



ICT

一种支持云原生的工业互联网业务管理平台

王文哲¹, 安岗¹, 吴健², 赵文东¹, 王延刚³, 赵云峰², 狄子翔¹, 顾照杰¹, 邹贵祥¹

(1. 中国联合网络通信有限公司研究院, 北京 100176;

2. 联通数字科技有限公司, 北京 100032;

3. 中国联合网络通信有限公司甘肃省分公司, 甘肃 兰州 730030)

摘要: 针对工业企业面临由传统业务管理信息化架构逐步向云原生平台化管理演变的趋势, 提出了一种过渡的工业互联网业务管理平台的演进架构, 包括平台底座、管理业务域、工业业务域。整体上, 平台底座、管理业务域和工业业务域通过网络垂直贯穿, 以供不同级别的管理业务应用和工业业务应用直接使用相关数据。该平台实现了一体化、数字化能力共享, 实现了集约化和一体化管控, 方便工业集团企业及下属各级同类子公司应用的快速复制和推广。

关键词: 云原生; 企业业务管理; 云边协同; 工业互联网

中图分类号: TP399

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2022123

An industrial internet business management platform that supports the cloud-native

WANG Wenzhe¹, AN Gang¹, WU Jian², ZHAO Wendong¹, WANG Yangang³,
ZHAO Yunfeng², DI Zixiang², GU Zhaojie¹, ZOU Guixiang¹

1. Research Institute of China United Network Communications Co., Ltd., Beijing 100176, China

2. Unicom Digital Technology Co., Ltd., Beijing 100032, China

3. Gansu Branch of China United Network Communications Co., Ltd., Lanzhou 730030, China

Abstract: Aiming at the trend of industrial enterprises facing the evolution from the traditional business management information architecture to the cloud-native platform management, an evolutionary architecture of the transitional industrial internet business management platform was proposed, including platform base, management business domain, industrial business domain. Overall, the platform base, the management business domain, and the industrial business domain are vertically penetrated through the network to allow different levels of management business applications and industrial business applications to directly use related data. The platform realizes the sharing of integrated digital capabilities, intensification and integrated management and control, and facilitates the rapid replication and promotion of applications of industrial group enterprises and that similar subsidiaries at all levels.

Key words: cloud native, enterprise business management, cloud edge collaboration, industrial internet



0 引言

随着新一代信息技术产业蓬勃发展，特别是云计算、大数据、物联网、人工智能、安全、区块链、量子计算等技术的日趋成熟，技术改造成本大幅下降，新冠疫情的突如其来，使数字乌托邦式的畅想和元宇宙式的赛博空间^[1-3]已不再生疏和远离我们的日常生活和工作场景，多元计算技术叠加信息高速公路时代真正到来，端、边、云、网、业从底层技术到上层应用均在积极快速寻求演变、重构、发展；无论小到芯片架构面对摩尔定律的极限，寻求架构方面的重构以满足提供更高性能的服务，还是端侧的端边协同，端侧算力上移至为端侧提供 5G 服务的接入节点，以能提供更加灵活的端侧的小而美、小快新等松耦合、易运维、便升级的服务；从云网分离到网随云动、云网自动驾驶，再到业务方面真正意义上的集成融合微服务形式等，新一轮加速到来的、真正可落地的技术变革，为企业实现自主创新和工业互联网变革提供了可行性，助力企业能真正实现智能制造的转型升级。

此外，在企业层面，企业多级组织机构普遍形式如图 1 所示，绝大部分的集团级企业在组织架构上通常是多级管控模式，如集团公司、分公司、专业化子公司等，各级组织的管理信息系统、业务信息系统均是单点孤立的，无法互联互通，如何利用新型信息技术实现自上而下的集约化、一体化的管理、采集、指挥、服务、保障、安全等管控，对集团内各级公司都是一种新的挑战。

1 工业企业业务管理信息化普遍现状

传统工业企业的集团各级公司的管理信息化及业务应用系统在系统整体架构建设、系统技术架构、系统集成、数据管理、IT 治理、移动应用等方面普遍存在一定问题。

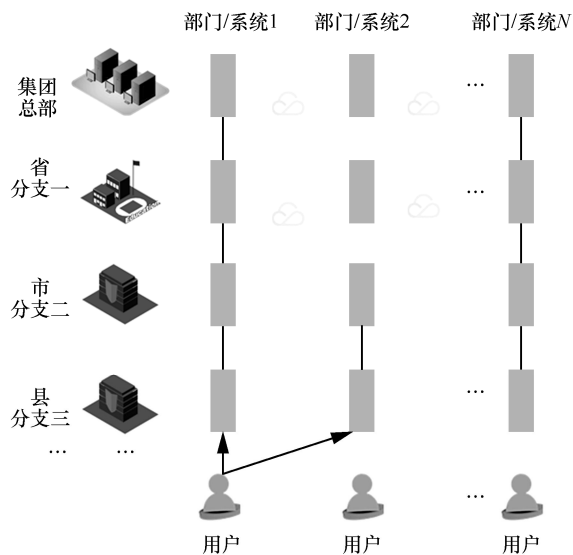


图 1 企业多级组织机构普遍形式

(1) 系统整体架构建设方面

缺乏顶层规划建设指导，导致各成员公司的系统自主重复和分散建设较严重，而且集团各级企业的机房建设也存在“各自为政”的问题，缺乏集团层面统一的数据中心布局规划，进而导致数据中心建设标准参差不齐、不统一等问题较为突出。

