



金融业数据库创新发展报告

(2024)

北京金融信息化研究所 (FITI)

2024 年 10 月



编制委员会

主任:

潘润红

副主任:

黄程林、庄文君

编委会成员（排名不分先后，按姓氏拼音排序）:

丁 锐、董晓杰、封铨贤、郭志军、何东川、侯 敏、胡 捷、
胡青李、黄建坤、黄 韦、简丽荣、刘超千、刘 震、马波勇、
唐海勇、陶建林、汪 洋、王鹏冲、王文志、王新明、王义成、
王子健、巫建刚、肖 永、杨传辉、杨 阳、张 军、张有才、
赵 培、赵世辉、赵义斌、朱 妍

编写组成员（排名不分先后，按姓氏拼音排序）:

鲍思佳、毕建波、陈灿荣、陈伟红、陈 琢、程 静、从平平、
董红亮、董卫春、高环宇、耿 航、管文琦、郭旭瑞、黄先龙、
蒋步健、李会亮、李宁宁、李 倩、李中原、刘传友、刘方彪、
刘剑波、刘亚琼、刘 宇、刘 云、刘 昭、罗兰瑞婧、骆 毅、
吕伟初、马 涛、苗 浩、秦延涛、饶昊泉、尚留金、沈华金、
盛 玉、孙国荣、孙 伟、唐润鸿、王 辉、王 鹏、王帅强、
王文清、王智囊、肖 兵、肖静静、肖淑男、徐 赞、颜 龙、
杨 光、俞泽宁、张春生、张 刚、张子鉴、周 欢、周 勇

主编单位:

北京金融信息化研究所
建信金融科技有限责任公司
交通银行股份有限公司
中国邮政储蓄银行股份有限公司
平安银行股份有限公司
华夏银行股份有限公司
广发银行股份有限公司
恒丰银行股份有限公司
江苏银行股份有限公司
北京农村商业银行股份有限公司
国泰君安证券股份有限公司
中国人寿保险股份有限公司
中国太平洋保险（集团）股份有限公司
北京奥星贝斯科技有限公司
腾讯云计算（北京）有限责任公司
武汉达梦数据库股份有限公司
金篆信科有限责任公司

参编单位:

中国农业银行股份有限公司
中国银行股份有限公司
渤海银行股份有限公司

浙商银行股份有限公司
北京银行股份有限公司
上海农村商业银行股份有限公司
中信证券股份有限公司
华泰证券股份有限公司
国信证券股份有限公司
中国人民人寿保险股份有限公司
泰康保险集团股份有限公司
中国银联股份有限公司
网联清算有限公司
平安科技（深圳）有限公司
华为云计算技术有限公司
北京酷克数据科技有限公司

摘 要

随着金融科技稳步发展，数据成为重要生产要素，金融业务与数字技术的融合创新迈向数字金融发展新阶段。为助力数字金融的高质量发展，适应数据量的快速跃升，亟需建立健全满足现代化需求的数据架构，而数据库作为数据架构的根基，始终是金融业关注的焦点。近年来，金融机构加大我国数据库技术产品应用的广度和深度，不断在核心业务系统取得突破，持续推动数据库架构优化升级，加快提升自主掌控能力，为构建现代数据架构、提升数据能力奠定坚实基础。

本报告在连续两年发布的《金融业数据库供应链安全发展报告（2022）》《金融业数据库创新发展报告（2023）》基础上，全面总结集中式与分布式、关系型与非关系型、HTAP、云数据库等技术产品在金融业的总体进展，系统沉淀大型、中小金融机构在核心系统领域的探索经验，提出核心系统转型升级的路径和方法论，前瞻性预判生成式 AI、软硬一体化、存算分离等技术对金融业数据库迭代升级的影响，围绕金融业数据库应用生态面临的社区不活跃、产品稳定性不足与版本迭代频繁、平台与工具少、文档不完善、运维支持力度不够、人才短缺等紧迫问题，提出具体解决措施，并从应用广度深度、产品能力优化、部署架构和迁移方案、金融应用生态等方面展望未来发展趋势，为金融业数据库进一步创新发展提供有益参考。

目 录

1. 金融业数据技术产品应用总体进展	3
2. 金融核心系统数据库实践经验不断沉淀	5
2.1 大型金融机构率先开展创新，积累丰富实践经验	7
2.2 中小金融机构紧跟迭代步伐，夯实数据库基础能力	32
2.3 不断完善升级路径和方法论，为同业提供参考借鉴	43
3. 技术创新加速金融业数据库技术迭代升级	45
3.1 生成式 AI 加速非关系型数据库发展	45
3.2 软硬一体化降低数据库适配调优工作	48
3.3 存算分离架构提升数据库扩展灵活性	51
4. 金融业数据库应用生态亟需进一步完善	53
4.1 金融业数据库应用生态面临的问题	53
4.2 金融业数据库应用生态发展建议	57
5. 金融业数据库创新发展展望	61
5.1 数据库创新应用的广度和深度显著提升	62
5.2 数据库技术产品能力持续得到打磨优化	63
5.3 高效灵活部署架构和迁移方案不断推出	65
5.4 数据库创新应用生态将会逐步健全完善	66
附录：金融业数据库优秀应用案例集	

1. 金融业数据技术产品应用总体进展

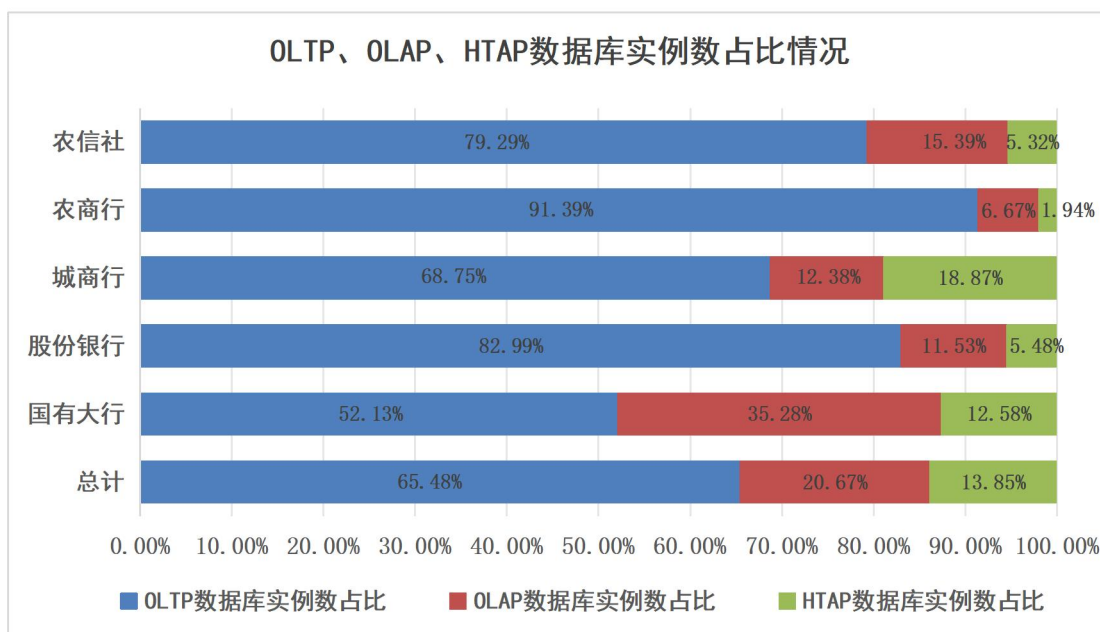
数据库作为核心基础软件，是金融信息系统安全稳定运行的关键。近年来，金融业积极推动数据库的创新与应用，将安全可控的数据库技术产品广泛应用于各类金融业务系统，尤其在核心业务系统不断取得突破，为金融业加快推进数据库创新发展树立标杆、提供借鉴。

一是集中式数据库在中小金融机构仍占据主导地位，而分布式数据库在大型金融机构的创新应用发挥重要作用。城商行、农商行及农信社等中小金融机构因为成本效益、运维复杂度或技术熟悉度等因素，更倾向于继续使用集中式数据库，其实例数占比仍有 80%，展现出不可替代的绝对优势。分布式数据库得益于高可用性、强大并发处理能力和灵活弹性扩展等特性，可以满足大体量业务系统对数据库处理能力和扩展性方面的要求，保持较好的增长趋势，在大型金融机构普遍应用于核心业务系统，表明分布式数据库在金融业的创新发展已经得到验证和认可，其在金融业中的地位和作用将进一步增强。未来，随着技术进步和金融业需求的不断变化，分布式数据库与集中式数据库将长期保持竞争和互补关系。

二是非关系型数据库在金融业应用占比有所上升，但关系型数据库仍占据主导地位。这主要归功于关系型数据库的强大事务处理能力、稳定性能以及成熟技术体系，使其能够有效处理结构化数据并支持复杂查询，成为金融业使用最广泛的数据库类型。非关系型数据库包括 NOSQL 数据库、键值对数据库、文档数据库、

图数据库、向量数据库和时序数据库等多种类型，在处理大数据及非结构化数据方面表现优异，能够满足金融业对海量非结构化数据的快速处理需求，特别在国有大行和股份制银行中，非关系型数据库的实例数占比已超过 20%，展示出金融机构在追求数据处理效率和灵活性方面的积极探索。随着金融业务的复杂化和数据类型的多样化，非关系型数据库的占比有望继续增长，而关系型数据库将继续发挥其在事务处理和结构化数据管理方面的优势。

三是 OLTP 数据库依然占据重要地位，而 OLAP 和 HTAP 数据库的占比则呈现出上升趋势。OLTP 数据库（联机事务处理）作为处理事务性工作负载的数据库系统，广泛应用于客户交易类、业务办理等场景，在金融业数据库实例中占比最高，达到 65%。OLAP 数据库（联机分析处理）在决策支持和分析工作负载方面表现较好，常用于报表生成、数据分析等系统，其占比为 21%。随着金融数据量的不断增长以及数据处理需求的多样化，HTAP 数据库（混合事务/分析处理）需求量有所上升，整体占比达到 14%。



数据来源：金融信息化研究所

图 1 金融业 OLTP、OLAP、HTAP 数据库实例数占比情况示意图

四是云数据库产品在金融业应用取得显著成果。云数据库具备灵活可扩展、高可用性、高容灾性、自动化管理和成本集约等特性，在金融业应用逐步深入，实例数占比已达到 44%。其中，民营互联网银行云数据库实例数占比最高，达到令人瞩目的 86%，网商银行和微众银行基本全部使用云数据库；国有大行也在不同程度采用了云数据库，实例数占比达到 54%。在 IT 基础设施上云的趋势下，随着数据库软件架构升级不断进步与成熟，云数据库将在数字金融发展中发挥重要作用。

2. 金融核心系统数据库实践经验不断沉淀

核心系统是金融机构业务的关键组成部分，也是金融业信息化建设的核心和基础，基于其特殊性，业务及监管对系统都有极高标准的要求。核心系统要能够高效处理大量的交易数据，支持

复杂的业务逻辑和流程，并迅速响应客户的各种需求，同时保持高度的稳定性、安全性，并具备卓越的性能和资金交易等业务的数字准确性和完整性。金融机构的核心系统早期都使用 IOE 架构，但随着业务的爆发式增长，该架构封闭的技术栈性能问题逐渐暴露，核心系统的数据库容量一般在 10TB 乃至 100TB 之间，数据库的运行压力逐步增大，并存在严重的供应链安全风险，一旦遇到问题将导致整个关键业务的瘫痪。为此，探索建立自主可控且稳定高效的金融核心系统迫在眉睫。

大型金融机构采用分布式技术架构路线，基于 PC 服务器，使用分布式数据库，加快推动核心系统的转型升级，提升金融行业的自主可控水平。随着基础软硬件产品和技术的不不断打磨和成熟，分布式架构已成为大型金融机构建设新一代核心系统的主流路线。而中小金融机构相比于大型金融机构，核心系统处理的交易量、架构复杂度相对较小，数据库技术和人员储备存在不足，核心系统数据库升级更加依赖数据库企业的能力，故其进展相对较慢，但也在对公信贷、会计核算等核心业务领域开展探索。

为此，报告从核心业务考量、转型创新策略、技术路线选择、基础能力夯实等各方面，系统全面分析了银行业、证券期货业、保险业等不同类别、不同规模的金融机构，在核心系统领域的探索实践，并结合行业实践情况，总结提出核心系统数据库转型升级的方法论，为行业提供参考。

2.1 大型金融机构率先开展创新，积累丰富实践经验

大型金融机构积极贯彻落实国家科技创新发展战略，适应数字经济时代发展需求，根据自身发展定位、技术储备、业务特点等现实情况，按照分布式转型、核心验证、云化部署等路线，加快推动我国数据库技术产品在核心系统建设上的创新应用，不断开展核心系统数据库分布式架构转型升级，并朝着国产化、分布式、云原生的总体路线演进。

2.1.1 建设银行采用先核心后外围的创新策略

（一）发展策略

建设银行数据库的升级迭代采用“先核心应用，后规模化推广”的策略，通过在核心系统创新实践我国数据库技术产品，完成了核心系统数据库分布式架构升级，自投产上线以来系统持续平稳运行，并将分布式数据库创新经验复制至其他系统，形成端到端的银行业信创解决方案，取得了一系列优秀创新实践成果，有力推动本行科技自立自强战略的落地实施。

建设银行数据库创新主要经历三个主要阶段，每个阶段结合业务系统的改造，真试真用。第一阶段进行分布式数据库选型，通过建设银行的核心系统，真实的业务数据、交易和需求，进行全面的功能和非功能测试；第二阶段为核心系统试用阶段，用核心系统最高要求来检验我国数据库的技术指标，并积极推进关键

指标的改进和完善，形成了一整套的我国数据库金融解决方案；第三阶段为规模化应用和创新，2022年启动小型机下移，进行我国数据库规模化应用，并针对金融规模化应用遇到的典型问题进行创新，包括 Oracle 迁移、数据库云化供给等。

（二）面临的问题

无论是架构升级还是自身能力迭代演进，我国数据库技术产品的首要目标都是确保系统稳定可靠，升级过程平滑，且可分层解耦、风险可控。同时，作为基础软件的数据库，对应用系统的影响要尽可能做到最小，除了自身要提供完善的功能，还要对应用系统屏蔽自身的架构复杂度，让应用简单地使用数据库。我国数据库相比国外商业数据库的成熟时间较短，与国外商业数据库还存在一些差距。

（1）我国数据库技术产品需要进一步提升健壮性和稳定性。稳定性和可靠性对于建设银行的核心业务是第一位，在处理海量数据和复杂的查询请求时，需要具备平稳的服务能力和容错能力；在系统故障时能够快速恢复，确保任何节点的故障都不会给整个系统造成太大的影响，保证数据的安全性和完整性；提升版本稳定性，降低频繁版本迭代给应用带来的稳定性风险。

（2）分布式数据库资源需求高。相较于集中式数据库将所有数据存放在一个节点，分布式数据库将数据分布到多个独立的节点中，每个节点都有自己的计算和存储单元，如果每个节点占用一台物理服务器部署，叠加数据副本占用的资源，集群整体

资源成本会比较高。

(3) 运维管理工具面临巨大的挑战。金融机构数据中心往往运行着多环境、多品牌、多架构、多版本的分布式数据库，加上分布式数据库自身运维管理复杂度高，其运维难度显著增加，在现有 DBA 人员规模情况下，数据中心的分布式数据库运维管理工作面临巨大挑战。

(4) 需进一步降低节点切换和灾备切换时间。金融核心业务系统在业务连续性方面有着高标准要求，根据建设银行关键业务系统多活容灾建设需求，在满足亿级客户的数据存储以及并发访问等需求的基础上，需进一步缩短分布式数据库故障切换和灾难恢复时间，保障数据可靠性和业务连续性。

(5) 亟需提升我国服务器和操作系统适配度。需要我国数据库技术产品能基本兼容主流的国产芯片与服务器、操作系统，同时可以多芯片混合部署，并在此基础上与国产芯片与服务器、操作系统深度适配，提升整体解决方案的性能和稳定性。

(三) 解决措施

针对联机高并发交易、批量交易等多样化的业务场景需求，一方面需要推动我国数据库厂商不断提升自身产品的可靠性和稳定性，保障业务连续、安全、稳定运行。数据库技术发展和成熟，要依靠数据库技术和应用的深度结合，依靠数据库厂商和产业用户的深入协作，共同驱动数据库技术成熟。另一方面，建设银行本着应用业务逻辑依靠业务代码来完全实现，数据库回归到

存储数据、处理数据的原本定位的原则，减少应用和数据库耦合的同时，也回归到更加纯粹的技术发展路线。配套打造完善的可视化、自动化和智能化的数据库管理以及配套的相关平台，提升我国数据库应用和管理水平，大幅度降低我国数据库应用风险。

（1）提升我国数据库标准化应用能力。当前我国数据库产品成熟度还存在较大提升空间，因此，建设银行当前建设和产品选型仍然坚持多品牌的整体实施策略，避免形成对单一数据库技术和产品的绑定。同时，为了提高应用研发和改造效率，降低后续产品收敛替换的成本，需要在技术路线、研发标准方面进行统一约束规范，最大限度实现应用与数据库解耦。加强与数据库供应商密切协作，定义应用和数据库之间的标准接口，统一研发标准和规范，驱动数据库产业以标准化的方式快速发展。

（2）构建完善的数据库运维支持体系。成熟的数据库运维能力是我国分布式数据库在金融业大规模使用的重要前提，根据建设银行超大规模数据库集群的部署和运维需求，除了实现分布式数据库实例统一管理、快速部署和故障检测和恢复等能力外，还需要构建智能化管理能力，从数据管理、查询处理到运维诊断等维度实现数据库优化，实现一体化、智能化的全生命周期数据库服务与管控能力。

（3）提升应用 SQL 质量和数据库版本质量。在我国数据库稳定性方面，需要建设完善我国数据库 SQL 审核能力，围绕研发测试工作的重点流程与关键环节，提供 SQL 审核和检测能力。在

生产环节前有效拦截风险 SQL，提升投产 SQL 质量，保障安全生产。同时，加强我国数据库版本检验范围和力度，对标本行 Oracle 数据库测试流程规范，进行我国数据库版本检验测试，提升数据库新版本检测效率，增强数据库新版本稳定性。

（4）完善灾备体系建设和业务连续性保障。针对分布式数据库异地 RPO、缩短故障切换和灾难恢复时间进行技术攻关，保障数据可靠性和业务连续性，确保数据完备性。

2.1.2 交通银行用企业级架构建设新一代核心

（一）技术路线

分布式核心系统是交通银行在数字化转型背景下，为驱动业务重构，利用企业级架构建模方法论自主研发的新一代核心系统，该系统在硬件设施、云平台、数据库、中间件、开发平台等关键技术保持自主可控，实现全栈上云，对外提供稳定高效的服务。在数据库层面，交通银行采用 OceanBase 作为分布式核心系统的关键底座和核心，其中系统零售业务部分采用单元化的设计方案，数据水平切分为若干分片（百库），零售业务微服务划分为若干单元，当前分布式核心系统已完成全部零售客户的迁移。

（二）面临的问题

原有核心系统整体架构复杂，多个子系统间关系也错综复杂，且拥有数量庞大的服务和文件，同时面临查询类、金融类交易逐年增长，其运行风险、治理难度、业务困难和挑战日益增大，产

生“变更风险大、数据库单点瓶颈、高并发交易承载难、总体成本高企和关键技术不可控”等痛点。在数据库方面，传统主机下通过 DATASHARING 技术实现数据分布处理，但扩容时成本巨大，且不能无限制加大处理节点，且容量只能采用预估方式，无法按需随时扩展。

（三）解决措施

随着业务的不断发展，为解决核心系统存在的问题，满足新业务和技术目标，交通银行新建分布式核心系统，采用我国原生分布式数据库 OceanBase，实现高性能、高扩展、高可用。

