

分布式数据库技术金融应用规范
技术架构

Financial application specification of distributed database technology—
Technical architecture

2020-11-26 发布

2020-11-26 实施

中国人民银行 发布

目 次

前言.....	II
引言.....	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 缩略语.....	2
5 概述.....	2
6 技术框架.....	2
7 功能特性.....	4
8 运维管理.....	9

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中国人民银行提出。请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由全国金融标准化技术委员会（SAC/TC 180）归口。

引 言

随着金融领域分布式架构的转型升级，分布式数据库技术在金融领域应用逐步深入。为规范分布式数据库技术在金融领域应用，强化分布式数据库技术对金融服务的技术支撑，提升分布式数据库技术对业务连续性和信息安全的保障能力，特编制本文件。

本文件是分布式数据库技术金融应用系列标准之一，分布式数据库技术金融应用系列标准包括：

- 《分布式数据库技术金融应用规范 技术架构》；
- 《分布式数据库技术金融应用规范 安全技术要求》；
- 《分布式数据库技术金融应用规范 灾难恢复要求》。

分布式数据库技术金融应用规范 技术架构

1 范围

本文件规定了在金融领域分布式事务数据库技术的架构要求，涵盖技术框架、功能特征和运维管理。本文件适用于金融领域分布式事务数据库的研发、测试、评估、应用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 15387.1-2014 术语数据库开发文件编制指南

GB/T 17532-2005 术语工作 计算机应用 词汇

GB/T 25069-2010 信息安全技术 术语

GB/T 30994-2014 关系数据库管理系统检测规范

GT/T 32633-2016 分布式关系数据库服务接口规范

JR/T 0204 分布式数据库技术金融应用规范 安全技术要求

JR/T 0205 分布式数据库技术金融应用规范 灾难恢复要求

3 术语和定义

JR/T 0204—2020、JR/T 0205—2020下列术语和定义适用于本文件。

3.1

数据库 database

按照预定结构组织成的数据集合。

[来源：GB/T 17532-2005，7.5]

3.2

事务 transaction

1组以原子性、一致性、持久性、隔离性为特征的相关操作。

3.3

分布式事务 distributed transaction

事务的参与者、支持事务的服务器、资源服务器以及事务管理器分别位于不同节点之上的事务。

3.4

分布式事务数据库 distributed transaction database

采用分布式事务处理机制的数据库。

3.5

一致性 consistency

在某一系统或构件中，各文档或部分之间统一的、标准化的和无矛盾的程度。

[来源：GB/T25069-2010，2.1.61]

3.6

数据副本 data replica

即在分布式数据库中，为保障数据的可靠性引入的多份数据冗余版本。

3.7

数据分片 data sharding

将数据库表中的数据，按照一定的分片规则分散存储到多个数据存储节点，以均衡节点间数据容量和访问负载。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

ACID: 原子性、一致性、隔离性、持久性 (Atomicity, Consistency, Isolation, Durability)

CSV: 逗号分隔值 (Comma-Separated Values)

DDL: 数据定义语言 (Data Definition Language)

DML: 数据操纵语言 (Data Manipulation Language)

IO: 输入和输出 (Input Output)

LOG: 日志文件 (Logfile)

QPS: 查询/秒 (Queries Per Second)

RTO: 恢复时间目标 (Recovery Time Objective)

SQL: 结构化查询语言 (Structured Query Language)

TPS: 事务数/秒 (Transactions Per Second)

JDBC: JAVA数据库互联规范 (Java Database Connectivity Specification)

ODBC: 开放数据库互联规范 (Open Database Connectivity Specification)

5 概述

数据库系统是按照特定数据结构组织、存储和管理数据的基础软件，根据架构不同可分为集中式数据库和分布式数据库。集中式数据库将数据在物理空间上集中存储和处理，是1种较为经典、传统的架构模式。分布式数据库是物理上分散而逻辑上集中的数据库系统，利用分布式事务处理、数据自动分片、数据多副本存储等技术，将分散在计算机网络的多个逻辑相关的节点连接起来，共同对外提供服务。

