

某钢铁企业三高炉新建项目固危废全流程闭环管理实践

蒋家安

宝武集团环境资源科技有限公司 上海 201900

摘要: 某钢铁基地三高炉系统投产后, 固废管理面临产能提升带来的空间约束与工艺兼容挑战。为应对政策要求及行业规范, 项目构建全流程闭环管理体系, 优化厂区布局, 开发多材质兼容破碎产线, 并建立标准化分类收集、贮存及处置流程。针对火灾风险, 引入智能监控与工艺替代措施, 提升安全防控能力。制定极端环境施工组织方案和危废泄漏应急响应机制。通过跨部门协同联动, 实现钢铁生产与固废处置的高效匹配, 并依托智能化管理平台优化资源配置。产学研合作推动技术创新, 突破固废预处理及资源化技术瓶颈, 形成可复制的精益管理范式, 实现环境效益与生产效益的协同提升。

关键词: 钢铁企业; 三高炉新建项目; 固危废; 全流程闭环管理

引言

某钢铁企业三高炉新建项目构建了固危废全流程闭环管理体系, 项目采用源头减量化设计, 优化生产工艺降低固废产生量。配套建设钢渣处理线, 实现高温熔渣高效回收利用。高铁低锌除尘灰通过气力输送系统集中收集, 经压球加工后直接返回转炉作为冷却剂。含铁含锌尘泥经集中后采用转底炉工艺生产 RDI 球团, 返烧结利用。低铁尘泥经集中预处理混匀后, 直接返烧结利用。危废暂存库设置智能监控系统, 确保分类贮存合规, 并分别送不同冶金炉窑协同处置。处理设施与主体工程同步设计施工, 形成完整的固危废处理链条, 实现固危废不出厂。

1 钢铁基地三高炉系统固废管理背景与需求分析

1.1 钢铁行业固废治理政策要求与“无废工厂”建设趋势

当前钢铁行业面临日益严格的固废治理政策环境, 生态环境部推动的“无废城市”建设试点将钢铁企业纳入重点监管范围, 要求建立固废源头减量、资源化利用和无害化处置的全链条管理体系。行业主管部门制定的钢铁行业规范条件, 明确将固废综合利用率纳入企业合规运营的核心指标体系。“无废工厂”创建指南提出厂房布局优化、工艺清洁化改造、资源高效回收等具体建设路径。这些政策导向推动钢铁企业必须构建系统化、标准化的固废治理体系, 实现环境效益与生产效益的协同提升。

1.2 三高炉投产后面临的固废管理双重挑战

某钢铁基地三高炉系统投产后, 钢铁产能增加导致固废产生量增加, 固废管理面临空间约束与工艺兼容的双重压

力。固废配套项目因规划用地受限, 厂房设计面积有限导致不同材质的危废容器需共用单一处理产线, 油漆铁桶与塑料桶的物性差异对破碎设备提出更高要求。钢铁生产固有的多工序特性产生含铁尘泥、废耐火材料等二十余类固废, 日均处理量超过设计预期。厂区内大件废钢处理依赖火焰切割工艺, 存在高温熔渣引燃周边物料的火灾隐患。项目建设期间受外部环境影响, 出现施工人员到岗率不足、关键设备交付延期等突发状况。

1.3 现有设施短板诊断

既有固废处理设施存在明显的技术装备短板, 分选预处理能力不足导致部分混合固废无法实现精准分类。除尘灰收集系统未考虑不同工序灰分的特性差异, 影响后续资源化利用效果。废钢处理区域缺乏专用切割除尘装置, 作业过程产生大量悬浮颗粒物。危废暂存区设计容量与实际产生量不匹配, 中转环节出现阶段性积压现象。危废包装容器破碎产线仅适配单一材质, 无法满足多类型容器的处理需求。

2 钢铁基地三高炉新建项目全流程闭环管理体系设计与实施路径

2.1 基于空间集约化的固危废厂区规划与布局优化

三高炉系统项目全厂固废综合利用工程工业废弃物回收分选处置配套项目对固危废处理厂区实施空间重构设计, 采用三维立体存储方案提升空间利用率。货架式存储系统实现危废容器竖向堆放, 较平面堆放方式增加 40% 存储容量。模块化托板系统实现不同品类固废的分区堆存, 通过色彩标识管理确保分类准确性。将原分散布置的预处理设备整合为

集中式作业岛,缩短物料转运距离。优化工艺流程布局,使破碎分选工序与仓储区域形成U型联动关系。设置弹性扩展区预留未来产能提升空间,采用可拆卸隔断墙实现功能区灵活调整。立体消防系统集成喷淋、红外图像智能识别、可燃气体检测等多重防护手段,确保高密度存储条件下的消防安全。

