Nebula Graph Database 手册

2.5.0

吴敏，周瑶，梁振亚，杨怡璇

2021 Vesoft Inc.

Table of contents

1. 欢迎阅读Nebula Graph 2.5.0 文档 4
1.1 快速开始 4
1.2 其他资料 4
1.3 图例说明 4
2. 简介 6
2.1 什么是Nebula Graph 6
2.2 数据模型 9
2.3 路径 11
2.4 点VID 13
2.5 服务架构 14
3. 快速入门 30
3.1 快速入门 30
3.2 步骤2：启动Nebula Graph服务 32
3.3 步骤3：连接Nebula Graph 35
3.4 步骤4：使用常用nGQL（CRUD命令） 38
4. nGQL指南 48
4.1 nGQL概述 48
4.2 数据类型 63
4.3 变量和复合查询 80
4.4 运算符 85
4.5 函数和表达式 98
4.6 通用查询语句 120
4.7 子句和选项 158
4.8 图空间语句 179
4.9 Tag语句 185
4.10 Edge type语句 191
4.11 点语句 197
4.12 边语句 204
4.13 原生索引 211
4.14 全文索引 222
4.15 子图和路径 230
4.16 查询调优 237
4.17 运维 240

2021 Vesoft Inc.

5. 安装部署 245
5.1 准备编译、安装和运行Nebula Graph的环境 245
5.2 编译与安装 252
5.3 管理Nebula Graph服务 268
5.4 升级版本 271
5.5 卸载Nebula Graph 278
6. 配置与日志 280
6.1 配置 280
6.2 日志 294
7. 监控 296
7.1 查询Nebula Graph监控指标 296
8. 数据安全 298
8.1 验证和授权 298
8.2 管理快照 303
9. 服务调优 305
9.1 Compaction 305
9.2 Storage负载均衡 307
9.3 图建模设计 311
9.4 系统设计建议 314
9.5 执行计划 315
9.6 超级顶点（稠密点）处理 316
10. Nebula Graph Dashboard 318
10.1 什么是Nebula Graph Dashboard 318
10.2 部署Dashboard 319
10.3 连接Dashboard 322
10.4 Dashboard页面介绍 323
10.5 监控指标说明 327
11. 附录 330
11.1 常见问题 FAQ 330
11.2 生态工具概览 336
11.3 导入工具选择 339
11.4 如何贡献代码和文档 340

2021 Vesoft Inc.

1. 欢迎阅读Nebula Graph 2.5.0 文档

> **本文档更新时间2021-7-26, GitHub commit 441fc4e6。**

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。

1.1 快速开始

- 简介
- 快速开始
- FAQ
- 生态工具

1.2 其他资料

- 主页
- 书PDF
- 论坛
- 视频
- English

1.3 图例说明

> **Note**
>
> 额外的信息或者操作相关的提醒等。

> **Caution**
>
> 需要严格遵守的注意事项。不遵守caution可能导致系统故障、数据丢失、安全问题等。

> **Danger**
>
> 会引发危险的事项。不遵守danger必定会导致系统故障、数据丢失、安全问题等。

> **Performance**
>
> 性能调优时需要注意的事项。

> **Faq**
>
> 常见问题。

2021 Vesoft Inc.

Compatibility

nGQL与openCypher的兼容性或nGQL当前版本与历史版本的兼容性。

Enterpriseonly

描述社区版和企业版的差异。

最后更新: 2021年7月19日

2021 Vesoft Inc.

2. 简介

2.1 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。

2.1.1 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。

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。

2.1.2 Nebula Graph的优势

开源

Nebula Graph是在Apache 2.0和Commons Clause 1.0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。

2021 Vesoft Inc.

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。

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 Graph Studio、Nebula Console、Nebula Exchange等。

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，也称为nGQL，是一种声明性的、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。

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。

2.1.3 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。

2021 Vesoft Inc.

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。

2.1.4 相关链接

- 官方网站
- 文档首页
- 博客首页
- 论坛
- GitHub

2.1.5 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）

最后更新: 2021年7月19日

2021 Vesoft Inc.

2.2 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。

2.2.1 数据结构

Nebula Graph数据模型使用6种基本的数据结构：

- 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)。
  - 点必须有至少一个Tag，也可以有多个Tag。但不能没有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。其为int64, 默认为0。

- 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（Properties）

  属性是指以键值对（Key-value pair）形式存储的信息。

> **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。

2.2.2 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。

2021 Vesoft Inc.

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 2.5.0 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: 2021年7月2日

2021 Vesoft Inc.

2.3 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。

2.3.1 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。

2.3.2 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。

2021 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`。

2.3.3 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`。

2.3.4 视频

用户也可以观看视频了解Path的相关概念。

Nebula Algorithm（03分09秒）

最后更新: 2021年7月6日

2021 Vesoft Inc.

2.4 点VID

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

2.4.1 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。

2.4.2 VID使用建议

- Nebula Graph 1.x只支持VID类型为 `INT64` ，2.x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（ `|` ）。

2.4.3 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，发生碰撞的概率大约是1/10。边的数量与碰撞的概率无关。

2.4.4 定义和修改VID的数据类型

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。

最后更新: 2021年7月21日

2021 Vesoft Inc.

2.5 服务架构

2.5.1 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。

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。

2021 Vesoft Inc.

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。如果使用 Nebula Graph Cloud，可以进一步节约前期成本。

- 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: 2021年7月12日

2021 Vesoft Inc.

2.5.2 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 的介绍见附录。

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。

2021 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。

管理基于TTL的数据回收

Meta 服务提供基于 TTL(Time To Live) 的自动数据回收和空间回收。

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: 2021年7月12日

2021 Vesoft Inc.

2.5.3 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**：语义分析模块。
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 like.likeness > 8.0 YIELD like._dst` 语句转换的 AST 如下。

2021 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 like._dst AS ID; GO FROM $var.ID OVER serve YIELD serve._dst`，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 like._dst, like.likeness, serve._dst`，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 like._dst, like.likeness, serve._dst`。

- 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 like._dst AS ID | GO FROM $-.ID OVER serve YIELD serve._dst`，Validator 模块会校验 `$-.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。

2021 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。

> **Note**
>
> Nebula Graph 2.5.0 默认没有打开优化。

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。

2021 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 2.0 Query Engine（33分30秒）

最后更新: 2021年7月13日

2021 Vesoft Inc.

2.5.4 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。

2021 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。

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。

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。

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。

2021 Vesoft Inc.

由于Nebula Graph 2.0的数据存储格式在1.x的基础上做了修改，下文将在介绍数据存储格式时同时介绍不同版本的差异。

- 点数据存储格式

字段	说明
`Type`	key类型。长度为1个字节。
`PartID`	数据分片编号。长度为3个字节。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个字节；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个字节。

- 边数据存储格式

字段	说明
`Type`	key类型。长度为1个字节。
`PartID`	数据分片编号。长度为3个字节。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个字节。
`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个字节，
`PlaceHolder`	占位符，预留给TOSS（Transaction On Storage Side）功能使用。长度为1个字节。

2021 Vesoft Inc.

历史版本兼容性

2.0和1.x的差异如下：

- 1.x中，点和边的 `Type` 值相同，而在2.0中进行了区分，即在物理上分离了点和边，方便快速查询某个点的所有Tag。
- 1.x中， `VertexID` 仅支持int类型，而在2.0中新增了string类型。
- 2.0中取消了1.x中的保留字段 `Timestamp` 。
- 2.0中边数据新增字段 `PlaceHolder` 。
- 2.0中修改了索引的格式，以便支持范围查询。

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

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。

2021 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4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。Key的字段有Type、PartID（x），VID（Src）和TagID。SerializedValue即Value，是序列化的点属性。
- 点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。Key的字段有Type、PartID（y），VID（Dst）和TagID。SerializedValue即Value，是序列化的点属性。
- 点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。

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。

点和边分布在不同的分片，分片分布在不同的机器。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;
```


2021 Vesoft Inc.

```
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。

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。

Listener：这是一种特殊的 Raft 角色，并不参与投票，也不能用于多副本的数据一致性。在Nebula Graph中，其作用是从 Leader 读取 Raft-wal，并向ElasticSearch集群同步。

2021 Vesoft Inc.

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。

LISTENER 角色

Listener 角色的存在主要是为了应对**扩容**，扩容时新增的机器需要很长时间去同步数据，如果以 follower 角色同步数据，会导致整个集群的高可用性下降。

新增Listener角色后，会写入command类型的WAL，leader在写WAL时如果发现有 `add learner` 的command，会将learner加入自己的peers，并将它标记为Listener，在统计多数派的时候，不会算上Listener，但是日志还是会照常发送给它们，Listener本身也不会主动发起选举。

Raft listener进程还可以从Leader获取数据后，然后将它们写入Elasticsearch集群，以便实现全文搜索。详情请参见部署Raft Listener。

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。

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。

2021 Vesoft Inc.

视频

用户也可以通过视频全方位了解 Nebula Graph 的存储设计。

- nMeetup·上海 | Storage in Nebula Graph 2.0（24分29秒）

最后更新: 2021年7月22日

2021 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。其它部署方式及相应的准备工作请参见安装部署。

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. 使用常用nGQL（CRUD命令）

   连接到Nebula Graph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

- 听吴博士聊Nebula Graph（37分40秒）

- 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）

2.0 入门系列

- Nebula Graph Studio图探索（03分23秒）

- Nebula Exchange（03分08秒）

- Nebula Algorithm（02分36秒）

2021 Vesoft Inc.

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）

其它视频

更多Nebula Graph场景分享、操作解说等视频请访问Bilibili空间。

最后更新: 2021年7月23日

2021 Vesoft Inc.

3.2 步骤2：启动Nebula Graph服务

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

`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。

3.2.1 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。

3.2.2 启动Nebula Graph服务

非容器部署

对于使用RPM或DEB文件安装的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
```

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
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
```


2021 Vesoft Inc.

3.2.3 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

对于使用Docker Compose安装的Nebula Graph，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
```

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。

3.2.4 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：

```
$ 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: Running as 26601, Listening on 9559
  [INFO] nebula-graphd: Running as 26644, Listening on 9669
  [INFO] nebula-storaged: Running as 26709, Listening on 9779
  ```

- 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
  ```


2021 Vesoft Inc.

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
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
nebula-docker-compose_graphd1_1     /usr/local/nebula/bin/nebu ...   Up (healthy)   0.0.0.0:49223->19669/tcp, 0.0.0.0:49222->19670/tcp, 0.0.0.0:49224->9669/tcp
nebula-docker-compose_graphd2_1     /usr/local/nebula/bin/nebu ...   Up (healthy)   0.0.0.0:49229->19669/tcp, 0.0.0.0:49228->19670/tcp, 0.0.0.0:49230->9669/tcp
nebula-docker-compose_graphd_1      /usr/local/nebula/bin/nebu ...   Up (healthy)   0.0.0.0:49221->19669/tcp, 0.0.0.0:49220->19670/tcp, 0.0.0.0:9669->9669/tcp
nebula-docker-compose_metad0_1      ./bin/nebula-metad --flagf ...   Up (healthy)   0.0.0.0:49212->19559/tcp, 0.0.0.0:49211->19560/tcp, 0.0.0.0:49213->9559/tcp,
                                                                                    9560/tcp
nebula-docker-compose_metad1_1      ./bin/nebula-metad --flagf ...   Up (healthy)   0.0.0.0:49209->19559/tcp, 0.0.0.0:49208->19560/tcp, 0.0.0.0:49210->9559/tcp,
                                                                                    9560/tcp
nebula-docker-compose_metad2_1      ./bin/nebula-metad --flagf ...   Up (healthy)   0.0.0.0:49206->19559/tcp, 0.0.0.0:49205->19560/tcp, 0.0.0.0:49207->9559/tcp,
                                                                                    9560/tcp
nebula-docker-compose_storaged0_1   ./bin/nebula-storaged --fl ...   Up (healthy)   0.0.0.0:49218->19779/tcp, 0.0.0.0:49217->19780/tcp, 9777/tcp, 9778/tcp,
                                                                                    0.0.0.0:49219->9779/tcp, 9780/tcp
nebula-docker-compose_storaged1_1   ./bin/nebula-storaged --fl ...   Up (healthy)   0.0.0.0:49215->19779/tcp, 0.0.0.0:49214->19780/tcp, 9777/tcp, 9778/tcp,
                                                                                     0.0.0.0:49216->9779/tcp, 9780/tcp
nebula-docker-compose_storaged2_1   ./bin/nebula-storaged --fl ...   Up (healthy)   0.0.0.0:49226->19779/tcp, 0.0.0.0:49225->19780/tcp, 9777/tcp, 9778/tcp,
                                                                                    0.0.0.0:49227->9779/tcp, 9780/tcp
```

如果服务有异常，用户可以先确认异常的容器名称（例如 `nebula-docker-compose_graphd2_1`），然后执行 `docker ps` 查看对应的 `CONTAINER ID`(示例为 `2a6c56c405f5`)，最后登录容器排查问题。

```
nebula-docker-compose]$ docker ps
CONTAINER ID   IMAGE                                COMMAND                  CREATED          STATUS
PORTS                                                                                                                                   NAMES
2a6c56c405f5   vesoft/nebula-graphd:v2-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:v2-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:v2-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:v2-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:v2-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:v2-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:v2-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:v2-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:v2-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

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

3.2.5 下一步

连接Nebula Graph

最后更新: 2021年7月23日

2021 Vesoft Inc.

3.3 步骤3：连接Nebula Graph

Nebula Graph支持多种类型客户端，包括CLI客户端、GUI客户端和流行编程语言开发的客户端。本文将概述Nebula Graph客户端，并介绍如何使用原生CLI客户端Nebula Console。

3.3.1 Nebula Graph客户端

用户可以使用已支持的客户端或者命令行工具来连接Nebula Graph数据库。

3.3.2 使用Nebula Console连接Nebula Graph

前提条件

- Nebula Graph服务已启动。如何启动服务，请参见启动和停止Nebula Graph服务。
- 运行Nebula Console的机器和运行Nebula Graph的服务器网络互通。

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。

2021 Vesoft Inc.

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。
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`	显示帮助菜单。
`-addr`	设置要连接的graphd服务的IP地址。默认地址为127.0.0.1。
`-port`	设置要连接的graphd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。

用户可以使用 `./nebula-console --help` 命令获取所有参数的说明，也可以在项目仓库找到更多说明。

2021 Vesoft Inc.

3.3.3 Nebula Console导出模式

导出模式开启时，Nebula Console会导出所有请求的结果到CSV格式文件中。关闭导出模式会停止导出。使用语法如下：

> **Note**
>
> - 命令不区分大小写。
> - CSV格式文件保存在当前工作目录中，即Linux命令 `pwd` 显示的目录。

- 开启导出模式

```
nebula> :SET CSV <your_file.csv>
```

- 关闭导出模式

```
nebula> :UNSET CSV
```

3.3.4 使用Nebula Console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`。

```
nebula> :QUIT

Bye root!
```

3.3.5 常见问题

如何通过源码安装Nebula Console？

下载和编译Nebula Console的最新源码，请参见GitHub nebula console页面的说明。

最后更新: 2021年7月23日

2021 Vesoft Inc.

3.4 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。

3.4.1 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。一个点可以有一个或多个标签。
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。

2021 Vesoft Inc.

3.4.2 检查Nebula Graph集群的机器状态

首先建议检查机器状态，确保所有的Storage服务连接到了Meta服务。执行命令 `SHOW HOSTS` 查看机器状态。

```
nebula> SHOW HOSTS;
+-------------+-----------+-----------+--------------+----------------------+------------------------+
| Host        | Port      | Status    | Leader count | Leader distribution  | Partition distribution |
+-------------+-----------+-----------+--------------+----------------------+------------------------+
| "storaged0" | 9779      | "ONLINE"  | 0            | "No valid partition" | "No valid partition"   |
+-------------+-----------+-----------+--------------+----------------------+------------------------+
| "storaged1" | 9779      | "ONLINE"  | 0            | "No valid partition" | "No valid partition"   |
+-------------+-----------+-----------+--------------+----------------------+------------------------+
| "storaged2" | 9779      | "ONLINE"  | 0            | "No valid partition" | "No valid partition"   |
+-------------+-----------+-----------+--------------+----------------------+------------------------+
| "Total"     | __EMPTY__ | __EMPTY__ | 0            | __EMPTY__            | __EMPTY__              |
+-------------+-----------+-----------+--------------+----------------------+------------------------+
Got 4 rows (time spent 1061/2251 us)
```

在返回结果中，查看**Status**列，可以看到所有Storage服务都在线。

2021 Vesoft Inc.

异步实现创建和修改

Nebula Graph中执行如下创建和修改操作，是异步实现的，需要在下一个心跳周期才同步数据。

- `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。

为确保数据同步，后续操作能顺利进行，可采取以下方法之一：

- 执行 `SHOW` 或 `DESCRIBE` 命令检查相应对象的状态，确保创建或修改已完成。如果没有完成，请等待几秒重试。
- 等待2个心跳周期（20秒）。

3.4.3 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));
Execution succeeded (time spent 2817/3280 us)
```

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      | Status    | Leader count | Leader distribution            | Partition distribution |
+-------------+-----------+-----------+--------------+--------------------------------+------------------------+
| "storaged0" | 9779      | "ONLINE"  | 5            | "basketballplayer:5"           | "basketballplayer:5"   |
+-------------+-----------+-----------+--------------+--------------------------------+------------------------+
| "storaged1" | 9779      | "ONLINE"  | 5            | "basketballplayer:5"           | "basketballplayer:5"   |
+-------------+-----------+-----------+--------------+--------------------------------+------------------------+
| "storaged2" | 9779      | "ONLINE"  | 5            | "basketballplayer:5"           | "basketballplayer:5"   |
+-------------+-----------+-----------+--------------+--------------------------------+------------------------+
```


2021 Vesoft Inc.

```
| "Total"     |           |           | 15           | "basketballplayer:15"            | "basketballplayer:15"  |
+-------------+-----------+-----------+--------------+----------------------------------+------------------------+
Got 4 rows (time spent 1633/2867 us)
```

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;
Execution succeeded (time spent 1229/2318 us)
```

用户可以执行命令 `SHOW SPACES` 查看创建的图空间。

```
nebula> SHOW SPACES;
+--------------------+
| Name               |
+--------------------+
| "basketballplayer" |
+--------------------+
Got 1 rows (time spent 977/2000 us)
```

3.4.4 创建Tag和Edge type

nGQL语法

```
CREATE {TAG | EDGE} {<tag_name> | <edge_type>}(<property_name> <data_type>
[, <property_name> <data_type> ...])
[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);
Execution succeeded (time spent 20708/22071 us)

Wed, 24 Feb 2021 03:47:01 EST

nebula> CREATE TAG team(name string);
Execution succeeded (time spent 5643/6810 us)

Wed, 24 Feb 2021 03:47:59 EST

nebula> CREATE EDGE follow(degree int);
Execution succeeded (time spent 12665/13934 us)

Wed, 24 Feb 2021 03:48:07 EST

nebula> CREATE EDGE serve(start_year int, end_year int);
Execution succeeded (time spent 5858/6870 us)

Wed, 24 Feb 2021 03:48:16 EST
```

3.4.5 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。

2021 Vesoft Inc.

nGQL语法

- 插入点

```
INSERT VERTEX [IF NOT EXISTS] <tag_name> (<property_name>[, <property_name>...])
[, <tag_name> (<property_name>[, <property_name>...]), ...]
{VALUES | VALUE} <vid>: (<property_value>[, <property_value>...])
[, <vid>: (<property_value>[, <property_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> (<property_name>[, <property_name>...])
{VALUES | VALUE} <src_vid> -> <dst_vid>[@<rank>] : (<property_value>[, <property_value>...])
[, <src_vid> -> <dst_vid>[@<rank>] : (<property_name>[, <property_name>...]), ...];
```

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);
Execution succeeded (time spent 28196/30896 us)

Wed, 24 Feb 2021 03:55:08 EST

nebula> INSERT VERTEX player(name, age) VALUES "player101":("Tony Parker", 36);
Execution succeeded (time spent 2708/3834 us)

Wed, 24 Feb 2021 03:55:20 EST

nebula> INSERT VERTEX player(name, age) VALUES "player102":("LaMarcus Aldridge", 33);
Execution succeeded (time spent 1945/3294 us)

Wed, 24 Feb 2021 03:55:32 EST

nebula> INSERT VERTEX team(name) VALUES "team200":("Warriors"), "team201":("Nuggets");
Execution succeeded (time spent 2269/3310 us)

Wed, 24 Feb 2021 03:55:47 EST
```

- 插入代表球员和球队之间关系的边。

```
nebula> INSERT EDGE follow(degree) VALUES "player100" -> "player101":(95);
Execution succeeded (time spent 3362/4542 us)

Wed, 24 Feb 2021 03:57:36 EST

nebula> INSERT EDGE follow(degree) VALUES "player100" -> "player102":(90);
Execution succeeded (time spent 2974/4274 us)

Wed, 24 Feb 2021 03:57:44 EST

nebula> INSERT EDGE follow(degree) VALUES "player102" -> "player101":(75);
Execution succeeded (time spent 1891/3096 us)

Wed, 24 Feb 2021 03:57:52 EST

nebula> INSERT EDGE serve(start_year, end_year) VALUES "player100" -> "team200":(1997, 2016), "player101" -> "team201":(1999,  2018);
Execution succeeded (time spent 6064/7104 us)

Wed, 24 Feb 2021 03:58:01 EST
```

3.4.6 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，但是它依赖索引去匹配Nebula Graph中的数据模型。

2021 Vesoft Inc.

nGQL语法

- `GO`

```
GO [[<M> TO] <N> STEPS ] FROM <vertex_list>
OVER <edge_type_list> [REVERSELY] [BIDIRECT]
[WHERE <expression> [AND | OR expression ...])]
YIELD [DISTINCT] <return_list>;
```

- `FETCH`
  - 查询Tag属性

    ```
    FETCH PROP ON {<tag_name> | <tag_name_list> | *} <vid_list>
    [YIELD [DISTINCT] <return_list>];
    ```

  - 查询边属性

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

- `LOOKUP`

```
LOOKUP ON {<tag_name> | <edge_type>}
WHERE <expression> [AND expression ...])]
[YIELD <return_list>];
```

- `MATCH`

```
MATCH <pattern> [<WHERE clause>] RETURN <output>;
```

`GO`语句示例

- 从VID为 `player100` 的球员开始，沿着边 `follow` 找到连接的球员。

```
nebula> GO FROM "player100" OVER follow;
+-------------+
| follow._dst |
+-------------+
| "player101" |
+-------------+
| "player102" |
```


2021 Vesoft Inc.

```
+------------+
Got 2 rows (time spent 12097/14220 us)
```

- 从VID为 `player100` 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 "player100" OVER follow WHERE $$.player.age >= 35 \
        YIELD $$.player.name AS Teammate, $$.player.age AS Age;
+---------------+-----+
| Teammate      | Age |
+---------------+-----+
| "Tony Parker" | 36  |
+---------------+-----+
Got 1 rows (time spent 8206/9335 us)
```

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 `player100` 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 "player100" OVER follow YIELD follow._dst AS id | \
        GO FROM $-.id OVER serve YIELD $$.team.name AS Team, \
        $^.player.name AS Player;
+-----------+---------------+
| Team      | Player        |
+-----------+---------------+
| "Nuggets" | "Tony Parker" |
+-----------+---------------+
Got 1 rows (time spent 5055/8203 us)
```

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 "player100" OVER follow YIELD follow._dst AS id; \
        GO FROM $var.id OVER serve YIELD $$.team.name AS Team, \
        $^.player.name AS Player;
+---------+-------------+
| Team    | Player      |
+---------+-------------+
| Nuggets | Tony Parker |
+---------+-------------+
Got 1 rows (time spent 3103/3711 us)
```

FETCH语句示例

查询VID为 `player100` 的球员的属性。

```
nebula> FETCH PROP ON player "player100";
+--------------------------------------------------+
| vertices_                                        |
+--------------------------------------------------+
| ("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"}) |
+--------------------------------------------------+
Got 1 rows (time spent 2006/2406 us)
```


2021 Vesoft Inc.

> **Note**
>
> `LOOKUP` 和 `MATCH` 的示例在下文的索引部分查看。

3.4.7 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**
>
> `UPSERT` 操作是基于Nebula Graph的分区进行串行操作，所以执行速度比单独执行 `INSERT` 或 `UPDATE` 慢。

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";
Execution succeeded (time spent 3483/3914 us)

Wed, 21 Oct 2020 10:53:14 UTC

nebula> FETCH PROP ON player "player100";
+--------------------------------------------+
| vertices_                                  |
+--------------------------------------------+
| ("player100" :player{age: 42, name: "Tim"}) |
```


2021 Vesoft Inc.

```
+-----------------------------------------------+
Got 1 rows (time spent 2463/3042 us)
```

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

```
nebula> UPDATE EDGE "player100" -> "player101" OF follow SET degree = 96;
Execution succeeded (time spent 3932/4432 us)

nebula> FETCH PROP ON follow "player100" -> "player101";
+----------------------------------------------------+
| edges_                                             |
+----------------------------------------------------+
| [:follow "player100"->"player101" @0 {degree: 96}] |
+----------------------------------------------------+
Got 1 rows (time spent 2205/2800 us)
```

- 用 `UPSERT` 插入一个VID为 `player111` 的点。

```
nebula> INSERT VERTEX player(name, age) VALUES "player111":("Ben Simmons", 22);
Execution succeeded (time spent 2115/2900 us)

Wed, 21 Oct 2020 11:11:50 UTC

nebula> UPSERT VERTEX "player111" SET player.name = "Dwight Howard", player.age = $^.player.age + 11 \
        WHEN $^.player.name == "Ben Simmons" AND $^.player.age > 20 \
        YIELD $^.player.name AS Name, $^.player.age AS Age;
+---------------+-----+
| Name          | Age |
+---------------+-----+
| Dwight Howard | 33  |
+---------------+-----+
Got 1 rows (time spent 1815/2329 us)
```

3.4.8 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 "team1", "team2";
Execution succeeded (time spent 4337/4782 us)
```

- 删除边

```
nebula> DELETE EDGE follow "team1" -> "team2";
Execution succeeded (time spent 3700/4101 us)
```

3.4.9 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**为已存在的数据重建索引，否则不能索引已存在的数据，导致无法在 `MATCH` 和 `LOOKUP` 语句中返回这些数据。更多信息，请参见重建索引。

2021 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>;
```

示例

为Tag `player` 的属性 `name` 创建索引，并且重建索引。

```
nebula> CREATE TAG INDEX player_index_0 on player(name(20));
nebula> REBUILD TAG INDEX player_index_0;
```

> **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_name_0。
nebula> CREATE TAG INDEX player_name_0 on player(name(10));
Execution succeeded (time spent 3465/4150 us)

// 重建索引确保能对已存在数据生效。
nebula> REBUILD TAG INDEX player_name_0
+------------+
| New Job Id |
+------------+
| 31         |
+------------+
Got 1 rows (time spent 2379/3033 us)

// 使用LOOKUP语句检索点的属性。
nebula> LOOKUP ON player WHERE player.name == "Tony Parker" \
        YIELD player.name, player.age;
+-------------+---------------+------------+
| VertexID    | player.name   | player.age |
+-------------+---------------+------------+
| "player101" | "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"}) |
+--------------------------------------------------+
Got 1 rows (time spent 5132/6246 us)
```

最后更新: 2021年7月23日

2021 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 2.0及更新版本将支持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。

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。

2021 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。

例如创建点或边的nGQL语法：

```
CREATE {TAG | EDGE} {<tag_name> | <edge_type>}(<property_name> <data_type>
[, <property_name> <data_type> ...]);
```

示例语句：

```
nebula> CREATE TAG 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`

NGQL完全兼容OPENCYPHER 9吗？

> **nGQL部分兼容openCypher 9**
>
> 在Nebula Graph Issues中已经列出已知的37处不兼容项。如果发现这种类型的新问题，请提交问题并附带 `incompatible` 标签。在本文搜索"compatibility"或者“兼容性”查看具体不兼容细节。

2021 Vesoft Inc.

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` 语法和函数（不支持 `OPTIONAL MATCH`，不支持多 `MATCH`）。
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	不支持

> **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                                                |
      | ("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.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
```


2021 Vesoft Inc.

