH 免密登录至 Nebula Analytics 集群 B 中的机器 B-1。请在机器 A 上执行如下命令：

```
//执行后按提示生成密钥，默认按回车即可。
$ ssh-keygen -t rsa

//将机器 A 的公钥文件安装到机器 B-1 对应的用户下，即可从机器 A 免密登录机器 B-1。
$ ssh-copy-id -i ~/.ssh/id_rsa.pub <B_user>@<B_IP>
```

   按同样方法设置 A 免密登录机器 B-2、B-3 等，以及集群 B 内所有机器的互相免密登录。

2. 添加以下内容至 `~/.bash_profile` 文件内，执行 `source ~/.bash_profile` 使其生效。

```
eval $(ssh-agent)
ssh-add ~/.ssh/id_rsa
```

3. 安装 Dag Controller。

```
$ sudo rpm -ivh <analytics_package_name> --prefix <install_path>
$ sudo chown <user>:<user> -R <install path>
```

   例如：

```
$ sudo rpm -ivh dag-ctrl-3.2.0-centos.x86_64.rpm --prefix=/home/vesoft/dag-ctrl
$ sudo chown vesoft:vesoft -R /home/vesoft/dag-ctrl
```

4. 配置 `dag-ctrl-api.yaml` 文件，路径为 `dag-ctrl/etc/dag-ctrl-api.yaml` 。配置 Nebula Analytics 机器的用户名及端口，如果有多台机器，请确保使用相同用户名。

```
# Nebula Analytics 机器的用户名以及 SSH 端口。
SSH:
  UserName: vesoft
  Port: 22

#任务和作业的并行线程池大小。
JobPool:
  Sleep: 3    # 3 秒检查一次有没有未执行的作业。
  Size: 3    # 同时可以执行 3 个作业。
TaskPool:
  CheckStatusSleep: 1    # 1 秒检查一次任务状态。
  Size: 10    #同时可以执行 10 个任务。

Dag:
  VarDataListMaxSize: 100    # 如果读取 HDFS 的列，则限制为每次 100 条数据。
```

5. 配置 `tasks.yaml` 文件，路径为 `dag-ctrl/etc/tasks.yaml` 。配置算法文件的具体路径（ `exec_file` 参数），如果有多台机器，请确保路径一致。
6. 启动 Dag Controller。

```
$ cd <dag_ctrl_install_path>
$ ./scripts/start.sh
```

7. 查看 Dag Controller 的端口状态，确认是否启动成功。默认端口为 `9002` ，在 `dag-ctrl-api.yaml` 文件内设置。

```
$ netstat -aon | grep 9002
```

13.3.6 下一步

Nebula Analytics 和 Dag Controller 都配置并启动成功后，在 Nebula Explorer 上进行资源配置后即可进行复杂图计算。详情参见资源配置。

13.3.7 常见问题

HDFS 服务器无法连接时，任务状态一直为 `running` 怎么办？

为 HDFS 连接设置超时时间、次数，配置如下：

```
<configuration>
<property>
    <name>ipc.client.connect.timeout</name>
```


2022 vesoft Inc.

```
    <value>3000</value>
</property>

<property>
    <name>ipc.client.connect.max.retries.on.timeouts</name>
    <value>3</value>
</property>
</configuration>
```

任务运行失败，报错 `Err:dial unix: missing address` 怎么办？

修改 `dag-ctrl/etc/dag-ctrl-api.yaml` 配置文件，配置 SSH 的 `UserName` 。

任务运行失败，报错 `bash: /home/xxx/nebula-analytics/scripts/run_algo.sh: No such file or directory` 怎么办？

修改 `dag-ctrl/etc/tasks.yaml` 配置文件，配置算法执行路径 `exec_file` 。

任务运行失败，报错 `/lib64/libm.so.6: version 'GLIBC_2.29' not found (required by /home/vesoft/jdk-18.0.1/jre/lib/amd64/server/libjvm.so)` 怎么办？

由于 JDK18 版本太新，而操作系统版本太旧， `YUM` 无法下载 `GLIBC_2.29` ，可以安装 JDK1.8，请同步修改 `nebula-analytics/scripts/set_env.sh` 中的 JDK 地址。

任务运行失败，报错 `handshake failed: ssh: unable to authenticate, attempted methods [none publickey], no supported methods remain` 怎么办？

重新配置 `.ssh` 文件夹及 `.ssh/authorized_keys` 文件的权限， `.ssh` 文件夹权限为 `744` ， `.ssh/authorized_keys` 文件权限为 `600` 。

任务运行失败，报错 `There are 0 Nebula Analytics available. clusterSize should be less than or equal to it` 怎么办？

可能是因为如下原因：

- 未配置 Nebula Analytics。请按本文档配置 Nebula Analytics。
- 已配置 Nebula Analytics，但是无法与 Dag Controller 联通。例如 地址错误、未配置 SSH、两个服务的启动用户不一致（导致 SSH 登录失败）等。

任务运行失败，报错 `broadcast.hpp:193] Check failed: (size_t)recv_bytes >= sizeof(chunk_tail_t) recv message too small: 0` 怎么办？

任务要处理的数据量过小，但是配置的计算节点数与进程数太多。需要在提交作业时设置较小的 `clusterSize` 和 `processes` 。

最后更新: June 30, 2022

2022 vesoft Inc.

14. 附录

14.1 Nebula Graph 3.2.0 release notes

14.1.1 企业版

功能

- 增加 Elasticsearch 查询函数，支持向独立部署的 Elasticsearch 发送 GET 请求读取数据。
- 增加 extract() 函数。

优化

- 优化配置文件，增加部分配置。 #4310
- 增加优化规则，移除无用的 AppendVertices 操作符。 #4277
- 增加优化规则，优化边过滤的下推。 #4270
- 增加优化规则，优化点属性过滤的下推。 #4260
- 剔除点的预测过滤器。 #4249
- 减少连接操作的数据复制量。 #4283
- 通过下标获取属性值，减少属性查询的时间。 #4242
- 优化查询最短路径的性能。 #4071
- 优化查询子图的循环条件。 #4226
- 减少 Traverse 和 AppendVertices 操作符的数据复制量。 #4176
- 改善优化规则，去除无效的项目操作符。 #4157
- 使用 Arena Allocator 优化内存分配。 #4239

2022 vesoft Inc.