(2) 系统技术架构方面

现有传统系统的技术路线往往较为落后，系统的可扩展性、性能、友好性均较差，导致用户的业务体验较差。普遍存在很多痛点和关键点，如资源利用率低，各分散的业务部门通常按照规划的最大资源申请物理机、虚拟机资源，物理资源被私有化，无法实现共享，利用率低；传统框架下的开发由于文档管理缺失，开发新功能而对老功能维护不足等问题，导致程序越来越大，未来开发成本不可控。

(3) 系统集成方面

工业企业大部分系统之间缺乏信息集成，数据“孤岛”情况严重，仅基于个别业务需求开发的系统间有一定集成接口，但未形成完整的接口体系。绝大部分应用系统数据口径繁杂，缺乏统一的交互标准，跨系统业务流程处于割据状态，无法有效打通，导致企业各类数据无法全面共享，

无法实现系统及数据的互联互通,无法为企业决策者提供全面有效的决策支撑。

(4) 数据管理方面

缺乏主数据管理机制,缺乏主数据平台,集团对下属子公司企业的生产数据、经营计划等数据缺乏统一的数据平台化管理机制,导致企业的数据资产管理能力有限,企业数据之间的主次关系缺乏梳理,缺乏一定的数据标注和数据质量管理体系,造成企业的数据管理无法实现互联互通,进而无法实现数据深度融合应用。

(5) IT 治理方面

传统架构需要大型运维团队支撑,运维成本高昂。在管理和部署方面复杂又耗时,庞大的代码基线往往会涉及一两百人团队开发维护,组件耦合较大,职责不清,牵一发而动全身,部署过程存在不可重复、出错率高,也不支持自动弹性伸缩;此外,开发和生产运维方面有割裂,缺乏标准化、服务化和自助式 IT 能力,通常需要冗长的审批流程,开发人员往往不知最终如何部署,测试人员不懂测试重点和风险点,运维人员不了解架构由来及约束等。此外,集团各级公司成员单位又普遍存在系统管理运维资源不足、运维能力跟不上业务需求的问题,亟须集约化建设平台,以集约化的方式进行平台运营维护服务。

(6) 移动应用方面

工业企业大部分现有管理信息系统普遍缺少对移动端的管理应用功能的支持,缺乏对用户便捷应用操作的支撑,移动应用的线上化程度偏低。

面对以上 6 类问题及不断加剧的外部竞争和内部经营管理现状,为实现企业提质量、降成本、提效率、保安全、促环保、提体验,工业企业集团及其各级专业公司正面临着一个最大的诉求:实现数据资产盘活、经营管理等方面的集约化管理需要,需要建立一种集团级的集约化管理底座平台,通过统一技术标准,统一数据标准,统一平台,横向打通集团级各系统的数据,赋能集团

经营管理及决策,纵向满足集团各级专业子公司的垂直管理应用需求,基于一体化集约底座平台实现自上而下的可视、可管、可控管理。

这样一来,从上到集团,下到专业化子公司亟须建设一个独立统一的数据平台即统一的工业互联网基础底座平台,通过建设统一、集成、共享、可推广的工业互联网基础底座平台,同时面向集团及各级专业子公司的生产管理需要,全面实现自上而下的在线经营管理,避免由于集团下属各专业子公司业务部门主导的管理系统项目仅作为自身业务管理工具,通用性难以保证,应用参差不齐,很难有效地支撑和促进集团层面的管理和决策,同时避免一些共性的管理系统也很难向同类专业子公司共享复制。通过构建全面统一的工业互联网基础底座平台,来支撑集团企业经营行为、并满足各下属专业子公司及未来成立的专业子公司对于工业互联网基础底座平台能力的复用共享和推广。

而传统技术架构又缺乏以云计算、大数据、IoT 物联网、人工智能 AI、GIS、三维数字工厂、工业移动应用等的全能力平台化的方式,建设与集成企业现有的和将来新建的业务管理信息系统的方法。因此,亟须利用新技术探索一种新的平台化的业务能力管理演进架构。

2 云原生+云边协同融合的工业互联网业务管理系统演进方向^[4-5]

2.1 “云原生”主流模式为企业业务管理架构演进带来的积极影响

近几年,移动业务风起云涌,“互联网+”大彰其道,5G、云计算、人工智能等新型信息技术也正在占领科技前沿的至高点。随着产业互联网站上了时代的风口,越来越多的行业被洗牌,被颠覆。叠加新冠疫情的突如其来,生产效率提高的需求从来没有像以往那样迫切,已变成为企业生存的基石。在此背景加速下,制造业等工业企



业一直面临的业务管理信息化痛点难点问题亟须寻找新技术、新架构、新方式、新演变、新突破。IT 行业无疑是这场革命的主导者，云原生的 DevOps、容器、微服务的产生就是为了帮助企业完成这一重要的转变，工业企业 IT 架构未来平台化生态化转变需求如图 2 所示，它将业务、客户、企业生产、IT 支持等有机地结合，可以形成一个融合的强大的数字化生态系统。

另外，在云原生主流模式下，企业实现云端

一体化数字化转型将带来 3 个重要变化，能非常好地解决传统企业信息化现状面临的六大痛点问题，现有传统系统架构与工业互联网平台架构对比如图 3 所示。

第一个变化是数字化持续交付能力的建设；如果研发模式还停留在传统开发、测试、运维的人员各自为战，彼此之间互相屏蔽，当研发团队不断壮大并有人员流动时，会出现运维成本和功能的更新难以解决的痛点。即使克服了运维成本

