04 | 架构风格：NewSQL和PGXC到底有啥不一样？

2020-08-17 王磊

分布式数据库30讲 进入课程 >

讲述：王磊
时长 16:37 大小 15.22M

你好，我是王磊，你也可以叫我 Ivan。

分布式数据库已经是技术新潮流了，所以产品也越来越多，如果你要做技术选型或者想要学习，该如何下手呢？怎么能更高效地了解不同产品的特点呢？这就需要你把它们分分类，有些差不多的产品，熟悉了其中的一个，剩下的我们只要记下差异点就可以了。那下面的问题就是如何分类了，这个其实很简单，因为业界已经有共识，把产品按照架构风格划分到不同的阵营。

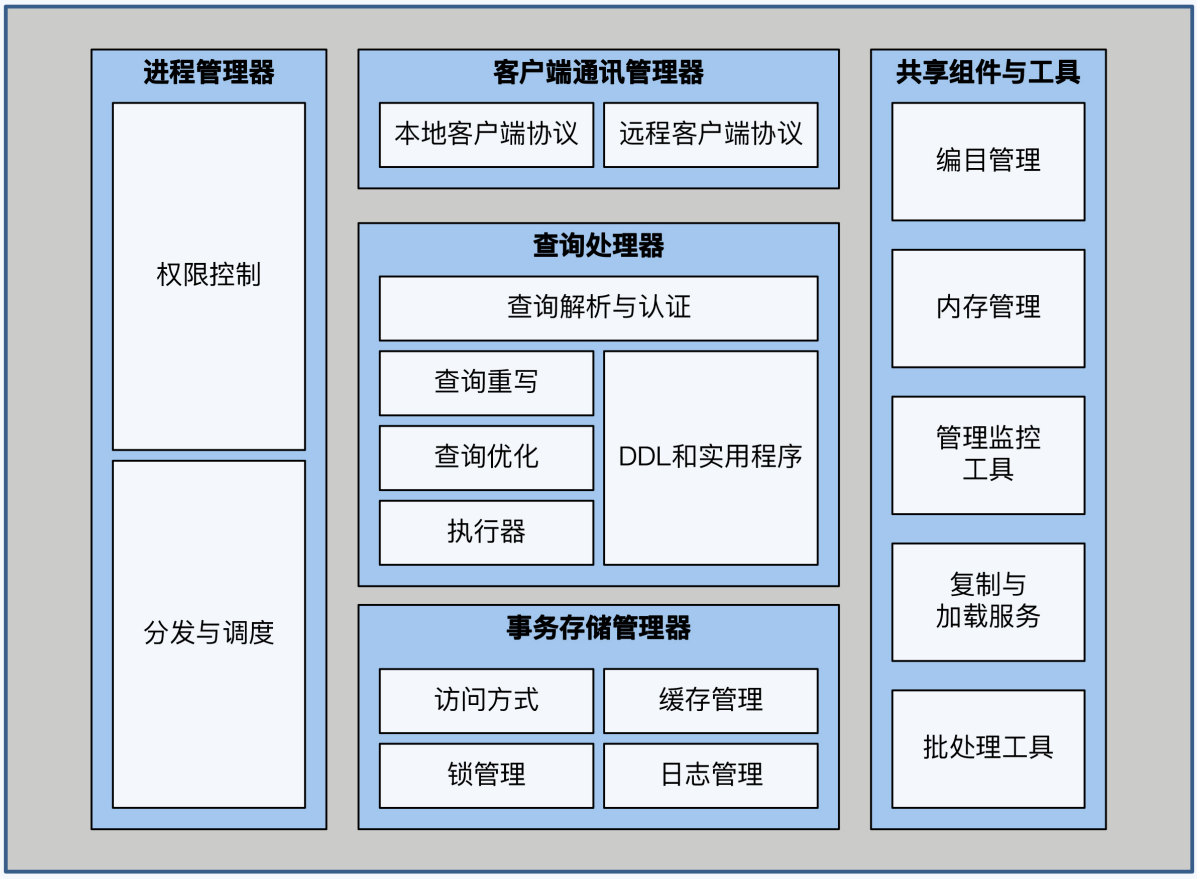
总的来说，分布式数据库大多可以分为两种架构风格，一种是 NewSQL，它的代表系统是 Google Spanner；另一种是从单体数据库中间件基础上演进出来的，被称为 Prxoy 风格，没有公认的代表系统。我觉得 Prxoy 这个名字太笼统，没有反映架构的全貌，还是要