缺陷修复

- 修复 Web 服务在接收一些特殊攻击消息时崩溃的问题。 #4334
- 修复并发扫描属性时 Storage 服务崩溃的问题。 #4268
- 修复插入超过限制长度的边时 Storage 服务崩溃的问题。 #4305
- 修复启用查询并发模式时服务崩溃的问题。 #4288
- 修复查找具有 NULL 属性的索引时 Storage 服务崩溃的问题。 #4234
- 修复存算合并版 Nebula Graph 重启后守护进程退出的缺陷。 #4269
- 修复 GraphViz 在线工具由于两次 JSON 转换导致 Join 点格式的解释结果不正确的缺陷。 #4280
- 修复属性查找的缺陷，不允许在 Schema 中使用英文句号（.）。 #4194
- 修复恢复数据时机器丢失 key 的缺陷。 #4311
- 修复使用相同语句返回相同顶点不同属性时，结果显示 `BAD TYPE` 的缺陷。 #4151
- 修复无索引时，语句 `MATCH p=(:team)-->() RETURN p LIMIT 1` 的报错信息缺陷。 #4053
- 增强运算符 `AND` 和 `OR` 的报错信息。 #4304
- 修复索引条件下没有统计信息的缺陷。 #4353

14.1.2 历史版本

历史版本

最后更新: July 11, 2022

2022 vesoft Inc.

14.2 Nebula Graph 学习路径

本文介绍 Nebula Graph 学习路径，用户可以通过路径中的文档及视频由浅入深地学习图数据库 Nebula Graph。

14.2.1 1. 关于 Nebula Graph

1.1 什么是 Nebula Graph？

文档	视频	PPT
什么是 Nebula Graph	Nebula Graph 介绍、万亿级别的图数据库 Nebula Graph	Nebula Graph 3年回顾

1.2 图相关术语

视频
图世界的那些概念、术语
图数据库简述

1.3 数据模型

文档
数据模型

2022 vesoft Inc.

1.4 路径

文档	视频
路径	路径类型

1.5 产品架构

文档	视频
Meta 服务	-
Graph 服务	-
Storage 服务	-

14.2.2 2. 快速入门

2.1 安装 Nebula Graph

文档	视频
使用 RPM/DEB 包	-
使用 TAR 包	-
使用 Docker	-
使用源码	图数据库入门教程（零）通过编译源码来安装 Nebula Graph
-	如何选择部署方式？

2.2 启动 Nebula Graph

文档
启停 Nebula Graph

2.3 连接 Nebula Graph

文档
连接 Nebula Graph

2.4 使用 nGQL 命令

文档
nGQL 命令汇总

14.2.3 3. 进阶操作

3.1 部署多机集群

文档
使用 RPM/DEB 包部署 Nebula Graph 多机集群

2022 vesoft Inc.

3.2 升级集群版本

文档

升级 Nebula Graph

3.3 配置Nebula

文档

配置 Meta

配置 Graph

配置 Storage

配置 Linux 内核

3.4 配置日志

文档

日志配置

3.5 运维与管理

- 账号鉴权和授权

  文档

  本地身份验证

  OpenLDAP

  管理用户

  内置角色

- 平衡分片分布

  文档

  Storage 负载均衡

- 监控

  文档

  Nebula 指标

  RocksDB 统计数据

- 数据快照

  文档

  创建快照

- SSL 加密

  文档

  SSL 加密

2022 vesoft Inc.

3.6 性能调优

文档	视频
图建模	Nebula 高性能图 schema 设计
系统建模	-
Compaction 策略	-

2022 vesoft Inc.

3.7 周边工具

- 云

Cloud 版本	文档	视频
Azure 版	Nebula Graph Cloud Azure云版	-
阿里云版	Nebula Graph Cloud 阿里云版	Nebula Graph Cloud 阿里云版介绍

- 可视化

可视化工具	文档	视频
数据可视化	Nebula Studio	Nebula Studio 图探索功能和Nebula Studio 可视化建模
数据监控和运维	Nebula Dashboard 企业版和 Nebula Dashboard 社区版	可视化监控 Nebula Dashboard
数据分析	Nebula Explorer 企业版	可视化图探索 Nebula Explorer

- 数据导入与导出

导入与导出	文档	视频
数据导入	Nebula Importer	Nebula Importer
数据导入	Nebula Spark Connector	-
数据导入	Nebula Flink Connector	-
数据导入	Nebula Exchange 社区版	Nebula Graph 数据导入工具——Exchange、Exchange 导入 SST 数据
数据导出	Nebula Exchange 企业版	-

- 备份与恢复

文档	视频
Nebula BR	Nebula Graph 容灾备份工具 nebula-br

- 性能测试

文档
Nebula Bench

- 集群运维

文档	视频
Nebula Operator	Nebula Operator、 云原生的演进

- 图算法

文档	视频
Nebula Algorithm	Nebula Algorithm 介绍

2022 vesoft Inc.

- 客户端

  文档

  Nebula Console

  Nebula CPP

  Nebula Java

  Nebula Python

  Nebula Go

14.2.4 4. 高阶操作

文档

API & SDK

14.2.5 5. 最佳实践

文档 & 视频

LDBC 数据导入及 nGQL 实践

基于 Nebula Graph 的 Betweenness Centrality 算法

百亿级图数据在快手安全情报的应用与挑战

美团图数据库平台建设及业务实践

Akulaku 的智能风控实践

微信使用 Nebula Graph 的定制化开发

知乎使用 Nebula Graph 实践

Nebula Graph 在微众银行的数据治理业务的实践

图数据库在安全风控场景的应用 @BOSS 直聘

更多文档 、视频

14.2.6 6. 常见问题

文档

常见问题 FAQ

2022 vesoft Inc.

14.2.7 7. 实操作业

用户可以通过完成以下实操作业来检测是否玩转 Nebula Graph。

作业内容	参考
编译内核	使用源码安装 Nebula Graph
部署可视化工具 Studio、Dashboard、Explorer	部署 Studio、部署 Dashboard、部署 Explorer
使用 K6 压测 Nebula Graph	K6 在 Nebula Graph 上的压测实践
导入 LDBC 数据	LDBC 数据导入及 nGQL 实践
查询 LDBC 数据（点查、K度邻居查询、路径查询、子图查询）	LDBC 和 interactive-short-1.cypher

14.2.8 8. 通过 CI/CP 考试

图数据库 Nebula Graph 提供2个不同等级的图数据库技能认证考试：

- Nebula Graph Certified Insider (NGCI)：通过该考试证明用户对图数据库及 Nebula Graph 有基础的了解，是合格的 Nebula Graph 使用者。
- Nebula Graph Certified Professional (NGCP)：通过该考试证明用户对图数据库及 Nebula Graph 有深入的了解，是 Nebula Graph 专业人士。

考试用书《开源分布式图数据库 Nebula Graph 完全指南》

单击Nebula Graph 个人技能认证查看考试说明及入口。

最后更新: June 30, 2022

2022 vesoft Inc.

