

阿里云

专有云

云原生关系型数据库 PolarDB  
产品白皮书（PolarDB-X 2.0）

产品版本：V3.18.3  
文档版本：20241118

## 法律声明

阿里云提醒您在阅读或使用本文档之前仔细阅读、充分理解本法律声明各条款的内容。如果您阅读或使用本文档，您的阅读或使用行为将被视为对本声明全部内容的认可。

1. 您应当通过阿里云网站或阿里云提供的其他授权通道下载、获取本文档，且仅能用于自身的合法合规的业务活动。本文档的内容视为阿里云的保密信息，您应当严格遵守保密义务；未经阿里云事先书面同意，您不得向任何第三方披露本手册内容或提供给任何第三方使用。
2. 未经阿里云事先书面许可，任何单位、公司或个人不得擅自摘抄、翻译、复制本文档内容的部分或全部，不得以任何方式或途径进行传播和宣传。
3. 由于产品版本升级、调整或其他原因，本文档内容有可能变更。阿里云保留在没有任何通知或者提示下对本文档的内容进行修改的权利，并在阿里云授权通道中不时发布更新后的用户文档。您应当实时关注用户文档的版本变更并通过阿里云授权渠道下载、获取最新版的用户文档。
4. 本文档仅作为用户使用阿里云产品及服务的参考性指引，阿里云以产品及服务的“现状”、“有缺陷”和“当前功能”的状态提供本文档。阿里云在现有技术的基础上尽最大努力提供相应的介绍及操作指引，但阿里云在此明确声明对本文档内容的准确性、完整性、适用性、可靠性等不作任何明示或暗示的保证。任何单位、公司或个人因为下载、使用或信赖本文档而发生任何差错或经济损失的，阿里云不承担任何法律责任。在任何情况下，阿里云均不对任何间接性、后果性、惩戒性、偶然性、特殊性或刑罚性的损害，包括用户使用或信赖本文档而遭受的利润损失，承担责任（即使阿里云已被告知该等损失的可能性）。
5. 阿里云网站上所有内容，包括但不限于著作、产品、图片、档案、资讯、资料、网站架构、网站画面的安排、网页设计，均由阿里云和/或其关联公司依法拥有其知识产权，包括但不限于商标权、专利权、著作权、商业秘密等。非经阿里云和/或其关联公司书面同意，任何人不得擅自使用、修改、复制、公开传播、改变、散布、发行或公开发表阿里云网站、产品程序或内容。此外，未经阿里云事先书面同意，任何人不得为了任何营销、广告、促销或其他目的使用、公布或复制阿里云的名称（包括但不限于单独为或以组合形式包含“阿里云”、“Aliyun”、“万网”等阿里云和/或其关联公司品牌，上述品牌的附属标志及图案或任何类似公司名称、商号、商标、产品或服务名称、域名、图案标示、标志、标识或通过特定描述使第三方能够识别阿里云和/或其关联公司）。
6. 如若发现本文档存在任何错误，请与阿里云取得直接联系。

# 通用约定

格式	说明	样例
<div>警告</div>	适用于可能会产生风险的场景。介绍用户在操作前就必须充分了解的信息、操作前必须要注意的事项或已具备的条件。	<div>警告</div> <p>重启操作将导致业务短暂中断，建议您在业务低峰期执行重启操作，或确保已完成数据备份。如有必要，请联系阿里云技术支持提供协助。</p>
<div>重要</div>	在操作前需要用户了解的提示信息、补充信息、注意事项、限制信息等。	<div>重要</div> <p>再次登录系统时，您需要修改登录账户的初始密码。</p>
<div>说明</div>	用于额外的补充说明、最佳实践、窍门等，不是用户必须了解的信息。	<div>说明</div> <p>您也可以通过按Ctrl+A选中全部文件。</p>
>	多级菜单递进。	单击设置> 网络> 设置网络类型。
粗体	表示按键、菜单、页面名称等UI元素。	在结果确认页面，单击确定。
Courier字体	命令或代码。	执行 <code>cd /d C:/window</code> 命令，进入Windows系统文件夹。
斜体	表示参数、变量。	<code>bae log list --instanceid</code> <i>Instance_ID</i>
[ ] 或者 [a b]	表示可选项，至多选择一个。	<code>ipconfig [-all -t]</code>
{ } 或者 {a b}	表示必选项，至多选择一个。	<code>switch {active stand}</code>

# 目录

1. 技术白皮书2.0	05
1.1. 行业趋势与背景	05
1.2. 技术架构	07
1.3. 技术原理	10
1.4. 部署与运维	14
2. 安全白皮书2.0	18
2.1. 平台侧安全设计	18
2.1.1. 安全隔离	18
2.1.2. 鉴权认证	18
2.2. 租户侧安全功能	18
2.2.1. IP 白名单	18
2.2.2. 危险SQL误操作保护	18
2.2.3. 慢SQL审计	19
2.2.4. 监控信息	19

# 1. 技术白皮书2.0

## 1.1. 行业趋势与背景

### 行业趋势

#### 数据库系统至关重要

数据库与操作系统、中间件并称为系统软件的“三驾马车”，是企业IT系统不可或缺的组件，也是互联网应用级企业信息管理系统存储数据和管理数据的核心平台。数据库系统是一切应用软件的数据处理及交换核心，是所有基础软件进行数据存储、查询、分析处理的中心。数据库系统运行性能是否高效稳定、接口语言是否通用，直接决定了上层应用能否给用户最好的性能，同时直接影响开发人员效率。根据全球权威IT研究咨询公司Gartner数据，2017年全球企业基础软件市场规模1958.52亿美金，其中数据库市场规模388亿美金，占比近20%，是最大组成部分。

#### 分布式数据库是发展方向

近年来，随着互联网、大数据的飞速发展，特别是“双十一”指数型的成交总额发展曲线，让世界看到了中国电子商务业务的火箭式发展势头。而同时，对于背后的业务支撑系统来说，同样经历了火箭式的系统压力增长。以“双十一”为例，除了直接面向用户的电商网站系统，还有背后各相关物流公司的物流系统，各相关银行的支付系统，各卖家的仓储系统等等。

随着普惠金融、数字金融的快速推进，数据能力也已经成为金融机构在新时代提升业务能力的重要抓手。与此同时，移动互联网和电子支付业务的蓬勃发展，给金融行业的典型应用场景，如核心账户与账务交易、在线支付/移动支付交易业务、实时交易监控与指标分析等，带来新数据形态下的金融系统能力需求。

传统的银行支付系统通常采用所谓的“IOE”结构，即IBM的大型机或小型机、Oracle的数据库、EMC的存储设备，这套系统仍存在成本巨大且与服务提供商严重捆绑的隐患。随着移动互联网的快速发展以及电子支付的兴起，对于银行核心支付系统来说是爆炸式的业务增速。传统的“IOE”系统为集中式系统，但是随着“摩尔定律”的逐渐失效，单台服务器上的性能极限已经慢慢显露，在这种情况下，技术人员逐渐开始探索将原有的集中式系统改造为分布式系统，通过多台中低端服务器的水平扩展方式替换一台高性能服务器垂直扩展方式，同时完成降低成本、增长性能的目的。在这种需求下，未来大规模分布式事务型数据库成为解决分布式系统数据存储、管理的主要方向。

### PolarDB-X技术发展

#### 产品前言

PolarDB-X是由阿里巴巴自主研发的云原生分布式数据库，融合分布式SQL引擎DRDS与分布式自研存储X-DB，基于云原生一体化架构设计，可支撑千万级并发规模及百PB级海量存储。专注解决海量数据存储、超高并发吞吐、大表瓶颈以及复杂计算效率等数据库瓶颈问题，历经各届天猫双十一及阿里云各行业客户业务的考验，助力企业加速完成业务数字化转型。