6 技术框架

6.1 技术框架概述

分布式事务数据库技术架构包括管理模块、计算模块和存储模块 3 个部分，各部分的主要功能和逻辑关系见图 1。

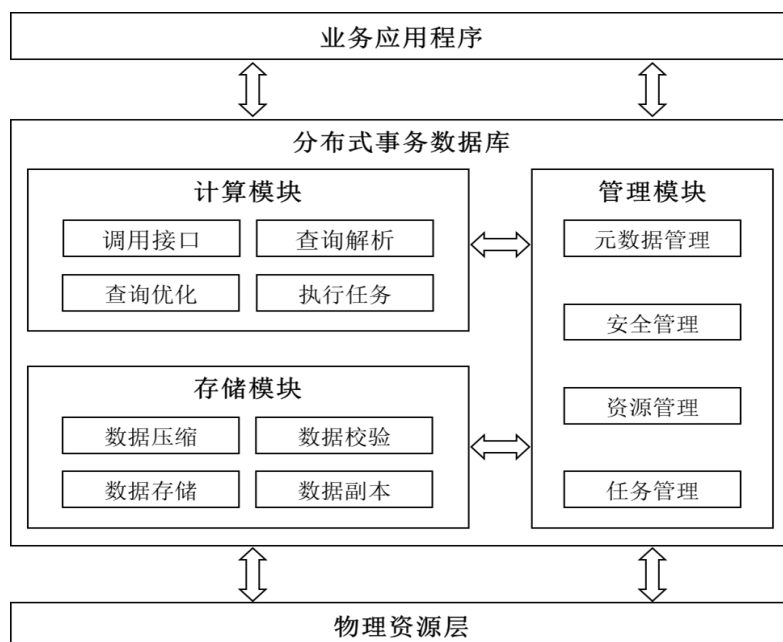


图 1 分布式事务数据库技术架构

6.2 物理资源层

物理资源层是指分布式事务数据库的基础硬件设施与设备，为分布式事务数据库和上层业务系统提供基础支撑环境，包括物理机房供电、计算设备和存储设备、网络设备等物理基础设施。物理资源层应使用安全可控、体系架构开放的硬件进行构建，保障安全性、可用性和可靠性，具体要求如下：

- a) 应支持处理器多路互连技术、压缩和解压缩等计算加速能力。
- b) 应动态监测各网元的网络拓扑结构，实现可靠性、扩展性、易维护性。
- c) 宜支持 2 种以上处理器架构体系，且处理器具有可信计算能力。
- d) 宜提供动态配置的黑名单机制或防火墙机制，防范因恶意节点造成的网络瘫痪。

6.3 计算模块

计算模块负责解析应用程序查询请求、生成查询计划，并将查询计划自动分配到各计算节点并行执行。通过分布式事务处理等技术确保数据正确性，借助并发控制、动态资源分配等技术提升分布式事务数据库在复杂业务场景的计算效率，具体要求如下：

- a) 应满足分布式事务数据库所需的计算算力要求。
- b) 应支持在可信的虚拟化或云计算环境运行。

6.4 存储模块

存储模块负责执行计算层数据操作请求，并实现数据在硬件层面的持久化保存，确保数据不丢失。存储层将数据按分片进行多副本存储，保障数据可靠性。分布式事务数据库应具备应用访问透明性，包括但不限于分片透明性、复制透明性和位置透明性，数据分片模式的改变、副本位置的改变等均不影响应用程序，具体要求如下：

- a) 应支持高效、安全、稳定地提供数据写入及查询服务。

- b) 应支持写入数据持久化处理。
- c) 应支持根据节点标识将同1份数据的不同物理副本切分到不同的物理节点上。
- d) 宜支持在数据存储节点故障后进行快速自检与恢复。
- e) 宜支持对数据的局部或全局进行加密。
- f) 宜支持针对误操作的数据快速恢复功能。
- g) 宜支持压缩存储技术。