（1）逻辑架构方面，采用单元化架构，遵循应用拆分、数据拆分、单元内流量封闭的原则，践行数据分片和计算单元解耦的策略，在物理部署上实现了一个数据分片对应了一个 OceanBase 租户，每个租户之间数据、资源都是隔离，并通过数据访问中间件实现数据分片对计算单元的透明性。

（2）物理部署方面，将若干个数据分片分散到数个 OceanBase 集群中，每个 OceanBase 集群存储若干个数据分片，同城多云部署。OceanBase 单集群均采用 221 的高可用架构，保证任何一个机房宕机不会影响 OceanBase 集群的可用性，并且在此基础上构建了同城主备，异地热备的容灾架构。

（3）性能优化方面，通过应用程序、平台框架、中间件配置、数据库、操作系统层面等优化，保证高频或重要交易耗时均满足需求且稳定。其中涉及数据库及其组件在内的优化主要是中

中间件配置优化、数据库优化和操作系统与硬件层优化。在中间件配置优化方面，新一代核心系统的微服务容器均通过阿里 SOFA-ODP 产品（分库分表）来访问 OceanBase 数据库。在数据库层优化方面，通过制定和落实行内数据库开发规范、使用自研 SQL 质量平台和 CICD 门禁筛选不合规情况、通过数据库监控平台识别运行态的 TopSQL 和 SlowSQL，并定制不同的告警级别及时告警和处理慢 SQL 问题，做到了事前预防、事中检查、事后反馈的治理闭环管理。在操作系统与硬件层优化方面，通过对 NUMA 开关和 BIOS 的 Pstate、Cstate 等参数配置进行了一系列测试，最终确定了合适的配置，保障 OceanBase 在我国操作系统和硬件上运行性能。

2.1.3 邮储银行优先在个人核心业务突破创新

（一）技术路线

为解决核心系统容量难以满足业务快速增长需求难题，邮储银行自 2019 年开始预研新一代个人业务核心系统，采用分布式单元化的部署架构，将整体业务存储压力、访问压力均匀分布到不同的业务单元，降低单套数据库的压力、提升数据库性能，同时也具备极致的扩展能力和故障隔离能力。整体架构基于两地三中心双集群流式容灾，实现同城自动容灾切换和跨地域弹性伸缩能力。2022 年完成全系统切换上线后，具备为邮储银行 6.5 亿户个人客户、4 万个网点提供日均 20 亿笔，峰值 6.7 万笔/秒的

交易处理能力。

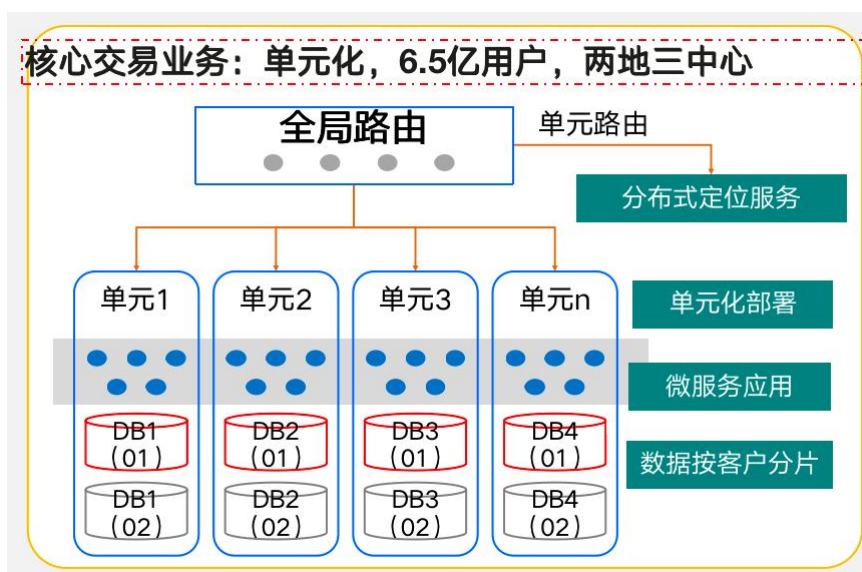


图 2 个人核心系统总体架构示意图

邮储银行在过去三代核心系统的发展过程中，积累的历史数据达到数百 TB，并随着业务的增长持续增加，以及个人核心要求支持十年历史交易明细查询的诉求，传统的集中式数据库难以满足。为此，在建设新一代个人核心系统时，创新性地将查询业务从核心系统中独立，形成统一查询系统，满足柜员和客户关于交易明细、登记簿、历史账户信息等查询需求。在统一查询系统，邮储银行引入 GaussDB 分布式数据库，支撑 10 万+ TPS 性能要求，每日数亿行数据入库，目前是金融行业分布式数据库里单集群分片数多（64 分片），承载数据量大、性能要求高的实践案例之一。

（二）面临的问题

在科技自主创新的背景下，邮储银行积极开展数据库节点的在线升级，并将前期的 X86 服务器转型为 ARM 服务器，但分布式

数据库节点众多、组件复杂，维护难度大，还面临一些痛点问题亟须解决。

(1) 工具成熟度不足，数据库原生工具无法直接支持异构环境的在线迁移。

(2) 运维复杂度增加。分布式技术处于快速发展期，GaussDB 也面临版本迭代较快的问题，问题修复、功能加强和新特性的设计放在新版本中，需要进行内核升级才能落地实现。同时，随着分片规模增大，监控的有效性和问题定位的及时性还存在不足。

(3) 亟需补齐 DBPaaS 平台的缺失功能，不断完善现有能力，以服务化理念提升平台的使用效率和易用性，同时要提升平台智能化水平，提高故障的可预测性、根因可快速定位等能力，逐步实现数据库智能化自治，提升服务稳定性，降低人力成本。

(三) 解决措施

(1) 深入研究数据库集群运行机制，基于底层数据库流复制技术及关键文件备份恢复原理，开发配套替换工具，同时在工程实施层面优化替换流程，采用“备节点优先、同步降异步、主备切换”的原则，实现数据库节点的平滑迁移。同时，对底层数据库及周边生态工具进行软硬件适配，满足金融核心业务场景业务需求。

(2) 制定严格的内核升级流程规划和完备的升级回退方案，确保不影响业务连续性。基于邮储银行的使用环境，GaussDB 开发了多项自定义的自动化运维工具，覆盖监报告警、巡检等功能。

此外，分布式数据库会产生较多的系统日志，存在分析提炼困难，需要有效的日志分析工具才能进行高效运维。

(3) 建成个人核心系统的 DBPaaS 统一数据库服务平台，以管控、服务交付、观测和数据通道为核心，打通上层业务应用和下层数据库底座，实现智能、互联，提供一体化、智能化的数据库服务与管控能力，确保个人核心系统数据库的运行可见、可管和可计。

2.1.4 平安银行注重提升单元化架构管控能力

(一) 技术路线

平安银行技术方案选择趋向于开源开放架构，数据库选型以开源 MYSQL 为主要技术路线，对应用层要求尽量去除数据库特性依赖，数据库回归存和取两个核心能力，业务逻辑和复杂计算由应用层实现，以此来实现云原生和自主可控。

平安银行基于流行度、稳健性、高性能等综合考虑因素，选取 TDSQL 作为核心系统的数据库选型。在可靠性方面，TDSQL 基于半同步复制的改进，实现了高性能、强一致的主从复制通道，避免了原生 MYSQL 半同步的数据丢失风险。在高可用方面，基于同机房强同步、跨机房异步的复制方式构建的一主多从，同城双活的高可用架构，实现单一机器、机房、IDC 故障后，应用和数据库都可以快速转移。在高性能处理能力，TDSQL 除了在多数场景下对 MYSQL 的参数调优，还对 MYSQL 内核有深度定制，并结合

与我国 PC 服务器的适配和定制化配置，能够发挥出最大性能。

平安银行积累了丰富的单元化架构经验，核心系统分布式架构将业务数据按客户的维度进行切分，拆分成多个分布式服务单元（DSU），每个单元设计时应尽可能从业务层实现自包含，跨单元的分布式事务由架构层实现，单元的路由使用客户分片映射服务（GNS）。从逻辑设计上，不同单元的数据库同构，只是存储处理的数据有差异，但对外提供相同的服务、服务处理逻辑、数据结构设计。开展单元化设计时，要明确每个单元的性能目标，包括吞吐量、QPS 和 TPS 预期目标、数据量最大容量，同时要尽量避免单元的扩容和二次拆分，如果单元数据库出现资源瓶颈时，也需保留扩容方案。通过单元化切分，单个单元数据库的故障只会影响本单元的服务，可大幅缩小故障颗粒度和范围，解决了集中式单库故障导致整个系统不可用问题。同时，单元化架构也突破单一数据库处理能力上限，提升整个核心系统的吞吐量。

（二）面临的问题

（1）我国数据库相比国际主流数据库仍然有不小差距。版本管理不够成熟，版本的稳定运行周期管理相对随意，版本中各种小问题较多，版本质量不高，版本无法原地升级，必须通过新建或者迁移来实现。文档及相关技术人员的储备仍然有很大差距，售后支持体系不够完善，售后支持过于依赖工程师自身技术能力，普遍没有建立起售后平台和面向客户的较为完整的知识库体系。配套迁移、问题诊断等工具参差不齐，需要针对客户项目单独适

配和定制开发。

(2) 大规模集群的自动化运维面临挑战。核心系统由集中式架构升级为分布式单元化架构，整体系统的数据库实例由数个升级为上百个组成的分布式集群，数据库运维工作量显著增加。而且传统数据库运维技术体系与新一代分布式数据库存在差异，导致大规模分布式数据库运维更加困难。亟须转变建设思路，由追求单机的稳定转变为更快故障恢复速度，从架构设计、资源部署、双活容灾上做到高可用、故障自动转移、无中心化，从事前的架构设计、工具设计、应急预案，事中的监控预警、故障自愈，事后的漏洞修复、备份恢复，需要比传统运维更加快速。

(3) 系统的分布式迁移改造工作量大。在应用层，原系统改造成分布式单元化架构、应用框架、技术平台需要进行大量改造工作，包括方案设计变化、代码改造、监控与告警调整、运维工具改造适配等。在数据库层，不同数据库在数据类型、接口标准等方面存在兼容性差异，不同类型数据库间的数据类型差异需要转换，需要保持数据迁移的质量和完整性，同时迁移过程还需要尽量减少对业务的中断，保持业务连续性。

(三) 解决措施

(1) 结合核心业务特点开展数据库选型

我国数据库技术产品种类繁多，且在功能和性能上有不同侧重点，所以在核心系统的选型上需要结合具体的业务模型，充分发挥数据库的优点，扬长避短。对数据库自身能力的评估参考以

下几点：

- 集中式/分布式；
- 兼容性，与现有产品兼容度；
- 数据一致性，跨 IDC 强一致性，RPO=0；
- 可扩展性，横向扩展和纵向扩展能力；
- 高可用能力，同城多活，RTO<60S，自动故障转移；
- 高性能，SQL 低延迟，高吞吐量。

另外也需要考察产品生态、团队研发能力、客户案例、可定制化能力（融入现有自动化运维体系）等。

（2）通过运维工具化、自动化提升系统运维效率

在数据库迁移阶段，建设一套完备的迁移工具体系，涵盖迁移前兼容性评估，测试及迁移阶段的 SQL/对象转换、数据迁移以及数据核对、功能测试、性能测试等，协助高效完成迁移改造工作。

在面向用户方面，建设面向用户的工具以提升用户体验和部署交付效率，打造一站式自动化部署交付流程，提供方便快捷的统一数据库查询入口，并在安全方面具备对敏感数据的拦截。建设友好的版本发布工具，具备风险审核拦截、多 DSU 并行执行的能力，既提高效率、又有效避免问题。

在 DBA 运维工具建设方面，建设监控中心和操作中心。在监控中心，提供实时监控数据库状态的监控大屏，细粒度、历史数据和多维度的可视化监控数据展示，以及告警平台、容量平台、

自动巡检报表等。在操作中心，提供自动化变更平台、一键切换平台、零依赖应急处理平台。

（3）积极探索单元化架构的实践

大型系统进行分布式单元化改造逐渐成为重要发展趋势，单元化适合能够根据客户维度拆分的系统，分片内部实现自包含，客户的业务均可以在单个分片完成，而不需要技术平台层、框架层上支持分布式事务。在单元容量评估上，需要提前做出合理的评估：

- 每个单元预留 BUFFER，以备瞬时的热点数据突发和秒杀活动支撑；

- 单元内联机 and 批量的数据库可拆分，提升纵向扩容的空间；

- 使用高配硬件，保障数据库有充分纵向扩容的空间；

- 存量数据的迁移方案，将数据库负载上的瓶颈部分迁移到新的 DSU，但成本和风险较高。

此外，在设计过程中要避免过度单元化，比如上下游系统业务不均衡地被动单元化，单元化后导致资源利用率低。在单元化运维上，需要组件的去中心化，去除单点故障，确保每个单元具有一致的标准化运维，并具备故障快速治愈能力，避免单个单元的故障蔓延到整个集群。

（4）加快实现数据库轻量化

核心系统的迁移改造，应尽量使数据库实现轻量化。首先，一般业务逻辑不依赖数据库能力实现，需要从数据库剥离到应用

层，去掉对数据库特性的依赖，比如存储过程、函数、触发器、外键约束等，只对表简单存取，充分发挥数据库的存取性能，提高整个系统的可扩展性和灵活性。其次，大型业务系统推荐使用应用层做单元化或数据分片处理，数据库存储层自身的分布式能力存在天然劣势，可能会引入大量跨分片、跨 IDC 事务，影响运行效率，增加运维风险。

2.1.5 华夏银行借记卡全栈升级显著降低成本

（一）技术路线

借记卡系统是华夏银行核心业务系统的重要组成部分，主要负责柜面渠道、ATM/POS 渠道、网银渠道等受理，以及由银联平台转发的金融交易和查询交易，具有存取现金、转账汇款、刷卡消费、代收代付、资产管理等功能。借记卡系统下移项目是华夏银行第一个应用系统涉及业务流程、开发语言均保持不变前提下的全栈下移项目，该项目的实施创造了两个技术实现先例：一是基于 C/C++ 语言使用 ODBC 接口对接数据库，二是华夏银行首个核心类业务系统采用分布式架构数据库完成数据持久化功能。

金融业核心类型系统应用数据库技术体系的规划和设计是一个复杂的过程，需要充分考虑业务需求、数据管理、安全性和可扩展性等因素。华夏银行具体规划如下：

（1）技术攻关

联合 GaussDB 分布式数据库并结合借记卡系统业务需求场

景进行相关技术与攻关。

(2) 架构设计

核心系统的架构要满足高可用、高扩展、高性能的要求，具备弹性扩容、自动故障切换、分布式并行计算能力。借记卡系统框架由全栈我国软硬件组成，采用了两地三中心的部署架构方式，同城为双活中心，每个中心均部署应用和数据库集群，同时对外提供服务；异地为灾备中心，当同城出现异常后进行接管对外提供服务。

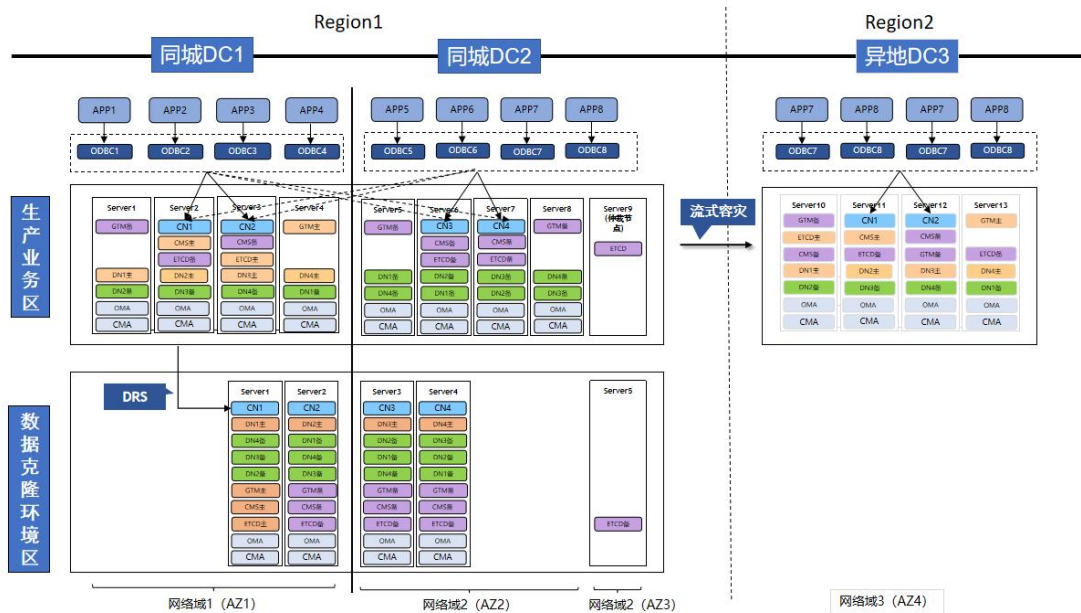


图 3 两地三中心的部署架构示意图

(3) 模型设计

借记卡系统对象分片改造，大部分进行分片的业务表，以卡号作为分片键，并进行 hash 分片。对配置及需要关联的业务属性表采用全局表分布方式，同时最大限度减少跨节点数据交互，减少分布式事务数量。

（4）安全与合规

采用数据加密与数据访问控制等技术，确保数据在读取、传输、存储过程的安全，并确保只有授权人员能够访问敏感数据，建立合规性策略和审计机制，以确保符合行业法规要求。

（5）测试与优化

借记卡系统上线前测试必须全面，包括基础功能测试、高可用测试、性能测试、稳定性测试等，并基于测试结果进行优化，通过优化后确保 TPS（每秒通过事务数）、交易平均响应时间、交易成功率等性能指标，CPU 利用率、MEM 利用率、I/O 利用率及网络吞吐量等物理资源类指标满足业务要求。

（6）迁移与验证

迁移过程主要涉及迁移评估、对象迁移、数据迁移、数据验证及数据回退等步骤，借记卡系统采用华夏银行自主研发的龙跃（iGO）数据迁移平台，实现了特殊 Latin 字符集迁移与数据内容校验，并根据数据库技术实现特性进行适配改造后，大幅降低数据迁移所需用时，满足了业务停机时间窗口要求。

（7）部署和运维

构建统一数据库服务平台，具备自动化部署和运维能力，具备平台化管理能力，华夏银行结合自身实际通过华为管理平台接口与华夏银行的一体化平台、iKnow 基础技术软硬件分析平台、数据库魔方等对接，实现包括常规运维、监报告警、性能优化、故障定位、问题处置等能力，满足一体化、智能化的全生命周期

数据库服务与管控能力。

(8) 规范和文档

制定包括应用开发规范、部署架构规范、应急处理方案、数据库技术白皮书等详细文档，加强相关知识培训与人才队伍建设。

(二) 面临的问题

(1) 适配与业务升级中，硬件资源、应用程序、SQL 语法、数据库对象、PRO*C 编译器等适配与改造存在难点。

(2) 数据库迁移时，如何确保数据安全、稳定、一致地迁移到我国数据库，迁移中存在数据库包括低值(0X00)等特殊字符集迁移与验证、如何提升迁移效率等难题，同时要确保迁移后性能不低于或高于原环境。