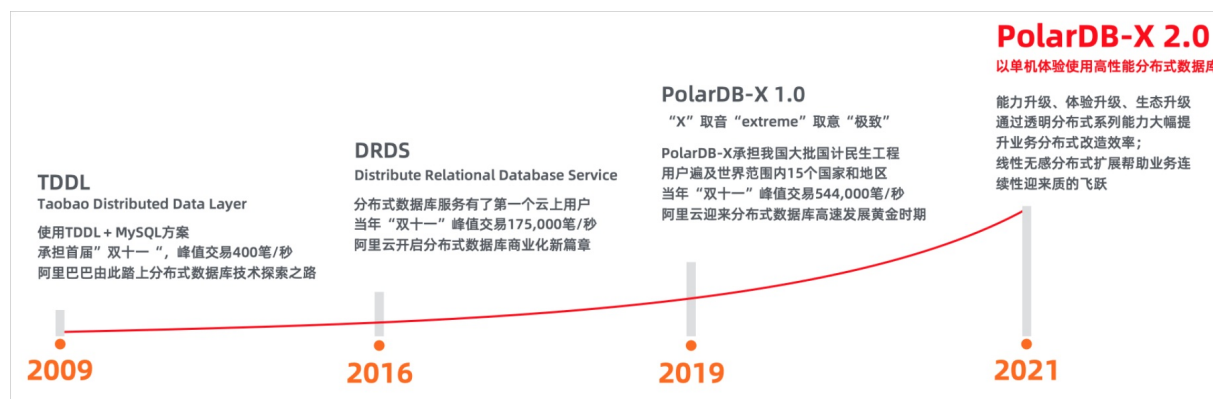
PolarDB-X核心能力采用标准关系型数据库技术实现，配合完善的管控运维及产品化能力，使其具备稳定可靠、高度可扩展、持续可运维、类传统单机MySQL数据库体验的特点。

PolarDB-X在公共云和专有云环境沉淀打磨多年，历经各届天猫双十一核心交易业务及各行业阿里云客户业务的考验。承载大量用户核心在线业务，横跨互联网、金融支付、教育、通信、公共事业等多行业，是阿里巴巴集团内部所有在线核心业务及众多阿里云客户业务接入分布式数据库的事实标准。

#### 发展历程

2003年，淘宝网成立之初，采用经典的LAMP架构（Linux-Apache-MySQL-PHP）。随着用户量迅速增长，单机MySQL数据库很快便无法满足数据存储需求。之后，淘宝网进行了架构升级，数据库改用Oracle。随着用户量的继续快速增长，Oracle数据库也开始成批的增加，即使这样，仍然无法满足业务对数据库扩展性的诉求。因此，阿里巴巴内部在2009年时发起了著名的去IOE运动，PolarDB-X也开启了自己的演进之路。

整个技术架构的发展，可分为四个阶段：



## TDDL

去IOE的关键一环是实现Oracle的替换。当时淘宝的业务体量已很难用成熟的技术产品支撑，为了避免以后出现卡脖子情况，技术的自力更生和自主可控成为一个核心诉求。一方面，随着x86技术日趋成熟，稳定性与小型机的差距不断缩小，另一方面，MySQL采用轻量化线程模型并具备高并发的支持能力，其生态逐步完善，因此新方案采用了基于Sharding技术+开源MySQL的分布式架构（TDDL+AliSQL），这代产品的特征是以解决扩展性为目标、面向系统架构使用，尚不具备产品化能力。

## DRDS

随着TDDL时代架构的逐渐成熟，2014年开始，基于阿里云，数据库的发展走上了云数据库之路。作为分库分表技术的开创者，我们推出了DRDS+RDS的分布式云数据库服务。这代产品的特征是采用Share-Nothing架构，以解决存储扩展性为出发点，提供面向用户的产品化交付能力。DRDS是国内第一家落地分布式技术的云服务，成为云市场上分布式数据库技术方向的开创者和引领者。

## PolarDB-X 1.0

针对分库分表使用中的痛点，我们不断进行产品能力迭代，陆续支持了分布式事务、全局二级索引、异步DDL等内核特性，持续改进SQL兼容性，实现子查询展开、Join下推等复杂优化，并开发了平滑扩容、一致性备份恢复、SQL闪回、SQL审计等运维能力。这期间，我们不断扩展Sharding技术的能力边界，探寻它的能力上限。这个探索的过程，一方面使我们的计算层能力更加稳定、丰富和标准化，另一方面也促使着DRDS从中间件到分布式数据库的蜕变。2019年PolarDB-X全新产品线发布，成为一个新的里程碑。

## PolarDB-X 2.0

2018年开始，我们逐渐触碰到了计算层的能力边界，比如无法提供RR隔离级别的事务能力、计算下推受限于SQL表达能力、数据查询的传输效率底下、多副本的线性一致性不可控等，这些问题像一个无法穿透的屏障，但我们能看到屏障的对面是什么，能看到所有障碍都指向了同一个方向：计算层需要与存储层深度融合。

值得高兴的是，我们的AliSQL分支从诞生起就没有停止前进的步伐。通过集团业务多年的技术锤炼，基于AliSQL演化而来的X-DB数据库（包括X-Paxos协议库、X-Engine存储引擎等），在三副本、低成本存储等技术有了非常好的沉淀。

与此同时，基于云原生架构理念的PolarDB，通过引入RDMA网络优化存储计算分离架构，实现了一写多读的能力，并提供资源池化，降低用户成本；具备优化并提供秒级备份恢复、秒级弹性等能力，成为公有云增速最快的数据库产品。

基于这些技术探索和沉淀，我们开始思考基于云架构的分布式数据库应该是什么样的形态。从宏观角度来看，会有云原生、国产化、分布式、HTAP等诉求。

从用户角度来看，需要满足用户使用云的一些期望，比如用户的数据库数据永远不会丢，即使主机异常宕机，这里需要有数据强一致以及高可用容灾等能力；比如随着移动互联网和IoT的普及，数据层面会有爆炸式的增长，以及疫情之后有更多的企业会关注IT成本，因此高性能、低成本和可扩展的计算和存储能力也成为普适性诉求；另外，按查询付费的弹性能力，也是市场的一个诉求。

因此，下一代的分布式数据库需要具备：金融级高可用和容灾、水平扩展、低成本存储、按需弹性、透明分布式、HTAP混合负载、融合新硬件等。



2021年，我们完成原DRDS SQL引擎和X-DB数据库存储技术的融合，并结合PolarDB的云原生特性，承上启下推出了新一代的云原生分布式数据库，就此开启了PolarDB-X 2.0时代。该时代的产品专注解决单机解决不好的分布式扩展性问题，满足分布式数据一致性要求，并支持从单机到分布式的平滑演进，利用云原生技术的优势提供低成本和弹性能力，在交付上具备线上公有云、线下私有云、轻量化等全形态输出。

## 1.2. 技术架构

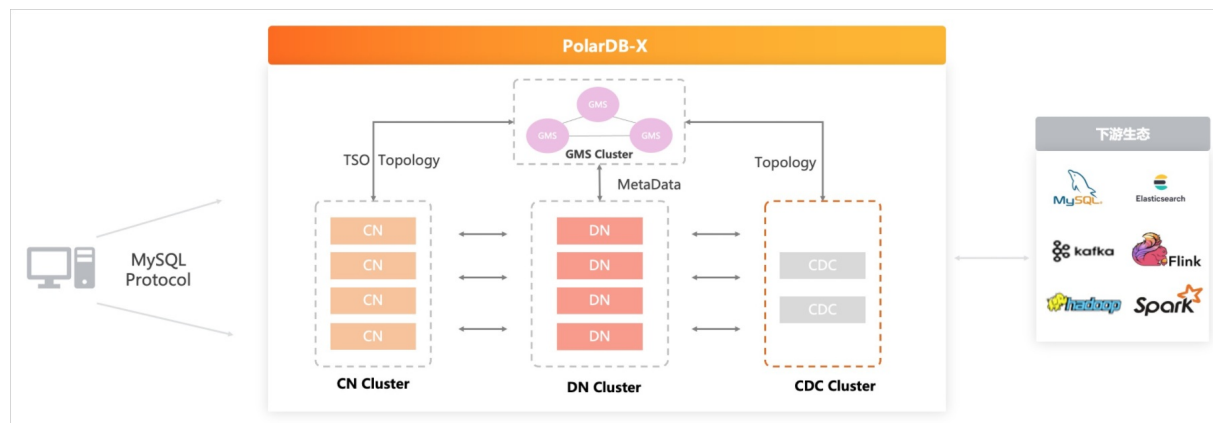
### 架构演进理念

当前，分布式领域有3大技术方向：Sharding技术，NewSQL原生分布式技术，云原生DB技术。每种分布式都有其独特的优势和特点。PolarDB-X的架构继承了DRDS和X-DB技术的稳定性，结合了PolarDB的云原生技术，融入了NewSQL对于分布式数据一致性的能力，为用户提供新的“云原生+分布式”的产品体验。



