



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



中国钢铁工业协会
China Iron and Steel Association



中國金屬學會
The Chinese Society for Metals

工业互联网与钢铁行业 融合应用参考指南

(2021年)



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

工业互联网是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，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。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。

钢铁行业是我国国民经济的支柱性产业,是关系国计民生的基础性行业,在我国工业现代化进程中发挥了不可替代的作用。近年来,钢铁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,一批数字化车间、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，钢铁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，一套清晰的钢铁行业工业互联网融合应用方法论和指南对行业转型将具有重要参考和促进价值。

为加快推进工业互联网与钢铁行业融合创新应用，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中国钢铁工业协会、中国金属学会研究编制了《工业互联网与钢铁行业融合应用参考指南（2021年）》（以下简称指南），旨在为钢铁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。

指南编写过程中获得了众多专家的指导与帮助。特别感谢中国工程院毛新平院士对指南的全面指导。同时，赵慧玲、石洪卫、张卫冬、高怀、孙彦广、张云贵、刘斓冰、施灿涛、吴秀婷、俞鸿毅、丛力群、李红、黄培、陈源等专家在指南成稿过程中也提出了许多建设性意见，在此一并致谢。

工业互联网与钢铁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、中国钢铁工业协会、中国金属学会

编写组成员（排名不分先后）：

中国信息通信研究院：史德年、石友康、王润鹏、蒋昕昊、沈彬、刘晓曼、李瑞兴、李亚宁、汪俊龙、班帅帅、孙绍铭、陈洁、夏鹏、杜顺帆、袁林、刘阳、于青民、罗松、张旭、张恒升

中国钢铁工业协会：姜维、石洪卫、姜尚清、符鑫峰、董雁鹏、李煜、郑景须、刘爱涛

中国金属学会：王新江、高怀、王寅生、董鹏莉

中国宝武集团宝信软件股份有限公司：王蔚林、吴毅平、陈晓武、杨海荣、徐培杰、王盛义、钱向东、徐永军、王奕、陈龄龙、徐宗云、魏震、谢禹、秦凯运、冯鋈

北京智冶互联科技有限公司：赵宏博、李永杰

鞍山钢铁集团有限公司：赵庆涛、赵伟

中国联合网络通信集团有限公司：周晓龙、路玮、叶晓煜、安岗、荆雷、高彦军

上海优也信息科技有限公司：李志芳、金周

攀钢集团成都积微物联集团股份有限公司：陈水全、龙勇、何礼仁、王浩、杨文伟

北京首钢自动化信息技术有限公司：石云峰、孙玲、王学文

中冶赛迪重庆信息技术有限公司：李强、张伟、于目奎

北京天泽智云科技有限公司：晋文静、董明磊、雷阳

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、钢铁行业融合应用场景需求.....	2
(一) 钢铁行业数字化现状.....	2
(二) 融合应用需求.....	2
(三) 融合创新应用场景.....	4
(四) 5G+工业互联网应用.....	24
三、工业互联网与钢铁行业融合创新实施架构.....	30
(一) 钢铁行业融合创新应用架构设计思路.....	30
(二) 融合创新实施架构.....	32
四、工业互联网网络设施建设.....	35
(一) 业务需求.....	35
(二) 功能要求.....	36
(三) 建设部署.....	37
(四) 5G+工业互联网.....	40
五、工业互联网标识解析体系建设.....	44
(一) 业务需求.....	44
(二) 功能要求.....	44
(三) 建设部署.....	46
六、工业互联网平台建设.....	49
(一) 业务需求.....	49
(二) 功能要求.....	50

(三) 建设部署方案.....	53
七、工业互联网安全防护体系建设.....	57
(一) 业务需求.....	57
(二) 功能要求.....	58
(三) 建设部署.....	58
八、组织实施.....	61
(一) 基本原则.....	61
(二) 实施流程.....	61
(三) 要素保障.....	66
附件一 主要供应商名录.....	68
附件二 典型解决方案案例.....	72
(一) 全流程质量管控——鞍山钢铁集团.....	72
(二) 无人行车与智能库管——唐山钢铁集团.....	74
(三) 基于大数据的能源精细化管理——山东永锋钢铁.....	76
(四) 基于 5G 的设备远程控制——南京钢铁股份.....	78
(五) 智慧物流和供应链管理——酒泉钢铁（集团）.....	80
(六) 多基地一体化管理——中国宝武钢铁集团.....	82
附件三 钢铁行业大数据分类.....	84
附件四 专业术语解释.....	89

图片目录

图 2-1 钢铁行业工业互联网创新应用场景总览.....	5
图 2-2 设计研发类业务与工业互联网应用方式对应图.....	6
图 2-3 生产制造类业务与工业互联网应用方式对应图.....	7
图 2-4 企业管理类业务与工业互联网应用方式对应图.....	19
图 2-5 协同类业务与工业互联网应用方式对应图.....	22
图 2-6 钢铁行业“5G+工业互联网”应用图.....	25
图 3-1 融合创新应用总体架构.....	30
图 3-2 钢铁行业工业互联网总体实施架构.....	32
图 4-1 整体网络架构.....	37
图 4-2 企业外网架构.....	39
图 4-3 5G 网络部署.....	42
图 4-4 总体网络建设方案.....	43
图 5-1 钢铁行业工业互联网标识解析功能架构.....	45
图 5-2 钢铁行业工业互联网标识解析建设部署.....	46
图 6-1 钢铁行业工业互联网平台功能架构图.....	52
图 6-2 钢铁行业工业互联网平台建设部署.....	53
图 6-3 钢铁行业车间层工业互联网平台部署实施图.....	54
图 6-4 钢铁行业企业层工业互联网平台部署实施图.....	55
图 6-5 钢铁行业产业层工业互联网平台部署实施图.....	56
图 6-6 宝信软件工业互联网平台架构.....	56
图 7-1 钢铁行业工业互联网安全功能架构.....	58
图 8-1 钢铁行业与工业互联网融合应用实施流程.....	62
附图 1-1 主要供应商概览.....	68
附图 2-1 全流程质量管控系统架构图.....	73
附图 2-2 无人行车和智能库管示意图.....	75

附图 2-3 高炉煤气管网智能平衡系统的技术设计思路.....	77
附图 2-4 高炉煤气管网系统中波动贡献度分析.....	77
附图 2-5 南钢 5G 网络建设示意图.....	79
附图 2-6 智慧物流和供应链管理示意图.....	81
附图 2-7 湛江钢铁信息化系统示意图.....	83



表格目录

附表 1-1 主要供应商概览.....	69
附表 3-1 钢铁行业大数据分类.....	84

一、总则

（一）适用范围

本指南适用于黑色金属冶炼和压延加工业【国民经济行业分类（GB/T 4754—2017）行业代码 31】，包含炼铁、炼钢、钢压延加工和铁合金冶炼等各类制造企业，既适用于具有良好自动化、信息化基础的钢铁企业，也适用于数字化基础较弱，但有进一步改造提升需求的钢铁企业。

（二）编制目的

适应钢铁行业数字化转型需求，促进钢铁企业提质、增效、降本、绿色、安全发展，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，旨在为钢铁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。第二章从钢铁行业融合应用场景需求出发，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钢铁行业总体实施架构。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。第八章总结钢铁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、钢铁行业融合应用场景需求

我国钢铁行业规模领跑全球，2020 年我国钢铁产量已达 10.6 亿吨（粗钢），位居全球第一，领先第二名 10 倍以上，一批钢铁材料、产品和工艺技术取得突破，达到世界先进水平。但应当看到，我国钢铁行业在实现高质量发展方面，还面临质量效益有待提升、节能绿色低碳刚性约束日趋强化、本质安全压力大等挑战。

（一）钢铁行业数字化现状

我国钢铁行业已初步具备较好的自动化和信息化基础。钢铁行业作为我国国民经济支柱性产业，历来重视与先进制造技术和信息技术的结合发展，已形成了较为完备的自动化、信息化体系架构，如主工序装备实现了较好水平的自动化控制，ERP^[1]、MES^[2]解决方案已经普遍应用于大型钢企等，生产、管理、供应链等流程初步实现了工序衔接和数据贯通，有效支撑了钢铁行业实现大批量、标准化和成本可控的生产运营。根据《中国两化融合发展数据地图（2018）》统计显示，2018 年钢铁行业两化融合指数达到 51.2，关键工序数控化率达到 68.7%，应用电子商务的企业比例超过 50%，数字化水平在所有行业中处于相对较高水平。

（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，在钢铁行业的数字化、网络化、智能化发展中正逐渐发挥出核心支撑作用，助力钢铁行业实现提质、降本、增效，打造绿色、安全的生产体系。

一是提升生产效率。构建一体化生产管控体系，形成以生产计划为主线，贯穿生产制造全过程的业务协同机制，提高各工序、各业务、各基地的生产组织和协同程度，同时提高生产管控智能化水平，形成专家经验与数据相结合的生产操作与生产管理模式。

二是提升产品质量稳定性。推动产品设计标准化和智能化，实现质量缺陷预分析与报警、工艺在数在线监控、产品质量动态改进等全流程控制和一贯制管理，建立事前预防控制、事中过程控制、事后检验把关和反馈优化的产品质量管理体系。

三是降低运营成本。依托工业互联网打通经营管理系统与生产执行系统，打造数据驱动、敏捷高效的精益管理体系，提高市场及时响应、成本精细管控、管理决策等水平，不断优化资源配置效率，降低成本。

四是助力绿色生产。提升钢铁生产流程的整体紧凑程度，减少跨工序协同不足导致的能耗物耗。同时加强能源集成化和智能化管控，实现能源动态平衡和优化利用,改变原来分散式的能源管理模式，助力钢铁行业实现“双碳目标”。

五是提高安全水平。提高全要素连接能力和数据采集能力，实现对生产现场、产业园区等区域的全方位监控与高精度识别，助力安全管理模式由事后应急处置向事前分析预警转变。

需要注意的是，工业互联网是支撑钢铁行业实现高质量发展的重要路径，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。

（三）融合创新应用场景

工业互联网赋能钢铁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 29 个应用场景，初步形成 89 个具体应用。



图 2-1 钢铁行业工业互联网创新应用场景总览

1.平台化设计

将钢铁行业产品、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	新材料开发	工艺数字化设计	三维工厂数字化设计与交付
基本属性数字化表征	●	●	●
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）新材料开发

传统的钢材设计主要依靠经验与知识的积累，通过大量的实验测试进行研发。企业可依托工业互联网，建立材料开发全链条数据库，结合冶金原理、模型及工业大数据^[3]深度挖掘所获得的知识，指导材料制造中的成分控制范围，构建以大数据和材料信息学为基础的钢材研发体系。

（2）工艺数字化设计

传统模式下的热轧产品工艺设计是基于产品要求、技术规范、工程师经验确定的产品工艺生产规范，产品质量控制精度不高。基于工业互联网平台，根据差异化的钢种、规格与用途建立不同产品从加热到轧制完成的工艺规范库，实现工艺模型的数字化表达，显著提升设计效率。

(3) 三维工厂数字化设计与交付

在工厂产线设计环节，运用数字化协同设计软件进行工厂建模、仿真分析等，基于统一的数字化交付平台进行工厂模型数据交付，打通设计体系与运维体系，真正实现工厂全生命周期的数字化管理。

案例 1：工程数字化设计与交付

工程数字化设计与交付：传统工厂工程设计均采用以纸介质为主的交付方式，中冶赛迪基于工业互联网平台开发了大量的参数化设计软件，设计师直接输入计算参数，可自动生成相应的三维模型，工程量也可自动导出。此外，该系统可以集成并存储相应的设计数据，并支持施工单位填报实际工程量，以便在系统中实现预算工程量和实际工程量的比对，进而实现精细化的跟踪和管理，帮助业主和 EPC 方实现合理的工程项目投资控制。另一方面，中冶赛迪在韶钢、武钢等项目中使用数字化交付手段，帮助业主把运营数据集成到静态数字孪生系统上，让业主掌握工厂正在发生的一切，以便做出实时、科学的决策。

2.智能化制造

通过深化 5G、大数据、人工智能等新一代信息技术在生产全流程的应用力度，全面提升钢铁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	原料	烧结	球团	炼铁	铁水运输	炼钢	连铸	热轧	冷轧	安全管理	环保管理	能源管理	质量管理	设备管理	工序协同优化
智能机器换人	●			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
监控诊断分析	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
工艺控制优化		●	●	●	●	●	●	●	●						●
平台集中管控	●		●		●		●			●	●	●	●	●	●

图 2-3 生产制造类业务与工业互联网应用方式对应图

(1) 生产过程优化

钢铁行业生产制造工序多、工艺复杂，传统生产过程的人力与经验依赖较为严重。基于工业互联网改变各工序原有运转模式：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；三是通过将数据建模与机理建模型结合，全面实现工序控制优化。

细分场景 1：原料

传统料场管理粗放，自动化水平低。围绕这一场景，工业互联网可带来四大方面的应用创新，一是**料场智能视频监控**，通过运用图像识别、视频监控、无线传输等技术，实现远程料场环境实时智能化监控。二是**堆取料机自动作业**，通过运用无线定位技术实现堆取料机实时位置检测，实现堆取料机远程操控。三是**料场三维图像测控**，应用三维全息摄影、超声波、微波、激光等设备与技术，对料堆的三维形状进行扫描并建模，快速获取料堆数据，支撑自动堆取料控制、料场生产计划智能配置等多种用途。四是**料场智能调度**，通过综合料堆实时数据、皮带的状态数据和库存信息，结合作业计划模型，实现料场调度优化。

细分场景 2：烧结

烧结是矿粉造块的主要方式之一。围绕这一场景，工业互联网可带来四大方面的应用创新，一是**烧结过程智能监测与诊断**，通过应用高清红外热成像装置等传感设备以及机器视觉等先进技术，结合相关

分析模型，实现烧结工序物料成分等属性、烧结机运行状态、烧结终点以及其他工况的在线检测分析。二是**烧结过程智能闭环控制**，基于烧结过程追踪模型、烧结矿成分预测模型、烧结质量反馈模型等各类智能模型，结合现场烧结专家经验，借助大数据分析等技术，不断优化工艺参数，实现烧结碱度、烧结均匀一致性等智能化闭环控制。三是**优化配矿**，通过质量数据、库存数据等数据采集，运用大数据分析、机器学习等技术，综合铁矿粉烧结基础特性等限制条件，实现吨铁成本最低的烧结配矿方案设计。四是**智能计划排产**，打通烧结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、烧结料仓状态，自动制定烧结生产计划和执行方案，实现生产组织计划直接指导生产方案。

细分场景 3：球团

球团是矿粉造块的一道重要工序，同时球团矿也是重要的高炉炉料。围绕这一场景，工业互联网可带来三大方面的应用创新，一是**球团过程智能监测与诊断**，通过机器视觉等技术实现对生球粒度分布的在线识别，同时基于机理模型^[4]进行物料平衡和热量平衡计算，结合回转窑进行窑体、窑内实时温度监测数据，借助数据挖掘技术，实现水分联动智能分析、回转窑窑况智能分析、热平衡智能分析、生产状态体检等，为优化生产操作提供决策支持。二是**智能配料**，在多个供应商、品种变化频繁的原料条件下，结合机理模型和智能算法，实现既能满足成品球团矿质量要求又能使成本最低的配料优化。三是**造球智能控制**，利用对生球粒度分布的在线识别结果，结合机理模型和人

工操作经验，实现造球工序智能化控制，提高生球合格率。

细分场景 4：炼铁

高炉“黑箱”原理复杂，传统操作依赖人工经验，生产效率有待提高，围绕这一场景，工业互联网可带来六大方面的应用创新，一是**远程一键炉前控制**，通过部署工业六轴机械手、炮泥分离机构、无人物料运输车及夹钎机构等炉前智能装备，开展开口、堵口、加泥、换钎等工作机器换人，实现炉前工作远程操控。二是**高炉运行工况智能监测与诊断**，通过运用高清红外热成像装置及机器视觉等先进技术，实现高炉料面、高炉及热风炉关键部位温度等在线检测，结合相关分析模型，实现高炉生产状态的诊断分析，为炉况调节提供决策支撑。三是**操作制度优化**，运用机理建模技术，解析高炉从上部布料至下部出渣出铁整个过程规律，结合大数据分析技术对历史工况数据进行分类，自动提取高产、低耗等绩优工况时期“四大”操作制度控制标准，可实现基本操作制度优化。四是**高炉智能闭环控制**，依托机理模型库资源，结合专家知识、寻优算法、智能软测量技术以及全方位实时监测数据，计算当前状态下的最佳工艺参数，实现高炉冶炼智能闭环控制。五是**智能无人抓渣**，通过部署自动抓渣无人行车，实现高炉出渣无人化作业，大幅减少现场人员工作强度。六是**配料闭环控制**，基于高炉全炉物料平衡模型，结合现场配料专家控制策略，对原料波动、渣铁成分（理论与实际）偏差等情况下进行配料计算设计，自动重新进行配料校核、碱度校核，实现配料闭环控制，稳定入炉综合原料及渣铁成分。

