

钢铁行业大型特种设备 5G 应用 系统设计


Design of 5G Application System for Large Special Equipment in Steel Industry

李 渝¹, 韩政鑫², 程景浩¹(1. 中讯邮电咨询设计院有限公司, 北京 100048; 2. 中国联通研究院, 北京 100176)
Li Yu¹, Han Zhengxin², Cheng Jinghao¹(1. China Information Technology Designing & Consulting Institute Co., Ltd., Beijing 100048, China; 2. China Unicom Research Institute, Beijing 100176, China)

摘 要:

在“工业 4.0”、“工业互联网”、“5G”大发展的时代背景下,钢铁行业正处于转型升级的关键期,大型特种设备是钢铁行业生产的关键型设备,目前主要以人工现场操作为主,存在工作环境恶劣、人工成本高、工作效率低的问题。5G 技术的低时延、大带宽、广连接的特性将为大型特种设备自动化改造注入新动力。探讨分析钢铁行业大型设备作业现状和痛点,大型特种设备自动化改造具体需求,5G 大型特种设备应用场景,提出 5G 智能无人化大型特种设备系统架构和功能,给出实现大型特种设备作业的无人化、自动化、智能化可行性方案。

关键词:

智慧钢铁; 5G; 无人化大型特种设备; 远程控制
doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2021.07.016
文章编号: 1007-3043(2021)07-0066-07
中图分类号: TN929.5
文献标识码: A
开放科学(资源服务)标识码(OSID): 

Abstract:

Under the background of "Industry 4.0", "Industry Internet" and "5G" development, the iron and steel industry is in a critical period of transformation and upgrading. Large special equipment is a key equipment in the production of the steel industry. At present, it mainly relies on manual field operation, which has problems such as poor working environment, high labor cost and low work efficiency. The characteristics of 5G technology, such as low delay, large bandwidth and wide connection, will inject new impetus into the automatic transformation of the large special equipment. It discusses and analyzes the current situation and pain points of large special equipment operation in the steel industry, the specific requirements of automatic transformation of Large special equipment, the application scenario of 5G for large special equipment, proposes the architecture and function of 5G intelligent unmanned large special equipment system, and gives a feasible plan to realize unmanned, automatic and intelligent large special equipment operation.

Keywords:

Smart steel; 5G; Unmanned large special equipment; Remote control

引用格式: 李渝, 韩政鑫, 程景浩. 钢铁行业大型特种设备 5G 应用系统设计[J]. 邮电设计技术, 2021(7): 66-72.

1 概述

据世界钢铁协会统计,2020 年全球粗钢产量达到 18.64 亿吨,同比下降 0.9%。其中,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%,中国粗钢产量份额占全球比重过半并持续提

升,钢铁行业是国民经济的基石,在支撑中国宏观经济快速复苏方面起到了重要作用。工业和信息化部表示,2021 年将加速推进钢铁行业的兼并重组,推动解决行业长期存在的同质化竞争严重、资源配置不合理、研发创新协同能力不强等方面的问题,提高钢铁行业的创新能力和规模效益^[1]。

钢铁行业是典型的流程型行业,现阶段钢铁行业信息化水平参差不齐,很多环节大量依靠人工操作,

收稿日期: 2021-05-13

天车、堆取料机、翻斗车、铁水罐车、焦化厂四大车等是钢铁厂区的关键性设备, 原材料提供、产品的吊取、运输、装卸等都以人工现场操作为主, 存在操作环境恶劣高危, 人工成本高, 生产效率低等问题。智慧钢铁作为行业发展的必然趋势, 以 5G+工业互联网为载体, 融合钢铁行业智能制造创新技术, 将会为钢铁行业自动化升级注入新动力^[2]。5G 大型特种设备应用将为钢铁企业高效生产、安全生产及高价值设备提供保障。它克服了光纤铺设不便, Wi-Fi 容量不足不稳定等缺点, 将高清视频、PLC 控制信号、设备运行状态实时地传送到后台, 实现操作工在后台远程进行精准操作, 甚至是自动化运作, 可提升作业效率和减少现场人工操作安全隐患。