### 整体架构

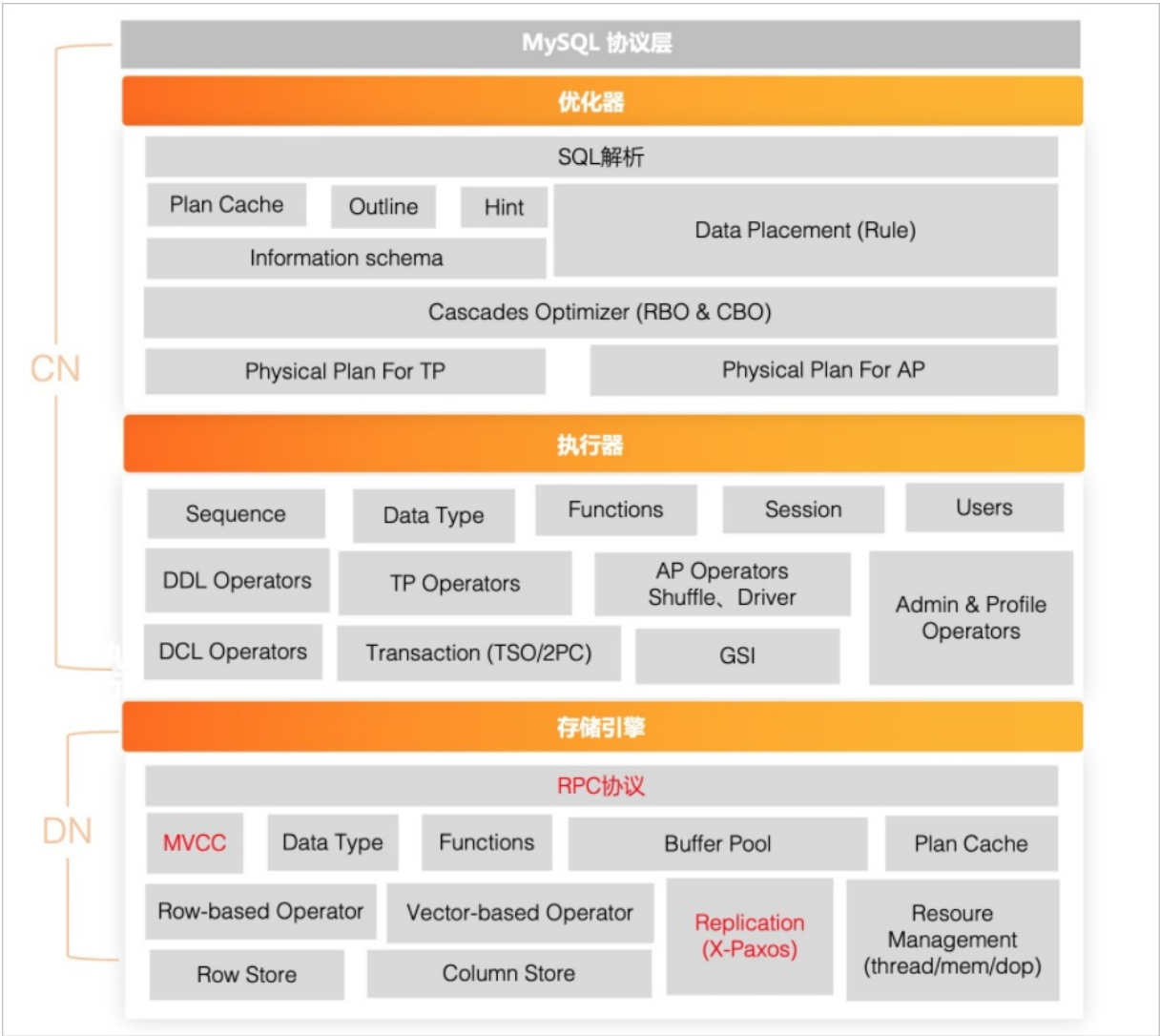
PolarDB-X的整体架构如下：



### 核心组件

- 元数据服务（Global Meta Service，GMS），主要提供分布式的元数据，提供全局授时服务（TSO）、维护Table/Schema、Statistic等Meta信息、维护账号、权限等安全信息。
- 计算节点（Compute Node，CN），主要提供分布式SQL引擎，包含核心的优化器和执行器。基于无状态的SQL引擎提供分布式路由和计算，解决分布式事务2PC协调、分布式DDL执行、全局索引维护等。
- 存储节点（Data Node，DN），主要提供数据存储引擎，基于多数派Paxos共识协议提供高可靠存储、分布式事务的MVCC多版本存储，另外提供计算下推能力满足分布式的计算下推要求（比如Project/Filter/Join/Agg等下推计算），可支持本地盘和共享存储。
- 日志节点（Change Data Capture，CDC），主要提供兼容MySQL生态的主备复制协议，兼容Binlog协议和数据格式、支持主备复制Replication的协议和交互。

核心模块

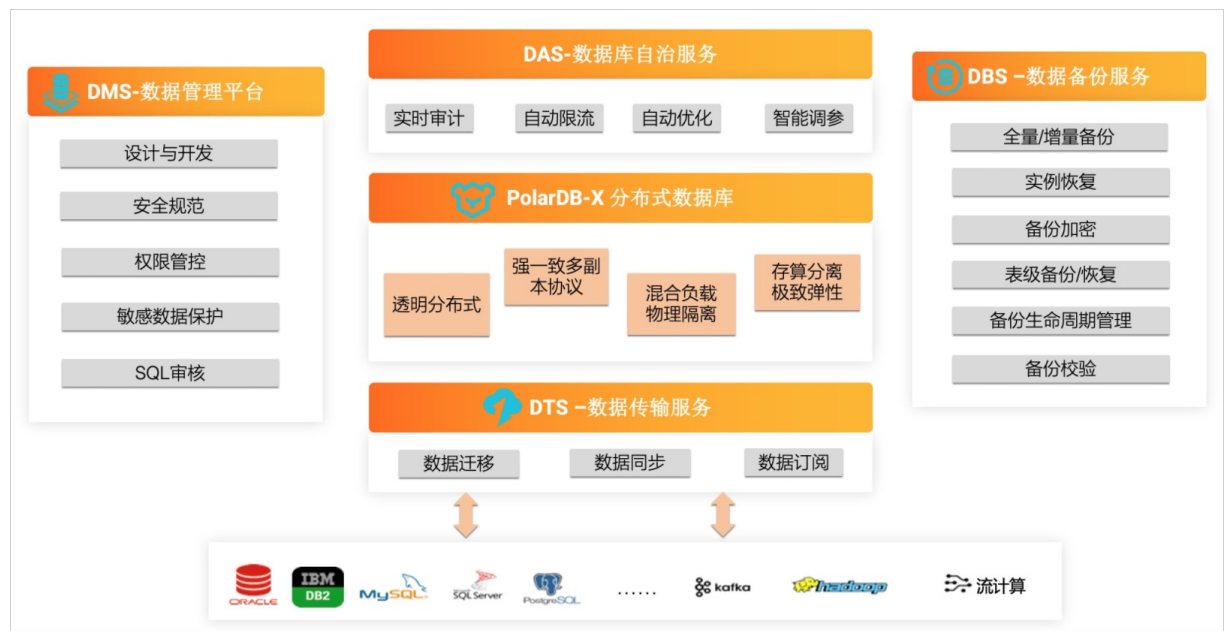


如同大多数传统单机关系型数据库，PolarDB-X分为网络层、SQL解析层、优化层、执行层、存储层，其中优化层包含逻辑优化和物理优化，执行层包含单机两阶段执行、单机并行执行和多机并行执行，存储层包含应用了多种传统单机数据库优化和执行技术。

生态工具

PolarDB-X高度兼容MySQL协议和生态，可支持MySQL开源生态中常用的MySQL驱动（JDBC/ODBC）、多语言兼容（Java/GO/C/C++/Python等）、数据导入导出工具、各种客户端GUI等。PolarDB-X提供完整的生态工具方案，如下图所示：





