

工业互联网与工程机械行业融合应用参考指南

(征求意见稿)



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

工业互联网产业联盟 (AII)

2023 年 5 月

声 明

本报告所载的材料和信息，包括但不限于文本、图片、数据、观点、建议，不构成法律建议，也不应替代律师意见。本报告所有材料或内容的知识产权归工业互联网产业联盟及其他参与编写单位所有（注明是引自其他方的内容除外），并受法律保护。

如需转载，需联系本联盟及其他参与编写单位并获得授权许可。未经授权许可，任何人不得将报告的全部或部分内容以发布、转载、汇编、转让、出售等方式使用，不得将报告的全部或部分内容通过网络方式传播，不得在任何公开场合使用报告内相关描述及相关数据图表。违反上述声明者，本联盟将追究其相关法律责任。

工业互联网产业联盟

联系电话：010-62305887

邮箱：aia@caict.ac.cn

编写说明

党的二十大报告提出：“促进数字经济和实体经济深度融合，打造具有国际竞争力的数字产业集群。”作为新一代信息通信技术与工业经济深度融合的关键基础设施、应用模式和工业生态，工业互联网通过对人、机、物、系统等的全面连接，构建起覆盖全产业链、全价值链的全新制造和服务体系，为工业乃至产业数字化、网络化、智能化发展提供了实现途径，是第四次工业革命的重要基石，成为推动数字经济增长的新引擎和实体经济跃升的加速器。党中央国务院高度重视工业互联网发展，围绕顶层设计、项目试点、集群发展、生态构建等方面开展了系列工作，在政产学研用各方的共同努力下，我国工业互联网正迈入快速成长期，基础设施支撑能力不断完善，“5G+工业互联网”在重点领域和优势区域进行示范推广，行业融合应用持续深化，初步形成了平台化设计、智能化制造、个性化定制、服务化延伸、数字化管理、网络化协同六大类典型应用模式。

工程机械行业是我国国民经济发展的重要支柱产业，在我国重大工程项目建设、新型城镇化建设进程中发挥了至关重要的作用。近年来，工程机械行业基于国内外发展形势和自身转型升级需求，不断推进工业互联网建设与实践，提质、

增效、降本、绿色、安全发展成效初显，一批智能车间、智能工厂和“5G+工业互联网”示范标杆不断涌现。但同时也应看到，工程机械行业的工业互联网融合应用仍以点状探索为主，尚未形成可复制、可推广的经验模式，大量企业在不同程度上还存在工业互联网价值认识不到位、应用模式不清晰、建设路径待摸索等问题，在“建不建、怎么建、找谁建”等问题上徘徊不前。因此，一套系统的工程机械行业工业互联网融合应用方法论对行业转型将具有重要价值。

为更好的解决工程机械行业痛点问题，加快推进工业互联网与工程机械行业融合创新应用，促进行业转型升级与高质量发展，工业互联网产业联盟联合行业协会、工程机械企业、解决方案服务商等相关单位研究编制了《工业互联网与工程机械行业融合应用参考指南（征求意见稿）》，旨在为工程机械行业工业互联网建设过程中的需求场景识别、应用模式打造、关键系统构建和组织实施方法提供参考借鉴。

工业互联网与工程机械行业融合应用总体还处于起步阶段，当前我们对实施路径的探索也还是初步和阶段性的，后续我们将根据实践情况和来自各界的反馈意见，在持续深入研究的基础上适时修订和发布新版报告。

组织单位

工业互联网产业联盟

中国工程机械工业协会

长沙经济技术开发区管理委员会

编写单位（排名不分先后）：

中国信息通信研究院

长沙市工程机械行业协会

国重智联研究院

中南大学

湖南大学

三一集团有限公司

山河智能装备股份有限公司

徐工集团工程机械股份有限公司

中国铁建重工集团股份有限公司

中联重科股份有限公司

中铁高新工业股份有限公司

中国联合网络通信集团有限公司

中国联合网络通信有限公司研究院

中国联合网络通信有限公司江苏省分公司

中国联合网络通信有限公司江西省分公司

中国联合网络通信有限公司湖南省分公司

中国电信股份有限公司湖南分公司

树根互联股份有限公司

徐工汉云技术股份有限公司
广西七识数字科技有限公司
潍柴智能科技有限公司
中兴通讯股份有限公司
上海优也信息科技有限公司
广东传感时代科技有限公司
深圳市杉岩数据技术有限公司
上海数设科技有限公司
康明斯天远（河北）科技有限公司
浪潮工业互联网股份有限公司
南京维拓科技股份有限公司
千里马（武汉）信息科技有限公司
黑龙江亿林网络股份有限公司
北京东土科技股份有限公司
深圳市三旺通信股份有限公司

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

目 录

一、总则	1
（一）适用范围	1
（二）编制目的	1
（三）编制框架	1
二、工程机械行业融合应用场景需求	2
（一）工程机械行业数字化现状	2
（二）融合应用需求	3
（三）融合创新应用场景	5
（四）5G+工业互联网应用	35
三、工业互联网与工程机械行业融合创新实施架构	43
（一）工程机械行业融合创新应用架构设计思路	43
（二）融合创新实施架构	46
四、工业互联网网络设施建设	48
（一）建设现状	48
（二）建设需求	49
（三）建设部署	50
（四）5G+工业互联网	55
五、工业互联网标识解析体系建设	59
（一）建设现状	60
（二）建设需求	60

(三) 建设部署	62
六、工业互联网平台建设	64
(一) 建设现状	64
(二) 建设需求	65
(三) 建设部署方案	68
七、工业互联网安全防护体系建设	73
(一) 建设现状	73
(二) 建设需求	74
(三) 建设部署	75
八、组织实施	78
(一) 基本原则	78
(二) 实施流程	79
(三) 要素保障	84
附件一 主要供应商名录	86
附件二 典型解决方案案例	90
(一) 智能工厂——三一集团	90
(二) 挖掘机智能工厂——广西柳工	92
(三) 车间智能排产——中联重科	94
(四) 产线柔性配置与资源动态组织——潍柴智能	96
(五) 全流程质量管控——山西建投	98
(六) 基于 5G 的智能化远程施工——山河智能	100
(七) 基于 5G 的装备远程运维——铁建重工	102

（八）供应链弹性管控——徐工集团	103
（九）产品全生命周期智能服务——广西柳工	105
附件三 专业术语解释	107



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

一、总则

（一）适用范围

本指南适用于工程机械制造业【国民经济行业分类（GB/T 4754—2017）行业代码 351】，包括土石方施工工程、路面建设与养护、流动式起重装卸作业、建筑及工业建设工程等各种综合性机械化施工工程所必需的机械装备制造。工程机械产业链上游主要包括为工程机械产品生产制造提供原材料及零部件的相关企业，中游包括挖掘机、起重机、压路机、推土机等不同类型的工程机械企业，下游主要是基建、房地产等对工程机械有需求的行业企业，本指南主要面向中游环节，既适用于具有良好自动化、信息化基础的工程机械企业，也适用于数字化基础较弱，但有进一步改造提升需求的工程机械企业。

（二）编制目的

适应工程机械行业数字化转型需求，促进工程机械企业全面降本增效、提升产品质量稳定性、助力业务增长、打造绿色、安全的生产体系，充分结合工业互联网体系架构设计方法与国内外实践路径编制本指南，旨在为工程机械企业工业互联网建设规划和融合应用提供实施方法与路径参考。

（三）编制框架

指南共分为八个章节：第一章为总则。第二章从工程机械行业融合应用需求场景出发，梳理形成工业互联网应用总体视图。第三章结合需求，基于工业互联网体系架构形成工程机械行业总体实施架构。第四章至第七章深入剖析网络、标识、平台和安全等建设部署路径。第八章总结工程机械企业应用工业互联网开展数字化转型的方法步

骤。最后，指南给出了相关应用领域的供应商名录，为企业实施工业互联网提供借鉴。

二、工程机械行业融合应用场景需求

工程机械行业是国家装备制造业的重要组成部分，其发展与国民经济现代化发展和基础设施水平息息相关。近年来，我国工程机械行业规模快速增长，产业规模从 2015 年的 4570 亿增长至 2021 年突破 9000 亿，发展成为全球工程机械产业最重要力量。至 2022 年，我国工程机械出口金额达 443 亿美元，我国在全球工程机械领域成为门类最齐全、品种最丰富、产业链最完整的国家，拥有 20 大类，109 组，450 种机型，1090 个系列，上万个型号的产品设备。同时，一批大型工程机械产品在全球产业体系中取得领先地位，“蓝鲸号”起重船为全球最大单臂起吊船，三一 SCC40000A 履带起重机为全球最大吨位履带式起重机，“京华号”盾构机为全球第三大开挖直径盾构机等。

（一）工程机械行业数字化现状

数字化对于工程机械企业降本增效，提升客户服务体验继而形成差异化优势有着重要意义。工程机械行业作为我国经济建设的重要支柱产业，历来重视先进制造技术和信息技术的结合发展，已基本形成了较为完备的自动化、信息化体系架构，包括主工序装备实现了较好水平的自动化控制，ERP、MES、PLM 等系统解决方案已普遍应用于大型工程机械企业等，建成了数字化、网络化的作业场景再现与作业参数实时反馈的监控体系，有效的支撑了工程机械研发、制造、施工管理、安全管理、协同作业、应急救援、维保服务、早期故障排除等各环节的高效运营，同时积累了大规模设备状态数据，为进一步提高产品性能和服务能力，推动工程机械行业在产品全生命周期各阶

段的高质量发展奠定了基础。根据《中国两化融合发展数据地图（2020）》统计显示，2020年机械行业两化融合发展指数达51.9，关键工序数控化率为34.8%，数字化水平在所有行业中处于中游水平。

（二）融合应用需求

工业互联网作为新一代信息通信技术与制造技术融合的产物，在工程机械行业的数字化、网络化、智能化发展中正逐渐发挥出核心支撑作用，助力工程机械企业全面降本增效、提升产品质量稳定性、助力业务增长、打造绿色、安全的生产体系。

一是工程机械行业生产工序复杂、制造模式离散，亟需通过数字化提升生产效率，响应市场变化。工程机械产品结构层次多样、制造过程复杂，传统生产方式难以对宏观经济、市场动态、订单需求等进行精准预判，生产效率偏低。因而企业需要借助数字化手段加强生产全生命周期管控，实现高效协同生产，一方面通过自动定位装夹设备、焊接机器人、搬运机器人等自动化设备的使用，融合人工智能、物联网、边缘计算等新技术，提升生产自动化水平，另一方面基于数据的集成打通和建模分析，在提高各工序、各业务、各基地的生产协同程度的同时，也进一步提高制造过程的生产计划优化、资源动态组织、柔性生产作业和精准运营管控水平。

二是工程机械行业产品价值高、备品备件多样，亟需通过数字化实现全周期质量追溯、提升产品质量。工程机械作为国民经济发展的主要生产工具，对质量要求极为严格，且其生产涉及到多个渠道供应的多种零部件的加工、组装，对质量的全流程追溯和全生命周期管控

的需求较大。因而企业需要通过数字化手段提升质量稳定性，利用机器视觉等技术，通过数字化检验设备的使用，针对部件表面划痕、颜色缺陷、涂层厚度等进行自动检测，集成全价值流质量数据，结合质量问题机理模型的构建，建立事前预防、事中控制、事后优化的产品质量管理体系，实现从零部件到整机、从研发到运维的质量在线检测、质量精准追溯、质量动态优化等全生命周期质量管理。

三是工程机械行业周期性较强、供应链复杂，亟需通过数字化提高供应链韧性、降低运营成本。工程机械行业需求主要来自基建及房地产投资，存在周期波动性，同时产品线小批量、多品种，供应链复杂，传统依靠人工的粗放式生产管理容易造成资源浪费。因而企业需要通过数字化手段优化运营管理体系，减少资源和资金低效占用，一是结合智能生产管理系统搭建柔性化产线，实现快速换型生产，节省人力物力。二是基于模型对龙门吊、铣床、镗床等设备数据进行挖掘分析，实现设备故障预警等功能，按需维护设备，降低资源浪费。三是搭建统一的供应链管理平台，推进物流、信息流、资金流全方位融合，实现供应链高效协同，降低供应链运营成本。

四是工程机械行业步入存量市场、用户个性化要求高，亟需通过数字化构建竞争新优势、助力业务增长。随着工程机械整机市场进入存量时代，行业竞争日趋激烈，用户端对于工程机械设备产品及配套服务的要求更高。因而企业需要借助数字化手段响应不断升级的用户端需求，探索更广阔的盈利空间，一方面是基于对以往海量的生产经营数据进行深度挖掘，支撑业务决策，优化生产经营方式，改进产品

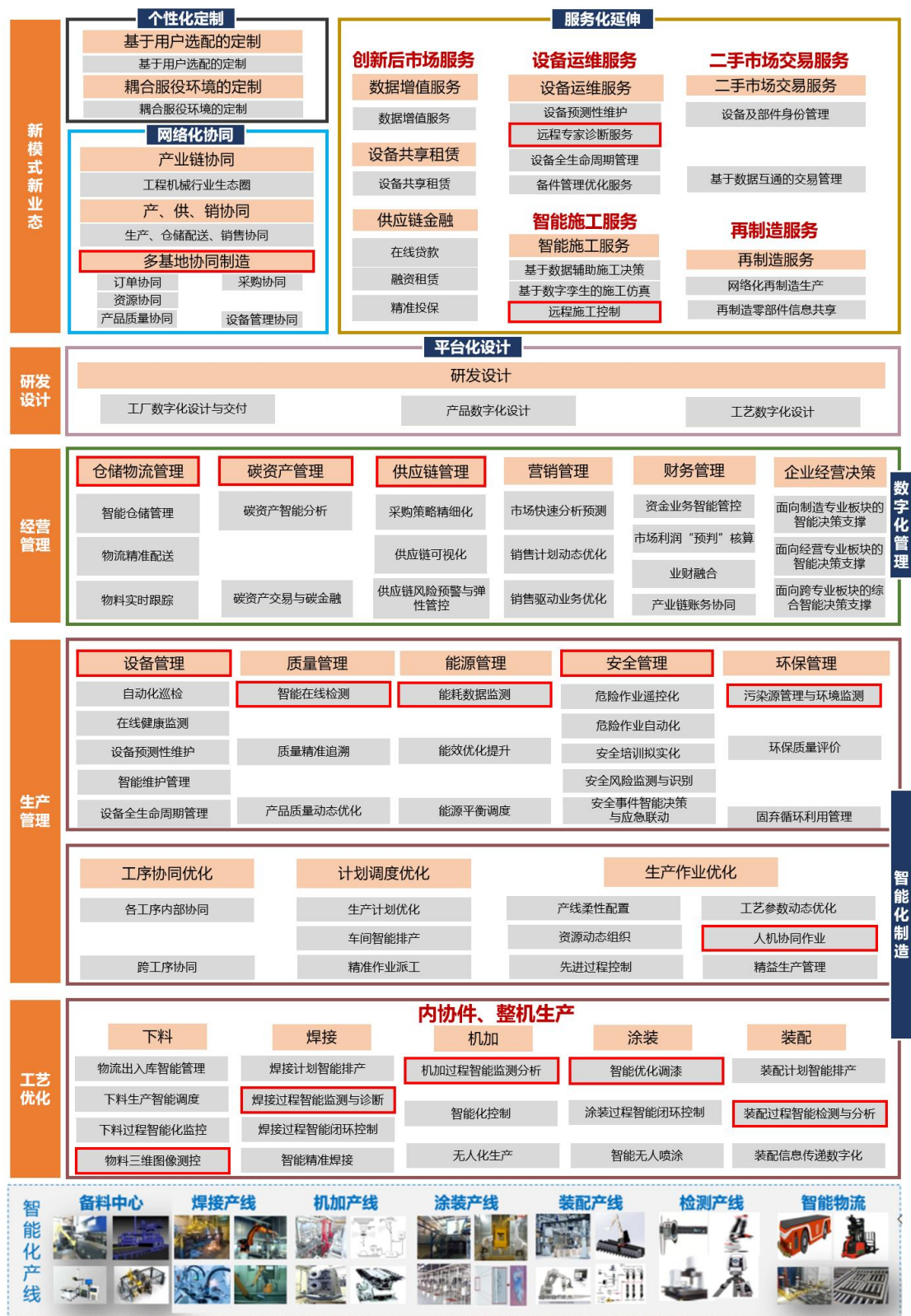
质量和性能，提升客户体验。另一方面是深入探索“制造+服务”的模式，围绕如挖掘机、起重机、泵车、压路机等工程机械设备产品，从单纯生产加工转向提供远程运维、个性化定制、供应链金融、远程施工等创新服务，拓展多渠道盈利模式。

五是工程机械行业具有高能耗、高排放的“双高”特点，亟需通过数字化降低能耗排放、实现绿色生产。在碳达峰碳中和背景下，工程机械行业亟需在自身生产减排、产品节能降耗、供应链高效低碳等方向上进行发力。通过提升工程机械生产制造流程的自动化与智能化水平，减少工序协同不足导致的能耗物耗，提高焊接、加工等设备能源利用水平。加强能源智能化和集成化管控，实现多介质的生产、存储、转换、输送、消耗环节的在线监测和预警，构建模型实现能源动态平衡和优化利用。同时，借助数字化的手段充分发展零部件再制造产业，助力工程机械行业实现“双碳目标”。

需要注意的是，工业互联网是支撑工程机械行业实现高质量发展的重要基础设施，但行业全方位转型升级还需其自身产品、工艺、装备等各领域的发展进步，同时融合大数据、云计算、人工智能等新一代信息技术的使用，推动产业高端化、智能化、绿色化发展。

（三）融合创新应用场景

工业互联网赋能工程机械行业形成平台化设计、智能化制造、个性化定制、服务化延伸、数字化管理及网络化协同六大应用模式，覆盖 27 个应用场景，初步形成 93 个具体应用。



注： 代表5G应用场景

图 2-1 工程机械行业工业互联网创新应用场景总览

1. 平台化设计

将工程机械行业产品、工艺、工厂的各类信息以数字化模型等形式表达,依托工业互联网平台组织研发创新相关资源,结合人工智能、虚拟现实等新一代信息技术,形成数据驱动、虚实映射、高效协同的新型研发模式。

模式 \ 业务	工厂数字化设计与交付	产品数字化设计	工艺数字化设计
基于知识库的设计	●	●	●
数据深度分析		●	●
基于平台的协同工程	●		

图 2-2 设计研发类业务与工业互联网应用方式对应图

(1) 工厂数字化设计与交付

在机加线、组焊线、装配线等产线的设计环节,运用数字化协同设计软件,集成工厂信息模型、制造系统仿真、专家系统和数字孪生等技术,进行工厂规划、设计和仿真优化,搭建统一的数字化交付平台进行工厂模型数据交付,打通设计、建设与运维体系,真正实现工厂全业务系统的数字化管理。

(2) 产品数字化设计

工程机械产品设计包括驾驶室、液压系统、动力系统 etc 部件设计,具备较高的复杂度,需要上下游和跨专业的高度协同,传统的产品设计依赖人工,设计数据流容易出现断点、产品系列化设计效率偏低。企业可依托于工业互联网,建立工程机械产品设计全链条数据库,结

合工程机械的制造需求、仿真模型及工业大数据深度挖掘所获得的知识，指导产品设计优化的方向，构建参数化、协同化、柔性化的工程机械产品设计体系。

(3) 工艺数字化设计

传统工艺设计一般与产品设计串行，工艺设计周期较长且容易形成信息孤岛，使得产品质量控制精度不高。企业可依托工业互联网，建立装配、机加、钣金、热处理等工艺知识库，实现标准工艺的复用，通过三维设计和工艺模型开展工艺设计仿真，实时优化工艺参数设计，基于工艺设计系统及生产系统的数据集成打通，实现面向制造的工艺优化设计，提高生产效率和产品质量的一致性。

案例 1：离散型工艺数字化设计

针对掘进机等大型智能装备产品规模大、BOM 结构复杂，多为单台定制产品的特点所带来的工艺研发难度大、周期长、工作量大、工艺技术文件分散等难题，铁建重工应用 CAPP，结合积累、提炼的工艺知识库、工艺资源库，实现离散型工艺的数字化高效研发和研发过程的统一管理。同时，在关键工序上充分利用 CAM、虚拟装配等三维建模和仿真验证技术，基于模型进行离散工艺设计。通过开发三维结构化工艺研发系统，实现 PBOM 的工艺路线、工艺规程等工艺技术文件的即时发布与集成管理，工艺技术文件的下发由以往 1~2 天缩短至几十秒，BOM 和工艺文件的完整性提升至 100%。

2. 智能化制造

通过深化 5G、大数据、数字孪生、人工智能等新一代信息技术在生产全流程的应用力度，全面提升工程机械行业生产操作与生产管理的智能化水平，实现生产智能管控和运营智慧决策，打造全流程动态优化和精准决策的生产模式。

模式 \ 工序/事项	下料	焊接	机加	涂装	装配	工序协同优化	计划调度优化	生产作业优化	质量管控	能源管理	设备管理	安全管理	环保管理
安全无人生产	●		●	●				●			●	●	
监控诊断分析	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●
智能资源调度	●					●	●	●					
过程动态优化		●	●	●	●	●	●	●	●	●			

图 2-3 生产制造类业务与工业互联网应用方式对应图

(1) 典型生产工艺优化

工程机械行业生产工艺复杂度高，传统生产过程的人力与经验依赖较为严重。以工程机械生产过程中几个典型生产工艺为例，基于工业互联网优化各工艺原有运行模式：一是在生产环境危险系数较高、人员劳动量较大的场景实现机器换人；二是通过先进传感技术实现人员状态、设备状态、物料状态、环境状态与其他工况的监控分析；三是运用算法模型实现全厂智能资源调度，优化人、机、物等全要素资源组织；四是将数据建模与机理建模相结合，全面实现生产工艺过程的动态优化。

细分场景 1：下料

传统下料作业由于人工排版、上下料等花费时间长，导致效率低下。围绕下料场景,工业互联网可带来四大方面的应用创新，一是物

料出入库的智能化管理，通过运用无线网络传输技术将出入库指令下达给堆取料机，实现物料出入库的远程操控。二是下料生产的智能调度，通过综合下料产线设备的状态数据、原材料和成品库存数据，结合生产工艺，实现下料生产的调度优化。三是下料过程智能化监控，应用图像识别技术，实现下料过程的实时智能化监控，对生产异常及时发出预警。四是物料三维图像测控，综合运用三维全息摄像、微波激光等技术，对料场的三维模型进行扫描并建模，快速获取堆料数据，为自动堆取料提供数据支撑。

