

Design and application of integrated intelligent control system for iron production line

Long Jin

MCC Huatian Engineering Technology Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210019, China

Abstract

This paper systematically discusses the design and implementation of an integrated intelligent management and control system for large-scale ironmaking production lines. The system leverages the ironmaking area centralized control center, integrating cutting-edge digital and networked technologies such as the Internet of Things, machine vision, artificial intelligence, and mobile communication to establish an intelligent interconnection platform for ironmaking big data. By achieving integrated operation and intelligent decision-making in the ironmaking area, the system effectively enhances intrinsic safety, drives technological innovation, breaks through organizational barriers, strengthens process coordination, and improves production efficiency, helping enterprises become one of the most competitive steel production bases in the industry. This study aims to promote the intelligentization, automation, and efficiency of ironmaking production lines through the intelligent management and control system, providing robust support for the digital transformation of the steel industry.

Keywords

Large ironmaking production line; Integrated intelligent management and control; Internet of Things; Big data; Intelligent decision making; Digital transformation

大炼铁产线一体化智能管控系统设计与应用

金龙

中冶华天工程技术有限公司, 中国·江苏南京 210019

摘要

本文系统地论述了大炼铁产线一体化智能管控系统的设计与实施。该系统依托铁区集控中心, 深入融合物联网、机器视觉、人工智能、移动通信等前沿数字化、网络化技术, 构建了一个炼铁领域的大数据智能互联平台。通过实现铁区的一体化操控和智能决策, 本系统有效提升了生产安全本质, 推动了技术革新, 突破了组织壁垒, 增强了工序配合, 提高了生产效率, 助力企业跻身行业顶尖的钢铁生产基地行列。本研究旨在借助智能管控系统, 推动炼铁产线的智能化、自动化和高效化进程, 为钢铁产业数字化转型注入强劲动力。

关键词

大炼铁产线; 一体化智能管控; 物联网; 大数据; 智能化决策; 数字化转型

1 引言

随着工业 4.0 时代的到来, 智能制造已成为钢铁行业转型升级的重要方向。传统炼铁生产线存在信息化程度低、协同性差、能耗高、安全风险大等问题, 难以满足现代钢铁企业对生产效率、环保、安全等方面的要求。因此, 设计并应用一体化智能管控系统, 对于提升炼铁产线的智能化水平具有重要意义。

本项目以铁区集控中心为核心, 融合物联网、机器视觉、人工智能、移动通信等先进技术, 构建炼铁大数据智能互联平台, 实现铁区的一体化操控和智能化决策。通过该系统, 旨在提升本质安全水平、推动技术进步、打破组织界限、加

强工序协同, 助力企业成为行业内最具竞争力的钢铁生产基地之一。

2 系统目标

1. 提升本质安全: 通过远程集中控制, 使中控室和操作人员远离高风险区域, 如煤气区域, 同时通过人员安全本质化、设备安全监控精准化, 建立全面的安全管控体系。

2. 促进技术进步: 采用高精度、高稳定性的工业智能传感器监控炼铁核心工序的关键设备, 提升整个大炼铁生产线的工艺装备智能化程度。

3. 打破组织边界: 通借助一体化智能管控系统, 实现各工序间的无缝对接, 提升工序间的协同效率。

4. 加强工序协同: 通过远程集中操作监控与炼铁大数据智能互联平台的深度融合, 提高生产的稳定性, 优化人力

【作者简介】金龙 (1978-), 男, 中国江西吉安人, 本科, 高级工程师, 从事:建筑智能化及智能制造研究。

资源配置。

5. 提高生产效率：通过智能化决策支持，实现生产过程的优化调度，提高生产效率，降低生产成本。

3 系统设计思路

3.1 硬件集控设计

硬件集控是大炼铁产线一体化智能管控的表观载体。通过将大炼铁产线各单元操作岗位、监测系统界面整合到一起进行集中监控，有效实现岗位整合和人员无边界沟通。同时，基于安全控制和物联网技术实现远距离监控，有效保证操作人员人身安全。

1. 集中监控界面：将球团、烧结、高炉等炼铁核心工序的监测系统界面整合到集控中心，实现统一监控。

2. 远距离监控技术：利用物联网技术，实现远程数据采集和监控，确保操作人员安全。

3.2 边缘智能系统与大数据平台

各工序边缘智能系统和炼铁大数据智能互联平台是大炼铁产线一体化智能管控的“内核”引擎。

1. 边缘智能系统：基于各工序段的设计特点、基础检测条件和生产操作流程，定制开发单元智能系统，实时揭示高炉内部冶炼规律，对工艺生产进行智能诊断和异常预警。

2. 炼铁大数据智能互联平台：通过建立以数据为中心的智能互联平台，打破数据孤岛，实现数据资产汇聚、数据标准统一和平台化业务系统集成应用。

3.3 内外“双核”协同驱动

只有基于硬件集控、工艺机理模型和大数据智能互联平台的内外“双核”深度协同驱动，才能真正实现大炼铁产线一体化智能管控。以数据流为主线，设计底层数据仓库和虚拟容器云，实现对自动化层面多层次数据的统一采集、存储、管控和应用。

