



钢铁行业5G工厂建设 实施指南

牵头编写单位：中国信息通信研究院
中国联合网络通信集团有限公司

工业互联网产业联盟（AII）

2023年12月



钢铁行业 5G 工厂建设实施指南



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

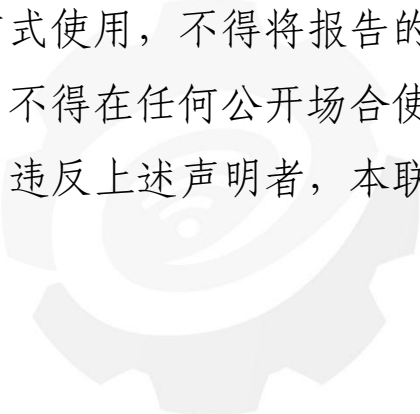
工业互联网产业联盟（AII）

2023 年 12 月

声 明

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

如需转载，需联系本联盟并获得授权许可。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
Alliance of Industrial Internet

工业互联网产业联盟
联系电话：010-62305887
邮箱：aia@caict.ac.cn

前言

汽车制造业产业经济规模大、带动行业范围广，是国家制造业和科技整体水平的象征。5G、工业互联网、人工智能、新能源材料等技术的繁荣发展，不断推动汽车产业向智能化、网联化发展，促使从生产到服务环节的全链条变革，为汽车产业带来新的发展机遇。

当前，汽车制造正面临产品定制化、生产精细化的转型压力，亟需新一代 ICT 技术与传统汽车工业的融合创新，满足企业高效生产、智能运维、数据互通、质量提升等方面的现实诉求。“5G+工业互联网”在汽车企业的研发、生产、管理等环节快速应用，深度赋能汽车生产中机器人控制、车体检测、电池仓储、能耗管理等场景，助力车企高质量发展。

本白皮书通过对汽车制造业冲压、焊装、涂装和总装等工艺的生产要素和业务需求进行深入分析，从基础设施建设、厂区现场升级、关键场景应用、网络安全维护等角度系统性提出面向汽车制造业的 5G 工厂建设实施总体实施架构，为汽车制造企业各生产流程运用“5G+工业互联网”实现“智改数转网联”提供了具体指导和典型参考。

编写组成员（排名不分先后）：

胡钟颢、沈彬、黄颖、于青民、管子健、王哲、朱瑾瑜、陈洁、王涵、段世惠、周晓龙、赵志成、贾傲、叶晓煜、吕文琪、路玮、符丽姹、梁寅杰、孙逸如、王新宇、邸青玥、李维汉、荆雷、范济安、符鑫峰、王法、孙禄鹏、汪洋、杨海荣、陈巍崑、黄威、张红军、孟劲松、刘磊刚、赵伟、李哲、马勇、刘嘉、李阳、钱祺、王建国、单岢、郭龙鑫、牛现利、郝亮、冯兴、申浩、常莘东、訾立强、宋彩群、上官方钦、王健全、李卫、马彰超、麻清泉、初占东、李铮

牵头编写单位：

中国信息通信研究院

中国联合网络通信集团有限公司

参与编写单位：

中国联合网络通信有限公司

中国钢铁工业协会

华为技术有限公司

上海宝信软件股份有限公司

鞍钢股份有限公司

联通雄安产业互联网有限公司（中国联通钢铁军团）

中兴通讯股份有限公司

吉林鑫达钢铁有限公司

河北普阳钢铁有限公司

河钢数字技术股份有限公司

烽台科技(北京)有限公司

中国钢铁工业协会

钢铁研究总院

北京科技大学

上海钢软信息技术工程股份有限公司

罗克韦尔自动化(中国)有限公司



工业互联网产业联盟公众号



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

一、行业 5G 全连接工厂建设的必要性

（一）钢铁行业发展现状

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。

我国钢铁行业经过多年发展，已经成为全球最大的钢铁生产国和消费国。自 1996 年粗钢产量超过日本跃居世界第一以来，我国登顶世界第一产钢大国已持续 27 年。国家统计局数据显示，2020 年以来连续 3 年我国粗钢产量突破 10 亿吨；2022 年我国粗钢产量 10.18 亿吨，占全球 54%；2023 年上半年，全国粗钢产量为 53564 万吨，同比增长 1.3%。目前在世界钢铁工业中我国钢铁工业的产业链最完备、产业规模最大、产品品种系列最丰富。

步入新发展阶段，我国钢铁行业迎来发展新趋势。2022 年 2 月，工业和信息化部、国家发展和改革委员会、生态环境部联合印发《关于促进钢铁工业高质量发展的指导意见》，提出到 2025 年钢铁工业基本形成布局结构合理、资源供应稳定、技术装备先进、质量品牌突出、智能化水平高、全球竞争力强、绿色低碳可持续的高质量发展格局。其中，关键工序数控化率达到 80%左右，生产设备数字化率达到 55%，打造 30 家以上智能工厂。此外我国钢铁工业正处于减量、加速重组、强化环保三期叠加的发展阶段，市场竞争将愈发激烈。在政策扶持、市场需要“双轮驱动”下，5G 全连接工厂建设有助于钢铁行业数字化转型发展进一步加快。2023 年 11 月 300 个 5G 工厂项目进入了

工业和信息化部拟核定的《2023 年 5G 工厂名录》，其中晋南钢铁 5G 工厂绿色双碳项目等 20 个钢铁行业 5G 工厂项目入选。

中国钢铁工业协会最新数据显示，89.4% 的钢铁企业已将智能制造的发展战略融入企业的总体发展进程中，并持续投入大量资金实施数智化改造升级项目，其中，72.3% 的钢铁企业将工业互联网平台应用于智能化生产过程管控，48.9% 的钢铁企业建设了智能工厂，智能制造及两化融合发展进程不断深入。另一方面，钢铁行业仍普遍存在共性痛点问题。

（二）钢铁行业痛点

产能过剩，产业集中度低。近年来，下游行业钢铁需求总体呈现下降趋势，钢铁行业供大于求是长期矛盾。此外，我国钢铁企业数量多、经营分散，导致无序竞争、多头对外，在国际市场上缺乏话语权，产业集中度有待提升。

生产全流程各工序呈现黑箱状态，实时信息极度缺乏。钢铁生产流程中存在大量信息死角，管理者无法对生产信息进行有效、及时的管控。且各单元为孤岛式控制，尚未做到单元间界面无缝、精准衔接，数据无法有效交换与共享，形成数据孤岛。

生产环境存在安全隐患，员工劳动强度大。目前大部分巡检以及生产现场日常工作对于人力依赖度较高，同时由于环境恶劣，存在安全隐患，员工安全和健康难以保障，企业安全生产压力大，对于年轻人吸引力不足，导致招工难。

行业信息化发展不均衡，智能制造整体处于起步阶段。钢企间信息化发展差异大，头部企业已从工业 3.0 向 4.0 探索迈进，但大批钢企仍处于工业 2.0 甚至 1.0 阶段，信息化程度差，改造成本高昂。智能制造标准、软件、信息安全基础薄弱，核心工艺数字化程度不足，行业智能化信息化发展缓慢。

行业碳排放总量高，减碳压力大。当前我国以长流程炼钢工艺为主导，生产原料主要是铁矿石和焦煤等，烧结、焦化、高炉炼铁等流程均会造成严重污染。我国钢铁工业碳排放总量占全国碳排放总量 15% 左右，是 31 个制造业门类中碳排放量最大的行业，钢铁行业面临碳排放总量的约束压力大。

（三）行业建设 5G 全连接工厂的价值体现

5G 全连接工厂是充分利用以 5G 为代表的新一代信息技术，基于工业互联网新型基础设施，新建或改造产线、车间、工厂等生产现场，形成生产单元广泛连接、IT/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。

5G 全连接工厂建设将为钢铁企业实现网络互通、资源共享、IT/OT 深度融合等方面做好技术以及能力支撑，满足企业生产的无线化、柔性化、协同化等生产需求。提升企业生产工艺，降低生产能耗，保障企业安全生产，助力实现工厂的碳达峰、碳中和。5G 全连接工厂建设和发展将为钢铁行业数字化转型提供关键支撑。

1. 提质增效

钢铁企业的生产计划和排程通常需要面对多变的市场需求和生产环境，对灵活性和实时性要求较高，5G 网络可以实现生产现场的实时数据采集和传输，为实现生产计划与排程的灵活变化提供更加准确和及时的数据支持。此外，5G 全连接工厂可以将生产过程中的数据实时传输到云端进行分析和处理，通过人工智能等技术对生产过程进行精细化控制，从而提高生产效率和产品质量。

2. 协同发展

5G 网络高速率、低时延、大连接的特性解决了数据传输问题，以其扁平化的网络架构，拉通了钢厂自动化、信息化的网络层级，将各工序和各系统形成矩阵式网格联通，实现各系统、各工序和各类人员随时随地的数据交互，打破数据信息孤岛。同时实现钢铁企业的供应链数字化管理，包括原材料采购、库存管理、物流运输等环节之间的信息共享和协同，提高供应链管理的效率和透明度。

3. 安全管理

一方面通过引进 5G 切片、5G MEC 等先进的网络安全隔离技术，从根本上提高工厂的网络安全性；另一方面通过 5G 技术实现对生产现场的远程操作、全方位监控与高精度识别，将工人从恶劣的工作环境中解放出来，保障员工人身安全，同时实现设备远程监控和诊断，助力安全管理模式由事后应急处置向事前分析预警转变，提高工厂生产安全性。

4. 节能降碳

钢铁企业可利用 5G 大连接特性采集各生产环节的能源消耗和污染物排放数据，找出问题严重的环节，并进行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。此外，5G 全连接工厂能够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，助力钢铁行业实现“双碳目标”。

5. 应用以及模式创新

5G 技术给工厂提供了一种低延时、高带宽、大连接的数据交换手段，已经突破了以往有线和无线的技术瓶颈，通过工厂业务和 5G、工业互联网、人工智能等技术的结合，催生新的智能应用和创新的商业模式成为一种可能性。

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

二、行业 5G 全连接工厂业务环节及建设需求

钢铁行业是指以铁、铬、锰等黑色金属矿物的开采、冶炼、加工为主的行业，覆盖矿物采选业、铁合金冶炼、钢加工业等细分行业。钢铁行业生产制造工序繁多、工艺流程复杂，作为典型的离散行业，各加工环节之间的仓储运输也面临生产任务艰巨、生产环境恶劣等问题。在生产现场，装备有大量移动设备，分布在广阔的厂区内，现场视频监控信号及控制信号的传输量巨大。

钢铁的基本生产工艺流程简单分为炼铁、炼钢、铸钢、轧钢等，各生产流程又包含多个环节，通过 5G、人工智能、数字孪生、工业机器视觉、大模型等技术，对钢铁生产的各环节进行赋能，提升钢铁行业智能化生产水平；钢铁业务管理围绕工序协同、能源管理、设备管理、安全管理、环保管理等方面展开，通过 5G 典型应用场景赋能，提升钢铁智能化管理能力。

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



注： 为5G典型应用场景

图 1 钢铁行业生产总体视图

(一) 生产环节需求

1. 炼铁

炼铁包含原料、烧结、球团、炼铁以及铁水运输等具体环节，传统料场管理自动化水平低，通过料场智能 5G 视频监控、堆取料机远程操控、料场三维图像测控、料场智能调度等，提升料场管理水平；烧结工艺依赖人工经验，通过应用高清红外热成像装置等传感设备以及机器视觉、大模型等先进技术，实现烧结过程智能监测与诊断、烧结过程智能闭环控制、优化配矿、智能计划排产等；基于 5G+机器视

觉、行业机理模型，实现球团过程智能监测与诊断、智能配料、造球智能控制，提高生球合格率；高炉“黑箱”原理复杂，且生产环境恶劣，亟需机器代替人实现无人化生产，包括远程一键炉前控制、高炉运行工况智能监测与诊断、高炉智能闭环控制、智能无人抓渣、配料闭环控制等；铁水运输是铁钢界面的生命纽带，建设智慧铁水运输系统，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，实现无人化铁水运输。

2. 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，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，实现炼钢工况智能监测分析、无人化生产、炼钢工序过程智能化控制、“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，因此 5G 应用主要围绕废钢进厂自动定级、电炉冶炼智能化控制，废钢定级机器换人，提高废钢定级效率和电炉冶炼智能化水平。

3. 连铸/铸钢

连铸工序涉及钢铁包调度、浇钢工艺控制等多个环节，通过开发部署成熟的工艺数学模型、专家系统、基于判定规则及大数据分析，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，实现智能钢铁包调度、无人化浇钢、板坯在线质量预测等。

4. 轧钢（热轧+冷轧）

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，通过AI机器视觉等先进技术结合工业模型，部署高温焊接机器人、喷标机器人等智能装备，实现热轧产线智能监测与分析、热轧产线智能化控制，机器代替人无人化生产、热轧动态计划排程等；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，可实现冷轧产线智能监测与分析、冷轧产线智能化控制、冷轧机组智能排产以及部署捞渣机器人、喷标机器人及拆捆机器人等智能装备实现无人化生产等。

（二）管理环节需求

1. 工序协同

钢铁生产工序流程长，各工序生产过程差异较大，亟需构建工序协同应用场景，包括工序内部协同和跨工序协同。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；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、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。

2. 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，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；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；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；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；基于用能情况、生产实际、能源价格等建立优化调度模型，实现全局能源动态平衡与优化调度。

3. 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。通过部署 5G 智能传感设备或设备改造内置智能模组、芯片，以 5G 大连接实现生产设备运行数据实时采集，结合人工诊断专家规则库，对设备健康状态全方位监测，并开展性能分析和故障预警，提高设备运行效率；综合运用机器学习、设备机理等建立设备健康模型和预测模型，对设备当前运行数据进行深度分析，实现设备预测性维护，提高设备综合利用率。

4. 质量管理

钢铁生产工序较长，质量管控难度大，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；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；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。

5. 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，通过固化流程提升安全管理工作标准化水平；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，实现对生产现场安全状况的全方位感知；结合危险状态分析结果，通过平台实现应急预案推荐。

6. 环保管理

绿色环保是钢铁行业发展的核心主题之一，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；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；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。

三、钢铁行业 5G 全连接工厂建设内容

钢铁行业 5G 全连接工厂通过在钢铁企业内部建设 5G 网络和工厂原有网络互通融合，使 5G 连接充分渗入到钢铁工厂的各个角落。在行业业务层面 5G 连接钢铁企业生产制造、企业运营等环节；在系统层面连接工厂全域生产环节、管理系统，结合工业互联网、大数据、人工智能等技术优化生产制造模式，提升企业的运营效率，并形成以数字化、网络化、智能化为特征的整体解决方案。

（一）建设路径及总体架构

1. 钢铁企业 5G 全连接工厂建设路径

钢铁企业作为 5G 全连接工厂的建设需求方，其建设 5G 全连接工厂目的在于通过提升企业管理以及生产效率，降低人工使用率，降低生产以及管理成本，加强安全生产等手段提升企业的综合竞争力。其建设需求最初以解决点状的生产管理痛点为目的，加以参考行业只会应用的标杆项目引导，继而打造覆盖面较广的 5G 应用场景，最终形成整体的 5G 全连接工厂需求。