案例 2：智慧下料中心

山河智能建设了全自动激光下料和等离子下料两条产线，通过 MES 与 SCADA 系统集成管理，大幅提升产品切割效率，实现少人化生产，相比传统下料方式，人员配置节约 53% 以上。其中全自动激光下料线由国内先进的激光下料机、激光打标机、桁架机械手上料系统、板链等设备组成，辅以 MES、SigmaNEST 和讯雷中控等组成的生产管理系统完成数据交互，可实现智能化套料、上板、打标、切割、下料和输送，能完成 1-25mm 中薄板零件的下料，下料速度快、精度高，钢板利用率提升 0.9%。等离子下料产线主要针对 12-45mm 的中厚板，可完成坡口的一次加工成型，相较过去的机械坡口生产方式，大幅度提升了产品质量和人工效能，消除了清渣打磨工序，减少生产成本和多加工工序的生产断点，并实现了材料切割的自动控制和切割信息的实时监控。通过桁架机械手自动上料，自动输送线+智能行车+模块化抓手自动分拣部件，实现全机型

部件下料加工分拣。

细分场景 2：焊接

传统焊接作业大多依靠人工定位、点焊，焊接效率低，焊接质量不稳定。围绕焊接场景，工业互联网可带来四大方面的应用创新，一是**焊接计划智能排产**，打通焊接计划制定和生产操作环节，运用工艺理论模型算法，综合考虑生产计划、原料需求、焊接状态，自动制定焊接生产计划和执行方案。二是**焊接过程智能监测与诊断**，通过应用机器视觉等先进技术，结合相关分析模型，实现焊接设备运行状态、焊接参数以及其他工况的在线检测分析。三是**焊接过程智能闭环控制**，基于焊接过程追踪模型、焊接质量反馈模型等各类智能模型，结合现场焊接专家经验，借助大数据分析等技术，不断优化工艺参数，实现焊接过程的智能化闭环控制。四是**智能精准焊接**，通过应用快速接触寻位技术、焊接机器人离线编程技术等，控制系统可以对焊缝进行智能识别，选择合适的焊接参数相匹配，实现自适应的焊接参数控制，实现精准和高效焊接。

案例 3：基于数字孪生的焊接工艺仿真及优化

山河智能基于模型构建技术，依照焊接工艺流程、特征、功能和性能，定义和构建挖掘机动臂构件及零部件的本体、焊接设备、检测设备、焊接工艺、生产和焊接环境等数字化模型，构建挖机动臂焊接工艺数字孪生大数据平台。通过传感器、摄像头、激光定位等数据采集设备，采集构件的位置、状态、焊接工艺、焊接环境等参数，综合焊接产线现场焊接机器人运行状态、无损探伤仪检测数

据、焊接视觉定位信息、零部件位置等数据，构建动臂焊接工艺数字孪生体。基于数字孪生大数据平台，构建实时生产数据与数字孪生体的映射，实现复杂结构焊接工艺协同优化仿真，通过分析模型中焊材、热源、轨迹、力学变形等数据与产品合格率关系，实现复杂构件焊接工艺参数的动态优化。

细分场景 3：机加

大型结构件上有很多精度要求较高的装配孔和结合面，传统机加作业的自动化程度低、质量管控难度大。围绕机加场景，工业互联网可带来三大方面的应用创新，一是机加过程智能监测分析，通过应用智能检测装备以及机器视觉等先进技术，结合相关分析模型，实现对机加工序物料属性、设备运行及工况的分析判断。二是智能化控制，通过将机加设备集成到数控管理系统，并在加工各个环节部署智能控制模型，实现机加过程的虚拟化验证、加工动态实时优化等功能。三是无人化生产，通过在物料转运等环节部署机器人等智能装备，实现无人化操作，提升机加效率。

细分场景 4：涂装

涂装时需严格控制漆膜厚度，避免起泡、麻坑、流挂等缺陷，传统涂装作业的控制精度偏低。围绕涂装场景，工业互联网可带来三大方面的应用创新，一是智能优化调漆，在多厂家供应、品种变化频繁的原料条件下，结合机理模型和智能算法，实现既能满足成品涂装质量要求又能满足成本最低的调漆原料配比优化。二是涂装过程智能闭环控制，基于过程追踪模型、质量反馈模型等各类智能模型，结合现

场涂装专家经验，借助大数据分析等技术，不断优化工艺参数，实现机器人涂装可达率、涂装质量等的智能化闭环控制。三是智能无人喷涂，在工程机械产品机型复杂多变的条件下，结合喷涂机器人及产品设计模型，实现机器人仿型喷涂。

案例 4：掘进机等大型工程机械自动喷砂系统

喷砂作为涂装的前置工序，喷砂质量和效率直接影响工程机械产品涂装质量和效率。随着掘进机产品工件尺寸的增大，人工喷砂难度提升，高空作业风险高；作业人员要承受噪音、灰尘的侵扰，且需穿戴厚重的防护服作业，身体容易过度劳累，安全事故风险增加；随着员工自身健康意识的发展，愿意从事喷砂岗位员工越来越少，企业生产自动化升级改造成为必然趋势。

铁建重工联合外部单位研制超大行程的八轴龙门式机器人自动喷砂系统。研制的自动喷砂系统，具备多自由度喷砂机器人、超高强度大跨度高承载龙门桁架、轨道自清洁单元、超高流量机械-气力复合磨料回收系统等模块，可实现大型构件高覆盖率编程自动、遥控半自动喷砂清理。喷砂清理效率较人工提高 1 倍以上，工件自动喷砂覆盖率 $\geq 90\%$ ，喷砂质量稳定达到 Sa3 级。

细分场景 5：装配

传统工程机械行业装配自动化水平低、柔性差。围绕装配场景，工业互联网可带来三大方面的应用创新，一是装配计划智能排产，通过建立数学模型，采用先进排产调度的算法，自动给出满足多种约束条件、优化的排产方案，优化装配计划排产。二是装配过程智能检测

与分析，利用自动拧紧机、翻转机、拍照相机等设备及 SCADA 等系统，实现对拧紧力矩、装配匹配度等数据的在线检测与分析。**三是装配信息传递数字化**，通过产线设备与上游 MES 等系统的集成打通，结合 5G 技术，实现作业过程信息的查看、根据下发指令自动完成生产以及反馈过程信息到信息系统。

（2）生产制造

结合工业互联网在典型生产工艺中的应用实践，针对全流程生产过程，总结出工序协同优化、计划调度优化、生产作业优化等三大类融合创新应用细分场景。

细分场景 1：工序协同优化

工程机械生产工序流程长，各工序生产过程差异较大。围绕工序协同场景，基于工业互联网建立各类型集控中心，可带来两大方面应用创新，**一是各工序内部协同**，基于集成化平台系统实现下料、机加、涂装、装配等主要工序内部多环节、多业务的协同优化。**二是跨工序协同**，利用软件系统集成技术，打通 MES、ERP、DNC 等系统，实现跨工序的一体化作业计划与生产管控。

细分场景 2：计划调度优化

工程机械各零部件的加工生产过程相互独立，传统的排产方式针对市场需求等动态变化的计划灵活性不足，造成库存积压和资源浪费。工业互联网可以带来三方面的创新，**一是生产计划优化**，搭建 ERP 系统，采用约束理论、寻优算法和专家系统等技术，实现基于采购提前期和市场需求的生

产计划优化，精准指导每一批次、每一台主机的

下线时间；**二是车间智能排产**，应用 APS 系统，集成调度机理建模、寻优算法等技术，进行基于多约束和动态扰动条件下的车间排产优化，自动优化配件、主机等的生产顺序；**三是精准作业派工**，依托 MES 系统，结合人员技能库、岗位资质库等基础数据，开展基于人岗匹配、人员绩效的精准人员派工。

细分场景 3：生产作业优化

传统的作业手段生产效率低下，资源调度粗放，热处理、焊接等工艺过程质量管控难。工业互联网可以带来以下六个方面的创新，**一是产线柔性配置**，应用转台结构柔性化组对、模块化随行装夹、焊接离线编程和智能物流等技术，搭建多品种、小批量、离散型柔性智能产线，实现多产品混线生产、无缝换。**二是资源动态组织**，构建 MES 系统，集成大数据、运筹优化、专家系统等技术，实现人力、设备、物料等制造资源的动态配置。**三是先进过程控制**，依托 APC 系统，融合工艺机理分析、实时优化和预测控制等技术，实现精准、实时和闭环过程控制。**四是工艺参数动态优化**，搭建生产全流程一体化管控平台，应用工艺机理分析、过程检测反馈和机器学习等技术，开展下料件、装配件等的工艺参数动态优化调整。**五是人机协同作业**，集成机器人、高端机床、人机交互设备等智能装备，应用 AR/VR、机器视觉等技术，实现自动上下料、自动转运等作业高效组织和协同。**六是精益生产管理**，依托 MES 系统，应用六西格玛、6S 管理和定置管理等精益工具和方法，开展基于数据驱动的人、机、料等精确管控，消除生产浪费。

（3）运营管理

细分场景 1：设备管理

切割机、折弯机、铣床、机器人等设备的健康运行是高效生产的前提，传统的人工巡检效率低、故障判定和预测困难。工业互联网可带来五大方面应用创新，一是**自动化巡检**，应用工业机器人、热成像仪等智能巡检装备和设备管理系统，集成故障检测、机器视觉、AR/VR 和 5G 等技术，实现对设备的高效巡检和异常报警等。二是**在线健康监测**，建设设备管理系统，结合人工诊断专家规则库，融合智能传感、故障机理分析、机器学习等技术，实现机器人健康参数等设备状态分析和故障预警。三是**预测性维护**，通过对电气、液压、主轴传动等系统关键部件运行数据的采集，集成故障机理分析、大数据、深度学习等技术，构建故障预测与健康模型，进行设备失效模式判断和预测性维护。四是**智能维护管理**，建设设备管理系统，应用大数据和 AR/VR 等技术，从而针对故障率高发或巡检发现裂化的部位进行重点检维修、优化维修资源投入。五是**设备全生命周期管理**，建立企业资产管理系统，应用物联网、大数据和机器学习等技术，实现资产运行、检维修、改造、报废的全生命周期管理。

细分场景 2：质量管理

工程机械的大型复杂零件质量检测难度大，依靠人工手段容易造成误检漏检，全流程质量追溯困难。工业互联网可带来以下三个方面应用创新，一是**智能在线检测**，针对折弯、伸臂、底盘、整机等部署在线检测系统，应用三维扫描仪等智能检测装备，融合缺陷机理分析、

机器视觉和大数据分析等技术，实现尺寸、表面缺陷等在线检测和分析。**二是质量精准追溯**，建设质量管理体系，集成条码、标识和区块链等技术，采集产品原料、生产过程、客户使用的质量信息，实现全过程质量精准追溯。**三是产品质量动态优化**，通过建设质量工艺动态设计优化模型、自动处置模型，依托质量管理体系和知识库，进行零部件性能、操作规范性等质量影响因素识别、缺陷分析预测和质量优化提升。

细分场景 3：能源管理

工程机械的生产在空压机、金属熔铸、机加工、热处理等设备和工艺环节存在较高的能源耗用，传统的设备缺乏自身能耗监控和能源再利用能力，能源管理手段粗放、滞后。工业互联网可带来三大方面应用创新，**一是能耗数据监测**，建立能源管理系统（EMS），集成智能传感、大数据等技术，开展全环节、全要素能耗数据采集、计量和可视化监测。**二是能效优化提升**，基于能源管理系统（EMS），应用能效优化机理分析、大数据和深度学习等技术，基于设备运行参数或工艺参数优化，实现能源利用率提升。**三是能源平衡调度**，依托能源管理系统（EMS），融合机理分析、大数据等技术，进行能源消耗量预测，开展多能量流协同管控，实现全局能源动态平衡与优化调度，保障供能平稳、高效。

案例 5：徐州重机能效优化系统

通过徐重能源管理系统（X-EMS），对公司消耗占比最大的电和蒸汽两大能源实施能效优化改造。在结构焊接单元通过将大功率

焊烟除尘设备用电与周围焊接设备用电负荷进行关联匹配，预警除尘设备是否应当开启，并进行焊烟除尘自动启停改造；在涂装单元通过将涂装线体控制系统、VOC 尾气处理设备控制系统集成至能源管理系统，并对排放尾气的空气质量进行实时监控，分析运行数据，自动调节 VOC 设备开启频率，降低大功率生产辅助设备能耗。针对不同生产区域冬季不同的供暖需求，制定分时段、差异化的蒸汽供应方案，并通过对天气温度、当班人数、车间用电负荷等相关参数的采集、分析，自动调整供暖方案，实现蒸汽供应的智能化调节。

细分场景 4：安全管理

工程机械行业的产成品有众多大型设备，生产作业现场存在较多安全隐患，传统隐患排查治理过程繁琐、效率低下。工业互联网可带来四个方面的应用创新，**一是危险作业遥控化**，采用远程遥控设备的方式进行作业，将操作人员从危险位置转移到安全位置，减少危重岗位现场的人力投入。**二是危险作业自动化**，针对焊接等工作环境差，人员劳动强度高的危险作业，采用焊接机器人代替手工焊接作业，通过本质化安全从源头降低安全隐患。**三是安全培训拟实化**，结合 VR、AR 等技术，真实互动体验不同场景下的安全须知及紧急事故应对手段。**四是安全风险实时监测与识别**，依托安全感知装置和安全生产管理系统，集成危险和可操作性分析、机器视觉、大数据等技术，进行安全风险动态感知和精准识别。**五是安全事件智能决策与应急联动**，基于安全事件联动响应处置机制和应急处置预案库，融合大数据、专

家系统等技术，实现安全事件处置的智能决策、应急预案推荐和快速响应。

细分场景 5：环保管理

工程机械的生产往往伴随着机床加工粉尘、焊接烟尘、喷漆废气、加工废水、废边角料等污染物，传统的环保管理不够及时、不够精细。工业互联网可带来三大方面应用创新，**一是污染源管理与环境监测**，构建环保管理平台，应用环保测试仪器、智能传感和大数据等技术，开展污染源管理，实现全过程环保数据的采集、监控与报警。**二是环保质量评价**，通过建立不同维度的环保质量评价模型，实现对企业环保状况的智能化诊断分析，针对性提出改进措施建议。**三是固废循环利用管理优化**，通过在线监测技术、智能分析技术、协同平衡与优化调度技术，实现企业固废循环利用全方位监控和优化管控。

3. 个性化定制

工程机械企业基于工业互联网平台深化与用户交流沟通，打造柔性生产系统，通过对用户需求与生产计划的深度协同分析，实现小批量订单的定制化生产，满足多样性和个性化的工程机械产品市场需求。

（1）基于用户选配的定制

为更好地满足用户差异化需求，实现大批量定制。基于工业互联网平台，集成营销、研发、设计系统，打通生产侧与营销侧数据，结合可配置 BOM 系统，进行包括配件型号、颜色等模块化组合，根据用户订单选配解析生成专属 BOM，来指导后续的生产，实现基于用户需求的模块化、快速化定制。

（2）耦合服役环境的定制

大型工程机械往往需要在各种复杂环境和工况下高效、节能地完成预定任务，比如在高地应力、高水压等条件下的隧道掘进等。基于工业互联网平台将工程机械产品设备服役期间所产生的运行参数等数据进行采集、利用，建立服役环境信息数据库，结合大数据、机器学习等技术，构建产品设备运行与服役环境相互作用的模型，形成耦合服役环境的工程机械产品谱系和模块，集成设计、生产执行系统，实现面向不同服役环境的精确化定制。

案例 6：铁建重工耦合服役环境的掘进机产品设计

掘进机是国家铁路、城建、水利、矿山等领域基础设施建设不可或缺的复杂高端装备，其服役环境具有高不确定性、高地应力、高水压等特性，需要根据施工工程的地质勘察结果、施工工法知识库等进行针对性的设计。铁建重工通过地质勘察、大数据分析等手段，结合长期积累的施工经验，建立了掘进机服役环境信息数据库，构建了装备与地质环境相互作用模型，进而建立耦合服役环境的掘进机数字样机，在产品设计、样机仿真等环节充分考虑服役环境的特点，进行产品定向优化和配置，形成了耦合服役环境的掘进机产品谱系和模块化配置，可根据新的服役环境进行快速配置或耦合设计，缩短了产品研发周期，大幅增强了产品对服役环境的适应性。

4. 服务化延伸

基于工程机械全产业链数据打通，推动企业从单纯的生产制造向服务端延伸，形成创新后市场服务、设备运维服务、智能施工服务、二手市场交易服务、再制造服务等业务模式。

业务模式	供应链金融	数据增值服务	设备共享租赁	设备预测性维护	远程专家诊断服务	设备全生命周期管理	备件管理优化服务	智能施工服务	二手市场交易服务	再制造服务
基于数据的价值挖掘	●	●	●			●	●		●	●
监控诊断分析				●	●	●	●	●		
远程过程控制								●		

图 2-4 服务类业务与工业互联网应用方式对应图

(1) 创新后市场服务

细分场景 1：供应链金融

目前工程机械企业仍面临产能过剩、融资难等问题，供应链金融可以助力企业盘活资产、加快资金流转、丰富融资渠道。基于工业互联网平台对工程机械产品设备进行状态监测、故障预测和风险评估，打通产业链上下游企业、金融机构数据，使得供应链金融具有更好的数据风控基础，可带来三大应用创新，**一是在线贷款**，银行通过线上平台监测施工队作业情况、承包商财务状况和经营情况，针对性给予贷款服务；**二是融资租赁**，工程机械企业与银行、融资公司合作等方式，开始租赁业务，加快资金流通，降低融资成本，缓解资金压力；**三是精准投保**，保险公司依托工业互联网平台综合评估工程机械设备施工风险，从而实现针对性投保、按需投保。

细分场景 2：数据增值服务

工程机械产品设备的使用过程中积累了大规模的包括运行工况、

维修保养、故障缺陷等设备状态数据，基于工业互联网平台汇聚海量数据，应用大数据、专家系统等技术，生成不同时间周期的工时、油耗、在线率、故障率、设备估值等分析结果，以指导设备使用、能效优化、运营维护、融资服务等过程的决策优化。

案例 7：基于“机号管理”的数据增值服务

天远科技集团作为第三方车联网信息服务商，为工程机械设备使用商、维修商、销售商、制造商和融资商提供增值信息服务。提出以机号为核心的全生命周期数据管理模型，基于以人号、件号、工程号、故障号、债权号组成的机号管理理论，用大数据技术管理全流程的人、机、物等数据，包括挖掘机工作地点、工作时长和工作负荷，发动机的转速、扭矩，挖掘与旋转速度、实时工作油耗、水箱温度、报警等运行状态数据，并将设备使用方、工程项目、机手、销售、维修等各类员工信息记录在案。在工程机械产品设备转手的时候，将作为二手机的残值、历史上曾经转让的记录，以及每次故障的详情、替换的备件等一一记录。

细分场景 3：设备共享租赁

针对小批量租赁的用户，工程机械企业将挖掘机、推土机、搅拌机、压路机等产品设备上云，基于工业互联网，实时采集各工程机械产品设备的基础信息、工作状态、工况数据、健康状况等数据并统计分析，搭建开放供需的设备共享网络平台，用户通过平台下单，平台根据客户需求推送合适的工程机械设备，提高工程机械产品设备利用率，助力用户优化资源配置、加快资金周转。

（2）设备运营维保服务

细分场景 1：设备预测性维护

工程机械在使用过程中发生故障的时间不可预测，对解决故障的时效性要求较高，传统设备运维依赖人力巡检，容易造成滞后或者过度维修，给下游用户造成停机损失、增加运维成本。基于工业互联网平台采集工程机械产品设备的运行参数、健康状态等信息的采集，集成故障机理分析、大数据、深度学习等技术，实现面向工程机械设备的健康诊断、故障预警、预测性维护等能力。利用数字化的方式驱动服务模式由被动变主动，降低主机突发性故障的概率，提升设备的健康度。

案例 8：基于徐工汉云平台的设备预测性服务

徐工汉云给中交集团构建了车辆设备管控平台，通过数据采集终端以及风速、倾角、重力等传感器，实时采集设备运行状态，为各种设备类型设定作业安全阈值，当超过预设阈值时实时提醒用户；并根据设备的工作时长以及保养策略，提前提醒用户进行设备保养；记录设备的维保内容及相关备件，辅助设备单机核算。此外，平台还统计了设备每天的工作状态数据，帮助中交掌握设备工作情况，科学安排闲置设备，提高设备利用率。通过设备预测性维护解决方案，有效地降低了设备作业事故 3%，降低了设备运行成本 7%，使得设备利用率提高了 5%，解决了内部各子公司设备协同问题。

细分场景 2：远程专家诊断服务

过去，工程机械产品设备发生故障后需要维修人员现场检查才能诊断、解决，造成人力的浪费。基于工业互联网平台，工程机械企业可以融合智能感知、高清音视频通讯、AR/VR 等技术，实现现场设备的远程可视，通过专家知识沉淀及大数据算法相结合，对设备健康状况进行判断，并将关键运行数据分析推送给决策层，以帮助业主提升设备稳定性，降低运行能耗及维护成本，实现远程的诊断服务。

细分场景 3：设备全生命周期管理

工程机械作为大型生产工具，基于对设备运行、检维修、改造、报废等全生命周期的数据进行挖掘分析，可以支撑安全生产、产能提升、节能减排、资产管理等环节业务的优化和创新。基于工业互联网平台，综合应用物联网、大数据和机器学习等技术，实现设备资产的运行、检维修、改造、报废的全生命周期管理。

案例 9：基于根云平台打造工程机械设备全生命周期服务方案

树根互联为某海外混凝土输送机械制造商提供基于工业互联网平台的产品智能服务解决方案，针对其存在的无法实时掌握设备状况、资源调配滞后、设备故障及停机较严重等问题，结合电信网络、卫星定位等技术，利用嵌入式智能终端等硬件设施，构建完善的数据采集与分析闭环，实现产品设备工况数据的存储、分析和应用，有效监控和优化工程机械运行工况、运行路径等参数与指标，提前预测预防故障与问题，实现设备远程运维、服务订单管理、关键件追溯等功能落地，提升制造、销售、售后等环节效率。基于这

一解决方案，设备故障诊断效率提高 15%，人员差旅成本减少 25%，停机时间缩短 60%。

细分场景 4：备件管理优化服务

传统的工程机械备件计划和维修管理多根据人的经验进行规划，常常会发生计划偏差，备多造成库存积压、资源浪费，备少则难以满足设备故障及时修复的需求。基于工业互联网平台，可以通过直接互联设备及关键部件的数据采集和分析，从而更精准的预测设备利用率、潜在坏的风险和概率，优化备件管理体系，实现备件的即时、按需和智能调配，提高维修效率，节省现金流。

（3）智能施工服务

工程机械产品设备广泛应用于高速公路、铁路等基础设施建设，地处偏远，环境复杂，如果管理或操作不当，容易造成安全事故。针对施工设备难以管控、工程质量监管困难、安全管理有漏洞等施工过程中存在的问题，工业互联网平台可以带来三大应用创新。**一是基于数据辅助施工决策**，通过在设备、工地上部署智能感知装置，实时采集设备工效参数、工况等作业反馈数据和环境数据，结合大数据和机器学习等技术进行深度挖掘分析，实现施工进度监测、施工工序优化、施工路径优化等，为现场施工决策提供量化支撑。**二是基于数字孪生的施工模拟仿真**，建立虚实映射的数字孪生体，输入不同的施工条件，进行工况模拟迭代，不断优化施工方案建立反馈响应系统，实时动态修正、调整施工方案并指挥现场施工。**三是远程施工控制**，通过多传感器融合及信息传输网络的构建，结合复杂作业场景三维重建、环境