6.5 管理模块

管理模块负责协调分布式时钟和维护元数据，并提供数据库参数配置和运行监控接口，具体要求如下：

- a) 应提供负载均衡和资源隔离功能，确保分布式事务数据库提供稳定服务。
- b) 应具备角色权限管理、加密防护机制和审计能力。
- c) 应具备数据库节点选主、全局事务管理、节点间数据迁移能力。
- d) 应提供分布式事务数据库集群节点的参数配置、运行状态监控、性能数据采集等集群状态监控与配置功能。

7 功能特性

7.1 功能架构概述

分布式事务数据库应采用计算与存储分离、计算分布式和存储分布式的技术架构，以通用软硬件为基础平台，实现数据安全、系统高可用、数据分片存储、数据容量和性能水平可扩展、事务一致性等功能。应用于金融领域的分布式事务数据库功能框架见图 2。

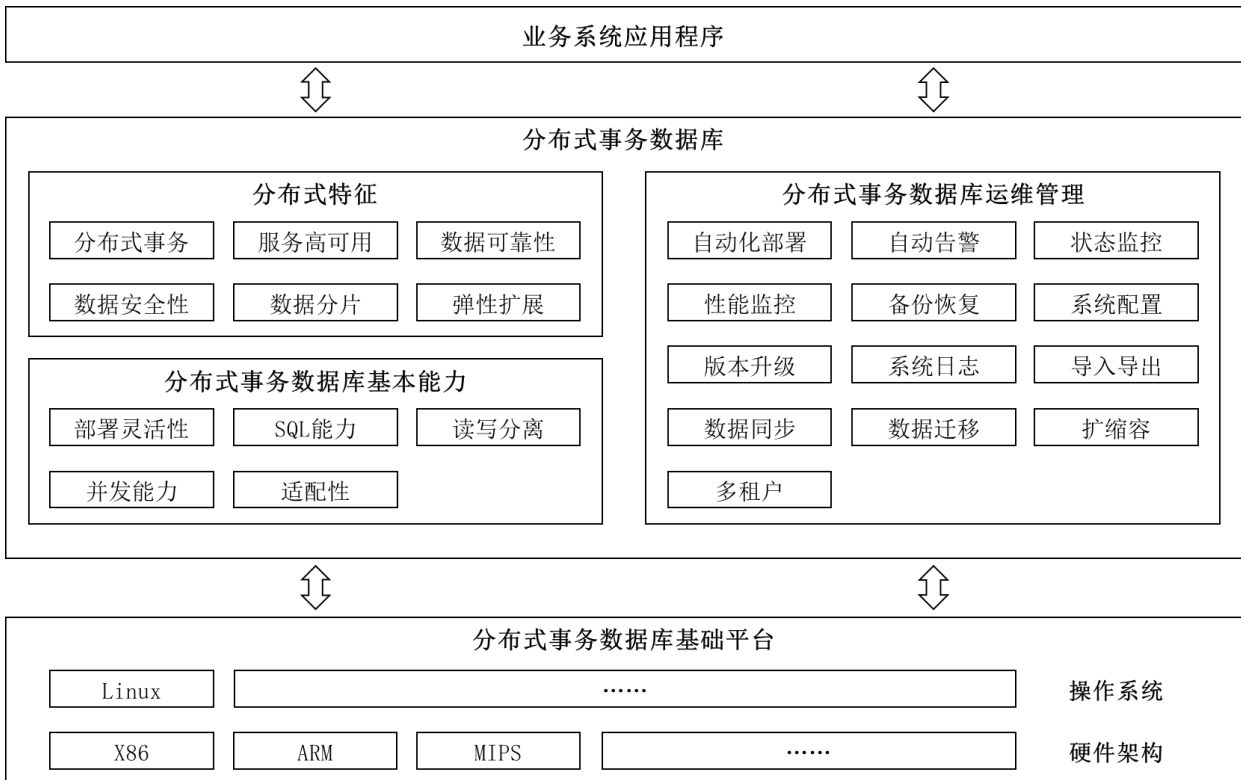


图 2 分布式事务数据库功能示意图

7.2 基本功能

7.2.1 部署灵活性

应具备灵活的部署方式，本地部署和云部署方式应至少支持 1 种。

- a) 本地部署：分布式事务数据库部署采用多台物理机来充当管理节点、计算节点和数据存储节点，在部署过程中应满足以下要求：
 - 应具备从单节点发起自动在多个服务器上完成数据库部署的能力。
 - 应提供统一的软件组件可视化安装管理向导。
 - 应记录安装日志，并提供安装记录和问题排查方式。
- b) 云部署：基于云平台构建和部署分布式事务数据库，云平台将根据用户需求自动分配存储和计算资源，云上自行部署分布式事务数据库应满足以下要求：
 - 应具备云上灵活部署的能力，可执行自动安装部署，或支持在云平台提供的裸金属服务器、虚拟机上进行安装和部署。
 - 应提供统一的软件组件可视化安装管理向导。
 - 应具备安装日志，提供安装记录和问题排查方式。

7.2.2 SQL 能力

应用于金融领域的分布式事务数据库应具备 SQL 能力，具体要求如下：

- a) 应支持分布式事务，满足ACID特性。