图 2：5G 全连接工厂需求形成图

（1）顶层规划

钢铁企业 5G 全连接工厂建设是一个系统工程，需要结合行业建设 5G 全连接工厂经验以及钢铁企业生产实际情况，联合钢铁行业产业以及数字化转型行业各个环节单位开展个性化顶层设计。5G 全连接工厂顶层设计作为工厂建设的指导框架一般包含基础设施建设规划，现场升级规划，应用建设规划以及安全防护规划等部分。具备钢铁企业 5G 全连接工厂顶层设计能力的单位一般包含电信运营商、钢铁行业数字化转型解决方案提供商等。5G 技术网络规划以及建设能力和强大的系统集成能力，使电信运营商在开展钢铁行业 5G 全连接工厂顶层设计方面具备天然的优势。



图 3：5G 全连接工厂建设内容以及路径

（2）建设内容以及建设路径

在基础设施建设方面，主要包含 5G 网络建设、边缘节点建设以及业务系统建设等内容。5G 网络建设需结合企业生产的生产布局开展 5G 网络规划，主要包含专网选型，室外以及室内覆盖，网络互联互通等规划、网络建设、网络互通以及网络测评等；边缘节点需根据关键

环节应用规划进行建设，包含边缘节点部署的位置以及类型，并建设边缘节点所承载的网络以及应用功能；业务系统建设主要包含ICT资源建设，网络服务与管理系统建设，工业互联网平台能力等。5G网络是 5G全连接工厂建设基础，在 5G全连接工厂基础设施中占主导地位，电信运营商一般为主导参与方。

在厂区现场升级方面，主要针对现有工厂的软硬件进行升级，包含了设备网络化改造，IT-OT应用的融合部署以及生产服务智能化升级。设备网络化改造主要针对存量设备进行网络化改造，通过加装通信模组、传感器等手段，以打通数据采集以及远程控制为目的，主要参与方为设备提供商，物联网方案提供商以及电信运营商等。

IT-OT应用的融合部署主要通过对钢铁生产现场OT侧的应用软件和系统功能的云化部署，研发面向钢铁生产，运营和管理的各类移动端程序，建立起扁平化、灵活化的云边端协同，促进钢铁 5G全连接工厂内云网融合，实现网络资源、计算资源、平台资源等横向打通，提升工厂生产运营管理效率。

生产服务智能化升级是通过 5G 承载信息系统和生产系统的互通，实现设备健康管理、工艺参数调优、能耗与排放管理、产品溯源售后服务，为企业精准决策提供依据。

IT-OT应用的融合部署以及生产服务智能化升级主要面向生产制造以及管理运营环节的智能化改造，主要由行业数字化解决方案提供商与钢铁企业等共同进行部署以及升级。

在关键环节应用建设方面主要包含了以 5G 网络为基础的面向企业生产管理各个环节的智能化应用，主要实施单位包含了电信运营商，行业数字化转型方案提供商等。

在安全防护方面主要包含了网络安全防护、设备安全防护以及应用防护等多方面，钢铁企业应以国家相关网络安全防护标准为指引，结合行业特点，从 5G 全连接工厂建设的各个方面综合考虑提升安全策略，搭建体系化防御，协同提高网络安全防护能力。在钢铁行业 5G 全连接工厂安全防护能力主要由烽火科技等相关专业安全厂商提供。

2. 钢铁企业 5G 全连接工厂建设架构

钢铁行业 5G 全连接工厂的实施架构总体分为产线层、车间层、工厂层三个层级，具体实施包括基础设施建设，厂区设施升级，关键环节应用以及网络安全方等四大方面的能力建设。本章第一部分的每个方面的建设内容基本都涉及到产线、车间以及工厂三个层级，本指南的 5G 全连接工厂的建设内容主要从四大能力建设内容进行介绍。

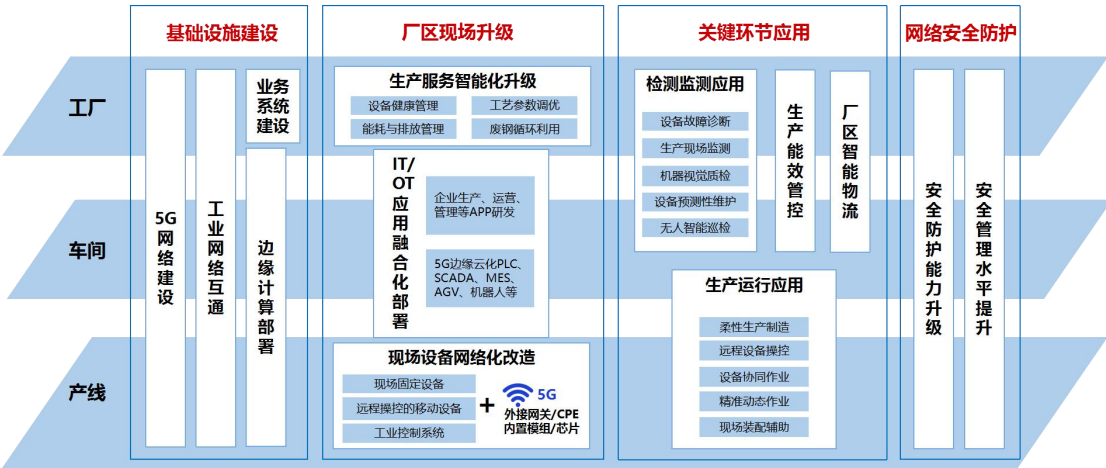


图 4: 5G 全连接工厂建设架构

基础设施建设主要是指钢铁行业 5G 全链接工厂的网络基础设施、网络管理服务系统、工业网络互通、边缘计算部署、业务系统建设等。

厂区现场升级主要包含现场装备网络化改造、IT-OT 应用融合化部署、生产服务智能化升级等。

关键环节应用主要包含研发设计应用、生产运行应用、检测监测应用、仓储物流应用、运营管理应用等。

网络安全防护主要包含安全防护能力升级、安全管理水平提升等。

(二) 基础设施建设

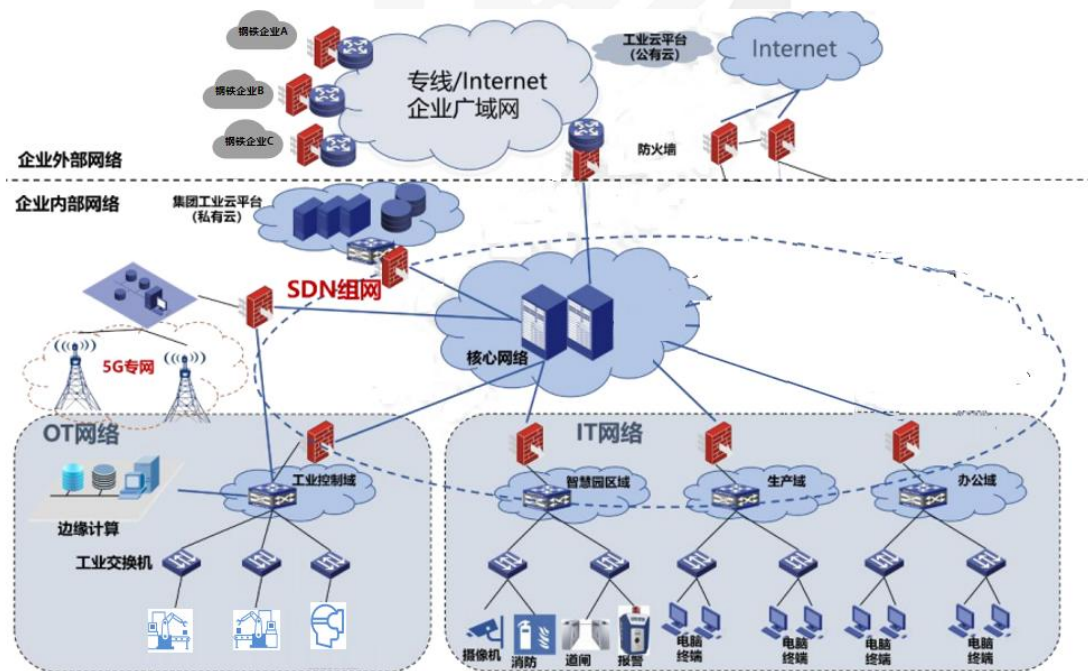


图 5 钢铁 5G 工厂网络架构

5G 使能钢铁企业现场中各类传感器及 PLC 通过终端或直接接入网络。关于 5G 连接的场景，一方面，对于未连接的人工操作或管理的设备，通过 5G 接入以实现智能管控。另一方面，对于已有的有线、

WI-FI 等连接，通过替换成 5G 连接，提供更好的移动性和降低运维成本。同时，5G 能提供可靠、稳定、安全、实时和泛在联接，并具备易运维的能力。

1. 5G 网络建设

钢铁行业是典型的流程制造业，生产的稳定性和安全性要求较高，因此整体网络建设需考虑较高的安全和可靠性要求。5G 网络根据不同厂区规模、用户业务质量要求、安全管控等特点，选择不同组网方式。

（1）面向企业园区的局域内网

钢铁生产所需的各类生产装备、仪器仪表、自动化控制设备层通过 5G、现场总线、工业以太网、无源光网络、工业无线网、工业 PON 网络、时间敏感网络（TSN）、软件定义网络（SDN）、5G LAN 等新型网络技术连接工厂的传感器、控制器、生产设备等，获取工业生产全生命周期内不同维度的数据，包括设备、原材料、人员、工艺流程和环境等工业资源状态，推动企业办公、生产管理、监控预警、工业控制、物联等网络互通，加快 IT-OT 网络融合。

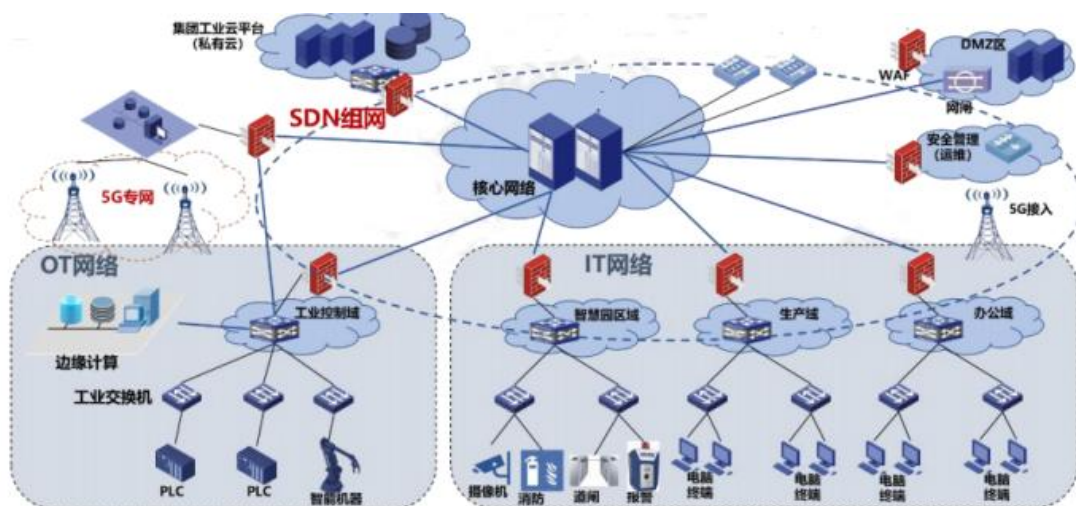


图 6 钢铁企业内网网络架构

钢铁企业内网主要面向炼铁、炼钢、连铸，轧钢四大工序，企业内网通过 5G、工业以太网、边缘计算、IPv6 等技术，用于连接工厂内的各种要素，包括人员、机器、材料、环境等。在企业内网通过 5G 网络可以协助远程控制取料机的位置、取料速度、方位，对行车周围环境视频数据的实时传输，可提供行车实时状态/位置显示、运行环境的实时监测；获取天车、台车位置的实时传输，入炉废钢、入炉铁水、出炉钢水重量的自动采集，废钢槽号自动识别，铁水包、钢水包位置实时跟踪，钢水温度实时监测等各工序场景应用。

在企业内自建一张物理专用 5G 独立网络，包括接入网、承载网、核心网等 5G 网络端到端基础设施，与公网隔离，只承载企业业务的专用网络。该网络部署方式可以保障数据不出企业、企业对网络有更多的自主管理能力等，但建设成本高、频谱利用率低、产业链成熟度低，建议仅对安全隔离性、网络性能有极高需求的特殊条件用户探索适用。作为高可靠和高安全的 5G 网络解决方案，适用于核心生产领

域的物流和控制，例如智慧无人铁水运输、智慧钢水运输、热轧/冷轧/炼钢厂无人天车远控、无人堆取料机、炼焦厂四大车、操作集控等生产环节。

在企业内也可建立混合专网，是将原有在运营商 5G 核心网侧的用户面功能（UPF）下沉至企业内，供企业专用。该网络部署方式因建设成本适中，可满足用户名报文数据不出企业的要求，是当前较为广泛采用的 5G 网络部署方式。在钢铁企业，针对一些对于网络可靠性和安全性有较高要求的业务，可采用部分 5GC 核心网功能下沉园区，保障核心数据不出园区，且企业核心业务在大网脱管状态下的业务可管可控。作为较可靠和安全的 5G 网络解决方案，适用于广泛生产领域和企业园区的数据、图像采集、物流和一般生产控制，例如带钢表面检测、磨辊车间车床 AI、质量检测、AGV 控制、能环数据采集等生产环节。

（2）面向总部基地的广域外网

大型钢铁集团往往都是一总部多基地的模式，通过企业外网，与企业总部、上下游协作企业、工业云数据中心、智能产品与用户等主体之间互联互通。在企业外网可以通过 4G/5G、MPLS VPN 等网络技术，满足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。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，搭建总部多基地的 5G 广域虚拟专网，可以不限定地理区域，实现跨区域之间的互联、工业网络与混合云互联，应用于高质