态势感知、作业轨迹自动规划、AR/VR 等技术，构建远程施工控制系统，实现远程无人化施工。

案例 10：铁建重工地下工程智慧施工

随着铁建重工掘进机和钻爆法装备在国内隧道工程建设大规模应用，铁建重工依托自主研发的隧道装备协同管理平台，基于不同类型工程项目特点，面向关键工序、线路，融入全面感知、科学决策、高效执行的智能建造特征，在数字化信息化工地的基础上，围绕智能建造核心数据深层次挖掘，打造了风险智能预警、智能开挖掘进、智能施工管理、健康监测维护等工程建设核心模块，构建“智慧大脑”辅助各级核心管理人员进行科学决策，实现智慧施工。在此基础上，结合客户现场施管理过程实际需求，针对施工过程中人、机、料、法、环全要素构建了相关管理功能模块，搭建智慧施工+智慧管理的地下工程智慧工地协同管理平台，提升施工管理水平。

（4）二手市场交易服务

由于工程机械设备缺乏身份识别制度，二手设备检测、评估难度大，交易缺乏相应监管，存在着改车、拆车、以次充好等现象。工业互联网平台可以带来以下两大方面的应用创新，一是**设备及部件身份管理**，以工业互联网标识为抓手，对设备及部件的全生命周期的行为、履历、工况及安全性能等数据进行采集，为每台设备建立“身份档案”，进而实现工程机械设备的产品防伪与可追溯、全生命周期质量管理、安全管理等应用服务。二是**基于数据互通的交易管理**，利用区块链等技术实现供应链各方数据的拉通，从而提供精准化需求对接，打造透

明、安全、高效的二手市场交易平台。

案例 11：“重机 E 链”设备部件数字化身份证管理

广东传感时代科技有限公司打造的“重机 E 链”立足于设备数字化全生命周期安全管理，基于工业互联网标识解析应用的“一物一码、物码不可分离”的设备部件数字化身份证管理模型。每一设备与部件具有唯一的设备数字化身份证，为设备部件标识解析应用提供了基座，为政府安全监管提供了抓手，根本性地解决工程机械设备各部件的仿制、假冒及标识码作假等问题，以及工程项目中拼装、混装等问题，从产品的源头上解决了住建部 166 号令第二十条“禁止擅自在建筑起重机械上安装非原制造厂的标准节和附墙装置”的落地执行问题。专为工程机械设备开发的工业互联网标识载体（部件电子标签）示意如下：



专用工业互联网标识标签

- 双频(HF&UHF兼容)一体化制程设计；
- 具抗金属、防转移、有柔性、高耐环境保护及无损安装等物理性能；
- 支持工业互联网标识注册与解析；
- 物理寿命大于20年。



(5) 再制造服务

传统的工程机械制造产业链以设备的报废而终止，再制造是以设备的报废为起点，使得产业链价值得到延伸。目前的再制造市场存在

再制造全流程体系不健全、工程机械企业与再制造企业间信息不对称等问题。工业互联网平台可以带来两大应用创新，一是**网络化再制造生产**，利用信息技术和大数据，使零星的再制造单元联合起来，形成网络化的工程机械再制造系统，以对再制造产品市场快速做出响应，加快对再制造工程机械的开发步伐。二是**再制造零部件信息共享**，基于工业互联网平台，工程机械企业发布零部件库存信息，再制造企业通过平台获取需求信息，并与零部件供应商联系，实现零部件的精准购置，提升再制造效率，减少资源浪费。

5. 数字化管理

通过打通工程机械企业内部各个管理环节，打造数据驱动、敏捷高效的扁平式经营管理体系，实现管控可视化、市场变化及时响应、资源动态配置优化、战略决策智能分析等全新管理模式。

业务模式 \ 业务	仓储物流管理	碳资产管理	供应链管理	营销管理	财务管理	企业经营决策
监控诊断分析	●	●	●	●	●	●
业务环节优化	●		●	●	●	●
平台集中管控	●	●	●	●	●	●

图 2-5 经营管理类业务与工业互联网应用方式对应图

(1) 仓储物流管理

仓储物流管理是工程机械企业重要的业务环节，传统依靠人工分拣易出错、调度效率低下。工业互联网可带来三大方面的应用创新，一是**智能仓储管理**，通过使用以立体库、AGV、智能分拣、WMS 等设备技术为代表的智能化仓储设备和系统，同时使用 RFID、条码标

签等精准标记识别各类物料，集成 MES、WMS 等系统数据，依据实际生产计划，实现物料自动入库、盘库和出库。**二是物流精准配送**，应用 WMS 系统和智能物流装备，集成视觉/激光导航、机器学习和无线定位等技术，实现物料、物流设备与工位的有机衔接、动态调度，保障下料件顺畅流转。**三是物料实时跟踪**，集成打通 ERP、MES 和 WMS 系统，利用物联网、无线定位、识别传感等技术，实时跟踪零部件、半成品和产成品全程流转的位置和状态。

（2）碳资产管理

工程机械领域已成为我国减少碳排放的主战场、实现“双碳”目标的关键。围绕碳资产管理场景，工业互联网可带来两大方面的应用创新，**一是碳资产智能分析**，在企业内部，可基于 LCA（Life Cycle Assessment 产品全生命周期管理工具）建立碳资产管控平台，通过采集包括变配电、照明、给排水、燃气、冷热水机组、热处理工艺设施等各类能耗监测点的用能数据，根据不同工艺特点、产品特点，建立产品 LCA 基础数据模型、LCA 环境复合模型，基于各类模型开展对各生产工序、各类型产品的环境负荷分布与构成的分析，对不同工艺路径碳排放的比较以及产品碳足迹追踪。**二是碳资产交易与碳金融**，随着交易机制的完善，通过行业级平台可实现碳资产在线交易，从侧面敦促企业加强自身碳排放管理。

（3）供应链管理

工程机械行业供应链复杂，传统的供应链资源调配效率低下。工业互联网可带来四大方面的应用创新，**一是采购策略精细化**，基于工

业互联网平台，采集订单合同与生产消耗相关数据，通过大数据分析精准确定零部件采购需求，同时通过平台敏捷感知上游零部件市场价格变化，结合自身需求，实现原材料采购和外协加工的精益需求管理，有针对性地采购。**二是供应链可视化**，基于与供应商的设备互联，建立供应商产能模型，搭建供应商管理平台，实现订单、物流、库存、排产等进行可视化展示，实时掌握产品的关键质量点和关键制造流程，及时预警缺料信息、异常订单，通过与供应商的库存信息快速交互，为生产有序运营提供支撑。**三是供应链风险预警与弹性管控**，基于工业互联网平台，利用大数据分析手段，将供应链业务过程中的成本、计划、配送、库存、质量等风险隐患进行识别、定位，并进行有效处置，保证业务流程的科学柔性管理。

案例 12：中联重科基于区块链的供应链可视化应用

中联重科搭建供应链管理平台，与 ERP、PLM、WMS、OA、QMS 系统进行集成，打通上下游企业的数据，实现供应链端到端的全过程管理。通过区块链技术，将供应链业务活动中的需求、产能、订单、物流、库存等相关指标信息进行采集、传递、存储，并在平台中共享，提高供应链的透明度和可控性。通过对不同供应商的库存、产能等信息进行收集，结合大数据技术，运用数据建模，提高订单分配的准确性、降低供应商临时供应短缺风险，提升订单准时交付率。同时，根据不同业务管理需求制定了多个管控模型，以图形化的方式进行展现，实现供应链可视化监控和分析。

（4）营销管理

传统的营销管理难以对市场需求进行精准预测，营销策略容易出现偏差、难以快速响应。工业互联网可带来三大方面的应用创新，一是**市场快速分析预测**，基于平台汇集宏观经济、关联产业相关数据的走势，尤其是需求侧设备开工率等关键影响因子，通过决策树等机器学习算法，搭建起敏捷的市场分析预测模型。二是**销售计划动态优化**，对历史发货情况、外部环境趋势等应用大数据合集、挖掘分析客户信息，构建区域用户需求画像和需求预测模型，制定精准销售计划。三是**销售驱动业务优化**，把生产系统、物流系统、零售系统链接起来，形成全链条数据的闭环，实现“以销定产”的运营管理模式，优化企业业务流程，提高个性化定制、柔性化生产能力。

（5）财务管理

随着工程机械企业业务的不断创新发展，财务管理工作逐渐复杂，尤其是产业链上下游账务的高效协同已成为趋势。工业互联网可带来三大方面的应用创新，一是**资金业务智能管控**，基于平台打通工程机械企业原有各类相关财务系统，建立财务分析模型和集中化管理系统，可实现财务管理各业务的全方位集中管控。二是**市场利润“预判”核算**，通过集成采购系统、销售系统数据，实现对企业市场利润预判。三是**业财融合**，通过平台打通财务管理系统与生产制造等相关业务系统，实现基于业务数据联动分析的企业成本、预算、收入精细化管控和实时分析，实现精细化财务管理。四是**产业链账务协同**，打通与供应商业数据，构建业务协同模型，实现与供应商之间计划、订单、结算

等业务高效协同，结合区块链技术的应用，将应付账款余额等关键数据上链存证，解决送货准确性差、对账难、结算效率不高、存货资金占用大等问题。

案例 13：树根格致基于区块链的产业链账务高效协同

树根格致在 ROOTCHAIN 平台建设以三一为核心的工程机械产业联盟链，与三一、供应商 ERP、WMS 等信息系统集成，将采购订单和销售订单时间、数量、金额、交货状态等业务数据上链存证，基于 ROOTCHAIN 搭建共享账务应用微服务，实现联盟企业账务自动化结算、业务高效协同。同时，引进长沙银行等金融机构参与联盟链，建立供应链融资风险评估模型，根据供应商融资申请授权长沙银行使用供应商与三一之间的交易数据，基于风险评估模型生成长沙银行融资风险评估需要的零知证明结果，缩短联盟内企业融资申请审核周期。通过联盟链的建立促进产业链间数据共享、提效降本，运用区块链分布式账本，实现信任传递和价值转移，将核心企业信用在链上向多级供应商传递，推动产业链协同。

（6）企业经营决策

工程机械企业分子公司多、资产庞大、组织结构复杂。工业互联网可带来三大方面的应用创新，一是面向制造专业板块的智能决策支撑，基于平台广泛收集企业运营相关数据，结合人工智能、大数据等先进计算分析技术，基于“机理模型+数据分析”构建数据中台，打造领导驾驶舱，实现生产、质量、能源等业务的可视化展示与智能化分析。二是面向经营专业板块的智能决策支撑，基于集成化平台实现公

司统计、财务、存货管控、采购、销售、物流等业务的可视化展示与智能化分析。三是跨专业板块的综合智能决策支撑，通过集成各业务领域数据，借助大数据分析技术实现多要素管控协同集成。

6. 网络化协同

基于工业互联网广泛连接，汇聚工程机械行业设备、技术、数据、模型、知识等跨区域跨产业资源，打造贯通供应链、覆盖多领域的网络化配置体系，实现产供销协同、多基地协同、产业链协同等模式。

模式 \ 业务	产、供、销协同	多基地协同	产业链协同
基于信息交互的协同	●	●	
基于业务系统集成的协同	●	●	●
基于生产设备互联的协同		●	
人员、组织、机制整体协同	●	●	●

图 2-6 协同类业务与工业互联网应用方式对应图

(1) 产、供、销协同

传统的工程机械企业产、供、销环节相对独立，管理颗粒度相对粗放，难以在实现整体资源平衡的前提下指导精益化生产。工业互联网可带来两大方面的应用创新，一是用户需求精准预测，通过协同平台，工程机械企业与下游用户基于统一的数据通信与数据传输标准，实现用户需求与工程机械企业生产系统的对接。二是智能生产计划，企业通过对用户需求的精准预测，结合自身产能状态与成本分析，实现生产计划动态调整优化。三是物流供应优化，基于平台连接供应链上下游业务系统，收集用户对交货周期、物流质量和成本等需求，实

现工程机械企业与外部物流服务商等资源的协同集控，确定物流运输的最优计划与最佳路线，有效降低供应链成本，优化物流供应质量。

（2）多基地协同

工程机械企业分子公司众多，存在着多基地协同生产的需求，比如主机公司与部件公司协同完成生产，或者不同基地间在产能不足时互为生产补充。工业互联网可带来五大方面的应用创新，**一是多基地订单协同**，基于平台进行多基地数据数据互通，广泛汇聚各基地合同、物流、标准、成本、实绩等信息，在集团公司进行统一接单后，结合各基地当前经营状况与产能状态，实现订单分配优化，保障订单交付速度与质量。**二是多基地资源协同**，基于多基地系统互联互通，可实现原料余缺互补等资源调剂。**三是多基地产品质量协同**，以基于云计算、SDN、CDN，以及多种不同级别的数据一致性技术，构建统一高效，快速响应的协同制造系统，可实现产品质量“一贯制”管理，提升产品质量稳定性。**四是多基地采购协同**，通过平台获取各生产基地备品配件等物资消耗数据，实现各类原材料集中采购调度，提升议价能力，降低采购成本。**五是多基地设备管理协同**，基于平台采集个生产基地主要设备信息，建设统一的设备管理体系，可实现设备管理效能提升。

（3）产业链协同

工程机械产业是一个技术、资金和物流相对密集的长产业链生态。基于工业互联网平台构建以工程机械生产制造为中心，上游聚焦发动机、液压系统等核心零部件和服务供应商，下游涉及房地产、基建、

矿山等配套产业的工程机械智能生态圈，实现工程机械企业的敏捷制造体系和打造快速响应的市场服务能力，是工程机械企业近年来的核心需求。

(四) 5G+工业互联网应用

“5G+工业互联网”是指利用 5G 技术改造升级工业企业生产网络，形成 IT、CT 和 OT 融合的工业网络部署方案，综合运用云计算、大数据、人工智能、边缘计算等新兴技术构建新型基础设施，在工程机械行业主要应用分为数据采集类、控制类、图像信息传输类三大类，主要聚焦智能化制造、精益化管理、服务化延伸三大应用模式。

	智能化制造								精益化管理						服务化延伸				
5G作用	生产工艺优化	计划调度优化	生产作业优化	设备管理	质量管理	能源管理	安全环保	物料仓储	碳资产管理	供应链管理	营销管理	财务管理	企业经营决策	现场人员管理	供应链金融	数据增值服务	主动预测性服务	远程运维服务	远程施工服务
高清视频回传			★★★ 现场作业监控		★★★ 质量在线检测		★★★ 安全检测巡检							★★★ 安全生产管理					
控制指令下达			★★★ 设备协同作业					★★★ 厂区智能物流										★★★ AR辅助装配、工控制	★★★ 远程施工控制
数据采集传输				★★★ 设备数据采集		★ 能耗及环境数据采集												★★★ 远程运维	

图 2-7 工程机械行业 5G+工业互联网应用图

1.数据采集类应用

(1) 设备数据采集

工程机械行业细分领域众多，设备生产工艺场景复杂多变。传统的机器人、数控机床等固定设备数据采集可以用有线网络，但是针对 AGV、叉车等移动设备的数据监控与管理，有线布线繁琐，且对即时通信连接的要求较高，3G、4G 和 WiFi 等传统无线数据传输方式存在接入数量受限、信号干扰切换难等短板，难以满足特定工业场景

下低时延、高可靠等需求。面向复杂多样的现场装备，5G 网络凭借高速高可靠的数据传输与通信方式为设备数据采集提供了新方法，通过 5G 获取传感器、油位、发动机、位置等设备运行数据，实现设备在线健康监测、预测性维护及故障诊断。基于 5G 网络进行设备的连接，可减少项目建设过程中线缆的设计和施工，“以移代固”实现园区网络全覆盖，同时 5G 大带宽特性也能突破传统无线技术的瓶颈。

案例 14：基于 5G 的设备数采

三一北京桩机工厂智能化改造之前的生产模式属于典型的离散制造，各零部件加工过程相互独立、互不配合、生产线之间无法衔接。2019 年启动智能化改造，全面引入 5G 技术，通过部署上行容量在 1Gpbs/万平方米以上、单终端达到 300Mbps 以上、时延在 20ms 左右的 5G 虚拟专网，将 8 个柔性工作中心、16 条智能化产线、375 台全联网生产设备、上千台水电油气仪表实现全连接，整个工业制造全流程高效互联互通。可以实现 36000 多数据点实时接入，通过大数据的算力实时计算，从而为每一道工序、每一种机型、每一个道具来匹配最优的参数，优化生产能力。

（2）能耗及环境数据采集

现有工程机械企业能耗数据采集过程同样存在重复建设、布线繁琐等问题，且采集点位广泛分布于压缩空气站、蒸汽站、配电室、开闭所等设备，难免存在部分采集盲区。通过部署 5G 设备采集终端对分散的能源仪表进行数据采集，代替传统布线式数据采集，减少电缆、光缆敷设、采集站设置，监测范围可覆盖到有线网络难以布置的盲区，

实现对于能源消耗和污染物排放等仪表数据的广泛采集，基于能耗数据分析助力工艺优化和设备升级等决策，降低能耗和环保成本，实现绿色低碳生产。

2.控制类应用

（1）生产设备协同作业

工程机械生产的冲压、涂装、机加流水线等环节，现场部署了大量工控设备，由于产线间的分段控制，难以满足一体化管控与运维。传统的 3G、4G 网络难以延申应用到工厂内网，WIFI 网络在安全性、连续覆盖和接入能力方面存在不足，5G 凭借其大带宽、低时延、高灵活特性，构建一张可靠的基础连接网络，满足多设备协同作业的要求。综合利用 5G 授时定位、人工智能、软件定义网络、网络虚拟化等技术，建设设备协同作业系统，在生产现场的工业设备以及摄像头、传感器等数据采集终端上内置 5G 模组或部署 5G 网关，通过 5G 网络实时采集生产现场的设备运行轨迹、工序完成情况等相关数据。依靠 5G 网络+MEC 边缘计算，部署至设备终端，建立设备、系统、平台之间的联系，支撑数据流的接收和上传，并综合运用统计、规划、模拟仿真等方法，将生产现场设备按需组成一个协同工作体系，实现全流程多设备的协同作业。

案例 15：三一集团空压机设备协同作业

三一集团与湖南联通合作，以 5G 数据分流技术为基础，通过无线和控制网元的灵活定制，构建一张大带宽、低时延、数据不出园区的基础连接网络，实现集团内不同种类空压机设备的协同作业。利用 5G 网络低时延、高带宽、高灵活的特点连接集团不同种类空压机、冷干机、流量计和传感器，基于 5G 云化 PLC 技术时延低、高度集成的特点实施节能优化控制管理，最多可支持 20 个实时控制系统管理，同步完成分系统的控制和整体的调度管理，实现产线智能控制，实现年节电 1000 万度，节约运维管理费用 300 万元，设备效率提升 15%以上，设备运维管理费用下降 30%。

（2）施工作业远程控制

工程机械施工环境复杂，远程施工作业对操作实时性和环境可视性要求极高，需要极低的通信时延、可靠的传输能力和超大的带宽，5G 网络可以很好的支撑这一需求。工程机械企业通过搭建远程施工智能控制系统，结合无人驾驶等高级别控制技术，实现自动寻找目标、自动规划轨迹、自动施工作业。5G 凭借大带宽、低时延特性，为远程控制终端对现场设备状态、施工作业参数等海量工作数据的实时采集传输提供稳定可靠的通信链路，并通过设备操控系统实现对施工设备的实时精准操控，有效保证控制指令快速、准确、可靠执行。大幅降低工作人员劳动强度，保证人员安全。

案例 16: 基于 5G 的隧道装备远程操控

为规避隧道工程建设中出现的高海拔、岩爆、岩溶、高地热、有毒有害气体等风险，铁建重工研制了全国首台套铁路隧道施工远程操控系统，并联合中国电信对系统传输网络进行了 5G 升级。隧道装备远程操控系统利用 5G 大带宽、低时延特性，有效保障远程操控过程中工作数据和视频数据的实时采集传输，为远端对现场设备状态和施工状态实时监控提供稳定可靠的通信链路，使得远程视频数据网络传输平均延时 $\leq 35\text{ms}$ ，远程操控装备动作平均响应时间 $\leq 1\text{s}$ ，大幅提高远程操控的可靠性和稳定性，实现在高风险地质环境下的安全作业，协同控制机群高效施工，推动隧道少人化、无人化作业。

(3) 厂区智能物流

无人化仓储物流已是工程机械行业未来趋势之一，但在无人机车自动驾驶或远程操控中，需以超低时延的动作反馈机车自动驾驶或远程操控的信息。3G/4G 和 Wi-Fi 网络难以满足低时延、大带宽、抗干扰性需求，而 5G 网络凭借大带宽、低时延的技术优势，可以很好的满足厂区内柔性物流的需求。工程机械企业通过基于内置 5G 模块的 AGV 小车、RGV 小车、悬挂输送链、搬运机器人等物流设备将物料的位置、数量及物流路线信息实时发送至调度系统，通过构建系统拣货策略、预警策略、拣货任务分解规则、运输路线分配等智能化分析模型，实现实时有效的生产物料调度，保障生产的顺利进行。

3. 图像信息传输类应用

（1）生产作业状态监控

传统工程机械生产现场作业监控采用固定方式，5G 无线技术增强了监控点的可移动性和监控人员的可移动性。通过在工业园区、厂区、车间等现场内置 5G 模组或部署 5G 网关等设备，传输生产现场全景高清图像视频画面及作业工况数据，直观展示人员、设备作业情况，比如基于 5G 高清视频监控实现工步节拍分析、工步防错防漏等功能，提升生产现场全局化和精细化管控水平。

（2）质量在线检测

工程机械发动机生产规模大、型号多、检测项密集，传统人工检测效率低、误检漏检率高。而超高分辨率工业相机由于数据量过大，离线存储或依靠有线传输检测数据往往效率偏低，不便于数据及时上平台进行分析。基于 5G 增强移动大带宽和 5G MEC 低时延视频图像数据传输能力，企业可以在生产现场部署工业相机或三维扫描仪等质检终端，实时拍摄物料或产品质量的高清图像，通过 5G 网络传输至部署在 MEC 上的专家系统，专家系统基于人工智能算法模型等对图像进行实时分析，实现质量缺陷检测。比如在焊缝检测工位配置高清工业相机，通过 5G 网络将焊缝表面图像数据实时上传至数据中心，基于 AI 算法进行分析，实现自动高速识别焊缝表面缺陷，减少人工检验成本、提高检测效率。

案例 17：基于 5G+机器视觉的质检

针对工程机械生产质检需求，中兴通讯研发了基于 5G 和机器视觉的智能质检系统，在产线固定工位部署超高清工业相机和光

源，基于高清视频监控技术，实现视频图像信息的高清采集、高清编码、高清传输、高清存储、高清显示，利用 5G 网络将检测图像上传至工业互联网平台，对图像进行算法处理，自动识别出当前图像中瑕疵的位置、大小及类型等信息，将缺陷数据实时保存至本地数据中，并通过控制系统控制声光告警或 NG 分离，实现快速质检。