随着 5G、边缘计算、大数据、云计算等先进技术的日益成熟, 以典型 5G 应用为基础, 打造具有运营商特色的钢铁行业服务, 聚焦网络化、智能化、无人化等发展方向, 有利于运营商形成 5G 工业创新的先发优势^[3]。

2 大型特种设备作业现状、需求和痛点分析

目前天车、堆取料机、翻斗车、铁水罐车、焦化厂四大车等大型特种设备在钢铁冶炼等流程性行业使用广泛。冶炼流程伴随着高风险性, 给工作人员带来人身安全隐患^[4]。

a) 人工调度, 效率低。操作过程均为人工现场操作, 操作室在设备边缘侧, 操作室工作空间狭小, 操作过程重复性高, 工作时间长, 操作过程存在安全隐患。

b) 操作精确定位。操作过程需要人为进行定位,

效率低下。

c) 人工计量。吊装计量采用人工方式, 不利于生产过程精细化管理。

d) 工作环境/生产安全。作业工作环境相对较差; 现场为非封闭式环境, 无电子栅栏, 现场监控存在死角, 工作人员多杂时, 容易忽视人员监管, 影响生产安全。

现场环境粉尘严重, 环境温度较高, 对操作作业安全和身体健康影响大。

室外操作雾气较大时, 司机必须等雾气散了以后才能作业, 影响效率。

雾气中含有硫化物等有害气体, 对司机的身体有较大的影响, 亟需解决影响司机身体健康的问题, 改善司机的工作环境。

3 5G 性能指标在生产中应用分析

对已有设备进行了改造, 远程无线控制方式以工业 AP 为主, 品牌一般为摩莎/东土/西门子等。Wi-Fi 6, 即 802.11ax, 在速率方面做了提升, 可支持最高速率为 9.6 Gbit/s, 安全性有一定提升, 但大规模室外覆盖能力弱, 无法满足超低延时和高可靠性保障^[9]。

从安全性、时延、稳定可靠性、覆盖、业务和海量连接等几方面对无线控制方式进行对比分析。5G 和 Wi-Fi 6 对比分析如表 1 所示^[5]。

5G 具备低延时、高可靠和大带宽的技术特点, 5G 网络与大型特种设备生产业务场景需求匹配度高。5G 网络可为高清监控视频回传业务提供高带宽服务, 为远程控制业务提供超低时延服务, 为现场设备运行

表 1 无线控 5G 和 Wi-Fi 对比分析

| 序号 | 网络性能 | 对比项 | 5G | Wi-Fi6 | 备注 |
|----|-------|--------------------|----|--------|--|
| 1 | 安全性 | 双向鉴权、认证、加密 | √ | √ | 5G 空口安全性高, 所有流量都要经过运营商, Wi-Fi WPA3 协议安全有保障 |
| 2 | | 与公众网络数据分离 | √ | × | 5G+MEC 实现 |
| 3 | | 企业数据本地分流 | √ | √ | 5G+MEC 实现 |
| 4 | | 授权频率不易被攻击 | √ | × | Wi-Fi 工作在公共频段, 容易被攻击 |
| 5 | 时延 | 业务超低时延保障 | √ | √ | 5G 时延为 10 ms, Wi-Fi6 时延为 50 ms |
| 6 | 稳定可靠性 | 电信级 99.999% 的可靠性保障 | √ | × | Wi-Fi 经常丢包、抖动 |
| 7 | | 网络安全容灾备份 | √ | × | 5G 多种容灾措施保障网络安全 |
| 8 | | 无线频率干扰 | √ | × | Wi-Fi 易出现频率干扰 |
| 9 | 覆盖 | 连续连片覆盖范围 | √ | × | Wi-Fi 大面积室外覆盖能力弱(发射功率不超过 30 dBm, 室外覆盖范围 500 m 以内)。 |
| 10 | 业务 | 业务连续性 | √ | × | Wi-Fi 站点切换会中断业务 |
| 11 | 海量连接 | 高密度终端接入 | √ | × | Wi-Fi 不支持海量终端接入 |