细分场景 5: 铁水运输

铁水运输是铁钢界面的生命纽带，是钢厂物流系统与生产联系最紧密的环节。综合利用 5G、人工智能、数字孪生、高精度控制等技术，基于智慧铁水运输系统实现生产现场运输状态、动作、路线等实时监控、远程控制与智能调度，可实现无人化铁水运输。

细分场景 6: 炼钢（长流程+短流程）

长流程转炉炼钢是目前我国主要的工业炼钢方法。围绕这一场景，工业互联网可带来三大方面的应用创新，一是**炼钢工况智能监测分析**，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，实现对炼钢工序物料属性、设备运行及工况的分析判断。二是**无人化生产**，通过在铁水预处理、精炼等环节部署测温取样机器人等智能装备，实现无人化操作。三是**智能化控制**，通过在铁水预处理、炼钢、精炼等环节部署智能控制模型，实现炼钢工序过程控制的智能化提升。通过综合开展智能检测分析、无人化生产及智能化控制，实现“一键脱硫”、“一键炼钢”、“全自动出钢”等炼钢工序的一键操作。短流程炼钢主要以废钢作为原料，围绕这一领域，工业互联网可带来两大方面的应用创新，一是**废钢进厂自动定级**，基于标识解析、机器视觉等开展废钢的图像数据、属性数据、检测数据集成分析，实现废钢定级机器换人，大幅提高废钢定级效率。二是**电炉冶炼智能化控制**，基于先进的钢水液面检测等先进传感技术，结合加料、供电、吹氧、喷碳等系统的协调优化，提高电炉冶炼智能化水平。

细分场景 7: 连铸

连铸工序涉及钢铁包调度、浇钢工艺控制等多个环节，围绕这一场景，工业互联网可带来两大方面的应用创新，一是**智能钢铁包调度应用**，通过跟踪各单体设备的主要运转状况，综合分析温度、质量等数据，结合钢种约束等状况，按照温度最佳等原则，可实现钢铁包调度优化。二是**无人化浇钢**，通过开发部署成熟的工艺数学模型、专家系统^[5]，开展生产设备改造、控制系统改造及模型优化控制，利用机器人代替人工完成长水口安装拆卸、清洗、烧氧及中间罐测温取样等功能，可实现浇钢无人化作业。三是**板坯在线质量预测**，基于判定规则及大数据分析，实现板坯质量的在线预测判定，为工艺参数优化提供辅助支撑。

细分场景 8：热轧

热轧是轧制工艺主要种类之一，通过加热的方式破坏钢锭的铸造组织，细化钢材的晶粒，从而改善钢材的力学性能，围绕这一场景，工业互联网可带来四大方面的应用创新，一是**热轧产线智能监测与分析**，利用各类检测仪表设备及机器视觉等先进技术，实现对加热炉运行状态、热轧带钢表面缺陷、带钢位置跑偏以及扣翘头、镰刀弯、飞剪头等带钢形态的在线检测与分析。二是**热轧产线智能化控制**，基于加热炉运行状态以及热轧带钢尺寸形态、位置、表面缺陷等属性的在线检测分析结果，结合相关智能化控制模型，实现加热炉区智能控制、热轧智能板形与厚度控制、带钢跑偏控制以及扣翘头、镰刀弯、飞剪头等智能测控。三是**无人化生产**，通过部署高温焊接机器人、喷标机器人等智能装备，实现热轧作业效率提升。四是**热轧动态计划排程**，

通过部署热轧排程系统，加强排程计划与生产的数据互动，综合考虑用户质量需求与产品成本，实现热轧工序排程优化。

细分场景 9：冷轧

冷轧是以热轧板卷为原料，在常温下开展的轧制过程，与热轧环节类似，围绕冷轧工业互联网可带来四大方面的应用创新，一是**冷轧产线智能监测与分析**，通过应用智能化检测设备及机器视觉等先进技术，部署打滑预测分析、带钢跑偏预测分析、轧辊表面缺陷分析、断带预测分析等各类模型，实现带钢表面质量、力学性能、板形、卷型、轧辊表面、锌液成分等在线检测，以及冷轧运行预测分析，为生产操作提供支撑。二是**冷轧产线智能化控制**，通过部署工艺模型分析诊断系统，结合退火炉、轧机、酸洗、平整机等智能化模型，及时调整工艺参数，实现生产操作优化。三是**无人化生产**，通过部署捞渣机器人、喷标机器人及拆捆机器人等智能装备，提升冷轧作业效率。四是**冷轧机组智能排产**，综合考虑冷轧原料的品种、规格等信息，结合轧制过程控制模型与设备状态数据，基于工业互联网平台进行集成分析，实现冷轧工序排产优化。

（2）工序协同优化

钢铁生产工序流程长，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铁、钢、轧等主要工序内部多环节、多业务的协同优化，主要包含**炼铁工序协同**、**炼钢工序协同**、**轧钢工序协同**等。二是跨工序协同，利用钢铁工艺流程

优化界面技术，打通相邻工序间的 PCS^[6]、MES、ERP 等系统，实现跨工序的一体化作业计划与生产管控，主要包含铁钢界面优化、铸轧界面优化等。

案例 2：炼铁工序协同应用
炼铁一体化智能集控：传统炼铁领域长期存在工序协同性差、生产效率低、生产模式老化等问题，亟需向一体化、高效化转变。中冶赛迪重庆信息技术有限公司为韶钢打造智慧中心项目，研发了以高炉稳定高效为中心的铁区一体化智能管控平台，针对铁区管控分散、高炉冶炼营销因素复杂的难题，建立了“仿真模型-过程模型-大数据挖掘-反馈控制”的架构，开发了跨工序数据融合、智能联动的数学模型，实现全部工序的大规模远距离集控，原有的 42 个中控室合并为一个集控中心，取消分厂 6 个，精简操作岗位 40%，通过集中管控实现 2018 年增年产 3%，年经济效益超 3 亿元。

(3) 能源管理

钢铁行业是高耗能行业，能源管控是钢铁企业重要业务之一，围绕这一场景，工业互联网可带来五大方面应用创新，一是**能源监控**，通过 5G 等先进网络实时采集能耗数据，实现全方位的用能情况感知。二是**能源诊断分析**，利用分析模型对能源数据进行深度挖掘，对用能合理性进行诊断分析，为能源管理决策提供支撑。三是**能源计划**，通过平台集成 ERP、MES 等系统内生产计划及设备定检修计划，根据能源用户需求，借助平衡计算公式，实现各类能源介质供需计划的灵活制定，有效提升用能合理程度。四是**能源预测**，通过用能计划、设备定修计划等信息，构建能源消耗预测模型，开展能源中长期预测和基于数据驱动的能源实时动态预测，为能源优化调度提供决策支撑。五是**智能化能源调度**，基于用能情况、生产实际、能源价格等建立优化调度模型，结合能源预测等数据，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 3：能源管理应用

产线级能源介质消耗智能管控：加强能源管理，推进绿色改造升级是钢铁行业未来发展的重要战略目标和任务，当前多数企业能源消耗预测凭借人工经验进行，能源计划粗放、未形成管理闭环。北京科技大学研发产线能源介质管控系统，从现场获取能源介质仪表数据和生产工艺数据并存储到能源介质数据中心，基于能源介质系统监控分析平台对数据进行集成分析处理，实现能源介质用量的集中监控、趋势分析与预测建模、诊断预警等，在线分析和预测每块轧件在各工序的能源介质消耗及相应成本。整套系统与平台成功应用于鞍钢热轧 1780 产线、安丰热轧 1780 产线，实现产线节能 10%~15%。

（4）设备管理

钢铁生产流程连续性强，设备性能劣化及设备故障将对产品质量与生产稳定性造成影响。围绕设备管理场景，工业互联网可带来三大方面应用创新，一是**在线健康监测**，通过在生产过程中采集设备实时运行数据，结合人工诊断专家规则库，实现设备健康状态全方位监测。二是**预测性维护**，结合设备历史运行数据，通过机器学习等技术建立设备健康模型，对设备当前运行数据进行深度分析，实现对设备故障智能化预警，并及时进行针对性维护。三是**智能故障分析**，在设备发生故障后，结合专家故障库对设备运行数据进行分析，找到故障原因，提升设备运维效率。

（5）质量管理

钢铁生产工序较长，质量管控难度大，围绕质量管控场景，工业互联网可带来三方面应用创新，一是**生产前质量缺陷预分析及报警**，基于前工序及历史多维质量数据，使用大数据分析在线及离线分析技术及各类专业规则模型，可实现生产缺陷的提前预知。二是**生产中主**

要**工艺参数实时在线监控**，通过广泛采集生产全流程质量数据，结合大数据分析，可实现生产过程中对产品质量状态的快速感知。三是**产品质量动态改进**，通过建设质量工艺动态设计优化模型、在线判定模型、自动处置模型，对生产操作参数及时调整以改善产品质量。

（6）安全管理

钢铁企业生产由于特殊的生产条件和工艺，往往具有较多的安全隐患，围绕安全管理场景，工业互联网可带来三方面应用创新，一是**标准化安全管理**，以安全生产法、安全生产标准化等为依据，构建基于工业互联网的标准化安全管理系统，通过固化流程提升安全管理工作标准化水平。二是**生产现场安全态势感知与预警**，基于地图整合安全风险分布、重大危险源、异常监测信号等信息全方位展现安全生产态势，利用大数据技术，分析安全风险和隐患变化情况，实现对生产现场安全状况的全方位感知。三是**应急处理**，结合危险状态分析结果，通过平台实现应急预案推荐。

（7）环保管理

绿色环保是钢铁行业发展的核心主题之一，围绕环保管理场景，工业互联网可带来三大方面应用创新，一是**气体污染物浓度超限预警**，通过平台集成全厂污染物监测分析仪表数据，并对数据进行实时监测，实现污染物浓度超限预警，以支撑操作管理人员进行及时处置。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

钢铁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钢铁市场需求。

(1) 用户协同研发

钢铁企业基于工业互联网平台开展 EVI^[7]用户早期介入服务，通过平台实现与下游用钢客户的信息互通，基于用户需求进行钢板材料可制造性分析、仿真性能优化、零件设计优化等分析，不断调整产品属性，将产业链条向下游延伸，开展增值服务。

案例 4：用户协同开发

宝武汽车板 EVI 服务：钢铁行业传统 EVI 服务主要基于自身优势进行产品开发延伸，由于缺乏技术手段，导致与用户协同程度较低。宝山钢铁基于商用材料数据库建立汽车行业用钢板材料库，通过平台开展以数据为核心的用户深度协同，利用人工智能加速钢板材料制造分析过程，在助力下游企业打造高强度、轻量化车身结构同时，还可有效降低客户的生产成本，解决方案个性化水平进一步提升。

(2) 马赛克拼板

随着钢铁行业市场需求变化，小批量订单逐渐增多，围绕小批量订单生产，企业可基于平台汇聚订单需求与生产计划相关信息，开展基于订单的智能排产，将符合一定规则的一组订单“拼图”成一张轧制大板，进而“拼凑”成若干炉次的炼钢计划，最后组成一个连铸生产计划，实现小批量订单的个性化定制。

4.服务化延伸

通过数字化钢材产品打通钢铁产业链上下游，基于产品模型构建和数据汇聚分析，形成钢铁产品衍生服务、钢铁生态服务等全新的商业模式。

(1) 数字化钢材

钢铁产品从原料进厂、生产加工到产品销售流程复杂，物料管控难度加高，基于工业互联网平台将原材料、生产过程、成本数据以及用户信息等一系列数据集中统一收集，形成数据集合，在虚拟世界打造数字化钢材（钢卷、钢板等），实现钢材信息灵活提取，为后续智慧钢铁生态提供数据基础，打造钢材实物+数字钢材相结合的交付方式，辅助下游用户进行质量、性能等产品属性查询，开展基于数据流通的增值服务。

案例 5：数字化钢材

数字化钢材：中厚板等钢材在进行加工制造时需要了解钢板的相关加工信息，为板材的切割、焊接等工序提供依据，传统依靠人工录入的方式效率较低，信息传递准确性也难以保障。大连中远川崎建设船用钢板智能流水线，开展钢板加工信息的智能化录入，通过系统集成并采用磁悬浮技术，将经预处理后的钢板设计信息快速准确地打印在钢板上，在虚拟世界建设数字钢板，为后续的切割、分料、焊接等工序提供了精准的依据，极大提高了企业的生产效率和钢材的利用率。

5.数字化管理

通过打通钢铁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。

模式 \ 业务	物料仓储	碳资产管理	采购管理	财务管理	企业经营决策
智能机器换人	●				
监控诊断分析	●	●	●	●	●
业务环节优化	●		●	●	●
平台集中管控	●	●	●	●	●

图 2-4 企业管理类业务与工业互联网应用方式对应图

(1) 仓储物流

仓储管理是钢铁企业运营管理重点业务之一，传统仓储管理主要依靠人工，物流及库存成本较高，围绕仓储管理场景，工业互联网可带来三大方面的应用创新，一是**智能物料管理**，利用物联网、无线定位等技术，通过 3D 仿真方式，实时跟踪物料在运输、库房、产线的位置和状态，通过时、空转换方式，可显著提升物料信息透明化程度，支撑生产、运输等相关业务流程优化。二是**智能库存预警**，通过设置库存预警规则，结合产品市场价格等相关信息，可实现高库存等情况的动态警告，有效规避市场风险。三是**远程无人管控**，通过钢卷库、板坯库、散料库等场所布置智能行车系统，结合机器视觉、5G、VR 等技术，可实现仓库远程实景监控与无人智能作业，显著提升仓储管理效率。

案例 6：仓储管理应用

物料仓储智能化集中管理：传统物料仓储管理多采用单据、凭证、传票为载体，使用人工搬运、手工记录、电话沟通等方法，对物料和物流信息进行记录、处理、传递和反馈，极易出现差错、信息滞后，使管理者对物品在流动过程中的各个环节难以统筹协调，无法实现系统优化和实时监控，造成效率低下和人力、运力、资金、场地的大量浪费。宝武冷轧厂 C008 热镀锌智能车间中，无人行车穿行不息，捞渣、拆捆、贴标等苦活累活被机器人完全取代，同时，

监控人员在智能化的产成品智能物流管控中心，进行物料运输路径的统一调度优化，实现无人驾驶框架车在无人仓库与自动码头间的灵活调度与高效运输，使原本需要上百人协同作业的岗位如今完全实现无人化运行。

（2）碳资产管理

钢铁行业是我国实现“双碳”目标的重点发力领域，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^[8]（Life Cycle Assessment 产品全生命周期管理工具）建立碳资产管控平台，通过在线集成各业务系统内产品、原料、辅料、能源消耗以及大气排放、水体排放及固废排放的实际数据，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）采购管理

采购成本是钢铁企业经营成本的重要组成部分，围绕采购管理场景，工业互联网可带来两大方面应用创新，一是**采购需求精准预测**，企业可基于工业互联网平台，采集订单合同与生产消耗相关数据，通过大数据分析等技术可实现对原料需求的预判。二是**智能采购计划**，通过平台敏捷感知上游原料市场价格变化，预测价格曲线走势，结合自身需求相关数据，可实现采购计划优化，使企业由原来的定期购买转变为针对性购买，能够有效地降低材料采买成本。

（4）财务管理

随着企业业务发展，财务管理工作逐渐复杂，围绕财务管理场景，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**，基于平台打通钢企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“预测式”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。

（5）企业经营决策

钢铁企业多数资产庞大，组织结构复杂、人员众多，管理门槛高，围绕企业经营决策场景，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、存货日管控、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，汇聚钢铁行业设备、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、供应链金融等模式。

模式 \ 业务	产销协同	供应链协同	供应链金融	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 2-5 协同类业务与工业互联网应用方式对应图