有一个具体的架构模板，才能便于你理解，所以我选了一个出现较早的产品来指代这种风格，这就是 PostgreSQL-XC（下文简称 PGXC）。

我在后面的课程中讲述分布式数据库的特性和原理的时候，也会沿着这两种架构风格的思路，帮助你去迅速抓住不同产品的要点。因此，我们今天就先用一讲来学习下这两种架构风格。

数据库的基本架构

要搞清楚分布式数据库的架构风格，就要先了解“数据库”的架构。当然，我们这里说的数据库仍然默认是关系型数据库。我们先通过一张架构图看看数据库的全貌。



这张图从约瑟夫 · 海勒斯坦 (Joseph M. Hellerstein) 等人的论文“Architecture of a Database System”中翻译而来。文中将数据库从逻辑上拆分为 5 个部分，分别是客户端通讯管理器 (Client Communications Manager)、查询处理器（Relational Query Processor）、事务存储管理器（Transactional Storage Manager）、进程管理器（Process Manager）和共享组件与工具 (Shared Components and Utilities)，每个部分下面又可以拆分成一些组件。

你在各种数据库产品中都能找到这 5 个部分的对应实现，比如 Oracle、DB2、SQL Server 和 MySQL，无一例外。下面，我依次介绍下这 5 个部分的功能。