14.3 关于 License

License 是一种软件许可证，用以规定和限制用户使用软件的权利。在 Nebula Graph 内核及生态工具中，License 被用于限制企业版软件的使用权限。本文介绍需设置 License 的产品及 License 的相关信息。

14.3.1 Nebula Graph 企业版

Nebula Graph 企业版是一款高可用、高性能、可扩展的商业化软件。

部署 Nebula Graph 企业版时，用户需设置 Nebula Graph 企业版 License。更多信息，参见设置 Nebula Graph 企业版 License。

14.3.2 Nebula Dashboard 企业版

Nebula Dashboard 企业版是一款开箱即用的多集群可视化运维工具，支持可视化集群操作和多维度监控集群。

部署 Nebula Dashboard 企业版时，用户需设置 Nebula Dashboard 企业版 License。更多信息，参见 Nebula Dashboard 企业版 License。

14.3.3 Nebula Explorer 企业版

Nebula Explorer 企业版是一款通过 Web 访问的图探索可视化工具，搭配 Nebula Graph 内核使用，无需掌握图查询语言即可对大规模业务数据进行查找分析，分析结果直接可视化展示，可轻松快速挖掘数据的业务价值。

部署 Nebula Explorer 企业版时，用户需设置 Nebula Explorer 企业版 License。更多信息，参见 Nebula Explorer 企业版 License。

14.3.4 License 常见问题

Dashboard/Explorer/Nebula Graph 企业版的 License 一样吗？

不一样，Dashboard、Explorer、Nebula Graph 企业版的 License 相互独立，不可互用。

在 Nebula Graph 企业版的 License 使用有效期期间，将企业版 Meta 替换成社区版 Meta 后，可以和企业版的 Graph、Storage一起使用吗？

不可以，不支持企业版和社区版的 Nebula Graph 的混合部署。

Nebula Graph 企业版的 License 到期后，是否可以将 `data` 目录的数据替换至社区版的 Nebula Graph 中使用？

可以。企业版和社区版的数据可以通用。只有在都是社区版部署的服务中才可以正常使用替换后的数据。不支持企业版和社区版的混合部署，例如，不支持混合部署企业版的 Meta 服务和社区版的 Graph、Storage 服务。

License 过期前，是否有信息提示？License 过期后如何续期？

License 过期前，系统会发送过期提醒信息。

2022 vesoft Inc.

正式版的 License 和试用版的 License 的过期前的提醒时间不同。

- 正式版的 License 过期提醒：
- 过期前 30 天和过期当天，在启动服务时有过期提醒。
- 到期后有 14 天缓冲期。在缓冲期期间，有过期提示，用户能继续使用 Nebula Graph/Dashboard/Explorer。缓冲期结束后，服务会停机并无法启动。

- 试用版的 License 过期提醒：
- 过期前 7 天和过期当天，在启动服务时有过期提醒。
- 无缓冲期。License 到期后，无法启动服务。

License 过期后，请及时联系销售（inqury@vesoft.com）更换新的证书。

最后更新: June 9, 2022

2022 vesoft Inc.

14.4 常见问题 FAQ

本文列出了使用 Nebula Graph 3.2.0 时可能遇到的常见问题，用户可以使用文档中心或者浏览器的搜索功能查找相应问题。

如果按照文中的建议无法解决问题，请到 Nebula Graph 论坛 提问或提交 GitHub issue。

14.4.1 关于本手册

为什么手册示例和系统行为不一致？

Nebula Graph 一直在持续开发，功能或操作的行为可能会有变化，如果发现不一致，请提交 issue 通知 Nebula Graph 团队。

> **Note**
>
> 如果发现本文档中的错误：
>
> 1. 用户可以点击页面顶部右上角的"铅笔"图标进入编辑页面。
> 2. 使用 Markdown 修改文档。完成后点击页面底部的 "Commit changes"，这会触发一个 GitHub pull request。
> 3. 完成 CLA 签署，并且至少 2 位 reviewer 审核通过即可合并。

14.4.2 关于历史兼容性

> **版本兼容性**
>
> Nebula Graph 3.2.0 与 历史版本 （包括 Nebula Graph 1.x 和 2.x) 的数据格式、客户端通信协议均**双向不兼容**。 使用**老版本**客户端连接**新版本**服务端，会导致服务进程**退出**。 数据格式升级参见升级 Nebula Graph 历史版本至当前版本。 客户端与工具均需要下载对应版本。

14.4.3 关于执行报错

如何处理错误信息 `SemanticError: Missing yield clause.`

从 Nebula Graph 3.0.0 开始，查询语句 `LOOKUP` 、 `GO` 、 `FETCH` 必须用 `YIELD` 子句指定输出结果。详情请参见YIELD。

如何处理错误信息 `Host not enough!`

从 3.0.0 版本开始，在配置文件中添加的 Storage 节点无法直接读写，配置文件的作用仅仅是将 Storage 节点注册至 Meta 服务中。必须使用 `ADD HOSTS` 命令后，才能正常读写 Storage 节点。详情参见管理 Storage 主机。

如何处理错误信息 `To get the property of the vertex in 'v.age', should use the format 'var.tag.prop'`

从 3.0.0 版本开始， `pattern` 支持同时匹配多个 Tag，所以返回属性时，需要额外指定 Tag 名称。即从 `RETURN 变量名.属性名` 改为 `RETURN 变量名.Tag名.属性名` 。

2022 vesoft Inc.

如何处理错误信息 `Storage Error E_RPC_FAILURE`

报错原因通常为 Graph 服务向 Storage 服务请求了过多的数据，导致 Storage 服务超时。请尝试以下解决方案：

- 修改配置文件：在 `nebula-graphd.conf` 文件中修改 `--storage_client_timeout_ms` 参数的值，以增加 Storage client 的连接超时时间。该值的单位为毫秒（ms）。例如，设置 `--storage_client_timeout_ms=60000` 。如果 `nebula-graphd.conf` 文件中未配置该参数，请手动增加。提示：请在配置文件开头添加--local_config=true 再重启服务。
- 优化查询语句：减少全库扫描型的查询，无论是否用 `LIMIT` 限制了返回结果的数量；用 GO 语句改写 MATCH 语句（前者有优化，后者无优化）。
- 检查 Storaged 是否发生过 OOM。(`dmesg |grep nebula`)。
- 为 Storage 服务器提供性能更好的 SSD 或者内存。
- 重试请求。

如何处理错误信息 `The leader has changed. Try again later`

已知问题，通常需要重试 1-N 次 (N==partition 数量）。原因为 meta client 更新 leader 缓存需要 1-2 个心跳或者通过错误触发强制更新。

编译 Exchange、Connectors、Algorithm 时无法下载 SNAPSHOT 包

现象：编译时提示 `Could not find artifact com.vesoft:client:jar:xxx-SNAPSHOT` 。

原因：本地 maven 没有配置用于下载 SNAPSHOT 的仓库。maven 中默认的 central 仓库用于存放正式发布版本，而不是开发版本（SNAPSHOT）。