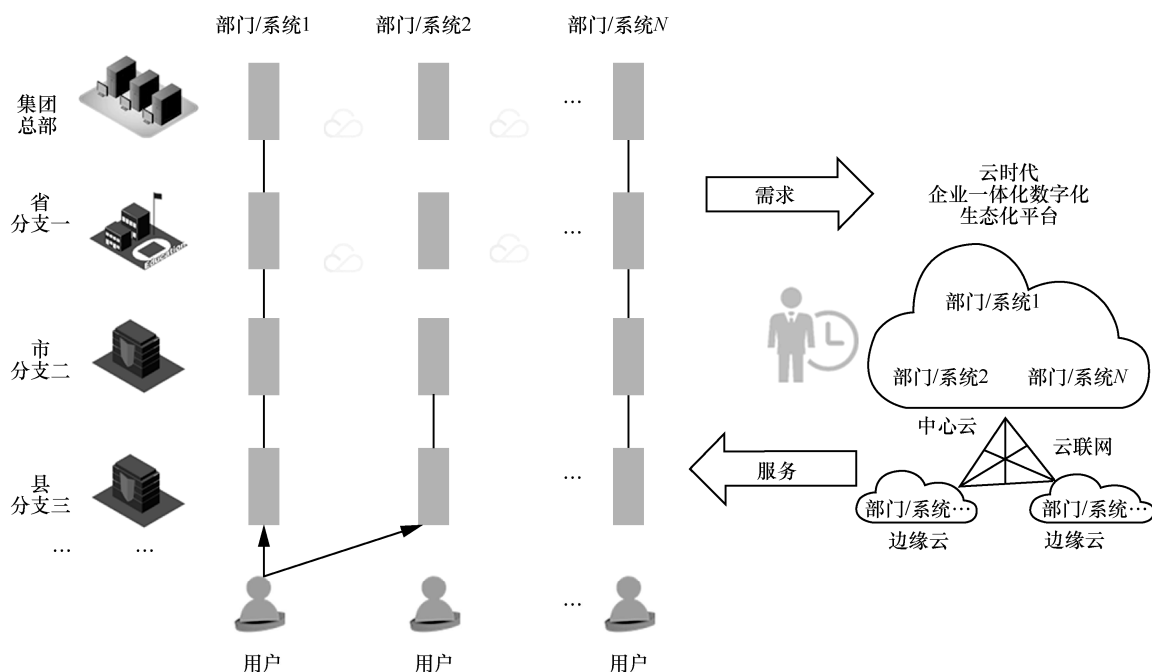


图 2 工业企业 IT 架构未来平台化生态化转变需求

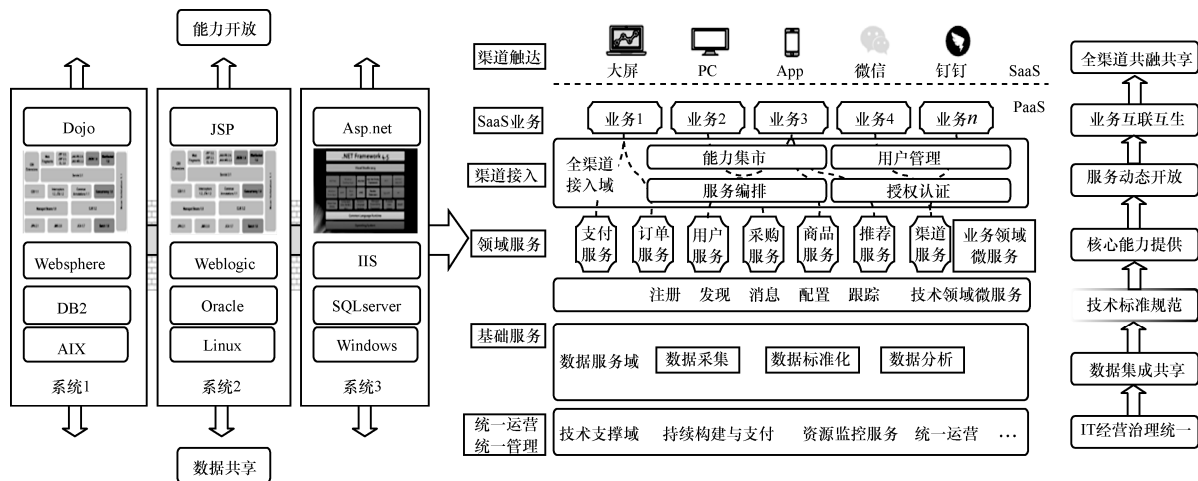


图 3 现有传统系统架构与工业互联网平台架构对比

的问题并实现功能更新,也存在部署更新时传统构架需要中断生产、完成更新后重新上线的问题,这会对业务造成很大影响。而云原生的数字化持续交付能力通过构建一个统一的数字化中台,充分利用平台工具的各种开源组件,实现技术规范、运维规范、流程规范、设计规范等标准规范的统一,实现企业运营分析能力、管理能力、交付能力等能力的持续集成交付及互联互通与一体化赋能,最终在企业应用上达到业务的持续积累、软件的持续复用、运维的标准专业化分工。

第二个变化是云化架构的升级,对比传统的企业架构和数字化的企业架构的差异,传统的架构,很容易变成数字化烟囱,数据无法共享,能力割裂无法开放,一个项目重复投资一次,浪费严重;而数字化的业务形态互相联系、错综复杂,动态调整的架构通过互联互通的数字生态体系,能够很好地适应新的经济形态发展。

