

大型钢铁企业 智慧生态环保管控系统建设的思考与实现

文◆中冶京诚工程技术有限公司 朱宴恒 赵正明 张守武
鞍钢股份有限公司 吴 猛

引言

2019年4月，生态环境部等五部委联合发布《关于推进实施钢铁行业超低排放的意见》，要求深入推进绿色低碳，全面推进超低排放改造，统筹推进减污降碳协同治理。钢铁行业作为能源消耗密集型行业，应实施超低排放改造，满足绩效分级的政策要求。对很多钢铁企业而言，在既有基础上完善企业环保治理能力，提升环保管理水平，是巨大的挑战。同时，超低排放改造意味着环保运行成本增加，合理降低企业环保运行成本是企业发展的重中之重。基于此，本文以某钢铁企业为例，该企业要实现超低排放改造、绩效分级以及日常环保管理的需求，就必须完成智慧生态环保管控系统建设。该案例中智慧生态环保管控系统实现了5G LAN和工业互联网平台的技术融合，创新性地搭建了“三废+综合环保管理”的一体化环保管控新模式。既满足了企业超低排放改造以及绩效分级要求，又实现了以一个平台实现全厂环保管理的核心诉求，大幅提升了企业的环保管理效率。

1 工程概况

某钢铁企业厂区用地面积25km²，厂区道路总长70km，该企业拥有炼焦、炼铁、炼钢、轧钢以及配套公辅设施等一整套先进的全流程钢铁生产工艺设备。首先，对于企业而言应顺应行业发展进行超低排放改造并完成绩效A级申报^[1]。其次，该企业应集团要求2023年底完成超低排放公示并达到A级企业绩效，其中建立智慧生态环保管控系统是完成超低排放改造的重要一环。

(1) 随着生态环境保护法律法规日益完善，特别是环境保护法修订以来，环境行政处罚种类增多，钢铁企业面临的环保处罚压力巨大，相反钢铁企业环保管理理念依然落后，由于长期受粗放型环保管理模式影响，环保管理依然靠大量的人工现场检查，对污染事故防范、预警和处置能力薄弱。(2) 该企业环保管理过程中更加注重环保数据达标，缺少

有效的环境成本控制手段。同时，由于环保系统和生产、能源系统割裂导致环境成本居高不下，特别是在钢铁行业经济形势下行且完成超低排放改造导致成本增加的情况下，高成本问题尤其突出。

2 工程建设目标

2.1 打造环保多维度管控体系架构

智慧生态环保管控系统首先应满足超低排放（有组织排放管理、无组织排放管理^[2]、清洁运输管理^[3]）功能建设需要。其次，基于企业全流程生产工艺和环保管理要素，创新打造“三废+综合环保管理”的环保多维度管控体系架构，实现一个平台完成全厂环保管理工作的核心诉求。

2.2 建立环保立体化管控模式

厘清企业内部环保管理公司级、车间级和现场作业级不同的环保管控需求，建立“大屏端综合展示+PC端专项管理+移动端实时监管”三级立体化管控模式，整体提升企业的环保管理水平和应急事件处理速度。

【作者简介】朱宴恒（1979—），男，辽宁辽阳人，硕士，高级工程师，研究方向：钢铁企业智慧生态环保管控技术。

2.3 实现 5G LAN 与监测监控设备的技术融合

针对环保监测监控设备分散且接入困难的特点，利用 5G LAN 技术实现智慧生态环保管控平台与 TSP 设备、空气微站、TVOC 设备及视频监控设备的技术融合，整体提升设备数据上传性能，降低施工费用与技术难度。

