

万里安全数据库软件【GreatDB】技术白皮书



GreatDB
万里数据库

北京万里开源软件有限公司

【2025. 02】

Copyright © 2023, GreatDB Software Co., Ltd. All Rights Reserved.

版权所有北京万里开源软件有限公司保留所有权利

目 录

1. 文档概述	1
1.1 文档使用范围	1
1.2 术语词汇和名词释义	1
2. 产品简介	2
2.1 产品定位	2
2.2 产品特点	3
2.3 产品资质	3
2.4 获奖记录	4
3. 体系结构	5
4. 功能介绍	6
4.1 基础功能	6
4.1.1 数据类型	7
4.1.2 函数功能	8
4.1.3 索引机制	10
4.1.4 存储过程	11
4.1.5 触发器	11
4.1.6 视图	11
4.1.7 执行计划	11
4.1.8 约束	11
4.1.9 分区	11
4.1.10 序列	12
4.1.11 SQL 语法	12
4.1.11 SQL 语句	12
4.1.12 字符集	13
4.1.12 日志	13
4.1.13 存储引擎	13
4.2 高级功能	15
4.2.1 金融级高可用架构	15
4.2.2 多机房节点地理标签	19
4.2.3 支持仲裁节点	19
4.2.4 支持 HTAP 特性	19
4.2.5 云化部署支持	19
4.2.6 Oracle 兼容	20
4.2.6 支持在线 DDL	20
4.2.7 支持非阻塞式 DDL	22
4.2.8 支持 AWR 和 ASH	22
4.3 性能优化及稳定性提升	22
4.4 金融级企业安全性	23
4.5 备份恢复	24
4.6 数据库管理功能	25
5. 部署环境和生态适配	25
5.1 部署环境	26
5.2 软硬件平台适配列表	27
5.2.1 完善的生态体系支撑	27
5.2.2 应用软件兼容适配列表	30
5.2.3 开源 MySQL 生态的无缝集成	33
6. 应用场景	34
6.1 金融行业	34

6.1.1 项目背景	34
6.1.2 项目价值和意义	34
6.2 国有企业	35
6.2.1 项目背景	35
6.2.2 项目价值和意义	35
6.3 电信运营商	36
6.3.1 项目背景	36
6.3.2 项目价值和意义	36
7. 公司简介	37
8. 版权声明	37
8.1 法律声明	37
8.2 商标声明	38
8.3 服务声明	38

1. 文档概述

1.1 文档使用范围

本文档主要介绍北京万里开源软件有限公司（下面简称“**万里数据库**”）万里安全数据库 GreatDB（下面简称“**GreatDB**”）的市场定位、产品特点、适用场景等内容，帮助用户从产品的体系架构、工作原理、产品功能和应用场景上全面了解本产品。

本文档适合初次接触本产品的用户，用于指导用户从宏观上对 GreatDB 建立初步的了解和认识。

1.2 术语词汇和名词释义

对象名称	名称介绍	备注说明
ACID	Atomicity、Consistency、Isolation、Durability	ACID，指数据库事务正确执行的四个基本要素的缩写。包含：原子性（Atomicity）、一致性（Consistency）、隔离性（Isolation）、持久性（Durability）。
OLTP	On-Line Transaction Processing	在线事务处理，一种用于管理企业日常运营中发生的交易数据的数据库技术。它旨在处理大量的标准化事务，这些事务通常是简单、重复的，并且需要快速响应和高可用性。
OLAP	On-Line Analytical Processing	联机分析处理，一种专门为复杂分析查询设计的数据处理技术。它允许用户从多个维度（如时间、地点、产品等）对大量数据进行快速、灵活的访问和分析，以便于进行数据挖掘、趋势分析和决策支持。
HTAP	Hybrid Transactional/Analytical Processing	混合事务/分析处理，一种新兴的数据处理方式，旨在通过在同一数据库系统中同时支持事务处理（OLTP）和分析处理（OLAP）来简化数据处理流程。
Partition	表分区	表分区，决定数据分布的策略，常用的表分区算法有 HASH、RANGE、LIST、KEY、及组合方式等。
MVCC	Multi-Version Concurrency Control	多版本并发控制(Multi-Version Concurrency Control)，是数据库管理系统常用的一种并发控制。 MVCC 意图解决读写锁造成的多个、长时间的读操作阻塞写操作的问题。每个事务读到的数据项都是一个历史快照，并依赖于实现的隔离级别。写操作不覆盖已有数据项，而是创建一个新的版本，直至所在操作提交时才变为可见。快照隔离使得事务看到它启动时的数据状态。
VIP	Virtual IP	Virtual IP 虚拟 IP 地址。是一个逻辑上的 IP 地址，它不代表任何特定的网络接口或硬件设

		备，而是用于访问一个或多个服务器的虚拟地址，一般用于网络访问时的负载均衡、故障转移、和屏蔽后端高可用切换场景。
Plugin	功能插件 (Plugin)	计算机编程和软件工程中，插件 (Plugin) 或扩展 (Extension) 是一种特殊的类型软件，它可以被添加到一个已存在的软件应用中，以增加特定的功能或特性。
Router	GreatDBRouter	本文特指万里数据库的高可靠中间件 GreatDBRouter。其功能主要支持 SQL 路由转发、高可用的读写分离、多点业务接入等功能。
ADM	GreatADM	本文特指万里数据库一体化数据库管理平台 GreatADM。GreatADM 支持单机、集中式架构、分布式数据、多机房容灾方案的部署、扩缩管理、监控告警、日常巡检分析、SQL 性能分析、SQL 开发审核等功能的综合性数据库管理平台。
DTS	GreatDTS	本文特指万里数据库迁移同步工具 GreatDTS。主要支持 Oracle、MySQL、MariaDB、GreatDB 等数据库双向迁移，异构迁移的兼容性评估、数据全量和增量同步、数据比对校验等功能。
Paxos	Paxos 协议	基于消息传递且具有高度容错特性的一致性算法，用于实现数据的强一致性。
MS	Master-Slave	通常所指数据库的主从复制关系，一般是指 MySQL 或 GreatDB 主从复制。
TPC-H	Transaction Processing Performance Council	TPC-H 是业界常用的一套基准，由 TPC 委员会制定发布，用于评测数据库的分析型查询能力。TPC-H 查询包含 8 张数据表、22 条复杂的 SQL 查询，大多数查询包含若干表 Join、子查询和 Group by 聚合等。 SF100, TPC-H 中使用 SF (Scale Factor) 来表示数据量规模，SF 1 约对应 1 GB 数据量，SF100 约对应 100GB 数据量。

2. 产品简介

2.1 产品定位

GreatDB 是一款由万里数据库自主研发的安全、可控、企业级关系型数据库产品，支持多种灵活稳定的金融级高可用方案；提供完备的事务支持，能适用于要求苛刻的在线事务处理 (OLTP) 应用场景，同时具备轻量级实时数据分析处理 (OLAP) 能力；完全兼容 SQL92、SQL99、SQL2003 标准，支持 MySQL 全部语法，同时支持大部分常用 Oracle 语法；完全兼容 MySQL 协议；自带丰富的生态组件，支持多种 CPU 芯片架构和 Linux 系统；支持众多金融级安全功能特性。

GreatDB 具备稳定可靠、高性能、高安全、高兼容等特性，目前已经成功应用在金融、运营商、政企、能源等众多行业。

2.2 产品特点

GreatDB 主要特点如下：

- 提供完整数据库基础服务，提高用户使用效率。

提供了完整的基础配套服务，包括支持高可用管理及 SQL 路由的数据库中间件 GreatDBRouter、一体化图形化管控平台 GreatADM、数据迁移同步工具 GreatDTS，并提供 Kubernetes、容器等云化方案，帮助客户快速实现数据库管理和使用的一站式服务。

- 自主可控，安全稳定。

完全自主研发，源代码全掌握，支持多项企业级安全特性；已在金融、运营商、电力等多个行业成功商用，运行稳定、安全、可靠。

- 高兼容性，低迁移成本。

完全兼容 SQL92、SQL99、SQL2003 标准，支持 MySQL 所有语法，同时支持大部分常用 Oracle 语法，现有应用系统迁移改造成本极低。

- 系统可靠稳定，强一致性事务，金融级高可用。

GreatDB 支持 Paxos 数据强一致性协议，可采用无共享多副本架构，各节点间通过 Paxos 协议实现事务数据的强一致性，并支持跨机房数据同步，整体系统架构中没有单点故障风险，保证数据库系统的持续可用性，实现金融级高可用。

- 可扩展性，支持读写分离，提升读写效率。

利用高可靠中间件 GreatDBRouter 或 VIP Plugin，可实现数据库节点在线快速扩展或收缩，还可以根据业务负载情况及业务请求类型，实现读写分离及只读请求负载均衡，提高整体利用率。支持 IPv4 和 IPv6。

- 支持行列并存，轻松应对复杂业务需求挑战

支持行列并存，轻松应对高并发 OLTP 和 TB 级 OLAP 综合复杂业务需求挑战。

- 国产化支持，良好的上下游生态环境。

支持麒麟、统信等国产操作系统，支持鲲鹏、龙芯、飞腾、海光等国产主流芯片。具备良好的生态链完整性，上下游产品可以无缝衔接，如 ogg、informatica、kettle。常用的 MySQL 第三方工具、编程语言、客户程序都可以实现和 GreatDB 无缝衔接交互。

2.3 产品资质

产品资质名称	颁发单位
--------	------

《信息技术 中文编码字符集》GB18030-2022 3 级	北京塞西认证有限责任公司
安全可靠产品测评 I 级	中国信息安全测评中心 国家保密科技测评中心
IT 产品信息安全认证证书 (EAL4+)	中国网络安全审查技术与认证中心
ITSS 信息技术服务标准运行维护服务能力成熟度 (三级)	中国电子工业标准化技术协会信息技术服务分会
CMMI 软件成熟度三级	国际信息系统审计协会 (ISACA)
数据库迁移工具基础能力专项测试证书	中国信息通信研究院、中国泰尔实验室
...	...