（3）AR 辅助装配、巡检

针对工程机械设备大型化、结构复杂化、部件多样化的特点，采用基于 AR 技术的辅助装配及维修系统，通过 5G 网络实时传输工单信息、设备数据信息和现场音视频信息，实现装配、巡检现场与后台系统的高效协同指挥。利用 5G+VR 技术，前端服务人员与后台专家可以进行实时双向语音沟通、视频连线、文档共享、实时标注等交互动作，辅助装配与巡检。

案例 18：山河智能 AR 辅助装配、巡检及维护

山河智能 5G+AR/VR 应用主要针对装配经验传承难、装配工序细化难、现场检查及时性低等问题，基于产品的三维模型，首先将产品的装配过程在虚拟可视化的环境中模拟出来，然后在实际现场装配过程中，通过 AR 眼镜测量实现工程机械装备各部位特异性识别，实现装配过程操作手册化，将虚拟模型与现实零件无缝结合，指导工人实现装配。

（4）安全生产管理

工程机械生产车间中桁车、叉车等的不规范操作往往容易造成安全事故，由于车间空间大、桁车位置高，需要高清摄像头才能保证图

像质量。通过固定式高清摄像头拍摄现场人员行为及生产环境状态，经 5G 网络上传至云端进行图像识别分析，实现对人员异常行为和环
境异常状态的实时监控以及预警。同时，基于 5G 超带宽、广连接的特性，实现全场景覆盖，为云端决策提供更周全、更多维的安全数据，提高生产安全水平。



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

三、工业互联网与工程机械行业融合创新实施架构

（一）工程机械行业融合创新应用架构设计思路

当前，工程机械企业普遍建有各类自动化系统和信息化系统，这些系统在行业生产和经营中发挥着核心的作用，初步实现了业务流程抽象和基础数据的积累。面对日益增长的数字化转型需求，以及新一代信息技术的持续探索突破，工程机械行业与工业互联网的融合创新发展将总体上采取叠加的架构设计思路。即在现有五层制造体系的基础上，通过运用 5G、物联网、云计算、大数据、人工智能、区块链等技术，构建工业互联网网络、平台、安全系统，开展与现有各类制造系统的集成互通，形成更强的数据采集、集成管理、建模分析和智能决策能力，以满足工程机械行业平台化设计、智能化制造、个性化定制、服务化延伸、数字化管理、网络化协同六大类数字化转型应用场景。即工程机械企业的日常生产、经营等各类活动仍主要运行于现有自动化和信息化系统，而通过工业互联网的融合创新应用，可以实现对现有业务的更加精准高效决策、动态优化，并不断发掘新的应用模式和业务形态，创造新的价值增长点。

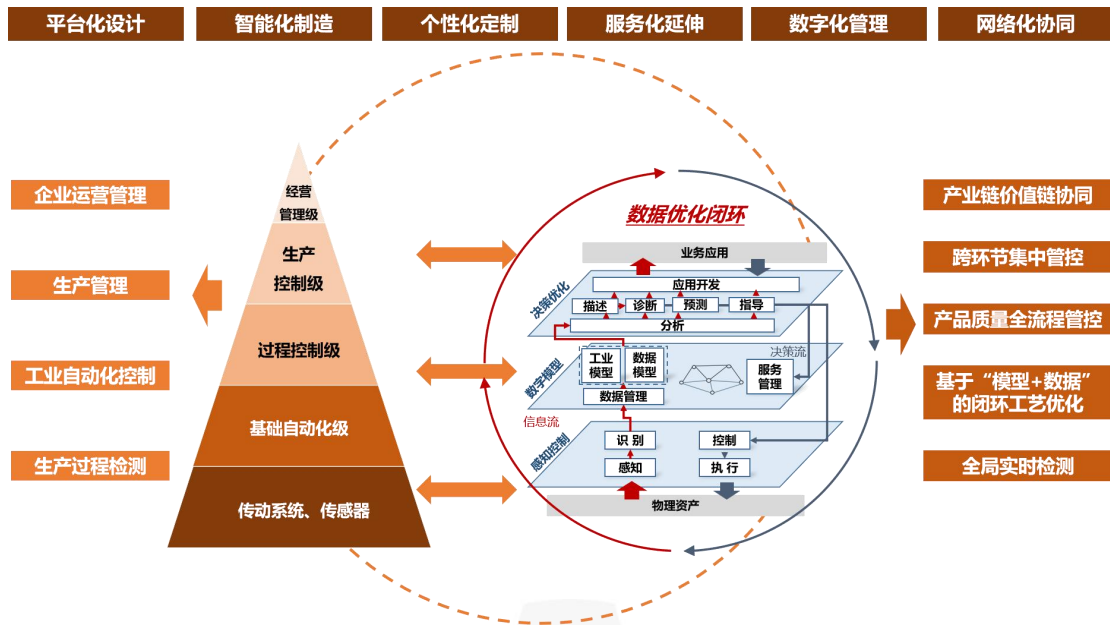


图 3-1 融合创新应用总体架构

为了支撑六大类数字化转型应用场景需求，需要基于叠加架构的设计思路，将新一代信息技术与企业原有自动化信息化系统进行深度融合，重点构建下述五方面的关键数字化能力：一是泛在感知，面向行业数据建模分析、生产环节协同优化、产品设备远程运维等需要，通过广泛部署感知终端与数据采集措施，提升对全要素、全产业链、全价值链的状态感知能力。二是敏捷响应，面向用户日趋小批量、多品种的个性化需求，通过平台连通工程机械主机厂、供应商与用户市场，提升敏捷响应能力。三是智能决策，面向更精细、更高效、更全局视角的决策需求，在企业内部打通各工序、各业务系统，通过工业模型与数据科学的融合开展分析优化，提升智能决策能力。四是动态优化，面向越来越复杂的生产制造过程，以及更精准的供应链管控需要，基于平台部署人工智能、大数据等技术，对数据价值进行深入挖掘，提升动态优化能力。五是全局协同，面向全流程运营效率提升、

全产业资源调度与全区域配置优化等需求，通过部署 5G、TSN 等新型网络技术，大幅提升工程机械生产与经营数据接入量与传输效率，同时基于平台连接供应商、物流商、金融机构等主体，提升产业链供应链协同能力。

为了实现上述数字化能力，亟待构建面向融合创新应用的新型实施架构，支撑工程机械企业全面降本增效、提升产品质量稳定性、助力业务增长、打造绿色、安全的生产体系。

工业互联网的融合应用主要为工程机械行业发挥能力拓展和增量创新的作用：

一是基于大数据建模分析的业务优化，在传统“机理模型+专家经验”的决策模式基础上，通过“海量工业数据+数据科学模型”，以此提升生产运营单点决策的准确性。

二是基于多环节数据打通的协同优化，提高不同工艺环节、不同业务领域、不同生产基地、产业链上下游的协同响应程度与综合决策效率，实现传统“烟囱式”系统所无法实现的全局优化管控能力。

三是基于数据驱动的服务模式与商业模式创新，打通工程机械企业与下游客户、供应商、金融机构及其他行业资源，形成设备供应链协同、远程运维、智能施工管理、供应链金融等模式创新应用。

(二) 融合创新实施架构

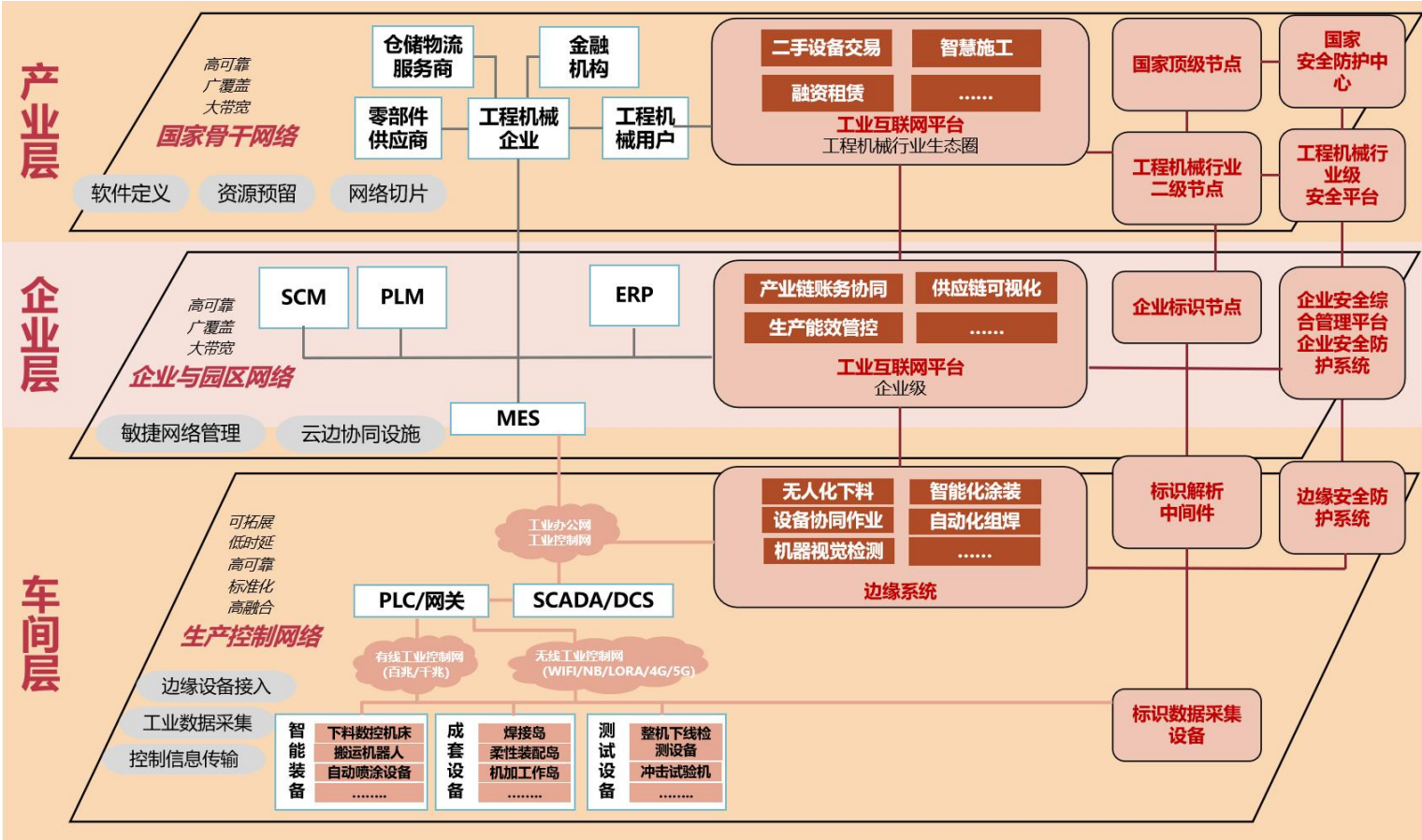


图 3-2 工程机械行业工业互联网融合创新实施架构

工程机械行业工业互联网融合创新发展的实施架构总体分为车间层、企业层、产业层三个层级，具体实施包括网络、标识、平台、安全四大方面的能力建设。

车间层由工程机械生产所需的下料数控机床、自动喷涂设备、搬运机器人等智能装备，焊接岛、装配岛等成套设备，整机下线检测等测试设备，以及自动化控制系统组成。在车间层部署工业互联网，重点是通过先进网络、边缘计算、平台、数据分析等技术的综合应用，一方面大幅提升生产现场的数据采集与传输能力，并通过在边缘侧开展针对工程机械企业特殊工业协议转换、数据集成与数据预处理，大幅提升工业数据质量，为后续的数据分析与智能化应用奠定基础；另一方面，车间层工业互联网还需要承载设备故障诊断、物料调用等与生产管控密切相关，具有低时延、高可靠要求的智能化应用。此外，车间层工业互联网应重点关注相关设备安全与控制安全风险。

企业层由企业生产制造、经营决策、产品全生命周期管理等各类业务系统组成。在企业层部署工业互联网，重点是通过集成化平台、广覆盖网络等的部署实施，一方面提高各工序、各业务的运营效率，并结合数据分析、人工智能等技术提高研发设计、计划排程、能耗优化等决策智能化水平，另一方面，企业层工业互联网还需结合大数据、工业互联网标识等技术，开展产品全生命周期质量追溯与管理。此外，企业层工业互联网安全应重点关注各工序业务系统交互的数据安全、网络安全及企业应用安全。

产业层由连接产业链供应链上下游各方的信息系统或平台组成。在产业层部署工业互联网，重点是通过跨企业的网络连接与产业协同平台应用，提高跨企业、跨区域的数据互联互通效率，并基于更大范围的全局性的数据分析，实现产业链供应链资源的优化配置。此外，产业层工业互联网安全应重点关注跨企业系统交互的数据安全、网络安全及行业应用安全。

四、工业互联网网络设施建设

网络体系是基础。工业互联网网络包括企业内网、企业外网。典型技术包括传统的现场总线、工业以太网以及创新的时间敏感网络（TSN）、确定性网络、5G 等技术。企业内网用于连接工厂内人员、机器、材料、环境、应用系统等核心要素，灵活可靠的适用固定和移动场景的网络接入方式、恶劣工场环境下的可靠的、低时延网络传输、考虑不同数据传输特性的网络汇聚等是工程机械企业内网的基本要求。企业外网用于连接企业各地机构、上下游企业、用户和产品，数据传输稳定可靠、灵活的网络接入方式、传输时延控制和网络安全等是工程机械企业外网的基本要求。

（一）建设现状

一是现场设备的通信协议复杂多样，设备未充分联网。部分工程机械企业在购买设备时没有要求开放数据接口，大部分设备还不能自动采集数据，未能实现车间联网。同时，不同设备厂商有着不同的工业总线和通信协议，包括 J1939、CANopen、Modbus、HJ17691、GB32960 等，标准尚不统一，自成体系，互联互通难。

二是多种网络部署方式共存，整体网络杂乱、不稳定。传统工程机械企业内部生产及办公网络主要采用以太网或者 WiFi 接入，无线通信方式偏少，整体网络杂乱、承载能力弱。部分企业针对办公区、生产区、数据中心区等各区域未制定区域隔离策略。大部分设备属于独立局域网组网，难以满足设备、系统交互的需求，存在“数据孤岛”。

三是生产基地、施工工地众多，不同环境网络间未充分互联互通。工程机械企业往往为一总部多基地的生产，且产品设备会发到全国各地施工现场进行服务，部分企业各生产基地间、生产基地与施工现场间未实现网络直联互通，影响信息互通效率，进而影响生产经营决策、产品远程运维、远程施工控制等的及时性、有效性。

四是 5G 网络应用偏少，应用场景有待普及。目前工程机械行业的 5G+工业互联网应用主要集中在大型企业的生产车间、施工现场，仍以点状探索为主。中小企业的 5G 应用较少，导致工业系统在设计、集成和运维的各个阶段的效率受到影响，进而阻碍着精细化控制和高等级工艺流程管理等应用场景的实现。

（二）建设需求

基于工程机械企业的网络建设现状，需要重点改进的方向如下：

一是增强网络的高融合、可拓展性，提高设备互通互联度。要求生产现场网络能够灵活配置，同时具有高融合、可拓展的特性，可以将工程机械不同的工业通信协议通过协议解析、数据转换和地址空间重映射等技术手段转换成统一协议，从而支持不同类型网络融合，实

现新建设备快速接入、支持异构设备联网，增强生产设备协同性。

二是合理进行网络规划，兼顾数据、算力、安全等需求。利用工业 PON、5G、AP/LoRa 无线网络、现场总线等技术，IT 与 OT 融合、有线与无线协同的通信网络架构。基于嵌入式操作系统、边缘分析算法等技术支撑，在边缘侧进行数据预处理、存储、预分析，并与云端形成协同。建立车间端到端接入规范，制定端口冗余及隔离策略。

三是加强网络能力建设，支撑跨业务、跨基地、跨企业的协同。除了高可靠、广覆盖、大带宽等要求，应引入边缘计算、SDN 等新技术，融合边缘节点、边缘云和中心云三部分，形成企业层算力网络管理平台，通过有效地管理和调度边缘节点和边缘云，使得企业办公网络、生产管理网络、过程控制网络实现统一管理和灵活流动。

（三）建设部署

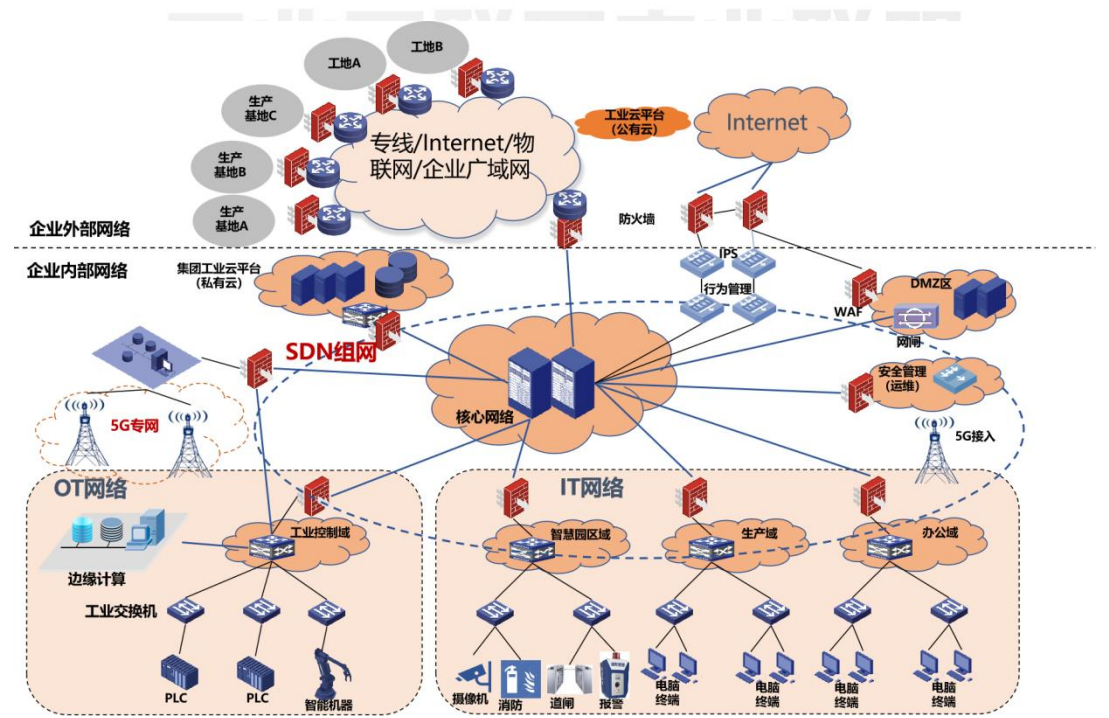


图 4-1 整体网络架构

1. 车间层

在新型智能设备进行接入时可使用叠加模式：对于实时设备监控、自动化控制、工业视觉分析、能耗管理等场景，已有基于现场总线、工业以太网等技术的控制网络难以满足新业务需求时，可基于 5G、时间敏感网络(TSN)、工业无源光网络(PON)、确定性网络(DetNet)、软件定义网络(SDN)以及工业无线等新型技术，叠加构建支撑新业务流程的网络。例如，在已有的自动控制网络基础上，部署新的传感器、高清工业相机，对装配机械臂、自动喷涂等设备进行实时状态监控，实现设备全生命周期管理和设备故障预测性维护。

在增强原有设备功能时可使用升级模式：对已有装配机械臂、自动喷涂设备等生产设备和网络设备进行升级，增加通信接口，实现网络技术和能力升级。例如，在机加现场，通过用支持 5G 智能仪表更新替换原有的模拟式仪表，实现主要工艺参数实时在线监控、工序间信息有效及时传递、在线自动质量判定、关键机组工艺过程状态诊断、质量控制模型开发。

2. 企业层

大型工程机械企业（工厂）采用核心层、汇聚层、接入层的三层网络架构搭建园区主干网，其中园区主干网核心层设备位于企业（工厂）数据中心内，汇聚层设备位于企业（工厂）区域汇聚机房，接入层设备位于传统的车间设备间（工业互联网边缘设备间）内。或采用

大二层的扁平化网络架构，部署 SDN 技术，实现灵活性和极简的网络管理，大幅降低企业管理网络的难度和工作量。也可以根据自身业务需求和预算，选择建设 5G 专网或者自建 Wi-Fi 6 网络，构建具备可靠性、大带宽、高性价比的无线网络。企业数据中心建议采用云边协同技术，将企业办公、生产及安防系统云化部署，实现企业数据的实时、高效汇聚、分析和交互。

园区网应在一张物理网基础上，采用 VLAN 及 Overlay 等网络虚拟化技术相结合，划分多业务网，同时支持办公、生产管理、视频（含视频会议）、语音等企业级应用。主干网配置出口网络设备（安全设备）连接企业对外专线和互联网出口，以建设统一、安全可控的工厂外网出口，避免多出口导致的管理和安全风险。

企业/园区网络通过跨工序的信息化系统与生产控制网进行网络连接，实现生产数据、过程数据的采集，同时下传控制指令。根据等保 2.0 相关规范的要求，两个工厂内子网络之间须配置防火墙、网闸、单向隔离设备等边界安全隔离控制设备。企业/园区网络也可基于 5G 局域虚拟专网实现，详见（四）5G+工业互联网建设部署。

3. 产业层

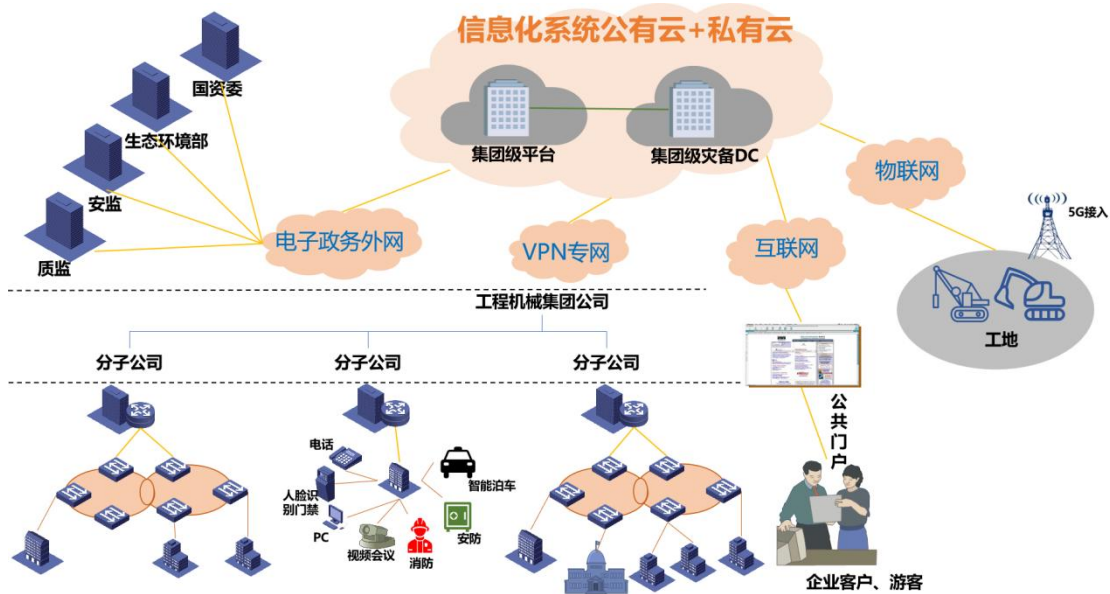


图 4-2 企业外网架构

3.1 普通上网业务

普通上网业务采用非固定 IP 方式，上下行速率不同，优先保障下行速率。比较典型的普通上网宽带下行速率为 100Mbps~1000Mbps 之间。一般为楼宇或单元共享带宽的方式，随着接入用户数量的增加，下载速率有所下降，并可能出现网络拥堵情况。