```
When profiling query:
  """
  GO FROM "player100" OVER follow
  WHERE follow.degree IN [v IN [95,99] WHERE v > 0]
  YIELD follow._dst, follow.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": "(follow.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: 2021年7月2日

2021 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，本文介绍Nebula Graph的各种模式。

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，您必须创建一个 `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)
```


2021 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。

您可以用以下方式描述边以及它的方向性。如果您不关心边的方向，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。

您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)
```

您可以在MATCH语句中使用路径变量。

最后更新: 2021年7月2日

2021 Vesoft Inc.

4.1.3 注释

本文介绍nGQL中的注释方式。

历史版本兼容性

- Nebula Graph 1.0支持四种注释方式: `#`、`--`、`//`、`/* */`。
- Nebula Graph 2.0中，`--`不再是注释符，而是代表边模式。

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: 2021年6月1日

2021 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 my_space (vid_type=FIXED_STRING(30));
nebula> use MY_SPACE;
[ERROR (-8)]: SpaceNotFound:
```

关键字和保留字不区分大小写

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: 2021年6月24日

2021 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。

非保留关键字作为标识符时可以不使用引号。保留关键字作为标识符时，需要用反引号（`）将它们括起来，例如`AND`。

> **Note**
>
> 关键字不区分大小写。

```
nebula> CREATE TAG TAG(name string);
[ERROR (-7)]: SyntaxError: syntax error near `TAG'

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

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

- `TAG` 是保留关键字，要将 `TAG` 作为标识符，用户必须使用反引号（`）括起来。
- `SPACE` 是非保留关键字，可以直接作为标识符使用。

保留关键字

```
GO
AS
TO
OR
AND
XOR
USE
SET
FROM
WHERE
MATCH
INSERT
YIELD
RETURN
DESCRIBE
DESC
VERTEX
EDGE
EDGES
UPDATE
UPSERT
WHEN
DELETE
FIND
LOOKUP
ALTER
STEPS
STEP
OVER
UPTO
REVERSELY
INDEX
INDEXES
REBUILD
BOOL
INT8
INT16
INT32
INT64
INT
FLOAT
DOUBLE
STRING
FIXED_STRING
TIMESTAMP
DATE
TIME
DATETIME
TAG
TAGS
UNION
INTERSECT
MINUS
NO
```


2021 Vesoft Inc.

```
OVERWRITE
SHOW
ADD
CREATE
DROP
REMOVE
IF
NOT
EXISTS
WITH
CHANGE
GRANT
REVOKE
ON
BY
IN
NOT_IN
DOWNLOAD
GET
OF
ORDER
INGEST
COMPACT
FLUSH
SUBMIT
ASC
ASCENDING
DESCENDING
DISTINCT
FETCH
PROP
BALANCE
STOP
LIMIT
OFFSET
IS
NULL
RECOVER
EXPLAIN
PROFILE
FORMAT
CASE
```

非保留关键字

```
HOST
HOSTS
SPACE
SPACES
VALUE
VALUES
USER
USERS
PASSWORD
ROLE
ROLES
GOD
ADMIN
DBA
GUEST
GROUP
PARTITION_NUM
REPLICA_FACTOR
VID_TYPE
CHARSET
COLLATE
COLLATION
ATOMIC_EDGE
ALL
ANY
SINGLE
NONE
REDUCE
LEADER
UUID
DATA
SNAPSHOT
SNAPSHOTS
ACCOUNT
JOBS
JOB
PATH
BIDIRECT
STATS
STATUS
FORCE
PART
PARTS
DEFAULT
HDFS
CONFIGS
```


2021 Vesoft Inc.

```
TTL_DURATION
TTL_COL
GRAPH
META
STORAGE
SHORTEST
NOLOOP
OUT
BOTH
SUBGRAPH
CONTAINS
NOT_CONTAINS
STARTS
STARTS_WITH
NOT_STARTS_WITH
ENDS
ENDS_WITH
NOT_ENDS_WITH
IS_NULL
IS_NOT_NULL
IS_EMPTY
IS_NOT_EMPTY
UNWIND
SKIP
OPTIONAL
THEN
ELSE
END
GROUPS
ZONE
ZONES
INTO
LISTENER
ELASTICSEARCH
FULLTEXT
AUTO
FUZZY
PREFIX
REGEXP
WILDCARD
TEXT
SEARCH
CLIENTS
SIGN
SERVICE
TEXT_SEARCH
RESET
PLAN
COMMENT
SESSIONS
SESSION
SAMPLE
QUERIES
QUERY
KILL
TOP
TRUE
FALSE
```

最后更新: 2021年7月15日

2021 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 follow._dst AS id;
   ```

   推荐：

   ```
   GO FROM "player100" \
   OVER follow REVERSELY \
   YIELD follow._dst 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 follow._dst AS id | GO FROM $-.id \
   OVER serve WHERE $^.player.age > 20 YIELD $^.player.name AS FriendOf, $$.team.name AS Team;
   ```

   推荐：

   ```
   GO FROM "player100" \
   OVER follow REVERSELY \
   YIELD follow._dst AS id | \
   GO FROM $-.id OVER serve \
   WHERE $^.player.age > 20 \
   YIELD $^.player.name AS FriendOf, $$.team.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.name STARTS WITH "Y" AND v2.age > 35 AND v2.age < v.age) OR (v2.name STARTS WITH "T" AND v2.age < 45 AND v2.age > v.age) \
   RETURN v2;
   ```

   推荐：

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

2021 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;
   ```

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]->()-[e:serve]->()<--(v3) \
   RETURN v, e, v2;
   ```

   推荐：

   ```
   MATCH (v:player{name: "Tim Duncan", age: 42})-[e:follow]-> \
   ()-[e:serve]->()<--(v3) \
   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：

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

   推荐：

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


2021 Vesoft Inc.

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"
   ```

   推荐：

   ```
   FETCH PROP ON player "player100";
   ```

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 follow._dst AS id; | \
   GO FROM $-.id \
   OVER serve \
   YIELD $$.team.name AS Team, $^.player.name AS Player;
   ```

   支持：

   ```
   GO FROM "player100" \
   OVER follow \
   YIELD follow._dst AS id | \
   GO FROM $-.id \
   OVER serve \
   YIELD $$.team.name AS Team, $^.player.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 follow._dst AS id \
   GO FROM $var.id \
   OVER serve \
   YIELD $$.team.name AS Team, $^.player.name AS Player;
   ```

   也不支持：

   ```
   $var = GO FROM "player100" \
   OVER follow \
   YIELD follow._dst AS id | \
   GO FROM $var.id \
   OVER serve \
   YIELD $$.team.name AS Team, $^.player.name AS Player;
   ```


2021 Vesoft Inc.

支持：

```
$var = GO FROM "player100" \
OVER follow \
YIELD follow._dst AS id; \
GO FROM $var.id \
OVER serve \
YIELD $$.team.name AS Team, $^.player.name AS Player;
```

最后更新: 2021年7月15日

2021 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

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。

2021 Vesoft Inc.

同时，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。

最后更新: 2021年7月21日

2021 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: 2021年7月21日

2021 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 t1 (p1 FIXED_STRING(10));
```

- 将属性值的类型定义为变长字符串

```
nebula> CREATE TAG t2 (p2 STRING);
```

在写入定长字符串时，如果尝试写入的字符串超出长度限制，Nebula Graph将截断字符串，仅存入符合长度限制的部分。例如，当一个图空间的VID类型为 `FIXED_STRING(8)` 时，如果尝试将 `A_string_with_27_characters` 设置为VID，然后使用nGQL命令查询该VID，获取到的只有 `A_string` 。

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 |
      | ''      |    # 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。

2021 Vesoft Inc.

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

最后更新: 2021年7月21日

2021 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` 和 `TIMESTAMP` 。

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，将该时间值（ `TIMESTAMP` 类型例外）转换成相应的世界协调时间（UTC）时间。在查询中返回的时间类型值为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。

结合 `RETURN` 子句，函数 `date()` 、 `time()` 、 `datetime()` 和 `timestamp()` 可以用空值返回当前的日期或时间。

OpenCypher兼容性

- 支持年、月、日、时、分、秒，不支持毫秒。
- 不支持函数 `localdatetime()` 和 `duration()` 。
- 不支持大部分字符串时间格式，仅支持 `YYYY-MM-DDThh:mm:ss` 。

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` 。

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` 。

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` 。

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` 。

2021 Vesoft Inc.

`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("2021-07-05T06:18:43.984000");
+----------------------------------------+
| timestamp("2021-07-05T06:18:43.984000") |
+----------------------------------------+
| 1625465923                             |
+----------------------------------------+
```

- 底层存储的数据格式为**64位int**。

示例

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

```
nebula> CREATE TAG 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("2021-03-17T17:53:59"));
```

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

```
nebula> CREATE TAG school(name string , found_time timestamp);
```

4. 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"));
```

5. 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` 语句设置具体日期和时间，例如：

```
nebula> WITH time({hour: 12, minute: 31, second: 14}) AS d RETURN d;
+--------------+
| d            |
+--------------+
| 12:31:14.000 |
+--------------+

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


2021 Vesoft Inc.

最后更新: 2021年7月6日

2021 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	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 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);
```


2021 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 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"
+----------------------------------------+
| vertices_                              |
+----------------------------------------+
| ("Kobe" :player{age: 18, name: "Kobe"}) |
+----------------------------------------+
```

最后更新: 2021年6月23日

2021 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。

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 [1, 2, 3] AS List;
+-----------+
| List      |
+-----------+
| [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] |
+------------------+
| [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;
+--------+
```


2021 Vesoft Inc.

```
| a      |
+--------+
| [4, 5] |
+--------+

# 返回列表内下标小于3的元素。
nebula> WITH [1, 2, 3, 4, 5] AS list \
        RETURN list[..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 [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 [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> $var = YIELD 1 AS f, 3 AS t; \
        YIELD [1, 2, 3][$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 [1, 2, 3, 4, 5] [0..10] AS a;
+-----------------+
| a               |
+-----------------+
| [1, 2, 3, 4, 5] |
+-----------------+

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

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

# M ≥ N时，返回为空。
nebula> RETURN [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 [1,2,3] AS list \
        RETURN list[0..null] as a;
+----------+
| a        |
+----------+
| __NULL__ |
+----------+

# 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] |
+-----------------+
```


2021 Vesoft Inc.

```
# 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([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 follow.degree NOT IN [x IN [92, 90] | x + $$.player.age] \
        YIELD follow._dst AS id, follow.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: 2021年7月2日

2021 Vesoft Inc.

4.2.7 集合

集合（Set）是复合数据类型。

OpenCypher兼容性

在OpenCypher中，集合不是一个数据类型，而在nGQL中，集合仍在设计阶段。

最后更新: 2021年3月19日

2021 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。

字面值映射

```
nebula> YIELD {key: 'Value', listKey: [{inner: 'Map1'}, {inner: 'Map2'}]}
+----------------------------------------------------------+
| {key:Value,listKey:[{inner:Map1},{inner:Map2}]}            |
+----------------------------------------------------------+
| {key: "Value", listKey: [{inner: "Map1"}, {inner: "Map2"}]} |
+----------------------------------------------------------+
```

OpenCypher兼容性

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

最后更新: 2021年5月14日

2021 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。

遗留兼容问题

nGQL 1.0使用C语言风格的类型转换（显示或隐式）：`(type_name)expression`。例如`YIELD (int)(TRUE)`，结果为`1`。但是对于不熟悉C语言的用户来说，很容易出错。

nGQL 2.0使用openCypher的方式进行类型强制转换。

类型强制转换函数

函数	说明
toBoolean()	将字符串转换为布尔。
toFloat()	将整数或字符串转换为浮点数。
toInteger()	将浮点或字符串转换为整数。
type()	返回字符串格式的关系类型。

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__                |
+------------+----------------+----------------+-------------------------+

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__                  |
+--------------+----------------+------------------+---------------------------+

nebula> MATCH (a:player)-[e]-() RETURN type(e);
+----------+
| type(e)  |
+----------+
| "follow" |
+----------+
| "follow" |

nebula> MATCH (a:player {name: "Tim Duncan"}) WHERE toInteger(id(a)) == 100 RETURN a;
+---------------------------------------------+
| a                                           |
+---------------------------------------------+
| ("100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"}) |
+---------------------------------------------+

nebula> MATCH (n:player) WITH n LIMIT toInteger(ceil(1.8)) RETURN count(*) AS count;
+-------+
| count |
+-------+
| 2     |
+-------+
```


2021 Vesoft Inc.

最后更新: 2021年3月24日

2021 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。

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 \
        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 follow._dst AS id | \
        GO FROM $-.id OVER serve YIELD $$.team.name AS Team, \
        $^.player.name AS Player;
+---------+-------------+
| Team    | Player      |
+---------+-------------+
| Nuggets | Tony Parker |
+---------+-------------+
```


2021 Vesoft Inc.

最后更新: 2021年7月8日

2021 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有效，执行结束后变量也会释放，**不能**在其他客户端或执行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 follow._dst AS id; \
GO FROM $var.id OVER serve YIELD $$.team.name AS Team, \
$^.player.name AS Player;
+---------+-------------+
| Team    | Player      |
+---------+-------------+
| Nuggets | Tony Parker |
+---------+-------------+
```

最后更新: 2021年5月24日

2021 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。

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
`_rank`	边的rank值

2021 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" | 33     |
+--------------+--------+

# 返回Edge type follow的degree属性值。
nebula> GO FROM "player100" OVER follow YIELD follow.degree;
+---------------+
| follow.degree |
+---------------+
| 95            |
+---------------+
| 90            |
+---------------+

# 返回Edge type follow的起始点、目的点、Edge type编码和边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" | 136          | 0            |
+-------------+-------------+--------------+--------------+
| "player100" | "player102" | 136          | 0            |
+-------------+-------------+--------------+--------------+
```

最后更新: 2021年7月14日

2021 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

- `NULL` 的比较操作和openCypher不同，行为也可能会改变。在openCypher中，`IS [NOT] NULL` 通常与 `OPTIONAL MATCH` 一起使用，但是nGQL不支持 `OPTIONAL MATCH`。
- openCypher中没有 `EMPTY`，因此不支持在MATCH语句中使用 `EMPTY`。

2021 Vesoft Inc.

示例

==

字符串比较时，会区分大小写。不同类型的值不相等。

> **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   |
+--------+
```


2021 Vesoft Inc.

IS [NOT] NULL

```
nebula> RETURN null IS NULL AS value1, null == null AS value2, null != null AS value3;
+--------+----------+----------+
| value1 | value2   | value3   |
+--------+----------+----------+
| true   | __NULL__ | __NULL__ |
+--------+----------+----------+

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.age IS NULL, n.name IS NOT NULL, n.empty IS NULL;
+--------------+-------------------+----------------+
| n.age IS NULL | n.name IS NOT NULL | n.empty IS NULL |
+--------------+-------------------+----------------+
| false        | true              | true           |
+--------------+-------------------+----------------+
| 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 $$.player.name IS NOT EMPTY YIELD follow._dst;
+------------+
| follow._dst |
+------------+
| "player125" |
+------------+
| "player101" |
+------------+
```

最后更新: 2021年7月6日

2021 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。

历史兼容问题

在Nebula Graph 2.0中，非0数字不能转换为布尔值。

最后更新: 2021年3月24日

2021 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 follow._dst AS dstid, $$.player.name AS Name | \
GO FROM $-.dstid OVER follow;

+-------------+
| follow._dst |
+-------------+
| "player101" |
+-------------+
```

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 2.5.0 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: 2021年7月14日

2021 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 $^.player.age AS SrcAge, $$.player.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 follow._dst AS id | \
        GO FROM $-.id OVER serve \
        YIELD $^.player.name AS Player, $$.team.name AS Team;
+-----------------+-----------+
| Player          | Team      |
+-----------------+-----------+
| "Tony Parker"   | "Spurs"   |
+-----------------+-----------+
| "Tony Parker"   | "Hornets" |
+-----------------+-----------+
| "Manu Ginobili" | "Spurs"   |
+-----------------+-----------+
```

最后更新: 2021年6月11日

2021 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 \
    UNION \
    GO FROM "player100" OVER follow;
+-------------+
| follow._dst |
+-------------+
| "player101" |
+-------------+
| "player102" |
+-------------+

# 返回两个查询结果的并集，包含重复的元素。
nebula> GO FROM "player102" OVER follow \
    UNION ALL \
    GO FROM "player100" OVER follow;
+-------------+
| follow._dst |
+-------------+
| "player101" |
+-------------+
| "player101" |
+-------------+
| "player102" |
+-------------+

# 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 follow._dst AS id, follow.degree AS Degree, $$.player.age AS Age \
        UNION /* DISTINCT */ \
        GO FROM "player100" OVER follow \
        YIELD follow._dst AS id, follow.degree AS Degree, $$.player.age AS Age;
+-------------+--------+-----+
| id          | Degree | Age |
+-------------+--------+-----+
| "player101" | 75     | 36  |
+-------------+--------+-----+
| "player101" | 96     | 36  |
+-------------+--------+-----+
| "player102" | 90     | 33  |
+-------------+--------+-----+
```

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

2021 Vesoft Inc.

```
nebula> GO FROM "player102" OVER follow \
        YIELD follow._dst AS id, follow.degree AS Degree, $$.player.age AS Age \
        INTERSECT \
        GO FROM "player100" OVER follow \
        YIELD follow._dst AS id, follow.degree AS Degree, $$.player.age AS Age;
Empty set (time spent 2990/3511 us)
```

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 \
        MINUS \
        GO FROM "player102" OVER follow;
+------------+
| follow._dst |
+------------+
| "player102" |
+------------+

nebula> GO FROM "player102" OVER follow \
        MINUS \
        GO FROM "player100" OVER follow;
Empty set (time spent 2243/3259 us)
```

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 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;

+------------+
| play_dst   |
+------------+
| "player101" |
+------------+
| "player102" |
+------------+
```

```
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 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。

2021 Vesoft Inc.

最后更新: 2021年5月24日

2021 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.name CONTAINS "ets" RETURN s.name, e.start_year, e.end_year, t.name;
+---------------+--------------+------------+-----------+
| s.name        | e.start_year | e.end_year | t.name    |
+---------------+--------------+------------+-----------+
| "Tony Parker" | 2018         | 2019       | "Hornets" |
+---------------+--------------+------------+-----------+

nebula> GO FROM "player101" OVER serve WHERE (STRING)serve.start_year CONTAINS "19" AND \
    $^.player.name CONTAINS "ny" \
    YIELD $^.player.name, serve.start_year, serve.end_year, $$.team.name;
+----------------+------------------+----------------+--------------+
| $^.player.name | serve.start_year | serve.end_year | $$.team.name |
+----------------+------------------+----------------+--------------+
| "Tony Parker"  | 1999             | 2018           | "Spurs"      |
+----------------+------------------+----------------+--------------+

nebula> GO FROM "player101" OVER serve WHERE !($$.team.name CONTAINS "ets") \
    YIELD $^.player.name, serve.start_year, serve.end_year, $$.team.name;
+----------------+------------------+----------------+--------------+
| $^.player.name | serve.start_year | serve.end_year | $$.team.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"]) |
+----------------+-----------------------------------+-------------------------------+
```


2021 Vesoft Inc.

```
| true           | true                              | false                        |
+----------------+-----------------------------------+------------------------------+
```

(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.name =~ 'Tony.*' RETURN v.name;
+---------------+
| v.name        |
+---------------+
| "Tony Parker" |
+---------------+
```

最后更新: 2021年7月15日

2021 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]) |
+--------------------+
| true               |
+--------------------+

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: 2021年3月23日

2021 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: 2021年3月23日

2021 Vesoft Inc.

4.5 函数和表达式

2021 Vesoft Inc.

4.5.1 内置数学函数

函数说明

Nebula Graph支持以下内置数学函数。

2021 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。
collect()	将收集的所有值放在一个列表中。
avg()	返回参数的平均值。
count()	返回参数的数量。
max()	返回参数的最大值。
min()	返回参数的最小值。
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。

2021 Vesoft Inc.

函数	说明
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）。
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`。

Note

如果参数为 `NULL`，则输出结果是未定义的。

示例

```
# 支持聚合函数
nebula>  GO FROM "Tim Duncan" OVER like YIELD like._dst AS dst, $$.player.age AS age \
         | GROUP BY $-.dst \
         YIELD \
         $-.dst AS dst, \
         toInteger((sum($-.age)/count($-.age)))+avg(distinct $-.age+1)+1 AS statistics;
+-----------------+------------+
| dst             | statistics |
+-----------------+------------+
| "Tony Parker"   | 74.0       |
+-----------------+------------+
| "Manu Ginobili" | 84.0       |
+-----------------+------------+
Got 2 rows (time spent 4739/5064 us)
```

最后更新: 2021年7月6日

2021 Vesoft Inc.

4.5.2 内置字符串函数

Nebula Graph支持以下内置字符串函数。

> **Note**
>
> 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。

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。
string toString()	将任意数据类型转换为字符串类型。
int hash()	获取任意对象的哈希值。

> **Note**
>
> 如果参数为 `NULL`，则输出结果是未定义的。

2021 Vesoft Inc.

`substr()`和`substring()`的返回说明

- 字符索引（位置）从 `0` 开始。
- 如果 `pos` 为0，则返回整个字符串。
- 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` 。
> - 在openCypher中，如果 `pos` 为 0，会返回从第一个字符开始 `count` 个字符的子字符串。
> - 在openCypher中，如果 `pos` 或 `count` 为 `null` 或负整数，会出现错误。

最后更新: 2021年5月27日

2021 Vesoft Inc.

4.5.3 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）。

`date()`、`time()` 和 `datetime()` 函数除了传入空值获取当前时间或日期，还接受string和map类型的参数。`timestamp()` 函数除了传入空值获取当前时区的时间戳，还接受string类型的参数。

openCypher兼容性

- 在openCypher中，时间精确到毫秒。
- 在nGQL中，时间精确到毫秒。微秒数显示为 `000`。

示例

```
> RETURN now(), timestamp(), date(), time(), datetime(), timestamp();
+------------+-------------+------------+-----------------+----------------------------+
| now()      | timestamp() | date()     | time()          | datetime()                 |
+------------+-------------+------------+-----------------+----------------------------+
| 1625470028 | 1625470028  | 2021-07-05 | 07:27:07.944000 | 2021-07-05T07:27:07.944000 |
+------------+-------------+------------+-----------------+----------------------------+
```

最后更新: 2021年7月6日

2021 Vesoft Inc.

4.5.4 Schema函数

Nebula Graph支持以下Schema函数。

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。
list labels(vertex)	返回点的Tag。
map properties(vertex_or_edge)	接收点或边并返回其属性。
string type(edge)	返回边的Edge type。
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。

示例

```
nebula> MATCH (a:player) WHERE id(a) == "player100" \
        RETURN tags(a), labels(a), properties(a);
+------------+------------+-------------------------------+
| tags(a)    | labels(a)  | properties(a)                 |
+------------+------------+-------------------------------+
| ["player"] | ["player"] | {age: 42, name: "Tim Duncan"} |
+------------+------------+-------------------------------+

nebula> MATCH p = (a :player {name : "Tim Duncan"})-[r:serve]-(t) \
        RETURN type(r), rank(r);
+---------+---------+
| type(r) | rank(r) |
+---------+---------+
| "serve" | 0       |
+---------+---------+

nebula> MATCH p = (a :player {name : "Tim Duncan"})-[r:serve]-(t) \
        RETURN startNode(p), endNode(p);
+--------------------------------------------------+----------------------------------+
| startNode(p)                                     | endNode(p)                       |
+--------------------------------------------------+----------------------------------+
| ("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"}) | ("team204" :team{name: "Spurs"}) |
+--------------------------------------------------+----------------------------------+
```

最后更新: 2021年6月23日

2021 Vesoft Inc.

4.5.5 列表函数

Nebula Graph支持以下列表（List）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。
coalesce(list)	返回列表中第一个非空元素。
reduce()	请参见reduce函数。

Note

如果参数为 `NULL`，则输出结果是未定义的。

示例

```
nebula> WITH [NULL, 4923, 'abc', 521, 487] AS ids \
        RETURN reverse(ids), tail(ids), head(ids), last(ids), coalesce(ids);
+----------------------------------+-------------------------+------------+------------+---------------+
| reverse(ids)                     | tail(ids)               | head(ids) | last(ids) | coalesce(ids) |
+----------------------------------+-------------------------+------------+------------+---------------+
| [487, 521, "abc", 4923, __NULL__] | [4923, "abc", 521, 487] | __NULL__  | 487       | 4923          |
+----------------------------------+-------------------------+------------+------------+---------------+

nebula> MATCH (a:player)-[r]->() \
        WHERE id(a) == "player100" \
        RETURN labels(a),  keys(r);
+------------+---------------------------+
| labels(a)  | keys(r)                   |
+------------+---------------------------+
| ["player"] | ["degree"]                |
+------------+---------------------------+
| ["player"] | ["degree"]                |
+------------+---------------------------+
| ["player"] | ["end_year", "start_year"] |
+------------+---------------------------+

nebula> MATCH p = (a:player)-[]->(b)-[]->(c:team) \
        WHERE a.name == "Tim Duncan" AND c.name == "Spurs" \
        RETURN nodes(p);
+------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
| nodes(p)                                                                                                                                                   |
+------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
| [("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"}), ("player101" :player{age: 36, name: "Tony Parker"}), ("team204" :team{name: "Spurs"})]                 |
+------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
| [("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"}), ("player125" :player{age: 41, name: "Manu Ginobili"}), ("team204" :team{name: "Spurs"})]               |
+------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------+

nebula> MATCH p = (a:player)-[]->(b)-[]->(c:team) WHERE a.name == "Tim Duncan" AND c.name == "Spurs" RETURN relationships(p)
+------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
| relationships(p)                                                                                                                                           |
+------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
| [[:follow "player100"->"player101" @0 {degree: 95}], [:serve "player101"->"team204" @0 {end_year: 2018, start_year: 1999}]]                               |
+------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
| [[:follow "player100"->"player125" @0 {degree: 95}], [:serve "player125"->"team204" @0 {end_year: 2018, start_year: 2002}]]                               |
+------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
```


2021 Vesoft Inc.

最后更新: 2021年6月23日

2021 Vesoft Inc.

4.5.6 count函数

`count()` 函数可以计数指定的值或行数。

- （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({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。

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 $$.player.name AS Name \
        | GROUP BY $-.Name YIELD $-.Name, count(*);
+---------------------+----------+
| $-.Name             | count(*) |
+---------------------+----------+
| "Dejounte Murray"   | 1        |
+---------------------+----------+
| "LaMarcus Aldridge" | 2        |
+---------------------+----------+
| "Tim Duncan"        | 2        |
+---------------------+----------+
| "Marco Belinelli"   | 1        |
+---------------------+----------+
| "Manu Ginobili"     | 1        |
+---------------------+----------+
| "Boris Diaw"        | 1        |
+---------------------+----------+
```

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      |
+-----+--------+
```


2021 Vesoft Inc.

```
...

# 方法二：统计数据库中的年龄分布情况。
nebula> MATCH (n:player) \
        RETURN n.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                   |
+------------+---------------------+
```

最后更新: 2021年6月23日

2021 Vesoft Inc.

4.5.7 collect函数

`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。

`collect()` 是一个聚合函数，类似SQL中的 `GROUP BY` 。

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.age);
+-------------------------------------------------------------+
| collect(n.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.age AS age, collect(n.name);
+-----+-------------------------------------------------------------------------+
| age | collect(n.name)                                                         |
+-----+-------------------------------------------------------------------------+
| 24  | ["Giannis Antetokounmpo"]                                               |
+-----+-------------------------------------------------------------------------+
| 20  | ["Luka Doncic"]                                                         |
+-----+-------------------------------------------------------------------------+
| 25  | ["Joel Embiid", "Kyle Anderson"]                                        |
+-----+-------------------------------------------------------------------------+
...
```

最后更新: 2021年6月23日

2021 Vesoft Inc.

4.5.8 reduce函数

`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>)
```

参数	说明
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` 。

Note

返回值的类型取决于提供的参数，以及表达式的语义。

示例

```
nebula> RETURN reduce(totalNum = 10, n IN range(1, 3) | totalNum + n) AS r;
+----+
| r  |
+----+
| 16 |
+----+

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;
+------+------+-----+
| 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" \
        |  GO FROM $-.VertexID over follow \
        WHERE follow.degree != reduce(totalNum = 5, n IN range(1, 3) | $$.player.age + totalNum + n) \
        YIELD $$.player.name AS id, $$.player.age AS age, follow.degree AS degree;
+--------------------+-----+--------+
| id                 | age | degree |
+--------------------+-----+--------+
| "Tim Duncan"       | 42  | 95     |
```


2021 Vesoft Inc.

```
+---------------------+-----+--------+
| "LaMarcus Aldridge" | 33  | 90     |
+---------------------+-----+--------+
| "Manu Ginobili"     | 41  | 95     |
+---------------------+-----+--------+
```

最后更新: 2021年5月8日

2021 Vesoft Inc.

4.5.9 hash函数

`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。

`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)
```

历史版本兼容性

nGQL 1.0不支持字符串类型的VID，一种常用的处理方式是用hash函数获取字符串的哈希值，然后将该值设置为VID。但nGQL 2.0同时支持了字符串和整数类型的VID，所以无需再使用这种方式设置VID。

计算数字的哈希值

```
nebula> YIELD hash(-123);
+--------------+
| hash(-(123)) |
+--------------+
| -123         |
+--------------+
```

计算字符串的哈希值

```
nebula> YIELD hash("to_be_hashed");
+----------------------+
| hash(to_be_hashed)   |
+----------------------+
| -1098333533029391540 |
+----------------------+
```

计算列表的哈希值

```
nebula> YIELD hash([1,2,3]);
+----------------+
| hash([1,2,3])  |
+----------------+
| 11093822460243 |
+----------------+
```

计算布尔值的哈希值

```
nebula> YIELD hash(true);
+------------+
| hash(true) |
+------------+
| 1          |
+------------+

nebula> YIELD hash(false);
+-------------+
| hash(false) |
+-------------+
| 0           |
+-------------+
```

计算NULL的哈希值

```
nebula> YIELD hash(NULL);
+------------+
| hash(NULL) |
+------------+
| -1         |
+------------+
```


2021 Vesoft Inc.

计算表达式的哈希值

```
nebula> YIELD hash(toLower("HELLO NEBULA"));
+-------------------------------+
| hash(toLower("HELLO NEBULA")) |
+-------------------------------+
| -8481157362655072082          |
+-------------------------------+
```

最后更新: 2021年5月24日

2021 Vesoft Inc.

4.5.10 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     |
+----------------+-------------------+-------+
```


2021 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.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                                                                                                          |
+------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
| ("Grant Hill" :player{age: 46, name: "Grant Hill"})                                                        |
+------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
| ("Marc Gasol" :player{age: 34, name: "Marc Gasol"})                                                        |
+------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
...
```

最后更新: 2021年7月6日

2021 Vesoft Inc.

4.5.11 自定义函数

openCypher兼容性

Nebula Graph 2.5.0 不支持自定义函数（UDF）和存储过程。

最后更新: 2021年5月31日

2021 Vesoft Inc.

4.5.12 CASE表达式

`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 $$.player.name AS Name, \
        CASE $$.player.age > 35 \
        WHEN true THEN "Yes" \
        WHEN false THEN "No" \
        ELSE "Nah" \
        END \
        AS Age_above_35;
+---------------------+--------------+
| Name                | Age_above_35 |
+---------------------+--------------+
| "Tony Parker"       | "Yes"        |
+---------------------+--------------+
| "LaMarcus Aldridge" | "No"         |
+---------------------+--------------+
```

通用形式

语法

```
CASE
WHEN <condition> THEN <result>
```


2021 Vesoft Inc.

