工业互联网与工程机械行业融合应用参考指南

（2023年）



编写说明

党的二十大报告强调，坚持把发展经济的着力点放在实体经济上，促进数字经济和实体经济深度融合，推进新型工业化，加快建设制造强国、网络强国、数字中国。工业互联网作为新一代信息通信技术与工业经济深度融合的新型基础设施、应用模式和工业生态，为工业乃至产业数字化、网络化、智能化发展提供了实现路径，已成为第四次工业革命的重要基石、数字经济和实体经济深度融合的关键底座和新型工业化的战略性基础设施。

党中央国务院高度重视工业互联网发展。近年来，在政产学研用各方的共同努力下，我国工业互联网发展逐渐形成了自己的认识体系、实现路径和实践成果，构建了“中央举旗定向、政府引导规划、地方务实推进、产业联动发展”的中国模式，形成了“巩固、提升、创新”并行推进的中国方案，打造了“5G+工业互联网”、5G 工厂等中国品牌。工业互联网新型基础设施初步建成，融合应用融入 45 个国民经济大类，产业规模突破 1.2 万亿元，为经济社会发展注入强大动力。

为推动工业互联网创新发展，加快工业互联网规模化应用，工业和信息化部开展了“链网协同”行动，推动工业互联网与重点产业链深度融合。编制行业融合应用参考指南是推进“链网协同”行动的重要举措，以帮助更多企业系统解答部署工业互联网面临的“为什么”“建什么”“怎么建”“找谁建”的

问题，为各行业建设工业互联网明确体系化、可落地的赋能价值，提供轻量化、可复制的建设指引，打造差异化、可操作的实践路径，汇聚多元化、可细分的供给资源。

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，工程机械行业不断推进工业互联网建设实践，提质、增效、降本、绿色、安全发展取得积极成效，数字化车间、“5G+工业互联网”和5G工厂示范标杆不断涌现。为加速推动工程机械企业数字化转型由点状探索向规模化普及，工业和信息化部指导工业互联网产业联盟和中国工程机械工业协会，会同政产学研用各方共同研究编制了《工业互联网与工程机械行业融合应用参考指南》，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发展阶段，实施路径仍需要边探索边总结边推广边完善。后续还将根据实践情况和各界反馈意见，适时修订更新，通过不断释放工业互联网的服务赋能价值，促进工程机械产业持续向高端化、智能化和绿色化迈进。

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 3
（一）工程机械行业数字化现状 3
（二）融合应用需求 4
（三）融合创新应用场景 7
（四）“5G+工业互联网”应用 39
三、工业互联网与工程机械行业融合创新实施架构 48
（一）工程机械行业融合创新应用架构设计思路 48
（二）融合创新实施架构 51
四、工业互联网网络设施建设 54
（一）建设现状 54
（二）建设需求 55
（三）建设部署 56
（四）“5G+工业互联网” 61
五、工业互联网标识解析体系建设 66
（一）建设现状 66
（二）建设需求 67
（三）建设部署 68
六、工业互联网平台建设 71
（一）建设现状 71

（二）建设需求 72
（三）建设部署 75
七、工业互联网安全防护体系建设 81
（一）建设现状 81
（二）建设需求 82
（三）建设部署 83
八、组织实施 87
（一）基本原则 87
（二）实施流程 87
（三）要素保障 92
九、发展建议 95
附件一 主要供应商名录 97
附件二 典型解决方案简介 102
（一）三一重工——5G 工厂 102
（二）广西柳工——挖掘机智能工厂 104
（三）中联重科——车间智能排产 106
（四）潍柴智能——产线柔性配置 108
（五）山西建投——全流程质量管控 110
（六）山河智能——基于 5G 的远程设备操控 .. 112
（七）铁建重工——基于 5G 的设备故障诊断 .. 113
（八）徐工集团——供应链弹性管控 114
（九）广西柳工——产品全生命周期智能服务 . 116
附件三 专业术语解释 118

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

指南共分为九个章节：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构建工程机械行业总体实施架构。第四章至第七章深入剖析工程机械行业网络、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。第九章提出推动工业互联网与工程机械行业创新融合应用走深向实的建议。最后，指南梳理了相关应用领域的供应商名录，为企业建设工业互联网提供丰富多元的供给资源。

二、工程机械行业融合应用场景需求

工程机械行业是装备制造业的重要组成部分。近年来，我国工程机械行业实现快速增长，产业规模从2015年的4570亿元增长至2021年的9065亿元，成为全球工程机械行业最重要的力量。2022年，我国工程机械出口金额达443亿美元，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，一批工程机械产品在全球产业体系中实现领先，“蓝鲸号”全球最大单臂起吊船，三一SCC40000A全球最大吨位履带式起重机、“京华号”全球第三大开挖直径盾构机等一批批标志性产品不断涌现。

（一）工程机械行业数字化现状

数字化对于工程机械企业实现降本增效，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国民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融合发展，基本形成了较为完备的信息化、自动化体系架构，主工序装备实现了较好水平的自动化控制，ERP、MES、PLM等信息系统已普遍应用于大型工程机械企业，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、维保服务等各环节的高效运营，同时积累了大量设备状态数据，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）》[1]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工业经济深度融合的产物，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重要支撑作用，助力工程机械企业实现全面降本增效、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，亟需通过数字化实现市场变化快速响应、提升生产效率。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、各基地协同程度的同时，进一步提高制造过程的生产计划优

[1] 国家工业信息安全发展研究中心，《中国两化融合发展数据地图（2020）》，2020

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重要生产工具，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，产品小批量、多品种，供应链复杂，依靠传统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。其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。其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。其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，用户对于工程机械产品设备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”模式，围绕挖掘机、起重机、泵车、压路机等工程机械产品设备，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。

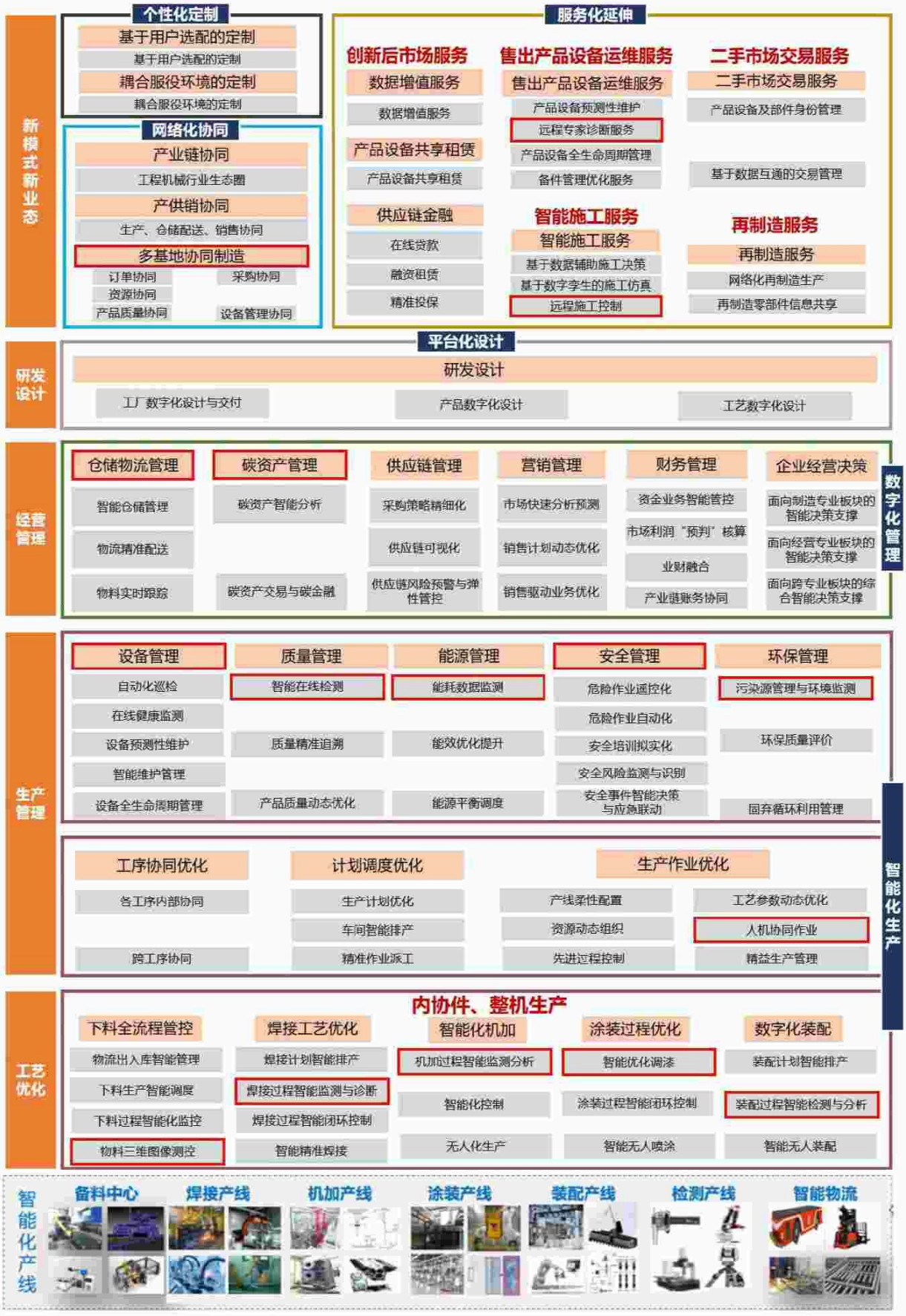
五是工程机械行业具有高能耗、高排放的“双高”特点，亟需通过数字化降低能耗排放、实现绿色生产。在碳达峰碳中和背景下，工程机械行业亟需在自身生产减排、产品节能降耗、供应链高效低碳等方向上进行发力。通过提升工程机械生产制造流程的自动化与智能化水平，减少工序协同不足导致的能耗物耗，提高焊接、加工等设备能源利用水平。加强能源智能化和集成化管控，实现多介质的生产、存储、转换、输送和消耗环节的在线监测和预警，构建模型实现能源