（1）产销协同

通过产销计划对接和整体资源平衡，在最大限度满足客户需求前提下实现均衡生产，围绕产销协同场景，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，钢企与下游用户基于统一的数据通信与数据传输标准，实现用户需求与钢企生产系统的对接。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。

（2）供应链协同

钢铁行业供应链上下游企业类型众多，围绕供应链协同场景，工业互联网主要带来三大方面的应用创新，一是**库存管理优化**，通过工业互联网平台连接供应链各参与主体，开展供应链和生产系统重要数据的抽取和多维分析，实时跟踪物料消耗和原料信息，结合库存情况实现精准配货。二是**供应链全程可视化跟踪**，通过贯穿供应链全程的数据集成跟踪，开展平台数据分析与实时监测监控，实现供应链可视化管理。三是**物流任务计划与路线优化**，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、物流质量和物流成本等物流需求，实现钢企与外部物流服务商等资源的协同集控，确定物流运输的先后顺序与最佳路线，有效降低供应链成本，提高服务质量。

（3）多基地协同

大型钢铁企业存在跨区域多基地运营的现象，围绕多基地协同场景，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、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^[9]、CDN^[10]，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。

（4）供应链金融

供应链金融可为钢铁行业供应链体系中的中小企业提供低门槛融资，提升企业生存能力，围绕供应链金融服务场景，工业互联网可带来三方面的应用创新，一是**债权确权融资**，通过人工、第三方接口

及其他金融科技手段的结合，获取中小企业贸易背景材料并对资料进行自动分类整理，实现精准信用评级。二是**债权流通交易**，通过采用区块链技术手段对应收账款凭证进行数字化转化与分布式存证，实现债权可信交易。三是**风险管理**，基于数字债券可实现面向供应链金融服务过程中风险监控，满足监管机构及资金方对业务流程的风控要求。

（5）产业链协同

钢铁产业是一个技术、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钢铁制造为中心，上游聚焦铁矿石、煤炭、机电等各类工业产品和服务供应商，下游涉及钢材贸易、研发、加工、仓储、金融等配套产业的钢铁智能生态圈，实现钢铁企业的敏捷制造体系和打造快速响应的市场服务能力，是钢铁企业近年来的核心需求。

案例 7：产业链协同应用
欧冶云商钢铁生态圈：我国钢铁行业产能过剩情况突出，全行业运行效率不高。宝武集团打造欧冶云商，以电商服务为入口、物流服务为基础、供应链金融服务为纽带、知识服务为增值手段、技术服务为提效工具，形成了信息流、商流、物流和资金流“四流合一”的大宗商品生态服务体系，通过降低企业交易成本缓解行业恶性竞争，助力化解产能过剩。截至 2019 年上半年底，欧冶云商对接钢厂超过 300 家，部分钢厂实现营销服务平均人效提升 8~10 倍，月均活跃用户平均增长 3~5 倍，钢厂物流成本平均下降 5%~10%。

（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^[14]等新兴技术构建新型基础设施，在钢铁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、精益化管理两大应用模式。

5G的作用		高清视频回传	控制指令下达	数据采集传输
智能化制造	工艺优化	★★★ 生产现场作业监控	★★ 生产现场设备远程控制	
	工序协同优化			
	能源与环保管理			★★ 能耗仪表数据采集
	设备管理			★★★ 设备数据采集
	质量管理	★★★ 表面缺陷检测		
	安全管理	★★ 安全监测巡检		
精益化管理	企业经营决策			
	财务管理			
	仓储管理		★ 自主导航与无人驾驶	
	采购管理			
	碳资产管理			

图 2-6 钢铁行业 5G+工业互联网应用图

1. 数据采集类应用

(1) 设备管理

钢铁生产现场存在着大量高密度泛在连接场景，也伴随着高温、灰尘和易燃易爆等恶劣环境，诸如高炉炼铁、转炉炼钢等高温场景不宜布线，而 3G、4G 和 WiFi 等传统无线数据传输方式难以满足工业场景下低时延、高可靠和抗干扰等需求。5G 无线网络凭借高速高可靠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 获取高炉、转炉、轧机等重点设备运行和状态数据，实现设备在线健康监测、预测性维护及故障诊断。

其高速传输、广覆盖等特点解决了再生能源行业的厂区线路复杂、

设备工艺场景多变等问题，做到园区网络无死角，实现了“以移代固”。

设备互联和数据采集是工业互联网的基础，面向复杂多样的现场装备，开展设备接入与数据采集，获取高炉、转炉、轧机等重点设备运行和状态数据，实现设备在线健康监测、预测性维护及故障诊断。通过 5G 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，5G 大带宽、大连接特性突破传统无线技术的瓶颈。

（2）能源与环保管理

现有钢铁企业能源数据采集过程存在重复建设、布线繁琐等问题，成本较高，同时还存在部分采集盲区。企业利用 5G 网络可在厂区内广泛采集能源消耗和污染物排放等仪表数据，减少有线网络布置成本，同时监测范围可覆盖到原先有线网络难以布置的盲区，促进工艺优化和设备升级，降低能耗成本和环保成本，实现清洁低碳的绿色化生产。

案例 8：5G 能源与环保管理

5G 能源与环保管控：湛江钢铁能源采集系统利用 5G+物联网技术，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，从而代替传统布线式数据采集，减少电缆、光缆敷设、采集站设置。并通过 5G 网络将各种能源消耗数据回传到能源管理系统，在能源管理系统完成能源消耗数据的分析、整理、潮流展示等。通过信息化手段采集电表数据、O₂ 数据、CO₂ 数据、煤气数据，实时监控能源的消耗情况，实现企业能源的精细化管理和管理节能。实施信息化能源管理系统，既提高能源统计的准确性和实时性，同时也降低工人劳动强度，省去能源统计的繁重工作量，实现轻量化、高效化的统计工作；通过信息化系统，能够对标行业标杆能耗数据、分析企业能耗数据，找出企业的节能空间和能源浪费环节，采取对应措施减少能源浪费，最大化达到节能降耗的目的。

2.控制类应用

（1）生产现场设备远程控制

生产现场部分设备及天车、轨梁等通常属于远程或是旋转移动场景，难以基于有线光纤实现，而传统 3G、4G 等无线网络不稳定、切换时延高，5G 技术凭借低时延、高可靠性为以上业务场景带来了至关重要的网络保障。企业可基于 5G 打造一键炼钢或天车远程操控，如利用 5G 网络实现转炉出钢过程的转炉倾动和钢包停位的精确控制，集成滑板挡渣、转炉下渣检测、出钢钢包自动加料技术，最终提升转炉出钢等工艺流程的智能化程度，提高炼钢等过程生产效率，减少危重岗位人力投入，提升本质安全水平。

（2）仓储管理

无人化仓储物流已是钢铁行业未来趋势之一，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，对网络提出了极高的要求，至少需低至 20ms 的网络时延和高至 1Gbps 的速率。4G 和 Wi-Fi 网络难以满足低时延、大带宽需求，Wi-Fi 还存在覆盖效果差、抗干扰能力差、不稳定等缺点，钢铁企业借助 5G 低时延、高带宽特性实时采集物流车辆视觉、状态等数据信息，开展车辆路径规划与轨迹控制，譬如发布跟车、变道、停车、穿框架、多车调度、停车入位等指令，最终实现高精度、高智能的自主导航与无人驾驶作业，构建从仓库、码头到车队管理的完整监测控制闭环。

3.图像信息传输类应用

（1）生产现场作业监控

传统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。利用 5G 网络大带宽、高可靠等特点传输生产现场高清图像视频画面，能直观高效地展示人员、设备的作业情况，提升企业生产现场全局化和精细化管控水平。

案例 9：5G 生产现场监控

5G 监控无人化作业：针对湛江钢铁焦炉四大车无人化项目，应用 5G 网络技术（大带宽、低时延、高可靠），支撑实现焦炉机车无人化综合改造，提升车辆自动定位成功率、推焦装煤实绩准确率。通过图像与视频相结合方式实现专家沉浸式的远程监控体验，缩短故障处置时间，提升劳动效率。设计主要包括推焦车上重要动作视频信息、装煤车重要位置视频信息、导焦车重要位置视频信息、电车关键位置视频信息及炉顶作业区域视频，实现监控无人化作业的生产节奏、提升关键设备的动作准确性、设备管理人员智能运维水平和设备智能化水平，为人员优化配置创造条件。

（2）质量管理

受限于钢铁生产复杂的现场环境、钢材产品复杂外形、有线连接不便、检测精度不够等问题，机器视觉检测未能发挥原有作用，而超高分辨率工业相机由于数据量过大，检测数据需要较长的线缆进行传输或者离线存储，不便于数据上平台进行计算推理，效率较低。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。钢铁企业可通过部署工业相机拍摄高清图片、采集质检数据，利用 5G 网络将采集到的高清图像数据回传至操作室平台，通过平台的视觉分析能力对图像进行处理分析，进行带钢产品表面质量检测，有效提高检测效率，降低用人成本。

（3）安全管理

传统安全监控管理基于固定的设备，5G 无线网络一方面可以使监控设备能够在移动的环境下进行视频监控，另一方面借助移动网络

的广覆盖特点，在一些不具备有线网络接入的园区可方便地部署监控点，同时，5G 大带宽特性能够满足将多路多视野的超高清视频实时传送到服务器端。钢铁企业可基于 5G 网络通过智能巡检机器人或移动设备开展安全巡检，提升安全管理水平。

三、工业互联网与钢铁行业融合创新实施架构

（一）钢铁行业融合创新应用架构设计思路

当前，钢铁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，因此面向当前数字化转型需求，钢铁行业与工业互联网的融合创新发展，将总体上采取叠加架构的设计思路。即，在现有五层制造体系的基础上，通过运用物联网、云计算、大数据、人工智能等技术，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，以此满足钢铁行业平台化设计、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。即钢铁企业的日常生产、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，并不断发掘新的应用模式和业务形态，创造新的价值。

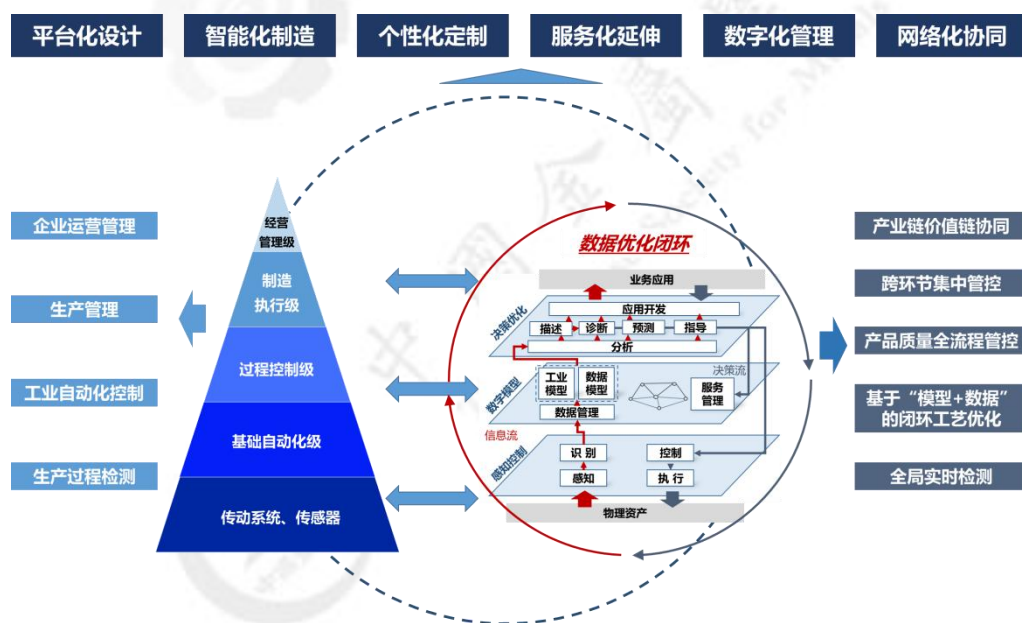


图 3-1 融合创新应用总体架构

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，面向行业的数据建模分析和多环节协同优化需要，通过布设新的传感器、仪器仪表和检测设备，提升对整个生产过程的状态感知能力。二是智能决策，面向精准、自主、高效及全层级决策需求，通过建设工业互联网平台，在企业内部打通各工序、各业务系统，基于对跨工序、跨层级的数据进行深度分析，提升智能决策能力。三是敏捷响应，面对用户日趋小批量、多品种多规格的个性化需求，通过平台连通钢铁生产企业与用户市场，提升敏捷响应能力。四是全局协同，面向全流程连续性提升、全产业资源调度与全区域配置优化等需求，通过部署5G、TSN^[12]等新型网络技术，大幅提升钢铁生产过程与企业运营数据接入量与传输效率，同时基于平台连接加工、物流、金融机构等行业主体，助力企业提升全局协同能力。五是动态优化，面向越来越复杂的工艺、流程，以及更精准的质量与能耗管控需要，通过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。

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，全面支撑钢铁行业提质、增效、降本、绿色、安全的数字化转型需求。

(二) 融合创新实施架构

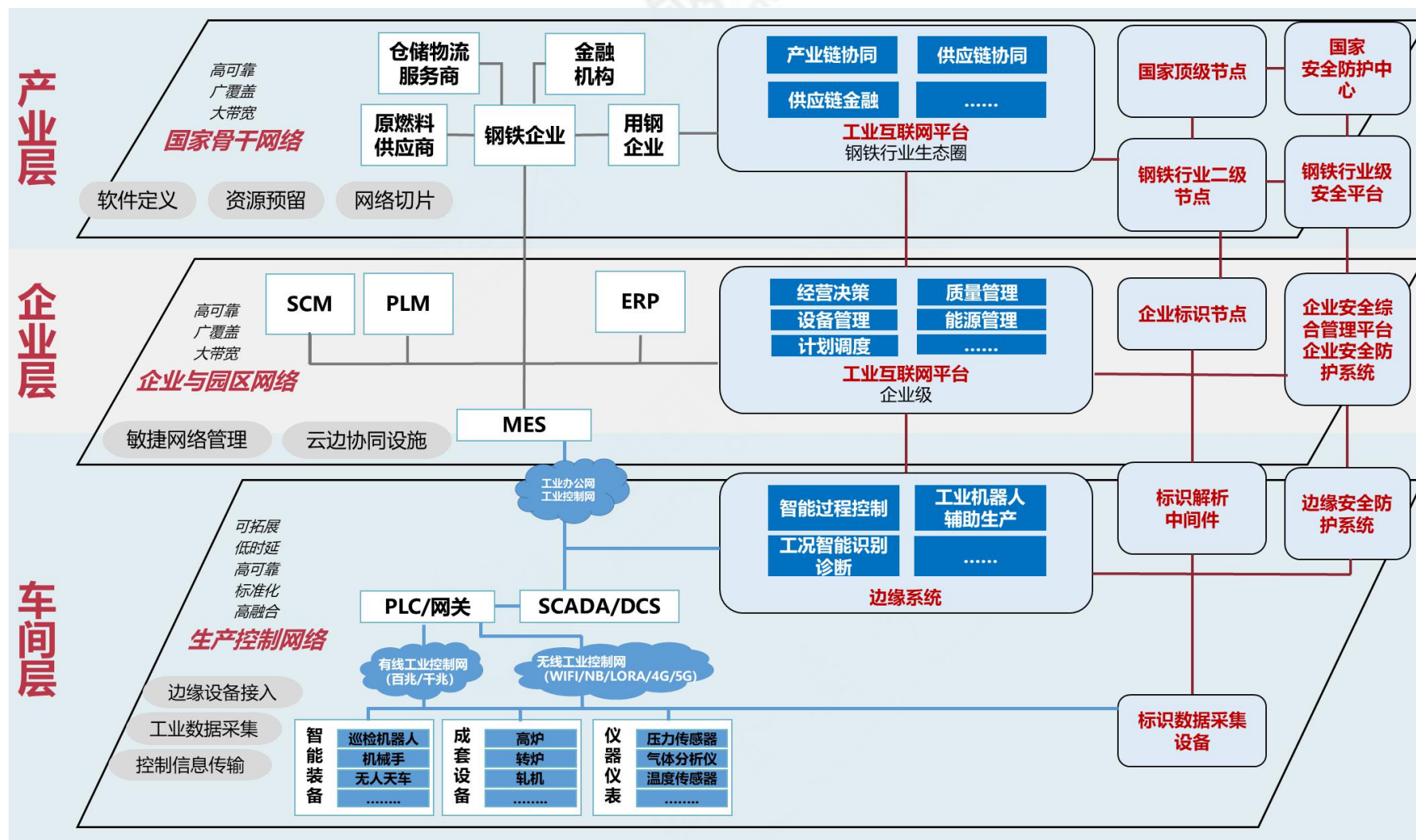


图 3-2 钢铁行业工业互联网融合创新实施架构

钢铁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。

车间层由钢铁生产所需的各类生产装备、仪器仪表、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^[13]、网络安全^[14]及企业应用安全^[15]。