状态数据采集业务提供海量连接服务^[6-8]。

应用中不同业务对于网络性能的需求不同,网络承载的业务主要包括远程控制业务、高清实时画面回传业务、现场设备运行状态数据采集及实时回传业务,具体网络性能需求如表2所示。

表2 天车业务对网络需求

| 序号 | 业务分类 | 描述 | 5G 网络需求 | |
|----|------|--------------|---------|---------------|
| | | | 时延 | 带宽 |
| 1 | 控制级 | 远程操作场景(控制部分) | 20 ms 内 | 50~100 kbit/s |
| 2 | 通信 | 远程操作场景(视频部分) | 50 ms 内 | 72~144 Mbit/s |
| 3 | 采集 | 数据采集 | 50 ms 内 | 40~144 Mbit/s |

4 5G 专网应用分析

钢铁行业的生产及业务场景对无线网络覆盖质量、时延、上行带宽、数据保密性、设备移动性和网络控制权等的要求均高于公共大网。对于大型特种设备这种特定场景需要综合型、灵活便捷的 5G 行业专网,按需提供定制化的网络解决方案,解决现有无线专网的痛点。

5G 行业专网为现场作业提供了如下服务^[15]。

a) 低时延专网保障服务。采用移动网络切片技术,可为生产现场提供端到端低时延安全隔离的专网保障服务。

b) 数据本地分流服务。即设备上采集的业务过程数据和设备运行状态工作数据、作业生产环境数据等都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)。

c) 现场高带宽的监控和分析服务。即在现场为生产设备提供近端网络服务的同时,也可以为数字化仿真现场监控、视频监控等提供高带宽服务。

d) 业务协同服务。在面向设备无线数采,无线视频采集、远程控制、精准定位等应用场景中,5G 切片与智能 MEC 边缘云协同编排,可以实现端到端低时延、高可靠数采的专网品质保障^[10]。

5 5G 智能大型特种设备应用系统架构和功能

系统总体目标是实现作业无人化、自动化、智能化。遵循“设计一步到位,分阶段实施”的原则,通过开展远程集中控制改造和智能化改造,实现半无人

化、半智能化;同时为完全无人化、智能化做好硬件系统的准备,届时升级软件系统即可实现完全无人化、智能化。

系统智能化按照“一网、一平台、N 应用”的整体技术方案。整体技术方案如图 1 所示。

5.1 大型特种设备操作方式

大型特种设备系统智能化发展趋势,可以分为 4 个阶段。

a) 人工操作。操作员在驾驶室操纵,外部设置瞭望或指挥人员,共同完成作业任务。此阶段对位、控制、走行、倾倒等需要人工介入,效率低下;同时作业现场环境恶劣,作业人员精神紧张,劳动强度大,作业安全隐患大。

b) 地面遥控操作。操作员通过控制手柄,在距离较远的地方完成操纵。相比有人方式,作业人员的安全得到了提升;但作业效率没有改善。

c) 远程集中控制。在地面中控室内通过视频监控及远程控制系统,实现对大型特种设备的远程集中控制。操作员在远程控制操作终端上用鼠标点击相应区域和作业类型完成作业。这种作业方式的优点是操作员作业环境得到显著改善,作业安全性得到显著提升。同时,在集中控制模式下,远程控制系统可以与 MES 等生产调度系统打通,作业效率有所改善,可以实现一人多机操作,企业实现降本增效。

d) 智能化作业。远程控制系统与 MES 等系统实现无缝对接,业务调度、大型特种设备操控、现场过程监控无需人工介入,实现无人化,操作员仅需在中控室内监控运行即可。作业安全性和作业效率得到充分保证。

