GoldenDB Lite 数据库 V7 技术白皮书

2026-07-18 发布 2026-07-18 实施

金篆信科有限责任公司发布

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

法律声明

若接收金篆信科有限责任公司（以下称为“金篆信科”）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。

本文档版权所有金篆信科有限责任公司。保留任何未在本文档中明示授予的权利。文档中涉及金篆信科的专有信息。未经金篆信科事先书面许可，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。

在未经金篆信科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。

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。本文档中的信息随着金篆信科产品和技术的进步将不断更新，金篆信科不再通知此类信息的更新。

金篆信科有限责任公司

目录

1 文档概述 1

1.1 文档使用范围 1

1.2 术语 1

1.3 缩略语 2

2 产品介绍 4

2.1 产品定位 4

2.2 产品特点 4

3 体系结构 7

3.1 架构设计 7

3.1.1 逻辑架构 7

3.1.2 集中式架构演进 8

3.2 部署模式 8

3.2.1 独立存储节点部署 8

3.2.2 管理节点 + 多租户部署 8

3.2.3 物理机部署 9

3.2.4 容器化部署 10

3.3 可靠性方案设计 11

3.3.1 基于 Raft 的无中心化高可用 11

3.3.2 驱动级主备自动切换 11

3.3.3 支持机房级高可用 12

4 功能介绍 13

4.1 事务控制 13

4.1.1 隔离级别 13

4.1.2 事务控制 13

4.1.3 性能优化 14

4.1.4 并发控制 15

4.2 基础功能 15

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

4.2.1 数据类型 15
4.2.2 数据对象 16
4.2.3 函数功能 17
4.2.4 索引机制 17
4.2.5 存储过程 18
4.2.6 视图功能 18
4.2.7 触发器 18
4.2.8 序列与同义词 19
4.2.9 分区功能 19
4.2.10 执行计划 19
4.2.11 SQL 并行执行 19
4.2.12 字符集字符序 19
4.2.13 国产化适配 20
4.3 高级功能 20
4.3.1 读写分离 20
4.3.2 导入导出 20
4.3.3 压缩功能 22
4.3.4 并行 DDL 22
4.3.5 SQL 防火墙与长 SQL 熔断 23
4.3.6 语句级 rewrite 与 STA 索引推荐 23
4.3.7 隐藏主键 GIPK 24
4.3.8 资源隔离与租户隔离 25
4.3.9 Oracle 兼容性 25
4.3.10 MySQL 兼容性 27
4.3.11 PostgreSQL 兼容性 27
4.3.12 PL/SQL 兼容性 27
4.4 产品性能 28
4.4.1 执行计划缓存管理能力 28
4.4.2 并行 insert select 性能优化 29
4.4.3 prepare 模式下元数据缓存性能优化 30
4.4.4 批量协议 31
4.4.5 并行查询 31

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

4.4.6 流式查询 32
4.5 安全性 32
4.5.1 安全审计 33
4.5.2 密码安全 35
4.5.3 数据安全 35
4.5.4 运维安全 41
4.6 数据库管理功能 43
4.6.1 首页监控总览 44
4.6.2 资源管理 44
4.6.3 租户全生命周期管理 45
4.6.4 安装与升级 45
4.6.5 数据配置与参数管理 46
4.6.6 可视化运维与监控 46
4.6.7 SQL 优化与诊断功能 47
4.6.8 一键转维 48
4.6.9 监控与告警 48
4.6.10 SQL 管控 49
4.6.11 数据变更查询 49
4.6.12 任务管理 49
4.6.13 版本管理 50
4.6.14 日志服务 50
4.6.15 命令白屏通道 50
4.6.16 定时任务管理 50
4.6.17 巡检 51
4.6.18 Rest 接口 51
4.7 GoldenDB 工具集 51
4.7.1 CAC 迁移评估工具 51
4.7.2 Sloth 数据迁移工具 52
4.7.3 Replay 回放工具 56
4.7.4 GDC 开发者工具 57
4.7.5 数据库客户端工具 59

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

5 应用场景 60

5.1 金融行业 60

5.2 电信行业 61

5.3 政务行业 61

5.4 交通行业 62

5.5 医疗行业 63

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

1 文档概述

1.1 文档使用范围

本文针对金篆信科 GoldenDB 集中式数据库的市场定位和特点，帮助用户、合作伙伴等从产品的体系架构、组件基本原理、产品功能和应用场景上了解本产品。

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 GoldenDB 集中式数据库建立初步的了解和认识。

1.2 术语

本章节对 GoldenDB 集中式数据库 Lite V7 技术白皮书中常用的术语、定义以及英文缩写进行汇总说明，便于用户阅读。

表 1-1 术语表

术语/定义	说明
分布式数据库	具备分布式事务处理能力、可平滑扩展、分布于计算机网络且逻辑上统一的数据库。
集中式数据库	一种经典、传统的数据库结构，由一台或少数几台机器联合管理数据，一般不对数据进行分片，只有一个分片，没有分布式事务。
租户实例	GoldenDB 集中式数据库提供多租户数据库实例管理，可以创建多个数据库实例，分配给不同的业务使用。租户实例也称作集群，实例由数据节点构成。租户之间资源、数据相互隔离。
原子性	事务中的所有操作要么全部执行成功，要么全部失败回滚，没有中间状态。
一致性	事务开始前和结束后，数据库的完整性约束没有被破坏。
隔离性	并发执行的事务之间是相互隔离的，一个事务的执行不能影响其他事务的执行。
持久性	一旦事务提交，其结果应该是永久性的，即使系统发生故障，事务的结果也不应丢失。
数据节点	GoldenDB 集中式数据库的数据存储组件，实现对数据的存储。支持行存存储方式。只有一个分片包含多副本，保证数据安全。
Insight	GoldenDB 数据库运维平台的名称，负责数据库实例的创建、运维操作，提供监控、告警等运维功能。
DCL	数据控制语言 DCL(Data Control Language)，用于定义数据库的访问权限和安全级别。

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

术语/定义	说明
DDL	数据库模式定义语言 DDL(Data Definition Language)，用于定义或改变数据库或表的结构等初始化工作。
DML	数据操纵语言 DML(Data Manipulation Language)，用于管理和检索数据库中的数据。
DQL	数据查询语言 DQL(Data Query Language)，用于查询数据库表中记录。
gSync	GoldenDB 使用的数据节点之间的同步复制技术。
JDBC	Java 数据库连接，是 Java 语言中用来规范客户端程序如何来访问数据库的应用程序接口，提供了诸如查询和更新数据库中数据的方法。
OCI	Oracle 调用层接口，Oracle 公司提供的由头文件和库函数等组成的一个访问 Oracle 数据库的应用程序编程接口。它允许开发人员在第三代编程语言中通过 SQL 操纵 Oracle 数据库。
ODBC	开放式数据库连接接口，开发人员能够使用相同的 API 来连接、查询和操作不同类型的数据库。
Raft	集中式版本高可用选举自研算法，实现多节点多数派选主，确保无中心化场景下的一致性。
RLS	行级访问控制，精细化行权限策略，不同用户访问同一张表返回不同结果集。
SQL	结构化查询语言，一种数据库查询和程序设计语言，用于存取数据以及查询、更新和管理数据库。

1.3 缩略语

本文使用的专用缩略语以及说明参见下表。

表 1-2 缩略语表

缩略语	英文	中文
DN	DataNode	存储节点
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）
API	Application Programming Interface	应用程序接口
DCL	Data Control Language	数据控制语言
DDL	Data Definition Language	数据定义语言
DML	Data Manipulation Language	数据操纵语言
DQL	Data Query Language	数据查询语言
CAC	Capture Analyze Convert Tool	迁移评估工具

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

缩略语	英文	中文
GDC	GlodenDB Developer Center	GoldenDB 开发者工具
gStore	GoldenDB row Store	行式存储
JDBC	Java Database Connectivity	Java 数据库连接
OCI	Oracle Call Interface	Oracle 调用层接口
ODBC	Open Database Connectivity	开放数据库连接
QPS	Queries Per Second	每秒查询数
RLS	Row Level Security	行级访问控制
SM4	National Secret SM4	国密 SM4 加密算法
SQL	Structured Query Language	结构化查询语言
TPS	Transactions Per Second	每秒事务数

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

2 产品介绍

2.1 产品定位

GoldenDB Lite V7 是金篆信科面向集中式核心交易场景自主研发的高性能、高可靠、高安全企业级关系型数据库。产品深度继承 GoldenDB 金融级基因，专为传统集中式架构优化设计，摒弃分布式冗余组件，精简内核、缩短执行路径、降低资源开销，以极简架构、极致兼容、极速性能、极简易运维为核心优势，完美满足金融、电信、政务、医疗、能源等行业核心 OLTP 系统对数据强一致、服务高可用、迁移低成本、运维轻量化的刚性需求，是传统商业数据库国产化替代的首选集中式数据库。

2.2 产品特点

GoldenDB 集中式数据库通过全套数据库解决方案，可对需要关系型数据库的应用系统提供统一的数据库服务，实现数据的集中存放、统一管理和数据能力开放平台解决方案，为客户提供扁平化的基础数据处理平台。GoldenDB 集中式数据库在功能、高可用、安全性等方面提供的主要特性如下：

- 多租户部署能力

GoldenDB 集中式数据库支持多租户部署能力，能够满足各种行业中不同业务的需求。多租户架构使得多个租户可以共享同一套数据库系统，同时保持数据的隔离性和安全性。这种架构提高了资源利用率，降低了运维成本，并增强了数据库系统的灵活性和可扩展性。

- 集中式向分布式平滑扩展

GoldenDB 集中式数据库支持从集中式向分布式架构的平滑扩展，以适应业务增长和数据处理需求的变化。这一特性使得 GoldenDB 能够在保持高性能的同时，轻松应对大规模数据处理和高并发请求的挑战。

- 高性能与低资源消耗

GoldenDB 集中式数据库能够高效处理数据和高并发请求，适用于业务数据量适中、无需部署为分布式模式的应用。具备高效的查询优化器和存储引擎可以加速数据检索和处理速度。同时，相比于其他数据库系统和 GoldenDB 数据库中的集中式部署模式，GoldenDB 集中式数据库在保持高性能的同时，对硬件资源的消耗相对较低，这有助于降低企业的运营成本。

- 高 SQL 语法兼容性

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

GoldenDB 集中式数据库支持 SQL92、SQL99、SQL2003、SQL2011 标准语法，完全兼容 MySQL 语法，兼容 Oracle、DB2 等主流数据库的语法。在数据类型和对象支持方面，GoldenDB 集中式数据库也进行了广泛的扩展，以确保对各种数据类型（如整数、浮点数、字符串、日期时间等）和数据库对象（如表、视图、索引、存储过程等）的全面支持。这种全面的支持使得 GoldenDB 集中式数据库能够满足各种数据类型处理和数据库对象管理的需求，为用户提供了极大的灵活性和便利性。

- 高可用性

GoldenDB 集中式数据库支持多地多 AZ 组网，任何节点不存在单点故障，通过多副本和创新研发的数据复制技术，针对不同的业务场景灵活配置不同的策略来满足不同的可用性和可靠性要求，提高系统吞吐量的同时，实现同城 RPO 为 0，RTO 不超过 8s。满足金融级数据高可靠、服务高可用要求。GoldenDB 集中式数据库支持机房级故障自动切换、支持异地带载测试和异地带压测试。

- 支持读写分离，提升读写效率

提供灵活的读写分离功能。系统根据负载情况及操作类型，把写操作发送到主库、读操作负载均衡到从库，提高从库的利用率。支持读主节点、读备节点、主备节点权重配置，在线权重调整，支持灵活的负载均衡模式，灵活提升系统读性能。

- 并行引擎全面升级

支持并行查询、并行 DDL、批量协议、流式 fetch，大表 DDL 性能提升 10 倍，高并发 DML 吞吐量大幅提升，大结果集查询低延迟、低内存占用。

- 完整的工具集

GoldenDB 集中式数据库提供了丰富的管理工具和接口，便于系统的监控、管理和维护。这些工具包括但不限于：

图形化运维界面：GoldenDB 集中式数据库统一运维管理服务 Insight，实现图形化的一键式运维管理，包含租户管理、资源管理、统计监控、告警管理、权限管理、任务管理等多种运维模块，提供容灾、备份、恢复、监控等全套解决方案。Insight 具备集中告警功能，可帮助用户及时发现实例的异常情况，确保 GoldenDB 集中式数据库稳定高效的运行。并且 Insight 支持与第三方平台对接，将信息上送至用户的运维平台。

备份恢复工具：GoldenDB 集中式数据库的备份恢复工具支持在线热备、恢复到任意时刻等。这确保了数据的安全性和可恢复性，降低了数据丢失的风险。

性能监控和优化工具：GoldenDB 集中式数据库提供了性能监控和优化工具，帮助用户实时监控系统的运行状态，包括 CPU 使用率、内存占用率、磁盘 I/O 等关键指标。同时，

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

它还提供智能性能分析组件，能够自动分析系统的性能瓶颈，并提供优化建议。

数据迁移和同步工具：GoldenDB 集中式数据库提供了数据迁移和同步工具，支持异构数据库之间的数据迁移和同步。这使得用户可以在不影响业务连续性的情况下，将现有应用平滑迁移到 GoldenDB 上。

- 自主、安全、可控

GoldenDB 集中式数据库完全自主研发，源代码全掌握，安全可控，在金融、电信、政企、医疗等行业业务成功商用，运行稳定、安全、可靠。

GoldenDB 还提供了数据传输、数据存储层多重加密保护，支持访问黑名单/白名单控制、高危 SQL 黑名单控制、SQL 连接请求防暴力攻击、数据透明加密等安全措施。

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

3 体系结构

3.1 架构设计

GoldenDB 集中式数据是自主研发的数据库系统，整体仅由数据节点、以及可选部署的 INSIGHT 模块组成。数据节点采用高可靠性设计,支持多数据副本部署，无单点故障。

3.1.1 逻辑架构

GoldenDB Lite V7 采用可选的 INSIGHT + 存储节点双层纯自研集中式架构，整体分为应用层、接入层、管理节点、存储节点、工具层五大层次。

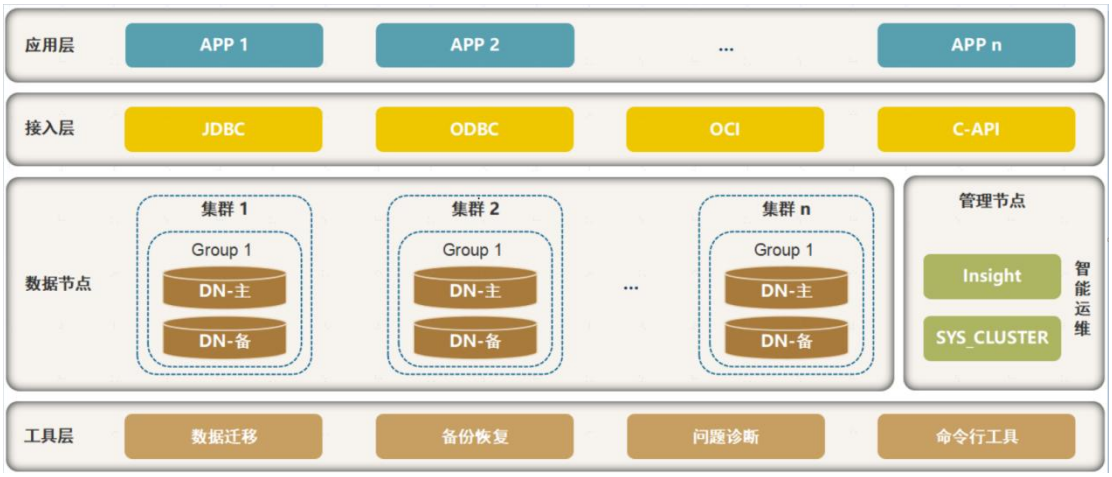


图 3.1.1-1 Lite V7 逻辑架构

- **应用层：**各类业务 APP 系统，通过标准接口访问数据库。
- **接入层：**提供 JDBC、ODBC、OCI、C-API 标准接口，兼容各类开发框架。
- **管理节点：**主要负责可视化运维管理，提供资源管理、租户管理、监控、告警、诊断、配置等功能。包括 WEB 服务（Insight）和系统租户（SYS_CLUSTER），其中系统租户用于存储元数据和监控数据。
- **存储节点 DN：**主要负责应用数据的最终存储，包括连接管理模块、SQL 优化模块、SQL 执行模块、事务管理模块、日志模块、数据存储模块、同步模块、高可用监控模块等。
- **工具层：**提供备份恢复、问题诊断、命令行客户端、数据迁移工具，覆盖全生命周期运维。

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

3.1.2 集中式架构演进

相较于 V6 版本，Lite V7 实现集中式架构深度重构：

- 移除分布式冗余组件：删除 CN、GTM，减少资源占用，缩短 SQL 执行路径，显著提升性能。
- 多 Agent 统一整合：多个代理进程合并为单一 DBAgent，降低资源开销，简化部署。

3.2 部署模式

支持在物理服务器上部署独立存储节点集群或管理节点+多租户集群。

3.2.1 独立存储节点部署

由单一存储节点主备构成轻量化集中式实例，架构极简、部署快捷、资源消耗极低，无需管理节点即可运行。适用于中小业务系统、开发测试环境、边缘计算节点，具备快速上线、低成本、易维护优势。