2.4 杜绝雨水排放口违规外排避免经济处罚

结合视频智能识别技术，创建雨水排放口模型算法，融合雨水排放口智能化管控流程，杜绝污水混入雨水排放口违规排放，有效降低企业的环保违法风险与环保管理成本。

3 工程建设难点分析

3.1 既有环保信息化水平无法支撑多维度环保管理

首先，企业的环保信息化系统建设水平不均衡，企业环保管理工作粗犷、分散。各环保管理工作（管理模块）中间存在强耦合的业务关系，所以打通或统一各管理模块是实现体系架构的核心。对企业来说，从超低排放角度来看，企业缺乏无组织排放管理、清洁运输管理信息化模块（系统）建设，有组织排放管理、固废管理等信息化模块虽已建设但相对独立，而废水、综合环保管理模块等信息化内容建设缺失，管理粗放，更多还依靠手工报表计算。所以完善各信息化模块的建设，打通各模块之间的数据接口是体系架构的重中之重。

其次，信息化系统数据源分散，孤岛效应明显。现有有组织排放管理、固废管理等信息化模块缺乏对外开发的接口，只能满足自身用户端需求。所以要实现

各管理模块之间的业务关联明晰、系统响应及时、数据分析准确，为管控平台建立统一的数据源尤为重要。

3.2 环保管控手段单一无法满足多层级管理需求

智慧生态环保管控系统为公司级智能化管控系统，需要各层级环保管理人员的参与。目前，企业既有环保管理模块以 PC 端应用为主。虽然企业涉及 14 个分厂，36 道工序，但企业的环保管理要求更加精细化，环保管理职责更加清晰、明确，具体需求如下。

（1）公司级环保管理需求。主要用于上级检查、领导视察和对外开放等场合，数据主要以能反映全厂综合性指标为主。

（2）车间级环保管理需求。一方面主要用于能环部及各分厂环保管理人员日常环保管理使用，另一方面主要用于日常环保数据录入填报、环保数据统计分析、环保数据查询和相关报表导出等。

（3）现场作业级环保管理需求。主要用于现场环保作业巡检人员日常环保管理使用，主要用于日常环保数据录入填报、环保数据预警报警和信息推送等。

综上所述，单一的环保管控手段已不能满足各层级人员管理需求，还存在报警和分析数据不能第一时间通知到相关责任人等诸多弊端。

3.3 环保设备数据分散且接入困难

智慧生态环保管控系统的智能感知层，需要新建并采集 TSP 设备、空气微站、TVOC 设备、噪声监测和视频监控等监测监控设备数据。设备数量 800 余套，按照环保设备建设原则分布在厂区 25km² 范围内。如果采用有线网络通信方式，加之电源供电线路敷设等内容，在厂区内进行大面积的线路破土施工和桥架敷设的改造难度较大。

3.4 雨水排放口借雨排污情况严重

国家法律规定，“排放工业废水的企业应当采取有效措施，收集和处理产生的全部废水，防止污染环境”。该企业的雨水排放口直连城市河道水体，但大雨天气会导致污水池水体外溢或厂区污染区域汇水，经雨水排放口直接排入河道。通过设备改造和智能化手段优化管理流程杜绝污水经雨水排放口外排，避免经济处罚和污染城市水体已成为企业亟需解决的问题。

4 解决方案及措施

4.1 打造环保多维度管控体系架构

钢铁企业作为涵盖多条复杂生产工艺链条的生产实体，产生的废物多种多样。建立一个功能全面、涵盖全厂所有环保管理工作的智能管控系统，首先要做好系统建设的顶层设计，解析钢铁企业产生的主要废物，且分为三大类，即废气（有组织排放、无组织排放）、废水（全厂废水排口、一类污染物车间废水排口、雨水排口）、固废（一般固废、危险废物），这三大方面是完成企业环境管控的基本要素。除此之外，企业综合环保管理内容应包括环境质量管理、环境监测管理、环境监控管理、排放许可与环境税管理、清洁生产管理、清洁运输管理、噪声管理、环境风险管理、碳排放管理和环保档案管理等诸多内容。这些内容的分类是对企业日常环保管理工作实现信息化、智能化过程中的深度分