解决方案：在 maven 的 setting.xml文件的 `profiles` 作用域内中增加以下配置：

```
<profile>
   <activation>
      <activeByDefault>true</activeByDefault>
   </activation>
   <repositories>
      <repository>
          <id>snapshots</id>
          <url>https://oss.sonatype.org/content/repositories/snapshots/</url>
          <snapshots>
             <enabled>true</enabled>
          </snapshots>
    </repository>
   </repositories>
</profile>
```

如何处理错误信息 `[ERROR (-1004)]: SyntaxError: syntax error near` ？

大部分情况下，查询语句需要有 `YIELD` 或 `RETURN` ，请检查查询语句是否包含。

如何处理错误信息 `can’t solve the start vids from the sentence`

查询引擎需要知道从哪些 VID 开始图遍历。这些开始图遍历的 VID，或者通过用户指定，例如：

```
> GO FROM ${vids} ...
> MATCH (src) WHERE id(src) == ${vids}
# 开始图遍历的 VID 通过如上办法指定
```

或者通过一个属性索引来得到，例如：

```
# CREATE TAG INDEX IF NOT EXISTS i_player ON player(name(20));
# REBUILD TAG INDEX i_player;

> LOOKUP ON player WHERE player.name == "abc" | ... YIELD ...
> MATCH (src) WHERE src.name == "abc" ...
# 通过点属性 name 的索引，来得到 VID
```

否则，就会抛出这样一个异常 `can’t solve the start vids from the sentence` 。

2022 vesoft Inc.

如何处理错误信息 `Wrong vertex id type: 1001`

检查输入的 VID 类型是否是 `create space` 设置的 `INT64` 或 `FIXED_STRING(N)` 。详情请参见 create space。

如何处理错误信息 `The VID must be a 64-bit integer or a string fitting space vertex id length limit.`

检查输入的 VID 是否超过限制长度。详情请参见 create space。

如何处理错误信息 `edge conflict` 或 `vertex conflict`

Storage 服务在毫秒级时间内多次收到插入或者更新同一点或边的请求时，可能返回该错误。请稍后重试。

如何处理错误信息 `RPC failure in MetaClient: Connection refused`

报错原因通常为 metad 服务状态异常，或是 metad 和 graphd 服务所在机器网络不通。请尝试以下解决方案：

- 在 metad 所在服务器查看下 metad 服务状态，如果服务状态异常，可以重新启动 metad 服务。
- 在报错服务器下使用 `telnet meta-ip:port` 查看网络状态。
- 检查配置文件中的端口配置，如果端口号与连接时使用的不同，改用配置文件中的端口或者修改配置。

如何处理 `nebula-graph.INFO` 中错误日志 `StorageClientBase.inl:214] Request to "x.x.x.x":9779 failed: N6apache6thrift9transport19TTransportExceptionE: Timed Out`

报错原因可能是查询的数据量比较大，storaged 处理超时。请尝试以下解决方法：

- 导入数据时，手动 compaction，加速读的速度。
- 增加 Graph 服务与 Storage 服务的 RPC 连接超时时间，在 `nebula-storaged.conf` 文件里面修改 `--storage_client_timeout_ms` 参数的值。该值的单位为毫秒（ms），默认值为 60000 毫秒。

如何处理 `nebula-storaged.INFO` 中错误日志 `MetaClient.cpp:65] Heartbeat failed, status:Wrong cluster!` 或者 `nebula-metad.INFO` 含有错误日志 `HBProcessor.cpp:54] Reject wrong cluster host "x.x.x.x":9771!`

报错的原因可能是用户修改了 metad 的 ip 或者端口信息，或者 storage 之前加入过其他集群。请尝试以下解决方法：

用户到 storage 部署的机器所在的安装目录（默认安装目录为 `/usr/local/nebula` ）下面将 `cluster.id` 文件删除，然后重启 storaged 服务。

14.4.4 关于设计与功能

返回消息中 `time spent` 的含义是什么？

将命令 `SHOW SPACES` 返回的消息作为示例：

```
nebula> SHOW SPACES;
+--------------------+
| Name               |
+--------------------+
| "basketballplayer" |
+--------------------+
Got 1 rows (time spent 1235/1934 us)
```

- 第一个数字 `1235` 表示数据库本身执行该命令花费的时间，即查询引擎从客户端接收到一个查询，然后从存储服务器获取数据并执行一系列计算所花费的时间。
- 第二个数字 `1934` 表示从客户端角度看所花费的时间，即从客户端发送请求、接收结果，然后在屏幕上显示结果所花费的时间。

2022 vesoft Inc.

为什么在正常连接 Nebula Graph 后，`nebula-storaged` 进程的端口号一直显示红色？

`nebula-storaged` 进程的端口号的红色闪烁状态是因为 `nebula-storaged` 在启动流程中会等待 `nebula-metad` 添加当前 Storage 服务，当前 Storage 服务收到 Ready 信号后才会正式启动服务。从 3.0.0 版本开始，Meta 服务无法直接读写在配置文件中添加的 Storage 服务，配置文件的作用仅仅是将 Storage 服务注册至 Meta 服务中。用户必须使用 `ADD HOSTS` 命令后，才能使 Meta 服务正常读写 Storage 服务。更多信息，参见管理 Storage 主机。

为什么 Nebula Graph 的返回结果每行之间没有横线分隔了？

这是 Nebula Console 2.6.0 版本的变动造成的，不是 Nebula Graph 内核的变更，不影响返回数据本身的内容。

关于悬挂边

悬挂边 (Dangling edge) 是指一条边的起点或者终点在数据库中不存在。

Nebula Graph 3.2.0 的数据模型中，由于设计允许图中存在“悬挂边”；没有 openCypher 中的 MERGE 语句。 对于悬挂边的保证完全依赖应用层面。 详见 INSERT VERTEX, DELETE VERTEX, INSERT EDGE, DELETE EDGE。

可以在 `CREATE SPACE` 时设置 `replica_factor` 为偶数（例如设置为 2）吗？

不要这样设置。

Storage 服务使用 Raft 协议（多数表决），为保证可用性，要求出故障的副本数量不能达到一半。

当机器数量为 1 时，`replica_factor` 只能设置为 `1`。

当机器数量足够时，如果 `replica_factor=2`，当其中一个副本故障时，就会导致系统无法正常工作；如果 `replica_factor=4`，只能有一个副本可以出现故障，这和 `replica_factor=3` 是一样。以此类推，所以 `replica_factor` 设置为奇数即可。

建议在生产环境中设置 `replica_factor=3`，测试环境中设置 `replica_factor=1`，不要使用偶数。

是否支持停止或者中断慢查询

支持。

详情请参见终止查询。

使用 `GO` 和 `MATCH` 执行相同语义的查询，查询结果为什么不同？

原因可能有以下几种：

- `GO` 查询到了悬挂边。
- `RETURN` 命令未指定排序方式。
- 触发了 Storage 服务中 `max_edge_returned_per_vertex` 定义的稠密点截断限制。
- 路径的类型不同，导致查询结果可能会不同。
- `GO` 语句采用的是 `walk` 类型，遍历时点和边可以重复。
- `MATCH` 语句兼容 openCypher，采用的是 `trail` 类型，遍历时只有点可以重复，边不可以重复。

因路径类型不同导致查询结果不同的示例图和说明如下。

2022 vesoft Inc.