(3) 系统上线后的运维与保障问题，如何确保系统上线后出现问题前提前预警，出现问题后第一时间发现并快速处理都是面临和必须要解决的难题。

(4) 我国数据库的备份与恢复问题，如何确保数据的可靠性、完整性和可恢复性，并提升备份效率，也是关注的重点。

(三) 解决措施

(1) 通过充分了解我国数据库与语法兼容限制，对于在数据库层面升级存在困难，可通过业务层改造实现，同时在业界首创采用了 ODBC 与数据库对接的方式。

(2) 数据库迁移问题。自主研发的龙跃(iGO)数据库迁移平台解决并提升了迁移效率。根据我国数据库的自身结构进行不

断测试与优化，如合理选择分片键和分片方式，最大限度规避分布式事务，采用最佳表和索引设计、最佳参数实践等措施，提升性能。

（3）通过自研数据库魔方，iKnow 基础技术软硬件分析平台，并整合一体化运维平台及加强内部培训等措施来解决。

（4）针对 GaussDB 数据库的备份方式，采用 OP 软件+X8000 带库的方式备份恢复，通过进一步优化备份脚本，同等条件下备份效率提升了 50%。

2.1.6 国泰君安重塑全业务集中清算平台建设

（一）技术路线

全业务集中清算平台负责公司低延时交易、场外市场系统、个股期权系统、多金代销系统、黄金交易系统、自营系统的清算交收业务。传统上采用集中式架构加数据库分库分表的方式，在日终清算时面临系统繁多分散，清算时间紧，差异化清算灵活性差、横向扩展复杂、全局数据查询困难等问题，亟需构建一套全业务支持、可快速迭代、符合行业发展趋势的分布式清算平台，实现研发自主可控、清算工作高效、业务支持灵活的目标。

全业务集中清算分布式平台基于弹性扩展架构，支持公司经纪业务全业务实现自动化清算、日间实时清算、原子化清算、多流程清算、多系统数据上下场交互、多样化计费方式、资产管理、负债管理等多个功能模块。在底层硬件基础设施上，全面采用

我国服务器、操作系统、数据库、中间件、网络通信设备等。

数据库从 SQLServer 升级为 OceanBase 分布式数据库，将分库分表架构转变为分布式云原生。分布式系统直接依据一户通号，在底层进行分布存储，使用多租户模式进行资源隔离控制（原有系统中分区变为租户进行隔离），系统可以面对多并发业务，也可以处理数据聚合性操作，并在一个集群基础上实时进行负载均衡、资源控制和水平扩展。经过功能、性能、并行和高可用测试，2023 年 10 月上线进行并轨清算，已对全量千万级客户进行平行清算，并灰度切换客户。

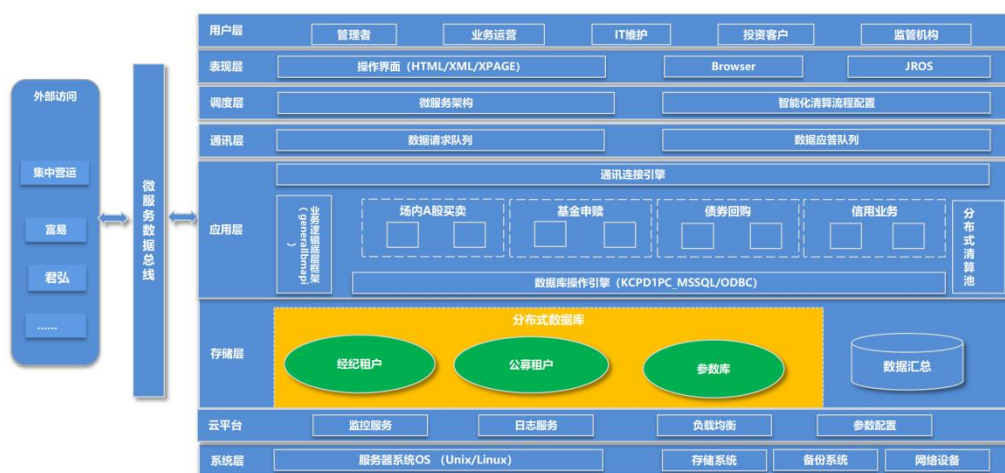


图 4 全业务集中清算平台系统架构示意图

（二）面临的问题

清算系统使用大量 SQLServer 数据库且使用复杂度高，技术栈相对封闭，在保障业务系统安全稳定的前提下，同一套代码上实现两种数据库的兼容性，开展分布式数据库的转型升级，适配改造复杂度和工作量极大。

(1) 兼容性方面，SQLServer 具备一些特有 SQL 语法，需要进行针对性改造并验证。

(2) 性能方面，清算业务具有大量批量处理 SQL 语句，针对性能测试中遇到的问题，由开发人员和 DBA 紧密配合，通过优化表索引、优化 SQL 语句及修改部分业务流程的方式，达到业务需求目标。

(3) 数据迁移方面，SQLServer 技术栈较为封闭，业内缺少成熟的工具快速完成表结构、数据迁移及校对，只能通过前期积累经验，借助开源工具和开发辅助工具来实现半自动化的表结构和数据迁移，降低迁移复杂度。

(4) 外围系统对接方面，数据库升级后，与数据的归档、ETL 数据采集、监控系统对接、灾备系统建设等都需要改动，亟需业务和数据库配合设计全套方案，以进行针对性改造和验证。

(三) 解决措施

基于可伸缩的分布式框架重构清算业务平台，采用我国中间件和分布式数据库实现业务的转型升级，充分发挥分布式数据库在存储、计算层面的优势，实现系统安全可控、水平扩展性强的目标，为公司的数字化转型提供技术支撑。

(1) OceanBase 数据库采用普通的服务器作为数据库主机，以多副本、多分区、资源池化技术提供高并发、高可用和多租户的能力，降低部分硬件成本和系统复杂度。

(2) 利用 OceanBase 数据库高效的存储压缩能力，有效降

低存储成本 50%至 70%，对于历史库的大数据存储，可以降低对硬件的需求，同时发挥在线水平扩展能力以应对未来增量需求。

(3) 在数据库层面统一监控与运维，降低运维复杂度，减少对运维人员依赖的需求。

2.1.7 广州期货交易所沿用集中式高可用架构

(一) 技术路线

广州期货交易所核心结算系统从 Oracle 19C RAC+DataGuard 高可用架构升级为达梦集中式主备架构的数据守护集群。广期所涉及全国期货交易数据对接，对稳定性和性能要求较高，要求双规运行至少 1 至 2 年时间，目前达梦数据库集群作为陪跑系统模拟承载生产系统全部业务压力，实现核心系统的交易业务，以及每天收市后进行闭市结算跑批任务，目前数据量约 2TB，未来会持续增长。针对典型期货核心业务系统 RAC+DataGuard 高可用架构的迁移改造，沿用成熟高可用架构基础上，具备全面兼容性和性能优化能力。

(二) 面临的问题

(1) 针对期货核心系统中交易和分析并存业务系统使用集中式升级改造，性能和容量能否满足期货核心交易系统的需求。

(2) 迁移改造的兼容性问题，包括狭义 SQL 语法兼容和广义整个软件生命周期中测试、开发、运维的成熟技术和运维习惯能否沿用，尽量减少迁移改造的阻力。

(3) 可靠性、双规迁移和回退方案是否可以最终实现期货核心系统的安全稳定平滑过渡。

(三) 解决措施

(1) 针对目前 2T 容量的期货实时交易和复杂 SQL 跑批业务的性能，复用 Oracle 已有优化策略，比如统计信息收集等，以及基于达梦完全自主研发针对性结合应用内核级别调优，性能和容量可以满足证券核心系统需求。

(2) 达梦数据库多年在行业实践案例中不断完善兼容性，除 SQL 语法级别之外，还包括集中式向集中式迁移改造，实现同类型成熟稳定的集群架构的沿用，金融机构可以继承成熟的开发、测试和运维，减轻迁移改造压力。

(3) 可靠性方面，集中式主备架构可以实现秒级切换，在同城和异地容灾的同时，备库也可以作为只读库减轻主库压力。达梦数据库在 200 多家金融用户的迁移实践中，不断完善和健全整套迁移工具，根据不同迁移需求形成不同成熟的双轨迁移方案，并借助数据库工具实现稳妥的退回方案，保障期货核心系统的安全稳定升级。

2.1.8 国寿财险理赔中心验证分布式数据库能力

(一) 技术路线

理赔中心是集数据、流程、决策以及客户服务等多方面的综合性管理系统，旨在提升保险理赔的效率和精准性，涵盖理赔申

报、案件流转、资料归档、赔付审核、结案处理等多种功能。为增强理赔中心业务系统能力，提升海量数据高并发写入和查询的性能吞吐量，满足业务对数据库访问请求的 TPS、QPS 以及实时响应时间的需求，亟须对理赔中心进行分布式改造，以降低交易时延、改善客户体验、提高服务效率。

国寿财险理赔中心采用“分布式架构+开源软件”替代“传统集中式架构+商用软件”进行数据库升级，通过分布式系统承载业务，解决大数据量、高并发的处理性能瓶颈，利用分布式系统的敏捷扩展能力提升运营效率，实现在线弹性资源伸缩、支持跨数据中心双活。

分布式数据库与传统数据库在部署模式、应用方式等方面存在较大差异，为保障业务平滑过渡，基于数据范围将数据划分为多分片，每个分片采用 Raft 算法在多物理节点构建多副本，保证分片副本间的数据一致性和高可用。多副本分片组成 Raft 组，实现无需指定分片键，避免对业务的侵入，实现平滑迁移。同时根据原数据库特点，在分布式数据库上分析 SQL 执行计划，对业务数据操作语句进行调优，使分布式数据库性能达到或超过原数据库水平，满足业务响应要求。

（二）建设内容

（1）架构优化

迁移前理赔系统使用 IBM P870 小机和 Oracle RAC 数据库，迁移后将理赔车和理赔非车业务拆分，使用 2 套我国数据库产品

集群，并基于 41 台 PC 服务器进行承载。

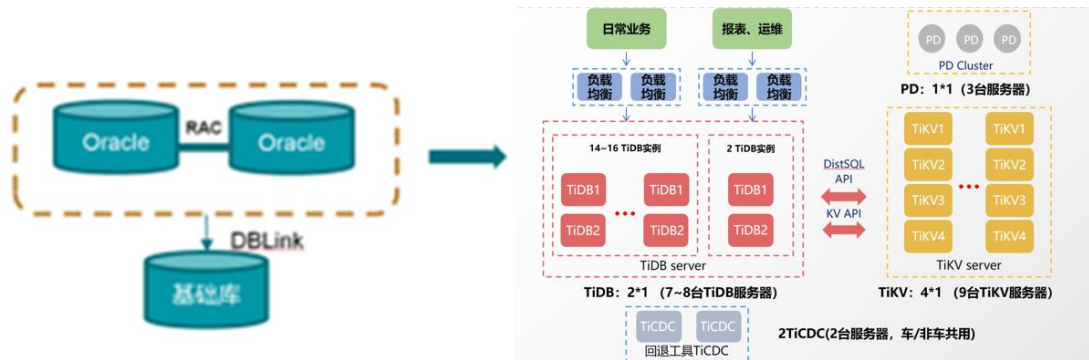


图 5 理赔系统迁移架构对比示意图

（2）车险理赔和非车理赔拆分

完成车险理赔中心和非车理赔中心的数据库拆分，拆分后系统运行稳定，性能大幅度提升。在数据库层面，从根源上解决车险与非车共享资源带来的安全隐患，降低单体数据库的增长速度及访问压力；在运行层面，车险理赔、非车理赔数据库层面稳定性事件互不影响，降低对业务范围的影响；在系统升级层面，各中心可根据自己的业务需求规划升级频度，互不影响。

（3）数据迁移

在数据库改造方面，对 1961 个对象梳理和确认，转换和校验异构数据库间字段类型，复核数据库关键字，梳理和初始化序列。在 SQL 优化方面，三批次优化分析 SPA SQL，扫描业务近 9000 条 SQL，优化慢 SQL 分析（21 条）。在数据迁移实施方面，讨论和确认数据迁移方案、测试验证和回退链路方案，实现全量数据迁移，共迁移 1961 张表，数据总量 32 T。

（4）双轨运行

迁移过程采用双轨运行方式保证并行过渡，同时运行原数据库和分布式数据库，双向同步变化数据，使数据迁移有兜底回切方案，保证安全性；实时监控及时防控扰动，确保系统稳定上线。

（三）应用效果

理赔中心分布式数据库改造完成后，实现横向弹性扩缩容能力，提升数据层面处理效率，业务处理能力明显增强，数据库集群每秒查询数 QPS 达到 6.3 万，连接数 4400，网络吞吐量 95MB，业务高峰期 CPU 使用率不超过 30%。功能方面，分布式改造避免对业务的侵入，使理赔中心业务系统平滑迁移；性能方面，分布式系统充分调优，满足响应要求，性能线性提升，并具备强扩展能力；安全方面，满足国家金融安全要求，实现基础技术架构全新升级，验证保险业核心系统分布式数据库技术可行性，初步具备自主可控能力；高可用方面，分布式系统未来扩展为远程异地灾备更加简便。

2.2 中小金融机构紧跟迭代步伐，夯实数据库基础能力

中小金融机构现有核心业务系统普遍运行在国外大中型服务器和传统的集中式数据库上，随着业务的发展和信创改造的需求，传统集中式的架构已经无法满足性能、高可用以及技术可控上的要求。因此中小金融机构也在全面进行核心系统的改造升级，在数字化转型和核心系统升级改造过程中，通过加强技术自主可控、优化系统架构、提升业务处理能力和保障数据安全等方面的

积极探索与实践。

2.2.1 广发银行提升分布式数据库应用能力

（一）技术路线

为适应数字化转型发展趋势，广发银行加强关键核心技术攻关，开展以核心系统分布式转型为代表的自主可控实践，围绕保障核心系统稳定运行和提升运维服务能力水平总体目标，健全完善分布式数据库的稳定性、高可靠性和扩展性等基础能力，夯实分布式数据库核心底座，赋能整个分布式核心系统的平稳运行。

在分布式核心系统建设中，广发银行结合 GoldenDB 分布式数据库集群的多租户管理能力，将不同的业务模块分为不同的租户，每个租户划分为不同的数据分片，每个分片部署一主多备多个数据副本保证高可用。利用分布式数据库的分布式处理能力和高可靠性，采用分片技术提高系统的高并发处理能力、多副本部署提高单节点故障的高可用性、划分多种类型的计算节点保证资源访问上的隔离。

分布式核心系统采用两地三中心的高可用架构，生产中心、同城中心和灾备中心分别承载不同的业务流量。应用侧采用竖井式架构，跨中心之间相互不访问，由流量分发层实现跨中心的流量转发；由分布式数据库实现跨中心的高可用。

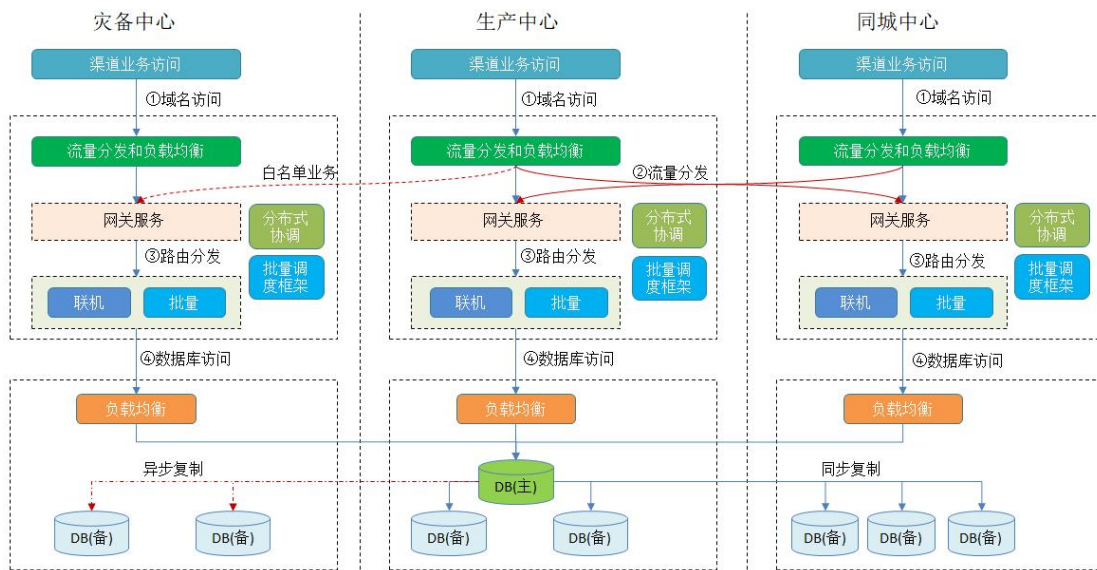


图 6 分布式核心系统高可用实施架构图

（二）面临的问题

（1）基础架构的稳定性和容错能力，分布式架构下 X86 平台相比集中式大型主机平台，服务器的稳定性和单机处理能力上明显不足。如果服务器出现故障，应用或者数据库节点能否及时感知异常并切换到可用节点，还需要经历实际生产环境长时间运行考验。高可用切换及故障场景演练并不能完全覆盖实际生产运行场景，面对未知故障场景下，系统架构的稳定性和高可用机制、故障影响的爆炸半径以及影响范围收缩等，能否满足业务连续性要求有待验证。

（2）故障快速定位及处理，分布式核心系统复杂的交易链路和组网架构下，监控信息的及时性和准确性、故障能否快速恢复或者隔离以减少业务影响、满足 1-5-10 应急响应的时效要求等，对监控平台全栈监控能力提出新要求。

（3）分布式架构下热点账户的处理瓶颈，集中式架构中单

机处理能力强大，面对热点账户等业务场景能够满足性能要求。但是在分布式架构下，单节点处理能力受到限制，已经无法满足热点账户等高并发的业务请求，需要在应用设计上具备热点账户的处理机制，在应用侧进行流量控制以减少对数据库层的影响，单个节点的数据库异常，都可能引发全局影响，造成雪崩式反应。

（4）网络复制带宽的压力，高并发高负载的业务场景，尤其是批量业务高峰时段，生产和同城及灾备的复制带宽承受明显的压力。复制带宽使用率过高会影响数据库事务的提交性能，进而影响业务的处理效率。为满足业务性能及批量窗口要求，需要时刻关注流量复制带宽的使用情况，必要时候扩容资源，以保障系统的稳定性和业务连续性。

（5）应用版本部署后的性能变化，应用程序和 SQL 在测试环境通过性能测试并部署到生产环境，但真实生产环境和测试环境在数据量、环境配置以及架构上存在差异，导致数据库访问的执行计划发生变化，引发性能问题。

（三）解决措施

（1）建立 1-5-10 运维目标的应急响应机制，基于“1 分钟发现、5 分钟定界和 10 分钟应急”的运维目标，从运维规范化、数据库变更管控、监控治理以及应急流程优化等角度入手，提升分布式数据库运维水平，保障分布式核心业务系统的稳定运行。

（2）推动分布式核心系统中技术架构、硬件平台、操作系统、数据库和运维管理的全面转型升级，构建高性能、高可用、

可扩展、安全可控的金融核心业务系统，满足数字化转型中的业务需求，同步提升核心系统的安全可控能力。

2.2.2 恒丰银行以对公信贷打磨数据库性能

（一）技术路线

恒丰银行按照“试点先行、联合创新、逐步推进、自主可控”策略，积极有序推进金融级分布式数据库的研究与应用，总体分三个阶段：首先，对我国数据库技术产品进行调研、产品能力评估、测试及试用，充分了解我国数据库；其次，总结前期使用较低等级应用试点经验，选取核心应用对公信贷业务 CLPM 进行我国数据库技术改造，适配我国数据库特点，实现业务快速平滑切换，充分进行技术和业务验证，并成功在我国数据库 GoldenDB 上投产应用；最后，将试点应用经验和实施工艺推广到其它业务应用系统。

本方案着眼于对公信贷业务 CLPM 整体技术架构中的关键层数据库，基于 GoldenDB 分布式数据库，建立两地三中心部署架构的安全可控分布式数据库集群，创新性的升级主备副本的同步/异步复制机制，保证本地与同城 RPO 接近为 0，RTO<2 分钟，数据不丢失，保障数据的安全性。

在对公信贷业务 CLPM 系统的数据库转型升级过程中，也完成了客户评级、业务审批、合同支用、押品管理、贷后检查等 11 个业务组件重构，实现技术架构升级，为支持业务需求敏捷