5.2 系统功能

系统由感知层、网络层、5G 边缘工业互联网平台和智能化生产作业系统等组成。

5.2.1 感知层

感知层实现对大型特种设备周边环境的全面感知,保证设备安全、稳定的“无人化、智能化”运行。感知层的感知对象包括以下几方面。

a) 运行状态。比如行进速度、行进方向、牵引力输出功率等,以及无人驾驶系统感知的结果,如周围障碍物等情况。

b) 实时反馈并管控周边的基础设施。比如路口交通信号灯的设置、道岔、道闸开启和关闭、异物入侵报警等。

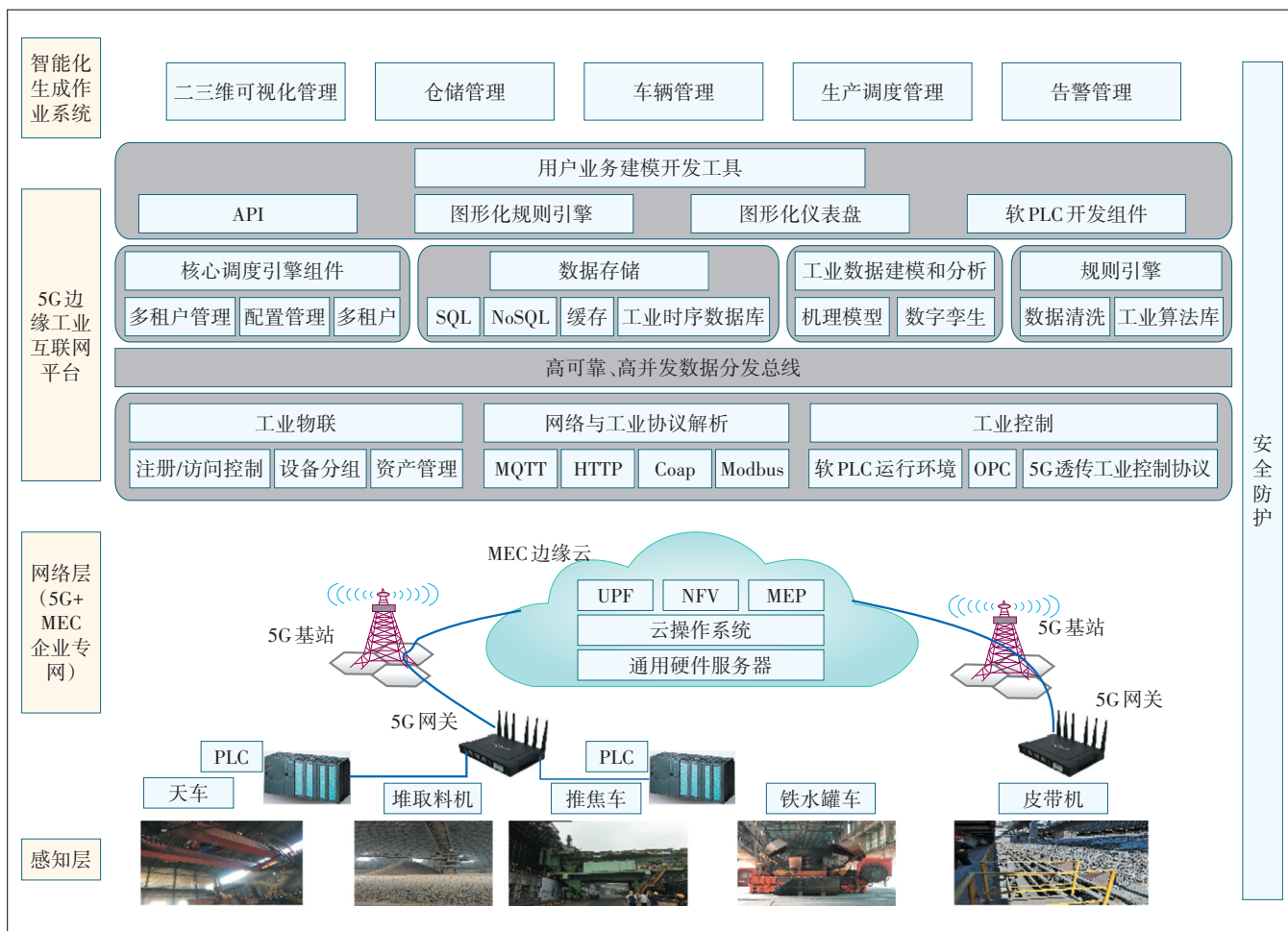


图1 整体技术方案图

如机车轨道周边环境的感知,比如人员闯入、车辆横置等情况。铁水罐的吊装、倾倒等。

5.2.2 网络层

网络层采用5G+工业AP+MEC边缘计算平台的架构。

网络层主要负责感知层到5G工业互联网平台之间的数据的上传和反向控制。

此外,网络层以边缘云的形式为工业互联网平台提供算力、存储能力以及本地分流能力,进一步满足工业控制、无人操作对低时延和数据不出园区等要求。

5.2.3 5G边缘工业互联网平台

5G边缘工业互联网平台实现对物物泛在感知, MES到生产执行装备的数据互通,现场海量设备的数据采集和全面的互联,以及泛在的物联感知,为上层应用提供海量采集信息。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。

5.2.4 集控中心

集控中心主要实现对大型特种设备的远程控制、状态监控和应急处置调度。

5.2.5 智能化生产作业系统

实现大型特种设备调度管理、定位管理、三维可视化管理、故障告警管理、防撞告警、车辆识别、车辆管控、库区管理等功能。能实时采集和反馈现场作业数据,并将调度信息实时展示,便于指挥调度,使管理者能够实时掌握整个生产状态。

