流程行业边缘计算解决方案白皮书

中国信息通信研究院

工业互联网产业联盟

2022年5月

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

编写说明

编制单位及编写组成员（排名不分先后）:

中国信息通信研究院:

胡钟颢、王哲、朱璎、曹蓟光、汤立波、黄颖

中国移动通信集团有限公司:

罗达

中国联合网络通信有限公司:

陈丹、肖羽、傅成龙

中国电信研究院:

段惠斌、丁鹏、薛裕颖

大庆油田信息技术公司:

纪德伟、孙宇

中国华能集团有限公司信息中心:

孟子涵

华为技术有限公司:

孔令波、黄还青

腾讯云计算（北京）有限责任公司:

彭超、刘海涛

杭州和利时自动化有限公司:

翟庆明、李昱、孙继超

浙江蓝卓工业互联网信息技术有限公司:

邵黎勋

天合云能源互联网技术（杭州）有限公司:

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet

方斌

石化盈科信息技术有限责任公司:

程中林

恒力石化股份有限公司:

余斌

罗克韦尔自动化（中国）有限公司:

李铮、郑韬、林李智

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

前 言

新一轮产业变革进程不断加速，以信息通信技术驱动的数字化转型成为企业发展的重要方向，工业互联网、5G 等垂直领域应用的蓬勃发展，带来了大量数据就近处理和分析需求，边缘计算通过就近提供边缘智能服务，成为产业数字化转型的关键支撑技术。

为推动边缘计算产业发展，工业互联网产业联盟在 2020 年发布《离散制造业边缘计算解决方案白皮书》。根据离散行业的特点，针对其制约因素，阐述了边缘计算的发展和应用是如何打破桎梏，推动了离散行业的数字化转型。

在《离散制造业边缘计算解决方案白皮书》基础上，工业互联网产业联盟进一步调研流程行业转型所面临的阻碍以及当前边缘计算在其应用的现状，继续探究边缘计算为流程行业工厂现场带来的价值，基于原有框架建立了适用于流程行业边缘计算参考实施架构和技术体系，最后提出流程行业边缘计算技术和产业化发展意见，发布《流程行业边缘计算解决方案白皮书》。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

目 录

一、边缘计算在流程行业的应用价值 1
（一）流程行业高质量发展对边缘计算能力的需求分析 . 1
1.流程行业数字化转型面临的挑战 1
2.边缘计算为流程行业高质量发展带来的现场价值 . 2
（二）边缘计算在流程行业的应用现状 4
1. 边缘计算在电力行业的应用现状 4
2. 边缘计算在石化行业的应用现状 5
3. 边缘计算在钢铁行业的应用现状 7
4. 边缘计算在水泥行业的应用现状 8
5. 边缘计算在有色金属行业的应用现状 9
二、流程行业边缘计算体系功能架构 10
(一) 功能架构 10
(二) 部署架构 13
1. 5G MEC 边缘计算部署模式 14
2. 现场级边缘计算部署模式 17
3. 云原生边缘计算部署模式 19
三、流程行业边缘计算应用典型案例 21
（一）电力（火电）行业边缘计算应用典型案例 21
1. 应用场景 21
2. 技术方案 21
3. 实施效果 23
（二）电力（风电）行业边缘计算应用典型案例 23
1. 应用场景 23

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

2. 技术方案 24
3. 实施效果 25
（三）石化行业边缘计算应用典型案例 26
1. 应用场景 26
2. 技术方案 26
3. 实施效果 30
（四）钢铁行业边缘计算应用典型案例 31
1. 应用场景 31
2. 技术方案 32
3. 实施效果 35
（五）水泥行业边缘计算应用典型案例 35
1. 应用场景 35
2. 技术方案 35
3. 实施效果 37
（六）有色金属行业边缘计算应用典型案例 38
1. 应用场景 38
2. 技术方案 39
3. 实施效果 41
四、 流程行业边缘计算发展趋势及建议 41
(一) 强化政策制度保障 41
(二) 加速关键技术攻关 41
(三) 完善标准体系建设 42
(四) 推进规模应用部署 42

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

一、边缘计算在流程行业的应用价值

（一）流程行业高质量发展对边缘计算能力的需求分析

1.流程行业数字化转型面临的挑战

随着工业化和经济的快速发展，我国的流程行业正向着数字化、智能化的方向发展转型，但是制约流程行业转型的因素仍存在很多，主要体现如下：存在信息孤岛现象，信息传递不及时全面；数据价值挖掘不深入，存在行业 know-how 壁垒；传统设备维护资源耗费大，预测性维护应用不广泛；各系统层次架构不清晰，异构系统间数据协同程度低；智能控制技术应用不足，节能技术改造任重道远等均给流程行业的转型发展造成阻碍。