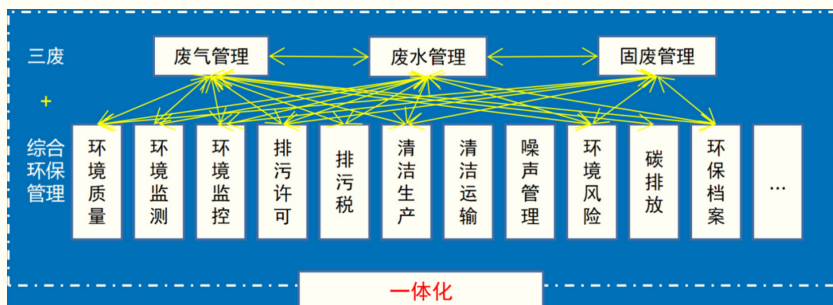


图1 钢铁企业环保多维度管控体系架构示意图

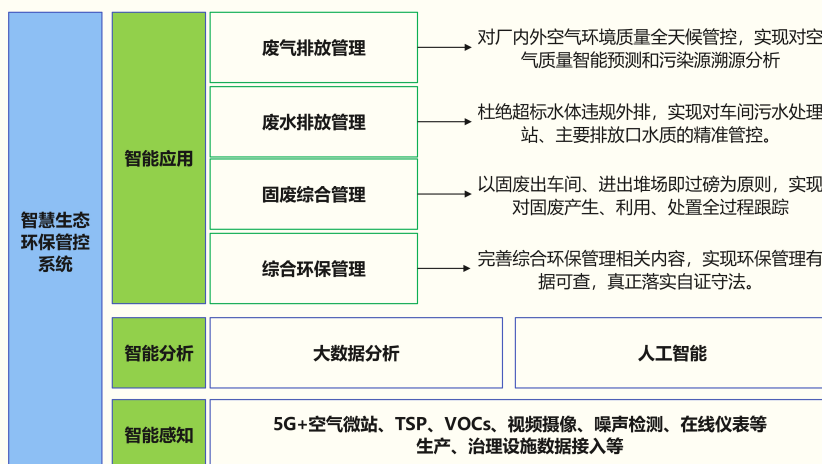


图2 智慧生态环保管控系统架构示意图

类和任务总结^[4]。“三废+综合环保管理”是囊括环保管理全要素的体系架构，可完成企业4大项、50个环保管理单元的全面管控，解决了行业中环保管理顶层设计缺失，环保智能化管控无从切入的技术难题。钢铁企业环保多维度管控体系架构示意图如图1所示。

4.2 建立“三废+综合环保管理”的智慧生态环保管控系统

针对企业既有的环保信息化系统建设水平不均衡的特点，系统围绕环保管控平台建设“三废+综合环保管理”体系架构，解决企业既有环保管理模块信息化水平不足的问题（已建设的环保管理模块逐步进行替换），以一套数据源打通和支撑企业全部环保管理业务，实现企业环保管理各模块同源、同步、同响应。智慧生态环保管控系统基于工业互联网平台体系架构，融合5G LAN技术及信创技术栈，平台应用软件采用前后端分离技术，支持高并发、多端协同的应用软件架构。智慧生态环保管控系统架构示意图如图2所示。

数据接入层主要接入数据包括烧结机机头、烧结机机尾、球团焙烧、焦炉烟囱等排放源处烟气排放连续监测系统（CEMS）监测数据；生产工艺和物料输送环节主要产尘点密闭罩、收尘罩等无组织排放控制设施周边设置的总悬浮颗粒物浓度（TSP）监测数据^[5]；物料储存大棚、烧结、球团、高炉、石灰、钢渣处理等车间区域、厂内道路路口、长度超过200m的道路中部设置的空气质量监测微站监测数据；TVOC、噪声在线监测设施、水质在线监测设施等其他环保监测数据；超低排放范围内生产设施、治理设施的生产运行信号和参数；料场出入口、焦炉炉