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^[16]、企业外网^[17]。典型技术包括传统的现场总线^[18]、工业以太网以及创新的时间敏感网络（TSN）、确定性网络^[19]、5G 等技术。企业外网根据工业高性能、高可靠、高灵活、高安全网络需求进行建设，用于连接企业各地机构、上下游企业、用户和产品。

（一）业务需求

1. 车间层

车间层网络一方面用于满足生产现场的状态感知与监测需求，包含人员位置状态，高炉、转炉、轧线等现场装备的运行状态，钢板表面缺陷等产品状态以及污染物排放等环境状态，需要网络实现数据采集与准确快速上传。另一方面用于满足生产现场过程控制需求，包含高炉、连铸、加热炉等工序中传统装备的控制以及无人行车、智能机器人等新型智能装备的控制。

2. 企业层

生产管理类业务主要面向生产过程中产品质量全流程管控、高价值设备维护、全厂能源集中调度等业务；企业管理类业务一般聚焦于企业经营过程中涉及的采购、营销、仓储等业务流程优化以及产销协同、业财一体化等业务集成。上述业务均需要通过网络实现海量生产现场数据汇聚与上传以及生产相关决策计划下达，如质量全流程管理业务需要接入各工序与质量相关的控制系统与信息系统数据，根据质量数据分析结果向车间下达调整方案。

3.产业层

供应链产业链协同类业务主要面向跨企业的业务协同，如产能供需对接、用户早期介入服务、物流精准配送等，需要通过网络联通上下游企业、第三方物流仓储服务商、金融服务机构、金属加工企业等行业主体，实现多方敏捷交互。

（二）功能要求

1.车间层

控制及感知类业务要求现场数据快速上传与控制指令精准实时下达，保障生产现场设备、产线连续稳定运行，避免发生生产事故，因此需要网络具有低时延、高可靠的特点，此外如果涉及高清视频或图片上传，或者特定生产环节的高频数据采集，同时也需要利用高带宽特性。同时，由于生产现场设备类型多样，数据格式不统一，加之企业产能扩张及落后产线淘汰等情况，还需现场网络能够灵活配置，实现不同类型网络融合与新建设备快速接入，要求网络具有高融合、标准化、可拓展的特点。

2.企业层及产业层

企业层网络面向企业内部实现生产管理与企业经营管理业务，需要广泛汇聚各生产现场海量数据并进行上传，同时下达生产计划等信息，需要网络具有高可靠、广覆盖、大宽带的特点。产业层网络功能要求与企业层类似，主要用于实现跨企业的业务协同，相比于企业层网络需要实现更大范围的覆盖，同时为防止企业敏感信息外泄，对网络安全也提出更高要求。

(三) 建设部署

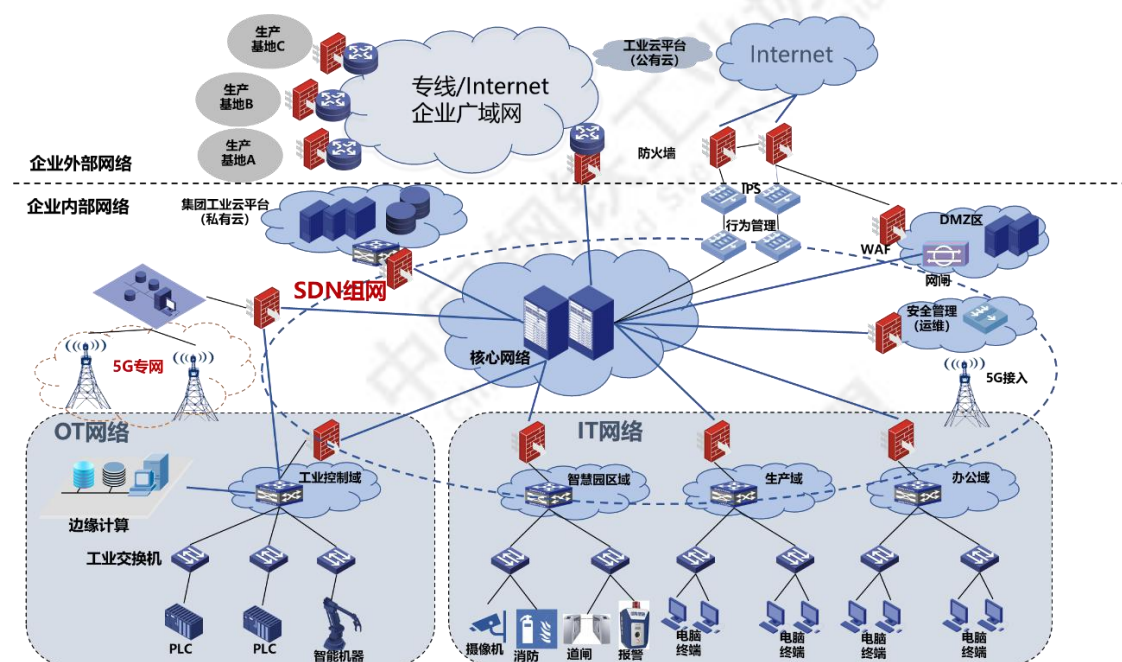


图 4-1 整体网络架构

1. 车间层

在新型智能设备进行接入时可使用叠加模式：对于厂区巡检无人机部署、智能巡检机器人、智能视频监控等场景，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、TSN、工业 PON^[20]等新型技术，叠加新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、红外线监测设备，对高炉、连铸机等高价值设备进行实时状态监控，实现设备管理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：对已有高炉、转炉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，炼钢连铸现场，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

大型钢铁企业（工厂）采用核心层、汇聚层、接入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。

园区网应在一张物理网基础上，采用 VLAN^[21]及 Overlay^[22]等网络虚拟化^[23]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业务和网络接口，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

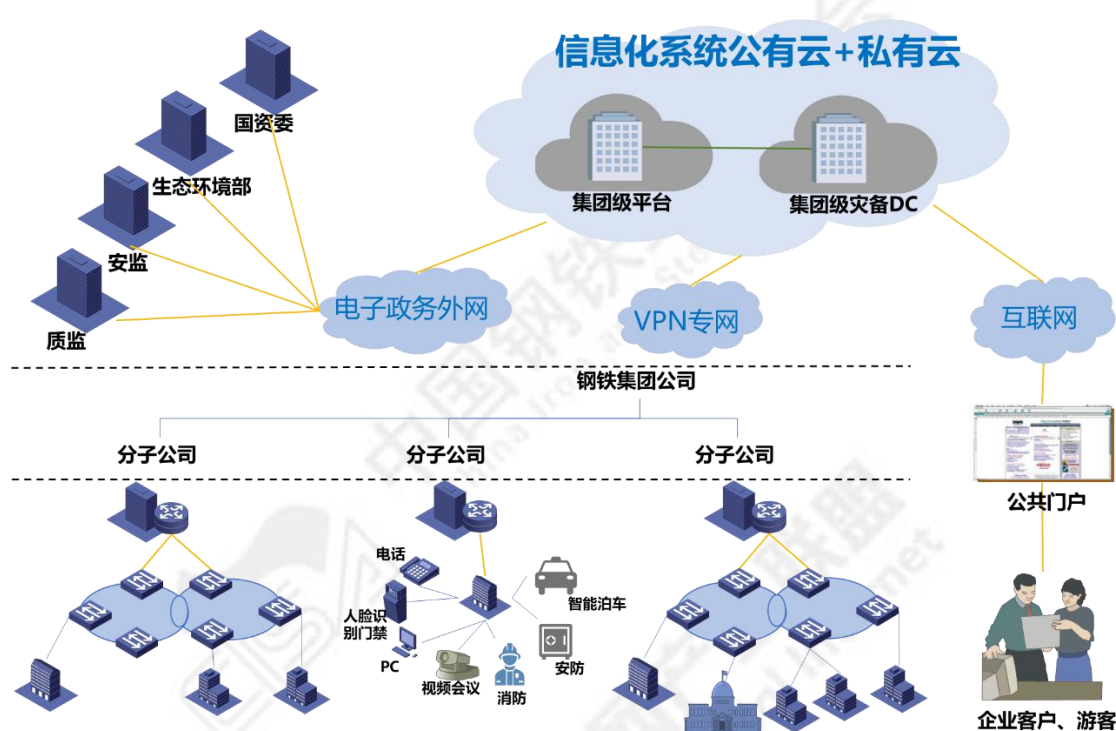


图 4-2 企业外网架构

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) 集团总部与生产基地间的网络部署

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。企业专线可为钢铁企业多基地连通提供基于互联网的虚拟专线（如 SD-WAN^[24]、IPsec^[25]等）、物理隔离的专线（如 MPLS VPN^[26]、SDH/MSTP^[27]、OTN^[28]等）、网

络切片^[29]等定制化的专属资源。

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。

（2）产业链上下游各协作企业的网络部署

产业链协同基于钢铁生产企业、第三方物流仓储服务机构、金融服务机构、金属加工企业等行业主体的互联互通。对于该类业务，钢铁企业可以通过互联专线和普通宽带实现供应链数据的跨企业互通。某些企业需要与上下游生产单位进行数据实时交互，则应采用互联专线保证数据传输的安全性与可靠性；对于一些与合作单位有联系但数据传输需求不高的企业，考虑到成本问题，多选择普通宽带进行连接。

（四）5G+工业互联网

1. 5G 网络需求

钢铁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：一是面向高炉转炉等生产设备及仪器仪表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，开展设备运行监测、能源管理等应用；二是面向天车、机器臂机器人等钢铁生产设备以及物流运输车辆设备的自动远程控制，需通

过 5G 无线网络实现远程化控制；三是面向钢材表面、生产现场与园区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、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，自动天车、机械臂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，同时空口也需要通过新的技术引入从而减少时延；二是大带宽，钢材表面检测、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、不同的上下行配比提升上行带宽；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、备份与恢复机制等，保证达到高可用要求以及最优覆盖效果。

企业、园区及产业方面，一是园区巡检、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 网络传输时需要留在企业内部供内部使用，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

从应用场景、地理位置、服务范围等角度，钢铁行业 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。

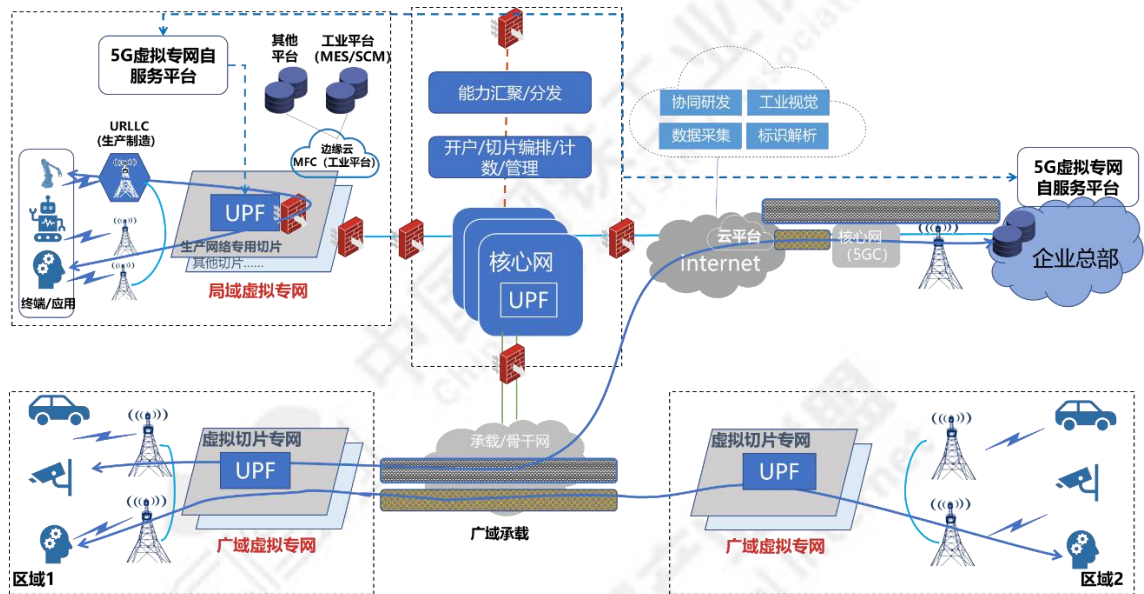


图 4-3 5G 网络部署

（1）面向企业与独立园区的局域虚拟专网

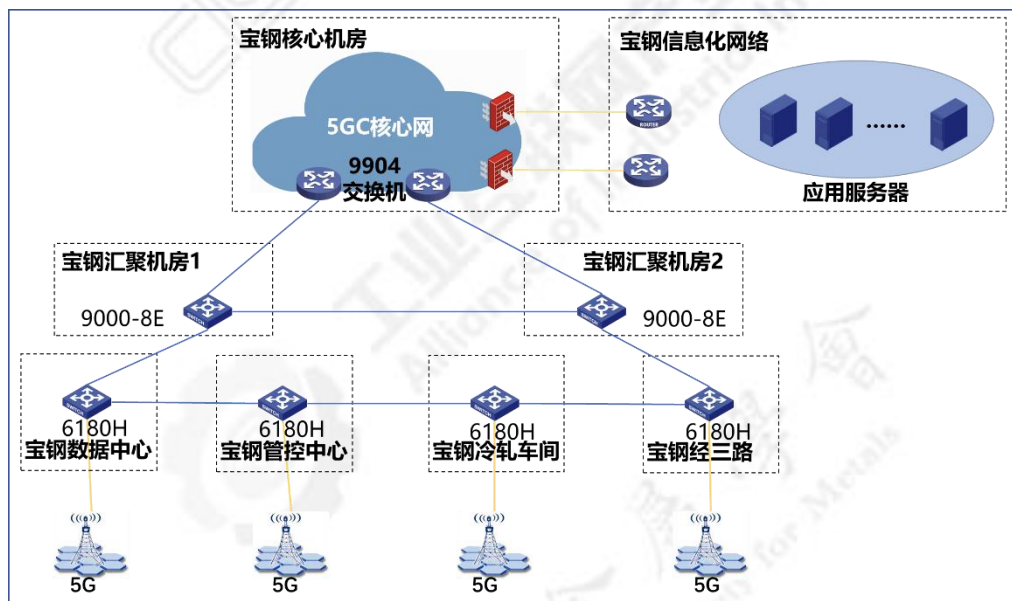
面向独立园区的局域虚拟专网，一般限定特定地理区域，基于特定区域的 5G 网络，借助边缘计算实现本地业务闭环。5G 网络建设需要满足企业对于园区内网络和业务能力的本地化、个性化需求，并和自身的 OT 和 IT 系统融合，企业可根据细分的场景需求和自身特点来进行相关专网架构的选择，更好地将 5G 应用于生产系统。

（2）面向总部多基地的广域虚拟专网

大型钢铁集团往往都是一总部多基地的模式，总部和各个生产基地、各个生产基地之间一般都存在统一管理、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。

案例 10: 5G+工业互联网建设

5G+工业互联网建设:为有效推进 5G+智慧钢铁业务应用验证, 湛江钢铁联合中国联通、中兴通讯、宝信软件等合作伙伴, 依托联合创新实验室, 在湛江钢铁成功建成场景丰富、生态完善的 5G+工业互联网。经过现场勘查与技术沟通, 结合企业地理位置以及行业特殊性, 最终确定了以核心网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。2019 年 3 月开通首个 5G 基站, 5 月开通 5G 实验网, 6 月风机监控、机械臂远程操作、智能头盔、行车监控等应用陆续上线试行, 同时, 国内首张工业级 5G SA 独立核心网开通上线, 9 月完成 MEC 下沉。截至 2021 年 5 月, 该案例已在湛江钢铁部署 30 个 5G 基站、一套 5GC SA^[30]独立核心网、300 个 5G 商用终端, 借助 5G 技术赋能传统钢铁行业转型升级。



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^[31]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）业务需求