- b) 应支持长整型、十进制等数值类型，支持字符串类型、二进制字符串类型、日期/时间类型，宜支持Interval类型、布尔类型、大对象类型、自定义类型、枚举、集合等数据类型。
- c) 应支持数值运算、逻辑运算、比较运算、字符串拼接（类型强制转换）等操作符。
- d) 应支持常用数字类型函数、字符函数、日期/时间函数、聚合函数、类型转换函数、空值处理函数，宜支持正则表达式、安全函数、窗口分析函数等常用函数。
- e) 应支持对比条件、逻辑条件、空值条件、符合条件、模式匹配条件、区间条件、适合条件、存在条件等常用条件表达式。
- f) 应支持主键、全局唯一性等键值约束。
- g) 应支持表分区；应支持分区本地索引，宜支持分区全局索引和分布式全局索引。
- h) 应支持查询视图。
- i) 应支持UTF-8、GBK编码，宜支持GB18030、UTF8MB4等其他字符集编码。
- j) 应支持自增序列，宜支持全局唯一的自增序列。
- k) 应支持执行计划的展示功能。
- l) 应支持跨多存储节点的连接查询、子查询、集合查询等复杂SQL查询。
- m) 应支持数据库逻辑存储结构定义，如表空间定义等。
- n) 应支持数据分页查询。
- o) 宜支持存储过程的具体要求如下：
 - 宜支持存储过程的创建、修改和删除。
 - 宜支持存储过程变量定义。
 - 宜支持存储过程流程控制语句。
 - 宜支持存储过程条件判断语句。
 - 宜支持存储过程循环语句。
- p) 宜支持函数索引。
- q) 宜支持模式管理。
- r) 宜支持误删、误改数据的快速恢复。

- s) 宜支持物化视图。
- t) 宜支持动态系统视图。
- u) 宜支持自定义函数的具体要求如下：
 - 宜支持 JAVA、C、Python 自定义函数扩展功能。
 - 宜支持过程语言方式的自定义函数。
- v) 宜支持时区设置。
- w) 宜支持临时表。
- x) 宜支持公共表达式。

7.2.3 读写分离

分布式事务数据库应提供充分的读扩展能力，以支持业务在架构层面进行读写分离优化。在业务允许对数据进行弱一致性读（即读取操作须满足全局一致性读要求，但不保证读到最新数据）的前提下，基于业务需求应支持读写分离策略，具体要求如下：