2.4 获奖记录

荣誉奖项名称	颁发单位
最佳信创企业奖	信创中国评审委员会
第五届 (2022) 数字金融创新大赛金融信创金奖	中国金融认证中心 (CFCA)、中国电子银行
2023 中国赛宝信息技术应用创新优秀解决方案	工业和信息化部电子第五研究所
全国信创产业生态创新大赛三等奖	北京信息化协会/全国信创产业生态创新大赛组委会
2020 中国国际金融展“金鼎奖”“年度优秀网信产品	中国国际金融银行技术暨设备展览会/中国国际金融服务展组委会
2021 年数据库最佳创新产品奖 (金 i 奖)	中国社会科学院信息化研究中心, eNet 研究院, 德本咨询
第二届“鼎信杯”优秀信创产品	四川省经济和信息化厅、江苏省工业和信息化厅、山东省工业和信息化厅、上海市经济和信息化委员会、深圳市工业和信息化局、中国电子工业标准化技术

荣誉奖项名称	颁发单位
	协会信息技术应用创新工作委员会
2021 年度“金松奖”最佳金融信创突破奖	金松奖组委会/移动支付网
2022 星河案例 数据库优秀案例	中国信息通信研究院云计算与大数据研究所
可信开源社区成熟度能力检验证书	中国泰尔实验室/中国信息通信研究院

3. 体系结构

GreatDB 秉承极致稳定、极致性能、极致易用的理念进行设计，支持主从复制、Paxos 组复制等多种集中式架构方案，可采用无共享多副本架构，各节点间通过 Paxos 协议实现事务数据的强一致性，并支持跨机房数据同步，整体系统架构中没有单点故障风险，保证数据库系统的持续可用性，实现金融级高可用。

GreatDB 总体逻辑架构概览如下图所示：



GreatDB 产品整体架构主要分为三个部分，简述如下：

○ 连接层

连接层提供稳定可靠的路由转发功能，负责解析调度客户端请求，区分读写分离需求，发送给存储层数据库节点，得到存储层数据库节点返回的结果集后，再返回给客户端。

连接层同时负责服务高可用保障，管理节点调度、扩容与缩容，还负责节点拓扑状态的维护、调整与故障处理。

连接层包含一个或多个节点，任何一个节点看到的数据库集群状态都是一样的。

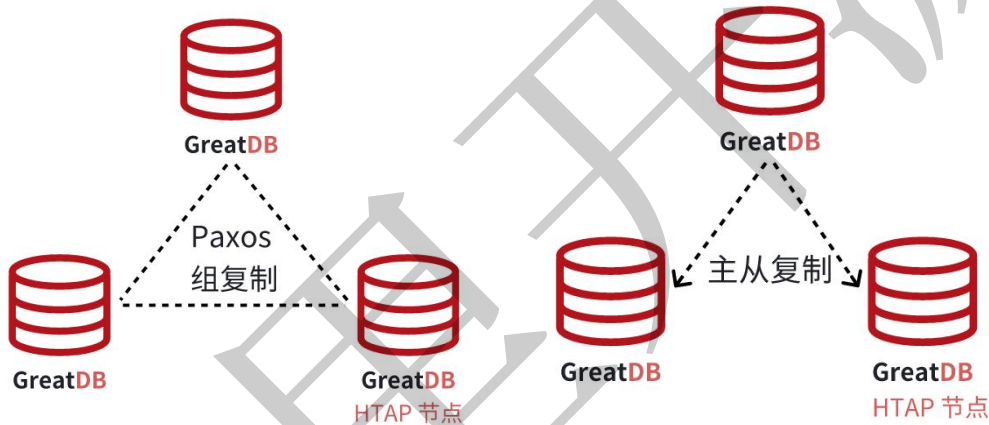
- 存储层

存储层负责提供实际业务数据的存储和访问服务，由多个数据库实例节点组成。

- 管控平台

一体化图形化管控平台，提供集中式数据库的部署、管理和监控等功能。支持单机、集中式架构、分布式数据架构、多机房容灾架构的安装、扩缩管理、监控告警配置、日常巡检分析、SQL 性能分析、SQL 开发审核等功能的综合性数据库管理平台。

其中，存储层的多个数据库节点，支持主从复制架构或 Paxos 组复制架构不同部署形态，如下图所示：



4. 功能介绍

GreatDB 是一款安全、可控、企业级关系型数据库产品，支持多种灵活稳定的金融级高可用方案；提供完备的事务支持，能适用于要求苛刻的在线事务处理（OLTP）应用场景，同时具备轻量级实时数据分析处理（OLAP）能力；完全兼容 SQL92、SQL99、SQL2003 标准，支持 MySQL 全部语法，同时支持大部分常用 Oracle 语法；完全兼容 MySQL 协议；自带丰富的生态组件，支持多种 CPU 芯片架构和 Linux 系统；支持众多金融级安全功能特性。

GreatDB 具备稳定可靠、高性能、高安全、高兼容等特性。

4.1 基础功能

GreatDB 完全兼容 SQL92、SQL99、SQL2003 标准，支持 MySQL 全部语法，同时支持大部分常用 Oracle 语法。除了通用语法外，GreatDB 还支持一些扩展语法，主

要有以下几类：

- 建表语法扩展，例如支持 Rapid 辅助引擎建表语法。
- SQL 命令语法扩展，例如支持 Rapid 引擎、并行 LOAD DATA、Oracle 兼容语法等。
- Oracle 兼容语法扩展。GreatDB 为了更好兼容 Oracle 语法，除了在原生语法上进行扩展，还增加 Oracle SQL 模式以实现部分同名语法、函数的覆盖使用。

GreatDB 语法兼容性非常灵活易用，对业务开发者而言，大部分语法几乎是透明的，这使得业务系统从其他数据库迁移至 GreatDB 的成本极低，极大降低了开发工作量和项目实施风险。

4.1.1 数据类型

GreatDB 拥有完善的数据类型管理体系，内置了日常应用中所能涉及的多种数据类型，完全可以满足企业数据管理的需求。除了常用的基本数据类型，GreatDB 还支持多种非关系数据类型，如导入导出 CSV、TSV、TXT 等格式的数据。此外，GreatDB 还支持自定义类型，如记录类型、对象类型、数组类型和嵌套表类型，为用户提供更大的灵活性。

内置的数据类型包括：

- 数值类型：

TINYINT、SMALLINT、MEDIUMINT、INT | INTEGER、BIGINT、DECIMAL、DEC、FIXED、NUMERIC、FLOAT、DOUBLE、DOUBLE PRECISION、REAL、BIT。整数或浮点类型列可以附加属性 AUTO_INCREMENT 来创建自增字段，方便处理自增长的数据需求。

- 日期和时间类型：

DATE、DATETIME、TIMESTAMP、TIME、YEAR。这些类型支持高精度的时间戳记录，适用于各种时间管理和查询的应用场景。

- 字符串及大对象类型：

CHAR、VARCHAR、TEXT、TINYTEXT、MEDIUMTEXT、LONGTEXT、BLOB、TINYBLOB、MEDIUMBLOB、LONGBLOB。这些类型适合存储不同长度与格式的文本和二进制数据，支持高效的数据存储与检索。

- 二进制字符串类型：

BINARY、VARBINARY。这些类型用于存储原始数据或二进制文件，能够满足对数据保真度的高要求。

- 布尔类型：

BOOL、BOOLEAN。这些类型用于存储逻辑值，常用于条件判断与状态表示。

- 枚举和集合类型：

ENUM、SET。允许定义一组预定义值，适用于具有有限选项的数据，方便数据的管理与约束。

- 地理数据类型：

GEOMETRY、POINT、LINESTRING、POLYGON、MULTIPOINT、MULTILINESTRING、MULTIPOLYGON、GEOMETRYCOLLECTION。GreatDB 支持地理信息系统（GIS）相关的数据类型，适合处理与空间相关的复杂数据，如地图和位置分析。

- JSON 类型：

支持原生 JSON 数据类型，允许高效存储和操作 JSON 格式的数据，内置丰富的 JSON 函数可用于查询和处理，便于现代 Web 和 API 的应用。

非关系数据类型：

GreatDB 支持多种非关系数据类型，能够灵活处理不同数据格式，具体包括：

- XML 类型：支持存储和查询 XML 格式的数据，适合需要处理结构化文档的应用场景。
- CSV、TSV 和 TXT 类型：支持导入和导出这些常见格式的数据，简化了数据交换和文件处理的过程，适用于与其他系统的数据集成。

自定义类型：

GreatDB 允许用户定义多种自定义数据类型，以适应复杂的数据需求，具体包括：

- 记录类型：用户可以创建复合类型以存储具有多种属性的记录，方便数据的管理和操作。
- 对象类型：允许定义和存储包含属性和方法的对象，为复杂应用提供支持。
- 数组类型：支持在单个列中存储多个值的集合，使数据结构更加灵活。
- 嵌套表类型：允许在一个表中存储另一个表的结构，适合表示层次关系的数据。

4.1.2 函数功能

GreatDB 支持函数包括控制流函数、数学/数值函数、时间日期函数、字符串函数、数据类型转换函数等。另外还提供了一些专用于 GreatDB 的非 SQL 标准函数。

- 控制流函数：CASE ， IF() ， IFNULL() ， NULLIF() 等。
- 数学/数值函数：ABS() ， ACOS() ， ASIN() ， ATAN() ， ATAN2() ， CEIL() ， CEILING() ， CONV() ， COS() ， COT() ， CRC32() ， DEGREES() ， EXP() ， FLOOR() ， LN() ， LOG() ， LOG10() ， LOG2() ， MOD() ， PI() ， POW() ， POWER() ， RADIANS() ， RAND() ， ROUND() ， SIGN() ， SIN() ， SQRT() ，

TAN() , TRUNCATE() 等。

- 时间日期函数: ADDDATE() , ADDTIME() , CONVERT_TZ() , CURDATE() , CURRENT_DATE() , CURRENT_TIME() , CURRENT_TIMESTAMP() , CURTIME() , DATE() , DATE_ADD() , DATE_FORMAT() , DATE_SUB() , DATEDIFF() , DAY() , DAYNAME() , DAYOFMONTH() , DAYOFWEEK() , DAYOFYEAR() , EXTRACT() , FROM_DAYS() , FROM_UNIXTIME() , GET_FORMAT() , HOUR() , LAST_DAY() , LOCALTIME() , LOCALTIMESTAMP , MAKEDATE() , MAKETIME() , MICROSECOND() , MINUTE() , MONTH() , MONTHNAME() , NOW() , PERIOD_ADD() , PERIOD_DIFF() , QUARTER() , SEC_TO_TIME() , SECOND() , STR_TO_DATE() , SUBDATE() , SUBTIME() , SYSDATE() , TIME() , TIME_FORMAT() , TIME_TO_SEC() , TIMEDIFF() , TIMESTAMP() , TIMESTAMPADD() , TIMESTAMPDIFF() , TO_DAYS() , TO_SECONDS() , UNIX_TIMESTAMP() , UTC_DATE() , UTC_TIME() , UTC_TIMESTAMP() , WEEK() , WEEKDAY() , WEEKOFYEAR() , YEAR() , YEARWEEK() 等。

- 字符串函数: ASCII() , BIN() , BIT_LENGTH() , CHAR() , CHAR_LENGTH() , CHARACTER_LENGTH() , CONCAT() , CONCAT_WS() , ELT() , EXPORT_SET() , FIELD() , FIND_IN_SET() , FORMAT() , FROM_BASE64() , HEX() , INSERT() , INSTR() , LCASE() , LEFT() , LENGTH() , LOAD_FILE() , LOCATE() , LOWER() , LPAD() , LTRIM() , MAKE_SET() , MATCH , MID() , OCT() , OCTET_LENGTH() , ORD() , POSITION() , QUOTE() , REPEAT() , REPLACE() , REVERSE() , RIGHT() , RPAD() , RTRIM() , SOUNDEX() , SOUNDS LIKE , SPACE() , SUBSTR() , SUBSTRING() , SUBSTRING_INDEX() , TO_BASE64() , TRIM() , UCASE() , UNHEX() , UPPER() , WEIGHT_STRING() 等。

- 字符串比较函数和操作符: LIKE , NOT LIKE , STRCMP()