标识解析体系主要对钢铁对采购、生产、运输、使用等全生产链的物理、虚拟实体进行标识，具体满足三大业务场景需求。一是满足产品质量一贯制管理、备品配件库存管理、铁-钢-轧多工序协同等需求，通过统一的编码和解析方式实现采购、生产、销售、服务等各环节数据流转与共享。二是针对智能决策、业财融合、碳资产管理等企业经营层面应用场景，需要对全产业链的物理、虚拟实体进行标识，赋予数字身份、建立数字档案，实现基于大数据建模挖掘的优化。三是针对供应链协同等业务需求，建设一套兼容不同技术体系、能够跨系统、跨层级、跨地域的工业互联网标识解析体系^[32]，实现钢材加工厂商、第三方物流服务商、钢铁生产商等产业链、供应链各方信息共享和协同。

（二）功能要求

标识解析功能体系提供标识服务的基础系统功能，包括标识注册、标识解析、标识查询、业务管理、数据管理等：



图 5-1 钢铁行业工业互联网标识解析功能架构

标识注册用于实现钢铁行业全产业链、各环节工业互联网标识编码的申请与分配、使用情况反馈、钢卷等产品生命周期管理、标识有效性管理、标识分配使用情况信息收集等功能；标识解析主要根据相应编码对设备和钢卷等进行唯一性的定位和信息查询，并对唯一性定位和标识基础应用信息查询服务进行响应；标识查询是查询已注册的标识信息，如对注册的钢铁行业上下游及相关企业节点^[33]信息进行查询；数据管理是指对钢铁行业标识注册信息、标识分配信息、标识解析日志、标识注册或解析统计量等数据进行管理；业务管理主要指钢铁行业工业互联网标识注册、标识解析服务相关的用户管理、审核、计费管理、统计展示等功能。

(三) 建设部署

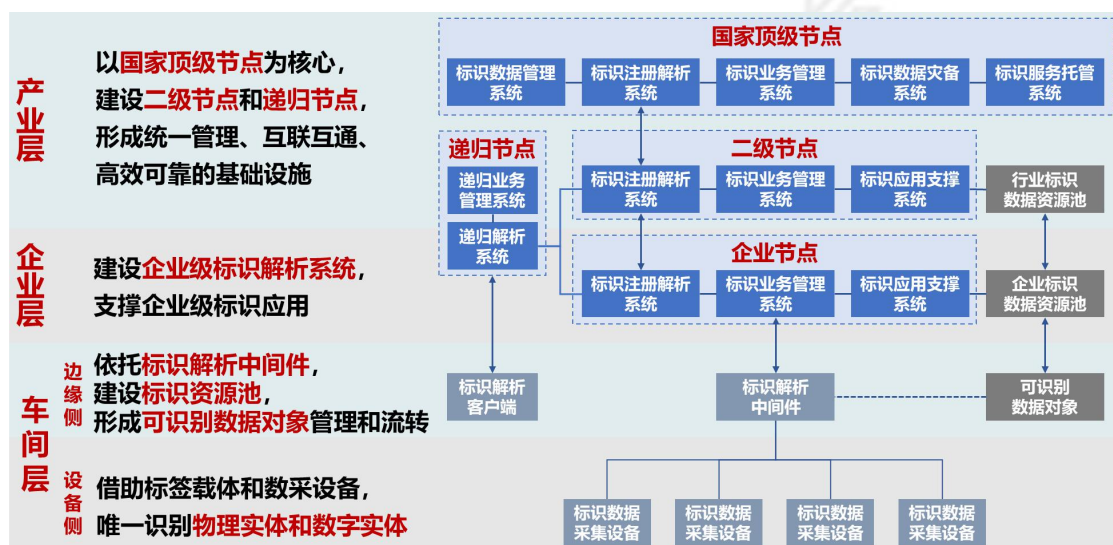


图 5-2 钢铁行业工业互联网标识解析建设部署

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，对钢铁行业产业链、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。物理实体如原材料、设备、人员、钢铁产成品，虚拟实体如订单、仓单、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，同时与钢铁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

钢铁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钢铁行业二级节点^[34]。

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

钢铁行业头部企业或具备相关服务能力的钢铁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。与国家顶级节点^[35]对接，实现分级管理、全网解析。

案例 11：工业互联网标识应用

基于标识解析的钢铁产品质量追溯：钢材“质量保证书”也叫“质保书”，是一份重要的质量文书，是生产企业对其出厂钢材质量的书面承诺，目前大部分钢铁企业已经实现了质保书电子化并“随车质保”。但是仍然面临由于数据缺失、质保书数据无法追溯导致供需方发生“质量异议”事件以及个别情况下发生质保书被伪造、质保书被盗用的问题，同时当产品向多级销售代理流通过程中也会遇到需要分拆质保书的问题。

基于标识解析体系，结合标识解析数据分布式存储、一物一码的属性，利用标识进行数据管理与打通，实现保证书与其他标识数据多维度关联、追溯、管理，推进钢铁行业售后服务应用落地，优化售后服务应用模式。

钢铁产品制造企业部署企业节点并与内部 ERP 系统做接口打通。以钢板为例，在钢板生产下线环节，企业节点即调用接口从 ERP 获取钢板原料，规格，质检等数据，注册钢板产品工业互联网标识并存入企业节点服务器，生成标识并以吊牌或刻印的方式附在钢板上。在钢板发货环节，依据销售计划，ERP 系统生成提单及对应质保单，企业节点调用接口获取质保书相关数据，注册质保书工业互联网标识并存入企业节点，生成标识并附在电子质保书上。同时，质保书标识与钢板产品标识，订单标识，发货单，物流单据等标识进行关联或建立索引关系，实现全流程数据关联关系打通。在

售后服务环节，可提供一级销售客户在产品二级销售时的质保书分拆服务，分拆质保书，注册成为一一对应的分拆质保书标识并与原始质保书标识进行关联，将质保书标识向下游客户提供。结合企业工业互联网平台沉淀的 SaaS^[36]服务或追溯系统，用户直接扫描质保书工业互联网标识，通过解析标识体系，给应用层信息管理系统提供及时准确的质量追溯信息，保证数据的实时、真实、可靠。

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^[37]、PaaS^[38]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）业务需求

1. 车间层

一是满足设备健康管理需求，钢铁行业存在大量的高价值装备，如高炉、转炉、连铸机等，需要平台及时判断设备异常状态并给出维护建议。二是满足工艺优化需求，包括原料配比优化、能源管控、产品质量优化和污染物管控等。传统工艺优化依赖人工操作经验，生产管理粗放且危险系数大，需要平台将原本的生产过程黑箱转变为实时可视化面板，并实现参数优化。三是满足生产执行需求，包括炼铁、炼钢、轧钢的工序内协同，以及料场智能调度、无人化铁水运输、钢铁包智能调度等跨工序协同，需要平台保证生产工序的连续性。四是满足生产现场装备的自动控制需求，包括料场堆取料机自动作业、冶炼设备的智能闭环控制、各产线工序工业机器人自动控制等，需要平台基于设备、环境、产品、生产计划等信息自动反馈控制指令。

2. 企业层

一是实现便捷的人财物管理，需要平台支持全公司人力、财务、资产等基础信息上传、汇聚与共享。二是实现进销存全链条管理优化，不但需要具备铁矿石、铁水、钢材成品等销售、采购、库存等基础服务能力，还需要打通三者环节实现企业最大化计划经营收益。三是实

现生产管控一体化，需要平台汇聚炼铁、炼钢、连铸、热轧、冷轧等不同车间的生产要素，还要连接企业经营管理信息，通过智能分析为管理者提供全公司宏观决策依据。四是实现产品设计制造一体化，需要平台不但提供钢铁数字化设计，还需要基于平台打通研发部门和生产部门的信息通道，提升公司产品研发效率。

3.产业层

一是钢铁行业产品种类繁多，产能存在一定程度不平衡，下游用户不能及时找到自身所需产品，需要通过平台来集成汇聚产品信息及用户需求，实现产品的在线展示及交易。二是钢铁行业属于资产密集型行业，需满足用户资金的高效利用和周转，需要平台打通企业和金融机构，实现快速融资贷款。三是钢铁行业需满足供应链数字化需求，基于平台打通上游原材料商、物流仓储服务商以及生产企业，实现精准物流配送。

（二）功能要求

1.车间层

一是车间层平台自下接入生产现场数据，自上接收信息系统数据，因此首先要具备异构数据融合集成和分发，以及工业大数据流处理、批处理的通用功能。二是针对多种业务场景，平台需要具备实时参数优化、控制指令反馈等功能，形成优化闭环。三是平台要支持数据和工业模型的集成应用，进行工业模型训练和新型工业 APP^[39]的调用。

2.企业层

企业层工业互联网平台聚焦提升决策效率，实现企业透明管理与

效益优化，具体业务包括产品研发创新、生产管控一体化和企业决策管理。产品研发创新业务中，需要具备产品研发的云端集成与应用，满足企业跨部门研发管理和研发设计一体化需求。生产管控一体化功能中，基于工业互联网平台进行业务管理系统和生产执行系统集成，通过数据建模和管理，推动经营绩效分析、生产实时优化、先进控制和控制回路的闭环管控功能。在企业决策管理场景中，工业互联网平台通过业务数据管理、建模与优化对企业内部财务、仓储、人力等数据的全面感知和综合分析，支撑企业智能决策。

3.产业层

一是钢铁行业产业层平台需要具备汇聚上下游供应商、金融机构、物流企业等机构数据能力，实现全角色人员信息互通。二是需要具备云化协同应用的能力和用户权限管理的能力，提升协同作业效率，保障用户数据安全。三是具备数据智能分析与调度应用能力，实现产业链上下游企业资源最优配置。四是具备工业电商、供需对接应用、供应链与物流管理等产业级应用工具。

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

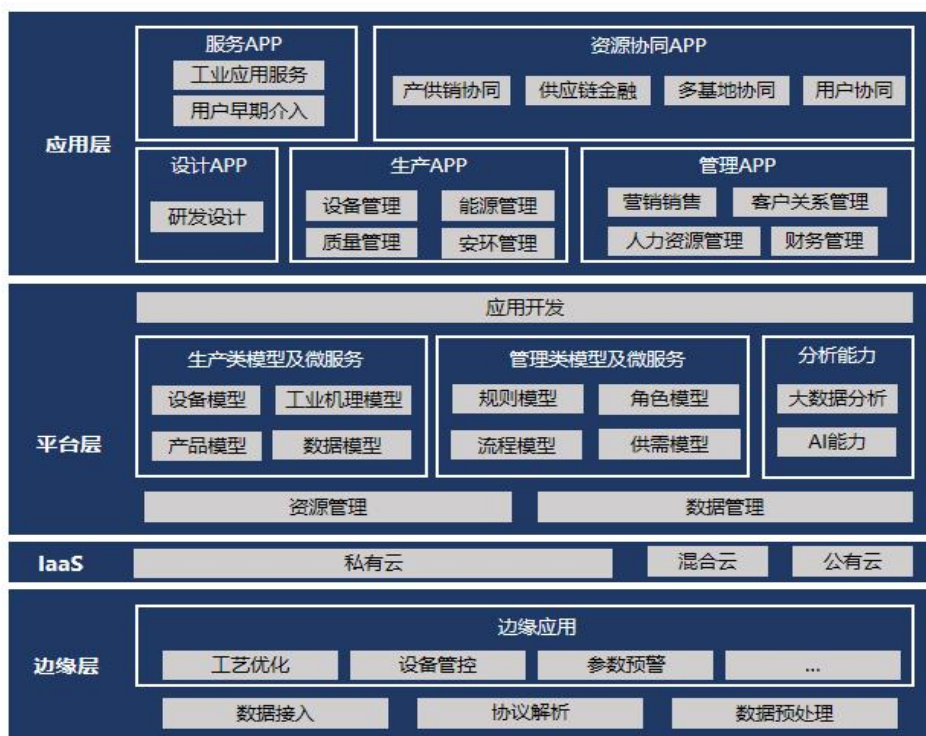


图 6-1 钢铁行业工业互联网平台功能架构图

钢铁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，汇聚钢铁行业生产、经营等核心数据，支撑钢铁行业传统业务的数字化转型及工艺优化、供应链协同等新模式新业务的拓展。其中边缘层汇聚生产设备数据，同时承载工艺优化、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，包含钢铁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、协同等各领域工业 APP，满足钢铁行业数字化转型各业务场景需求。

（三）建设部署方案

根据钢铁行业业务场景需求，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。

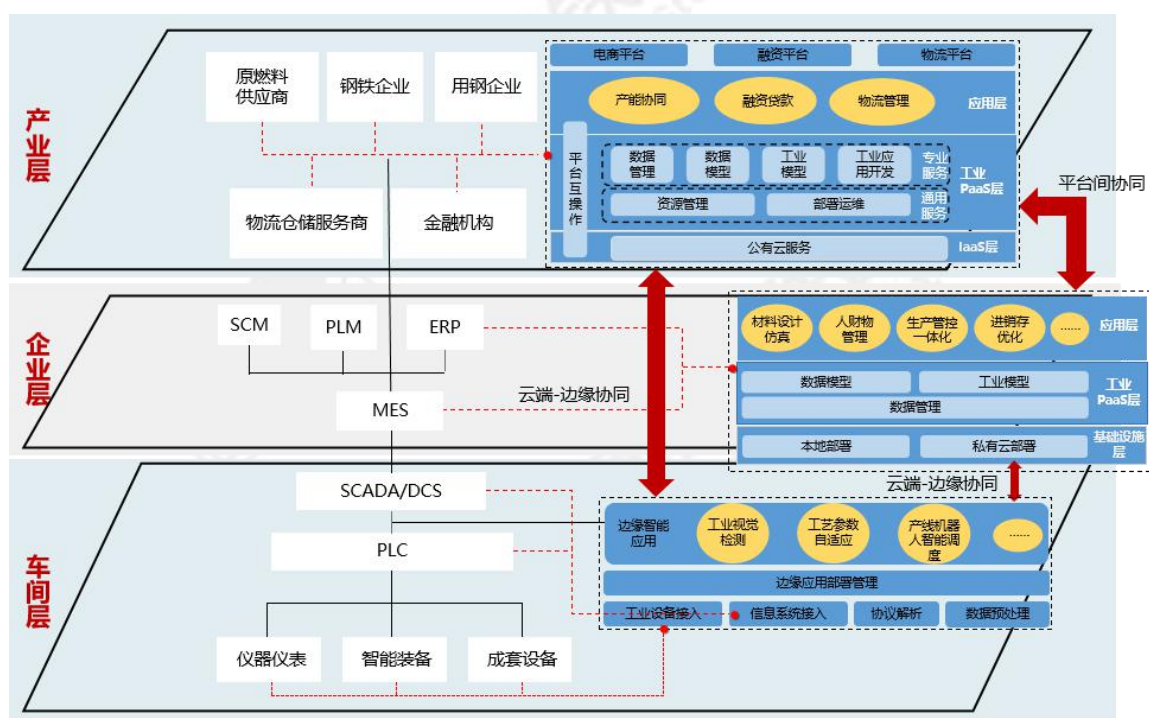


图 6-2 钢铁行业工业互联网平台建设部署

1. 车间层

面向钢铁行业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。

面向工艺优化类业务，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。

面向生产执行和自动控制类业务，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，最终形成生产过程的控制指令，传输到设备执行。

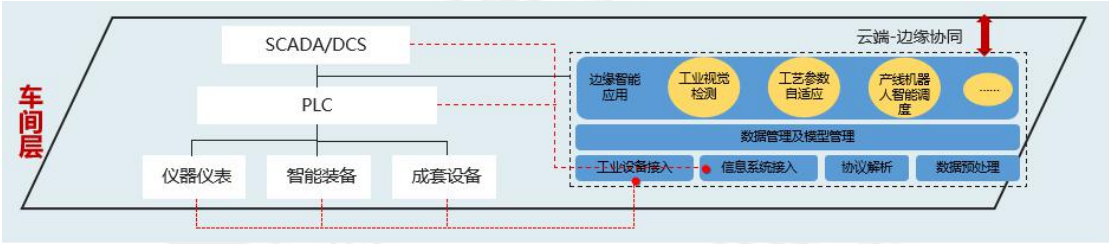


图 6-3 钢铁行业车间层工业互联网平台部署实施图

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。

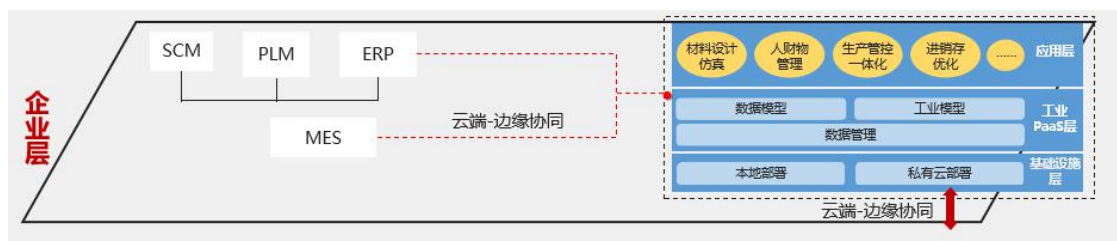


图 6-4 钢铁行业企业层工业互联网平台部署实施图

3.产业层

面向产能供需协同业务，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，进而开发钢铁行业电商平台类工业 APP 应用。

