



HUAWEI



中国农业银行  
AGRICULTURAL BANK OF CHINA



中国邮政储蓄银行  
POSTAL SAVINGS BANK OF CHINA



中信银行  
CHINA CITIC BANK

# 云原生金融核心系统 白皮书



2023年12月

## 白皮书编制组:

华为云计算技术有限公司: 张琦 张永明 王雷博 苏金明 朱思洋 张超盟

应用现代化推进中心: 刘如明 周丹颖 李祯然

中国农业银行股份有限公司: 王泳滨 周潇潇 赵欣

中国邮政储蓄银行股份有限公司: 张志鹏 王坤锋 高力鹏 牛志嘉 刘畅

中信银行股份有限公司: 周文旭

# 前 言

核心系统是金融机构的心脏，也是其数字化水平的重要体现。随着云原生理念的推广与技术的成熟，在业务创新、流程优化、降本增效等因素的驱动下，云原生逐步成为银行核心系统优化转型的最优路径。

本白皮书聚焦银行业，从宏观角度分析了数字时代背景下金融科技的需求与发展趋势，梳理了金融核心系统的发展脉络，指出现代化金融核心系统的建设要点、建设思路与痛难点，归纳出一套现代化金融核心系统建设方法论。同时，本白皮书详细阐明了云原生金融核心系统架构，从实践角度介绍了云原生金融核心系统的落地思路与实施路径，并给出了典型商业银行的优秀实践。

期望本白皮书能够为云原生在金融业的广泛应用提供落地参考，推进银行业充分采用云原生理念与技术建设符合现代化需求的金融核心系统。

# 目 录

1.	金融核心系统发展概述 .....	1
1.1.	政策、市场、技术交织驱动，银行业面临转型考验 .....	1
1.2.	以变应变、持续演进，金融核心系统迈入新发展阶段 .....	3
1.3.	金融核心系统转型正当时，银行业积极探索相关实践 .....	5
2.	现代化金融核心系统建设方法论 .....	7
2.1.	现代化金融核心系统建设要点 .....	7
2.2.	现代化金融核心系统建设思路 .....	8
2.3.	现代化金融核心系统建设误区与难点 .....	11
3.	云原生金融核心系统架构 .....	15
3.1.	银行核心系统云原生演进路径 .....	15
3.2.	现代化金融核心系统云原生架构 .....	17
3.3.	云原生金融核心系统技术架构 .....	18
4.	云原生银行核心系统行业实践 .....	28
4.1.	农业银行分布式新核心云原生实践 .....	28
4.2.	邮政储蓄银行分布式云原生架构和开源实践 .....	33
4.3.	中信银行核心系统分布式化及云原生演进 .....	38
5.	展望 .....	42

## 1. 金融核心系统发展概述

### 1.1. 政策、市场、技术交织驱动，银行业面临转型考验

随着科技与产业的深度融合，社会生产生活模式发生了剧烈变化，金融业亟需通过数字化转型来增质提效、创新业务，顺应数字经济时代的新要求。在政策、市场与技术等多重因素的牵引与推动下，银行业必须抓住转型机遇，主动求变，保持竞争优势。

**指导政策接连发布，自顶向下牵引金融业数字化转型。**2021年12月，中国人民银行印发《金融科技发展规划（2022—2025年）》，提出新时期金融科技发展指导意见，明确金融数字化转型的总体思路、发展目标、重点任务和实施保障。2022年1月，中国人民银行会同市场监管总局、银保监会、证监会联合印发《金融标准化“十四五”发展规划》，明确“十四五”时期统筹推进金融标准化发展的指导思想、基本原则、主要目标、重点任务和保障措施，引领金融业数字生态建设。2022年1月，银保监会印发《关于银行业保险业数字化转型的指导意见》，为推进银行保险机构数字化转型做好顶层设计，提供了金融行业数字化转型的路线图。2022年9月底，国务院国资委下发《国资发79号文件》，要求2027年底前，实现所有中央企业的信息化系统安全可靠的信息系统替代。各权威部门发布的多项政策从方向、目标、措施等方面作出指导，协同促进金融业数字化转型发展，有力推进银行业的转型进程。

**市场需求快速多变，予以银行业转型变革强劲驱动力。**一是金融市场正面临 VUCA（异变性、不确定性、复杂性、模糊性）的挑战，外部环境的微小变动都可能会无限放大成为震动企业的压力。VUCA 时代，行业边界逐步拓宽，要求企业快速响应市场变化。二是第三方支付平台的出现冲击了由银行主导的传统支付模式，以支付宝、微信为代表的移动支付迅速占据了个人端小额消费市场，用户侧对灵活性、便捷性、个性化、即时满足性等体验要求变高，进一步推动了银行服务模式向线上化、移动化、数字化、智能化等方向演进。银行业的业务理念已从“以账户为中心”向“以客户为中心”转变。三是新冠疫情促使银行管理者意识到数字化成熟度较高的公司能够更迅速地适应客观环境的变化。疫情暴露出部分银行的数字化能力流于表面、缺乏整体的规划及端到端的实施方案的问题，要求银行业持续加深数字化能力与自身业务的融合。

**数字技术基座趋稳，新生产工具将促升银行业生产力。**云计算、大数据、人工智能、区块链等先进数字技术经过多年积淀走向成熟，数字生态逐步完善，配套服务日渐丰富，已能够适配用户侧的多样化需求。当前，数字技术在产业界的实践已从“小规模试点”走向“大规模落地”，数字基础设施底座逐步夯实，基于新技术的上层实践将爆发式增长，银行业作为上层生态中的关键行业，正在汲取技术发展带来的产业革新力量。中国银行协会调查显示，2022 年银行平均电子分流率 97%，九成以上业务都已实现线上化。据 IDC 预测，到 2025 年，六成以上银行将基于当前应用程序的使用现状制定并实施云原生

数字核心战略，支持安全可控与未来生态创新。数字技术与金融业务的融合已是必然，越来越多的银行已加快金融科技领域的布局速度，利用先进数字技术重塑银行体系，尤其是核心系统的建设。

## 1.2. 以变应变、持续演进，金融核心系统迈入新发展阶段

银行核心系统是银行业务系统运作的核心，被看作是银行的“心脏”，其建设水平对银行业务的开展至关重要。一套先进化程度高的核心系统将对银行的业务创新、流程优化、降本增效等方面发挥重要作用。我国银行核心系统的发展历经 40 多年，从仅能处理单面业务（1980s-1990s），经过数据大集中时代（1990s-2008）、瘦核心时代（2008-2014）的改造后，迎来了跨越式发展，正处于现代化核心系统时代（2014-至今）。

**单机电子化时代（20 世纪 80-90 年代）：电子化初现，数据尚未联通。**20 世纪 80 年代前期，PC 单机的引入使得银行业务摆脱了手工的繁复操作，使用计算机进行账务数据的登记和保存。核心系统的主要设计理念是“以账户为中心”的金融服务体系，将账户作为核心系统中的唯一可关联的索引，通过账户将所有的业务操作记录串联在一起，形成以账户为中心的电子账本。此时，互联网还未出现，各个计算机系统各自为政，形成了一个信息孤岛，跨网点业务办理复杂度高，难以针对同一用户提供定制化的服务。

**网络电子化时代（20 世纪 80 年代末至 90 年代末）：数据互联，**

**但未集中。**网络基础设施的建设和通信设备的使用连接了不同网点的不同系统，实现了信息互通、资源共享。得益于数据的联通，账务得以有效的集中，银行内部的数据量增大，催生了交易系统的出现。同时，自动柜员机（ATM）及银行卡的出现，拓展了货币交易渠道。此时，联机业务处理、跨网点异地通兑等极大地提升了客户的体验，银行核心系统的电子化建设进一步加快。

**数据大集中（20 世纪 90 年代末至 2008 年）时代：资源整合，业务标准化。**随着网络基础设施逐步完善、硬件设备能力不断升级，银行核心系统开始进行全国业务大集中进程，以解决业务处理口径不统一、管理水平不均衡等问题。数据大集中是将业务与数据聚类，如将分散的区域性信息集成到国家级的全域数据中，实现资源的整合。数据大集中为总行提供了更全面、更准确的实时数据，减少了因信息不对称而造成的风险或业务机遇的丧失，业务理念随之转变为“以客户为中心”的新概念。

**瘦核心（2008 年至 2015 年）：解耦核心，释放能量。**经数据大集中后的金融核心系统庞大且强耦合，牵一发而动全身，此时的核心系统不是聚焦根本关键业务，而是集成所有业务的复合系统，形成了“胖核心”状态。为解决核心过胖的问题，“小核心、大外围”的新核心系统目标被提出，各大银行开始对核心系统进行瘦身，解耦辅助性管理功能。瘦核心阶段不止简化了系统负担，其理念也全面转向“以客户为中心”，以灵活且稳健的方式对原本各自封闭的客群进行综合性管理运营，此时的核心系统仍是集中式阶段。

**现代化核心系统（2015 年至今）时代：以云为基座，数字技术赋能。**数字时代背景下，银行业对核心系统提出了更多现代化新要求：在技术层面，要求能够实现灵活部署及动态扩容，满足未来爆发式增长的客户量及业务需求；在业务层面，要求支持产品快速迭代创新，优化业务流程，促进以交易驱动的会计核算方式转变为以客户为中心按产品管理的服务模式。为支撑核心系统的新时代能力要求，构建以云为基础设施的分布式核心系统，成为银行业转型的必由之路。

### **1.3. 金融核心系统转型正当时，银行业积极探索相关实践**

核心系统是银行 IT 系统建设的重中之重，是银行的大脑和心脏，也是银行数字化转型水平的重要体现。金融核心系统的数字化转型势在必行，银行业对其的探索也正在逐步推进。不同银行的实践路径与其自身组织特点相关度高，大型国有银行、股份制银行与城商行、农商行、民营银行等中小型银行的核心系统落地策略各不相同。

**大型国有、股份制银行 IT 实力领先，核心系统转型之路稳中求进。**传统大行的核心系统的发展目前大多处于业务解耦、分布式部署上云的阶段。其传统架构大多采用 IBM、HP 等大型机来承载核心系统的业务，数据库层采用关系型数据库，扩展能力较差。此类大行历经数十年发展，体量较大，对安全性、稳定性要求更高，核心系统转型之路更加稳健谨慎。大型国有、股份制银行的资金实力雄厚，IT 资源储备充足，通常配备专业的 IT 团队，技术实力雄厚，因而有实力