➢ **架构组成**

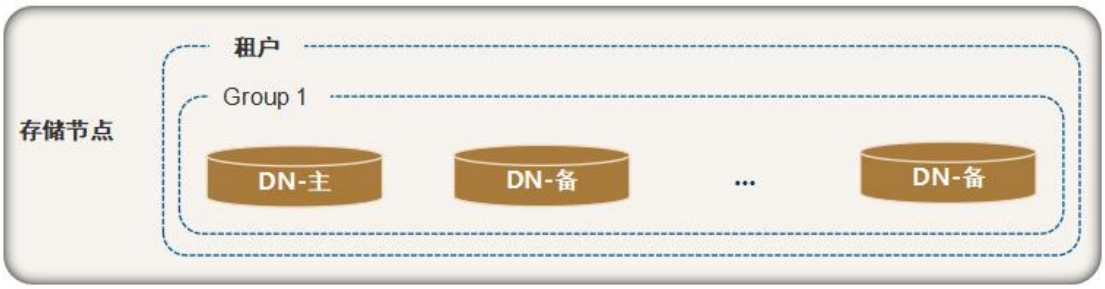


图 3.2.1-1 独立存储节点部署模式

- **架构特点：**单一存储节点构成的轻量级集中式实例
- **核心优势：**极简架构、快速部署、资源高效
- **典型场景：**中小业务系统、开发测试环境、边缘计算

3.2.2 管理节点 + 多租户部署

通过集中式管理节点统一管控多个存储节点租户实例，实现白屏化运维、资源弹性分配、租户数据与权限隔离。适用于大型企业、金融核心、多业务线集中管控场景，支持租户级资源配额、独立参数配置、故障隔离。

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

➢ **架构组成**

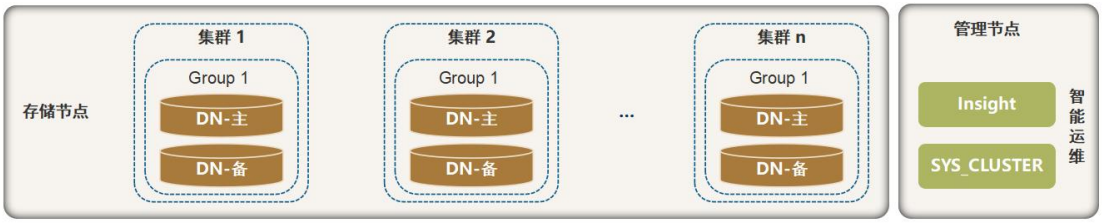


图 3.2.2-1 多租户部署模式

- **架构特点：**管理节点+多存储节点的集中管控架构
- **核心优势：**企业级运维能力、资源弹性分配、租户隔离
- **典型场景：**大型企业核心系统、金融级应用、云服务

3.2.3 物理机部署

物理化是指 GoldenDB 管理节点(CM / PM / MDS / InsightServer 等)和非管理节点(CN / DN / GTM / LDS 等)都部署在物理机或者虚机上。 GoldenDB 物理机/虚机部署的优势在于提供了灵活性、可靠性和性能优势。

- GoldenDB 物理机/虚机部署具有灵活性。通过物理机/虚机部署，用户可以根据实际需求灵活配置和管理数据库系统。无论是在个人电脑、移动设备、嵌入式系统、高性能计算还是服务器等不同场景下， GoldenDB 都能够适应并提供稳定、高效和可靠的数据库管理解决方案。
- GoldenDB 物理机/虚机部署提供了较高的可靠性。由于物理机/虚机部署能够将数据库系统与硬件资源进行隔离，一旦出现故障或者需要进行维护，只需对相应的物理机/虚机进行操作，而不会影响其他部署在其他物理机/虚机上的数据库系统。这种隔离性能够提供更高的可靠性，确保数据库系统的稳定运行。
- GoldenDB 物理机/虚机部署还能够提供更好的性能。通过合理配置和管理物理机/虚机的硬件资源，可以充分利用处理器、内存和存储等资源，提高数据库系统的运行效率和性能。同时，物理机/虚机部署还能够根据实际需求进行横向和纵向扩展，包括：动态横向增删只读节点和竖向变配改变规格大小，以满足不同规模和负载的数据库管理需求。

综上所述， GoldenDB 物理机/虚机部署的优势在于灵活性、可靠性和性能优势。通过合理配置和管理硬件资源， GoldenDB 能够提供稳定、高效和可靠的数据库管理解决方案，

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

满足不同场景下的需求，并提供优质的数据库服务。

3.2.4 容器化部署

容器化是指 GoldenDB 管理节点(CM/PM/MDS/InsightServer 等)、非管理节点(CN/DN/GTM/LDS 等)都部署在容器中。容器化部署带来了许多优势，使得数据库管理更加灵活、高效和可靠。

- 容器化部署提供了更高的灵活性。GoldenDB 容器可以在不同的环境中轻松部署，无论是在本地服务器、云平台还是私有数据中心。容器化部署使得 GoldenDB 可以与其他容器化应用程序或服务一起运行，并且可以根据需要进行快速扩展或缩减，以适应不同规模和需求的工作负载。

- 容器化部署提供了更高的可移植性。GoldenDB 容器可以在不同的操作系统和硬件平台上运行，而无需重新编写或调整代码。这意味着 GoldenDB 可以轻松地在不同的环境中迁移和部署，不受特定操作系统或硬件的限制，从而提供更大的灵活性和便捷性。

- 容器化部署还提供了更高的效率和资源利用率。GoldenDB 容器可以以轻量级的方式运行，减少了资源的消耗，同时也提供了更快的启动时间和更快的部署速度。容器化部署还可以通过自动化和集中化的管理，简化了 GoldenDB 的部署和维护过程，减少了人工操作的需求，提高了运维效率。

综上所述，容器化部署提供了更高的灵活性和可靠性，同时可以确保安全性，GoldenDB 容器可以通过隔离机制确保应用程序和数据的安全性，避免了因为一个容器的故障或安全问题而影响整个系统。此外，容器化部署还可以实现快速的回滚和恢复，保证数据库服务的高可用性和业务连续性。

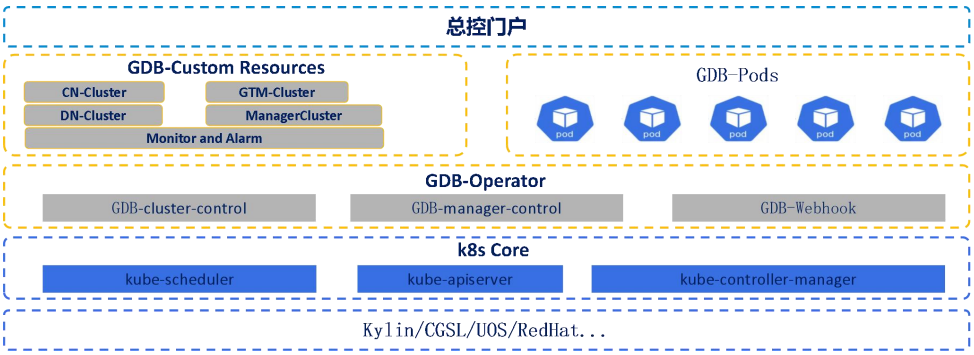


图 3.2.4-1 容器化部署架构

GoldenDB 通过 CRD+Operator 的方式对基于 K8S 技术底座的私有化部署技术架构进行

兼容，并对此提供的能力进行编排，具备自动部署、切换管理的能力。持久化数据本地存储：不采用云存储服务，保证高 IO 吞吐性能，避免云存储引入数据库性能/可靠性因素，减少私有云部署的环境要求。

容器节点使用固定 IP：由数据库自身多副本技术保证数据高可靠和服务高可用，保持 GoldenDB 基础架构一致，简化私有云部署的环境要求。

3.3 可靠性方案设计

3.3.1 基于 Raft 的无中心化高可用

Lite V7 创新支持不依赖管理节点的高可用能力，基于自研 Raft 共识算法实现无中心化选主。节点支持 Leader、Follower、Candidate、Failed 四种状态，通过心跳检测、多数派投票、自动降级、自动恢复机制，确保故障秒级切换。主备之间采用快同步强复制，保证数据严格一致，杜绝脑裂与数据丢失。节点 4 种状态转移图如下：

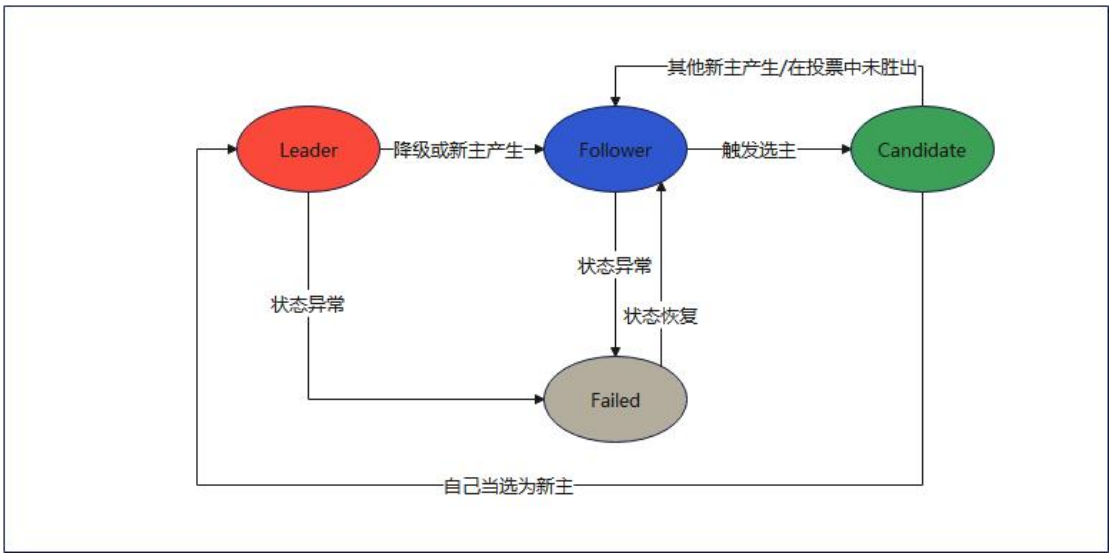


图 3.3.1-1 raft 协议选主

为了避免 1 主 1 备或 1 主 3 备等偶数节点配置集群，半数节点不可用后无法正常工作的问题，引入一仲裁服务，部署在独立的节点上，不存储数据，仅用于参与选举和投票(不属于集群)。

3.3.2 驱动级主备自动切换

业务通过 GoldenDB 官方驱动直连 DN 集群，仅需在连接 URL 新增 masterslave 模式，驱动自动探测主节点地址，自动重连新主。支持故障自动切换、人工切换、同城演练切换、

异地故障切换、角色纠正切换，对应用完全透明。

3.3.3 支持机房级高可用

支持机房级计划切换、故障自动切换、故障手动切换功能。通过数据库管理节点实现集群管理，集群及集群数据节点高可用管理，集中式机房功能对齐分布式集群下的使用方式。即支持跨 AZ 自动切换，其中包含：本地优先、同城优先、自定义 AZ；AZ 不自动切换(或 AZ 手工切换，同 AZ 下使用节点级。机房级高可用支持本地单中心高可用、同城双中心、两地三中心的高可用部署架构。

本地单中心高可用

这种部署模式可以提供更高的可用性，适用于对高可用性有一定要求的应用场景，支持数据同步+故障自动切换，具备数据多副本容错技术，提供数据的冗余保护，支持主副本与从副本之间的数据同步，副本间同步延迟低于 1 秒，具备 RPO=0，RTO<8s 的高可用能力。优点：可以实现高可用性，通过在同一个可用区内部署多个节点，当其中一个节点发生故障时，其他节点可以接管服务，保证数据库的连续性和可用性。这样可以减少单点故障带来的影响，提高应用的可靠性。缺点：由于所有的节点都部署在同一个可用区内，一旦整个可用区发生故障，所有的节点都会受到影响，导致服务无法提供。这样就会对应用的可用性产生风险，特别是在面临自然灾害或者硬件故障等情况下。

本地同城双中心高可用（同城双活）

这种部署模式可以提供更高的可用性，适用于对高可用性有较高要求的应用场景，支持本地机房和同城机房数据同步+故障自动切换，实现同城双活，具备 RPO=0，RTO<8s 的高可用能力。优点：可以实现更高的可用性。通过将节点分布在不同的可用区中，当其中一个可用区发生故障时，其他可用区的节点可以接管服务，保证数据库的连续性和可用性。这样可以有效降低单点故障的风险，提高应用的可靠性。缺点：由于所有的节点都部署在同一城市内，一旦整个城市的可用区由于自然灾害或者硬件发生故障，所有的节点都会受到影响，导致服务无法提供。

两地三中心高可用（异地容灾）

分布在两个不同的城市。这种部署方式具有高可用性的优点，即使其中一个城市或可用区发生故障，系统仍然可以正常运行，支持本地+同城+异地的部署架构，同城切换 RPO=0，RTO<8s 的高可用能力，异地容灾支持自动切换和手动切换两种方式。然而，这种部署方式需要更多的资源，包括服务器和网络设备等，以支持多个节点的运行。因此，需要仔细考虑资源投入和成本效益之间的平衡。同时，还需要确保两个城市之间的网络连接稳定和可靠，以确保数据同步和节点之间的通信正常运行。

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

4 功能介绍

4.1 事务控制

4.1.1 隔离级别

GoldenDB Lite V7 隔离级别遵循 SQL 标准，支持的隔离级别由低到高分别为：读未提交、读已提交、可重复读和串行化。

- 读未提交（RU）：事务可以查询到其他事务未提交的数据，即脏读。
- 读提交（RC）：事务可以查询到其他事务已提交的数据。该隔离级别解决了脏读问题。但是仍然存在同一个事务内多次读取同一数据集合，但查到的结果却不相同的问题。也就是不可重复读问题，原因是在多次搜索期间查询的数据被其它事务修改了。
- 可重复读（RR）：在同一个事务查询同一个数据时，每次读到的数据是相同的。该隔离级别解决了不可重复读问题。但是当某个事务在读取某个范围内的记录时，另外一个事务又在该范围内插入了新的记录，当之前的事务再次读取该范围的记录时，会读取到之前没有读到的数据，仍然存在幻读问题。
- 串行化（SERIALIZABLE）：事务之间是串行执行的。当出现读写锁冲突的时候，后访问的事务必须等前一个事务执行完成，才能继续执行。因此该隔离级别解决了幻读问题。

4.1.2 事务控制

GoldenDB Lite V7 严格实现事务 ACID 特性，通过 REDO 日志保证事务持久性、UNDO 日志支持事务原子性与事务回滚、MVCC 多版本并发控制实现隔离性。GoldenDB Lite V7 同时也支持自治事务，嵌套事务可独立提交或回滚，不影响外部事务，完全兼容 Oracle 行为。

GoldenDB Lite V7 数据库支持事务的四大特性：ACID。

- 原子性(Atomicity)：事务中的所有操作要么全部执行成功，要么全部失败回滚，没有中间状态。

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

- 一致性(Consistent)：事务开始前和结束后，数据库的完整性约束没有被破坏。
- 隔离性(Isolation)：并发执行的事务之间是相互隔离的，一个事务的执行不应影响其他事务的执行。
- 持久性(Durability)：一旦事务提交，其结果应该是永久性的，即使系统发生故障，事务的结果也不应丢失。

默认情况下，GoldenDB Lite V7 数据库在启用自动提交模式的情况下运行，即不显示开启事务时，每个语句的执行是原子的，执行成功后无法撤销更改，执行失败时会自动回滚。隐式禁用单个事务的自动提交模式即显示开启事务，执行 START TRANSACTION 开启事务，并通过 COMMIT 语句提交事务。若要显示禁用自动提交模式，请使用 SET autocommit=0，并在语句执行完后通过执行 COMMIT 语句提交修改。

GoldenDB Lite V7 支持 XA 事务，GoldenDB Lite V7 服务器能够充当资源管理器，用于处理全局 XA 事务，连接到 GoldenDB Lite V7 服务器的客户端程序充当事务管理器。当全局事务进入到提交阶段后，事务管理器采用两阶段提交协议保证该全局事务的原子性：

- 准备阶段：事务管理器向所有参与者发送准备请求，并等待它们的响应；参与者在收到准备请求后，将事务的状态（准备就绪或不准备）通知事务管理器。
- 提交阶段：如果所有参与者都准备就绪，事务管理器向所有参与者发送提交请求，参与者在收到提交请求后，执行事务的最终提交，并通知事务管理器；如果任何一个参与者在准备阶段表示不准备或在提交阶段发生错误，事务管理器会向所有参与者发送回滚请求。

XA 协议中没有描述如何实现分布式事务的隔离性，但是 XA 协议要求 DTP 模型（最早的分布式事务模型是 X/Open 国际联盟提出的 X/Open Distributed Transaction Processing（DTP）模型，简称 XA 协议）中的每个 RM（资源管理器 Resource Manager） 都要实现本地事务，也就是说，基于 XA 协议实现的分布式事务的隔离性是由每 RM 本地事务的隔离性来保证的，当一个分布式事务的所有子事务都是隔离的，那么这个分布式事务天然的就实现了隔离性。