动态平衡和优化利用。同时，借助数字化的手段积极发展再制造产业，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基础设施、应用模式和实践方法，但行业整体转型升级还需在其自身产品、工艺、装备等各领域发展进步的基础上，融合大数据、云计算、人工智能等新一代信息技术，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、智能化生产、个性化定制、服务化延伸、数字化管理及网络化协同六大模式，覆盖32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。

业务 / 模式	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、动力系统等部件设计，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
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，往往存在工艺研发难度大、周期长、技术文件分散等难题。为此，铁建重工应用 CAPP，结合积累、提炼的工艺知识库、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.智能化生产

通过深化5G、大数据、云计算、人工智能等新一代信息技术在生产全流程的应用，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。

工序/事项 / 模式	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：其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。其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。其三是运用算法模型实现全厂资源智能调度，优化人、机、物等全要素资源组织。其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：下料全流程管控

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，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、桁架机械手上下料系统、板链等设备组成，辅以 MES、SigmaNEST[2]和迅雷中控[3]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

[2] 一款数控切割机软件。

[3] 一款中控平台。

去的机械坡口生产方式，大幅度提升了产品质量，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+模块化抓手自动分拣部件，实现全机型部件的智能下料加工分拣。

细分场景 2：焊接工艺优化

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、焊接环境等数字化模型，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，构建挖机动臂焊接工艺数字孪生大数据平台。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：智能化机加

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：涂装过程优化

涂装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、涂装均匀性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。该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≥90%，喷砂质量稳定达到 Sa3 级[4]。

细分场景 5：数字化装配

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、高清工业相机等设备及 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。**三是智能无人装配，**结合自动化装配机器人、AGV 等搭建柔性装配产线，实现无人化智能装配，提升装配效率和精准度。

（2）生产管理

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。

[4] 喷砂除锈等级划分标准：Sa3 级指表面被严重锈蚀，喷砂处理后，表面呈现出光洁的金属质感，没有可见的锈迹和旧涂层。

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调整灵活性不足，容易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，自动优化各部件的生产顺序。**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、无缝换产。**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，**在混凝土泵送等环节，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，实现泵送过程的精准控制。**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管理模型，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、应力等在线检测和分析。**二是质量精准追溯，**建设质量管理系统，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，依托质量管理系统和知识库，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

工程机械的生产在铸造、机加工、焊接、热处理等各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 EMS 系统，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 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 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
徐州重机通过能效优化系统，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[5]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。工业互联网可带来五个方面的应用创新：**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

[5] 挥发性有机化合物的英文缩写。

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数据库，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，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、安全地完成预定任务，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、分析，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
掘进机的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设计。铁建重工通过地质勘察、大数据分析等手段，结合积累的施工经验，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的相互作用模型，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，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，大幅缩短产品研发周期，有效增强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、售出产品设备运维服务、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	售出产品设备预测性维护	远程专家诊断服务	产品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，开展租赁业务，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产品设备风险因素，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海量的运行工况、维修保养、故障缺陷等状态数据，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、产品设备估值等分析结果，以指导产品设备使用、能耗管理、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，构建以机号为核心的全生命周期数据管理模型，为工程机械产品设备使用商、维修商、销售商、制造商和融资商提供增值信息服务。利用大数据技术管理全流程的人、机、物等数据，比如挖掘机工作地点、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，并将产品设备使用方、服役工程项目、销售、维修等各类信息记录在案，从而为每一台挖掘机建立一份详细的健康档案，通过全生命周期数据管理去赋能安全生产、节

能减排、降本增效和产品设备创新。

细分场景 3：产品设备共享租赁

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，搭建开放供需的产品设备共享网络平台。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产品设备，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）售出产品设备运维服务

细分场景 1：售出产品设备预测性维护

工程机械产品设备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、健康状态等数据，集成故障机理分析、大数据、深度学习等技术，实现面向产品设备的健康诊断、故障预警、预测性维护等能力。利用数字化方式驱动服务模式由被动变主动，降低突发性故障的概率，提升产品设备健康度。

案例 8：基于徐工汉云平台的产品设备预测性服务
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

产品设备运行状态，为各种产品设备设定作业安全阈值，当超过预设阈值时实时提醒用户；根据产品设备的工作时长以及保养策略，提前提醒用户进行产品设备保养；记录产品设备的维保内容及相关备件，辅助单机核算。此外，平台还统计了产品设备每天的工作状态数据，帮助中交掌握产品设备工作情况，科学安排闲置产品设备。通过产品设备预测性维护解决方案，有效地降低产品设备作业事故发生率 3%，降低产品设备运行成本 7%，提高产品设备利用率 5%，有效解决内部各子公司产品设备协同问题。

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，实现产品设备的远程可视，通过专家知识沉淀及大数据算法相结合，对产品设备健康状态进行判断，并将关键运行数据分析推送给决策层，以提升产品设备稳定性，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：产品设备全生命周期管理

工程机械作为大型生产工具，基于对产品设备运行、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，实现产品设备的运行、检维修、改造、报废的全生命周期管理。

案例 9：基于“根云”平台的产品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设备智能服务解决方案，针对其存在的无法实时掌握产品设备状况、资源调配滞后、产品设备故障及停机较严重等问题，借助电信网络、卫星定位等技术应用，结合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，实现产品设备远程运维、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，产品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，备少则难以满足产品设备故障及时修复的需求。基于工业互联网平台，可以通过直接互联产品设备及关键部件的数据采集和分析，从而更精准预测关键部件利用率、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。针对产品设备难以管控、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，**通过在产品设备、工地上部署智能感知装置，实时采集产品设备作业数据和环境数据，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，根据产品设备动态变化来实时修正、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
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，在信息化

数字化工地的基础上，围绕智能建造核心数据进行深层次挖掘，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。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

由于工程机械产品设备缺乏身份识别制度，二手产品设备检测、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。工业互联网可以带来以下两大方面的应用创新：**一是产品设备及部件身份管理，**以工业互联网标识为抓手，对产品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，为每台产品设备建立“身份档案”，进而实现工程机械产品设备防伪与可追溯、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产业链各方数据的拉通，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”产品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”基于工

业互联网标识解析应用构建了“一物一码、物码不可分离”的产品设备部件数字化身份证管理模型。产品设备与部件具有唯一的数字化身份证，为产品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，助力解决工程机械产品设备各部件的仿制、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。传感时代专为工程机械产品设备及部件开发的工业互联网标识载体（电子标签）示意如下：



图 2-5 产品设备部件数字化身份证管理示意图

（5）再制造服务

传统的工程机械产品设备全生命周期以产品设备的报废为终点，再制造是以产品设备的报废为起点，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，以快速响应再制造产品市场需求，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拉通工程机械企业、再制造企业、零部件供应商德国主体，实现供需精准对接，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	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 2-6 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，保障上下料件顺畅流转。**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、半成品和产成品厂内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之一，是实现“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[6]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

[6] 生命周期评估（Life Cycle Assessment）的英文缩写。

低下。工业互联网可带来三大方面的应用创新：**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管理，进行有针对性的采购。**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、排产的可视化展示，实时掌握产品的关键制造流程，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，为有序生产运营提供支撑。**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、质量等环节存在的风险隐患进行识别、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，**依托 CRM 系统，应用大数据、机器学习等技术，挖掘分析客户信息，构建区域用户画像和需求预测模型，结合房地产、基建等下游市场趋势分析，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。工业互联网可带来四大方面的应用创新：**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，结合大数据分析，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，**打通与供应商之间的业务数据，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

树根格致基于 ROOTCHAIN[7]建设以三一集团为核心的工程机械产业联盟链，与三一集团、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集团的交易数据，基于风险评估模型生成长沙银行融资风险评估需要的“零知识”证

[7] 树根格致打造的工业区块链平台。

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，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

工程机械龙头企业分子公司多、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。

业务 / 模式	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 2-7 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，**应用大数据、深度学习等技术，实现对市场需求影响因素及未来需求趋势的精准分析、判断和预测，助力工程机械企业结合用户需求预测来指导生产。**二是物流供应优化，**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

工程机械龙头企业分子公司众多，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

基地数据互通，广泛汇聚各基地合同、物流、成本等信息，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，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备件等物资消耗数据，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，**基于平台采集各生产基地主要设备信息，建设统一的设备管理体系，实现设备管理效能提升。

（3）产业链协同

工程机械是一个技术、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产业链智能生态圈，建立工程机械企业的敏捷制造体系，打造快速响应的市场服务能力，实现全产业链的高效协同。

（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，在工程机械行业应用主要分为数据采集类、控制类、图像信息传输类三大类，聚焦智能化生产、精益化管理、服务化延伸三大应用模式。



图 2-8 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。面向复杂多样的生产设备，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式，助力实现更高效的设备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。通过 36000 多个数据点的实时接入，结合大数据算力实时计算，为每一道工序、每一种机型匹配最优参数，优化生产能力。

（2）能耗及环境数据采集

工程机械企业能耗数据采集系统存在重复建设、布线繁琐等问题，采集点位广泛分布于压缩空气站、蒸汽站、配电室、开闭所等场所，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、光缆铺设，减少采集站设置，可覆盖到有线网络难以布置的盲区，实现对能源消耗和污染物排放等数据的广泛采集，基于能耗数据分析助力工艺优化和设备升级等决策，实现绿色低碳生产。

2.控制类应用

（1）生产设备协同作业

工程机械冲压、涂装、机加等生产环节，现场部署了大量工控设备，但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 网络难以延伸应用到工厂内网，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，可以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、大带宽、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、集成度高的特点，可支持最多 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 网络可以很好地满足这一需求。工程机械企业通过搭建远程施工智能控制系统，结合无人驾驶等控制技术，实现设备远程控制、远程精准操控以及现场无人化作业施工。5G 凭借大宽带、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，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