存在信息孤岛现象，信息传递不及时全面。

流程行业大量设备和传感器处于环境极端、地理偏远地区，不具备良好网络条件，设备运行状态数据无法被及时采集。同时，设备普遍转数较高且数据量大，也给采集造成了困难。另外，不同供应商不同时期上线的控制系统、监视系统、制造执行系统以及辅助业务系统间往往相互独立，数据不能有效地交换和共享。

数据价值挖掘不深入，存在行业 know-how 壁垒。

流程行业现场实时产生大量数据，包含着丰富信息，这些信息真实地反映着现场的运行状态，对其有效挖掘和利用对于企业的生产优化和正确决策有重要意义。一般情况下，现场数据分析主要由具有丰富行业经验的专业人员完成，存在技术壁垒，而且，靠专业人员完成

的数据分析有时也难以全面覆盖所有数据。另外，流程行业某些传统工艺会受环境、季节、催化剂和传感器老化等因素影响，具有时变性质，固定参数的静态模型因不能表示这样的时变过程而产生大量误报，造成工厂或设备单元停产，导致损失。

传统设备维护耗费大，预测性维护应用不广。

流程行业产线固定、设备投资大，需要通过维护延长设备使用周期。目前，对设备的检修维护模式为计划性检修，根据设备生产商提供的经验或数据，制定周期性维护计划，当设备达到检修期限，无论设备状态如何，都统一进行更换、升级。预测性维护通过实时采集设备运行数据进行分析判断，按需检修，能够有效降低人员工作量、减少现场停机时间和提高设备使用寿命，但目前其应用在传统流程行业并未广泛铺开。

智能控制技术应用不足，节能技术改造任重道远。

流程行业高耗能、高排放，普遍使用能源管理系统进行企业能耗的监视和管理调度，这种事后处理方式，难以满足现阶段“双碳”对于企业节能减排的相关要求。智能的信息模型和先进的控制算法的应用，可以完善现有的能源策略和优化工艺流程，实现对能源的统一调度、动态平衡和高效配置，从根本上减少能耗和排放，但相关解决方案在流程行业的应用仍不充分。

2.边缘计算为流程行业高质量发展带来的现场价值

边缘计算是在靠近物或数据源头的网络边缘侧，融合网络、计算、存储、应用核心能力的分布式开放架构，就近提供边缘智能服务，满足行业数字化在敏捷联接、实时业务、数据优化、应用智能、安全与

隐私保护等方面的关键需求。边缘计算主要在如下方面给流程行业带来现场价值:

增强数据处理的实时性，减轻云端计算压力。

边缘计算在现场侧对设备、传感器和仪表等终端进行数据采集，有效避免了以往将数据长距离传输至中心机房或云端而面临的网络资源不足和信号干扰等问题的风险，可以最大限度地保证数据采集的实时性。同时，通过边缘侧提供的算力，可以对采集的数据进行实时的过滤、处理、分析和反馈，极大地减轻了全量数据在云端进行处理的算力压力。另外，通过边缘计算提供的开放性的平台，可以实现不同供应商不同时期上线系统的利旧和互通融合。

充分发挥数据价值，助力打破行业 know-how。

边缘计算结合人工智能可以助力流程行业数据价值的深入挖掘，解决现有数据模型不能反应真实场景的问题，打破行业 know-how 壁垒。边缘计算对从传感器和执行器采集的数据进行过滤、预处理，然后训练人工智能模型，使模型不断更新，最大程度接近真实场景，从而提高工艺模型的精确性，减少误报，提升数据的价值。

结合预测性维护技术，提升设备生产效率。

流程行业因其设备需保证长时间无故障运转，设备维护尤其重要。边缘计算可以通过设备数据的获取和特征提取分析，进行状态识别和设备健康度预测，最后通过判定预测可信度来确定维护策略并实施维护。边缘计算结合预测性维护可以优化维护成本、最大化提升生产效率、减少设备停机时间和提高设备的使用寿命。随着传感器和边缘计算技术的日趋成熟，预测性维护的准确性和成熟度会更快地发展和突破，在流程行业的应用也会越来越广泛。