4.1.3 性能优化

事务系统 readview 只读性能优化。

在 GoldenDB 数据库中，ReadView 结构记录了此刻的所有活跃事务（未提交事务），根据 ReadView 就可以判断当前哪些版本的数据对本次查询是可见的，哪些是不可见的，这

是 MVCC 的核心功能。 在高并发场景下，ReadView 的创建和销毁非常频繁，且全局维护在 m_views 和 m_free 链表中，并且对链表的操作需要持有锁（trx_sys->mutex）来避免线程的并行操作，所以对 m_views 和 m_free 链表操作是串行的，这就会导致并发场景下严重的锁竞争，因此创建和销毁操作需要精心设计，以平衡性能和正确性。

在读已提交隔离级别下，只读（read only）事务并不会修改数据，GoldenDB 优化了只读事务的 ReadView 销毁流程，绕过了昂贵的加锁（trx_sys->mutex）机制，使得 ReadView 可以被复用。在这种机制下，不进行真正的链表操作，只是标记 ReadView 为已关闭（m_closed = true），并且将 view 最低位（LSB）置为 1，表示它是一个“已关闭标记的指针”，通过标记指针来延迟实际的清理，避免获取互斥锁的开销，是一种“乐观无锁”设计，采用一种“懒关闭”的方式，只在本地标记 ReadView 无效，而将实际的链表清理工作延后或交给其他机制，使得只读事务几乎不产生任何锁开销，提高了只读事务的执行效率。

4.1.4 并发控制

GoldenDB 在事务处理上通过采用成熟的主流技术来实现高效的事务处理，这些技术主要包括：以行级为主表级为辅的锁技术、多版本并行控制技术（multiversioning）、全局乐观锁+自动补偿机制。这些技术在保证事务 ACID 特征的前提下大大提高了事务的并发处理能力。

4.2 基础功能

GoldenDB 支持通用数据库标准协议，支持 JDBC、ODBC、OCI、Native CAPI、.NET、Pro*C 等常见开发语言所使用的接口驱动，包括 C、C++、Java、.Net、Python 等，支持 JDBC、ODBC、OCI 内置负载均衡能力。

GoldenDB 兼容 SQL92、SQL99、SQL2003、SQL2011 标准语法，兼容 MySQL 语法，兼容常用 Oracle、DB2 语法，支持数据类型、视图、序列、同义词、函数、大对象、索引、存储过程、包和包体、触发器、分区、分区表等功能，支持 DDL，DCL，DML 语句，帮助用户从 Oracle、DB2、MySQL 等数据库快速地迁移到 GoldenDB 数据库，节省应用改造的成本，提升迁移效率。

4.2.1 数据类型

全面兼容 Oracle 与 MySQL 数据类型，包括：

- 数值类型：BOOL、BOOLEAN、BIT、TINYINT、INTEGER、SMALLINT、MEDIUMINT、INT、INTERGER、BIGINT、DECIMAL、DEC、NUMERIC、FLOAT
- 字符类型：CHAR、VARCHAR、VARCHAR(2)、BINARY、VARBINARY、TINYBLOB、TINYTEXT、BLOB、TEXT、MEDIUMTEXT、LONGBLOB、LONGTEXT、ENUM、SET。
- 日期类型：DATE、DATETIME、TIMESTAMP、TIME、YEAR。
- 特殊类型：ROWID、UROWID、RAW、自定义类型

4.2.2 数据对象

GoldenDB 数据库支持常见的数据库对象，支持表、各类数据结构、存储对象的创建、修改、维护、删除的全生命周期规范操作及权限：

- 表：表对象创建、修改、删除、查询，支持表结构操作 DDL、表数据操作 DML 等。
- 视图：GoldenDB 中视图不会保存数据，是虚拟的表，建立在已有的基础表之上，数据保存在基础表中，视图可以查看基础表中的数据，部分视图还可以添加更新和删除，对应基础表中的数据也会发生变化。支持视图的创建、删除、查看和修改操作。
- 同义词：GoldenDB 支持同义词，用于简化对其他数据库对象的引用，并提供更灵活的数据库设计。使用同义词来隐藏数据库对象的实际名称和位置，以减少代码中的硬编码，从而提高代码的可维护性和可移植性。谨慎使用同义词，避免引起混淆或命名冲突，确保同义词的命名清晰且易于理解。GoldenDB 支持表、视图等数据对象同义词。
- 序列：GoldenDB 支持序列（SEQUENCE）,序列全局唯一，在 GTM 节点上进行维护，提供全局序列的创建、修改、申请。
- LOB 大对象：支持 BLOB/CLOB 等大对象的创建
- 操作符：数值运算、逻辑运算、比较运算、字串拼接（类型强转）等。
- 表达式：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。
- 复杂查询：支持跨节点的复杂查询，可支持非本地的多表关联、合并、分组、排序

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

等操作；

- 支持自增序列，支持全局唯一的自增序列；
- 支持约束能力，具备主键、唯一、非空、CHECK 约束能力；

4.2.3 函数功能

GoldenDB 支持的函数包括控制流函数、字符串函数、数学函数、日期和时间函数、转换函数等，部分函数如下：

- 控制流函数包括 CASE WHEN 控制、IF（expr1,expr2,expr3）、IFNULL(expr1,expr2)等。
- 字符串函数包括 CHAR、CHAR_LENGTH、COALESCE、CONCAT、CONVERT、IN、INSTR、LENGTH、LOWER、REPLACE、LTRIM、RTRIM、TRIM、UPPER、LEFT、RIGHT 等。
- 数学函数包括 ABS、CEIL/CEILING、FLOOR、ROUND、MOD、POW 等。
- 日期和时间函数包括 DATE、DATE_ADD、DATE_FORMAT、DATE_SUB、DATEDIFF、DAY、DAYNAME、DAYOFMONTH、DAYOFWEEK、DAYOFYEAR、CURDATE、CURRENT_DATE、CURRENT_TIMESTAMP、CURTIME、LAST_DAY、MINUTE、MONTH、NOW、TIME、TIMEDIFF、TIMESTAMPADD、TIMESTAMPDIFF、TO_DAYS、TO_SECONDS、WEEK、YEAR 等。
- 转换函数包括 CAST、CONVERT 等。
- 聚合函数包括 AVG、COUNT、MIN、MAX、SUM 等。
- 位运算函数包括 &（按位与）、|（按位或）、!（按位非）、^（按位异或）<<（按位左移）、>>（按位右移）等。

4.2.4 索引机制

GoldenDB 支持在表的一个或多个列上创建索引，通过索引实现快速定位数据行，避免全表扫描，提升数据检索效率。

GoldenDB 支持的索引类型包括单列索引、复合索引和唯一索引。单列索引基于单个列构建，适用于单一列的等值查询和范围查询。复合索引基于多个列的组合构建，适用于多条

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

件组合查询场景。唯一索引在加速查询的同时保证数据的唯一性，适用于主键和业务唯一键场景。

GoldenDB 支持多种索引访问方式，包括不限于 B-TREE 索引、倒排索引、空间索引，B-TREE 索引采用 B+树作为核心存储结构，同时叠加多项自研增强特性，倒排索引适配全文检索、数组、JSONB 等多值数据场景；空间索引兼容标准的空间数据处理需求；

GoldenDB 支持全局索引，实现跨分区的索引功能，根据全局索引可以快速定位记录所在的分区信息并将查询路由到正确的分区上，避免全分区的扫描。在此基础上，GoldenDB 进一步支持全局唯一索引，实现跨分区保证数据的唯一性约束，满足主键和业务唯一键的强一致性要求。

GoldenDB 支持 Oracle 全文检索，支持创建全文检索索引并支持 catsearch 全文检索函数。

4.2.5 存储过程

GoldenDB 支持存储过程。存储过程是在数据库中定义一些 SQL 语句的集合，存储过程既可以有返回值，也可以没有返回值，主要用于执行操作。GoldenDB 的存储过程是存储节点执行。

4.2.6 视图功能

GoldenDB 支持视图功能，视图保存复杂查询，简化用户操作，支持单表和多表视图。GoldenDB 支持图形化/命令行创建视图、删除视图、修改视图、查看视图等视图基本操作，通过图形化方式选择依赖表单并定位所需的列；

GoldenDB 支持物化视图功能，物化视图是数据库中的一种特殊视图。普通视图仅保存查询语句，物化视图将查询的结果存储在数据库中，支持物化视图创建、修改和删除操作；物化视图支持手工刷新、自动刷新和定时刷新，支持物化视图的完全刷新和增量刷新，物化视图可以显著提高复杂查询的性能，避免了每次查询时需要重新计算结果。

GoldenDB 支持增量物化视图，可对物化视图在一段时间内的增量数据刷新。

4.2.7 触发器

GoldenDB 支持触发器功能。

- 触发时间支持操作前触发（BEFORE）与操作后（AFTER）触发。

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

- 触发事件支持表的插入（INSERT）触发，表的更新（UPDATE）触发，表的删除（DELETE）触发等。

4.2.8 序列与同义词

GoldenDB 支持序列 SEQUENCE 的创建、删除和获取；

GoldenDB 支持表对象的同义词。

4.2.9 分区功能

GoldenDB 支持范围分区、列表分区、哈希分区、二级分区，分区与索引结合可大幅提升大表查询与维护性能，支持分区快速清理、数据归档，适用于日志类、流水类大表场景。

GoldenDB 支持在分片的基础上再进行分区操作，支持创建分区、删除分区等操作。分区表按照哈希算法进行分区，将数据均匀地分布在多个分区中，从而实现并行查询，查询操作只需要处理特定的分区，从而减少扫描的数据量，提高查询效率。分区表也可以按照时间范围进行分区，每个分区包含特定时间段内的数据，这使得按时间范围查询变得更高效。

4.2.10 执行计划

GoldenDB Lite V7 可以查看数据查询、插入、更新、删除的执行计划。对于给定的 SQL，可以使用 EXPLAIN 命令查看 SQL 执行计划情况（关联表，表查询顺序、索引使用情况等）。通过查看执行计划，您可以了解 SQL 语句的瓶颈和潜在的性能优化机会。执行计划提供了关于查询执行的信息，但并不一定意味着执行计划本身会解决性能问题。需要综合其他优化技术和经验来改进查询性能。

GoldenDB Lite V7 支持执行计划绑定。SQL 的执行计划会因为统计信息的变化、优化器版本的更新、系统配置的更改等原因而产生变化，GoldenDB Lite V7 支持使用 Outline 固定执行计划绑定来确保查询使用预期的执行计划，从而稳定 SQL 性能。

4.2.11 SQL 并行执行

GoldenDB Lite V7 支持单个 SQL 由多个节点并行执行，SQL 可以为带有多表关联、排序、分组等操作的复杂语句。支持所有 TPC-H 标准查询的跨节点并行执行。

4.2.12 字符集字符序

GoldenDB 当前支持 latin1、gbk、utf8、utf8mb4 和 gb18030 等字符集，对应的，支持 latin1_bin、gbk_bin、utf8_bin、utf8mb4_bin、utf8mb4_0900_bin、gb18030_bin 等字符

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

序。

4.2.13 国产化适配

GoldenDB 具备全栈国产化适配能力，具体已完成适配包括但不限于：

- **CPU**：鲲鹏、飞腾、海光、兆芯、龙芯、申威、珠峰等。
- **操作系统**：麒麟、统信、新支点、凝思、深度、龙蜥、BC-Linux 等。
- **服务器**：中兴、浪潮、曙光、中科可控、超聚变、新华三、华鲲振宇、宝德、联想、五舟、鲲泰、四川虹信、河南昆仑、黄河、武汉长江、神码杭研、同方、湖南湘江、中科、紫光等。
- **同步备份工具**：英方、迪思杰、鼎甲科技、爱数科技、安钛飞、云信达、华为 OceanProtect、中电长城、航天壹进制、中安数联等。
- **中间件**：宝兰德、东方通、中创、普元、金蝶等。
- **业务**：华为、亚信、思特奇、新大陆、新炬、神州泰岳、浩鲸等。
- **运维管理平台**：新炬网络、云和恩墨、新数科技、中国移动 BOMC、溪数科技、上海上讯等。

4.3 高级功能

4.3.1 读写分离

读写分离是指利用集群安全组多副本，将部分读请求发往备用节点，提升系统的读能力。

在启动读写分离时，GoldenDB Lite V7 在收到应用 SQL 请求时，根据当前的语句类型和负载策略选择 SQL 下发的主备节点，将写操作发往主节点，将读操作发往备用节点。

在多个应用接入一个集群时，为了满足不同应用的需求，GoldenDB Lite V7 支持对同一集群不同的服务端口，设置不同的读写分离模式，支持数据库实例读写分离。

4.3.2 导入导出

数据导入导出一般用于系统间的数据迁移，小到导入导出一部分数据，大到数据割接、

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

数据库迁移式升级、数据的分库、海量数据的迁移等，使用场景十分丰富，是数据库常用功能。

GoldenDB Lite V7 支持将数据库中符合查询条件的记录导出到指定的数据文件中，也支持将外部数据文件导入至数据库中。

导入导出功能介绍如下：

- 外部接口

  GoldenDB Lite V7 导入导出的外部接口为文件，待导入文件的格式要符合要求，一般为字段间用分隔符隔离的文本文件。导出结果也同样为文本文件。

- 工具插件

  导入导出可以认为是系统的一个功能插件，部署灵活，与在线交易流分离，可以降低对联机交易影响。

- 原始文件自动导入数据库集群

  GoldenDB Lite V7 的导入导出工具支持并发处理，提升整体导入效率。工具也支持带条件导入，即仅将满足条件的记录导入至系统中。

- 导入导出能力

  GoldenDB 的导入导出工具支持库级导入导出功能；具备导入导出字符集转换功能；具备元数据和数据分别导入导出功能；具备定时自动任务导入/导出数据的能力；具备并行导入/导出数据的能力；支持 CSV、XLSX、TXT、LOG 等多种数据导入导出文件格式；具备服务器端指定起始点的导入、异常点记录的功能。

- 数据同步

  提供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。支持同构和异构数据库例如（Oracle，Mysql）的数据不停机迁移至数据库服务实例。

- 容错处理

  导入操作耗时长，对系统资源占用多，而外部的文件往往会有异常数据。因此导入操作经常会遇到错误，GoldenDB Lite V7 充分考虑导入异常的错误处理。

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

举例如下：

- 导入过程中遇到异常数据时，能将异常数据分拣出来，待后续处理。
- 流程处理的各阶段均有重试机制，最大程度保证导入成功。
- 系统异常时，能从异常时刻位置继续执行导入流程。
- 支持对原始文件记录末尾的空值进行处理。

4.3.3 压缩功能

GoldenDB Lite V7 支持表数据压缩和备份压缩。

- 表数据压缩

  通过对表或表分区进行数据压缩来减少磁盘存储空间；普通表支持透明页压缩，分区表支持行格式压缩；压缩算法支持 Zlib 和 LZ4，压缩率在 40%到 90%之间。

- 备份压缩

  对备份出来的数据进行压缩来减少空间占用，GoldenDB Lite V7 支持 Quicklz 和 LZ4 算法对备份文件进行压缩，默认使用 Quicklz 压缩算法。

GoldenDB Lite V7 同时支持对表的数据空间进行归并整理，可以实现对通过数据压缩和归并整理优化出来的空间进行释放到表空间，从而实现最大限度的存储优化能力。

4.3.4 并行 DDL

根据业务需求对表结构进行变更是个普遍的运维操作，常见的 DDL 操作包括给表添加新列、或给某些列添加二级索引等。随着数据量越来越大，究竟应该如何让客户少为 DDL 担忧，能够随时执行 DDL。解决 DDL 带来的问题，本质上只需要做到一点：降低 DDL 的执行耗时。如果 DDL 可以在指定时间窗口内快速完成，那么 DDL 带来的诸多问题都将迎刃而解。GoldenDB Lite V7 支持并行 DDL，例如：并行添加索引。在线并行创建二级索引的机制为：

- 并行扫描聚集索引并将数据写入临时排序文件；
- 并行排序数据；
- 从临时排序文件中加载已经排序好的数据到二级索引中。

排序和加载数据的并行线程的数量由参数控制。如果并行执行线程达到了最大线程限

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

制，会话将回到使用单个线程执行。

4.3.5 SQL 防火墙与长 SQL 熔断

GoldenDB Lite V7 支持 SQL 防火墙功能，用于紧急场景下对一些可能会导致数据库异常的 SQL 语句进行拦截。

SQL 防火墙功能通过黑名单机制提供 SQL 级别的异常操作拦截能力。该功能可根据配置的拦截规则，对执行 SQL 进行精确匹配或模糊匹配检查，有效防止高危 SQL 语句对数据库性能造成影响或阻塞正常业务运行。主要功能点包括：

1. 支持精确匹配和模糊匹配两种拦截模式

2. 可绑定到特定数据库生效

3. 实时拦截与规则匹配的危险 SQL

4. 通过开关灵活控制功能启停

5. 系统表与缓存同步维护黑名单规则

GoldenDB Lite V7 支持长 SQL 熔断限制功能，支持设置 SQL 执行时间，超过时间之后进行熔断处理。具体如下：

1. 支持配置 max_execution_time，要求如下； 该系统配置支持在运维页面上配置并下发；

2. 支持通过 SQL 语句中带 HINT /*+ MAX_EXECUTION_TIME(N) */ 来设置该条 SQL 的最大允许耗时，其中 N 单位为 ms；