从点 A 开始查询距离 5 跳的点，都会查询到点 C（`A->B->C->D->E->C`），查询 6 跳的点时，`GO` 语句会查询到点 D（`A->B->C->D->E->C->D`），因为边 `C->D` 可以重复查询，而 `MATCH` 语句查询为空，因为边不可以重复。

所以使用 `GO` 和 `MATCH` 执行相同语义的查询，可能会出现 `MATCH` 语句的查询结果比 `GO` 语句少。

关于路径的详细说明，请参见维基百科。

如何统计每种 Tag 有多少个点，每个 Edge type 有多少条边？

请参见 show-stats。

如何获取每种 Tag 的所有点，或者每种 Edge type 的所有边？

1. 建立并重建索引。

```
> CREATE TAG INDEX IF NOT EXISTS i_player ON player();
> REBUILD TAG INDEX i_player;
```

2. 使用 `LOOKUP` 或 `MATCH` 语句。例如：

```
> LOOKUP ON player;
> MATCH (n:player) RETURN n;
```

更多详情请参见 INDEX、LOOKUP 和 MATCH。

如何在不指定 Tag/EdgeType 的情况下，获取所有的点和边？

nGQL 没有该功能。

你必须先指定 Tag/EdgeType，或者用 `LIMIT` 子句限制返回数量，才能获取对应类型的所有的点和边。

例如执行 `MATCH (n) RETURN (n)`. 会返回错误 `Scan vertices or edges need to specify a limit number, or limit number can not push down.`。

一个办法是使用 Nebula Algorithm.

或者指定各 Tag/Edge Type，然后再自己通过 `Union` 拼装。

能不能用中文字符做标识符，比如图空间、Tag、Edge type、属性、索引的名称？

能，详情参见关键字和保留字。

获取指定点的出度（或者入度）？

一个点的“出度”是指从该点出发的“边”的条数。入度，是指指向该点的边的条数。

2022 vesoft Inc.

```
nebula > MATCH (s)-[e]->() WHERE id(s) == "given" RETURN count(e); #出度
nebula > MATCH (s)<-[e]-() WHERE id(s) == "given" RETURN count(e); #入度
```

因为没有对出度和入度的进行特殊处理（例如索引或者缓存），这是一个较慢的操作。特别当遇到超级节点时，可能会发生OOM。

是否有办法快速获取“所有”点的出度和入度？

没有直接命令。

可以使用 Nebula Algorithm。

14.4.5 关于运维

运行日志文件过大时如何回收日志？

Nebula Graph 的运行日志默认在 `/usr/local/nebula/logs/` 下，正常 INFO 级别日志文件为 `nebula-graphd.INFO`，`nebula-storaged.INFO`，`nebula-metad.INFO`，报警和错误级别后缀为 `.WARNING` 和 `.ERROR`。

Nebula Graph 使用 glog 打印日志。glog 没有日志回收的功能，用户可以：

- 使用 crontab 设置定期任务回收日志文件，详情请参见 Glog should delete old log files automatically。
- 使用 logrotate 实现日志轮询。使用 logrotate 管理日志前需修改相应 Nebula Graph 服务的配置，将 `timestamp_in_logfile_name` 参数的值改成 `false`。

如何查看 Nebula Graph 版本

服务运行时：`nebula-console` 中执行命令 `SHOW HOSTS META`，详见 SHOW HOSTS

服务未运行时：在安装路径的 `bin` 目录内，执行 `./<binary_name> --version` 命令，可以查看到 version 和 GitHub 上的 commit ID，例如：

```
$ ./nebula-graphd --version
```

- Docker Compose 部署

  查看 Docker Compose 部署的 Nebula Graph 版本，方式和编译安装类似，只是要先进入容器内部，示例命令如下：

  ```
  docker exec -it nebula-docker-compose_graphd_1 bash
  cd bin/
  ./nebula-graphd --version
  ```

- RPM/DEB 包安装

  执行 `rpm -qa |grep nebula` 即可查看版本。

如何扩缩容（仅限企业版）

- 使用 Dashboard（企业版），在可视化页面对 graphd 和 storaged 进行快速扩缩容，详情参见集群操作-扩缩容。
- 使用 Nebula Operator 扩缩容集群，详情参见使用 Kubectl 部署 Nebula Graph 集群和使用 Helm 部署 Nebula Graph 集群。

2022 vesoft Inc.

Nebula Graph 3.2.0 未提供运维命令以实现自动扩缩容，参考以下步骤：

- metad 的扩容和缩容： metad 不支持自动扩缩容。

  Note

  用户可以使用脚本工具 迁移 meta 服务，但是需要自行修改 Graph 服务和 Storage 服务的配置文件中的 Meta 设置。

- graphd 的缩容： 将该 graphd 的 ip 从 client 的代码中移除，关闭该 graphd 进程。
- graphd 的扩容： 在新机器上准备 graphd 二进制文件和配置文件，在配置文件中修改或增加已在运行的 metad 地址，启动 graphd 进程。
- storaged 的缩容：（副本数都必须大于 1）详情参见缩容命令。完成后关闭 storaged 进程。
- storaged 的扩容：（副本数都必须大于 1） 在新机器上准备 storaged 二进制文件和配置文件，在配置文件中修改或增加已在运行的 metad 地址，然后注册 storaged 到 metad 并启动 storaged 进程。详情参见注册 Storage 服务。

  storaged 扩缩容之后，还需要运行 Balance Data 和 Balance Leader 命令。

修改 Host 名称后，旧的 Host 一直显示 `OFFLINE` 怎么办？

`OFFLINE` 状态的 Host 将在一天后自动删除。

14.4.6 关于连接

防火墙中需要开放哪些端口？

如果没有修改过配置文件 中预设的端口，请在防火墙中开放如下端口：

服务类型	端口
Meta	9559, 9560, 19559, 19560
Graph	9669, 19669, 19670
Storage	9777 ~ 9780, 19779, 19780

如果修改过配置文件中预设的端口，请找出实际使用的端口并在防火墙中开放它们。

周边工具各自使用不用的端口，请参考各工具文档。

如何测试端口是否已开放？

用户可以使用如下 telnet 命令检查端口状态：

```
telnet <ip> <port>
```

Note

如果无法使用 telnet 命令，请先检查主机中是否安装并启动了 telnet。

示例：

```
// 如果端口已开放：
$ telnet 192.168.1.10 9669
Trying 192.168.1.10...
Connected to 192.168.1.10.
Escape character is '^]'.
```


2022 vesoft Inc.

```
// 如果端口未开放：
$ telnet 192.168.1.10 9777
Trying 192.168.1.10...
telnet: connect to address 192.168.1.10: Connection refused
```

最后更新: June 29, 2022

2022 vesoft Inc.