- a) 分布式事务数据库应提供多副本读能力，并支持读请求在各个数据副本之间的均衡负载。
- b) 分布式事务数据库应支持自动剔除数据不一致或数据同步延迟超过业务指定阈值的数据副本，并在其恢复后支持将其自动加回到读请求路由。
- c) 数据库应实现读请求在各个数据副本之间的灵活调度配置，使得上层应用不必关心读请求具体连接哪个数据副本。
- d) 读写分离功能应对应用透明。

7.2.4 并发处理能力

分布式事务数据库应提供并发处理能力，具体要求如下：

- a) 应根据业务对用户并发数、吞吐量、响应时间的指标要求，保证系统能够同时处理多条请求，具体要求如下：
 - 应支持并发分布式事务。
 - 应支持并发复杂查询语句。
 - 应支持并发连接数配置。
 - 宜具备分布式相关的查询优化和执行能力。
- b) 应具备对各种数据库操作的并行计算能力，包括但不限于跨数据分片的DDL、DML和查询等，以充分利用所有节点的计算能力和存储能力，并控制降低网络数据带宽传输需求。
- c) 分布式事务数据库并行计算功能宜具备可以控制语句并行度的能力，如通过调整SQL语句或者会话的并行参数来实现。

7.2.5 适配性

分布式事务数据库应具备适配性，具体要求如下：

a) 软件适配性：

分布式事务数据库软件的兼容性是衡量生态的 1 个重要指标，分布式事务数据库系统涉及多个方面的软件兼容性，如操作系统等，具体要求如下：

- 应兼容主流 Linux 操作系统。
- 应不限制主流编程语言，包括但不限于：c/c++，java，go，python，php。
- 应兼容主流编程语言访问接口，如 JDBC、ODBC 等。
- 应兼容至少 1 种开源数据库协议（如 MySQL、PostgreSQL、SparkSQL 等）。

b) 硬件适配性：

分布式事务数据库系统作为重要的基础软件，应适配至少 2 种硬件平台以适应不同的生产业务需求，

如 X86、ARM、MIPS 等架构。

7.3 分布式特性

7.3.1 分布式事务

分布式事务数据库应支持分布式事务，具体要求如下：

- a) 分布式事务能力概述，具体要求如下：
 - 在分布式事务数据库中，1 个分布式事务操作的数据会跨越多个数据存储节点，应通过分布式事务的 ACID，确保事务的全局一致性。
 - 在分布式事务数据库中，即使发生个别节点故障、网络故障等异常，也不应破坏分布式事务的各种特性。
- b) 分布式事务原子性：在分布式事务数据库中，1 个分布式事务操作涉及的数据可能会跨越多个数据存储节点，数据库应确保数据的修改在全局范围内保持原子性，具体要求如下：
 - 事务结束时，所有的数据应在指定的数据存储节点上全部修改成功，或应在指定的数据存储节点上全部修改失败并回退到最初状态，不应出现部分数据修改成功而部分修改失败的情况。
 - 如果分布式事务在处理的过程中遇到异常，如某个或多个数据存储节点所在的物理服务器机械故障、网络故障等，数据库仍应保证事务的原子性不被破坏，以保证数据对外部业务的一致性。
- c) 分布式事务一致性：在分布式事务数据库中，当读取的数据跨越多个节点时，应确保从多个节点上读取到的数据在全局范围内具备一致性，具体要求如下：
 - 事务应满足全局实时一致性，已完成提交的事务中的数据，在任意时刻，都能被随后的读取操作访问到最新的数据。
 - 在同 1 个事务内提交的数据，应全部能被读到，或全部读不到，不应出现部分数据能读到，部分数据读不到的情况。
- d) 分布式事务隔离性：事务隔离是数据库并发访问控制的基本要求，分布式事务数据库应提供多种事务隔离级别，并支持在数据库系统或者 SQL 语句中应用时，指定不同的隔离级别实现不同事务并发执行时的可见性效果。
- e) 分布式事务持久性：在分布式事务数据库中，事务完成和提交后，该事务对数据库的更改应持久化保存在数据库中，并不会无故丢失或回滚，即使数据库系统发生故障或重启，数据库应能恢复到事务成功结束时的状态。
- f) 隔离级别：决定了当前分布式事务数据库事务完整性及对其他事务的可见性，相关隔离级别的设定是为了解决并发事务执行过程中存在的脏读、不可重复读、幻读等问题，保证分布式事务的 ACID 特性。分布式事务数据库应支持多种事务隔离级别，具体要求如下：
 - 已提交读（Read Committed）：1 个事务应读到事务开启之前所有其他已经提交事务的数据。
 - 可重复读（Repeatable Read）：1 个事务在开启和结束过程中的任意时间点所读到的都应是相同的数据结果。
 - 串行化（Serializable）：1 个可串行化的事务执行的结果，应等同于数据库系统中同一时间点仅仅执行这 1 个事务得到的结果。
- g) 锁处理：分布式事务数据库应具备分布式锁的管控能力，包括锁的类型管理、锁的级别管理、锁的互斥管理、死锁处理机制等。数据库中发生死锁事件时，数据库应自动采取措施解除死锁状态，尤其是在跨数据存储节点的分布式事务间发生死锁时，数据库应自动采取措施解除死锁状态。