进行自主研发，把握科技创新。目前对于此类银行最常用的是双核心系统解决方案，即维持原有的核心系统不变，再新建一套现代化核心系统。传统的核心系统应用集中式架构，保证稳定性、安全性及准确性；现代化核心基于云底座应用容器化、微服务等技术，应对交易高频、并发性高的业务挑战，提供敏捷、快速迭代、弹性伸缩等能力。同时，在保证系统整体稳定运行的前提下，传统核心将逐步向现代化核心演进，满足快速创新的现代化需求。

**城商行、农商行、民营银行等银行体量小，核心系统落地方案灵活。**国内城商行、农商银行等中小型银行的核心系统多是大数据集中时代建设的，上线投产至今已有十余年，其核心系统建设通常跟随业界领先实践，结合自身需求与业内成熟方案开展：应用架构基本遵循集中式架构，业务处理层既需处理后台联机业务，又需承担银行帐务处理；基础架构层根据业务负载的不同，一般会选择 IBM 的大型机、中型机、小型机等物理机模式；数据库层基本采用成熟度较高的关系型数据库，如 DB2、Oracle 和 Infomix 等。城商行及农商行的 IT 规划能力及建设能力相对较弱，通常需要借助外部咨询公司对核心系统进行规划设计，且多数依赖外部资源对其核心系统进行开发和维护。此外，中小型银行网点相对较少、零售业务更为发达，更适合架构灵活、产品化程度高的核心系统。网商银行、微众银行这类民营互联网银行的情况又有不同，互联网银行从建设之初就基于云环境之上，本身具备云化基因，此类数字化程度较高、产研能力较强的银行通常采取自主研发的形式开展深度数字化改造，核心系统建设方案更为灵活。

## 2. 现代化金融核心系统建设方法论

### 2.1. 现代化金融核心系统建设要点

银行业核心系统转型已成必然趋势，现代化金融核心系统建设需重点关注稳定为先、敏捷高效、安全可信、信创改造、创新发展五大要点。

**稳定为先。**银行业作为关系到国计民生的重点行业，服务于亿万用户。核心系统作为银行最重要的业务系统，其一举一动将直接传导给用户，稳定是银行核心系统建设的第一要务。首先，在开展核心系统优化改造前，需要结合实际情况设计合适的方案，并充分论证方案的合理性与可落地性。其次，在优化改造开展过程中，需要遵循小步快跑稳步前行原则，进行完备的验证工作保障稳定性，同时积极做好预案，尽量缩小风险的影响范围。最后，在完成阶段性优化改造后，需要持续监测核心系统的运行情况以及与其他系统的兼容情况，持续开展优化工作。

**敏捷高效。**市场环境变幻莫测、用户需求日新月异、技术手段持续迭代，如何以变应变保持高速发展，是银行业必须面对的重大议题。在数字时代严峻的挑战下，敏捷无疑是应对高频变化的破局之道。银行业需要充分把握市场机遇，秉承数字化发展思维、运用先进数字生产工具缩短从洞察需求到落地实践的时间，快速满足用户需求，加强与用户的连接，以快制胜，以高效促增长。

**安全可信。**安全可信是银行核心系统长久运转的坚实后盾，是建

设过程中不容忽视的关键领域，建设过程中需考察以下三个要点：一是正本清源，从源头处做好筛选与控制，保障全供应链各环节的安全，尽量避免风险的引入；二是防微杜渐，构建完善的安全防御机制，洞察潜在风险，预防并阻断可控范围内的安全问题；三是查漏补缺，完善安全保障制度，加强人员与组织管理，强化安全运营与安全治理。

**信创改造。**传统银行 IT 系统中 IBM、Oracle、EMC 等国外厂商产品的占比极高，且已成熟运转多年。然而在国际形势的影响下，我国正面临严峻的技术封锁挑战，各高科技领域存在极大的断供风险。为保障核心系统的可持续发展，银行业必须贯彻落实全面信创改造战略，逐步减少甚至摆脱对国外技术产品的依赖，扫清后顾之忧。

**创新发展。**谋创新就是谋未来，银行业应该居安思危稳中求进，重视新技术新理念带来的发展机遇，积极布局创新领域，开展新技术预研工作，持续跟进技术生态的演进。同时，立足自身诉求，探索新技术与业务场景的创新融合，在保障稳定的前提下开展小规模试点，并逐步推进大范围落地推广，充分拥抱创新带来的高质量增长红利。

## 2.2. 现代化金融核心系统建设思路

结合上述建设要点和国内外行业实践，现代化金融核心系统的建设可划分为如下 4 个阶段，即：现状分析和方案规划、云平台建设与验收、核心系统建设与投产、持续运维运营。

- **现状分析和方案规划：**厘清现状，明确新核心系统的战略目标和整体架构设计，针对性的选择路径策略，确定采购集成规划；

- **云平台建设与验收：**采购、建设云平台基础设施、数据库、中间件服务，根据建设目标进行性能、容量及云管验收；
- **核心系统建设与投产：**采购及开发核心系统组件并集成，按照架构设计目标采用容器化、单元化及容灾架构部署，通过测试演练后割接投产，并开展一段时间的重点保障，确保核心业务在生产环境达到稳定性和可靠性目标；
- **持续运维运营：**持续完善和优化运维工具体系和流程，通过全景监控平台建设，流程规范和定期的安全、容灾演练，保证生产环境持续平稳运行。

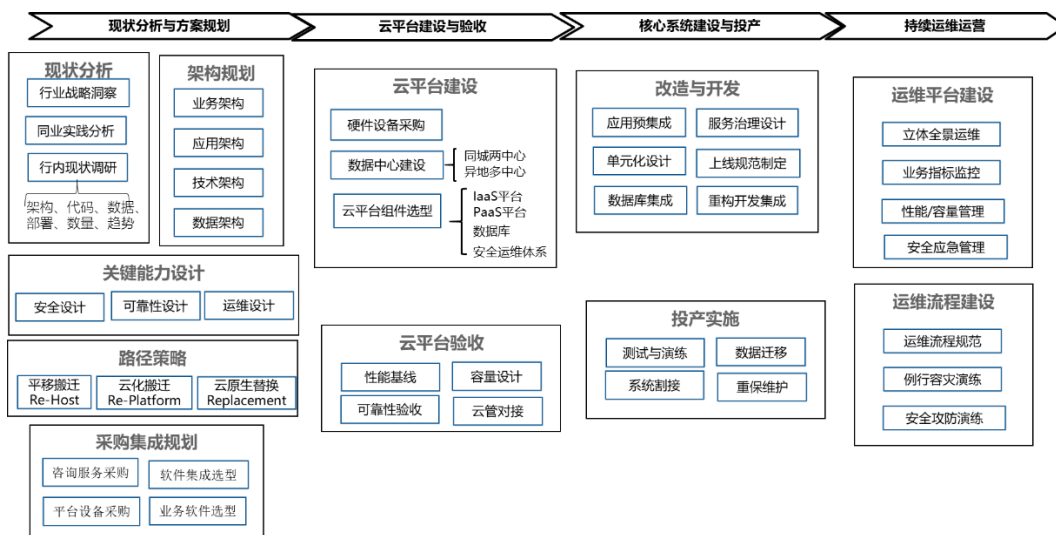


图 1 现代化核心系统建设阶段图

此外，要认识到核心系统转型不仅仅是更新或者替换核心系统，更需要系统架构层面的重构和业务流的重组。可能会涉及到：

- 新建或改变银行业务流程或规则制度，以适应新的银行业态发展和系统架构变化，整合银行内不同部门的业务需求；
- 采用新的 IT 技术、架构方法，对原有系统的模块划分、部署、

交互、管理和运维等进行全面重构；

- 提升数据质量、丰富数据模型、打破数据边界和保证数据安全，制定新的数据标准，满足精细化管理、考核和数智融合的要求；
- 采用新的硬件和平台技术，从成本和性能考虑进行平台的迁移；

对于核心系统的建设目标，要构建层次化的评估模型，从不同层面进行评估和规划：

- 战略层面：是否对银行业务的战略发展和运营模式提供有力支持；
- 业务层面：是否对业务的服务能力提供更高效的支持；
- 技术层面：是否对核心系统的架构和技术转型升级。

	层次	评估维度	评估项
评估要点	战略层面	对战略发展与运营模式的支持	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 对银行业务战略的支持</li> <li>• 对组织和经营模式的支持</li> <li>• 对业务的快速响应的支持</li> </ul>
	业务层面	对业务服务能力的支持	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 对以客户为中心的服务能力的支持</li> <li>• 对支持业务处理能力的支持</li> <li>• 对产品创新与快速部署的支持</li> <li>• 对多渠道交付能力的支持</li> </ul>
		对业务管理能力的支持	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 对基础运营管理能力的支持</li> <li>• 对财务核算与分析能力的支持</li> <li>• 对风险管理计量数据的支持</li> </ul>
	技术层面	系统架构能力	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 应用架构</li> <li>• 数据架构</li> <li>• 技术架构</li> </ul>
		系统技术指标	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 系统运行效率</li> <li>• 高可用性</li> <li>• 业务连续性</li> <li>• 安全管控</li> </ul>

图 1 核心系统层次化评估模型

核心系统的建设、使用和运维等环节涉及到诸多部门，包括：研发、业务及系统平台等，需要针对人员技能满足度、可获得性和组织

流程的配合度等方面做好规划和及时调整。

### 2.3. 现代化金融核心系统建设误区与难点

近十多年来，金融机构出于各自不同的起点、监管要求和业务目标，都走在现代化核心系统转型和建设道路中，有些起步较早，比如国有大行，已经处于深度实践和成熟推广阶段，而有些起步较晚，尚处于同业调研和探索阶段。在现代化核心系统建设和转型实践过程中，银行业面临三大误区及两大难点：

- **误区 1：盲目追求新技术架构**

照搬同业建设经验，追求采用新技术架构，造成技术复杂度提升或投资浪费。例如：分布式数据库是基于分布式、存算分离等新技术架构的方案，适用于业务规模大、数据容量和查询处理性能要求高的场景，而对于稳态及数据容量要求不高（比如：小于 6T）的业务，采用数据库主备分组的高可用方案，可以显著降低部署和运维成本及技术复杂度。同样，在高可用部署架构的选择方面，不同规模和类别的银行，应当采用符合监管要求和实际需要的部署架构，对区域性或规模较小的银行可以采用同城双中心容灾方案，是否采用“两地三中心”或“三地五中心”等跨地域的容灾方案，需要根据自身业务的实际需要综合评估。