```
[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.age > 30 \
        RETURN v.name AS Name,  \
        CASE \
        WHEN v.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 $$.player.name AS Name, $$.player.age AS Age, \
        CASE $$.player.age \
        WHEN $$.player.age > 35 THEN "Yes" \
        ELSE "No" \
        END \
        AS Age_above_35;
+---------------------+-----+--------------+
| Name                | Age | Age_above_35 |
+---------------------+-----+--------------+
| "Tony Parker"       | 36  | "No"         |
+---------------------+-----+--------------+
| "LaMarcus Aldridge" | 33  | "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` 。

最后更新: 2021年5月19日

2021 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` 语法可以概括如下：

```
MATCH <pattern> [<WHERE clause>] RETURN <output>
```

MATCH工作流程

1. `MATCH` 语句使用原生索引查找起始点或边，起始点或边可以在模式的任何位置。即一个有效的 `MATCH` 语句，**必须有一个属性、Tag或Edge type已经创建索引，或者在 `WHERE` 子句中用id()函数指定了特定点的VID**。如何创建索引，请参见创建原生索引。
2. `MATCH` 语句在模式中搜索，寻找匹配的边或点。

> **Note**
>
> `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。详情请参见路径。

3. `MATCH` 语句根据 `RETURN` 子句检索数据。

openCypher兼容性

- nGQL不支持遍历所有点和边，例如 `MATCH (v) RETURN v` 。但是，建立相应Tag的索引后，可以遍历对应Tag的所有点，例如 `MATCH (v:T1) RETURN v` 。
- WHERE子句内不支持图模式。

使用模式（pattern）

前提条件

请确保 `MATCH` 语句有至少一个索引可用，或者其中指定了VID。如果需要创建索引，但是已经有相关的点、边或属性，用户必须在创建索引后重建索引，索引才能生效。

> **Caution**
>
> 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。

```
# 在Tag player的name属性和Edge type follow上创建索引。
nebula> CREATE TAG INDEX name ON player(name(20));
nebula> CREATE EDGE INDEX follow_index on follow();

# 重建索引使其生效。
nebula> REBUILD TAG INDEX name;
+------------+
| New Job Id |
+------------+
| 121        |
+------------+
```


2021 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               |
+---------------+---------------------+------------+-------------------------+-------------------------+
| 121           | "REBUILD_TAG_INDEX" | "FINISHED" | 2021-05-27T02:18:02.000 | 2021-05-27T02:18:02.000 |
+---------------+---------------------+------------+-------------------------+-------------------------+
| 0             | "storaged1"         | "FINISHED" | 2021-05-27T02:18:02.000 | 2021-05-27T02:18:02.000 |
+---------------+---------------------+------------+-------------------------+-------------------------+
| 1             | "storaged0"         | "FINISHED" | 2021-05-27T02:18:02.000 | 2021-05-27T02:18:02.000 |
+---------------+---------------------+------------+-------------------------+-------------------------+
| 2             | "storaged2"         | "FINISHED" | 2021-05-27T02:18:02.000 | 2021-05-27T02:18:02.000 |
+---------------+---------------------+------------+-------------------------+-------------------------+

nebula> SHOW JOB 122;
+---------------+---------------------+------------+-------------------------+-------------------------+
| Job Id(TaskId) | Command(Dest)       | Status     | Start Time              | Stop Time               |
+---------------+---------------------+------------+-------------------------+-------------------------+
| 122           | "REBUILD_EDGE_INDEX" | "FINISHED" | 2021-05-27T02:18:11.000 | 2021-05-27T02:18:11.000 |
+---------------+---------------------+------------+-------------------------+-------------------------+
| 0             | "storaged1"         | "FINISHED" | 2021-05-27T02:18:11.000 | 2021-05-27T02:18:21.000 |
+---------------+---------------------+------------+-------------------------+-------------------------+
| 1             | "storaged0"         | "FINISHED" | 2021-05-27T02:18:11.000 | 2021-05-27T02:18:21.000 |
+---------------+---------------------+------------+-------------------------+-------------------------+
| 2             | "storaged2"         | "FINISHED" | 2021-05-27T02:18:11.000 | 2021-05-27T02:18:21.000 |
+---------------+---------------------+------------+-------------------------+-------------------------+
```

匹配点

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

> **Note**
>
> 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。

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;
+------------------------------------------------------------+
| v                                                          |
+------------------------------------------------------------+
| ("player102" :player{age: 33, name: "LaMarcus Aldridge"})  |
+------------------------------------------------------------+
| ("player106" :player{age: 25, name: "Kyle Anderson"})      |
+------------------------------------------------------------+
| ("player115" :player{age: 40, name: "Kobe Bryant"})        |
+------------------------------------------------------------+
...
```

匹配点的属性

> **Note**
>
> 匹配点的属性的前提是 Tag 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{name: "Tim Duncan", age: 42}) |
+---------------------------------------------------+
```


2021 Vesoft Inc.

使用 `WHERE` 子句也可以实现相同的操作：

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

> **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.name:Tony Parker,player.age:36 |
+------------------------------------------------+
```

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{name: "Tony Parker", age: 36})      |
+----------------------------------------------------------+
| ("player102" :player{name: "LaMarcus Aldridge", age: 33}) |
+----------------------------------------------------------+
| ("player101" :player{name: "Tony Parker", age: 36})      |
+----------------------------------------------------------+
```

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。

> **历史版本兼容性**
>
> 在nGQL 1.x中，`--` 符号用于行内注释，在nGQL 2.x中，`--` 符号表示出边或入边，不再用于注释。

```
nebula> MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"})--(v2) \
        RETURN v2.name AS Name;
+---------------------+
| Name                |
+---------------------+
| "Tony Parker"       |
+---------------------+
| "LaMarcus Aldridge" |
+---------------------+
| "Marco Belinelli"   |
+---------------------+
| "Danny Green"       |
+---------------------+
| "Aron Baynes"       |
+---------------------+
...
```

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) \
        RETURN v2.name AS Name;
+-----------------+
| Name            |
+-----------------+
| "Spurs"         |
+-----------------+
| "Tony Parker"   |
+-----------------+
```


2021 Vesoft Inc.

```
| "Manu Ginobili" |
+----------------+
```

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.name AS Name;
+--------------------+
| Name               |
+--------------------+
| "Tony Parker"      |
+--------------------+
| "Tiago Splitter"   |
+--------------------+
| "Dejounte Murray"  |
+--------------------+
| "Tony Parker"      |
+--------------------+
| "LaMarcus Aldridge" |
+--------------------+
...
```

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.name AS Name;
+--------------------+
| Name               |
+--------------------+
| "Tony Parker"      |
+--------------------+
| "LaMarcus Aldridge" |
+--------------------+
| "Rudy Gay"         |
+--------------------+
| "Danny Green"      |
+--------------------+
| "Kyle Anderson"    |
+--------------------+
...
```

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。

```
nebula> MATCH p=(v:player{name:"Tim Duncan"})-->(v2) \
        RETURN p;
+------------------------------------------+
| p                                        |
+------------------------------------------+
| <("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"})> |
+------------------------------------------+
| <("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"})-[:serve@0 {end_year: 2016, start_year: 1997}]->("team204" :team{name: "Spurs"})> |
+------------------------------------------+
```

> **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

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]-`。

```
nebula> MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"})-[e]-(v2) \
        RETURN e;
+------------------------------------------------------------------------+
| e                                                                      |
+------------------------------------------------------------------------+
| [:follow "player101"->"player100" @0 {degree: 95}]                     |
+------------------------------------------------------------------------+
| [:follow "player102"->"player100" @0 {degree: 75}]                     |
+------------------------------------------------------------------------+
| [:serve "player100"->"team204" @0 {end_year: 2016, start_year: 1997}]  |
+------------------------------------------------------------------------+
...
```


2021 Vesoft Inc.

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]-` 。

```
nebula> MATCH ()-[e:follow]-() \
        RETURN e;
+-----------------------------------------------------+
| e                                                   |
+-----------------------------------------------------+
| [:follow "player113"->"player119" @0 {degree: 99}]  |
+-----------------------------------------------------+
| [:follow "player130"->"player149" @0 {degree: 80}]  |
+-----------------------------------------------------+
| [:follow "player149"->"player130" @0 {degree: 80}]  |
+-----------------------------------------------------+
| [:follow "player136"->"player117" @0 {degree: 90}]  |
+-----------------------------------------------------+
| [:follow "player142"->"player117" @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}]  |
+-----------------------------------------------------+
| [: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]` 。

```
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                                                    |
+-----------------------------------+-------------------------------------------------------+
| ("player204" :team{name: "Spurs"}) | ("player101" :player{name: "Tony Parker", age: 36})   |
+-----------------------------------+-------------------------------------------------------+
| ("player204" :team{name: "Spurs"}) | ("player102" :player{name: "LaMarcus Aldridge", age: 33}) |
+-----------------------------------+-------------------------------------------------------+
| ("player204" :team{name: "Spurs"}) | ("player103" :player{age: 32, name: "Rudy Gay"})      |
+-----------------------------------+-------------------------------------------------------+
...
```

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。

2021 Vesoft Inc.

```
nebula> MATCH p=(v:player{name:"Tim Duncan"})-[e:follow*2]->(v2) \
        RETURN DISTINCT v2 AS Friends;
+-------------------------------------------------------+
| Friends                                               |
+-------------------------------------------------------+
| ("player100" :player{name: "Tim Duncan", age: 42})       |
+-------------------------------------------------------+
| ("player102" :player{name: "LaMarcus Aldridge", age: 33}) |
+-------------------------------------------------------+
| ("player125" :player{name: "Manu Ginobili", age: 41})    |
+-------------------------------------------------------+
```

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。

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`	必选项。表示路径的最大长度。`maxHop` 必须是一个非负整数，没有默认值。

> **openCypher兼容性**
>
> 在openCypher中，`maxHop` 是可选项，默认为无穷大。当没有设置时，`..` 可以省略。在nGQL中，`maxHop` 是必选项，而且 `..` 不可以省略。

```
nebula> MATCH p=(v:player{name:"Tim Duncan"})-[e:follow*1..3]->(v2) \
        RETURN v2 AS Friends;
+-------------------------------------------------------+
| Friends                                               |
+-------------------------------------------------------+
| ("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"})       |
+-------------------------------------------------------+
| ("player101" :player{age: 36, name: "Tony Parker"})      |
+-------------------------------------------------------+
| ("player125" :player{age: 41, name: "Manu Ginobili"})    |
+-------------------------------------------------------+
| ("player102" :player{age: 33, name: "LaMarcus Aldridge"}) |
+-------------------------------------------------------+
```

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) |
+-------------------------------------------------------+-----------+
| ("player125" :player{age: 41, name: "Manu Ginobili"})    | 3         |
+-------------------------------------------------------+-----------+
| ("player102" :player{age: 33, name: "LaMarcus Aldridge"}) | 1         |
+-------------------------------------------------------+-----------+
| ("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"})       | 4         |
+-------------------------------------------------------+-----------+
| ("player101" :player{age: 36, name: "Tony Parker"})      | 3         |
+-------------------------------------------------------+-----------+
```

如果 `minHop` 为 `0`，模式会匹配路径上的起始点。与上个示例相比，下面的示例设置 `minHop` 为 `0`，因为它是起始点，所以结果集中 `"Tim Duncan"` 比上个示例多计算一次。

```
nebula> MATCH p=(v:player{name:"Tim Duncan"})-[e:follow*0..3]->(v2:player) \
        RETURN DISTINCT v2 AS Friends, count(v2);
+-------------------------------------------------------+-----------+
| Friends                                               | count(v2) |
+-------------------------------------------------------+-----------+
| ("player125" :player{age: 41, name: "Manu Ginobili"})    | 3         |
+-------------------------------------------------------+-----------+
| ("player101" :player{age: 36, name: "Tony Parker"})      | 3         |
```


2021 Vesoft Inc.

```
+-------------------------------------------------------------+-----------+
| ("player102" :player{age: 33, name: "LaMarcus Aldridge"}) | 1         |
+-------------------------------------------------------------+-----------+
| ("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"})        | 5         |
+-------------------------------------------------------------+-----------+
```

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                                                          |
+-------------------------------------------------------------+
| ("player100" :player{name: "Tim Duncan", age: 42})        |
+-------------------------------------------------------------+
| ("player102" :player{name: "LaMarcus Aldridge", age: 33}) |
+-------------------------------------------------------------+
| ("player125" :player{name: "Manu Ginobili", age: 41})     |
+-------------------------------------------------------------+
| ("player204" :team{name: "Spurs"})                        |
+-------------------------------------------------------------+
| ("player215" :team{name: "Hornets"})                      |
+-------------------------------------------------------------+
```

常用检索操作

检索点或边的信息

使用 `RETURN {<vertex_name> | <edge_name>}` 检索点或边的所有信息。

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

nebula> MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"})-[e]->(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}]  |
+------------------------------------------------------------------------+
```

检索点ID

使用 `id()` 函数检索点ID。

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

检索TAG

使用 `labels()` 函数检索点上的Tag列表。

```
nebula> MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"}) \
        RETURN labels(v);
+------------+
| labels(v)  |
+------------+
| ["player"] |
+------------+
```

检索列表 `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];
+-------------+
```


2021 Vesoft Inc.

```
| labels(v)[0] |
+--------------+
| "player"     |
+--------------+
```

检索点或边的单个属性

使用 `RETURN {<vertex_name> | <edge_name>}.<property>` 检索单个属性。

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

使用 `AS` 设置属性的别名。

```
nebula> MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"}) \
        RETURN v.age AS Age;
+-----+
| Age |
+-----+
| 42  |
+-----+
```

检索点或边的所有属性

使用 `properties()` 函数检索点或边的所有属性。

```
nebula> MATCH p=(v:player{name:"Tim Duncan"})-[]->(v2) \
        RETURN properties(v2);
+-----------------------------------+
| properties(v2)                    |
+-----------------------------------+
| {"name":"Spurs"}                  |
+-----------------------------------+
| {"name":"Tony Parker", "age":36}  |
+-----------------------------------+
| {"age":41, "name":"Manu Ginobili"} |
+-----------------------------------+
```

检索EDGE TYPE

使用 `type()` 函数检索匹配的Edge type。

```
nebula> MATCH p=(v:player{name:"Tim Duncan"})-[e]->() \
        RETURN DISTINCT type(e);
+----------+
| type(e)  |
+----------+
| "follow" |
+----------+
| "serve"  |
+----------+
```

检索路径

使用 `RETURN <path_name>` 检索匹配路径的所有信息。

```
nebula> MATCH p=(v:player{name:"Tim Duncan"})-[*3]->() \
        RETURN p;
+------------------------------
```

```
nebula> MATCH p=(v:player{name:"Tim Duncan"})-[]->(v2) \
        RETURN nodes(p);
+-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
| nodes(p)                                                                                                              |
+-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
| [("player100" :star{} :player{age: 42, name: "Tim Duncan"}), ("player204" :team{name: "Spurs"})]                     |
+-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
| [("player100" :star{} :player{age: 42, name: "Tim Duncan"}), ("player101" :player{name: "Tony Parker", age: 36})]    |
+-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
| [("player100" :star{} :player{age: 42, name: "Tim Duncan"}), ("player125" :player{name: "Manu Ginobili", age: 41})] |
+-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
```

检索路径中的边

使用 `relationships()` 函数检索路径中的所有边。

```
nebula> MATCH p=(v:player{name:"Tim Duncan"})-[]->(v2) \
        RETURN relationships(p);
+-------------------------------------------------------------------------+
| relationships(p)                                                        |
+-------------------------------------------------------------------------+
| [[:follow "player100"->"player101" @0 {degree: 95}]]                    |
+-------------------------------------------------------------------------+
| [[:follow "player100"->"player125" @0 {degree: 95}]]                    |
+-------------------------------------------------------------------------+
| [[:serve "player100"->"team204" @0 {end_year: 2016, start_year: 1997}]] |
+-------------------------------------------------------------------------+
```

检索路径长度

使用 `length()` 函数检索路径的长度。

```
nebula> MATCH p=(v:player{name:"Tim Duncan"})-[*..2]->(v2) \
        RETURN p AS Paths, length(p) AS Length;
+-----------------------------------------------------------------------+--------+
| Paths                                                                 | Length |
+-----------------------------------------------------------------------+--------+
| <("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      |
+-----------------------------------------------------------------------+--------+
|  <("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"})-[: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"})-[:follow@0 {degree: 95}]->("player125" :player{age: 41,
name: "Manu Ginobili"})>     | 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}]->("player100" :player{age: 42,
name: "Tim Duncan"})>        | 2      |
+-----------------------------------------------------------------------+--------+
| <("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"})-[:serve@0 {end_year: 2016, start_year: 1997}]->("team204" :team{name:
"Spurs"})>                                                              | 1      |
+-----------------------------------------------------------------------+--------+
| <("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"})-[:follow@0 {degree: 95}]->("player125" :player{age: 41, name: "Manu
Ginobili"})>                                                              | 1      |
+-----------------------------------------------------------------------+--------+
```

性能提示

Nebula Graph 2.5.0 中 `MATCH` 语句未进行资源占用和性能调优。较简单的逻辑可以使用 `GO`, `LOOKUP`, `|` 和 `FETCH` 等来替代。

最后更新: 2021年7月19日

2021 Vesoft Inc.

4.6.2 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。

前提条件

请确保 `LOOKUP` 语句有至少一个索引可用。如果需要创建索引，但是已经有相关的点、边或属性，用户必须在创建索引后重建索引，才能使其生效。

> **Caution**
>
> 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。

语法

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

<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 <return_list>` ：指定要返回的结果和格式。
- 如果只有 `WHERE` 子句，没有 `YIELD` 子句：
  - `LOOKUP` Tag时，返回点ID。
  - `LOOKUP` Edge type时，返回起始点ID、目的点ID和rank。

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。
- 字符串类型索引不支持范围扫描。
- 不支持XOR和NOT运算符。

检索点

返回Tag为 `player` 且 `name` 为 `Tony Parker` 的点。

```
nebula> CREATE TAG INDEX index_player ON player(name(30), age);

nebula> REBUILD TAG INDEX index_player;
```


2021 Vesoft Inc.

```
+------------+
| New Job Id |
+------------+
| 15         |
+------------+

nebula> LOOKUP ON player WHERE player.name == "Tony Parker";
===========
| VertexID |
===========
| 101      |
-----------

nebula> LOOKUP ON player WHERE player.name == "Tony Parker" \
        YIELD player.name, player.age;
=====================================
| VertexID | player.name | player.age |
=====================================
| 101      | Tony Parker | 36         |
-------------------------------------

nebula> LOOKUP ON player WHERE player.name == "Kobe Bryant" YIELD player.name AS name \
        | GO FROM $-.VertexID OVER serve \
        YIELD $-.name, serve.start_year, serve.end_year, $$.team.name;
==================================================================
| $-.name     | serve.start_year | serve.end_year | $$.team.name |
==================================================================
| Kobe Bryant | 1996             | 2016           | Lakers       |
------------------------------------------------------------------
```

检索边

返回Edge type为 `follow` 且 `degree` 为 `90` 的边。

```
nebula> CREATE EDGE INDEX index_follow ON follow(degree);

nebula> REBUILD EDGE INDEX index_follow;
+------------+
| New Job Id |
+------------+
| 62         |
+------------+

nebula> LOOKUP ON follow WHERE follow.degree == 90;
+-------------+-------------+---------+
| SrcVID      | DstVID      | Ranking |
+-------------+-------------+---------+
| "player101" | "player102" | 0       |
+-------------+-------------+---------+
| "player133" | "player114" | 0       |
+-------------+-------------+---------+
| "player133" | "player144" | 0       |
+-------------+-------------+---------+
...

nebula> LOOKUP ON follow WHERE follow.degree == 90 YIELD follow.degree;
+-------------+-------------+---------+---------------+
| SrcVID      | DstVID      | Ranking | follow.degree |
+-------------+-------------+---------+---------------+
| "player101" | "player102" | 0       | 90            |
+-------------+-------------+---------+---------------+
| "player133" | "player114" | 0       | 90            |
+-------------+-------------+---------+---------------+
| "player133" | "player144" | 0       | 90            |
+-------------+-------------+---------+---------------+
...

nebula> LOOKUP ON follow WHERE follow.degree == 60 YIELD follow.degree AS Degree \
        | GO FROM $-.DstVID OVER serve \
        YIELD $-.DstVID, serve.start_year, serve.end_year, $$.team.name;
+-------------+------------------+----------------+--------------+
| $-.DstVID   | serve.start_year | serve.end_year | $$.team.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。

2021 Vesoft Inc.

例如一个Tag `player` 有两个属性 `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 player(name string,age int);

nebula> CREATE TAG INDEX 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;
+-------------+
| _vid        |
+-------------+
| "player100" |
+-------------+
| "player101" |
+-------------+
```

- 查找Edge type为 `like` 的所有边的信息。

```
nebula> CREATE EDGE like(likeness int);

nebula> CREATE EDGE INDEX like_index on like();

nebula> REBUILD EDGE INDEX like_index;
+------------+
| New Job Id |
+------------+
| 88         |
+------------+

nebula> INSERT EDGE like(likeness) values "player100"->"player101":(95);

# 列出所有的 like 边。类似于 MATCH (s)-[e:like]->(d) RETURN id(s), rank(e), id(d) /*, type(e) */

nebula)> LOOKUP ON like;
+-------------+----------+-------------+
| _src        | _ranking | _dst        |
+-------------+----------+-------------+
| "player100" | 0        | "player101" |
+-------------+----------+-------------+
```

统计点或边

统计Tag为 `player` 的点和Edge type为 `like` 的边。

```
nebula> LOOKUP ON player | YIELD COUNT(*) AS Player_Number;
+---------------+
| Player_Number |
+---------------+
| 2             |
+---------------+

nebula> LOOKUP ON like | YIELD COUNT(*) AS Like_Number;
+-------------+
| Like_Number |
+-------------+
| 1           |
+-------------+
```

> **Note**
>
> 使用 `show-stats` 命令也可以统计点和边。

最后更新: 2021年6月24日

2021 Vesoft Inc.

4.6.3 GO

`GO` 用指定的过滤条件遍历图，并返回结果。

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>]
[| ORDER BY <expression> [{ASC | DESC}]]
[| LIMIT [<offset_value>,] <number_rows>]

GO [[<M> TO] <N> STEPS ] FROM <vertex_list>
OVER <edge_type_list> [{REVERSELY | BIDIRECT}]
[ WHERE <conditions> ]
[| GROUP BY {col_name | expr | position} YIELD <col_name>]

<vertex_list> ::=
    <vid> [, <vid> ...]

<edge_type_list> ::=
   edge_type [, edge_type ...]
   | *
```


2021 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。

> **Note**
>
> `GO` 语句采用的路径类型是 `walk` ，即遍历时点和边可以重复。详情请参见路径。

- `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` 。详情请参见管道符。
- `<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， `REVERSELY` 表示反向，即检索入边， `BIDIRECT` 表示双向，即检索出边和入边。
- `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。详情请参见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>` ：指定输出结果。详情请参见YIELD。如果没有指定，默认返回目的点ID。
- `ORDER BY` ：指定输出结果的排序规则。详情请参见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` ：限制输出结果的行数。详情请参见LIMIT。
- `GROUP BY` ：根据指定属性的值将输出分组。详情请参见GROUP BY。

示例

```
# 返回player102所属队伍。
nebula> GO FROM "player102" OVER serve;
+------------+
| serve._dst |
+------------+
| "team203"  |
+------------+
| "team204"  |
+------------+
```

```
# 返回距离player102两跳的朋友。
nebula> GO 2 STEPS FROM "player102" OVER follow;
+-------------+
| follow._dst |
+-------------+
| "player101" |
+-------------+
| "player125" |
+-------------+
...
```

```
# 添加过滤条件。
nebula> GO FROM "player100", "player102" OVER serve \
        WHERE serve.start_year > 1995 \
        YIELD DISTINCT $$.team.name AS team_name, serve.start_year AS start_year, $^.player.name AS player_name;
+-----------------+------------+--------------------+
| team_name       | start_year | player_name        |
+-----------------+------------+--------------------+
| "Spurs"         | 1997       | "Tim Duncan"       |
```


2021 Vesoft Inc.

```
+-----------------+------------+--------------------+
| "Trail Blazers" | 2006       | "LaMarcus Aldridge" |
+-----------------+------------+--------------------+
| "Spurs"         | 2015       | "LaMarcus Aldridge" |
+-----------------+------------+--------------------+
```

```
# 遍历多个Edge type。属性没有值时，会显示__EMPTY__。
nebula> GO FROM "player100" OVER follow, serve \
        YIELD follow.degree, serve.start_year;
+---------------+------------------+
| follow.degree | serve.start_year |
+---------------+------------------+
| 95            | __EMPTY__        |
+---------------+------------------+
| 95            | __EMPTY__        |
+---------------+------------------+
| __EMPTY__     | 1997             |
+---------------+------------------+
```

```
# 返回player100的入边。
nebula> GO FROM "player100" OVER follow REVERSELY \
        YIELD follow._dst 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 follow._dst AS id | \
        GO FROM $-.id OVER serve \
        WHERE $^.player.age > 20 \
        YIELD $^.player.name AS FriendOf, $$.team.name AS Team;
+---------------------+-----------------+
| FriendOf            | Team            |
+---------------------+-----------------+
| "Tony Parker"       | "Spurs"         |
+---------------------+-----------------+
| "Tony Parker"       | "Hornets"       |
+---------------------+-----------------+
...

# 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.name AS FriendOf, v3.name AS Team;
+---------------------+-----------------+
| FriendOf            | Team            |
+---------------------+-----------------+
| "Tony Parker"       | "Spurs"         |
+---------------------+-----------------+
| "Tony Parker"       | "Hornets"       |
+---------------------+-----------------+
...
```

```
# 返回player102的出边和入边。
nebula> GO FROM "player102" OVER follow BIDIRECT \
        YIELD follow._dst AS both;
+-------------+
| both        |
+-------------+
| "player100" |
+-------------+
| "player101" |
+-------------+
...

# 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)== "player102" \
        RETURN id(v2) AS both;
+-------------+
| both        |
+-------------+
| "player101" |
```


2021 Vesoft Inc.

```
+-------------+
| "player103" |
+-------------+
...
```

```
# 查询player100 1~2跳内的朋友。
nebula> GO 1 TO 2 STEPS FROM "player100" OVER follow \
        YIELD follow._dst 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 follow._src AS src, follow._dst AS dst, $$.player.age AS age \
        | 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 follow._src AS src, follow._dst AS dst; \
        GO 2 STEPS FROM $a.dst OVER follow \
        YIELD $a.src AS src, $a.dst, follow._src, follow._dst \
        | ORDER BY $-.src | OFFSET 1 LIMIT 2;
+-------------+-------------+-------------+-------------+
| src         | $a.dst      | follow._src | follow._dst |
+-------------+-------------+-------------+-------------+
| "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 * WHERE $$.player.name IS NOT EMPTY YIELD follow._dst;
+-------------+
| follow._dst |
+-------------+
| "player125" |
+-------------+
| "player101" |
+-------------+
```

最后更新: 2021年6月23日

2021 Vesoft Inc.

4.6.4 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 <output>]
```

参数	说明
`tag_name`	Tag名称。
`*`	表示当前图空间中的所有Tag。
`vid`	点ID。
`output`	指定要返回的信息。详情请参见 `YIELD` 。如果没有 `YIELD` 子句，将返回所有匹配的信息。

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";
+--------------------------------------------------+
| vertices_                                        |
+--------------------------------------------------+
| ("player100" :player{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 player.name;
+-------------+--------------+
| VertexID    | player.name  |
+-------------+--------------+
| "player100" | "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";
+-------------------------------------------------------+
| vertices_                                             |
+-------------------------------------------------------+
| ("player101" :player{age: 36, name: "Tony Parker"})   |
+-------------------------------------------------------+
| ("player102" :player{age: 33, name: "LaMarcus Aldridge"}) |
+-------------------------------------------------------+
| ("player103" :player{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 t1(a string, b int);
```