7.3.2 服务高可用

应用于金融领域的分布式事务数据库服务高可用性应具备多层次的技术要求，以满足不同级别的故障高可用方案，具体要求如下：

- a) 技术架构上全链路的组件均需要高可用部署，包括管理节点、计算节点、数据存储节点等。
- b) 当数据库系统发生节点级故障时，RTO要求在秒级，应支持自动化方式切换，在多副本的使用场景下，应支持主副本的切换优先级按照本机房副本、同城副本、异地副本的优先级进行选择。
- c) 机房级、地域级高可用需求应符合JR/T 0205的相关要求。
- d) 应用于金融领域的分布式事务数据库还应满足节点扩容、数据动态分布等对服务的影响控制在秒级以内。

7.3.3 数据可靠性

结合分布式事务数据库一致性算法等数据冗余相关技术，实现分布式数据副本间的一致性，如同1个数据中心内数据库表对象及数据分散存储在多个物理服务器上的情况下，满足在线联机交易业务系统的读写一致性。具体要求应符合JR/T 0204和JR/T 0205的相关要求。

7.3.4 数据安全性

应用于金融领域的分布式事务数据库应保证数据安全性，具体要求应符合JR/T 0204的相关要求。

7.3.5 数据分片

分布式事务数据库的存储能力是指面向数据存储节点的数据分布能力，应支持多副本冗余，满足金融行业同城或异地部署高可用容灾要求，具备自动或手工容灾恢复能力，能做到对应用透明的数据分片，具体要求如下：

- a) 应支持自动数据分片，数据分片策略可灵活配置。
- b) 应支持通用数据分片策略，至少支持1种数据分片方式，如范围（Range）、列表（List）、哈希（Hash）等。

7.3.6 弹性扩展

分布式事务数据库应支持弹性扩展，具体要求如下：

- a) 水平扩展功能：分布式事务数据库应支持按照各自的负载压力进行计算节点、数据存储节点和管理节点的在线扩缩容能力，以匹配业务负载，具体要求如下：
 - 节点扩缩容：
 - 应保证上层应用的业务不需要停机维护；
 - 应保证事务的一致性和数据的完整性；
 - 应支持同一硬件架构、型号相同或不同的设备；
 - 宜支持不同硬件架构、不同型号的设备。
 - 数据重分布：
 - 应支持扩缩容后对当前数据存储节点上的数据按照新规划的数据分片数量和分片策略进行数据重新分布；
 - 应保证上层应用的业务不需要停机维护，并尽可能减少扩缩容动作所引起的应用波动；
 - 应支持数据重分布执行的时间定制。
- b) 垂直扩展功能：当应用遇到性能瓶颈时，分布式事务数据库应支持通过扩展单台服务器硬件资源的方式以满足业务需求。