4 大炼铁产线一体化智能管控总体架构

大炼铁产线一体化智能管控建设需要“软硬兼顾，内外兼修”。一方面从硬件层面打破地理空间位置限制，实现大炼铁产线各工序的集中监控；另一方面从炼铁工艺出发，打通数据流、物质流与能量流，建立机理模型，构建智能应用系统。

4.1 基础设施建设

基础设施建设是实现炼铁产线一体化管控的“外部载体”。通过对炼铁产线进行土建、供配电、基础自动化、通讯、网络等基础设施建设与改造，建立炼铁集控中心，打破地理位置限制，实现对分散在高炉、烧结、球团等生产过程的集中管理。

4.2 边缘智能系统

基于大炼铁产线各工序段的设计特点、基础检测条件和生产操作流程，定制开发单元智能系统。这些系统能够实时揭示高炉内部冶炼规律，对工艺生产进行智能诊断和异常

预警，并给出合理化操作建议。边缘智能系统实现了从数据采集到模型计算优化再到反馈控制的闭环智能优化控制，提高了生产过程的数字化、自动化、智能化水平。

4.3 炼铁大数据智能互联平台

炼铁大数据智能互联平台是系统的“大脑”，负责数据处理、分析和决策支持。平台基于工业互联网设计理念和功能架构，搭建产线级炼铁大数据智能互联平台。平台不仅打通了传统各级信息化系统之间的数据孤岛，还在设备互联互通和异构系统集成基础上，实现从智能单元到智能产线的升级和“云-边”协同。

4.4 基础自动化与安全控制系统

4.4.1 基础自动化

所有在现场能实现自动控制的系统，集控中心通过监控视频及基础自动化系统信号通过光纤远传方式均可实现远程自动控制。集控中心协调各区域的厂家及系统人员进行配合工作，将各个分区的信号统一采集传输进入集控中心。

4.4.2 安全控制系统

选用安全 PLC 构建综合安全控制系统，包括安全紧急操作及信号联络、安全监控等功能，确保铁区集控中心安全等级符合国家标准/规范要求。通过系统设计（施工图设计、智能安全供配电设计、安全系统硬件设计、安全系统软件设计等）弥补单个系统或装备的缺陷。

4.5 通讯与远程监控系统设计

4.5.1 融合通讯平台

融合通讯平台以应用为重点，统一音视频编码格式，实现视频会议、视频监控融合接入。利用集群网关、音频广播网关、数字中继网关设备整合无线电台、内线电话、E1和广播系统等语音系统，为客户营造标准化通信环境。

4.5.2 远程监控系统

为实现全场摄像点全覆盖，将现场球团、烧结、高炉所有视频监控接入集控中心，存储至数据中心。监控数据按照 1000 路视频存储时间不少于 30 天。系统采用“集中监控、分级管理”的架构，通过统一的资源规划，构成一体化视频监控系統平台。

4.6 消防火灾与视频会议系统

4.6.1 消防火灾系统

建设集控中心内火灾报警消防系统，并将现场球团、烧结、炼铁区域火灾报警接入集控中心，实现集控中心报警实时显示。系统采用物联网、云计算等先进技术，实现对联网车间建筑物消防设施的全面、远程、集中监控与统一管理。

4.6.2 视频会议系统

布置于四楼会议室的视频会议系统，配置高清显示屏、高清摄像头、电脑主机、调音台、功放音响等设备，满足多媒体会议功能需求。系统支持会议过程的简洁流畅、听觉效果的逼真传神、视频显示的清晰舒适以及智能的摄像跟踪等功能。

4.7 操作中心与集控中心布置

4.7.1 操作中心布置及大屏

操作中心采用 55 寸 3.5mm 拼缝 LCD 拼接屏，支持多种信号源的接入及显示。系统支持 24 小时连续运行，并可实现多种视频信号、计算机信号的同步实时显示。操作中心分为多个操作区域，包括球团、烧结、炼铁、脱硫脱硝等区域，每个区域设置大屏幕显示墙。

4.7.2 集控中心布置及大屏

集控中心采用 LED 显示屏，支持多种信号源的接入及显示。系统同样支持 24 小时连续运行，并能完成各种显示模式以显示各种输入信号。集控中心显示屏在北墙设置，包括三维厂区整体展示、视频监控及通讯报警展示等功能。