2021 Vesoft Inc.

```
# 为点player100添加Tag t1。
nebula> INSERT VERTEX t1(a, b) VALUE "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";
+------------------------------------------------------------------------------+
| vertices_                                                                    |
+------------------------------------------------------------------------------+
| ("player100" :t1{a: "Hello", b: 100} :player{age: 42, name: "Tim Duncan"}) |
+------------------------------------------------------------------------------+
```

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";
+------------------------------------------------------------------------------+
| vertices_                                                                    |
+------------------------------------------------------------------------------+
| ("player100" :t1{a: "Hello", b: 100} :player{age: 42, name: "Tim Duncan"}) |
+------------------------------------------------------------------------------+
| ("player103" :player{age: 32, name: "Rudy Gay"})                             |
+------------------------------------------------------------------------------+
```

获取点上所有属性值

在 `FETCH` 语句中使用 `*` 获取点上所有属性值。

```
nebula> FETCH PROP ON * "player100", "player106", "team200";
+------------------------------------------------------------------------------+
| vertices_                                                                    |
+------------------------------------------------------------------------------+
| ("player106" :player{age: 25, name: "Kyle Anderson"})                        |
+------------------------------------------------------------------------------+
| ("team200" :team{name: "Warriors"})                                          |
+------------------------------------------------------------------------------+
| ("player100" :t1{a: "Hello", b: 100} :player{age: 42, name: "Tim Duncan"}) |
+------------------------------------------------------------------------------+
```

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。
`output`	指定要返回的信息。详情请参见 `YIELD` 。如果没有 `YIELD` 子句，将返回所有匹配的信息。

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";
+------------------------------------------------------------------------+
| edges_                                                                 |
+------------------------------------------------------------------------+
| [:serve "player100"->"team204" @0 {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 serve.start_year;
+-------------+------------+-------------+------------------+
| serve._src  | serve._dst | serve._rank | serve.start_year |
+-------------+------------+-------------+------------------+
```


2021 Vesoft Inc.

```
| "player100" | "team204"  | 0           | 1997            |
+-------------+------------+-------------+-----------------+
```

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";
+----------------------------------------------------------------------+
| edges_                                                               |
+----------------------------------------------------------------------+
| [: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";
+----------------------------------------------------------------------+
| edges_                                                               |
+----------------------------------------------------------------------+
| [: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;
+----------------------------------------------------------------------+
| edges_                                                               |
+----------------------------------------------------------------------+
| [: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 follow._src AS s, follow._dst AS d \
        | FETCH PROP ON follow $-.s -> $-.d \
        YIELD follow.degree;
+-------------+-------------+--------------+---------------+
| follow._src | follow._dst | follow._rank | follow.degree |
+-------------+-------------+--------------+---------------+
| "player101" | "player100" | 0            | 95            |
+-------------+-------------+--------------+---------------+
| "player101" | "player102" | 0            | 90            |
+-------------+-------------+--------------+---------------+
| "player101" | "player125" | 0            | 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 follow._src AS s, follow._dst AS d; \
        FETCH PROP ON follow $var.s -> $var.d \
        YIELD follow.degree;
+-------------+-------------+--------------+---------------+
| follow._src | follow._dst | follow._rank | follow.degree |
+-------------+-------------+--------------+---------------+
| "player101" | "player100" | 0            | 95            |
+-------------+-------------+--------------+---------------+
| "player101" | "player102" | 0            | 90            |
+-------------+-------------+--------------+---------------+
| "player101" | "player125" | 0            | 95            |
+-------------+-------------+--------------+---------------+
```

更多复合语句的详情，请参见复合查询（子句结构）。

2021 Vesoft Inc.

最后更新: 2021年6月23日

2021 Vesoft Inc.

4.6.5 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);
+------------------
```

最后更新: 2021年6月23日

2021 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: 2021年3月29日

2021 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` 。
- `utf8mb4_bin` 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: 2021年3月29日

2021 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: 2021年6月23日

2021 Vesoft Inc.

SHOW HOSTS

`SHOW HOSTS` 语句可以显示Graph、Storage、Meta服务主机信息、版本信息。

语法

```
SHOW HOSTS [GRAPH | STORAGE | META];
```

不添加服务名，直接使用 `SHOW HOSTS` ，会显示Storage服务主机信息，以及leader总数、leader分布和分片分布。

示例

```
nebula> SHOW HOSTS;
+-------------+-------+----------+--------------+---------------------------------+----------------------------+
| Host        | Port  | Status   | Leader count | Leader distribution             | Partition distribution     |
+-------------+-------+----------+--------------+---------------------------------+----------------------------+
| "storaged0" | 9779  | "ONLINE" | 8            | "docs:5, basketballplayer:3"    | "docs:5, basketballplayer:3"|
+-------------+-------+----------+--------------+---------------------------------+----------------------------+
| "storaged1" | 9779  | "ONLINE" | 9            | "basketballplayer:4, docs:5"    | "docs:5, basketballplayer:4"|
+-------------+-------+----------+--------------+---------------------------------+----------------------------+
| "storaged2" | 9779  | "ONLINE" | 8            | "basketballplayer:3, docs:5"    | "docs:5, basketballplayer:3"|
+-------------+-------+----------+--------------+---------------------------------+----------------------------+
Got 3 rows (time spent 866/1411 us)

nebula> SHOW HOSTS GRAPH;
+-----------+------+----------+---------+--------------+-------------------------------------------+
| Host      | Port | Status   | Role    | Git Info Sha | Version                                   |
+-----------+------+----------+---------+--------------+-------------------------------------------+
| "graphd"  | 9669 | "ONLINE" | "GRAPH" | "5368115"    | "5368115, Build Time: Jul 19 2021 02:31:12" |
+-----------+------+----------+---------+--------------+-------------------------------------------+
| "graphd1" | 9669 | "ONLINE" | "GRAPH" | "5368115"    | "5368115, Build Time: Jul 19 2021 02:31:12" |
+-----------+------+----------+---------+--------------+-------------------------------------------+
| "graphd2" | 9669 | "ONLINE" | "GRAPH" | "5368115"    | "5368115, Build Time: Jul 19 2021 02:31:12" |
+-----------+------+----------+---------+--------------+-------------------------------------------+

nebula> SHOW HOSTS STORAGE;
+-------------+------+----------+-----------+--------------+-------------------------------------------+
| Host        | Port | Status   | Role      | Git Info Sha | Version                                   |
+-------------+------+----------+-----------+--------------+-------------------------------------------+
| "storaged0" | 9779 | "ONLINE" | "STORAGE" | "0dfa699"    | "0dfa699, Build Time: Jul 19 2021 02:22:45" |
+-------------+------+----------+-----------+--------------+-------------------------------------------+
| "storaged1" | 9779 | "ONLINE" | "STORAGE" | "0dfa699"    | "0dfa699, Build Time: Jul 19 2021 02:22:45" |
+-------------+------+----------+-----------+--------------+-------------------------------------------+
| "storaged2" | 9779 | "ONLINE" | "STORAGE" | "0dfa699"    | "0dfa699, Build Time: Jul 19 2021 02:22:45" |
+-------------+------+----------+-----------+--------------+-------------------------------------------+

nebula> SHOW HOSTS META;
+----------+------+----------+--------+--------------+-------------------------------------------+
| Host     | Port | Status   | Role   | Git Info Sha | Version                                   |
+----------+------+----------+--------+--------------+-------------------------------------------+
| "metad2" | 9559 | "ONLINE" | "META" | "0dfa699"    | "0dfa699, Build Time: Jul 19 2021 02:23:49" |
+----------+------+----------+--------+--------------+-------------------------------------------+
| "metad0" | 9559 | "ONLINE" | "META" | "0dfa699"    | "0dfa699, Build Time: Jul 19 2021 02:23:49" |
+----------+------+----------+--------+--------------+-------------------------------------------+
| "metad1" | 9559 | "ONLINE" | "META" | "0dfa699"    | "0dfa699, Build Time: Jul 19 2021 02:23:49" |
+----------+------+----------+--------+--------------+-------------------------------------------+
```

最后更新: 2021年7月21日

2021 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 |
+----------------+--------------+
| "like_index_0" | "FINISHED"   |
+----------------+--------------+
| "like1"        | "FINISHED"   |
+----------------+--------------+

nebula> SHOW EDGE INDEX STATUS;
+----------------+--------------+
| Name           | Index Status |
+----------------+--------------+
| "index_follow" | "FINISHED"   |
+----------------+--------------+
```

相关文档

- 管理作业
- REBUILD NATIVE INDEX

最后更新: 2021年3月29日

2021 Vesoft Inc.

SHOW INDEXES

`SHOW INDEXES` 语句显示现有的原生索引。

语法

```
SHOW {TAG | EDGE} INDEXES;
```

示例

```
nebula> SHOW TAG INDEXES;
+------------------+
| Names            |
+------------------+
| "play_age_0"     |
+------------------+
| "player_index_0" |
+------------------+

nebula> SHOW EDGE INDEXES;
+----------------+
| Names          |
+----------------+
| "index_follow" |
+----------------+
```

最后更新: 2021年3月29日

2021 Vesoft Inc.

SHOW PARTS

`SHOW PARTS` 语句显示图空间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            | "storaged1:44500" | "storaged1:44500" | ""    |
+--------------+------------------+------------------+-------+
| 2            | "storaged2:44500" | "storaged2:44500" | ""    |
+--------------+------------------+------------------+-------+
| 3            | "storaged0:44500" | "storaged0:44500" | ""    |
+--------------+------------------+------------------+-------+
| 4            | "storaged1:44500" | "storaged1:44500" | ""    |
+--------------+------------------+------------------+-------+
| 5            | "storaged2:44500" | "storaged2:44500" | ""    |
+--------------+------------------+------------------+-------+
| 6            | "storaged0:44500" | "storaged0:44500" | ""    |
+--------------+------------------+------------------+-------+
| 7            | "storaged1:44500" | "storaged1:44500" | ""    |
+--------------+------------------+------------------+-------+
| 8            | "storaged2:44500" | "storaged2:44500" | ""    |
+--------------+------------------+------------------+-------+
| 9            | "storaged0:44500" | "storaged0:44500" | ""    |
+--------------+------------------+------------------+-------+
| 10           | "storaged1:44500" | "storaged1:44500" | ""    |
+--------------+------------------+------------------+-------+

nebula> SHOW PARTS 1;
+--------------+------------------+------------------+-------+
| Partition ID | Leader           | Peers            | Losts |
+--------------+------------------+------------------+-------+
| 1            | "storaged1:44500" | "storaged1:44500" | ""    |
+--------------+------------------+------------------+-------+
```

最后更新: 2021年3月29日

2021 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: 2021年4月13日

2021 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: 2021年3月29日

2021 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: 2021年4月13日

2021 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  |
+----------------+---------------+------------+------------+------------+
| 98             | "STATS"       | "FINISHED" | 1606552675 | 1606552675 |
+----------------+---------------+------------+------------+------------+
| 0              | "storaged2"   | "FINISHED" | 1606552675 | 1606552675 |
+----------------+---------------+------------+------------+------------+
| 1              | "storaged0"   | "FINISHED" | 1606552675 | 1606552675 |
+----------------+---------------+------------+------------+------------+
| 2              | "storaged1"   | "FINISHED" | 1606552675 | 1606552675 |
+----------------+---------------+------------+------------+------------+

# 显示图空间统计信息。
nebula> SHOW STATS;
+---------+------------+-------+
| Type    | Name       | Count |
+---------+------------+-------+
| "Tag"   | "player"   | 51    |
+---------+------------+-------+
| "Tag"   | "team"     | 30    |
+---------+------------+-------+
| "Edge"  | "like"     | 81    |
+---------+------------+-------+
| "Edge"  | "serve"    | 152   |
+---------+------------+-------+
| "Space" | "vertices" | 81    |
+---------+------------+-------+
| "Space" | "edges"    | 233   |
+---------+------------+-------+
```

最后更新: 2021年6月23日

2021 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    |
+---------+
| "like"  |
+---------+
| "serve" |
+---------+
```

最后更新: 2021年6月23日

2021 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 |
+---------+
| "root"  |
+---------+
| "user1" |
+---------+
```

最后更新: 2021年3月29日

2021 Vesoft Inc.

SHOW SESSIONS

`SHOW SESSIONS` 语句显示所有会话信息，也可以指定会话ID进行查看。

注意事项

使用Nebula Console登录数据库时，会创建一个会话，操作结束执行 `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)。

语法

```
SHOW SESSIONS;
SHOW SESSION <Session_Id>;
```

示例

```
nebula> SHOW SESSIONS;
+------------------+----------+--------------------+----------------------------+----------------------------+---------------+----------+----------------+
| SessionId        | UserName | SpaceName          | CreateTime                 | UpdateTime                 | GraphAddr     | Timezone | ClientIp       |
+------------------+----------+--------------------+----------------------------+----------------------------+---------------+----------+----------------+
| 1623305056644097 | "user1"  | ""                 | 2021-06-10T06:04:16.644097 | 2021-06-10T06:04:16.638039 | "graphd:9669" | 0        | "172.22.xx.xx" |
+------------------+----------+--------------------+----------------------------+----------------------------+---------------+----------+----------------+
| 1623304491050858 | "root"   | "basketballplayer" | 2021-06-10T05:54:51.50858  | 2021-06-10T06:17:31.5417   | "graphd:9669" | 0        | "172.22.xx.xx" |
+------------------+----------+--------------------+----------------------------+----------------------------+---------------+----------+----------------+

nebula> SHOW SESSION 1623304491050858;
+--------------+----------------------------+
| VariableName | Value                      |
+--------------+----------------------------+
| "SessionID"  | 1623304491050858           |
+--------------+----------------------------+
| "UserName"   | "root"                     |
+--------------+----------------------------+
| "SpaceName"  | "basketballplayer"         |
+--------------+----------------------------+
| "CreateTime" | 2021-06-10T05:54:51.50858  |
+--------------+----------------------------+
| "UpdateTime" | 2021-06-10T06:17:34.866137 |
+--------------+----------------------------+
| "GraphAddr"  | "graphd:9669"              |
+--------------+----------------------------+
| "Timezone"   | 0                          |
+--------------+----------------------------+
| "ClientIp"   | "172.22.xx.xx"             |
+--------------+----------------------------+
```

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: 2021年6月15日

2021 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 QUERIES` 从本地缓存获取当前Session中查询的状态，几乎没有延迟。
- `SHOW ALL 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 [ALL] QUERIES;
```

示例

```
nebula> SHOW 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 QUERIES;" |
+------------------+-----------------+--------+----------------------+----------------------------+----------------+-----------+-----------------+

nebula> SHOW ALL 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 ALL 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: 2021年7月20日

2021 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.name AS Name, count(*) as cnt ORDER BY cnt DESC
+----------------------+--------------+
| Name                 | Follower_Num |
+----------------------+--------------+
| "Tim Duncan"         | 10           |
+----------------------+--------------+
| "LeBron James"       | 6            |
+----------------------+--------------+
| "Tony Parker"        | 5            |
+----------------------+--------------+
| "Manu Ginobili"      | 4            |
+----------------------+--------------+
| "Chris Paul"         | 4            |
+----------------------+--------------+
| "Tracy McGrady"      | 3            |
+----------------------+--------------+
| "Dwyane Wade"        | 3            |
+----------------------+--------------+
...
```

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 $$.player.name as Name \
        | GROUP BY $-.Name \
        YIELD $-.Name as Player, count(*) AS Name_Count;
+--------------------+------------+
| Player             | Name_Count |
+--------------------+------------+
| "Tiago Splitter"   | 1          |
+--------------------+------------+
| "Aron Baynes"      | 1          |
+--------------------+------------+
| "Boris Diaw"       | 1          |
+--------------------+------------+
| "Manu Ginobili"    | 2          |
+--------------------+------------+
| "Dejounte Murray"  | 1          |
+--------------------+------------+
| "Danny Green"      | 1          |
+--------------------+------------+
| "Tony Parker"      | 2          |
+--------------------+------------+
| "Shaquille O'Neal"  | 1         |
+--------------------+------------+
| "LaMarcus Aldridge" | 1         |
+--------------------+------------+
| "Marco Belinelli"  | 1          |
+--------------------+------------+
```


2021 Vesoft Inc.

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 follow._src AS player, follow.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。

最后更新: 2021年5月24日

2021 Vesoft Inc.

4.7.2 LIMIT

`LIMIT` 子句限制输出结果的行数。

- 在原生nGQL中，必须使用管道符（|），可以忽略偏移量。
- 在openCypher方式中，不允许使用管道符，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语法

在原生nGQL中， `LIMIT` 的工作原理与 `SQL` 相同，必须和管道符一起使用。 `LIMIT` 子句接收一个或两个参数。参数的值必须是非负整数。

```
YIELD <var>
[| LIMIT [<offset_value>,] <number_rows>];
```

参数	说明
`var`	排序的列或计算结果。
`offset_value`	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

```
# 从排序结果中返回第2行开始的3行数据。
nebula> GO FROM "player100" OVER follow REVERSELY \
        YIELD $$.player.name AS Friend, $$.player.age AS Age \
        | ORDER BY Age,Friend \
        | LIMIT 1, 3;
+------------------+-----+
| Friend           | Age |
+------------------+-----+
| "Danny Green"    | 31  |
+------------------+-----+
| "Aron Baynes"    | 32  |
+------------------+-----+
| "Marco Belinelli" | 32  |
+------------------+-----+
```

openCypher方式语法

```
RETURN <var>
[SKIP <offset>]
[LIMIT <number_rows>];
```

参数	说明
`var`	排序的列或计算结果。
`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。

2021 Vesoft Inc.

示例

```
nebula> MATCH (v:player) RETURN v.name AS Name, v.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.name AS Name, v.age AS Age \
        ORDER BY Age LIMIT rand32(5);
+-------------------------+-----+
| Name                    | Age |
+-------------------------+-----+
| "Luka Doncic"           | 20  |
+-------------------------+-----+
| "Ben Simmons"           | 22  |
+-------------------------+-----+
| "Kristaps Porzingis"    | 23  |
+-------------------------+-----+
| "Giannis Antetokounmpo" | 24  |
+-------------------------+-----+
```

SKIP示例

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>` 。

```
nebula> MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"}) --> (v2) \
        RETURN v2.name AS Name, v2.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.name AS Name, v2.age AS Age \
        ORDER BY Age DESC SKIP 1+1;
+---------------+-----+
| Name          | Age |
+---------------+-----+
| "Tony Parker" | 36  |
+---------------+-----+
```

用户也可以同时使用 `SKIP <offset>` 和 `LIMIT <number_rows>` ，返回中间的部分数据。

```
nebula> MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"}) --> (v2) \
        RETURN v2.name AS Name, v2.age AS Age \
        ORDER BY Age DESC SKIP 1 LIMIT 1;
+-----------------+-----+
| Name            | Age |
+-----------------+-----+
| "Manu Ginobili" | 41  |
+-----------------+-----+
```

性能提示

Nebula Graph 2.5.0 未实现 `LIMIT` 语句的存储层下推优化, 类似 `MATCH (n:T) RETURN n LIMIT 10` 语句或者 `LOOKUP on i_T | LIMIT 10` 语句会发生 graphd 资源占用过大的问题：一个 graphd 会从所有的 storaged 获取全部T类型的点，然后返回 10 个。如果全部数据量很大，graphd 此时通常会消耗大量内存，甚至 OOM。

最后更新: 2021年5月24日

2021 Vesoft Inc.

4.7.3 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] ...];
```

示例

```
nebula> FETCH PROP ON player "player100", "player101", "player102", "player103" \
        YIELD player.age AS age, player.name AS name \
        | ORDER BY age ASC, name DESC;
+-------------+-----+--------------------+
| VertexID    | age | name               |
+-------------+-----+--------------------+
| "player103" | 32  | "Rudy Gay"         |
+-------------+-----+--------------------+
| "player102" | 33  | "LaMarcus Aldridge" |
+-------------+-----+--------------------+
| "player101" | 36  | "Tony Parker"      |
+-------------+-----+--------------------+
| "player100" | 42  | "Tim Duncan"       |
+-------------+-----+--------------------+
```

OpenCypher方式语法

```
<RETURN clause>
ORDER BY <expression> [ASC | DESC] [, <expression> [ASC | DESC] ...];
```

示例

```
nebula> MATCH (v:player) RETURN v.name AS Name, v.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.age AS Age, v.name AS Name  \
        ORDER BY Age DESC, Name ASC;
+-----+-------------------+
| Age | Name              |
+-----+-------------------+
| 47  | "Shaquille O'Neal" |
+-----+-------------------+
| 46  | "Grant Hill"      |
+-----+-------------------+
| 45  | "Jason Kidd"      |
+-----+-------------------+
| 45  | "Steve Nash"      |
+-----+-------------------+
...
```


2021 Vesoft Inc.

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.name AS Name, v2.age AS Age  \
        ORDER BY Age;
+----------------+----------+
| Name           | Age      |
+----------------+----------+
| "Tony Parker"  | 36       |
+----------------+----------+
| "Manu Ginobili" | 41      |
+----------------+----------+
| "Spurs"        | __NULL__ |
+----------------+----------+

nebula> MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"}) --> (v2) \
        RETURN v2.name AS Name, v2.age AS Age  \
        ORDER BY Age DESC;
+----------------+----------+
| Name           | Age      |
+----------------+----------+
| "Spurs"        | __NULL__ |
+----------------+----------+
| "Manu Ginobili" | 41      |
+----------------+----------+
| "Tony Parker"  | 36       |
+----------------+----------+
```

最后更新: 2021年5月24日

2021 Vesoft Inc.

4.7.4 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` 。
- 在nGQL 2.0中， `RETURN` 不适用于原生nGQL。

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"})       |
+-------------------------------------------------------------+
...
```

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}]       |
+-----------------------------------------------------------------------------+
...
```


2021 Vesoft Inc.

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.name, v.age \
        LIMIT 3;
+-------------------+-------+
| v.name            | v.age |
+-------------------+-------+
| "Rajon Rondo"     | 33    |
+-------------------+-------+
| "Rudy Gay"        | 32    |
+-------------------+-------+
| "Dejounte Murray" | 29    |
+-------------------+-------+
```

返回所有元素

使用星号（*）返回匹配模式中的所有元素。

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

nebula> MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"})-[e]->(v2) \
        RETURN *;
+--------------------------------------------------+-----------------------------------------------------------------------+--------------------------------------------------+
| v                                                | e                                                                     | v2                                               |
+--------------------------------------------------+-----------------------------------------------------------------------+--------------------------------------------------+
| ("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"}) | [:follow "player100"->"player101" @0 {degree: 95}]                    | ("player101" :player{age: 36, name: "Tony Parker"})   |
+--------------------------------------------------+-----------------------------------------------------------------------+--------------------------------------------------+
| ("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"}) | [:follow "player100"->"player125" @0 {degree: 95}]                    | ("player125" :player{age: 41, name: "Manu Ginobili"}) |
+--------------------------------------------------+-----------------------------------------------------------------------+--------------------------------------------------+
| ("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"}) | [:serve "player100"->"team204" @0 {end_year: 2016, start_year: 1997}] | ("team204" :team{name: "Spurs"})                      |
+--------------------------------------------------+-----------------------------------------------------------------------+--------------------------------------------------+
```

重命名字段

使用语法 `AS <alias>` 重命名输出结果中的字段。

```
nebula> MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"})-[:serve]->(v2) \
        RETURN v2.name AS Team;
+---------+
| Team    |
+---------+
| "Spurs" |
+---------+

nebula> RETURN "Amber" AS Name;
+---------+
| Name    |
+---------+
| "Amber" |
+---------+
```

返回不存在的属性

如果匹配的结果中，某个属性不存在，会返回 `NULL`。

```
nebula> MATCH (v:player{name:"Tim Duncan"})-[e]->(v2) \
        RETURN v2.name, type(e), v2.age;
+-----------------+----------+----------+
| v2.name         | type(e)  | v2.age   |
+-----------------+----------+----------+
| "Tony Parker"   | "follow" | 36       |
+-----------------+----------+----------+
| "Manu Ginobili" | "follow" | 41       |
+-----------------+----------+----------+
| "Spurs"         | "serve"  | __NULL__ |
+-----------------+----------+----------+
```


2021 Vesoft Inc.

返回表达式结果

`RETURN` 语句可以返回文字、函数或谓词等表达式的结果。

```
nebula> MATCH (v:player{name:"Tony Parker"})-->(v2:player) \
        RETURN DISTINCT v2.name, "Hello"+" graphs!", v2.age > 35;
+---------------------+------------------+-------------+
| v2.name             | (Hello+ graphs!) | (v2.age>35) |
+---------------------+------------------+-------------+
| "Tim Duncan"        | "Hello graphs!"  | true        |
+---------------------+------------------+-------------+
| "LaMarcus Aldridge" | "Hello graphs!"  | false       |
+---------------------+------------------+-------------+
| "Manu Ginobili"     | "Hello graphs!"  | true        |
+---------------------+------------------+-------------+

nebula> RETURN 1+1;
+-------+
| (1+1) |
+-------+
| 2     |
+-------+

nebula> RETURN 3 > 1;
+-------+
| (3>1) |
+-------+
| true  |
+-------+

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.name, v2.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     |
+---------------------+--------+
Got 8 rows (time spent 3273/3893 us)

# 使用DISTINCT。
nebula> MATCH (v:player{name:"Tony Parker"})--(v2:player) \
        RETURN DISTINCT v2.name, v2.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: 2021年5月24日

2021 Vesoft Inc.

4.7.5 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：
  + 如果已有 INDEX：不能再设置 TTL，即使在没有 INDEX 的属性上设置 TTL 也不行。
  + 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。

2021 Vesoft Inc.

```
# 创建Tag。
nebula> CREATE TAG 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 t2(a int, b int, c string) ttl_duration= 100, ttl_col = "a";

# 插入点。过期时间戳为1612778164774（1612778164674 + 100）。
nebula> INSERT VERTEX t2(a, b, c) values "102":(1612778164674, 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: 2021年7月6日

2021 Vesoft Inc.

4.7.6 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

- 不支持在 `WHERE` 子句中使用Pattern（TODO: planning），例如 `WHERE (v)-->(v2)` 。
- 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.name == "Tim Duncan" \
        XOR (v.age < 30 AND v.name == "Yao Ming") \
        OR NOT (v.name == "Yao Ming" OR v.name == "Tim Duncan") \
        RETURN v.name, v.age;
+-------------------------+-------+
| v.name                  | v.age |
+-------------------------+-------+
| "Marco Belinelli"       | 32    |
+-------------------------+-------+
| "Aron Baynes"           | 32    |
+-------------------------+-------+
| "LeBron James"          | 34    |
+-------------------------+-------+
| "James Harden"          | 29    |
+-------------------------+-------+
| "Manu Ginobili"         | 41    |
+-------------------------+-------+
...
```

```
nebula> GO FROM "player100" \
        OVER follow \
        WHERE follow.degree > 90 \
        OR $$.player.age != 33 \
        AND $$.player.name != "Tony Parker";
+-------------+
| follow._dst |
+-------------+
| "player101" |
+-------------+
| "player125" |
+-------------+
```


2021 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.age < 25 \
        RETURN v2.name, v2.age;
+----------------------+--------+
| v2.name              | v2.age |
+----------------------+--------+
| "Luka Doncic"        | 20     |
+----------------------+--------+
| "Kristaps Porzingis" | 23     |
+----------------------+--------+
| "Ben Simmons"        | 22     |
+----------------------+--------+
```

```
nebula> GO FROM "player100" \
        OVER follow \
        WHERE $^.player.age >= 42;
+-------------+
| follow._dst |
+-------------+
| "player101" |
+-------------+
| "player125" |
+-------------+
```

- 过滤边属性：

```
nebula> MATCH (v:player)-[e]->() \
        WHERE e.start_year < 2000 \
        RETURN DISTINCT v.name, v.age;
+--------------------+-------+
| v.name             | v.age |
+--------------------+-------+
| "Shaquille O'Neal" | 47    |
+--------------------+-------+
| "Steve Nash"       | 45    |
+--------------------+-------+
| "Ray Allen"        | 43    |
+--------------------+-------+
| "Grant Hill"       | 46    |
+--------------------+-------+
| "Tony Parker"      | 36    |
+--------------------+-------+
...
```

```
nebula> GO FROM "player100" \
        OVER follow \
        WHERE follow.degree > 90;
+-------------+
| follow._dst |
+-------------+
| "player101" |
+-------------+
| "player125" |
+-------------+
```

过滤动态计算属性

```
nebula> MATCH (v:player) \
        WHERE v[toLower("AGE")] < 21 \
        RETURN v.name, v.age;
+---------------+-------+
| v.name        | v.age |
+---------------+-------+
| "Luka Doncic" | 20    |
+---------------+-------+
```

过滤现存属性

```
nebula> MATCH (v:player) \
        WHERE exists(v.age) \
        RETURN v.name, v.age;
+-------------------------+-------+
| v.name                  | v.age |
+-------------------------+-------+
| "Boris Diaw"            | 36    |
+-------------------------+-------+
| "DeAndre Jordan"        | 30    |
+-------------------------+-------+
```


2021 Vesoft Inc.

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 test (vid_type=FIXED_STRING(30));
nebula> USE test;
nebula> CREATE EDGE e1(p1 int);
nebula> CREATE TAG 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 e1._rank>2 \
        YIELD e1._src, e1._dst, e1._rank AS Rank, e1.p1 | \
        ORDER BY Rank DESC;
==================================
| e1._src | e1._dst | Rank | e1.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.name STARTS WITH "T" \
        RETURN v.name, v.age;
+------------------+-------+
| v.name           | v.age |
+------------------+-------+
| "Tracy McGrady"  | 39    |
+------------------+-------+
| "Tony Parker"    | 36    |
+------------------+-------+
| "Tim Duncan"     | 42    |
+------------------+-------+
| "Tiago Splitter" | 34    |
+------------------+-------+
```

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.name STARTS WITH "t" \
        RETURN v.name, v.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.name ENDS WITH "r" \
        RETURN v.name, v.age;
+------------------+-------+
| v.name           | v.age |
+------------------+-------+
| "Vince Carter"   | 42    |
+------------------+-------+
| "Tony Parker"    | 36    |
+------------------+-------+
```


2021 Vesoft Inc.