交付奠定基础。同时对公信贷业务处理全流程在智能化、灵活性、友好性、性能等方面明显优化，显著提升对公信贷业务服务能力和信息安全水平，提高科技自主可控能力。

（二）面临的问题

（1）数据迁移与转换。分布式数据库改造需要数据迁移，迁移过程中需要数据格式的转换与数据结构的调整，核心系统的数据量比较庞大且数据之间的关联复杂，显著增加数据转换的开发工作量与后期数据验证的工作难度，并且现有数据迁移与验证工具还不够成熟，无法完全解决数据迁移问题，需要人工干预来保证数据迁移的准确性。比如，对公信贷业务 CLPM 系统的数据库升级过程中，源数据库中存在宽度超过 64K 的数据表，但目标数据库中表定义里所有明确长度的字段加起来默认不能超过 64K，如果按照原来 DDL 建表会报超限错误，如果对超宽表进行应用层面改造，带来巨大的额外工作量。

（2）应用与数据库适配。金融应用大都基于单机关系型数据库的机制设计，例如大部分场景都是串行机制，很难发挥分布式数据库的强大并发处理技术，而分布式数据库本身的二阶段提交机制，还会造成简单事务的时延增加，造成串行事务执行性能低下，因此数据库与金融核心业务应用系统的适配尤为紧迫。但应用系统开发厂商众多，缺乏明确的数据库开发规范，除了使用标准的 SQL，还使用较多的 Oracle 等传统主流数据库的私有语法和功能，大多我国数据库对分布式存储过程、包、函数、触发

器、视图等高级对象的使用存在限制，难以做到平替。比如，对公信贷 CLPM 业务使用较多 Oracle 特性，向目标数据库移植存在较大兼容性适配工作量。

（三）解决措施

（1）金融机构、数据库企业通过联合技术攻关、应用试点推广等方式，持续推动我国数据库产品功能的完善。针对数据表超限问题，恒丰银行与数据库厂商联合攻关，梳理统计表宽度，确定技术方案，最终突破对表宽度的限制，将行宽度限制扩大到 2MB，成功解决该问题。

（2）金融机构联合应用开发商、数据库企业加快推进应用系统与数据库的兼容适配。恒丰银行联合应用开发商和数据库企业，对 CLPM 业务中遇到的兼容性问题进行梳理改造，同时应用兼容性分析工具，降低兼容性分析的难度，最终通过 Oracle 的高兼容性实现数据库的平滑迁移，实现系统快速上线，同时利用主备副本设置，保障数据库的高可用性。

2.2.3 江苏银行先行剥离会计核算进行升级

（一）技术路线

江苏银行核心业务系统于 2007 年上线，目前包含储蓄业务、对公业务、凭证管理、内部账户、会计核算等模块，系统框架较为老旧，模块复杂，整体迁移工作量大、周期长、风险高，采取更稳妥的分步实施方案。会计核算模块剥离难度相对较小，核算

与交易分离有助于降低后续业务模块剥离难度，故先行建设会计核算平台，承接全行核算能力，同时承接核心系统内清算及部分内部账处理能力。

会计核算系统具备混合负载、敏态业务、大数据量、高并发读写、金融级高可用、高增长性等业务特点，因此新建会计核算系统采用分布式架构，敏态灵活，稳态兼容性好，保留存储过程并迁移，降低应用改造综合成本。为抵御城市级故障，会计核算系统采用两地三中心分布式部署，徐庄主生产中心承载超过 50% 的主业务流量、中华路备生产中心承担低于 50% 的主业务流量，机房发生机房级别故障时，双活机房中华路能够自动承接业务流量，实现应用层双中心双主的灾备设计。数据库采用高斯同城双活 4 分片 4 副本设计，主集群中数据有 4 份冗余副本，分散存储在徐庄数据中心和中华路数据中心，任何一个节点故障，系统仍然有 3 份数据确保继续运行。

（二）面临的问题

（1）数据迁移。新建会计核算系统的数据结构与旧系统差异较大，数据迁移涉及大量历史交易记录和账户信息，容易出现数据丢失或错误。

（2）系统兼容性。新建会计核算系统需要与行内部其他系统，比如客户关系管理系统、贷款系统，进行数据交换和集成，可能出现接口不兼容问题。

（三）解决措施

(1) 合理进行数据清理、使用迁移工具和验证机制。迁移前对旧系统的数据进行清理和整理，删除冗余数据，修正不一致数据。使用专业的数据迁移工具，确保数据的准确转移，进行数据映射，保证旧系统数据能够正确转化为新系统所需格式。迁移后进行数据验证，包括数据一致性检查和完整性校验，设置对比测试，确保迁移数据的正确性。

(2) 合理设计接口并全面集成测试，与供应商紧密合作。提前进行系统接口设计，明确数据传输格式和协议，确保新系统与其他业务系统的兼容性。在系统上线前进行全面的集成测试，模拟实际业务场景，验证系统间的数据流和功能兼容性。与供应商保持紧密合作，解决集成过程中出现的问题，确保系统平稳过渡。

2.2.4 北京农商核心系统数据库双轨运行平稳

(一) 技术路线

核心系统作为行内最重要的产品服务与运营支持系统，同时承担着公共运营的基础服务与内部管理计量重任，是各项业务正常开展的基础。核心系统于 2021 年投产使用，基于 Oracle RAC+DataGuard 高可用架构建设，整体系统处理能力峰值约为 12000TPS。

为提升信息技术体系自主可控水平，确保信息技术产品供应链安全，在现有核心银行系统的基础上，以不影响现有交易业务

逻辑和系统应用架构为原则，实现从芯片、操作系统、数据库、中间件的全面升级，构建基于 OceanBase 分布式数据库集群的高可用架构，要求不降低系统整体处理能力，不增加交易响应时间，不延长批量执行时间。经过近一年的选型、开发、测试和演练，核心系统已于 2024 年实现 OceanBase 并行环境与 Oracle 生产环境双轨运行，后期将进行角色切换，实现 OceanBase 分布式数据库集群单轨运行。

核心系统并行环境在网络层，使用网络负载均衡模式提供服务，支持通过域名进行访问。在应用层，通过集群方式进行应用的负载均衡，支持根据业务类型进行分组部署。应用服务器间使用高端 NAS 存储实现文件共享和并发读写需求。在数据库层，使用 OceanBase 数据库提供两地三中心七副本+主备库高可用架构进行部署，数据分片可自动进行平衡分布。具体技术架构如下。

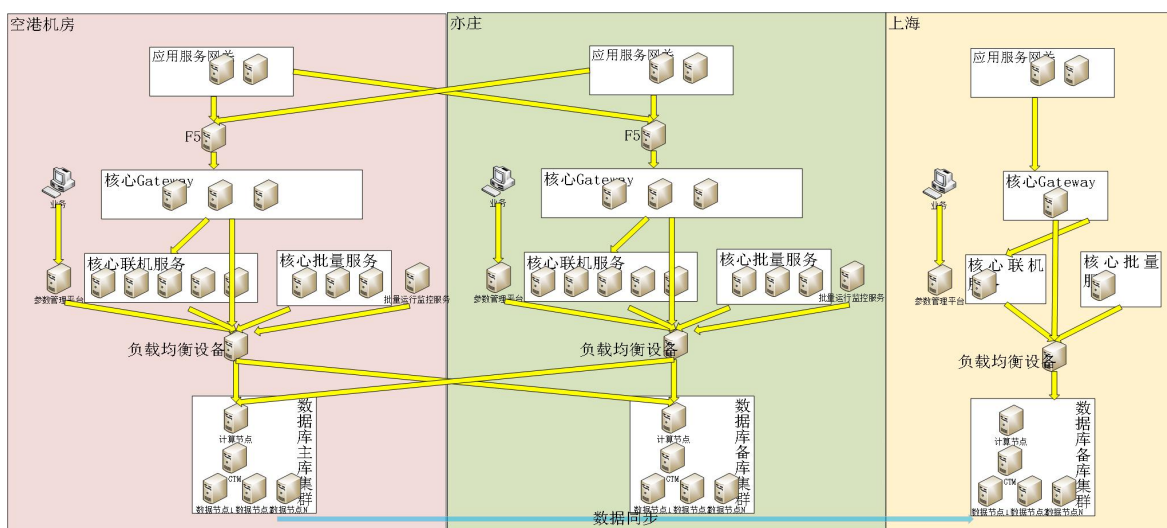


图 7 技术架构示意图

核心系统并行环境采用两种方式与生产环境并行运行：一是

并行工具从生产环境 Oracle 数据库中获取报文数据，按照处理顺序发送给并行环境应用程序；二是对应用服务网关进行改造，将发往生产环境的报文，通过异步转发方式，发给并行环境，由并行工具对比并行环境和生产环境的处理结果。两种方式分阶段使用，并与总账系统进行账务核对，确保并行环境与生产环境的数据一致性。

（二）面临的问题

（1）建设过程中，主要遇到 OceanBase 与 Oracle 的兼容性问题，比如 Oracle 数据库的 Rowid 模式，在 OceanBase 中没有类似机制，导致部分业务功能无法平滑迁移。

（2）并行环境投产时，生产环境停机时间有限，如何减少影响业务的时间成为难点。

（三）解决措施

（1）对核心系统的所有大表进行梳理，按照 OceanBase 的标准进行表分区的重新设计，使用分区拆分查询来提高运行效率，从而较好解决性能问题。

（2）为最大限度减少对业务的影响，搭建移植用 ADG 备库，数据从 ADG 备库中进行迁移。先获取一份完整的静态数据，然后通过 OceanBase 移植工具（OMS）进行静态同步和全量数据校验，一致性校验核对后，再通过 OMS 进行增量移植，大幅减少对生产环境的影响。

2.3 不断完善升级路径和方法论，为同业提供参考借鉴

金融机构核心系统数据库传统上主要以 Oracle、DB2 为主，从应用演进的角度，常见金融核心系统数据库升级有平滑迁移和完全新建两种方式，迁移侧重应用不改或者仅有少量修改，保持库表结构基本不变的情况下，将数据库替换成我国数据库；完全新建是建设一套新核心系统，然后将老核心的数据与新核心的数据结构映射后完成数据的转换和迁移。通过以上两种方式，金融机构在核心系统数据库转型升级方面进行有益探索，不断提供新的金融应用场景，逐步打造新的解决方案，充分验证我国数据库技术的可行性，推动我国数据库技术产品在性能、功能、可用性等方面的提升，并逐步形成一套核心系统数据库转型升级的方法论，为金融机构提供借鉴。

2.3.1 需求分析与发展规划

金融机构需要根据业务特点、IT 基础设施现状进行全面的需求分析，包括但不限于评估现有系统的性能瓶颈、安全威胁、成本效益、科技人员储备等，同时前瞻布局未来业务扩展、技术升级规划以及设定安全可控要求，并基于此制定科学合理、可落地实施的发展规划，指导本机构开展核心系统数据库迭代升级。

2.3.2 技术选型与方案设计

在明确需求后，选择合适的技术路线和方案至关重要。金融

机构往往会考虑选择具有兜底能力的数据库厂商，增强金融信息系统的功能性。技术选型时会关注数据库的功能、性能、稳定性、安全性、可扩展性及与现有系统的兼容性。

2.3.3 应用适配、业务测试与评估

在实际升级之前，需要进行应用适配工作、详尽的业务测试与评估，这包括：在测试环境中对全量业务进行回归、覆盖所有业务边界测试、模拟实际业务场景测试、验证新数据库系统的性能、稳定性及业务兼容性。

2.3.4 系统迁移与优化

系统迁移是升级过程中最为关键的环节。金融机构在迁移过程中，可能会采用渐进式、分阶段迁移的策略，确保每一步迁移都是稳妥可靠的。迁移后，需要对系统进行调优，确保其能满足业务需求并达到最佳性能。同时要有“应急回切/回退”等预案设计。

2.3.5 业务验证与持续监控

系统升级上线后，需要进行业务长期跟踪验证，确保所有业务流程在新型数据库上都能正常运行。此后，还需要建立持续监控机制，实时跟踪系统性能和稳定性，以便快速响应可能出现的问题。

2.3.6 安全与合规

数据安全与合规性是金融机构无法忽视的重要方面。在系统新建或者迁移之前提前规划布局，数据库升级后，需要确保满足国家相关金融信息安全的法律法规要求，加强数据加密、访问控制、安全审计等措施。

2.3.7 持续迭代与优化

金融机构的信息技术架构不是一成不变的，在完成核心系统数据库升级后，需要根据市场变化和业务发展需求，持续对系统进行优化和迭代，保持系统的先进性和竞争力。

2.3.8 培训与文档

为了确保系统升级后人员能够熟练操作新系统，金融机构会组织相应的培训。同时，完善的技术文档和操作手册也是必不可少的，以便于日常运维和未来可能的系统迭代。

3. 技术创新加速金融业数据库技术迭代升级

3.1 生成式 AI 加速非关系型数据库发展

3.1.1 应用前景

2022 年 ChatGPT 的发布，预示着生成式 AI 时代的到来，文本、图片、视频等非结构化数据将加速增长，非关系型数据库产

品会迎来更广泛的应用前景。根据 IDC 报告显示，由于大语言模型和生成式 AI 的影响，到 2027 年全球产生的非结构化数据规模，将从 2023 年的 120ZB 增加到 253ZB，占到年生成数据总量的 90%。未来非结构化数据仍是数据产生和存储的主要形式，如何更好地管理数据、挖掘其背后价值，非关系型数据库产品将发挥关键作用。

其中，图数据库和向量数据库两种非关系型数据库在处理复杂数据关系和高维数据特征方面愈发重要。图数据库能够高效存储和查询节点之间的复杂关系，而向量数据库则在处理海量向量数据、支持相似度搜索和机器学习模型推理方面表现出色，特别是在图像、音频和文本生成领域。随着生成式 AI 对数据处理能力的需求加大，这些非关系型数据库不仅提升了存储效率，还推动了数据分析的深度和广度，为各行业都带来了新的机遇与挑战。

3.1.2 主要优势

在生成式 AI 的应用场景，特别是金融业的应用中，模型的检索有效性、生成准确性、推理充分性的要求较高。单纯依靠深度神经网络结构，容易产生上下文不准确、事实不符、数据融合不全面等问题。而非关系型数据库在生成式 AI 的数据处理中，具备较高的可扩展性和灵活性，有助于准确获取并提供数据，在以下几方面有着天然的优势。

(1) 知识图谱：通过将知识图谱与大模型相结合，生成式

AI 可以在生成内容时基于知识的连接性和关系进行推理，实时查询验证生成内容的准确性，确保生成的内容更加合理和精确。GraphRAG (Graph-Based Retrieval-Augmented Generation) 通过结合图数据库的知识连接和向量数据库的相似性检索技术，既提高了推理的准确性和知识的连贯性，又为模型提供了丰富的上下文信息，因此可以减轻模型生成结果的“幻觉”问题，生成结果更符合事实，提升可解释性。

(2) 多模态数据管理：向量数据库能够将文本、图像等多种格式的数据转化为统一的向量形式，为跨模态数据的集成和应用提供可能，并且在检索时，通过计算向量之间的相似性（例如余弦相似度），提供快速高效的相似性搜索；而支持异质图（Heterogeneous Graph，点、边的类型可以不同）的图数据库或图神经网络，将不同来源的数据融合在一张图中，便于挖掘数据中的潜在联系，提高推理能力和上下文的利用。这样，不同数据模态之间都有了联系，多模态人工智能（如图像-文本生成）便成为可能。

(3) 自然语言交互接口：生成式 AI 能够将自然语言转换为数据操作的语言或指令，这对于各类传统数据库，都可以极大改善交互的便捷性，降低学习门槛。特别是对于各类非关系型数据库，数据模型众多、使用方法多样，而且现阶段这些新型数据库的软件成熟度、标准规范不一。基于生成式 AI 技术，可以改善这些新型的、非关系型数据库的交互接口，既能增强非关系型数

据库的普及，又能加速生成式 AI 技术的迭代。

3.1.3 应用建议

生成式 AI 对于非关系型数据库的需求依赖显著增加，未来在智能搜索、实时推荐、知识管理等金融领域将是二者的重要结合方向，生成式 AI 的通用性和非关系型数据库的数据处理特性相结合，可以提升各类任务的处理能力和结果表现。以图数据库和向量数据库为例，图数据库以点和边的方式来表示数据，尤其适合高度互联的数据，例如知识图谱等，使复杂关系的查询和分析变得更加高效；此外，图数据库能够在低延迟的情况下执行复杂的关系查询，尤其适合深层关系的遍历、路径搜索、聚类等图算法，帮助在生成式 AI 中实现更复杂的推理，因此，尤其适用于处理复杂的关系和网络结构。而向量数据库以高维向量为基础，通过计算向量之间的相似性，支持快速和高效的相似性搜索，更适合处理文本、图像和音频等非结构化数据，为跨模态数据的集成和应用提供可能，适合生成式 AI 的各类应用。

3.2 软硬一体化降低数据库适配调优工作

3.2.1 应用前景

随着金融数字化转型深入推进，数据成为业务创新发展的重要驱动力，金融机构对于高性能的数据处理和存储需求不断增加，同时业务决策需要实时的数据分析，推动软硬一体的数据库一体

机市场的发展。传统数据库系统往往需要针对不同的硬件配置进行繁琐适配，而数据库一体机是预配置的集成系统，结合硬件和数据库软件，专为优化数据库性能而设计，通常包括服务器、存储、网络和数据库管理软件，通过合理高效的架构设计，降低软硬件产品选型和上下游的适配、调优难度，为用户提供开箱即用的整体解决方案，降低部署和管理难度，减少复杂的集成工作。

3.2.2 主要优势

相比传统数据库系统，数据库一体机具有如下优势：

（1）性能优化。硬件技术的高速发展与突破，显著提升数据库一体机的整体性能。在数据计算，多核、GPU 和 FPGA 专用芯片设计加速了并行和查询性能；在数据存储，NVMe 全闪存储阵列可扩展到 PB 级存储容量；在数据通讯，RDMA 技术实现了高带宽、低延时和零 CPU 开销等；另外，数据库一体机通过针对用户需求进行定制化调优，提升更多性能与效率。

（2）快速部署。数据库一体机集成和适配了数据库运行所需的 IT 基础设备，并完成相关软硬件的部署，减少安装和配置时间，提升上线速度。

（3）简化管理。集成的硬件和软件降低管理复杂性，减少运维工作量。

（4）高可用性和可靠性。设计上支持高可用性，具备强大的故障恢复能力。

(5) 支持多种部署方式。数据库一体机继承了传统数据库共享存储集群和集中式主备的成熟高可用架构，同时增加扩展性更好的分布式数据库集群，并实现全链路多冗余高可靠架构，同时支持本地和云上部署模式。

3.2.3 选型建议

金融机构选择数据库一体机，需要统筹考虑高交易性能及实时分析能力、国产化全栈适配、安全合规等方面。

(1) 全栈国产化。采用全栈我国的 CPU 芯片、服务器、操作系统以及数据库产品，实现从硬件到软件的全面自主可控，不仅保障业务系统稳定运行，还要确保信息安全。

(2) 高性能与实时处理能力。在实时数据分析的业务决策场景，优选具备高性能和实时处理能力的数据库一体机。

(3) 性能优化与兼容性。对硬件进行深度兼容和全面性能调优，自下向上保护业务数据安全和整体系统的信息安全，满足金融业的高性能需求。

(4) 多层次安全性措施。集成身份验证、加密和审计功能等多层次的安全性措施，有效保护金融机构重要数据。通过防火墙体系、漏洞修复、溯源取证等专业安全服务来抵御各种安全攻击。

3.3 存算分离架构提升数据库扩展灵活性

3.3.1 应用前景

存算分离架构是指将数据存储和计算资源分开管理的数据库架构，是应对金融业数据爆炸性增长和复杂业务需求的技术创新。传统数据库架构中，存储和计算资源捆绑，导致资源扩展受限，存算分离架构通过将数据存储和计算功能进行分离，数据存储通常使用独立的分布式存储系统或数据库管理系统有单独的存储资源的管理服务，计算资源通过弹性计算集群来提供，实现资源的独立扩展和灵活配置，满足不同规模业务的需求。金融业的业务量和数据量波动较大，灵活扩展能力尤为重要。存算分离架构能够让金融机构按需扩展存储和计算资源，并根据业务数据增长情况，调整计算或存储资源，或者金融机构在保持高效处理大规模数据、支持数据驱动的决策场景时，降低系统运行成本，适应市场的快速变化。

