 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v6i7.6709

Research and Application of Smart Steel Based on 5G Dedicated Network

Tao Wu

China Unicom (Anhui) Industrial Internet Co., Ltd., Hefei, Anhui, 230000, China

Abstract

The transformation of the steel industry from 'manufacturing' to 'smart manufacturing' relies on the support of 5G, industrial internet, big data, cloud computing, and AI. This transformation aims to achieve full connectivity of equipment, reduced on-site operations, automated process control, informatization of production management, and coordinated interaction among production, supply, and sales. By building an industrial internet platform, the level of smart operations and collaborative ecosystems can be enhanced, facilitating the transition from traditional material yards to digital ones. Network connectivity is essential for the industrial internet and digital transformation of material yards. The connection is transitioning from primarily wired to primarily wireless, with multiple access methods integrated into a model primarily based on 5G + optical fiber coexistence, to create a low-latency, highly reliable basic network.

Keywords

Industrial Internet; 5G; Digitalization

基于 5G 专网的智慧钢铁研究与应用

武涛

联通（安徽）产业互联网有限公司，中国 · 安徽 合肥 230000

摘　要

钢铁行业从“制造”向“智造”转型离不开5G、工业互联网、大数据、云计算和AI支撑，以此实现设备的全连接、现场作业少人化、过程控制自动化、生产管理信息化和产供销的协同联动。通过构建工业互联网平台，提升智慧运营和协同生态水平，实现传统料场向数字化料场转型。网络连接是实现料场工业互联网和数字化转型的前提，连接由有线为主向无线为主过渡，由多种接入方式整合为以5G+光纤共存的模式为主，共同打造低时延、高可靠的基础网络。

关键词

工业互联网；5G；数字化

1 背景

我国钢铁行业发展迅速。2020 年中国的粗钢产量达到 10.53 亿吨，同比提高 5.2%，占全球粗钢产量的 56.5%，居世界首位。但我国铁冶金行业的智能化水平较世界发达国家相比还有很大的差距，利用物联网、5G、工业互联网、大数据、人工智能等新技术与冶金行业的融合是中国钢铁行业发展的重要趋势。从业务上看，我国钢铁制造业需要进一步强化多专业的调度业务，整合及协同，并打通各专业、全流程的业务系统，实现高度集中、高效快捷的扁平化组产模式成为重要的发展趋势。从既有基础条件上看，自 20 世纪 90 年代以来，我国钢铁行业在实现企业管理的物流、信息流、资金流等方面取得了显著的进步，行业制造水平和能力有显著提升，钢铁“制造”正在向钢铁“智造”转型。上述特征，为 5G 专网在钢铁行业中的应用和推广奠定了很好的基础。

构建面向钢铁制造行业的 5G 专网及智能化应用主要包括以下内容。

第一，搭建高质量企业内网络，实现网络互联互通和数据互联互通，为工业企业提供开展业务所必须的无线网络环境，支持企业生产设施、设备等工业终端接入。

第二，基于 SDN 技术的白盒工业网关、边缘计算网关。软硬件解耦，改变应用开发依赖编译器和私有 SDK 等问题，实现工业网关智能接入工业专网、智能组网等网格功能，使得工业网关更智能、更开放。

第三，5G 专网的智能化应用。在 5G 高质量网络基础上，实现钢铁冶金的远程故障诊断、远程控制、无人驾驶（堆取料机）、物料等业务，为企业业务运行提供安全保障和有效资源调度，突破传统制造在可靠性、安全性、智能化等方面的短板，开展工业互联网技术创新，支撑智能制造和产业

【作者简介】武涛（1987–），男，中国安徽宿州人，硕士，工程师，从事5G、工业互联网、智能智造研究。

升级。

2 基于 5G 专网的智慧钢铁方案

2.1 5G+MEC 建设

2.1.1 5G 网络

某钢铁厂由原料收入、原料储存、混匀加工、块矿烘干筛分、原料外供、污矿综合利用等系统组成。为满足使用 5G 网络，将移动设备各类状态信号、控制信号、视频监控信号进行远传，实现远程控制，经实地勘察，需建设 18 处 5G 基站方能覆盖上述场景。

2.1.2 MEC 边缘云技术

随着数字经济的蓬勃发展，5G 网络与大数据、人工智能、虚拟增强现实、边缘计算等技术深度融合，为智能制造等创新业务场景的发展注入了新活力。MEC（Multi-access Edge Computing 多接入边缘计算）边缘云将高带宽、低时延、本地化业务下沉到网络边缘，成为 5G 网络重构和数字化转型的关键利器。