- 正则表达式: NOT REGEXP , REGEXP , REGEXP_INSTR() , REGEXP_LIKE() , REGEXP_REPLACE() , REGEXP_SUBSTR() , RLIKE

- 数据类型转换函数: BINARY() , CAST() , CONVERT() 等。

- 位运算函数: BIT_COUNT() 。

- 聚集函数: AVG() , BIT_AND() , BIT_OR() , BIT_XOR() , COUNT() , COUNT(D , GROUP_CONCAT() , JSON_ARRAYAGG() , JSON_OBJECTAGG() , MAX() , MIN() , STD() , STDDEV() , STDDEV_POP() , STDDEV_SAMP() , SUM() , VAR_POP() , VAR_SAMP() , VARIANCE() 等。

- 窗口分析函数: CUME_DIST() , DENSE_RANK() , FIRST_VALUE() , LAG() , LAST_VALUE() , LEAD() , NTH_VALUE() , NTILE() , PERCENT_RANK() , RANK() , ROW_NUMBER() 等。

- 加解密函数: AES_DECRYPT() , AES_ENCRYPT() , COMPRESS() , MD5() , RANDOM_BYTES() , SHA1() , SHA2() , STATEMENT_DIGEST() ,

STATEMENT_DIGEST_TEXT() , UNCOMPRESS() , UNCOMPRESSED_LENGTH() ,
VALIDATE_PASSWORD_STRENGTH() 等。

- 锁函数: GET_LOCK() , IS_FREE_LOCK() , IS_USED_LOCK() ,
RELEASE_ALL_LOCKS() , RELEASE_LOCK() 等。
- 系统信息函数: BENCHMARK() , CHARSET() , COERCIBILITY() ,
COLLATION() , CONNECTION_ID() , CURRENT_ROLE() , CURRENT_USER() ,
DATABASE() , FOUND_ROWS() , ICU_VERSION() , LAST_INSERT_ID() ,
ROLES_GRAPHML() , ROW_COUNT() , SCHEMA() , SESSION_USER() ,
SYSTEM_USER() , USER() , VERSION() 等。
- 复制相关函数: GROUP_REPLICATION_DISABLE_MEMBER_ACTION() ,
GROUP_REPLICATION_ENABLE_MEMBER_ACTION() ,
GROUP_REPLICATION_GET_COMMUNICATION_PROTOCOL() , GTID_SUBSET() ,
GTID_SUBTRACT() , MASTER_POS_WAIT() , SOURCE_POS_WAIT() ,
WAIT_FOR_EXECUTED_GTID_SET() , WAIT_UNTIL_SQL_THREAD_AFTER_GTIDS() 等。
- PERFORMANCE_SCHEMA 函数: FORMAT_BYTES() , FORMAT_PICO_TIME() ,
PS_CURRENT_THREAD_ID() , PS_THREAD_ID() 等。
- JSON 函数: -> , ->> , JSON_ARRAY() , JSON_ARRAY_APPEND() ,
JSON_ARRAY_INSERT() , JSON_CONTAINS() , JSON_CONTAINS_PATH() ,
JSON_DEPTH() , JSON_EXTRACT() 等。
- 地理空间函数: GEOMCOLLECTION (g [, g] ...) , GEOMETRYCOLLECTION (g
[, g] ...) , POINT (x, y) , LINESTRING (pt [, pt] ...) , POLYGON
(ls [, ls] ...) , MULTILINESTRING (ls [, ls] ...) , MULTIPOINT (pt [,
pt2] ...) , MULTIPOLYGON (poly [, poly] ...) 等。
- 大对象处理函数: ELT() , INSTR() , LENGTH() , LOCATE() ,
SUBSTRING() , CONCAT() , REPLACE() , LOWER() , UPPER() , CAST() ,
SUBSTRING_INDEX() , TO_BASE64() , FROM_BASE64() , UNHEX() , HEX() 等。
- 其它辅助类函数: ANY_VALUE() , BIN_TO_UUID() , DEFAULT() ,
GROUPING() , INET_ATON() , INET_NTOA() , INET6_ATON() , INET6_NTOA() ,
IS_IPV4() , IS_IPV4_COMPAT() , IS_IPV4_MAPPED() , IS_IPV6() ,
IS_UUID() , MASTER_POS_WAIT() , NAME_CONST() , SLEEP() , UUID() ,
UUID_SHORT() , UUID_TO_BIN() , VALUES() 等。
- 非标量函数, 例如 GreatDB 中特有的基于规则的数据脱敏管理函数等。
- 用户自定义函数。

4.1.3 索引机制

GreatDB 在物理上支持 B+ 树、哈希等索引数据结构, 在逻辑上支持多种索引类

型包括：主键索引、唯一索引（唯一约束）、复合索引、部分索引、覆盖索引、聚集索引、非聚集索引、虚拟列索引、函数索引等。可以通过使用索引快速定位数据，提高查询性能。支持对同一数据库中不同名字的表对象创建相同名字索引。

4.1.4 存储过程

GreatDB 支持存储过程功能，包含过程（PROCEDURE）和函数（FUNCTION）、匿名块、包（PACKAGE）等用法。

4.1.5 触发器

GreatDB 提供完备的触发器功能，支持插入触发器、更新触发器、删除触发器等触发器类型。

- 支持 GreatDB 存储过程所支持的一切特性；
- 触发时间支持操作前触发（BEFORE）与操作后（AFTER）触发；
- 触发事件支持插入触发（INSERT），更新触发（UPDATE）与删除（DELETE）触发。
- 支持在一个表上创建多个触发器。

4.1.6 视图

GreatDB 支持创建视图、删除视图、修改视图等视图基本操作。

GreatDB 支持可更新视图。

GreatDB 支持物化视图。

4.1.7 执行计划

GreatDB 支持利用 EXPLAIN 查看执行计划。输出结果支持纯文本、JSON、树形（TREE）等不同格式，还支持 EXPLAIN ANALYZE，用来分析和理解查询如何执行。

4.1.8 约束

GreatDB 支持以下几种不同约束方式：

- 支持主键约束。
- 支持唯一约束。
- 支持非空约束。
- 支持表达式约束。

4.1.9 分区

GreatDB 支持以下不同表分区类型：

- RANGE 分区。
- LIST 分区。
- COLUMNS 分区。
- HASH 分区。
- KEY 分区。
- 子分区支持 HASH、KEY 两种类型。

4.1.10 序列

GreatDB 支持创建、修改和删除序列。

GreatDB 支持全局唯一自增序列。

4.1.11 SQL 语法

GreatDB 完全兼容 SQL92、SQL99、SQL2003 标准，支持 MySQL 全部语法，同时支持大部分常用 Oracle 语法。除了通用语法外，GreatDB 还支持一些扩展语法，详情参见“Oracle 兼容”。

4.1.11 SQL 语句

兼容 MySQL 的各类型 SQL 语句：

- DDL 语句(Data Definition Language)

CREATE、DROP、ALTER、RENAME、TRUNCATE ...

- DML 语句(Data Manipulation Language)

INSERT、REPLACE、SELECT、SELECT ... INTO、DELETE、UPDATE、SET、LOAD DATA ...

- DCL 语句(Data Control Language)

GRANT、REVOKE ...

- 赋值语句：SET @variable、SELECT @variable := 、SELECT ... INTO @variable

- PREPARE、EXECUTE 语句

- 其它语句

START TRANSACTION、BEGIN、COMMIT、ROLLBACK、SHOW、EXPLAIN、DECLARE CONDITION、DECLARE HANDLER、GET DIAGNOSTICS、SIGNAL、RESIGNAL

4.1.12 字符集

GreatDB 支持多种常用的字符集。

- Unicode 字符集: UTF8MB4, UTF8MB3, UTF8, UCS2, UTF16, UTF16LE, UTF32
- Asian 字符集: GB2312, GBK, GB18030, GB18030-2022, BIG5, CP932, EUCJPMS, EUCKR, SJIS, TIS620, UJIS
- West European 字符集: ASCII, CP850, DEC8, HP8, LATIN1
- Central European 字符集: CP1250, CP852, KEYBCS2, LATIN2, MACCE
- South European and Middle East 字符集: ARMSCII8, CP1256, GEOSTD8, GREEK, HEBREW, LATIN5

推荐使用 UTF8MB4 字符集以获得更好的兼容性。

4.1.12 日志

GreatDB 支持多种日志类型，包括错误日志、慢查询日志、二进制日志、中继日志、重做日志、撤销日志、通用日志和审计日志。通过这些日志，管理员可以有效监控和优化数据库性能。

- **错误日志 (Error Log)**：记录数据库启动、运行和停止期间的错误信息，帮助管理员排查问题。
- **慢查询日志 (Slow Query Log)**：专门记录执行时间超过设定阈值的查询，帮助优化性能。
- **二进制日志 (Binary Log)**：简称 Binlog，也叫作变更日志 (Update Log)，用于记录所有更改数据库状态的操作，支持数据恢复和主从复制功能。
- **中继日志 (Relay Log)**：是用于记录从主服务器接收到的二进制日志事件的文件，以便从服务器能够重放这些事件，保持与主服务器数据的一致性。
- **重做日志 (Redo Log)**：用于确保事务的持久性，记录已提交事务的修改，以便在系统崩溃后恢复数据。
- **撤销日志 (Undo Log)**：用于实现事务的回滚，记录未提交事务的修改，以便在需要时撤销这些操作。
- **通用日志 (General Log)**：记录所有执行的 SQL 语句，便于审计和调试。
- **审计日志 (Audit Log)**：则记录用户的操作活动，包括登录、查询和数据更改等，帮助进行安全审计和合规性检查。