- **误区 2：过多重视分层解耦而对软硬协同优化接受度低**

出于自主可控和避免厂商锁定的考虑，银行对于不同厂商的技术方案都提出了分层解耦的要求。但在当前自主可控和国产化要求的新

形势下，特别是高制程高性能芯片技术供应受限的条件下，国产厂商要达到同等甚至更高的性能要求，主动采取了架构创新或软硬协同的垂直整合方案，这是符合现代产业技术发展规律的做法，即：产业技术在“水平分层”和“垂直整合”的两个方向的钟摆过程中以“Clock Speed”演进。垂直整合出现在关键技术创新蓬勃发展的阶段，是通过更高的技术门槛进行产业创新，这也同样有助于推进金融行业的技术和业务创新。因而，在能够保证业务连续性和合理性价比的前提下，不应当片面追求软硬分层解耦，把国产化软硬垂直整合和协同优化方案拒之门外。

- **误区 3：忽视分布式架构的复杂度和规模带来的运维管理成本增长**

传统集中式主机架构，因为厂商技术垄断，存在硬件采购和算力扩展成本高的问题。但要提供同等业务容量和处理性能，分布式服务器的节点数量会增长几十倍，并且需要通过数据中心网络进行互联，普通商用服务器和网络设备的可靠性远低于主机，再叠加上规模的乘数效应，必须引入冗余、容错、纠错和一致性保障等技术来应对。这些都需要配套的人员和技能要求，由此带来的成本投入常常在建设规划和实施阶段被忽视，造成后期运维成本投入不足或滞后，影响到投产后的安全运营。

- **难点 1：组织流程与云原生技术架构不匹配**

尽管金融机构在云计算和自动化方面进行了大量投资，但研发部门、数据中心和运维部门大多保留了传统的组织结构。团队按照技术

能力划分，比如：网络部门、基础平台部门、中间件 PaaS 部门及数据库管理 DBA 部门。

然而，系统变更流程通常会涉及多个团队。例如“中间件”团队负责更改应用服务配置，但无法访问底层操作系统配置，这属于“基础平台”团队的职责，而数据库变更必须由 DBA 团队进行，网络变更必须通过网络团队完成。变更过程复杂，效率难以提升。同样，生产环境的问题定位也会因为团队职能和权限限制，缺乏以业务为核心的端到端关联分析视图，需要经过多轮的监控信息交换和对照才能缩小范围，最终形成定位结论。

显然这与云原生快速迭代的技术理念不一致，每个团队部门有各自的责任边界，内部的效率能够有效提升，但端到端的功能和效率却无人负责。由于部门鸿沟，难免出现责任盲区或多头管理造成的一致，将导致内部质量下降，比如：环境和配置设置不一致，增加了变更的风险，各团队都变得更加谨慎，改进工作也会变得更加困难，整体效率难以提升。这不是某个部门或流程执行的问题，需要对组织结构和流程进行整体调整，只有组织流程与云原生技术架构一致，符合康威定律，才能真正获得架构演进带来的收益。

## ● 难点 2：日益复杂的网络安全挑战亟需安全防护体系建设

互联网金融、移动支付、普惠金融等银行业务的兴起推动银行 IT 系统的开放化，同时也为系统的安全防护带来了巨大的挑战。客户、业务伙伴、同业都可通过不同的渠道、设备、网络接入到银行 IT 系统，端-边-云任何环节上的漏洞都可能导致入侵成功或数据泄露，而

开放银行、超级应用模糊了金融机构和第三方机构间的界限，合规责任难以界定。当前金融行业成为勒索攻击的 Top1，攻击次数/金额激增，促使金融行业和监管机构对数据安全更加重视，对安全监管趋向严格。《金融行业网络安全等级保护实施指引》等行业标准，为银行提供了框架性和规范化的指导，但安全防护涉及的组织人员、业务、技术范围极其广泛，需要构建完善的安全组织体系、安全技术体系和安全管理体系。这对整个银行业都有极大难度，即使是具有丰富资源和安全经验的国有大行，面对新业务模式、分布式技术栈、异构基础设施和大规模多模数据，仅基于传统的安全体系和历史经验也难以应对，需要构建“纵深防御”模型、“零信任”安全架构和“安全左移”的研发流程来解决。这对跨域、跨技术栈协同，全链路（边界、网络、应用、服务器、存储）、多厂商方案协同、全生命周期覆盖都提出了极高的要求，实施难度大，需要持续的和迭代增强。

### 3. 云原生金融核心系统架构

#### 3.1. 银行核心系统云原生演进路径

我国银行 IT 信息化建设经过 40 多年发展,从无到有,从小到大,逐步建立起独立自主、开放创新的科技体系。而银行业的整体 IT 蓝图中,核心系统是负责处理和管理核心账务交易的系统,是银行机构 IT 整体架构中最为关键的组成部分之一,所以银行业核心系统必须具备高可靠性和支持高并发处理的能力。

银行核心系统的传统架构是基于 IOE 技术的集中式架构,该架构是以 IBM 小型机、Oracle 数据库和 EMC 存储阵列组成,采用 SOA 架构建立交易总线 and 数据总线,建立电子银行、开放银行和交易银行,实现更加开放的技术路线,使金融业务融入到交易场景中。

随着数字化时代的到来,移动应用全面普及,电子支付、数字人民币等新兴服务模式改变了公众的生活方式,对比传统银行渠道交易产生出更多的用户交易和行为数据,从海量的线下扫码支付交易,到保存用户选购理财产品的浏览记录,再到收集信用卡生活场景的用户消费评价,传统架构下的核心系统在应对海量客户数据处理时,普遍缺乏弹性伸缩的能力,也难以应对来自互联网海量客户和交易的挑战,成为制约大规模业务发展的瓶颈。而“云原生”概念和分布式技术的出现,正好满足了银行核心系统技术架构全面转变的迫切要求,也契合金融机构全面升级改造核心系统、推动数字化转型的发展需要。所以银行核心系统正逐步向着分布式架构转型。

分布式架构在应用架构层面呈现出最显著的特点，就是应用微服务化改造；建设共享服务中心；业务应用乐高式搭建。而在其基础架构层面则呈现出两大特点：一是采用通用服务器建设云计算平台，横向扩展服务器提升算力；二是业务应用采用云原生架构部署，不再直接依赖于传统虚拟化技术或裸金属部署。

分布式、微服务、敏捷化开发等，是分布式架构体系的重要组成部分，是满足银行在数字化时代，为普通用户提供灵活多变的金融服务能力的基石。通过抽取金融业务办理过程中的公共服务形成多个共享能力中心，每个中心包含多个微服务模块，模块和模块间进行业务解耦。

参照下图应用迁移上云路径 6R 模型，银行需要根据整体和具体的业务现状，选择不同的路径策略，主要采用：

1. “ReHost” 平移搬迁：应用不做改造，直接平移到新的基础设施，依赖新运行平台上提供与主机兼容的运行环境，并能够提供基本的弹性和服务化能力；

2. “Re-Platform” 云化搬迁：切换到云平台，对核心代码逻辑中依赖主机中间件和数据库的部分进行改造，适配到云平台中间件、云数据库等，但核心系统的整体架构保持不变；

3. “Re-Architecture & Replace”：采用容器、微服务、单元化等云原生架构，重构或重新开发新的核心系统，完全替换掉原有的传统核心或直接使用新的云原生核心系统。

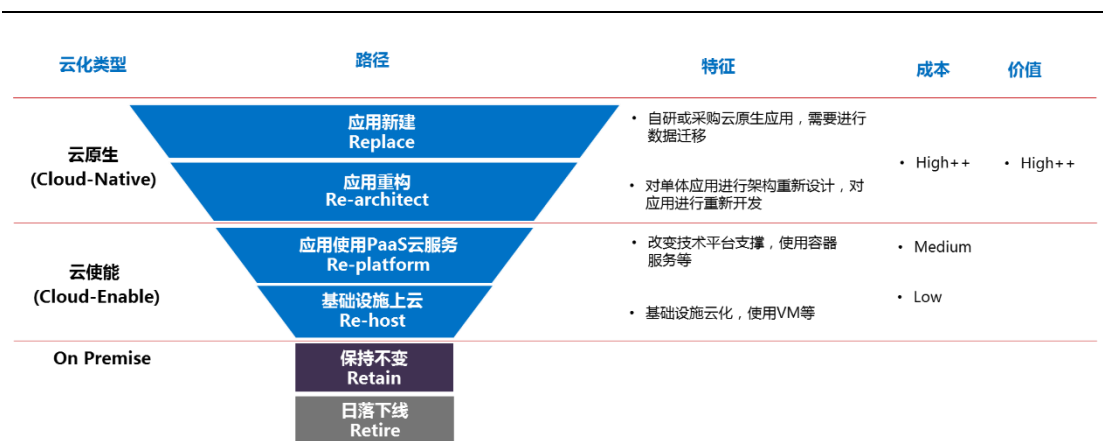


图 2 应用迁移上云路径 6R 模型

### 3.2. 现代化金融核心系统云原生架构

互联网、普惠金融以及产融结合等新业态下的现代化银行业务，对银行 IT 系统，尤其是核心系统提出了更高的架构能力要求。而云原生基础设施的敏捷弹性、高可用、容灾能力，云原生分布式中间件的规模扩展和一致性保证能力以及云原生运维体系的可视化和故障恢复能力，为核心系统提供一整套架构解决方案。

下图是一个典型的云原生银行 IT 系统参考架构，云原生银行核心仍然是现代化银行业务系统的“心脏”，处于承上启下的位置，它充分利用了云原生技术和架构优势，极大的提升了银行的业务创新效率，以更低的建设和运维成本，承载更复杂、更大规模、更多变的业务，是构建银行领先竞争力的关键。

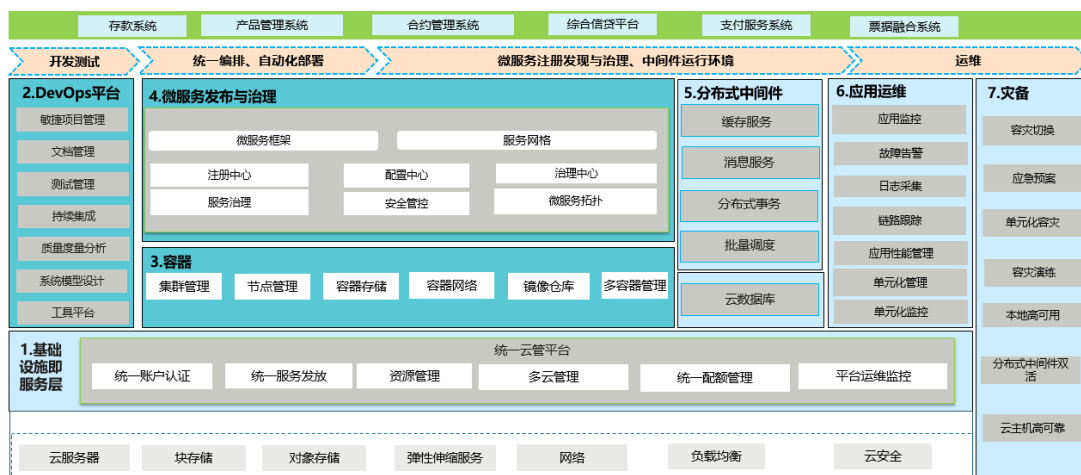


图3 云原生银行 IT 系统参考架构

基础设施分布式云化，将企业从资源运维中解放出来，更聚焦业务的发展；DevOps 平台提供线上开发环境、沙箱测试环境和商用部署环境，通过自动流水线持续部署，打通开发、测试、商用环境，并保证相关流程中的安全；容器化的应用系统和传统架构下的应用系统，使用微服务中台化理念进行应用设计，实现业务模块共享，产品高效开发和上线，构建多地多活容灾体系，提升了应用高可用能力。