2.2 多材质兼容破碎产线集成与工艺创新实践

攻克多材质兼容破碎技术难题,开发出可同时处理金属容器与高分子材料的复合型破碎机。设备采用氮气惰化保护系统,将破碎腔氧浓度控制在安全阈值以下,有效抑制可燃物起火风险。创新设计刀具组合方式,通过可更换式刀片结构适配不同硬度物料。建立破碎参数数据库,针对不同材质容器预设转速、进料量等工艺参数。自主研发破碎后自动包膜装置,对破碎金属料压块成型,采用自动包膜工艺对金属块进行防密闭封装。开发智能码垛机器人系统,实现处理产线与仓储系统的无缝衔接。

2.3 固危废分类收集、贮存、处置标准化流程建设

建立全流程标准化管理体系,设计专用收集容器与转运车辆,避免交叉污染。贮存环节实施三色四区管理法,按危害特性划分红黄蓝存储区域并设置物理隔离。开发电子联单系统,实现固废从产生点到处置端的全程追溯。根据厂内固危废不同返产消纳路径,结合预处理工艺技术,处置环节建立质量验收标准,对资源化产物设定铁含量、含水率等关键指标。编制固废处理岗位操作规程,细化各环节作业要点,通过视频监控系统强化过程监管。每月对厂内固危废消纳计划实施情况评估分析、跟踪检查,确保标准要求落地执行。

3 钢铁企业三高炉新建项目风险防控与特殊工况应对策略

3.1 火灾防控体系构建

重构废钢切割作业防火体系,聚焦火花捕集、工艺替代、实时监控与应急响应四大核心环节,构建起多维度安全防护网络。针对切割产生的火花飞溅问题,研发移动式火焰切割除尘装置,采用负压吸风与高效过滤技术,配备布袋过滤器或静电除尘器,实现火花捕集效率提升至95%以上,有效遏制烟尘扩散。同步引入等离子切割工艺替代部分火焰切割工序,利用其受热影响区域小、熔渣量低的特点,显著降低高温熔渣产生量,从源头减少火灾诱因。为实时掌控作业风险,部署红外热成像监控系统,对切割区域进行非接触式温度监测,精准捕捉高温点及热量传递路径,为优化切割参数

提供数据支撑。在应急处置层面,改造消防管网布局,于切割区增设雾化灭火装置,形成局部强化防护,配套智能联动控制系统,实现火灾报警与设备急停、排烟启动的秒级响应,大幅缩短应急响应时间。建立切割作业许可制度,严格规范作业审批流程,实施一人操作、一人监护的双重管控机制,通过操作人员与监护人员的角色互补,确保环境风险动态排查、操作合规性实时监督及辅助协作无缝衔接,形成覆盖作业全周期的安全闭环。

3.2 极端环境下施工组织与资源动态调配方案

构建的弹性施工方案以资源动态配置为核心,通过建立人员、设备、材料的实时调度机制,形成敏捷响应体系。将整体工程拆解为具备独立实施条件的标准化模块,依据到场资源状况动态编排作业序列,确保关键路径工序优先配置施工力量。组建跨专业机动班组,采用轮岗制保障核心节点连续施工,同步建立备用供应商清单,对延误设备启动紧急采购预案,有效化解供应链波动风险。引入BIM技术构建三维施工模型,对机电安装、管线管路等多工序交叉作业进行空间碰撞检测与流程优化,显著提升有限场地内的协同效率。推行晨会部署、晚间复盘的精细化管理模式,每日滚动更新进度看板,现场解决工序衔接、界面移交等制约因素。通过模块化拆解、数字化预演、扁平化沟通、弹性化保障四大策略,构建起覆盖施工全周期的动态管控网络,既保证关键节点按期推进,又预留风险应对缓冲空间,为复杂环境下的工程建设提供可复制的精益管理范式。

3.3 危废泄漏与环境污染应急预案设计

编制三级应急响应预案,针对不同规模的环境事件设定处置流程。配置防渗收集池和应急物资库,储备吸附棉、堵漏工具等专业器材。建立作业区、厂区、政府的三级联动机制,明确各层级应急职责与处置权限。开展季度性应急演练,重点训练泄漏围堵、污染物收集等关键技能。安装在线监测设备,对危废暂存区实施24小时环境质量监控。组建专业应急队伍,配备便携式检测仪器和个人防护装备。与第三方处置单位签订应急服务协议,确保突发情况下危废的安全转移。