3.2 高质量外网业务

(1) 集团总部与分子公司间的网络部署

总部与生产基地间的网络连接可以通过购买运营商工业互联网高质量专线，支撑企业的高质量业务。企业专线可为工程机械企业多基地连通提供基于互联网的虚拟专线（如 SD-WAN、IPsec、MPLS VPN 等）、物理隔离的专线（如 SDH、MSTP、OTN 等）、网络切片等定制化的专属资源。基于 4G/5G 及 NB-IoT 等蜂窝网络形式的企业无

线外网技术也在逐步延伸到企业的各个业务环节，实现设备、配件、信息系统、装备以及人之间的网络互联，同时通过对工业数据的全面感知、传输交换、分析处理，实现了远程管理、运营优化和生产组织方式变革。

企业与分支机构的互联多为星形组网，分支机构如在国内，多租用运营商光纤专线物理直连省内分支机构，以保障数据传输的安全性；MSTP 是同城互联中常用优选方案，成本低且较为稳定；跨省连接的企业则根据自身需求考虑 MSTP 或 MPLS-VPN 专线；涉及国际分支机构的企业，多采用 MPLS-VPN 或租用运营商境外网络或精品网络的方式连接。MPLS-VPN 由于在灵活性、扩展性等方面的优势，在企业外网中获得了广泛的应用。而随着云网协同需求的增加，多分支机构企业开始使用通信运营商的云联网组网模式进行企业外网建设，这种建设方式中，由通信运营商提前预接入全球主流云商、企业数据中心、境外运营商网络等节点，企业总部及各分支机构在进行业务开通时，可采用专线、SD-WAN、物联网等多种方式与就近的 PE（核心设备）进行联接，即可实现网络开通。

（2）产业链上下游各协作企业的网络部署

产业链协同基于工程机械生产企业、第三方物流仓储服务机构、金融服务机构、部件加工企业、工程机械用户等行业主体的互联互通，对通信的时效性和可靠性要求相对较低，对于该类供应链数据的跨企业互通业务，工程机械企业可以通过互联专线和普通宽带就可满足需求。如果产业链需要与上下游生产单位进行数据实时交互，则应采用

MPLS 或 MSTP 等企业专线保证数据传输的安全性与可靠性。

(四) 5G+工业互联网

1.5G 网络需求

工程机械行业主要包括数据采集类、控制类、图像信息传输类三方面 5G 网络需求：一是面向数控机床、叉车等生产设备及冲压试验机检测设备等实现数据的大范围高效采集，需通过 5G 技术解决传统有线网络存在覆盖盲区的问题，开展三现数据集控、柔性生产岛新型生产组织、能源管理等应用；二是面向工控设备、机器人等生产设备协同作业、物流运输车辆设备的远程控制以及工程机械施工作业的远程控制，需通过 5G 无线网络实现远程化操作控制；三是面向焊缝表面缺陷、生产现场与园区状态等高清图像视频传输交互，需通过 5G 网络解决因为视觉系统频繁移动造成的线缆缠绕损耗严重问题，开展缺陷检测、远程运维、安全监控等应用。

2.5G 网络功能要求

生产现场方面，一是低时延，自动运送、机械臂分拣等现场控制类业务对低时延要求较高，通常要求毫秒级时延，需要进行空口时延优化、UPF 下沉等操作来减少时延；二是大带宽，产品机器视觉质检、远程控制管理、人员现场安全管理等场景需要进行高清图像、视频的上行传输，需依靠 5G 网络通过引入超级上行、频率折叠、子帧配比调整等技术，增加上行时隙占比，提升上行带宽；三是高并发与高速传输，各类设备、仪表的数据采集需要 5G 支持局部区域内海量高并

发、中高数据速率的物联网连接；四是安全隔离和可靠性，包括和公众普通用户的隔离、企业内各业务之间的隔离，同时作为无线网络，需具有超强抗干扰性、稳定性、可靠的数据传输、容灾及快速恢复机制等，保证达到高可用要求以及企业生产信息安全。

企业、园区及产业方面，一是园区安全，涉及门禁管控和移动巡检、运输车无人驾驶等场景，对 5G 大带宽、安全隔离和可靠性等提出了同样要求；二是多地专家的实时联动及协同设计，基于与客户良好互动的个性化产品定制等场景，需要通过 5G 的毫秒级时延实现；三是私有数据不出园区，企业内部涉及生产制造、设备运行状态等数据属于企业私有数据资产，关键数据还关系到企业竞争力，这部分数据通过 5G 网络传输时需要物理上留在企业内供内部使用，5G 网络架构设计需保证企业私有数据不出园区。

3.5G 网络建设部署

工程机械领域业务场景复杂，需求变化多，根据不同企业、多种场景下业务需求的不同，且对安全性的高要求，建议采用 5G 虚拟企业专网建设模式。从应用场景、地理位置、服务范围等角度，工程机械行业 5G 网络建设可以分为面向独立企业园区的局域虚拟专网和面向一总部多基地的广域虚拟专网。

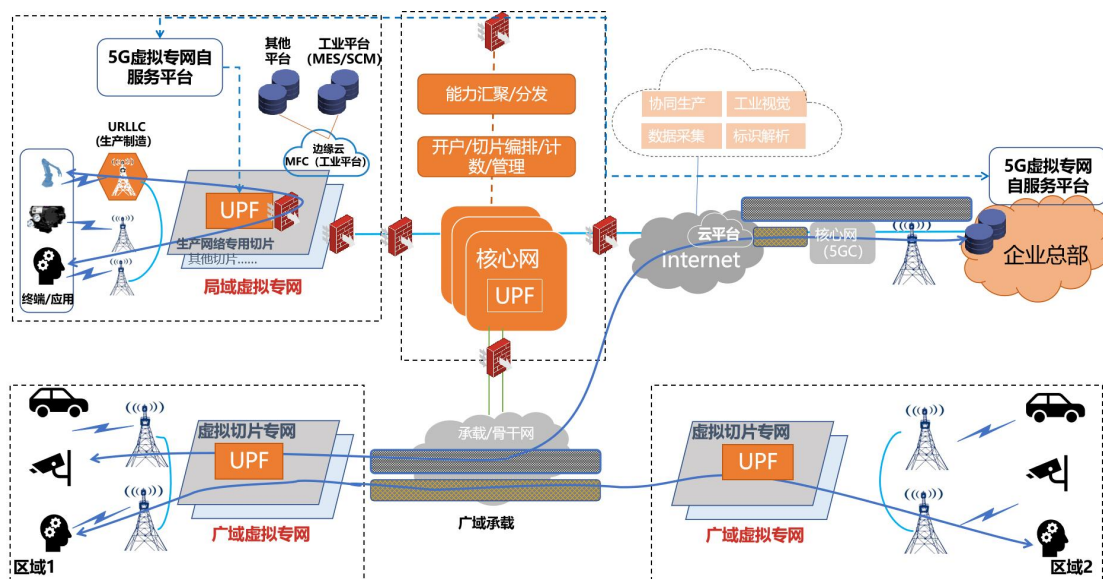


图 4-3 5G 网络部署

（1）面向企业与独立园区的局域虚拟专网

面向独立园区的局域虚拟专网，由基站、UPF、边缘计算平台、企业业务平台、5G 虚拟专网自服务平台等部分组成，一般限定特定地理区域，基于特定区域的 5G 网络，借助边缘计算的分流实现本地业务闭环。与大网间通过防火墙等进行安全隔离，保障数据安全。5G 网络建设需要满足企业对于园区内网络和业务能力的本地化、个性化需求，并和自身的 OT 和 IT 系统融合，打通生产和办公，企业根据细分的场景需求和自身特点来进行专网架构的定制，更好地将 5G 应用于企业园区。

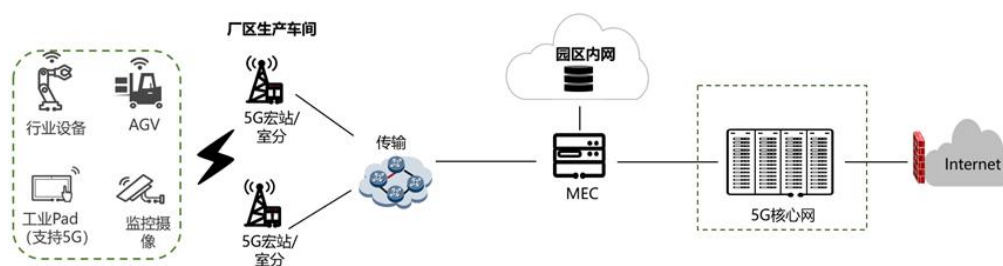


图 4-4 园区 5G 专网部署

（2）面向总部多基地的广域虚拟专网

大型工程机械制造企业集团往往都是一总部多基地的模式，总部和各生产基地、各生产基地之间，一般都存在统一管理、数据共享、业务协同的需求。面向总部多基地的 5G 广域虚拟专网，可以不限定地理区域，通常基于运营商的端到端公网资源，借助网络切片、专线等技术实现。

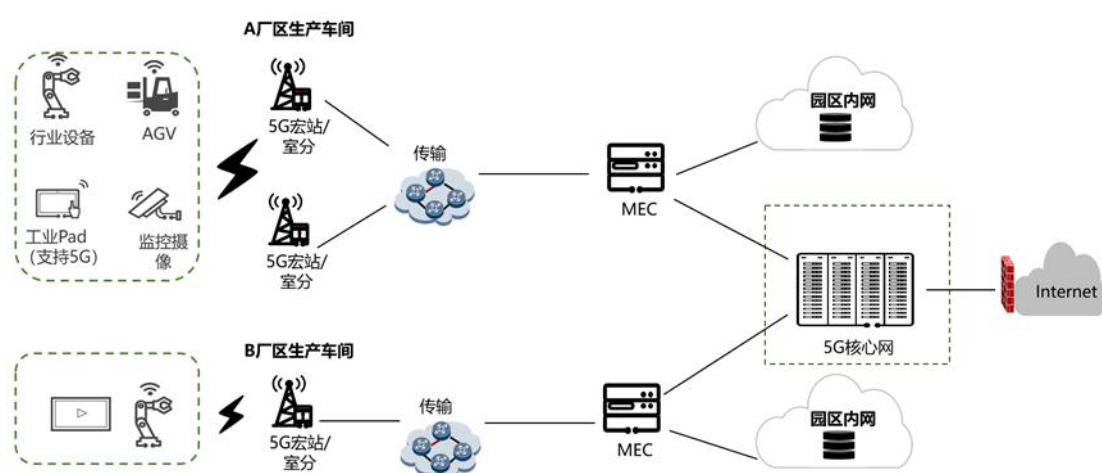


图 4-5 跨园区 5G 专网部署

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

案例 19：5G+工业互联网建设

铁建重工联合中国电信、华为、中兴等合作伙伴，结合企业地理位置以及行业特殊性，最终确定了以独享 UPF 下沉的形式为其打造 5G 工业专网，并开展 5G 内外网改造建设，园区内通过基站+室分来实现 5G 网络的覆盖，终端采用 5G 通讯模块进行联网，建立园区内专属 5G 局域网。分步上线隧道装备远程操控、自动驾驶、掘进机远控、智能焊接，智能分拣下料等场景，实现借助 5G 技术赋能传统工程机械行业智能化转型升级。

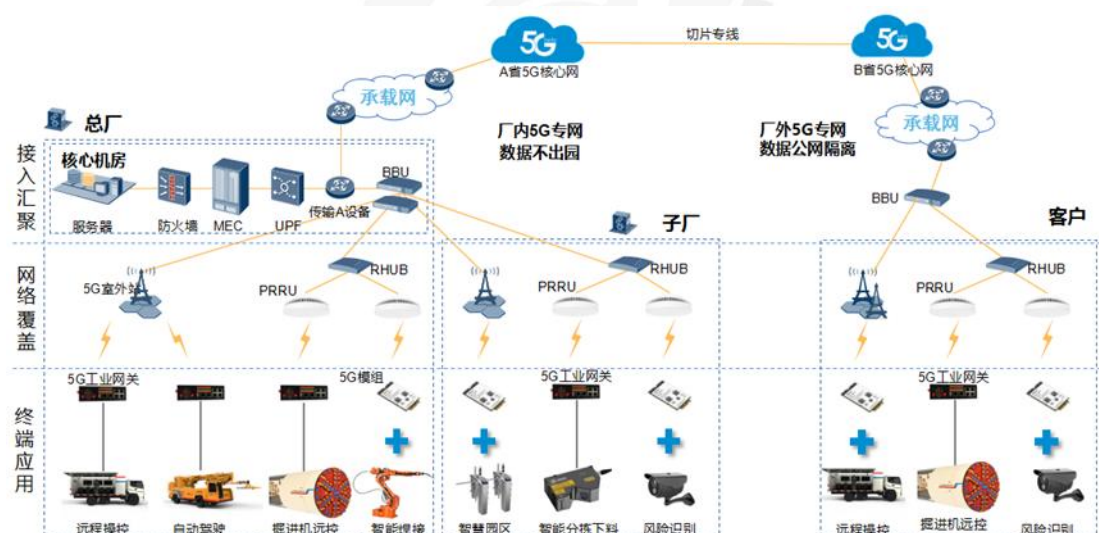


图 4-6 网络方案示意图

五、工业互联网标识解析体系建设

标识解析体系实现要素的标记、管理和定位，由标识编码、标识解析系统和标识数据服务组成，通过为物料、机器、产品等物理资源和工序、软件、模型、数据等虚拟资源分配标识编码，实现物理实体

和虚拟对象的逻辑定位和信息查询，支撑跨企业、跨地区、跨行业的数据共享共用。

（一）建设现状

一是标识应用实践主要集中在大型主机生产企业，中小企业应用尚不足。现阶段的标识应用实践主要集中在行业内个别大型主机生产企业，多从设备全生命周期管理、质量追溯等生产的部分小需求场景角度展开标识融合创新应用，大部分中小企业的应用尚不深入，行业整体尚缺乏具有共性亮点的标识应用解决方案。

二是适配工程机械行业的标识应用统一标准缺乏，数据利用效能偏低。目前缺乏针对工程机械行业相关的标识解析标准规范、应用白皮书等行业特色技术标准，无法系统化、规范化地指导工程机械企业开展标识应用。企业内各类信息系统间缺乏横向数据接口、数据标准不统一，数据孤岛现象严重，数据整体利用效能偏低。

三是目前工程机械标识应用偏重生产制造及产品管理，应用方向仍需拓宽。因为工程机械行业偏制造业的属性，目前的标识机械应用主要围绕生产制造及产品管理方向，对产业链下游设备使用及维护等后市场环节还缺少应用实践，包括工程机械产品设备预测性维护、绿色低碳使用管理、供应链金融等，有待进一步拓展应用。

（二）建设需求

基于工程机械企业的标识建设现状，需要重点改进的方向如下：

完善标识解析功能体系，保障企业用标识。建立完善工程机械行业标识解析的基本功能体系，包括标识注册、标识解析、标识查询、业务管理、数据管理等，支撑满足企业的实际业务需求，从而推动更多企业、设备上节点、用标识。

建立统一编码标准规范，便于企业间协同。建立一整套详细全面统一的数据理解标准体系，是工程机械企业应用标识解析技术的基础，打通工程机械后市场中的如设备、机主，机手、服务商、施工方等之间的数据传输，实现跨领域、跨企业的协同。

推动主动标识载体应用，加速企业用标识。加快开展针对工程机械行业下游的终端设备智能化改造，推动基于 5G、窄带互联网（NB-IOT）等技术的主动标识载体规模化应用，加快建设工程机械行业标识数据服务资源池，提升工程机械行业、产业数据服务效率。



图 5-1 工程机械行业工业互联网标识解析功能架构

(三) 建设部署

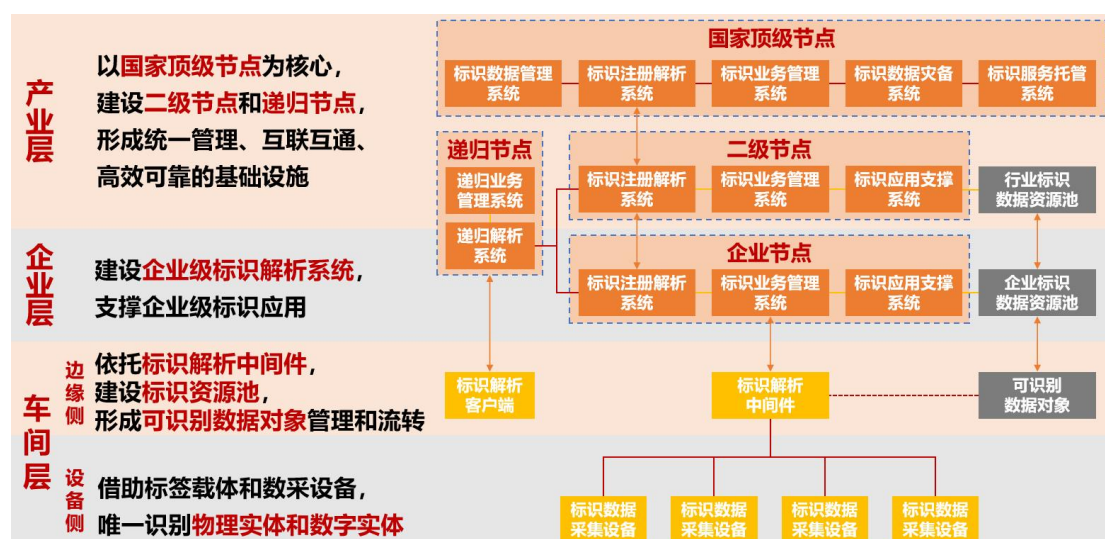


图 5-2 工程机械行业工业互联网标识解析建设部署

1. 车间层

包括设备侧和边缘侧，设备侧借助标签载体和数采设备，依托企业节点标识注册功能，对工程机械行业产业链、全流程中唯一识别的物理实体和虚拟实体进行“一物一码”标识。物理实体如设备、人员、产成品，虚拟实体如订单、物流单、模型算法等。边缘侧部署标识解析中间件，形成可识别数据对象的管理和流转能力，同时与工程机械行业工业软件实现接口对接，协助企业快速形成标识注册、解析能力。

2. 企业层

工程机械行业上下游及相关企业应以独立建设或托管建设的方式建设企业节点并接入工程机械行业二级节点。

企业节点应依托设备侧与边缘侧建设的能力，与企业内部工业软件、工业互联网平台实现横向对接打通，为企业提供工业互联网标识注册、解析、统计、数据存储等能力，形成企业标识数据资源池。

3. 产业层

工程机械行业头部企业或具备相关服务能力的工程机械行业企业可申请建设标识注册服务机构（即指二级节点），负责建设和运营二级节点服务器，面向企业或者个人提供标识注册、解析和数据管理等服务，起到承上启下的关键作用，并与国家顶级节点对接，实现分级管理、全网解析。

案例 20：千里马二级节点业务综合服务平台

千里马二级节点为湖北省以及华中地区首个获得工信部批准的标识注册服务机构，可为工程机械上下游企业提供工业互联网标识注册与解析的企业节点接入服务，依托千里马集团自身业务，打造全品类、覆盖主流品牌工程机械设备、零配件等要素的构建基于二级节点的后市场数字化服务平台，打造国内领先的行业级“智能经济和服务生态网络”，全面提升工程机械的供应链管理、远程维护、客户服务、智慧施工等环节的数字化水平。



图 4-6 标识解析部署示意图

六、工业互联网平台建设

平台是工业互联网的中枢，包括边缘层、IaaS、PaaS 和 SaaS 四个层级，相当于工业互联网的“操作系统”，用于实现数据汇聚、建模分析、知识复用与应用创新。

（一）建设现状

一是数据未能集中汇聚管理，边缘数据处理偏少。工程机械全生命周期会涉及海量数据，特别是产品设备会发往各个工地，对施工现场环境数据、设备运行数据、地理位置数据、客户需求数据等的集中管理就尤为重要，但大部分数据未能进行集中汇聚和分析，部分企业未能实现边缘侧数据处理，进而影响经营决策效率、安全监管水平。

二是企业大部分系统集成度低，设备互联难度大。大部分工程机械企业已用上 ERP、MES、PLM 等系统，但不同系统的开发服务商不同、开发语言多样、系统部署环境多样，系统间集成度低，数据流难以贯通。同时 MES 等系统与设备进行数据交互仍依赖人工介入，

数据的实时采集差、互联互通程度低。

三是大企业平台初步成型，中小企业平台应用少。大型工程机械企业已经建有体系架构完善的工业互联网平台，应用场景基本涵盖研发设计、生产制造、设备运维、智能服务等全生命周期，部分平台已具有初步的通用型工业操作系统雏形，对外输出服务。但大部分中小企业目前暂未建立一体打通的平台，设备上云上平台还不充分。

四是产业级平台已有应用，仍有待进一步普及。目前已有大型工程机械企业孵化的产业级平台，可提供供应链协同、跨领域融通服务等场景和方案，并已向其他行业、领域辐射，实现上下游企业资源共享，但平台未脱离企业母体，行业标准化平台有待建立，部分中小企业仍采用传统方式进行业务对接，产业级平台应用仍有待普及推广。

（二）建设需求

基于工程机械企业的平台建设现状，需要重点改进的方向如下：

提升数据采集能力，强化边缘层建设。借助大数据技术提高对设备数据的实时采集、处理分析能力，满足生产现场装备的自动控制需求，包括物流自动转运、机加工设备的智能控制、工业机器人智能调度、机器视觉检测等应用。同时，需要平台实现面向生产环境的装备信息自动反馈控制和超边缘算力管理，优化端侧计算资源。

提升数据交互能力，加强平台体系建设。加强数据治理，通过定义统一的数据格式和传输方式，对杂乱无章的数据系统进行整合打通，基于平台提升系统间、设备与系统的互联互通能力，集成 PDM、ERP、