14.5 导入工具选择

有多种方式可以写入 Nebula Graph 3.2.0：

- 使用命令行 -f 的方式导入：可以导入少量准备好的 nGQL 文件，适合少量手工测试数据准备；
- 使用 studio 导入：可以用过浏览器导入本机多个 csv 文件，格式有限制；
- 使用 importer 导入：导入单机多个 csv 文件，大小没有限制，格式灵活；数据量十亿级以内；
- 使用 Exchange 导入：从 Neo4j, Hive, MySQL 等多种源分布式导入，需要有 Spark 集群；数据量十亿级以上
- 使用 Spark-connector/Flink-connector 导入：有相应组件 (Spark/Flink)，撰写少量代码；
- 使用 C++/GO/Java/Python SDK：编写程序的方式导入，需要有一定编程和调优能力。

下图给出了几种方式的定位：

最后更新: April 2, 2022

2022 vesoft Inc.

14.6 如何贡献代码和文档

14.6.1 开始之前

GitHub 或社区提交问题

欢迎为项目贡献任何代码或文档，但是建议先在 GitHub 或社区上提交一个问题，和大家共同讨论。

签署贡献者许可协议（CLA）

什么是 CLA？

签署协议链接：vesoft inc. Contributor License Agreement

单击按钮 **Sign in with GitHub to agree** 签署协议。

如果有任何问题，请发送邮件至 `info@vesoft.com` 。

14.6.2 修改单篇文档

Nebula Graph 文档以 Markdown 语言编写。单击文档标题右侧的铅笔图标即可提交修改建议。

该方法仅适用于修改单篇文档。

14.6.3 批量修改或新增文件

该方法适用于贡献代码、批量修改多篇文档或者新增文档。

Step 1：通过 GitHub fork 仓库

Nebula Graph 项目有很多仓库，以 nebula 仓库为例：

1. 访问 github.com/vesoft-inc/nebula。
2. 在右上角单击按钮 `Fork` ，然后单击用户名，即可 fork 出 nebula 仓库。

Step 2：将分支克隆到本地

1. 定义本地工作目录。

```
# 定义工作目录。
working_dir=$HOME/Workspace
```

2. 将 `user` 设置为 GitHub 的用户名。

```
user={GitHub 用户名}
```

3. 克隆代码。

```
mkdir -p $working_dir
cd $working_dir
git clone https://github.com/$user/nebula.git
# 或：git clone git@github.com:$user/nebula.git

cd $working_dir/nebula
git remote add upstream https://github.com/vesoft-inc/nebula.git
# 或：git remote add upstream git@github.com:vesoft-inc/nebula.git

# 由于没有写访问权限，请勿推送至上游主分支。
git remote set-url --push upstream no_push

# 确认远程分支有效。
# 正确的格式为：
```


2022 vesoft Inc.

```
# origin    git@github.com:$(user)/nebula.git (fetch)
# origin    git@github.com:$(user)/nebula.git (push)
# upstream  https://github.com/vesoft-inc/nebula (fetch)
# upstream  no_push (push)
git remote -v
```

4. （可选）定义 pre-commit hook。

   请将 Nebula Graph 的 pre-commit hook 连接到 `.git` 目录。

   hook 将检查 commit，包括格式、构建、文档生成等。

```
cd $working_dir/nebula/.git/hooks
ln -s $working_dir/nebula/.linters/cpp/hooks/pre-commit.sh .
```

   pre-commit hook 有时候可能无法正常执行，用户必须手动执行。

```
cd $working_dir/nebula/.git/hooks
chmod +x pre-commit
```

Step 3：分支

1. 更新本地主分支。

```
cd $working_dir/nebula
git fetch upstream
git checkout master
git rebase upstream/master
```

2. 从主分支创建并切换分支：

```
git checkout -b myfeature
```

> **Note**
>
> 由于一个 PR 通常包含多个 commits，最终合入 upstream/master 分支时，我们会将这些 commits 挤压（squash）成一个 commit 进行合并。因此强烈建议创建一个独立的分支进行更改，这样在合入时才容易被挤压。合并后，这个分支可以被丢弃。如果未创建单独的分支，而是直接将 commits 提交至 origin/master，在合入时，可能会出现问题。 若未创建单独的分支（或是 origin/master 合并了其他的分支等），导致 origin/master 和 upstream/master 不一致时，用户可以使用 hard reset 强制两者进行一致。例如：
>
> ```
> git fetch upstream
> git checkout master
> git reset --hard upstream/master
> git push --force origin master
> ```

Step 4：开发

- 代码风格

2022 vesoft Inc.

Nebula Graph 采用 `cpplint` 来确保代码符合 Google 的代码风格指南。检查器将在提交代码之前执行。

- 单元测试要求

  请为新功能或 Bug 修复添加单元测试。

- 构建代码时开启单元测试

  详情请参见使用源码安装 Nebula Graph。

  > **Note**
  >
  > 请确保已设置 `-DENABLE_TESTING = ON` 启用构建单元测试。

- 运行所有单元测试

  在 `nebula` 根目录执行如下命令：

  ```
  cd nebula/build
  ctest -j$(nproc)
  ```

Step 5：保持分支同步

```
# 当处于 myfeature 分支时。
git fetch upstream
git rebase upstream/master
```

在其他贡献者将 PR 合并到基础分支之后，用户需要更新 head 分支。

Step 6：Commit

提交代码更改：

```
git commit -a
```

用户可以使用命令 `--amend` 重新编辑之前的代码。

Step 7：Push

需要审核或离线备份代码时，可以将本地仓库创建的分支 push 到 GitHub 的远程仓库。

```
git push origin myfeature
```

Step 8：创建 pull request

1. 访问 fork 出的仓库 `https://github.com/$user/nebula` （替换此处的用户名 `$user`)。
2. 单击 `myfeature` 分支旁的按钮 `Compare & pull request` 。

Step 9：代码审查

pull request 创建后，至少需要两人审查。审查人员将进行彻底的代码审查，以确保变更满足存储库的贡献准则和其他质量标准。

14.6.4 添加测试用例

添加测试用例的方法参见 How to add test cases。

2022 vesoft Inc.