为厂区规划专门的 TA 区，分配专用的 DNN，实现基于厂区范围的网络隔离和数据不出园区，充分保证企业数据的安全性和隔离性。

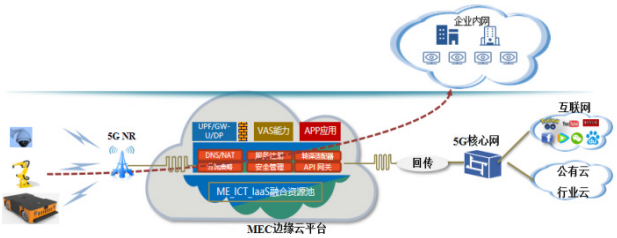


图 虚拟专网网络架构

2.1.3 建设技术方案

在 SA（Standalone 独立组网）模式下，进行 5G 专网的部署，实现了以下功能：远端 PLC 和中控 PLC 进行双向远程通信、在控制室将网络设备的远程操作、网络控制系统的报警和故障信号发送给控制室，控制室对网络进行实时视频监控、将有线和5G进行汇聚，实现了传输网络的冗余备份。

在 5G 工业实验与运行实际应用中，充分证明了 5G 无线网络对企业智慧制造的强有力支撑。根据 5G 网络的特性，为满足现场数据回传低延时性、可靠性、安全性的要求，保证工业现场数据不出园区，工业企业数据中心部署一套 MEC 设备，实现对接入前端的应用识别，同时 MEC 交换设备作为企业 BGP、MPLS 承载网的 CE 接入企业承载网，满足企业承载网数据传输要求。终端设备通过有线或无线的方式连接 CPE 设备，与 5G 基站进行通信，将终端设备数据汇聚到边缘服务器，通过 MEC 进行解析，把数据传送到上层云平台进行存储和展示。上层组态数据需要反馈到终端设备时，可以直接下达指令，5G 网络完成满足其低时延需求。驻外机构也可以通过 5G 核心网访问企业内部数据。针对不同典型工业场景进行基站建设，各类前端设备通过自带模组或外接 CPE（Customer Premise Equipment 客户前置设备）的方式无线连接到基站，实现基于 5G 专网的应用。

2.2 典型工业场景

2.2.1 智慧料厂 5G 远程操控

钢材生产的原料大量从外购买，原料到达港口后，通过大型输送皮带、输送机、巷道到达料棚，由料棚中的堆取料机、移动小车等设备对原料进行转运、均化。

港务料厂装备有大量移动设备，分布在料厂区域内，现场视频监控信号及控制信号的传输量巨大，有线网络路径复杂、施工量大、维护成本高，移动设备的控制信号 WiFi 传输容易受干扰、时延不稳定、性能受限；单路网络不够可靠，单点故障即可造成整体停运。各控制系统信号连锁复杂，协同控制困难；设备的巡检工作依靠人工，而现场环境复杂、浮尘较多、危险程度高，设备故障处理不及时将造成间接经济损失。为此，需构建料厂 5G 方案，其拓扑图如图所示。

第一，矿槽远程操控。通过在移动布料车上部署摄像头，将视频信号接入 5G 网络，同时将控制系统与 HMI 操作界面通信接入 5G，将现场操作工人从污染严重的环境中撤下来，实现在中控室通过监控布料设备的运转状态和电气信号完成远程操控。

第二，堆取料机远程操控。通过 5G 完成各系统关键控制信号连锁，动态计算每台堆 / 取料机准确行走位置、悬臂回转及俯仰的空间位置，根据来料信号、取料信号、料堆高度等实际情况来调整和控制各台堆、取料机启停、俯仰角度、行走位置等。当计算结果发现有碰撞可能性时，发出报警信号，引起有关操作人员的注意，如果相邻堆 / 取料机间距继续减小，则发出紧急停车信号，堆 / 取料机自动停止。提高控制自动化程度，降低操作工劳动强度，实现堆取料机远程操作。

2.2.2 5G+AR 辅助设备运维培训

钢铁行业设备属于结构复杂、技术密集的大型复杂机电系统。钢铁行业设备的装配和维修过程对人员技术和工具设备都有极高的要求。由于受时间、条件和环境等因素的限制，培训成本高、维修劳动强度高、技术难度大，是产生维修差错和质量问题的主要原因。维修质量对设备的性能和使用寿命影响很大，维修和装配差错更是诱发或直接导致事故最重要的原因之一。目前，无论是制造厂还是维修单位，复杂装备的拆装和维修都是依靠纸质或手持终端上的电子手册，需要边看边进行，难度大、效率低，差错难以控制，双手被占用，并且传统方式完全依靠维修人员的维修技能和经验，维修装配的质量可控性较差。

基于边缘计算的 AR 辅助钢铁行业设备运维培训演示系统，是利用边缘计算、增强现实、人机自然交互和交互式电子手册（IETM）等技术构成的针对钢铁行业的支持系统。运维人员通过自然交互手段感知周围场景和维护对象的变

化，利用增强现实三维注册显示和跟踪定位技术将所需要的数字化诱导信息根据手势和语音等无缝显示到 AR 眼镜中，从而解放作业人员的双手，使之专注于实际工作，提高作业效率，减少错误发生。