```
| "Tiago Splitter" | 34    |
+------------------+-------+
```

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.name CONTAINS "Pa" \
        RETURN v.name, v.age;
+---------------+-------+
| v.name        | v.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.name ENDS WITH "R" \
        RETURN v.name, v.age;
+-------------------------+-------+
| v.name                  | v.age |
+-------------------------+-------+
| "Rajon Rondo"           | 33    |
+-------------------------+-------+
| "Rudy Gay"              | 32    |
+-------------------------+-------+
| "Dejounte Murray"       | 29    |
+-------------------------+-------+
| "Chris Paul"            | 33    |
+-------------------------+-------+
| "Carmelo Anthony"       | 34    |
+-------------------------+-------+
...
```

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.age IN range(20,25) \
        RETURN v.name, v.age;
+-------------------------+-------+
| v.name                  | v.age |
+-------------------------+-------+
| "Ben Simmons"           | 22    |
+-------------------------+-------+
| "Kristaps Porzingis"    | 23    |
+-------------------------+-------+
| "Luka Doncic"           | 20    |
+-------------------------+-------+
| "Kyle Anderson"         | 25    |
+-------------------------+-------+
| "Giannis Antetokounmpo" | 24    |
+-------------------------+-------+
| "Joel Embiid"           | 25    |
+-------------------------+-------+
```

结合NOT使用

```
nebula> MATCH (v:player) \
        WHERE v.age NOT IN range(20,25) \
        RETURN v.name AS Name, v.age AS Age \
        ORDER BY Age;
+---------------------+-----+
| Name                | Age |
+---------------------+-----+
| "Kyrie Irving"      | 26  |
+---------------------+-----+
| "Cory Joseph"       | 27  |
+---------------------+-----+
| "Damian Lillard"    | 28  |
```


2021 Vesoft Inc.

```
+---------------------+-----+
| "Paul George"       | 28  |
+---------------------+-----+
| "Ricky Rubio"       | 28  |
+---------------------+-----+
...
```

最后更新: 2021年7月2日

2021 Vesoft Inc.

4.7.7 YIELD

`YIELD` 定义nGQL查询的输出结果。

`YIELD` 可以引导子句或语句：

- `YIELD` 子句可以用于原生nGQL语句中，例如 `GO` 、 `FETCH` 或 `LOOKUP` 。
- `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 $$.player.name AS Friend, $$.player.age AS Age;
+-----------------+-----+
| Friend          | Age |
+-----------------+-----+
| "Tony Parker"   | 36  |
+-----------------+-----+
```


2021 Vesoft Inc.

```
| "Manu Ginobili" | 41  |
+-----------------+-----+
```

- `FETCH` 语句中使用 `YIELD` ：

```
nebula> FETCH PROP ON player "player100" \
        YIELD player.name;
+-------------+--------------+
| VertexID    | player.name  |
+-------------+--------------+
| "player100" | "Tim Duncan" |
+-------------+--------------+
```

- `LOOKUP` 语句中使用 `YIELD` ：

```
nebula> LOOKUP ON player WHERE player.name == "Tony Parker" \
        YIELD player.name, player.age;
=====================================
| VertexID | player.name | player.age |
=====================================
| 101      | 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 follow._dst AS ID \
        | FETCH PROP ON player $-.ID \
        YIELD player.age AS Age \
        | YIELD AVG($-.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 follow.degree AS Degree, follow._dst 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) |
+-------------+
| 3           |
```


2021 Vesoft Inc.

```
+------------+

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: 2021年5月24日

2021 Vesoft Inc.

4.7.8 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" :star{} :person{} :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"})              |
+-----------------------------------------------------------------+
```

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;
+----------+
```


2021 Vesoft Inc.

```
| tags_f   |
+----------+
| "star"   |
+----------+
| "player" |
+----------+
| "person" |
+----------+
```

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.age AS Age \
        ORDER BY Age \
        WHERE Age<25 \
        RETURN v2.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.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: 2021年6月23日

2021 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` 语句可以通过指定名称创建一个新的图空间。

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

```
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。图空间名称由大小写英文字母、数字或下划线组成，区分大写小，且不可使用关键字和保留字。
`partition_num`	指定图空间的分片数量。建议设置为5倍的集群硬盘数量。例如集群中有3个硬盘，建议设置15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>)` 表示数据类型为字符串，最大长度为 `N` ，超出长度会报错； `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。

Caution

VID类型变更与长度限制

1. 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` 。
2. 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.` 。

历史版本兼容性

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)` 。

2021 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`。

示例

```
# 仅指定VID类型，其他选项使用默认值。
nebula> CREATE SPACE 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 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 my_space_3 (partition_num=15, replica_factor=1, vid_type=FIXED_STRING(30)) comment="测试图空间";
```

创建图空间说明

Caution

立刻尝试使用刚创建的图空间可能会失败，因为创建是异步实现的。

Nebula Graph将在下一个心跳周期内完成图空间的创建，为了确保创建成功，可以使用如下方法之一：

- 在 `SHOW SPACES` 或 `DESCRIBE SPACE` 语句的结果中查找新的图空间，如果找不到，请等待几秒重试。

- 等待两个心跳周期，例如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`。但过短的心跳周期（<5秒）可能会导致分布式系统中的机器误判对端失联。

检查分片分布情况

在大型集群中，由于启动时间不同，分片的分布可能不均衡。用户可以执行如下命令检查分片的分布情况：

```
nebula> SHOW HOSTS;
+-------------+------+----------+--------------+-------------------------------+-------------------------------+
| Host        | Port | Status   | Leader count | Leader distribution           | Partition distribution        |
+-------------+------+----------+--------------+-------------------------------+-------------------------------+
| "storaged0" | 9779 | "ONLINE" | 8            | "basketballplayer:3, test:5"  | "basketballplayer:10, test:10" |
+-------------+------+----------+--------------+-------------------------------+-------------------------------+
| "storaged1" | 9779 | "ONLINE" | 9            | "basketballplayer:4, test:5"  | "basketballplayer:10, test:10" |
+-------------+------+----------+--------------+-------------------------------+-------------------------------+
| "storaged2" | 9779 | "ONLINE" | 3            | "basketballplayer:3"          | "basketballplayer:10, test:10" |
+-------------+------+----------+--------------+-------------------------------+-------------------------------+
| "Total"     |      |          | 20           | "basketballplayer:10, test:10" | "basketballplayer:30, test:30" |
+-------------+------+----------+--------------+-------------------------------+-------------------------------+
```

如果需要均衡负载，请执行如下命令：

```
nebula> BALANCE LEADER;
+-------------+------+----------+--------------+-------------------------------+-------------------------------+
| Host        | Port | Status   | Leader count | Leader distribution           | Partition distribution        |
+-------------+------+----------+--------------+-------------------------------+-------------------------------+
| "storaged0" | 9779 | "ONLINE" | 7            | "basketballplayer:3, test:4"  | "basketballplayer:10, test:10" |
+-------------+------+----------+--------------+-------------------------------+-------------------------------+
| "storaged1" | 9779 | "ONLINE" | 7            | "basketballplayer:4, test:3"  | "basketballplayer:10, test:10" |
+-------------+------+----------+--------------+-------------------------------+-------------------------------+
| "storaged2" | 9779 | "ONLINE" | 6            | "basketballplayer:3, test:3"  | "basketballplayer:10, test:10" |
+-------------+------+----------+--------------+-------------------------------+-------------------------------+
| "Total"     |      |          | 20           | "basketballplayer:10, test:10" | "basketballplayer:30, test:30" |
+-------------+------+----------+--------------+-------------------------------+-------------------------------+
```

最后更新: 2021年7月23日

2021 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

```
# 指定图空间space1作为工作空间。
nebula> USE space1;

# 检索图空间space1。
nebula> GO FROM 1 OVER edge1;

# 切换到图空间space2。
nebula> USE space2;

# 检索图空间space2。无法从space1读取任何数据，检索的点和边与space1无关。
nebula> GO FROM 2 OVER edge2;
```

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: 2021年6月4日

2021 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: 2021年4月13日

2021 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           | Atomic Edge | Group     | Comment |
+----+--------------------+------------------+----------------+---------+------------+--------------------+-------------+-----------+---------+
| 1  | "basketballplayer" | 10               | 1              | "utf8"  | "utf8_bin" | "FIXED_STRING(32)" | false       | "default" |         |
+----+--------------------+------------------+----------------+---------+------------+--------------------+-------------+-----------+---------+
```

最后更新: 2021年7月14日

2021 Vesoft Inc.

4.8.5 DROP SPACE

`DROP SPACE` 语句可以删除指定图空间的所有内容。

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 NOT 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。

`DROP SPACE` 语句不会立刻删除硬盘上对应图空间的目录和文件，请使用 `USE` 语句指定其他任意图空间，然后执行 `SUBMIT JOB COMPACT` 。

> **Caution**
>
> 请**谨慎**执行删除图空间操作。

最后更新: 2021年5月14日

2021 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>`	每个图空间内的Tag必须是唯一的。Tag名称设置后无法修改。Tag名称由大小写英文字母、数字或下划线组成，区分大写小，且不可使用关键字和保留字。
`<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。数据类型的完整说明，请参见数值类型、布尔等文档。
`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`	对单个属性或整个点的描述。最大为256字节。默认无描述。
`TTL_DURATION`	指定属性存活时间。超时的属性将会过期。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

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

# 创建没有属性的Tag。
nebula> CREATE TAG no_property();

# 创建包含默认值的Tag。
nebula> CREATE TAG player_with_default(name string, age int DEFAULT 20);
```


2021 Vesoft Inc.

```
# 对字段create_time设置TTL为100秒。
nebula> CREATE TAG 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。

Nebula Graph将在下一个心跳周期内完成Tag的创建，为了确保创建成功，可以使用如下方法之一：

- 在 `SHOW TAGS` 语句的结果中查找新的Tag，如果找不到，请等待几秒重试。
- 等待两个心跳周期，例如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: 2021年7月14日

2021 Vesoft Inc.

4.9.2 DROP TAG

`DROP TAG` 语句可以删除当前工作空间内的指定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，用户就**无法访问**这个点，下次Compaction操作时会删除该点，但点上的边仍然存在。
- 如果某点有多个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 (-8)]: Conflict!` 。删除索引请参见drop index。

语法

```
DROP TAG [IF EXISTS] <tag_name>;
```

- `IF NOT 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 test(p1 string, p2 int);
nebula> DROP TAG test;
```

> **Note**
>
> nGQL中没有移除指定点的某个Tag的语句。
>
> - 在openCypher中，可以使用 `REMOVE v:LABEL` 语句来移除该点 `v` 的Tag `LABLE` 。
> - 在nGQL中，通过 `CREATE TAG` 和 `INSERT VERTEX` 语句后，可以为该点增加一个 `TAG` ；但是没有任何办法移除这个点的 `TAG` 。
>
> 建议在schema中增加一个字段来标识软移除，例如为每个TAG的schema增加一个字段 `removed` 。

最后更新: 2021年6月23日

2021 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 (-8)]: Conflict!` 。删除索引请参见drop index。

语法

```
ALTER TAG <tag_name>
    <alter_definition> [, alter_definition] ...]
    [ttl_definition [, ttl_definition] ... ];

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
```

- `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 t1 (p1 string, p2 int);
nebula> ALTER TAG t1 ADD (p3 int, p4 string);
nebula> ALTER TAG t1 TTL_DURATION = 2, TTL_COL = "p2";
```

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。

Nebula Graph将在下一个心跳周期内完成Tag的修改，为了确保修改成功，可以使用如下方法之一：

- 在 `DESCRIBE TAG` 语句的结果中查看Tag信息，确认修改成功。如果没有修改成功，请等待几秒重试。
- 等待两个心跳周期，例如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: 2021年6月23日

2021 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: 2021年6月23日

2021 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: 2021年7月14日

2021 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名称由大小写英文字母、数字或下划线组成，区分大写小，且不可使用关键字和保留字。
`<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。数据类型的完整说明，请参见数值类型、布尔等文档。
`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`	对单个属性或整个边的描述。最大为256字节。默认无描述。
`TTL_DURATION`	指定属性存活时间。超时的属性将会过期。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 follow(degree int);

# 创建没有属性的Edge type。
nebula> CREATE EDGE no_property();

# 创建包含默认值的Edge type。
nebula> CREATE EDGE follow_with_default(degree int DEFAULT 20);
```


2021 Vesoft Inc.

```
# 对字段p2设置TTL为100秒。
nebula> CREATE EDGE e1(p1 string, p2 int, p3 timestamp) \
        TTL_DURATION = 100, TTL_COL = "p2";
```

最后更新: 2021年7月14日

2021 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 (-8)]: Conflict!` 。删除索引请参见drop index。

语法

```
DROP EDGE [IF EXISTS] <edge_type_name>
```

- `IF NOT 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 e1(p1 string, p2 int);
nebula> DROP EDGE e1;
```

最后更新: 2021年6月23日

2021 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 (-8)]: 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] ... ]

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 e1(p1 string, p2 int);
nebula> ALTER EDGE e1 ADD (p3 int, p4 string);
nebula> ALTER EDGE e1 TTL_DURATION = 2, TTL_COL = "p2";
```

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。

Nebula Graph将在下一个心跳周期内完成Edge type的修改，为了确保修改成功，可以使用如下方法之一：

- 在 `DESCRIBE EDGE` 语句的结果中查看Edge type信息，确认修改成功。如果没有修改成功，请等待几秒重试。
- 等待两个心跳周期，例如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: 2021年6月23日

2021 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: 2021年6月23日

2021 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: 2021年7月14日

2021 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_name> (<prop_name_list>) [, <tag_name> (<prop_name_list>), ...]
     {VALUES | VALUE} VID: (<prop_value_list>[, <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必须提前创建，详情请参见CREATE TAG。
- `prop_name_list` ：需要设置的属性名称列表。
- `VID` ：点ID。在Nebula Graph 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。
- `prop_value_list` ：根据 `prop_name_list` 填写属性值。如果属性值和Tag中的数据类型不匹配，会返回错误。如果没有填写属性值，而Tag中对应的属性设置为 `NOT NULL` ，也会返回错误。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。

示例

```
# 插入不包含属性的点。
nebula> CREATE TAG t1();
nebula> INSERT VERTEX t1() VALUE "10":();
```


2021 Vesoft Inc.

```
nebula> CREATE TAG 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 t3(p1 int);
nebula> CREATE TAG 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";
+--------------------------------+
| vertices_                      |
+--------------------------------+
| ("11" :t2{age: 15, name: "n4"}) |
+--------------------------------+
```

```
nebula> CREATE TAG 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 (-8)]: Storage Error: The not null field cannot be null.

# 属性p3为默认值NULL。
nebula> INSERT VERTEX t5(p1, p2) VALUES "003":("cd", 5);
nebula> FETCH PROP ON t5 "003";
+------------------------------------------+
| vertices_                                |
+------------------------------------------+
| ("003" :t5{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";
+---------------------------------------------+
| vertices_                                   |
+---------------------------------------------+
| ("004" :t5{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";
+-------------------------------+
| vertices_                     |
+-------------------------------+
| ("1" :t2{age: 13, name: "n2"}) |
+-------------------------------+
```

最后更新: 2021年7月2日

2021 Vesoft Inc.

4.11.2 DELETE VERTEX

`DELETE VERTEX` 语句可以删除点，以及点关联的出边和入边。

`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。

语法

```
DELETE VERTEX <vid> [, <vid> ...];
```

示例

```
nebula> DELETE VERTEX "team1";
```

```
# 结合管道符，删除符合条件的点。
nebula> GO FROM "player100" OVER serve WHERE serve.start_year == "2021" YIELD serve._dst AS id | DELETE VERTEX $-.id;
```

删除过程与删除邻边

Nebula Graph 先找到并删除目标点的所有邻边（出边和入边），然后删除目标点。

> **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。

最后更新: 2021年6月25日

2021 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";
+--------------------------------------------------+
| vertices_                                        |
+--------------------------------------------------+
| ("player101" :player{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: 2021年6月23日

2021 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`

2021 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";
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 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";
+----------------------------------------------------+
| vertices_                                          |
+----------------------------------------------------+
| ("player101" :player{age: 42, 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" | 44  |
+---------------+-----+
```

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";
+----------------------------------------------------+
| vertices_                                          |
+----------------------------------------------------+
```


2021 Vesoft Inc.

```
| ("player101" :player{age: 44, 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" | 44  |
+---------------+-----+
```

最后更新: 2021年6月23日

2021 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 | VALUE}
<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` 。rank值可以用来区分Edge type、起始点、目的点都相同的边。

  > **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 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 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);

# 创建失败，因为"a13"不是int类型。
nebula> INSERT EDGE e2 (name, age) VALUES "11"->"13":("n1", "a13");
```


2021 Vesoft Inc.

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";
+----------------------------------------+
| edges_                                 |
+----------------------------------------+
| [: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;
+----------------------------------------+
| edges_                                 |
+----------------------------------------+
| [:e2 "14"->"15" @1 {age: 12, name: "n1"}] |
+----------------------------------------+
```

Note

- Nebula Graph 2.5.0 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: 2021年7月2日

2021 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。

> **Note**
>
> 目前还不能保证操作的原子性，如果发生故障请重试。

语法

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

示例

```
nebula> DELETE EDGE serve "player100" -> "team204"@0;
```

```
# 结合管道符，删除符合条件的边。
nebula> GO FROM "player100" OVER follow \
        WHERE follow._dst == "team204" \
        YIELD follow._src AS src, follow._dst AS dst, follow._rank AS rank \
        | DELETE EDGE follow $-.src->$-.dst @ $-.rank;
```

最后更新: 2021年7月15日

2021 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 set）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 serve.start_year, serve.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: 2021年6月23日

2021 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`

示例如下：

2021 Vesoft Inc.

```
// 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 serve.start_year, serve.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 serve_with_default(start_year int, end_year 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 \
        YIELD start_year, end_year;
+------------+----------+
| start_year | end_year |
+------------+----------+
| 2016       | 2020     |
+------------+----------+
```


2021 Vesoft Inc.

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: 2021年6月23日

2021 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。

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。
- 复合索引可以实现部分匹配检索，遵循最左匹配原则。详情请参见LOOKUP FAQ。
- LOOKUP不支持 `CONTAINS` 和 `STARTS WITH` 等字符串操作符。

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。

2021 Vesoft Inc.

使用全文索引请参见使用全文索引查询。

NULL值说明

不支持对值为NULL的属性创建索引。

范围查询

原生索引除了可以查询单个结果之外，还可以执行范围查询。当前仅支持对数字、日期和时间类型的属性进行范围查询。

最后更新: 2021年6月23日

2021 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,而不是"基于Tag上某属性"的查询。例如用 `LOOKUP` 找到"某种Edge type E"的所有的边。

"属性索引"目的是"基于属性的查询"。例如基于属性 `Age` 找到 `Age == 19` 的所有的点VID。

如果已经为"某个Tag T的属性A"建立过属性索引 `i_TA`，则没有必要对于 `Tag T` 额外再建立一个Tag索引 `i_T` 。这是因为查询引擎可以使用 `i_TA` 来替代 `i_T` 。Edge type索引同理。但是， `i_T` 却不能替代 `i_TA` 用于属性查找。

> **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255，超过部分会被截断。

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。

> **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。可以使用如下方法之一：
>
> - 在 `SHOW TAG/EDGE INDEXES` 语句的结果中查找到新的索引。或者，
> - 等待两个心跳周期，例如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。

2021 Vesoft Inc.

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` 。索引名称由大小写英文字母、数字或下划线组成，区分大写小，且不可使用关键字和保留字。
`<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 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 var_string(p1 string);
nebula> CREATE TAG INDEX var ON var_string(p1(10));

# 定长字符串不需要指定索引长度。
nebula> CREATE TAG fix_string(p1 FIXED_STRING(10));
nebula> CREATE TAG INDEX fix ON fix_string(p1);
```

```
nebula> CREATE EDGE INDEX follow_index_0 on follow(degree);
```

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 player_index_1 on player(name(10), age);
```

> **Caution**
>
> 不支持跨Tag或Edge type创建复合索引。
>
> 复合属性索引被(`LOOKUP` 或者 `MATCH`)使用时，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。请参见下方示例。

```
# 为Tag t的前三个属性创建复合属性索引。
nebula> CREATE TAG INDEX example_index ON t(p1, p2, p3);

# 注意：无法匹配到索引，因为不是从p1开始。
nebula> LOOKUP ON t WHERE p2 == 1 and p3 == 1;
```


2021 Vesoft Inc.

```
# 可以匹配到索引。
nebula> LOOKUP ON t WHERE p1 == 1;
# 可以匹配到索引，因为p1和p2是连续的。
nebula> LOOKUP ON t WHERE p1 == 1 and p2 == 1;
# 可以匹配到索引，因为p1、p2、p3是连续的。
nebula> LOOKUP ON t WHERE p1 == 1 and p2 == 1 and p3 == 1;
```

最后更新: 2021年7月14日

2021 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" | []      |
+----------------+----------+---------+
```

> **历史版本兼容性**
>
> Nebula Graph 2.0.1中， `SHOW TAG/EDGE INDEXES` 语句仅返回 `Names`。

最后更新: 2021年7月15日

2021 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;
+-----------------+-------------+----------------+
| "player_index_0" | "player"    | ["name"]       |
+-----------------+-------------+----------------+
| "player_index_1" | "player"    | ["name", "age"] |
+-----------------+-------------+----------------+

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` ( |
|                 | )"                                           |
+----------------+----------------------------------------------+
```

> **历史版本兼容性**
>
> Nebula Graph 2.0.1中， `SHOW TAG/EDGE INDEXES` 语句仅返回 `Names`。

最后更新: 2021年7月15日

2021 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: 2021年4月1日

2021 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。

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 person(name string, age int, gender string, email string);
nebula> CREATE TAG INDEX 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               |
+----------------+---------------------+------------+-------------------------+-------------------------+
| 31             | "REBUILD_TAG_INDEX" | "FINISHED" | 2021-07-07T09:04:24.000 | 2021-07-07T09:04:24.000 |
+----------------+---------------------+------------+-------------------------+-------------------------+
| 0              | "storaged1"         | "FINISHED" | 2021-07-07T09:04:24.000 | 2021-07-07T09:04:28.000 |
+----------------+---------------------+------------+-------------------------+-------------------------+
| 1              | "storaged2"         | "FINISHED" | 2021-07-07T09:04:24.000 | 2021-07-07T09:04:28.000 |
+----------------+---------------------+------------+-------------------------+-------------------------+
| 2              | "storaged0"         | "FINISHED" | 2021-07-07T09:04:24.000 | 2021-07-07T09:04:28.000 |
+----------------+---------------------+------------+-------------------------+-------------------------+
```

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。

历史版本兼容性

在Nebula Graph 2.0中，不需要也不支持选项 `OFFLINE` 。

最后更新: 2021年7月8日

2021 Vesoft Inc.

4.13.7 SHOW INDEX STATUS

`SHOW INDEX STATUS` 语句可以查看索引名称和对应的状态。

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: 2021年5月8日

2021 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: 2021年4月1日

2021 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。

目前为止，全文索引有如下限制：

- 定长字符串长度超过256字节，将无法创建全文索引。
- 如果Tag上存在全文索引，无法删除或修改Tag。
- 不能同时为多个属性创建全文索引。
- 全文搜索语句 `LOOKUP` / `MATCH` 中的 `WHERE` 子句不支持逻辑运算 `AND` 和 `OR` 。
- 全文索引不支持多个Tag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。
- 目前不支持重建或修改Elasticsearch索引。
- `LOOKUP` 和 `MATCH` 语句不支持管道符，文档中的示例除外。
- 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）。

最后更新: 2021年6月23日

2021 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Elasticsearch官方文档。

当Elasticsearch集群启动时，请添加Nebula Graph全文索引的模板文件。以下面的模板为例：

```
{
 "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。

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。

2021 Vesoft Inc.

语法

```
SIGN IN TEXT SERVICE [(<elastic_ip:port> [,<username>, <password>]), (<elastic_ip:port>), ...];
```

示例

```
nebula> SIGN IN TEXT SERVICE (127.0.0.1:9200);
```

> **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 |
+-------------+------+
| "127.0.0.1" | 9200 |
+-------------+------+
| "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: 2021年6月17日

2021 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` 。

2021 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

2021 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: 2021年7月23日

2021 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` 或 `MATCH` 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

```
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` 。

示例

```
//创建图空间。
nebula> CREATE SPACE 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);

//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 player(name string, age int);

//创建原生索引。
nebula> CREATE TAG INDEX name ON player(name(20));

//重建原生索引。
nebula> REBUILD TAG INDEX;
```


2021 Vesoft Inc.