MES 等系统，实现生产经营的集中管理与调度。加强平台的业务建模能力、数据能力、聚合能力，实现对业务的快速响应和可拓展。

聚焦行业特色需求，开发推广典型应用。针对设备智能运维需求，基于平台的数据沉淀和模型应用，开发部署运行监测与分析工业 APP。针对供应链协同需求，依托平台开发弹性供应链、智能仓储、智慧物流等云化应用服务。针对现场施工需求，要实时监控现场施工设备运行状态，基于平台大数据分析能力，提供现场施工解决方案。

发展产业级平台，促进上下游资源协同。汇聚产业链上下游优势资源，实现优质客户、供应商、经销商的供需对接。基于平台实现横向价值创新，如供应链金融等。同时，满足产品服务端的价值链延伸需求，基于平台实现产品的高效运维、设备监管、资产管理、智慧施工以及零部件的循环再利用等。

结合工业互联网平台架构 2.0 及工程机械行业特定业务功能要求，工程机械行业工业互联网平台整体功能架构如下图所示：

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

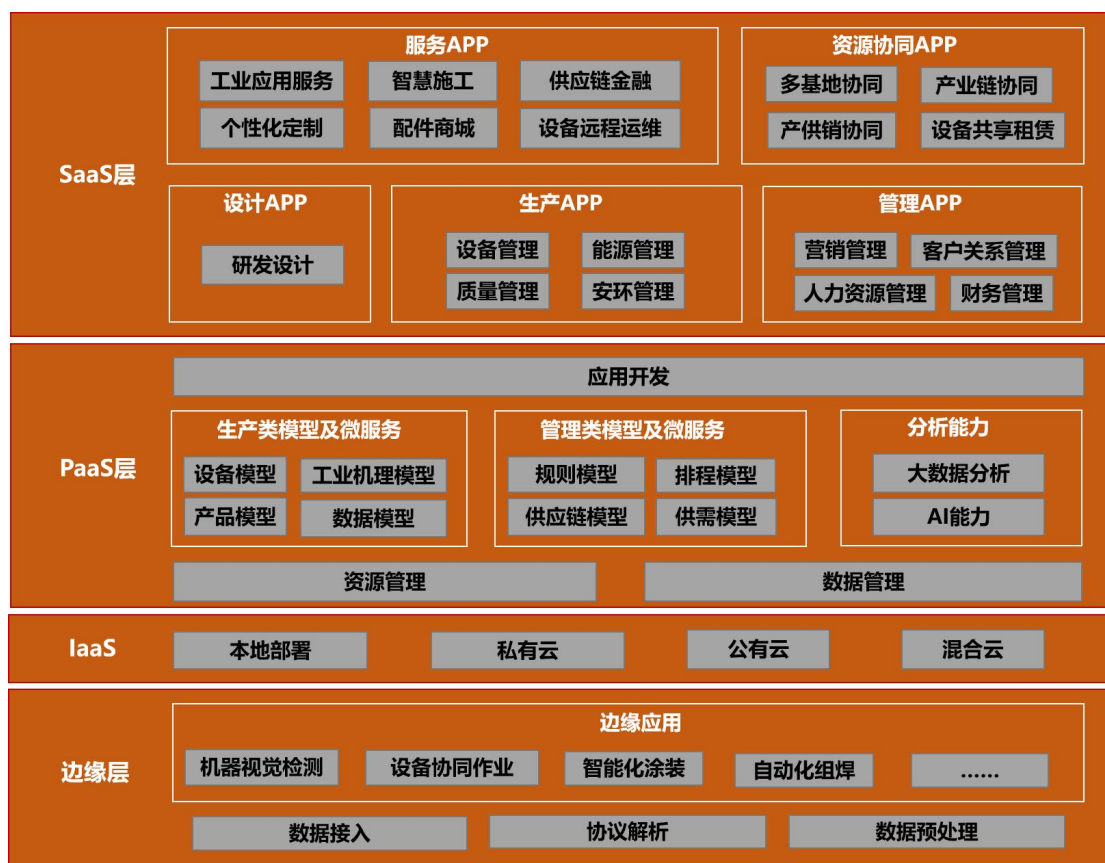


图 6-1 工程机械行业工业互联网平台功能架构图

工程机械行业工业互联网平台以边缘层建设为基础，PaaS 层通用能力及工业模型为核心，SaaS 层场景化应用为关键，汇聚工程机械行业生产、经营等核心数据，支撑工程机械行业传统业务的数字化转型及智慧施工、供应链金融等新模式新业务的拓展。其中边缘层汇聚生产设备数据，同时承载视觉检测、设备管控等车间产线所需应用；IaaS 层提供服务器、存储、网络、虚拟化等基础功能。PaaS 层在提供资源管理等通用 PaaS 能力之外，包含工程机械行业工艺模型及微服务、管理模型及微服务等行业特色模块，同时提供相低代码开发平台，支持行业知识的沉淀复用及场景化应用的快速开发。SaaS 层包含设计、生产、管理、服务、资源协同等各领域工业 APP，满足工程

机械行业数字化转型各业务场景需求。

（三）建设部署方案

根据工程机械行业业务场景需求，工业互联网平台部署可以分为车间层、企业层及产业层三大层级，分别满足车间生产、集团管理及产业协同不同需求。

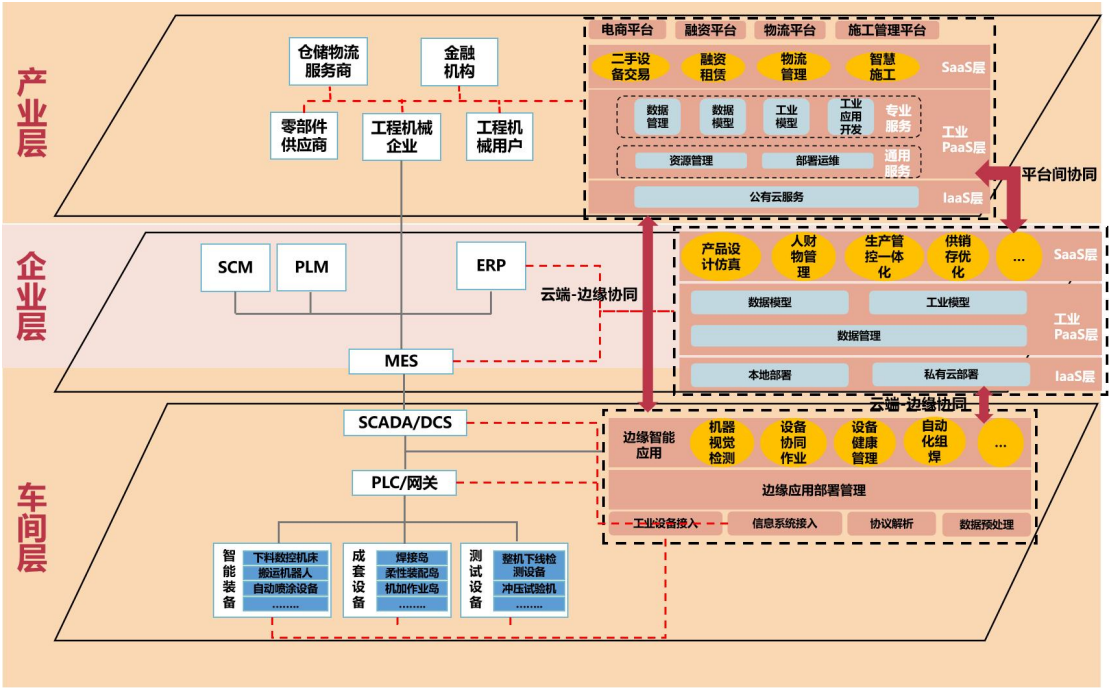


图 6-2 工程机械行业工业互联网平台建设部署

1. 车间层

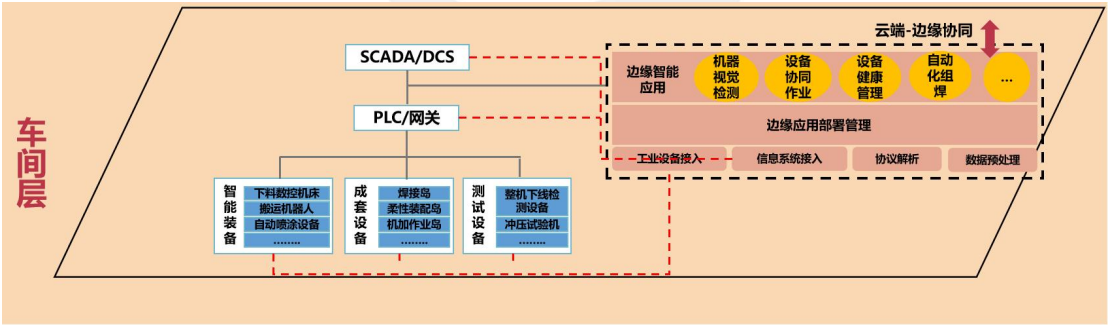
面向设备健康管理类业务，平台应具备数据采集、数据管理、模型管理、数据分析功能。首先要通过边缘网关采集设备数据，通过协议解析、数据预处理支持异构数据融合集成，输入设备模型后通过数据分析计算，分析设备状态，给出故障预警和优化建议。

面向生产优化类业务，平台应具备数据采集、数据管理、模型管理、数据分析、数据可视化功能。此类业务主要采集仪器仪表、智能

设备搭载的传感器等表征生产过程的数据，经过融合集成后输入工业机理模型，通过数据可视化实时监控生产状态，并计算得出工艺优化方案。

面向协同生产类业务，平台应具备数据接入、现场级数据分析、边缘控制功能，通过超边缘网关连接现场设备，为各工序设备提供现场级算力和网络连接，达到生产指令在工序之间的实时协同调度和柔性生产节拍管理。

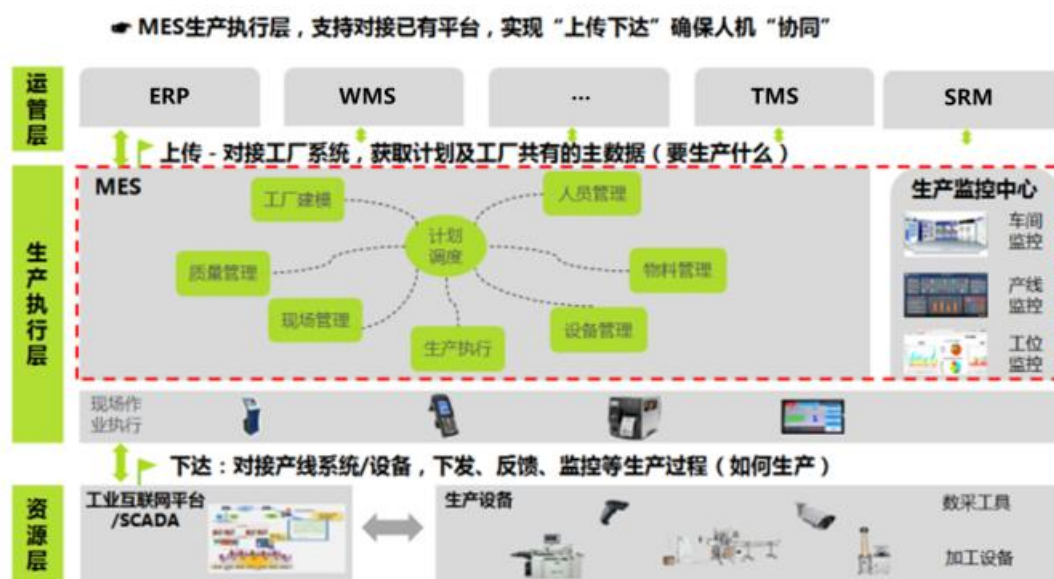
面向自动控制类业务，平台应具备数据接入和边缘控制功能。通过接入设备数据并与上层经营管理系统集成，形成生产过程的控制指令，并为其分配现场级算力资源进行数据分析和模型计算，实现车间算力网络中的算力协同，达到装备实时智能控制。



案例 21：中联重科 MES 平台

中联重科在智慧产业城打造土方、工起的数字化样板工厂 MES 平台应用，对工厂车间各工段制程管控流程的信息化功能设计，完成工序实时数据采集、现场作业防错防呆、工艺与质量的控制等核心功能。同时通过系统集成将中联多工厂生产运营管理与信息流联通起来，为各系统协同全面应用提供途径；通过上传制造过程的数据到工业互联网平台，经过大数据平台的数据智能化分析应用，推进 MES 平台深入应用如排产优化分析、制造质量分析、工艺优化分析、整机档

案标识识别。实现深度集成优化与智能决策，提升企业效益。



2. 企业层

面向经营管理优化业务，平台应具备异构数据接入、大数据计算分析和管理等功能，通过将人力、财务、资产、销售、采购等基础信息上传至平台数据管理模块，实现信息的汇聚与共享，进而实现企业运营的分析优化。

面向生产管控一体化业务，平台应具备资源调度、数据管理、数据分析与建模等功能，以搭建私有云服务的方式集成业务管理系统和生产执行系统中的数据，实现企业生产要素和经营管理信息的实时汇集、分析和交互，支撑企业智能决策。

面向产品研发设计业务，平台应具备数据接入、数据建模与分析、机理建模等功能，以搭建私有云服务的方式来调用数据管理、数据分析、机理建模等功能模块，实现传统 CAx 等研发设计工具件中的数

据打通与云端集成，从而实现云端的汇聚与协同应用。

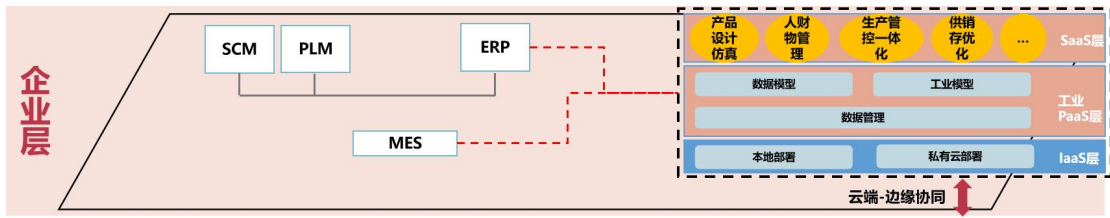


图 6-4 工程机械行业企业层工业互联网平台部署实施图

3.产业层

面向产业链供应链协同业务，平台应具备海量数据存储、大数据计算分析以及 SaaS 化应用开发等功能，通过租用公有云服务的方式来满足基础硬件资源需求，然后调用数据管理、大数据分析及应用开发功能模块，进而开发工程机械行业电商平台类工业 APP 应用。

面向供应链金融业务，平台应具备海量数据存储、大数据计算分析、资产评估、跨平台互操作以及 SaaS 化应用开发等功能，以租用公有云服务的方式来调用数据管理、大数据分析、模型管理及应用开发功能模块，实现企业与金融机构数据互通，进而开发融资平台类工业 APP 应用。

面向精准物流管理业务，平台应具备数据实时存储、实时计算分析以及 SaaS 化应用开发等功能，以租用公有云服务的方式来调用数据管理、实时数据分析、跨平台互操作及应用开发功能模块，实现企业与物流服务商数据实时打通，进而开发物流管理平台类工业 APP 应用。

面向智慧施工管理业务，平台应具备海量数据存储、数据实时计算分析以及 SaaS 化应用开发等功能，以租用公有云服务的方式来调

用数据管理、模型建立、实时数据分析及应用开发功能模块，实现工程机械企业与用户、管理后台与施工现场的数据实时打通，进而开发智慧施工管理平台类工业 APP 应用。

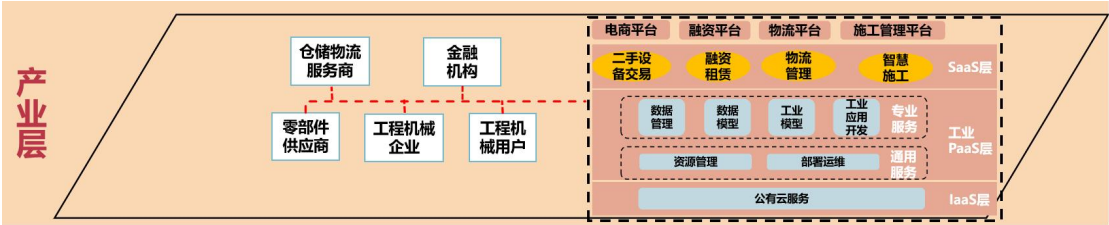


图 6-5 工程机械行业产业层工业互联网平台部署实施图

案例 22：中联重科智能供应链平台

中联重科智能供应链平台外接京东、1688 等外部商城，拓宽寻源渠道，提升资源链接范围；内接 ERP、仓储 WMS 系统、物流 TMS 系统等，实现采购业务信息与各关联业务系统的快速传递，推动业务高效运转。供应链平台主要有如下功能模块：品类管理用于定义采购维度的分类标准，结合不同分类制定不同商务及采购策略，指导后续寻源、合同等一系列业务开展；采购需求管理用于管理多场景下的采购申请，结合处理策略、处理分工分流处理渠道；采购寻源用于供应商筛选，招投标、商务谈判等商务处理业务，通过此环节输出合同约定和商务价格；合同管理用于编制、签订、执行、结束、续签等合同全生命周期业务的管理；采购定价用于管理实际采购业务中的价格条款，指导后续每次业务的发生价格；采购协同用于管理采购订单、配送计划、发货等业务执行过程记录，实现与供应商的实时线上交互，提升业务处理效率；采购结算用于处理采购的财务结算业务，实现线上对账、开票沟通、结算等功能。

七、工业互联网安全防护体系建设

安全是保障。围绕设备、控制、网络、平台、工业 APP、数据等多层次构建网络安全体系，建立健全工业互联网企业网络安全分类分级管理制度，加强监测预警、应急响应、检测评估等技术手段和安全机制建设，推动工业互联网健康有序发展。

（一）建设现状

一是终端设备硬件的安全防护程度不够。工程机械生产设备较多，运转频次较高，日常的安全维护不够，部分设备未连接安全工控机，终端设备硬件的组件和配置易被篡改，攻击者可利用工具直接从硬件中提取数据、查找漏洞或分析破解系统，甚至可以直接克隆、篡改电路，加装恶意设备，带来安全风险。

二是异构设备众多，接口安全防护欠缺。当前工程机械工业互联网平台要连接的异构设备众多，连接条件和连接方式多样，存在大量不安全的接口，边缘层缺乏对异构工业设备接入的安全管理，接口安全防护有待进一步提升，对多设备的状态感知、安全配置自动化更新和主动管控机制有待建立。

三是海量终端接入，数据安全保护不足。当前大部分工程机械工业互联网的安全措施较为基础，随着越来越多的设备终端接入平台，数据的流通与共享将扩大数据安全管理的范围，增加数据安全防护的难度和数据攻击事件分析的复杂度，针对数据滥用、隐私泄露等威胁的安全防护措施有待提升。

四是安全建设机制不完善，综合保障能力偏弱。大部分工程机械企业的工业互联网安全建设多围绕基本安全需求而开展，仍处于完成安全设备采购的初级阶段，缺少持续学习工业互联网安全配置、设备运维等知识体系，也普遍缺乏对安全措施有效性的量化考核和评估能力，安全制度形同虚设、安全设备未充分发挥作用。

（二）建设需求

基于工程机械企业的平台建设现状，需要重点改进的方向如下：

加强对工控设备的安全管理，提升设备安全防护水平。基于工程机械企业自身需求与实际情况，在 PLC、DCS 等核心控制设备前端部署具备工业控制协议深度检测功能的防护设备，从而能检测和阻断不符合协议标准结构的数据包和不符合正常生产业务范围的数据，构建工业控制设备可信环境。

加强对平台的安全管理，提升平台的可信可靠程度。在平台规划建设时要部署安全防护策略，强化云平台的安全系统建设，并在企业与云平台的接口处增加安全软件进行保护，从而防止重要业务数据的泄漏，保障个性化定制、网络化协同以及服务化延伸等工业互联网应用的安全运行以提供持续的服务能力。

加强安全管理制度建设，形成常态化安全管理动作。建立完善的安全管理制度和实施细则，明确安全管理权责，转变安全管理理念，安全防护措施部署由静态防御向主动防御转变，持续监测安全风险、协同联动处置风险，实现对工业互联网安全风险的主动发现、协同防

护、及时清除，系统性提升安全管理水平。

(三) 建设部署

为确保工程机械行业不同类型业务的安全，应建设如下的安全功能架构：

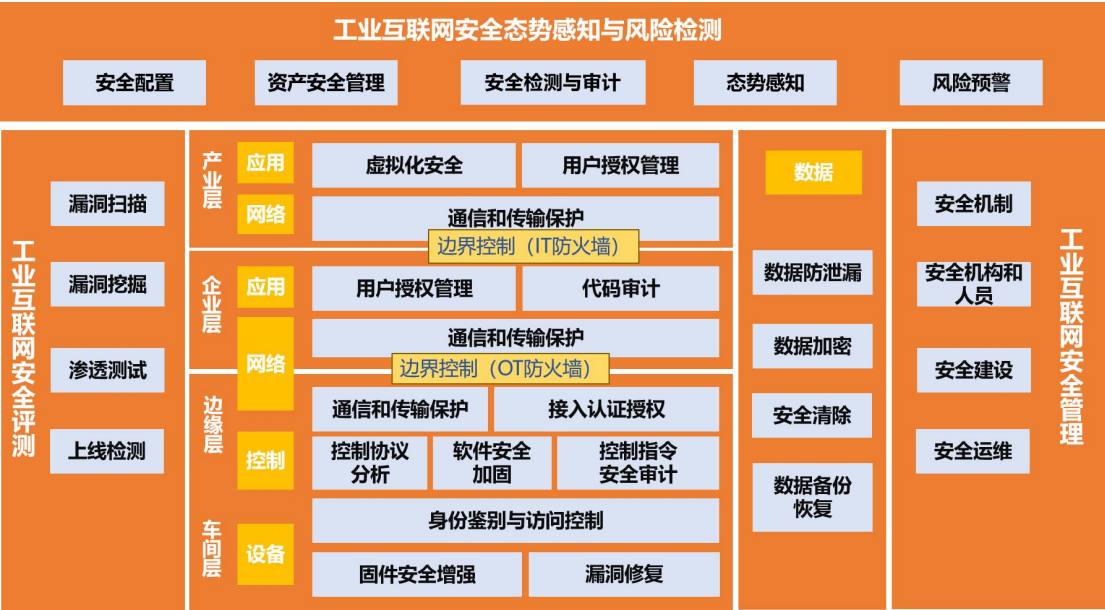


图 7-1 工程机械行业工业互联网安全功能架构

工程机械行业的安全功能架构体现了工业互联网安全功能在“车间、企业、产业”的层层递进，具体包括设备安全、控制安全、网络安全、标识解析安全、平台安全、应用安全和数据安全，以及贯穿于整个层级的安全管理、安全评测（漏洞扫描、漏洞挖掘、渗透测试、上线检测）和安全态势感知与风险监测（安全配置、资产安全管理、安全监测与审计、态势感知、风险预警）。

设备安全方面，主要关注边缘智能设备安全，设备涉及无人行车、各工序工业机器人等智能装备，温度、电力等各类智能仪表以及其他类型智能设备。硬件方面采用经过安全增强的设备固件，从操作系统