该 HINT 只支持对主语句设置以控制整个语句的执行时间，不支持对子语句设置。

3. 当 SQL 语句执行超过设置的熔断阈值，则系统自动中断该 SQL，并打印日志，产生告警

（1）SQL 语句带 MAX_EXECUTION_TIME 的 HINT 时，以该 HINT 设置阈值为准；

（2）SQL 语句不带 MAX_EXECUTION_TIME 的 HINT 时，以 max_execution_time 系统变量为准，其中 SESSION 级设置优先级高于系统级。

4.3.6 语句级 rewrite 与 STA 索引推荐

GoldenDB Lite V7 支持 SQL 语句的 rewrite 改写能力，通过配置替换规则，不需要修改代码，就能将问题语句替换为目标语句。

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

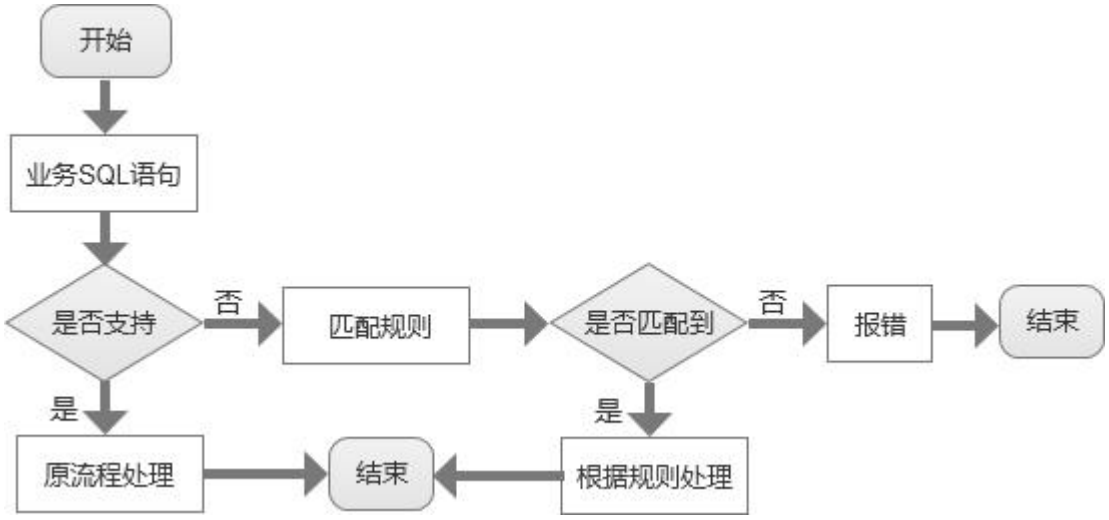


图 4.3.6-1 语句级 rewrite 流程图

GoldenDB Lite V7 支持 SQL 优化工具 STA，主要应用于以下场景：

1. 优化高负载 SQL 语句

在数据库运行过程中，某些 SQL 语句可能会因为访问大量数据、复杂的连接操作或缺少适当的索引而导致性能下降。STA 能够分析这些高负载的 SQL 语句，并给出优化建议，如创建或修改索引、调整执行计划等，从而显著提高这些语句的执行效率。

2. 改进执行计划

数据库在执行 SQL 语句时，会根据优化器选择的执行计划来访问数据。然而，在某些情况下，优化器选择的执行计划可能并不是最优的。STA 能够分析当前执行计划的不足之处，并给出改进建议，帮助数据库管理员或开发人员调整执行计划，以获得更好的性能。

3. 自动化调优过程

与传统的 SQL 调优方法相比，STA 提供了更加自动化和智能化的调优过程。它不需要数据库管理员或开发人员具备深入的 SQL 调优知识和经验，只需要通过简单的操作即可获得优化建议。这大大降低了 SQL 调优的门槛，使得更多的用户能够受益于 SQL 性能的优化。

4.3.7 隐藏主键 GIPK

GoldenDB Lite V7 支持无主键表自动创建隐藏主键，即 GIPK 功能（generate invisible primary key）。

GIPK 功能允许在没有显式主键的情况下，自动在不可见列上生成主键。通过系统变量 sql_generate_invisible_primary_key 控制是否启用 GIPK 特性，当我们启用了 GIPK 功能时，不可见主键 _gdb_r_rowid 不能使用 ALTER TABLE 语句进行修改，只能设置它的可见属性。

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

默认情况下，SHOW CREATE TABLE、SHOW COLUMNS 以及 SHOW INDEX 命令都会显示不可见主键信息。同时，information_schema 数据库中的 COLUMNS 和 STATISTICS 表中也包含了不可见主键字段。这一行为可以通过系统变量 show_gipk_in_create_table_and_information_schema 进行控制，默认值为 ON。系统变量 sql_generate_invisible_primary_key 的配置不会被复制，复制应用线程会忽略该变量。这就意味着源节点的设置不会对副本产生影响。对于 CREATE TABLE … SELECT 语句，GIPK 支持基于行的复制选项，此时二进制日志中包含了 GIPK 定义，可以正确地复制。

4.3.8 资源隔离与租户隔离

多租户 GoldenDB 集中式数据库具备以下优势：降低成本、提升资源使用率、按需创建、快速部署、统一运维。

GoldenDB Lite V7 支持多租户。在 GoldenDB 中，可以创建租户、扩缩容租户、删除租户等。GoldenDB Lite V7 数据库租户包含数据库节点，租户之间资源隔离，数据隔离。租户内数据实现多副本存储，保障数据的安全。

GoldenDB Lite V7 多租户技术可以实现多个租户之间共享系统实例，同时又可以实现租户的个性化定制。通过使用多租户技术可以保证系统共性的部分被共享，个性的部分被单独隔离。通过在多个租户之间的资源复用，运营管理维护资源，有效节省开发应用的成本。

在 GoldenDB 多租户数据库中，租户是数据库对象管理和资源管理的基础，也即租户是各类数据库对象的容器，又是资源（ CPU、 Memory、 IO 等）的容器。同一数据库集群内多个租户之间的 CPU、内存、I/O、数据隔离，就像独自使用数据库一样，不知道其他租户的存在，也不受其他租户的影响。同时支持对各租户执行 SQL 进行 CPU、Memory 资源的使用限制，支持以 DATABASE、USER、Session 粒度进行资源管理。

4.3.9 Oracle 兼容性

GoldenDB 兼容常用 ORACLE 语法，大大降低业务从 Oracle 迁移至 GoldenDB 的工作量。

- 数据对象兼容
  - 支持序列 SEQUENCE 的创建、删除、获取；
  - 支持 DBLINK 的创建、删除、使用；
  - 支持 BEFORE、AFTER、INSTEAD-OF 等触发器的创建、删除、触发；
  - 支持包 Packages、自定义函数、存储过程的创建、删除、调用等；

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

- 支持 REF Data Types、VARRAYS 等自定义类型的创建、删除、使用；

- SQL 语法兼容

  - 支持 ROWID、ROWNUM、DUAL 等；
  - 支持 FULL JOIN、(+) JOIN、MINUS、START WITH、MERGE INTO 等；
  - 支持 FLASHBACK BEFORE DROP、FLASHBACK AS OF TIMESTAMP 等；

- 内置函数兼容

  - 支持字符串函数，包括：LPAD、RPAD、SUBSTR、TO_CHAR、INSTR、TRIM、LTRIM/RTRIM、||拼接等；
  - 支持数值函数，包括：ROUND、TRUNC 等；
  - 支持日期和时间函数，包括：SYSDATE、TRUNC、MONTHS_BETWEEN、ADD_MONTHS 等；
  - 支持转换函数，包括：TO_CHAR、TO_NUMBER、TO_DATE、TO_TIMESTAMP、TO_CLOB、ROWTOHEX 等；
  - 其他函数，包括 NVL、NVL2、DECODE 等；

- 层次查询与自治事务

  - 采用 BFS 算法实现高效层次查询，支持 START WITH、CONNECT BY PRIOR，适用于组织架构、菜单、树形结构场景。自治事务独立于主事务提交 / 回滚，适用于日志记录、状态更新等必须独立生效的逻辑。

- PL/SQL 兼容

  - 支持%TYPE、%ROWTYPE 等数据类型；
  - 支持 LOOP、GOTO、FOR LOOP、CASE WHEN... END CASE 等流程控制语法；
  - 支持 FORALL、INTO、:=变量赋值等特有语法；

- 系统视图兼容

  - 支持 V$DATABASE、V$INSTANCE、V$SESSION、V$MYSTAT 等常用系统

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

视图；

- 高级包兼容
  - 支持 DBMS_OUTPUT、DBMS_SQL、DBMS_RANDOM、DBMS_UTILITY、DBMS_JOB、DBMS_CRYPTO、DBMS_STATS 、DBMS_LOB 等常用高级包。

4.3.10 MySQL 兼容性

全面兼容 MySQL 8.0.25 及以下版本语法、函数、数据类型、视图、存储过程、触发器、分区、字符集，支持 utf8mb4、gbk、latin1 等常用字符集，支持 INSERT…SELECT、LOAD DATA、批量 DML 等语法，MySQL 应用可零改造迁移。

4.3.11 PostgreSQL 兼容性

GoldenDB 全面兼容 PostgreSQL 10 及以上版本协议、函数、扩展插件，遵循 SQL 标准，支持 PostgreSQL 的 SQL 语法和功能，如事务处理、复杂查询、索引、触发器等，支持 PostgreSQL 的数据类型、扩展专用类型、内置函数、专属函数集合、操作符、运算符与类型转换语法及其它高级对象。PostgreSQL 应用可零改造迁移。

4.3.12 PL/SQL 兼容性

GoldenDB 兼容 Oracle PL/SQL 过程化语言，包括存储过程兼容、Package 兼容、自定义函数兼容等。主要支持功能列表如下：

- 基础语法兼容
  - 支持%TYPE 和%ROWTYPE 变量声明方式
  - 提供完整的异常处理机制（EXCEPTION）
- 批量处理功能
  - 实现 FORALL 批量 DML 操作
  - 支持 BULK COLLECT 批量数据查询
- 模块化编程
  - 兼容包 Package 规范与实现

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

  - 支持函数和存储过程的参数重载

- 高级特性

  - 支持动态 SQL 执行（EXECUTE IMMEDIATE）
  - 兼容游标全生命周期管理
  - 提供 DBMS_OUTPUT 调试输出

- 事务控制

  - 支持自治事务（Autonomous Transaction）
  - 完整的事务控制语句

这些功能使得 GoldenDB 能够无缝运行绝大多数 Oracle 存储过程和函数，确保业务系统平滑迁移。兼容性覆盖 PL/SQL 开发中的常见需求，包括变量声明、流程控制、异常处理等核心语法，以及批量处理、模块化编程等高级特性。

4.4 产品性能

4.4.1 执行计划缓存管理能力

GoldenDB Lite V7 支持执行计划缓存功能。SQL 语句执行过程主要可以分为 Parse、Prepare、Optimize 和 Execute。其中 Prepare 阶段主要包括 resolve 和 transform，resolve 语义解析，会进行权限检查，确定 table 和 field 是否存在，进行关联等。Transform 查询重写，主要进行子查询解嵌套，谓词下推等逻辑优化，输出的 query_block 就是逻辑执行计划。Optimize 是物理执行计划的核心，主要工作是计算单表的索引以及多表的连接顺序，最终构建的 AccessPath 就是物理执行计划。

对于 prepared statement，GoldenDB Lite V7 可以缓存语句对应的执行计划，execute 的时候就可以直接使用已经缓存的执行计划，从而跳过全部的优化阶段，进一步提高 execute 性能。

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

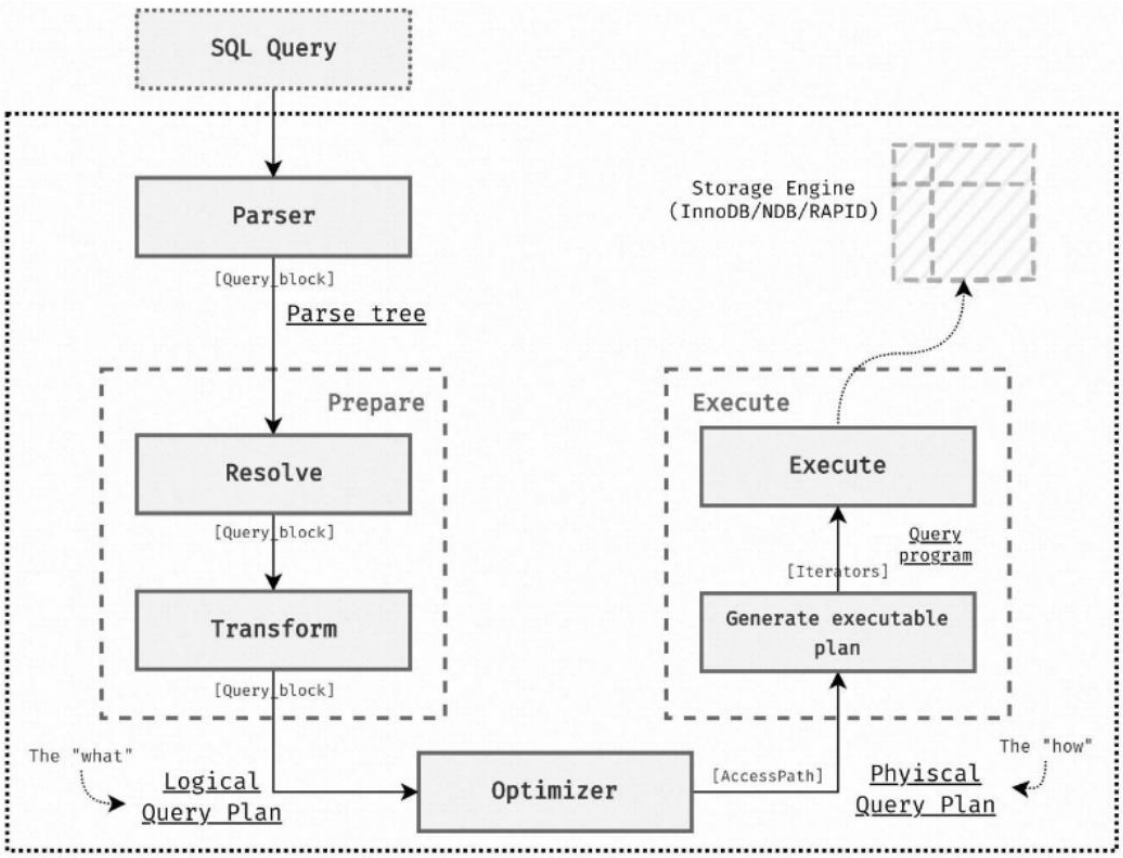


图 4.4.1-1 执行计划缓存管理

4.4.2 并行 insert select 性能优化

GoldenDB Lite V7 利用直方图特性支持通过 insert select 并行将源表对象数据插入目标表对象能力，事务期间，主业务线程根据表字段的直方图属性开启子工作线程，子工作线程负责具体的 insert select 处理，主业务线程负责时序协调。

Insert select 并行分为两个阶段，SQL 执行阶段和事务提交阶段。在 SQL 执行阶段，主线程负责接收客户端 SQL，并将 SQL 派发给子线程由子线程负责执行，同时主线程根据当前 SQL 的 Hint 与目标表对象的直方图信息，为各子线程选择合适的数据拆分策略。在事务提交阶段，主线程与子线程协同工作，子线程阶段性任务完成后进入同步等待区，等待主线程下一状态指令并被唤醒。对于时序控制流程，采用线程同步屏障策略，由主线程负责协调整体时序。该系统时序流程图如图所示：