```
//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");
+-----------------+
| _vid            |
+-----------------+
| "Boris Diaw"    |
+-----------------+
| "Ben Simmons"   |
+-----------------+
| "Blake Griffin" |
+-----------------+

nebula> LOOKUP ON player WHERE WILDCARD(player.name, "*ri*") YIELD player.name, player.age;
+-----------------+-----------------+-----+
| _vid            | name            | age |
+-----------------+-----------------+-----+
| "Chris Paul"    | "Chris Paul"    | 33  |
+-----------------+-----------------+-----+
| "Boris Diaw"    | "Boris Diaw"    | 36  |
+-----------------+-----------------+-----+
| "Blake Griffin" | "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;
+---------------------+---------------------+-----+
| _vid                | name                | age |
+---------------------+---------------------+-----+
| "Russell Westbrook" | "Russell Westbrook" | 30  |
+---------------------+---------------------+-----+

nebula> LOOKUP ON player WHERE REGEXP(player.name, ".*");
+---------------------+
| _vid                |
+---------------------+
| "Danny Green"       |
+---------------------+
| "David West"        |
+---------------------+
| "Russell Westbrook" |
+---------------------+
...

nebula> LOOKUP ON player WHERE FUZZY(player.name, "Tim Dunncan", AUTO, OR) YIELD player.name;
+--------------+--------------+
| _vid         | name         |
+--------------+--------------+
| "Tim Duncan" | "Tim Duncan" |
+--------------+--------------+

//删除全文索引。
nebula> DROP FULLTEXT INDEX nebula_index_1;
```

最后更新: 2021年7月23日

2021 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 <edge_type>, <edge_type>...]
[OUT <edge_type>, <edge_type>...]
[BOTH <edge_type>, <edge_type>...];
```

- `WITH PROP` ：展示边的属性。不添加本参数则隐藏边的属性。
- `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` 。

> **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。

2021 Vesoft Inc.

2021 Vesoft Inc.

- 查询从点 `player100` 开始、0~1跳、所有Edge type的子图。

```
nebula> GET SUBGRAPH 1 STEPS FROM "player100";
+-----------------------
```

- 查询从点 `player100` 开始、0~1跳、 `follow` 类型的入边的子图。

```
nebula> GET SUBGRAPH 1 STEPS FROM "player100" IN follow;
+-------------------------------------------------------+--------+
| _vertices                                             | _edges |
+-------------------------------------------------------+--------+
| [("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"})] | []     |
+-------------------------------------------------------+--------+
| []                                                    | []     |
+-------------------------------------------------------+--------+
```

因为 `player100` 没有 `follow` 类型的入边。所以仅返回点 `player100` 。

- 查询从点 `player100` 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 "player100" OUT serve;
+-------------------------------------------------------+-----------------------------------------------------------------------------------------+
| _vertices                                             | _edges                                                                                  |
+-------------------------------------------------------+-----------------------------------------------------------------------------------------+
| [("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"})] | [[:serve "player100"->"team200" @0 {end_year: 2016, start_year: 1997}]] |
+-------------------------------------------------------+-----------------------------------------------------------------------------------------+
| [("team200" :team{name: "Warriors"})]                 | []                                                                                      |
+-------------------------------------------------------+-----------------------------------------------------------------------------------------+
```

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。

2021 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;
```

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 "player141" OUT follow;
+----------------------------------------------------+----------------------------------------------------+
| _vertices                                          | _edges                                             |
+----------------------------------------------------+----------------------------------------------------+
| [("player141" :player{age: 43, name: "Ray Allen"})]   | [[:follow "player141"->"player124" @0 {degree: 9}]]  |
+----------------------------------------------------+----------------------------------------------------+
| [("player124" :player{age: 33, name: "Rajon Rondo"})] | [[:follow "player124"->"player141" @0 {degree: -1}]] |
+----------------------------------------------------+----------------------------------------------------+
```

最后更新: 2021年6月25日

2021 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] [| 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。
- 路径的查找是单线程，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 *;
+-----------------------------------------+
| path                                    |
+-----------------------------------------+
| <("player102")-[:serve@0 {}]->("team204")> |
+-----------------------------------------+
```

```
nebula> FIND SHORTEST PATH WITH PROP FROM "team204" TO "player100" OVER * REVERSELY;
+-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
| path                                                                                                                    |
+-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
| <("team204" :team{name: "Spurs"})<-[:serve@0 {end_year: 2016, start_year: 1997}]-("player100" :player{age: 42, name: "Tim Duncan"})> |
+-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
```


2021 Vesoft Inc.

```
nebula> FIND ALL PATH FROM "player100" TO "team204" OVER * WHERE follow.degree is EMPTY or follow.degree >=0;
+------------------------------------------------------------------------------+
| path                                                                         |
+------------------------------------------------------------------------------+
| <("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 *;
+-----------------------------------------------------------------------------------------------------------+
| path                                                                                                      |
+-----------------------------------------------------------------------------------------------------------+
| <("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，但目前只能过滤边属性，如示例中的 `FIND ALL PATH FROM "player100" TO "team204" OVER * WHERE follow.degree is EMPTY or follow.degree >=0;` 。

暂不支持过滤点属性。

最后更新: 2021年7月2日

2021 Vesoft Inc.

4.16 查询调优

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。

2021 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
-------------------------------------------------------------------
```

```
  }
------------------
```

4.17 运维

4.17.1 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Nebula Graph集群里的所有分片。该命令会返回任务ID（`balance_id`）。
`BALANCE DATA <balance_id>`	显示 `BALANCE DATA` 任务的状态。
`BALANCE DATA STOP`	停止 `BALANCE DATA` 任务。
`BALANCE DATA REMOVE <host_list>`	在Nebula Graph集群中扫描并解绑指定的Storage主机。
`BALANCE LEADER`	在Nebula Graph集群中均衡分布leader。

最后更新: 2021年5月26日

2021 Vesoft Inc.

4.17.2 作业管理

在Storage服务上长期运行的任务称为作业，例如 `COMPACT` 、 `FLUSH` 和 `STATS` 。 如果图空间的数据量很大，这些作业可能耗时很长。作业管理可以帮助执行、查看、停止和恢复作业。

SUBMIT JOB COMPACT

`SUBMIT JOB COMPACT`语句 会触发RocksDB的长耗时 `compact` 操作。

`compact` 配置详情请参见Storage服务配置。

示例

```
nebula> SUBMIT JOB COMPACT;
+------------+
| New Job Id |
+------------+
| 40         |
+------------+
```

SUBMIT JOB FLUSH

`SUBMIT JOB FLUSH` 语句将内存中的RocksDB memfile写入硬盘。

示例

```
nebula> SUBMIT JOB FLUSH;
+------------+
| New Job Id |
+------------+
| 96         |
+------------+
```

SUBMIT JOB STATS

`SUBMIT JOB STATS` 语句启动一个作业，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。详情请参见SHOW STATS。

> **Note**
>
> 如果存储在Nebula Graph中的数据有变化，为了获取最新的统计结果，请重新执行 `SUBMIT JOB STATS` 。

示例

```
nebula> SUBMIT JOB STATS;
+------------+
| New Job Id |
+------------+
| 97         |
+------------+
```

SHOW JOB

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 JOB <job_id>` 语句显示指定作业和相关任务的信息。

`job_id` 在执行 `SUBMIT JOB` 语句时会返回。

示例

```
nebula> SHOW JOB 96;
+----------------+---------------+------------+-------------------------+-------------------------+
| Job Id(TaskId) | Command(Dest) | Status     | Start Time              | Stop Time               |
+----------------+---------------+------------+-------------------------+-------------------------+
| 96             | "FLUSH"       | "FINISHED" | 2020-11-28T14:14:29.000 | 2020-11-28T14:14:29.000 |
+----------------+---------------+------------+-------------------------+-------------------------+
```


2021 Vesoft Inc.

```
| 0              | "storaged2"   | "FINISHED" | 2020-11-28T14:14:29.000 | 2020-11-28T14:14:29.000 |
+----------------+---------------+------------+-------------------------+-------------------------+
| 1              | "storaged0"   | "FINISHED" | 2020-11-28T14:14:29.000 | 2020-11-28T14:14:29.000 |
+----------------+---------------+------------+-------------------------+-------------------------+
| 2              | "storaged1"   | "FINISHED" | 2020-11-28T14:14:29.000 | 2020-11-28T14:14:29.000 |
+----------------+---------------+------------+-------------------------+-------------------------+
```

参数	说明
Job Id(TaskId)	第一行显示作业ID，其他行显示作业相关的任务ID。
Command(Dest)	第一行显示执行的作业命令名称，其他行显示任务对应的nebula-storaged进程。
Status	显示作业或任务的状态。详情请参见作业状态。
Start Time	显示作业或任务开始执行的时间。
Stop Time	显示作业或任务结束执行的时间，结束后的状态包括 `FINISHED` 、 `FAILED` 或 `STOPPED` 。

作业状态

作业状态的说明如下。

状态	说明
QUEUE	作业或任务在等待队列中。此阶段 `Start Time` 为空。
RUNNING	作业或任务在执行中。 `Start Time` 为该阶段的起始时间。
FINISHED	作业或任务成功完成。 `Stop Time` 为该阶段的起始时间。
FAILED	作业或任务失败。 `Stop Time` 为该阶段的起始时间。
STOPPED	作业或任务停止。 `Stop Time` 为该阶段的起始时间。
REMOVED	作业或任务被删除。

状态转换的说明如下。

```
Queue -- running -- finished -- removed
     \          \                /
      \          \ -- failed -- /
       \          \            /
        \ --------- stopped -/
```

SHOW JOBS

`SHOW JOBS` 语句列出所有未过期的作业。

作业的默认过期时间为一周。如果需要修改过期时间，请修改Meta服务的参数 `job_expired_secs` 。详情请参见Meta服务配置。

示例

```
nebula> SHOW JOBS;
+--------+----------------------+------------+-------------------------+-------------------------+
| Job Id | Command              | Status     | Start Time              | Stop Time               |
+--------+----------------------+------------+-------------------------+-------------------------+
| 97     | "STATS"              | "FINISHED" | 2020-11-28T14:48:52.000 | 2020-11-28T14:48:52.000 |
+--------+----------------------+------------+-------------------------+-------------------------+
| 96     | "FLUSH"              | "FINISHED" | 2020-11-28T14:14:29.000 | 2020-11-28T14:14:29.000 |
+--------+----------------------+------------+-------------------------+-------------------------+
| 95     | "STATS"              | "FINISHED" | 2020-11-28T13:02:11.000 | 2020-11-28T13:02:11.000 |
+--------+----------------------+------------+-------------------------+-------------------------+
| 86     | "REBUILD_EDGE_INDEX" | "FINISHED" | 2020-11-26T13:38:24.000 | 2020-11-26T13:38:24.000 |
+--------+----------------------+------------+-------------------------+-------------------------+
```

STOP JOB

`STOP JOB` 语句可以停止未完成的作业。

2021 Vesoft Inc.

示例

```
nebula> STOP JOB 22;
+---------------+
| Result        |
+---------------+
| "Job stopped" |
+---------------+
```

RECOVER JOB

`RECOVER JOB` 语句会重新执行失败的作业，并返回已恢复的作业数量。

示例

```
nebula> RECOVER JOB;
+-------------------+
| Recovered job num |
+-------------------+
| 5 job recovered   |
+-------------------+
```

FAQ

如何排查作业问题？

`SUBMIT JOB` 操作使用的是HTTP端口，请检查Storage服务机器上的HTTP端口是否正常工作。用户可以执行如下命令调试：

```
curl "http://{storaged-ip}:19779/admin?space={space_name}&op=compact"
```

最后更新: 2021年5月14日

2021 Vesoft Inc.

4.17.3 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。

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)]: Execution had been killed
```

最后更新: 2021年7月15日

2021 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 阅读指南

如果是带着如下问题阅读本文，可以直接单击问题跳转查看对应的说明。

- 编译Nebula Graph源码的要求是什么？
- 测试环境中运行Nebula Graph的要求是什么？
- 生产环境中运行Nebula Graph的要求是什么？
- 需要预留多少内存和硬盘空间给Nebula Graph集群？

5.1.2 编译Nebula Graph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 `2.6.32` 及以上版本的Linux系统。

2021 Vesoft Inc.

软件要求

软件版本需要如下表所示，如果它们不符合要求，或者也不确定它们的版本，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	-
zlid-devel	任意稳定版本	-
gcc	7.5.0及以上	执行命令 `gcc -v` 检查版本。
gcc-c++	任意稳定版本	-
cmake	3.9.0及以上	执行命令 `cmake --version` 检查版本。
gettext	任意稳定版本	-
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。

2021 Vesoft Inc.

安装编译所需软件

本小节指导下载和安装Nebula Graph编译时需要的软件。

2021 Vesoft Inc.

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 \
                 gettext \
                 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 \
                     gettext
```

2. 检查主机上的GCC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，用户可以跳过本小节。如果不正确，请根据如下步骤安装：

   a. 克隆仓库 `nebula-common` 到主机。

```
$ git clone -b master https://github.com/vesoft-inc/nebula-common.git
```

   如需安装特定版本的Nebula Graph，使用 `--branch` 或 `-b` 选项指定相应的nebula-common分支。 例如，指定2.5.0，命令如下：

```
$ git clone --branch v2.5.0 https://github.com/vesoft-inc/nebula-common.git
```

   b. 进入目录 `nebula-common` 。

```
$ cd nebula-common
```

   c. 执行如下命令安装和启用GCC和CMake。

```
// 安装CMake。
$ ./third-party/install-cmake.sh cmake-install

// 启用CMake。
$ source cmake-install/bin/enable-cmake.sh

//opt目录添加写权限。
$ sudo mkdir /opt/vesoft && sudo chmod -R a+w /opt/vesoft

// 安装GCC。安装到opt目录需要写权限，用户也可以修改为其他目录。
$ ./third-party/install-gcc.sh --prefix=/opt

// 启用GCC。
$ source /opt/vesoft/toolset/gcc/7.5.0/enable
```

3. 执行脚本 `install-third-party.sh` 。

```
$ ./third-party/install-third-party.sh
```


2021 Vesoft Inc.

5.1.3 测试环境运行Nebula Graph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

5.1.4 生产环境运行Nebula Graph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。

2021 Vesoft Inc.

服务架构建议

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

5.1.5 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%	-
内存	Bytes	[`点和边的总数` * 15 + `RocksDB实例数量` * (`write_buffer_size` * `max_write_buffer_number` + `块缓存大小`)] * 120%	`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` 是取值为2~10的一个整数，用于衡量硬盘性能。HDD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。

2021 Vesoft Inc.

5.1.6 FAQ

关于存储设备

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。

不推荐使用HDD，因为HDD的IOPS性能差，随机寻道延迟高，可能还会遇到许多其他问题。也不建议使用远端存储设备，例如NAS或SAN。

请使用本地SSD设备。

关于CPU架构

Nebula Graph 2.5.0 不支持在 ARM 架构（包括Mac M1 或者华为鲲鹏）上运行或者编译。

最后更新: 2021年7月20日

2021 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。
- 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v2.5.0版本的Nebula Graph，执行如下命令：

     ```
     $ git clone --branch v2.5.0 https://github.com/vesoft-inc/nebula-graph.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-graph.git
     ```

2. 进入目录 `nebula-graph` 。

   ```
   $ cd nebula-graph
   ```

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。

   - 如果在第1步下载了v2.5.0版本的源码，执行如下命令。选项 `-DNEBULA_COMMON_REPO_TAG` 和 `-DNEBULA_STORAGE_REPO_TAG` 用于指定nebula-common和nebula-storage库的分支，以使各Nebula Graph组件的版本保持一致。

     ```
     $ cmake -DENABLE_BUILD_STORAGE=on -DENABLE_TESTING=OFF -DCMAKE_BUILD_TYPE=Release \
     -DNEBULA_COMMON_REPO_TAG=v2.5.0 -DNEBULA_STORAGE_REPO_TAG=v2.5.0 ..
     ```

   - 如果在第1步下载了master分支的代码，执行如下命令即可。

     ```
     $ cmake -DENABLE_BUILD_STORAGE=on -DENABLE_TESTING=OFF -DENABLE_MODULE_UPDATE=ON -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\(\min(\text{CPU}核数,\frac{内存(GB)}{2})\)。

   ```
   $ make -j{N} # E.g., make -j2
   ```


2021 Vesoft Inc.

6. 安装Nebula Graph。

```
$ sudo make install-all
```

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-graph/` 中，执行命令 `git pull upstream master` 更新源码。
2. 在目录 `nebula-graph/modules/common/` 和 `nebula-graph/modules/storage/` 中，分别执行命令 `git pull upstream master` 。
3. 在目录 `nebula-graph/build/` 中，重新执行 `make -j{N}` 和 `make install-all` 。

下一步

- 管理Nebula Graph服务
- 连接Nebula Graph
- 基础操作语法

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。

ENABLE_BUILD_STORAGE

从2.5.0版本开始，Nebula Graph的graph和storage代码仓库分离，可以各自单独编译。 `ENABLE_BUILD_STORAGE` 默认值为 `OFF` ，表示Storage服务不会和Graph服务一起安装。

如果单机部署Nebula Graph进行测试，可以设置 `ENABLE_BUILD_STORAGE=ON` ，安装时会自动下载和安装Storage服务。

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

`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

`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

`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` 。

2021 Vesoft Inc.

MAKE_BUILD_TYPE

`MAKE_BUILD_TYPE` 控制Nebula Graph的build方法，取值说明如下：

- `Debug`

  `MAKE_BUILD_TYPE` 的默认值，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。

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。
4. 更新代码：`git pull`，并再次编译，第4步加上CMake选项 `-DENABLE_MODULE_UPDATE=ON`。

最后更新: 2021年7月26日

2021 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。

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 `2.5.0` 安装包：

```
wget https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/2.5.0/nebula-graph-2.5.0.el7.x86_64.rpm
wget https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/2.5.0/nebula-graph-2.5.0.el7.x86_64.rpm.sha256sum.txt
```

  下载适用于 `ubuntu 1804` 的 `2.5.0` 安装包：

```
wget https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/2.5.0/nebula-graph-2.5.0.ubuntu1804.amd64.deb
wget https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/2.5.0/nebula-graph-2.5.0.ubuntu1804.amd64.deb.sha256sum.txt
```


2021 Vesoft Inc.

- 下载日常开发版本(nightly)

  禁止：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。

  URL格式如下：

```
//Centos 7
https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/v2-nightly/<yyyy.mm.dd>/nebula-graph-<yyyy.mm.dd>-nightly.el7.x86_64.rpm

//Centos 8
https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/v2-nightly/<yyyy.mm.dd>/nebula-graph-<yyyy.mm.dd>-nightly.el8.x86_64.rpm

//Ubuntu 1604
https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/v2-nightly/<yyyy.mm.dd>/nebula-graph-<yyyy.mm.dd>-nightly.ubuntu1604.amd64.deb

//Ubuntu 1804
https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/v2-nightly/<yyyy.mm.dd>/nebula-graph-<yyyy.mm.dd>-nightly.ubuntu1804.amd64.deb

//Ubuntu 2004
https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/v2-nightly/<yyyy.mm.dd>/nebula-graph-<yyyy.mm.dd>-nightly.ubuntu1804.amd64.deb
```

  例如要下载 `2021.03.28` 适用于 `Centos 7.5` 的 `2.x` 安装包：

```
wget https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/v2-nightly/2021.03.28/nebula-graph-2021.03.28-nightly.el7.x86_64.rpm
wget https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/v2-nightly/2021.03.28/nebula-graph-2021.03.28-nightly.el7.x86_64.rpm.sha256sum.txt
```

  要下载 `2021.03.28` 适用于 `Ubuntu 1804` 的 `2.x` 安装包：

```
wget https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/v2-nightly/2021.03.28/nebula-graph-2021.03.28-nightly.ubuntu1804.amd64.deb
wget https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/package/v2-nightly/2021.03.28/nebula-graph-2021.03.28-nightly.ubuntu1804.amd64.deb.sha256sum.txt
```

GITHUB下载

- 下载release版本
  - 登录Nebula Graph Releases页面，确认需要的版本，单击**Assets**。

2021 Vesoft Inc.

- 在**Assets**区域找到机器运行所需的安装包，下载文件到机器上。

- 下载nightly版本

  禁止：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。

  - 登录Nebula Graph package页面，单击顶部最新的**package**。

  - 在**Artifacts**区域找到机器运行所需的安装包，下载文件到机器上。

2021 Vesoft Inc.

安装Nebula Graph

- 安装RPM包

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

- 安装DEB包

```
$ sudo dpkg -i --instdir==<installation_path> <package_name>
```

> **Note**
>
> 如果不设置安装路径，默认安装路径为 `/usr/local/nebula/` 。

相关文档

连接Nebula Graph

最后更新: 2021年7月23日

2021 Vesoft Inc.

5.2.3 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 `master` 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 master https://github.com/vesoft-inc/nebula-docker-compose.git
```

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。

> **Note**
>
> 如果长期未更新镜像，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
```

> **Note**
>
> 上述服务的更多信息，请参见架构总览。

2021 Vesoft Inc.

4. 连接Nebula Graph。

   a. 使用Nebula Console镜像启动一个容器，并连接到Nebula Graph服务所在的网络（nebula-docker-compose_nebula-net）中。

```
$ docker run --rm -ti --network nebula-docker-compose_nebula-net --entrypoint=/bin/sh vesoft/nebula-console:v2-nightly
```

> **Note**
>
> 本地网络可能和示例中的 `nebula-docker-compose_nebula-net` 不同，请使用如下命令查看。

```
$ docker network  ls
NETWORK ID          NAME                              DRIVER              SCOPE
a74c312b1d16        bridge                            bridge              local
dbfa82505f0e        host                              host                local
ed55ccf356ae        nebula-docker-compose_nebula-net  bridge              local
93ba48b4b288        none                              null                local
```

   b. 通过Nebula Console连接Nebula Graph。

```
docker> 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。

   c. 执行如下命令检查 `nebula-storaged` 进程状态。

```
nebula> SHOW HOSTS;
+-------------+------+----------+--------------+----------------------+------------------------+
| Host        | Port | Status   | Leader count | Leader distribution  | Partition distribution |
+-------------+------+----------+--------------+----------------------+------------------------+
| "storaged0" | 9779 | "ONLINE" | 0            | "No valid partition" | "No valid partition"   |
+-------------+------+----------+--------------+----------------------+------------------------+
| "storaged1" | 9779 | "ONLINE" | 0            | "No valid partition" | "No valid partition"   |
+-------------+------+----------+--------------+----------------------+------------------------+
| "storaged2" | 9779 | "ONLINE" | 0            | "No valid partition" | "No valid partition"   |
+-------------+------+----------+--------------+----------------------+------------------------+
| "Total"     |      |          | 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
Name                      Command                       State                                                  Ports
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
nebula-docker-compose_graphd1_1     ./bin/nebula-graphd --flag ...   Up (health: starting)   13000/tcp, 13002/tcp, 0.0.0.0:33295->19669/tcp, 0.0.0.0:33291->19670/tcp,
                                                                                             3699/tcp, 0.0.0.0:33298->9669/tcp
nebula-docker-compose_graphd2_1     ./bin/nebula-graphd --flag ...   Up (health: starting)   13000/tcp, 13002/tcp, 0.0.0.0:33285->19669/tcp, 0.0.0.0:33284->19670/tcp,
                                                                                             3699/tcp, 0.0.0.0:33286->9669/tcp
nebula-docker-compose_graphd_1      ./bin/nebula-graphd --flag ...   Up (health: starting)   13000/tcp, 13002/tcp, 0.0.0.0:33288->19669/tcp, 0.0.0.0:33287->19670/tcp,
                                                                                             3699/tcp, 0.0.0.0:9669->9669/tcp
nebula-docker-compose_metad0_1      ./bin/nebula-metad --flagf ...   Up (health: starting)   11000/tcp, 11002/tcp, 0.0.0.0:33276->19559/tcp, 0.0.0.0:33275->19560/tcp,
                                                                                             45500/tcp, 45501/tcp, 0.0.0.0:33278->9559/tcp
nebula-docker-compose_metad1_1      ./bin/nebula-metad --flagf ...   Up (health: starting)   11000/tcp, 11002/tcp, 0.0.0.0:33279->19559/tcp, 0.0.0.0:33277->19560/tcp,
                                                                                             45500/tcp, 45501/tcp, 0.0.0.0:33281->9559/tcp
nebula-docker-compose_metad2_1      ./bin/nebula-metad --flagf ...   Up (health: starting)   11000/tcp, 11002/tcp, 0.0.0.0:33282->19559/tcp, 0.0.0.0:33280->19560/tcp,
                                                                                             45500/tcp, 45501/tcp, 0.0.0.0:33283->9559/tcp
nebula-docker-compose_storaged0_1   ./bin/nebula-storaged --fl ...   Up (health: starting)   12000/tcp, 12002/tcp, 0.0.0.0:33290->19779/tcp, 0.0.0.0:33289->19780/tcp,
                                                                                             44500/tcp, 44501/tcp, 0.0.0.0:33294->9779/tcp
nebula-docker-compose_storaged1_1   ./bin/nebula-storaged --fl ...   Up (health: starting)   12000/tcp, 12002/tcp, 0.0.0.0:33296->19779/tcp, 0.0.0.0:33292->19780/tcp,
                                                                                             44500/tcp, 44501/tcp, 0.0.0.0:33299->9779/tcp
nebula-docker-compose_storaged2_1   ./bin/nebula-storaged --fl ...   Up (health: starting)   12000/tcp, 12002/tcp, 0.0.0.0:33297->19779/tcp, 0.0.0.0:33293->19780/tcp,
                                                                                             44500/tcp, 44501/tcp, 0.0.0.0:33300->9779/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。

2021 Vesoft Inc.

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 nebula-docker-compose_storaged0_1 ... done
Stopping nebula-docker-compose_graphd1_1   ... done
Stopping nebula-docker-compose_graphd_1    ... done
Stopping nebula-docker-compose_storaged1_1 ... done
Stopping nebula-docker-compose_graphd2_1   ... done
Stopping nebula-docker-compose_storaged2_1 ... done
Stopping nebula-docker-compose_metad0_1    ... done
Stopping nebula-docker-compose_metad2_1    ... done
Stopping nebula-docker-compose_metad1_1    ... done
Removing nebula-docker-compose_storaged0_1 ... done
Removing nebula-docker-compose_graphd1_1   ... done
Removing nebula-docker-compose_graphd_1    ... done
Removing nebula-docker-compose_storaged1_1 ... done
Removing nebula-docker-compose_graphd2_1   ... done
Removing nebula-docker-compose_storaged2_1 ... done
Removing nebula-docker-compose_metad0_1    ... done
Removing nebula-docker-compose_metad2_1    ... done
Removing nebula-docker-compose_metad1_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。

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:v2-nightly
    ...
    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。

2021 Vesoft Inc.

如何更新NEBULA GRAPH服务的DOCKER镜像？

在目录 `nebula-docker-compose` 内执行命令 `docker-compose pull`，可以更新Graph服务、Storage服务和Meta服务的镜像。

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？

执行如下命令可以更新Nebula Console客户端镜像。

```
docker pull vesoft/nebula-console:v2-nightly
```

如何升级NEBULA GRAPH？

更新Nebula Graph的Docker镜像并重启服务：

1. 在目录 `nebula-docker-compose` 内，执行命令 `docker-compose pull` 更新Nebula Graph的Docker镜像。
2. 执行命令 `docker-compose down` 停止Nebula Graph服务。
3. 执行命令 `docker-compose up -d` 启动Nebula Graph服务。

为什么更新NEBULA-DOCKER-COMPOSE仓库（NEBULA GRAPH 2.0.0-RC）后，无法通过端口3699连接NEBULA GRAPH？

在 Nebula Graph 2.0.0-RC 版本，默认端口从 `3699` 改为 `9669`。请使用 `9669` 端口连接，或修改配置文件 `docker-compose.yaml` 内的端口。

为什么更新NEBULA-DOCKER-COMPOSE仓库后，无法访问数据？（2021年01月04日）

如果在2021年01月04日后更新过nebula-docker-compose仓库，而且之前已经有数据，请修改文件 `docker-compose.yaml`，将端口修改为之前使用的端口。详情请参见修改默认端口。

为什么更新NEBULA-DOCKER-COMPOSE仓库后，无法访问数据？（2021年01月27日）

2021年01月27日修改了数据格式，无法兼容之前的数据，请执行命令 `docker-compose down -v` 删除所有本地数据。

相关视频

用户也可以查看视频快速部署Nebula Graph 2.0。

使用 docker compose 部署 Nebula Graph 2.0 和 Web Studio（18分10秒）

最后更新: 2021年7月23日

2021 Vesoft Inc.

5.2.4 使用RPM/DEB包部署Nebula Graph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。

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.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。

2021 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
```


2021 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
```

- 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
```


2021 Vesoft Inc.

- 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
```

- 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
```

3.启动集群

依次启动各个服务器上的对应进程。说明如下。

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>
```


2021 Vesoft Inc.

Note

- graphd、storaged和metad都启动时，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。

4.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，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!