量、高可靠性要求的多媒体业务，大量设备监控、远程监测并上报环境参数和控制机械数据等应用场景。

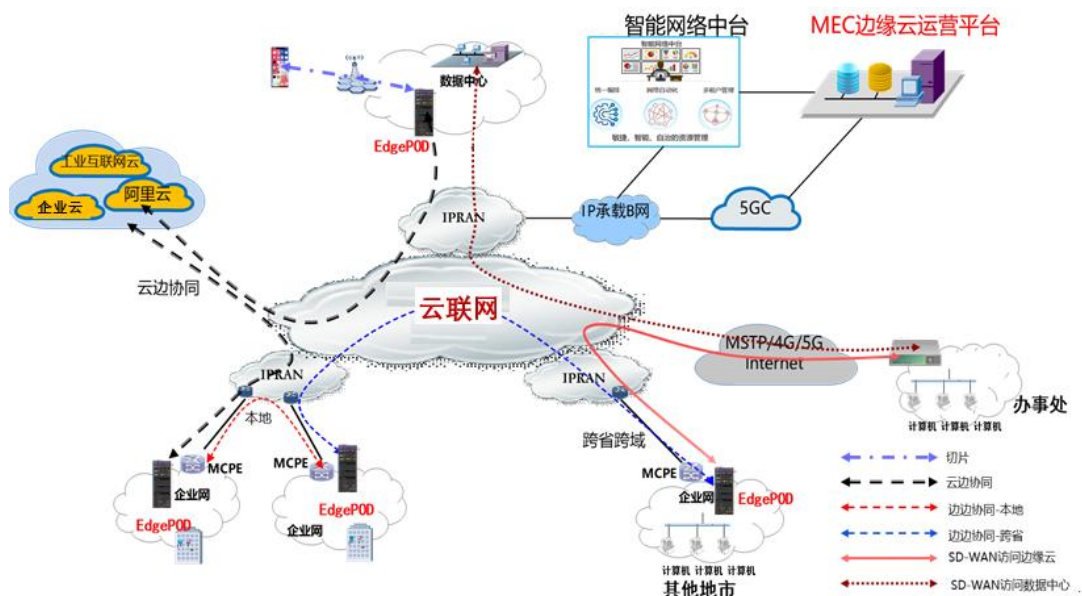


图 7 钢铁企业外网网络架构

2. 边缘计算部署

大型钢铁企业在生产现场按需部署边缘计算节点，与企业级工业互联网平台互联，满足工业实时控制、就近服务、按需调度、数据安全等需求，推进 5G 网络与边缘计算融合部署，促进云网边端协同。另外，鼓励企业采用云化桌面技术，实现工业控制软件云化部署，同时采用边缘计算盒子，实现产线级强实时性和业务应用集成，推动 IT-OT-CT 融合。

在行业自动化、信息化不断提升的大背景下，大型钢铁企业对数据安全性提出了更为严格的要求，同时，天车远程控制、视频监控、

加渣机器人、AR 远程辅助、自动转钢等钢铁行业典型应用对于边缘计算提出如下需求：

1) 低时延专网保障服务：接入 5G 行业虚拟专网中，结合移动网络切片技术，可为轧钢车间生产作业现场提供端到端低时延安全隔离的专网保障服务。数据的收集和计算都是基于本地网络，不再被传输到云端，重要的敏感信息可以不经外部网络传输，数据不出厂区能够有效避免传输过程中的数据暴露风险。

2) 数据本地分流服务：即设备上采集的业务过程数据和运行状态工作数据，周边生产环境数据等通过无线网络直接传递到本地数据中心平台，实现就近逻辑处理或者工业数据的集中解析、适配、存储和策略制定，并能够在毫秒级时延内反馈给执行系统，实现在工业现场闭环控制等（即保密数据无需流向核心网侧）。

3) 现场高带宽的监控和分析服务：通过将服务器下沉部署在靠近用户终端设备的接入环、汇聚环等企业侧网络边缘，使终端能够在本地直接访问到内容源，从数据传输路径上降低了端到端业务响应时延，即在现场视频监控等提供高带宽服务。

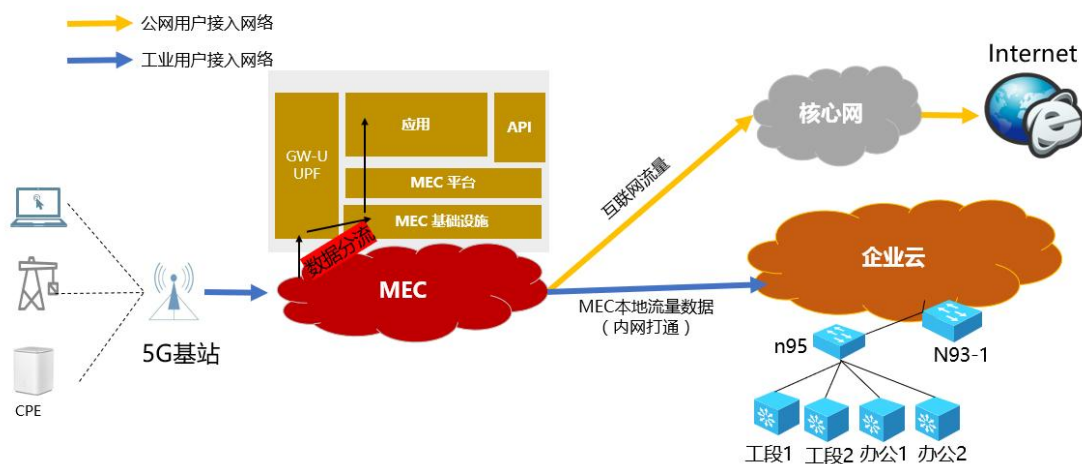


图 8 5G-MEC 网络部署方案

在面向钢铁行业的 5G 专网模式中包括本地业务保障、数据不出场、边缘节点等三类重要网络能力需求，可采用 UPF 作为边缘计算的用户面实现边数据转发处理功能，边缘计算平台系统为边缘应用提供运行环境并实现对边缘应用的管理。在 5G 网络架构中，边缘 UPF 可实现园区内外业务分流，并可作为专网业务锚点 UPF 完成本地流量卸载，厂区内本地分流需要覆盖厂区内所有基站。用户面下沉作为实现 5G 边缘计算的前置条件，为钢铁行业提供了丰富、高效的网络使能，边缘计算（MEC，Multi-access Edge Computing，边缘增强型一体化 UPF，包含 UPF 和计算服务两部分功能，下同）通过在靠近数据源或用户的地方提供计算、存储等基础设施，基于 IT 架构和云计算的能力为边缘应用提供运行在移动网络边缘的、运行特定任务的云服务。

除运营商 MEC 边缘计算外，钢铁企业可选择部署现场级边缘计算节点如边缘控制器、边缘网关、边缘云。

1) 边缘控制器：边缘控制器兼具实时控制能力和边缘计算能力，既能够支撑逻辑控制、过程控制、运动控制等实时任务处理，也能够支持工业机器视觉、深度学习、智能优化等非实时任务处理，可满足 5G 工厂应用中边缘侧的复杂控制任务和 AI 计算任务对计算资源及负载能力的需求，实现智能化控制。

2) 边缘网关：边缘网关一般具备边缘计算、机器视觉、现场数据采集、工业协议解析能力，可适配工业现场复杂恶劣环境，满足控制器、机器人、智能传感器等工业设备的接入和数据解析的需求，支

持边缘端数据运算及通过互联网推送数据到工业互联网平台。边缘网关可将现场各种工业设备、装置采用、应用系统的标准或私有通信协议转化成标准 OPC UA 等通讯协议，使得上位系统及工业互联网平台可采用统一的协议和信息模型与不同设备和系统互相通信，方便系统集成，实现远程监控、故障诊断、配置下载、远程管理等功能。

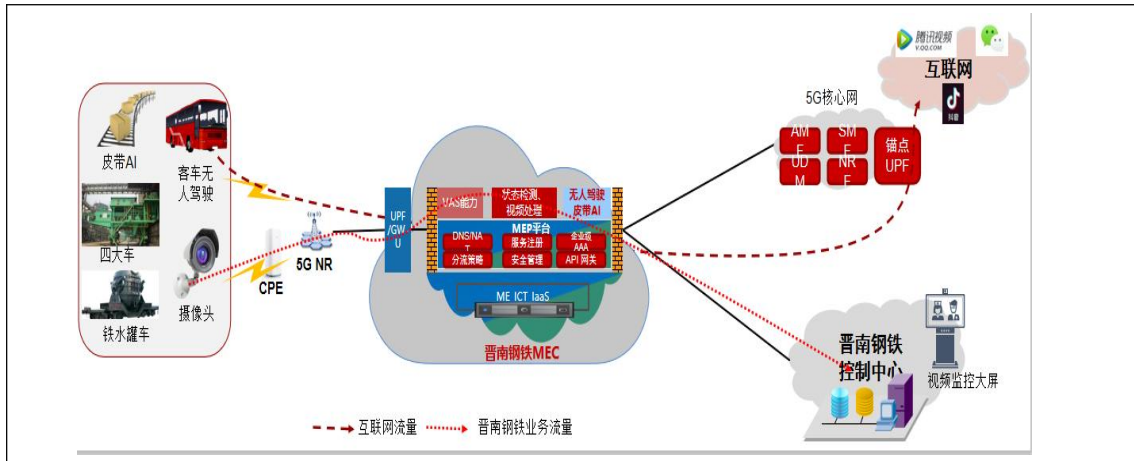
3) 边缘云：边缘云是边缘侧单个或者多个分布式协同的服务器，通过本地部署的应用实现特定功能，提供弹性扩展的网络、计算、存储能力，满足可靠性、实时性、安全性等需求，是实现 IT 技术与 OT 技术深度融合的重要纽带。一方面支持将云端离线训练好的模型在边缘端部署，从而实现边缘端的推理，另一方面，可在边缘端优化上传数据的过滤规则，减少流量成本和云端存储压力。

钢铁企业可根据不同应用场景下各种业务需求，选择边缘计算节点 MEC（边缘 UPF）部署部署方案如下表所示。表：MEC（边缘 UPF）部署方案

	本地业务保障方案	数据不出园区方案	边缘节点方案
需求特点	可提供低时延数据传输保障（业务时延缩短至 20ms-40ms）	特定业务流量在园区内分流至业务系统，保证敏感业务数据不出园区，同时提供数据传输的超低时延保证保障（≤	为行业用户提供边缘计算节点的基础设施，为应用提供网络能力和垂直行业能力，并代理开放大网能力，满足边缘业务和超低时延应用的部

		20ms)	署需求，部署UPF、边缘控制器。
部署位置	靠近用户侧的移动机房(如地市、区县)	下沉至企业厂区	靠近用户侧的移动机房(如地市、区县)或企业厂区部署UPF、边缘控制器或边缘网关
设备选型	边缘UPF或边缘增强一体化型UPF	边缘UPF或边缘增强一体化型UPF	边缘增强一体化型UPF或边缘云
共享模式	独立的专用用户面网元(UPF)或多用户共享用户面网元(UPF)	独立的专用用户面网元(UPF)	独立的专用用户面网元(UPF)或边缘云(含配套)

案例 晋南钢铁：5G+MEC 平台建设
晋南钢铁 5G+MEC 平台部署于园区机房内，实现了 MEPM 对 MEC 平台进行分流策略下发、自助运维管理、自助上传企业应用等操作。MEC 平台和晋南钢铁数据中心云可以基于云边协同应用部署，数据中心云对数据进行存储、分析、建模、AI 算法训练，并把 AI 应用同步推送至全国各地 MEC 节点，MEC 平台根据采集的前端数据进行实时的计算和推理，快速提供结果。



3. 业务系统建设

钢铁企业通过自建或租用网络服务与管理系统，为本地化网络运维和管理提供支撑。钢铁企业按需建设网络服务与管理系统、工业互联网平台、数据存储节点，为数据存储、加工、查询、调用等支撑生产运营管理，实现网络运维可视，精准网规、专业网维，保障业务使用体验。

1) 网络服务与管理系统

网络服务与管理系统为5G全连接工厂提供网络及业务的运维能力。对于产线级、车间级和工厂级，运维能力的侧重点也有所不同。工厂级运维侧重设备状态和设备组网的可视。产线级/车间级运维更侧重业务链路的保障、业务链路的连接关系及状态的可视，以及出现问题后可以快速定界、处置。产线级/车间级/工厂级的运维都应具备能力开放，能和企业各级业务系统做到数据和能力互通。

以云计算、大数据、人工智能、边缘计算等新型ICT技术为基础，建设湘钢云能中心，构建同构混合云边架构，主要包含IaaS层平台，

提供云主机、云存储等基础云资源、安全云服务。PaaS层平台，提供MRS融合大数据、ROMA联接使能、物联网平台等服务。SaaS层平台支撑废钢定级、转钢自动化、设备预测性维护等智慧化应用等快速上线，实现各子系统间数据互通、数据综合分析、价值数据提取、数据产生价值。

2) 工业互联网平台

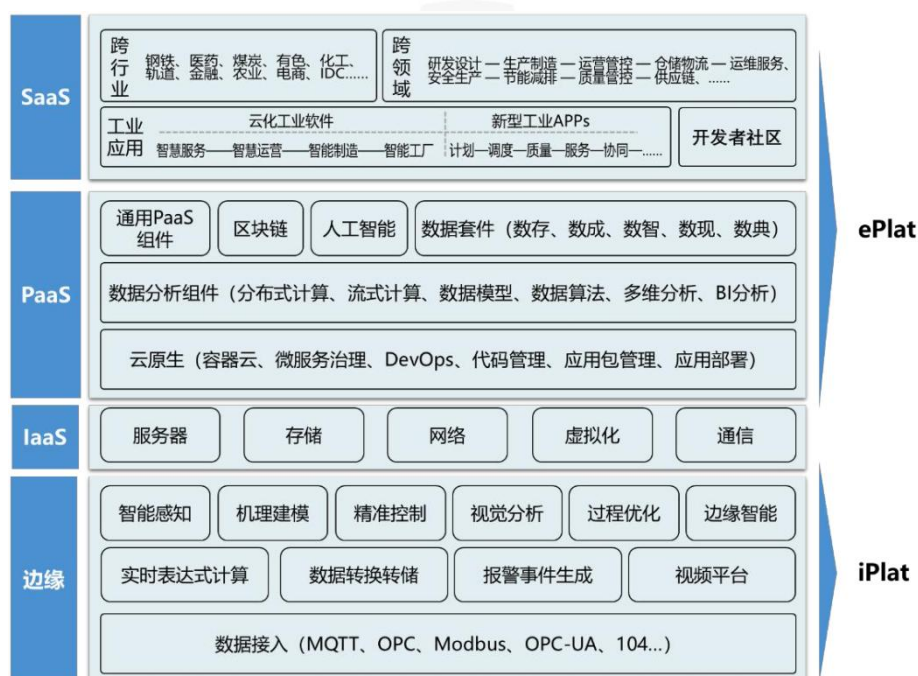
构建 5G 工业互联网协同控制平台，5G 工业互联网协同控制平台的最核心作用是完成实时性较高的工业控制任务。利用 5G 等网络，向下实现企业内各要素、各环节、各系统、各平台互联互通；向上支撑企业内业务数据、管理数据、运营数据、生产数据动态交互。

5G 工业互联网协同控制平台位于 IT 和 OT 网络的交接处，承担 IT 和 OT 网络打通、数据打通、业务打通的任务。协同控制平台通过人工智能、边缘计算、云化 PLC 等技术，在 5G 专网内部实现对工业现场设备的远程集中操控，设备间、工序间的柔性操作联动和协同优化，实现工业生产协同控制、智能调度，进而助力企业实现少人化、无人化管理和运营。

构建基于 5G 技术的工业物联平台，通过整合工业现场各类离散实时系统及散落的智能装备，实现“物物互联”，为生产管控、供应链管理、设备管理、能源管理、安全管理及环境管理等业务域提供底层全面感知，为全过程调度提供全面、实时及可视的技术支撑。