第三个变化是研发效率的提升,在传统模式下,业务本身受制于环境、系统、运维等因素,如从基础设施到运行环境再到应用系统,各环节都存在下载、配置、安装、学习、使用等投入,无法适应敏捷的商业节奏。云端模式下,业务和IT环境相分离,可以满足资源共享、按需进行动态伸缩,应用一键部署、快速交付,能极大提升数字化业务交付效率。

2.2 “云原生”+“云边协同”的工业互联网平台演进架构的提出^[6-8]

除了为了解决上文提到的信息系统现状问题,面对工业企业现有的传统专用软件服务大都针对特定的应用场景设计,各管理信息系统均是单点孤立的,无法互联互通,有些系统的服务模块功能是相似的,但也只能用于本系统内,无法做到同类子公司通用共享复制推广。其次,缺乏一个全能力共享的一体化管理与应用赋能的平台,缺乏一个合理有效、标准规范化的总部与分子公司共享的一体化工业互联网应用平台架构

体系。

为了实现现有传统老系统与即将新建的数字化工业互联网平台的一体化过渡集成,本节以特定行业钢铁、电力等行业为例提出了一种传统信息化架构向数字化架构过渡演进的新的架构设计需求及思路,聚焦钢铁、电力行业企业集团管控业务应用需求和下属专业生产公司如电厂的智慧生产管理应用需求,从一体化数字化趋势的角度探讨一种企业集约化业务管理平台的方法。

以电力集团经营管控需求和对新成立的下属专业生产公司电厂的生产管理进行一体化管理需求出发,设计了一种平台化的演进架构^[9-11],工业互联网基础底座平台架构演进方向如图4所示,实现集生产经营管理、集中监控、安全管理、工业移动应用等应用于一体的数字化能力共享平台,该平台支持企业多方应用的多样性、复杂性、通用性、可扩展性、高效性、可靠性及稳定性,实现统一技术、统一标准、统一规范、统一运营维护、统一安全体系等。

本节设计的平台架构各业务功能模块仅是基于某电力企业实际业务规划的真实业务需求进行的举例设计,旨在说明一种架构设计思想,各业务功能模块可视不同行业企业具体实际需求进行持续集成调整,可不必局限于各业务功能模块本身的功能。

如图4所示,该平台架构基于统一的底座平台,实现自上而下各级管理的全面可视、可控、可管的云边协同的工业互联网业务管理。平台架构主要以平台+应用(集团应用+子公司应用)的模式实现包括业务方面、应用方面、技术方面及生态等4个方面的能力升级。

技术能力方面:具备统一的技术底座包含通用技术组件层和通用业务组件层,统一的技术底座可以支撑系统板块内及跨系统板块应用,也可以支撑融合创新业务应用。本架构的演进升级关键之处在于采用统一的底座(基座)能力将企业

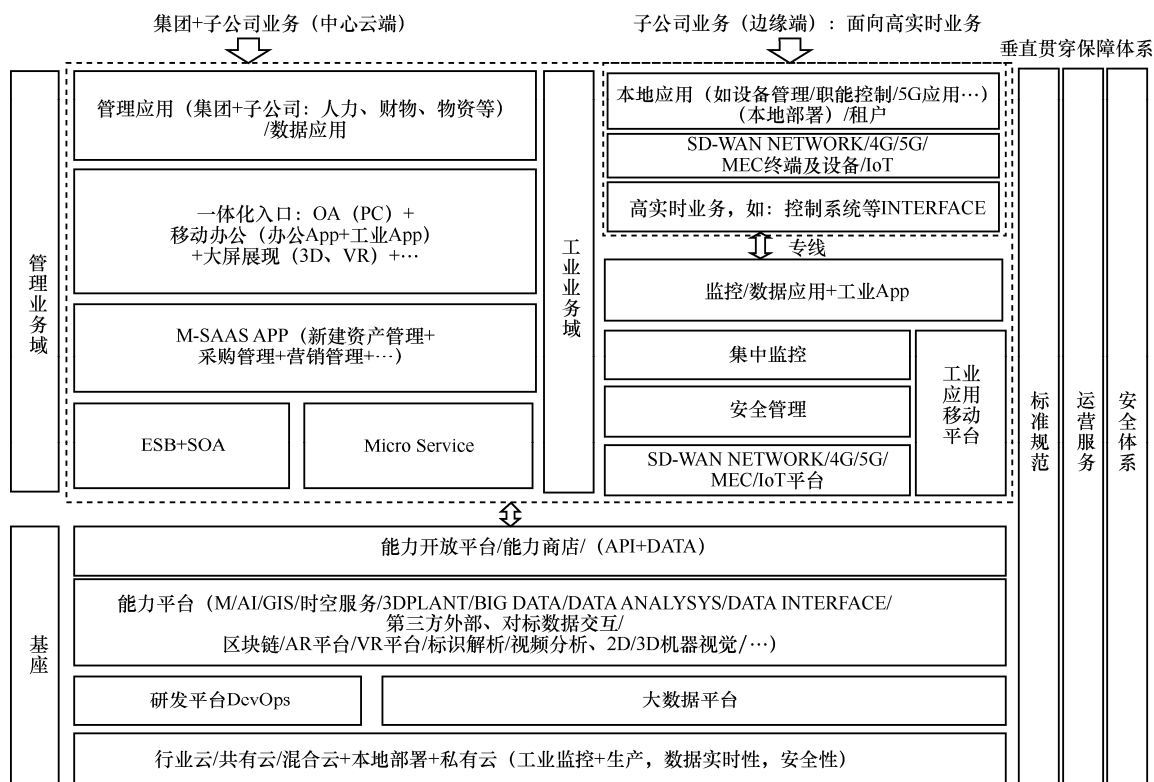


图4 工业互联网基础底座平台架构演进方向

已有的传统管理系统（如图4中的人力、财务、物资等管理系统）以ESB SOA的方式和即将新建的数字化系统（如图4中的资产、采购、营销管理等管理系统及集中监控、安全管理、工业应用移动平台、工业App等工业业务系统和边缘端的本地应用等系统）以微服务方式进行集成，可以实现传统ESB SOA与云原生Micro Service异构的系统集成。