> SHOW HOSTS;
+-----------------+------+----------+--------------+----------------------+------------------------+
| Host            | Port | Status   | Leader count | Leader distribution  | Partition distribution |
+-----------------+------+----------+--------------+----------------------+------------------------+
| "192.168.10.111" | 9779 | "ONLINE" | 0            | "No valid partition" | "No valid partition"   |
+-----------------+------+----------+--------------+----------------------+------------------------+
| "192.168.10.112" | 9779 | "ONLINE" | 0            | "No valid partition" | "No valid partition"   |
+-----------------+------+----------+--------------+----------------------+------------------------+
| "192.168.10.113" | 9779 | "ONLINE" | 0            | "No valid partition" | "No valid partition"   |
+-----------------+------+----------+--------------+----------------------+------------------------+
| "192.168.10.114" | 9779 | "ONLINE" | 0            | "No valid partition" | "No valid partition"   |
+-----------------+------+----------+--------------+----------------------+------------------------+
| "192.168.10.115" | 9779 | "ONLINE" | 0            | "No valid partition" | "No valid partition"   |
+-----------------+------+----------+--------------+----------------------+------------------------+
| "Total"         |      |          | 0            |                      |                        |
+-----------------+------+----------+--------------+----------------------+------------------------+
```

最后更新: 2021年7月23日

2021 Vesoft Inc.

5.3 管理Nebula Graph服务

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

`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。

5.3.1 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。

5.3.2 启动Nebula Graph服务

非容器部署

对于使用RPM或DEB文件安装的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
```

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
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
```


2021 Vesoft Inc.

5.3.3 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

对于使用Docker Compose安装的Nebula Graph，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
```

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。

5.3.4 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：

```
$ 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: Running as 26601, Listening on 9559
  [INFO] nebula-graphd: Running as 26644, Listening on 9669
  [INFO] nebula-storaged: Running as 26709, Listening on 9779
  ```

- 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
  ```


2021 Vesoft Inc.

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
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
nebula-docker-compose_graphd1_1     /usr/local/nebula/bin/nebu ...   Up (healthy)   0.0.0.0:49223->19669/tcp, 0.0.0.0:49222->19670/tcp, 0.0.0.0:49224->9669/tcp
nebula-docker-compose_graphd2_1     /usr/local/nebula/bin/nebu ...   Up (healthy)   0.0.0.0:49229->19669/tcp, 0.0.0.0:49228->19670/tcp, 0.0.0.0:49230->9669/tcp
nebula-docker-compose_graphd_1      /usr/local/nebula/bin/nebu ...   Up (healthy)   0.0.0.0:49221->19669/tcp, 0.0.0.0:49220->19670/tcp, 0.0.0.0:9669->9669/tcp
nebula-docker-compose_metad0_1      ./bin/nebula-metad --flagf ...   Up (healthy)   0.0.0.0:49212->19559/tcp, 0.0.0.0:49211->19560/tcp, 0.0.0.0:49213->9559/tcp,
                                                                                    9560/tcp
nebula-docker-compose_metad1_1      ./bin/nebula-metad --flagf ...   Up (healthy)   0.0.0.0:49209->19559/tcp, 0.0.0.0:49208->19560/tcp, 0.0.0.0:49210->9559/tcp,
                                                                                    9560/tcp
nebula-docker-compose_metad2_1      ./bin/nebula-metad --flagf ...   Up (healthy)   0.0.0.0:49206->19559/tcp, 0.0.0.0:49205->19560/tcp, 0.0.0.0:49207->9559/tcp,
                                                                                    9560/tcp
nebula-docker-compose_storaged0_1   ./bin/nebula-storaged --fl ...   Up (healthy)   0.0.0.0:49218->19779/tcp, 0.0.0.0:49217->19780/tcp, 9777/tcp, 9778/tcp,
                                                                                    0.0.0.0:49219->9779/tcp, 9780/tcp
nebula-docker-compose_storaged1_1   ./bin/nebula-storaged --fl ...   Up (healthy)   0.0.0.0:49215->19779/tcp, 0.0.0.0:49214->19780/tcp, 9777/tcp, 9778/tcp,
                                                                                     0.0.0.0:49216->9779/tcp, 9780/tcp
nebula-docker-compose_storaged2_1   ./bin/nebula-storaged --fl ...   Up (healthy)   0.0.0.0:49226->19779/tcp, 0.0.0.0:49225->19780/tcp, 9777/tcp, 9778/tcp,
                                                                                    0.0.0.0:49227->9779/tcp, 9780/tcp
```

如果服务有异常，用户可以先确认异常的容器名称（例如 `nebula-docker-compose_graphd2_1`），然后执行 `docker ps` 查看对应的 `CONTAINER ID`(示例为 `2a6c56c405f5`)，最后登录容器排查问题。

```
nebula-docker-compose]$ docker ps
CONTAINER ID   IMAGE                                COMMAND                  CREATED          STATUS
PORTS                                                                                                                                                  NAMES
2a6c56c405f5   vesoft/nebula-graphd:v2-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:v2-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:v2-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:v2-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:v2-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:v2-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:v2-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:v2-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:v2-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

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

5.3.5 下一步

连接Nebula Graph

最后更新: 2021年7月23日

2021 Vesoft Inc.

5.4 升级版本

5.4.1 升级 Nebula Graph 历史版本至 v2.0.0

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。
- **支持**如下版本的升级。
  - Nebula Graph v1.2.0 升级至 Nebula Graph v2.0.0。
  - Nebula Graph v2.0.0-RC1 升级至 Nebula Graph 2.0.0。
- **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**三倍**。
- 已知会造成数据丢失的4种场景，和alter schema以及default value相关，具体见github known issues。
- 所有的客户端均需要升级，通信协议不兼容。
- 升级时间大约需要30分钟（取决于具体配置），参见文末测试环境。
- 数据目录不要使用软连接切换，避免失效。
- 升级操作需要有sudo权限。

前置条件说明

旧版本安装目录

默认情况下，旧版本安装的根目录为 `/usr/local/nebula/` （下文记为 `${nebula-old}` ）。默认配置文件目录为 `${nebula-old}/etc/` 。

- `${nebula-old}/etc/nebula-storaged.conf` 文件中的 `--data_path` 参数指定了storaged数据目录的位置，其默认值为 `data/storage` 。
- `${nebula-old}/etc/nebula-metad.conf` 文件中的 `--data_path` 参数指定了metad数据目录位置，其默认值为 `data/meta` 。

> **Note**
>
> Nebula Graph的实际安装路径可能和本文示意不同，请使用实际路径。用户也可以用 `ps -ef | grep nebula` 中的参数来找到实际使用的配置文件地址。

新版本安装目录

本文中新版本安装目录记为 `${nebula-new}` (例如 `/usr/local/nebula-new/`)。

```
> mkdir -p ${nebula-new}
```

升级步骤

1. **停止所有客户端访问**。也可以通过在每台服务器上关闭 graphd 服务避免脏写。在每台服务器上运行如下命令。

```
> ${nebula-old}/scripts/nebula.service stop graphd
[INFO] Stopping nebula-graphd...
[INFO] Done
```


2021 Vesoft Inc.

2. 停止旧版本服务。在每台服务器上运行如下命令。

```
> ${nebula-old}/scripts/nebula.service stop all
[INFO] Stopping nebula-metad...
[INFO] Done
[INFO] Stopping nebula-graphd...
[INFO] Done
[INFO] Stopping nebula-storaged...
[INFO] Done
```

运行 `ps -ef | grep nebula` 检查所有 nebula 服务都已停止。`storaged` 进程 flush 数据可能要等待 1 分钟。

> **Note**
>
> 如果超过 20 分钟不能停止服务，**放弃本次升级**，并在论坛提交问题。

3. 在每台服务器上运行如下命令。

   a. 安装新的二进制文件。

   - 如果从 rpm/deb 安装,从release page下载对应操作系统的安装包。

     ```
     > sudo rpm --force -i --prefix=${nebula-new}  ${nebula-package-name.rpm} # for centos/redhat
     > sudo dpkg -i --instdir==${nebula-new} ${nebula-package-name.deb} # for ubuntu
     ```

     具体步骤可以见从RPM/DEB安装。

   - 如果从源代码安装。具体步骤见从源代码安装。这里列出几个关键命令：

     - clone 源代码

       ```
       > git clone --branch v2.0.0 https://github.com/vesoft-inc/nebula-graph.git
       ```

     - 设置 CMake

       ```
       > cmake -DCMAKE_INSTALL_PREFIX=${nebula-new} -DENABLE_BUILD_STORAGE=on -DENABLE_TESTING=OFF -DCMAKE_BUILD_TYPE=Release -DNEBULA_COMMON_REPO_TAG=v2.0.0  -
       DNEBULA_STORAGE_REPO_TAG=v2.0.0 ..
       ```

   b. 拷贝配置文件。

   ```
   > cp -rf ${nebula-old}/etc ${nebula-new}/
   ```


2021 Vesoft Inc.

4. 在曾经运行 metad 的服务器上（通常为3台），拷贝 metad 数据、配置文件到新目录。
   - 拷贝 metad 数据

     在 `${nebula-old}/etc/nebula-metad.conf` 中找到 `--data_path` 项（其默认值为 `data/meta`）

     - 如果旧版本配置**未更改** `--data_path` 项，则可以运行如下命令，将metad数据拷贝到新目录。

       ```
       > mkdir -p ${nebula-new}/data/meta/
       > cp -r ${nebula-old}/data/meta/* ${nebula-new}/data/meta/
       ```

     - 如果旧版本配置更改了默认的 metad 目录，请根据实际目录拷贝。
   - 拷贝并修改配置文件
     - 编辑新的 metad 配置文件：

       ```
       > vim ${nebula-new}/nebula-metad.conf
       ```

     - [可选]增加配置项：

       `--null_type=false`：升级后的schema的属性是否要支持 `NULL`，**默认为 true**。不希望支持 NULL 的话，设置为 false。此时，升级后的 Schema 如果要增加属性（ALTER TAG/EDGE）必须指定 default 值，否则会读不出数据。

       `--string_index_limit=32`：升级后 string 对应的索引的长度，不加的话系统默认为 64。

   > **Note**
   >
   > 请确保在每个metad服务器都完成了以上操作。

5. 在每个 storaged 服务器上，修改 storaged 配置文件。
   - [可选]如果旧版本 storaged 数据目录 `--data_path=data/storage` 不是默认值，有更改。

     ```
     > vim ${nebula-new}/nebula-storaged.conf
     ```

     `--data_path` 设置为新的 storaged 数据目录地址。
   - 创建新版本 storaged 数据目录。

     ```
     > mkdir -p ${nebula-new}/data/storage/
     ```

   如果 `${nebula-new}/etc/nebula-storaged.conf` 中的 `--data_path` 有改动，请按实际路径创建。
6. 启动新版本的 metad 进程。
   - 在每个 metad 的服务器上运行如下命令。

     ```
     $ sudo ${nebula-new}/scripts/nebula.service start metad
     [INFO] Starting nebula-metad...
     [INFO] Done
     ```

   - 检查每个 metad 进程是否正常。

     ```
     $ ps -ef |grep nebula-metad
     ```

   - 检查 metad 日志 `${nebula-new}/logs/` 下的 ERROR 日志。

   > **Note**
   >
   > 如果服务异常：请查看目录 `${nebula-new}/logs` 内的 metad 相关日志，并在论坛提交问题。**放弃本次升级，在原目录正常启动 nebula 服务**。

7. 升级 storaged 数据格式。

   在每个 storaged 服务器运行如下命令。

   ```
   $ sudo ${nebula-new}/bin/db_upgrader  \
   --src_db_path=<old_storage_directory_path> \
   --dst_db_path=<new_storage_directory_path>  \
   ```


2021 Vesoft Inc.

```
--upgrade_meta_server=<meta_server_ip1>:<port1>[,<meta_server_ip2>:<port2>,...] \
--upgrade_version=<old_nebula_version> \
```

参数说明：

- `--src_db_path` 为**老版本**storaged的数据目录的绝对路径，多个目录用逗号分隔，不加空格。
- `--dst_db_path` 为**新版本**storaged的数据目录的绝对路径，多个目录用逗号分隔。逗号分隔的目录必须和 `--src_db_path` 中一一对应。
- `--upgrade_meta_server` 为步骤6中启动的所有新 metad 的地址.
- `--upgrade_version` 如果老版本为v1.2.0，则填写1；如果老版本为v2.0.0-RC，则填写2.不可填写其他数字。

Danger

请勿颠倒 `--src_db_path` 和 `--dst_db_path` 的顺序，否则会升级失败且破坏老版本的数据。

例如，从 v1.2.0 升级：

```
$ sudo /usr/local/nebula_new/bin/db_upgrader \
--src_db_path=/usr/local/nebula/data/storage/data1/,/usr/local/nebula/data/storage/data2/ \
--dst_db_path=/usr/local/nebula_new/data/storage/data1/,/usr/local/nebula_new/data/storage/data2/\
--upgrade_meta_server=192.168.8.14:45500,192.168.8.15:45500,192.168.8.16:45500 \
--upgrade_version=1
```

从 v2.0.0-RC 升级：

```
$ sudo /usr/local/nebula_new/bin/db_upgrader \
--src_db_path=/usr/local/nebula/data/storage/ \
--dst_db_path=/usr/local/nebula_new/data/storage/ \
--upgrade_meta_server=192.168.8.14:9559,192.168.8.15:9559,192.168.8.16:9559 \
--upgrade_version=2
```

Note

- 如果工具抛出异常请在论坛提交问题。**放弃本次升级，关闭所有已经启动的 metad，在原目录正常启动 nebula 服务**。
- 请确保在每个storaged服务器都完成了以上操作。

8. 在每个storaged服务器启动新版本的storaged服务。

```
$ sudo ${nebula-new}/scripts/nebula.service start storaged
$ sudo ${nebula-new}/scripts/nebula.service status storaged
```

Note

如果有 storaged 未正常启动，请将日志 `${nebula-new}/logs/` 在论坛提交问题。**放弃本次升级，关闭所有已经启动的 metad和storaged，在原目录正常启动 nebula 服务**。

9. 在每个 graphd 服务器启动新版本的 graphd 服务。

```
$ sudo ${nebula-new}/scripts/nebula.service start graphd
$ sudo ${nebula-new}/scripts/nebula.service status graphd
```

Note

如果有graphd未正常启动，请将日志 `${nebula-new}/logs/` 在论坛提交问题。**放弃本次升级，关闭所有已经启动的 metad,storaged,graphd. 在原目录正常启动 nebula 服务**。

10. 使用新版本Nebula Console 连接新的Nebula Graph，验证服务是否可用、数据是否正常。命令行参数，如 graphd 的 IP、端口都不变。

```
nebula> SHOW HOSTS;
nebula> SHOW SPACES;
nebula> USE <space_name>
nebula> SHOW PARTS;
```


2021 Vesoft Inc.

```
nebula> SUBMIT JOB STATS;
nebula> SHOW STATS;
```

> **Note**
>
> 不可使用v2.0.0之前的 nebula console。

11. 升级其他客户端。

    所有的客户端都必须升级到对应 v2.0.0 版本。包括但不限于studio, python, java, go, c++, flink-connector, spark-util, benchmark。请找到各 repo 对应的 v2.0.0 branch。

> **Note**
>
> 不兼容旧版本的通信协议。需重新源代码编译或者下载二进制包。
>
> (运维)提醒：升级后的数据目录为 `${nebula-new}/` 。如有硬盘容量监控、日志 ELK 等，相应改动。

升级失败回滚

如果升级失败，请停止新版本的所有服务，启动旧版的所有服务。

所有周边客户端切换为**旧版**。

附1：升级测试环境

本文测试升级的环境如下：

- 机器配置：32核CPU、62 GB内存、SSD
- 数据规模：Nebula Graph 1.2 版本 LDBC 测试数据 100 GB（1个图空间、24个分片、data目录 92 GB）
- 并发参数：`--max_concurrent=5` 、 `--max_concurrent_parts=24` 、 `--write_batch_num=100`

升级共耗时**21分钟**（其中 compaction 耗时13分钟）。工具并发参数说明如下：

参数名称	默认值
`--max_concurrent`	5
`--max_concurrent_parts`	10
`--write_batch_num`	100

附2：Nebula Graph v2.0.0 代码地址和 commit id

地址	commit id
graphd	91639db
storaged 和 metad	761f22b
common	b2512aa

FAQ

Q：升级过程中是否可以通过客户端写入数据？

A：不可以。这个过程中写入的数据状态是未定义的。

Q: 除了 v1.2.0 和 v2.0.0-RC 外，其他版本是否支持升级？

2021 Vesoft Inc.

A: 未验证过。理论上 v1.0.0 - v1.2.0 都可以采用 v1.2.0 的升级版本。 v2.x 的日常研发版本(nightly)无升级方案。

Q: 升级完服务端后，客户端如何升级？

A：所有的客户端都必须升级到对应 v2.0.0 版本。包括但不限于 console，studio，python，java，go，c++，flink-connector，spark-util，benchmark。请找到各repo对应的v2.0.0 branch（TODO： 部分branch还未发布）。不兼容旧版本的通信协议。

Q: 如果某台机器只有 graphd 服务，没有 storaged 服务，如何升级？

A: 那只需要升级 graphd 对应的 binary （或者rpm包）。

Q: 操作报错 `Permission denied`。

A: 部分命令需要有 sudo 权限。

Q: 是否有 gflags 发生改变？

A: 目前已知的 gflags 改变整理在github issues。

Q: 删除数据重新安装，和升级有何不同？

A: v2.x 的默认配置（包括端口）与 v1.x 不同。升级方案沿用老的配置，删除重新安装沿用新的配置。

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。

最后更新: 2021年7月23日

2021 Vesoft Inc.

5.4.2 Nebula Graph v2.0.0升级至v2.0.1

Nebula Graph v2.0.0升级至v2.0.1，只需要使用v2.0.1的RPM/DEB包进行升级操作即可，或者编译v2.0.1之后重新安装。

> **Note**
>
> 如果Nebula Graph版本过低，需要先升级至v2.0.0，详情请参见升级 Nebula Graph 历史版本至 v2.0.0。

RPM/DEB包升级步骤

1. 下载RPM/DEB包。
2. 停止所有Nebula Graph服务。详情请参见管理Nebula Graph服务。
3. 执行如下命令升级：
   - RPM包

     ```
     $ sudo rpm -Uivh <package_name>
     ```

   - DEB包

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

4. 在每台服务器上启动所需的服务。详情请参见管理Nebula Graph服务。

编译新版本源码升级步骤

1. 备份旧版本的配置文件。配置文件保存在Nebula Graph安装路径的`etc`目录内。
2. 更新仓库并编译源码。详情请参见使用源码安装Nebula Graph。

> **Note**
>
> 编译时注意设置安装路径，和旧版本的安装路径保持一致。

Docker Compose部署升级步骤

请参见如何更新Nebula Graph服务的Docker镜像。

最后更新: 2021年7月23日

2021 Vesoft Inc.

5.5 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。

5.5.1 前提条件

停止Nebula Graph服务。详情参见管理Nebula Graph服务。

5.5.2 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。

5.5.3 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-2.5.0-1.x86_64
```


2021 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-2.5.0-1.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  2.5.0  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: 2021年5月26日

2021 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，文件中没有的配置项应用默认值。

> **Note**
>
> - 由于配置项数多且可能随着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。

> **历史版本兼容性**
>
> 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，2.x版本的文档中将不再介绍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。

> **历史版本兼容性**
>
> Nebula Graph v2.x版本的 `curl` 命令不兼容v1.x版本。命令和参数都有改变。

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
```


2021 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

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。文件的默认路径为 `/usr/local/nebula/etc/` 。

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。

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：

1. 使用文本编辑器修改目标服务的配置文件并保存。
2. 选择合适的时间重启**所有**Nebula Graph服务使修改生效。

最后更新: 2021年7月5日

2021 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=CST-8` 。
`local_config`	`true`	是否从配置文件获取配置信息。
`minimum_reserved_bytes`	-	每个数据存储路径的剩余空间最小值，低于该值时，可能会导致集群元数据操作失败。单位：字节。默认为 `1073741824` ，即1GB。

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。

2021 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` ）。

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_h2_port`	`19560`	HTTP2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。

2021 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: 2021年7月15日

2021 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`，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-graphd.pid`	记录进程ID的文件。
`enable_optimizer`	`true`	是否启用优化器。
`system_memory_high_watermark_ratio`	-	内存高水位报警机制的触发阈值，默认为 `0.8`。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。初始配置文件中未设置该参数，使用需手动添加。
`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=CST-8`。
`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。

2021 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`）。

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。

2021 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`	`0`	空闲连接的超时时间。 `0` 表示永不超时。单位：秒。
`session_idle_timeout_secs`	`0`	空闲会话的超时时间。 `0` 表示永不超时。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。
`ws_h2_port`	`19670`	HTTP2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。
`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` 。

最后更新: 2021年7月15日

2021 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`，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。

> **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=CST-8`。
`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。

2021 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`	`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` ）。

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。
`ws_h2_port`	`19780`	HTTP2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的生存时间。单位：秒。

2021 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，可能会导致集群元数据操作失败。单位：字节。默认为 `1073741824`，即1GB。
`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（MB）。
`engine_type`	`rocksdb`	存储引擎类型。
`rocksdb_compression`	`lz4`	压缩算法，可选值为 `no`、`snappy`、`lz4`、`lz4hc`、`zlib`、`bzip2` 和 `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。可选值为 `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）和 `kAll`（收集所有统计数据）。
`enable_rocksdb_prefix_filtering`	`false`	是否启用prefix bloom filter (内存充裕时可以打开，提升图遍历速度)。
`enable_rocksdb_whole_key_filtering`	`true`	是否启用whole key bloom filter。
`rocksdb_filtering_prefix_length`	`12`	每个key的prefix长度。可选值为 `12`（分片ID+点ID）和 `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。

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。

2021 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。

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。

> **Compatibility**
>
> Nebula Graph 1.x 中的蓄水池采样方法在 Nebula Graph 2.5.0 不再支持。

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: 2021年7月15日

2021 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虚拟机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
```

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。

2021 Vesoft Inc.

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: 2021年5月14日

2021 Vesoft Inc.

6.2 日志

6.2.1 日志配置

Nebula Graph使用glog打印日志，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。

日志目录

日志的默认目录为 `/usr/local/nebula/logs/` 。

如果在Nebula Graph运行过程中删除日志目录，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'
  ```

修改日志级别

使用如下命令修改日志级别：

```
$ curl -X PUT -H "Content-Type: application/json" -d '{"<key>":<value>[,"<key>":<value>]}' "<ws_ip>:<ws_port>/flags"
```

参数	说明
`key`	待修改的日志类型，可选值请参见配置说明。
`value`	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）。

2021 Vesoft Inc.

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 日志

RocksDB 的日志通常在 `/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: 2021年5月18日

2021 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、COUNT、AVG、RATE和P分位数（P75、P95、P99、P99.9）。
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。

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。

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。

2021 Vesoft Inc.

```
$ 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
```

最后更新: 2021年5月20日

2021 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，输入任意用户名和密码都可以连接到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 `--enable_authorize=true` 并保存退出。
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。

LDAP验证

轻型目录访问协议（LDAP）是用于访问目录服务的轻型客户端-服务器协议，可以实现账号集中管理。 启用LDAP验证后，LDAP中存储的用户优先级高于本地用户。例如本地和LDAP都有一个名为 `Amber` 的用户，则优先从LDAP读取该用户的设置和角色信息。

启用LDAP验证

当前仅企业版支持集成LDAP进行身份验证，详情请参见使用LDAP进行身份验证（TODO: doc）。

最后更新: 2021年5月8日

2021 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，输入任意用户名和密码都可以连接到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>'];
```

- 示例

```
nebula> CREATE USER user1 WITH PASSWORD 'nebula';
```

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;
```

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;
```


2021 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（ALTER USER）

执行 `ALTER USER` 语句可以修改用户密码，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>';
```

- 示例

```
nebula> ALTER USER user1 WITH PASSWORD 'nebula';
```

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;
```

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   |
+-----------+
| "test1"   |
+-----------+
| "test2"   |
+-----------+
| "test3"   |
+-----------+
```

最后更新: 2021年5月14日

2021 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。

2021 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`
Write space	Y					`CREATE SPACE`、`DROP SPACE`、`CREATE SNAPSHOT`、`DROP SNAPSHOT`、`BALANCE`、`ADMIN`、`CONFIG`、`INGEST`、`DOWNLOAD`
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`、`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		`BUILD TAG INDEX`、`BUILD EDGE INDEX`、`INSERT VERTEX`、`UPDATE VERTEX`、`INSERT EDGE`、`UPDATE EDGE`、`DELETE VERTEX`、`DELETE EDGES`
Show operations	Y	Y	Y	Y	Y	`SHOW`、`CHANGE PASSWORD`

注意：

- 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: 2021年5月24日

2021 Vesoft Inc.

8.2 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。

8.2.1 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。

8.2.2 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`。

8.2.3 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
...
```

8.2.4 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;
```

8.2.5 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" |
+-------------------------------+---------+-----------------+
```


2021 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。

8.2.6 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" |
+-------------------------------+---------+------------------+
```

8.2.7 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Meta服务器和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。

最后更新: 2021年5月26日

2021 Vesoft Inc.

9. 服务调优

9.1 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`。

9.1.1 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。如果需要完全手动控制`Compaction`操作，用户可以关闭自动`Compaction`。

关闭自动Compaction

> **Danger**
>
> 命令`UPDATE CONFIGS`会将未设置的参数恢复为默认值，因此修改前需要使用`SHOW CONFIGS STORAGE`查看`rocksdb_column_family_options`配置，然后一起重新传入值。

```
# 查看当前rocksdb_column_family_options设置，复制value列内容。
nebula> SHOW CONFIGS STORAGE;
+-----------+-------------------------------------+-------+-----------+-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
| module    | name                                | type  | mode      | value                                                                                                           |
+-----------+-------------------------------------+-------+-----------+-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
| "STORAGE" | "v"                                 | "int" | "MUTABLE" | 0                                                                                                               |
+-----------+-------------------------------------+-------+-----------+-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
...
+-----------+-------------------------------------+-------+-----------+-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
| "STORAGE" | "rocksdb_column_family_options"     | "map" | "MUTABLE" | {max_bytes_for_level_base: "268435456", max_write_buffer_number: "4", write_buffer_size: "67108864"} |
+-----------+-------------------------------------+-------+-----------+-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
...

# 修改rocksdb_column_family_options设置，在复制的value内容中添加disable_auto_compactions: true
nebula> UPDATE CONFIGS storage:rocksdb_column_family_options = {disable_auto_compactions: true, max_bytes_for_level_base: 268435456, max_write_buffer_number: 4, write_buffer_size:
67108864};

# 查看是否修改成功。
nebula> SHOW CONFIGS STORAGE;
+-----------+-------------------------------------+-------+-----------
+-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
| module    | name                                | type  | mode      |
value                                                                                                             |
+-----------+-------------------------------------+-------+-----------
+-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
| "STORAGE" | "v"                                 | "int" | "MUTABLE" |
0                                                                                                                 |
+-----------+-------------------------------------+-------+-----------
+-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
...
+-----------+-------------------------------------+-------+-----------
+-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
| "STORAGE" | "rocksdb_column_family_options"     | "map" | "MUTABLE" | {disable_auto_compactions: true, max_bytes_for_level_base: "268435456", max_write_buffer_number: "4",
write_buffer_size: "67108864"} |
+-----------+-------------------------------------+-------+-----------
+-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------+
...
```


2021 Vesoft Inc.

9.1.2 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>;
```

9.1.3 操作建议

为保证Nebula Graph的性能，请参考如下操作建议：

- 数据写入时为避免浪费IO，请在大量数据写入前关闭自动 `Compaction` 。详情请参见关闭自动 `Compaction` 。
- 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` 。
- 白天时设置 `disable_auto_compactions` 为 `false` ，提升短时间内的读取性能。
- 为控制 `Compaction` 的读写速率，请在配置文件 `nebula-storaged.conf` 中设置如下两个参数：

  ```
  # 设置为从本地配置文件读取配置。
  --local-config=true
  # 读写速率限制为20MB/S。
  --rate_limit=20 (in MB/s)
  ```

9.1.4 FAQ

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 `rate_limit` 限制为20MB/S时，用户可以通过 `硬盘使用量/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: 2021年6月3日

2021 Vesoft Inc.

9.2 Storage负载均衡

用户可以使用 `BALANCE` 语句平衡分片和Raft leader的分布，或者删除冗余的Storage服务器。

9.2.1 前提条件

为了平衡分片和Raft leader的分布，Nebula Graph中图空间的副本数都必须大于1。

9.2.2 均衡分片分布

`BALANCE DATA` 语句会开始一个任务，将Nebula Graph集群中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。

> **Danger**
>
> 不要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。

2021 Vesoft Inc.

示例

以横向扩容Nebula Graph为例，集群中增加新的Storage服务器后，新服务器上没有分片。

1. 执行命令 `SHOW HOSTS` 检查分片的分布。

```
nebual> SHOW HOSTS;
+-------------+------+----------+--------------+----------------------------------+------------------------+
| Host        | Port | Status   | Leader count | Leader distribution              | Partition distribution |
+-------------+------+----------+--------------+----------------------------------+------------------------+
| "storaged0" | 9779 | "ONLINE" | 4            | "basketballplayer:4"             | "basketballplayer:15"  |
+-------------+------+----------+--------------+----------------------------------+------------------------+
| "storaged1" | 9779 | "ONLINE" | 8            | "basketballplayer:8"             | "basketballplayer:15"  |
+-------------+------+----------+--------------+----------------------------------+------------------------+
| "storaged2" | 9779 | "ONLINE" | 3            | "basketballplayer:3"             | "basketballplayer:15"  |
+-------------+------+----------+--------------+----------------------------------+------------------------+
| "storaged3" | 9779 | "ONLINE" | 0            | "No valid partition"             | "No valid partition"   |
+-------------+------+----------+--------------+----------------------------------+------------------------+
| "storaged4" | 9779 | "ONLINE" | 0            | "No valid partition"             | "No valid partition"   |
+-------------+------+----------+--------------+----------------------------------+------------------------+
| "Total"     |      |          | 15           | "basketballplayer:15"            | "basketballplayer:45"  |
+-------------+------+----------+--------------+----------------------------------+------------------------+
```

2. 执行命令 `BALANCE DATA` 将所有分片均衡分布。

```
nebula> BALANCE DATA;
+------------+
| ID         |
+------------+
| 1614237867 |
+------------+
```

3. 根据返回的任务ID，执行命令 `BALANCE DATA <balance_id>` 检查任务状态。

```
nebula> BALANCE DATA 1614237867;
+-------------------------------------------------------------+-------------------+
| balanceId, spaceId:partId, src->dst                         | status            |
+-------------------------------------------------------------+-------------------+
| "[1614237867, 11:1, storaged1:9779->storaged3:9779]"        | "SUCCEEDED"       |
+-------------------------------------------------------------+-------------------+
| "[1614237867, 11:1, storaged2:9779->storaged4:9779]"        | "SUCCEEDED"       |
+-------------------------------------------------------------+-------------------+
| "[1614237867, 11:2, storaged1:9779->storaged3:9779]"        | "SUCCEEDED"       |
+-------------------------------------------------------------+-------------------+
...
+-------------------------------------------------------------+-------------------+
| "Total:22, Succeeded:22, Failed:0, In Progress:0, Invalid:0" | 100               |
+-------------------------------------------------------------+-------------------+
```

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 | Status   | Leader count | Leader distribution              | Partition distribution |
+-------------+------+----------+--------------+----------------------------------+------------------------+
| "storaged0" | 9779 | "ONLINE" | 4            | "basketballplayer:4"             | "basketballplayer:9"   |
+-------------+------+----------+--------------+----------------------------------+------------------------+
| "storaged1" | 9779 | "ONLINE" | 8            | "basketballplayer:8"             | "basketballplayer:9"   |
+-------------+------+----------+--------------+----------------------------------+------------------------+
| "storaged2" | 9779 | "ONLINE" | 3            | "basketballplayer:3"             | "basketballplayer:9"   |
+-------------+------+----------+--------------+----------------------------------+------------------------+
| "storaged3" | 9779 | "ONLINE" | 0            | "No valid partition"             | "basketballplayer:9"   |
+-------------+------+----------+--------------+----------------------------------+------------------------+
| "storaged4" | 9779 | "ONLINE" | 0            | "No valid partition"             | "basketballplayer:9"   |
+-------------+------+----------+--------------+----------------------------------+------------------------+
| "Total"     |      |          | 15           | "basketballplayer:15"            | "basketballplayer:45"  |
+-------------+------+----------+--------------+----------------------------------+------------------------+
```

如果有子任务失败，请重新执行 `BALANCE DATA` 。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。

2021 Vesoft Inc.

9.2.3 停止负载均衡任务

停止负载均衡任务，请执行命令 `BALANCE DATA STOP` 。

- 如果没有正在执行的负载均衡任务，会返回错误。
- 如果有正在执行的负载均衡任务，会返回停止的任务ID（ `balance_id` ）。

`BALANCE DATA STOP` 不会停止正在执行的子任务，而是取消所有后续子任务。用户可以执行命令 `BALANCE DATA <balance_id>` 检查停止的任务状态。

一旦所有子任务都完成或停止，用户可以再次执行命令 `BALANCE DATA` 。

- 如果前一个负载均衡任务的任何一个子任务失败，Nebula Graph会重新启动之前的负载均衡任务。
- 如果前一个负载均衡任务的任何一个子任务都没有失败，Nebula Graph会启动一个新的的负载均衡任务。

9.2.4 重置负载均衡任务

如果停止负载均衡任务后重新执行仍然失败，可以尝试用命令 `BALANCE DATA RESET PLAN` 重置负载均衡任务，该操作会清空旧的任务。之后再使用 `BALANCE DATA` 命令，会新建负载均衡任务，而不是执行旧的任务。

9.2.5 移除Storage服务器

移除指定的Storage服务器来缩小集群规模，可以使用命令 `BALANCE DATA REMOVE <host_list>` 。

示例

如果需要移除以下两台Storage服务器。

服务器名称	IP地址	端口
storage3	192.168.0.8	9779
storage4	192.168.0.9	9779

请执行如下命令：