### 3.3. 云原生金融核心系统技术架构

针对银行核心系统对可靠性、一致性、扩展性和安全性等方面的技术要求，云原生技术体系在架构、生态和基础设施等方面提供了完备的现代化解决方案。在具体的工艺实施中，需要综合运用不同层面的云原生技术，选择适合的技术方案承载。

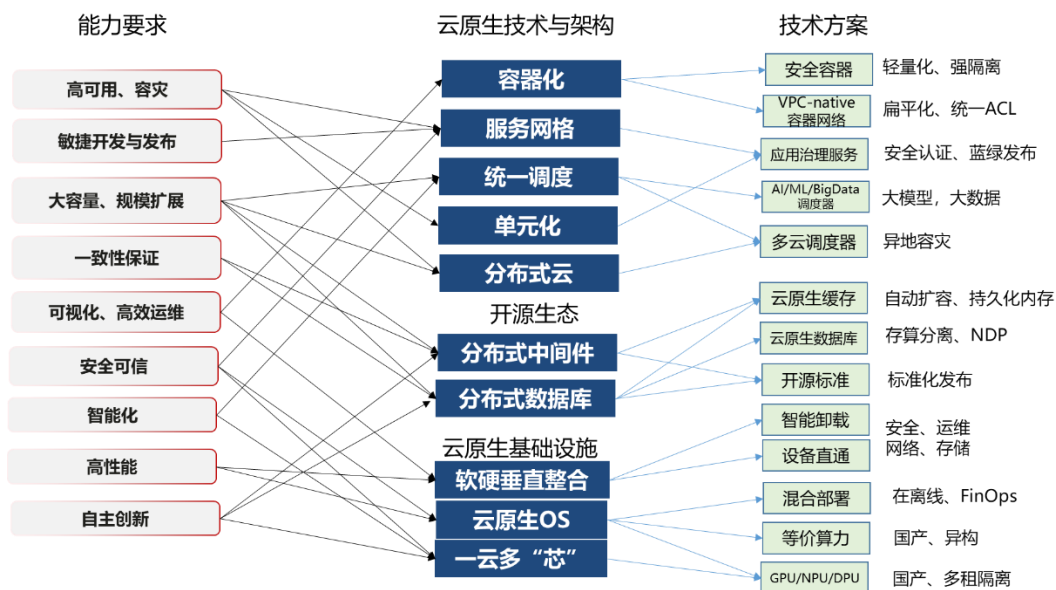


图 4 云原生工艺实施技术方案

以下从三个层面对云原生的技术架构、生态和基础设施中的几个关键技术架构进行说明：

### • 单元化及分布式云架构

以容器微服务平台为基础，通过跨地域的多 Region 多 AZ 多活可扩展的分布式云部署模式，构建高可用的异地容灾能力。云化基础设施在业务达到一定规模后，为避免系统性故障导致整体性的业务宕机，需要进行单元化切分，将业务按照某种维度划分为多个业务单元。单元内部包含了业务所需的所有服务，能独立处理完整的业务流程。“单元”作为一个相对独立的整体进行业务开展和保护，比如一个具备 4000 万用户的中型银行，可以按照不同的省份或者卡号范围划分，以 800 万用户为一个处理单元，可切分出多个单元在多个 AZ 进行部署。每个单元具备完整的业务系统、应用系统和计算、网络、存储等硬件系统，与其他单元资源完全隔离，互不影响。部署在不同 AZ 内的业

务单元同时运行业务。共同承载 800 万用户的访问。当用户访问时，系统选择匹配的路由，由其中一个单元承担业务处理；处理后的数据复制到其他 AZ，确保本 AZ 故障后，其他业务单元立即可承担业务处理。

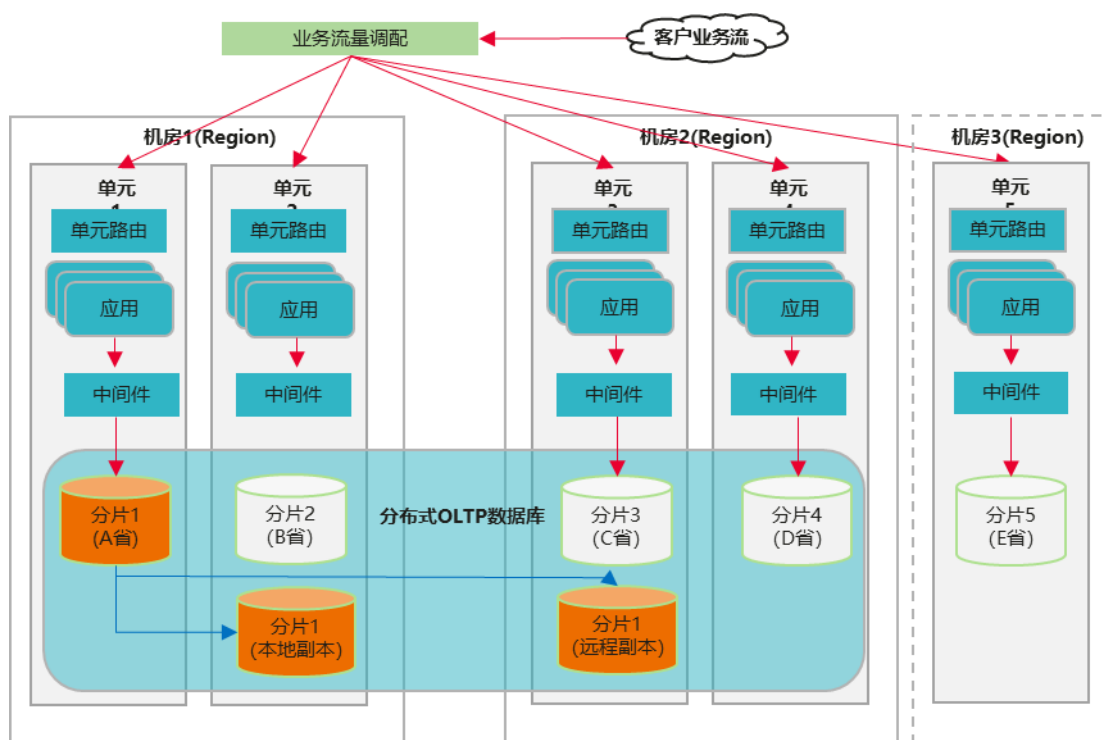


图 5 分布式云部署模式

## • 开源生态与标准

开源分布式中间件（Kafka/Nginx/Redis 等）和分布式数据库（MySQL/PostgreSQL 等）的成熟，是分布式架构在关键业务领域规模商用的关键推动力。随着云原生技术与开源生态的逐步结合，催生了一批基于 K8S 生态，针对开源中间件、数据库等复杂、有状态工作负载的打包、部署、管理和运维等各阶段的开源项目，涉及制品标准、生命周期管理、自动化部署和配置模型标准化等，使用较为广泛的有：Helm、Operator-Framework、Kappital、KubeVela 等。

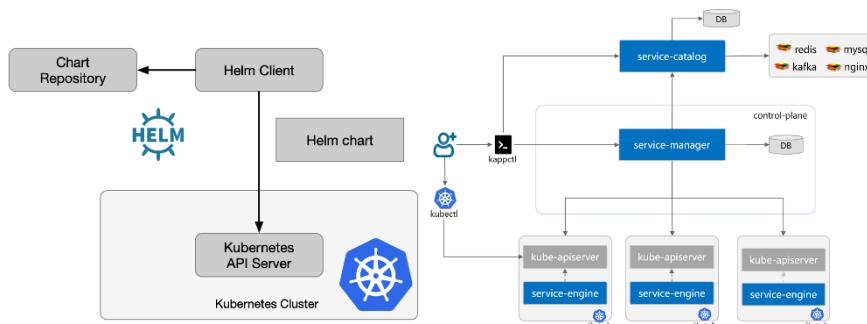


图 7 Helm 与 Kapptial 架构

从当前的技术和发展来看，业界和社区的重点在于标准化构建和自动化部署。随着云原生技术更加成熟，云原生进入到“以应用为中心”的 2.0 时代，云原生应用也有了新的变化和挑战：

1. 云原生技术深入到各行业中，促使云原生应用的种类越来越多。从最初的 Web 应用、中间件应用，到如今的 Serverless 应用、大数据 AI 应用等。与此同时，应用还面临公有场景、边缘场景、本地场景等不同环境。开发者面临大量应用开发和构建工作。如何实现应用的高效打包和管理，为企业提供高质量的应用，将是下一阶段的发力点。

2. 应用开发和使用产生了供给关系：以前开发者聚焦于开发和部署应用。如今随着云原生应用越来越多，社区开发者向社区贡献众多开源应用，成为了应用的开发者。而另一部分的开发者从开源社区获取应用，成为了应用的使用者。这种应用供需关系将越来越多，将给应用的双方带来挑战，例如应用的开发者如何描述应用的能力以便向社区推广，使用者如何准确获取符合自身诉求的应用。

因此，我们认为云原生应用的未来将进入云原生服务生态中。在这个服务生态链中，应用将以云原生服务的方式呈现，而应用开发

者将会成为服务提供者，通过发布云原生服务，向社区提供多种多样的产品能力。使用者将会成为服务使用者，通过社区获取相关服务，缩减开发周期，实现自身业务发展。

云原生服务生态是应用蓬勃发展的必然结果，同时也是促进应用落地的最佳方式。同时我们看到社区中尚未有服务生态的规范和标准，缺少如何构建、发布云原生服务，以及对云原生服务统一管理的载体。“云原生服务规范”应运而生，它指导开发者如何构建、发布和管理云原生服务，并且围绕云原生服务，提供服务的“全生命周期管理”。通过服务规范和全生命周期管理，帮助用户高效发布和管理云原生服务，打造云原生的服务生态。基于此规范构建出来的云原生应用，能被 **kappital** 等开源云原生服务平台进行管理，简化企业的运维。