案例 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/DCS 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



3）数据存储节点

钢铁企业可建设企业级数据存储节点，通过对原始数据科学加工处理，同时引入计算模型进行统计分析，以支持管理和决策。对数据存储节点的构建，可建议如下分层：

- A. 数据构建层：实现从所有源系统中获得原始的业务数据，数据类型可包含结构化数据、半结构化数据、非结构化数据等，

并对其一致性进行处理，可按主题进行数据重组和格式转换，然后传送并装到数据仓库系统。

- B. 数据管理层：数据可以存放到关系型数据库或多维数据库中，并通过元数据实现对数据仓库的查找和管理。
- C. 数据分析层：实现把数据仓库中的数据及分析结果提供给最终用户，根据用户需求，提供报表、查询、OLAP 分析和数据挖掘等数据应用。

在钢铁行业 5G 全连接工厂中构建数据存储节点可弥补在线事物处理系统（如基础自动化、过程控制系统、MES、ERP）对生产经营决策支持的不足，通过提供离线分析支持钢铁企业的绩效评估、经营分析、经营决策、战略设计以及各部门的业务运作优化等，同时可实现从数据到信息，再到知识的提升。

案例 宝信软件：钢铁生产过程质量控制系统解决方案

钢铁生产过程的质量控制源于 SPC (Statistics Process Control)。质量是企业的生命, 面对激烈的市场竞争, 企业必须不断提高产品质量, 增加竞争力。通过对生产过程关键输入变量 (KIV) 的系统监控、统计分析, 实现过程关键输出变量 (KOV) 的有效控制, 从而以最小的成本实现产品质量的持续提高, 并形成企业质量管理 的核心能力。作为分析支持系统, 它为质量管理者掌握生 产过程能力、质量技术人员统计分析生产过程能力、现场 操作者监控生产过程能力提供了准确、便捷、直观的途径。 该方案也可广泛应用于其它制造行业。

（三）厂区现场升级

1. 现场装备网络化改造

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。而钢铁生产现场存在着大量高密度泛在连接的场景，高温、灰尘、易燃易爆等恶劣环境不宜布线，传统 4G、Wi-Fi 等无线传输难以满足低时延、高可靠、抗干扰等需求，5G 大连接、大带宽、低时延、高可靠的技术特点，可满足工业数据实时采集能力，因此对现场设备进行 5G 网络化、智能化改造。

通过对生产现场各类“哑设备”加装传感器，将分散的能源仪表、工业传感器、视频监控摄像头等海量连接传输设备，以及工业相机、巡检摄像头、机器人、AGV、焦炉机车、无人机车等有移动需求的设备，通过外接 5G 工业网关、5G CPE 或设备内置 5G 芯片、模组接入 5G 网络。通过外接 5G 工业网关接入 5G 网络，适用于在工厂边缘侧对于数据有汇聚、处理需求，作为边缘网关的应用场景；通过 5G CPE 接入，适用于现场有移动和旋转摆动设备，有无线连接需求的工业场景；通过内置 5G 芯片、模组等，内置 5G 芯片、模组，提升移动部署能力，方便灵活操作，实现远程操控。

（1）钢铁生产设备上部署传感器，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。生产现场的

固定设备接入 5G 网络，包括质检摄像头、能源仪表、工业传感器等，实现生产现场监测、机器视觉质检、工艺合规检验、全域物流监测等场景，通过外接 5G 工业网关、5G CPE 或设备内置 5G 芯片、模组接入 5G 网络，实现数据的应采尽采，减少重新布线、数据多层级汇聚等工作。

(2) 工厂内移动部署、远程操控的设备，5G 能提供无缝的网络覆盖和可靠的网络质量，支持移动机器人和车辆更好的移动连接性能和体验。如工业相机、巡检摄像头、机器人、AGV、焦炉机车、天车/行车、堆取料机、铁水罐车等，通过内置 5G 芯片、模组的方式，提升移动部署能力，方便灵活操作，实现远程操控。

(3) 产线工业设备实现 5G 联网，将可编程逻辑控制器（PLC）、分布式控制系统（DCS）等工业控制系统与 5G 网络连接，可以单一或集中控制。如基于产线级、车间级的 5G 一体式 PLC 形态，PLC 集成 5G 模组，通过工业总线网络控制现场设备，或在工业现场边缘侧集中部署 5G PLC，通过 5G 网关传输。

2. IT-OT 应用融合化部署

(1) 企业通过生产控制、运营管理等软硬件系统的云化部署，满足企业远程调用、资源共享、高算力性能等需求，5G 云化部署的对象包含云化 PLC，云化 MES 产线级实时跟踪/编排，云化机器人，云化 AGV、云化企业资产管理系统、云化机器视觉检测平台、云化 SCADA 等。5G 边缘云化 PLC 系统采用 5G 设备联网及云化 PLC 的结合方式，

基于工厂级规模应用于跨车间跨层级互联互通、场景的深度和系统化应用。5G 边缘云化 PLC 用于主站读取位于现场的一体式 PLC 从站数据并将上层工业应用、工业系统的数据写到一体化从站中。5G 边缘云化 PLC 负责全局控制，同时用于容纳部分现场级非实时业务，并用过 5G 远程 IO 完成如视频分析、数据采集、设备使能控制等业务。通过云化 SCADA、云化机器人、云化 AGV 形成集中管控、现场按需应用的融合方案。

案例 鞍山钢铁：5G 云化 PLC 应用

鞍钢建设钢铁领域首个 5G 云化 PLC，主要应用于鞍钢炼钢连铸中包设备的远程异地控制，依托于“5G 确定性工业生产网络”，实现 5G 双频（4.9+2.6GHz）主备链路毫秒级无感切换，同时 5G-TSN 技术协同部署，搭建“跨市专线”，实现相距 150 公里的两个厂区实时通信，形成跨域融合、算网一体、云边协同、敏捷高效的高质量网络体系。同时，云化 PLC 部署在鞍钢私有云“精钢云”平台上，包括开放式控制操作系统、基于 IEC61131-3 标准的 PLC 集成开发及运行环境，具有适用平台广、协议接口丰富、高性能计算、信息加密安全等优势。

(2) 钢铁企业通过购买或租用公有云服务的方式以满足基础硬件资源需求，通过调用工业 PaaS 层的实时数据和大数据分析、数据管理、模型管理等功能，研发智能能耗管理类 APP、故障诊断报警类 APP、生产管理类 APP、智能安防类 APP 等。

案例 攀钢：生产管理类 APP

攀钢与阿里云共同研发“攀钢集团西昌钢钒 ET 钢铁大脑 APP”，

综合运用大数据、云计算等技术，对炼钢全流程相关的生产过程和监测数据进行挖掘分析，实现工艺优化的目标。同时根据冷轧产品表面检查的缺陷识别数据、工程师判定数据，构建缺陷自动判定模型，降低人工依赖性，提高判定准确率。

这一方案覆盖了钢铁行业的工艺过程控制、生产作业管理、生产监控等多个业务环节，通过创建数据公共服务平台，采集、分析工艺控制过程数据，挖掘关键数据因子，以及机器学习、模型训练等新技术手段，通过数据的分析和运用，助力钢铁企业节能降本、提质增效。项目上线以来，通过降低铁损和原料消耗，每年为企业带来效益超过1700万元。

3. 生产服务智能化升级

通过 5G 承载信息系统和生产系统（包括 MES、WMS、PLM/PDM、APS、SCM/SRM、EAM、CRM、CAD/CAE/CAM、ERP、OA 等）的互通，实现设备健康管理、工艺参数调优、能耗与排放管理、产品溯源售后服务，为企业精准决策提供依据。

(1) 设备健康管理。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。通过在生产设备上部署传感器，并通过 5G 网传输至预测性维护系统，挖掘生产设备数据信息，让设备开口说话，提升设备的利用率和生产的稳定性，降低维护成本。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，实现设备健康状况全方位监测。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。

(2) 工艺参数调优。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。

(3) 能耗与排放管理。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。

(4) 产品溯源售后服务。打造工业废钢铁回收信息化平台，实现信息流与物质流的统一，集回收、分拣、集散为一体的再生资源回收体系，实现企业固废循环利用全方位监控和优化管控，从而实现资源效率的提高。

(四) 关键环节应用

随着 5G 以及新一代信息技术与制造业生态的进一步融合，已有多多个典型场景应用在钢铁生产多个关键环节落地，其中智慧天车、四大机车远程控制、智慧炼钢、钢材表面检测、能耗监控、园区智能巡检等已在国内多家钢铁企业应用。随着钢铁行业建设 5G 全连接工厂的需求日益迫切，5G 在钢铁行业应用的广度、深度和规模均将会出现很大提升。

生产制造类	检测和监测类		服务管理类
- 智慧天车 - 智慧铁水运输 - 智能加渣 - 焦化四大机车远程控制 - 智慧炼钢 - 智能配煤 - 工业机器人	- 钢材表面缺陷检测 - 废钢智能判级 - 皮带智能纠偏与巡检 - 设备故障诊断 - 设备预测维护 - 高炉出铁口铁水温度远程监测 - 高危场景设备点检	- 钢铁厂环境监测 - 园区智能巡检 - 车辆电子围栏 - 人员合规 - 人流检测	- 能耗监控与优化 - 碳资产管理 - AR远程装配、维修、培训
			物流运输类
			智慧料场

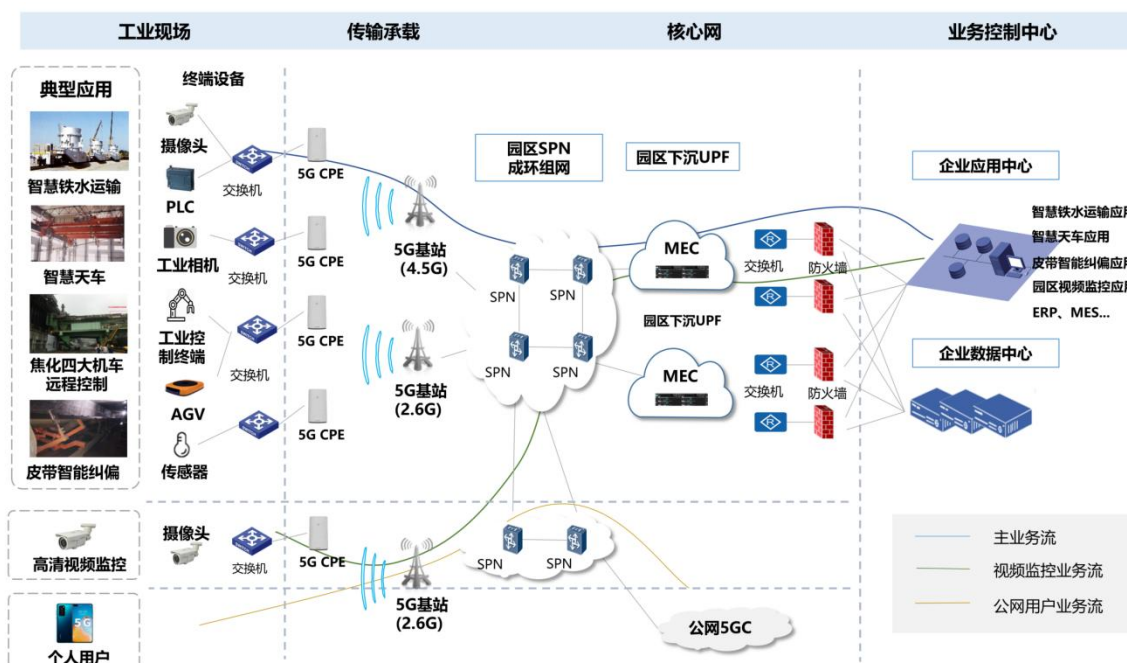
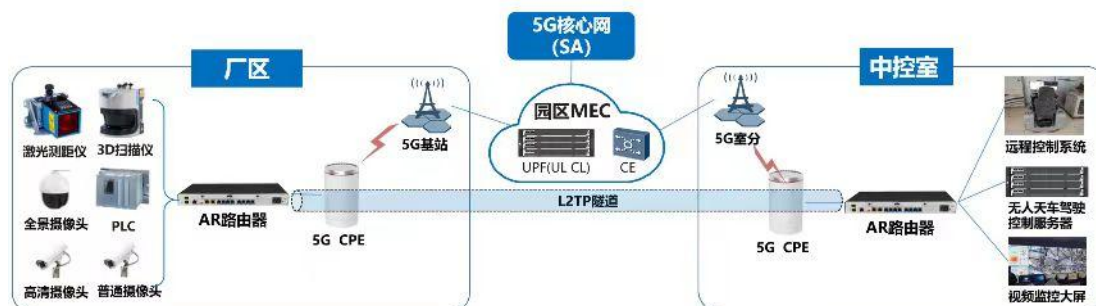


图 9 典型应用方案示意图

1. 远程设备操控



(1) 智慧天车

天车作为钢铁企业必不可少的设备，集装卸（物料、成品）、搬运（如废钢、铁水罐搬运）、配合检修等功能于一体。目前钢铁厂内天车多为人工驾驶，现场工作环境较为恶劣，人员作业操作时间长，存在一定的安全隐患且出错率高，容易误听、误记、误指挥；人工操作天车作业效率低；现场缺少高可用网络覆盖，数据更新不及时。

利用 5G、人工智能等技术打造的无人天车解决方案可以解决以上痛点。该方案使用 5G 高质量内网替换过去的有线连接方案，充分发挥 5G 特性，同时改造了原有的天车控制系统，实现对天车的多种操作方式。

a) 全自动运行方式：充分利用 5G+MEC 的大带宽、低时延特性，结合天车调度算法、路径优化算法，实现由集中控制室计算机自动操控天车，实现无人化、自动化、智能化。

b) 人工接管：作为一种备选操作方式，可与自动运行模式无缝切换，保障天车持续、稳定作业。

无人天车通信技术要求详情参数见下表：

应用	业务	上下行速率	传输时延	可靠性	安全隔离	备注
无人天车	视频图像监测	上行： 1080P: $\geq 4\text{Mbps}$; 4k: $\geq 16\text{Mbps}$; 8k: $\geq 64\text{Mbps}$ 下行：-	$\leq 100\text{ms}$	$\geq 99.9\%$	本地分流	故障数据优先传输
	远程作业控制	上行: $\geq 1\text{Mbps}$ 下行：-	$\leq 20\text{ms}$	$\geq 99.99\%$	本地分流	支持控制指令优先传输

案例 1 唐山钢铁：智慧天车与库管系统

唐山钢铁智慧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。智慧天车与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%。