体、烧结环冷区域、高炉矿槽和炉顶区域、炼钢车间顶部等易产尘点位置的视频监控信号；生产制造、计量、门禁等其他系统数据。

网络通信层支持5G LAN及WLAN网络数据接入，具备4G、5G公网接入的能力，并在外围端口处设置网络安全设备。

支撑平台层采用国产开源超融合技术构建钢铁企业智慧生态环保云平台。提供关系数据库、时序数据库、内存数据库等基础组件，同时为应用服务层提供Web服务、视频服务、GIS服务、三维可视化、工作流等中台服务。各类组件和服务均采用容器技术及微服务和分布式架构，支持负载均衡，并可实现跨平台部署，不依赖操作系统。

应用服务层包括废气排放管理、废水综合管理、固废综合管理、综合环保管理等功能模型，具备大数据分析、人工智能、预警预报等功能。

数据展示层支持大屏、PC端数据展示，并通过App或者小程序等多种形式进行辅助展示和消息通知。大屏、PC端数据展示采用Web方式，可实现跨平台访问，支持各类主流浏览器。

4.3 利用5G LAN技术解决环保数据接入的难题

首先，针对TSP设备、空气微站、TVOC设备、噪声监测、视频监控等监测监控设备分布分散，有线网络和电源供电线路敷设困难的特点，搭建智慧生态环保管控5G数据中心，包含核心网络设备，通过光纤网络接至分布厂区的各5G基站。现场监测设施配置5G数据采集模块通过5G基站进行认证及连接，并通

过 5G 网络将监测数据上传至数据中心。5G LAN 网络数采架构示意图如图 3 所示。

其次，考虑环境监测设施数据上传带宽需求相对较少，而视频监控带宽需求较大，通过 VN 分组，将不同类型的数据包定义不同的网络性能，实现不同网络的业务质量差异化。因此，对全厂 5G 网络的带宽进行划分，保证视频监控数据通信的同时，其他监测设施数据也有充足的带宽，以满足数据传输要求。

4.4 利用智能视频分析技术杜绝雨水排放口借雨排污

为杜绝雨水排放口借雨排污，结合视频智能分析技术，借助灯带装置和雨水排放模型算法，分析得出排水界面宽度。通过实时运算值与正常水质条件下的雨水在不同降雨量下的排水界面宽度与对比，辅助水质监测仪表判定是否有其他污水多量混入雨水并经雨水排口排放。钢铁企业雨水排放口雨水监测示意图如图 4 所示。

对于钢铁企业而言，一方面要对排口实现 24h 视频监控，另一方面对设备发生的异常情况要第一时间管控，避免超标水体对外排放。钢铁企业雨水排放口管理智能应急预案流程图如图 5 所示。