4.1.13 存储引擎

GreatDB 数据库支持多种存储引擎，每种引擎的设计目标和适用场景都不同。以

下是一些常见的 GreatDB 存储引擎及其特点：

4.1.13.1 InnoDB

特点：支持事务、行级锁定、外键约束等。

适用场景：适合需要高并发、强一致性的数据处理场景，例如在线交易处理（OLTP）系统。

优点：数据安全、恢复能力强，支持多版本并发控制（MVCC）来减少死锁的可能性。

4.1.13.2 MyISAM

特点：不支持事务，使用表级锁定。

适用场景：适合读操作较多的应用场景，如数据仓库或分析系统。

优点：读速度快，存储结构简单，适合只读或以读为主的应用。

4.1.13.3 MEMORY

特点：数据存储在内存中，速度非常快，但数据在重启后会丢失。

适用场景：适用于需要高性能存储的临时数据，例如缓存或会话信息。

优点：极快的访问速度，零磁盘 I/O。

4.1.13.4 CSV

特点：将数据存储为文本文件，使用逗号分隔。

适用场景：适合需要将数据导入导出到其他工具的应用。

优点：数据简单、便于操作。

4.1.13.5 ARCHIVE

特点：用于存储大量的历史数据，支持高压缩比。

适用场景：适合日志文件、归档数据存储等。

优点：节省存储空间，不支持索引。

4.1.13.6 FEDERATED

特点：可以连接到远程数据库，仿佛是本地表一样使用。

适用场景：适合跨服务器的数据访问需求。

优点：无须在本地存储远程数据。

4.1.13.7 ndbcluster

特点：支持分布式数据库架构。

适用场景：适合需要高可用性和可扩展性的应用。

优点：良好的数据分布与负载均衡能力。

4.1.13.8 PERFORMANCE_SCHEMA

特点：Performance_Schema 用于收集服务器性能数据、SQL 查询的执行统计信息以及资源使用情况。

适用场景：适合需要深入分析数据库性能的开发和运维团队，尤其是在高负载环境中。

优点：

提供详细的性能统计信息，帮助开发者理解查询优化和服务器调优的需求。

可以追踪每个线程的执行情况，分析瓶颈和延迟，便于优化 SQL 语句和索引。

数据以结构化形式存储，可以通过 SQL 查询轻松访问和分析，支持高效的性能监控。

4.1.13.9 Rapid

特点：Rapid 是 GreatDB 支持的一种新型列存辅助引擎，专门用于快速处理高吞吐量和低延迟的工作负载，尤其在读取密集型应用中表现突出。

适用场景：适合需要快速分析和高吞吐量的 OLAP 应用场景，如数据仓库、实时数据分析、商业智能（BI）报表、数据挖掘和大规模数据集的分析。

优点：

快速：无共享、内存化、混合列式存储。

透明：用户无需修改原有的数据访问方式。

方便：Plugin 方式嵌入，可在线动态安装或卸载。

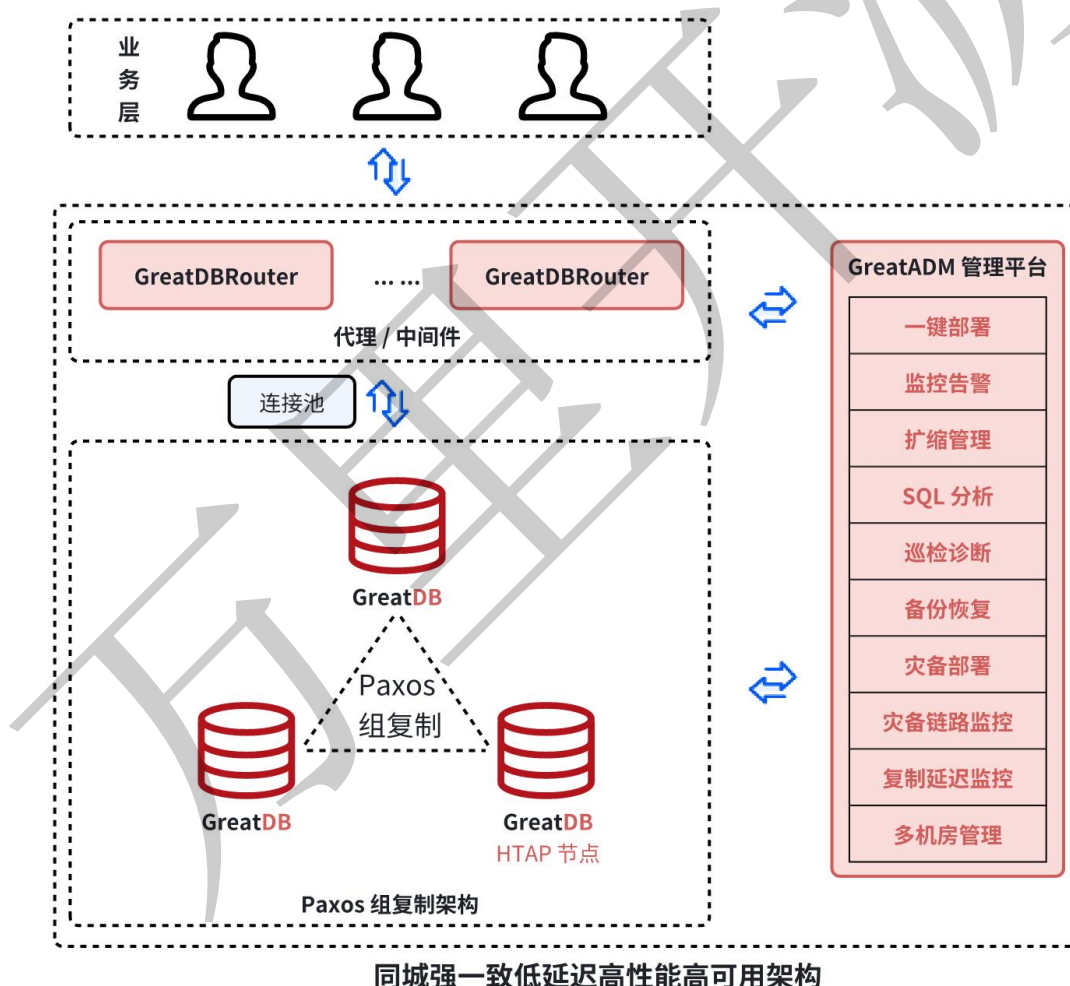
4.2 高级功能

4.2.1 金融级高可用架构

GreatDB 支持主从复制、Paxos 组复制等多种集中式架构方案，可采用无共享多副本架构，各节点间通过 Paxos 协议实现事务数据的强一致性，并支持跨机房数据同步，整体系统架构中没有单点故障风险，保证数据库系统的持续可用性，实现金融级高可用。

4.2.1.1 同城强一致低延迟高性能高可用架构

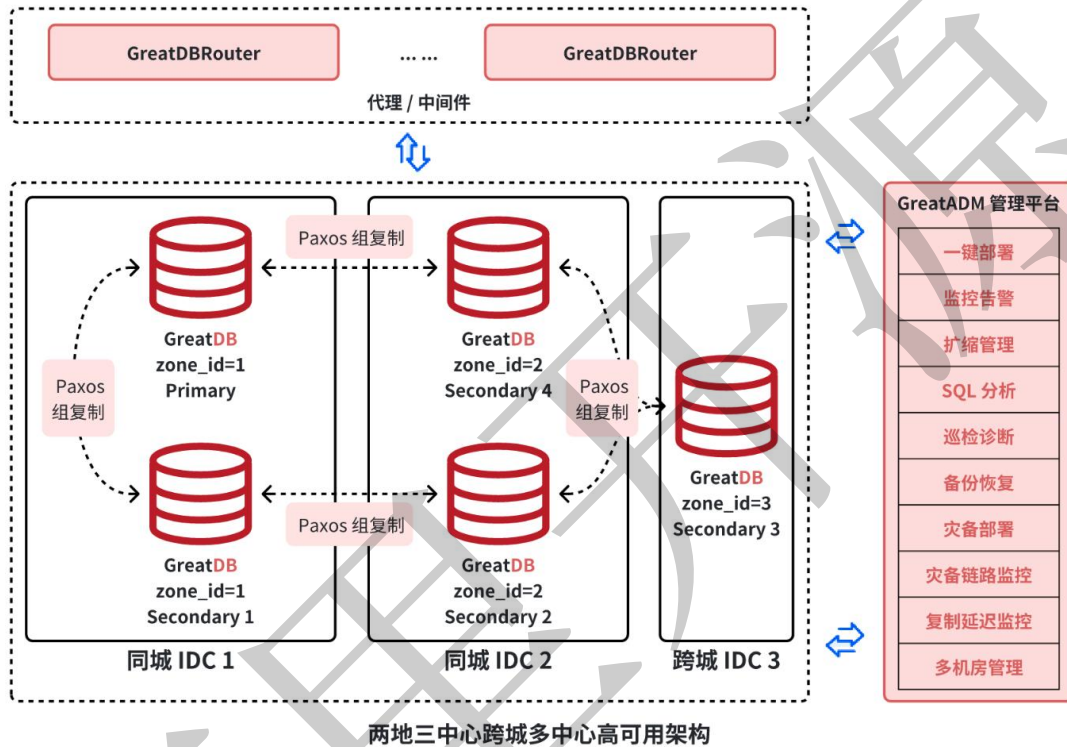
- 基于 GreatDBRouter + Paxos 组复制，强一致性，同城部署。
- GreatDBRouter 提供业务访问接入，并实现 SQL 路由转发、提供业务多机房的多点接入，实现多读多写。
- GreatDBRouter 同时提供整体高可用架构业务多点接入管理。
- 后端 GreatDB 数据库实例间基于 Paxos 协议实现事务数据的强一致性。
- 同城部署，后端 GreatDB 数据库实例间组复制延迟极低，性能有保障。
- 后端可选择专用 GreatDB 数据库实例部署 Rapid 引擎，整体实现 HTAP 架构。
- GreatADM 提供一站式管理。



4.2.1.2 两地三中心跨城多中心高可用架构

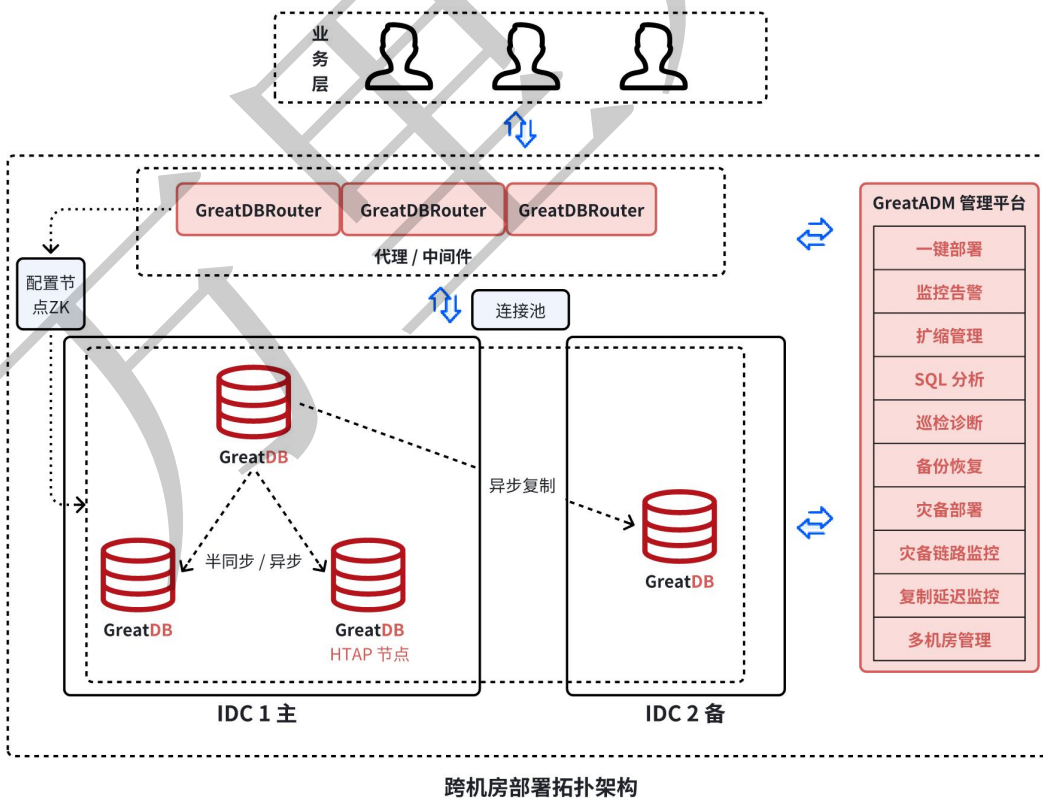
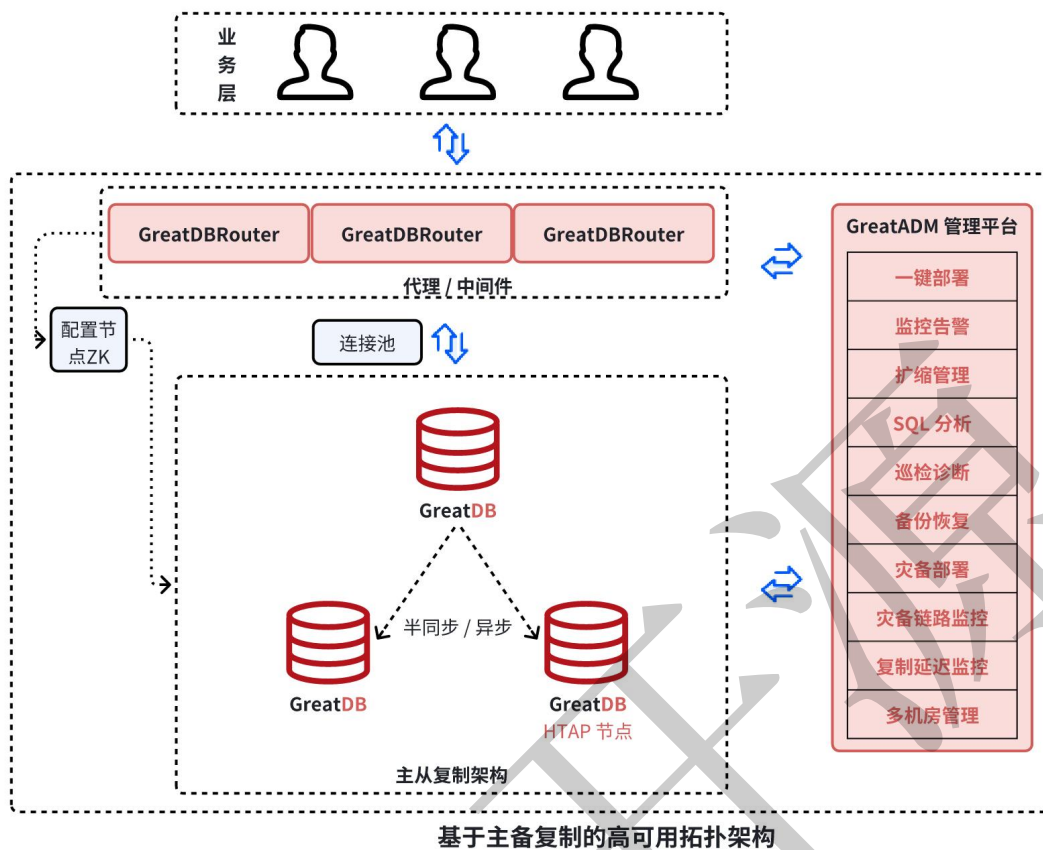
- 基于 GreatDBRouter + Paxos 组复制，强一致性，两地三中心，或多地多中心部署。