5.3 5G边缘工业互联网平台功能

5G边缘工业互联网平台实现平台能力功能,包括设备管理、接入管理、数据管理、安全管理等基础服务^[14]。架构如图2所示。

工业互联网平台主要有如下的功能。



图2 5G 边缘工业互联网平台架构图

a) 工业物联。

(a) 工业控制组件。以全域物联感知接入为基础, 围绕终端设备统一接入和全生命周期管理, 标准化物联数据的采集融合, 构建物联网统一开放服务体系, 实现物联服务能力的即插即用。

(b) 设备接入管理。设备接入管理实现对接入终端的集中管控。用户需向平台提出接入申请, 并提交设备名称、型号、类型、操作系统、接入协议以及用户注册信息等内容, 平台审核对接入设备进行认证。认证通过后, 发放唯一标识, 完成设备注册。用户通过平台可实现对设备的管理、通过创建群组, 把设备加入到对应的群组中, 以实现对设备的分组管理, 方便将设备产生的数据推送至不同的应用。

(c) 支持多种工业协议。平台支持设备直接接入

和网关接入 2 种接入方式, 实现 TCP、HTTP、LWM2M、MQTT、CoAP、HTTP、TCP/IP 等常用传输协议的适配, 满足低能耗网络(NB-IoT)、无线网络(Wi-Fi)、移动网络(4G、5G)和光纤接入等; 在数据协议解析方面, 平台应提供物联协议模型和设备插件 2 种方式, 支持二进制流格式、XML 格式、JSON 格式等主流数据格式的解析。

b) 工业控制。不仅能够通过 OPC、Profinet、Modbus 等工业协议直接实现与 PLC、DCS 等工业控制系统的数据交互, 而且能够实现时间要求敏感的工业控制逻辑。通过在操作系统内核空间实现任务调度与数据处理, 实现对工业协议的解析、数据转发和快速处理; 在内核空间直接运行 PLC 程序等, 完成对时间敏感的工业控制任务。结合软 PLC 开发组件, 用户功能实