面向企业融资贷款业务，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。

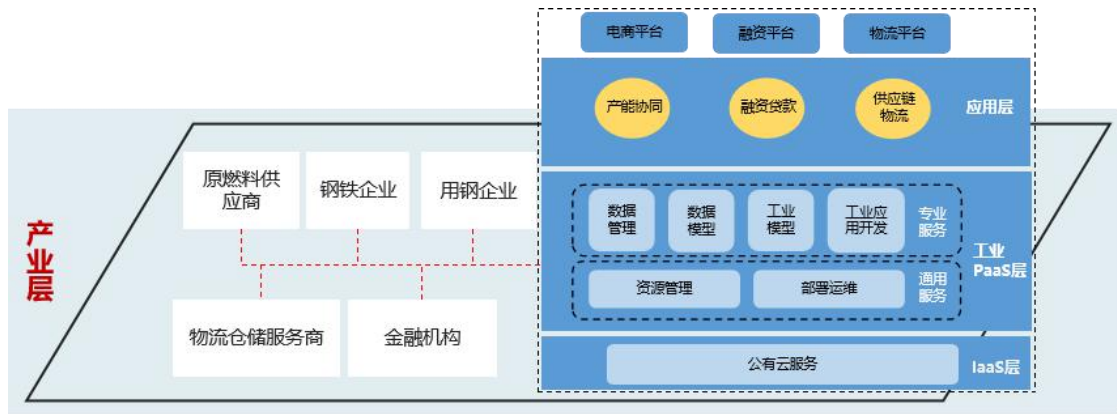


图 6-5 钢铁行业产业层工业互联网平台部署实施图

案例 12：中国宝武工业互联网平台建设

针对“一总部多基地”的企业结构，宝武工业互联网平台采用两层结构部署。在生产基地部署工厂级平台 iPlat，解决数据采集并搭载边缘应用。iPlat 从仪器仪表、智能装备、工业监控、PLC^[40]/DCS^[41]中采集数据进行边缘计算，运行过程优化、边缘控制、机理建模等工业应用。在总部部署 ePlat，解决数据融合后的数据应用问题。ePlat，融合汇聚生产现场、管理信息系统和行业数据，实现集团企业内的协同管理，以及平台用户的行业协同优化。中国宝武工业互联网平台架构如下图：

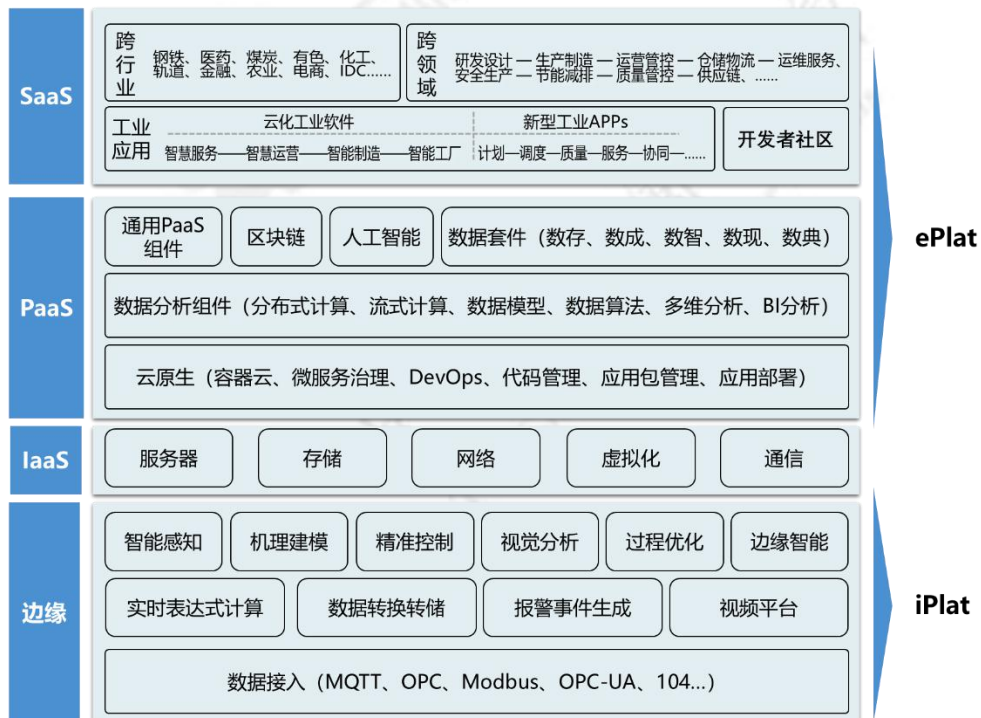


图 6-6 宝信软件工业互联网平台架构

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、数据等多层级构建网络安全体系,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) 业务需求

钢铁行业安全需求着重从设备安全、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七大方面考虑。设备安全方面,主要关注边缘智能设备安全,设涉及无人行车、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。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。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。标识解析安全方面,包含标识解析节点架构、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,包括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。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。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。此外,应同步做好涉及全要素的安全管理、安全分类分级、安全监测、安全评测工作。

（二）功能要求

为确保钢铁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 钢铁行业工业互联网安全功能架构

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）。

（三）建设部署

设备安全主要包含智能装备的软件安全与硬件安全，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。如智慧炼

铁应用场景中，根据工作环境制定工业传感器相应保护措施，保障其工作状态安全与数据采集的准确可靠，例如高炉炉顶热成像自保护功能，热电偶采用柔性材质防止碳砖形变扯断损坏。

控制安全主要包含控制系统安全和控制协议安全。具体包括控制协议分析、软件安全加固、控制指令安全审计等安全策略。如智能烧结应用场景中，烧结智能控制系统服务器采用双机热备的方式进行搭建，提高系统容灾能力。

网络安全建设主要通过边界控制、通信和传输保护、接入认证授权保障等安全策略确保企业内外网的安全。如智能烧结应用场景中，现场核心模块通讯采用相应安全隔离设备(工业防火墙、工业网闸等)，并限制访问量与访问频率，防止对控制系统的冲击影响。

标识解析安全建设应从运行环境安全、身份安全、服务运营安全、数据安全等层面采取安全策略，确保钢铁行业企业标识注册、标识解析服务、标识查询、业务管理、数据管理等每个环节的安全可靠。

平台安全建设主要通过安全接入认证、平台运行安全监测、平台敏感数据保护等措施确保平台接入与运行过程中的安全。如智能烧结场景，边缘风箱热电偶、机尾热像仪等设备接入工业互联网平台时应采用安全接入认证策略，对接入的设备或系统进行认证授权。

工业应用安全建设通过部署应用防护系统，建立健全应用安全管理规范确保应用程序安全可靠。如炼铁产线协同优化场景中，设立用户管理与权限管理，针对不同用户设立不同权限管理，进行业务应用访问控制，并定周期强制用户修改密码，防止账号外泄。

数据安全建设分为企业级数据安全与产业级数据安全。企业级数据安全重点关注研发数据、生产数据及数据分析服务安全，产业级数据安全重点关注数据交换共享与公开披露、数据加工、数据归档与销毁等环节的数据安全保障。同时，还要实施数据分类分级安全管理，采取技术手段开展数据分级保护，梳理制定并定期更新重要数据目录清单，对重要数据进行重点保护。

安全管理方面，一是安全机制，应建立安全管理制度，制定安全工作的总体方针和安全策略。二是安全机构和人员，设立安全管理工作的职能部门，设立安全主管、安全管理各个方面的负责人岗位，定期进行常规安全检查。三是安全建设，在规划、开发、测试验收、系统交付时充分考虑安全需求和安全建设。四是安全运维，详细记录运维操作日志，建立统一的应急预案框架，制定重要事件的应急预案，并定期进行应急预案的培训和演练。

安全评测指采取技术手段对工业互联网安全防护对象进行测试和评价，了解其安全状态，主要包括漏洞挖掘、渗透测试等技术。

安全态势感知与风险监测通过技术手段实现对安全威胁的发现识别、理解分析、响应处置，主要包括安全监测审计、安全态势感知等关键技术。

八、组织实施

（一）基本原则

整体规划、分步实施。从钢铁生产全流程出发，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钢铁行业的融合创新。

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；围绕钢铁行业冶炼、轧制等典型场景，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

钢铁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、跨区域的连接，面临技术融合和业务融合的多重复杂性，钢铁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。

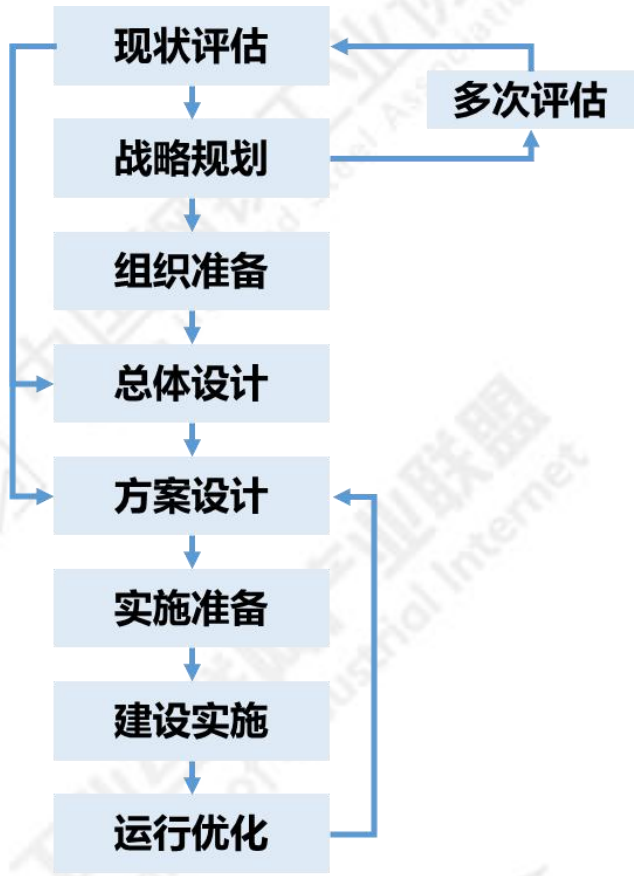


图 8-1 钢铁行业与工业互联网融合应用实施流程

1.现状评估

结合工业互联网应用成熟度评估方法，对钢铁企业研发、生产、管理、销售、服务等业务数字化水平，以及自动化信息化系统建设部署情况等进行全面评估，摸清基础能力和痛点问题，为总体规划和建设实施提供指导。具体来说，一是业务诊断，全面梳理企业业务流程，找出业务痛点，明确未来发展定位和目标；二是工业互联网功能需求分析，结合当前工业互联网技术发展情况，明确工业互联网在支撑转型时应具备的网络、标识、平台和安全功能；三是数字化现状评估，

对企业自动化信息化系统建设情况进行全面评估，摸清现有能力，找出差距；四是开展自主定级，参照工业互联网企业网络安全分类分级防护相关标准，落实与自身等级相适应的安全防护措施。

2.战略规划

面对钢铁行业高端化、绿色化、智能化和安全化的发展趋势，结合钢铁企业发展愿景、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，钢铁企业根据应用需求，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，面向钢铁企业全业务流程，钢铁企业联合规划设

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，钢铁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、组建由钢铁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；升级现有的高炉、转炉、轧线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，结合钢铁企业实际业务需要，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^[42]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，开启新一轮钢铁行业+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

钢铁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。

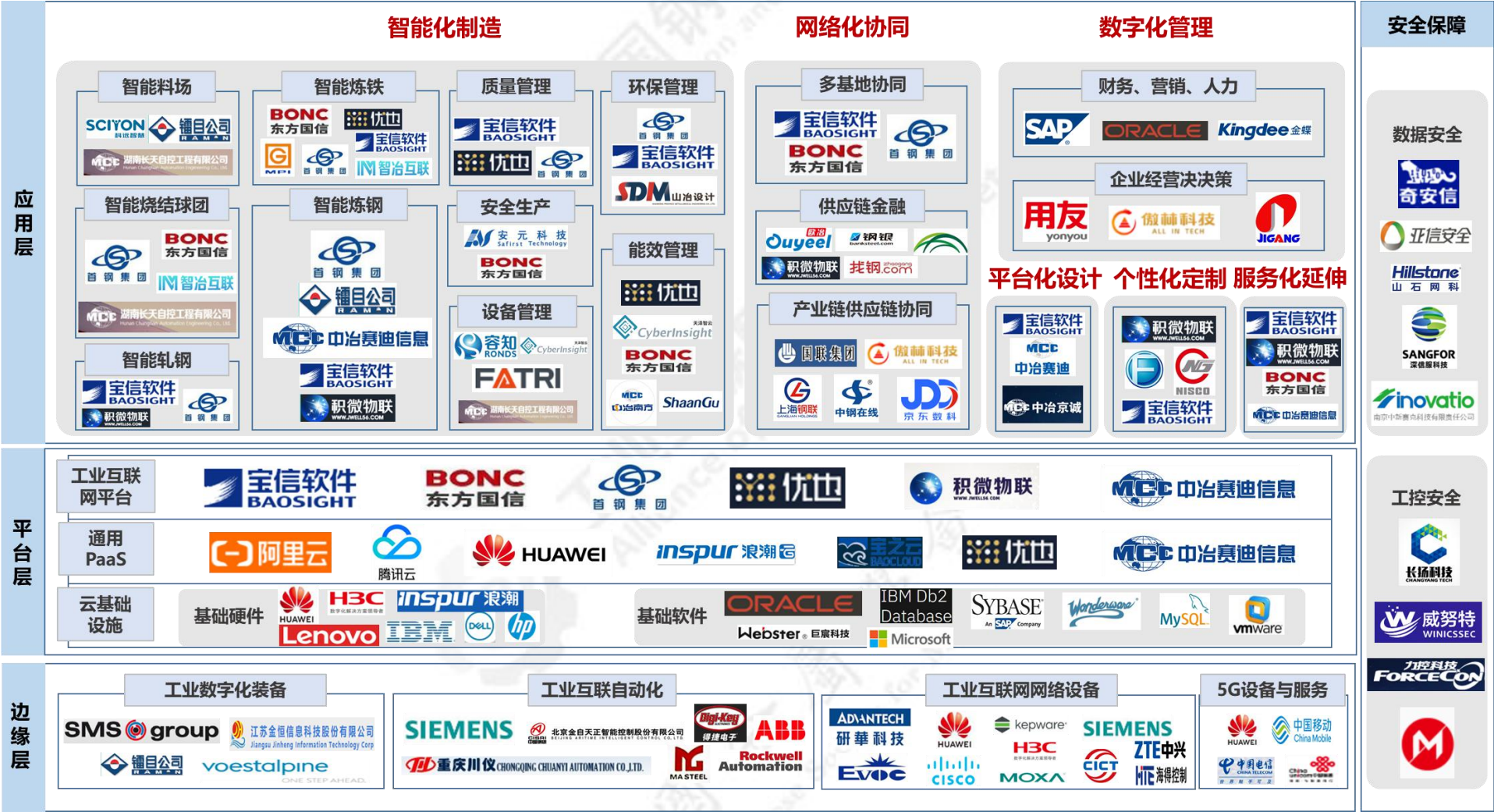
4.人才保障

钢铁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钢铁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，钢铁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，加速工业互联网在钢铁行业的推广应用。

附件一 主要供应商名录



附图 1-1 主要供应商概览

钢铁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、通用云服务及钢铁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：宝信软件等 三维工厂数字化设计与交付：中冶赛迪、中冶京诚等
	智能化制造	智能料场：镭目科技、湖南长天自控、科远智慧等
		智能烧结、球团：东方国信、智冶互联、首自信、湖南长天自控等
		智能炼铁：东方国信、智冶互联、冶金规划院、上海优也、宝信、首自信等
		智能炼钢：镭目科技、中冶赛迪信息、积微物联、宝信、首自信等
		智能轧钢：宝信、积微物联、首自信等