闭环的生态工具：

- 数据管理DMS，基于阿里巴巴集团十余年的数据库服务平台的云版本，提供免安装、免运维、即开即用、多种数据库类型与多种环境统一的web数据库管理终端，可以为企业用户快速复制搭建与阿里集团同等安全、高效、规范的数据库DevOps研发流程解决方案。
- 数据库自治服务（Database Autonomy Service，简称DAS），一种基于机器学习和专家经验实现数据库自感知、自修复、自优化、自运维及自安全的云服务，帮助用户消除数据库管理的复杂性及人工操作引发的服务故障，有效保障数据库服务的稳定、安全及高效。
- 数据传输服务（Data Transmission Service，简称DTS），支持关系型数据库、NoSQL、大数据等数据源，集数据迁移、订阅及实时同步功能于一体，能够解决公共云、混合云场景下，远距离、毫秒级异步数据传输难题。其底层基础设施采用阿里双11异地多活架构，为数千下游应用提供实时数据流。
- 数据库备份（Database Backup，简称DBS），低成本、企业级的云原生备份平台。它可以为多种环境的数据库提供强有力的保护，包括本地数据中心、其他云厂商、公共云及混合云。

产品架构

PolarDB-X作为阿里云的成熟云产品，在产品化的配套能力上支持比较完整，包括白屏化的运维操作、多样化的交付形态、完整的OpenAPI、配套的生态工具等。

PolarDB-X部署架构整体基于Kubernetes，运行在高性能的物理机，产品架构设计如下：

1. PolarDB-X实例由多个节点组成，产品使用以节点为单位，初次使用必须包含至少2个节点，后续扩容和缩容最小为1个节点。每个节点会有多种规格，比如4c16g、8c32g、16c64g等。
2. PolarDB-X根据资源隔离诉求的不同，可以分为：通用规格、独享规格、独占物理机规格。比如通用规格，同一硬件资源下的不同PolarDB-X实例，会互相充分利用彼此空闲的计算资源（如CPU），通过复用计算资源享受规模红利，性价比会更高。而独享规格每个PolarDB-X实例会独占所分配到的计算资源（如CPU），而不会与同一服务器上的其他集群共享资源，性能表现更加稳定。
3. PolarDB-X支持公有云、混合云的多样化交付。在公有云，支持多地域、多可用区的交付，同时在网络和安全层面，支持VPC、IP白名单、非对称账号密码、TDE加密等方式，确保数据服务安全。在混合云，支持基于DBStack轻量化输出，可在用户已有机器硬件上完成数据库部署和运维。

架构优势

高可用

经过阿里多年双11验证的X-DB（X-Paxos共识协议能力），提供数据强一致，保证节点故障切换时RPO=0。另外支持多样化的部署和容灾能力，比如基于Paxos强同步的同城三机房、三地五中心，另外搭配binlog异步复制的两地三中心、异地灾备、异地多活等。尤其在异地长距离传输上，基于Batching & Pipelining 进行网络优化来提升性能。

高兼容

PolarDB-X主要兼容MySQL，包括SQL、函数类型等，技术上引入全局时间授时服务，提供全局一致性的分布式事务能力，通过TSO+2PC提供数据库完整的ACID能力，满足分布式下的Read-Committed/Repeatable-Read的隔离级别。同时在分布式事务的基础上，提供全局二级索引能力，通过事务多写保证索引和主表数据强一致的同时，引入基于代价的CBO优化器实现索引选择。除此以外，在元数据和生态对接层面，PolarDB-X基于Online DDL的技术提供了分布式下元数据的一致性。同时硬件层面，兼容主流国产操作系统和芯片认证，比如麒麟、鲲鹏、海光等。

另外在业界主流的分布式数据库里，分布式下的redolog/binlog等数据库变更日志其实一直被厂商所忽视，从关系数据库的发展历史来看，生态和标准对于市场规模化非常重要，PolarDB-X 会支持全局binlog能力，全面兼容和拥抱MySQL数据库生态，用户可以将PolarDB-X当做一个MySQL库，采用标准的binlog dump协议获取binlog日志。

#### 高扩展

PolarDB-X基于Share-Nothing的架构支持水平扩展，同时支持数据库在线扩缩容能力，在OLTP场景下可支持千万级别的并发、以及PB级别的数据存储规模，同样在OLAP场景下，引入MPP并行查询技术，扩展机器后查询能力可线性提升，满足TPC-H等的复杂报表查询诉求。

#### HTAP

随着移动互联网和IoT设备的普及，数据会产生爆炸式的增长趋势，传统的OLTP和OLAP的解决方案是基于简单的读写分离或者ETL模型，将在线库的数据T+1的方式抽取到数据仓库中进行计算，这种方案存在存储成本高、实时性差、链路和维护成本高。PolarDB-X 设计中支持OLTP和OLAP的混合负载的能力，可以在一个实例里同时运行TPC-C和TPC-H的benchmark测试，保证AP的查询不影响TP流量的稳定性。核心技术层面，我们也有自己的创新性，比如我们会在计算层精确识别出TP和AP的流量，结合多副本的特性和多副本的一致性读能力，智能将TP和AP路由到不同的副本上，同时在AP链路上默认开启MPP并行查询技术，从而在满足隔离性的基础上，线性提升AP的查询能力。在存储层上，我们也在完善计算下推能力，未来也会提供高性能列存引擎，实现行列混合的HTAP能力。

#### 极致弹性

PolarDB-X结合PolarDB云原生的技术，可以基于PolarDB的共享存储+RDMA网络优化能力，提供秒级备份、极速弹性、以及存储按需扩展的能力。基于共享存储的基础上，结合分布式的多点写入能力，可以在不迁移数据的前提下提供秒级弹性的能力，给到用户完全不一样的弹性体验。

#### 开放生态

PolarDB-X全面拥抱和坚定MySQL的开源生态，做到代码完全自主可控的同时满足分布式MySQL的兼容性，架构做到简单开放，只要具备一定MySQL背景的同学即可完成持续运维。除此以外，PolarDB-X和阿里云的数据库生态有完整的闭环对接，支持如DTS/DBS/DMS等，可打通阿里云的整个大生态。

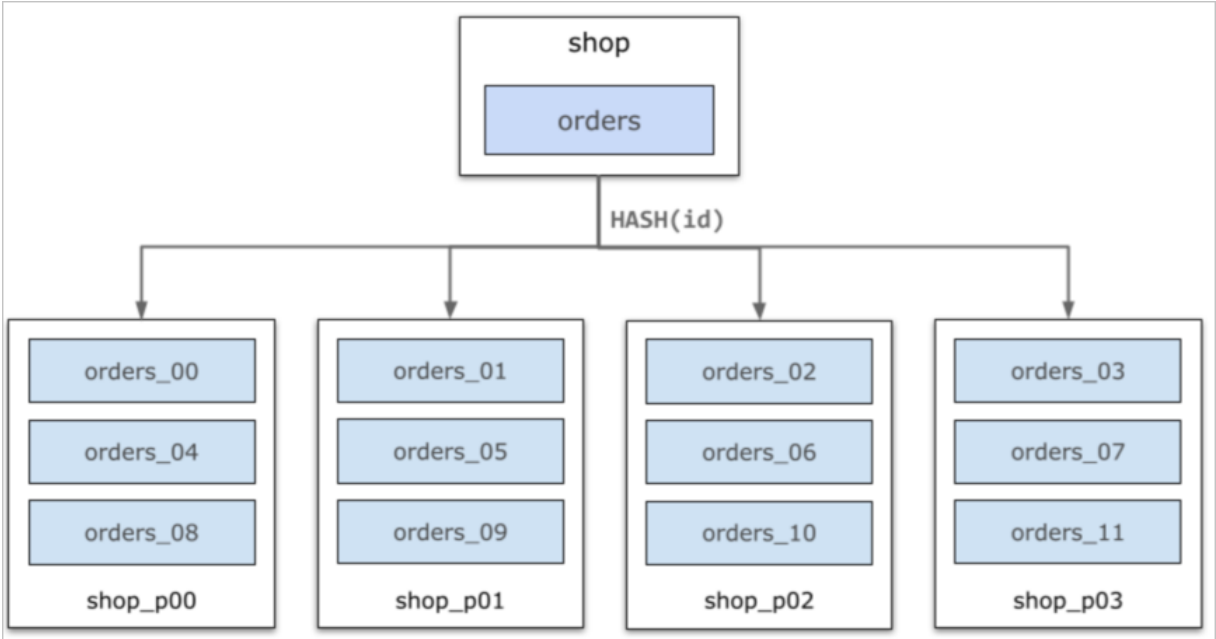
## 1.3. 技术原理

本文介绍了PolarDB-X的主要技术原理。

### 分布式线性扩展

PolarDB-X将数据表以水平分区的方式，分布在多个存储节点（DN）中。数据分区方式由分区函数决定，PolarDB-X支持哈希（Hash）、范围（Range）等常用的分区函数。