3.3.2 技术优势

(1) 灵活扩展能力

存算分离架构可以根据不同业务场景需求，分别灵活扩展计算或存储资源，实现存储与计算资源的优化配置，避免资源浪费。比如在某银行核心交易系统升级中，上线两节点类 RAC 共享存储集群数据库，预估业务增长之后，计算节点可以扩展到至少 3 个

节点，而存储资源可以根据具体数据量的增长进行在线灵活的不同比例扩展，避免计算资源扩展时必须同时扩展存储资源的问题，实现根据业务需求灵活扩展资源的能力。

同时，由于存储与计算资源的解耦，数据库可以支持不同规格、不同性能的存储设备，针对不同数据的存储需求，配置不同等级的存储介质，合理优化存储成本。

（2）高可靠性

存算分离架构的存储和计算节点相互隔离，可以实现更高的可靠性。采用服务器本地磁盘的数据库存储，遇到服务器故障，会影响数据库的数据访问。在存算分离架构下，有些数据库类型的服务器只负责数据逻辑处理，所有数据的持久化和可靠性等能力由存储设备完成，即使服务器发生故障，也不影响其他数据库实例计算节点的数据访问；而有些数据库类型数据库管理系统直接对存储资源进行特定存储资源服务管理并提供存储资源高可用。同时，利用存储 RAID、快照和磁盘镜像等技术，极大提升整体业务的可靠性。另外，存算分离架构还可以灵活地替换存储或计算组件，不影响整个系统。

3.3.3 应用建议

存算一体架构可以满足金融业务创新发展初期的快速和敏捷交付需求，初期投资较低，适合中小规模应用。但随着业务规模增长、基础设施规模扩大，存算一体架构在可靠性和扩展性方面

显露出弊端。存算分离架构在资源利用率、性能、可靠性、可用性和演进能力方面具有优势，适合大规模、高并发、高可用的应用场景。另外，存算分离架构带来资源灵活扩展性的同时，也需要更多网络资源开销，以及分布式升级改造导致的开发、测试、运维和能耗压力。为此，金融机构要结合真正业务需求，包括数据量、查询复杂性、实时性、安全性、运维以及成本等因素，选择适合自身实际情况的架构。

4. 金融业数据库应用生态亟须进一步完善

传统金融业数据库生态为“数据库+工具+服务”的闭环，但随着部署环境、架构模式、技术创新等变化，数据库生态已难以满足开放架构下的数字金融发展。尽管我国数据库技术产品在金融业的应用推广取得长足进步，但仍处于成长关键期，其金融应用生态还不完善，亟需产业界、学术界、金融行业等各方高度重视和积极投入。

4.1 金融业数据库应用生态面临的问题

4.1.1 社区建设处于起步阶段，参与活跃度不高

金融业数据库应用生态的社区建设仍处于起步阶段，由于缺乏活跃的用户群体和成熟的社区环境，技术交流和知识传播的广度与深度受到限制，导致问题常常需要依赖原厂解决。社区中对于一些特定金融场景下的数据库问题，也缺乏快速有效的解决方

案，当用户遇到问题时，难以在社区中及时获得针对性的帮助。实际应用中的成功案例和最佳实践分享较少，金融机构遇到类似问题时，缺乏可参考的经验，需要自行摸索解决方案。此外，社区内也缺乏金融行业标准与规范的交流，对于金融行业特有的数据管理要求和安全标准等，社区内缺乏深入讨论和形成共识，不利于金融行业规范化发展。

4.1.2 官方技术文档仍存在差距，可操作性不够强

当前，我国数据库官方文档的全面性、实用性、及时性、可获得性及技术深度有待提升，大部分文档仅覆盖产品的基本介绍、宣传和安装指南，缺乏对核心技术的深入解析、实用的知识库和最佳实践指导，难以满足金融机构在处理复杂场景时的需求。部分文档中的操作步骤描述不够清晰，可操作性不强，金融机构遇到技术难题时难以迅速找到解决方案，往往只能依赖厂商的技术支持，不仅延长解决问题的时间，还降低金融机构自主解决问题的能力，影响业务连续性和用户满意度。

此外，我国数据库产品正处于快速发展和频繁更新的阶段，官方技术文档的更新往往跟不上产品迭代的步伐，不能及时准确地反映产品的最新特性。特别在跨版本兼容性的描述上，经常含糊不清，甚至存在错误和矛盾，导致金融机构获取的信息与实际使用情况不符，金融机构在遇到系统问题时缺乏可靠的参考，增加操作失误的风险。

4.1.3 外围工具链成熟度不够，迁移和运维难度大

数据库作为 IT 系统的核心组件，需要与应用软件、监控软件、部署工具、迁移工具、开发框架、备份软件等协同。但我国数据库企业的技术产品市场占有率较为平均，缺乏足够的市场地位吸引第三方开发商和服务商，限制了相关工具链的全面发展，只能依赖于原厂开发配套工具、服务和培训。金融机构在核心系统探索应用我国数据库技术产品还处于初期，很多配套工具针对特定场景设计，缺乏通用性和兼容性，甚至存在版本不匹配的问题，增加了应用迁移、改造和运维管理的成本。

在数据迁移工具方面，缺乏主流、可靠的迁移工具，尤其是缺失我国数据库之间的迁移工具。另外，在数据迁移过程中旧系统的各类异常和非法数据也是造成迁移过程报错的重要原因。大多数异构数据库迁移仍采用基于案例的适配改造模式，现有迁移工具难以全面支持从数据到结构、从语法到存储过程的迁移，部分工具还可能出现延迟和数据丢失问题，增加对应用改造的侵入性。同时，迁移工具自动化和智能化水平不足，限制运维效率和应急响应能力，导致运维成本上升。

在运维监控方面，部分工具功能较为单一，效能和覆盖范围有限，无法满足金融机构大规模、高并发数据库应用场景下的精细化运维需求。特别是分布式数据库，大多依赖厂商自有运维工具平台，缺乏成熟的通用监控接入方案，导致故障预警、定位和诊断更加复杂，延误解决系统故障的效率。此外，我国数据库的

管理页面设计更侧重于研发角度而非用户视角，导致实际使用中 TOP SQL、业务慢查询等问题的排查不够直观便捷。

4.1.4 数据库集成能力不足，缺乏整体解决方案

相比较成熟的传统数据库，在面向全新的我国数据库领域时，软件供应商 ISV 能力需要与时俱进、不断加强，以支持用户创新发展目标。目前，我国数据库的 ISV 合作伙伴数量有限，合作伙伴的专业水平、服务质量参差不齐，在掌握和应用我国数据库技术方面准备不足，影响其为金融机构提供解决方案的质量和稳定性。金融业对数据安全、合规性、交易处理等方面要求严格，部分 ISV 可能在理解和满足这些特定需求上存在差距，导致其产品或服务在金融领域的适用性受限。此外，ISV 提供的产品或服务可能与金融机构现有系统、其他软件存在兼容性和集成性问题，导致实施和部署更加复杂，增加系统整合的成本和难度。

4.1.5 人才全方位短缺，售后服务范围覆盖不足

高水平的数据库内核和生态工具研发人才主要集中在数据库企业，其数量和覆盖范围尚未满足市场需求，而金融业在数据库运维管理、故障诊断和性能优化等领域的核心人才更为短缺。我国数据库产品多样，每种产品的应用范围相对较小，金融机构中熟悉相关产品的数据库管理员比较稀缺，限制了金融机构对复杂数据库管理系统的有效管理和优化。我国数据库企业在培训和

认证方面有所投入，但数据库产品的体系架构、组件术语和命名方式繁多，高质量的学习和认证平台有限，学习难度较大，证书的权威性和认证质量有待提高，认证内容与实际使用管理存在偏差，通过认证的人员难以提供可信赖高质量的专业技术服务。

在第三方服务生态尚未成熟的情况下，金融机构更依赖于数据库原厂服务，但我国数据库厂商在售后服务方面的投入普遍较少。尽管部分数据库厂商已经拥有较大规模的售后服务团队，但与主流数据库厂商相比有较大差距，面对庞大的客户群体以及群体不同需求，在业务高峰期或紧急情况下，服务质量不稳定，服务响应速度和需求跟进能力不及时，对金融机构的业务连续性造成潜在风险。

4.2 金融业数据库应用生态发展建议

金融业数据库应用生态的完善需要管理部门、金融机构、数据库企业、学术与研究机构等共同努力，推动开源生态建设与发展，完善运维工具平台，优化售后服务与运维支持，建立健全安全测评体系，加快相关人才培养，推动金融业数据库应用生态迈上新台阶。

4.2.1 积极推动开源发展，增强社区活跃度

开源社区在人才培养、市场推广、产品迭代和信任建立等方面发挥着重要作用，特别对于金融等关键行业，能够有效促进技

术壁垒的突破。坚持开源和生态共赢的理念，鼓励金融机构、ISV和系统集成商参与开源社区建设，通过开放优质技术成果和核心产品源码、分享应用场景等方式，推动开源数据库产品和社区的繁荣发展。数据库企业可以探索开源其单机引擎源码，展现开放合作的态度，吸引更多开发者、金融机构加入，为我国数据库开源社区注入新的活力。持续完善开源数据库产业链，促进其与基础软件、硬件及应用场景的深度融合，形成健康的生态体系，为金融机构提供整体解决方案。通过组织金融业开源技术研讨活动，促进技术交流与合作，进一步提升开源社区的影响力和行业地位，推动数据库技术的创新发展。

4.2.2 完善运维工具平台，提升运维管理效率

我国数据库企业需要为金融机构提供直观易用的运维工具和管理平台，并融合机器学习、大模型等新技术，以自动化和智能化运维工具，简化运维流程，减少人为操作失误。提供标准化接口，实现与金融机构现有或第三方运维管理平台无缝对接，提升整体运维效率。同时，要加强运维知识库建设，通过建立用户社区和知识共享平台，集中分享产品教程、问题解答、解决方案和技术文档等资源，提高知识获取的便捷性，降低用户学习成本和使用难度。

在运维支持方面，专业的运维支持团队对于确保数据库稳定运行至关重要，无论金融机构还是数据库企业，都应建立专门的

数据库运维团队，负责日常的运维和管理。要不断提升一线运维支持人员的专业技能，能够准确理解需求，提供有效建议，并及时反馈问题，提升沟通效率。

在版本管理方面，我国数据库企业应提供清晰的版本生命周期说明，帮助金融机构做出准确的升级决策。金融机构要在充分测试新版本、验证其稳定性，并参考业界使用案例和数据后，基于业务需求和风险评估，选择合适的时机进行生产环境升级，比如在业务迁移前或低峰期，以减少对生产环境的影响。

在应急管理方面，我国数据库企业应提供易用的排障工具，实现故障的快速定位和关键信息抓取，缩短排障时间。对于紧急漏洞或缺陷，应建立快速响应机制，包括问题分析、缓解措施、测试、提供补丁和升级方案等，以保障金融行业的生产和数据安全。此外，应提供全面的备份恢复和容灾解决方案。同时，金融机构可以与数据库企业及服务伙伴定期进行应急演练，提升运维团队的应急处理能力，并建立灾备中心，确保主数据库发生故障时能迅速切换至灾备数据库，保障业务连续性。

4.2.3 全面升级售后服务质量，提高客户满意度

数据库企业需要持续构建完善的售后服务体系，通过扩大技术支持团队、提供与实际应用紧密结合的定制培训以及提升文档质量与检索便利性等方式，助力金融机构增强对数据库技术的自主管理能力。同时，要加强售后服务团队建设，通过定期培训和

严格考核提升团队的专业能力和服务水平，确保金融用户能够及时获得有效的技术支持和问题解决方案。数据库企业要与生态伙伴紧密合作，拓展售后服务的覆盖范围，根据金融机构的具体业务需求，提供专业化和本地化的服务支持，以满足不同金融机构的个性化需求。建立售后服务质量监督机制，定期评估服务质量，收集金融机构反馈，并及时改进服务中的不足，提高客户满意度，增强客户对品牌的信任和忠诚度。

4.2.4 打造高效易用方案和产品，降低使用成本

我国数据库企业的首要任务是优化迭代产品，通过持续增强产品的功能、性能、安全性和稳定性，吸引更多 ISV 和服务提供商加入其生态系统，通过产品间的相互认证、适配、集成以及技术深度合作，为金融机构打造更高效、更易用的综合解决方案。数据库企业还要专注于技术创新和成本控制，以降低数据库产品成本和运维费用，提供灵活的计费模式，比如按需计费和订阅制，可以帮助金融机构减少初期投资和长期运营成本。同时，根据金融机构的技术水平和服务需求调整费率，鼓励金融机构自主学习和知识分享，减少对原厂服务的依赖。数据库作为信息系统的核心组件，其性能直接影响上层应用的数据处理效率，需要与我国软硬件实现深度适配和技术合作，以确保在全栈国产化环境中，金融机构能够获得高效的数据处理能力和优质用户体验。

4.2.5 完善权威测评体系，加快推动人才培养

构建自主可控的数据库技术产品为数字金融发展与安全提供坚实保障，为有效弥合现有数据库评测标准与金融业实际需求之间的差异，需要建立与金融业实际应用场景高度契合、涵盖详细指标和流程的评测体系，健全权威的数据库安全与可靠性评估体系，对数据库产品进行全面的性能评估，形成清晰的支持列表，明确列出经过认证的产品及其支持的环境和工具软件，为金融机构提供选型参考。我国数据库技术产品要主动参与国家级权威机构的认证程序，以增强市场信任和竞争力，并通过透明的方式公布评估结果。金融机构可以优先考虑采用经过安全与可靠性评估的数据库产品，有助于保障系统的稳定性、安全性和合规性，降低潜在风险，并为业务发展提供强有力的技术支持。

加强数据库人才的培养和引进是关键，通过组织培训班、研讨会以及与学术研究机构的合作，构建完善的人才发展生态系统。建立健全国家级或行业级的数据库人才认证体系，严格控制认证标准，提升培训人员的实际操作技能，确保认证的高标准和权威性。行业协会或学术研究机构可以根据金融业最佳实践，凝聚行业力量，共同制定我国数据库在金融业创新应用的白皮书和标准规范，推动金融业数据库应用生态高质量发展。

5. 金融业数据库创新发展展望

在国家科技创新战略引领下，我国数据库产业进入蓬勃发展

期和关键应用期，在技术水平、市场应用等方面取得显著进展，初步迈向“好用”阶段。面向未来，数据库的发展方向呈现出多模态融合、云原生架构、AI 技术集成等多元化发展趋势，将推动数据库技术的不断进步和应用场景的拓展。

5.1 数据库创新应用的广度和深度将显著提升

随着金融业务需求的变化以及数据库技术的发展，金融业数据库创新应用的广度和深度将显著提升，以适应更广泛的场景和更深入的应用需求。

在广度上，数据库生态化成效初现，数据库产品的通用性将越来越高。从产品层面看，单一产品可适配大多数业务场景，不同业务场景无需再选择多种数据库配合使用。产品对硬件的依赖度降低，无需在高资源基础上即可维持长期稳定运行。灵活的架构更好的适配开发、测试、生产等各类环境和各类不同重要级别的应用需求。开放的发展模式，也将让用户更好地使用数据库，推动厂商优化改进产品。从业务方面看，随着金融业务的多元化与复杂化，数据库技术的创新应用将迎来前所未有的发展机遇。金融业数据库的创新应用将覆盖支付结算、信贷融资、资产管理、保险服务等更广阔的金融服务领域，成为支撑这些业务高效运转的基石。此外，我国的数据库产品将在更多中小金融机构实现应用，推动其创新发展。

在深度上，我国数据库将深入到金融业核心系统的升级全过

程，同时**高效赋能业务创新与智能决策**。我国数据库企业不断加强产品创新能力、提高产品硬实力，通过针对不同金融业务场景需求不断打磨产品，将深入金融行业核心系统应用。通过优化数据库存储结构、提升查询效率等方式，以满足更高性能、高丰富功能和更强安全性的需求，为金融机构的业务决策提供强有力的数据能力支持。此外，随着大数据、人工智能等技术的融入，数据库将能够处理和分析更为复杂的数据类型，为金融机构提供更加精准的市场洞察和风险评估，推动金融业务高质量创新与发展。

5.2 数据库技术产品能力持续得到打磨优化

随着核心系统数据库转型加速，金融机构对数据库的要求越来越高。目前我国数据库技术产品广泛应用于互联网、党政、金融、电商、能源及制造业中，多行业的场景需求为数据库产品的打磨优化提供丰富的可借鉴经验，同时极大提升数据库成熟度。

产品自身多维度能力不断提升，实现功能全面、稳定高效、兼容性俱佳的技术特征。在功能完善方面，数据库产品将不仅仅满足于数据的存储与检索，更多地加入实时数据处理、流数据分析、数据加密及安全防护等多元化能力，实现对更多类型、更大体量的数据进行更多方式的处理与分析。**在性能提升方面**，融合软硬件一体化的解决方案也在逐渐成型，金融机构可以根据自身的业务特点和需求，选择合适的数据库部署模式，以实现最佳的性能与成本效益。**在兼容适配方面**，数据库产品也将更加注重与

现有金融系统的兼容，降低迁移、升级的成本与风险。

业务场景发展加速数据库产品的持续创新，将推动多种类型新型数据库的快速进步。随着金融场景中结构化和非结构化数据的并存、数据关联性分析、数据体量日益增长、数据高可用性要求越来越高，将加速新型数据库的持续创新和功能迭代。多模数据库、向量数据库支持非结构化数据的分析和检索，满足多样化的数据处理需求；云原生数据库充分发挥云计算潜力，实现资源池化、弹性变配、集约运维；图数据库增强数据之间的关联性和可视化程度，提高数据处理的效率和准确性；数据湖仓实现数据的统一存储、管理和分析。推动数据密集型的金融行业数字化转型和创新应用。

业务的复杂性和技术的先进性驱动着数据库产品不断创新，推动数据库产品向智能化和多元化发展。数据库技术正在与人工智能技术深度融合，人工智能的发展使数据库产生智能运维、智能监控、智能优化开发等方向，降低使用门槛，提升应用效率。同时，数据库技术的发展也助力人工智能高效建模和支撑大模型有效落地，反向推动人工智能应用的进一步发展。数据库的技术发展方向呈现出多元化和融合创新的趋势，软硬一体、HTAP 混合架构、AI 技术赋能等新技术不断应用，让数据库具备更强的硬件适应、感知能力和自动性能调优能力。

5.3 高效灵活部署架构和迁移方案不断推出

在数字化转型和云计算的推动下，我国数据库技术产品的供给能力明显提升，金融行业核心系统在数据库创新应用上加速推进，积累了大量宝贵经验，不断打造高效灵活的部署架构和迁移方案。

云原生技术和容器化技术发展与应用更加深入，促使数据库部署架构更加高效灵活。在部署架构选型上，容器化部署模式成为金融业数据库管理的重要选择。云原生灵活部署管理实现数据库统管的自动化水平，缩短交付时间，提升运维交流；云原生灵活的调度能力支持数据库混合部署，优化资源利用率；容器的隔离技术，实现不同租户数据分离，极大提升数据库的安全性，能够满足更严格的安全合规要求。在数据库服务方式上，以 DBaaS 模式提供统一数据库服务，实现业务安全稳定，架构灵活可靠，根据整体容量需求配置硬件资源，降低不必要开销，将绿色和节能理念深入到数据库的设计和架构中，通过优化资源消耗、降低能效等级，实现可持续发展。

系统高效的数据库迁移方案不断推出，实现系统数据完整迁移，保障业务连续性。数据库迁移方案将按照不同业务类型，针对性推出不同的迁移策略和步骤，按照行业内的相关规范指引，遵循科学的流程，实现系统数据高效、完整的迁移改造，保障业务连续性。基于通用的迁移工具实现多样化的迁移方案，包括数