8 运维管理

8.1 概述

金融领域分布式事务数据库的运维管理能力应包括自动化部署、自动告警、状态监控、性能监控、备份恢复、系统配置、版本升级、系统日志、导入导出、数据同步、数据迁移、扩缩容、多租户统一管理，具体要求如下：

- a) 应具备统一的图形化界面，提供API接口展示节点的组网关系，包括但不限于计算节点、数据存储节点、管理节点的高可用关系等。
- b) 应具备数据库的健康度评估能力，支持健康评估指标的自定义。
- c) 应支持SQL分析功能，从SQL语句、表、索引等维度进行风险扫描、SQL语法检查、SQL执行计划等分析。
- d) 宜支持SQL优化建议，如索引设计、SQL语法优化建议等。
- e) 宜支持历史快照采样，提供包含但不限于活动会话、数据库负载历史信息、SQL执行计划、执行次数、资源等待和统计信息等历史信息的查询。
- f) 宜支持分布式集群节点异常日志查询，方便定位集群问题。
- g) 宜支持内部调用链路跟踪、拨测、故障检测、故障自动隔离、熔断、服务降级、限流等参数配置和处置管理。

8.2 自动化部署

应用于金融领域的分布式事务数据库应具备从单一节点发起部署，自动在多个服务器上完成数据库部署的能力，具体要求如下：

- a) 应提供统一的可视化安装和软件组件管理的功能。
- b) 应提供添加、修改和删除各类分布式事务数据库节点的功能。
- c) 宜支持集群部署前的环境校验能力，提供合理的部署安装资源参考指标。

8.3 自动告警

应用于金融领域的分布式事务数据库应具备自动告警能力，具体要求如下：

- a) 应具备对系统运行的重要事件、异常事件、异常状态进行自动告警的能力，允许用户设置告警的监控项、告警阈值、其他告警触发条件等。
- b) 当告警发生时，应具备对告警信息进行实时展示的能力。
- c) 应提供告警API接口。

8.4 状态监控

应用于金融领域的分布式事务数据库应具备系统状态监控能力，具体要求如下：

- a) 应具备对系统状态进行实时监控的能力，包括物理服务器状态的监控、数据库服务状态的监控、节点间同步状态等。
- b) 应具备对系统状态监控结果进行实时可视化展示的能力。
- c) 应支持自定义设置监控采集数据资料库的保存时间。
- d) 应支持自动告警推送功能。

8.5 性能监控

应用于金融领域的分布式事务数据库的监控系统，监控整个分布式集群的性能状况及对所有监控指标进行可视化展示的能力，包括但不限于以下指标：

- a) CPU使用率。
- b) 内存使用率。
- c) 磁盘空间使用率。
- d) IO统计。
- e) 网络带宽使用率。
- f) 数据库集群状态。
- g) TPS和QPS统计。
- h) 慢SQL统计。
- i) SQL平均响应时间统计。
- j) 高频SQL统计。
- k) 锁、等待事件。
- l) 数据库会话连接监控。

8.6 备份恢复

应用于金融领域的分布式事务数据库应具备备份恢复能力，具体要求如下：

- a) 应具备在线备份和离线备份的能力。
- b) 应支持完全备份和增量备份功能。
- c) 应支持备份的自动化管理。
- d) 应支持自定义备份策略。
- e) 应支持快速恢复技术，建议支持快速解决由误操作产生的表级恢复问题。
- f) 应保证业务系统无阻塞情况下，分布式集群环境的全局强一致备份。
- g) 应支持使用备份和日志将数据库恢复到特定时间点的功能。
- h) 应支持物理备份与逻辑备份2种方式。
- i) 宜具备备份进度展示与日志记录。
- j) 宜支持压缩备份功能。
- k) 宜支持加解密的备份恢复功能。
- l) 备份恢复粒度宜支持实例级、库级和表级。
- m) 宜支持集群外服务器的恢复功能。