优化生产工艺，助力节能降碳。

流程行业传统的控制方式是 PID（比例-积分-微分）控制，缺点是难以处理多变量和控制滞后。目前，有些工业控制企业集成了模型预测控制软件系统作为系统级边缘计算载体，通过利用预测模型、系统历史数据以及未来输入来预测系统未来的输出。这种边缘计算控制系统能够通过降低系统反应时的波动振幅来改造整体工艺的效果和量化价值，达到降低能耗、减少碳排放的核心目的。同时，利用动态数学模型可以快速进行工程投入，缩短模型学习时间，降低实施成本。

（二）边缘计算在流程行业的应用现状

1. 边缘计算在电力行业的应用现状

电力产品在人们社会生活中的特殊地位，使其在发电、输电、配电、售电和用电过程中的实时性和可靠性具有极强的经济意义。电力企业生产过程中有信息流、物质流和连续的能源流产生，并伴随着复杂的物理化学反应和物质能源转化传递。提高电网企业和发电企业在设备数据收集、设备智慧运维和用电发电安全监控等方面的效能，成为亟待解决的难题。边缘计算技术的应用可以帮助电力行业解决上述难题。边缘计算在构建低时延、轻量级、高可靠和智能化的智慧电网方面具有明显优势，目前，边缘计算在电力领域的应用以实时数据采集和边缘智能为主。首先，边缘计算解决了从控制系统有序高效地采集实时数据，并按照统一的数据标准把数据汇集到区域数据中心的问题。在现场实时数据采集的过程中，标准的统一网关逐步形成，广泛的协议解析能力也得到强化，使现场数据采集更加标准化、自动化和

灵活化。其次，随着边缘端的数据处理能力不断强化，边缘智能将成为电力行业发展的重要趋势。

当前，头部能源行业企业均积极引入边缘计算来提升企业的数字化和智能化水平。华能集团自主开发了工业智能平台，其功能组成分别为边缘侧数据采集和汇聚，数据计算和挖掘结果展示。目前该系统已在小湾电厂完成搭建，在实时数据监视报警的基础上，实现了数据聚合监视、特征值报警、故障预测等功能，提升了设备运行、维护和检修精细化、精益化水平；国家能源集团下属的乌海能源，在边缘侧应用了电厂输煤皮带安全管控系统，该系统实现通过智能相机对结构进行图像采集、分析、计算，并利用图像算法针对结构光的特征变化进行识别，判断皮带是否有发生撕裂的状况，以提升企业安全管控水平；大唐电信的边缘物联终端已应用于雄安新区的开关站，该边缘物联终端集电参量采集、环境监测、全景可视化等智能化功能为一体，远程对设备运行状态进行监控，进而降低设备故障发生频率。对频率较高的故障，通过边缘计算分析其趋势性，分析故障发生原因，科学评估设备状态以减少运维工作量，为用户提供更好的运维服务。

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet

2. 边缘计算在石化行业的应用现状

石化行业包括石油石化和化工两大部分，主要是对原油和天然气进行加工、销售。石化行业涉及的原料危险性大，许多物料易燃、易爆、剧毒和强腐蚀。另外生产过程需要经历多物理、化学过程和传质、传热单元操作，控制条件苛刻且易发生灾难性事故。同时，生产装置大型、技术资金密集，一旦发生事故无论影响还是财产损失，其规模均难以想象。边缘计算因其实时性和智能性的优势，可以在智能监控

和网络安全防护等方面助力石化行业的安全生产。目前边缘计算在石化行业主要有三方面应用。一是边缘计算赋能油气生产数据采集和协议整合。边缘计算将端侧产生的数据进行采集和处理，形成实时的示功图数据传输至 SCADA、DCS 等系统。在此过程中，生产单元繁杂的通信协议被统一转化为 OPC UA 等协议。二是边缘计算助力石化厂商智能化建设。利用视频摄像头采集的源数据，边缘计算可以智能化地应用，如进行井场内的电子围栏告警、安全作业监管、环境保护监管等。三是边缘计算支持石油石化生产网络的安全防护。安全防护是石油石化生产网络中的一项重要前提，目前一个很突出的矛盾是在边缘侧部署安全设备投入较大，且会降低通信效率和运维效率，一定程度上影响生产业务安全。因此可在通信设备上构建边缘计算能力，将一定的安全功能集中在交换机等网络设备当中，由边缘计算赋能端侧安全管控。