现多PLC、多系统之间的协同控制。

c) 数据分发、融合。数据融合集成平台提供全栈多云集成解决方案,是多云时代的应用和数据集成平台。实现服务集成、消息集成、数据集成、业务解耦等核心功能,支撑跨多应用、数据、服务、资源等的协同,以实现企业的内部互通。数据分发、融合模块主要负责提供集控中心视频墙、远程操控台所需的个性化的视频、状态监测数据。

d) 数据存储。工业互联网平台数据存储模块同时支持结构化和非结构化数据。结构化数据库主要用于配置参数、自建模块定义数据等的存储。非结构化数据主要用于生产数据的存储。为了进一步提高数据存取速度,数据库采用高可用集群模式实现数据的高速存取和高可用。数据存储模块主要存储系统运行时各类关键信息,如机车状态、决策与执行指令、工单完成情况等,方便事后跟踪核查。

e) 系统配置。工业互联网平台是一个多用户、多任务的工业操作系统。因此,核心调度模块需要支持高并发操作。系统配置模块可配置多租户,即不同的应用、不同用户独享数据,保证数据安全,并可设置用户登录权限。

f) 现场可视化模块。形象直观的实时显示大型

特种设备的状态,提供GIS地图和位置信息,为生产调度和应急处置提供基础决策数据和决策工具。

5.4 5G工业边缘控制器功能

5G工业边缘控制器是集工业现场工业控制、数据采集与数据传输于一体的智能设备。

5G工业边缘控制器除具备工业通信协议配置管理、安全管理、版本管理、日志管理等通用功能外,还针对5G数据采集及处理、5G承载工业远程控制、5G承载工业通信协议进行了特殊优化。

工业控制器融合了无线、有线、GRE、MQTT、CO-AP等多种网络协议,具有高速率、低时延、高可靠性、易部署等特点。

5.5 智能化生产作业系统功能

智能化生产作业系统总体架构如图3所示。

a) 二三维可视化管理。实现对厂区、大型仓储厂房区域进行3D建模,完成数字地图建设;完成并提供指定区域数字地图建设;完成对数字地图的存储、获取和显示;实现对大型特种设备、大型运输车辆等大型技术装备的3D建模并结合真实数据模拟其实际运行状态;实现对车牌、物料标识的自动识别。