- 整体架构由跨城两地三中心五个节点构成，同城两个 IDC 各部署两个节点互为备，跨城 IDC 部署一个节点作为容灾备份。
- 每个节点都配置地理标签，每个 IDC 中至少有一个节点的事务数据总是最新的。
- 确保同城两个 IDC 任何一个故障时，都可以切换到另一个而不影响 Paxos 组复制一致性。
- 可以采用快速单主模式以保证 Paxos 组复制整体性能。



4.2.1.3 半同步/异步复制高性能高可用架构

- 基于 GreatDBRouter + Zookeeper + 主从复制，半同步/异步复制，同城或跨城部署。
- 基于传统主从异步复制或半同步复制方案，GreatDBRouter 提供 SQL 语句执行的故障重试，自动屏蔽故障节点和延迟过高的从节点；故障无缝切换，对应用完全透明；故障自动重新选主，并自动调整集群拓扑；故障节点恢复后，自动将其加入集群。
- 配置节点：该部分标准部署 3 个 ZK，用于存储数据库的元数据，管理后台调度任务，同步数据库集群状态，如数据库集群拓扑变更通知等；确保集群节点间元数据信息的一致性。确保高效地响应业务请求。
- 数据复制：1 主 2 从或多个从节点可以分别提供高可用备用，或者 HTAP 只读角色，并部署只读负载均衡，分摊主节点压力。还可以在同城 IDC 间采用半同步复制方案，对跨城 IDC 节点采用异步复制方案，兼顾方案整体可靠性和性能。



4.2.2 多机房节点地理标签

GreatDB 高可用架构中引入多机房节点地理标签功能，专为跨区域运营与多机房容灾设计，可以有效提升多机房架构数据可靠性。

在多机房（尤其是跨城多机房）高可用架构方案中，有可能因为网络质量出现部分机房数据延迟（一般网络容忍度同城 $\leq 3\text{ms}$ ，异地最大 $< 30\text{ms}$ ），甚至是整个机房发生故障而不可用的风险。利用多机房节点地理标签特性，可以确保每个区域中至少有一个数据库节点总是拥有最新事务数据，这就可以减少多机房部署时部分节点数据延迟较大的问题，或避免某个机房不可用时需要整体切换导致数据可能丢失的风险，具备金融级高可靠要求。

4.2.3 支持仲裁节点

GreatDB 中新增仲裁节点（投票节点）角色，使得可以用更低的服务器成本实现更高的可用性。

该节点仅参与 Paxos 组复制投票仲裁（不参与 Paxos 组复制事务认证），不存放实际数据（不需要存储所有用户表数据，只需要存储 GreatDB 系统表），也无需执行 DML 操作（不需要存储 Binlog，也不需要转储和应用 Relay Log），因此可以用一般配置级别的服务器，在保证 Paxos 组复制可靠性的同时还能降低服务器成本。

4.2.4 支持 HTAP 特性

GreatDB 支持行列并存方案，可轻松应对高并发 OLTP 和 TB 级 OLAP 综合复杂业务需求挑战。

GreatDB 针对 OLTP 事务进行了大量改进优化提升，包括线程池、NUMA 亲和性调度优化、事务无锁化优化等。

GreatDB 利用 Rapid 列存辅助引擎可以实现对 OLAP 业务需求场景的性能大幅提升，在 TPC-H SF100 测试中，总耗时仅需 40 秒，在 TPC-H SF1000 测试中，总耗时仅需 624 秒，且 TPC-H 数据压缩比约为 7.5 左右，整体性能表现优异。

总的来说，GreatDB 可以满足绝大多数的企业级的 HTAP 应用需求场景，既能及时处理高并发 OLTP 请求，也能满足 TB 级 OLAP 综合复杂业务需求，满足各种企业级应用场景，有效降低企业的数据库使用成本。

4.2.5 云化部署支持

提供 Kubernetes、容器等云化支持。

GreatDB Operator 是 Kubernetes 上的 GreatDB 集群的自动运维系统，提供包括部署、升级、扩缩容、备份恢复、配置变更的 GreatDB 全生命周期管理。借助 GreatDB Operator，GreatDB 可以无缝运行在公有云或私有部署的 Kubernetes 集群上。

借助 GreatDB Operator，可帮助企业轻松实现数据库运维管理的低成本、灵活部署、高可靠等目标。帮助企业快速完成数据库私有云平台建设和接入。

4.2.6 Oracle 兼容

GreatDB 完全兼容 SQL92、SQL99、SQL2003 标准，支持 MySQL 全部语法，同时支持大部分常用 Oracle 语法。除了通用语法外，GreatDB 还支持一些扩展语法。

GreatDB 语法兼容性非常灵活易用，对业务开发者而言，大部分语法几乎是透明的，这使得业务系统从其他数据库迁移至 GreatDB 的成本极低，极大降低了开发工作量和项目实施风险。

- 数据类型兼容，支持 CLOB, NUMBER, VARCHAR2, PLS_INTEGER 等常用 Oracle 数据类型。
- SQL 语法兼容，支持 ANY, ALL, CREATE FORCE VIEW, CREATE TYPE, Hierarchical Query(分层查询), INSERT ALL INTO, MERGE INTO, MINUS, ROWNUM, SEQUENCE, PIVOT, RATIO_TO_REPORT, TABLE FUNCTION, TABLE UDT, WITH FUNCTION 等常用 Oracle SQL 语法。
- 函数兼容，支持 ADD_MONTHS, CHR, DUMP, INITCAP, LIST_AGG, NCHR, NVL, NVL2, TO_CHAR, TO_CLOB, TO_DATE, TO_NUMBER, TO_TIMESTAMP, TRUNC, WM_CONCAT 等常用 Oracle 函数用法。
- 存储程序兼容，支持 CURSOR%ROWTYPE 扩展, FORALL LOOP, GOTO, REF CURSOR, SYS_REFCURSOR, BULK COLLECT, TYPE IS RECORD, TYPE IS TABLE, VAR_TYPE, 匿名块 等常用 Oracle 存储程序用法。
- Packages 兼容，支持在 Oracle 中的 PACKAGE 包管理用法。
- DBMS_* 和 UTL_* 支持。
- OCI 兼容，支持 OCI 兼容。

4.2.6 支持在线 DDL

GreatDB 的在线 DDL 功能支持即时和就地的数据库对象更改，并能够与并发的 DML（数据操作语言）操作同时进行。这意味着在执行在线 DDL 操作时，不会阻塞 DML 操作，从而在繁忙的生产环境中有效提高系统的响应能力和可用性。通过这种方式，数据库管理员可以在不影响用户请求和应用程序性能的情况下进行表结构修改，如添加索引、修改列类型或调整表分区等。

这种在线 DDL 操作的优势在于，它允许持续的数据库操作和用户交互，减少了维护窗口的需求，有效降低了停机时间。业务系统可以在持续运行的同时进行必要的结构更新，从而保证了业务的连续性和稳定性。这种灵活性对于高可用性和业务关键型应用尤为重要，使企业在日常运营中能够更好地适应变化，提高了整体的工作效率和用户满意度。

数据库对象	在线 DDL 支持	允许并发 DML
索引	创建或添加二级索引	是
	删除索引	是
	重命名索引	是
	更改索引类型	是
主键	添加主键	是
	删除主键并添加另一个	是
列	添加列	是
	删除列	是
	重名列	是
	重新排序列	是
	设置列默认值	是
	删除列默认值	是
	更改自动增量值	是
	添加虚拟列	是
	删除虚拟列	是
外键	添加外键约束	是
	删除外键约束	是
表	优化表	是
	重命名表	是
表空间	重命名通用表空间	是
	启用或禁用通用表空间加密	是
分区	添加分区	是
	删除分区	是

	快速删除分区内容	是
	交换分区	是
	分析分区	是
	检查分区	是
	修复分区	是

4.2.7 支持非阻塞式 DDL

对用户表发起 DDL 操作前，需要首先申请 MDL-X 锁。如果用户表当前有正在进行的事务或查询，MDL-X 锁的申请可能会被阻塞，无法立即获取。由于 MDL-X 锁具有最高优先级，当申请被阻塞时，会影响该用户表上的其他新事务和查询请求，导致它们继续被阻塞并可能堆积，从而严重影响整体业务系统的可用性。GreatDB 的非阻塞式 DDL 功能作为在线 DDL 功能的有效补充，实际上是其增强版本。在进行大事务处理的同时执行在线 DDL 操作，不会引发阻塞新的事务和查询请求，从而确保业务操作能够持续顺利执行。

4.2.8 支持 AWR 和 ASH

自动负载信息库 AWR (Automatic Workload Repository) 是一种性能收集和分析的工具。通过 AWR 工具，可以从数据库的动态视图等统计信息中生成某个时间段的统计分析报告以及数据库性能报告。