石化行业的龙头企业，为解决行业安全生产的痛点问题，目前都在企业内积极促进边缘计算应用的落地。中国石油构建以生产指挥系统和应急管理系统为主要模块的边缘计算平台，借助视频终端、工控采集终端 PLC 的边缘计算智能监控、智能分析功能，来实现油气生产建设实时监控，异常情况实时报警，信息指令实时推送等功能，提升了本质化安全管理水平和生产管理效率，助推生产调度工作方式变革；中国石化应用网络切片+MEC+UPF（用户面功能）技术，形成石油化工企业的整体边缘计算解决方案，在物料管理、生产调度、环境监测等多场景实现节电减排，节省燃料减排；恒力石化的边缘计算数字孪生项目建设，在设备域应用边缘计算对物理设备建立实时、系统的数字孪生模型，实时分析海量数据，预测设备状态，仿真设备运行，企业

因此可以随时掌握相关设备的健康状态，促进了设备监控模式的转变，提高设备管理效率并降低设备故障隐患。

3. 边缘计算在钢铁行业的应用现状

钢铁行业产业规模巨大、工序多且流程复杂。随着近十几年的发展建设，形成了巨大的产能，同时行业的整体自动化与信息化水平也有很大程度提高。钢铁行业生产过程中，产线控制系统产生大量的过程数据，包括设备数据、工艺数据、操控数据、质量数据、能源数据、班组数据等等，这些数据携带着生产过程的全方位信息，直接或间接的反映着生产过程细节。边缘计算可以实时地采集整理这些数据，并对此进行分析和挖掘，实现模型的优化控制和实时的在线分析等功能，促进钢铁行业的工艺、控制的优化和生产过程管理水平的提升。边缘计算目前典型应用是在钢铁行业轧钢系统的智能控制。在轧钢系统中，大功率电动机工作期间的温升会影响电动机的使用效率，一般通过通风等方式降低（稳定）电机工作温度。利用基于现场控制器 PLC 框架的边缘人工智能计算模块，可以找到工作主电机的温升与风机电机频率的关系，当工作主电机温度异常升高，自动停止主电机运转或改变通风系统的频率，以此来提高电机运行效率，减少能源浪费和降低电机损坏的可能性。

国内先进的钢铁企业，近年来都在构建实施自己的边缘设备或边缘平台。宝钢自主研发的 Pidas 系统，以边缘采集、处理和存储生产、工艺、设备和性能数据等为主要功能，在设备状态监控、远程设备运维、工艺评估设计和产品质量监测等多个工业环节已有应用，促进了边缘计算在钢铁行业的应用落地，提高企业管理决策的精度和效率；

鞍钢股份冷轧厂利用 5G MEC 和机器视觉技术，实时拍摄钢板表面图像无延时上传至 MEC，告别了肉眼检查和进口单机表检仪时代，通过缺陷库分析比对，钢板的缺陷识别率、产出率大幅提升；首钢集团京唐公司，基于 5G 和边缘计算技术，应用于天车的钢材向酸洗车间运输功能。通过低时延的 5G 实时回传高清画面，远程调用边缘控制，实现天车的无人化，提高了运输效率且减少了人为事故的产生。

4. 边缘计算在水泥行业的应用现状

水泥行业因其下游产业涉及房地产、水利、国防以及农村建设等使其在我国经济建设中具有重要地位。因其物料、生产要素以及工艺等制约，在生产过程中面临着种种安全风险，主要包括人为不安全行为、设备管理不当和设备故障、安全防护不到位、检修未落实等等。边缘计算在水泥行业的设备故障状态的工况识别和预警等方面的应用，可以确保连贯生产并达到安全管理优化的目的。边缘计算在水泥行业的主要应用是实现生产过程的视觉分析、设备参数采集、人员安全管理、危险区域巡检和 AR 远程维护等功能。同时，在皮带廊道的运输中，5G 和边缘侧机器视觉技术的结合，已实现了水泥工厂设备故障状态的工况识别和预警。另外，在安全生产监测方面，边缘计算在水泥行业的应用场景包括安全帽佩戴监测、进入去安全监测和驱动轮打滑监测等。

水泥行业领先企业，在矿山、工厂等主要生产场景中，正在深入边缘计算技术的应用。华润水泥通过 5G SA 独立组网方式，结合边缘计算方案，使主厂区、粉磨站厂区和矿山开采区的现场监测检测设备、移动终端设备和视频监控等配套系统，实现数据无线传输和集成和生

产工艺、质量检测等生产数据的实时在线分析；海螺水泥基于电信提供的 5G 边缘计算+切片技术方案，在智慧矿山和智能工厂等场景，实现 VR 工业辅助、AI 监测分析、智能安防、设备控制等应用的落地；华新水泥在边缘侧建立智能安全生产系统，结合海康威视具有边缘计算能力的 AI 摄像头，对主机设备和窑况进行巡视，并进行异常报警和自动调整处理或给出处理建议。