内核、协议栈等方面进行安全增强，软件方面应关注工控设备的安全漏洞及补丁发布。**控制安全方面**，主要关注过程控制安全，包含终端工控机、工控系统及组态软件等，可采用控制协议分析、软件安全加固、控制指令安全审计等安全管理策略。**网络安全方面**，关注生产现场网络安全、企业内跨基地网络安全、跨企业通信安全等，包含现场总线、工业以太网及 5G 等类型网络安全，可采用边界控制、通信和传输保护、接入认证授权保障等策略。**应用安全方面**，重点关注平台边缘接入安全和运行安全，确保企业经营管理类业务、供应链产业链协同类业务等各类业务的应用安全，可采用用户授权管理、代码审计、虚拟化安全等策略。**数据安全方面**，需关注边缘智能仪表数据采集与传输安全、企业相关客户个人信息保护、企业内外部重要数据、敏感数据的安全，可采用数据防泄漏、数据加密、数据备份恢复等策略。**标识解析安全方面**，需关注标识解析节点架构、标识解析系统安全、标识解析数据安全、标识解析运营安全等。**平台安全方面**，需关注平台设备与系统安全接入、工业云平台基础设施安全、平台数据安全等。

此外，应同步做好涉及全要素的安全管理、安全分类分级、安全评测和安全态势感知、安全监测等工作。

案例 23: 徐工汉云平台的网络安全防护系统

徐工汉云平台的网络安全总体技术架构包括边缘层安全、工业 IaaS 层安全、工业 PaaS 安全、工业 SaaS 安全。

边缘层安全。由于智能传感器、边缘网关等边缘终端设备计算资源有限，安全防护能力薄弱，工业互联网平台在数据采集、转换、传输的过程中，数据被侦听、拦截、篡改、丢失的安全风险更高，攻击者可利用边缘终端设备漏洞对平台实施入侵或发起大规模网络攻击，因而边缘层采用了抗 DDoS 攻击、抗病毒等安全管理技术。

工业 IaaS 安全。工业 IaaS 是虚拟化、资源池化的信息基础设施，包括主机设备物理安全、虚拟化系统安全、虚拟化网络安全、虚拟化管理安全、工业数据存储安全等。面临着虚拟机逃逸、跨虚拟机侧信道攻击、镜像篡改等新型攻击方式的威胁。另外，多数平台企业使用第三方云基础设施服务商提供的 IaaS 服务，存在数据安全责任边界不清晰等安全问题。因而工业 IaaS 采用了接入固件许可授权、虚拟机防逃逸、资源控制等安全管理技术。

工业 PaaS 安全。工业 PaaS 是基于工业知识显性化、模型化、标准化的赋能使能开发环境，其安全包括通用 PaaS 平台、工业应用开发工具、工业微服务组件、工业大数据分析平台的安全。通用 PaaS 平台感染病毒、木马，可造成平台瘫痪、服务中断、数据丢失等严重后果。工业应用开发工具、微服务组件存在漏洞，将影响工业 APP 的正常开发和使用。工业大数据分析平台汇聚海量工业企业的工艺参数、产能数据等高价值数据，被黑客入侵可能导致敏感信息泄露，威胁平台数据安全。因而工业 PaaS 层采用了容器安全防护、镜像防篡

改等安全管理技术。

工业 SaaS 安全。工业 APP 作为工业互联网平台应用层的应用服务的载体，涉及专业工业知识、特定工业场景，集成封装多个低耦合的工业微服务组件，功能复杂、安全设计规范缺乏，可能存在安全漏洞和缺陷，面临的工业 APP 漏洞、API 通信安全、用户管控、开发者恶意代码植入等应用安全问题更为突出。因而工业 SaaS 层采用了业务应用安全防护、工业 APP 安全防护等安全管理技术。



图 6-4 基于汉云工业互联网平台的网络安全综合防护系统

八、组织实施

（一）基本原则

整体规划、分步实施。从工程机械生产全流程出发，制定企业转型发展整体战略和工业互联网建设蓝图；根据基础条件和需求急迫程

度，制定分阶段实施方案，分步推进规划落地。

夯实基础、创新驱动。面向工业互联网基础技术需求，加快夯实自动化信息化等方面的基础；积极探索大数据、人工智能、5G 等新一代信息技术与工程机械行业的融合创新。

标准先行、应用落地。构建统一的标准体系，确保建设后各系统和各环节标准互认、数据互通；围绕工程机械行业供应链协同、后市场服务等典型场景，加速工业互联网应用落地。

制度保证、安全可控。建立强有力的实施组织架构、推进制度和责权体系，保证应用取得实效；将安全作为融合应用的前提，实施工业互联网企业网络安全分类分级管理，提升网络安全、数据安全、功能安全保障能力。

（二）实施流程

工程机械行业和工业互联网融合应用同样遵循传统项目实施流程，需要通过现状评估、战略规划、组织准备等八步来推进。同时考虑到工业互联网实施涉及人、机、物、系统等的跨工序、跨企业、跨区域连接，面临技术融合和业务融合的多重复杂性，工程机械企业在推进工业互联网融合应用时需要更加全面的诊断评估，更好地进行蓝图规划，选择适合的实施路径，建立更加强有力的组织保障，并在自身能力的基础上，更多地联合相关科研院所、解决方案供应商的力量，共同推进实施。

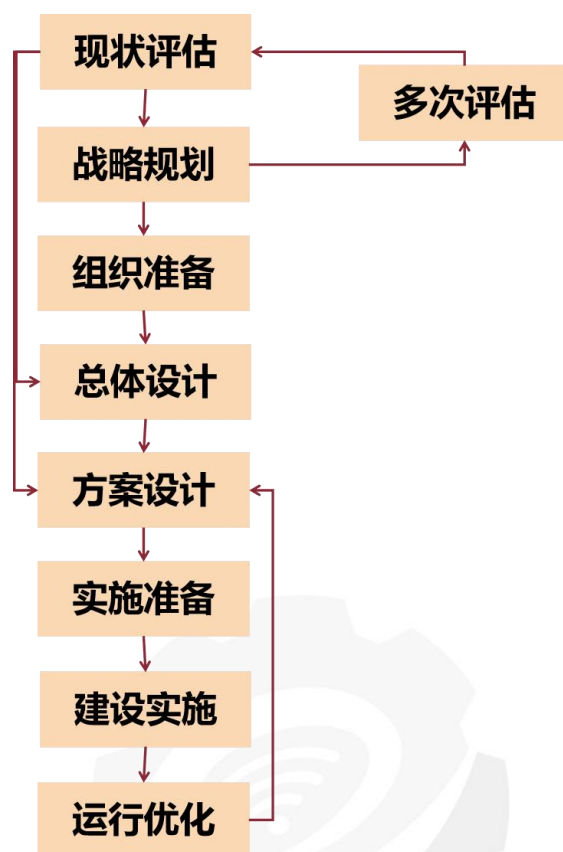


图 8-1 工程机械行业与工业互联网融合应用实施流程

1.现状评估

总体围绕关键绩效评估、业务差距识别、能力短板诊断等三个方面开展现状评估，明确工程机械企业关键业务问题，精准识别能力建设方向，进而指导建设实施和落地应用，持续提升数字化水平。一是依托关键绩效评估模型和行业绩效基准值，进行关键绩效数据采集、分析以及与行业基准值对比，通过多级指标下钻分析，精准识别企业存在的业务短板，分析提升该业务短板需求的能力；二是结合能力评价指标，诊断设计、生产、销售、服务等全业务链条的数字化能力成熟度水平，识别关键数字化能力建设情况和能力短板，进而支撑能力规划；三是基于数字化能力工具箱，根据业务短板匹配所需要建设的

数字化能力，以及能力诊断所需要提升的数字化能力情况，明确工业互联网在支撑转型时所应具备的网络、标识、平台和安全功能，规划相应的能力建设方案。基于现状评估，企业可开展自主定级，参照工业互联网企业网络安全分级分类防护相关标准，落实与自身等级相适应的安全防护措施等。

2.战略规划

面对工程机械行业高端化、智能化、绿色化的发展趋势，结合工程机械企业发展愿景、目标和市场定位，基于企业现有核心竞争能力、业务特点和痛点，明确融合应用方向，细化融合应用目标，设计融合应用路径，全面规划企业融合应用架构。具体来说，一是战略研判，基于企业现状分析，明确企业融合应用需求和愿景；二是建设目标策划，根据企业不同场景的需求，以及生产指标、管理指标等情况，设定项目建设目标；三是蓝图规划，基于需求、愿景、目标等，设计融合应用路径，明确融合应用总体架构。

3.组织准备

为推动战略规划落地，工程机械企业根据应用需求，策划匹配的企业组织架构并进行动态调整；规划建设所需的资金预算和筹措渠道；变革和创新业务模式和流程，建立健全相关规章制度，支撑后续具体规划和建设任务开展。具体措施包括制定项目建设配套规章制度，设立包括企业中高层在内的项目领导推进小组，成立专家咨询委员会，制定项目年度资金预算与投资计划，对战略规划中涉及的新业务和新

组织进行建设和调整等。

4. 总体设计

结合战略规划，面向工程机械企业全业务流程，工程机械企业联合规划设计院、总集成商等开展融合应用总体设计，制定建设蓝图，构建完整的业务、技术、数据、应用、网络、标准以及管理等架构，明确网络、标识、平台、安全等方面的建设重点，并根据需求迫切程度、技术基础和资金情况等，规划项目建设先后顺序、建设目标和阶段建设内容，指导项目建设实施。

5. 方案设计

按照总体设计要求，工程机械企业联合相应的系统解决方案供应商，针对各个具体应用板块设计详细建设方案，包括底层自动化改造方案、标识体系建设方案、网络设计改造方案、工业互联网平台以及安全防护体系建设方案等，每个方案包括面对具体应用场景所采用的技术、装备、软件等详细解决方案、投资详细概算、人员安排、进度安排等，指导具体实施建设。

6. 实施准备

按照“成熟一个启动一个”的原则，在完成方案设计和论证后，根据具体项目建设需要，在资金、物料、人员、制度等方面进行实施准备，包括筹措项目建设过程中所需资金、组建由工程机械企业和系统解决方案供应商组成的项目实施团队、采购项目实施所需的相关设备、建立项目管控机制、建设相关标准体系、开展工业互联网相关培训等，

保证项目建设顺利开展。

7. 实施建设

根据建设方案，项目实施团队进驻现场，分阶段开展项目建设，包括但不限于：

一是底层设备自动化的改造和新型网络设施改造升级，包含升级完善 MES、ERP 等信息化系统；升级现有的装配机械臂、自动喷涂设备等设备或部署新型智能装备，增强泛在感知能力；开展企业内外网改造，提升数据传输能力；完善各工序工艺模型，提升过程控制智能化程度。

二是企业数据治理与标识体系构建，包括项目所涉及的物理实体和虚拟实体标识码建立、标识解析中间件部署、企业标识解析节点建设等，并基于标识体系，推动基础数据清理、数据挖掘分析、数据库和模型库创建。

三是工业互联网平台部署、开发和测试，包括平台部署，主要包含网络、服务器、存储资源等硬件部署和操作系统等软件部署两部分；功能配置，对数据采集点、平台侧业务菜单、用户角色权限等进行细化配置和调试；二次开发，结合工程机械企业实际业务需要，对原有 SaaS 应用进行定制化开发，对于新增的非通用性业务，基于平台进行全新开发和部署；功能测试，开展黑盒、白盒和 UAT 用户接受测试，并根据测试情况进行修正完善，保证建设内容达到总体设计和方案设计的预期结果。

四是安全防护体系建设，包括从设备安全、控制安全、网络安全、

应用安全、数据安全、安全管理等方面构建安全防护体系，定期开展安全风险监测评估，保证设备运行安全可靠、网络传输安全可信、数据全生命周期流动安全与合规使用。

8. 运行优化

工业互联网项目建设完成后，组织开展运营服务培训，形成相关标准，进行试点应用和分步推广，并根据运行情况进行迭代优化，适时组织开展工业互联网应用成效评估。后期根据评估情况、实际需要和技术发展情况，开启新一轮工程机械行业+工业互联网融合应用规划，不断提升融合应用水平。

（三）要素保障

1.组织保障

考虑到工业互联网跨领域跨行业特点，为保证融合应用顺利推进，企业应组建工业互联网专家咨询委员会，作为推进工业互联网建设的战略性、全局性、专业性决策咨询方；组建由企业一把手或分管领导挂帅的项目领导小组，统筹各方资源；组建由信息化或数字化部门负责人挂帅的项目建设小组，负责具体项目组织实施。

2.制度保障

工程机械企业应建立工业互联网融合应用责任机制、持续改进机制和应用评价机制，制定高效合理可行的管理与建设应用效果的考核指标体系。通过加强对企业项目组和各单位工业互联网建设与实施情

况和效果的评估考核，发挥考核导向作用，充分调动各级领导和全体员工的积极性和创造性，从制度上保障工业互联网融合应用有效落实。

3. 资金保障

企业需要根据自身应用需求，结合资金投入能力，合理设置建设目标，建立分阶段、分批次的资金投入计划和资金投入保障措施。通过争取国家项目、企业自筹、社会资本入股等多种融资渠道，确保资金投入到位，项目良性运转。

4. 人才保障

工程机械企业在推进工业互联网应用过程中，应建立健全工业互联网相关复合型人才引进、培养、使用、激励等机制，引进和培养一批懂管理、懂制造和懂信息技术的复合型、实用型和现代化的高级管理人才、科技领军人才和专业技能人才，从各方面对相关人才予以倾斜照顾，确保人才引得进、留得住、用得好。

5. 文化保障

针对工业互联网融合应用对工程机械企业现有业务体系存在一定的颠覆、对员工认知理念带来一定的冲击等情况，工程机械企业应与工业互联网相关研究院所加强合作，通过开展员工培训学习、印发优秀应用案例、应用经验交流、知识竞答比赛等一系列活动，建立工业互联网创新应用文化，加速工业互联网在工程机械行业的推广应用。

附件一 主要供应商名录

工程机械行业工业互联网供应商按照边缘层、平台层、应用层、安全保障进行分类，边缘层供应商主要提供工业数字化装备、工业互联自动化、工业互联网网络等数据采集、传输相关产品与服务。平台层包括提供云计算基础设施、通用云服务及工程机械行业工业互联网平台的相关企业。应用层包括面向平台化设计、智能化制造、网络化协同、数字化管理、个性化定制、服务化延伸等新模式，提供细分场景解决方案的供应商。安全保障方面则包括了数据安全与工控安全相关供应商。

附表 1-1 主要供应商概览

产品领域	细分类别	企业名称
应用层	平台化设计	工艺设计：友联华宇、西门子、东风设计研究院、通力凯顿、中科云谷等
		三维工厂数字化设计与交付：达索、海克斯康、中国机械工业第六设计研究院有限公司等
	智能化制造	产品数字化设计：PTC、南京维拓、上海数设科技、澳汰尔、欧特克、上海璞成科技、湖南易虎科技、武汉开目等
		生产计划优化：思爱普、甲骨文、鼎捷、帆软、柳工七识、杉岩数据等
		车间智能排产：朗通科技、汉得、中科云

产品领域	细分类别	企业名称
		谷等
		精准作业派工：蓝思系统集成、山河祥云等
		产线柔性配置：中捷、济二、柳工七识等
		资源动态组织：徐工信息、中科云谷等
		工艺参数调优：阿特拉斯·科普柯、潍柴等
		精益生产管理：潍柴动力、西门子等
		安全生产：江苏东佳慧等
		仓储配送：上海聚龄、思爱普、Dematic、唯智信息、山河祥云等
		质量管理：上海优也、厦门安必兴、苏州瑞泰、北京和利时、徐工信息、潍柴、熊猫、西门子、上海理想等
		设备管理：徐工信息、北京和利时、上海优也、赛意、武汉璞华、潍柴动力、树根互联、英迪致远、武汉胜鹏、中科云谷、康明斯天远、福建乐想天成等
		环保管理：浙江全世科技、徐州铭轩、北京曼德克、江苏卓正、柯林瀚特、宇星科技等
		能效管理：树根互联、上海优也、北京和

产品领域	细分类别	企业名称
		利时、烟台东方电子、东莞绿能等
	网络化协同	多基地协同：潍柴等
		产业链供应链协同：赛意、上海聚灵、徐工信息、思爱普、潍柴、甲骨文、传感时代等
	数字化管理	财务人力营销管理：徐工信息、PTC、江苏瑞泰、武汉天喻等
		企业经营决策：用友、汉得、上海西信等
	个性化定制	/
	服务化延伸	供应链金融：树根互联、欧冶金服、积微物联、普洛斯等
		其他后市场服务：徐工信息、潍柴、中国联通、树根互联、广东传感时代、千里马、石家庄天远科技、燧璞锐、江苏泛均等
平台层	云基础设施	基础硬件：浪潮、华为、联想、新华三、惠普、戴尔、IBM 等
		基础软件：Oracle、DB2、SqlServer、SyBase、Wonderware、Vmware
	通用 PaaS 服务	腾讯云、阿里云、华为云、浪潮云、中冶赛迪信息、优也等
	工业互联网	树根互联、山河祥云、中科云谷、徐工汉

产品领域	细分类别	企业名称
	平台	云、柳工七识、上海优也、传感时代、浪潮、潍柴智能、康明斯天远等
边缘层	工业数字化装备	西马克、金恒等
	工业互联自动化	浙大中控、飞马智科、金自天正、川仪、西门子、ABB、罗克韦尔等
	工业互联网网络设备	华为、中兴、新华三、思科、西门子、moxa、中国信科、海得、研华、研祥、Kepware、杉岩数据等
	5G 设备与服务	中国移动、中国联通、中国电信、华为、广和通、高通、爱立信、深圳三旺通信等
安全保障	数据安全	深信服、山石网科、奇安信、亚信安全、南京中新赛克等
	工控安全	英赛克、长扬科技、威努特、力控、海天炜业

附件二 典型解决方案案例

（一）智能工厂——三一集团

1.案例综述

智能工厂是在数字化工厂的基础上，利用物联网技术和监控技术加强信息管理和服务，提高生产过程可控性、减少生产线人工干预，以及合理计划排程，同时集智能手段和智能系统等新兴技术于一体，构建高效、节能、绿色、环保、舒适的人性化工厂。

三一集团的 18#工厂，基于工业互联网平台——根云，围绕产品设计→工艺→工厂规划→生产→交付等核心业务环节，打通了产品到交付的核心流程。

2.行业挑战

传统的工程机械生产工厂内数据基础不完善，各环节数据互联水平低，形成“数据孤岛”，导致研发与生产、市场脱节，生产线依赖人工干预，生产效率低下、生产过程可控性差、产品质量一致性差。

3.解决方案

三一集团的 18#厂房数字化工厂，通过将泵车制造全流程工序统一集成整合至 18#厂房，建设泵车智能制造+大数据应用的集成平台，并对泵车进行数字化升级，用于新一代泵车的研发与制造。并基于三一“树根互联”工业互联网平台，融合应用物联网、大数据、云计算等信息技术，并实现与 PLM、CRM、ERP、GSP、BPM 流程总线、PO 集成总线、MDM 数据总线、DIP 产业链集成下料系统等基础模块的

全面集成应用，打造可靠、全面、可行的一体化运营与管控系统，为工业互联网智能泵车升级研发提供全生命周期的数据支撑，全面提升运营效率和智能化水平。

通过工业互联网打破各泵车智能制造产线集成、互连与协同，实现“生产数字孪生”。基于制造运行智能管理 MOM 和数字孪生技术，构建制造执行的数字化大脑，实现六大车间的自动化集成、数字化运行、智能化管控，实现 18#厂房的生产计划、生产现场、设备运行、物料配送、产品质量、安防环保等全制造运行过程的实时、动态及智能管理。通过数据分析、图像识别、AR/MR、人工智能、数字集成等先进技术的应用，实现设备级、单元级、产线级以及工厂级的各类生产要素和指标的立体化和全方位展示，以及智能管控和优化分析，建立“生产数字孪生”，实现产品与工艺的数字化设计和仿真。

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

（二）挖掘机智能工厂——广西柳工

1. 案例综述

广西柳工自主研发了基于制造全流程数据驱动的高弹性高稳定性的制造集成应用平台，围绕计划调度、生产作业、质量管控、设备管理、仓储物流等重点环节，建立高效柔性、敏捷响应、人机协同和动态调度的挖掘机智能工厂。

柳工制造集成应用平台以 ERP、MES 为核心，集成数采、CRM、SRM、数字化工艺、质量平台等系统，通过制造全流程数据采集，挖掘可应用于制造管理、质量控制、生产过程维护、可追溯性、运营管理等不同粒度、不同维度的数据元素，实现挖掘机工厂的数据互联互通与精准判断，促进工厂运行状态的实时监控、预警和智能决策。

2. 行业挑战

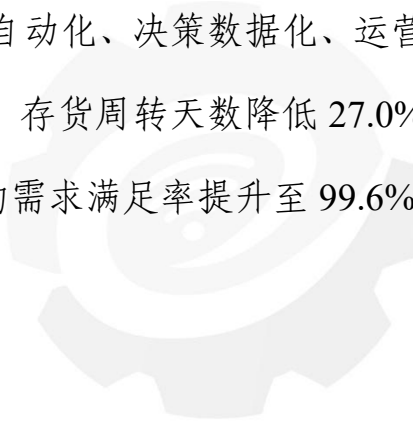
目前，工程机械行业智能工厂建设及发展主要面临以下问题：一是数据采集难，老旧设备多，缺乏数据采集能力和数据交互能力；二是互联基础差，现场设备互联难度大，MES 与 ERP、PLM 等系统集成度低，同时 MES 无法与现场设备进行数据交互，设备巡检等依靠人工处理；三是决策效率低，设备维修保养等依靠人工经验，生产设备、物料、人工等生产资源利用率较低；四是制造协同性低，包括生产、物流等订单执行的全流程无法实时跟踪与管控。

3. 解决方案

智能工厂建设实施主要分为两方面：一方面是通过应用 5G、WIFI、IPv6、物联网（IOT）等技术，全面联接各类加工、物流、测量等设

备，打通 MES、ERP、QMS、CRM、SRM 等系统，以横向贯通供产销等业务环节，纵向贯通物流、信息流、成本流等数据，实现制造全流程可溯。另一方面是实施自动化、智能化改造，全面应用数控设备、在线监测站、无人搬运小车（AGV）等先进技术装备，通过将装卸机器人、传输链等组成加工单元和自动化产线，实现少人化生产，减少人工加工的质量波动问题，提高产品质量和生产效率。

通过搭建基于制造全流程数据驱动的制造集成应用平台，推动工厂生产柔性化、设备自动化、决策数据化、运营透明化，实现生产计划完成率提升 20.0%，存货周转天数降低 27.0%，质量外反馈率减少 16.0%，配件和服务的需求满足率提升至 99.6%。



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

（三）车间智能排产——中联重科

1.案例综述

中联重科自研建设了一套生产排程自动化以及智能调整为一体的智能排程系统，根据工厂的业务需求场景，建立不同的场景模型，同时充分考虑可能出现的插单、延误或物料供应变化等异常情况，生成符合当前生产状况的排程计划。