为减少隧道工程建设中存在的岩爆、岩溶、高地热、有毒有害气体等风险因素对施工人员的损害，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 大宽带、低时延特性，有效保障远程操控过程中

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≤35ms，远程操控装备动作平均响应时间≤1s，大幅提高远程操控的可靠性和稳定性，实现在高风险环境下的安全作业，协同控制机群高效施工，推动隧道少人化作业。

（3）厂区智能物流

无人化仓储物流是工程机械行业未来趋势之一，在无人机车自动驾驶或远程操控中，往往需要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 WIFI 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，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，实现生产物料的实时调度，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，对图像进行实时分析来识别质量缺陷。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，减少人工检测成本、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报警，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

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，山河智能建立了 5G+AR/VR 辅助装配系统。基于产品的三维模型，山河智能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产品设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，现场工

人在操作桁车、叉车的不规范行为往往需要固定高清摄像头才能拍摄清楚。通过构建5G网络将高清摄像头拍摄的生产现场图像上传至云端进行识别分析，实现对人员行为和环境异常状态的实时监控及预警。同时，基于5G大带宽、广连接的特性，实现生产作业全场景覆盖，可以为安全生产决策提供更多维的数据，提高生产安全水平。

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信息化系统和自动化系统，这些系统在生产和经营中仍发挥着核心的作用，初步实现了业务流程模型抽象和基础数据积累。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、智能化生产、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信息化和自动化系统，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。

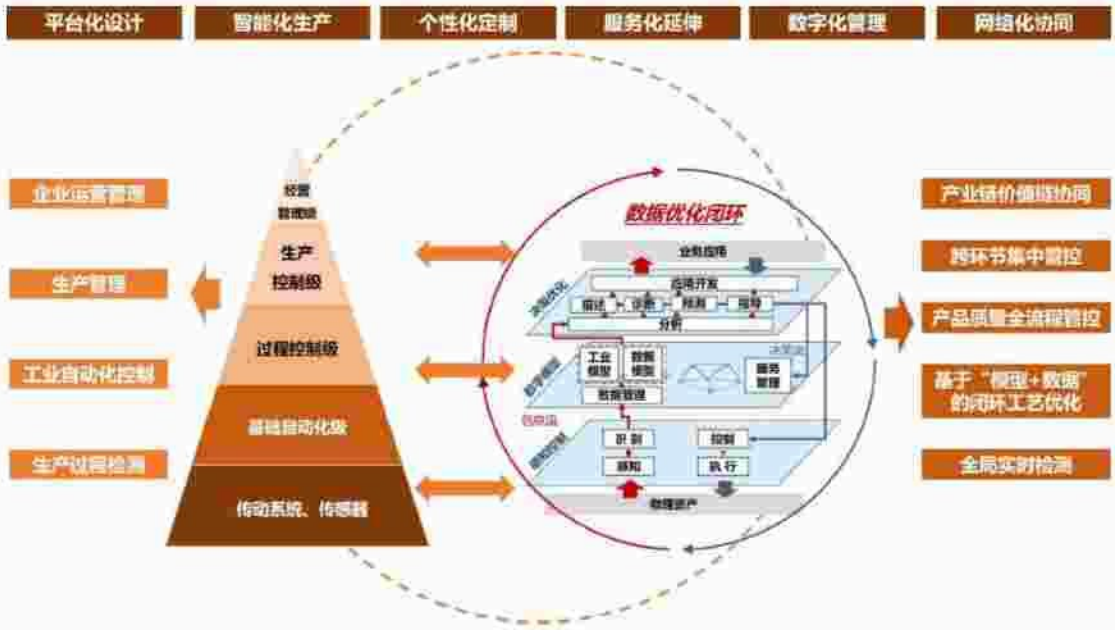


图 3-1 融合创新应用总体架构

为了支撑六大类数字化转型应用场景需求，需要基于叠加的架构设计思路，将新一代信息技术与企业原有信息化自动化系统进行深度融合，重点构建以下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求，通过广泛部署感知终端，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过程优化需求以及更精准的供应链管控需要，基于人工智能、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，提升全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为工程机械行业能力拓展和增量创新发挥了重要作用。**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”，来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、金融机构等主体，驱动形成产供销协同、产品设备远程运维、智能施工管理、供应链金融等创新应用。

（二）融合创新实施架构

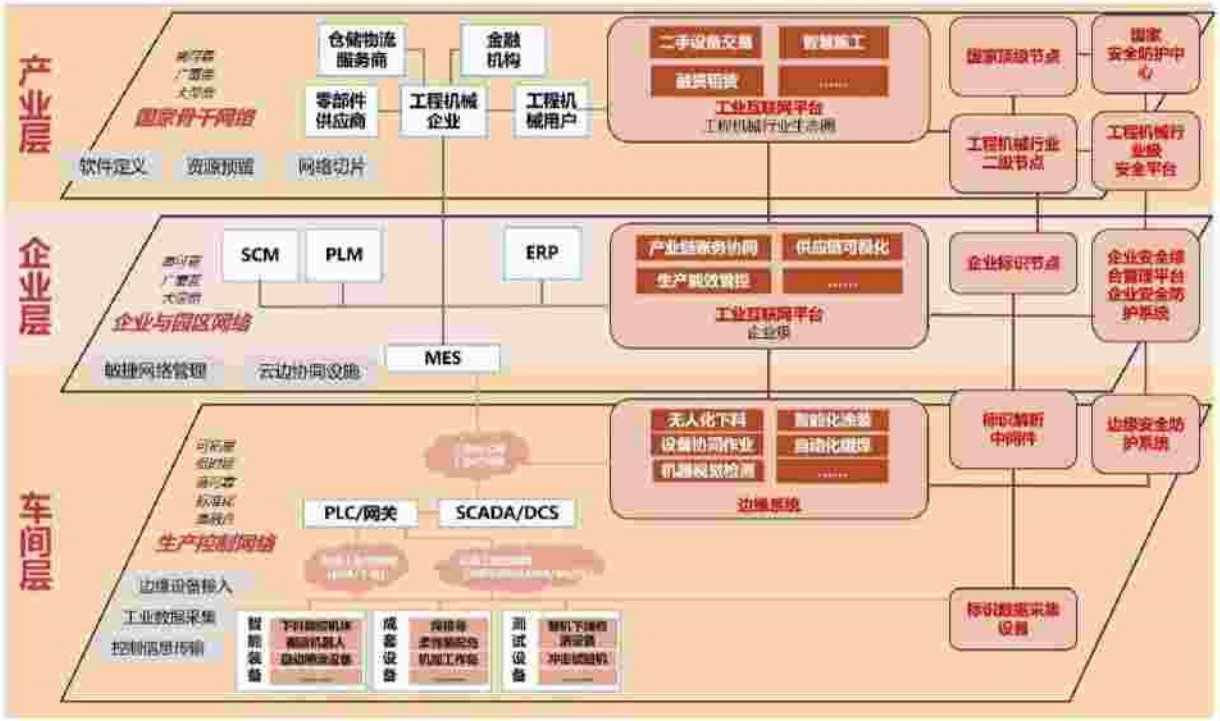


图 3-2 工程机械行业工业互联网融合创新实施架构[8]

[8] 参考：工业互联网产业联盟，《工业互联网体系架构 2.0》，2019

工程机械行业工业互联网融合创新应用的实施架构总体分为车间层、企业层、产业层三个层级，围绕“网络是基础、平台是中枢、安全是保障、数据是核心、标识是纽带”，推动企业能力提升。

车间层由工程机械生产所需的数控机床、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、数据分析等技术的综合应用，大幅提升生产现场的数据采集与传输能力，同时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，提升工业数据质量，为数据分析与智能化应用奠定基础。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、高可靠性要求的智能化应用。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、能耗优化等业务决策的智能化水平；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，并基于大范围、全局性的数据分析，实现产业链供应链资源的优化配置，形成产品设备远程运维、智能施工管理、供应链金融等创新应用。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。典型技术包括现场总线、工业以太网等传统技术以及 TSN、确定性网络、5G 等新技术。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，要求在固定和移动场景具有灵活的接入方式，保障恶劣工厂环境下可靠低时延传输，同时兼顾不同数据传输的特性和需求。企业外网用于连接企业各地机构、上下游企业、用户和产品设备，要求数据传输稳定可靠，具备灵活的网络接入方式，保证传输时延控制和网络安全。

（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设备厂商开放数据接口，部分设备还不能自动采集数据，未能实现车间全面联网。同时，不同设备厂商有着不同的通信协议，包括 JI939、CANopen、Modbus、GB/T32960 等，标准尚不统一，自成体系，互联互通难度大。

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

需求，形成“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。工程机械企业往往采用“一总部多基地”的生产管理方式，且产品设备会发到全国各地施工现场进行服务，部分企业生产基地间、生产基地与施工现场间未实现网络直联互通，信息难以实时交互，影响多基地协同生产、产品远程运维、远程施工控制等业务环节的决策效率。

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5G应用较少，影响设计、集成和运维等各环节效率，导致精细化控制和高等级工艺流程管理等应用场景难以落地。

（二）建设需求

基于工程机械企业的网络建设现状，建议重点改进方向如下：

一是增强网络的高融合、可拓展性，提高设备互通互联水平。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，可以将不同生产设备的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、现场总线等技术，构建 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。建立车间端到端网络接入规范，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、跨企业协同。除了满足高可靠、广覆盖、大带宽等要求，还可引入边缘计算、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、工业控制网络实现统一管理和灵活流动。