8.7 系统配置

应用于金融领域的分布式事务数据库应具备系统配置能力，具体要求如下：

- a) 应支持对全局范围内的数据库参数进行在线配置。
- b) 应支持安装部署初始化参数及默认值配置。

8.8 版本升级

应用于金融领域的分布式事务数据库版本升级包括新版本更新升级、缺陷补丁修复升级等，应根据应用的具体架构和需求，提供多种升级方式，不影响业务的正常运行，具体要求如下：

- a) 应支持自动化升级。
- b) 应支持滚动升级。
- c) 对于分布式数据库中所使用到的开源组件，分布式事务数据库厂商应具备版本更新维护的能力。
- d) 宜支持升级前环境检查。
- e) 宜支持升级过程可视化。
- f) 宜支持升级过程纠错和人工干预。

g) 产品应具备版本回退的方案。

8.9 系统日志

应用于金融领域的分布式事务数据库应具备系统日志能力，具体要求如下：

- a) 应支持对各类事件进行日志记录，日志应完整正确。
- b) 应支持日志的统一集中管理，具备在线查询入口，可以检索各个节点日志。

8.10 导入导出

应用于金融领域的分布式事务数据库应具备对数据导入导出的能力，具体要求如下：

- a) 应具备数据表级导入导出功能，宜支持库级导入导出功能。
- b) 宜具备导入导出字符集转换功能。
- c) 宜具备元数据和数据分别导入导出功能。
- d) 宜具备并行导入导出数据的能力。
- e) 宜支持CSV、XLSX、ET、TXT、LOG等多种数据导入导出文件格式。
- f) 宜具备文件的压缩、解压、加密、解密功能。
- g) 宜具备服务器端指定起始点的导入、异常点记录的功能。

8.11 数据同步

分布式事务数据库宜具备将数据库表对象及其数据在同构/异构的数据库集群之间进行数据同步的功能。

8.12 数据迁移

分布式事务数据库在使用过程中，经常需要与其他同构或异构数据库进行数据的传输，为保证数据能够正常流转，应具备以下功能：

- a) 应支持至少1种主流关系型数据库数据迁移。
- b) 宜具备数据迁移工具，或兼容第三方迁移工具。

8.13 扩缩容

8.13.1 扩容

分布式事务数据库可通过扩容的方式来提升存储容量和性能，扩容可分为计算节点扩容、数据存储节点扩容和管理节点扩容，扩容过程应满足运维功能要求，具体要求如下：

- a) 应具备支持扩容操作管理功能，可以自动完成计算节点或者数据存储节点的扩容。
- b) 应提供操作日志，可供问题排查和操作行为记录。
- c) 应支持数据存储节点扩容完成后，按照新的分片规则完成数据重分布。
- d) 应支持数据库扩容过程中可以正常读写。

8.13.2 缩容

分布式事务数据库可通过缩容的方式回收资源，缩容可分为计算节点缩容、数据存储节点缩容和管理节点缩容，缩容过程应满足运维功能要求，具体要求如下：

- a) 应具备支持缩容操作管理功能，可以自动完成计算节点或者数据存储节点的缩容。
- b) 应提供操作日志，可供问题排查和操作行为记录。
- c) 应支持数据存储节点缩容完成后，按照新的分片规则，完成数据重分布。
- d) 应支持数据库缩容过程中可以正常读写。

8.14 多租户

应用于金融领域的分布式事务数据库宜支持多租户能力，具体要求如下：

- a) 分布式事务数据库宜支持多租户，以帮助业务有效实现资源整合与调度。分布式事务数据库支持的多租户操作包括但不限于租户的创建、销毁、扩容、缩容、迁移、备份恢复、权限设置等，支持业务设置单个租户的规格超越单台物理机限制。
 - b) 分布式事务数据库宜支持基于多租户的资源隔离，以降低业务部署的风险和成本，包括但不限于CPU隔离、内存隔离、网络隔离、I/O隔离等。
 - c) 宜支持专属集群模式，针对重要租户对应的数据库实例可以部署到指定的专属服务器资源池中。
-