业务能力方面：基于平台底座的一体化大数据平台，解决了数据“孤岛”的问题和各系统的集成融合打通，可以实现工业企业集团及各级子公司的全面运营监控，基于平台可以实现资源的配置、经营的标准规范化，基于融合化的数据，能有效支撑企业集团的战略决策和风险管控。

应用能力方面：对于业务执行层面的系统可以集成商业套装软件和传统专业服务软件；对于决策和融合创新类等应用系统支持进行定制开发。应用执行系统具备平台化的实现特点，具备

数据资产全面融合、盘活的赋能优势，并具备开放的接口体系。

生态能力方面：具备高度开放性，支持通过引入合作伙伴能力来共同建设顶层SaaS应用，支持对外能力开放和服务，支持第三方外部数据包括对标数据的引入及交互，支持数字经济等生态体系的搭建等。平台演进架构总体来说，如图4所示，该工业互联网底座平台演进架构以“集中部署+本地化部署”的云边协同的架构模式进行设计，集团应用和下属子公司共性应用如人、财、物、产、供、销、监控、安全等管理采用统一中心云平台的方式进行部署，同时结合子公司本地边缘部署的个性化、高实时性应用的5G MEC边缘平台进行协同联动。如图4所示，右上角较小虚线框模块部分为示例的某一个子公司本地化部署的边缘应用平台，之外的其他模块部分均为统一的工业互联网底座平台，以统一平台为基础底座，支持实现集团公司及其下属分子公司通用性

的单点管理信息化应用系统的基本运转,支持实现多系统与底座平台进行集成整合进而实现多业务领域、多系统板块、跨系统板块的融合应用,达到基于统一底座平台的全域数据的全面互联互通与融合,同时支持基于底座平台进行自主定制建设开发其他应用系统(含集团的和下属分子公司通用性的)。整体平台的中心云端和边缘端通过 4G/5G/基础网络 SD-WAN 云联网专线进行协同联动,实现工业互联网平台的一体化、集约化。

2.2.1 平台演进架构整体框架逻辑

如图 4 所示,最底层为基础设施 IaaS 模块,该模块可综合考虑集团企业实际基础设施资源规划建设布局情况,坚持统一建设原则,根据集团企业对工业监控的管理及对下属生产企业共性生产等管理的统一平台管理需求,可选择租用部署于第三方统一建设的公有云/行业云/混合云数据中心之上单独划出的逻辑私有云设施之上,也可部署于自建的私有云数据中心,以此作为中心化的统一平台整体的基础设施底座;下属分子公司企业有高数据实时性、高安全性要求的应用场景,可按需进行各个分子公司边缘本地化部署。

在基础设施底座之上,分别是为实现统一的、集约化的、一体化的汇聚、处理、分析集团及分子公司所有数据来源的大数据分析平台;用于研发管理和持续交付的 DevOps 研发平台;用于为上层应用统一提供各种服务能力的能力平台;用于对外提供服务和集成生态能力的能力开放平台及能力商店等统一化的能力基座及技术模块。

再往上层,分为两类逻辑业务域,坚持统一化、集约化的设计理念,坚持集团和子公司共性的业务系统集中云端部署,子公司个性化、高时延要求的业务系统靠近本地边缘端部署。左边整体部分模块(管理业务域)为集团加子公司一级的通用性管理业务域应用,右边整体部分模块为工业业务域应用(即边缘端模块部分,仅面向分子公司)。“楼梯形”虚框部分里的管理业务及

工业业务域共同构成了统一的中心云端应用。两类业务域应用主要依托于底层基座的大数据分析平台作融合数据供给(源数据主要来自边缘端的智能终端及设备和集团管理信息系统)和依靠能力平台作能力支撑。

2.2.2 平台底座部分构成框架

如前图 4 所示,基座主要为实现统一为中心云端通用的管理业务和工业业务及边缘云端的本地化工业业务提供 PaaS 能力,包括以下几部分。

大数据平台模块:作为统一的数据底座,实现对工业企业集团和各级子公司的各类型数据的汇聚与分析;实现对各个业务场景的实际应用提供数据服务,支撑集团及分子公司的经营管理与决策、生产经营、厂区管理、设备运行、供应链管理、营销管理、日常人员管理、安全管理等实际应用场景,提供科学、智能、灵活的信息技术支持。大数据平台作为管理域业务应用和工业域业务应用的整体上的一个数据基座,为管理域应用和工业域应用提供数据应用基本能力,例如为集团及分子公司的集中监控应用的大屏展示提供数据展示保障;同时也作为对外同行业企业对标管理等方面数据交换的一个平台。