（三）建设部署

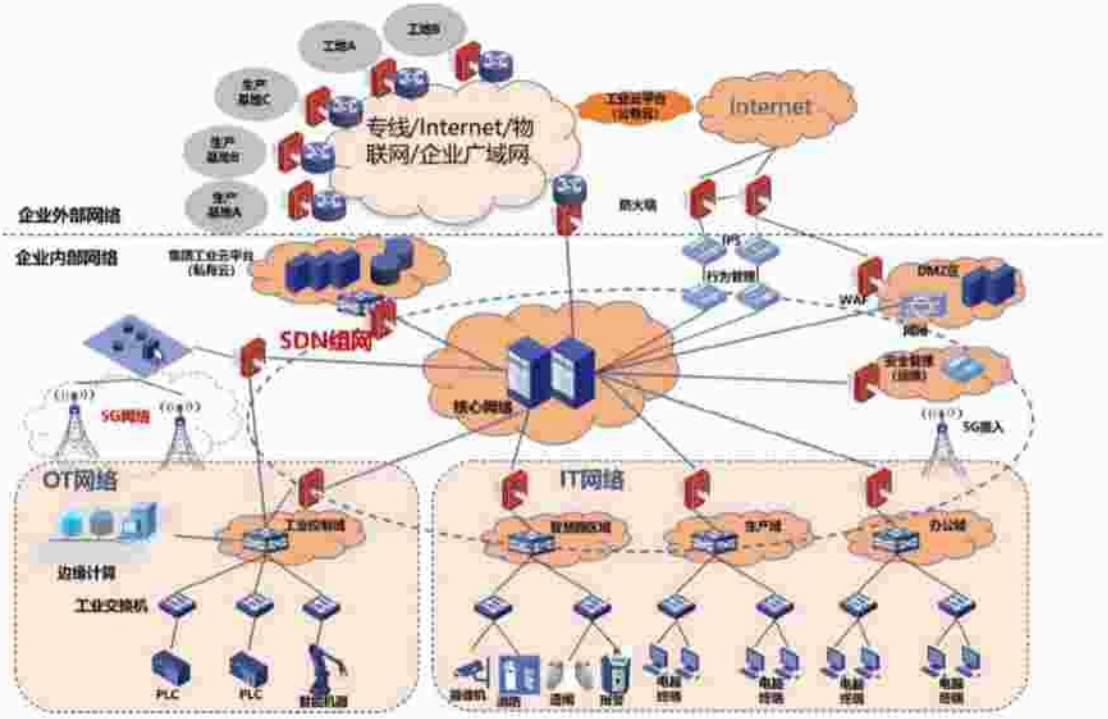


图 4-1 整体网络架构

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，现有的工业控制网络难以满足新业务需求时，可基于 5G、TSN、工业 PON、确定性网络、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，应用工业无线等新型网络，叠加部署新的传感器、高清工业相机等，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。对装配机械臂、自动喷涂设备等原有生产设备进行升级，增加通信接口，实现网络技术和能力升级。例如，在机加现场，将原有的模拟式仪表更新替换为 5G 智能仪表，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、质量缺陷在线判定、质量控制模型开发等。

2.企业层

大型工程机械企业（工厂）一般采用核心层、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。企业（工厂）也可采用大

二层的扁平化网络架构，部署 SDN 技术，实现柔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。还可以根据自身业务需求和预算，选择建设 5G 专网，构建高可靠、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络进行连接，实现生产数据的采集，以及控制指令的下发。根据“网络安全等级保护制度 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。普通上网宽带下行速率多在 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 等蜂窝网络形式的无线外网技术也在逐步延伸到企业的各业务环节，实现设备、配件、信息系统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 则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，在企业外网中得到了广泛的应用。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

产业链协同是基于工程机械企业、物流商、金融机构、

零部件加工企业、下游用户等行业主体的互联互通，一般来说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，工程机械企业往往通过互联专线和普通宽带就可满足需求。如果工程机械企业需要与上下游企业进行数据实时交互，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

工程机械行业对 5G 网络的应用需求主要包括数据采集类、控制类、图像信息传输类三方面：一是面向数控机床、叉车等生产设备及冲压试验机等检测设备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作业控制以及工程机械产品设备的远程施工控制，需通过 5G 网络实现远程高效控制；三是面向焊缝表面缺陷、生产现场安全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严重问题，开展质量缺陷检测、AR 辅助装配、安全生产监控等应用。

2.5G 网络功能要求

生产现场方面，一是低时延要求，自动运送、机械臂分

拣等现场控制类业务对通信传输时延要求较高，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；二是大带宽要求，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，提高上行带宽；三是高并发与高速传输要求，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要求，包括和公众普通用户的隔离、企业内各业务之间的隔离，同时需具有超强抗干扰性、稳定性，具备可靠的数据传输、容灾及快速恢复机制等，满足高可用要求，保障企业生产信息安全。

企业、园区及产业方面，一是园区安全要求，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、安全隔离和可高靠性等提出了跟生产现场网络同样的要求；二是多地专家的实时协同设计要求，基于与客户良好互动的个性化定制等场景，需要通过 5G 的毫秒级时延实现；三是私有数据不出园区要求，研发设计图纸、生产工艺参数、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，这部分数据通过 5G 网络传输时需要物理上留在企业内仅供内部使用，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

工程机械企业业务场景复杂，为满足不同企业、多种场景下的业务需求，兼顾对安全的高要求，建议企业采用 5G 虚拟专网建设模式。综合考虑应用场景、地理位置、服务范围等因素，工程机械行业 5G 网络建设可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。

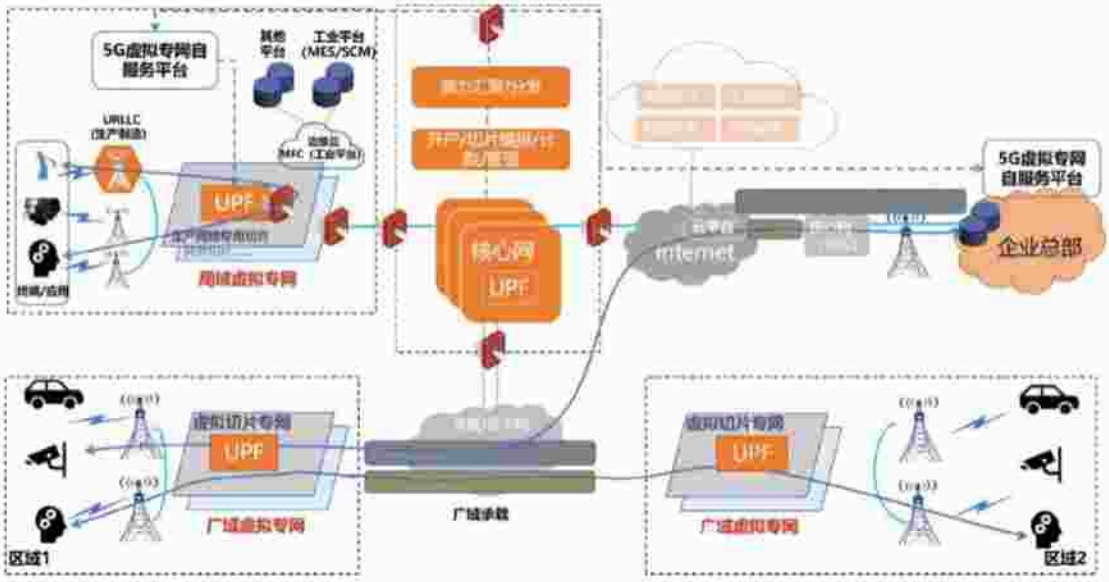


图 4-3 5G 网络部署

（1）面向独立企业园区的局域虚拟专网

面向独立企业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。与大网之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，从而更好地将 5G 应用于企业园区。



图 4-4 园区 5G 专网部署

（2）面向一总部多基地的广域虚拟专网

大型工程机械企业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。面向一总部多基地的 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。

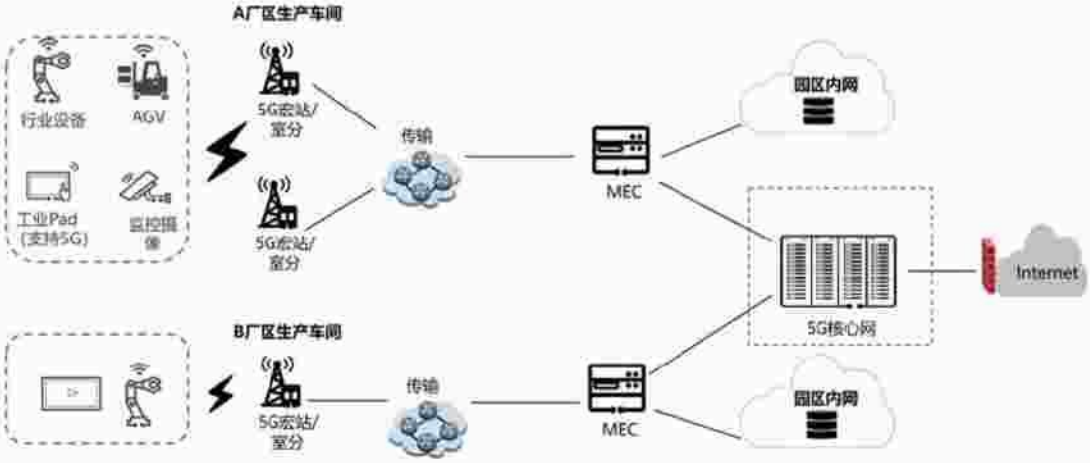


图 4-5 跨园区 5G 专网部署

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，以独享 UPF 下沉的形式打造 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，隧道基地内依据掘进进度有序推进 5G 覆盖组网。分步上线智能焊接，智能分拣下料、隧道装备远程操控、自动驾驶、掘进机远控等应用场景，利用 5G 技术赋能工程机械行业数字化、智能化转型升级。