		质量管理：宝信、首自信、上海优也等
		安全生产：宝信、东方国信、首自信、安元科技等
		设备管理：上海优也、天泽智云、容知日新、湖南长天自控、西人马等
		环保管理：山冶设计、宝信、首自信等
		能效管理：上海优也、陕鼓动力、中冶南方、东方国信、天泽智云等
	网络化协同	多基地协同：宝信、东方国信、首自信等
		供应链金融：欧冶金服、积微物联、找钢网、钢银、普洛斯等
		产业链供应链协同：京东数科、欧冶云商、积微物联、中钢在线、上海钢联、找钢网、国联股份、钢银、东方钢铁、傲林科技、宝供物流等
	数字化管理	财务人力营销管理：SAP、甲骨文、金蝶等
		企业经营决策：用友、傲林科技、济钢等
	个性化定制	积微物联、南钢、方大特钢、宝信等
	服务化延伸	积微物联、中冶赛迪信息、宝信、东方国信等
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
	工业互联网平台	宝信、东方国信、上海优也、首自信、积微物联等
边缘层	工业数字化装备	奥钢联、镭目、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 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	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）全流程质量管控——鞍山钢铁集团

1.案例综述

鞍钢集团在集团统一规范的技术框架下部署建设由北京大学开发的全流程质量管控系统，通过打通工序产品数据之间的壁垒实现全流程的质量管控。

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，通过质量设计、过程判定、数据追溯等功能设计，集成机器学习算法，实现钢铁生产流程一贯制管理。

2.行业挑战

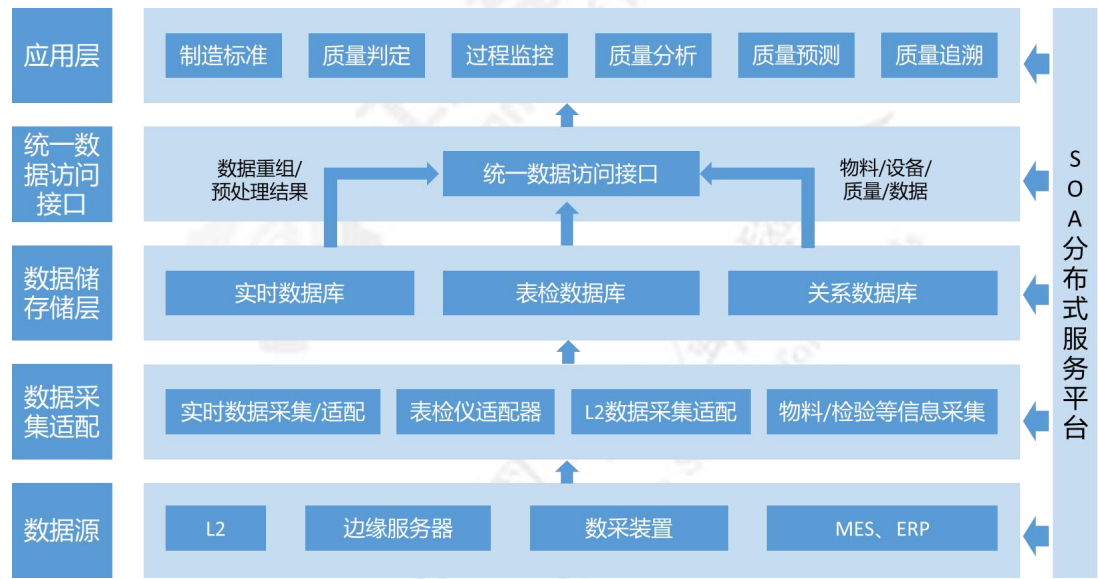
传统质量相关数据分散在不同维度的信息系统当中，数据获取难度大，整合费时费力，难以准确挖掘数据价值。与质量相关冶金规范要求分布在独立系统或指导文件当中，相互之间缺少关联，导致质量问题主要靠事后监控。同时质量问题多属于多变量耦合问题，现有系统缺乏高效的质量追溯、分析与优化的手段，通过简单的阈值分析、对比分析难以发现问题根源。

3.解决方案

全流程质量管控建设实施主要分为两个方面：一方面是基于工业互联网的数据中心建设，一是构建覆盖多工序的工业互联网平台，完成基于多协议的全流程各类多元异构数据的采集，并对数据进行时空

变换，将数据与物料精准匹配。二是构建完整的质量、工艺、关键设备数据等内容的分类数据库，实现数据的预处理、数据空间建设、数据存储等内容。三是部署 SOA 中间件平台，实现进程管理、业务管理及开发管理等一系列内容，为应用程开发及系统运行提供便利条件。四是提供多类微服务模型，包括机器学习算法模型、规则引擎模型等，为质量管控应用层提供基础数据服务、开发环境、安全保障等。另一方面是质量管控应用层功能建设，主要包含质量判定、过程监控、数据追溯、质量分析、质量预测等功能。

通过全流程质量管控系统的建设与应用，工艺质量相关数据整合获取效率提升 70%以上，外部质量缺陷反馈 20%以上，内部质量缺陷下降 20%以上，关键工序降本增效 10%以上。



附图 2-1 全流程质量管控系统架构图

（二）无人行车与智能库管——唐山钢铁集团

1.案例综述

唐钢通过应用无人天车与库管系统，建立高效的生产调度管理机制，对于提高生产效率，降低生产成本，提高经济收益与企业竞争力等具有重要的意义。

无人天车与库管系统基于先进传感器和无线通信技术收集行车、运输链、过跨车等设备的位置状态等实时信息，通过软件接口与工厂管理系统进行数据集成，贯通进料、上料、生产、下线、储存、发货等多环节信息流，以此实现生产信息与物流信息的实时交互。借助作业调度和路径优化算法，根据当前任务和设备状态，系统自动生成最高效、安全的作业方案，并通过多级联动控制驱动行车的自动调运。同时，在机器视觉等辅助技术的帮助下，行车可以实现更加精确的定位和稳定行驶。

2.行业挑战

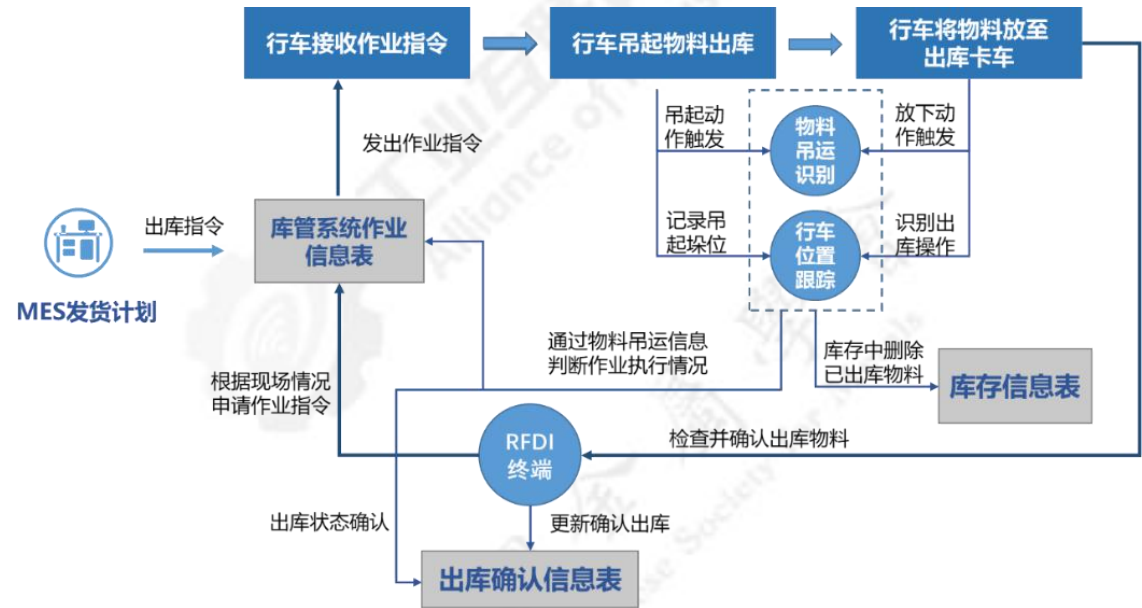
行车调度是钢铁企业生产调度的重要组成部分，是工序间物流衔接和生产节奏控制的重要枢纽。合理有效地进行天车调度能够为生产调度的实施奠定基础，对于保证生产稳定运行、提高钢厂系统整体效益起着至关重要的作用。此外，无人天车系统中的数据传输必须满足可靠性、稳定性及实时性的要求，由于库区设备数量较多，对多个节点组网通信的功能也提出了较高的要求。

3.解决方案

无人天车及智能库管系统主要包括智能调度系统、天车管理控制

系统、无人天车控制系统三部分，其中，通过无线通信技术将行车的实时位置和传感称重数据发送至库管系统，并接收控制系统的动作指令；通过智能调度技术对板坯入库模型依靠以连铸计划信息、板坯库库图库位信息、热轧热装计划等信息输入和模型优化，为入库的板坯批次指定适合垛位；通过机器视觉技术实现车辆形象识别、表面质量检测等，准确识别车辆与钢卷的形状和位置，通过机器学习等算法将相关信息发送至库存管理子系统，便于行车自动装卸。

无人行车与智能库管系统应用涉及到钢卷库、棒线材库区，促进无人化率达到 99%以上。通过该系统的实施，基于信息流管理全面提升了生产效率，工作效率提高 20%~30%。



附图 2-2 无人行车和智能库管示意图

（三）基于大数据的能源精细化管理——山东永锋钢铁

1.案例综述

永锋钢铁为提升能源利用效率，联合北京天泽智云科技有限公司搭建了基于大数据的能源精细化管理平台，通过多工序数据集成与智能分析实现了电量的智能化管理与高炉煤气智能平衡调度。

电力需量智能管理系统分别从事前预防、事中建议、事后分析三个维度对电力需量进行预测性智能优化。煤气平衡系统一方面建立热风炉错峰换炉节拍器，保证热风炉用气节拍的稳定；另一方面基于高炉煤气发生量预测模型和关键工序的用气波动监测模型，实现及时、精准的用气调度。

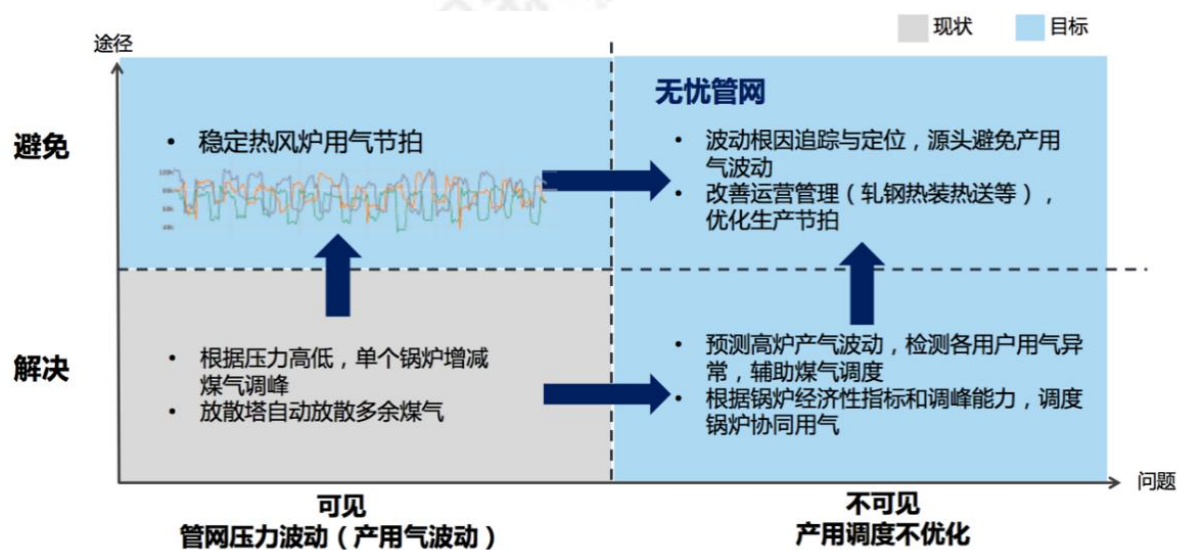
2.行业挑战

一是在钢厂实际的生产运行过程中，电力需量管理存在难预测、难发现、难降本、难调控等诸多痛点，目前电力调度人员往往根据经验进行调控，导致不同的调度人员所采取措施的时机和方法不尽相同，调控的及时性和有效性无法得到保障。二是煤气产生和消耗往往是不同步的，带来整个管道压力的波动，如果不能保证有效的平衡，则可能导致无效放散，甚至需要外购高价煤气以保证生产的正常运营。

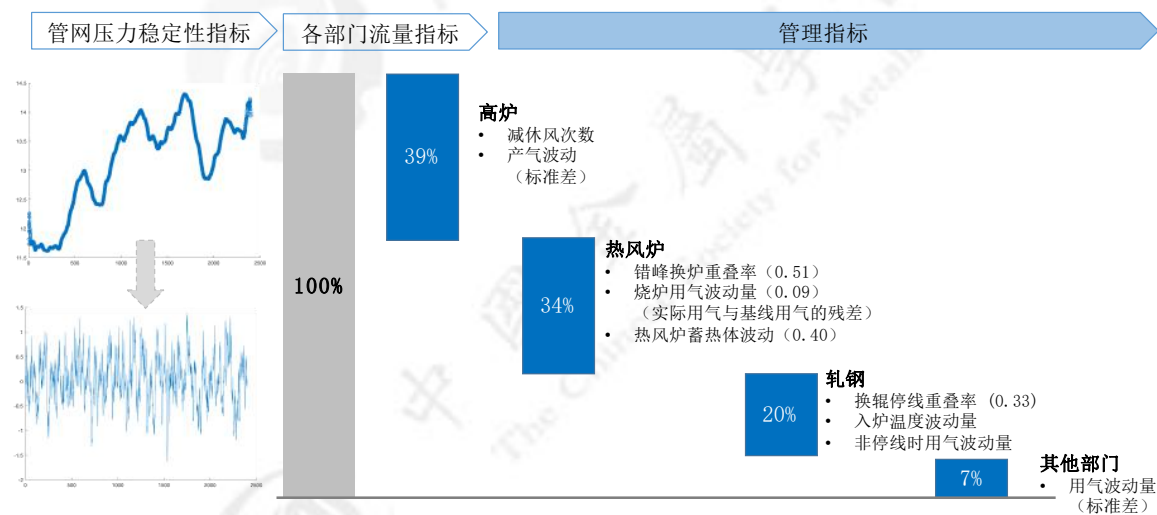
3.解决方案

电力需量智能管理系统分别从事前预防、事中建议、事后分析三个维度对电力需量进行预测性智能优化，并针对电力调度、动力调度、总调度以及管理层不同视角开发相应功能，从而帮助企业真正做到监控智能化、经验系统化、管理精细化。煤气管网的智能调度系统利用

机器学习算法建立高炉煤气产生的预测模型，对未来 4 小时煤气产生量曲线进行预测。结合对煤气产生量的预测和对煤气总管压力的持续监测，首先保障关键用气工序的生产节拍稳定，同时对异常的用气情况进行检测，最后结合管网的压力趋势预测和异常事件的影响分析，对发电锅炉的用气调节指令进行决策建议。



附图 2-3 高炉煤气管网智能平衡系统的技术设计思路



附图 2-4 高炉煤气管网系统中波动贡献度分析

（四）基于 5G 的设备远程控制——南京钢铁股份

1.案例综述

5G 网络低延时、高性能、大容量的特点，既契合了南钢的无线网络应用需求，同时能够弥补传统的有线网络布线困难、成本较高的不足，为数字化转型提供了坚实后盾。

钢铁行业具有工艺流程长、设备繁多、能耗高等特点，为保证生产过程的可靠性与稳定性，南钢围绕智能化经营、精益制造、质量管理体系和信息化体系，进行 5G 网络升级改造，建设 IT+OT 全流程覆盖的智能化现代工厂。5G 网络规划通过基站+室分建设，实现区域信号全覆盖；通过本地建设的 MEC 数据下沉，构建 5G+园区专网，实现业务数据不出园区，直接流入企业内网。通过搭建“无线信息高速公路”，实现基于 5G 环境的高清视频监控、机器视觉监测、远程控制、标识解析等技术升级。