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

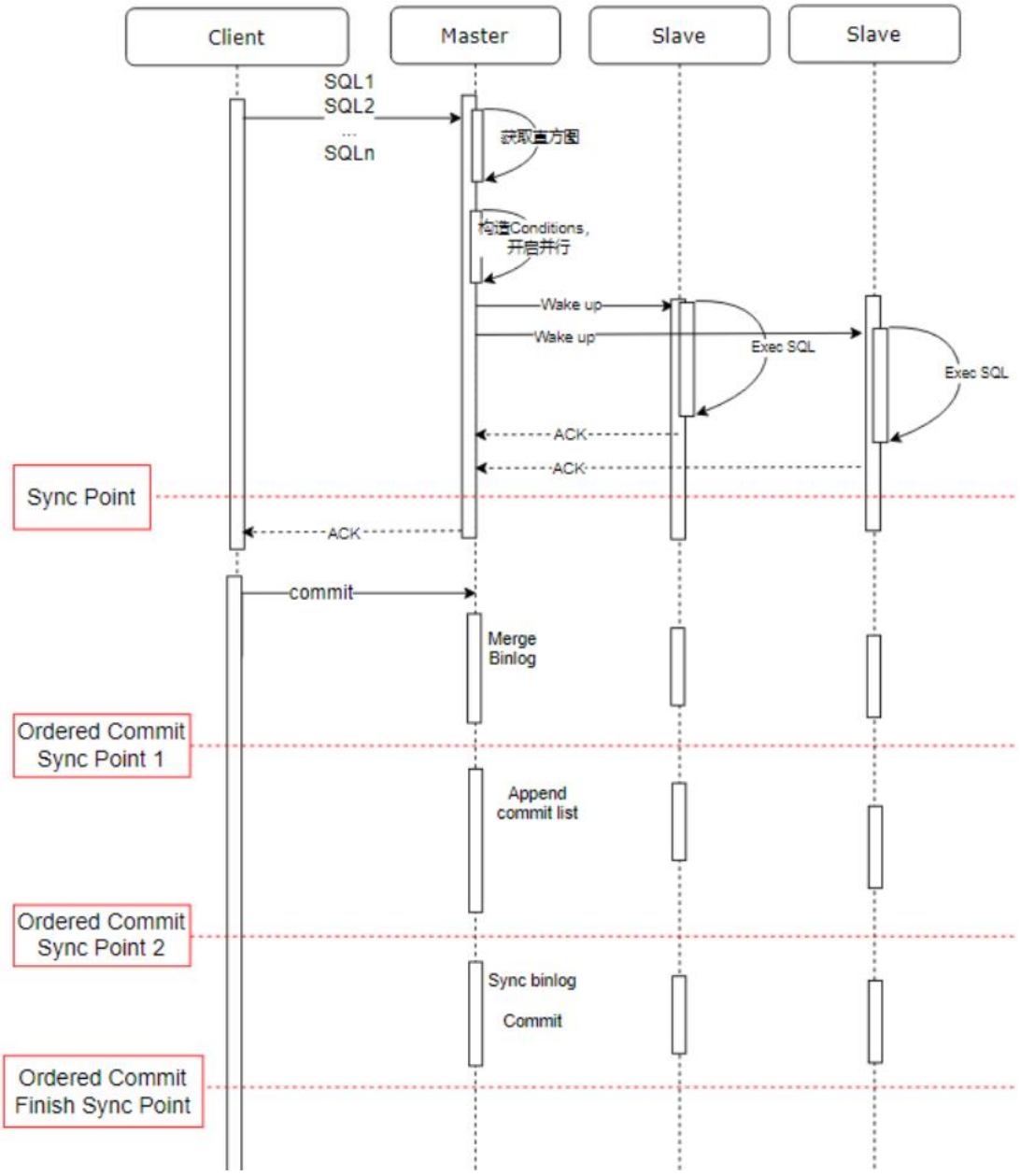


图 4.4.2-1 系统时序流程图

4.4.3 prepare 模式下元数据缓存性能优化

在 Prepare 模式下，其逻辑是一次 Prepare，多次 execute。当前 execute 阶段开表流程通常会在小 SQL（执行耗时小于 10ms）业务中占据很高的比例，然而每次开表其实都是使用同样的元数据缓存（除发生 DDL 之外），每次 execute 时都需要重复开表动作其实是冗余的。GoldenDB Lite V7 支持 Prepare 模式下通过元数据缓存来优化 Prepare 的性能，在 Prepare 阶段该 prepare statement 和 TABLE 绑定，execute 执行之后不会释放 TABLE 对象到 table_cache，而是保存在 prepare statement 对象内，等待下次 execute 复用，优化 execute

执行效率。如果发生 ddl 变化等情况，就会再进行一次 reprepare 开表。

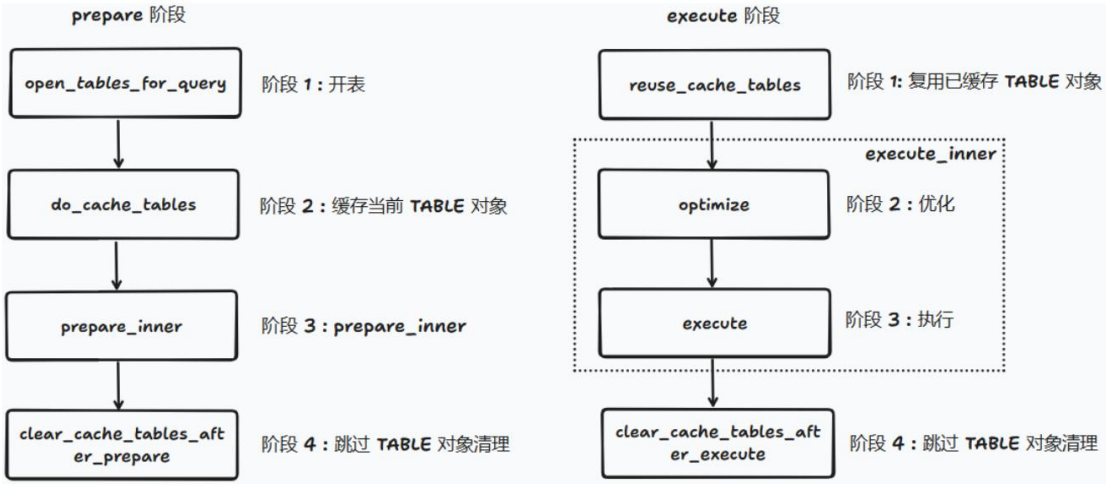


图 4.4.3-1 Prepare 模式流程图

4.4.4 批量协议

GoldenDB Lite V7 支持批量协议。具体设计如下：

标准 SQL 支持 prepare 模式。该模式采用预编译方式，每条 SQL 只需要执行一次 Prepare 操作，后续每次执行 Execute 操作，可以从缓存中找到对应的 SQL 解析结果，结合传入的参数，完成语句的最终执行，无需再次发送完整的 SQL 语句，可以有效减低相同 SQL 语句重复解析和系统间的交互成本，提升性能。

GoldenDB 引入批量协议，即在 prepare 时只需要含一组 value，而在 execute 时可以携带任意多个 value。这样，无论客户端在 execute 时带多少 value，都不需要改为普通 SQL 语句或先发送携带多 value 的 prepare 语句，大大提升 prepare 模式下 GoldenDB 的处理性能。

4.4.5 并行查询

GoldenDB Lite V7 支持语句级并行度、表级并行度、系统级并行度，并且并行度优先级为语句级>表级>系统级。

- 语句级：PARALLEL 语法或者并行 hint；
- 表级：创建和修改的表级并行度；
- 系统级：parallel_default_dop；
- GoldenDB Lite V7 支持并行查询优化，在执行一条 SELECT 语句的时候, 会做四个阶段:
- parse 阶段将一条 STRING(原 SQL 语句)转换成语法树；

- prepare 阶段将这个语法树,该设置的,该转换的转换好, 该优化的提前做准备；
- optimizer 阶段将这个语法树优化并生成最后真正要执行的 Iterator；
- execute 阶段直接按照层次级别的 Iterator 执行并将结果发送给客户；

并行查询, 无需修改 parse/prepare/optimizer 阶段，即发现当前语句支持并行查询的条件下，将 optimizer 阶段生成的 Iterator 拷贝多份，分发给多个子线程去执行，原线程充当合并线程的角色，合并下面每个子线程的结果, 最后发给客户。

4.4.6 流式查询

GoldenDB Lite V7 支持流式查询，数据库实例和客户端之间，都不需要等待结果集全部处理完成才回响应，而是按照设置分批回响应，且结果集不落盘。在大结果集查询场景下，全流程“execute-fetch”有效减少响应等待时间，整体性能大幅提升，并能降低系统 CPU、内存资源占用。

流式查询方案如下：

流式将查询结果从数据库返回给客户端，结果集大小满足客户端 fetchsize 要求；流式查询的要求为不需要将所有满足条件的数据都查询出来之后，再返回 fetch 的条数给应用；而是直接满足了 fetchsize 的数据之后，直接返回给业务，减少大结果集第一次 fetch（实际是 execute）的执行时间。支持配置开关，控制是否支持流式 fetch；配置开关支持语句级、会话级、全局级。

4.5 安全性

GoldenDB 作为一款安全、自主、可控的数据库产品，在安全性方面取得了显著成就，并得到了众多权威机构的广泛认证与认可。

全面的安全性保障

- **安全审计**：GoldenDB 支持界面化的安全审计功能，能够详尽记录并检测数据库管理操作及用户数据库对象操作，为数据库的安全监控提供了坚实保障。
- **密码安全**：GoldenDB 具备密钥管理与标准密码运算能力，支持符合国家商用密码标准的加密算法，确保密码的安全可靠。
- **账户安全**：GoldenDB 支持口令认证、证书认证，口令认证支持复杂度策略配置，支持账户锁定策略。

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

- **数据安全：**GoldenDB 通过精细的授权管理员角色、数据脱敏查询、数据传输加密、数据加密存储、数据运行安全等功能，以及强大的备份和恢复机制，全面确保数据的完整性和可恢复性。
- **运维安全：**GoldenDB 通过适合分布式架构的一致性元数据管理能力、异常问题诊断能力、监控告警能力和数据一致性管理能力等，确保 GoldenDB 的运维安全，全面保障数据库的稳定可靠。

权威机构认证

- **安全可靠测评：**于 2026 年 5 月 26 日，GoldenDB 集中式数据库通过由中国信息安全测评中心、国家保密科技测评中心、国家知识产权组织的集中式数据库的安全可靠测评，充分证明了 GoldenDB 在安全可靠方面的卓越表现，为用户提供了有力的安全保障。
- **GM/T0028 商用密码产品认证证书：**由国家密码管理局商用密码检测中心于 2024 年 1 月 12 日颁发，证明了 GoldenDB 在商用密码产品方面的合规性和安全性。
- **关系型数据库安全专项证书：**由中国信通院于 2024 年 7 月 16 日颁发，证明了 GoldenDB 在关系型数据库安全能力方面均符合标准要求。
- **TLCP 测试软件检测报告：**由鼎铉商用密码测评技术有限公司于 2023 年 8 月 10 日出具，进一步验证了 GoldenDB 密码技术的先进性和可靠性。
- **网络安全等级保护核心系统等级测评报告（4 级）：**GoldenDB 承接的项目由中国金融电子化公司测评中心于 2022 年 7 月 28 日出具，证明了 GoldenDB 核心系统在网络安全方面具有较高的防护能力。

通过一系列先进的安全技术和措施，如身份认证、权限管理、数据加密、审计日志、数据备份与恢复等，GoldenDB 全方位地保障了数据的安全性和完整性。同时，GoldenDB 还具备灵活扩展、高性能、高可用等特点，能够满足各种复杂业务场景的需求，为用户提供安全、可靠、高效的数据库服务。

4.5.1 安全审计

GoldenDB 提供了全面、细粒度的操作审计能力，支持界面化的安全审计功能，包括审计策略的启停管理、可视化查询、日志导出与备份。支持对数据库配置修改、权限变更、库表结构变更、数据访问操作、事务控制及管理行为等进行自动记录与追踪，同时具备对数据

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

库管理操作和用户数据库对象操作的检测能力，创建与用户关联的安全事件记录。审计策略通过系统表灵活配置，所有审计日志统一存储于审计日志表中。为保障数据安全，系统提供审计日志加密存储、加密导出及定期备份机制，并支持审计数据的清理，确保审计信息的时效性和系统性能。此外，数据库还具备实时会话监控与多维告警管理能力，能够对异常操作进行归并、抑制与恢复处理，帮助管理员高效掌握数据库运行状态，迅速响应风险事件，追溯问题根源，优化数据访问控制策略，满足企业安全合规与运维监管要求。

- 数据库管理操作

  GoldenDB 的设计支持完整的安全管理功能，包括用户权限控制，审计等。并且审计事件中包括主体身份，可以通过审计事件追溯到该事件对应的数据库用户。

- SQL 审计

  支持对数据库已执行 SQL 的审计查询。支持通过时间、操作类型、客户端、用户名、库名、表名进行查询。

- SQL 日志审计

  审计是对数据库用户执行操作的记录和审核。包括操作类型、操作对象、执行结果等信息，GoldenDB 支持将所有的业务 SQL 写入审计日志文件，以便对 SQL 语句进行统计和审计，找出潜在的威胁。

- 审计数据可用性保证

  GoldenDB 支持审计记录的查看、导出操作，但是必须具备对应权限的管理员或用户执行，无授权的用户无法查看或导出这些审计记录。审计数据具备加密存储的保护能力。

- 审计数据清理

  GoldenDB 支持按策略周期清理最早的审计记录。

- 告警管理

  GoldenDB 提供多维监控告警能力，能够接收各组件上报的告警，并进行归并、抑制与自动或手动恢复处理。系统通过主告警与关联子告警的聚合展示，帮助管理员高效掌握数据库运行状态，迅速响应风险事件。

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

4.5.2 密码安全

GoldenDB 提供了密钥管理和密码运算功能的调用机制，以维护数据库管理系统中数据资产在存储和传输过程中的加密保护需求。GoldenDB 具备密钥管理与标准密码运算能力。

- 密钥生成

  GoldenDB 的密钥由安全管理员通过管理页面进行初始化和更新，使用符合 GM/T0028 标准的密钥生成算法，生成 CN 和 DN 工作密钥。

- 密钥变更

  安全管理员通过管理界面进行密钥的更新，备份与销毁。

- 密码运算

  GoldenDB 根据国家商用密码产品二级以上的特定的密码算法和密钥长度来执行密码运算列表，支持 SM2/SM3/SM4 加密算法。

- 密码验证

  GoldenDB 支持通过国密算法对用户名密码进行解密校验。数据库设置了密码校验规则，包括长度、密码不能与用户名相同、英文字母大小写、特殊字符及数字等组合限制，如果设置的密码不符合密码校验规则数据库会失败返回。

4.5.3 数据安全

GoldenDB 支持全面的用户数据保护能力。一方面，支持精细的授权管理员角色，实现职责分离和角色约束，确保只有被授权的用户才能访问和操作数据库对象；另一方面，支持对数据库中的表列进行脱敏查询，并提供数据传输加密功能，无论是与外部应用之间的交互还是数据库内部的数据传输，均能获得高级别的加密保护。此外，GoldenDB 提供事务处理和存储介质故障的数据恢复机制，以保障数据的完整性和可恢复性，同时支持数据副本间的准实时一致性，确保数据的实时同步，并在数据不一致时及时发出告警，为用户提供全面、可靠的数据保护服务。

4.5.3.1 访问控制

- 基于角色的访问控制和三权分立

  GoldenDB 提供完善的基于角色的访问控制（RBAC）机制，并支持三权分立的安

全管理模式，通过将系统管理员、安全管理员和审计管理员的权限进行分离，实现职责权限互不重叠且相互制衡，有效避免因单一管理员权限过大带来的安全风险。通过设置不同的权限实现了精细化的权限访问控制。可实现如下权限用户的操作命令控制：系统管理员用户包括初始用户在未经其授权前，只能进行控制操作（DROP、ALTER、TRUNCATE），无权进行 INSERT、DELETE、SELECT、UPDATE、COPY、GRANT、REVOKE、ALTER OWNER 等访问操作；系统管理员获取授权后可进行 INSERT、DELETE、SELECT、UPDATE、COPY、GRANT、REVOKE、ALTER OWNER 等高权操作。

- 基于数据库对象的访问控制

GoldenDB 可以对数据库对象配置不同的访问策略。如对于表的只读权限和写权限/敏感字段的访问权限/记录行的访问权限，不同的用户通过权限控制访问符合自己访问规则的数据。

- 身份鉴别标识和口令安全

GoldenDB 采用严格的用户标识管理和多层次口令安全策略，为用户提供可靠的身份鉴别与安全防护能力。

GoldenDB 以"用户名"作为唯一标识，用户登录后，系统根据唯一标识从全部权限系统表中加载该用户的全部权限。当执行 SQL 语句时，系统根据语句类型、访问的库表等汇总所需权限集合，并与用户所拥有的权限进行比较。若满足所需权限则允许执行，否则终止执行并返回报错。

在口令安全方面，GoldenDB 支持灵活的密码复杂度配置，包括密码最小长度、数字/大小写/特殊字符个数、用户名是否可作密码等。密码修改时可禁止重复使用近期密码，并支持验证现有密码（root 除外）。登录采用哈希比对，连续失败达阈值后自动锁定账户或 IP，防范暴力破解。创建或修改密码时系统依次校验规则、复杂度及历史信息，全部通过方可成功，确保只有符合安全策略的密码才能通过验证，保障身份鉴别安全。

- 会话状态控制

GoldenDB 通过客户端与数据库端口建立会话，实现了全面的会话状态管理和安全控制机制。系统支持多次登录安全策略，当用户连续登录失败达到预设阈值时自动锁定账户并支持手动解锁，有效防范暴力破解攻击。在会话超时控制方面，系统区分交互式连接和非交互式连接，支持空闲超时自动断开连接，防止闲置连接带来的安全风险。会话数控制采用多维度限制，支持全局最大连接数控制并保留管理员专用通道，同时支持单用户连接数限制及每小时连接次数限制，防止资源耗尽。此外，系统提供完整的会话监控与管理能力，支持会话状态监控、SQL 语句跟踪、活跃事务数监测、多种会话终止方式、会话锁定与解锁功能，并支持存储会话信息以追溯会话历史。这些措施共同保障 GoldenDB 会话管理的有效性，确保数据库操作的合规性，增强数据库访问的安全性和可管理性。

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

- 数据访问权限

  支持多级别颗粒度的访问控制，支持远程连接黑白名单；

- 白名单客户端控制

  GoldenDB 支持 IP 白名单控制，通过 IP 白名单的方式过滤连接请求。只有在 IP 白名单中的客户端才能访问数据库，非白名单客户端连接将报错拒绝。

4.5.3.2 数据查询脱敏

GoldenDB 支持灵活的数据脱敏功能，可根据不同用户权限定制化制定脱敏策略，在有效保护原始数据的前提下解决非授权用户对敏感信息的访问问题。脱敏策略支持对指定库表字段配置脱敏函数，提供包括全脱敏、数字脱敏、邮箱脱敏、信用卡脱敏、乱序脱敏、正则脱敏、随机脱敏及全脱敏为空值等多种脱敏函数，满足不同场景的隐私保护需求。