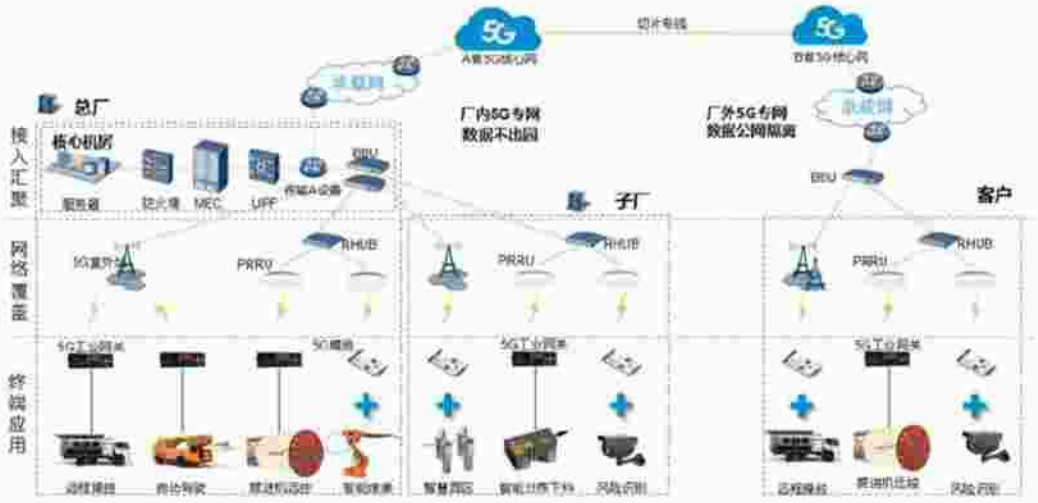


图 4-6 网络方案示意图

五、工业互联网标识解析体系建设

标识解析体系是工业互联网的重要纽带和神经中枢。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工程机械行业大型主机生产企业，多从设备全生命周期管理、质量精准追溯等典型场景切入，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的标识解析标准规范，尚缺少标识应用白皮书等行业指引，难以系统化、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数据标准不统一、横向数据互联互通难，导致数据整体利用效能偏低。

三是目前工程机械行业标识应用偏重生产制造及产品管理，应用方向有待拓宽。由于工程机械行业偏制造业的属

性，目前标识解析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应用实践相对较少，有待进一步拓展包括工程机械产品设备预测性维护、碳资产管理、供应链金融等应用。

（二）建设需求

基于工程机械企业的标识建设现状，建议重点改进方向如下：

一是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，为企业的实际业务需求提供支撑，从而推动更多企业上节点、用标识。

二是建立统一编码标准规范，便于企业间协同。建立一套全面统一的数据标准体系，是工程机械企业应用标识解析技术的基础。通过打通工程机械后市场中的设备、机主、服务商、施工方等之间的数据传输，实现跨领域、跨企业协同。

三是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、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

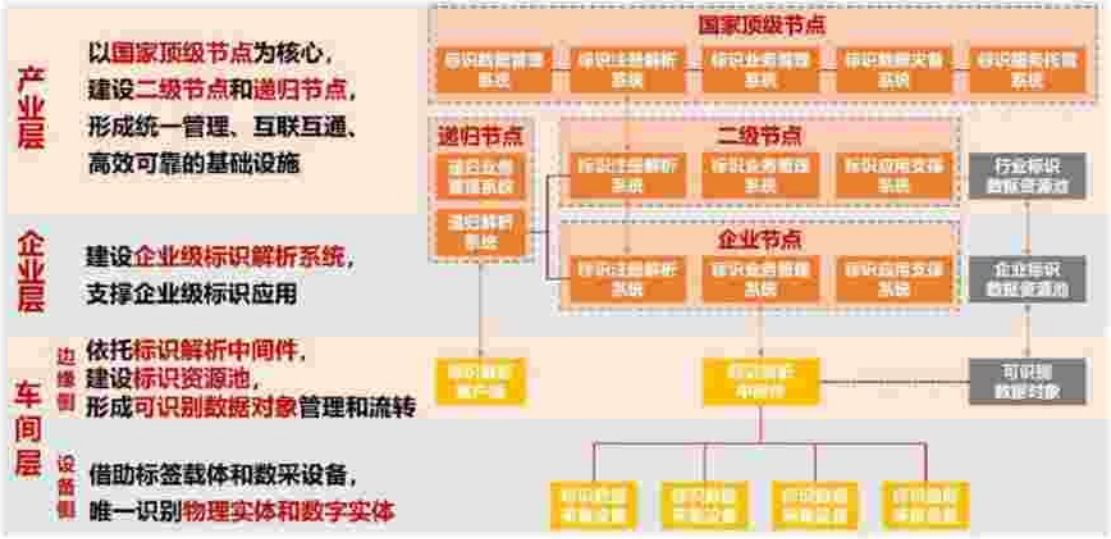


图 5-2 工程机械行业工业互联网标识解析建设部署

1.车间层

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

链供应链中的物理实体和虚拟实体进行“一物一码”标识。物理实体包括设备、人员、产品等，虚拟实体包括订单、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，同时支持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，并与国家顶级节点对接，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，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
千里马二级节点作为一家标识注册服务机构，为工程机械上下游企业提供标识编码注册和标识解析服务。其打造的基于二级节点的后市场数字化服务平台应用于产业链上下

游协同、施工管理、维保、租赁、再制造及二手设备销售等领域，贯穿工程机械后市场服务应用场景，聚合产业上下游数据互信互联，助推工程机械企业实现主动服务和智慧服务，打造行业级“智能经济和服务生态网络”。



图 5-3 千里马工业互联网标识解析二级节点平台示意图

六、工业互联网平台建设

平台是中枢。工业互联网平台包括边缘层、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。工程机械产品全生命周期链条长，涉及数据量大且复杂，全生命周期数据的汇聚应用对于支撑企业安全生产、经营决策等具有重要价值。但工程机械产品设备会发往各工地服役，传统信息化系统难以支撑施工现场环境、设备运行、地理位置、客户需求等重要数据集中汇聚和分析，部分企业暂不具备边缘侧数据处理能力，影响数据价值释放。

二是企业内部/产业链数据标准不统一，数据互通难度大。大部分工程机械企业已部署ERP、MES、PLM等系统，但由于缺乏统一的数据标准，不同系统的开发语言多样、系统部署环境多样，导致系统间集成度低，企业内、产业链数据流难以贯通。同时MES等系统与设备间的数据交互部分仍依赖人工介入，数据实时采集差、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、售后运维等全生命周期，部分平台已具有初步的通用型工业操作系统，可对外输

出服务。但大部分中小企业目前暂未建立一体打通的平台，设备尚未充分上云上平台。

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建设产业级平台，可提供产业链协同、跨领域融通服务等解决方案，并向其他行业、领域推广应用，支持跨行业跨企业资源共享。但平台大都未脱离企业母体，行业标准化平台有待建立。大部分中小企业仍采用传统方式进行业务资源对接，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，建议重点改进方向如下：

一是提升数据采集能力，强化边缘层建设。借助物联网、大数据技术提高设备数据实时采集、处理分析等能力，满足生产设备自动控制需求，包括物流自动转运、机加工设备智能控制、多设备协同作业、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。

二是加强数据标准建设，提升数据交互能力。加强数据治理，通过制定统一的数据格式和传输方式等标准，对来源不一致、杂乱无章的数据进行整合打通，实现不同系统间数据的有效对接，降低数据转换和集成的复杂性，提高数据处理的效率和灵活性，促进产业链数据高效共享和流通，实现

数据驱动的业务模式创新。

三是聚焦行业特色需求，开发推广典型应用。针对产品设备智能运维需求，基于平台的数据沉淀和模型应用，开发部署产品设备运行监测等应用。针对供应链协同需求，依托平台开发供应链弹性管控、智慧物流等云化应用服务。针对现场施工决策需求，通过实时监控现场施工状况和设备运行状态，基于平台大数据分析能力，提供现场施工解决方案。

四是发展产业级平台，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、金融机构等主体的供需精准对接。基于平台实现横向价值创新，满足产品服务端的价值链延伸需求，形成产品高效运维、供应链金融、设备安全监管、资产管理、智慧施工服务以及产品设备循环再利用等创新应用模式。

结合工业互联网体系架构 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:



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，同时承载机器视觉检测、设备协同作业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，还包含生产类模型及微服务、管理类模型及微服务等行业特色模块，同时提供低代码开发平台，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

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。

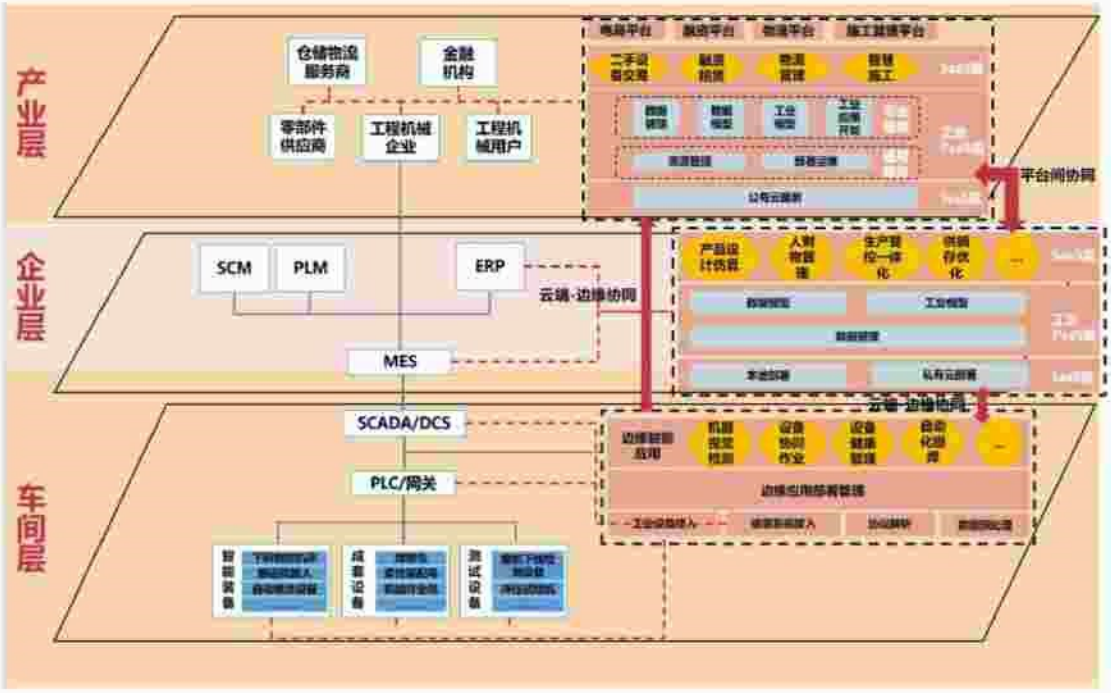


图 6-2 工程机械行业工业互联网平台建设部署

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运算，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、智能设备等实时监测的生产过程数据，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，将生产指令传输到设备执行，达到工序之间的实时协同调度和柔性生产管理。