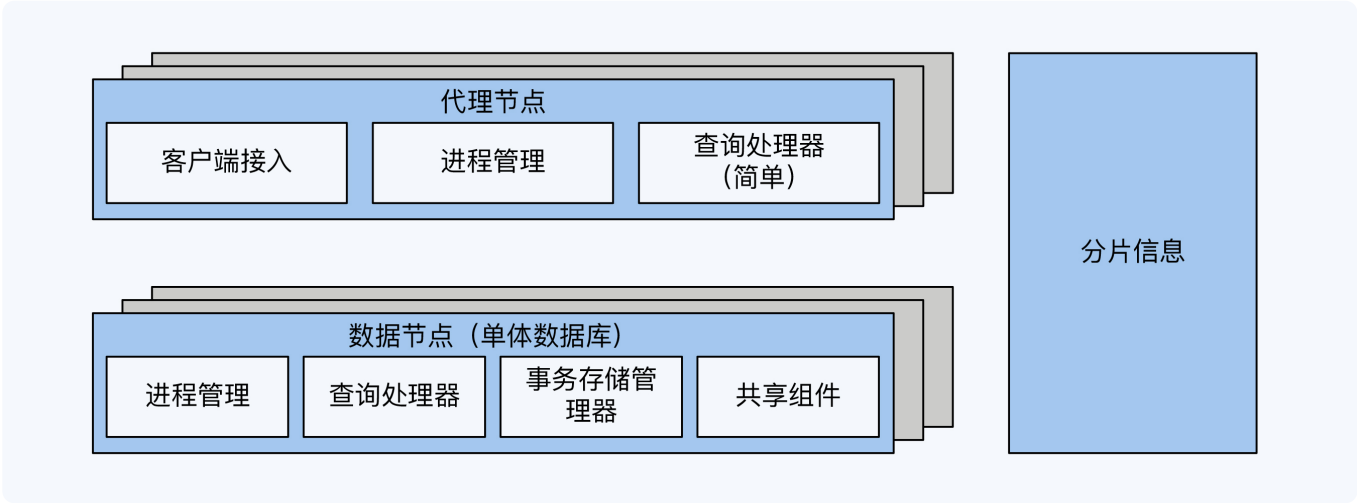
1. **客户端通讯管理器。**这是应用开发者能够直观感受到的模块，通常我们使用 JDBC 或者 ODBC 协议访问数据库时，连接的就是这个部分。
2. **进程管理器。**连接建好了，数据库会为客户端分配一个进程，客户端后续发送的所有操作都会通过对应的进程来执行。当然，这里的进程只是大致的说法。事实上，Oracle 和 PostgreSQL 是进程的方式，而 MySQL 使用的则是线程。还有，进程与客户也不都是简单的一对一关系，但这部分功能不会影响你对分布式数据库的理解，可以略过。
3. **查询处理器。**它包括四个部分，功能上是顺序执行的。首先是解析器，它将接收到的 SQL 解析为内部的语法树。然后是查询重写（Query Rewrite），它也被称为逻辑优化，主要是依据关系代数的等价变换，达到简化和标准化的目的，比如会消除重复条件或去掉一些无意义谓词 ，还有将视图替换为表等操作。再往后就是查询算法优化（Query Optimizer），它也被称为物理优化，主要是根据表连接方式、连接顺序和排序等技术进行优化，我们常说的基于规则优化（RBO）和基于代价优化（CBO）就在这部分。最后就是计划执行器（Plan Executor），最终执行查询计划，访问存储系统。
4. **事务存储管理器。**它包括四个部分，其中访问方式（Access Methods）是指数据在磁盘的具体存储形式。锁管理（Lock Manager）是指并发控制。日志管理（Log Manager）是确保数据的持久性。缓存管理（Buffer Manager）则是指 I/O 操作相关的缓存控制。
5. **共享组件和工具。**在整个过程中还会涉及到的一些辅助操作，当然它们对于数据库的运行也是非常重要的。例如编目数据管理器（Catalog Manager）会记录数据库的表、字段、视图等元数据信息，并根据这些信息来操作具体数据内容。复制机制（Replication）也很重要，它是实现系统高可靠性的基础，在单体数据库中，通过主备节点复制的方式来实现数据的复制。

到这里，你应该对数据库的运行过程有了一个大致的理解，这样就能够串接起后续要讲到的 PGXC 和 NewSQL 两种架构风格的关键功能了。当然，数据库本身的运行机制是比较复杂的，就算只是其中的一个具体模块，我们用整整一讲都不一定能够说清楚。如果你希望进一步了解的话，可以仔细研读约瑟夫 · 海勒斯坦的这篇论文。

PGXC：单体数据库的自然演进

单体数据库的功能看似已经很完善了，但在面临高并发场景的时候，还是会碰到写入性能不足的问题，很难解决。因此，也就有了向分布式数据库演进的动力。要解决写入性能不足的问题，大家首先想到的，最简单直接的办法就是分库分表。

分库分表方案就是在多个单体数据库之前增加代理节点，本质上是增加了 SQL 路由功能。这样，代理节点首先解析客户端请求，再根据数据的分布情况，将请求转发到对应的单体数据库。