14.6.5 捐赠项目

Step 1：确认项目捐赠

通过邮件、微信、Slack 等方式联络 Nebula Graph 官方人员，确认捐赠项目一事。项目将被捐赠至 Nebula Contrib 组织下。

- 邮件地址：info@vesoft.com
- 微信：NebulaGraphbot
- Slack：Join Slack

Step 2：获取项目接收人信息

由 Nebula Graph 官方人员给出 Nebula Contrib 的项目接收者 ID。

Step 3：捐赠项目

由您将项目转移至本次捐赠的项目接受人，并由项目接收者将该项目转移至 Nebula Contrib 组织下。捐赠后，您将以 Maintain 角色继续主导社区项目的发展。

GitHub 上转移仓库的操作，请参见 Transferring a repository owned by your user account。

最后更新: March 7, 2022

2022 vesoft Inc.

14.7 Nebula Graph 年表

1. 2018.9.5 由 @dutor 提交了第一行代码。

2. 2019.5 发布了 v0.1.0 alpha 版本, 并开源。

2022 vesoft Inc.

此后一年内陆续发布 v1.0.0-beta, v1.0.0-rc1, v1.0.0-rc2, v1.0.0-rc3, v1.0.0-rc4

2022 vesoft Inc.

Pre-release

v0.1.0

b0d817f

Compare

Nebula Graph v0.1.0

darionyaphet released this on May 14, 2019 · 1075 commits to master since this release

This is the first release of *Nebula Graph*, a brand new, fast and distributed graph database.

Available Features

- Physical data isolation with Graph Space
- Strongly typed schema support
- Vertices and edges insertion
- Graph traversal(the `GO` statement)
- Variable definition and reference
- Piping query result between statements
- Client API in C++, Golang and Java

Features Coming Soon

- Raft support
- Query based on secondary index(the `LOOKUP` statement)
- Sub-graph retrieval(the `MATCH` statement)
- User defined function call
- User management

Try Out

A Docker image is available for trial purpose. You can get it by following the guide here.

Assets 2

Source code (zip)

Source code (tar.gz)

3. 2019.7 在 HBaseCon 第一次公开亮相[1]@dangleptr

2022 vesoft Inc.

4. 2020.3 在 v1.0 开发的收尾阶段，启动了 v2.0 项目的研发
5. 2020.6 发布了第一个正式大版本 v1.0.0 GA

2022 vesoft Inc.

v1.0.0
06a5db4
Verified
Compare

V1.0.0 GA

jude-zhu released this on Jun 10, 2020 · 146 commits to master since this release

Basic Features

- Online DDL & DML. Support updating schemas and data without stopping or affecting your ongoing operations.
- Graph traversal. `GO` statement supports forward/reverse and bidirectional graph traversal. `GO minHops TO maxHops` is supported to get variable hops relationships.
- Aggregate. Support aggregation functions such as `GROUP BY`, `ORDER BY`, and `LIMIT`.
- Composite query. Support composite clauses: `UNION`, `UNION DISTINCT`, `INTERSECT`, and `MINUS`.
- PIPE statements. The result yielded from the previous statement could be piped to the next statement as input.
- Use defined variables. Support user-defined variables to pass the result of a query to another.
- Index. Both the single-property index and composite index are supported to make searches of related data more efficient. `LOOKUP ON` statement is to query on the index.

Advanced Features

- Privilege Management. Support user authentication and role-based access control. Nebula Graph can easily integrate with third-party authentication systems. There are five built-in roles in Nebula Graph: `GOD`, `ADMIN`, `DBA`, `USER`, and `GUEST`. Each role has its corresponding privileges.
- Support Reservoir Sampling, which will retrieve k elements randomly for the sampling of the supernode at the complexity of `O(n)`.
- Cluster snapshot. Support creating snapshots for the cluster as an online backup strategy.
- TTL. Support TTL to expire items after a certain amount of time automatically.
- Operation & Maintenance
  - Scale in/out. Support online scale in/out and load balance for storage
  - `HOSTS` clause to manage storage hosts
  - `CONFIGS` clause to manage configuration options
- Job Manager & Scheduler. A tool for job managing and scheduling. Currently, `COMPACT` and `FLUSH` jobs are supported.
- Graph Algorithms. Support finding the full path and the shortest path between vertices.
- Provide OLAP interfaces to integrate with third-party graph analytics platforms.
- Support multiple character sets and collations. The default `CHARSET` and `COLLATE` are `utf8` and `utf8_bin`.

Clients

- Java Client. Support source code building and downloading from the MVN repository, see Java Client for more details.
- Python Client. Support source code building and installation with pip, see Python Client for more details.
- Golang Client. Install the client with the command `go get -u -v github.com/vesoft-inc/nebula-go`, see Go Client for more details.

Nebula Graph Studio

A graphical user interface for working with Nebula Graph. Support querying, designing schema, data loading, and graph exploring. See Nebula Graph Studio for more details.

6. 2021.3 发布了第二个大版本 v2.0 GA

2022 vesoft Inc.

v2.0.0
91639db
Verified
Compare

Nebula Graph v2.0 GA

jude-zhu released this on Mar 23

New Features

- `vertexID` supports both `Integer` and `String`.
- New data types:
  - NULL: the property can be set to `NULL`. `NOT NULL` constraint is also supported
  - Composite types: LIST, SET, and MAP(Cannot be set as property types)
  - Temporal types: DATE and DATETIME.
  - FIXED_STRING: a fixed size `String`
- Full-text indexes are supported to do prefix, wildcard, regex, and fuzzy search on a string property.
- Explain & Profile outputs the execution plan of an nGQL statement and execution profile.
- Subgraph to retrieve vertices and edges reachable from the start vertices.
- Support to collect statistics of the graph space.
- OpenCypher compatibility
  - Partially support the `MATCH` clause
  - Support `RETURN`, `WITH`, `UNWIND`, `LIMIT` & `SKIP` clauses
- More built-in functions
  - Predicate functions
  - Scalar functions
  - List functions
  - Aggregating functions
  - Mathematical functions
  - String functions
  - Temporal functions

Improvements

- Optimize the performance of inserting, updating, and deleting data with indexes.
- `LOOKUP ON` filtering data supports `OR` and `AND` operators.
- `FIND PATH` supports finding paths with or without regard to direction, and also supports excluding cycles in paths.
- `SHOW HOSTS graph/meta/storage` supports to retrieve the basic information of graphd/metad/storaged hosts.

Changelog

- The data type of `vertexID` must be specified when creating a graph space.
- `FETCH PROP ON` returns a composite object if not specify the result set.
- Changed the default port numbers of `metad`, `graphd`, and `storaged`.
- Refactor metrics counters.

Nebula-graph Console

Supports local commands mode. `:set csv` outputs the query results to the console and the specified CSV file. For more information, please refer to https://github.com/vesoft-inc/nebula-console.

Clients

Support connection pool and load balance.

- cpp client https://github.com/vesoft-inc/nebula-cpp
- java client https://github.com/vesoft-inc/nebula-java
- python client https://github.com/vesoft-inc/nebula-python
- go client https://github.com/vesoft-inc/nebula-go

Nebula Graph Studio

With Studio, you can create a graph schema, load data, execute nGQL statements, and explore graphs in one stop. For more information, please refer to https://github.com/vesoft-inc/nebula-web-docker.