```
BALANCE DATA REMOVE 192.168.0.8:9779,192.168.0.9:9779;
```

Nebula Graph将启动一个负载均衡任务，迁移storage3和storage4中的分片，然后将服务器从集群中移除。

> **Note**
>
> 已下线节点状态会显示为OFFLINE.

9.2.6 均衡leader分布

`BALANCE DATA` 只能均衡分片分布，不能均衡Raft 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 | Status   | Leader count | Leader distribution              | Partition distribution |
+-------------+------+----------+--------------+----------------------------------+------------------------+
| "storaged0" | 9779 | "ONLINE" | 3            | "basketballplayer:3"             | "basketballplayer:9"   |
```


2021 Vesoft Inc.

```
+-------------+------+----------+--------------+----------------------------------+------------------------+
| "storaged1" | 9779 | "ONLINE" | 3            | "basketballplayer:3"             | "basketballplayer:9"   |
+-------------+------+----------+--------------+----------------------------------+------------------------+
| "storaged2" | 9779 | "ONLINE" | 3            | "basketballplayer:3"             | "basketballplayer:9"   |
+-------------+------+----------+--------------+----------------------------------+------------------------+
| "storaged3" | 9779 | "ONLINE" | 3            | "basketballplayer:3"             | "basketballplayer:9"   |
+-------------+------+----------+--------------+----------------------------------+------------------------+
| "storaged4" | 9779 | "ONLINE" | 3            | "basketballplayer:3"             | "basketballplayer:9"   |
+-------------+------+----------+--------------+----------------------------------+------------------------+
| "Total"     |      |          | 15           | "basketballplayer:15"            | "basketballplayer:45"  |
+-------------+------+----------+--------------+----------------------------------+------------------------+
```

Caution

在 Nebula Graph 2.5.0 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: 2021年7月6日

2021 Vesoft Inc.

9.3 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。

9.3.1 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。

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 2.5.0 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。

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 2.5.0 中可以直接使用 `(src)-[edge {P1, P2}]->(dst)`，减少遍历深度有助于性能。

2021 Vesoft Inc.

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。

9.3.2 不能支持动态图(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 2.5.0 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）。因此不能支持动态时序图。

1. https://blog.twitter.com/engineering/en_us/topics/insights/2021/temporal-graph-networks ↩

2021 Vesoft Inc.

最后更新: 2021年7月2日

2021 Vesoft Inc.

9.4 系统设计建议

9.4.1 选择QPS优先或时延优先

- Nebula Graph 2.5.0 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。

9.4.2 水平扩展或垂直扩展

Nebula Graph 2.5.0 支持水平扩展：

- Storaged 的水平扩展：

  - 增加storaged的机器数量，可以大体线性增加集群的整体能力，包括增加整体QPS和降低时延。

  - 但由于 partition 数量在 CREATE SPACE 时已固定，因此单个 partition 的服务能力只由单服务器决定——例如：获取单个点的属性（`FETCH`）、单个点开始的广度优先遍历（`GO`）

- Graphd 的水平扩展：

  - 来自客户端的每个请求，都由且仅由一个 graphd 处理，其他 graphd 不会参与处理该请求。

  - 因此增加 graphd 机器数量，可以增加集群整体QPS，但不能降低单个请求时延。

- Metad 不支持水平扩展。

垂直扩展通常硬件成本更高，但运维操作相对简单。Nebula Graph 2.5.0 也可以垂直扩展。

9.4.3 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 2.5.0 不支持关系型数据库意义上的事务和隔离性，更接近 NoSQL。

9.4.4 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: 2021年6月1日

2021 Vesoft Inc.

9.5 执行计划

Nebula Graph 2.5.0 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索引。

要查看执行计划及执行概要，请参考EXPLAIN和PROFILE。

最后更新: 2021年6月23日

2021 Vesoft Inc.

9.6 超级顶点（稠密点）处理

9.6.1 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 2.5.0 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。

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 2.5.0 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。

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，

2021 Vesoft Inc.

```
(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: 2021年6月23日

2021 Vesoft Inc.

10. Nebula Graph Dashboard

10.1 什么是Nebula Graph Dashboard

Nebula Graph Dashboard（简称Dashboard）是一款用于监控Nebula Graph集群中机器和服务状态的可视化工具。

10.1.1 产品功能

- 监控集群中所有机器的状态，包括CPU、内存、负载、磁盘和流量。
- 监控集群中所有服务的信息，包括服务IP地址、版本和监控指标（例如查询数量、查询延迟、心跳延迟等）。
- 监控集群本身的信息，包括集群的服务信息、分区信息、配置和长时任务。
- 企业版功能：（TODO: planning）

> **Enterpriseonly**
>
> Dashboard分为社区版和企业版，大部分功能为二者通用，仅企业版提供的功能会进行标注说明。

10.1.2 适用场景

如果有以下任一需求，都可以使用Dashboard：

- 需要方便快捷地监测关键指标，集中呈现业务的多个重点信息，保证业务正常运行。
- 需要多维度（例如时间段、聚合规则、指标）监控集群。
- 故障发生后，需要复盘问题，确认故障发生时间、异常现象。

10.1.3 注意事项

- 监控数据默认更新频率约为7秒。
- 监控数据默认保留14天，即只能查询最近14天内的监控数据。

> **Note**
>
> 监控服务由prometheus提供，更新频率和保留时间等都可以自行修改。详情请参见prometheus官方文档。

最后更新: 2021年7月19日

2021 Vesoft Inc.

10.2 部署Dashboard

安装部署Dashboard涉及5种服务，本文将详细介绍如何安装部署。

10.2.1 端口说明

部署Dashboard需要占用如下端口：

- 9200
- 9100
- 9090
- 8090
- 7003

10.2.2 下载Dashboard

执行如下命令下载压缩包：

```
wget https://oss-cdn.nebula-graph.com.cn/nebula-graph-dashboard/nebula-graph-dashboard-beta.tar.gz
```

10.2.3 目录结构说明

执行命令 `tar -xvf nebula-graph-dashboard-beta.tar.gz` 解压缩，目录 `nebula-graph-dashboard` 内一共有5个子目录，说明如下。

目录名称	说明
node-exporter	收集集群中机器的资源信息，包括CPU、内存、负载、磁盘和流量。
nebula-stats-exporter	收集集群的性能指标，包括服务IP地址、版本和监控指标（例如查询数量、查询延迟、心跳延迟等）。
prometheus	存储监控数据的时间序列数据库。
nebula-http-gateway	为集群服务提供HTTP接口，访问prometheus服务或者执行nGQL语句与Nebula Graph数据库进行交互。
nebula-graph-dashboard	提供Dashboard服务。该目录名称与根目录相同，请注意区分，后文所述 `nebula-graph-dashboard` 是指子目录。

5个目录需要按照部署需要，复制到各个机器上，详情请参见下文。

10.2.4 操作步骤

部署`node-exporter`服务。

> **Note**
>
> 集群中的每个机器都需要部署 `node-exporter` 服务。

在目录 `node-exporter` 内执行如下命令启动服务：

```
$ nohup ./node-exporter --web.listen-address=:9200 &
```

服务启动后，可以在浏览器中输入 `<IP>:9200` 检查服务是否正常启动。

2021 Vesoft Inc.

部署nebula-stats-exporter服务。

> **Note**
>
> 只需要在 `nebula-graph-dashboard` 服务所在机器部署 `nebula-stats-exporter` 服务。

1. 在目录 `nebula-stats-exporter` 内修改文件 `config.yaml`，配置所有服务的HTTP端口，示例如下：

```
version: v0.0.2
nebulaItems:
    - instanceName: metad0
      endpointIP: 192.168.xx.1
      endpointPort: 19559
      componentType: metad
    - instanceName: metad1
      endpointIP: 192.168.xx.2
      endpointPort: 19559
      componentType: metad
    - instanceName: metad2
      endpointIP: 192.168.xx.3
      endpointPort: 19559
      componentType: metad
    - instanceName: graphd0
      endpointIP: 192.168.xx.4
      endpointPort: 19669
      componentType: graphd
    - instanceName: storaged0
      endpointIP: 192.168.xx.5
      endpointPort: 19779
      componentType: storaged
    - instanceName: storaged1
      endpointIP: 192.168.xx.6
      endpointPort: 19779
      componentType: storaged
    - instanceName: storaged2
      endpointIP: 192.168.xx.7
      endpointPort: 19779
```

2. 执行如下命令启动服务：

```
$ nohup ./nebula-stats-exporter --bare-metal --bare-metal-config=./config.yaml &
```

服务启动后，可以在浏览器中输入 `<IP>:9100` 检查服务是否正常启动。

部署prometheus服务。

> **Note**
>
> 只需要在 `nebula-graph-dashboard` 服务所在机器部署 `prometheus` 服务。

1. 在目录 `prometheus` 内修改文件 `prometheus.yaml`，配置 `node-exporter` 服务和 `nebula-stats-exporter` 服务的IP地址和端口，示例如下：

```
global:
  scrape_interval:     5s
  evaluation_interval: 5s
scrape_configs:
  - job_name: 'nebula-exporter'
    static_configs:
      - targets: [
          '192.168.xx.100:9100',  # nebula-stats-exporter服务的IP地址和端口。
        ]
  - job_name: 'node-exporter'
    static_configs:
      - targets: [
          '192.168.xx.101:9200'  # node-exporter服务的IP地址和端口。
        ]
```

   - scrape_interval：收集监控数据的间隔时间。默认为1分钟。
   - evaluation_interval：告警规则扫描时间间隔。默认为1分钟。

2. 执行如下命令启动服务：

```
$ nohup ./prometheus --config.file=./prometheus.yaml &
```


2021 Vesoft Inc.

服务启动后，可以在浏览器中输入 `<IP>:9090` 检查服务是否正常启动。

部署nebula-http-gateway服务。

> **Note**
>
> 只需要在 `nebula-graph-dashboard` 服务所在机器部署 `nebula-http-gateway` 服务。

在目录 `nebula-http-gateway` 内执行如下命令启动服务：

```
$ nohup ./nebula-httpd &
```

服务启动后，可以在浏览器中输入 `<IP>:8090` 检查服务是否正常启动。

部署nebula-graph-dashboard服务。

1. 在目录 `nebula-graph-dashboard/static/` 内修改文件 `custom.json` ，配置Graph服务的IP地址和端口，示例如下：

```
{
    "connection": {
        "ip": "192.168.xx.4",
        "port": 9669
    },
    "alias": {
        "ip:port": "instance1"
    },
    "chartBaseLine": {

    }
}
...
```

2. 在目录 `nebula-graph-dashboard` 内执行如下命令启动服务：

```
$ npm run start
```

服务启动后，可以在浏览器中输入 `<IP>:7003` 检查服务是否正常启动。

10.2.5 停止Dashboard

如果需要停止Dashboard，可以使用 `kill <pid>` 的方式停止，示例如下：

```
$ kill $(lsof -t -i :9200) # 停止node-exporter服务
$ kill $(lsof -t -i :9100) # 停止nebula-stats-exporter服务
$ kill $(lsof -t -i :9090) # 停止prometheus服务
$ kill $(lsof -t -i :8090) # 停止nebula-http-gateway服务
$ cd nebula-graph-dashboard
$ npm run stop # 停止nebula-graph-dashboard服务
```

最后更新: 2021年7月19日

2021 Vesoft Inc.

10.3 连接Dashboard

Dashboard部署完成后，可以通过浏览器登录使用Dashboard。

10.3.1 前提条件

- Dashboard相关服务已经启动。详情请参见部署Dashboard。
- 建议使用Chrome 58及以上的版本的Chrome浏览器，否则可能有兼容问题。

10.3.2 操作步骤

1. 确认 `nebula-graph-dashboard` 服务所在机器的IP地址，在浏览器中输入 `<IP>:7003` 打开登录页面。
2. 输入Nebula Graph数据库的账号和密码，单击登录。
   - 如果Nebula Graph已经启用身份验证，用户可以使用已创建的账号连接Dashboard。
   - 如果Nebula Graph未启用身份验证，用户只能使用默认用户 `root` 和任意密码连接Dashboard。

   如何启用身份验证请参见身份验证。

最后更新: 2021年7月19日

2021 Vesoft Inc.

10.4 Dashboard页面介绍

Dashboard页面主要分为机器、服务、管理三个部分，本文将详细介绍这些界面。

10.4.1 页面概览

2021 Vesoft Inc.

10.4.2 机器页面介绍

机器页面分为如下几个子页面：

- 概览

  可以查看最近一天的CPU、内存、负载、磁盘和上下行流量变化情况。

  如果需要查看某一项更详细的监控指标，可以单击模块右上角的 标志，或者在左侧单击监控项。

- CPU、内存、负载、磁盘、流量

  分类展示机器各个维度的详细监控数据。

  - 默认可以选择最多14天的监控数据进行查看，也可以快捷选择1小时、6小时、12小时、1天、3天、7天和14天。
  - 可以选择需要查看的机器和监控指标。监控指标详情请参见监控指标说明。

2021 Vesoft Inc.

10.4.3 服务页面介绍

服务页面分为如下几个子页面：

- 概览

  可以查看最近一天各种服务的监控指标变化情况，右上角还可以切换到**版本**页面查看所有服务的IP地址和版本。

  如果需要查看某一种服务更详细的监控指标，可以单击模块右上角的眼睛标志，或者在左侧单击具体服务。

  > **Note**
  >
  > 当前社区版的概览页仅支持每种服务设置两个监控指标，可以单击模块内的**设置**按钮进行调整。

- Graph、Meta、Storage

  分类展示各个服务的详细监控数据。

  - 默认可以选择最多14天的监控数据进行查看，也可以快捷选择1小时、6小时、12小时、1天、3天、7天和14天。
  - 可以选择需要查看监控数据的机器、监控指标、聚合方式和周期。监控指标详情请参见监控指标说明。
  - 可以查看当前服务的状态。

10.4.4 管理页面介绍

> **Note**
>
> 非 `root` 用户只能查看服务信息和有空间权限的分片信息，无法查看配置和长时任务。

2021 Vesoft Inc.

管理页面分为如下几个子页面：

- 服务信息

  展示Storage服务的基本信息，包括机器信息、leader总数、分片分布和leader分布。

- 分片信息

  可以选择不同图空间，查看分片信息。参数说明如下。

参数	说明
`Partition ID`	分片序号。
`Leader`	分片的leader副本的IP地址和端口。
`Peers`	分片所有副本的IP地址和端口。
`Losts`	分片的故障副本的的IP地址和端口。

- 配置

  展示各个服务的配置信息。暂不支持在线修改配置，详情请参见配置管理。

- 长时任务

  展示所有作业的信息。暂不支持在线管理作业，详情请参见作业管理。

最后更新: 2021年7月23日

2021 Vesoft Inc.

10.5 监控指标说明

本文介绍Dashboard中展示的Nebula Graph监控指标。

> **Note**
>
> 磁盘容量和流量的默认单位为字节（Byte），页面显示时单位会随着数据量级而变化，例如流量低于1 KB/s时单位为Bytes/s。

10.5.1 机器

CPU

参数	说明
`cpu_utilization`	CPU已使用百分比
`cpu_idle`	CPU空闲百分比
`cpu_wait`	等待IO操作的CPU百分比
`cpu_user`	用户空间（非Nebula Graph图空间）占用的CPU百分比
`cpu_system`	内核空间（非Nebula Graph内核空间）占用的CPU百分比

内存

参数	说明
`memory_utilization`	内存已使用百分比
`memory_used`	已使用内存（包括缓存）
`memory_actual_used`	实际使用内存（不包括缓存）
`memory_free`	空闲内存

负载

参数	说明
`load_1m`	最近1分钟系统平均负载
`load_5m`	最近5分钟系统平均负载
`load_15m`	最近15分钟系统平均负载

2021 Vesoft Inc.

磁盘

参数	说明
`disk_used`	磁盘已使用存储空间
`disk_free`	磁盘剩余存储空间
`disk_readbytes`	磁盘每秒读取的字节数
`disk_writebytes`	磁盘每秒写入的字节数
`disk_readiops`	磁盘每秒的读请求数量
`disk_writeiops`	磁盘每秒的写请求数量
`inode_utilization`	inode已使用百分比

流量

参数	说明
`network_in_rate`	网卡每秒接收的字节数
`network_out_rate`	网卡每秒发送的字节数
`network_in_errs`	网卡每秒接收错误的字节数
`network_out_errs`	网卡每秒发送错误的字节数
`network_in_packets`	网卡每秒接收的数据包数量
`network_out_packets`	网卡每秒发送的数据包数量

10.5.2 服务

Graph

参数	说明
`num_queries`	查询数量
`num_slow_queries`	慢查询数量
`query_latency_us`	查询平均延迟
`slow_query_latency_us`	慢查询平均延迟
`num_query_errors`	查询错误数量

Meta

参数	说明
`heartbeat_latency_us`	心跳延迟
`num_heartbeats`	心跳次数

2021 Vesoft Inc.

Storage

参数	说明
`add_edges_latency_us`	添加边的平均延迟
`add_vertices_latency_us`	添加点的平均延迟
`delete_edges_latency_us`	删除边的平均延迟
`delete_vertices_latency_us`	删除点的平均延迟
`forward_tranx_latency_us`	传输平均延迟
`get_neighbors_latency_us`	查询邻居平均延迟

最后更新: 2021年7月22日

2021 Vesoft Inc.

11. 附录

11.1 常见问题 FAQ

本文列出了使用Nebula Graph 2.5.0 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。

11.1.1 关于本手册

为什么手册示例和系统行为不一致？

Nebula Graph 2.0一直在持续开发，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**
>
> 如果您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。

11.1.2 关于历史兼容性

> **大版本兼容性**
>
> Nebula Graph 2.5.0 与 历史版本 (包括 Nebula Graph 1.x 和 2.0-RC) 的数据格式、客户端通信协议均**双向不兼容**。 数据格式升级参见升级 Nebula Graph 历史版本至 v2.0.0。 客户端与工具均需要下载对应版本。

> **小版本兼容性**
>
> Neubla Graph 2.5.0 与 Nebula Graph 2.0 的数据格式、通信协议历史兼容。

11.1.3 关于执行

使用GO和MATCH执行相同语义的查询，查询结果为什么不同？

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。

例如下图。

2021 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。

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。

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。

如果 `replica_factor=2`，当其中一个副本故障时，就会导致系统无法工作；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。

如何处理错误信息`[ERROR (-7)]: 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。

2021 Vesoft Inc.

```
> CREATE TAG INDEX 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 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`。

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是否发生的 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。

2021 Vesoft Inc.

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`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。提示：请在配置文件开头添加--local_config=true再重启服务。

如何处理`nebula-storaged.INFO`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。

是否支持停止或者中断慢查询

支持。详情请参见终止查询。

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？

不能。图空间、Tag、Edge type、属性以及索引的名称都需由大小写英文字母、数字或下划线组成，暂不支持使用中文字符。

同时，上述标识符区分大小写，且不可使用关键字和保留字 。

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。

```
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
```

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。

如何处理错误信息`[ERROR (-1005)]: Used memory hits the high watermark(0.800000) of total system memory.`

报错原因：Nebula Graph的 `system_memory_high_watermark_ratio` 参数指定了内存高水位报警机制的触发阈值，默认为 `0.8` 。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。

2021 Vesoft Inc.

解决方案：

- 清理系统内存，使其降低到阈值以下。
- 修改Graph配置。在所有Graph服务器的配置文件中增加 `system_memory_high_watermark_ratio` 参数，为其设置一个大于 `0.8` 的值，例如 `0.9` 。

> **Note**
>
> 仅Graph服务支持 `system_memory_high_watermark_ratio` ，Storage和Meta服务不支持该参数。

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 2.5.0 的数据模型中，允许存在"悬挂边"；也没有 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。

11.1.4 关于运维

日志文件过大时如何回收日志？

Nebula Graph 的日志默认在 `/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。

如何查看Nebula Graph版本

安装方式不同，查看版本的方法也不同，说明如下：

- 编译安装
  a. 在安装路径的 `bin` 目录内，执行 `./<binary_name> --version` 命令，可以查看到GitHub上的commit ID，例如：

  ```
  $ ./nebula-graphd --version
  nebula-graphd version Git: ab4f683, Build Time: Mar 24 2021 02:17:30
  This source code is licensed under Apache 2.0 License, attached with Common Clause Condition 1.0.
  ```

  b. 在GitHub commits页搜索该commit ID，查看提交时间。

  c. 将提交时间和GitHub Releases页的版本发布时间进行对比，即可确定Nebula Graph的版本。

- 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。

2021 Vesoft Inc.

如何扩缩容

Nebula Graph 2.5.0 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 不支持扩缩容，也不支持迁移到新机器，也不要增加新的 metad 进程。
- 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），参考缩容命令。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，启动 storaged 进程。

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。

11.1.5 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。

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 '^]'.

// 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: 2021年7月23日

2021 Vesoft Inc.

11.2 生态工具概览

> **Compatibility**
>
> 内核版本号命名规则为 `X.Y.Z`，表示 `大版本X`，`中版本Y`，`小版本Z`。对于客户端的升级要求为：
>
> - 内核从 `X.Y.Z1` 升级成 `X.Y.Z2`：表示内核完全前向兼容，通常用于bugfix，建议尽快升级内核小版本。此时客户端可以**不升级**；
> - 内核从 `X.Y1.*` 升级成 `X.Y2.*`：表示存在 API、语法、返回值部分不兼容，通常用于增加功能、提升性能、代码优化等。需要客户端相应升级至 `X.Y2.*` ；
> - 内核从 `X1.*.*` 升级成 `X2.*.*`：表示存储格式、API 、语法等存在大的不兼容。需要使用工具升级内核数据；客户端必须升级；
> - 默认内核及客户端都不支持降级：不可从 `X.Y.Z2` 降级成 `X.Y.Z1` ；
> - 一个 `Y` 版本的发布周期大约为6个月，其维护与支持周期为6个月；
> - 年初版本通常命名为 `X.0.0`，年中版本命名为 `X.5.0`。
> - 文件命名中含有 `RC` 表示仅用于预览的非正式版本(`Release Candidate`)，其维护周期仅至下个RC或者正式版本发布，其客户端、数据兼容性等均无保证。
> - 文件命名中含有 `nightly`、 `SNAPSHOT` 或者日期的为日常开发版本，无质量保证和维护周期。

> **Compatibility**
>
> 1.x版本的生态工具完全不支持在Nebula Graph 2.x版本中使用。

11.2.1 Nebula Graph Studio

Nebula Graph Studio（简称 Studio）是一款可以通过Web访问的图数据库可视化工具，搭配Nebula Graph DBMS使用，提供构图、数据导入、编写nGQL查询、图探索等一站式服务。详情请参见什么是Nebula Graph Studio。

> **Note**
>
> Studio 版本发布节奏独立于 Nebula Graph 内核，其命名方式也不参照内核命名规则，两者兼容对应关系如下表。

Nebula Graph版本	Studio版本
2.5.0	2.2.1

11.2.2 Nebula Exchange

Nebula Exchange（简称Exchange）是一款Apache Spark™应用，用于在分布式环境中将集群中的数据批量迁移到Nebula Graph中，能支持多种不同格式的批式数据和流式数据的迁移。详情请参见什么是Nebula Exchange。

Nebula Graph版本	Exchange版本（commit id）
2.5.0	2.0.1（TODO:coding）、2.0.0（TODO:coding）

2021 Vesoft Inc.

11.2.3 Nebula Importer

Nebula Importer（简称Importer）是一款Nebula Graph的CSV文件导入工具。Importer可以读取本地的CSV文件，然后导入数据至Nebula Graph图数据库中。详情请参见什么是Nebula Importer。

Nebula Graph版本	Importer版本（commit id）
2.5.0	2.0.0（TODO:coding）

11.2.4 Nebula Spark Connector

Nebula Spark Connector是一个Spark连接器，提供通过Spark标准形式读写Nebula Graph数据的能力。Nebula Spark Connector由Reader和Writer两部分组成。详情请参见什么是Nebula Spark Connector。

Nebula Graph版本	Spark Connector版本（commit id）
2.5.0	2.0.1（TODO:coding）、2.0.0（TODO:coding）

11.2.5 Nebula Flink Connector

Nebula Flink Connector是一款帮助Flink用户快速访问Nebula Graph的连接器，支持从Nebula Graph图数据库中读取数据，或者将其他外部数据源读取的数据写入Nebula Graph图数据库。详情请参见什么是Nebula Flink Connector。

Nebula Graph版本	Flink Connector版本（commit id）
2.5.0	2.0.0（TODO:coding）

11.2.6 Nebula Algorithm

Nebula Algorithm（简称Algorithm）是一款基于GraphX的Spark应用程序，通过提交Spark任务的形式使用完整的算法工具对Nebula Graph数据库中的数据执行图计算，也可以通过编程形式调用lib库下的算法针对DataFrame执行图计算。详情请参见什么是Nebula Algorithm。

Nebula Graph版本	Algorithm版本（commit id）
2.5.0	2.0.0（TODO:coding）

11.2.7 Nebula Console

Nebula Console是Nebula Graph的原生CLI客户端。如何使用请参见连接Nebula Graph。

Nebula Graph版本	Console版本（commit id）
2.5.0	2.0.0（TODO:coding）

11.2.8 Nebula Docker Compose

Docker Compose可以快速部署Nebula Graph集群。如何使用请参见Docker Compose部署Nebula Graph。

Nebula Graph版本	Docker Compose版本（commit id）
2.5.0	2.0.0（TODO:coding）

2021 Vesoft Inc.

11.2.9 API、SDK

> **Compatibility**
>
> 选择与内核版本相同 `x.y.*` 的最新版本。

Nebula Graph版本	语言（commit id）
2.5.0	C++（TODO:coding）
2.5.0	Go（TODO:coding）
2.5.0	Python（TODO:coding）
2.5.0	Java Client（TODO:coding）

11.2.10 未发布

- API
  - Rust Client
  - Node.js Client
  - HTTP Client
  - [Object Graph Mapping Library (OGM, or ORM)] Java, Python (TODO: in desigh)
- 监控
  - Promethus connector
  - Dashboard
  - [Graph Computing] (TODO: in coding)
- 性能、测试、备份与恢复
  - Benchmark
  - Chaos Test
  - Backup&Restore

最后更新: 2021年7月23日

2021 Vesoft Inc.

11.3 导入工具选择

有多种方式可以写入Nebula Graph 2.5.0：

- 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，单个文件不超过 100 MB，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；
- 使用 Exchange 导入: 从 Neo4j, Hive, MySQL等多种源分布式导入，需要有 Spark 集群；
- 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: 2021年6月25日

2021 Vesoft Inc.

11.4 如何贡献代码和文档

11.4.1 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` 。

11.4.2 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。

11.4.3 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-graph仓库为例：

1. 访问https://github.com/vesoft-inc/nebula-graph。
2. 在右上角单击按钮 `Fork` ，然后单击用户名，即可fork出nebula-graph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-graph.git
# 或：git clone git@github.com:$user/nebula-graph.git

cd $working_dir/nebula
git remote add upstream https://github.com/vesoft-inc/nebula-graph.git
# 或：git remote add upstream git@github.com:vesoft-inc/nebula-graph.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：
# origin    git@github.com:$(user)/nebula-graph.git (fetch)
# origin    git@github.com:$(user)/nebula-graph.git (push)
```


2021 Vesoft Inc.

```
# upstream  https://github.com/vesoft-inc/nebula-graph (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-graph/.git/hooks
ln -s $working_dir/nebula-graph/.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-graph/.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commit，在合并至master时容易被挤压（squash），因此强烈建议创建一个独立的分支进行更改。合并后，这个分支可以被丢弃，因此可以使用上述rebase命令将本地master与upstream同步。此外，如果直接将commit提交至 master，用户可以需要在master分支使用hard reset，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

  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)
```


2021 Vesoft Inc.

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/$user/nebula-graph` （替换此处的用户名 `$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。

11.4.4 添加测试用例

添加测试用例的方法参见How to add test cases。

11.4.5 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。

2021 Vesoft Inc.

最后更新: 2021年6月8日

2021 Vesoft Inc.

https://docs.nebula-graph.com.cn/master/master

2021 Vesoft Inc.