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，实现生产设备的实时智能控制。

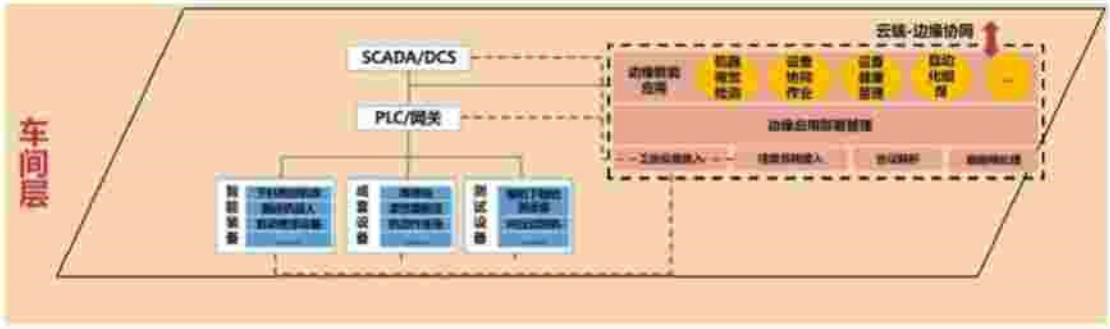


图 6-3 工程机械行业车间层工业互联网平台部署实施图

案例 21：中联重科 MES 平台

中联重科的土方、工起数字化样板工厂打造了 MES 平台，对工厂车间各工段管控流程进行信息化功能设计，同时通过系统集成将多个工厂生产管理信息流联通，将实时采集的生产数据上传到 MES 平台，基于平台进行数据的智能化分析，进而指导生产，实现车间排产优化、现场作业防错防呆、生产质量优化、工艺参数调优、资源动态优化等应用，助力企业提高对生产全流程的精益管理能力，实现降本增效。

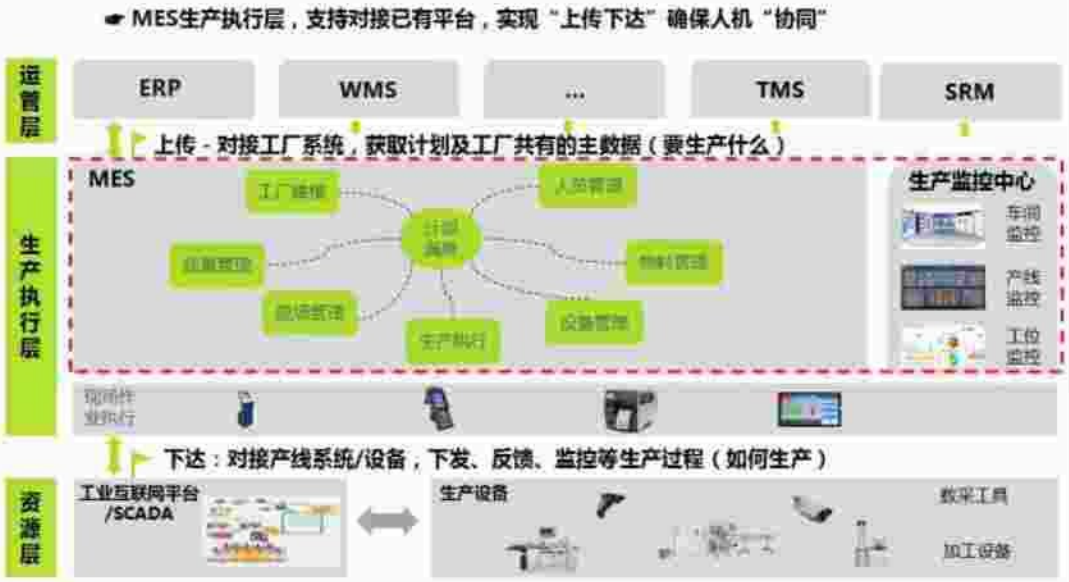


图 6-4 中联重科 MES 平台部署实施图

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，进而支撑企业经营决策的优化。

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，实现企业生产数据和经营管理数据的实时汇集、分析和交互，支撑生产管控一体化、精准化决策。

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 等研发设计系统中的数据打通与云端集成，从而实现高效协同的研发设计。

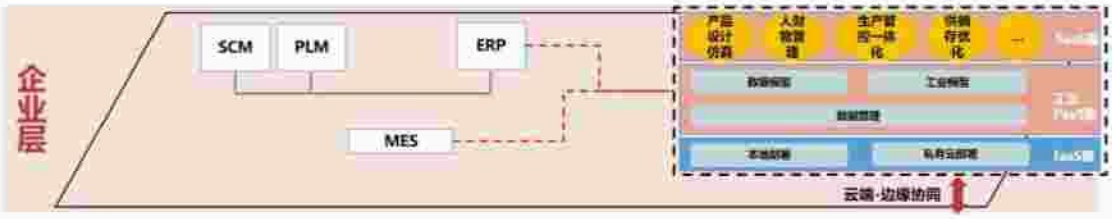


图 6-5 工程机械行业企业层工业互联网平台部署实施图

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，通过调用数据管理、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，进而开发供应链金融类工业 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，进而开发智慧施工类工业 APP 应用。

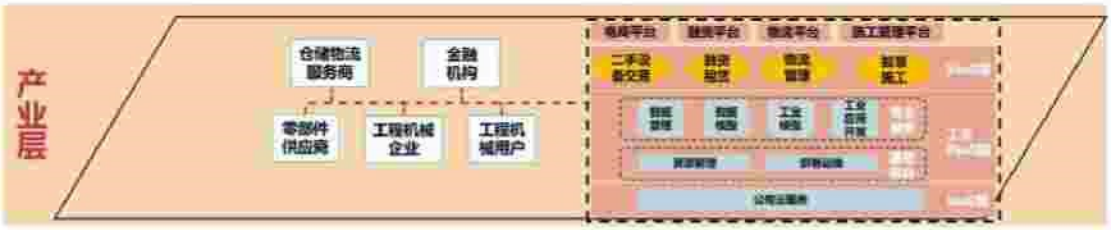


图 6-6 工程机械行业产业层工业互联网平台部署实施图

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、WMS、TMS 等系统，实现采购业务信息与各关联业务系统的快速传递，

推动供应链高效协同运转。该平台主要有如下功能模块：①品类管理，用于定义采购维度的分类标准，针对不同采购类型制定对应采购策略，指导后续寻源、合同签订等业务开展；②采购需求管理，用于管理多场景下的采购申请，对不同采购需求进行分工分流处理；③采购寻源，用于供应商筛选、招投标、商务谈判等业务管理；④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；⑤采购定价，用于管理实际采购业务中的价格条款，指导后续业务的价格谈判；⑥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；⑦采购结算，用于处理采购事项的财务结算业务，实现线上对账、开票沟通、结算等功能，提高结算效率。

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、应用、数据等多层次构建工业互联网安全防护体系，建立健全工业互联网安全分类分级管理制度，加强监测预警、应急响应、检测评估等技术体系和安全机制建设，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。工程机械企业生产现场设备较多，运转频次较高，日常的安全维护频次往往不够。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，造成安全风险。

二是异构设备众多，接口安全防护欠缺。工程机械行业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，存在大量不安全接口。边缘层缺乏对异构设备接入的安全管理，接口安全防护水平有待提升，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企业的数据安全防护措施较为基础，随着越来越多的终端设备接入工业互联网平台，数据安全管理的范围扩大，数据安全防护的难度和数据攻击事件分析的复杂度增加，针

对数据滥用、隐私泄露等风险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围绕基本安全需求开展，缺少对工业互联网安全配置、设备运维等知识体系的持续学习，也普遍缺乏对安全防护措施有效性的量化考核和评估能力，安全制度落实不到位，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安全建设现状，建议重点改进方向如下：

一是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，从而检测和阻断不符合协议标准结构的数据包和不属于生产业务范围的数据，构建工业控制设备可信环境。

二是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，强化平台的安全系统建设，并在企业与平台的接口处增加安全防护软件，从而防止重要业务数据泄露，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。

三是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，将安全防护措施部署由静态防御转变为

主动防御，常态化监测安全态势，协同联动处置风险，实现对风险隐患的协同防护、主动发现、及时清除，系统提升安全管理水平。

（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、工业机器人、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**，主要关注生产现场网络安全、制造资源接入安全、跨生产基地网络安全、跨企业通信安全等，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**，主要关注平台边缘接入安全和运行安全，确保企业经营管理、产业链供应链协同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**，主要关注边缘智能仪表数据采集与传输安全、企业客户数据、员工数据、财务数据等敏感数据的安全，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**，主要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**，主要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、安全评测和安全态势感知与风险监测等工作。

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、丢失的风险更高。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，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 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企业的工艺参数、产能信息等高价值数据，被黑客入侵可能导致商业机密泄露。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 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，特别是工业 APP 漏洞、API 通信安全漏洞、开发者恶意代码植入等问题。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 7-2 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，制定企业数字化转型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，分步骤推进规划落地。

夯实基础、创新驱动。面向工业互联网基础技术需求，加快夯实信息化自动化等方面的基础。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。建立完善的实施组织架构、推进制度和权责体系，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实施可以通过现状评估、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、跨区域的连接，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进行更全面

的诊断评估、更系统的蓝图规划、更清晰的路径选择，并建立更加强有力的组织保障。此外，工程机械企业应在自身能力基础上，更多地联合相关科研院所、解决方案供应商等主体，共同推进工业互联网建设实施。