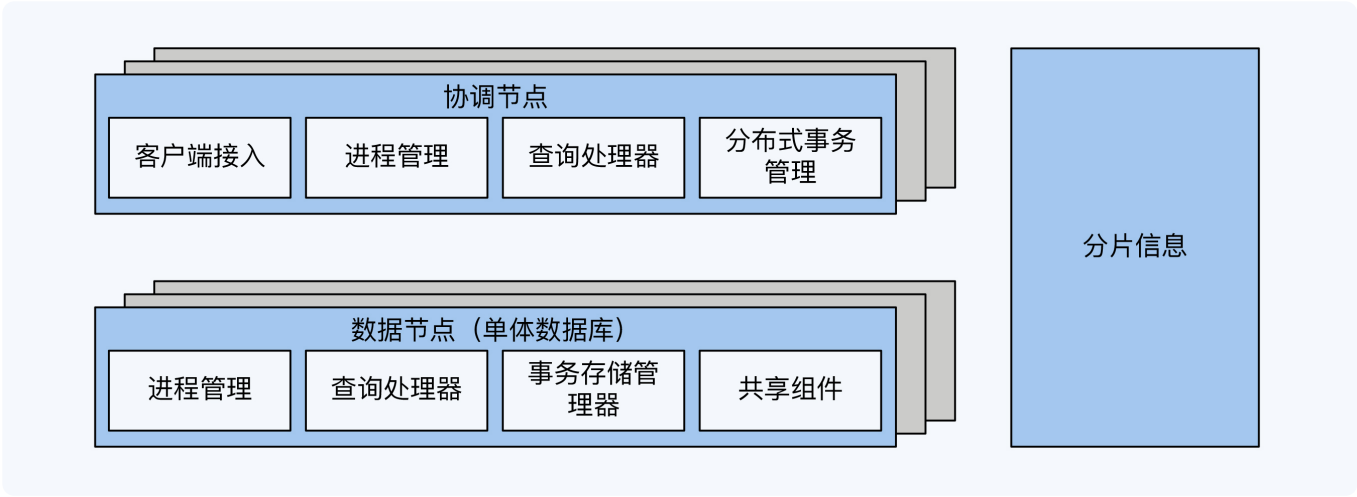
代理节点需要实现三个主要功能，它们分别是客户端接入、简单的查询处理器和进程管理中的访问控制。

另外，分库分表方案还有一个重要的功能，那就是分片信息管理，分片信息就是数据分布情况，是区别于编目数据的一种元数据。不过考虑到分片信息也存在多副本的一致性的问题，大多数情况下它会独立出来，更详细的原因我在第 7 讲中展开说明。

显然，如果把每一次的事务写入都限制在一个单体数据库内，业务场景就会很受局限。因此，跨库事务成为必不可少的功能，但是单体数据库是不感知这个事情的，所以我们就要在代理节点增加分布式事务组件。

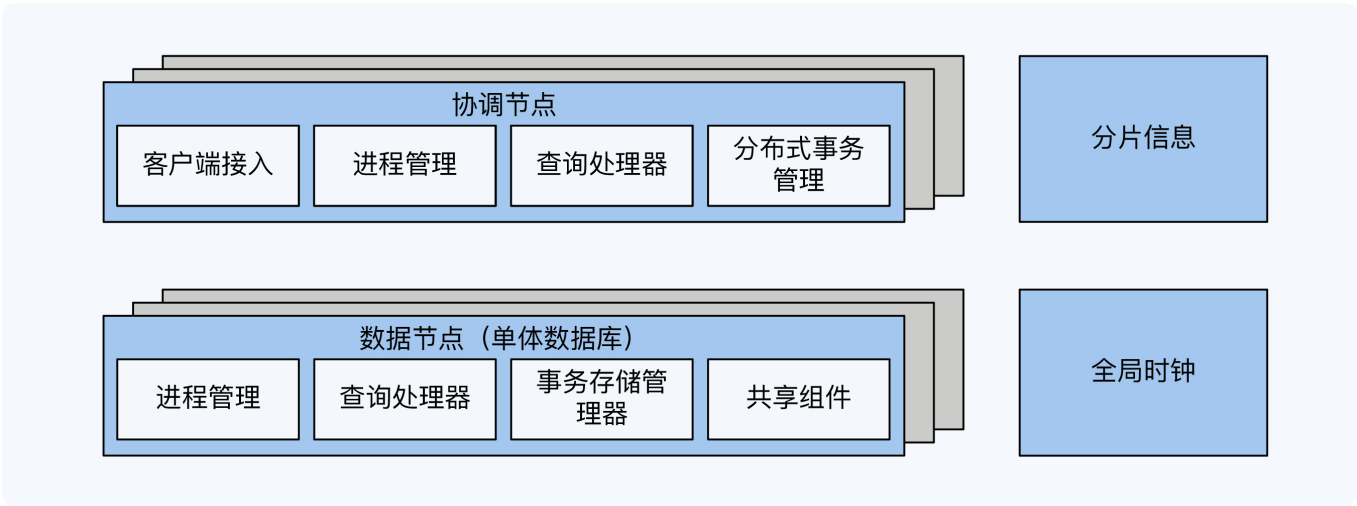
同时，简单的分库分表不能满足全局性的查询需求，因为每个数据节点只能看到一部分数据，有些查询运算是无法处理的，比如排序、多表关联等。所以，代理节点要增强查询计算能力，支持跨多个单体数据库的查询。