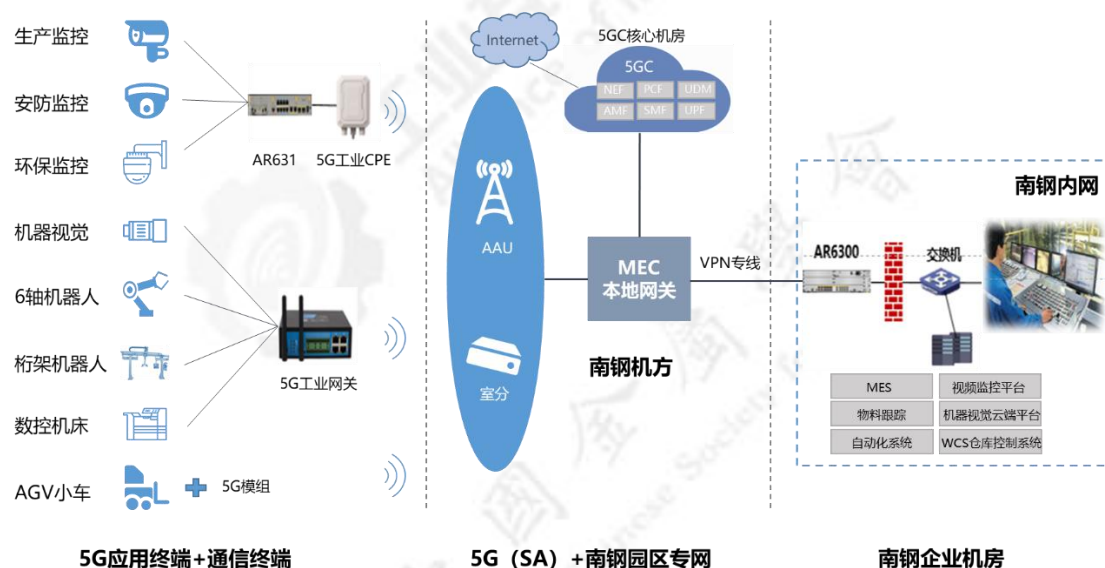
2.行业挑战

钢铁工业是大型复杂流程工业，处于制造业链条的中间环节，具有大量的数据、丰富的场景和广泛的链接。工厂存在较多危险场景和恶劣环境，技改时部署有线网络较为困难，且部署成本高；钢结构、高粉尘环境导致无线信号衰减严重，强电磁干扰场景多，网络覆盖难度高；Wi-Fi 网络抗干扰和移动性差，3G、4G 网络带宽不足和时延长，难以满足工业生产的应用需求。这些痛点都成为制约企业实现自动化的瓶颈。

3.解决方案

5G+远程控制包含云化工业机器人、数控机床控制、多基地集中控制等多种场景。通过 5G 网络实现工业机器人的云端管理与控制，突破线缆的限制，实现机器人云化；南钢 C2M 智能工厂，根据客户的个性化需求，对钢板进行切割、曲面、打孔等定制化处理，利用 5G 网络对产线中的数控机床的生产信息与控制信号的传输实时传输，实现现场的无人化、少人化作业；通过 5G 技术将异地多基地生产经营数据实时传递与交互，支撑南钢多基地远程化集中控制与生产。

项目应用后，工序间物料平均流转时间从原来的 10 分钟缩短到约 7 分钟；产品交付周期由原来的 45 天缩短到 15 天。南钢也凭借丰富的改造方案库、应用场景库和局部改造案例为支撑，在钢铁行业形成 5G+工业互联网建设标杆示范。



附图 2-5 南钢 5G 网络建设示意图

（五）智慧物流和供应链管理——酒泉钢铁（集团）

1.案例综述

酒钢集团改变传统的物流/物料管理模式，以物流为主线对冶金物料的采购、运输、质量、成本进行全方位的分析、优化和管控。

针对全企业物料管理的工艺特点，融合先进可靠的自动化控制、信息化、互联网、物联网、优化算法等技术，建立客商网络协同平台，实现采购物流、厂内物流与客户物流的高效协同、全程跟踪和低成本运营。通过科学规范的计划、组织、指挥、协调、控制和监督，实现流程链上各业务环节信息共享、相互验证与实时监控，提升物流效率、降低物流成本，实现物流/物料管理的总体优化。

2.行业挑战

钢铁产业物流相对密集，以钢铁制造为中心，上游聚焦铁矿石、煤炭、机电等各类工业产品和服务供应商，下游涉及钢材贸易、研发、加工、仓储、金融等配套产业。从原料到生产单元到仓储物流到客户，各环节对接效率不高、计划严密性不足、路线不流畅将对导致生产效率降低、生产成本较高。亟需建立高效、畅通的现代钢铁企业物流/物料管理系统，推动全厂物流作业端到端的数字化、智能化管控，促进实现供应链全程可视化追踪、库存管理优化、物流任务计划与路线优化等。

3.解决方案

智慧物流和供应链管理主要包括全厂货运物流作业的一体化智能化管控平台、供应链网络协同平台、车辆跟踪及车辆到达预报、物

（六）多基地一体化管理——中国宝武钢铁集团

1.案例综述

湛江钢铁是宝钢历史上第一次远离上海本部，大规模投入建设的千万吨级生产基地。

为实现宝钢集中一贯的管理模式，需要在宝武集团一体化经营管控系统的覆盖下，结合湛江钢铁基地自身的经验与特点建设信息化系统。

2.行业挑战

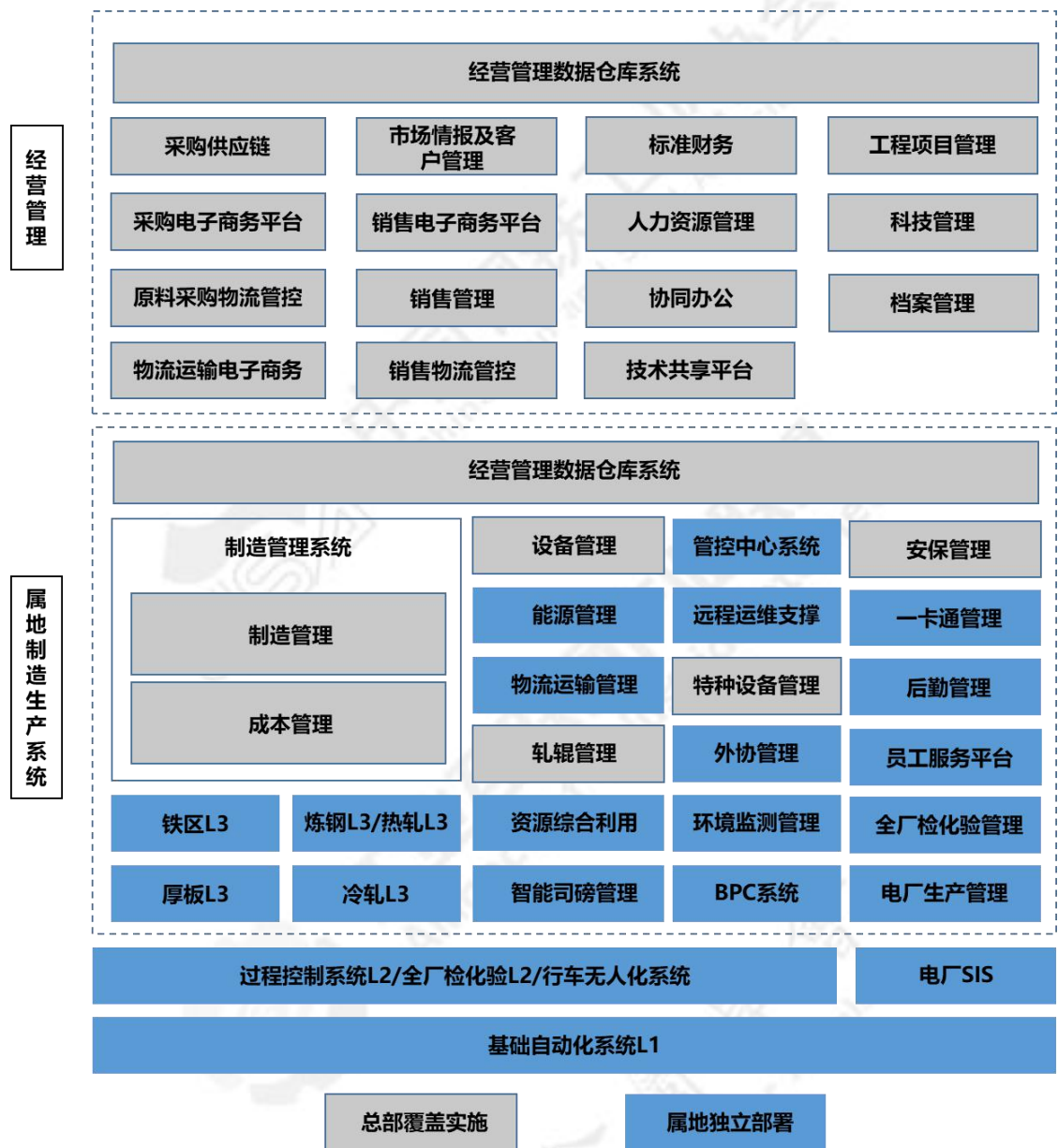
在钢铁行业产能过剩，钢企兼并重组的背景下，大型企业多存在一总部多基地的经营情况。随着企业版图的扩大，管控幅度与管控难度也进一步提高，各生产基地间由于信息系统无法打通导致集团内部资源调度配置不合理，企业运行效率难以提升，无法完全发挥企业重组带来的规模效应。

3.解决方案

湛江钢铁的信息化系统规划、设计与建设充分吸收借鉴了宝钢信息系统建设的经验，其总体架构与宝山基地相近，其中基础自动化层和过程控制层随生产单元配置，在属地独立部署。经营管理层以宝钢股份系统为基础进行延伸，不另建系统，通过“集控+属地”的分布式信息化系统建设，实现宝钢股份对湛江钢铁项目实施前面管控的要求。

通过“集控+属地”的分布式信息化系统的建设，实现了基地与总部间供应、制造、销售等多层面的协同与整合，构建起网络化协同

制造体系。



附图 2-7 湛江钢铁信息化系统示意图

附件三 钢铁行业大数据分类

数据是工业互联网发挥作用的关键要素，钢铁行业中工业互联网运用的数据来源于“研产供销服”各环节，“人机料法环”各要素以及现有自动化信息化系统，因此面向钢铁行业与工业互联网融合创新发展，需对钢铁行业大数据类型、来源和接入方式进行说明。

附表 3-1 钢铁行业大数据分类

业务环节	数据类型		数据源	接入方式
研发环节	研发类	专利、论文、软著、物料配方、以及对制造原理、工艺流程、工艺设备、工艺质量改进及技术标准的相关成果文件数据	企业管理系统	IT 系统接口
	设计类	工程图、三维模型、设计文档数据	PDM 系统、协同工程、设计软件	IT 系统接口
	测试类	工艺设备、工艺软件测试数据	企业管理系统	IT 系统接口
生产环节	采购供应	主要包括采购计划、合同管理、采购进度控制、招投标管理、供应商管理、采购资金管理、价格管理、到货验收、原料检验等数据及文件。以及采购过程中相关人员的各种经验、教训、最佳实践解决方法、采购技巧等文	ERP 系统、独立的采购系统	IT 系统接口

		件。		
	生产制造	(1)计划与排产类数据: 主要包括原料库存信息、生产计划、原料辅料供应等数据及管理数据、相应的流程文件, 包含生产制造过程中各种经验、教训、最佳实践、解决方法、应用技巧、使用心得等文件。 (2)生产过程类数据: 主要包括生产操作参数、作业规范、工况分析报告等数据和信息, 以及生产过程监控、质量控制生产工艺控制要点、能源管理、车间管理等数据及文件。 (3)配方管理类数据: 主要包括不同产品的配方数据及配方管理流程文件以及还包含生产过程中物料配方。	MES 系统、优化配料软件系统	IT 系统接口
	设备管理	(1)主体设备数据: 包括设备运行状态数据(温度、压力、流量、振动、电流、电压等)、设备台账、维修管理、设备使用计划、设备作业率记录数据, 以及相关设备管理过程中各种经验、教训、最	PLC、设备管理系统(EMS)	工业网络接口(OPC 协议)

		佳实践、解决方法、应用技巧、使用心得等文件。 (2) 监测类设备数据: 计量设备的监测数据、监测类设备的计量标准、仪器仪表校准、台账、维保等相关文件。		
	能源管理	主要指企业用能: 风、水、电、气等数据	能源管理系统	IT 系统接口, 工业网络接口 (OPC 协议)
	安环管理	(1) 安全类: 能源动力火灾报警、全厂各类煤气、可燃气、天然气、氧气、苯气等有毒有害气体危险源监测报警类数据。 (2) 环保类: 污水、氮氧化物、二氧化硫、烟尘等数据	能源管理系统、PLC	IT 系统接口, 工业网络接口 (OPC 协议)
运维环节	储运管理	(1) 物流计划管理类: 主要包括生产物流计划、原料产品的库存管理计划、供应物流计划、销售物流计算、厂区物料回收及废弃物流计划数据。 (2) 物流组织管理类: 主要包括储运货物管理、设施管理及技术管理等数据, 以及相关物流组织管理活动中相关人员的	运输管理系统 (TMS)	IT 系统接口

		各种经验、教训、最佳实践解决方法、营销技巧等文件。 (3) 物流运行监控类： 主要包括物流运输管理、包装管理、货物交付管理及物流质量管理的相关文件及数据。		
	售后管理	主要包括销售计划、产品订单管理、客户信息、产品质量反馈等管理数据及管理文件	ERP 系统	IT 系统接口
管理环节	供应链管理	系统设备资产信息数据、客户与产品信息、产品供应链数据、业务统计数据等	ERP 系统	IT 系统接口
	人力管理	人力资源规划类数据、招聘与配置类数据、培训与开发类数据、绩效管理类数据、薪酬福利管理数据、劳动关系管理梳理	企业人力资源数据库、OA 系统、财务系统以及部分的行业数据库。	IT 系统接口
	财务管理	原现金、银行，其他货币资金数据、成本、费用、收入数据、固定资产、折旧、无形资产、长期待摊等数据	财务系统	IT 系统接口
外部连接		(1) 国家、行业、企业相关标准及规范类：要遵	相关网站、企业	IT 系统接口

环节		循的标准和约束条件。相关规范知识指所需要的规范、条例、标准。如相关国家标准、行业标准、企业标准、规范作业等文件类数据。 （2）经济运行管理类：主要包括生产指标的统计分析、对标，企业绩效考核评估及现场管理流程及相关数据。 （3）企业安全保卫类：主要包括厂区生产安全教育、应急预案、安全生产规章、治安保卫制度、安全设施管理等文件。	内部管理系统	
----	--	--	--------	--

附件四 专业术语解释

[1] **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。

[2] **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。

[3] **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。

[4] **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。

[5] **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。

[6] **PCS**: 以保证生产过程的参量为被控制量使之接近给定值或保持在给定范围内的自动控制系统。

[7] **EVI**: 是指用户早期介入产品生产的流程之中, 以确保产品更符合用户的个性化需求。

[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] **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。

[13] **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。

[14] **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。

[15] **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。

[16] **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。

[17] **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。

[18] **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。

[19] **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。

[20] **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。

[21] **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。

[22] **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。

[23] **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。

[24] **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。

[25] **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。

[26] **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。

[27] **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。

[28] **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。

[29] **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。

[30] **5GC SA:** 独立组网的 5G 核心网，支持控制与转发分离、网络功能模块化设计、接口服务化和 IT 化、增强的能力开发等新特性，满足 5G 网络灵活、高效、开发的发展趋势。

[31] **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。

[32] **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。

[33] **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。

[34] **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。

[35] **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。

[36] **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

已实际需求，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。

[37] **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。

[38] **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。

[39] **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。

[40] **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。

[41] **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。

[42] **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。



工业互联网产业联盟

地 址：北京市海淀区花园北路52号
联系电话：010-62305887
官方网站：www.aii-alliance.org



中国钢铁工业协会

地 址：北京市东四西大街46号
联系电话：010-65133322-1319
官方网站：www.chinaisa.org.cn



中国金属学会

地 址：北京市海淀区气象路9号院8号楼9层
联系电话：010-65126576
官方网站：www.csm.org.cn