4.5.3.3 数据传输保护

GoldenDB 支持传输层协议加密，全面保障客户端与数据库之间、数据库内部组件之间的通信安全。在国密标准方面，GoldenDB 支持传输层密码协议（TLCP），采用 SM2、SM3、SM4 国密算法，支持 SSL 协议，实现端到端的数据加密、双向证书认证及防篡改保护。通信过程中，客户端与数据库通过 SM2 完成证书交换与密钥协商，生成 SM4 会话密钥对 SQL 语句进行加密传输，并通过 SM3 摘要确保数据完整性，有效防止窃听、篡改及中间人攻击。

在国际标准方面，GoldenDB 支持 TLS 协议，TLS 1.2 及以上，采用 AES、RSA 等标准加密算法，通过证书认证与密钥协商机制，配合消息认证码保障数据完整性，兼容 JDBC、ODBC 等标准客户端的 SSL 连接。

两种加密协议均支持证书加载、协议开关及算法选择等灵活配置，性能损耗可控，对数据库吞吐量影响低于 5%。通过上述传输加密能力，GoldenDB 确保 SQL 语句在传输前加密、接收后解密执行，全面保障数据传输的机密性与完整性。

4.5.3.4 数据加密存储

GoldenDB 支持表级别和列级别的加密，对应用透明。支持国密加密 sm4 算法和数据存储透明加密技术（TDE）。通过列级别的加密，表中仅存储加密后的字符串，在不知道加密串的情况下，即使查询出来也会是乱码；表级别的加密可以加密整张表，在没有密钥文件的情况下，即使拷贝走表数据文件，也无法破解表内数据。

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

- 列级加密

  对数据库中的某一列数据进行加密，这种加密方式具有较高的灵活性和选择性，可以根据实际需求选择需要加密的列。列加密支持加密算法包括 AES256 和 SM4。

- 表级加密

  对整个数据表进行加密，这种加密方式适用于对整个表的数据进行保护。表加密支持的加密算法包括 AES256 和 SM4。

- 整个数据库级加密

  对整个数据库进行加密，包括数据库中的所有表、视图、索引等对象。这种加密方式提供了最高级别的安全性，但也可能对性能产生较大影响。库加密实现上依赖于表加密。

4.5.3.5 漏洞管理

建立漏洞管理机制，及时通过邮件、网站等方式将安全漏洞告知用户，并提供安全补丁对漏洞进行修复。

通过网站、邮件等机制进行漏洞管理。

4.5.3.6 防 SQL 注入

GoldenDB 支持 SQL 防火墙功能,用于紧急场景下对一些可能会导致数据库异常的 SQL 语句进行拦截。

SQL 防火墙功能通过黑名单机制提供 SQL 级别的异常操作拦截能力。该功能可根据配置的拦截规则，对执行 SQL 进行精确匹配或模糊匹配检查，有效防止高危 SQL 语句对数据库性能造成影响或阻塞正常业务运行。主要功能点包括：

1. 支持精确匹配和模糊匹配两种拦截模式
2. 可绑定到特定数据库生效
3. 实时拦截与规则匹配的危险 SQL
4. 通过开关灵活控制功能启停
5. 系统表与缓存同步维护黑名单规则

4.5.3.7 网络协议安全

GoldenDB 支持 SSL 加密。SSL 是在传输通信协议（TCP/IP）上实现的一种安全协议，

采用公开密钥技术，有效保护数据的传输安全。GoldenDB 内部传输使用 SSL 加密。原端将原始 SQL 语句进行 SSL 加密处理，然后将密文发送给目的端，目的端收到密文后进行解密，得到原始 SQL 语句进行正常解析和处理。此外 GoldenDB 也支持客户端使用 TLCP 加密的链路与 CN 交互。

4.5.3.8 数据运行安全

GoldenDB 支持数据运行安全，致力于为用户提供全方位的安全保障。GoldenDB 具备拦截大事务、拦截大结果集查询和预防误操作等多种机制来预防潜在的危险操作，确保数据在系统运行过程中的稳定性和可靠性。

- 拦截大事务操作

  GoldenDB 能够智能地拦截大事务操作。在数据库环境中，大事务往往会对系统性能产生严重影响，甚至可能导致系统崩溃。通过拦截大事务，GoldenDB 能够避免这类操作对系统造成的冲击，确保系统能够持续稳定运行。

- 拦截大结果集查询

  GoldenDB 还能够拦截大结果集查询。在某些情况下，用户可能会执行返回大量数据的查询操作，这不仅会消耗大量系统资源，还可能导致系统响应时间变长。通过拦截大结果集查询，GoldenDB 能够提醒用户注意查询操作的合理性，并引导用户采取适当的措施来优化查询性能。

- 预防误操作

  GoldenDB 具备完善的预防误操作能力，通过 SQL 防火墙、长 SQL 熔断及高危操作防护机制，在执行前识别并拦截可能导致系统异常的潜在风险。

  SQL 防火墙功能基于黑名单机制，支持精确匹配与模糊匹配，可绑定到特定数据库实时拦截高危 SQL 语句，并通过开关灵活控制启停，系统表与缓存同步维护黑名单规则。

  长 SQL 熔断机制支持对执行时间过长或消耗资源过多的 SQL 语句进行自动识别与中断，防止个别异常查询拖垮整体数据库性能。

  高危操作防护支持对 DELETE、DROP、TRUNCATE 等危险操作进行禁止或拦截，有效防止因人为失误导致的数据丢失或系统异常。

上述机制共同为用户提供更加可靠的数据使用环境。

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

4.5.3.9 备份与恢复

GoldenDB 拥有强大的备份和恢复功能，支持表级、实例级、库级、用户级、集群级的备份、恢复等操作。支持在线全量、增量、差异、部分、连续归档的备份/恢复功能。支持对指定库进行增量（差异）备份及恢复功能。

其备份类型分为两种：

- **全量备份**：全量物理备份。
- **增量备份**：最近一次全量备份后的增量部分备份（包含物理备份和逻辑备份）。

GoldenDB 的备份策略分为两种：

- **定时备份**：可以指定每周或每天指定时刻进行数据和日志备份
- **实时备份**：可以在需要时立即进行数据和日志备份任务

GoldenDB 备份的功能特点：

- **可视化备份任务管理**

GoldenDB 支持在 Insight 上进行备份任务的管理，支持可视化管理数据库备份任务，支持可视化管理自动备份，自动备份任务可随时开启和关闭，自动备份文件可通过而是话管理平台删除至用户所需保留的份数，支持多种备份任务，包括备份任务策略的配置、备份历史操作的查阅等。

备份任务的发起可以有二种模式：一种为在线实时备份，即用户配置好后立刻会发起一次备份任务；另一种为离线定时备份，用户可以设置定时备份策略，典型的策略为每周日备份全量数据，其他时间分别在周日全量备份的基础上做一次增量备份，如此，可通过全量数据和其他任一增量备份数据，快速恢复出想要的那天的数据。

- **备份文件存储**

GoldenDB 的备份文件可在分片节点本地挂载 NFS 共享目录，将备份结果文件统一存放；同时 GoldenDB 也支持与外部备份系统对接，如 IBM TSM、NBU、S3、COS 等，可以直接将备份结果存储到第三方存储介质。

- **备份文件存储策略**

GoldenDB 支持实例级存储配置、分片级存储配置、AZ 级存储配置、节点级存储配置等

备份文件的存储策略，可以灵活应对局点的不同业务需求和网络隔离场景进行选择和配置。

GoldenDB 数据恢复功能，支持时间点和指定表的恢复功能：

- **可恢复到任意时刻**

由于 GoldenDB 有数据节点的全量及增量备份文件，同时有其运行过程中的日志，借助这些数据可以将系统恢复至任意需要的时刻，但需注意全量及增量备份文件恢复的速度要快于数据库日志的回放速度，因此如无特殊要求，建议选择恢复到某次备份的结束时刻，以便更快的完成数据恢复.

- **一致性的数据恢复**

由于 GoldenDB 备份了运行过程中的日志及每个时刻的全局事务列表快照，因此可以根据这些信息恢复出一个全局一致性的数据快照.

- **恢复任务管理**

GoldenDB 支持在运维平台上进行节点的一键恢复操作，用户直接在运维平台上选定要恢复的节点及要恢复到的时间点，即可进行自动化的数据恢复。

4.5.4 运维安全

GoldenDB 在运维安全领域提供了全面、高效且智能的解决方案，旨在为用户打造稳定、可靠且高效的数据库服务体验。

4.5.4.1 元数据管理能力

GoldenDB 支持元数据统一管理，并具备满足一致性要求的数据库元数据管理能力。它不仅全面涵盖了元数据的创建、修改、删除、查询、可视化以及持久化等核心管理环节，还提供了对结构信息等复杂元数据的管理功能。此外，GoldenDB 还具备对组件元数据的统一管理能力，能够修复各组件元数据不一致问题，确保各组件元数据的完整性和一致性。这一特性使得用户能够更加方便地进行元数据管理和维护。

4.5.4.2 异常问题快速诊断

GoldenDB 支持异常问题快速诊断功能。除了常规的集群服务器、数据库实例、慢 SQL、

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

锁等待、死锁等问题诊断分析外，GoldenDB 还增加了对事务处理、主备数据一致性等复杂问题的诊断能力。通过异常诊断的能力，GoldenDB 能够快速定位问题根源，提供准确的解决方案建议，有效缩短故障恢复时间。

4.5.4.3 监控管理告警能力

GoldenDB 支持一键向导式部署，使得部署过程更加简便快捷。图形化管理平台提供了丰富的监控信息，包括系统概况、运行情况、关键指标、集群情况、吞吐情况等，同时还支持自定义监控指标，满足用户个性化需求。当系统出现问题时，GoldenDB 能够实时发出告警，并支持快速跟踪和定位问题，确保系统稳定运行。

4.5.4.4 一键巡检及故障诊断

GoldenDB 具备可视化 Insight 统一运维管理平台为数据库系统提供高效、智能、可视化的运维，GoldenDB 支持一键巡检及故障诊断功能，能够按需收集日志及诊断信息，定期为数据库提供可靠性、可用性、性能、可维护性方面的全方位健康检查，并进行智能分析和处理，并给出相应的优化建议。支持日志打包及切片功能，有效的提升了问题诊断效率，同时 GoldenDB 还提供了丰富的诊断报告能力，包括按指定时间生成集群和数据库诊断报告等，为用户提供了全面的系统健康状况分析。

支持通过图形管理界面集成自动负载信息库（AWR）、自动数据库诊断工具（ADDM）、活动会话历史（ASH）三类性能诊断工具，并集中部署于同一管控平台节点，操作直观便捷；支持图形化开展自动负载信息库快照管理，双击进入快照管理节点，可实现快照创建、删除、重置及刷新操作；支持图形化选择自动负载信息库报告类型、快照起止时间段，完成报告生成、导出，并支持双报告对比分析功能。

支持生成 AWR 报告、ADDM 报告以及 ASH 报告，通过报告评估数据库运行健康状态。

- ASH 报告：

1）列出报告的用户事件（Top Events）；

2）列出执行的 SQL 类型、数量、占比、平均活跃 会话数（Top SQL Command Types）；

3）列出 TOP SQL 语句、及相应的响应时间占比（Top SQL with Top Events）；

4）列出会话 ID、等待事件、等待时间占比（Top Sessions）；

5）按照一个时间间隔对采集时间周期分组后，生成的每个时间间隔里的等待事件、占比（Activity Over Time）。

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

- ADDM 报告：

1）Impact（影响程度）：占总数据库负载百分比（0~100%），优先级从高到低排序。

2）Root Cause：自动推断根本原因。

3）Recommendation：可执行优化建议，附带预估收益。

- AWR 报告：

1）列出集群、节点和租户的基本信息，包含开始时间、结束时间的 CPU、内存、存储资源分配情况；

2）列出集群和租户级别的等待事件；

3）列出执行时间、CPU 时间、物理读、逻辑读、影响行数、执行次数的 TOP SQL。

- 双快照对比报告：

选取两组不同时间段的 AWR 快照；

时间段 A（基线时段：业务平稳正常负载）+ 时间段 B（异常时段：性能变慢、卡顿、并发升高），数据库自动对两份快照内所有性能指标做差值、比值、变动幅度量化对比，自动高亮指标恶化项、等待事件激增项、SQL 执行效率劣化项。

支持交易全程跟踪诊断，通过外部业务流水号或 Trace ID 可以输出指定事务或 SQL 请求在分布式数据库各节点的运行跟踪日志。

支持系统在运行中拦截大事务、拦截大结果集等危险操作。

支持不依赖第三方组件和产品的数据生命周期管理（数据自动归档和清理）。

4.5.4.5 主备节点数据一致性检查

GoldenDB 支持主备节点数据一致性检查功能，能够可视化实现数据库存储节点副本间主备数据的一致性检查。通过智能高效的数据处理能力，GoldenDB 能够实时监测主备节点数据的一致性状态，并在发现不一致情况时及时发出告警，确保数据的完整性和可靠性。同时，GoldenDB 还提供了丰富的数据修复工具和方法，帮助用户快速解决数据一致性问题。

4.6 数据库管理功能

集中式版本运维管理平台围绕租户全生命周期管理、自动化运维、实时监控告警、备份恢复、数据安全管控、性能智能优化等核心方向构建能力，实现数据库运维从“人工被动运维”向“自动化主动运维、智能化预判运维”转型。

GoldenDB 提供 Insight 统一运维管理平台，提供 WEB 界面形式的统一管理入口，支撑

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

各种场景的运维需求，支持对多个集群的集中管控，简化用户对集群的管理，满足不同的运维管理需求。Insight 同时提供丰富的 API 接口，供其他系统集成，满足客户构建自身统一运维平台的需求。支持对 GoldenDB 各个组件的日志进行一键采集，方便用户进行日志分析和故障排查。

4.6.1 首页监控总览

首页提供系统总览、业务总览、资源总览、组件总览、拓扑图，多维度、全方位展示系统内部的监控信息。

- 系统总览：展示系统的 AZ 地理位置、租户数量、组件数量、告警数量。
- 业务总览：展示租户粒度统计的业务性能统计数据，如 QPS、TPS、执行耗时、慢 SQL 数量等。
- 资源总览：展示主机、进程的资源 TOP，包括 CPU、内存、磁盘空间等。
- 组件总览：展示组件进程的资源指标、性能指标。
- 拓扑图：展示租户的 AZ 拓扑结构，每个 AZ 的数量，角色。

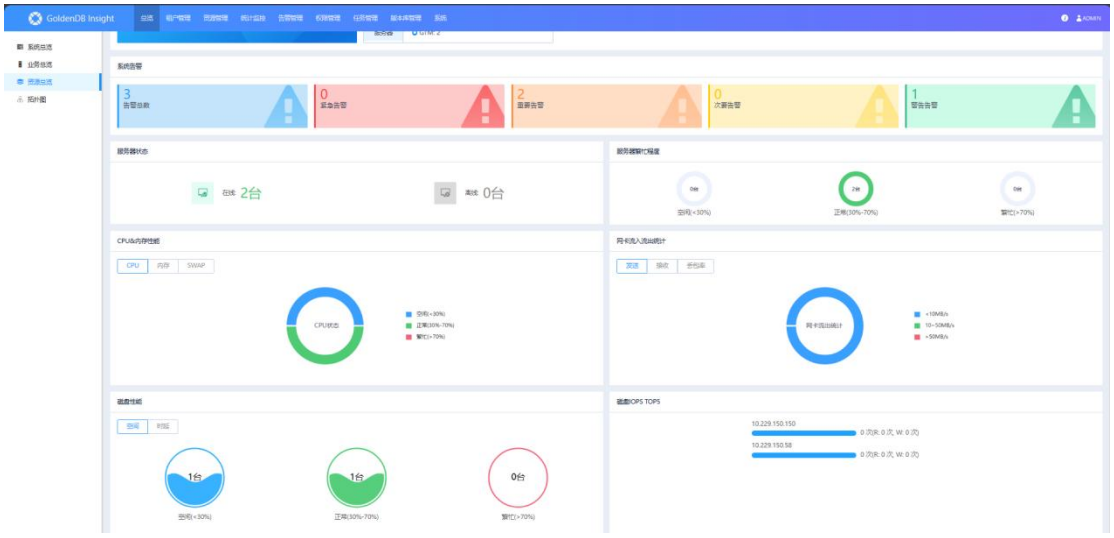


图 4.6.1-1 Insight 统一运维管理平台

4.6.2 资源管理

对整个数据库的全局资源进行管理。包括 AZ 下的主机资源、参数基线、组件规格模板、备份的存储配置。

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

- AZ 管理：配置 RG（如城市）、AZ（如机房）的地理位置信息。是同城容灾、异地灾备的基础信息。系统纳管的主机也要归属到具体的 AZ 下。
- 主机管理：主机即服务器，提供租户数据库部署需要的 CPU、内存、磁盘、网络等资源。
- 参数管理：提供参数模板、参数比对、参数配置功能。参数模板是组件安装时采用的参数的配置值。
- 组件规格模板：提供 CPU&MEM 规格模板配置、磁盘空间模板配置，用于安装时设置对应资源参数。
- 存储配置：提供备份文件存储方式、存储参数的配置。存储方式支持 NFS 存储。