随着分布式事务和跨节点查询等功能的加入，代理节点已经不再只是简单的路由功能，更多时候会被称为协调节点。



很多分库分表方案会演进到这个阶段，比如 MyCat。这时离分布式数据库还差重要的一步，就是全局时钟。我们在第 2 讲已经介绍了全局时钟的意义，它是实现数据一致性的必要条件。

加上这最后一块拼图，PGXC 区别于单体数据库的功能也就介绍完整了，它们是分片、分布式事务、跨节点查询和全局时钟。



协调节点与数据节点，实现了一定程度上的计算与存储分离，这也是所有分布式数据库的一个架构基调。但是，因为 PGXC 的数据节点本身就是完整的单体数据库，所以也具备很强的计算能力。

说了这么多，PGXC 风格的分布式数据库到底包括哪些产品呢？PGXC（PostgreSQL-XC）的本意是指以 PostgreSQL 为内核的开源分布式数据库。因为 PostgreSQL 的影响力和开放的软件版权协议（类似 BSD），很多厂商在 PGXC 上二次开发，推出自己的产品。不过，这些改动都没有变更主体架构风格，所以我把这类产品统称为 PGXC 风格，其中包括 TBase、GuassDB 300 和 AntDB 等。当然，这里所说的 PGXC 并不限于以

PostgreSQL 为内核，那些以 MySQL 为内核的产品往往也会采用同样的架构，例如 GoldenDB，所以我把它们也归入了 PGXC 风格。

NewSQL：革命性的新架构

相对于 PGXC，NewSQL 有着完全不同的发展路线。NewSQL 也叫原生分布式数据库，我觉得这个名字能更准确地体现这类架构风格的特点，就是说它的每个组件在设计之初都是基于分布式架构的，不像 PGXC 那样带有明显的单体架构痕迹。