5. 边缘计算在有色金属行业的应用现状

有色金属行业包括矿产勘探、矿产开采、选矿、冶炼、金属加工和终端消费品生产等领域。目前有色金属行业存在的普遍问题是处于同一链条的上下游企业的信息化建设以及企业内各部门间的信息化建设不平衡，无法形成业务流程的整合和协同。边缘计算通过其强大的连接性和协议整合能力，可以解决上述问题。目前边缘计算在有色金属行业的典型应用是实现在矿产开采生产中，各专业系统的联通。在井下矿产开采中一般建有井下环境监测系统、井下人员定位系统和井下通风系统。各系统间相互独立互不联通，无法充分合理地协调各系统功能，不利于通风管理及通风安全和能耗管控。边缘计算集成通风系统的动态仿真应用，建立了与井下环境监测系统、井下人员定位系统和井下通风系统的联通，通过获取各种传感器采集风量、毒害气体的实时参数，以及井下人员的分布状态，通过精确分析计算，实现按需调整风机风量，达到安全和节能最终目的。

国内有色金属行业的典型性企业，为企业内降本增效，近年来纷纷在边缘计算技术上有所布局。中铝智能通过建立边缘计算终端对生产设备、人工数据、仪器仪表、监控设备等进行数据采集，对接 ERP

系统、能管系统等以实现锻造厂挤模压生产线的工艺管理、设备监控质量管理等功能，从而提高产品质量、减少能耗、管控效率，经济效益显著；紫金矿业自主打造了紫金方舟平台，该平台在 IaaS 层实现边缘端的数据采集和边缘控制，其上搭载的软件应用覆盖生产、采购、销售等诸多环节，支撑对从单个矿山到集团层面的管理，实现了企业层面的数据的互联互通；江西铜业城门山采矿基地目前部署入驻式 MEC 设备，基于 5G 切片网络营造确定性网络环境，实现生产数据不出园区，同时也通过边缘计算节点的就近部署，显著降低业务传输时延，使得采矿设备在远程操控应用效果方面有了显著提升。

二、流程行业边缘计算体系功能架构

（一）功能架构

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet



图 1 流程行业边缘计算功能架构图

基于流程行业特点，根据边缘计算在流程行业的应用现状，本文概括提出流程行业的边缘计算功能架构如图 1。在边缘层主要包括边缘控制、边缘网络、计算、存储、运维和边缘智能等类别的功能。

边缘控制能力主要体现在边缘端对现场层设备的控制能力，包括传统流程行业的逻辑控制、PID 控制、批量控制、复杂控制、联锁控制和运动控制等。

边缘网络能力包括了数据采集、协议转换、5G 网络、TSN 和专业系统联通等。数据采集和协议转换是边缘端的基本能力，边缘端通过

有线或无线方式与现场层设备、传感器、执行器建立物理连接后，通过边缘端支持的多种总线协议和工业以太网协议（例如 Profinet、Ethernet/IP、Modbus TCP、Modbus RTU，OPC UA、OPC DA、Profibus-DP、Deveice NET、Etherncat 等）进行大批量数据的实时采集。同时，通过边缘端的协议解析能力，将采集数据进行过滤、映射或转换等处理，再通过 OPC UA 或 MQTT 等协议北向传输处理过的数据。5G TSN 在边缘计算网络端应用具有确定性趋势，兼具 TSN 的确定性传输、低抖动特点和 5G 的低时延、高可靠特点，是未来工业互联网无线化发展的重要基础。专业系统联通是流程行业边缘计算应用能力的特有特点。流程行业普遍厂区跨度大、生产危险性高，所以应用很多专业系统协助管理，边缘计算通过其网络能力，将各系统连接成网，实现了专业系统间的数据共享和服务协同。

边缘层的计算能力在流程行业的应用主要包括数据分析、数据清洗和异构计算等。数据分析指的是通过规则引擎对采集的数据进行数据筛选、过滤或抽取等预处理。数据清洗是在边缘对数据进行审查和校验，从而删除重复信息和纠正错误以达到数据一致性的目的。因工业现场协议繁多且数据量巨大，所以在边缘端实现数据初步整合和清洗是必要的。另外，边缘层设备种类多样，在资源、架构、能耗等方面存在较大差异，存在不同的计算需求，所以在边缘层构建集成多芯片的异构计算功能，提供并行计算、人工智能、视频编解码等适用于不同工业场景的计算能力。

边缘层的存储能力主要包括数据存储和数据备份。边缘端可提供典型的数据存储能力：（1）时序数据。存储现场产生的实时数据如电网发电设备的集中监测数据和石油化工行业油井、运输管线运输车队