大数据平台作为整体平台的数据层级,对全域数据实现全生命周期管理,实现企业更加高效、安全、便捷地对数据进行使用和增值。平台能实现数据异构存储系统的集成管理,支持多源异构数据的采集汇集、计算存储、管理治理、增值展现、开放共享等核心功能,为企业提供统一的数据服务。

DevOps 研发平台模块:用于促进开发、技术运营和质量保障部门之间的沟通、协作与整合等。主要实现通过工具链与集成、发布、反馈与优化进行端到端整合,实现无缝的跨团队、跨系统协作。建立开发与运维之间的桥梁,履行开发运维协作、自动化、基础设施即代码、持续集成、持续测试、持续发布、持续部署、持续监控和持续



反馈的功能，同时实现平台的门户管理等功能。

能力平台模块：主要通过集约化的方式实现管理 M 域（如人力、财务、物资、资产、供应链、营销等管理信息化流程）能力、工业应用 AI 能力、GIS 能力、时空服务能力、三维工厂能力、大数据能力、数据分析能力、数据接口能力、第三方外部及对标数据交互能力、区块链能力、AR/VR 能力、标识解析能力、视频分析及 2D/3D 机器视觉等各种能力进行一个集中沉淀，为集团和子公司提供管理业务域和工业业务域的一些公有的、对外开放的、跨业务跨系统跨域的能力的集中沉淀，以方便上层业务应用进行调用。

能力开放平台/能力商店模块：作为能力平台的顶层，实现将各应用系统的能力模块和接口进行封装，上层应用系统调用能力的时候，通过能力开放平台/能力商店整合能力平台能力进行开放和管理。能力开放平台/能力商店具体包括 API 能力和数据，数据部分贯穿于底层的大数据平台，API 能力则对应到上层的应用便于进行调用。

整体上，云基础设施、研发平台、大数据平台、能力平台、能力开放平台/能力商店 5 部分模块构成了整体平台的主要底座。

2.2.3 中心云业务及应用部分构成框架

中心云业务及应用构成演进框架如图 5 所示，中心云业务及应用，包括两大块业务域应用，具

体包括左边部分的管理业务域和右边部分的工业业务域。

管理域业务应用框架：涵盖了集团级与子公司通用性的管理应用及数据应用，管理应用可以集成现有已建传统 SOA 系统包括比如统一的人力、财务等，同时面向演进方向也可以集成未来新建微服务形式的，如资产、采购管理等新建系统；数据应用主要通过一体化入口基于底座大数据平台能力提供数据大屏监控类的应用分析展示等功能；一体化入口模块部分主要包括 PC 端的 OA 门户和移动端的移动办公 App 及工业 App，实现企业自上而下各级单位的统一入口、单点登录、一点接入的办公功能；大屏展现另外可以基于调用底座能力平台的三维工厂能力和 VR/AR 可视化能力实现数字工厂可视化以及 VR/AR 生产、安全等方面的培训。在底层业务和业务系统间交互主要通过两种技术架构做集成，一种为 ESB+SOA 总线的方式，该种方式主要实现对现有已存在的或遗留在建的传统系统进行平台化集成，另一种为面向未来的微服务 Micro Service 技术架构，作为即将或未来新建系统的演进目标架构，对于新建的应用系统主要可以以该种微服务技术进行平台化集成。

工业域业务应用：又划分为中心云端部分（同时面向集团级和子公司级通用性应用如集中监控和安全管理等应用）和边缘端部分（仅面向子公

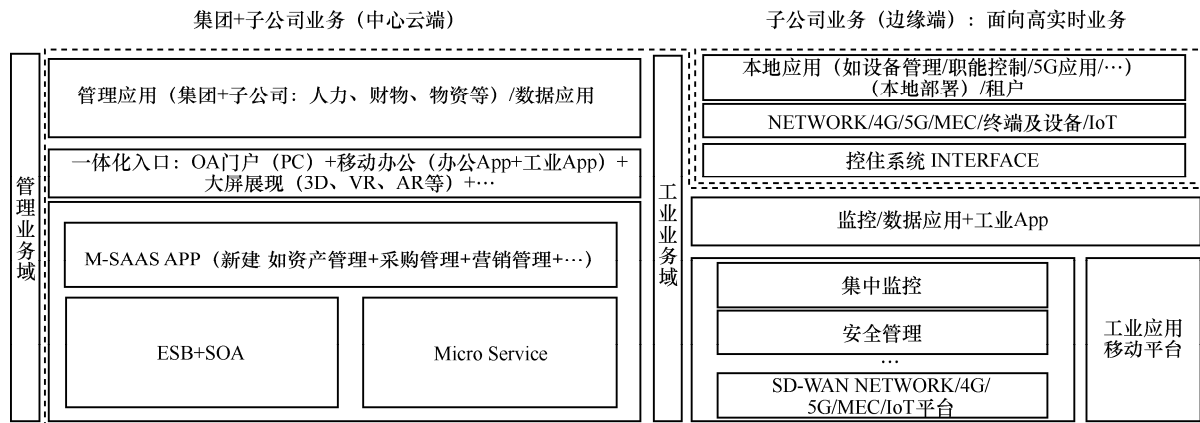


图 5 中心云业务及应用构成演进框架

司级高实时性、高安全级别类应用如控制类、5G 创新性融合类等应用)。

工业应用移动平台: 主要通过移动应用提供业务流程实时审批、关键指标即时查看等功能, 基于移动工业 App 实现无纸化办公, 实现各类生产管理的移动化。以满足集团和子公司通用性的集中监控和安全管理等方面的移动应用需求等。