4.6.3 租户全生命周期管理

支持多租户管理，支持租户（实例）的全生命周期管理。租户之间资源隔离，数据隔离。

- 支持租户（实例）的创建。支持页面向导式安装，支持黑屏一键安装，支持 REST 接口安装。
- 支持租户（实例）的节点扩缩容。
- 支持实例节点的启动、停止、重启。
- 支持租户（实例）的参数查询、配置、修改历史，支持参数比对。
- 支持租户（实例）的账户、角色的管理。
- 支持租户（实例）的数据字典查询。
- 租户（实例）的删除。删除会彻底销毁租户的数据，安装目录。

4.6.4 安装与升级

GoldenDB 支持如下安装与升级功能：

- Insight 提供资源管理功能，将物理机、虚拟机纳入资源池统一管理和监控；物理机安装模式，从物理机或虚拟机资源池分配资源进行安装。

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

- 提供多样化的安装形式，包括：界面引导式白屏安装、一键式黑屏安装和一键部署、API 接口安装，具备自动推荐安装参数快速安装，支持客户自定义安装参数，支持多种场景的安装需求；支持从一个节点往多个节点部署的能力。
- 容灾安装模式，支持租户跨多地多可用区的灾备部署能力，如两地三中心、同城多中心。
- 支持 CPU 架构：X86 与 ARM。
- 支持多种主流操作系统，如 Redhat、麒麟。
- 支持命令行、界面化启停操作。
- 安装过程记录日志，可从界面查看安装日志。
- 支持一键式命令升级与界面引导式升级，支持任务编排，支持不停服务升级，保证升级期间的业务连续性。
- 提供扩缩容 API 接口，支持其他系统通过标准的 API 接口使用 Insight 的资源，完成扩缩容操作。

4.6.5 数据配置与参数管理

GoldenDB 支持如下配置功能：

- 提供参数配置功能。支持查看、变更组件参数配置，具备对单个节点或同类组件多节点批量变更的能力；支持参数动态生效与静态生效。
- 提供参数比对功能。同类组件的多个节点间可以进行参数比对，发现差异。可以实时、定时进行比对，提供比对报告。
- 提供参数模板功能。参数模板即一组预先设定好的参数，在安装时进行应用，安装完成的参数就是预设值。
- 提供参数自动调优，提供参数变更历史查询功能。
- 提供存储配置功能。可以配置数据存储目录、日志目录、备份目录。
- 提供资源规格配置功能。

4.6.6 可视化运维与监控

GoldenDB 支持如下运维功能：

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

- 支持统计监控功能。包括统计集群节点的 CPU、内存、磁盘、网络的使用情况，数据库服务 QPS、TPS 数据库会话信息。数据库锁信息、表相关 IO 统计信息、特定表访问统计信息、后端写进程统计信息、归档进程信息。支持慢 SQL 统计，如语句类型、用户名、数据库名、次数、总耗时、平均耗时等。支持性能状态统计，如每秒事务数和查询数、SQL 平均响应时间，高频 SQL 等。Insight 平台内置丰富的监控报表，支持自定义监控报表。提供 API 拉取接口，支持主动上报 Kafka、Prometheus。
- 支持告警功能。包括支持事件告警和阈值告警。数据库运行中遇到重要事件、异常事件会产生事件告警；对于监控指标，设置告警基线，超过基线产生阈值告警。支持告警信息的实时展示与历史告警查询。告警上送支持多种形式，包括：邮件、REST 接口、Kafka、ActiveMQ、Syslog、SNMP。
- 支持实时监测 SQL 执行过程中资源使用情况；提供查询计划的缓存管理功能；提供 SQL 改写的优化建议。支持在线会话的分析诊断功能。支持 SQL 限流功能。支持历史 DML 操作在线查询功能。支持超长 SQL 与超大事务的自动查杀功能。
- 支持对各类事件如安装、配置修改进行日志记录的功能，支持多种维度的日志，如错误日志、慢日志、general 日志、DDL 日志、审计日志等，可通过日志查看操作内容、执行过程和结果。Insight 运维平台记录完整的操作日志，可用于审计。
- 支持基于角色、组、用户的权限管理模型，支持权限隔离，保障资源的使用安全。
- 提供丰富的接口供局点系统调用，包括 REST 接口、SQL 接口、命令行接口，可以查询状态、统计等多种信息，可以实现管理操作，也可以支持问题分析诊断。
- 系统具备高可用能力，自动检测故障，故障主动自愈修复。
- 支持巡检诊断功能，提供诊断报告。

4.6.7 SQL 优化与诊断功能

GoldenDB 支持如下 SQL 优化与诊断的功能。

- 会话诊断。支持在线会话的查询。支持 KILL SQL 或 KILL 会话。支持查看历史会话的统计，如来源客户端、用户、目标库。
- 在线事务。支持在线事务的查询。事务支持查看包含的语句。
- 锁诊断。支持查看在线锁等待。支持查看历史锁等待的数量趋势、明细数据。

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

- SLOW SQL。支持查看按 Digest 聚合统计的慢 SQL 的统计数据。也支持按组件维度统计的慢 SQL 时间模型的统计数据。
- TOP SQL。支持查看按 Digest 聚合统计的所有 SQL 的统计数据。支持多个维度的排序。
- NEW SQL。支持查看数据库内第一次出现的 SQL。
- 可疑 SQL。Insight 内置多个可疑条件，对采集的 SQL 统计数据进行分析，将符合条件的 SQL 纳入可疑类别，进行展示。
- SQL 画像。Insight 内置了一个 SQL 特征展示中心，可以查看某类 SQL 的基本信息、执行计划、统计趋势、SLOW SQL（可查看具体的慢日志）。
- AWR 报告。支持根据内部采集的监控数据输出 AWR 报告。
- CPU 冲高诊断。支持对主机 CPU 冲高、组件进程 CPU 冲高进行诊断，找出 CPU、磁盘、SQL 维度的问题。
- 内存诊断。Insight 定时采集 DN 内部各模块的内存使用量，通过趋势图展示内存波动，同时支持以树形结构展示内部各模块的使用量。
- SQL 限流。对于有性能问题的 SQL，可以通过页面发起限流操作，设定它的并发数。
- OUTLINE 管理。支持绑定执行计划。
- SQL 审计查询。支持通过时间、操作类型、客户端、用户名、库名、表名进行查询。

4.6.8 一键转维

转维是指租户数据库从测试模式转为生产维护模式。转维以数据库为权限封锁对象。库转维后，除 super 用户和白名单设置的用户与表外，回收其他用户对该库的高危操作（drop table/truncate table）权限。

4.6.9 监控与告警

Insight 运维平台内置了数据库的监控、告警能力。

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

- 监控，统一采用拉取模式采集主机、组件的监控指标数据。Insight 提供统一的开关、频率配置页面；Insight 将监控数据存入系统租户；Insight 提供各种维度的监控报表，如性能、资源、连接，异常统计。
- Insight 提供多种监控采集方式供外围运维平台使用。支持 Rest 接口拉取模式，支持主动推送 kafka，支持采用 pushgateway 或 exporter 方式对接 prometheus。
- 告警，支持实时观察、历史查询。支持告警屏蔽和告警静默。支持根据监控指标阈值设置告警规则，产生告警。
- 告警支持外送。可支持 Rest 接口、kafka、syslog、snmp 等多种推送方式。
- 慢 SQL 自动查杀监控与告警。支持设定时间阈值，定时检测，如发现符合阈值的慢 SQL，可以执行仅告警、查杀与告警的动作。
- 大事务自动查杀监控与告警。支持设定大事务的判断阈值，定时检测，如发现符合阈值的大事务，可以执行仅告警、查杀与告警的动作。

4.6.10 SQL 管控

Insight 支持在不修改业务层源代码的前提下，在数据库层面对 SQL 语句的执行行为进行干预和控制。

（1）SQL 限流。对于有性能问题的 SQL，可以通过页面发起限流操作，设定它的并发数。

（2）OUTLINE 管理。支持绑定执行计划。

4.6.11 数据变更查询

Insight 支持检索数据变更动作的能力。通过解析二进制日志，将事务转化为可读的 SQL 语句，从而看到“变更操作”。支持表维度查询和事务维度查询。

4.6.12 任务管理

Insight 任务管理可以查看任务的类型、对象、开始时间、结束时间，状态、结果描述，如失败，可以查看失败原因。

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

4.6.13 版本管理

Insight 版本管理支持查看 Insight 所有管理的组件的版本号，支持版本管理包括安装、升级、卸载。

GoldenDB 版本在不断迭代和演进，如果需要使用高版本的新功能，则需要升级版本。升级所包含的内容，包括功能改进、性能提升、安全增强等方面的更新。

- **产品安装**

GoldenDB 数据库准备安装之前，需完成相关环境准备，包括硬件环境、相关软件版本、网络端口开通及清理环境。

GoldenDB 支持可视化白屏安装及黑屏命令行安装方式。

- **升级版本**

支持补丁版本升级，全量升级等多种方式。

补丁版本升级，可以根据实际需要升级对应组件。

升级成功后，验证业务功能是否正常，监控状态是否正常，版本更新后的功能是否正常，都没有问题后，本次升级目标达成。

- **卸载**

提供的卸载方式为全部卸载。支持运维管理平台可视化一键卸载，也可以在安装目录下，找到卸载程序 uninstall.exe 来执行卸载。

4.6.14 日志服务

Insight 支持对组件日志的采集，下载。也支持在线查看，文件内检索。

4.6.15 命令白屏通道

GoldenBD 数据库有一个 dbtool 命令体系，这个命令体系可以支持多种数据库系统信息的查询。Insight 提供了一个命令通道，可以在页面上执行命令并展示命令结果，支持下载。

4.6.16 定时任务管理

Insight 支持创建数据库定时任务，支持查看任务详情，查看任务执行结果。

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

4.6.17 巡检

Insight 支持对数据库发起巡检，支持实时、定时巡检。支持在线查看巡检报告，支持下载。

4.6.18 Rest 接口

Insight 提供 Rest 接口，支持局点统一运维平台的建设。

4.7 GoldenDB 工具集

GoldenDB 的工具集极为丰富，专为支持其高效运行与管理而设计，全面覆盖了数据库迁移、测试、同步、诊断及优化等多个关键领域。其中，CACTool（Capture Analyze Convert Tool，简称：CAC）迁移评估工具，为业务迁移提供关键决策、改造工作量预估以及整体迁移策略的参考；Replay 回放工具则能够解析并回放生产流量，助力企业在不中断业务的前提下进行性能测试与故障排查；Sloth 迁移同步工具则实现了 GoldenDB 与其他数据库之间的全量及增量数据迁移与同步，确保了数据的准确性与完整性；而 InsightTool 巡检诊断工具，则以其快速、准确的特点，为数据库系统的故障诊断提供了强有力的支持。这些工具共同构成了 GoldenDB 强大的工具集，为企业提供了全方位、一站式的数据库管理解决方案。

4.7.1 CAC 迁移评估工具

CAC 迁移评估工具（CAC Tool）是 GoldenDB 数据库系统中一款重要的工具，旨在帮助用户在数据库迁移前评估业务迁移的可行性，并为迁移计划、工作量评估等提供关键支持。以下是对 CAC 的详细介绍：

- **CAC 功能概述**

CAC 主要用于对业务迁移进行深入的可行性评估，具备信息采集、对象转换、分片键推荐、语法兼容性分析和生成迁移评估报告等功能。其目标是帮助用户全面了解从当前数据库（如 Oracle、DB2、MySQL）迁移到目标数据库 GoldenDB 的可行性和潜在的不兼容项。通过自动整改不兼容的语法，CAC 能够帮助定制迁移策略、简化迁移方案，提高迁移效率。

1. **语法兼容性评估：**CAC 能够识别并报告出当前数据库中与目标数据库不兼容的语法

元素。CAC 支持对表结构、序列、函数、存储过程、同义词以及 SQL 语句进行兼容性分析。通过对源库采集的 DDL、DML、DQL 等进行分析，CAC 工具可以自动进行 DDL 转换，并生成兼容性评估报告。

2. **数据量分析**：CAC 能够统计和分析当前数据库系统的数据量，包括表和其他对象的数量等。

3. **迁移计划制定**：基于评估结果，CAC 能够协助用户制定详细的迁移计划。

- **CAC 产品优势**

1. **提高迁移效率**：通过自动整改不兼容的语法并生成评估结果协助用户制定详细的迁移计划，CAC 能够显著缩短迁移周期，提高迁移效率。

2. **降低迁移风险**：通过全面的语法兼容性评估和数据量分析，CAC 能够帮助用户提前发现并解决潜在的问题，降低迁移过程中的风险和不确定性。

3. **优化资源分配**：基于迁移计划，CAC 能够指导用户合理分配资源，确保迁移工作的顺利进行。

4. **易用性**：提供图形化界面评估报告，降低理解难度并增强了用户体验。

- **CAC 使用场景**

在数据库迁移项目启动前，使用 CAC 分析源端数据库（如 Oracle、DB2、MySQL）的历史运行数据，并对目标数据库 GoldenDB 进行全面的评估，能够为迁移决策、改造工作量预估以及整体迁移策略的制定提供关键性的参考。

4.7.2 Sloth 数据迁移工具

数据库迁移是数据库管理中的一项重要任务，它涉及到将数据从一个数据库系统转移到另一个数据库系统的过程。这一过程可能由于多种原因发生，如技术升级、成本节约、性能提升或业务需求变化等。以下将详细介绍 GoldenDB 的数据库迁移工具 Sloth。

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散



图 4.7.2-1 迁移工具 Sloth

- **Sloth 功能概述**

Sloth 是一个集管控、运维、编排于一体的数据迁移工具，提供了多种数据处理能力，如存量（全量）数据的迁移能力、增量业务的实时同步能力、结构迁移、增量 DML、数据的快照比对能力、全量数据校验能力、数据的实时同步比对能力、数据的反向增量同步能力、数据的修复能力等。支持的源端数据类型包括：Oracle、DB2、SQLServer、MySQL、PostgreSQL、Kafka、ElasticSearch 等类型的数据源，同时用户可根据具体的诉求，按照操作指导，编排自己需要的任务，达成目的。还提供了任务监控、模块部署、表画像等能力。

1. **数据迁移：**支持将源端 oracle/mysql/db2/pg 等数据库的全量业务数据和实时增量业务数据无缝迁移至目标端数据库 GoldenDB，支持数据迁移过程中的数据实时比对，以及迁移完成后 GoldenDB 作为源端向目标端 oracle/mysql/db2/pg 等数据库的反向回流。

2. **数据库同步：**支持源端数据库指定位点之后产生的增量业务数据，实时同步到目标数据库，支持数据同步“双轨并行”机制，并实现可视化的数据同步方向切换。

3. **反向迁移：**支持源端数据库和目标数据库互换，支持 GoldenDB 为源库，oracle/mysql/db2/pg/GoldenDB 等数据库为目标库之间全量业务数据迁移，以及迁移完毕后增量数据实时同步，支持数据库实现迁移回退。

4. **同步比对：**支持在数据同步过程中对同步完成的数据进行源端和目标端数据库差异实时校验功能。

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

5. **快照比对：**支持基于快照点的全量数据校验功能。

6. **数据修复：**支持同步比对或者快照比对的差异数据进行数据修复，保证数据一致性。

7. **数据发布：**支持增量数据按一定格式同步到第三方存储设备 Kafka。

8. **运维管理：**Sloth 支持多种运维能力，包括但不限于全量加增量状态转换、在线性能观测及调优等权限管理、动态黑名单。

9. **监控功能：**Sloth 支持多种监控能力，如采集、回放、比对组件状态监控等。基于状态机变更，Sloth 配套实现了系统级高可用、单模块高可用。

10. **部署功能：**Sloth 支持图形化部署采集、回放、比对组件，支持迁移任务创建可以在编排完任务时，即拿即用。

11. **表画像：**Sloth 数据迁移及数据同步支持绘制表维度的数据画像，即表画像，在运维管理界面可以直观查看表维度的可视化描述。Sloth 表数据画像包含多个元素：表的基本信息、数据统计、采集、回放、比对组件的时间统计和时延统计、性能（流量、QPS）统计、类型/列/行过滤/HEX 转换等特殊配置、剔除某张表、关闭某张表的比对、一键关闭任务级三无表比对、暂停回放、暂停比对、绑定执行计划等运维操作。

12. **动态加减表：**Sloth 支持增量同步数据过程中动态修改同步表的黑白名单。

13. **断点续传：**Sloth 具备断点续传能力，数据迁移或数据同步过程中发生故障，导致数据传输中断，在故障恢复后，系统能够自动从故障点继续迁移或同步。

14. **对象迁移：**Sloth 支持迁移源库中的数据对象定义(表、函数、存储过程、触发器、视图、同义词等)，Sloth 的对象迁移发生在业务数据迁移之前，通过对象迁移保证源端数据库和目标端数据库对象结构的一致(异构数据库字段类型等通过映射来保证一致)，确保业务数据能够从源端数据库中完整、准确地迁移到目标数据库中。