4.5 利用除尘系统成本控制模型节约环保运行成本

针对企业在超低排放改造过程中环保运行成本居高不下的难题^[6]，在管控平台中利用除尘系统成本控制模型节约环保运行成本。

(1) 通过现场采集全厂生产设施的运行信号及除尘器相关电流、压差、功率等信号，结合企

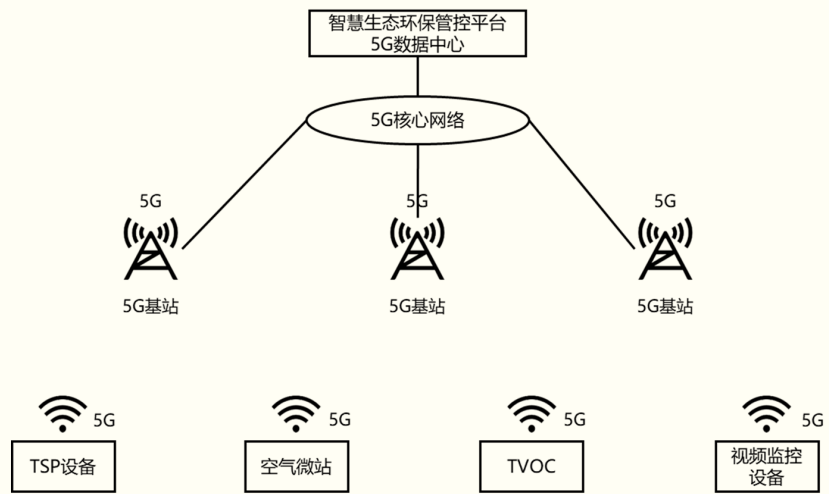


图 3 5G LAN 网络数采架构示意图

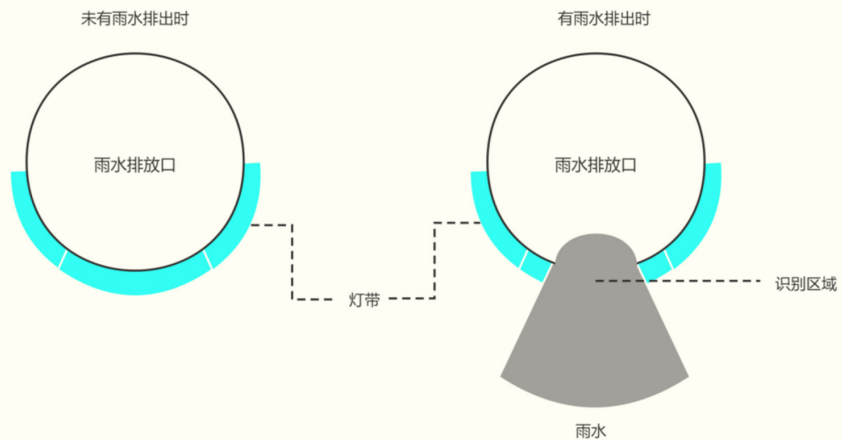


图 4 钢铁企业雨水排放口雨水监测示意图

业实际除尘器点位风量分配情况，形成生产、治理关联和启停关系，判断是否出现浪费时间区间。

(2) 统计每个除尘器对应每个生产设施产生点位的风量分配情况，对不同生产设施开启时对应除尘器的高低频运行功率进行统计。通过现场采集的阀门开度高低信号，统计选定时间下的除尘器浪费功率以及对应的浪费时间区间和可节约成本。

(3) 结合企业实际情况和生产经验，依据除尘系统收尘点位、能力及参数情况，给定对应不同阀门开关程度下的除尘器实际功率 P_i 以及除尘器满负荷运行下的实际功率 P ，计算选定浪费时长下的除尘器浪费功率值。

(4) 峰谷平时段下电价计算。目前，电力市场提供的电价为区分峰谷平不同时段的不同电价，计算对应时刻下的可节约成本时需要区分不同时间段电价 M_t 。整体计算全厂选定时间内可节约成本时，需多个电价区间成本分别计算求和。

$$Q = \sum_{i=0}^n \int_0^{T_x} p_i \times M_t - \int_0^{T_x} A \times W^3 \times E \times M_t \quad (1)$$