的实时监测数据等。（2）业务数据。存储如现场操作人员的登录、登出系统等非实时变化的业务数据。（3）非结构化数据。存储现场摄像头产生的视频数据等。同时，边缘端不仅可以将以上类型数据进行存储，也提供数据备份和数据恢复能力，防止系统崩溃后数据丢失的情况发生。

边缘层的运维能力是边缘层的基础能力，主要包括日志管理、监控中心和安全管理。日志管理是对边缘端的系统或应用的用户操作、环境和数据等状况进行记录，以文件或数据库等方式进行存储、删除和调取查阅等管理。监控中心是对边缘系统的软硬件状态进行的实时监控，并通过仪表盘等形式向管理者进行展示或交互。安全管理主要是对边缘系统的身份认证、网络安全和数据安全等进行限制和管控。

边缘层智能能力在流程行业应用包括边缘智能和智能控制。边缘智能是边缘计算与人工智能融合的新范式，提供了边缘侧的建模能力、数据汇聚和分析能力、控制能力。边缘智能从延迟、内存占用量和能效等方面，进行边缘计算节点上智能推理加速和多节点智能训练算法的联动，完成轻量级、低延时、高效的人工智能计算。

边缘层和云层的系统，会开放能力给各个应用，应用在其生命周期内，通过 API 的形式调用平台的能力，以完成执行逻辑。流程行业典型的应用包括视频监控、行为监管、排放监测、预测性维护等。

（二） 部署架构

边缘计算已经进入全面产业化初期阶段，已初步形成了 5G MEC、现场级边缘计算、云原生边缘计算三种发展路径及其对应的部署模式。由电信运营商主导的 5G MEC 路径，依托运营商网络优势实现对网络

能力和计算能力的融合和调用，适用于对网络能力要求较高的应用；由设备厂商和工业企业主导的现场级边缘计算，依托行业专业优势，适用于对时延、安全、性能和自管理要求严格的应用；由 IT 企业主导的云原生边缘计算，依托云计算优势，关注边缘协同，适用于对云服务延申有需求和数据管控有较高要求的应用。[2]上述三种边缘计算部署模式的发展各具优势,同时也会受到相应的限制。在实际的部署中，这三种并非是完全互斥、没有交集。相反，能够在合理的范围内相互融合,促进标准的统一,将进一步推进边缘计算产业化和规模化。

1. 5G MEC 边缘计算部署模式

流程行业工厂内网络连接的主要方式是采用现场总线和工业以太网等有线连接方式,但因其广泛具有生产区域跨度大和大量使用动设备等问题，往往很多生产重要环节的数据点采集困难，难以做到应采尽采，如果重新布网难度很大且成本较高，因此采用 5G MEC 的方式是比较好的解决方案。5G 实现了控制面和用户面的分离，其核心网控制面中心化，而用户面功能下沉到边缘层，数据可以在边缘就近处理，是保证稳定低时延的手段，从而实现数据的全面及时的采集和处理。

MEC 一般可分为边缘计算管理平台(MEMP)及边缘计算平台(MEP)。MEMP 负责资源管理及业务编排、运营管理，与边缘的业务实现没有直接关系，可不占用边缘稀缺服务器资源，一般集中部署于运营商省级中心，与 5GC 部署位置相同。MEP 可为用户提供网络、计算、存储等基础能力，并可承载业务应用，与 5G UPF 的下沉和分布式部署相互协同，可下沉到地市、区县，甚至是边缘接入局所及工厂机房。5G