b) 仓储管理。与MES系统和大型特种设备、视觉类识别系统、产线与地面设备系统连接,使大型特种

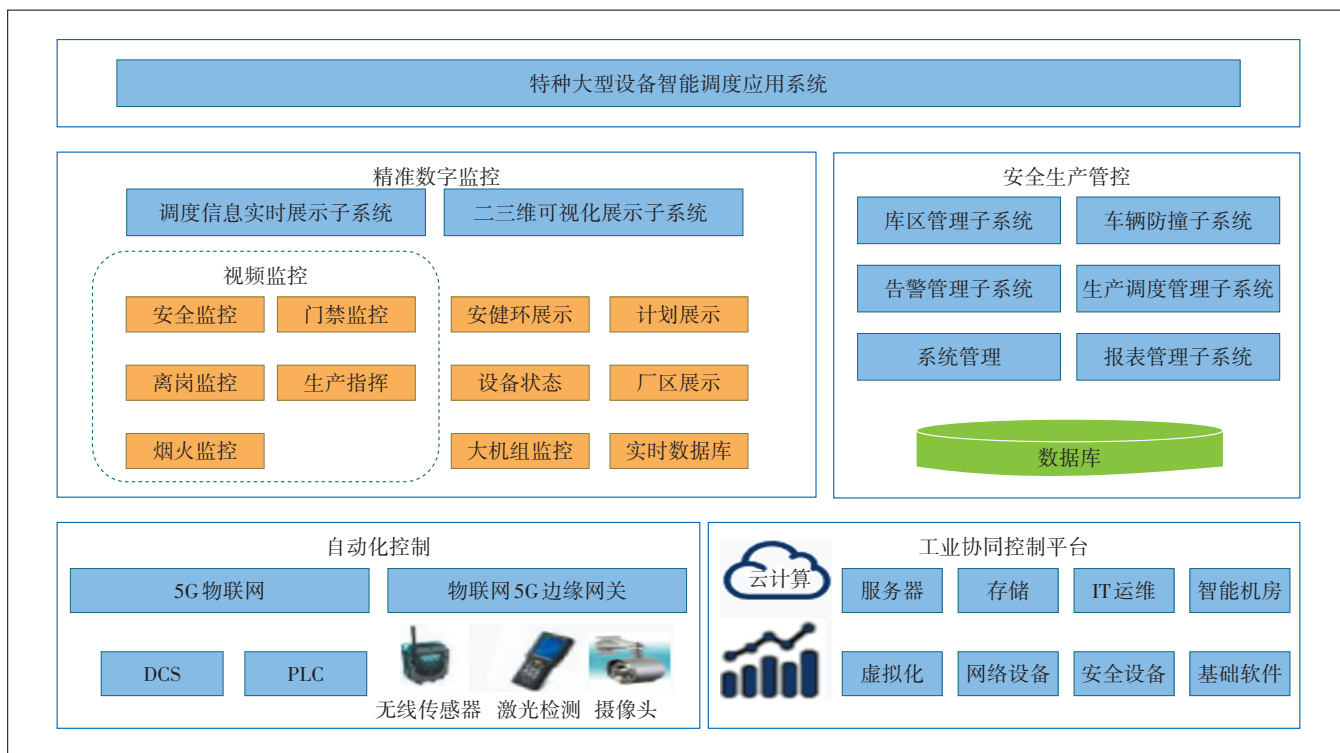


图3 智能化生产作业系统总体架构图

设备安全高效完成库区物流管理。

c) 车辆管理。采用高清车牌识别摄像机对车辆进行车牌识别、图片抓拍,将车牌信息传输给专用控制器,再上传给服务器、引导车辆进入,并保存记录;在通道口使用高清车牌摄像头对驶入的车辆进行车牌号码识别。根据车辆识别信息,获取库区物料位置,指引车辆到停靠位置,等待作业完成后,指引车辆驶离作业区。

d) 生产调度管理。合理有效的调度方案对于保证生产顺利运行、提高生产效率、降低生产成本具有重要的意义,通过分析调度系统要素,建立调度仿真模型,用于初步的调度方案。

e) 告警管理。对现场作业进行预警。其中业务告警包括作业异常告警、设备连接异常告警等。

6 结束语

钢铁行业是典型的流程性行业,生产环境相对恶劣高危,当前现场控制、理货、计量等需要采用人员三班倒的模式,用工需求量大,工作效率低,存在作业安全隐患。目前钢铁行业正处于转型升级阶段,5G的应用将助力钢厂自动化改造升级,对实现钢厂的减员增效具有实用意义,具备高可复制性,在钢铁行业具有广阔的市场前景。

将5G技术应用于工业领域,融合钢铁行业智能制造创新技术,对整个生产过程精确可控,所有的作业过程可查询、可追溯,提升精益化管理水平,提高现场工作效率,减少工作失误造成的损失;提升企业技术水平和竞争力,由事后管理变为事中管理、实时管理,加速资金周转,提升供应链响应速度,增强企业整体竞争能力;提升现场作业生产安全性,减少现场作业人员,作业区域合理化管理,同步结合AI技术进一步提升了现场作业生产安全管控能力。

参考文献:

- [1] 刘文仲. 关于中国钢铁工业智能制造的思考[J]. 冶金自动化, 2018, 42(4): 1-6.
- [2] 浦玉梅. 钢铁行业智能制造发展现状[J]. 安徽冶金, 2018(4): 52-54.
- [3] 孙彦广. 钢铁工业智能制造的集成优化[J]. 科技导报, 2018, 36(21): 30-37.
- [4] 范腾. 基于流程创造的钢铁智能制造实践及思考[J]. 冶金自动化, 2018, 42(5): 1-6.
- [5] 5G-ACIA. 5G for connected industries and automation [EB/OL].