捕获数据库运行期间的各种状态的实时监控以及相关性能数据对于解决性能问题，提高整体业务系统运行效率是至关重要的。在数据库行业中，实时捕获相关性能数据是通过 ASH 工具来实现的。ASH 通过每秒钟抽取活动会话样本，为分析在最近时刻的性能问题提供了最直接最有效的依据。

4.3 性能优化及稳定性提升

GreatDB 通过支持 Rapid 引擎、线程池、事务优化、并行 LOAD DATA、异步删除大表、NUMA 亲和性调度优化、非阻塞式 DDL 等多个性能提升手段，持续提升整体性能，满足企业级 HTAP 综合业务需求场景。目前 GreatDB 在某客户的核心 OLTP 业务系统测试中，TPC-C 400 仓单实例平均 tpmC 接近 500,000，满足银行业务高并发低时延的特性。

优化了事务系统，实现了大锁拆分及无锁化等多种优化方案，OLTP 场景整体性能提升约 20%。

采用全新的无锁哈希结构，显著减少了锁的临界区消耗，提升事务处理的能力至少 10% 以上。

在 TPC-H SF100 测试中，总耗时仅需 40 秒，在 TPC-H SF1000 测试中，总耗时仅需 624 秒，且 TPC-H 数据压缩比约为 7.5 左右，整体性能表现优异。

在采用 LOAD DATA 批量导入数据场景中，GreatDB 实现了并行导入机制，最好情况下效率约可提升 20 倍。

支持非阻塞式 DDL，旨在避免在有大事务或大查询场景下执行 DDL 操作时可能导致数据库整体服务不可用的风险。

支持异步删除大表，避免在删除大表时受限于操作系统层的 I/O 瓶颈可能会造成整体性能短时间内陡然下降风险。

4.4 金融级企业安全性

GreatDB 支持三权分立、审计、数据脱敏、逻辑备份加密、表空间国密加密、连接国密加密、Clone 压缩加密、密码限制增强、登录信息记录等多项企业级安全特性，满足金融级应用安全要求。

- 三权分立

GreatDB 支持三权分立特性。利用该特性可以将数据库的管理职责分为三个不同的角色，即数据库管理员、安全管理员、审计管理员，以确保数据库的安全性、完整性和合规性。通过三权分立，可以建立一个多层次的安全防护体系，有效防止内外部威胁。

- 审计

在 GreatDB 中支持利用审计，实现对数据库的全面监控并记录数据库操作，提升了数据库系统的安全性、合规性和管理效率，对数据安全和具有重要意义。

- 数据脱敏

GreatDB 数据库中的数据脱敏（data masking）特性通过对敏感数据进行掩码处理，防止未经授权的用户访问真实数据，从而保障数据隐私和安全。这在开发、测试和数据分析环境中尤为重要，有助于满足隐私法规要求并减少数据泄露风险。

- 国密加密

GreatDB 支持在表空间加密以及连接传输中采用国密加密算法，确保在用户敏感数据存储和数据传输过程中免受未经授权的访问和篡改。这些加密标准符合国家网络安全法规，有助于保障国家信息安全和企业数据隐私。

- 密码限制增强

GreatDB 中支持增强密码特性，它通过强制密码复杂度规则（如最小长度、字符类型等）来防止使用弱密码，从而降低账户被暴力破解的风险，提升数据库系统的整体安全性。

- 登录信息记录

GreatDB 可以将用户最后一次登录的信息记录下来，可以及时发现一些潜在的非​​法登录风险。

4.5 备份恢复

GreatDB 拥有强大的备份和恢复功能，其备份类型分为两种：

- 全量备份：支持全量物理和逻辑备份，确保整个数据库的完整性和一致性。全量备份可以轻松恢复整个数据库状态，适用于定期全面备份。
- 增量备份：支持增量物理和逻辑备份，仅备份自上次全量或增量备份后的数据更改，大幅减少备份时所需的存储空间和时间，提高备份效率。

GreatDB 支持两种备份策略：

- 定时备份：可根据企业备份策略指定每天或每周发起定时备份，确保在预定时间自动备份，对业务数据进行保护。
- 实时热备：可根据业务需要或紧急需要，对数据库随时发起在线实时热备，确保数据在高活跃状态下也能被安全备份。

GreatDB 数据备份功能特点有：

- 备份任务管理：支持通过 GreatADM 管理备份任务，包括周期性备份任务的管理、手动备份、备份历史任务的查看与恢复等多项功能，以便于用户随时监控和管理备份状态。
- 备份文件存储管理：支持在 GreatADM 中指定多种备份文件存储方式，包括本地存储、对象存储（如 S3 和 COS）、分布式存储（如 HDFS）、网络文件存储（如 FTP 和 NFS）等，满足不同企业的存储需求。
- 备份压缩：支持对备份数据进行压缩，以节约存储空间，并加快备份和恢复的速度。
- 备份加密：支持对备份数据进行加密，防止在数据存储或传输过程中被未授权访问或泄露，提升数据的安全性。
- 归档备份：支持将过期的备份数据归档，使得最新数据和历史数据分隔存储，便于管理和查找。

GreatDB 数据恢复功能特点有：

- 一致性恢复：基于一致性全量备份和增量备份，可以实现数据恢复的一致性保障，确保恢复后的数据状态与业务操作最佳契合。
- 可恢复到任意指定时刻：基于全量备份和增量备份，以及 Binlog 备份，用户可以灵活地恢复数据到任意指定的时间点，极大提升恢复的灵活性和精确度。
- 逻辑备份及还原：支持逻辑备份及还原，涵盖数据库级（或模式级）、用户

级和表级的细致备份管理，让用户能够根据不同需求进行灵活的数据恢复。

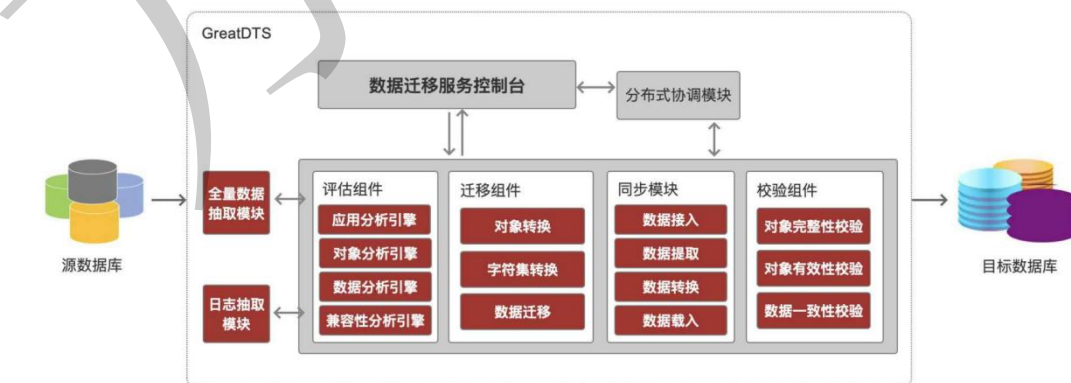
4.6 数据库管理功能

GreatDB 具备开放便捷的运维支撑体系，设计以智能化、最简化为目标。

GreatADM 提供稳定、高效、易用的可视化运维管理服务。同时支持 GreatDB 集中式和分布式数据库一体化管理。支持如安装部署、监控告警、运行分析、节点扩缩、纳管、启停和 SQL 语句审核等功能。极大地降低标准化交付和运维难度，有效的支撑企业数据库持续稳定运行。



GreatDTS 迁移同步工具支持对 GreatDB、Oracle、MySQL、MariaDB 等产品的双向迁移评估和数据同步能力。采用容器化安装，降低软件部署复杂度。功能上支持源数据库 Oracle、GreatDB、MySQL 的对象分析、兼容性评估、SQL 语法转换、存储过程转换、并行迁移配置和数据校验，以及增量同步和断点续传功能。在迁移同步过程中，提供多种兼容性评估报告和可视化的标签，为用户的应用层调整改造提供依据和参考。大大降低了企业在数据库迁移替换的难度。



5. 部署环境和生态适配

5.1 部署环境

- 最低部署环境配置要求

服务器参数	参数大小
CPU	2 Cores
内存	4GB
磁盘空间	20GB
网络带宽	100Mbps
操作系统	Linux 系统（内核 $\geq$ 3.10.0，glibc $\geq$ 2.17）

- 推荐部署环境配置模板一（以约承载 2,000 TPS，10,000 QPS，数据库容量 500GB 规模的 HTAP 业务场景为例）

服务器参数	参数大小
CPU	$\geq$ 16Cores
内存	$\geq$ 96GB
磁盘空间	$\geq$ 1TB
网络带宽	$\geq$ 1Gbps
操作系统	Linux 系统（内核 $\geq$ 3.10.0，glibc $\geq$ 2.17）

- 推荐部署环境配置模板二（以约承载 5,000 TPS，20,000 QPS，数据库容量 1TB 规模的 HTAP 业务场景为例）

服务器参数	参数大小
CPU	$\geq$ 96Cores
内存	$\geq$ 256GB
磁盘空间	$\geq$ 4TB
网络带宽	$\geq$ 10Gbps

操作系统	Linux 系统（内核≥3.10.0，glibc≥2.17）
------	--------------------------------

5.2 软硬件平台适配列表

5.2.1 完善的生态体系支撑

GreatDB 通过了众多权威机构的严格评测。在 2023 年 12 月，GreatDB 成为第一批通过中国信息安全测评中心、国家保密科技测评中心安全可靠测评的产品，达到安全可靠等级 I 级。这标志着 GreatDB 的产品能力和自主研发实力得到了国家权威机构的认可。

GreatDB 提供丰富的国产化支持，包括龙芯、飞腾、鲲鹏、海光、兆芯、申威等国产主流芯片；麒麟、统信、OpenEuler 等国产操作系统和云平台等国产生态。支持与主流的容器技术结合，实现资源隔离等功能。

CPU 平台/架构	操作系统名称
x86_64	Redhat 7/CentOS 7
	Redhat 8/CentOS 8
	OpenEuler 20.03
	Ubuntu 18 LTS 及以上版本
	统信服务器操作系统(UOS) V20
	银河麒麟高级服务器操作系统 V10
	浪潮 Inspur KOS V5
	BCLinux-R7-U8 中移动
	拓林思企业级服务器操作系统 V15.0 & V16.0
	AnolisOS-8.6-QU1 龙蜥
	方德高可信服务器操作系统 V3.1/V4.0
	中移操作系统 BC-Linux V21.1
arm64	Redhat 7/CentOS 7

CPU 平台/架构	操作系统名称
	Redhat 8/CentOS 8
	OpenEuler 20.03
	Ubuntu 18 LTS 及以上版本
	统信服务器操作系统(UOS) V20
	银河麒麟高级服务器操作系统 V10
	浪潮 Inspur KOS V5
	中移操作系统 BC-Linux V21.1
飞腾 FT-2000+/64	银河麒麟服务器操作系统 V4
	银河麒麟高级服务器操作系统 V10
	统信服务器操作系统(UOS)
	红旗 Asianux 服务器操作系统 V8
鲲鹏 920	麒麟信安操作系统 V3
	银河麒麟高级服务器操作系统 V10
	红旗 Asianux 服务器操作系统 V8 (鲲鹏版)
龙芯 3A5000	银河麒麟高级服务器操作系统 V10
申威 SW3231	银河麒麟高级服务器操作系统 V10
	统信服务器操作系统(UOS) V20
海光 CPU 7000、 5000、 3000	银河麒麟高级服务器操作系统 V10
	统信服务器操作系统(UOS) V20
	方德高可信服务器操作系统 V3.1/V4.0
	红旗 Asianux 服务器操作系统 V8
兆芯 KH-30000 系列、	统信服务器操作系统(UOS) V20