MEC 边缘节点的建设，主要指 UPF+MEP 的建设部署。UPF 和 MEP 采用松耦合方式，可分别独立部署。

根据用户对于成本、性能、安全要求不同，主要有以下三种模式。

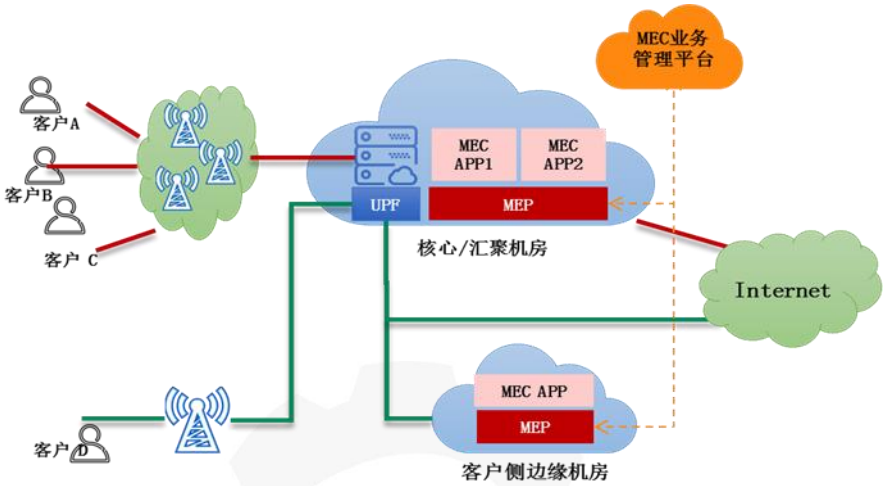


图 2 5G MEC 建设部署模式

1）边缘网络和边缘节点共享（UPF 共享+MEP 共享）

成本较低，适合要求提升业务实时体验的企业。UPF 网元及 MEC 平台均部署在运营商机房，客户共享 UPF 网元，运营商为不同客户配置不同的分流策略。MEP 采用多租户模式，为不同客户分配逻辑隔离的基础资源和业务资源。UPF 网元及 MEP 部署层级越高，部署和维护保障越方便，机房条件越好，客户业务得到更好运维保障且资费也会相对低廉。

2）边缘网络共享、边缘节点专享（UPF 共享+MEP 专享）

成本相对较高，适合可靠性要求高，网络时延 20ms 以内，业务量较大的企业。UPF 网元部署在运营商机房，MEP 部署在运营商边缘机房或客户侧机房。UPF 与 MEP 之间采用专线对接。客户共享 UPF，为不同客户配置不同的分流策略。MEP 资源专享，应用部署及数据存储可按需均在客户本地，满足企业本地化独享的安全需求。MEP 部署

在边缘机房或客户侧，对维护水平要求较高，需要更高的业务保障和响应。

3) 边缘网络和边缘节点均专享（UPF 专享+MEP 专享）

成本较高，适合对数据隔离要求高，业务量大的企业。针对客户对数据安全、本地部署、处理时延有极高要求的，可提供定制化部署服务在网络安全的前提下,UPF 网元和 MEP 都部署在客户侧接入机房，客户专享 UPF 网元和 MEP。提供专用边缘分流服务，实现本地数据终结，满足数据不出厂的要求。

整体来讲，5G MEC 的组网、部署应视服务范围、用户特点，按需采用差异化的部署方式，一般是按时延要求来选择部署，对于时延不敏感的超大带宽业务也可酌情下沉一级部署。部署过程中还需考虑安全要求，比如边缘 UPF 和 MEC 平台、MEC 平台与云平台的组网安全以及 MEC 平台与工厂应用间的安全防护与隔离等。MEC 部署在更高层级的机房，可以为设备带来更高的容灾、维护和安全级别、从而为业务带来更高的安全性保障，且可以提高 DC 资源池共享率。因此，建议除了工厂侧明确要求部署在本地机房的情况，在业务指标需求可以满足的情况下，MEC 平台与 UPF 同机房部署，并尽可能的部署在更高层级的机房。