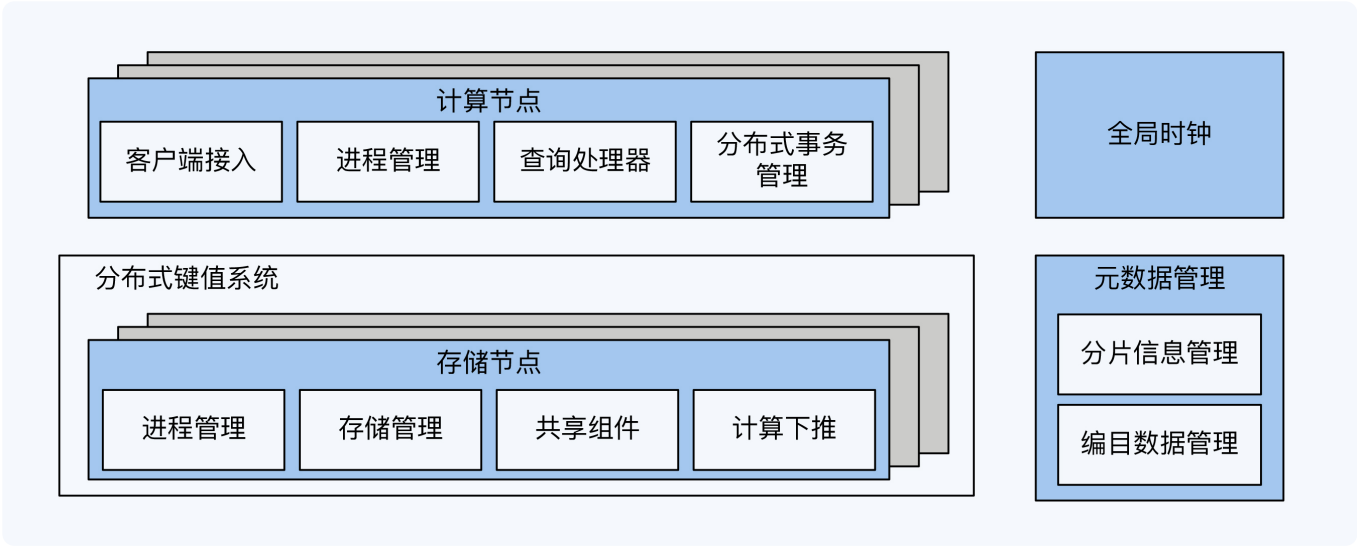
NewSQL 的基础是 NoSQL，更具体地说，是类似 BigTable 的分布式键值（K/V）系统。分布式键值系统选择做了一个减法，完全放弃了数据库事务处理能力，然后将重点放在对存储和写入能力的扩展上，这个能力扩展的基础就是分片。引入分片的另一个好处是，系统能够以更小的粒度调度数据，实现各节点上的存储平衡和访问负载平衡。

分布式键值系统由于具备这些鲜明的特点，所以在不少细分场景获得了成功（比如电商网站对于商品信息的存储），但在面对大量的事务处理场景时就无能为力了（比如支付系统）。这种状况直到 Google Spanner 横空出世才被改变，因为 Spanner 基于 BigTable 构建了新的事务能力。

除了上述内容，NewSQL 还有两个重要的革新，分别出现在高可靠机制和存储引擎的设计上。

高可靠机制的变化在于，放弃了粒度更大的主从复制，转而以分片为单位采用 Paxos 或 Raft 等共识算法。这样，NewSQL 就实现了更小粒度的高可靠单元，获得了更高的系统整体可靠性。存储引擎层面，则是使用 LSM-Tree 模型替换 B+ Tree 模型，大幅提升了写入性能。

由于 NewSQL 在架构上的革新性，产品实现的难度比 PGXC 要大，所以产品就相对少一些。Spanner 是 NewSQL 的开山鼻祖，这个不用说了；其他知名度比较高的产品有 CockroachDB、TiDB 和 YugabyteDB，这三款数据库都宣称设计灵感来自 Spanner；另外就是阿里自研的 OceanBase，因为它有一个代理层，有时会被同行质疑，但是从整体架构风格看，我还是愿意把它归为 NewSQL。



从系统架构上看，我个人认为，NewSQL 的设计思想更加领先，具有里程碑意义，而 PGXC 的架构偏于保守。但 PGXC 的优势则在于稳健，直接采用单机数据库作为数据节点，大幅降低了工程开发的工作量，也减少了引入风险的机会。总的来说，NewSQL 的长处在架构设计，PGXC 的长处则在工程实现。

当然，NewSQL 的架构设计也不是完美无缺。比如，作为一个计算与存储分离得更加彻底的架构，NewSQL 的计算节点需要借助网络才能与存储节点通讯，这意味着要花费更大的代价来传输数据。随着 NewSQL 分布式数据库的应用实践越来越多，很多产品为了获得更好的计算性能，会尽量将更多计算下压到存储节点执行。这种架构上的修正，似乎也可以理解为，NewSQL 朝 PGXC 的方向做了一点回拨。