集中监控应用模块: 通过与底座大数据平台、一体化入口模块的对接, 主要实现对海量的过程及结果进行数据挖掘和整合, 提供各操作层面、管理层面、决策层面, 不同角色、不同岗位的个性化管理驾驶舱, 与业务流程深度集成, 实现集团及分子公司管理者对分管业务的快速掌握。在可视化方式上可通过对接一体化入口模块的工业 App 在移动端呈现, 可在基于 3D 和 VR/AR 呈现方式的大屏进行可视化展现。

安全管理模块: 主要实现环保监督, 基于信息检测技术对具有环保要求的下属企业周边环境进行监督, 如水质检测、土壤监测、废弃料排放等进行数据监测确保周边环境安全。实现安全监测, 能对集团下属企业进行生产经营环境的监测, 通过视频、传感器等多种设备定时反馈监测结果, 如出现风险和隐患可通过视讯设备及时通知, 实现集团生产环境的安全。能实现隐患消缺, 对于集团下各子公司中存在的安全隐患进行管理, 同时满足集团对各子公司隐患管理的过程及结果进行跟踪和分析。

IoT 模块: 主要实现工业设备及各种智能终端的数据采集服务, 作为上层物联网应用的数据域, 为企业提供生产运行参数、生产效率分析、绩效分析、生产管理等管理的数据统计、数据挖掘等; 能实现为企业提供设备的用户管理、设备管理、设备分布、设备状态监测、设备维护、派工、库存等管理; 可实现各种设备的能力接入、策略控制、能力开放等。可以屏蔽不同设备厂商差异, 实现终端和应用的解耦, 可以快速实现将设备和企业系统连接起来, 能针对设备的远程配置管理及远

程控制, 提供“网关+连接+平台+应用”的功能。

监控/数据应用模块: 主要实现一些工业生产运行监控数据分析、报表分析、安全分析、统计分析等的可视化分析呈现, 直接对接管理域里一体化入口模块里的大屏展现模块。工业 App 模块实现工业生产运行监控数据分析、报表分析、安全分析、统计分析、生产管理、工单管理等移动端的便捷呈现与实现, 入口位置主要是在管理域里一体化入口模块里的工业 App 模块。

中心云端的 5G MEC 平台: 主要基于区块链技术实现与中心云端多节点的快速共识与备份, 降低整体平台受攻击和灾害的影响程度, 提升工业互联网受到攻击后的恢复能力。

2.2.4 边缘云业务及应用部分构成框架

如图 5 所示, 边缘端部分的工业域业务: 又分为本地部署的应用(如基于分子公司本地化部署的一些高实时性、高安全级别的个性化业务应用如设备管理、生产管理、智能控制、5G 智慧应用等), 和以租户的形式直接复制调用底座平台的通用性能力的应用。边缘端的各个子公司是作为一个个单点的现场生产场景, 其现场的终端、设备及控制系统接口是产生生产数据的主要源头, 终端、设备数据通过 4G/5G 网络采集之后连同控制系统接口产生的生产数据通过基础网络 SD-WAN 云联网专线与中心云端部分的大数据平台进行连接。本地化部署的个性化应用形式包括但不限于部署于工厂现场 5G 网络的 MEC 边缘平台之上或独立的边缘云数据中心, 保障现场个性化生产应用的高实时性和高安全性。现场边缘端用于实现终端及设备管理的 IoT 平台功能主要通过复制调用中心云端的 IoT 平台能力来实现现场终端及设备的管理功能。

2.2.5 统一标准规范

如图 4 所示, 整体上, 工业互联网平台的中心云端和边缘端采用统一的标准规范体系、统一的运营维护服务体系、统一的安全体系, 三大体



系垂直贯穿、保障整个演进工业互联网平台功能实现。

统一的标准规范体系：包括统一总体标准、技术标准、数据标准、接口标准、业务应用标准、物联标准等，其中，总体标准是实现整个平台体系建设与运行的指导原则；技术标准是明确平台实现的底层技术路线与演进方向；数据标准主要明确数据资源目录体系、数据共享交换、数据开放、数据安全、数据资源库、数据治理等标准；接口标准主要明确各系统集成接口要求，便于实现平台资源有效整合；业务应用标准主要是明确应用系统建设、数据对接及数据目录梳理等要求；物联标准主要明确物联网实体编码、基础信息、感知实时信息元数据、信息接入及服务管理、感知设备接入、物联信息交互等方面内容。

统一的运营维护服务体系：通过集约化的专业运维服务团队实现平台的一体化运营与维护，包括运维服务制度和流程、运维服务组织和队伍、运维服务工作流程、运维技术服务平台等。

统一的安全体系：包括中心云与边缘云系统的安全、各系统的访问安全、工业 App 访问安全、网络的安全、管理安全等。在系统安全上，基于区块链对工业互联网运行安全信息与事件日志进行可信记录，通过信息共享、攻击溯源以及事件关联分析等，实现全网快速的安全信息更新与安全事件响应联动，实现工业互联网安全事件的应对机制。通过区块链实现系统用户身份认证及访问控制。

3 结束语

本文主要提出一种演进的工业互联网平台架构，通过将现有传统老系统与即将新建的数字化工业互联网平台进行一体化过渡集成，便于降低从传统信息化架构向数字化平台改造一步到位的成本压力及技术演进风险，实现了工业企业集生产经营管理、决策管理、集中监控、安全管理、工业移动