4 钢铁企业三高炉新建项目跨部门协同与长效管理机制构建

4.1 钢铁主业与固危废项目的生产联动管理模式

构建的跨部门生产协调机制以钢铁生产与固废处理协

同调度为核心,将固废产生、返产消纳工序深度融入全流程生产管控体系。通过建立动态匹配模型,可实时调整工艺参数,使固废产出量与高炉、转炉生产节奏形成精准耦合。基于钢铁基地二次资源管理系统,通过除尘仓料位自动测量、无人智能过磅等,运用路径优化算法动态规划转运车辆行进路线与装载频次,显著降低空驶率与贮存压力。针对设备协同维护需求,创新实施异常工况联动响应机制,钢铁主产线检修计划与配套固废处理系统检修维护实施联动,确保生产设备状态可控。能源介质联动控制策略则充分挖掘炼钢工序余热资源,将其用于冶金尘泥预烘干环节,实现能源梯级利用。为保障系统稳定运行,组建由生产、设备、环保、物流部门参与的联合巡查组,制定标准化核查清单,定期对固废产生点位与处理设施进行运行匹配度校验,重点核查物料转运衔接效率及二次污染防治措施执行情况。该机制通过生产计划、物流调度、设备维护、能源管理的多维协同,构建起钢铁制造与固废处置的闭环管控链条,为同类流程型工业企业的固废源头减量与过程控制提供实践范本。

4.2 智能化与数字化赋能的长效管理平台建设

基于钢铁基地二次资源管理系统平台以物联网感知层为基础,在固废产生源头、转运计量及终端处理设施部署智能传感器网络,实现全链条数据实时采集。平台架构上层为大数据分析层,集成数字孪生引擎构建三维可视化管控界面,动态映射各类固废处理设施运行参数,通过多维数据标签体系为工艺路线优化提供决策支持。核心算法层搭载机器学习模型,结合气象数据、生产计划等变量因子,可提前预测区域固废产生量级及组分变化趋势,辅助完成车辆调度与处置资源预分配。应用服务层开发移动端协同管理系统,集成异常工况智能预警、任务工单派发及处置进度跟踪功能,形成感知、分析、决策、执行的闭环管控机制。平台特别设计标准化数据接口,具备与生态环境监管平台对接条件,实现自动报表生成、台账归档及合规性预警联动,显著提升固废管理精细化水平。该平台已实现固废从产生到末端处置的全生命周期数字化管控,通过数据驱动优化资源配置,有效降低临时贮存风险及二次污染概率,为固废处置行业数字化转型提供可复制的技术框架。

4.3 产学研合作与技术创新持续优化机制

加强与高等院校、科研机构合作,聚焦固废资源化技术瓶颈开展协同攻关,通过组建产学研一体化团队,积极参

与绿色胶凝材料、钢渣高值化产品等技术研发,构建现场问题、科研课题、应用成果快速转化通道,确保一线需求精准对接研究方向。定期举行技术研讨,围绕行业前沿处理工艺与应用案例展开深度交流,同步联合设备制造商、战略客户搭建中试平台,对新型破碎分选技术、预处理加工及项目应用进行工程化验证。为激发创新活力,制定技术创新重大成果专项奖励办法,对取得发明专利或实现产业化落地的重大技术创新成果给予阶梯式奖励,形成从基础研究到产业应用的完整创新链条。通过产学研深度融合,已突破多项固废预处理关键技术,如开发的大宗钢渣固废高效低碳制备高等级沥青路面材料及应用关键技术,在道路工程领域实现规模化应用等,显著提升再生骨料品质。该模式有效整合高校科研优势与企业工程化能力,加速科技成果转化效率,为固废处置行业技术升级提供可复制的创新范式。

结束语:某钢铁基地三高炉新建项目固废闭环管理实践,通过技术创新与管理优化的有机结合,构建了覆盖全流程的管控体系,实现了固废不出厂的目标。该体系既满足环保合规要求,又实现资源高效回收,体现了绿色钢铁的发展理念。项目形成的技术标准和管理规范,为行业同类项目建设提供了可复制的经验,助力行业绿色低碳高质量发展,也是与属地“无废城市”建设深度融合的生动实践。

参考文献:

- [1] 郑晨,李星星,高子丰,等.钢铁企业高炉煤气柜重大危险源评估应用[J].冶金动力,2023,(03):22-25.
- [2] 孙泽辉,员晓,彭锋,等.钢铁工业大宗固废综合利用现状及展望[J].冶金管理,2022,(16):39-43.
- [3] 袁江.日照精品钢铁基地二号高炉建设项目质量管理优化研究[D].江苏大学,2022.
- [4] 张春育.用系统思维构建高炉稳定顺行管理机制[J].冶金与材料,2022,14(01):153-154.
- [5] 基于钢铁企业两化融合的高炉智能化管理[J].冶金管理,2020,(12):40-44.
- [6] 刘唐猛,俞孝青,李谦,等.钢铁企业危废调研及焚烧优化应用[J].工程建设,2024,56(05):73-78.

作者简介:蒋家安(1975年12月21日-),男,汉族,上海市崇明区人,职称(职务):工程师,本科,研究方向:生态环境工程