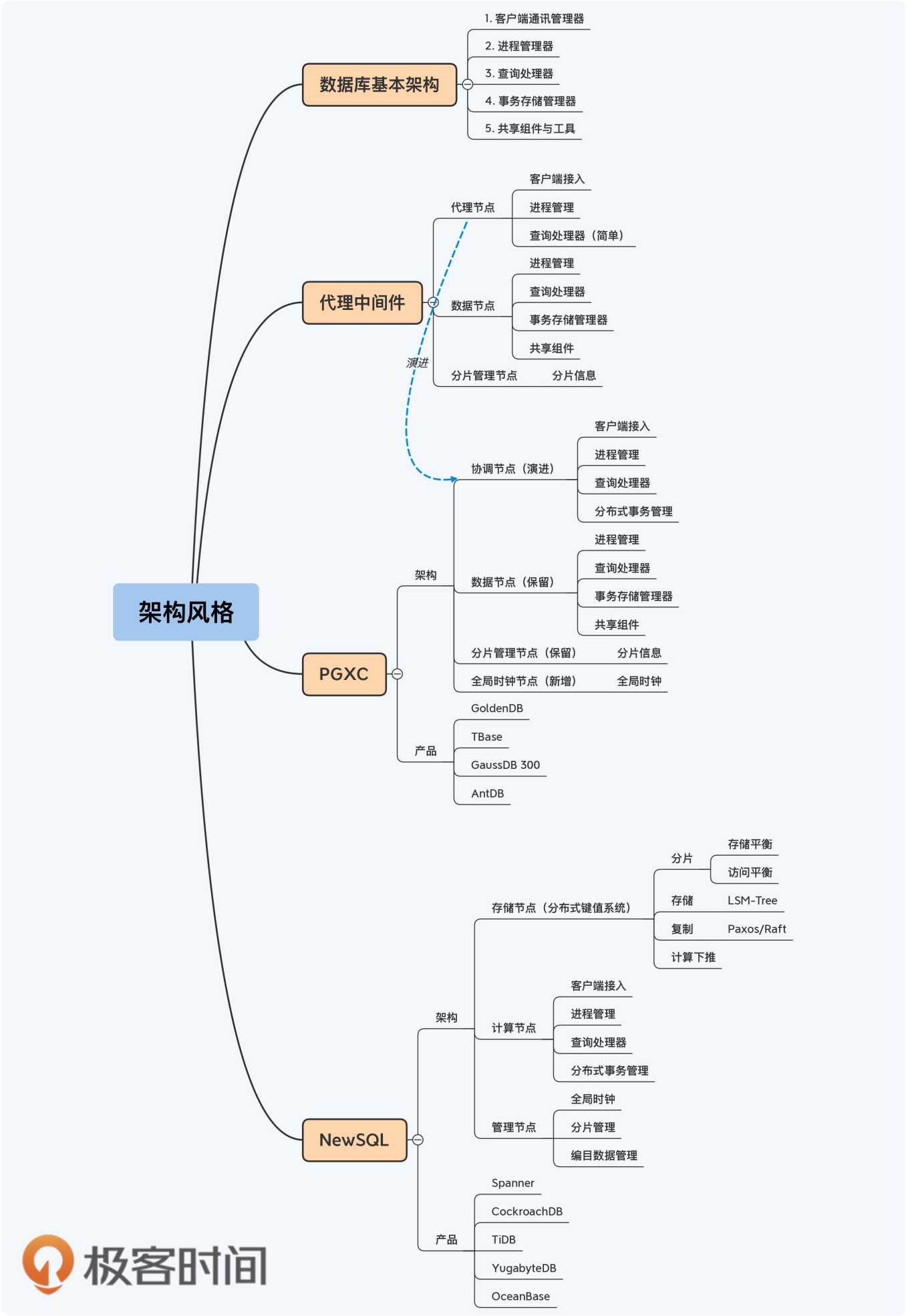
小结

关于分布式数据库的两种架构风格，我们今天就先学到这里了。最后，我们再一起复习下今天的重点内容。

1. 从架构上，数据库可以被拆分为 5 个部分，分别是客户端通讯管理器、进程管理器、查询处理器、事务存储管理器和共享组件与工具。分布式数据库在此基础上增加四个主要功能，包括分片信息管理、分布式事务管理、跨节点查询和全局时钟。
2. PGXC 架构是从分库分表方案演进而来的。它设置了协调节点，在代理功能的基础上增加了分布式事务管理、跨节点查询功能；原有的单体数据继续作为数据节点；新增了全局时钟和分片信息管理两个功能，这两个功能又有两种实现情况，一是拆分为两个独立角色节点，例如 GoldenDB，二是合并为一个角色节点，例如 TBase。

3. NewSQL 架构是原生分布式数据库，架构中的每个层次的设计都是以分布式为目标。NewSQL 是从分布式键值系统演进而来，主要的工作负载由计算节点和存储节点承担，另外由管理节点承担全局时钟和分片信息管理功能。不过，这三类节点是逻辑功能上划分，在设计实现层面是可分可合的。比如，TiDB 是分为独立节点，CockroachDB 则是对等的 P2P 架构。
4. NewSQL 在架构上更加领先，而 PGXC 最大程度复用了单体数据库的工程实现，更加稳健。

今天我们从单体数据库架构出发，简单介绍了 PGXC 和 NewSQL 两种架构。为了帮助你迅速地把握要点，在内容上，我专门挑选了那些最能体现与单体数据库差异的部分。不过，这些内容尚不足以完全解释数据库的整体运作原理，但对于你理解两种架构风格的分布式数据库产品的基本框架足够了。如果你想更彻底、更全面地了解数据库架构，我建议你仔细研读“Architecture of a Database System”和另一本非常值得阅读的经典教材《数据库系统实现》。