图 8 云原生服务规范

云原生服务规范包含以下 8 个方面：

1. 架构准则：镜像支持 OCI 规范，应用支持微服务化。
2. 部署方式：包括非托管方式部署（如 web 应用），托管方式部署（如 RDS、数据库应用）。
3. 运营管理规范：描述应用的计量、计费等运营策略。
4. 运维管理规范：描述应用的监控指标、日志审计及日志管理等相关运维。

5. 多租认证规范: 描述应用支持逻辑多租、物理多租的认证方式。
6. 服务 API 接入规范: 描述应用的 API 接入及暴露规范。
7. 公共能力使用规范: 描述应用使用第三方服务或者公共能力的规范, 例如第三方数据库、缓存服务、消息服务等。
8. 安全可信规范: 描述应用的安全、韧性和隐私保护

## • 云原生基础设施

传统以“资源”为中心的基础设施云服务（IaaS），是基于虚拟化技术将硬件资源池化管理，按需发放特定规格的计算、存储和网络资源。而现代化应用和中间件对资源的发放速度、规格粒度、QoS 保障、地理位置、隔离性和使用成本等都提出了极高的要求，这是传统 IaaS 服务无法满足的。基于新的数据中心架构、软硬协同和云原生架构技术，以“应用”为中心的云原生基础设施服务应运而生，这改变了基础设施的资源供应模式，能够根据现代化应用的需求特征，提供具备调度、弹性、网络、安全隔离和多云容灾等关键能力的基础设施底座。



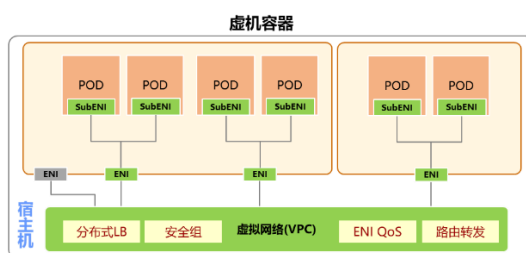
图 9 应用现代化依赖基础设施的关键能力

中大型银行机构通常按照总行、分行、网点等对基础设施资源和业务进行层次划分，是典型的分布式云架构。跨地域的数据中心（包含异构硬件）资源通过云原生技术平台统一管控，基于内置的调度、云原生网络、服务编排治理和边云协同等技术为不同业务场景提供解决方案，例如：面向高性能稳态业务的裸金属容器方案，面向网点和总行核心协同的云边方案等。



图 10 云原生基础设施

出于不同的性能和成本要求，可以采用虚拟机节点或裸金属服务器部署业务容器。下图是两种典型的容器组网方案：在虚拟机节点可以采用 subeni（辅助弹性网卡）为容器提供高密度（256+）具有 VPC IP 地址和安全组能力的网口，而裸金属节点上可以采用 SR-IO VF 直通的 ENI（弹性网卡）作为容器网口，支持网络 QoS 和零损耗转发能力。统一的扁平网络模型使容器成为 VPC 内的一等公民，具有完全的路由互通和网络 ACL 能力。



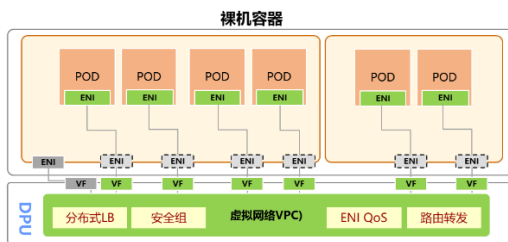


图 11 容器组网方案

对于不同类别的业务负载，比如：微服务、批量计算、边缘计算等，可以采用容器集群、Serverless 容器或边缘容器等不同的部署和运行环境，对容器运行时的资源开销、隔离性和启动性能的要求也有所不同。如下图所示，容器运行时分为 High-level(CRI)和 Low-Level（OCI）层，在开源社区中也有多种实现方案，通过运行时沙箱（Sandbox API）接口可以对接多种隔离技术的沙箱，比如：MicroVM 类，App Kernel 类、Wasm 类及机密容器类，具有不同的安全隔离、性能开销和硬件支持能力。



图 12 容器运行时架构

面向客户在线交易的微服务类业务具有明显的周期性潮汐效应，比如交易时段和非交易时段，服务的响应性能（Latency）直接影响到客户体验；而批量计算类业务，资源消耗量大，实时性要求不高，不影响外部客户体验。这为云原生基础设施通过统一业务调度、资源供

应和 QoS 保障能力提升资源效率，降低服务成本提供了机遇。离线业务“混合部署”技术，通过将节点层 OS 内核的优先级、抢占调度、性能隔离等技术，与集群（联邦）层的统一任务调度和资源协调技术相配合，达到将基础设施资源利用率大幅提升（CPU 平均使用率提升到 40-50%+）的同时，保证业务质量不下降，甚至有提升。



近年来，处理器芯片技术蓬勃发展，国内外芯片厂商提供了越来越多的处理器架构和代际选择，比如：基于 ARM 架构的鲲鹏、飞腾，基于 X86 架构的海光等。在银行云数据中心的建设中，出于业务连续性和监管要求的考虑，采用异构服务器的“一云多芯”云数据中心成为常态。多厂商的 ARM、x86 架构处理器在指令集、核心数、生产工艺等方面均有所不同，性能有显著差异，这对业务的统一调度和集群的运维管理带来了很高的复杂度。

异构资源算力难以统一对齐

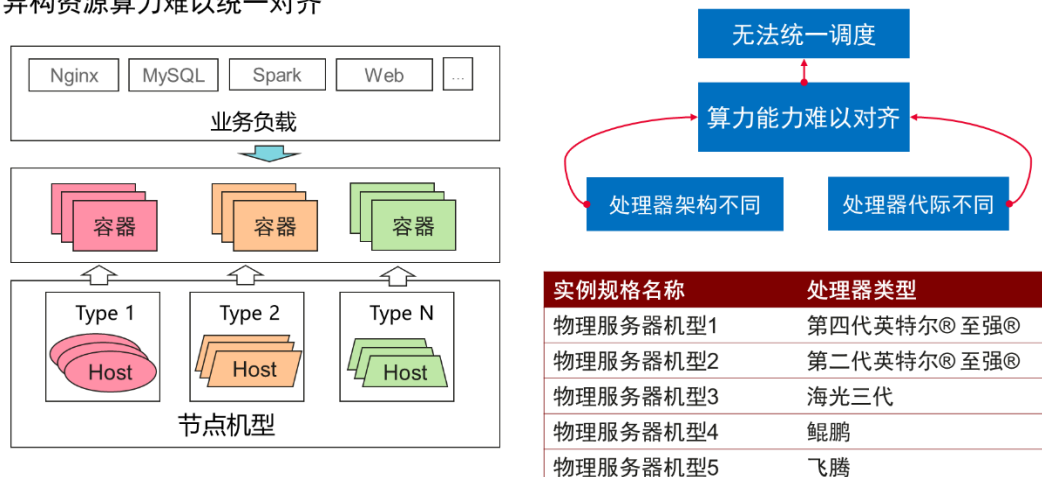


图 14 异构资源的劣势

算力差别可通过等价算力来刻画，按层次划分为：规格算力、有效算力和业务算力（见下表）。其中，规格算力的通用性最强，有效算力对特定负载类型更具针对性，业务算力更加贴近真实的应用场景，但由于负载和应用的多样性，有效算力、业务算力需要综合实际的上下游组件进行测算，复杂度高而适应性低。实际的业务分类测试体现：绝大多数业务通过等价算力系数即可满足统一调度的要求。领先厂商的云原生基础设施，通过算力抽象、算力转换、算力补偿以及微架构感知和算力统计等一系列技术，屏蔽了异构算力差异，与“混合部署”“等降本增效方案兼容并存，为上层业务提供统一高效的异构算力调度能力。

表 1 算力量化技术

类型	定义	测量对象	测量工具
规格算力	从服务器系统资源层度量得到算力性能	处理器、内存、存储和网络IO等	DhryStone benchmark、SPEC CPU、UnixBench
有效算力	针对特定的任务测量得到的实际处理性能	特定任务，比如中间件的并发、吞吐等指标量化测算	Redis-Benchmark、Mysqlslap
业务算力	针对特定业务负载测试获得的整体处理性能	针对业务事务处理能力 TPS、响应时延等指标评估	Jmeter、wrk LoadRunner

## 4. 云原生银行核心系统行业实践

### 4.1 农业银行分布式新核心云原生实践

#### 4.1.1 农业银行分布式核心系统建设概况

面对业务爆发增长对核心系统的新挑战，在“打造自主可控新技术栈，提升业务连续性保障能力”的新形势要求下，农业银行按照“积极探索、搭建平台、试点推进、深入转型”的规划路线开展工程实施。

分布式核心系统基于云平台、分布式数据库技术底座，依托数据中台和全栈式技术中台，采用服务化的设计思想，抽象账务、合约、客户信息等公共基础服务，建设个人负债、公司业务、贷记卡等产品服务；对接 DevOps 工具链以实现应用持续集成、持续交付；对接全行生产运维平台以实现应用监、管、控、配联动；通过两地三中心单元化双活提升业务连续性水平；通过云安全架构体系建设支撑更高信息安全和网络安全要求，最终将在开放平台建成采用分布式、微服务、容器化技术架构的分布式核心系统群。

#### 4.1.2 农业银行信用卡分布式核心系统建设

信用卡是农业银行核心系统的重要模块之一，在分布式核心系统建设整体框架下，信用卡分布式核心系统建设于 2020 年 9 月启动，2022 年 10 月完成全量功能投产，2023 年 4 月完成亿级客户规模的数据迁移和流量切换。信用卡是农业银行分布式核心系统首个完成下移

的高敏感、高并发大型应用，具有代表性的意义。

信用卡核心系统面对近年来信用卡业务的快速发展，叠加客户、同业、风险等多方面因素的发展变化，系统的服务能力面临多种挑战：一方面是传统的集中式系统架构因缺乏快速有效的横向扩容能力，单体规模过于庞大，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；另一方面是信用卡业务呈现渠道线上化、产品多元化的趋势，原有的业务架构底层设计难以满足场景额度、灵活计价等方面的新需求。

在架构转型的过程中同样面临着多项技术挑战：在基础设施方面，基于大型主机的集中式架构难以满足全新技术栈和业务创新需要；在架构设计方面，分布式微服务架构增加了设计、研发、运维的复杂度；在服务能力方面，核心系统对业务连续性和事务一致性有极高的要求，并要求支持海量高并发的交易场景；在系统关联方面，信用卡系统与其他核心系统、众多外围系统间存在紧密的交互关系，内外部关联影响复杂。