据迁移评估、SQL 兼容性转换和数据迁移等功能。未来将聚焦于提供更完善的迁移方案，降低数据库迁移的复杂程度，提高迁移过程中的安全性和数据一致性，使金融机构能够在快速变化的市场中，快速响应并调整其数据库架构。

5.4 数据库创新应用生态将会逐步健全完善

完善的数据库生态对于金融机构开展数据库转型升级至关重要，通过数据库企业、金融机构、科研院所以及第三方服务商等各方共同努力，在数据库技术支持、工具平台、文档知识库、人才等各方面将取得长足进步。

统一数据库标准将提高管理平台的开发效率和质量，为构建活跃的生态奠定基础。数据库统一标准和指引将逐步建立，不仅确保数据安全与合规，还可以促进基础平台、多种数据库间的互操作性和可移植性，有效应对异构环境挑战。此外，随着数据库容器镜像的构建、配置和管理流程规范化，安全加固、访问控制和审计机制标准化，数据的保密性、完整性和可用性将显著提升，数据泄露和违规操作风险会逐步降低。

文档知识库和配套工具建设将加快完善，为金融机构提供全方位的支持，加速数据库在金融业的创新全面推广。数据库企业会逐步提供详细的技术文档、丰富的开发工具以及专业的技术支持服务，以满足金融机构全方位需求，数据库使用门槛和成本不断降低。活跃开发者社区开始建立，形成丰富的知识库，加速问

题解决和技术传播。同时，第三方服务商会加快提升数据迁移、监控运维等专业服务能力，助力金融机构降低运维成本和风险，为金融业数据库应用生态的健全提供有益补充。

附录：金融业数据库优秀应用案例集

案例一：工商银行对公核心系统 GoldenDB 应用实践	69
案例二：农业银行分布式核心 TDSQL 应用实践	72
案例三：建设银行对公核心系统 GoldenDB 应用实践	75
案例四：光大银行人民币跨境支付达梦集中式应用实践 ..	77
案例五：民生银行新一代信用卡核心 GoldenDB 应用实践 .	79
案例六：九江银行核心系统基于达梦数据库应用实践	81
案例七：北京农商行核心银行系统 OceanBase 应用实践 ..	83
案例八：农信核心结算业务系统达梦高可用架构实践	87
案例九：江南农村商业银行信贷核算系统 GaussDB 应用实践	91
案例十：中信证券数据库容器化平台建设实践	96
案例十一：国信证券分布式数据库 TDSQL 应用实践	101

案例一：工商银行对公核心系统 GoldenDB 应用实践

一、应用场景

工商银行原有对公核心系统运行在基于大型主机系统的数据库上，随着金融核心系统业务量和数据量不断增长，原有的基于大型主机的集中式封闭架构已无法满足工商银行对公业务未来增长需求。

工商银行选择 GoldenDB 开展对公核心系统主机下移项目，目前已成功将对公核心系统迁移至 GoldenDB，由 GoldenDB 支撑对公基本服务、对公存款、对公贷款、对公交易资金存管、会计核算、清算等核心业务运行。GoldenDB 支撑工商银行 2000 多万对公账户，日均处理 2 亿服务调用量，提供高效稳定的数据库服务，日均处理近 1.6 亿笔的交易量，承载交易金额日均超万亿。

二、总体方案

为满足大规模集群的快速供给，实现快速上线，具备自动化创建数据库集群的能力，GoldenDB 采用容器化部署，支持平台化资源申请、快速部署，充分利用服务器多核资源。GoldenDB 基于容器化交付云数据库服务能力，构建快速交付的数据库服务，同时通过本地存储、物理网络，以及 GoldenDB 的数据库多副本技术，节点自愈、故障隔离能力，保障数据库云服务的高性能和高可靠。

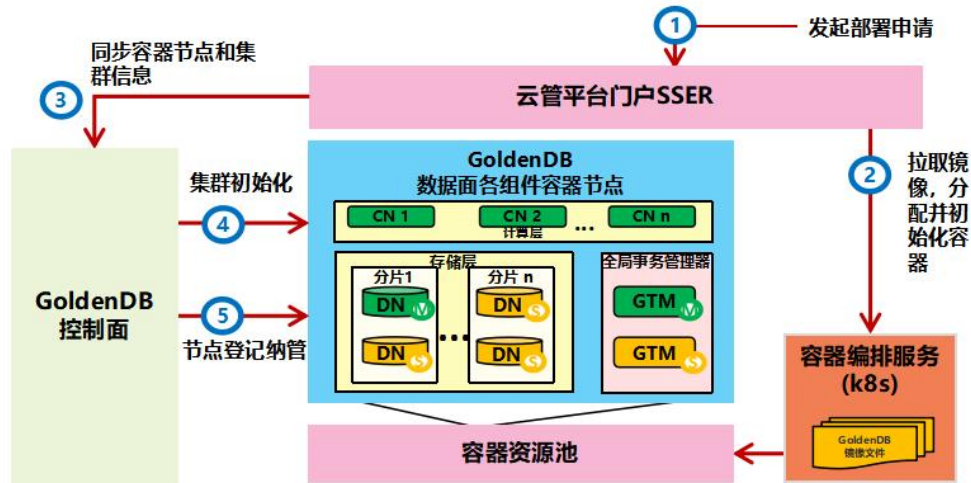


图 1 部署流程示意图

GoldenDB 服务节点容器化功能为大规模集群部署、扩缩容提供技术支撑，服务器资源利用率提升 6 倍。截至目前，生产环境完成 2000+ 容器节点规模部署。产品首创 GoldenDB 服务节点容器化部署，促进产品生态的成熟。

采用上海、北京两地三中心模式建设，同城两中心日常均对外提供生产服务，通过智能 DNS 就近访问，生产流量分摊在两个中心，异地机房作为备库同步数据，切换时启用。此外，实现了数据面与控制面分离，控制面提供运维服务调度能力，数据面提供计算存储能力。

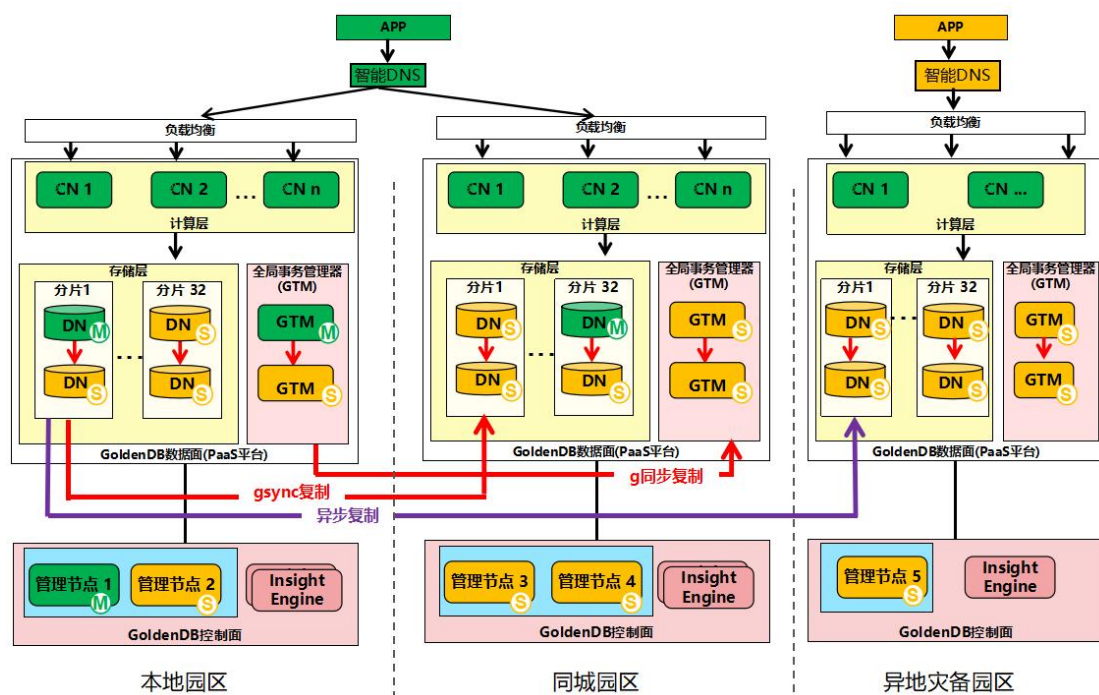


图 2 两地三中心建设模式示意图

三、难点问题及应对举措

适配应用使用特点，满足平滑迁移要求。为满足应用跑批要求，GoldenDB 实现链路级透传功能，实现分片级并发，极大提升了处理效率。同时为保证联机交易与透传跑批映射到相同的数据分片，GoldenDB 实现了自定义分片算法的功能，数据库与应用采用同一套分片计算规则，保证联机与透传跑批路由到相同的数据分片。

融入工商银行已有运维体系，满足运维管理要求。GoldenDB 内置完整的监控告警机制，并通过告警转接模块，将告警信息接入行内告警系统，实现与工商银行集中监控平台、e 企邮联动，实时上送告警。完成与行内数据备份平台对接，远程备份数据到 S3 对象存储或从 S3 恢复。提供切换相关接口，与工商银行的自

动化切换平台对接，融入工商银行高可用体系。支持分片级切换和租户级切换，通过并发调用接口实现多个分片或者多个租户并发切换编排。

四、应用成效及经验

自工商银行选择 GoldenDB 来建设新一代对公平台后，双方围绕容器化部署、高可用、运维监控、数据备份恢复等运维能力、研发、运维体系应用适配等方面开展建设，成功打造能承接对公核心下移的 GoldenDB 平台。2022 年完成全部对公应用仿真运行，2023 年完成生产环境并网，双轨运行；2024 年上半年全面单轨运行，标志着 GoldenDB 顺利承接工商银行对公核心系统下移。目前运行稳定高效。

GoldenDB 在工商银行成功承接对公主机下移，证明了 GoldenDB 有完全能力承接国有大行对公核心系统转型工作，对于国内金融系统信创转型具有里程碑意义。

案例二：农业银行分布式核心 TDSQL 应用实践

一、应用场景

中国农业银行是中国主要的综合性金融服务提供商之一，以高质量发展为主题，突出“服务乡村振兴的领军银行和“服务实体经济的主力银行”两大定位，全面实施“三农”普惠、绿色金融、数字经营三大战略。

中国农业银行第三代信用卡分布式核心系统基于腾讯云

TDSQL 数据库的分布式核心数据库底座，已经投产了客户信息和信用卡核心系统，目前正有序推进个人负债、投资理财、公司业务、信贷产品等分布式核心产品应用建设，其分布式实例规模业界领先。

二、总体方案

农业银行基于腾讯云分布式数据库 TDSQL，采用两地三中心部署架构，以 IDC1、IDC2 作为同城主中心，IDC3 为异地容灾中心，通过 TDSQL 副本机制和 DCN 技术构建了“同城双活+异地灾备”的容灾体系。技术架构的亮点如下：

（1）原生分布式能力。在国有大行中首次采用数据库原生分布式能力支撑核心系统建设，信用卡核心投产使用 TDSQL 大分片模式。

（2）高扩展性。采用通用物理服务器，支持系统横向扩展，可以满足大容量和突发峰值等场景的需求。

（3）高容灾等级。采用“一主五副本”方式进行部署，并在数据全生命周期管理中形成在线、近线、离线的多层次数据分布规划，全面提升数据应用和数据安全服务能力。

（4）易运维性。实现了数据库秒级监控和智能化运维，可以针对 SQL 运行的全流程耗时进行分析优化，实现数据库全链路分析。

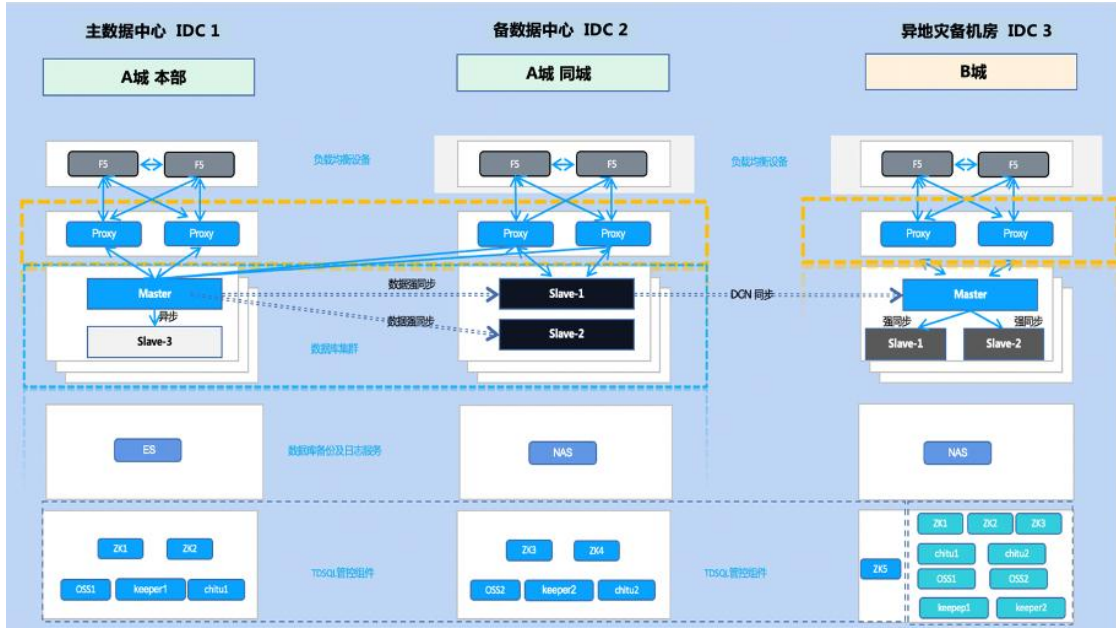


图 3 新一代分布式核心系统数据库整体部署架构图

三、难点问题及应对举措

传统的信用卡集中式系统架构难以有效应对互联网类业务的瞬时高并发、大数据量、快速迭代等发展需要，同时也难以满足场景额度、灵活计价等方面的新需求。因此农业银行新一代信用卡核心转向基于云平台、微服务和分布式数据库的新架构。新架构数据库层基于 TDSQL 进行了数据拆分与分布、分布式事务、高可用与业务连续性等关键设计，并通过“双活+异地灾备”部署架构、完善的数据迁移与验证方案、以及全链路智能运维方案确保信用卡业务在下移全过程与后续连续平稳运行。农业银行信用卡核心是国有大行中首批使用数据库原生分布式能力支撑新核心系统建设的案例。

四、应用成效及经验

2023 年 4 月，农业银行信用卡分布式核心系统 (OVC) 顺利投

产，标志着农业银行第三代信用卡核心系统全面建成。农业银行新一代分布式核心系统是国有大行中首家通过使用数据库原生分布式能力支撑新核心系统建设的案例。

农业银行分布式核心系统的顺利投产为自身数字化转型注入新动能，加快形成科技引领、数据赋能、数字经营的智慧银行新模式，全方位助力农业银行成为服务乡村振兴的领军银行、服务实体经济的主力银行，向实现国际一流商业银行集团迈出坚实一步。农业银行分布式核心系统的安全稳定运行为我国商业银行核心系统架构转型提供了重要借鉴，展现了大型金融机构的带动作用 and 示范效应，促进信息技术创新应用产业生态体系更加开放和完善，为金融科技可持续发展提供动力，为数字中国建设贡献力量。

案例三：建设银行对公核心系统 GoldenDB 应用实践

一、应用场景

建设银行对公核心采用 GoldenDB 分布式数据库，实现对基于大型主机为代表的集中式数据库系统进行分布式改造。2024年4月完成全国对公客户在 GoldenDB 分布式数据库投产，系统投产至今运行稳定。

二、总体方案

核心对公生产环境的组网架构如下图：

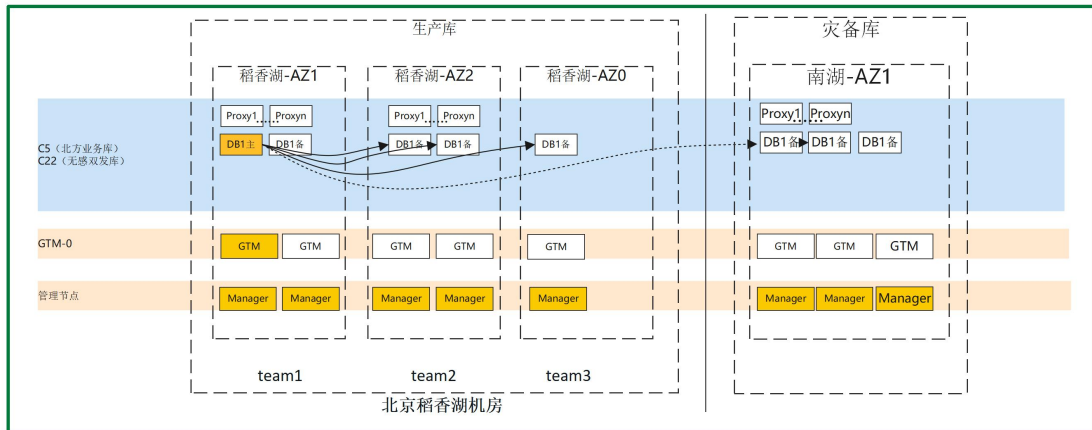


图 4 组网架构示意图

对公集群，承载全行对公账务核心业务；分为生产库与灾备库，使用 drsp 进行生产库与灾备库的同步，生产端每个分片为 1 主 4 副，灾备端为 1 主 2 副。其中业务集群通过 38 个分片承载所有对公用户数据；迁移集群在无感迁移过程中，通过 16 个分片提供迁移数据的存储，待核心全部无感下移完成后，迁移集群被拆除。

三、难点问题及应对举措

(1) 对公业务比较复杂，会涉及多账户跨多节点的数据处理，使用服务集成代理处理起来会存在跨多节点的事务，全部交由服务集成代理非常困难。

由 GoldenDB 单集群承载对公业务，所有分布式处理和跨节点查询都由 GoldenDB 负责，对公业务将由服务集成代理透传给应用组件，无需第三方参与。

(2) 对公业务各分行交易量差距较大，按照统一规则设置分区，会导致分区内数据量不均匀。

GoldenDB 提供分片分区表功能，允许不同分片数据的分区设置不同的规则，从而将各分区大小设置成接近大小，减少跑批过程中的处理短板，方便进行任务调度。

四、应用成效及经验

继建设银行于 2023 年 11 月将全国对私核心在 GoldenDB 分布式数据库投产后，2024 年 4 月境内对公账务核心业务也已将全国分行下移到 GoldenDB，7 月海外分行还有亚太和中德两个区域完成下移工作，后续将不再有依赖基于大型主机数据库的系统。

案例四：光大银行人民币跨境支付达梦集中式应用实践

一、应用场景

光大银行人民币跨境支付系统基于光大银行核心业务系统平台搭建，一直以来具有运行稳定，功能强大，易于维护等特点。目前基于达梦集中式数据库迁移改造后，该核心系统继续沿用传统集中式架构模式，从最初双轨运行达梦作为备库运行一年，到后来达梦作为主库单轨安全稳定运行两年时间，充分验证了国产集中式数据库很好支撑了该核心业务系统。

二、难点问题

光大银行跨境支付核心业务系统迁移改造中，面临基于国外主流数据库几十年银行大部分成熟的后台数据库应用开发中 PRO*C 与国产数据库兼容问题，以及对国产化迁移改造后存在顾虑，是否像原数据库一样运行稳定，功能强大，易于维护。首先，

前些年大部分我国数据库不提供 PRO*C 开发接口，这几年开始慢慢开发了此功能，但功能依然不够完善，导致银行应用开发人员基于我国数据库无法继续使用高效 C 语言嵌入数据库通用的 SQL 语言共同来实现银行大型管理信息系统和处理复杂事务的开发，沿用几十年的开发平台无法很好地继续使用。其次，原数据库运行稳定，功能强大，易于维护的银行核心业务系统，升级后是否也可以达到同等能力，也成为金融机构的一大顾虑。我国硬件平台的迁移改造，造成大量潜在风险，以及数据库版本不稳定，更加重迁移改后的风险。