案例 2 鞍山钢铁：热轧成品库 5G 无人行车

鞍钢鲅鱼圈钢铁分公司热轧成品库无人行车改造实施后，运用 5G 技术，热轧库房智能天车系统利用统一监控、调度平台，能对钢卷的入库、行车的作业调度、倒卷、出库等过程进行全面跟踪，实现库区转运设备无人化、物流信息数字化、管理集中化。其中，热轧成品库无人行车依托 5G 低延时、高速率、大宽带等特性，为天车指令下发和指令执行提供“零”延迟（网络延时 $\leq 20\text{ms}$ ）体验，通过远程指令控制，把成品从卸卷吊运到指定库位，并自动进行指定位置装车操作。库管系统界面设计为 3D 画面，可 360° 旋转自由观察，更加真实地还原现场实物场景，可以实时、多角度远程操控行车，完成钢卷吊运入库的全过程。鲅鱼圈热轧部成品库进行无人行车升级改造后，提高智能化管理水平，减少劳务人员 32 人。通过智能库管系统优化作业流运行率提高 4 个百分点达到 99%。

案例 3 河钢唐钢高强汽车板厂区中间库“5G+无人天车”

“5G+智能库区”在河钢唐钢高强汽车板厂区中间库投用，也令该库区成为全国第一座无人天车智能库区。在国内率先实现天车全自动与物流跟踪全流程的 5G 应用，融合天车系统视频信息与自动化控制系统，搭建国内第一个将二者成功融合的视频平台，这是全国首家在库区建立基于图像解析的无人天车安全预警系统，也是国内首次将 AI 摄像头用以安全联锁设置，将无人天车库区钢卷库图识别准确率提高到 99%。

通过运用无人天车智能系统实现作业人员减少 66%，循环作业时间缩短 30%，作业循环次数提升 60%。大大减少了人力资源投入，也降低了操作失误造成的损失。可广泛应用于废钢库区、炼钢上料、板坯库、重轨库、热轧、冷轧各库区。

(2) 智慧铁水运输

传统铁水运输由人工驾驶铁水车往返于高炉和炼钢厂之间，铁水车之间调度依赖人工，沟通效率低下，且人工测量铁水包温度不准确，驾驶要求严格，人工驾驶易疏忽，风险高，一旦发生突发事故后果严重。

智慧铁水运输利用 5G 网络高效衔接各个环节，打造全天候、自动化、高可靠的作业环境。该系统利用无人驾驶技术替换司机，保障工人安全，降低人工成本，提升安全系数。打造铁水车智能调度，减少铁水车运输时间，进一步减少铁水的温降，从而降低炼钢成本。还可加装温度传感器，对铁水包温度实时监测，工人从“驾驶舱”转换到“中控室”，远程监控现场作业。

通信技术要求详情参数见下表：

应用	业务	上下行速率	传输时延	可靠性	安全隔离	备注
铁水车无人驾驶+智能调度	视频图像监测	上行： 4k: $\geq 16\text{Mbps}$; 8k: $\geq 64\text{Mbps}$ 下行：-	$\leq 100\text{ms}$	$\geq 99.9\%$	本地分流	故障数据优先传输
	PLC 控制指令下达	上行：- 下行：-	$\leq 10\text{ms}$	$\geq 99.99\%$	本地分流	支持控制指令优先传输

案例 4 湛江钢铁：智慧铁水运输系统

铁水运输是连通高炉出铁到炼钢环节的唯一纽带，被称为钢铁界面的“生命线”。随着钢铁技术装备和管理水平不断提高，高炉和炼钢智能化系统不断升级，

目前铁钢平衡对铁水运输提出更高的要求，运输衔接的自动化和智能化水平逐步成为制约生产效率的瓶颈。中冶赛迪研发的全球首套智慧铁水运输系统在宝武湛江钢铁基地正式投用，全厂 8 台机车、28 台鱼雷罐车实现全系统无人化运行。

湛江钢铁智慧铁水运输系统以人工智能为核心，将运输与生产紧密结合，形成铁水运输智能化调度；由智能调度系统、数字孪生系统、设备保障系统和数据分析平台等 4 个子系统，构建起 AI 决策大脑。该系统围绕“机车匹配路径最短、任务下发时机最优、路径选择效率最佳”等目标，基于机器学习能力、自主设计的核心模型，提高运输调度计划的准确性，有效提高运输效率，减少混铁车单程运输时间，进而减少铁水温降，节约炼钢成本。该系统运行指标均在行业标准之上，创效显著：TPC 周转率为 4.3；机车每台日产量在 4500 吨以上；安全事故降低为 0；助力企业降本增效，人员从高温、噪声、粉尘环境中得到解放，减少人力近 70%。

(3) 智能加渣

连铸工艺环节需要向结晶器的钢液面中加入保护渣，从而防止钢液的氧化，减慢钢液的温度流失，吸附钢水中的杂质。目前的加渣方式有人工、重力式加渣、气动加渣等，人工加渣均匀性较差，且工作强度大，容易发生危险，重力式和气动加渣需要人工参与，无法实时观察保护渣余量。

智能加渣系统利用高清摄像头/传感器实时监测保护渣余量，当余量到达阈值时，该系统自动调动机械臂进行加渣操作，当加到指定高度后，停止加渣，整个过程反复循环，省去现场人工操作，且整个加渣过程远程可视可控。

智能加渣通信技术要求详情参数见下表：

应用	业务	上下行速率	传输时延	可靠性	安全隔离	备注
智能加渣	视频图像监测	上行： 4k: $\geq 16\text{Mbps}$; 8k: $\geq 64\text{Mbps}$ 下行: -	$\leq 100\text{ms}$	$\geq 99.9\%$	本地分流	故障数据优先传输
	PLC 控制指令下达	上行: - 下行: -	$\leq 10\text{ms}$	$\geq 99.99\%$	本地分流	支持控制指令优先传输

案例 5 湘钢：5G+智能加渣机器人

为应对传统钢铁行业发展瓶颈，湖南华菱湘潭钢铁有限公司（简称“湘钢”）秉承“让设备开口说话、让机器自主运行、让职工尊严工作、让企业高效发展”的目标，率先在国内钢铁行业引进“5G+智慧工厂”模式。

智能加渣机器人是通过计算机程序控制，按照一定频率和速度，由机械臂自动为连铸机结晶器加渣。主副浇手只需要监控其运行情况，现场辅助调整机器人的加渣速度、频率、下渣速度等参数，从反复高频的加渣工作中解放出来的大量时间，可以用来观察现场的浇铸情况。相比人工加渣，智能机器人不仅可以降低职工的劳动强度、提升浇铸效率，而且依靠数字化的程序，可以通过机械臂实现“少量加、多次加、均匀加”，提升铸坯质量。

铸坯的裂纹非计划指标是铸坯质量的核心指标，铸坯的裂纹非计划指标越高，意味着铸坯的质量越低，铸坯在轧制后，可能还需要增加修磨等工序来消除这些缺陷。反之，铸坯的裂纹非计划指标越低，说明铸坯的质量越高。随着职工与智能机器人的默契程度越来越高，我们的铸坯裂纹非计划指标逐年下降，职工的归属感也越来越浓。

2. 设备协同作业

(1) 焦化四大机车远程控制

焦化四大机车是指装煤车、推焦车、拦焦车和熄焦车，在焦炉连续作业过程中，四大机车完成配煤、装煤、推焦、导焦以及熄焦工作，现场工作环境恶劣（高温、粉尘），机车作业要求严格，人工驾驶机车危险性较高且不利于身体健康。

利用 5G+高清摄像头+红外编码检测技术打造的焦化四大机车远程控制系统，通过 5G 网络将现场高清视频实时回传，确保中控室监控与生产线操作保持同步，工人在中控室可以远程控制四大机车协同工作，利用红外编码检测技术进行机车的精准定位，真正做到危险场景无人化、远程化。

焦化四大机车远程控制通信技术要求详情参数见下表：

应用	业务	上下行速率	传输时延	可靠性	安全隔离	备注
无人天车	四大机车状态监测	上行： 1080P: $\geq 4\text{Mbps}$; 2k: $\geq 6\text{Mbps}$; 4k: $\geq 16\text{Mbps}$; 下行：-	$\leq 100\text{ms}$	$\geq 99.99\%$	本地分流	支持设备异常状态/事件的优先传输
	四大机车远程控制	上行: $\geq 2\text{Mbps}$ 下行：-	$\leq 20\text{ms}$	$\geq 99.999\%$	本地分流	支持控制指令优先传输

案例 6 晋南钢铁：远程调度控制

利用 5G+MEC 低时延，实现铁水罐车无线远程调度控制，铁水罐车实现接铁水、合盖、行走、揭盖等铁水从高炉到转炉的生产过程全自动化，实现尽量降低人工参与、提高生产效率、降本增效。在生产管理上，配合 MES 系统实现生产过程精细化管理，生产计划可执行、生产数据可追溯，最大程度实现两化融合。

现场 8 车道 16 台巨大的铁水运送车顺次开动，从高炉接满了一千多度高温

的铁水，罐盖自动盖上保持铁水温度，稳稳地将铁水罐运送到炼钢区进行下一步的冶炼，全过程没有工人或司机师傅在操作，用时从原来的半小时缩短至 7 分钟。在智能调度系统操控室内，工作人员还可以通过视频系统发回的“云视频”，对钢铁生产关键工序“铁-钢”衔接过程实时监控，不仅提高了过程运作的准确性，还可以对常见的异常因素进行及时纠偏，调动多工序协作综合管理，对运行周转过程数据进行快速分析，监督控制措施落实情况，为智慧调度、智能炼钢提供有力保障。

3. 精准动态作业

(1) 智慧炼钢

传统钢铁冶炼时，无法实现精准的状态控制，声呐化渣、吊车称重、钢水罐定位等系统各自独立，存在信息孤岛；不能自动采集铁水罐号、成份、温度，废钢槽号、重量等信息；不能及时接收化验数据；需进行人工手动录入；加料困难，材料种类多，料仓数量多、层级多，料仓容量、速度、阀门结构各异；各钢种加料要求不同，碱度、粘度、温度多维控制；操作步骤繁琐，吹炼开始前，需要操作工人录入百余项数据，在现场操作工人减员的情况下，冶炼系统无法投入运行；终点过氧化问题，终点温度控制不准确，当碳含量低时经常造成钢水严重过氧化，损害转炉炉衬，存在安全隐患；氧枪枪谱固定，氧枪只有固定枪谱，没有动态控制。跑渣返干现象严重，钢铁料损失大，成本高，钢水质量合格率低，不满足成本、质量要求。

可以通过 5G 等通讯技术将声呐、吊车等信息孤岛与云平台高速连接，解决状态控制难题的同时解决了非结构数据的传输问题，通过

大数据的处理可以实现更精准的转炉工作状态识别，在云计算强大的算力支持下，实现了冶炼的动态精确生产控制。解决了钢铁冶炼无法精准动态控制的问题。将 5G、大数据、人工智能、机器学习等新一代信息技术与炼钢生产进行深度融合，旨在打造全天候、全流程，高效、稳定、安全的智慧炼钢新模式，实现炼钢生产智能化、无人化、绿色化、低碳化，提高生产效率、降低生产能耗、减少生产安全风险、节省运营成本，助力钢铁行业智能制造和绿色发展。

案例 7 鞍山钢铁：基于 5G+工业互联网一体化炼钢系统

智慧炼钢系统利用 5G 技术整合声呐氧枪控制系统、副枪自动控制系统、自主学习下料系统、智能终点控制系统四部分。同时实现与声呐系统、吊车系统的数据对接建立转炉监控系统，实现转炉生产控制和状态监视，作为专家系统的本地端，既可以由系统设置为专家系统直接执行分析优化后的生产指令，也可以设置为只为生产操控人员提供操作指导。一体化炼钢系统工业大数据平台主要包括数据接入、数据集控、数据过滤、数据存储四大部分功能。智能专家系统主要功能为炼钢工业大数据的管理和对本地算法模型进行训练优化。通过自动控制，精准生产，大幅提高钢水质量，碳温双命中率达 95%，工作效率提高 33%。

(2) 智能配煤

目前的配煤工作依靠工人经验，出现经验之外的场景时，很难保证配煤质量。且人工配煤方式难以复制，学习配煤成本太高，操作危险性较大。人工配煤方式对焦炭质量无法事先准确预料，一旦焦炭不合格则需返工，降低生产效率。

智能配煤方案采用 5G+人工智能等技术对配煤比例和焦炭质量进行建模分析，将企业运营、焦炭质量、原料等数据作为特征，通过算

法大量的训练、分析、推理，实现对焦炭质量的准确性预测，不断调整优化配煤比例，降低企业生产成本、能耗成本、用人成本，提升焦炭生产效率和质量。

案例 8 石横特钢：智能配煤方案
对于钢铁焦化等行业来说，准确、稳定的配煤是至关重要的一环，也是影响焦炭生产成本的最关键因素。如何优化配煤效率，是钢铁焦化行业面临的共性难题。作为大型钢铁联合企业的石横特钢，联手华为云打造出智能配煤方案，通过华为工业互联网平台 FusionPlant，将华为云 EI 企业智能与焦化行业相结合，并最终打造形成 EI 工业智能体。基于华为云 EI 工业智能体，智能配煤方案可进一步将配煤工艺机理模型+AI 数据驱动的方法结合，在庞大的解空间中实现高效快速求解，搜索出最优化的配煤方案。 借助智能配煤方案，能够在满足焦炭产品质量的前提下，在继承配煤专家经验的基础上，辅助配煤专家做出更好的决策，显著降低企业配煤成本，帮助焦炭企业实现降本增效。经过几轮调试和迭代，华为云配煤优化模型已支持稳定商用，焦炭质量预测准确率超过 98%，帮助客户每吨焦炭生产的用煤成本平均降低 15 元左右。按照年产 75 万吨焦炭计算，仅“配煤优化”这一应用场景，每年为企业节省煤炭成本接近 1500 万元（75 万吨焦炭要用 100 万吨煤烧制，15 元*1000000=15000000 元）。

(3) 工业机器人

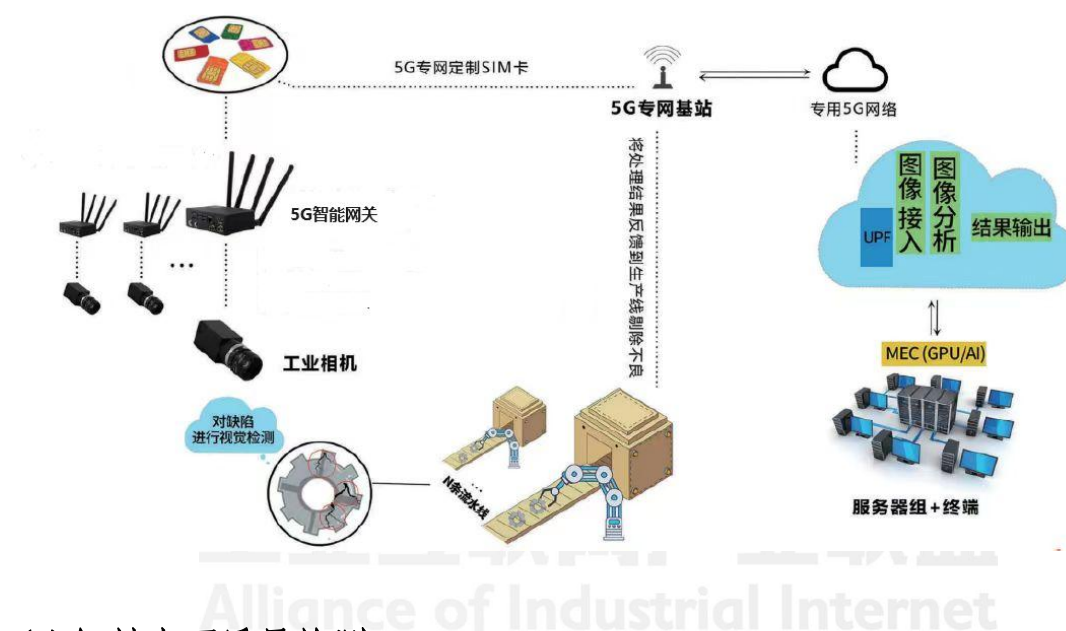
工业机器人在钢铁行业的应用是智能化能力和企业管理能力的综合体现，可以实现机组稳定运行、降低员工作业负荷、降低质量缺陷风险、降低安全事故风险。