农业银行构建了跨部门、跨专业、跨领域的分布式核心工程团队，重点对设计开发、技术支持、运维保障等方面进行统筹协调和集中攻坚。信用卡分布式核心系统在实施路径上综合评估业务需求迫切度和技术实施可行性，选择了技术架构升级与应用重构并行的方案；在技术方案上基于农业银行分布式核心技术栈，结合信用卡业务特点，开展了各项专题攻关工作。

**一是基础设施与技术栈全面替换，为业务快速发展提供能力保障。**

信用卡分布式核心系统由基于大型机、封闭式中间件的架构，转向基于“云平台+分布式数据库”的技术路线，构建高性能、高可用、易扩展的分布式核心信用卡系统，大幅度提升横向扩缩容能力和容灾能力，针对当前新型业务的瞬时高并发、大数据量、产品创新及市场活跃快速迭代等特点实现有效支撑。通过云原生容器环境，构建了安全稳定运行的云平台，实现了应用全面上云；利用分布式数据库，提升灵活扩展能力，可以满足大容量、高并发和突发峰值场景的需求，为亿级客户的经营与管理提供安全稳定的数据服务支撑。

**二是基于微服务的应用架构转型，提供更好的业务能力支撑。**将原有的集中式单体化应用逐步按照业务模块进行拆解，根据交易类型细分成多个微服务，形成了高内聚、低耦合、规模适中的独立功能模块，将原有集中式架构逐步拆解，实现了应用架构解耦。通过明确模块功能和微服务边界，各模块独立开发提高交付效率，独立运行提高系统健壮性，独立扩展提升弹性扩缩容能力。有效提升应用自动部署与持续交付能力，更好地融入了 DevOps 流水线体系，使研发、测试、投产部署、运维管控等形成了一键式的体系化、流程化贯通，能够更加敏捷高效安全的快速迭代和持续交付。

**三是单元化分布式数据架构，构建面向客户的高可用数据服务能力，提升容灾水平。**信用卡分布式核心建设中，采用分区多活架构设计，数据采用单元化多分片形式，通过分布式数据库支撑了上层微服务应用单元化能力。

数据分布上，信用卡采用一主多副本方式部署，在数据全生命周

期管理方面，形成了在线、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，夯实以客户为中心的多级数据服务基石。

应用部署上，将重要业务和其对应的系统横向切分为若干单元，每个单元都具备全量服务能力。在容灾能力上，构建了“同城双活+异地灾备”的容灾体系，提供了灰度发布和快速故障隔离能力，实现故障情况下应急切换，重要数据有备份，重要业务不中断，有力保证业务连续性。

**四是分布式事务解决方案，保证业务流程合规和资金安全。**针对信用卡多样化的交易场景，设计满足信用卡特色的分布式事务处理方案，为账务等具备数据强一致性要求的业务场景提供高性能、一致性的事务保障。基于农业银行基础平台公共技术组件，以保障客户资金安全为出发点，逐场景、逐交易设计和编排分布式事务，切实提升事务一致性能力防控资金风险，保障信用卡交易的安全、稳定、高效。完善异常差错处理机制，打通跨服务、跨数据库、跨数据分片的流程断点，实现分布式异常差错信息的实时共享、业务集中处理、服务无缝对接，保障客户服务的及时性和账务处理的准确性，切实增强风险管控和自动化处置能力。

**五是提升一体化运营能力，保障安全生产。**构建运维能力成熟度模型，实现模型全自动化评级，全面衡量系统应用运维自动化水平，引导应用运维能力全面提升。围绕新技术底座，深度适配分布式核心新技术栈，提升分布式核心平台化运营能力，通过统一规划、专项匹

配方式，实现分布式核心平台化运营能力下沉，充分支撑分布式核心系统“监、控、管、配、析”一体化运营能力，保障分布式核心生产运行的稳定性。

目前，信用卡分布式核心系统运行平稳，联机交易性能同业可比，批量处理时长显著缩短，平稳支撑“双十一”等瞬时高并发场景运行，有力支持多项新型业务产品的发行。

#### 4.1.3 农业银行信用卡分布式核心系统未来展望

农业银行信用卡分布式核心系统在原有主机系统功能实现全产品、全场景、全渠道业务可覆盖及全兼容的基础上，对客户化、数字化、数字货币等市场和产品的发展趋势进行前瞻性架构设计及功能储备，构建了信用卡新一代额度架构、交易子账户体系、差异化定价体系等多种关键能力来满足未来业务与市场发展需求。未来，信用卡分布式核心系统将充分挖掘云原生架构的潜力，推进信用卡业务流程升级优化，使业务流程与分布式系统的原生能力相融合，更好的为业务发展赋能。

同时，在主机下移到分布式系统的架构变化下，IT 系统复杂度大幅上升。公共技术平台、云计算、分布式数据库等新技术底座，为分布式核心提供了统一、可复用的技术能力，实现高可用、高可靠、高性能的支撑，但另一方面也客观地将风险分散与扩大了，作为金融业的核心系统，保障系统的安全运行是科技工作的重中之重。农业银行将结合分布式系统运维实际，以生产运维平台提供的各项智能监控、

分析、处置能力为基础，结合 AI 学习能力，探索分布式核心系统智能化运维的新场景。

## 4.2 邮政储蓄银行分布式云原生架构和开源实践

面对数字化浪潮带来的快速变革，邮储银行在十四五规划明确了共享技术平台、智慧邮储大脑、开放共赢生态及极致用户体验四个关键领域，打造科技金融四横三纵金融科技能力。2022 年邮储银行基于单元化架构的新一代个金核心全量投产；对公核心完成平台验证；前端渠道业务的手机银行 8.0 投产。为了这些关键业务系统提供运行相匹配的高可靠、高可用、高性能、可服务的基础环境，邮储开展蓝图先行，自上而下进行顶层设计和资源规划：

**国芯规划：**全栈-全云服务-全应用的国芯支持，实现从芯片、操作系统、基础设施到 IaaS、PaaS 和应用层的全系列自主可控。

**安全合规：**满足金融行业的强网络安全管控要求，普通业务符合等三，核心业务符合等四，容器要符合行里的安全能力标准和实施规范。

**高可用性：**匹配业务场景要求的同城和异地容灾规划，故障下可快速熔断并及时切换恢复。以用户转账场景为例，单元化架构下转账数据要支撑跨中心的产品及方案设计，服务治理也要具备跨中心高可用设计。

**扩展性强：**平台在架构、规模、云服务、功能等充分发挥分布式架构特征，可快速、大规模灵活扩展。以平台为例，可为上层应用供

给各类商用或自研中间件。

可服务性：具备资源和应用维度的智能化运维、快速定障、根因分析以及故障恢复，在业务云化由单体变分布式后可获得原极简的服务能力。

其中在 2022 年 11 月全新推出新一代手机银行，新一代手机银行系统以客户为中心，以数据为驱动，不断丰富场景应用，为客户提供更安全、更便捷、更高效、更智能移动金融服务，为全行超 6 亿客户打造数字化智慧服务新体验。

新一代手机银行全面采用国产化的软硬件体系，在架构设计上摒弃了传统单体架构设计模式，采用分布式云原生架构，以 Docker+Kubernetes 为容器底座和麒麟/统信国产化操作系统，结合负载均衡、高性能网络等云原生能力承载容器化 4-7 层应用访问，运用领域设计理念对系统进行子域和限界上下文划分，梳理出清晰的微服务边界，形成可持续演进的分布式微服务架构体系。在技术架构上引入单元化设计思想提升系统弹性伸缩能力和高可用能力，一方面将各个微服务的数据和逻辑进行立体拆分，划分成更细粒度的服务单元，具备强大的水平扩展能力；另一方面一个单元出现故障不会影响其他单元运行，实现了单元粒度的高可用能力。

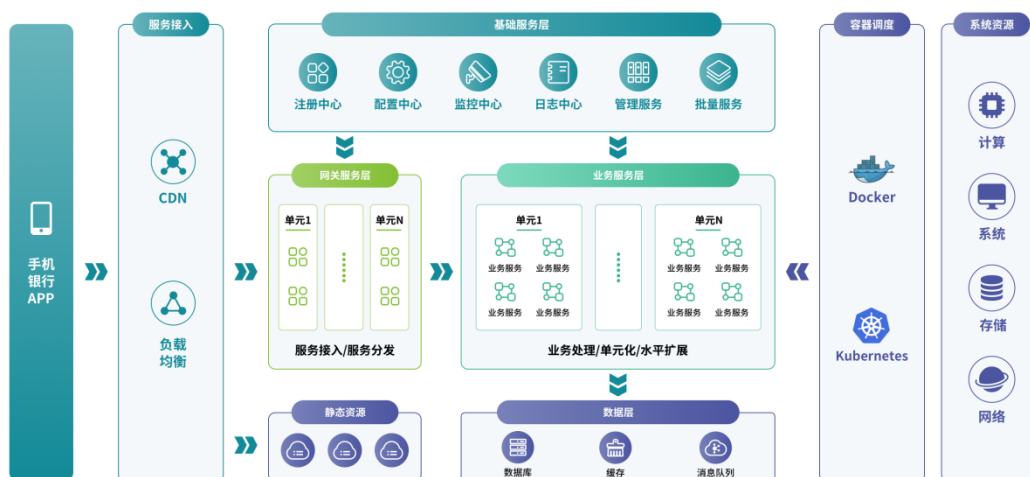


图 15 手机银行技术架构

在云原生建设方面，新一代手机银行以容器云平台为中心、云原生技术为基础，建立了统一代码基线、规范的依赖制品仓库和分离的构建、发布、运行流水线，消除了项目的部署环境差异，实现一键部署、快速复制、持续集成的目标。同时引入 DevOps 研发运维一体化工具让研发更专注于业务需求的交付，提升敏捷开发、快速迭代水平。

在基于云原生的系统设计与部署方面，新一代手机银行进行了基础组件、管理类任务、应用服务与配置的分离设计，叠加端口绑定、优雅启停等技术，实现微服务应用的无状态部署。借助云平台的服务状态感知、压力驱逐等特性，系统具备限流、扩缩容、降级、重启、回滚、切流等一系列的故障快速恢复能力。建设了高度自动化、智能伸缩的应用部署及运行平台，实现自动化、智能化运维，具备大规模集群调度能力，单中心服务节点高达上千个。

在运维监测方面，基于“无法度量，就无法管理”的理念，新一代手机银行系统围绕延迟、流量、错误和饱和四类指标标准，定制化

交易类、作业类、配置类、微服务类、中间件类和自身类六大类监控目标，共 50 余项核心指标，结合容器化监控组件，从多个视角监控服务状态，来感知和预知手机银行系统的运行状态，建立全景可观测的监控能力和智能化运维体系。从指标 (Metrics)、日志 (Logging)、跟踪 (Tracing) 三个数据维度提供了全链路监控能力和全链路问题快速发现能力。