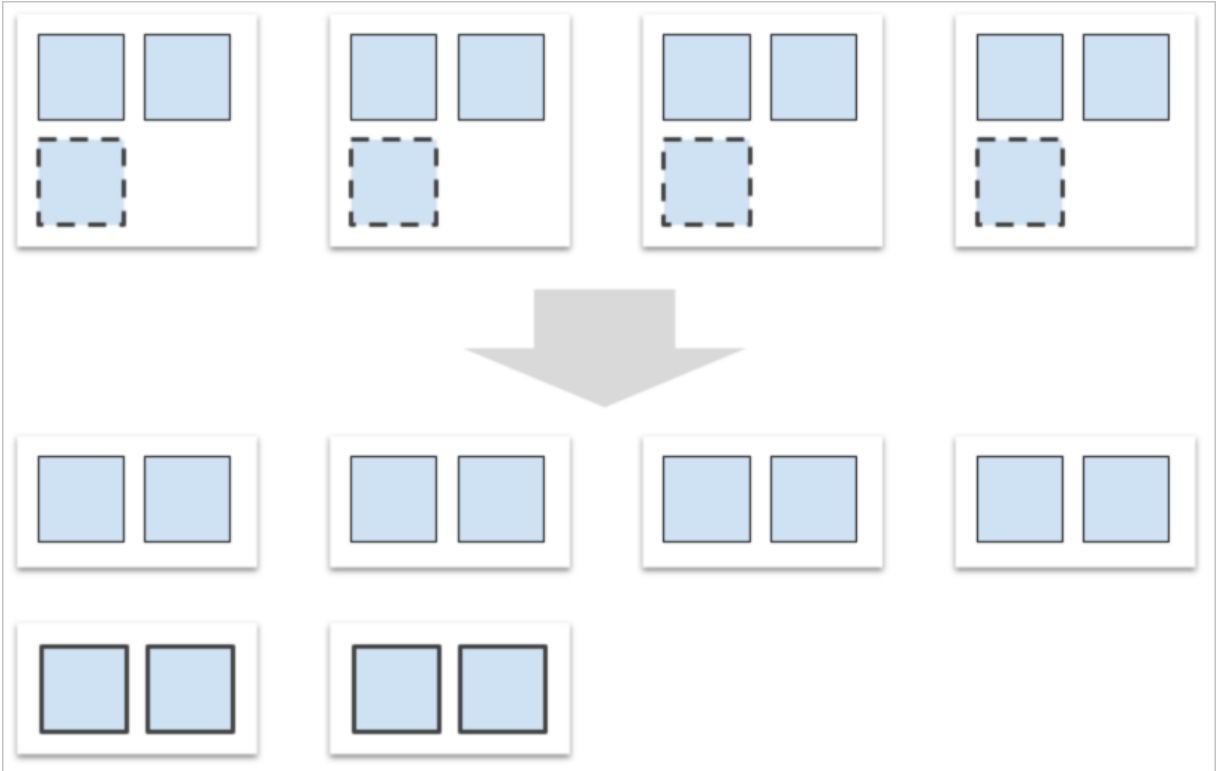
以下图为例，shop库中的orders表根据每行数据的id属性的哈希，被分区水平切分成orders\_00~orders\_11共计12个分区，均匀分布在4个数据节点上。对于用户来说，通常无需关心具体的数据分布，PolarDB-X的分布式SQL层将会自动完成查询路由、结果合并等。



扩容迁移

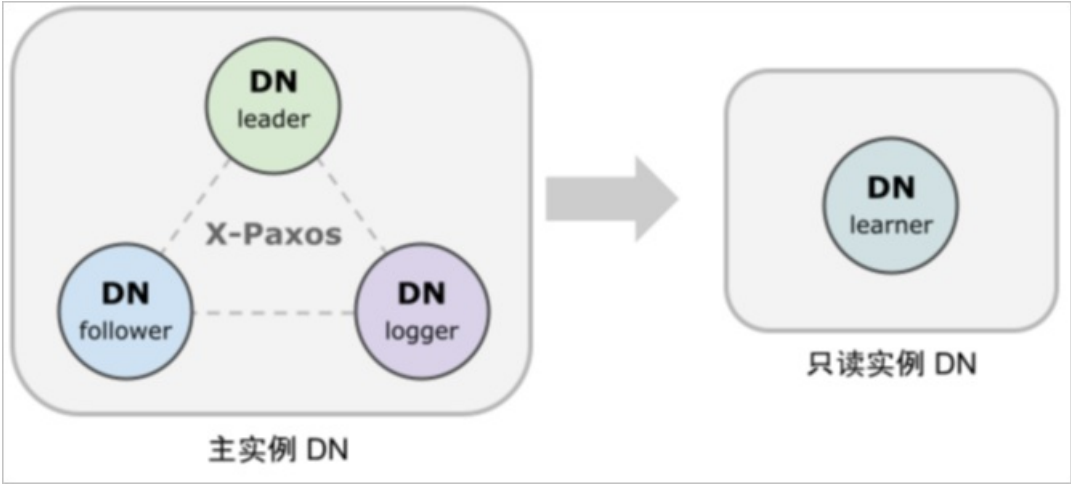
随着业务的增长，数据量越来越大，往往需要添加更多的数据节点以承载更多的数据。当新的数据节点加入集群时，PolarDB-X将自动触发扩容任务，将数据进行再平衡（Rebalance）。

以下图为例，orders表原本分布在4个数据节点上。用户进行扩容后，集群的数据节点数量从4个增加到6个，触发PolarDB-X的再平衡任务，将部分数据分区从旧节点移动到新节点上。这一过程在后台利用空闲资源完成，对业务线上流量无影响。

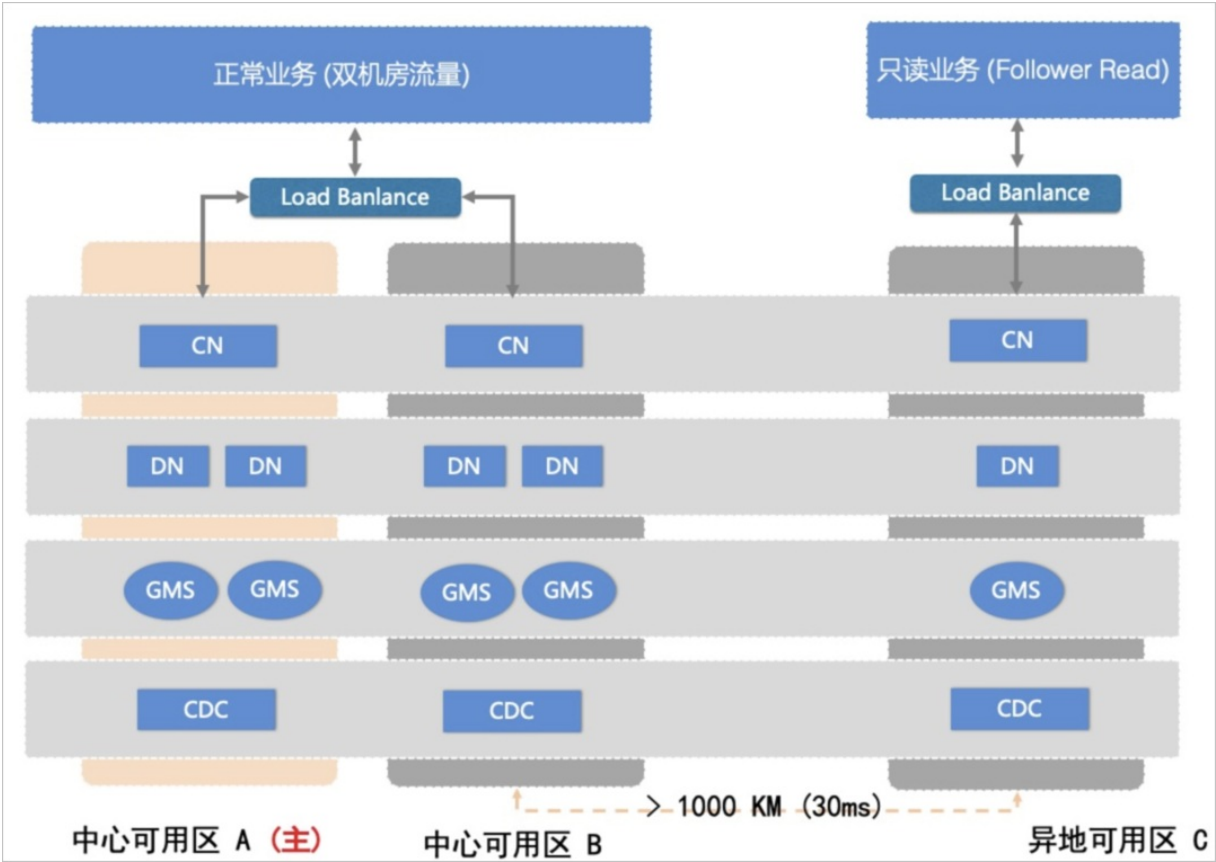


高可用与容灾

在生产环境部署数据库时往往会搭建多个副本（Replica），保证数据库集群的高可用性以及数据的持久性。为了保证副本间的强一致性，现代数据库往往采用以Paxos算法为代表的多数派复制协议，它要求集群中至少存在3个节点，每次写入都要获得超过半数节点的确认，即便其中1个节点宕机集群也仍然能正常提供服务。PolarDB-X采用X-Paxos复制协议，X-Paxos是阿里巴巴自研的Paxos协议实现，在功能、性能上都做了大量优化，且经历了数十载的双十一考验，稳定可靠。