4.8 铁前区域管控网络设计

铁前区域管控网络采用星型分层千兆网络，各车间与管控系统直接采用双路光纤通讯。控制系统、调度系统、视讯系统网络共用相同的光纤但独立使用其中的光纤，各系统独立配置相应的网络设备。

4.8.1 控制系统网络

以高炉控制系统网络为例，高炉的控制系统网络通过双路光缆与管控系统进行网络通信。在高炉主控机房内设置的控制系统网络上行交换机向下联接各工序，向上以冗余光纤链路的方式联接集控系统。集控系统设置冗余的控制系统网络交换机，实现实时互备冗余。

4.8.2 视讯系统网络与调度系统网络

视讯系统网络和调度系统网络的联接方式与控制系统网络类似，均通过双路光缆与集控系统进行网络通信，并设置冗余的交换机实现实时互备冗余。

3.8.3 云计算中心设计

云计算中心是大炼铁产线一体化智能管控系统的数据核心。通过在集控大楼内搭建数据中心，对部分系统进行改造和升级，实现对现场控制系统或智能设备的互联互通。数据中心采用统一的 x86 架构，部署简单、运维简易、管理安全，为制造业新一代数据计算中心建设提供安全可靠保障。

4.9 基于工业互联网的炼铁大数据智能互联平台

炼铁大数据智能互联平台通过数据采集、存储、分析、挖掘等技术手段，实现对炼铁产线数据的全面管理和智能应用。平台采用分布式数据处理和任务调度，经济高效地完成数据集成和处理流程。同时，平台提供丰富的数据分析工具和可视化展示功能，为技术人员提供便捷的数据分析和决策支持。

4.9.1 数据采集与存储

平台制定统一的数据标准和接口规范，通过自研数据采集网关实现对结构化和半结构化数据的采集和上传。采用混搭式数据存储架构，充分发挥各类型数据库的特点，实现在线监测、时序分析、设备报警、大数据分析等业务应用场景。

4.9.2 数据分析与挖掘

平台提供拖拽式的数据分析工具，支持技术人员进行高炉异常炉况数据的标记、生产数据的对标以及生产成本的实时分析。同时，平台还具备智能预警、工况寻优、联动分析等功能，为技术人员提供全面的数据分析支持。

4.9.3 可视化展示与移动应用

平台通过领导驾驶舱、智能预警、通讯监测等功能模块，实现对炼铁产线生产状态、成本、管理情况的总体分析展示。同时，开发移动 APP 应用，实现生产过程的移动办公和远程监控。

4.10 铁前区域智能应用

4.10.1 一体化大铁前智能配矿系统

通过建立一体化大铁前智能配矿系统，综合考虑配矿过程中库存、市场行情、烧结矿质量要求、高炉造渣要求等限制条件，利用大数据机器学习算法实现配矿方案优化，有效降本增效。

4.10.2 高炉分析与烧结分析

高炉分析模块通过布料制度分析、冷却壁安全分析等功能，实现对高炉内部冶炼规律的揭示和异常预警。烧结分析模块从混匀料配矿方案出发，跟踪配矿方案对应的烧结过程参数和质量，为配矿方案优化提供数据分析支撑。

4.10.3 质量跟踪与工序评价

质量跟踪模块对从烧结、球团等上游工序的产品到高炉之间进行实时跟踪，对质量大幅波动的产品进行提前消息推送。工序评价模块基于产量、能耗、顺行、安全、质量等方面选取 KPI 关键指标进行在线动态评价打分，对各个工序进行动态体检和预警。

5 结论及建议

大炼铁产线一体化智能管控系统的设计与应用，显著提升了炼铁产线的生产效率、本质安全和智能化水平。通过深度融合物联网、机器视觉、人工智能等数字化、网络化技术，实现了铁区一体化操控和智能化决策。系统打破了数据孤岛，促进了工序间的协同合作，提高了生产效率和资源利用率。同时，系统还具备强大的数据分析和可视化展示功能，为技术人员提供了便捷的数据支持和决策依据。

参考文献

- [1] 郭朝晖. 钢铁行业与工业4.0[J]. 冶金自动化, 2015,39(4): 7-11.
- [2] 周晓舸,姚文英. 基于大数据的钢铁数字安全监控管理平台设计[J]. 有色冶金设计与研究, 2015,36(3): 48-50.
- [3] 胡恒法. 钢铁智能制造技术在钢铁行业的发展和展望[J]. 梅山科技, 2014(6): 1-2.
- [4] 延建林,孔德婧. 解析“工业互联网”与“工业4.0”及其对中国制造业发展的启示[J]. 中国工程科学, 2015,17(7): 141-144.
- [5] 毕学工,李鹏,彭伟,等. 基于MES的韶钢8号高炉智能专家系统[J]. 炼铁, 2013,32(2): 11-16.