[2021-04-15]. https://5g-acia.org/wp-content/uploads/2021/04/WP_5G_for_Connected_Industries_and_Automation_Download_19.03.19.pdf.

- [6] 5G-ACIA. 5G non-public networks for industrial scenarios [EB/OL]. [2021-04-15]. https://5g-acia.org/wp-content/uploads/2021/04/WP_5G_for_Connected_Industries_and_Automation_Download_19.03.19.pdf.
- [7] IEC/IEEE. Time-sensitive networking profile for industrial automation: IEC/IEEE 60802 [S/OL]. [2021-04-15]. <https://1.ieee802.org/tsn/iec-ieee-60802/>.
- [8] 5G ACIA. Integration of industrial ethernet networks with 5g networks [EB/OL]. [2021-04-15]. https://5g-acia.org/wp-content/uploads/2021/04/5G-ACIA_Integration-of-Industrial-Ethernet-Networks-with-5G-Networks-.pdf.
- [9] 李海花. 对中国工业互联网的思考及实践 [C]// 国家发改委; 科技部; 国家工业和信息化部; 中科院. 国家发改委; 科技部; 国家工业和信息化部; 中科院, 2016.
- [10] 中国联通. 中国联通 5G 行业专网白皮书 [EB/OL]. [2020-04-15]. http://www.chuangze.cn/third_1.asp?txtid=2484.
- [11] 工业互联网产业联盟(AII). 工业互联网标准体系(版本2.0) [EB/OL]. [2021-04-15]. <http://www.aii-alliance.org/index.php/index/c146/n109.html>.
- [12] 周佳军, 姚锡凡. 先进制造技术与新工业革命 [J]. 计算机集成制造系统, 2015, 21(8): 1963-1978.
- [13] 姚锡凡, 练肇通, 杨屹, 等. 智慧制造——面向未来互联网的人机物协同制造新模式 [J]. 计算机集成制造系统, 2014, 20(6): 1490-1498.
- [14] MIKHAIL T. 智能工厂环境下的混合生产线调度优化方法研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2017.
- [15] Study on enhancement of 5G System (5GS) for vertical and Local Area Network (LAN) services: 3GPP TR 23.734 [S/OL]. [2020-12-11]. <https://itectec.com/archive/3gpp-specification-tr-23-734/>.
- [16] 韦康. 边缘计算视角下的钢铁缺陷检测系统 [J]. 广西通信技术, 2020(3): 28-32.
- [17] 杨鑫, 时晓厚, 沈云, 等. 5G 工业互联网的边缘计算技术架构与应用 [J]. 电子技术应用, 2019, 45(12): 25-28, 33.
- [18] 马明前, 宁芳青. PLC 在焦车定位与连锁控制系统中的应用 [J]. 中国仪器仪表, 2007(4): 57-60.
- [19] 丛力群. 钢铁工业互联网实践的边缘计算技术 [J]. 自动化博览, 38(2): 5.
- [20] 路同浚, 杨冬松, 孟宪超. 连铸加渣机器人总体设计 [J]. 黑龙江自动化技术与应用, 1996(4): 29-32.

作者简介:

李渝, 高级工程师, 硕士, 主要从事钢铁、装备制造等流程型、离散型行业工业互联网智能应用解决方案工作; 韩政鑫, 工程师, 硕士, 主要从事工业互联网行业应用和确定性网络技术研究相关工作; 程景浩, 工程师, 学士, 主要从事石油、石化、化工、钢铁、冶金、建材等大型流程行业工业互联网应用产品和解决方案工作。