基于Paxos复制协议，PolarDB-X可以部署到多个机房中，以实现机房级容灾。常见的部署方式有同城三机房、两地三中心等，其中后者主要应用在混合云部署中。由于Paxos协议的特性，通常三个机房中有一个主机房负责对外提供服务。

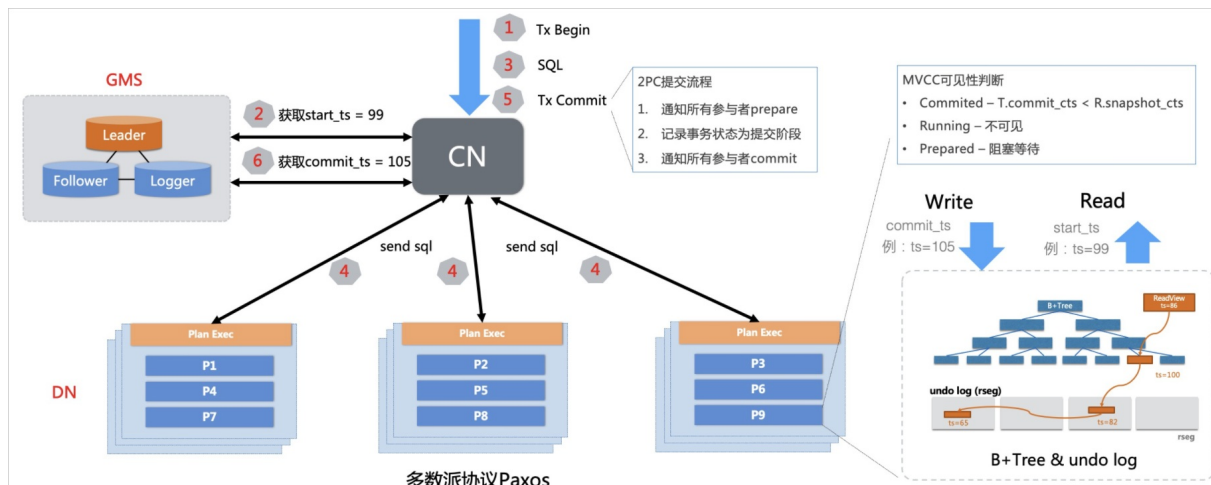


分布式事务



PolarDB-X原生支持分布式事务，并保证事务的ACID性质——原子性 (Atomicity)、一致性 (Consistency)、隔离性 (Isolation)、持久性 (Durability)。

PolarDB-X通过引入中心授时节点 (TSO)，结合多版本并发控制 (MVCC)，保证读取到的一定是一致的快照，而不会读到转账事务的中间状态。如下图所示，提交事务时，计算节点 (CN) 执行事务时从TSO 获取到时间戳，随着数据一同提交到存储节点 (DN) 多版本存储引擎上。读取时，如果查询操作的数据涉及多个分区，PolarDB-X首先会获取全局时钟作为读取版本，对每行数据的MVCC多版本进行可见性判断，确保读到全局一致的数据版本。

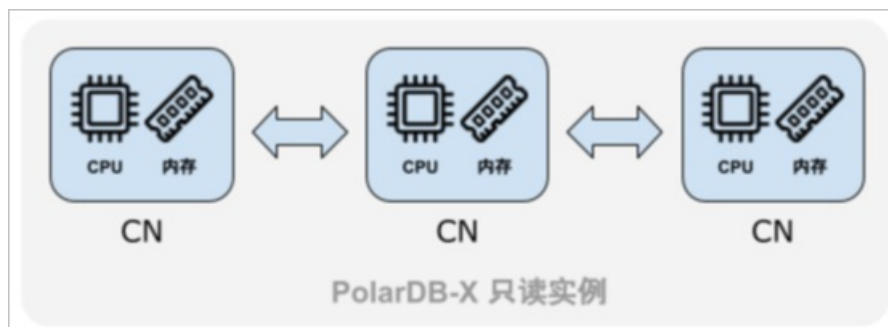


分布式事务也是许多分布式特性的基础，例如：对于读写分离，数据的事务多版本信息也会被同步到 Learner 副本，保证读只读实例不会因为同步延迟读到过期数据；全局变更日志中，通过时间戳保证分布式事务顺序；任意时间点的数据恢复 (PITR, point-in-time recovery) 中，利用分布式事务时间戳，能够精准找到相应时间的、全局一致的数据版本。

## 混合负载 HTAP

PolarDB-X是一款支持 HTAP (Hybrid Transaction/Analytical Processing) 的数据库：在支持高并发、事务性请求的同时，也对分析型的复杂查询提供了良好的支持。分析型查询指的是涉及数据量较大、计算比较复杂的查询，例如对一定时间区间内的数据进行聚合。相比于业务中常见的简单查询，这类查询往往要执行数秒甚至分钟，需要消耗较多的计算资源。

为了加速复杂分析型查询，PolarDB-X将计算任务切分并调度到多个计算节点上，从而利用多个节点的计算能力，加速查询的执行。这种方式也称为MPP并行计算。



PolarDB-X的优化器面向HTAP负载设计，对复杂查询有着良好的支持。PolarDB-X采用了基于代价的优化器技术，能够根据实际数据量、数据分布情况等，搜索到较优的执行计划，例如，对Join顺序进行调整、选择合适的Join或聚合算法、对关联子查询去关联化等。

PolarDB-X优化器会基于代价估计将请求区分为TP与AP负载，其中AP查询会被进一步改写为分布式执行计划，发往只读集群进行计算，避免它对主实例的TP查询造成影响。

## MySQL生态兼容

PolarDB-X将兼容MySQL以及周边生态作为核心设计目标之一。本文从SQL语法、事务行为、导入导出等角度总结了兼容性相关特性，具体用法可以参见相关功能文档。



PolarDB-X通讯协议兼容MySQL协议，可以使用常见的MySQL客户端直接连接到PolarDB-X集群，包括JDBC Driver、ODBC Driver、Golang Driver等。兼容MySQL SSL、Prepare、Load等传输协议。

PolarDB-X兼容MySQL的各种DML、DAL、DDL语法，包括：

- 兼容绝大部分MySQL函数（包括JSON函数、加密解密函数等）。
- 兼容MySQL 8.0的视图、CTE、窗口函数、分析函数等。
- 支持MySQL的各种数据类型，包括类型精度支持（比如时间戳、Decimal 类型）。
- 兼容常见的MySQL字符串Charset及Collation。
- 兼容绝大部分information\_schema视图。