智能排程系统通过引入产能模型，自动优化生产顺序，缩短平均生产周期；通过高速计算、模式革新，基于多约束承诺机制拉式生产，上下互为供需关系联动，实现主机、配件等各产品生产的高级计划与排程管理，最大程度的降低在制，减少库存占用，提升工厂运营效率。

2.行业挑战

传统的工程机械生产方式难以预测市场需求开展计划，导致供需不匹配，库存浪费。基于离散行业自身的生产特点，存在多品种、生产资源约束、订单变化和质量异常导致的计划扰动，因而需要动态排产。同时，工程机械生产现场存在大量手工作业工序，依赖经验进行人岗匹配，准确度不高，导致生产效率低。

3.解决方案

一是引入产能模型，将各个车间的生产能力、产品工序的能力耗用在系统中建立一套管理体系，并引入大数据统计分析，从而对执行端反馈的数据进行处理分析，协助管理人员持续优化产能管理。二是基于 TOC 约束理论，结合工程机械行业特点分析和识别影响排程计算的约束条件，将其作为排程优化模型的参数输入，以实现生产瓶颈

的精确定位，从而围绕瓶颈进行生产计划的智能排程。三是根据企业的业务需求场景，建立不同的场景模型，例如：交期最优、材料利用率最优、客户优先级最优及库存占用量最优等，并引入差分计算算法、遗传算法、蚁群算法等，建立起适用于多场景的智能排程体系。

智能排程系统建设使用后，计划编制工作耗时减少 80%，计划达成率超过 90%，产品生产周期缩短 10%。



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

（四）产线柔性配置与资源动态组织——潍柴智能

1.案例综述

潍柴智能针对产品结构差异及工艺参数控制要求的不同，采用智能装备实现自动换型，在保证产品产出质量和效率的前提下，采用模块化等技术，搭建全柔性生产线，开发智能化生产系统，实现多品种混线生产和自动程序换型。

自主搭建智能物流分拣平台 LES，自主优化现有 MES 系统、物料拉动系统等，并用大数据等技术集成资源合理调配，做到过程可监控、实时能调整。

2.行业挑战

生产线科学管理是提升生产效率的关键。发动机生产属于较为复杂的离散制造，零部件、物料、工艺流程多样、复杂，大量生产资源、要素需要动态调度和精准管理，系统间未充分集成，传统往往依赖人工进行生产准备、调配资源，生产和管理效率低下，工作强度大，工作内容枯燥，企业用工成本高昂，不利于长期发展。

3.解决方案

一是设计产线智能生产模块。以智能化生产线为核心，集成任务管理、整机机型自动识别、零部件信息自动采集、自动转运、自动装配拧紧、自动测量判断、智能故障诊断及报警等功能，设计可移动装配单元、机加单元、铸造单元，采取模块化工艺设计，搭建全柔性生产线。基于不同结构的产品特征，设计通用夹具、更换工装、在线防错识别系统，实现自动换型。二是搭建数据分析模型。对生产过程工

艺参数、设备参数、质量数据进行全面采集和数据分析，建立工艺优化模型，对工序能力、设备状态等进行预测与优化。三是集成 ERP、MES、PLM 等系统，实现计划、调度、质量、设备、生产的全过程闭环管理。

基于这一场景建设，实现装配自动化率 70%，加工自动化率 100%，测量自动化率 85%以上，生产柔性提高 150%以上，客户需求响应效率提高 15%。



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

（五）全流程质量管控——山西建投

1.案例综述

山西建投在集团统一规范的技术框架下部署建设由中机第一设计研究院有限公司实施的全流程质量监测系统，基于产品全生命周期的数据打通，实现生产全流程质量管控。

全流程质量管控系统以工艺需求为导向、以数据平台为基础，集成 PLC、质检数据、MES 与 ERP 等信息系统数据，通过质量检测、状态监控、数据追溯等功能设计，集成信息化系统与自动化生产线控制系统，实现工程机械生产流程一贯制管理。

2.行业挑战

传统的工程机械生产工艺自动化程度低，大部分为手工组装和焊接，产品错误率高，并且物流多采用叉车搬运与行车吊转，往往存在物流衔接不到位而使得物料错漏、毁损，影响产品质量。同时由于生产所需零部件种类多，质量管控难度大，亟需建立从原材料到成品的追溯体系，实现质量的精准追溯与管控。

3.解决方案

全流程质量管控建设实施主要分为两个方面：一方面是打造智能质量监测系统。实现对生产线数据采集、状态监控、数据追溯等功能，通过专用数据接口与 MES 进行联网，实现生产数据与设备工艺数据交互，实现制造过程数字化管理，并且采用 OPC 技术与 PLC 系统、焊接机器人系统、自动上下料系统、条码管理系统交互，采集现场设备数据，通过图形化技术对生产线状态进行显示。另一方面是系统多

场景应用。产线由 22 台焊接机器人、8 台搬运机器人、2 套龙门抓手、圆盘锯切割设备、清洗烘干设备、加工设备等组成。并且生产线配备条码识别技术，控制系统采用工业以太网协议贯穿，实现计划管理、任务管理、设备管理、质量管理等信息可追溯等。

通过打造全流程质量管控系统，推动生产线紧凑布局，提高生产效率，实现生产质量全过程追溯，使得生产效率提升 30%，产品不良品率降低 10%。



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

（六）基于 5G 的智能化远程施工——山河智能

1.案例综述

5G 低延时、高带宽、高可靠性的特点，保证了远程施工控制指令同步，提高了现场设备的动作实时性，并能够满足应对各种意外情况的检测和处理。

山河智能的 5G 旋挖钻机远程控制平台借助 5G 通讯技术优势，结合物联网、大数据、AI、边缘计算、终端环境感知与智能控制等技术的应用，实现旋挖钻机施工的无人化。

2.行业挑战

工程机械行业施工一般存在作业环境复杂、强度大、危险系数高等特点，尤其是矿山及路面施工工况环境相对独立封闭，危险系数更高，对无人施工的需求更大。同时，大型机械在作业时，施工环境复杂，数据来源多样，传统有线通信方式布线困难，4G 网络无法支持大量数据的实时传输。

3.解决方案

通过在全电控旋挖钻机各部位部署高清监控摄像头、全景摄像头、高精度姿态传感器等配套部件以及自主 5G 网络设备，利用 5G 技术大带宽、低时延技术特点，将施工现场的监控视频、全景影像、姿态数据实时传送至远程遥控驾驶舱，实现在遥控驾驶端对旋挖钻机工作环境、机器关键部位、位置姿态的实时监控。操作手根据实时获取的信息可以在遥控舱远程控制机器，手柄控制信号通过 5G 网络传送至现场的旋挖钻机，实现对全电控智能旋挖钻机的精准控制。

基于 5G 网络的远程控制智能旋挖钻机可以实现工程装备跨区域的低时延、高精度远程操作，从而进一步提升施工效率、实现少人化操作、保障安全施工。



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

（七）基于 5G 的装备远程运维——铁建重工

1.案例综述

铁建重工基于 5G、物联网等技术打造了一套隧道装备远程运维操控系统，为跨区域远程运维提供了支撑。

依靠 5G 通信技术低时延、高带宽等特性建立稳定可靠的通信链路，构建施工装备与技术专家的远程运维系统，从而及时对装备进行数据检测、故障排查及程序上下载等操作，对现场工作人员进行关键技术指导，提高工作效率。

2.行业挑战

施工场地分散于各地，一旦工程机械装备自身出现故障，工程师难以及时到达现场进行故障诊断分析、排除问题、恢复作业，极易影响工期。基于有线宽带或 4G 网络的远程运维，在 VPN 隧道网络时延方面延迟较高，迟滞感较为明显，技术人员远程运维效率低。

3.解决方案

铁建重工的 5G 装备远程运维系统依托 5G uRLLC 场景特性，为技术人员的远程分析及指导提供了稳定可靠的通信链路。通过 IpSec VPN 技术建立隧道内装备核心控制器与远端技术人员电脑之间单播数据虚拟隧道，技术人员直接对控制程序进行在线运行监测、故障排查及程序上下载等操作。

通过装备远程运维系统的使用，可减少 30%左右由于电气技术问题的出差；远程设备程序响应的时延不高于 1s，提高运维效率。

（八）供应链弹性管控——徐工集团

1.案例综述

基于徐工全球数字化供应链系统 X-DSC，构建供应链智慧控制塔平台，利用大数据分析手段，对供应链业务过程中的成本、计划、配送、库存、质量等风险隐患进行识别、定位，并及时处置，保证业务流程的科学柔性管理，保障供应链持续、稳定、高效。

2.行业挑战

工程机械的产品由多种零部件组成，生产组织难度大，既有自己组织生产，又有大量采购，还有很多外协加工。随着产品种类越来越多，所需零部件的供应渠道越来越丰富，物流模式也越来越复杂，给供应链管理带来挑战。传统的供应链管理各业务环境偏差数据无法及时体现，需要人工统计分析，数据口径不一致导致分析结果不准确，无法有效解决问题。

3.解决方案

一是搭建数字化供应链管理系统 X-DSC，将寻源管理功能与 SRM 进行统一，通过采购合同、发货协同、对账、发票的电子化，实现生产与非生产物资寻源到付款信息流闭环管理。二是建立供应商订单协同看板，实时掌握供应商过程进度，降低交期风险，从风险维度分类，根据采购物资对企业影响的程度为物料赋值，平衡质量与成本关系；从支出金额维度分类，构建供应商质量评估模型，平衡采购降本与库存管理的关系。三是与 MES、ERP、CRM、WMS 集成，动态共享物料库存，供应商供货质量统一管控。四是通过 ETL 工具实

时抓取 X-DSC、WMS、ERP 中的各项业务数据并进行数据建模与交叉分析，形成影响 SCOR 关键节点决策的 KPI 和定制化警报，从而有效监控整个供应链。



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

（九）产品全生命周期智能服务——广西柳工

1.案例综述

围绕工程机械全生命周期各环节，聚焦工程机械后市场，广西柳工采用物联网、卫星定位、云计算、大数据等新一代技术，建立“智能管家服务云平台”，实现对工程机械产品的全生命周期智能化管理，为客户提供一站式售后服务。

智能管家服务云平台以客户需求为导向，数据平台为基础，集成装备运行数据、位置数据、ERP与DMS等信息系统数据，通过服务管理、装备管理、机群运营管理等功能部署，实现工程机械从整机生产下线、寄售管理、信用销售至售后服务等全生命环节的一站式管理。

2. 行业挑战

复杂的工程机械设备往往存在技术水平较高的运维服务需求，但目前工程机械运维过程中面临诸多问题：一是装备资产安全问题、装备利用率低；二是远程售后无法实时响应、巡检周期长；三是售后维护数据采集、分析困难；四是故障排除滞后、响应速度慢等。

3. 解决方案

工程机械产品全生命周期智能服务建设实施主要分为两方面：一方面是建设工程施工装备服务云平台，借助3G/4G、GSM、GPRS等技术，配合嵌入式智能终端、T-BOX、智能手机等硬件设施，采集、回传、存储工程机械实时工况的运行数据、位置数据、报警数据等信息，通过大数据分析，构造包括装备资产管理、关重件追溯、健康监测、安全操作、运营优化等服务，开展装备租赁等新模式应用。另一

方面是基于云平台的大数据服务能力，开展产品全生命周期数据管理，实现装备工况数据、位置数据、报警数据的存储、分析和应用，有效监控和优化工程机械运行工况、运行路径等参数与指标，提前预测预防故障与问题，智能调度内外部资源，提升产业链价值。

基于智能管家服务云平台实施产品全生命周期智能服务，实现了对工程机械产品的智能化管理、机群管理、远程服务管理，既提高了客户、代理商的满意度，也促进了整机产品的销售，使得后市场配件销售额提升 27.5%。



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

附件三 专业术语解释

[1] **信息模型**：信息模型是工业互联网全要素、全价值链、全产业链在信息空间的标准化表达。通过定义统一的建模架构和标准化的描述语言，实现异构设备、系统和应用之间的信息交互。

[2] **SCADA**：数据采集与监控系统，是以计算机为基础的生产过程控制与调度自动化系统。它可以对现场的运行设备进行监视和控制，应用于电力、冶金、石油、化工、燃气、铁路等诸多领域。SCADA是工业互联网数据的重要来源，肩负着数据采集、测量、各类信号报警、设备控制以及参数调节等功能。

[3] **ERP**：企业资源计划系统为企业提供了一个统一的业务管理信息平台，将企业内部以及企业外部供需链上所有的资源与信息进行统一的管理，这种集成能够消除企业内部因部门分割造成的各种信息隔阂与信息孤岛。

[4] **MES**：旨在加强MRP计划的执行功能，把MRP计划同车间作业现场控制，通过执行系统联系起来。这里的现场控制包括PLC程控器、数据采集器、条形码、各种计量及检测仪器、机械手等。MES系统设置了必要的接口，与提供生产现场控制设施的厂商建立合作关系。

[5] **工业大数据**：工业大数据即工业数据的总和，即企业信息化数据、工业物联网数据，以及外部跨界数据。其中，企业信息化和工业物联网中机器产生的海量时序数据是工业数据规模增大的主要因素。

[6] **机理模型**：机理模型亦称白箱模型，是根据对象、生产过程的内部机制或者物质流的传递机理建立起来的精确数学模型。它是基于质量平衡方程、能量平衡方程、动量平衡方程、相平衡方程以及某些物性方程、化学反应定律、电路基本定律等而获得对象或过程的数学模型，机理模型的优点是参数具有非常明确的物理意义。

[7] **专家系统**：专家系统是人工智能早期的一个重要分支，是一类具有专门知识和经验的计算机智能程序系统。

[8] **LCA**：是指管理产品从需求、规划、设计、生产、经销、运行、使用、维修保养、直到回收再用处置的全生命周期中的信息与过程的工具。

[9] **SDN**：软件定义网络，是一种新型网络创新架构，是网络虚拟化的一种实现方式，其核心技术 **OpenFlow** 通过将网络设备的控制面与数据面分离开来，从而实现了网络流量的灵活控制，使网络作为管道变得更加智能。

[10] **CDN**：内容分发网络，是在传统网络中添加新的层次，即智能虚拟网络。**CDN** 系统综合考虑各节点连接状态、负载情况以及用户距离等信息，通过将相关内容分发至靠近用户的 **CDN** 代理服务器上，实现用户就近获取所需的信息，使得网络拥塞状况得以缓解，降低响应时间、提高相应速度。

[11] **边缘计算**：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平台（架构），就近提供边缘智能服务，满足行业数字化在敏捷连接、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。

[12] **边缘智能**：边缘智能是边缘计算和人工智能结合的新范式，在边缘侧提供的高级数据分析、场景感知、实时决策、自组织与协同等服务。

[13] **边缘节点**：边缘节点是对边缘网关、边缘控制器、边缘服务器等边缘侧多种产品形态的基础共性能能力的逻辑抽象，这些产品形态具备边缘侧实时数据分析、本地数据存储、实时网络联接等共能力。

[14] **TSN**：时间敏感网络，通过数据传输最大时间来划分的一种实时性网络，具有时间同步、延时保证等确保实时性的功能。旨在为以太网协议建立“通用”的时间敏感机制，以确保网络数据传输的时间确定性。

[15] **数据安全**：指工业互联网业务过程中涉及到的标识编码数据、标识解析业务数据、用户数据等各类数据的安全。

[16] **网络安全**：指工业互联网系统与应用、用户、协作方等实现互联的网络及网络边界的安全。

[17] **应用安全**：指支撑工业互联网业务运行的各类信息系统、标识解析业务及应用程序的安全等。

[18] **企业内网**：在工厂或园区内部，用于生产要素互联以及企业 IT 管理系统之间连接的网络。

[19] **企业外网**：以支撑工业全生命周期各项活动为目的，用于连接企业上下游之间、企业与智能产品、企业与用户之间的网络。

[20] **现场总线**: 连接智能现场设备和自动化系统的数字式、双向传输、多分支结构的通信网络。

[21] **确定性网络**: 确定性网络指在一个网络域内为承载的业务提供确定性业务保证的能力, 这些确定性业务保证能力包括时延, 时延抖动, 丢包率等指标。

[22] **工业 PON**: 无源光网络, 是指 ODN (光配线网) 中不含有任何电子器件及电子电源, ODN 全部由光分路器 (Splitter) 等无源器件组成, 不需要贵重的有源电子设备。一个无源光网络包括一个安装于中心控制站的光线路终端 (OLT), 以及一批配套的安装在用户场所的光网络单元 (ONUs)。在 OLT 与 ONU 之间的光配线网 (ODN) 包含了光纤以及无源分光器或者耦合器。

[23] **VLAN**: 虚拟局域网, 一种使用交换机将设备划分到一个独立的局域网中的网络。局域网上的一组设备, 经配置 (用管理软件) 后设备可以如同连接在同一线路上那样进行通信, 设备不受物理位置的限制。

[24] **Overlay**: 覆盖网络, 是在 Underlay 网络 (物理传输网络) 上构建的逻辑或虚拟网络。Overlay 网络用于克服传统网络的缺点, 通过实现网络虚拟化、分段和安全性, 使传统网络更加易于管理、灵活、安全 (通过加密) 和可扩展。

[25] **网络虚拟化**: 能够实现网络资源动态调配、动态管理的技术, 使一个物理网络上模拟出多个逻辑网络。通过一个公用网络 (通常是因特网) 建立一个临时的、安全的连接, 是一条穿过混乱的公用

网络的安全、稳定隧道。使用这条隧道可以对数据进行几倍加密达到安全使用互联网的目的。

[26] **SD-WAN**: 软件定义广域网, 是将 SDN 技术应用到广域网场景中所形成的一种服务, 这种服务用于连接广阔地理范围的企业网络、数据中心、互联网应用及云服务。这种服务的典型特征是将网络控制能力通过软件方式“云化”, 支持应用可感知的网络能力开放。

[27] **IPsec**: 指通过对 IP 协议的分组进行加密和认证来保护 IP 协议的网络传输协议族, 是一种开放标准的框架结构, 提供了一种保护工作组、局域网计算机、域客户端和服务端、分支机构(物理上为远程机构)、Extranet 以及漫游客户端之间的通信的能力, 是安全联网的长期方向。它通过使用加密的安全服务以确保在 Internet 协议(IP)网络上进行保密而安全的通讯。

[28] **MPLS VPN**: 是指采用 MPLS 技术在运营商宽带 IP 网络上构建企业 IP 专网, 实现跨地域、安全、高速、可靠的数据、语音、图像多业务通信, 并结合差别服务、流量工程等相关技术, 将公众网可靠的性能、良好的扩展性、丰富的功能与专用网的安全、灵活、高效结合在一起, 为用户提供高质量的服务。

[29] **SDH/MSTP**: 基于同步模型同部数字体系/多业务传送平台, 同时实现 TDM、ATM、以太网等业务的接入、处理和传送, 提供统一网管的多业务传送平台。MSTP 充分利用 SDH 技术, 特别是保护恢复能力和确保延时性能, 加以改造后可以适应多业务应用, 支持数据传输, 简化了电路配置, 加快了业务提供速度, 改进了网络的扩展

性，降低了运营维护成本。

[30] **OTN**: 光传送网，是指在光域内实现业务信号的传送、复用、路由选择、监控，并且保证其性能指标和生存性的传送网络。它支持客户信号的透明传送、高带宽的复用交换和配置，具有强大的开销支持能力。

[31] **网络切片**: 一种按需组网的方式，可以让运营商在统一的基础设施上分离出多个虚拟的端到端网络，每个网络切片从无线接入网承载网再到核心网上进行逻辑隔离，以适配各种各样类型的应用。在一个网络切片中，至少可分为无线网子切片、承载网子切片和核心网子切片三部分。

[32] **标识解析系统**: 能够根据标识编码查询目标对象网络位置或者相关信息的系统，对物理对象和虚拟对象进行唯一性的逻辑定位和信息查询，是实现全球供应链系统和企业生产系统的精准对接、产品全生命周期管理和智能化服务的前提和基础。

[33] **工业互联网标识解析体系**: 工业互联网标识解析体系是工业互联网网络体系的重要组成部分，是支撑工业互联网互联互通的神经枢纽。标识编码: 能够唯一识别物料、机器、产品等物理资源和工序、软件、模型、数据等虚拟资源的身份符号。

[34] **企业节点**: 是指一个企业内部的标识服务节点，能够面向特定企业提供标识注册、标识解析服务、标识数据服务等，既可以独立部署，也可以作为企业信息系统的组成要素，企业节点需要与二级节点对接，从而接入标识解析体系中。

[35] **二级节点**：是面向特定行业或者多个行业提供标识服务的公共节点。

[36] **国家顶级节点**：是指一个国家或地区内部最顶级的标识服务节点，能够面向全国范围提供顶级标识解析服务，以及标识备案、标识认证等管理能力。

[37] **软件即服务（SaaS）**：软件即是通过网络提供软件服务的模式，厂商将应用软件统一部署在自己的服务器上，客户可以根据自己实际需求，通过互联网向厂商订购所需的应用软件服务，按定购的服务多少和时间长短向厂商支付费用。

[38] **基础设施即服务（IaaS）**：基础设施即服务是指用户通过互联网可以从完善的计算机基础设施获得服务，主要提供了虚拟计算、存储、数据库等基础设施服务，通常分为三种用法：公有云、私有云和混合云。其中公有云通常指第三方提供商为多个用户提供的能够使用的云；私有云是为一个客户单独使用而构建的，因而提供对数据、安全性和服务质量的最有效控制；混合云是公有云和私有云两种服务方式的结合。

[39] **平台即服务（PaaS）**：平台即服务是将应用的运行和开发环境作为一种服务提供的商业模式。PaaS使用户无需过多考虑底层硬件，便可以方便地构建应用。PaaS能将现有各种业务能力进行整合，具体可以归类为应用服务器、业务能力接入、业务引擎、业务开放平台。向下根据业务能力需要测算基础服务能力，通过 IaaS 提供的 API 调用硬件资源，向上提供业务调度中心服务，实时监控平台

的各种资源，并将这些资源通过 API 开放给应用用户。

[40] **APP:** 指为完成某项或多项特定工作的计算机程序，它运行在用户模式，可以和用户进行交互，具有可视的用户界面。

[41] **PLC:** 可编程逻辑控制器是种专门为在工业环境下应用而设计的数字运算操作电子系统。它采用一种可编程的存储器，在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令，通过数字式或模拟式的输入输出来控制各种类型的机械设备或生产过程。

[42] **DCS:** 是以微处理器为基础，采用控制功能分散、显示操作集中、兼顾分而自治和综合协调的设计原则的新一代仪表控制系统。

[43] **UAT:** 用户接受度测试是指部署软件之前的最后一个测试操作。在软件产品完成了单元测试、集成测试和系统测试之后，产品发布之前所进行的软件测试活动它是技术测试的最后一个阶段。目的是确保软件准备就绪，并且可以让最终用户将其用于执行软件的既定功能和任务。