通过 AR 系统呈现出真实的工业机器人本体及工艺任务形态，工业机器人运动控制器、示教器可以同 VR 眼镜实时通信，真实操作虚拟的 AR 工业机器人，通过 5G 网络实现了实时交互、真实示教、编译仿真、虚实结合、沉浸式工业机器人实训教学。借助计算机图形学技术和可视化技术产生现实环境中不存在的虚拟对象，并通过环境识别和三维注册技术将虚拟对象准确“放置”在真实环境中，借助显示设备将虚拟对象与真实环境融为一体。在培训过程中可完成喷涂、焊接、码垛、分拣等工艺流程体验，也可让每一位参训人员根据自身的学习特点，通过仿真软件学习内容，按照适合于自己的方式和速度进行学习。

该系统主要研究如下内容，一是如何利用 AR 智能眼镜的虚实融合、实时交互、解放双手、信息近眼显示等特点，使其显示方式和交互方式可真正做到以操作者为中心；二是在运维培训中，如何使 AR 智能眼镜让学员直接进入到真实的操检环境中，通过数字化模型帮助学员了解设备的工作原理及操检步骤，让学员快速掌握操作、维修的知识及技巧，避免教练员手把手教，从而提高培训效率，降低培训成本。根据机器人 5G+AR 培训的实施效果，后期将推广到大型设备运维、AGV 小车、叉车、数控机床等设备的培训。

2.2.3 5G+ 胶带机智能维检

胶带机因工作环境复杂，运输距离长，运输量大，生产运行中经常会发生电机、减速机故障，胶带跑偏、打滑、撕裂等现象，由于缺乏有效检测、监测手段，发生设备事故轻则影响生产效率，重则引起严重事故。

运用智能传感器及 5G 网络技术，提升设备运行检测手段；建立设备实时数字化模型，实现设备管理可视化；运用智能分析模型，实现故障快速智能诊断；进行系统的数字化健康评估，保障系统运行安全；利用历史数据，基于机器学习算法和模型分析评估设备健康状况，实现预测性维护。同时建立一套包括档案管理、备件管理、设备检修等功能的智能维检系统，实现运维监测信息化及智能化远程管理。

5G 胶带机智能维检利用 5G 网络实时采集电机、减速机及胶带数据，将数据周期性上传，经过智能算法分析后进行状态估算和态势感知并发送给运维人员，以提前预测设备状态并采取措施，避免胶带故障和安全风险。

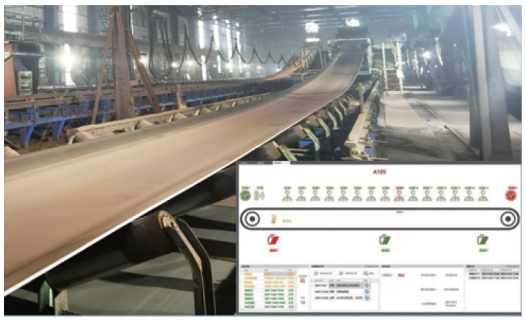


图 5G+ 胶带机智能维检

3 结论及未来展望

结合 5G 技术，充分将企业的人、机、物、系统进行互联，进一步赋能钢铁制造，基于 5G 专网主要聚焦如下应用场景。

第一，智能设备互联。面向复杂多样的现场装备，进行数据采集和接入，获取设备运行和状态数据，实现工业互联网泛在连接。

第二，智能化生产。钢铁行业工业互联网平台可将生产工艺、生产过程控制、产品质量管理等领域涉及的工业知识显性化为工业机理模型，结合 5G 技术，进行人、机、物、系统连接，对钢铁工艺流程进行优化。

第三，智慧化运营。结合实际市场需求和企业生产能力，利用 5G 技术，将企业运营的关键要素接入工业互联网平台，提升企业综合运营效率和产品用户体验。

第四，绿色化发展。钢铁行业的能耗和环保问题日益突出，钢铁企业可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。

当前 5G+ 钢铁行业规模化应用仍面临使用成本高、技术生态不完善、缺少示范案例、建网标准与商业模式不清晰四大问题。需要加大 5G 钢铁行业专网技术研发和推广。

参考文献

[1] 中国钢铁工业协会. (2021). 2020年中国钢铁行业运行报告. *中国钢铁*, *15*(3), 1-10.

[2] Zhang, L., et al. (2022). “5G-based Remote Control in Steel Plants.” *Proceedings of IEEE International Conference on Industrial IoT*, 1-6. https://doi.org/xxxx

[3] 3GPP. (2020). *5G系统架构标准（Release 16）* [技术报告]. https://www.3gpp.org/

[4] 工业和信息化部. (2023). *“十四五”智能制造发展规划*. Retrieved July 8, 2025, from http://www.miit.gov.cn/