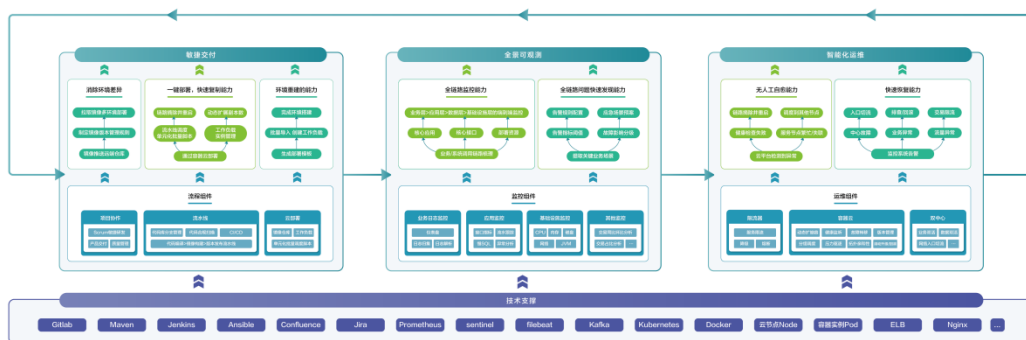


图 16 多维度监控关联

对于需要容器化运行环境的应用系统（以手机银行为例），容器资源要满足以上的设计要求和规范，不仅要考虑优秀架构和功能丰富的容器组件引入，也要在部署上按行里的业务要求进行容灾规划，并基于行里的运维规范进行 API 的封闭和对接；同时在分布式云边缘设计、全局的可观测性、灰度发布能力、云原生市场、容器安全等能力进行完整的平台功能规划设计和分阶落地。

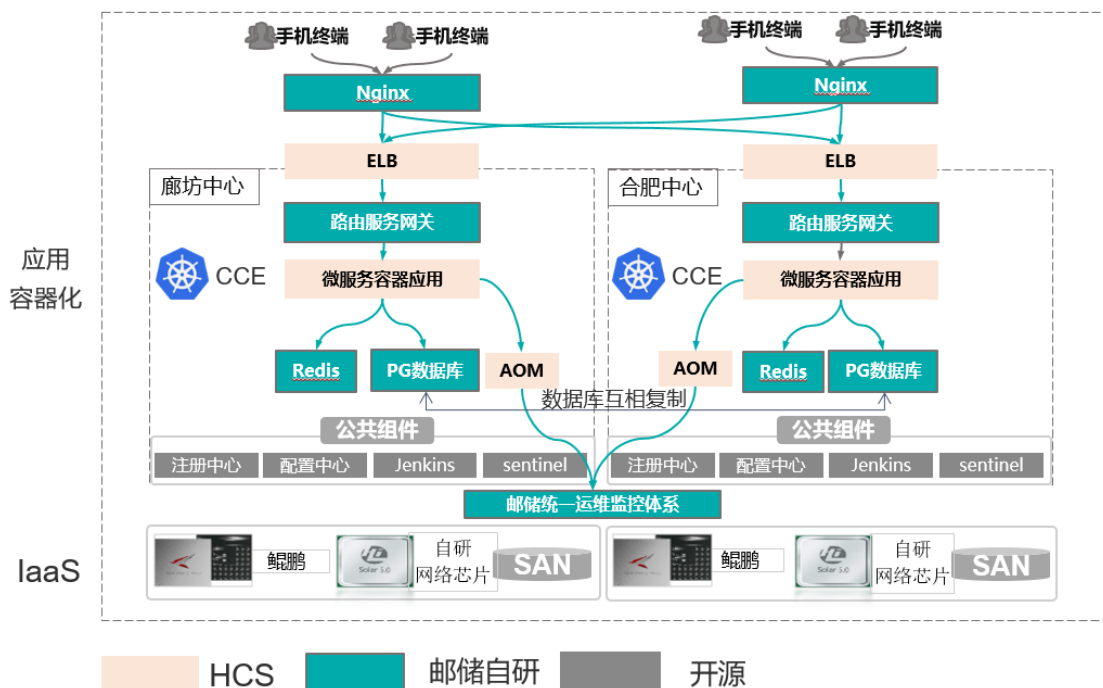


图 17 手机银行业务架构

新一代手机银行实现了更快的响应速度、更优的交互体验、更强的系统性能。在系统高可用上采用双中心双活模式，RPO 小于 10 分钟，RTO 小于 5 分钟，整体服务成功率全年保持在 99.99% 以上。单中心系统容量可达 50000TPS（实测），并且具备快速水平扩展能力，能够根据业务发展情况进行分钟级扩缩容。在纪念币预约、保险开门红等抢购场景中系统平稳运行，峰值高达 10 万 TPS。

未来，新一代手机银行会继续坚持科技引领，持续拥抱云原生，引入新技术，以打造用户体验良好、性能卓越、高效稳定的移动金融服务为目标，全面构建“场景+金融”智慧服务强生态，更好地满足人民群众的移动金融服务需求。

邮储银行容器云平台已完成一云多芯、高性能网络、可观测性和多集群设计的规划与建设：

支持一云多芯：鲲鹏和麒麟、统信等国产服务器与 OS 的支持；

高性能网络：基于 Underlay 模式的高效容器网络；

可观测性：基于大规模的容器指标、告警、日志一体化可观测平台能力构建，支持秒级监控能力、采集监控数据的统一上报、自定义指标的采集；

多集群设计：与业务模型、网络隔离、容灾诉求相结合的多 K8S 集群设计规划，实现业务按照实例、集群、数据中心、地域等多种层次的冗余保障。

未来还会探讨结合应用场景的超大规模容器集群高阶方案设计和应用推广。

### 4.3 中信银行核心系统分布式化及云原生演进

中信银行凌云分布式核心系统，于 2020 年 5 月投产，将原有 IBM 主机系统“一次性、全业务、零差错”全部迁移到开放平台分布式系统上。投产后，系统运行平稳，能够满足业务发展需求，为银行业核心系统转型提供了“中信模式”的解决方案，促进中国银行业核心业务系统下移的速度。中信银行分布式核心系统整体建设历程如下：

2019 年 10 月，基于云架构的信用卡分布式核心系统投产。

2020 年 5 月，基于开放平台的分布式技术和分布式数据库的总行核心系统投产（凌云系统）。

2021 年 10 月，由分布式核心系统拆分出的凌云快捷支付服务和凌云组合网关投产，采用容器云部署，并支持 service mesh 服务网格

接入。

2021年11月，凌云海外核心系统投产，全部使用容器云部署。

2022年3月，采用凌云平台底座研发的理财平台投产，全部使用容器云部署。

2022年12月，整合分布式核心系统和外围系统登记簿体系的资金簿中心投产，全部使用新的全栈云部署，中信银行分布式核心系统初步实现了“多云多芯”的部署架构。

2020年5月投产的凌云工程，将运行在主机的银行核心系统一次性迁移到基于国内创新的数据库和服务器的中型银行核心分布式系统，率先在中型银行中实现了银行核心系统分布式架构转型。

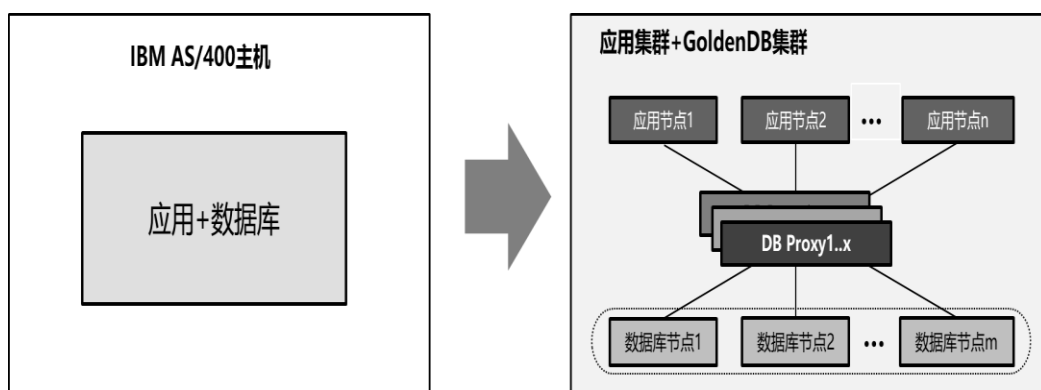


图 18 中信银行核心系统分布式架构转型框架

凌云工程以技术创新为驱动力，着重强化突破新技术、探索新工艺和构建新体系，降低实施风险，提高实施质量和提升实施效率和组织创新能力。该工程的主要特点如下：一是突破新技术，联合研制了金融级分布式数据库，达到银行核心系统的高稳定性、高可靠性和高安全性要求，通过研发代码翻译技术、仿真比对技术和创新数据迁移技术，实现核心系统一次性整体迁移、业务无感、核心应用全继承，

工程实施时间短、投入少；二是探索革新工艺，基于生产仿真工艺，最大化地缓释未知技术风险；三是构建新体系，强本固基，立足“平台化运维”，建立“全域覆盖、全时自动、全程可控”的分布式核心运维体系。通过代码翻译技术和仿真测试工艺的运用，大幅降低了核心系统重构的成本。较采用 AS/400 主机核心相比，在系统容量提升的前提下，建设成本下降 50% 以上，建设周期缩短 40% 以上，而且质量高、风险小，投产前无遗留缺陷，业务功能零遗漏。