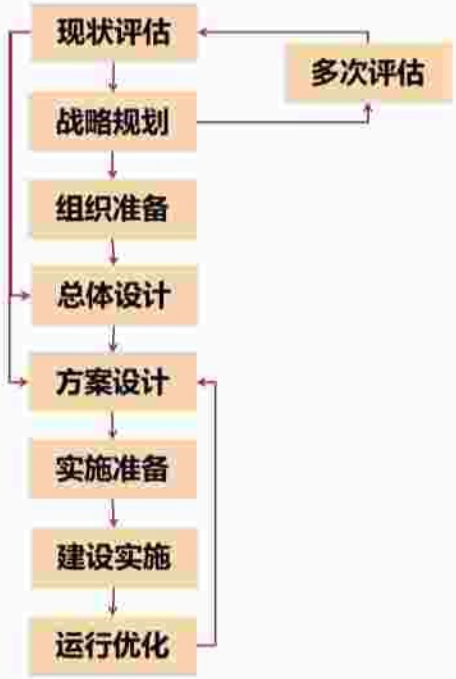


图 8-1 工程机械行业与工业互联网融合应用实施流程

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，针对能力短板找准需要提升的方向，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，设定融合应用目标，系统规划融合应用总体架构和实施路径。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。二是目标设定，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，明确融合应用路径，设计融合应用总体架构。

3.组织准备

为推动战略规划落地，工程机械企业应建立一套适应数字化转型的组织架构，配备具备数字化专业能力和素质的人才，建立合理的激励机制，落实好工业互联网建设所需的资

金预算和筹措渠道，变革和创新业务模式和流程，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工业互联网建设推进小组，成立专家咨询委员会，制定项目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，面向全业务流程，工程机械企业应联合规划设计院、总集成商等外部专业机构开展工业互联网融合应用总体设计，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体系，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，明确项目建设先后顺序、各阶段建设目标和建设内容。

5.方案设计

按照总体设计要求，工程机械企业应联合系统解决方案服务商，针对各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，每个方案包括所需的技术、装备、软件等详细内容、投资详细概算、人员安排、进度安排、保障措施等，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，根据具体业务需要，在资金、物料、人员、制度等方面进行实施准备，包括筹措项目建设所需资金、组建由工程机械企业和系统解决方案服务商组成的项目实施团队、采购项目建设所需的相关软硬件设备、建立项目管控机制、完善相关标准体系、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:

一是底层设备的自动化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、功能配置、二次开发、功能测试等。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、平台安全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、数据全生命周期流通安全。

8.运行优化

工业互联网项目建设完成后，组织开展相关培训，形成相关标准，开展试点应用，逐步实现推广，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设计，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，制定合理可行的考核指标体系。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，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保障措施。通过产业基金投资、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，保障项目良性运转。

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

为进一步提升员工对于工业互联网融合应用的认知，工

程机械企业应与工业互联网相关科研院所加强合作，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，强化员工对工业互联网创新发展的认知，加速工业互联网在工程机械行业的推广应用。

九、发展建议

随着数字经济和实体经济深度融合，新型工业化深入推进，指南将立足工程机械行业实际需求，为工程机械企业需求场景识别、应用模式打造、关键系统构建和组织实施方法等提供路径参考和方法指导，推动工程机械行业高端化、智能化和绿色化发展。

一是强化标杆示范带动，促进大中小企业融通发展。一方面要发挥龙头的示范引领作用，鼓励工程机械龙头企业面向产业链短板问题与产品提升需求，率先开展一批突破性、带动性、示范性强的标杆项目，推动车间、工厂的数字化、网络化、智能化升级，引领行业整体智能化水平提升。另一方面要鼓励龙头企业着力解决共性问题，结合指南指引开发普适性、易复制、可推广的行业解决方案，向量大面广的中小企业输出技术能力、提供专业化服务，构建创新协同、供应链互通、资源共享的新型产业发展生态。

二是加强数据标准建设，构建可信流通数据价值链。一方面要以统一的数据标准指导工程机械企业内数据治理，打通不同生产工序之间、设备之间的“数据孤岛”，提高数据集成度，深化数据在产品数字化设计、设备管控及优化、全生命周期质量追溯等业务场景的应用，以数据驱动企业的生产和运营优化。另一方面要引入可信工业数据空间基础设施等先进解决方案，培育数据服务商等数据要素市场主体，加

速工程机械企业长期沉淀的工业数据价值释放，实现产业链上下游企业数据的可信流通，驱动形成新的资源配置模式、新的产业形态。

三是完善公共服务体系，营造数字化转型良好生态。一方面要鼓励高校、行业协会、工程机械龙头企业等积极建立创新研发、应用推广、展示体验的公共服务平台，在充分沉淀指南应用的路径、经验的同时，对外开展技术验证、咨询诊断、供需对接、人才实训等公共服务。另一方面要鼓励行业组织、高校、科研院所、工程机械龙头企业等加快工业互联网网络、平台、安全、数据等领域技术研发和创新，广泛开展工程机械领域工业互联网基础共性、网络、平台、数据、标识、安全等方向标准制定，以标准引领行业规范发展。

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、智能化生产、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、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】：中国机械工业第六设计研究院有限公司、福建青云季建筑科技等 【产品数字化设计】：维拓科技、上海数设科技、上海璞成科技、湖南易虎科技、武汉开目等
	智能化生产	【生产计划优化】：华为云、维拓科技、

产品领域	细分类别	企业名称
应用层	智能化生产	鼎捷、帆软、柳工七识、杉岩数据、中科云谷等
		【车间智能排产】：朗通科技、汉得、中科云谷等
		【精准作业派工】：山河祥云、中科云谷、蓝思系统集成等
		【产线柔性配置】：中捷、济二、柳工七识、浙江晨龙锯床等
		【资源动态组织】：徐工汉云、中科云谷、树根互联等
		【工艺参数调优】：潍柴智能、阿里云等
		【精益生产管理】：中科云谷、徐工汉云、潍柴智能等
		【安全生产】：江苏东佳慧、华宽通等
		【仓储配送】：上海聚龄、蓝天智能、唯智信息、山河祥云等
		【质量管理】：上海优也、苏州瑞泰、厦门安必兴、苏州瑞泰、北京和利时、徐工汉云、潍柴智能、熊猫、上海理想等

产品领域	细分类别	企业名称
应用层	智能化生产	【设备管理】：徐工汉云、上海优也、北京和利时、赛意、武汉璞华、潍柴智能、树根互联、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】：潍柴智能、树根互联等
		【产业链供应链协同】：赛意、上海聚灵、徐工汉云、树根互联、维拓科技、潍柴智能、传感时代等
	数字化管理	【财务人力营销管理】：用友、金蝶、江苏瑞泰、武汉天喻、徐工汉云等
		【企业经营决策】：用友、金蝶等
	个性化定制	维拓科技、树根互联等

产品领域	细分类别	企业名称
应用层	服务化延伸	【供应链金融】：树根互联、欧冶金服、积微物联等
		【其他服务】：徐工汉云、潍柴智能、中国联通、树根互联、广东传感时代、千里马、石家庄天远科技、燚璞锐、江苏泛均等
平台层	云基础设施	浪潮、华为、联想、新华三、宝德科技、甲骨文等
	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
	工业互联网平台	树根互联、山河祥云、中科云谷、徐工汉云、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、东土科技、飞马智科、金自天正、川仪等
	工业互联网网络设备	华为、中兴、新华三、思科、中国信科、海得、研华、研祥、杉岩数据等

产品领域	细分类别	企业名称
	5G 设备与服务	中国移动、中国联通、中国电信、华为、广和通、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、海天炜业等

附件二 典型解决方案简介

（一）三一重工——5G 工厂

1.案例综述

5G 工厂是充分利用以 5G 网络为代表的新一代信息通信技术，打造新型工业互联网基础设施，新建或改造产线级、车间级、工厂级等生产现场，形成生产单元广泛连接、IT 与 OT 深度融合、数据要素充分利用、创新应用高效赋能的先进工厂。

三一重工北京桩机工厂作为装备制造业典型 5G 工厂，采用“1+1+N”体系架构，即“一张 5G 专网、一套工业互联网平台、N 种工业可复制能力。5G 工厂架构可以实现云网边端协同，通过一张网支撑所有业务网络需求，一套工业互联网平台实现安全与算力的兼顾，在此基础上拓展各类“5G+工业互联网”特色应用场景。

2.行业挑战

传统的桩机工厂内数据基础不完善，各零部件加工过程相互独立，各环节数据互联水平低，存在“数据孤岛”。设备、生产的互联互通程度低，往往导致研发与生产、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

一是打造了一张基于边缘计算 MEC 构建 5G 虚拟企业专

网：依托中国电信提供的资源，将用户面流量分流到三一内部网络，提供高性能计算，执行时延敏感的数据处理，将机器视觉、低速移动驾驶平台下沉MEC，并切片保障网络SLA。二是构建了一个基于5G的制造业务数字化转型的工业互联网平台：构建制造云、能源管理、工厂控制、数字孪生等工业互联网应用服务，采用工业互联网平台架构，以供应商软硬件、数据服务和软硬件服务、数据采集等为支撑，通过数据清洗、数据建模、数据分析、数据可视化为公司决策层及客户提供监控、分析、决策、执行等服务。三是建设了N种工业可复制能力场景：结合生产制造、视觉管理、智慧物流、设备互联、智慧园区、智能研发、能源管理、智慧营销与服务等八类业务，构建30余种特定场景下的“5G+工业互联网”创新应用，并逐步在三一集团内进行复制推广。

通过5G工厂的建设，一方面，可以实现制造全过程追溯，很好满足三一重工自身降本增效、提升产品质量、实现工厂节能减排的需求；另一方面，可以有效加快产业链上下游横向集成，极大提高售后服务响应速度，提升客户满意度和公司市场综合竞争力，带动经营模式创新。