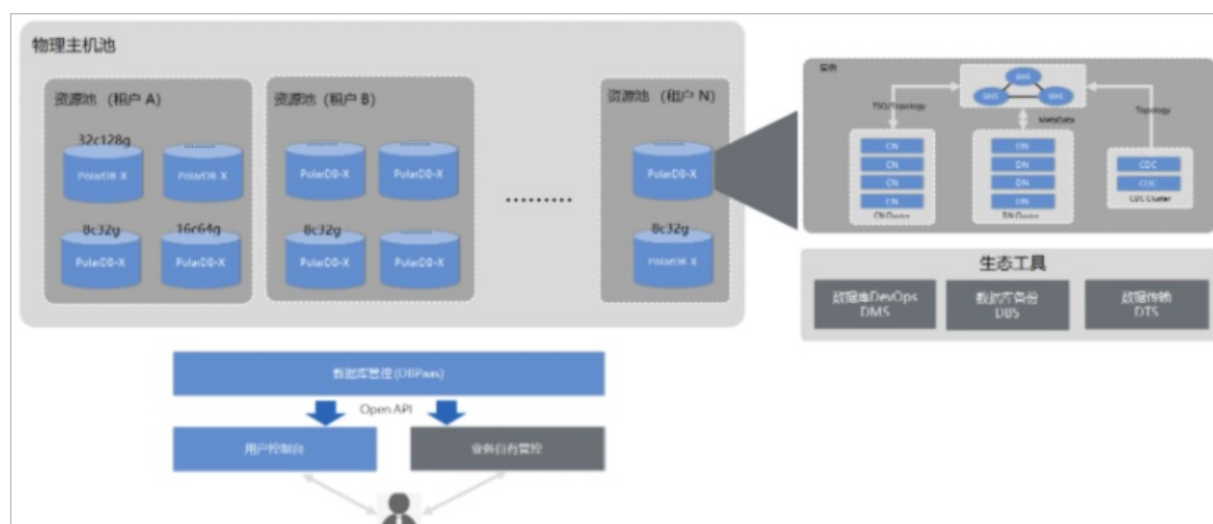
更多信息参见开发指南。

## 1.4. 部署与运维

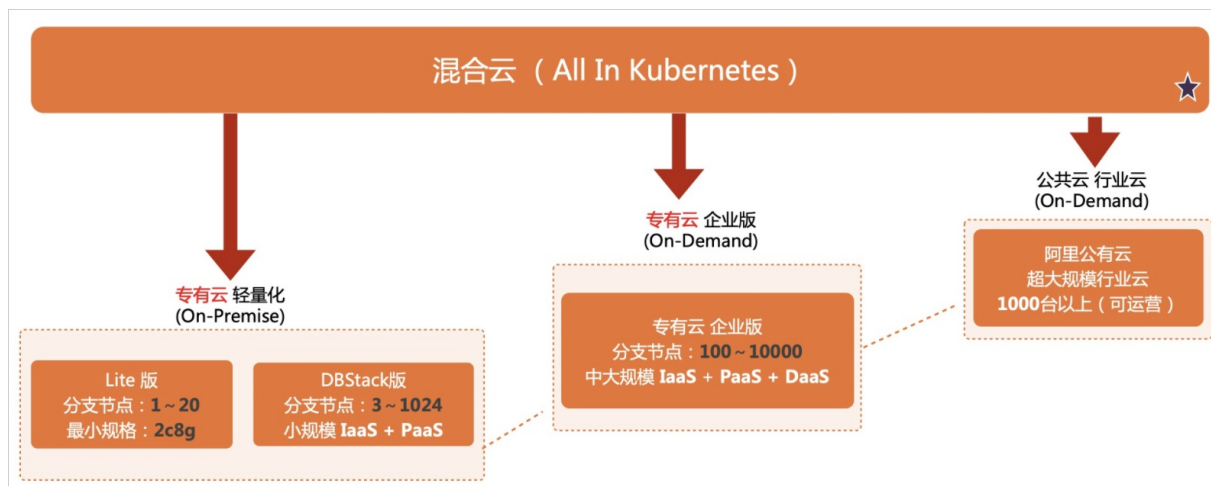
### 部署形态

PolarDB-X是一款在阿里云上商业售卖的云产品，在产品化的配套支持上比较完整，包括多样化的交付形态、完整的OpenAPI、配套的生态工具等。

PolarDB-X的DBPaas架构提供了对数据库实例的统一运维，除了DBPaas内置的用户控制台以外，允许用户通过OpenAPI接入业务自有管控。



PolarDB-X的DBPaas架构基于Kubernetes，能够很好的支持公有云以及混合云多形态的交付能力。公有云（或大规模行业云）部署最灵活。混合云部署可以选择企业版或更加轻量级的DBStack版，后者在生产级别可支持最少3台主机。



## 自动化运维能力

PolarDB-X DBPaas控制台集成了创建销毁实例、备份恢复、配置管理、监控报警、诊断优化等功能。用户可以通过控制台页面管理数据库、用户、权限、参数等，或执行数据备份、设置监控报警等日常运维工作。

为了便于用户将PolarDB-X与其他系统集成，PolarDB-X DBPaas平台也提供了丰富的OpenAPI接口，包括实例管理接口、数据库管理接口，监控数据查询接口、参数管理等。详细接口列表参见[API概览](#)。

## 监控与诊断优化

### 资源监控

您可以在PolarDB-X控制台上查看计算资源监控、存储资源监控和数据库监控等监控信息，或依据这些监控指标添加报警规则。

- 计算资源监控是计算节点的监控指标，包括CPU使用率、内存使用量、网络流量（流入流出）、QPS、查询延迟、前端连接数、活跃线程数等。
- 存储资源监控是存储节点的监控指标，包括CPU使用率、内存使用量、磁盘空间用量、网络流量（流入流出）、连接数、活跃线程数、IOPS、QPS、TPS、缓冲池用量、临时表创建数量等。

### SQL分析与优化

PolarDB-X支持SQL日志的实时查询、可视化分析、设置告警等操作。您仅需在控制台上打开功能开关，即可实时进行SQL日志的审计与分析；也可以基于某些指标定制实时的监测与告警，当关键业务出现异常时可通过多种途径通知告警。

控制台上可以查看当前实例会话，也可以选择终止会话。会话统计页面可查看按客户端统计、按namespace统计等的聚合统计信息。10秒SQL分析功能可以在10秒内对会话进行采样（每秒采样一次），然后对采样结果进行汇总分析，通过分析结果可以很容易看出哪些查询执行次数最多、是否存在慢SQL等。

慢日志查询功能能帮助您快速发现影响数据库性能的关键SQL。慢日志功能提供交互页面，您可以查看慢SQL模板、慢SQL明细，以及每条慢SQL执行次数、耗时、返回行数等关键信息。慢SQL诊断优化还能根据SQL执行计划智能地给出优化方案，例如推荐创建本地索引或全局索引。