Known Issues

- #860

7. 2021.8 发布 v2.5.0
8. 2021.10 发布 v2.6.0
9. 2022.2 发布 v3.0.0
10. 2022.4 发布 v3.1.0

---

1. Nebula Graph 1.x 版本支持 RocksDB 和 HBase 两种主要的后端，但在 Nebula Graph 2.x 版本取消了默认对 HBase 的支持。 ↩

最后更新: May 13, 2022

2022 vesoft Inc.

14.8 思维导图

以下给出 Nebula Graph 结构框架的思维导图，用户可以点击 并查看大图。

2022 vesoft Inc.

以下给出 nGQL 的思维导图，用户可以点击 并查看大图。

2022 vesoft Inc.

2022 vesoft Inc.

最后更新: March 23, 2022

2022 vesoft Inc.

14.9 错误码

Nebula Graph 运行出现问题时，会返回错误码。本文介绍错误码的详细信息。

2022 vesoft Inc.

Note

- 如果出现错误但没有返回错误码，或错误码描述不清，请在论坛或 GitHub 反馈。
- 返回 `0` 表示执行成功。

2022 vesoft Inc.

错误码	说明
`-1`	连接断开
`-2`	无法建立连接
`-3`	RPC 失败
`-4`	Raft leader 变更
`-5`	图空间不存在
`-6`	Tag 不存在
`-7`	Edge type不存在
`-8`	索引不存在
`-9`	边属性不存在
`-10`	Tag 属性不存在
`-11`	当前角色不存在
`-12`	当前配置不存在
`-13`	当前主机不存在
`-15`	listener 不存在
`-16`	当前分区不存在
`-17`	key 不存在
`-18`	用户不存在
`-19`	统计信息不存在
`-20`	没有找到当前服务
`-21`	drainer 不存在
`-22`	drainer 客户端不存在
`-24`	备份失败
`-25`	备份的表为空
`-26`	备份表失败
`-27`	multiget 无法获得所有数据
`-28`	重建索引失败
`-29`	密码无效
`-30`	无法获得绝对路径
`-1001`	身份验证失败
`-1002`	无效会话
`-1003`	会话超时
`-1004`	语法错误
`-1005`	执行错误
`-1006`	语句为空

2022 vesoft Inc.

错误码	说明
-1008	权限不足
-1009	语义错误
-1010	超出最大连接数
-1011	访问存储失败（仅有部分请求成功）
-2001	主机不存在
-2002	主机已经存在
-2003	无效主机
-2004	当前命令、语句、功能不支持
-2007	配置项不能改变
-2008	参数与 meta 数据冲突
-2009	无效的参数
-2010	错误的集群
-2011	listener 冲突
-2021	存储数据失败
-2022	存储段非法
-2023	无效的数据均衡计划
-2024	集群已经处于数据均衡状态
-2025	没有正在运行的数据均衡计划
-2026	缺少有效的主机
-2027	已经损坏的数据均衡计划
-2029	缺少有效的 drainer
-2030	回收用户角色失败
-2031	无效的分区数量
-2032	无效的副本因子
-2033	无效的字符集
-2034	无效的字符排序规则
-2035	字符集和字符排序规则不匹配
-2040	生成快照失败
-2041	写入块数据失败
-2044	增加新的任务失败
-2045	停止任务失败
-2046	保存任务信息失败
-2047	数据均衡失败
-2048	当前任务还没有完成

2022 vesoft Inc.

错误码	说明
-2049	任务报表失效
-2050	当前任务不在图空间内
-2051	当前任务需要恢复
-2065	无效的任务
-2066	备份终止（正在创建索引）
-2067	备份时图空间不存在
-2068	备份恢复失败
-2069	会话不存在
-2070	获取集群信息失败
-2071	获取集群信息时无法获取绝对路径
-2072	获取集群信息时无法获得 agent
-2073	query 未找到
-2074	agent 没有汇报心跳
-2080	无效变量
-2081	变量值和类型不匹配
-3001	选举时无法达成共识
-3002	key 已经存在
-3003	数据类型不匹配
-3004	无效的字段值
-3005	无效的操作
-3006	当前值不允许为空
-3007	字段非空或者没有默认值时，字段值必须设置
-3008	取值超出了当前类型的范围
-3010	数据冲突
-3011	写入被延迟
-3021	不正确的数据类型
-3022	VID 长度无效
-3031	无效的过滤器
-3032	无效的字段更新
-3033	无效的 KV 存储
-3034	peer 无效
-3035	重试次数耗光
-3036	leader 转换失败
-3037	无效的统计类型

2022 vesoft Inc.

错误码	说明
`-3038`	VID 无效
`-3040`	加载元信息失败
`-3041`	生成 checkpoint 失败
`-3042`	生成 checkpoint 被阻塞
`-3043`	数据被过滤
`-3044`	无效的数据
`-3045`	并发写入同一条边发生冲突
`-3046`	并发写入同一个点发生冲突
`-3047`	锁已经失效
`-3051`	无效的任务参数
`-3052`	用户取消了任务
`-3053`	任务执行失败
`-3060`	执行计划被清除
`-3061`	客户端和服务端版本不兼容
`-3062`	获取 ID 序号失败
`-3070`	收到请求时心跳流程未完成
`-3071`	收到旧 leader 的过时心跳（已选举出新的 leader）
`-3073`	并发写入时与后到的请求发生冲突
`-3500`	未知的分区
`-3501`	raft 日志落后
`-3502`	raft 日志过期
`-3503`	心跳信息已经过期
`-3504`	未知的追加日志
`-3511`	等待快照完成
`-3512`	发送快照过程出错
`-3513`	无效的接收端
`-3514`	Raft 没有启动
`-3515`	Raft 已经停止
`-3516`	错误的角色
`-3521`	写入 WAL 失败
`-3522`	主机已经停止
`-3523`	请求数量过多
`-3524`	持久化快照失败
`-3525`	RPC 异常

2022 vesoft Inc.

错误码	说明
-3526	没有发现 WAL 日志
-3527	主机暂停
-3528	写入被堵塞
-3529	缓存溢出
-3530	原子操作失败
-3531	leader 租约过期
-3532	Raft 已经同步数据
-4001	drainer 日志落后
-4002	drainer 日志过期
-4003	drainer 数据存储无效
-4004	图空间不匹配
-4005	分区不匹配
-4006	数据冲突
-4007	请求冲突
-4008	数据非法
-5001	缓存配置错误
-5002	空间不足
-5003	没有命中缓存
-5005	写缓存失败
-7001	机器节点数超出限制
-7002	解析证书失败
-8000	未知错误

最后更新: April 22, 2022

2022 vesoft Inc.

https://docs.nebula-graph.com.cn/3.2.0

2022 vesoft Inc.