工业机器人主要包括：铁前采制样机器人、炼铁自动上泥机、炼铁自动换钎机、炼铁自动测温取样机器人、炼钢快速分析机器人、炼钢测温取样机器人、连铸钢包受包侧机器人、连铸中间罐区域机器人、

连铸结晶器加渣机器人、连铸铸坯打标机器人、轧钢拆捆带和打标机器人、轧钢取样机器人、轧钢径向/周向/外包板包装机器人等。

机器人通过 5G 与后台控制系统通信，可以自主运行并支持精确的动作控制，也可以由后台随时一键启动远程控制，达到改善工作环境，降低人力成本，消除安全隐患的效果。

4. 机器视觉质检



(1) 钢材表面质量检测

基于图像的机器视觉检测方式是一种无接触、无损伤的表面检测技术，具有安全可靠、可在恶劣环境下长时间工作和生产效率高等突出优点，在钢铁的质量检测中得到了广泛的应用。

基于 5G 的机器视觉与深度学习的钢材表面质量检测是一套全自动、无接触式的在线无损探伤系统，能实现在复杂工况环境下，对产品表面进行全覆盖的在线检测，并根据检测结果进行实时的判定和可

视化监控，提高产品质量合格率与生产效能。

通过高速摄像机、三维激光雷达等机器视觉成像设备及光源组成的成像系统对被检物表面进行不间断的扫描，形成高清晰的表面图像，然后再通过高效的图像处理算法对采集到的图像信号进行分析识别，滤除无缺陷的背景图象，对含有缺陷的图像进行图像分割及特征提取，最终通过算法实现缺陷种类和缺陷严重程度自动识别与判断，并在计算机应用系统上进行呈现（包括缺陷类别、位置、大小等信息）、存储。

板材质检系统通信技术要求详情参数见下表：

应用	业务	上下行速率	传输时延	可靠性	安全隔离	备注
板材质检系统	板材表面图像	上行：≥30Mbps； 下行：-	≤100ms	≥99.9%	本地分流	故障数据优先传输

案例 9 河钢邯钢“钢材表面质量检测”

邯钢新区的钢材表面质量检测系统大大提高了钢铁制造行业的生产效率，减少人工检测的局限性和误判风险，实现了自动化检测和精确识别钢材表面缺陷，不断突破技术壁垒，在强链补链政策推动下，加大国产设备的使用比例，国产化空间广阔。其热态测量精度小于 0.1 毫米，标定精度设计可达到 0.05mm，核心部件国产化率达 100%，缺陷分类准确率超过 85%，严重缺陷漏失率小于 0.7%。

（1）经济效益

以邯钢的钢轨生产线为例，预估有 100 条生产线，平均每条生产线产量为 20000m，钢轨的平均质量为 60kg/m。目前钢铁的价格为 5000 元/吨，而每条生

产线钢轨的缺陷率为 5%。通过在热成型阶段进行反馈和调整，单条钢轨生产线每年可以避免因缺陷导致的损失高达 3000 万元。

（2）生产效益

除了经济效益，智能质检还可以提高生产效率。通过对生产数据的实时监控和分析，可以及时发现生产过程中的问题，并采取相应的措施进行改进和优化。这将有助于提高生产线的稳定性和可靠性，降低故障率，进一步提高生产效率。

（3）市场竞争力

智能质检还可以为钢铁企业带来其他方面的优势。例如，通过对大量数据的分析和挖掘，可以发现新的工艺参数和优化方向，进而提高产品质量和性能。同时，智能质检也可以为企业的研发和设计部门提供宝贵的数据支持，助力企业更好地进行产品设计和改进。

案例 10 鞍钢：基于 5G 的机器视觉带钢表面检测

带钢在制造过程中极易出现划痕、擦伤、结疤、黏结、辊印等不同类型的缺陷，影响带钢表面质量。因此，表面质量检测已经成为带钢生产企业提高产品质量和产量的重要一环。

由鞍钢信息产业公司联合鞍钢集团北京研究院承担的基于 5G 的机器视觉带钢表面检测平台项目，是主要针对冷轧带钢产线开发的一套表面质量检测系统，通过对图像采集与信息处理技术、图像处理技术、图像压缩与通信技术、缺陷识别与分类技术及嵌入式应用技术等多学科技术的集成研发，实现在冷轧带钢高速生产条件下，在线分析、存储冷轧带钢表面质量信息的目标。该平台基于分布式架构及智能控制理论研发质量分析系统，综合构建冷轧带钢质量检测与分析系统，实现对带钢表面质量进行非人工的连续准确的检测、缺陷分类和记录，并实现实时控制，对于提高生产效率和产品质量，进而提高企业竞争力起到了促进作用。同时，基于 5G 网络实现了分系统数据共享，基于云平台实现缺陷大数据计算及深度学习模型共享，每套系统每年可为现场带来 180 余万元的经济效益。

（2）废钢智能判级

废钢是回收价值较大的再生资源，废钢回收利用是钢铁厂有效利用资源、突破资源瓶颈的重要手段。目前钢铁行业废钢种类繁多（碳素废钢、合金废钢、轻薄料等），废钢级别较多，大致可分为重废、中废、小废、统废、薄型废钢等，但实际鉴别时细分种类较多且种类间相差甚微。现场需要大量人工进行废钢盘点，手段落后，判级效率低下。人工进行废钢定级工作，仅通过目测或卡尺测量，容易出现错判、漏判。

废钢智能判级是利用 5G+机器视觉检测技术进行废钢远程判级，建立废钢模型库，结合人工智能等算法实现废钢的实时智能判级，大大提高识别速度、稳定性、客观性和精确度，大大降低了工人的劳动强度，缩减现场废钢判级工人数量，达到降本增效的目的。

废钢智能判级通信技术要求详情参数见下表：

应用	业务	上下行速率	传输时延	可靠性	安全隔离	备注
废钢智能判级	视频图像监测	上行： 1080P: $\geq 4\text{Mbps}$; 4k: $\geq 16\text{Mbps}$; 8k: $\geq 64\text{Mbps}$ 下行：-	$\leq 100\text{ms}$	$\geq 99.9\%$	本地分流	故障数据优先传输

案 11 中天钢铁：室外高精度智慧废钢判级系统

废钢作为再生钢铁原料，对钢铁行业绿色低碳转型具有重要意义，中天钢铁目前使用废钢近 200 万吨/年，涉及炉料、重型废钢等 5 个级别。据悉，传统废钢判级主要依靠人工识别与定级，特别是判级现场环境恶劣，存在主观偏差大、劳动负担高、透明程度弱、判级异议多等问题。中天钢铁研发建设智慧废钢判级系统，该系统基于 5G 数据传输、人工智能、机器学习、智能识别技术以及远程

监控技术等多项创新技术应用，构建了行业内料形最全的废钢数据库，实现对废钢轮廓像素级分割与废钢料型的自动识别，进一步固化识别标准、提升判级准确率、达成判级一致性。

该系统上线后，废钢业务从入厂到卸料、检验、出厂、数据对接经营管控系统均无须人工干预，系统的智能判级秒级响应，在每车卸货完成的瞬间即可出具判级结果，每点位每班次优化原有的 2 名岗位人员，现场无人化作业，每月完成万余吨的废钢检验量，整车综合判级准确率 100%。

案例 12 河钢舞钢废钢库“智能废钢验质系统”

河钢数字为舞钢公司提供的智能废钢验质系统，实现了指定区域拍照准确率 100%、整车废钢拍照面积覆盖率 100%、单块废钢准确率 $\geq 90\%$ 、碎料、土渣评识别准确率 100%、整车废钢评级准确率 $\geq 95\%$ 、整车的密闭容器、危险品识别率 $\geq 90\%$ 、扣重准确率 $\geq 90\%$ 。目前，不同等级废钢每吨采购价格在 2000 元至 4000 元之间。300 万吨级钢企年采购废钢可达 100 万吨，采购成本高达 20 亿元，本项目建成后年处理 180 万吨废钢，销售费用按 3% 的营业收入比例计提，管理费用按 3.37% 的营业收入比例计提，经测算项目达产期每年节约费用 400 万元。

该技术得到推广使用后，将对我国废钢识别技术提高起到示范带动作用，增强国内智能废钢验质系统的市场竞争力。该项目实施通过对废钢车辆卸料过程实时抓拍、逐层采样，借助深度学习和智能识别技术，对卸货过程进行单层判级和最终整车判级，对不达标废钢和杂质、异物进行识别，计算出整车扣重的预估值，对危险物、异物及时做出预警。改善常规的废钢验质主要依靠人工目测，人为因素大、准确率低，同时判定效率低等问题。

(3) 皮带智能纠偏与巡检

由于料场皮带需要运送多种物料，在物料运送过程中皮带可能会发生偏斜，如果没有及时纠偏，物料很可能会从皮带上滑落，甚至导致停机，传统方式为人工纠偏，但人工纠偏难度大。除纠偏外，还需

对皮带实时状态进行巡检，人工巡检实时性差，巡检效率低，容易受到环境影响产生漏判，造成安全隐患。

皮带智能纠偏与巡检通过 5G 网络连接高清摄像头、纠偏开关传感器、巡检机器人，利用机器视觉检测，通过 5G 联网+MEC 边缘云化 PLC，实现 AI 算法与控制逻辑一体化集成，实时性强，创新运用人工智能及大数据分析技术，建立各类皮带监控所需数据模型，实现视频实时分析和报警。通过皮带系统智能化控制，实现无人化作业，降低误操作率，节省了产线停机时间。

皮带智能纠偏与巡检通信技术要求详情参数见下表：

应用	业务	上下行速率	传输时延	可靠性	安全隔离	备注
皮带智能纠偏与巡检	视频图像监测	上行： 1080P: $\geq 4\text{Mbps}$; 4k: $\geq 16\text{Mbps}$; 8k: $\geq 64\text{Mbps}$ 下行：-	$\leq 100\text{ms}$	$\geq 99.9\%$	本地分流	故障数据优先传输
	皮带智能纠偏	上行: $\geq 1\text{Mbps}$ 下行：-	$\leq 20\text{ms}$	$\geq 99.9\%$	本地分流	故障数据优先传输

案例 13 包钢：皮带智能管理
皮带智能管理已经在包钢展开了规模化的应用，提高了皮带管理整体的数字化和智能化水平，效益显著。该平台主要包括皮带在线监测智能分析系统、智能巡检机器人系统、人员定位系统三部分。 皮带在线监测智能分析系统是通过加装工业摄像机，利用深度卷积神经网络模型对物料、设备的视频流图像进行采集、识别和分析，第一时间发现和预警故障特征和安全隐患，从而防止故障和事故扩大化。目前，该系统的故障特征识别准确率大于 95%、故障识别报警时间小于 10 秒。

智能巡检机器人系统是采用挂轨的方式，实现机器人的完全自主巡检、分时段智能巡检、远程遥控巡检等。机器人可携带高清摄像机、红外成像仪、气体检测传感器等多种设备，自动分析判断设备温度异常、环境异常，从而实现对皮带通廊内的全覆盖监测巡检。

人员定位管理系统主要利用蓝牙定位并结合人脸识别等技术有效识别、跟踪作业人员及车辆进入生产区域后的行为和实时位置。该系统紧密围绕风险分级管控和隐患排查治理体系，通过企业安全生产“一张图”实时展现安全生产风险四色分布图、重大危险源数据、生产区域的人员在岗在位信息。同时，可以实现生产和巡检区域越界报警、路线偏移报警、滞留超时报警、考勤统计等功能，强化企业安全生产管理的快速感知、实时监测、超前预警、智能决策、全局协同、事后分析的能力，提升安全生产管理的可管控水平。

依靠传统的人工管理方式，或单纯地对皮带设备进行自动化升级改造都很难满足智慧钢铁厂的发展要求。皮带智能管理，是包钢深度践行新发展理念的实践探索，智能管理平台能够综合运用 GIS（地理信息系统）、物联网、图像识别、机器人、红外热成像等技术，实现对皮带输送系统的设备、物料、人员的实时监测、智能分析、及时预警、无人值守等，降低了物料运输的成本，进一步保障钢铁企业原料生产的运输安全

5. 设备智能管理

(1) 设备故障诊断、设备预测维护

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，提升施工效率同时降低成本。

案例 14 宝钢：钢铁行业设备智能运维

上个世纪，宝钢引进、消化及完善点检定修制，持续引领中国设备管理水平 30 余年。在高质量发展的今天，设备数据在线率不足 1%、定性点检标准占 96%、周期检修项目占 70%以上、点检人员配置居高不下、能源环保压力高企等，表明以点检定修制为代表的设备运维技术发展遇到了瓶颈。