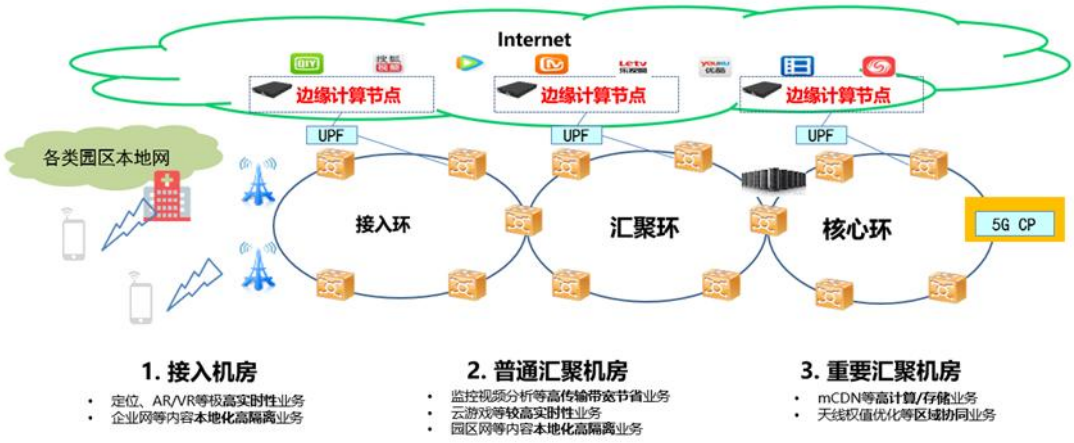


图 3 5G MEC 部署机房位置

2. 现场级边缘计算部署模式

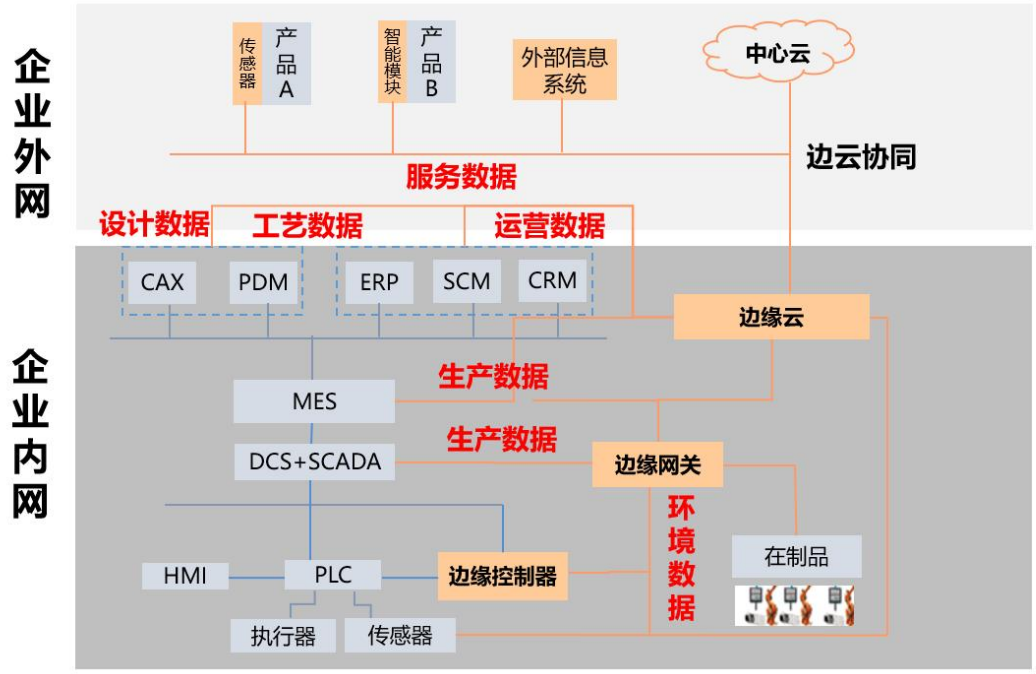


图 4 现场级边缘计算部署架构图

流程行业是闭环工艺流程，每个工艺的数据节点位置不同，边缘计算的部署和逻辑与离散制造业有区别。流程行业对于边缘计算的部署需求：（1）在设备单元层级，部署边缘计算功能，对工艺设备、风机、水泵等单体设备（不可生产交付物设备）进行维护、诊断、预测

分析保证工艺参数稳定。（2）在 DCS 系统之上部署边缘计算系统，对整个生产工艺的各个连续工序的计算优化，给出最优解，并且闭环执行指令。

参考流程行业边缘计算的部署需求，并结合流程企业的实际情况，本文提出如图 4 中所示的流程行业现场级边缘计算部署模式。在企业内部，自动化和信息化系统主要分为三个层级即过程控制层（如 DCS、SCADA、PLC 等），制造执行层（MES 等）和管理决策层（ERP 等）。因流程行业生产特点，大部分流程企业自动化信息化程度比较高，系统建设相对比较完善。边缘计算的实施架构不会取代原有系统，而是与其进行紧密结合。边缘计算一方面可实时地采集海量现场数据，然后或是利用其本身提供的算力进行动态的数据过滤、分析和处理，或是协同中心云并结合边缘智能，将数据过滤后提供给模型进行训练；另一方面，经过边缘计算处理的结果数据也可以作为源数据提供给其他系统，作为参考和决策的依据。

流程行业的边缘计算实施架构包括边缘控制器、边缘网关、边缘云。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

边缘控制器在边缘侧连接各种现场设备，进行工业协议的转换和适配，统一接入到边缘计算网络中，并将设备能力以服务的形式进行封装，实现物理上和逻辑上生产设备之间通信连接。

边缘网关是指具备边缘计算、过程控制、运动控制、机器视觉、现场数据采集、工业协议解析能力的边缘计算装置。边缘网关能适应工业现场复杂恶劣环境，满足国内主流控制器、工业机器人、智能传感器等工业设备的接入和数据解析的需求，支持边缘端数据运算及通过互联网推送数据到工业互联网平台。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：https://d.book118.com/228115044014006034