15. **云环境在线迁移：**提供原数据库往云化环境数据库在线迁移能力，升级后对外提供的端口连接保持不变。

16. **DDL 同步：**Sloth 支持在增量业务数据同步过程中同步 DDL。

- **Sloth 产品优势**

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

Sloth 是专注于异构（Oracle（11g-19c，9i）/MySql（5.7-8.0）/Postgres(10 及以上版本)）/SQL Server 或同构数据库与 GoldenDB 进行数据交互的专业服务与解决方案，旨在助力客户实现同构或异构数据库向 GoldenDB 的实时数据迁移和数据同步。Sloth 迁移或同步解决方案，配置流程简单便捷、风险低、运维成本低、可靠性高、性能突出。

1. **可视化集中管理，操作便捷快速**：Sloth 无需单独安装驱动程序或应用程序，无需对源数据库做大幅改动，只需在 Sloth 提供的可视化管理界面进行简单配置即可开启数据传输。Sloth 管理界面中，只需花费几分钟就能设置一个迁移任务。您可以在迁移任务中定义用来执行迁移的各项参数，其中包括设置源数据库和目标数据库的连接，以及迁移类型和对象。Sloth 支持上千个节点的集群规模，可同时运行并集中管理大量数据迁移同步任务。

2. **不停服同步，业务无感知**：Sloth 的解决方案能够助力客户将数据库迁移至 GoldenDB，且几乎不需要停机拷贝。源数据库在迁移期间发生的所有数据更改都会复制到目标数据库，因此迁移期间不影响源数据库对外提供服务。在数据复制完成后，源数据库和目标数据库将保持继续同步，您可自由选择业务切换时间。

3. **高性能数据迁移**：Sloth 使用高规格服务器来保证每条迁移同步链路都能拥有良好的传输性能。在数据迁移方面，数据传输服务底层采取了多种性能优化措施；相对于传统的数据迁移工具，极大提升了传输性能。

4. **支持多种数据源**：Sloth 目前已支持 Oracle、DB2、SQLServer、MySQL、PostgreSQL、Kafka 等类型的数据源向 GoldenDB 数据库进行迁移或同步，但具体的功能因源数据库类型不同而有所区别。

5. **内置多种过滤器**：Sloth 支持正则表达式过滤库表；支持配置库、表、字段、SQL 表达式等多种方式在数据同步过程中对源数据事件进行过滤。

6. **故障自动恢复**：Sloth 具备高可用功能，支持迁移任务在不同节点自由调度，少量工作节点宕机并不会影响进行中的任务。并且支持机房级故障自动修复的高可用功能。

7. **数据一致性校验**：Sloth 支持多种数据一致性校验方式，如快照比对、迁移/同步比对，高效识别数据差异并保证数据迁移的质量。

8. **差异数据修复**：Sloth 支持差异数据的修复功能，保证数据迁移的一致性。

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

- **Sloth 使用场景**

1. **数据迁移和同步：**在数据库迁移项目中，支持同构数据库（如 GoldenDB 到 GoldenDB，包括不同的分片数量场景）、异构数据库（如 Oracle、MySQL、SQL Server 等）之间的全量数据、增量数据的迁移和同步。

2. **数据比对：**数据库基于快照点的全量校验和数据同步过程中的数据实时校验，确保迁移数据的准确性和完整性。

3. **数据修复：**针对源端数据库和目标端数据库数据不一致的场景，进行差异数据修复。

4. **数据发布：**针对特殊业务场景，支持将数据同步发布给第三方 Kafka。

5. **对象迁移：**支持数据库对象迁移。

4.7.3 Replay 回放工具

Replay 回放工具是一款功能强大、易于使用的数据库测试工具，能够帮助开发人员和测试人员高效地回放生产流量，对 GoldenDB 进行全面的测试。通过使用该工具，可以提高 GoldenDB 的稳定性和可靠性，降低故障率和维护成本。以下是对 Replay 回放工具的详细介绍：

- **Replay 功能概述**

Replay 回放工具是 GoldenDB 工具集中的一部分，主要用于将生产流量解析为可回放的格式，并在测试环境中，回放解析的生产流量，以模拟真实用户行为，从而对数据库系统进行全面的测试。

1. **流量录制：**Replay 回放工具支持将生产流量（包括各种 SQL 语句、事务操作等）解析为可回放的格式。

2. **流量回放：**在测试环境中，该工具可以回放之前录制的生产流量，以模拟真实的用户行为，对数据库系统进行压力测试、性能测试等。

3. **测试验证：**通过回放流量，可以验证数据库系统在特定场景下的表现，包括响应时间、错误率等关键指标，从而评估系统的稳定性和可靠性。

- **Replay 产品优势**

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

1. **高效性：**Replay 回放工具能够高效地回放数据库流量，减少测试时间和成本。

2. **准确性：**由于回放的是真实的生产流量，因此测试结果更加准确可靠。

3. **易用性：**该工具提供丰富的集成选项，方便用户进行配置和使用。

4. **可扩展性：**Replay 回放工具支持 Oracle、GoldenDB 等数据库，可以根据实际源端数据库类型进行定制回放给目标端 GoldenDB。

- **Replay 使用场景**

1. **性能测试：**在版本更新或数据库迁移前，使用 Replay 回放工具对数据库系统进行性能测试，确保在同等数据量与并发压力下 GoldenDB 的稳定性和可靠性。

2. **故障排除：**当生产环境出现问题时，根据捕获的相关数据库流量并在隔离的环境中重放，以便开发人员安全地调试问题，定位并修复故障。

3. **回归测试：**在软件开发生命周期中，使用 Replay 回放工具进行回归测试，确保新版本的数据库系统不会引入旧版本中已经修复的错误。

4. **A/B 测试：**可以将流量发送到两个数据库系统（如新版本和旧版本、异构数据库迁移等），比较它们的表现，以便做出数据驱动的决策。

4.7.4 GDC 开发者工具

GoldenDB 开发者工具（GlodenDB Developer Center，GDC）是为 GlodenDB 数据库量身打造的企业级数据库开发平台。可进行数据库实例信息的查看、录入、编辑，对实例、库、表、数据列、行级进行授权、回收权限、禁用、启用、删除等管理操作。元数据访问控制功能可支持实例、数据库仅被有权限用户使用。能够快速查找数据：支持实例、数据库、表、功能。面向应用开发者，主要提供使用 SQL 执行、PL 生命周期、对象管理、数据导入导出的能力。面向 DBA，主要提供确定变更管控、稳定变更、数据生命周期管理、数据安全合规等。面向业务运营用户，主要使用会话管理、回收站管理和全局变量管理。

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散



图 4.7.4-1 开发者工具 GDC

- **GDC 功能概述**

1. **安全合规：**数据库操作记录支持的多项功能协助用户完成安全合规建设，帮助用户满足安全合规要求。

2. **实时监测：**数据库操作记录提供公共连接相关的业务操作记录功能。

3. **事件追溯：**数据库操作记录可对数据库行为进行周期性对比，帮助用户快速定位异常点和异常行为，并提供风险检索能力，帮助用户追溯风险来源，并且可根据访问来源实现数据库的关联查询和关联分析，使数据库的访问行为有效定位到具体业务工作人员。

会话管理页面您可以查看连接到当前数据库所有会话的详细信息。同时在会话属性页面 GDC 提供了可视化界面使您可以清晰直观的查看和修改当前数据库支持的会话变量和全局变量。

- **GDC 产品优势**

1. **轻量级部署：**核心就是一个 jar 包，纯 Java 打造，极易部署。

2. **解决内网与跨平台限制：**对于有严格安装限制的 Linux 内网环境，GDC 提供友好的 Web 客户端平台。

3. **默认安全设置：**系统部署后，默认提供初始账号密码（如 admin/Insight@2021），用户可在首次登录后立即修改密码并配置管理用户，以确保系统安全。

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

- **GDC 使用场景**

1. **远程集中管理：**支持通过浏览器跨平台访问内网数据库，解决多人协同与集中管控难题。

2. **安全审计与权限管控：**提供统一的用户权限配置及详尽的操作日志记录。

3. **高效日常运维：**提供 SQL 或脚本在线执行、表和对象结构管理、状态实时监控及数据备份还原等便捷工具。

4.7.5 数据库客户端工具

GDC(GoldenDB Client) 是连接 GoldenDB 数据库的一款客户端工具，通过连接数据库允许用户执行 SQL 查询、管理数据库和执行各种数据库操作。

使用 GDC(GoldenDB Client) 客户端命令通过直连方式连接 GoldenDB 数据库的格式如下：

goldendb_client -h$host -P$port -u$user_name -p****** [$database_name]

其中：

-h：指定 GoldenDB 数据库的连接 IP。

-P：指定 GoldenDB 数据库连接端口。

-u：指定 GoldenDB 数据库的连接账户。

-p：指定连接 GoldenDB 数据库的密码。

$database_name：可选项，指定连接 GoldenDB 数据库后要使用的默认数据库。如果不提供，默认不会直接进入任何数据库，需要在连接后手动选择。

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

5 应用场景

5.1 金融行业

金融行业尤其是银行业的 IT 应用，对性能、稳定性以及安全性有着极高的要求。除了账务、支付、渠道等重要系统外，金融有着大量的外围业务系统和分支机构的自用系统。在这种背景下，GoldenDB Lite 产品的轻量化能力，与产品兼容性、高可用能力一样，显得尤为重要。

GoldenDB Lite 通过强一致的 ACID 特性，满足杜绝各类“扣了没加上”或“加上了没扣”的中间态，事务隔离级别需严格保障。通过高可用机制与秒级容灾切换的能力，满足 RPO 为 0，RTO 小于 8 秒的极致要求；通过多租户与资源池的统一纳管，为客户节约化部署，降低总体投入成本。

这些场景可以归纳为以下几类：

- 区域级数据集中库：针对各分支机构“MySQL 存量节点多、管理难度大、资源利用率低”的痛点，金融机构正建设区域集中库，将碎片化的“孤岛式”集群整合为统一、标准化的数据库服务。
- 分行特色业务系统：在总行统一系统之外，各分行有本地特色业务（如与当地社保、公积金对接）。这些系统需要独立、稳定、易维护的数据库，集中式架构是最务实的选择。
- 柜面、ATM、手机银行等渠道系统：这些是连接客户和核心账务的“桥梁”。它们需要处理高并发请求，并保证与核心系统数据交换的绝对一致，渠道类系统具备较好的水平拆分特性，各种规模的机构都可以使用 Lite 版本进行支撑。
- 支付网关与前置系统：作为处理第三方支付、银联等渠道流量的入口，这些系统对交易的实时性和稳定性要求极高，是集中式数据库的典型应用场景。
- 管理类系统（OA、财务、人力等）：这些内部管理系统对性能要求不如核心交易高，但数据准确性和系统稳定性同样重要，且使用人数众多，集中式数据库能提供可靠支撑。
- 数据迁移与同步的“中转站”：在系统升级或迁移过程中，常需要部署集中式数据库作为数据校验、转换和临时存储的“中转站”。

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

5.2 电信行业

在电信运营商推进云改数转的过程中，IT 架构日趋复杂、业务需求愈发多元，对数据库选型提出了更高标准。中兴通讯 GoldenDB 数据库产品家族打造分布式 + 集中式双引擎架构，可为运营商提供全场景覆盖的国产化数据库整体解决方案。

GoldenDB 分布式 OLTP 数据库，主打高并发、海量数据、高吞吐场景，主要承载核心计费、全网 CRM、账务系统等运营商核心交易业务。与之互补的 GoldenDB Lite 集中式 OLTP 数据库，精准适配性能要求适中、数据量适配单机部署、并发压力可控的中小型业务系统。该产品具备优异的生态兼容性与轻量化架构优势，是运营商完成非核心业务国产化替代、降低 IT 总体拥有成本（TCO）的核心选型。

结合电信运营商传统 IT 架构划分（BSS、OSS、MSS 三大领域），GoldenDB Lite 在各业务域均具备广泛落地空间。

- 业务支撑系统（BSS）域：核心交易由分布式架构承载，域内仍存在大量对事务一致性有要求、并发压力适中的辅助业务系统，例如营销活动管理、渠道运营、短信、彩铃、流量包等增值业务管理平台。GoldenDB Lite 可提供稳定的事务处理能力与高性价比数据存储服务，满足用户订阅关系、业务统计数据的持久化存储需求。
- 运营支撑系统（OSS）域：包含大量独立部署的专业运维工具与平台，如各类网络网管系统、故障工单、流程管理、资源管理等。GoldenDB Lite 可良好支撑工单流转、数据记录与归档工作，即便在网络波动、系统故障场景下，也能保障运维数据完整可靠。
- 管理支撑系统（MSS）域：同样拥有丰富应用场景，办公自动化、人力资源、财务报销、资产管理、法律合规等系统均可基于 GoldenDB Lite 搭建。产品深度兼容 MySQL、Oracle、PG、SQL Server 生态，可实现此类系统无缝国产化迁移，在保障数据强一致性的同时，有效缩减数据库授权成本。

5.3 政务行业

各级政企用户为了打造信息共享和业务协同的智能化政务服务，需要建立统一的基础数据标准，并形成相关的基础信息库。对于人口较少的省份，以及地级、县级城市，数据库的数据容量、并发性能并不是数据库迁移的主要矛盾。数据库的稳定性、兼容性与高可用能力，成为应对解决各级政务数据瓶颈的利器。长期以来政府机关企事业单位使用的多是国外数据库 Oracle，对 Oracle 的语法、运维手段和性能都非常熟悉。政企客户对于数据库的应用场

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

景和要求如下：

1. 强大的 Oracle 兼容性

GoldenDB 支持 Oracle 的大部分语法和功能，包括存储过程、包/包体、自定义函数、自定义数据类型以及游标等。这种兼容性使得现有基于 Oracle 的应用可以直接迁移到 GoldenDB 上，减少了重新开发的成本和复杂性。

优势：无缝迁移；业务无感

2. 强劲的性能表现

GoldenDB 在同等资源配置下，能够提供超越 Oracle 的性能表现，尤其是在高并发场景下。

优势：高并发处理；快速查询

3. 配套数据同步工具

GoldenDB 提供了配套的数据同步工具，支持核心系统与下游数据分析 OLAP 平台之间的数据同步，能够实现海量数据准实时同步。

优势：数据一致性；实时性

4. 合理规划资源投入

GoldenDB 具备多租户能力和动态缩扩容能力，可以根据不同租户的需求合理分配资源，并在紧急情况下进行性能扩容。

优势：资源优化；灵活性。

5. 高可用能力

GoldenDB 具备健壮的高可用能力，支持多地多中心的灵活故障切换，确保核心系统的高可用性。

优势：故障切换；数据安全。

6. 完善的服务支撑体系

GoldenDB 提供多级保障体系，帮助政企用户建立健全数据库运维管理能力。

优势：技术支持；运维管理

5.4 交通行业

交通行业是一个高度依赖数据管理和实时处理的领域，涵盖公共交通、道路运输、航空、铁路、港口等多个子领域。交通行业数据库的应用场景非常广泛，从高速过路费到旅客票务服务，从道路监控到港口装卸等，都需要高效、可靠的数据库支持。以下是交通行业中几个

典型的数据库应用场景：

典型业务场景（包含但不限于）：

- 城市公共交通票务清分（地铁、公交、有轨电车）——每日数百万笔乘车交易，夜间按线路、运营商、换乘优惠进行资金拆账。
- 高速公路联网收费与 ETC 交易——门架系统实时扣费，出口汇总计费，以及跨省结算。
- 轨道交通信号/列车自动监控（ATS）数据记录——实时记录列车位置、速度、信号状态，用于调度指挥和事后故障分析。
- 交通流实时监测与卡口抓拍（含车牌识别、区间测速），海量过车数据写入。
- 交通运输行业监管平台（网约车/货运车辆资质管理、违章记录、从业资格证年审）。

5.5 医疗行业

医疗行业的核心系统包括医院信息系统(HIS)、电子病历系统(EMR)、实验室检验管理系统(LIS)、医学影像传输系统(PACS)、放射学信息系统(RIS)、临床信息系统(CIS)、体检信息管理系统(PEIS)、医院资源管理系统（HRP）、医院客户关系管理系统（HCRM）等

GoldenDB 数据提供的高并发/低时延特性，能够让急诊医生取既往史时，不会让病人等待，更快速地响应客户；GoldenDB 的强一致特性，在存储药品剂量、过敏标记、血型等关键数据时， 不会出现脏读、丢失更新等违反 ACID 特性的问题；GoldenDB 的安全访问机制，在应对存储病患隐私数据，跨科室、跨院区诊断等场景时，可以很好地患者数据进行授权访问，并且所有访问行为可追溯，满足合规和可信要求；而针对医院全年无休的实际情况，GoldenDB 数据库具有极高的稳定性，支持在线补丁升级，降低对医疗工作的影响。

医疗行业 GoldenDB 适用的典型业务场景如下：

- 全院级电子病历（EMR）共享：医生在诊疗工作站调阅患者历史就诊记录、检验结果、影像报告。
- 医学影像（PACS）存储与调阅：CT/MRI 等大文件归档，同时支持诊断医生快速调图。
- 药品配伍禁忌实时提醒：开处方时系统自动比对患者过敏史和药物相互作用知识库。

金篆信科版权所有，未经许可不得扩散

- 跨院区检验检查结果互认：医联体内不同医院之间调取患者近期已做过的检查数据，避免重复开单。
- 公共卫生应急数据上报（如传染病、疫苗接种信息），按口径准时上报至区域卫生平台。

----------The End----------