式 (1) 中：

Q ——可节约成本

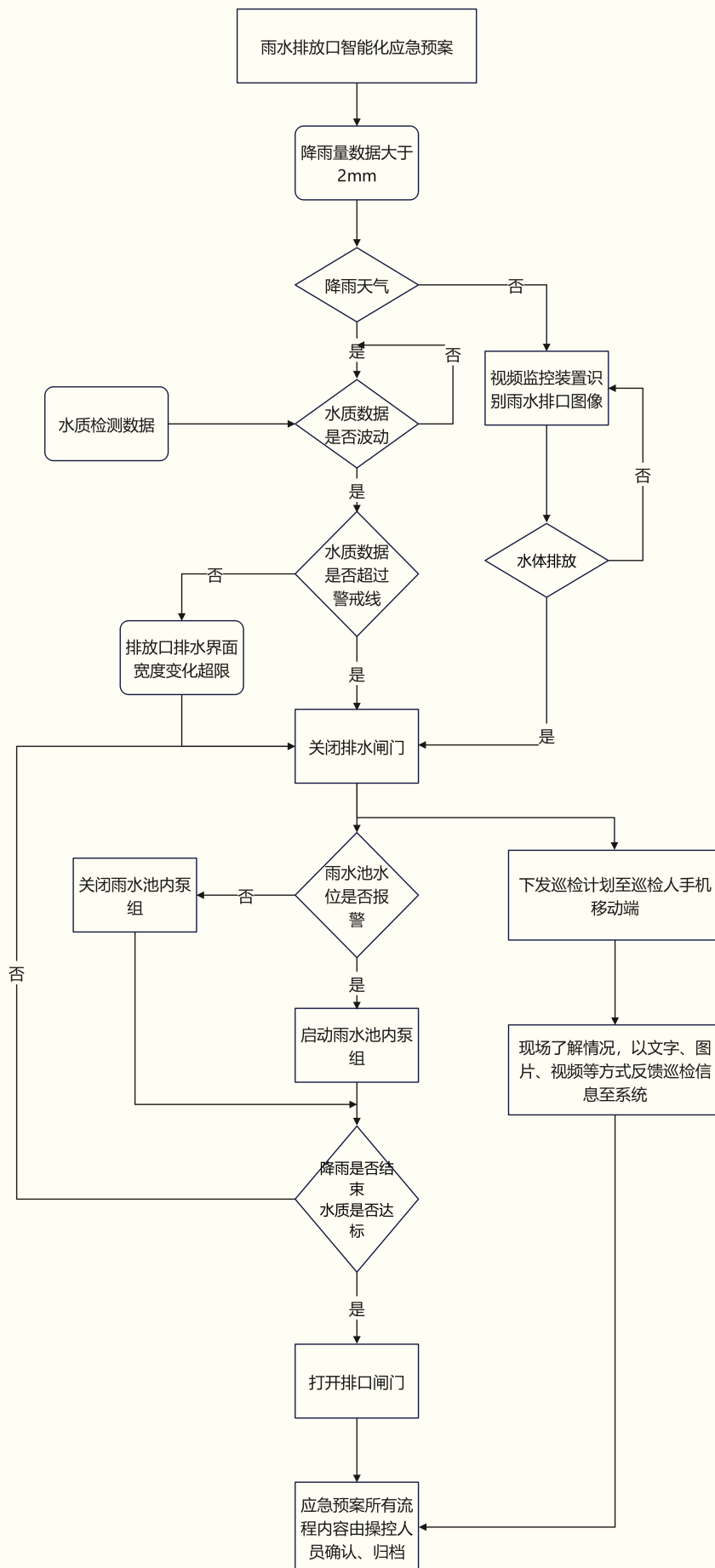


图5 钢铁企业雨水排放口管理智能应急预案流程图

P_t ——该时刻下除尘器功率
 A ——功率—风量换算系数
 W ——对应除尘器风量
 T_x ——除尘器运行时间

结语

项目建成成为国内覆盖废气排放管理、废水综合管理、固废综合管理、综合环保管理的综合性智慧生态环保管控系统，不仅满足了超低排放改造、绩效分级及日常环保管理的需求，还有效降低了企业环保运行成本。一年可为企业减少220万风量的浪费，为企业节省3300万元。全年可节约电量约为8040万kWh，节约标准煤2.5万吨，节碳量约为4.22万吨。^[5]

引用

- [1] 吕鹤,李晓新.钢铁企业超低排放改造的实施路径[J].节能减排,2023,41(3):179-179.
- [2] 黄爽,明平寿,韩文杰,等.钢铁企业无组织超低排放智能管控系统设计与实现[J].数字技术与应用,2023,41(9):187-188.
- [3] 尚国普.清洁运输在钢铁厂生产中的创新应用[J].河北冶金,2023,331(7):72-77.
- [4] 蔡恒忠,黄玉鸿,柯雄,等.钢铁行业超低排放管控建设浅析[J].环境工程,2023(41):538-538.
- [5] 肖青.钢铁企业无组织排放监测监控系统探讨[J].冶金经济与管理,2023(2):19-20.
- [6] 刘含笑.双碳背景下电除尘器的节能降碳分析[J].发电技术,2023,44(5):738-740.