（二）广西柳工——挖掘机智能工厂

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、运营管理等不同环节的数据，实现挖掘机工厂的数据互联互通，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，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、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%。

（三）中联重科——车间智能排产

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，通过高速计算、模式革新，基于多约束承诺机制拉式生产，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。特别是存在多品种、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，依赖管理者经验进行人岗匹配，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去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%。

（四）潍柴智能——产线柔性配置

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，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。

通过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

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。传统依赖人工进行生产准备、调配资源的方式，存在生产和管理效率低下等问题，不利于长期发展。

3.解决方案

一是设计产线智能生产模块。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、生产、质量的全过程闭环管理。

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

（五）山西建投——全流程质量管控

1.案例综述

山西建投在 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，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。对由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、加工设备等组成的生产线配备条码识别技术，同时将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，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%。

（六）山河智能——基于5G的远程设备操控

1.案例综述

5G低时延、大带宽、高可靠性的特点，保证了远程施工控制信令同步，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及时发现和处理。

山河智能自主研发的工程装备5G远程遥控系统，通过操作手在远程遥控平台操作，利用装备上的高清影像、高精度姿态传感器、精准控制单元，即可实现工程机械装备跨地域的高临场感远程控制，目前已在5G智能挖掘机、5G智能钻机等主机装备上批量应用。

2.行业挑战

工程机械施工作业的环境往往较为复杂，尤其是矿山及应急处置等的施工环境，危险系数高，对无人施工的需求大。复杂施工环境下的数据来源多样，传统有线通信方式布设困难，3G、4G网络无法支持大量数据的实时可靠传输。

3.解决方案

通过在工程机械主机装备上部署高清监控摄像头、高精度姿态传感器等配套部件以及5G网络设备，利用5G网络，将施工现场数据实时传送至远程遥控驾驶舱，实现对工作环境、设备位置姿态的实时监控。操作手可以在遥控驾驶舱远程控制机器，手柄控制信号通过5G网络传送至现场的主机装备，从而实现对工程机械主机装备施工的远程精准控制。

（七）铁建重工——基于5G的设备故障诊断

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，为跨区域设备故障诊断与远程运维提供了支撑。从而及时对工程机械产品设备进行数据检测、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，提高运维效率。

2.行业挑战

施工场地分散于各地，一旦工程机械产品设备出现故障，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，极容易影响工期。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5G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，实现远程设备程序响应时延不高于1s，提高运维效率。

（八）徐工集团——供应链弹性管控

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、质量等环节存在的风险隐患进行识别、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，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，人工统计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，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 等系统进行集成，实现物料库存动态共享，供应商供货质量统一管控。四是通过数据处理工具实时抓取 X-DSC、WMS、ERP 等系统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，及时获取业务偏差数据并提供解决线索，从而有效监控整个供应链。

通过 X-DSC 系统，实现供应链风险隐患的快速识别、定位、预警，有效降低因风险识别不充分带来的经济损失，提升库存计划准确性，保障供应链持续、稳定、高效。

（九）广西柳工——产品全生命周期智能服务

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 GSM、GPRS 等技术，配合嵌入式智能终端、智能手机等硬件设施，采集、回传、存储工程机械的运行数据、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%。

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] **BOM：**物料清单，也可称作零件构成表，是计算机可以识别的产品结构数据文件。

[3] **CAPP：**计算机辅助工艺过程设计，指借助于计算机软硬件技术和支撑环境，利用计算机进行数值计算、逻辑判断和推理等的功能来制定零件机械加工工艺过程。

[4] **CAM：**计算机辅助制造，指利用计算机和计算机软件来控制机器进行制造，通常适用于大批量生产的零件。

[5] **PBOM：**工艺制造设计清单，是工艺设计部门以EBOM中的数据为依据，制定工艺计划、工序信息、生成计划BOM的数据。

[6] **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。

[7] **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。

[8] **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。

[9] **DNC:** 分布式数控，本质是计算机与具有数控装置的机床群使用计算机网络技术组成的分布在车间中的数控系统，能够实现车间数控设备及生产工位的统一联网管理。

[10] **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。

[11] **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。

[12] **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。

[13] **APS:** 高级计划与排程系统，在离散行业，APS 是为解决多工序、多资源的优化调度问题；在流程行业，APS 则是为解决顺序优化问题。

[14] **APC:** 先进控制系统，主要是通过数字化技术对装置自动实施平稳操作和优化控制，实现降低能耗、提高产品收率的目的。

[15] **AR:** 增强现实技术，一种实时地计算摄影机影像的位置及角度并加上相应图像、视频、3D 模型的技术，将虚拟信息与真实世界信息“无缝”集成。

[16] **VR:** 虚拟现实技术，一种可以创建和体验虚拟世界的计算机仿真系统，利用计算机生成一种模拟环境，使用户沉浸到该环境中。

[17] **EMS:** 能源管理系统，通过集成各种硬件设备和软件工具，实时收集能源数据并进行分析，从而帮助企业有效管理能源消耗，提高能源利用效率。

[18] **AGV:** 自动导向车，指装备有电磁或光学等自动导引装置，能够沿规定导引路径行驶，具有安全保护以及各种移载功能的运输车。

[19] **RGV:** 有轨制导车辆，通常适用于相对稳定和固定的生产线或物流场景。

[20] **WMS:** 仓库管理系统，一种用于管理和控制仓库

操作的软件系统。

[21] **RFID:** 射频识别技术，通过无线射频方式进行非接触双向数据通信，并对记录媒体（电子标签或射频卡）进行读写，从而达到识别目标和数据交换的目的，

[22] **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。

[23] **PLM:** 产品全生命周期管理系统，利用信息技术手段对产品从设计、研发、生产、销售、运维到退役的全生命周期进行管理。

[24] **OA:** 办公自动化系统，面向组织的日常管理和运作，为组织高频工作行为提供解决方案。

[25] **QMS**: 质量管理系统，旨在帮助企业制定和实施质量管理策略、收集和分析质量数据、提高质量管理效率和质量稳定性。

[26] **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。

[27] **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、提高响应速度。

[28] **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。

[29] **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。

[30] **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、实时网络联接等共性能力。

[31] **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。

[32] **JI939 协议：**一种用于车辆网络通信的标准协议，旨在实现车辆之间的数据交换和通信。

[33] **CANopen 协议：**一种架构在控制局域网络上的高层通信协议，包括通信子协议及设备子协议，常在嵌入式系

统中使用。

[34] **Modbus 协议：** 一种串行通信协议，是工业电子设备之间常用的连接方式。

[35] **GB/T 32960 协议：**指国家标准 GB/T32960-2016《电动汽车远程服务与管理平台通信协议》中规定的车辆与远程服务管理平台之间进行通信的规范。

[36] **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。

[37] **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。

[38] **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。

[39] **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。

[40] **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。

[41] **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。

[42] **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。

[43] **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于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。

[44] **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。

[45] **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。

[46] **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。

[47] **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。

[48] **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、域客户端和服务器、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。

[49] **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。

[50] **SDH/MSTP:** 基于同步模型同步数字体系/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。

[51] **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。

[52] **NB-IoT:** 窄带物联网，具有覆盖广、连接多、速率快、成本低、功耗低、架构优等特点。

[53] **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。

[54] **UPF:** 用户面功能，主要负责5G核心网用户面数据包的路由和转发相关功能。

[55] **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。

[56] **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。标识编码是能够唯一识别物料、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。

[57] **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。

[58] **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。

[59] **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。

[60] **软件即服务（SaaS）：**软件即服务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。

[61] **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。

[62] **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。

[63] **API:** 应用程序接口，是一组定义、程序及协议的集合，通过 API 接口实现计算机软件之间的相互通信。

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

[65] **CAx:** 是 CAD、CAM、CAE、CAPP、CAS、CAT、CAI 等各项技术的综合叫法。

[66] **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。

[67] **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。

[68] **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。

[69] **CRM:** 客户关系管理系统，指利用软件、硬件和网络技术，为企业建立一个客户信息收集、管理、分析和利用的信息系统。

[70] **SRM:** 供应商关系管理系统，可实现从采购需求下达、审批、招标以及后续的供应商准入、供应商绩效考核等全过程业务闭环。

[71] **TOC 约束理论:** 以色列物理学家戈德拉特博士提出的理论，该理论提出了在制造业经营生产活动中定义和消除制约因素的一些规范化方法，以支持连续改进。

[72] **LES:** 生产物流执行系统，是以物料拉动为核心，统筹考虑物料在不同仓储单元的交互，实现物料从入库、库内管理、出库、拉动、转移到最终装配的物流管理系统。

[73] **OPC 技术:** 自动控制技术，指为了给工业控制系统应用程序之间的通信建立一个接口标准，在工业控制设备与控制软件之间建立统一的数据存取规范。

[74] **SCOR 模型：**供应链运作参考模型，将供应链界定为计划、采购、生产、配送、退货五大流程，描述了各流程的标准定义、对应各流程绩效的衡量指标。

[75] **KPI：**关键绩效指标，是通过对组织内部流程的输入端、输出端的关键参数进行设置、取样、计算、分析，衡量流程绩效的一种目标式量化管理指标。

[76] **DMS：**数据库管理系统，用于创建、维护和访问数据库，以便用户能够有效地存储、检索和操作数据。

[77] **GSM：**全球移动通信系统，一种全球范围内广泛使用的无线通信技术体系，用于在移动设备之间传输声音、数据和图像等信息。

[78] **GPRS：**一种无线通信技术，利用全球系统移动通信网络，通过分组交换的方式提供数据传输服务。

编写单位

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

中国信息通信研究院

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

广西柳工集团有限公司

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

中国联通中南研究院

中国电信股份有限公司湖南分公司

中国电信股份有限公司研究院

中电信智能网络科技有限公司

中电信数智科技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

中科云谷科技有限公司

湖南国重智联工程机械研究院有限公司

长沙市工程机械行业协会

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

石家庄开发区天远科技有限公司

浪潮云洲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

黑龙江省大数据产业协会

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