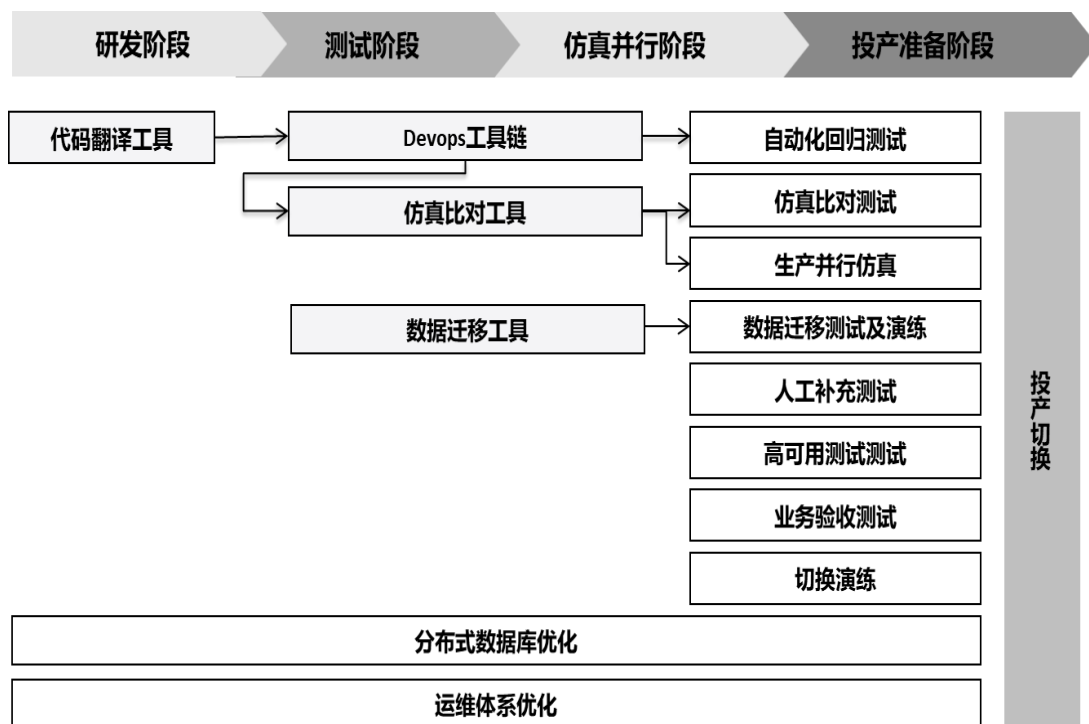


图 19 中信银行凌云工程研发工程

此外，中信银行通过凌云工程，统一了核心系统与行内其他系统的技术栈，从科技人力资源，到基础软硬件资源，以及应用研发与运维体系，实现全系可复用。凌云工程中金融级分布式数据库成功研制，并探索出一种加速基础产品成熟的研发模式，成为共建共享、优势互补、快速迭代，成为产用结合、联合研发的典范。凌云系统投产上线

后，日均交易量超亿笔，峰值系统处理能力超 3 万笔/秒，可用率超过 99.99999%。系统表现稳中有进，有效支撑了中信银行各业务条线发展。凌云系统创新实现了国有大中型银行的核心系统主机迁移，其成功投产为中国银行业核心系统的分布式转型闯出一条路，证明了金融行业使用开放平台和国内创新服务器的可行性；验证了国内创新的数据库完全胜任银行核心系统的实施性；加速了银行业核心系统分布式转型的进程。

未来，中信银行将依托企业级业务建模，深化核心系统服务化建设，加强数据能力，建设绿色高可用数据中心，夯实一体化运营中台，健全自动化风险控制机制。进一步提高科技架构支撑能力，构建赋能开放生态、数字化业务发展的核心业务系统。

## 5. 展望

传统银行核心系统基于“功能内聚”的理念，仅把最基本的业务功能：账户、存款、贷款等列入核心范围。经过云原生改造后，核心系统的范围有所变化，但总体上延续了“核心+业务外围”的模式。随着银行业务场景化、特色化和智能化发展，业务对技术共享、数据驱动和 AI 智能的需求日渐突出。利用云原生架构的灵活扩展性，不再局限于“功能内聚”模式，向“能力内聚”转型，探索“无核化”、“平台化”的能力中心模式，成为核心系统演进的可行方向。

另外，在更深入的云原生核心系统实践中，仍存在一些典型问题，比如：

- **基础设施的抽象不够简洁：**对开发人员来说，需要理解大量复杂的基础设施实现机制，例如：复杂的 K8S 机制、各种类型的网络方案、存储类型，还要掌握各种安全配置和运维日志等接口，加重了心智负担，对日常开发造成严重干扰，难以专注于业务开发，造成研发效率的下降。同样，践行 DevOps 的运维团队是否应该编写代码，事务界限模糊不清将造成生产力的降低。即使回到最初开发和运营的关系，更多的功能需要协同，如安全性，可靠性，成本，DevOps 的落地充满了各种摩擦。
- **产品快速迭代要求高：**来自同业和互联网金融的竞争压力，要求新业务产品能够快速（天级）开发、组装上线。技术能力共享复用、基础组件模块化组装、API 规范治理及无缝的运维运

营等能力是支撑业技融合和产品工厂的关键基础。目前银行普遍采用的基于“功能分层”的核心系统架构，与技术复用、应用组装的要求不匹配，造成对业务和技术融合的能力不足。

- **数据驱动能力不足：**现代银行“以客户为中心”的理念，需要各个业务系统能够从客户的数据和行为中发掘出需求和喜好特征，提供量身定制的服务和方便快捷的触达能力。这要求业务系统能够共享数据平台能力，能够安全及时的提供、挖掘和消费数据，以精准数据驱动精准的服务和营销。当前多数的银行的核心系统和大数据平台是各自独立的，造成大数据与业务无缝协同仍旧存在障碍。
- **AI 与业务场景的融合有待探索：**以 GPT-3.5 为代表的 AIGC 大模型获得商业成功之后，基础大模型和行业大模型的研究和应用进入高速增长阶段。一些头部银行利用丰富的行业数据训练金融大模型，在“智能客服”、“员工助手”等场景中得到了初步的成效。接下来，如何为上层业务提供大模型系统对接能力，把业务架构和 AI 技术架构进行深度整合，构建 AI 原生的核心系统技术架构成为新课题。

针对上述问题，平台工程、Serverless 基础设施和 AI 基础设施等技术将有效推进云原生核心系统向“平台化”方向发展。

- **平台工程：**

平台工程的目标就是设计和建设自助能力，减轻开发人员的心智负担并实现快速的软件交付。平台建设团队必须采取产品思维，确保

与用户（开发、运维、运营）建立反馈机制，建立解决用户实际问题的系统。平台团队向内部用户（通常是软件开发人员和工程师）提供集成化产品，也就是共享基础架构平台，通常称为“内部开发平台 IDP(Internal Developer Platform)，可以涵盖应用程序的整个生命周期的所有操作。

平台工程使开发团队能够自主独立地为最终用户创造价值，从而使开发团队受益；通过标准化组件和 workflows，提高审计、合规和安全的效率，从而使整个组织受益。



图 20 平台工程目标

- **Serverless 基础设施:**

以 **workload** 形式抽象底层硬件、驱动与运行环境配置，为开发者提供开箱即用体验。开发者不用再考虑容器镜像打包、镜像维护等问题。系统通常在部署时重新创建负载实例，在不使用时回收实例，每次处理用户请求的可能都是全新的实例，降低了因为环境变化出错的风险。而这些部署及变更的过程，对用户来说只是更新代码，其复

杂度相比使用容器及 Kubernetes 大大降低。Serverless 在扩展性方面也具有优势。对开发人员来说没有“预先计划容量”的概念，也不需要配置“自动扩展”触发器或规则。缩放由 Serverless 平台自动发生，无须开发人员干预。请求处理完成后，Serverless 平台会自动压缩计算资源，当面对突发流量时，Serverless 可以做到毫秒级扩容，保证及时响应。此外，随着分布云原生的广泛应用，全域的 Serverless 能力可以更加便捷的将 workload 负载根据不同的策略目标，比如：资源满足度、就近部署、低资源成本等进行跨地域的发放和流量治理。Serverless 平台在屏蔽底层硬件和运行环境差异的同时，针对不同的硬件型号（代际、微架构）和周边的网络、存储等资源差异进行系统优化以获取更高的算力效能。



图 21 Serverless 发展趋势

- AI 基础设施:

云原生 AI 基础架构分为多个层面，在基础资源层，主要包含了各种高性能的网络如 RDMA、NVLINK、IB，高性能异构算力如 GPU、NPU、TPU 等。算力供给层以灵活丰富的方式将基础资源向上提供，

如托管式 Kubernetes、Serverless Kubernetes 方式；智能调度层为用户  
提供面向 AI 的组调度、优先级、公平调度等基础调度策略，同时智  
能优化子系统提供丰富的策略满足 AI 业务的性能、成本的进一步诉  
求；应用加速层会通过计算测缓存、弹性、镜像加速、预热等多个维  
度对 AI 训练及推理进行加速。云原生 AI 基础架构支持业界主流计  
算生态如 Tensorflow、Pytorch、MindSpore 等，在管理运维方面，云  
原生 AI 架构支持智能 AI 运维，涵盖了巡检、诊断、AI 智能问答等，  
帮助用户快速定位、定界、恢复业务。云原生 AI 基础架构还涵盖了  
成本智能的能力，帮助用户构建算力资源的画像、提供成本洞察以及  
针对性的优化，让用户更好的利用资源，降低成本。



图 22 AI 基础设施

下图是未来云原生银行核心系统的展望，即：云原生底座增加 AI 算力基础设施和分布式 AI 框架层，在此之上基于软硬协同技术提供关键的能力支柱，通过建设平台工程将技术平台、数据平台和 AI 平台统一治理，向上提供统一平台，支撑研发运维服务和金融产品业务。下一代云原生新核心系统将更有效支撑上层产品和业务创新，更充分的发挥底层基础设施的算力效能。

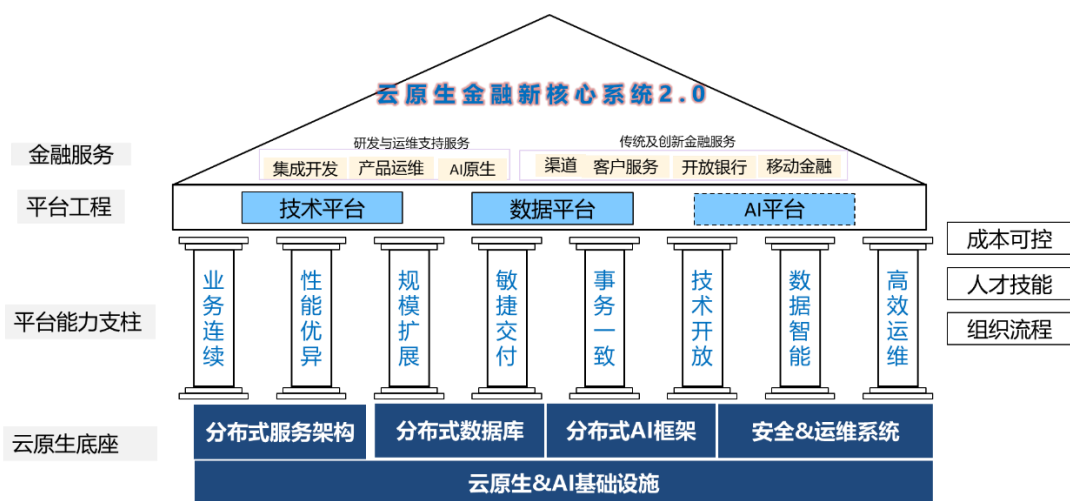


图 23 云原生银行核心系统展望