为防止少数SQL占用过多资源、影响业务整体运行，SQL限流功能能够限制特定查询的并发度。您可以通过控制台创建限流匹配规则，限制其最大并发度、最长等待队列长度等。

## 备份与恢复

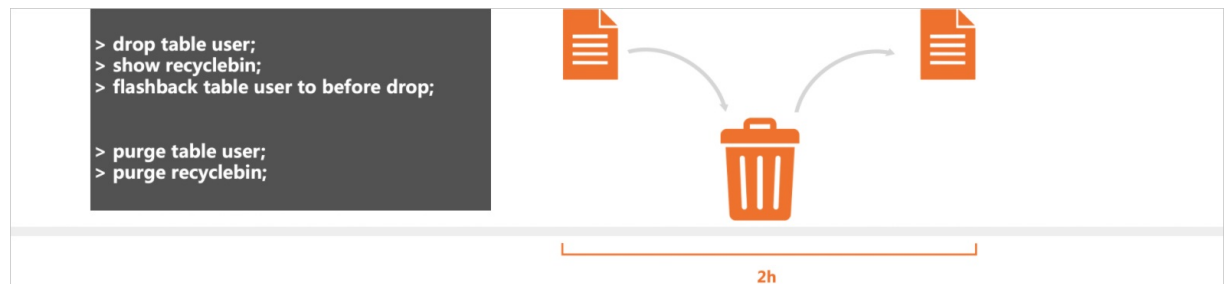
### 一致性备份恢复

一致性备份恢复提供实例级任意时间点（精确到秒级）的历史数据恢复能力，基于定期的全量快照备份和增量binlog实现。



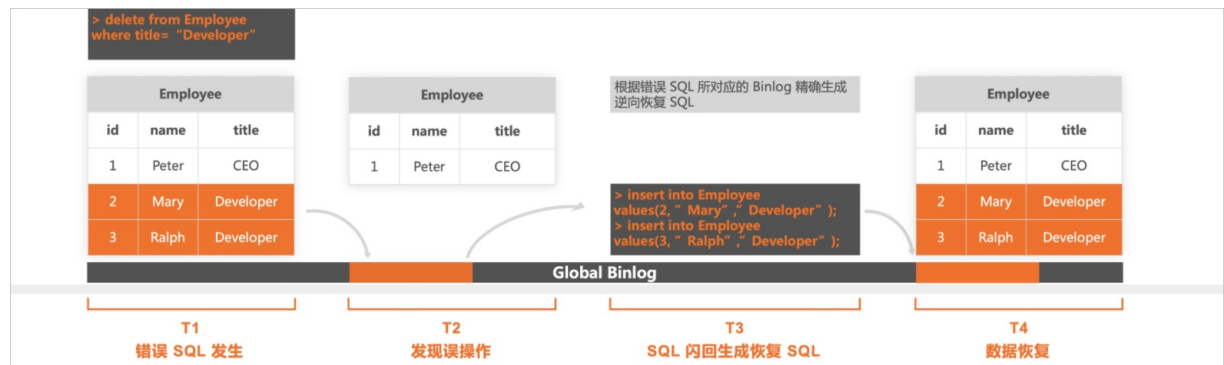
### 表回收站

当表回收站功能开启时，被DROP或TRUNCATE的表会被暂时放入“回收站”，若2小时内需要恢复表，可以在控制台的表回收站页面中找回。



### SQL闪回

SQL闪回功能能够在误操作发生后，帮助您回滚或部分回滚之前的操作。例如，当DELETE语句误删除数据时，可以通过SQL闪回功能为它生成逆向恢复SQL（即相应的INSERT语句），从而恢复丢失的数据。

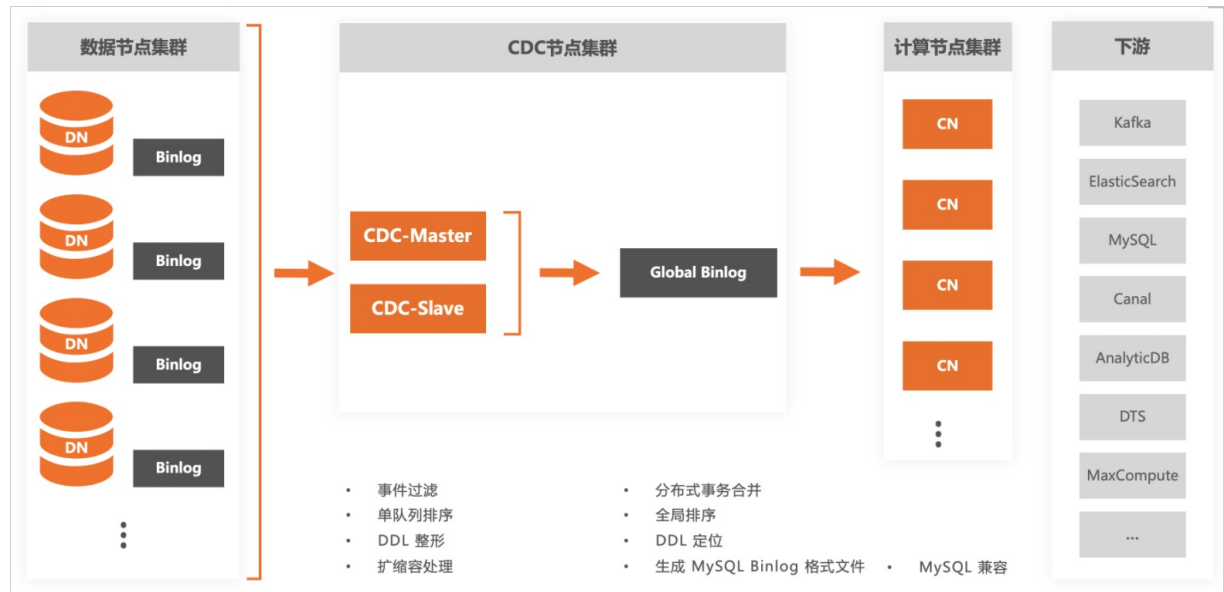


## 数据导入导出

### 全局变更日志CDC

PolarDB-X兼容MySQL binlog复制协议。用户可以将PolarDB-X集群看作一个普通的MySQL节点，将其他MySQL节点作为PolarDB-X的同步源端或目标端。

PolarDB-X CDC组件能够提供与MySQL binlog格式兼容的变更日志，并且对外隐藏掉集群扩扩容、分布式事务、全局索引等分布式特性。用户也可以利用canal等开源工具将PolarDB-X的写入数据同步到其他存储中。



**MySQL生态工具**

PolarDB-X将兼容MySQL以及周边生态作为核心设计目标之一，通讯协议、SQL 语法等兼容MySQL，mysqldump、LOAD DATA INFILE等功能可以直接使用。

PolarDB-X也兼容阿里云数据库的生态工具，包括DMS、DTS、DBS、DAS、DataWorks等。

## 2. 安全白皮书2.0

### 2.1. 平台侧安全设计

#### 2.1.1. 安全隔离

##### 网络隔离

PolarDB-X支持使用VPC来获取更高程度的网络访问控制。

VPC是用户设定的私有网络环境，通过底层网络协议严格地将用户的网络包隔离，在网络层完成访问控制，使用VPC和IP白名单将极大程度提升PolarDB-X实例的安全性。

#### 2.1.2. 鉴权认证

PolarDB-X支持类MySQL的账号和权限体系，支持GRANT、REVOKE、SHOW GRANTS、CREATE USER、DROP USER、SET PASSWORD等相关指令和功能。

创建PolarDB-X数据库时，默认可以指定一个具有所有权限的账号。用此账号可以创建一个或者多个新的账号。

- 权限支持粒度：数据库和表级别（暂不支持全局、列级别）。
- 支持相关联的八个基本权限项：CREATE、DROP、ALTER、INDEX、INSERT、DELETE、UPDATE、SELECT。
- 支持 `user@'host'` 用户形式，对host进行访问匹配验证。



说明

但当业务机器处于专有网络VPC内时，因技术原因无法获取IP，建议改成 `user@'%'`。

### 2.2. 租户侧安全功能

#### 2.2.1. IP 白名单

PolarDB-X提供了IP白名单来实现网络安全访问控制，支持为每个PolarDB-X数据库单独设置IP白名单。

默认情况下，PolarDB-X实例被设置为允许任何IP访问。您可以通过控制台的白名单设置页面来添加IP白名单规则。IP白名单的更新无需重启PolarDB-X实例，不影响使用。同时，IP白名单支持设置IP地址或IP段。



说明

当业务机器处于专有网络VPC内时，因技术原因无法获取IP，建议去掉IP白名单。

#### 2.2.2. 危险SQL误操作保护

PolarDB-X默认禁止全表删除与全表更新的高危操作，可通过加HINT临时跳过此限制。下列语句默认会被禁止：

- DELETE语句不带WHERE条件或者LIMIT条件。
- UPDATE语句不带WHERE条件或者LIMIT条件。

实际禁止效果如下：

```
delete from tt;
```

返回信息如下：



```
ERR-CODE: [TDDL-4620][ERR_FORBID_EXECUTE_DML_ALL] Forbid execute DELETE ALL or UPDATE ALL sql. More: [http://middleware.alibaba-inc.com/faq/faqByFaqCode.html?faqCode=TDDL-4620]
```

增加HINT后，该语句执行成功：

```
/*TDDL:FORBID_EXECUTE_DML_ALL=false*/delete from tt;
```

返回信息如下：

```
Query OK, 10 row affected (0.21 sec)
```

## 2.2.3. 慢SQL审计

您可以在PolarDB-X控制台上查询到客户端发送至PolarDB-X的逻辑慢SQL，慢SQL会增大整个链路的响应时间，降低PolarDB-X的吞吐量。

慢SQL内容包括：执行开始时间、数据库名、SQL语句、客户端IP、执行时间。您可以通过PolarDB-X控制台查询到具体的慢SQL信息从而进行优化调整。

## 2.2.4. 监控信息

PolarDB-X控制台提供不同维度的监控指标，您可以根据监控信息进行相应的处理。

PolarDB-X监控信息分为两类：

- 资源监控，包括CPU、内存和网络。
- 引擎监控，包括逻辑QPS、物理QPS、逻辑RT(ms)、物理RT(ms)连接数和活跃线程数。

PolarDB-X实例的QPS和CPU性能是正向相关的。当PolarDB-X性能出现瓶颈时，主要表现为实例的CPU利用率居高不下。如果发现CPU利用率超出90%或持续超出80%，则意味着当前实例性能出现瓶颈。在PolarDB-X不存在瓶颈的情况下，可以判断当前的PolarDB-X实例规格无法满足业务的QPS性能需求，需要通过升配解决。