CPU 平台/架构	操作系统名称
KH-20000 系列、 KX-6000 系列、 KX-5000 系列、 ZX-C+系列处理器平台	银河麒麟高级服务器操作系统 V10
	方德高可信服务器操作系统 V3.1/V4.0
	红旗 Asianux 服务器操作系统 V8

GreatDB 100% 支持原生 MySQL 的访问接口。使用 MySQL 的连接器和 API 都使您能够从其他语言或环境，包括 ODBC、Java (JDBC)、C++、Python、Node.js、PHP、Perl、Ruby 和 C 等，连接和执行 GreatDB 语句。

以下为 GreatDB 对编程语言、环境、接口、API 和框架的支持情况：

- C
- C++
- D
- Eiffel
- Erlang
- ESQL
- Golang
- Haskell
- Java
 - ✧ Hibernate
 - ✧ JDBC
 - ✧ JOOQ
 - ✧ MyBatis
 - ✧ MyBatis-Plus
 - ✧ Spring Data JPA
- Lua
- .NET
 - ✧ Entity Framework 6 (EF6)
 - ✧ Entity Framework Core (EF Core)
 - ✧ Dapper
 - ✧ NHibernate
- Node.js
 - ✧ Sequelize

- ✧ TypeORM
- OCI
- Octave
- ODBC
- OTL
- Perl
- PHP
- Python
 - ✧ Django
 - ✧ Flask-MySQLdb
 - ✧ PyMySQL
 - ✧ Python2
 - ✧ Python3
 - ✧ SQLAlchemy
- QT
- Ruby
- Tcl

5.2.2 应用软件兼容适配列表

GreatDB 已与数百家企业，在金融软件、云平台、安全加密、文档管理、ERP、CRM、数据备份软件等完成了互认证和适配工作。

通过互认证和适配，可以确保 GreatDB 与众多应用软件之间良好的兼容性、稳定性、可靠性。同时与应用软件的互认证和适配，吸引更多的软件厂商加入 GreatDB 生态，共同推动国产信息技术产业的发展，形成一个良性循环，促进国产数据库技术的不断创新和进步。

序号	应用平台名称	所属公司
1	金蝶 Apusic 应用服务器软件 V9.0	深圳市金蝶天燕云计算股份有限公司
2	国创九章 AI 平台 V2.0/PaaS 云平台 V2.0	科大国创云网科技有限公司
3	站库运维管理系统产品（石油设备维护平台）	中国铁塔股份有限公司江西省分公司

序号	应用平台名称	所属公司
4	鼎甲数据备份与恢复系统 V8.0	广州鼎甲计算机科技有限公司
5	火星舱数据备份与恢复系统 V6.0	北京亚细亚智业科技有限公司
6	火星舱数据保护系统 V6.0	北京亚细亚智业科技有限公司
7	福昕 OFD 版式办公套件软件 V8.0	福昕鲲鹏（北京）信息科技有限公司
8	华能一日经营核算平台	武汉华中思能科技有限公司
9	创意云智拷贝数据虚拟化及备份与回复系统	北京创意云智数据技术有限公司
10	PBData-K 高性能异构数据库私有云平台	上海天玑科技股份有限公司
11	PBData-D 国产高性能数据库云平台	上海天玑科技股份有限公司
12	溢信 IP-guard 终端安全管理软件 V4.5	广州溢信科技股份有限公司
13	溢信 IP-guard 电子文档安全管理软件 V4	广州溢信科技股份有限公司
14	数字员工流程机器人软件	北明软件有限公司
15	嘉为蓝鲸多云资源管理(CMP)软件 V3.0	广州嘉为科技有限公司
16	天融信终端防御系统	北京天融信网络安全技术有限公司
17	九思协同办公系统 V10.0	北京九思协同软件有限公司
18	IPSec-SSL-VPN-综合安全网关	北京海泰方圆科技股份有限公司
19	mini PCI-E 密码卡/SSL 密码模块/安全认证网关/安全文件传输系统（密码模块/电子档案管理系统/电子签章系统	北京海泰方圆科技股份有限公司
20	赞同金融业务处理平台软件 AFA V5.0	赞同科技股份有限公司
21	赞同金融交易前端处理系统软件 AB V3.0	赞同科技股份有限公司
22	赞同银行网点渠道平台软件 AB V4.3	赞同科技股份有限公司
23	亦维 IT 服务管理系统（EVO-ITSM）产品	北京中亦安图科技股份有限公司

序号	应用平台名称	所属公司
24	亦维灾备自动化管理系统（EVO-DR）产品	北京中亦安图科技股份有限公司
25	亦维 EVO 自动化运维管理平台（EVO-AIOPS）	北京中亦安图科技股份有限公司
26	上讯敏捷数据管理平台软件 V7	上海上讯信息技术股份有限公司
27	飞虎 Video Branch 虚拟营业厅 V3.0	飞虎互动科技（北京）有限公司
28	飞虎全渠道智能双录 V3.0	飞虎互动科技（北京）有限公司
29	稳私数据保护管理软件 V4.0	广东鸿数科技有限公司
30	格尔安全认证网关 7.0	上海格尔安全科技有限公司
31	格尔密码服务平台	上海格尔安全科技有限公司
32	云原生信创资产运维平台 V3.5	四川汇揽熙云科技有限公司
33	国信政务云、国信信创云产品	北京国信新网通讯技术有限公司
34	星河数据中台 V3.4	云粒智慧科技有限公司
35	迅投 QMT 极速策略交易系统 V2.0	北京睿智融科控股股份有限公司
36	迅投资产管理平台 V4.0	北京睿智融科控股股份有限公司
37	司法查控统一接入分布式微服务平台 V2.0	大连同方软银科技股份有限公司
38	帆软信创报表软件 V11.0	帆软软件有限公司
39	奇安信网神终端安全管理系统 V8.0	奇安信网神信息技术（北京）股份有限公司
40	普元 BPS 软件[简称：Primeton BPS]V7	普元信息技术股份有限公司
41	普元消息中间件软件[简称：Primeton MQ]V7	普元信息技术股份有限公司
42	智慧党建云平台、物联网中控产品	福建元脉科技有限公司
43	H3C CAS 云计算管理平台 V7.0	新华三技术有限公司

序号	应用平台名称	所属公司
44	5G+内镜临床智能信息平台 V1.0/5G+腔镜远程教学平台 V1.0	河南省萱阆数字医疗科技有限公司
45	移动信创云虚拟化云平台	中移（苏州）软件技术有限公司
46	嘉和电子病例系统 V6.1	北京嘉和美康信息技术有限公司
47	中科恒伦 CKEY 动态认证系统 V1.0	北京中科恒伦科技有限公司
48	海颐特权账号安全管理系统 V9.7	广州海颐信息安全技术有限公司
49	亢龙数据备份与恢复系统 V8.0	上海云恒信息科技有限公司
50	云恒高性能异构数据实时同步复制软件 V7.1.1	中科热备（北京）云计算技术有限公司

5.2.3 开源 MySQL 生态的无缝集成

GreatDB 与开源 MySQL 数据库生态高度兼容，确保在将开源 MySQL 替换为 GreatDB 后，现有的中间件、客户端工具、开发工具和运维管理工具能够继续使用。这种兼容性降低了客户的投资风险并简化了维护工作。常用的开源 MySQL 生态工具软件包括但不限于：

- 运维管理工具

Adminer , DBeaver , HeidiSQL , Mycat , MySQL GUI Tools , MySQL Workbench , Navicat , Orchestrator , phpMyAdmin , ProxySQL , Sequel Pro , SQLyog , Toad

- 监控与性能分析工具

Grafana , Prometheus , VividCortex , Zabbix

- 开发调试工具

Laravel Eloquent , SQLAlchemy

- 备份与恢复工具

mydumper/myloader , mysqldump , mysqlpump , Xtrabackup

- Percona Toolkit 工具集

pt-align , pt-archiver , pt-config-diff , pt-deadlock-logger , pt-diskstats , pt-duplicate-key-checker , pt-fifo-split , pt-find , pt-fingerprint , pt-fk-error-logger , pt-galera-log-explainer , pt-heartbeat , pt-ioprofile , pt-kill , pt-mext , pt-mysql-summary , pt-online-schema-

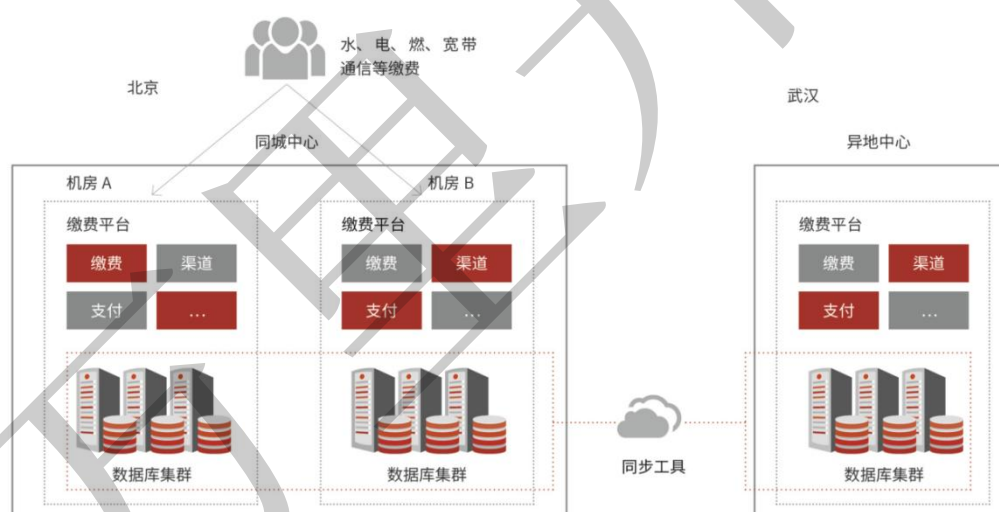
change , pt-query-digest , pt-pmp , pt-secure-collect , pt-show-grants ,
pt-sift , pt-slave-delay , pt-slave-find , pt-slave-restart , pt-stalk ,
pt-summary , pt-index-usage , pt-table-checksum , pt-table-sync , pt-table-
usage , pt-upgrade , pt-variable-advisor , pt-visual-explain

6. 应用场景

6.1 金融行业

6.1.1 项目背景

某银行用于全国性便民缴费系统业务，除传统的水、电、燃、宽带通信、各类生活充值外，还有新兴的物业费、学费、住宿费、ETC 及加油卡等业务，覆盖百姓生活的方方面面。此次与某全国股份制银行合作的缴费平台系统包含电、水、燃、有线电视、通讯、供暖费 6 大基础缴费服务，面向全国省、市、县 3 级区域进行覆盖。平台日均交易量超千万。