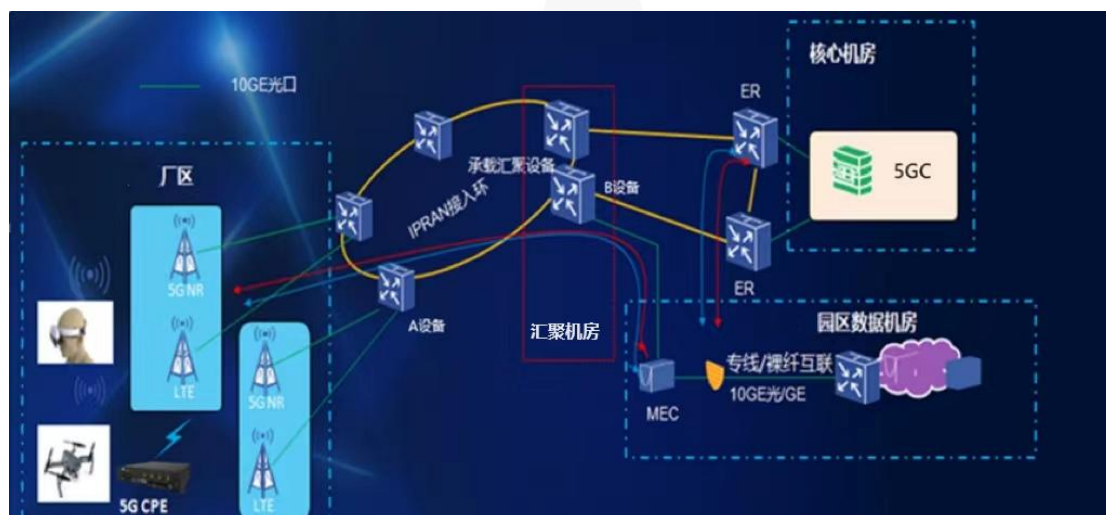
宝武装备智能科技有限公司牵头，围绕设备智能运维，形成了以一个平台、一个专家系统、一套标准化体系为核心技术架构、面向钢铁全流程的智能运维体系为载体的技术路线，包括面向钢铁全工序的设备智能运维平台，平台支持海量设备联接，以‘云-边-端’架构设计，支持智维生态协同、数据流动与知识创新赋能；构建面向状态变化趋势、人机协同的专家系统。以系列算法、规则、模型为核心，实现状态识别、故障定位、维检方案推送、结果验证闭环、知识提炼汇聚的全过程决策智能化；面向服务一致性的设备智能运维标准体系，将单一基地的个性设备技术转变为全行业的工序共性技术，实现了设备数据与技术规范的一致性、解决了设备运维过程的数字化闭环，实现同类设备、同类产线统一标准、统一管理；构建面向钢铁全流程的智能运维体系，依托宝武丰富场景和行业专家，形成了一系列面向钢铁全工序的智能运维系统解决方案，包括工序概况、智维目标、智维设计、监测技术应用、运维技术应用、全量数据应用、模型迭代升级等内容，具备了大规模、快速复制条件。

目前，项目成果已在中国宝武十五大生产基地及多元产业多家单位部署应

用，并已扩展至集团外生态圈（如涟钢、宁钢、鞍钢鲅鱼圈等）。累计接入 900 余条产线、设备超 33 万台，计划 3 年内接入设备超百万台。在通用类设备上，以风机为例，近 5000 台风机集中管控后预警和诊断准确率均超 90%，点检负荷、检修负荷持续下降近三分之一，随着同类设备数量增加，规模效益更为可观。项目直接经济效益达到 5.4 亿元（项目成员单位内），间接效益 17 亿元。

6. 无人智能巡检

(1) 园区智能巡检



园区智能巡检是指在园区部署 5G 网络，利用机器人、无人机等设备对钢铁园区进行全天候、自动化巡检，如煤气管道巡检，车辆安全巡检等，巡检数据以人机交互界面（HMI）等方式实时显示，对于巡检发现的异常情况予以告警，工人可查看告警详情并处理。智能巡检方式可以大幅减少巡检人员工作量，提高巡检效率，构筑钢铁企业高质量发展护城河。

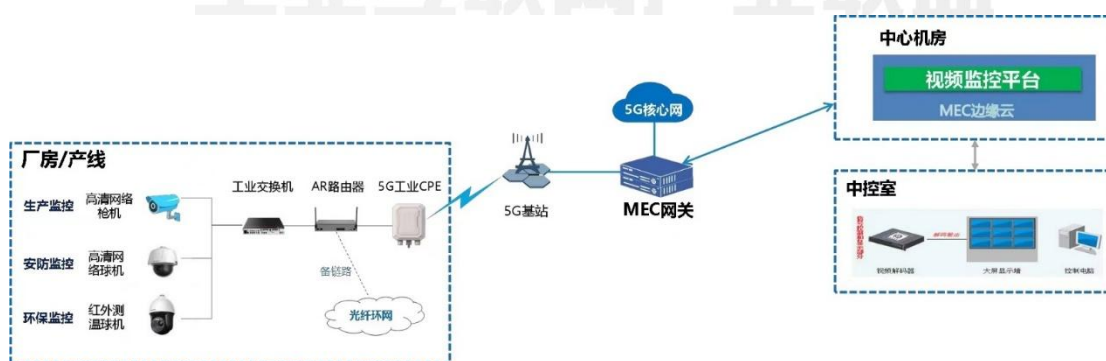
园区智能巡检通信技术要求详情参数见下表：

应用	业务	上下行速率	传输时延	可靠性	安全隔离	备注
园区智能巡检	智能点巡检	上行: 2K: $\geq 6\text{Mbps}$; 4k: $\geq 16\text{Mbps}$ 下行: $\geq 5\text{Mbps}$;	$\leq 100\text{ms}$	$\geq 99.9\%$	本地分流	异常数据优先传输

案例 16 晋南钢铁：无人智能巡检

利用 5G 网络高通量的带宽，满足多路视频流同步 AI 分析，实现现场关键监控摄像头点位信号 5G 实时回传。云视频监控分为二期：第一期实现现场关键监控 5G 云监控，高清信号实时回传；固定巡检：固定摄像头点位监控回传。第二期实现多路视频流同步 AI 分析，辅助生产，提升安全防范能力；移动巡检：工业移动巡检机器人监控回传。

7. 生产现场监测



(1) 高炉出铁口铁水温度远程监测

高炉是钢铁企业的核心设备，高炉中铁水温度的高低对炼钢工艺十分重要。铁水温度低会造成吹损大、钢铁量消耗高、钢水质量无保

障、炉龄下降等后果。因此实时监测出铁口铁水的温度尤为重要，高炉附近工作环境恶劣（灰尘、高温），传统有线方式建设维护困难，Wi-Fi 网络抗干扰能力差，易受到高粉尘环境影响。

高炉出铁口铁水温度远程监测采用 5G+温度传感器/机器视觉的方式，借助 5G 网络抗干扰能力强、传输性能稳定、无需布线等优势，有效解决网络维护困难的问题。工人在工控室实现远程监测，5G 网络实时上传温度数据，一旦发现温度异常则发出警报。

高炉出铁口铁水温度远程监测通信技术要求详情参数见下表：

应用	业务	上下行速率	传输时延	可靠性	安全隔离	备注
高炉出铁口铁水温度远程监测	铁水温度监测	上行： $\geq 2\text{Mbps}$ 下行：-	$\leq 40\text{ms}$	$\geq 99.9\%$		故障数据优先传输

(2) 高危场景设备点检

钢铁企业的高危点检业务场景主要包括：一二级高危煤气作业，U 型水封、煤气盲板阀、煤气排水器、一二级危险源、一级消防安全重点部位等等。具有范围大、设施多、需要耗费的人力物力时间都很大等特点。作业人员的安全规范，需要班组长及安全管理人员的不断宣贯和监督，各类违章行为较普遍，安全隐患大。

通过在作业现场临时增设高清摄像机，必要时可采用移动电源供电，通过 5G 专网实现视频回传。后台管理人员可以实时掌握现场出

现的紧急状况，视频信号直接连接到煤气防护站和应急救援队，通过集中监控、及时告警、智能截屏和员工行为观察，及时发现与纠正特定场景的违章行为，包括安全帽、安全绳等劳防用品穿戴，专业装备配置与佩戴，旁站监管，人员监管，登高、电焊等高危作业智能辅助监测，危险区域禁入，作业人员身份、数量智能识别等。

高危场景设备点检通信技术要求详情参数见下表：

应用	业务	上下行速率	传输时延	可靠性	安全隔离	备注
高危场景设备点检	智能点巡检	上行： 2K: $\geq 6\text{Mbps}$; 4k: $\geq 16\text{Mbps}$ 下行: $\geq 5\text{Mbps}$;	$\leq 100\text{ms}$	$\geq 99.99\%$	本地分流	故障数据优先传输
	能源介质监测	上行: $\geq 2\text{Mbps}$ 下行: -	$\leq 40\text{ms}$	$\geq 99.9\%$		

案例 15 河钢：5G 点检智慧应用
河钢唐钢新区依托 5G 网络开发了智慧钢铁创新应用项目，以物联网、大数据、人工智能、MEC（移动边缘计算）为主要技术手段，将厂区内的设备运行、员工作业数据全部上传，整合、分析，形成闭环，实现最优化运行管理。 鉴于无线局域网在安全性、带宽限制和信号干扰等方面的局限性，老厂区的设备运行、员工作业数据的上传采用了传统的光纤网络方式。但钢铁企业存在高温车间线缆损坏频率高、园区布线难及非固定场景应用、WiFi 网络下高清视频回传画面卡顿等情况，成本高、安全隐患多、工作效率低。大带宽、低时延、广连接的 5G 信号，可以满足设备点检人员定位、视频识别等场景对高速率的网络诉求，建设了 18 个 5G 信号塔及 6 个鹰眼摄像头，并配有 30 套防气爆 PDA（掌上电脑）、400 台点检终端设备，实现了全厂 5G 信号全覆盖。5G 点检终端设备是 5G 应用的重要场景之一。在钢铁生产流程中，点检员通过 5G 点检终端设备，可以利用无线信号将点检结果实时回传到设备状态管理平台，并连通运维平台，

将设备多类实时监测数据同步给一线运维人员，实现对钢铁生产设备运行状况的及时监测，及时发现异常数据并进行补救，将危险处理在萌芽状态。点检管理人员还可以随时对一些点位的点检任务进行修改或增加，便于一线点检员通过点检终端设备及时接收新任务。

为了加强对点检人员的有效管理，河钢唐钢新区在点检系统中增加了点检位置管理系统和点检标签。点检员通过扫描点位二维码不仅可以激活任务，还能实现签到打卡，后台可以查看员工经过的位置信息和没有经过的位置数据，提升人员管理效率和巡检管理水平，以防漏检。

(3) 钢铁厂环境监测

钢铁厂环境相对恶劣，含有粉尘、噪声、有害气体等，一方面容易造成环境污染，另一面对工人的身体健康危害较大。钢铁厂一般无单独的粉尘监控系统或其他环境监测系统，依靠人工经验或部分小型传感器进行测量，测量结果不准确。5G网络能够有效避免粉尘带来的信号干扰问题，同时配合红外扫描测温系统、湿度信息收集系统、气体及烟雾预警系统、粉尘浓度监测系统对料场进行全天候自动化监测，对异常情况自动启动对应预案，杜绝潜在事故发生。

(4) 车辆电子围栏

企业可在园区重点范围，如焦化四大车工作范围、铁水车工作范围等，利用5G+定位技术，配置电子围栏，设置禁行区域、违停区域等。当车辆进入/离开/滞留电子围栏，系统应实时显示车辆进入/离

开/滞留电子围栏的状态，当无关车辆出现在电子围栏范围中时，系统应发出警告，避免危险事故的发生，电子围栏可作为有效的安全辅助手段，助力钢铁企业打造安全工厂。

(5) 人员合规

利用 5G 网络，结合人体/物体识别等 AI 能力，打造人员合规检测系统，支持检测人员穿戴、行为，如是否佩戴安全帽，是否穿戴防护服等，对不合规、不安全的穿戴、行为进行识别警告，防止危险发生。

(6) 人流检测

采用 5G+视频监控技术，实现钢铁园区人流检测，实时统计进入/离开园区的人数，结合 AI 人脸识别技术，识别可疑人员并进行告警，实现厂区人员可控、可视，提升钢铁企业的安全运行水平。

8. 生产能效管控

(1) 能耗监控与优化

能源消耗是钢铁企业的难题之一，坚持节能减排是钢铁企业实现可持续发展的必然选择，钢铁企业的能源主要有水、电、氧气、蒸汽以及炼钢所用原材料。

能耗监控与优化是在能源消耗的关键设备上加装数据采集装置进行能源介质监测，并使用智能巡检机器人对厂内的变压器、线路等室外关键供/变电设备等进行点巡检，通过 5G 网络，将数据实时传输到能源监控平台进行集中监控，工人即可在中控室看到能源的实时消耗情况。工厂还可使用人工智能等算法分析优化能耗指标，对高耗能设备进行警示。对能源消耗的实时监控、反馈，可以有效降低企业能耗水平，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。

能耗监控与优化通信技术要求详情参数见下表：

应用	业务	上下行速率	传输时延	可靠性	安全隔离	备注
能耗监控与优化	智能点巡检	上行： 2K: $\geq 6\text{Mbps}$; 4k: $\geq 16\text{Mbps}$ 下行: $\geq 5\text{Mbps}$;	$\leq 100\text{ms}$	$\geq 99.99\%$	本地分流	故障数据优先传输
	能源介质监测	上行: $\geq 2\text{Mbps}$ 下行: -	$\leq 40\text{ms}$	$\geq 99.9\%$		

案例 17 湛江钢铁：5G 能源管理

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) 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（Life Cycle Assessment 产品全生命周期管理工具）建立碳资产管控平台，通过全面感知钢铁企业化石燃料燃烧，工业生产辅料消耗等碳排放活动数据，通过网络传输至平台，进行数据处理，数据计算，为应用层提供支持，面向政府主管部门提供碳核算、碳结构、碳全景等功能，助力政府实现区域内碳排放的精准管理和科学决策；面向钢铁企业提供碳报告、碳对比、碳账本等功能，助力企业减碳、降碳。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。

9. 生产单元模拟

(1) 智慧料场

目前的堆取料工作大多依赖人工，人工称重记录入库物料后，司机凭借经验手动操作堆取料机进行物料的存取，在存取过程中需要中

控、司机等多方参与进行物料定位，整个过程所需人员较多，人工成本高且人工定位精度低，可靠性差，流程流转效率低下。

智慧料场应用通过快速激光扫描、5G 精准定位、AI 智能识别等技术，构建物料垛形模型，并对堆料进行动态监测，结合钢铁料场工艺控制流程，根据堆料情况选择堆放和提取策略，实现全天候自动化堆取料无人作业，定位精度和可靠性大幅提升，人工成本大幅降低等，还避免工作人员长期在高粉尘环境导致安全隐患问题。

智慧料场通信技术要求详情参数见下表：

应用	业务	上下行速率	传输时延	可靠性	安全隔离	备注
智慧料场	料场建模	上行： $\geq 10\text{Mbps}$ 下行： -	$\leq 100\text{ms}$	$\geq 99.9\%$	本地分流	
	远程堆/取料控制	上行： $\geq 1\text{Mbps}$ 下行： -	$\leq 20\text{ms}$	$\geq 99.9\%$		支持异常状态/事件的优先传输
	环境监测	上行： $\geq 10\text{Mbps}$ 下行： -	$\leq 40\text{ms}$	$\geq 99.9\%$		支持异常状态/事件的优先传输

案例 18 马钢：基于“5G+工业互联网”的智慧料场

围绕马钢港务原料总厂亟需迫切解决智能化水平低、运行效率不高等发展现状的难点、痛点问题，建设了基于 5G 网络环境的工业融合应用，运用边缘云、AI 计算、FlexE、SDN 等技术，对马钢智慧料场进行了 5G+堆取料机无人驾驶、5G+3D 数字料场、5G+智能视频巡航、5G+AI 安全行为监管、5G+矿槽远程操作、5G+AR 智能巡检 6 项应用。助力马钢港务原料总厂解决了工厂操作人员多、运行成本高、工作效率低、劳动强度大、作业环境差、监管手段少、运维评估难、网络部署杂 8 类问题。进一步向实现中国宝武“现场操作室一律集中、操作岗位一