应用等应用于一体的数字化能力共享平台，实现了一体化采集、一体化数据存储与治理、一体化集约化管理、一体化服务、一体化安全、一体化保障的功能，使得该工业互联网平台支持企业应用的融合性、多样性、复杂性、通用性、可扩展性、高效性、可靠性及稳定性。为企业难以一步从传统系统架构向云端数字化原生平台改造迁移提供了一种过渡的平台架构设计思路，该架构也为解决工业企业数据信息孤岛、数据整合难、数据利用率低、数据管理治理成本高、数据增值无门路等痛点问题提供了一种很好的借鉴思路。本文提出的演进架构效果还有待后续实际试点效果的验证，具体试点效果如何属于研究未尽事宜，有待根据试点后的实际效果进行深入探讨研究。

参考文献：

- [1] 弗雷德·特纳. 数字乌托邦：从反主流文化到赛博文化[M]. 张行舟, 王芳, 叶富华, 译. 北京：电子工业出版社, 2013: 147-170. FRED TURNER. Digital Utopia : From counterculture to cyberculture[M]. ZHANG X Z, WANG F, YE F H, translated. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2013: 147-170.
- [2] 迈克尔·斯韦因, 保罗·弗赖伯格. 硅谷之火：个人计算机的诞生与衰落[M]. 陈少芸, 成小留, 朱少容, 译. 北京：人民邮电出版社, 2019: 296-333. MICHAEL SWAINE, PAUL FREIBERGER. Fire in the Valley-The birth and death of the personal computer[M]. CHEN S Y, CHENG X L, ZHU S R, translated. Beijing: Posts and Telecom Press Co., Ltd., 2019: 296-333.
- [3] 何宝宏. 迎接云原生发展的新阶段[J]. 信息通信技术, 2021, 15(4): 4-5. HE B H. Usher in a new phase of cloud-native development[J]. Information and Communications Technologies, 2021, 15(4): 4-5.
- [4] 尼古拉·尼葛洛庞帝. 数字化生存[M]. 胡泳, 译. 北京：电子工业出版社, 2021. NICHOLAS, NEGROPONTE. Being digital[M]. HU Y, translated. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2021.
- [5] 比尔·盖茨. 未来之路[M]. 辜正坤, 译. 北京：北京大学出版社, 1996. BILL GATES. The road ahead[M]. GU Z K, translated. Beijing: Peking University Press, 1996.
- [6] RAY P P. A survey of IoT cloud platforms[J]. Future Computing and Informatics Journal, 2016, 1(1/2): 35-46.
- [7] 王文哲, 赵文东, 安岗, 等. 工业互联网业务管理系统：

- CN112988865A[P]. 2021.
- WANG W Z, ZHAO W D, AN G, et al. Industrial Internet business management system: CN112988865A[P]. 2021.
- [8] 王俊文. 未来工业互联网发展的技术需求[J]. 电信科学, 2019, 35(8): 26-38.
- WANG J W. Technical requirement of future industrial Internet[J]. Telecommunications Science, 2019, 35(8): 26-38.
- [9] 孙小东, 王劲松, 李强, 等. 工业互联网平台的架构设计[J]. 工业加热, 2020, 49(5): 48-50, 54.
- SUN X D, WANG J S, LI Q, et al. Architecture design of industrial Internet platform[J]. Industrial Heating, 2020, 49(5): 48-50, 54.
- [10] 刘炜, 张为. 基于边缘智能 2.0 的工业互联网平台架构及应用[J]. 光通信研究, 2021(2): 7-13, 58.
- LIU W, ZHANG W. Research on industrial Internet platform architecture and application based on edge intelligence 2.0[J]. Study on Optical Communications, 2021(2): 7-13, 58.
- [11] 赵晋松, 张朝阳, 顾巍峰, 等. 基于工业互联网的智能电厂平台架构[J]. 热力发电, 2019, 48(9): 101-107.
- ZHAO J S, ZHANG S C Y, GU W F, et al. Platform architecture of intelligent power plant based on industrial Internet[J]. Thermal Power Generation, 2019, 48(9): 101-107.

[作者简介]



王文哲 (1987-), 男, 中国联合网络通信有限公司研究院融合创新中心工程师, 主要从事与 5G 工业互联网等相关的工作。

安岗 (1979-), 男, 中国联合网络通信有限公司研究院融合创新中心总监、高级工程师, 主要从事与 5G 工业互联网技术/标准/产品研发等相关的管理工作。

吴健 (1979-), 男, 联通数字科技有限公司企业数字化产品部总经理, 主要从事企业数字化产品等研发管理工作。

赵文东 (1982-), 男, 中国联合网络通信有限公司研究院融合创新中心室主任, 主要从事与 5G 工业互联网技术/标准/产品研发等相关的工作。

王延刚 (1982-), 男, 中国联合网络通信有限公司甘肃省分公司酒泉市分公司副总经理, 主要从事政企管理工作。

赵云峰 (1982-), 男, 现就职于联通数字科技有限公司企业数字化产品部, 主要从事企业数字化产品等研发工作。

狄子翔 (1989-), 男, 现就职于中国联合网络通信有限公司研究院网络智能运营研究中心, 主要从事与 5G 网络智能化运营等相关的研发工作。

顾照杰 (1990-), 男, 现就职于中国联合网络通信有限公司研究院数字经济研究中心, 主要从事与智慧城市、数字政府等相关的研发工作。

邹贵祥 (1993-), 男, 现就职于中国联合网络通信有限公司研究院融合创新中心, 主要从事与 5G 工业互联网等相关的工作。