三、 应对举措

基于光大银行核心业务系统国产化迁移改造中遇到的问题，最终选用达梦集中式主备数据守护集群进行改造，该核心系统继续沿用国产集中式高可用架构，基于达梦提供的完备 PRO*C 开发接口，并且很好地实现了兼容光大银行原数据库已有的 PRO*C 相关功能，除此之外，有效兼容了原数据库 SQL 众多语法，在整个核心业务系统改造中，基于国产平台，应用系统修改代码量只有个位数，最终顺利完成了从小型机平台安全稳定迁移到国产平台的达梦数据库。其次，国产数据库是否运行稳定，功能强大，易于维护的问题，在本项目中，采用面向共享存储集群架构的 DM8 版本，达梦历经 40 年自主研发，从最初 1988 年 DM1.0 单机版，到 DM3.0 在中小企业信息系统中应用实践，到 DM7.0 在国家重大行业如国家电网、中国航线等核心业务系统大量实践应用，再到

目前 DM8 在 2000 多套金融业务系统的大量应用实践中，功能、性能、可靠性、安全性和易用性方面趋于成熟、生态完善，在本项目中，安全稳定单轨运行两年时间中，沿用已有成熟的集中式技术，从开发、测试和运维管理方面，大大降低了迁移改造后成本，最终实现了国产数据库运行稳定，功能强大和易于维护。

四、应用成效

在一年的双规运行中，借助基于成熟的关系数据模型和标准接口的达梦数据复制软件 DMDRS，实现了在跨越多种硬件平台的异构环境中非高峰期秒级数据同步高性能，保障了从 Oracle 数据库产生的实时增量数据秒级同步到 DM 达梦数据库，保障双规运行安全稳定，顺利实现了达梦数据库单轨运行，在之后的安全稳定运行两年时间中，迁移后性能与原数据库持平，功能定制化水平更高，本土化的技术服务更便捷。最终该实践案例充分验证了国产化光大银行跨境支付核心系统一如既往地运行稳定，功能强大，易于维护。

案例五：民生银行新一代信用卡核心 GoldenDB 应用实践

一、应用场景

民生银行原有信用卡核心系统受限于传统主机核心系统的业务和应用框架，在业务量快速增长的情况下，难以满足行内的发展要求，为此基于 GoldenDB 数据库建设新一代信用卡核心系统。新一代核心系统面向全网用户实现卡务管理、授权管理、分

期管理、账务管理、额度管理以及会计核算等信用卡业务服务。

二、总体方案

民生银行信用卡核心系统使用单元化设计、多地多活等先进设计理念，将原有核心业务按照客户维度划分为 4 个单元，单元库与路由库、参数库、会计库、批量库、用户中心库、事件总线库等 47 个集群组成整个核心系统数据库架构。核心系统中每个集群按照本地、同城、异地（2:2:2）的架构部署。



图 5 部署架构示意图

三、难点问题及应对举措

为了保障不产生跨机房流量，应用连接数据库的 URL 中按优先级配置计算节点，每个优先级配置一个计算节点的 IP。当数据节点发生故障切换时，主节点会切到另一个副本上，此时计算节点可能跨机房访问数据节点。根据组网架构，GoldenDB 可感

知数据节点的切换动作，然后驱动计算节点进行切换，保证计算节点和数据节点在同一服务器上，尽可能避免或减少了跨机房流量的产生。

四、应用成效及经验

民生银行信用卡核心系统于 2024 年 5 月上线，支持 6000 万客户量。应用和数据库均具备良好的在线扩容能力，极大提升了该银行信用卡业务处理性能，很好支持信用卡业务的需求和信用卡核心技术创新的持续演进，提升以数据为驱动的数字转型升级能力。

案例六：九江银行核心系统基于达梦数据库应用实践

一、应用场景

九江银行 OLTP 微粒贷+OLAP 数仓核心业务系统实现基于达梦集中式数据守护集群的两地三中心高可用迁移改造，其中，“微粒贷”是国内首家数字银行微众银行面向微信用户和手机 QQ 用户推出的纯线上小额信用循环消费贷款产品，该小微贷款通过微众银行调用九江银行的微粒贷 API 接口来完成业务，并由九江银行来提供贷款资金。在每天 40-50 万次的 OLTP 在线交易贷款业务的同时，还支持从微众银行进行几次抽取、转换和加载数据进行 OLAP 数据仓库业务操作，每次加载大约 100G-300G 数据量，目前该系统数据量约 2.5T 左右，还有不断增长趋势。

二、总体方案

九江银行“微粒贷”+数仓核心业务系统从 OracleRAC + DataGuard 高可用架构迁移到达梦数据守护 DM DataWatch 高可用架构，实现了武汉实时主备+九江异步灾备+鄱阳湖异步灾备的两地三中心高可用架构，此项目具有如下技术特点：

(1) 两地三中心高可用容灾架构，不依赖于数据库其它软件，完全由数据库管理系统完成，从而实现了简洁部署和低成本运维的特点。相比借助数据库工具完成异地容灾，会存在配置繁琐，运维工作多等问题，而数据库管理系统自身完成异地容灾，一定程度上减轻了运维管理的工作量。

(2) 同城集群内主备强同步和异地集群主备异步同步，在保障主中心集群高性能的同时，也保障了两地三中心容灾高可用。主中心内部通过达梦实时同步的数据守护集群，保障中心内集群的数据一致性，确保中心内集群事务强同步，当主中心集群内发生故障，可以保障主中心内的数据库和应用无感切换。其次，主中心和跨城备中心之间采用基于数据守护的异步同步，不需要进行主备数据强一致性校验，从而不影响主中心内数据库集群性能的同时，也保障了异地高可用容灾要求。

(3) 在 400 多公里的两地三中心异地容灾中，备库延时 5 秒实时展示主库数据，针对网络不稳定异常情况下，在保证异地一定实时性的同时，也可以保障数据库稳定运行的可靠性。武汉主中心和九江、鄱阳湖两个异地中心之间设置每隔 5 秒异步同步一次，一般压力下异地中心基本实时展示了主数据库 5 秒之前的

数据，在业务峰值压力下，延迟可以控制在 30 秒左右，可以满足九江银行业务性能需求。其次，当两地三中心网络运行环境不稳定时，如网络卡顿等，通过主库到异步备库的超时检测等机制，保障了达梦两地三中心高可用集群的稳定运行。

三、应用成效及经验

达梦集中式数据库数据守护集群承载了九江银行核心业务系统迁移改造，实现了简洁部署和低成本运维满足了九江银行 OLTP+OLAP 核心业务需求，保障了业务峰值或网络不稳定的情况下，异地主备延迟可以控制在 30 秒以内。

案例七：北京农商行核心银行系统 OceanBase 应用实践

一、应用场景

核心银行系统作为我行最重要的产品服务与运营支持系统，同时承担着公共运营的基础服务与内部管理计量重任，是我行各项业务正常开展的基础。

我行核心银行系统于 2021 年投产并使用，基于 Oracle RAC+DataGuard 高可用架构建设，整体系统处理能力峰值大约在 12000TPS。为提升我行信息技术体系自主可控水平，确保信息技术产品供应链安全，我行结合《北京农商银行信息科技中长期发展战略规划（2021-2025 年）》信息科技整体部署，于 2023 年启动了核心银行系统的改造替换工作。

此次改造是在现有核心银行系统的基础上，以不影响现有交

易业务逻辑和系统应用架构为原则，实现从芯片、操作系统、数据库、中间件的全面改造替换，构建基于 OceanBase 分布式数据库集群的高可用架构。改造要求不降低系统整体处理能力，不增加交易响应时间，不延长批量执行时间。

经过近一年的选型、开发、测试和演练，我行核心银行系统已于 2024 年实现 OceanBase 并行环境与 Oracle 生产环境并行运行，为我行的信息技术应用创新工作奠定了坚实的基础，迈出了至关重要的一步。后期我行将择机进行角色切换，实现 OceanBase 分布式数据库集群单轨运行。

二、总体方案

我行核心银行系统并行环境在网络层，使用网络负载均衡模式提供服务，支持通过域名进行访问。

在应用层，通过集群方式进行应用的负载均衡，支持根据业务类型进行分组部署。应用服务器间使用高端 NAS 存储实现文件共享和并发读写需求。

在数据库层，使用 OceanBase 数据库提供两地三中心七副本+主备库高可用架构进行部署，数据分片可自动进行平衡分布。具体技术架构如下：

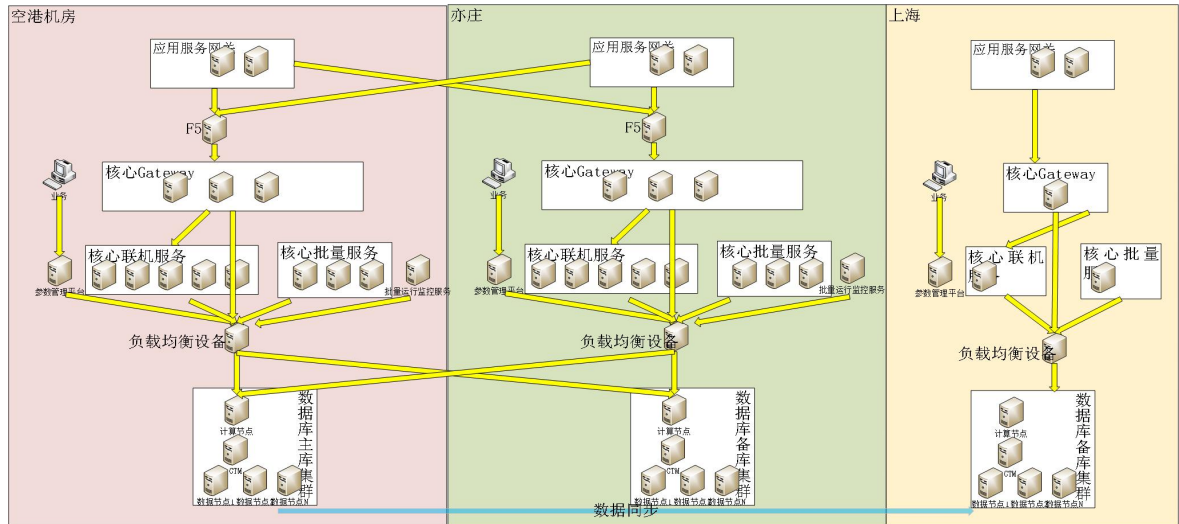


图 6 部署架构示意图

我行核心银行系统并行环境采用了两种方式与生产环境并行运行。一是并行工具从生产环境 Oracle 数据库中获取报文数据，按照处理顺序发送给并行环境应用程序。二是对应用服务网关进行改造，将发往生产环境的报文，通过异步转发方式，发给并行环境，由并行工具对比并行环境和生产环境的处理结果。两种方式分阶段使用，并与总账系统进行账务核对，确保了并行环境与生产环境的数据一致性。

三、难点问题及应对举措

在建设过程中，我们首先遇到了 OceanBase 和 Oracle 的兼容性问题，比如说 Oracle 数据库的 Rowid 模式，在 OceanBase 中没有类似的机制，导致部分业务功能无法平滑迁移。为解决该问题，我们对核心银行系统的所有大表进行了梳理，按照 OceanBase 的标准进行了表分区的重新设计，使用分区拆分查询来提高运行效率，从而较好地解决了性能问题。

并行环境投产时，由于生产环境停机时间有限，为最大限度减少影响业务的时间，我们搭建了移植用 ADG 备库，数据从 ADG 备库中进行迁移。先获取一份完整的静态数据，然后再通过 OceanBase 移植工具（OMS）进行静态同步和全量数据校验，一致性校验核对后，再通过 OMS 进行增量移植，大幅减少了对生产环境的影响。

整体过程下来，我们深刻地认识到，任何一个成熟的分布式数据库都是一个独立的、完整的产品，不能将其视为某个数据库的简单复制品，不能简单粗暴地将原有经验移植到新产品和新技术中。要深刻认识到分布式数据库的特性和特点，有针对性地进行架构设计、开发测试和投产演练，充分发挥分布式数据库并行运行、横向扩展的优势，提高系统整体吞吐能力，将运行风险降到最低。

四、应用成效及经验

我行核心银行系统通过本次的改造替换，采用集中式应用+分布式数据库的方式构建，极大地提升了系统的整体吞吐量和高可用性。将数据打散分布于多个存储节点，并进行冗余存放和副本之间的自动校验和切换，有力地避免了单副本数据损坏带来的数据丢失或异常风险，将故障对业务连续性的影响降低到最小。同时提供在线、灵活地维护功能，将停机时间大幅缩短。

同时，分布式数据库具备完备的自动化运维能力、监控报警能力、巡检统计能力以及租户资源快速伸缩能力，使我们能够更

好地应对突发的交易高峰期，高效利用资源表，降低了维护管理的工作量和复杂度。

案例八：浙江农商联合银行 TDSQL 应用实践

一、应用场景

2022 年 4 月 18 日，浙江农商联合银行正式挂牌成立，标志着全国深化农信社改革的“第一单”正式落地，也标志着具有 70 余年发展历程的浙江农商银行系统迈入了高质量发展新征程。早在 2020 年，浙江农商联合银行就确定了分布式 IT 技术架构转型的“十四五”科技发展规划，明确了国产 IaaS 云平台、分布式 PaaS 和国产数据库的产品技术路线，实现 IT 基础设施的安全可控。

二、总体方案

浙江农商联合银行经过充分的解决方案调研和技术对比验证测试，最后确定采用基于 TDSQL 数据库联机交易与分析查询双引擎的一体化建设方案，技术架构图如下：

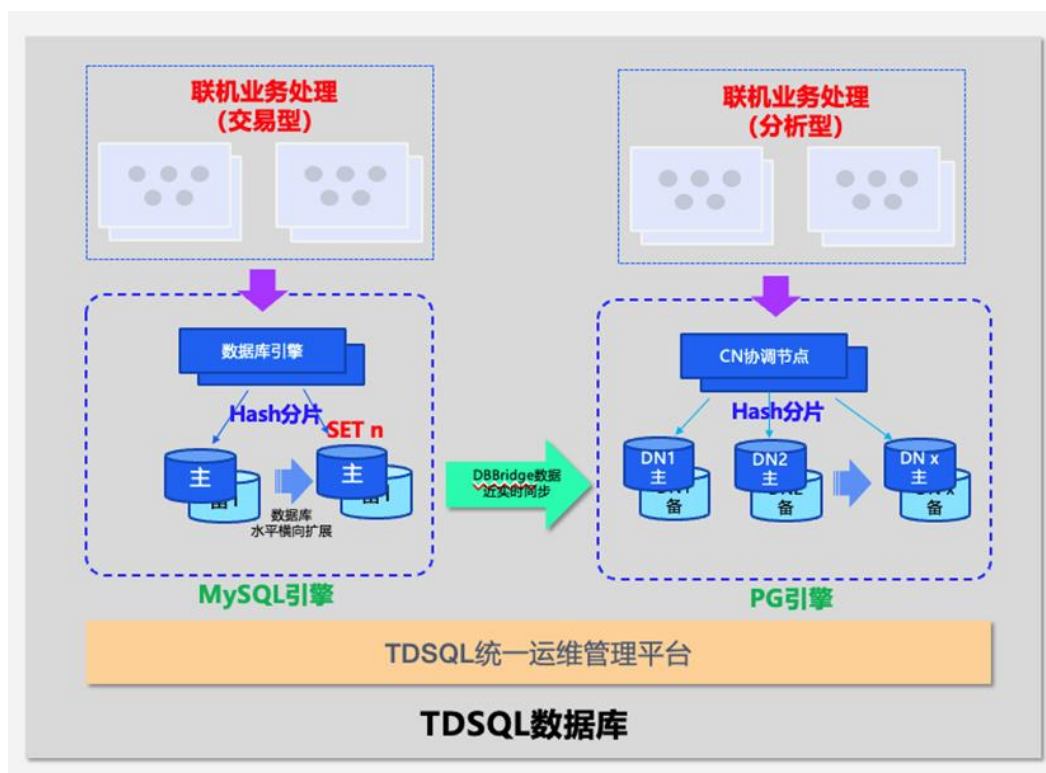


图 7 TDSQL 数据库联机交易与分析查询双引擎方案技术架构图

基于该技术架构，浙江农商联合银行建立了如下数据库使用场景的规范和标准：

（1）基于 TDSQL MySQL 引擎确立为 OLTP 数据库，支撑全行面向客户的联机交易类业务，该类交易具有“短、平、快”等特点。

（2）面向前述提到的经营管理类、交易服务类、多源融合类、历史数据类及联机数据分析类等业务场景的痛点需求，确立 TDSQL PG 引擎为 OLAP 数据库，建立全行统一的查询中心（即聚合库，建设中，2024 年投产），利用 TDSQL PG 引擎的行列存储、多核并行计算等技术能力，充分发挥 TDSQL PG 引擎 MPP 架构的技术优势，解决 OLAP 场景下复杂 SQL 的性能问题。

(3) 规范建立了存量 DB2、Oracle 数据库的迁移策略，具有对客类的 OLTP 联机交易场景特点的业务系统迁移到 TDSQL MySQL 引擎，具有 OLAP 联机分析型场景特点的业务系统（如：监管报送、反洗钱、客户经营类等）业务系统迁移到 TDSQL PG 引擎。

三、难点问题及应对举措

浙江农商联合银行之前既使用开源 MySQL 数据库，又有大量 DB2、Oracle 等商用数据库，同时业务系统多、场景多，对数据库存在多样化的技术需求，在对客联机 OLTP 交易类场景，要求响应时间快、并发大且能支持互联网渠道金融场景下的海量交易处理和在线弹性扩展能力，在对内的经营管理类、交易服务类、多源融合类、历史数据类或联机数据分析类等业务场景，则具有典型的 OLAP 联机分析型数据库访问特点，比如：一是多表聚合，数据库访问具有多库多表的特点；二是数据量大，经常存在多张大表，每张大表的记录数规模从一亿多到十几亿量级不等；三是查询条件复杂且多变，往往需要根据多个不同的条件且复杂多变进行查询、统计等，并导致 SQL 查询条件无法利用数据库表的分片键或索引等。

2021 年，经过充分选型和严格技术验证，浙江农商联合银行确定腾讯云 TDSQL 为全行统一的国产数据库，并采取“试点先行+全行推广”的模式，在“先易而难”（先开源 MySQL 数据库迁移，后 DB2、Oracle 数据库迁移的策略）的数据库推广过程中，

也逐渐反映出上述业务需求和联机复杂 OLAP 查询的诉求。

四、应用成效及经验

浙江农商联合银行经过 3 年多的 TDSQL 我国数据库推广，规划建设了 9 套 TDSQL 生产系统物理集群，节点总规模超过 1200 多，目前已有 200 多套业务系统成功切换投产到 TDSQL 我国数据库，取得丰硕成果。

一是实现 IT 基础设施的安全可控，采用国产的分布式数据库产品取代商用集中式关系型数据库，数据库服务器向 x86、arm 等国产芯片处理器服务器转型，实现数据库基础软件自主创新，降低硬件资源的投入成本。

二是根据业务系统重要性和场景特点，建立 9 大 TDSQL 生产系统物理集群，并通过 DB PaaS 数据库统一运维管理云帆平台的建设，集成 DTS 数据库迁移和同步工具、DBBrian 性能管家和 SQL 审核等工具，实现不同数据库引擎等一体化运维和性能管理。基于 TDSQL 数据库弹性资源管理、在线扩缩容、分库分表等技术提升海量数据的管理弹性，有效解决业务增长与数据库容量的矛盾，满足高并发业务操作的需求，实现海量数据超高性能读写以及实时访问查询，提升高峰时段数据库的吞吐量，分散设备负载，提高业务响应速度。