律采用机器人、运维检测一律远程、服务环节一律上线”四个一律的目标推进。

社会效益方面，实现了马钢减员增效和生产智慧化，树立了钢铁行业料厂场景 5G 创新应用的标杆。可复制到其他钢铁行业应用，乃至推广至其他流程行业。促进产业链内循环，增加职业健康安全。可采集各生产环节的能源消耗和污染物排放数据，并进行工艺优化和设备升级，降低能耗成本和环保成本。

经济效益方面，解决 8 类问题：操作人员多、运行成本高、工作效率低、劳动强度大、作业环境差、监管手段少、运维评估难、网络部署杂。5G+工业互联网颠覆、革新传统生产工艺的典型案列，解决了现场生产的现实难题，极大提高了生产效率。基于 5G 实验网成效，随着智能制造推进，结合工艺设备升级及 5G 建设，加速推进智慧料厂实施。进一步减员增效，预计最终全厂将由 900 人减到 450 人。在桥机远程操作的基础上，实现在散装料桥机上无人化操作，让桥机变成巨型机器人，达到行业 and 全国先进水平。

10. 现场辅助装配

(1) AR 远程装配、维修、培训

钢铁厂的设备种类繁多，如高炉、天车、连铸机等，这些设备的装配、维修和培训工作都需要专家进行指导，以往专家需要到全国各地指导，这种形式需要的专家数量和每个专家的工作量都不小，工作效率低下，企业成本骤增且容易受到外部环境影响，如新冠肺炎、极端天气等。

AR 远程装配、维修、培训方案使用 5G+AR 技术打造虚拟化设备现场，通过佩戴的 AR 眼镜等智能设备将设备画面通过 5G 网络实时推送给专家。专家可远程对设备进行装配、维修、培训指导，同时技术人员还可以远程进行设备巡检，不受环境地点的约束，随时随地远

程接入，这种方式可以大大减少时间成本，提高工作和沟通效率，同时为企业降低物力和专家聘用成本。

案例 19 湘钢：钢铁跨国 AR 远程专家指导

湘钢的新棒材厂计划于 2020 年 4 月底投产，为此湘钢从德国和奥地利进口了大量的高端轧机设备。但是受到“新冠”疫情的影响，德国和奥地利的设备厂家无法到现场对设备进行指导安装，导致大量设备闲置

为解决受疫情影响导致的欧洲设备厂家无法进行现场支持的问题，湘钢项目组提出私有化搭建跨国 AR 远程专家指导系统，设备厂家可在欧洲直接观看到现场的实时情况，远程指导现场工人完成相关工作。基于部署的跨国 AR 远程专家指导系统，现场维修工人可通过佩戴 AR 眼镜向欧洲专家发起音视频通话，实时采集并分享现场第一视角画面。同时，欧洲专家可基于现场采集到的画面，通过语音指导、画面标注、共享白板等功能，指导现场工人完成设备的安装调试、维修维护等工作，克服了疫情影响，与中德奥三地专家进行远程无障碍沟通协作，顺利实现跨国远程装配，这是我国钢铁业首次通过 5G+AR 进行跨国远程装配。

（五）安全防护

随着 5G 全连接工厂的推广与发展，钢铁企业在 OT 与 IT 的融合逐渐深入，对网络安全的防护能力有了更高要求。钢铁企业应以国家相关网络安全防护标准为指引，结合本行业 5G 全连接工厂特点，综合考虑提升安全策略，搭建体系化防御，协同提高网络安全防护能力。

1. 国家/行业防护标准要求

5G 工厂的出现，推动了生产制造模式的变革，也给工控网络安全带来了新的挑战，为保证安全生产，国家/行业发布了一系列规范、

标准。钢铁行业也不例外，在制定钢铁 5G 工厂的安全方案时，首先需要满足相关防护标准（主要标准详见附录），其要求如下所示：

（1）物理环境安全达标

工厂网络都是以一定的方式运行在物理设备之上的，应保障构成信息网络的各种设备、网络线路、供电连接等安全，如设备的访问控制、防盗、防电磁泄露、防电磁干扰等。

对网络架构进行梳理与整改，保证网络设备的业务处理能力满足业务高峰期需要；保证网络各个部分的带宽满足业务高峰期需要；保证系统的可用性与高可靠性。

（2）网络安全策略达标

在工厂、办公区域边界部署专项安全设备来建立区域防御机制，有效抵御各类针对工控系统的网络攻击和恶意破坏，为生产控制系统的稳定运行提供安全保障。

在系统中的终端部署主机安全加固系统，采用白名单的技术方式，实现恶意代码防护、入侵检测、安全审计、外设管理、信息保护等功能。

建设安全管理中心，对运维进行管控与记录；对安全事件和操作行为记录留存与分析；对安全设备运行管理、运维管理和应急事件处理。让整体安全状态可感知，安全态势可预测。

（3）安全制度管理达标

安全防护不仅依靠设备来进行技术层面的安全防护，还需依据国家政策法规、行业标准要求和本单位的管理制度来制定工控系统安全方针制度。

2. 安全防护能力升级

(1) 5G安全防护能力提升

5G全连接工厂中的网络防护，应充分考虑生产业务、生产车间数字化转型的需求，将核心设备运维（如冶金起重机/轧机磨辊）、资产管理（如工控主机/PLC）、高炉/加热炉等关键设备状态监测等安全防护工作与 5G网络先进的安全特性相结合，实现网络区隔、限制终端接入，从而保证网络安全。

a. 切片管理

5G网络可以基于无线接入网、传输网与核心网等基础设施以及网络虚拟化技术构建面向不同业务特征的逻辑网络（切片），根据 5G全连接工厂在各生产线的不同安全需求，划分彼此隔离的网络切片，切片之间的网络互不影响。通过个性化的切片控制，保证只有授权用户和设备能够访问各自的 5G网络，实现安全隔离。

b. 二次认证

二次认证通过 5G网络提供的底层认证通道，由工厂自主制定认证算法和认证协议，实现灵活自主的认证接入。当 5G主认证完成之后，由认证服务器对用户进行第二次认证授权，只有符合厂区要求的

终端才能接入到网络内。认证服务器根据实际业务需求，既可以由工厂自主部署，也可以由运营商统一部署。

(2) 数据安全防护能力提升

在钢铁行业中，大量的关键数据在生产过程中被采集、传输、处理和存储，如高炉、转炉、煤气管道等生产设备的状态数据，吊运天车、鱼雷罐车、转运钢包等物流设备的位置信息，测温取样、实时表面质量、力学性能等检测指标，以及合金添加量、各轧制段温度等各类工艺数据等。为保证以上关键数据安全，除采用常规的数据加密技术外，还需要利用 5GMEC 技术，将数据存储、处理等环节留在厂区内部完成。由于敏感信息不再需要在外部网络中长途传输，从而减少了被攻击或窃取的风险。此外，5GMEC 技术还提高了网络的反应速度和容错性，有助于更快检测和应对潜在的安全威胁，从而保障了钢铁生产环境的网络安全性。

(3) 通用网络隔离能力提升

除利用 5G 技术进行无线网络隔离外，还需要利用工业防火墙，进行安全域划分，区隔 IT、OT 网络，实现工控网络架构与分区分域防护。隔离管理既能保护核心生产网络的安全，也能将外部攻击抑制在某一个网络域内，缩小安全威胁的影响范围。

网络隔离手段主要包括：通过白名单策略和协议分析实现 OT/IT 网络之间的边界访问控制；设置网络数据的单向传输；通过检测非法操作、外部攻击，实时阻断非法数据包并生成告警信息；通过深度数据包解析，检测数据包的有效内容特征，进而生成白名单。

(4) 工控主机防护能力提升

在主机上部署安全软件，采用轻量级的软件“白名单”机制，完善相应的加固策略，定期升级系统、安装漏洞补丁，提升安全级别，并通过集中管理平台进行安全策略下发。对Windows操作系统的exe、bat、vbs、cmd、reg等可执行文件进行实时监管，阻止非白名单内的进程运行；对Linux系统的ELF、Perl、Python、Shell等脚本文件进行防护，增强防护范围。

开启服务器上的安全事件及用户行为审计，如文件操作、进程活动、系统日志、系统账户变更等，便于及时发现攻击来源及系统漏洞。

对移动存储介质进行全面管控，实现对移动存储的安全信任管理。并对USB等介质接口进行全面管控，使得未授权设备无法接入主机。

(5) 流量监控与审计防护能力提升

对主交换机采取旁路部署流量监测与审计设备的方式，对网络通信流量进行有效监视，对恶意攻击、数据篡改、违规操作等行为进行告警和审计，为网络安全管理人员提供线索依据和事件还原功能，帮助用户掌握工业控制网络运行状况。对网络中存在的活动提供行为、内容、协议、流量审计，生成完整记录，为事件溯源追踪提供帮助；对未知设备接入工业控制系统网络实时告警，迅速发现工业控制网络中存在的异常终端、异常服务。

3. 安全管理水平提升

在网络安全管理体系中，管理水平和技术水平具有同等重要的地位。随着工业领域IT和OT深度融合，工厂的人员管理、制度管理需求出现了不同程度的变化，5G全连接工厂应站在IT、OT充分融合的角度，来提升相应的管理水平。

人员管理，需要面向 5G全连接工厂的各种应用场景，对人员的录用、资质、离岗、操作等方面制订管理流程，并严格执行。对员工在办公、质检、炼铁、炼钢、轧钢、天车远控等系统内的账号权限、密码复杂度定期进行审核与检查，设计安全技术加流程管理的模式，对有泄密风险的人员进行重点审计，所有与系统安全相关的事件和活动，需要上传到云端进行长期保留，以便在需要进行审计和调查。同时，可以通过软件层面的防护能力，避免工控系统内出现插拔未经验证的U盘、移动电话、介质等设备情况的发生。

在制度管理方面，需要明确员工的网络安全责任和义务，并定期结合厂区实际网络结构开展新型安全理论培训及实操/攻防演练工作，切实执行有关规范流程，学习最新网络安全知识，提高员工的网络安全意识、防范能力和应急处理能力。利用监督追责制度，对违反网络安全规定和制度的人员进行惩处，确保网络安全管理工作的有效性和可持续性。如员工是否根据相关规定进行审批后进行操作，是否存在使用非认证设备、存储介质等接入工控系统，并标记溯源。

4. 实施案例

案例 15 昆明钢铁集团：网络安全运营保障体系建设方案

作为云南省最大的钢铁联合企业和国家特大型工业企业，昆钢集团在业务发展过程中也遇到了工业互联网安全防护和监测管理能力不足、人员工控安全能力不足等问题，给正常的生产带来了安全隐患。

烽台科技公司围绕昆钢的实际运营需求，制定“安全防护—安全运营监测—安全制度管理”三位一体的网络安全运营保障体系建设方案并取得了良好的效果。

该方案通过覆盖IT/OT网络及设备的防护监测平台以及 5G 的安全性，利用主动防御、重点防护、溯源、分析等能力，实现了业务、人员的网络隔离与准入，为车间、工厂、集团多个层级提供了实时网络检测和防护手段，提高了必要节点安全防护能力。同时，通过强化人员的网络安全意识，制订设备操作、网络接入、数据读取等关键环节的操作管理流程并严格执行，使得防护平台的效果得以落地。

三位一体的网络安全运营保障体系相辅相成，低投入高回报，为集团业务生产安全提供保障。截至目前为止，整个集团的 5G 工厂未出现重大网络安全事件。

5. 附录

主要网络安全防护标准、要求

名称
信息安全等级保护管理办法
中华人民共和国计算机信息系统安全保护条例
计算机信息系统安全等级保护划分准则
工业控制系统信息安全第 1 部分：评估规范
信息安全技术网络安全等级保护基本要求

信息安全技术网络安全等级保护安全设计技术
信息安全技术网络安全等级保护实施指南
信息安全技术网络安全等级保护测评要求
信息安全技术网络安全等级保护定级指南
国家信息化领导小组关于加强 信息安全保障工作的意见
关于加强工业控制系统信息安全管理的通知
关于积极推进“互联网+”行动的指导意见
工业控制系统信息安全防护指南
工业控制系统信息安全事件应急管理工作指南
工业互联网网络建设及推广指南
国家智能制造标准体系建设指南
工业互联网综合标准化体系建设指南
加强工业互联网安全工作的指导意见
关于加快培育共享制造新模式新业态促进制造业高质 量发展的指导意见
制造业设计能力提升专项行动计划（2019-2022 年）



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

四、工厂实施建议

5G全连接工厂建设要因地制宜。钢铁企业需要从技术发展角度和业务发展角度梳理应用场景，从业务界面和对网络性能需求分级两个维度分析企业当前对于 5G 网络的需求和未来可能的使用需求，做好前期的规划和统筹，根据钢铁企业不同发展阶段配合不同的建设路径。

对于处于工业 1.0 的钢铁企业，补全信息化短板是首选路径，优先进行基础的信息化平台建设，通过 OA、MES、APS 等系统的建设，为企业的生产和管理流程提供信息化支持；

对于处于工业 2.0 的企业，有单体自动化与一定信息化基础，重点进行生产自动化的升级改造，达成全面生产自动化。在网络层面重点开展建设 5G 专网，大中型钢铁企业可以考虑通过建设下沉到园区的专网模式，小型钢铁企业可以考虑产业园区共享专网模式，5G 专网建设要保障数据的安全性和网络质量保障，在专网建设过程中做好和原有厂区网络的融合（含有线、无线），做到 5G 网络和企业网络的有机融合，保障企业数据的互联互通。在建设 5G 专网过程中，和运营商积极开展合作，建设 5G 专网能力开放平台，和运营商建立网络共管共维的运营模式。

在 5G 网络应用方面，钢铁企业可以尝试从环境检测，人员合规以及无人天车等钢铁生产外围业务方面进行切入，通过使用以及运维这些业务，使企业对于 5G 技术的成熟度以及技术能力有一定认知和认可后，开始考虑将 5G 运用到生产核心环节。随着确定性网络技术的发展，大大提升了 5G 网络传输的确定性，网络的时延和抖动逐步

降低满足企业生产过程中实时控制和决策的应用需求，这为 5G 在企业的大规模应用奠定了坚实的基础。如在轧钢轧制过程闭环控制系统需要低时间、抖动的网络支撑，借助于 5G+确定性网络技术实现轧钢高速闭环控制；通过 5G+PLC 的模式，实现生产工艺段的自动化和无人化，改善生产环境，提升生产效率。

对于达到工业 3.0 的领先企业，可在技改和新建项目中把 5G 网络作为建设必选项，打造 5G 网络已经成为企业必需的网络基础设施，推动 5G 技术覆盖工厂绝大部分应用场景，特别是利用 5G 网络推动企业在数据融合层面的发展，通过与物联网，大数据，AI 及信息化，自动化融合，实现数据要素融合利用，打造钢铁企业的工业互联网平台，促进 IT 和 OT 深度融合，不断创新改善钢铁企业的生产和运营模式，促进钢铁企业的高质量转型发展。

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