架构风格
数据库基本架构
1. 客户端通讯管理器
2. 进程管理器
3. 查询处理器
4. 事务存储管理器
5. 共享组件与工具
代理中间件
代理节点
客户端接入
进程管理
查询处理器（简单）
数据节点
进程管理
查询处理器
事务存储管理器
共享组件
分片管理节点
分片信息
演进
PGXC
架构
协调节点（演进）
客户端接入
进程管理
查询处理器
分布式事务管理
数据节点（保留）
进程管理
查询处理器
事务存储管理器
共享组件
分片管理节点（保留）
分片信息
全局时钟节点（新增）
全局时钟
产品
GoldenDB
TBase
GaussDB 300
AntDB
NewSQL
架构
存储节点（分布式键值系统）
分片
存储平衡
访问平衡
存储
LSM-Tree
复制
Paxos/Raft
计算下推
计算节点
客户端接入
进程管理
查询处理器
分布式事务管理
管理节点
全局时钟
分片管理
编目数据管理
产品
Spanner
CockroachDB
TiDB
YugabyteDB
OceanBase
极客时间

思考题

按照惯例，最后是思考题时间。今天我们介绍了两种不同的架构风格，你会将自己熟悉的分布式数据库归入哪一类呢？或者如果你有熟悉的 NoSQL 产品，可以和 NewSQL 比较一下，谈谈它们架构上的差异。

欢迎你在评论区留言和我一起讨论，我会在答疑篇和你继续探讨这个问题。如果你身边的朋友也对分布式数据库的架构风格感兴趣，你也可以把今天这一讲分享给他，我们一起讨论。

学习资料

Joseph M. Hellerstein et al.：*Architecture of a Database System*

加西亚 - 莫利纳 等：《数据库系统实现》

提建议

上一篇 03 | 强一致性：别再用BASE做借口，来看看什么是真正的事务一致性

精选留言

写留言

> 由作者筛选后的优质留言将会公开显示，欢迎踊跃留言。