三是基于 TDSQL PG 引擎建立全行统一的查询中心，在过去 OLTP 数据库和大数据平台及数据仓库之间建立了 OLAP 聚合库，解决了客户经营管理类、交易服务类、多源融合类、历史数据类

及联机数据分析类等 OLAP 数据库的场景需求。SQL 性能表现较原有的 HBase 显著提升，其中特定复杂 SQL 有数十倍提升，整体性能有数倍提升，并解决了传统数据仓库在此类场景的联机大并发、事务一致性等缺点不足问题。

四是提升业务连续性，通过 TDSQL 数据库多中心多活容灾架构，实现业务系统应用和数据同城双活、异地数据灾备，缩短 RTO 时间，实现故障自动恢复，提升业务抵御各级风险的能力。

案例八：农信核心结算业务系统达梦高可用架构实践

一、应用场景

农信核心结算业务系统从 IBM DB2 高可用架构最终规划成存算分离和存算一体组合高可用架构，即基于达梦共享存储集群和达梦数据守护集群组合的两地三中心高可用架构（DSC+DSC+DSC+DataWatch），即每个数据中心通过达梦两节点共享存储集群数据库在保障同机房高可用的同时，同城和异地跨机房高可用通过达梦数据守护集群来完成。该核心系统分阶段稳定改造，主要是针对同城和异地容灾方案，前期是通过数据库实时同步软件 DMHS 完成，试运行半年时间后，转成数据库守护集群实现同城和异地容灾，目前此系统到了后期阶段，整个验证测试已经完成。

二、难点问题

农信各类核心系统普遍存在数据库集群模式和高可用架构

的选择问题，以及迁移改造中兼容性和性能优化问题。首先，共享存储集群数据库和集中式主备集群组合高可用架构已经在几十年的实践应用中充分验证其高可用架构的可靠性，国产化迁移改造中是否沿用这个成熟的存算分离和存算一体组合的高可用架构，还是选择其它新技术路线；其次，在保证兼容性的同时，是否可以结合特定业务进行内核级深度优化，而内核级深度优化基础是核心代码自研能力，迁移改造中这些普遍问题需要关注。

三、 应对举措

针对农信各类核心系统在迁移改造中的普遍性问题，结合各农信各类核心业务系统业务需求，选择成熟稳定的高可用架构和良好的兼容性，同时在核心代码完全掌控基础上实现根据业务特点的内核级深度优化是主要的解决思路。首先，针对核心业务系统高可用架构技术选择，沿用稳定高可用架构同时结合国产化数据库迁移改造中遇到的双规迁移、数据实时同步等问题进行本土化改良和技术创新；其次，良好的兼容性，尽量少改动应用代码、尽量沿用成熟技术和运维管理习惯，从而保障高安全但低成本的迁移改造。最后，在迁移改造的有限时间窗口内完成内核级性能优化和定制化开发，选择具有自主研发能力的企业，如具有安全资质的企业，包括具有数据库安全可靠评测、商密认证和数据库EAL安全等级的企业。

四、 应用经验

农信各类核心业务系统升级改造，选择在数据库自主研发基

基础上，找到适合各自业务系统需求的成熟稳定的技术路线，这是之后是否可以相对低成本开发、测试和运维管理的第一步，最终实现农信核心业务系统改造尽量少改动业务代码的同时满足高可用和性能需求。

案例九：江南农村商业银行信贷核算系统 GaussDB 应用实践

一、应用场景

信贷核算系统是江南农村商业银行核心账务类系统，原本采用传统集中式架构，但难以满足金融业务线上化、多元化等新趋势下的海量数据、超高并发、超高峰值、异地机房秒级容灾等业务需求，需要对核心交易类系统改造升级，逐步实现信息系统软硬件升级的目标，并确保系统功能不缺失、性能和安全等级不下降，保障业务稳定运行。

江南农商银行采用华为云 GaussDB 完成了信贷核算系统传统数据库的替代，支撑了信贷核算系统在夜间批量计提、日间交易、借据查询等核心场景的应用，核心业务系统性能、业务峰值 TPS、日间交易量、交易耗时水平等均有大幅提升。

二、总体方案

为满足核心账务类系统在性能、可用性，安全性方面的要求，江南农村商业银行选择 GaussDB 作为数据底座，对传统集中式架构的信贷核算系统进行了“全栈自主创新 + 分布式”改造，打造新一代信贷核算系统。

新系统采用 GaussDB 分布式部署、两地三中心方案，多节点主集群和容灾集群，抵御同城节点级故障和跨城 Region 级容灾。GaussDB 分布式架构和多层安全机制，大幅提升系统性能的同时，确保数据的完整性和可靠性。

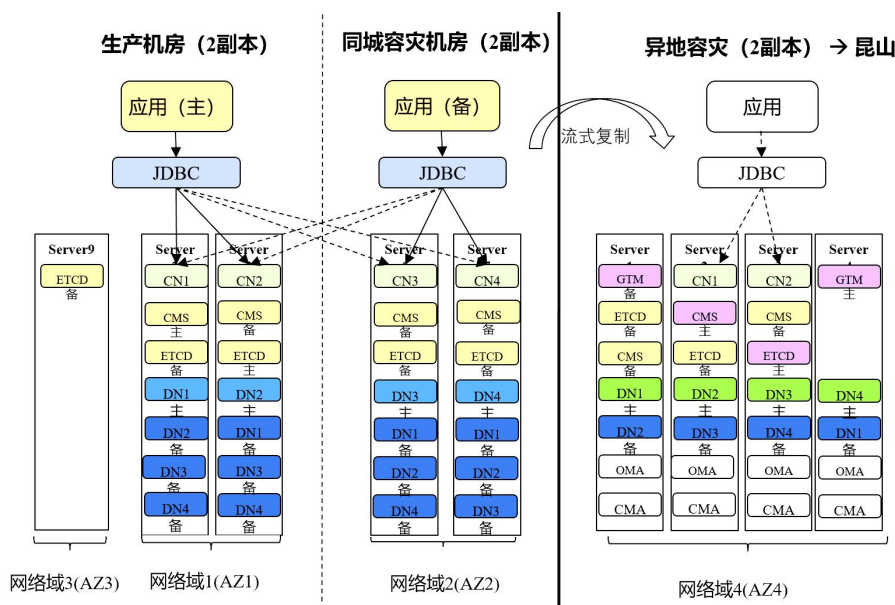


图 8 部署架构示意图

此外，“UGO+DRS”一站式迁移解决方案，保障数据和应用的平滑迁移。

三、难点问题及应对举措

(1) 性能提升，确保账务不能错、数据不能丢、联机不能慢、批量不能晚

通过部署 GaussDB 分布式架构，信贷核算系统支撑了 400 万笔的结息日批量交易，各项指标优于之前 320%，批量计提时间由 30 分钟降为 3 分钟，效率是之前的 10 倍；业务峰值 TPS 由原先的 1100TPS 突破到现在的 12000TPS，达到原有架构的 10 倍以上；日间交易 TPS 翻倍，同时交易平均耗时相比以前也有 20%的

提升。

（2）可用性升级，系统不能停、应用可逃生

通过 GaussDB 分布式部署方案，采用 5 节点主集群+4 节点容灾集群的跨区域容灾集群和双活架构，配置同城抵御节点级故障的能力以及跨城的 Region 级容灾能力。通过 GaussDB 的两地三中心方案，异地 RPO ≤ 5 秒，RTO ≤ 145 秒。

（3）应用便捷，数据易迁移、整体易运维

在迁移过程中，GaussDB 搭配数据库和应用迁移 UGO 进行语法的自动转换，降低迁移成本，转换成功率在 98%以上；搭配数据复制服务 DRS 进行存量和增量数据实时同步，以及对数据迁移正确性的校验。在应用适配过程中，GaussDB 与信贷核算系统提供商密切配合，对部分特殊语法的 SQL 进行调整，最大程度保证与 GaussDB 数据库的语法兼容，同时，将信贷核算系统改造为分布式架构，充分利用分布式数据库特性，提升系统的运行效率。

四、应用经验及成效

江南农村商业银行基于华为云 GaussDB 实现信贷核算系统的“全栈自主创新+分布式”改造，提升了银行的运营效率，新系统在处理海量数据时性能大幅提升，能够实时响应复杂的业务需求，并且摆脱了对外部技术的依赖，实现了核心业务的技术自主权，确保系统在任何情况下都能安全稳定地运行。同时，为同业信贷核算系统的转型升级提供了参考。

案例十：中信证券数据库容器化平台建设实践

一、应用场景

中信证券作为中国领先的综合性证券公司，其业务范围广泛，对数据库系统提出了多样化的要求。中信证券采用多元化的数据库策略，包括分布式数据库、集中式关系型数据库、分析型数据库以及键值、文档、时序、图等非关系型数据库。中信证券使用 KubeBlocks 社区版容器化数据库管理平台，通过 K8s 实现了数据库与硬件资源的解耦，借助 K8s 的编排技术和高度标准化的数据库容器镜像，并根据不同数据库的特性、安全需求和服务级别目标 (SLO)，将其智能分配到最合适的容器环境中，大大简化了对多种类型数据库的管理。实施混合部署时，如何同时满足不同数据库的安全级别和 SLO 要求，同时实现高效的资源利用，是一个重要的技术挑战。

二、总体方案

中信证券基于 KubeBlocks 在 K8s 容器平台之上构建了数据库统管平台，充分利用了国产化的海光、鲲鹏等硬件基础设施，并通过 K8s 为上层数据库容器提供统一的运行环境，其自动化调度和资源管理能力为数据库的隔离、混部提供了基础。KubeBlocks 平台使中信证券能够灵活部署和管理多种类型的数据库，针对数据库工作负载进行了优化，提供了统一的生命周期管理、自动化运维、多集群管理、调度混部、资源隔离、迁移打散等功能。



图 9 数据库统管平台示意图

在数据库管理平台中，高效的调度系统需要多维度评估资源并实施约束控制。该平台维护了节点资源分配表，实时监控资源指标，分析节点负载和容量，进行调度决策时考虑多种资源约束策略，如内存不超分配、CPU 允许超分配、对 IOPS 资源预留等。系统采用多目标优化算法，在满足约束条件下选择最优节点。此外，调度系统根据业务重要性、SLA 和访问模式对数据库实例进行分级，匹配相应的节点资源，平衡关键业务保障和整体资源效率。

KubeBlocks 调度系统支持节点密度分级和超卖管理，通过区分高低密度节点并设置不同超卖比例，实现资源利用和业务隔离的平衡。系统持续监测资源使用和性能，动态调整密度等级和超卖策略。同时，调度系统对数据库实例进行画像分析，识别负载类型（如 CPU 密集型、I/O 密集型等）和高峰期特征。基于此，

系统实施智能混部策略，将互补资源需求的实例调度到同一节点，最大化资源利用率。

在每个交易日，证券行业的交易系统有严格固定的交易时段、相对固定的清算时段以及几乎空载的空闲时段。在交易时段、清算时段，交易、清算系统的资源需要得到最高优先级保障；而在空闲时段，交易系统的资源完全可以出让给后台管理、分析、报表等场景。在时间维度上，KubeBlocks 调度系统通过人为指定与自动分析实例的负载高峰期，实现负载错峰调度。算法目标包括最小化同一节点上实例高峰期重叠度，避免负载尖峰。系统定期或根据触发条件重新执行混部和错峰调度，必要时迁移实例以保持错峰状态。调度系统持续监测优化效果，收集性能反馈，评估决策质量并调整策略。同时，系统提供人工干预接口，允许管理员根据业务需求调整参数，指导系统进行针对性优化。通过这些策略，调度系统在保障业务质量的同时，有效提升资源利用效率，降低运维成本。

在这个基础上，中信证券进一步优化了其数据库容器化方案，特别关注了安全性和资源利用效率。考虑到金融行业对数据安全的严格要求，以及不同类型数据库的安全级别差异，中信证券采用了更加细粒度的容器技术策略。这种策略不仅确保了高度的安全性，还实现了资源的最优配置。为了实现这一目标，中信证券采用了业界还未广泛普及的安全容器技术，将不同安全级别和性能需求的数据库工作负载进行分类处理。这种方法允许在同一平

台上同时运行高度敏感的核心业务数据库和相对开放的辅助数据库系统，既保证了整体系统的安全性，又提高了资源利用率。

中信证券基于安全容器的数据库方案是一个创新性的解决方案，其核心在于充分利用 runC 和 runD 等容器技术的优势实现可信与不可信容器的混合部署，以及不同 SLO（服务级别目标）容器的混合部署。runC 是一个轻量级的容器运行时，直接与主机操作系统内核交互，提供近乎原生的性能和完整的容器功能。它适用于被认定为可信的应用，如经过严格审核的内部开发数据库系统。runC 容器共享主机内核，具有高性能、资源效率高和广泛兼容性的特点。runD 则是一种新兴的容器运行时，结合了容器的轻量级特性和虚拟机的强隔离性。它通过使用轻量级虚拟机技术为每个容器提供独立的内核，特别适合那些被视为不可信或需要更高安全隔离级别的应用，如某些开源数据库或外部供应商提供的应用。

在混部场景中，采取了差异化的容器技术选择策略：对于内部业务使用的核心数据库可以认为是安全可信的，优先考虑 runC。而对于开源数据库以及外部厂商软件提供的数据库，考虑到它们对核心系统可能存在的风险，则倾向于使用 runD。这种差异化的容器技术选择策略不仅能够满足不同应用的安全需求，还能在资源利用和性能方面取得最佳平衡。

三、应用成效及经验

KubeBlocks 在中信证券落地应用半年时间以来，在国产数

数据库适配度、产品成熟度等方面有显著的提升，特别值得一提的是，Kubeblocks 团队响应中信证券在混部场景下对于错峰调度、弹性资源优先级调度、可信&不可信容器混合部署、不同 SLO 容器混合部署的诉求下给予了大力支持，展现了行业领先的技术实力。

目前中信证券的数据库容器化平台已成功应用于多个关键业务领域，支撑着包括财富管理委员会、计划财务部、资产管理部、研究部、固定收益部等部门在内的应用系统数据库。截至目前，该平台已覆盖超过 30 个重要的业务系统，涵盖了公司多种类型的数据库工作负载。

通过实施这一创新的容器化方案，中信证券取得了显著的技术和业务成效。

（1）安全性增强：采用安全容器技术，特别是 runD 对敏感 workload 的隔离，大幅提升了系统的整体安全性。自实施以来，未发生任何由于容器间干扰、导致的安全事故。

（2）资源利用率提升：通过统一的容器平台和混合部署策略，将服务器资源利用率提高 60% 以上，降低了硬件成本。

（3）运维效率提升：自动化运维和统一管理平台的引入，缩短了数据库部署和维护时间，提高了 IT 运营效率。

这种先进的数据库容器化解决方案为中信证券提供强大的技术支撑，不仅增强公司在瞬息万变的金融市场中的竞争优势，还为公司的数字化转型和创新业务发展奠定坚实基础，使中信证

券能够更敏捷地响应市场变化，更有效地管理风险，并为客户提供更优质的服务。在保证合规与安全生产的同时，切实提升资源利用率，响应国家 ESG 政策要求，促进中信证券践行负责任投资、发展绿色金融，支持经济社会的可持续发展的主体责任。

案例十一：国信证券分布式数据库 TDSQL 应用实践

一、应用场景

国信证券前身是 1994 年 6 月 30 日成立的深圳国投证券有限公司。经过 20 多年的发展，国信证券已成长为全国性大型综合类证券公司，截至 2021 年末，注册资本 96.12 亿元，员工总数超过 1.2 万人，在全国 118 个城市和地区共设有 58 家分公司、184 家营业部，公司累计完成 A 股 IPO 项目 289 个，其中完成创业板 IPO 项目 77 个，排名行业第一。

国信证券新业务系统承载了国信证券的 OTC 交易柜台系统、反洗钱系统和 HR 人力管理系统等，采用腾讯云企业级分布式数据库 TDSQL+中标麒麟系统+海光服务器，实现了证券系统全栈升级。国信证券新业务系统上线运行以来，承载了单日亿元级别的交易规模，尤其在开市、收盘等流量高峰期，依旧能保障数据平稳运行，在券商中排名靠前。

二、总体方案

国信证券反洗钱系统目前拥有 7T 业务数据（大表记录数十亿级），应用同时具备了 OLAP 和 OLTP 两种业务行为，并且使用

了存储过程、窗口函数等复杂数据库功能，在众多业务系统中具有代表性。尝试使用 TDSQL PG 版对其进行适配落地，来验证分布式数据库的应用价值。组建了项目组并进行了大量的适配和测试工作：挑选了典型的业务场景；部署了全量数据的测试环境；进行了异构数据迁移；针对目标数据库产品特性进行了应用的 SQL 改造；基于分布式的表结构改造；后台作业、框架升级、页面功能改造以及各类数据库软件适配性问题的解决。

TDSQL 具备在流量突增场景下秒级自动容灾的金融级高可用能力，结合在测试中数十倍优于客户需求的超高并发能力，意味着单一券商基于 TDSQL 将可大幅突破券商 IT 系统的传统性能要求，拥有同时服务亿级以上股民的能力，高效应对各类极端交易行情。

表 1 反洗钱典型业务场景下的性能测试数据对比表

测试场景	任务特点	当前生产	TDSQL-PG 分布式 (双分片) 跑 SQL	TDSQL-PG 分布式 (双分片) 跑存储过程
场景 1: 客户联系方式汇总处理	千万级客户信息表做 join、列转行、窗口函数	10 分钟	10 分钟	12 分钟
场景 2: 可疑交易监测: 非交易目的大额资金转入监测	亿级流水表统计分析	101 分钟	18 分钟	18 分钟
场景 3: 风险等级: 频繁大额转账托管统计	亿级流水表统计分析, 多级嵌套子查询	65 分钟	3 分钟	30 秒

与此同时，TDSQL 的 HTAP 能力将能帮助证券系统在数字化时代获得高性能的实时在线分析能力，为业务运营实现数字化转型提供基础技术支持。

在集群部署能力上，腾讯云数据库能提供命令行、容器、图形化安装，拥有完善的安装、测试、验收、培训流程，超过 1800+

次安装部署经验，同时提供“两地三中心”、“多地多中心”部署能力。

三、难点问题及应对举措

近年来，证券行业线下服务转型线上化进程加速，包括营销获客的方式、AI 单向智能开户、非现场业务的办理、在线直播、小程序、小视频等互联网方式的使用等，同时近年证券市场行情火爆，证券用户数量和并发量大幅提升，从而对支撑业务的 IT 系统及数据库提出了更高要求；伴随在证券公司进入全面创新发展阶段，证券业务品种也日渐增加、业务流程复杂度不断提高，现有非国产集中式数据库架构在满足新业务、新监管规定以及今后一段时期内部控制管理的高效率监控及管理的需求方面已逐渐困难。

证券行业为数据密集型行业，发展至今已经累积了海量的高价值数据，目前每天产生海量的新数据。在海量用户和大数据量下，当前行业主要使用的国外传统集中式数据库弊端逐渐体现：集中式数据库体系架构缺少计算存储分离、弹性伸缩能力、跨数据中心的高可用能力；容量面临瓶颈，依赖垂直扩容，且很难做到业务透明或者无感知，成本高昂；此外无法满足自主可控及国产化的目标。

四、应用成效及经验

经过本次探索和实践，国信证券发现基于 TDSQL PG 版的反洗钱系统在海量数据下的性能、扩展能力、高可用、灾备、运维、

成本节约等方面都有显著提升，TDSQL PG 版作为分布式数据库能够为证券业务场景产生应用价值。具有 HTAP 代表性的反洗钱系统成功完成基于 TDSQL PG 版的迁移，证明以 TDSQL PG 版为代表的国产分布式数据库有能力替代证券系统特定业务类型现有的集中式数据库。

整体上说，在未来的一段时间里，我国分布式数据库可以满足国信证券部分场景下的业务系统。而随着产品的更新优化和技术发展，我国分布式数据库可以带来越来越多的可适配场景，在证券行业产生越来越多的应用价值。