6.1.2 项目价值和意义

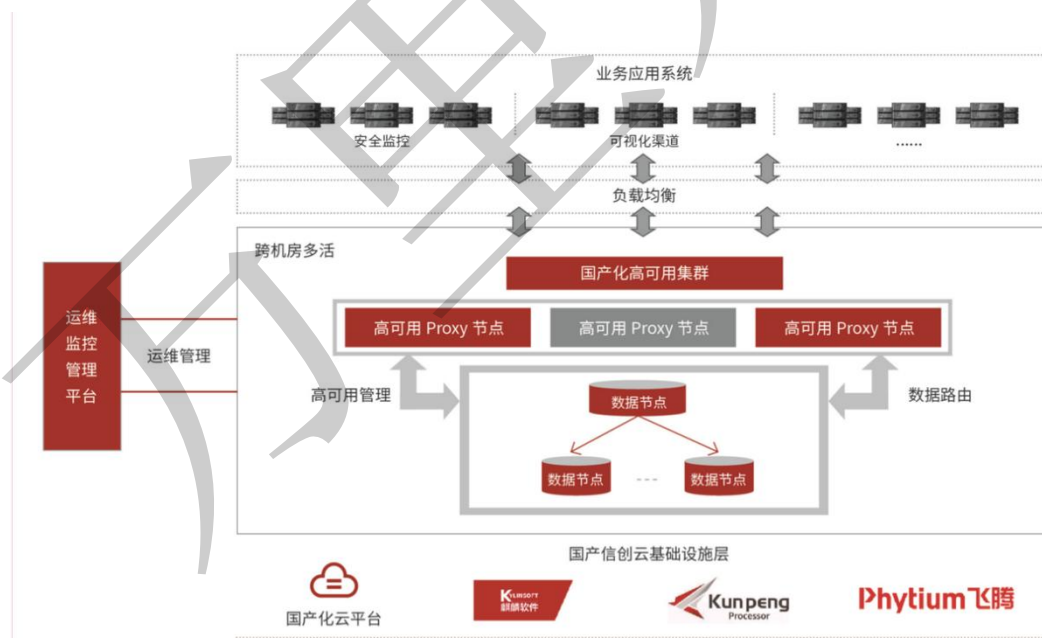
- 核心业务，纯国产数据库支撑。实现银行核心计费业务系统成功割接纯国产数据库，截止 2024 年已稳定运行 800 天+，是金融升级改造典型的成功案例，证明 GreatDB 自主产品、安全、可靠、稳定的产品属性。
- 性能支撑：业务中，QPS 超 70,000+，交易处理时间小于 100 毫秒，TPS 达 5,000 笔/秒，为各渠道合作伙伴提供强有力的系统保障，数据库整体服务可用性达到 99.99%。

- 数据一致性：支撑银行缴费业务，实现事务强一致性，做到同城 RPO=0，RT0≤60s，异地容灾 RPO=0，RT0≤15 分钟。
- 架构稳定：通过配套同步工具完成异地同步，实现两地三中心链路状态可实时监控，数据复制安全延迟可控。
- 一体化管控：通过集中的数据库管理平台，支持在线弹性扩缩容节点，数据库集群、多实例、操作系统一套平台，全局监控，集中化、标准化、平台化运维管理。
- 项目意义：标志着国产数据库在性能、稳定性、可靠性方面，已满足金融行业对核心计费、缴费类业务的严苛考验，达到了上线投产的高标准要求。为更多的股份制银行、城商行起到了很好的引领示范效果。

6.2 国有企业

6.2.1 项目背景

为支撑某银行业务的快速发展需求，保证银行核心应用系统平稳可靠运行，实现业务和技术创新，保证核心技术自主可控，某国有大型银行将核心系统从以大机、小机为主的集中式数据库，下移到全国产化软硬件环境的 GreatDB 数据库。通过数据库底层基础服务能力的构建，提升国产化数据库的各项支撑能力，响应了当前金融科技创新应用和全行转型发展的要求，达到了完全自主可控的目标。



6.2.2 项目价值和意义

- 万里数据库与银行科技公司联手，打造自主可控的纯国产数据库集群，并配套一体化运维管控平台实现成功投产。基于全国产化软硬件环境设计的万里数据

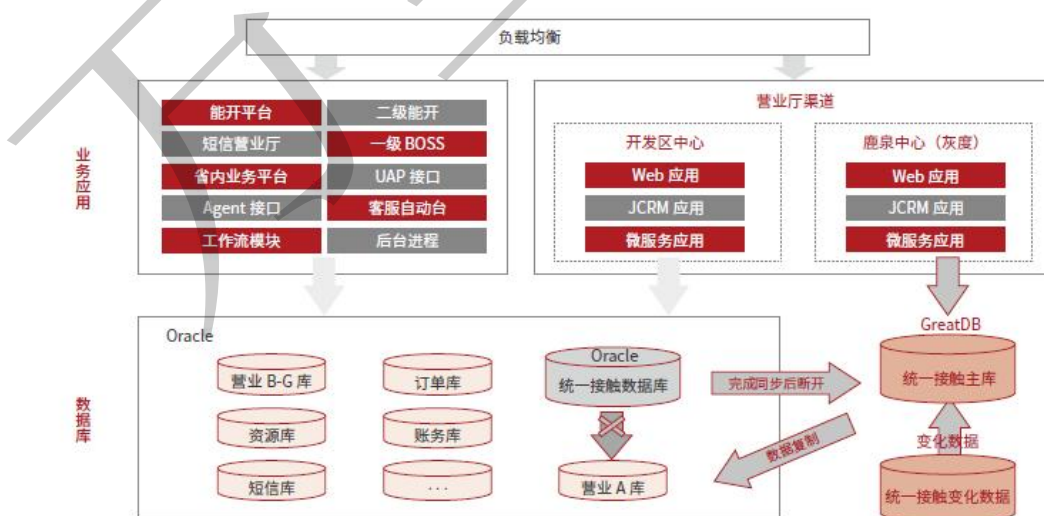
库高可用架构方案，实现了银行关键重要业务小机下移后的技术支撑。

- 基于国产化云平台，构建便捷高效的金融云数据库解决方案，做到高效大批量云化部署，以及自动化运维和一体化监控，大大减少了 DBA 的人力投入成本，解决了运维困难的难题。
- 产品完善的能力，满足客户对数据安全、组件可靠、数据多副本、多机房容灾部署，以及高可靠的诉求，满足用户同城节点故障切换 RPO=0、RT0<60s 的严格要求。
- 兼容性方面，对业务原有 MySQL 版本，几乎 0 改造成本，良好兼容银行内多个历史版本，可较为平滑的替换为 GreatDB 产品，装机套数目前已达 480 多套。
- 项目意义：为同类股份制银行、金融云和私有云的大批量装机交付、以及同类业务集中上线交付，提供了典型的架构参考和创新的合作模式，也为国产数据库上云的产品选型提供了重要参考。

6.3 电信运营商

6.3.1 项目背景

某运营商统一接触库为全省工号鉴权、工号权限、工号角色管理库，是运营商各省公司的核心关键业务系统，承载 CRM 系统的菜单权限管理、操作员维护、组织机构维护、工号鉴权登录等系统管理功能，同时承载在线公司的部分应用，业务支撑范围遍布全省营业厅。运营商统一接触库系统原采用 Oracle 数据库建设，系统建设和维护成本较高。随着数据库国产化趋势的发展和国内数据库技术的成熟，统一接触库的核心替换迎来了重要契机。



6.3.2 项目价值和意义

- 性能提升：基于生产模型进行性能对比测试，GreatDB 在实际替换后整体性能比原 Oracle 数据库性能提升约 51%。
- Oracle 兼容：由于原系统采用传统 Oracle RAC 数据库建设，在此次迁移替换过程中，GreatDB 数据库的 Oracle 兼容模式起到重要的作用，业务层的兼容适配整体改造量减少了 72%，大幅降低数据库国产化替换过程中业务前端的改造成本和替换难度。
- 配套迁移评估工具：对于原 Oracle 数据库，万里数据库配套的迁移工具 GreatDTS，提供了丰富的 Oracle 到 GreatDB 的数据类型、语法、对象评估转换能力，同时 GreatDTS 提供一站式数据全量数据迁移，增量数据同步，支持并行执行、断点续传和数据校验等能力，为业务割接提供很好的双线支撑作用。
- 稳定高可靠：统一接触库为全省工号鉴权、工号权限、工号角色管理库，一旦出现问题将直接影响全省各渠道的应用登录及权限加载。在数据库层面，GreatDB 集群采用全组件冗余架构，任意组件故障不会影响集群的可用性，确保数据库连续稳定运行和业务数据零丢失。
- 项目意义：为去 Oracle 国产化替换提供了运营商行业的典型案例。同时 GreatDB 配套的 GreatDTS 迁移工具发挥了重要作用。在迁移过程中 GreatDTS 的评估转换，为用户侧业务层的代码改造量提供重要依据，断点续传和数据校验能力，极大的提升了数据迁移的连续性和迁移数据的准确性，以最低成本完成了 Oracle RAC 平滑迁移，也为其他国产化业务的 Oracle RAC 迁移提供了重要的参考。

7. 公司简介

北京万里开源软件有限公司是一家致力于国产自主可控数据库研发的软件公司。凭借多年的技术积累和创新能力，成功打造了集中式数据库 GreatDB、分布式数据库 GreatDB Cluster、数据库管理平台 GreatADM、异构迁移工具 GreatDTS 等在内的一系列优质产品。这些产品不仅性能卓越、稳定可靠，还广泛应用于政企、金融、通信、能源等多个行业。北京万里开源软件（简称“万里数据库”）始终秉承客户需求至上的原则，不断创新突破，致力于为客户提供高效、便捷且稳定的数据库产品以及全方位、精细化的解决方案。

8. 版权声明

8.1 法律声明

若接收北京万里开源软件有限公司（以下称为“万里数据库”）的此份文档，即表示您已同意以下条款。若不同意以下条款，请停止使用本文档。

本文档所载内容受著作权法的保护，著作权为北京万里开源软件有限公司所有，

但注明引用其他方的内容除外。北京万里开源软件有限公司保留任何未在本文档中明示授予的权利。文档中涉及万里数据库的专有信息。未经万里数据库事先书面许可，任何单位和个人不得复制、传递、分发、使用和泄漏该文档以及该文档包含的任何图片、表格、数据及其他信息或者其他任何商业目的的使用。

8.2 商标声明

GreatDB 和 GreatDB Cluster 是万里数据库的注册商标。万里数据库产品的名称和标志是万里数据库的商标或注册商标。在本文档中提及的其他产品或公司名称可能是其各自所有者的商标或注册商标。在未经万里数据库或第三方权利人事先书面同意的情况下，阅读本文档并不表示以默示、不可反言或其他方式授予阅读者任何使用本文档中出现的任何标记的权利。

8.3 服务声明

本产品符合有关环境保护和人身安全方面的设计要求，产品的存放、使用和弃置应遵照产品手册、相关合同或相关国法律、法规的要求进行。

本文档按“现状”和“仅此状态”提供，文档中的所有陈述、信息和建议不构成任何明示或暗示的担保。本文档中的信息随着万里数据库产品和技术的进步将不断更新，万里数据库不再通知此类信息的更新。

北京万里开源软件有限公司

地址：北京市朝阳区永安东里 16 号 CBD 国际大厦 15 层 1501

电话：400-032-7868

传真：010-64087839

邮编：100001

网站：<https://www.greatdb.com>

邮箱：sales@greatdb.com

官微：

