

冶金烧结机设备功能和常见故障防控措施分析

张树刚

天津铁厂有限公司 河北 邯郸 056404

摘要: 本文聚焦冶金烧结机设备, 阐述其由给料、点火、烧结台车等系统组成的设备功能, 以及“原料准备—烧结—冷却—成品处理”的工艺流程与设备协同。分析机械类、电气与自动化、工艺参数异常、环保设备等常见故障类型及成因。提出预防性维护、智能监测与诊断、工艺优化与参数控制、备件管理与快速响应等防控措施, 并展望智能化与数字化融合、绿色低碳技术升级、模块化与标准化设计等未来趋势。

关键词: 冶金烧结机; 设备功能; 故障分类; 防控措施

引言: 钢铁生产中, 冶金烧结机作为原料准备的核心装置, 其运行稳定性直接影响后续生产环节。烧结机设备复杂, 涉及多个系统协同作业, 运行过程中易受多种因素影响而出现故障, 导致生产中断、质量下降等问题。因此, 深入了解烧结机设备功能、常见故障及成因, 并采取有效的防控措施, 对保障钢铁生产的高效、稳定运行具有重要意义。

1 冶金烧结机设备功能与工艺流程

1.1 烧结机设备组成及功能

冶金烧结机是钢铁原料准备核心装置, 由给料、点火、烧结台车、抽风、冷却及卸矿等系统构成。给料系统含配料仓、混合机与布料器, 配料仓按比例存铁精矿等原料, 混合机加水搅拌使原料均质, 布料器将混合料均匀铺于烧结台车, 保证烧结层厚度均匀。点火装置用焦炉煤气或天然气点火, 点燃台车表面混合料, 提供初始热量。烧结台车为链式循环结构, 承载混合料在密闭轨道移动完成烧结。抽风系统由主抽风机和风箱组成, 靠负压吸附让高温烟气穿透料层, 维持烧结反应。冷却系统用环冷机或带冷机, 将烧结矿从600 - 800℃冷却至150℃以下。卸矿系统通过翻车机将冷却后的烧结矿卸至输送皮带, 送往高炉炼铁, 各系统协同将粉状原料转化为块状烧结矿^[1]。

1.2 烧结工艺流程与设备协同

烧结工艺以“原料准备—烧结—冷却—成品处理”为核心, 各环节与设备精准配合。原料准备时, 配料仓按高炉要求比例配料, 电子皮带秤实时计量保精度。混合机分一、二次混合, 一次混匀, 二次加雾化水调水分至7.2 - 8.5%, 形成合理粒度。布料后, 台车进点火炉, 温度1050 - 1150℃, 时间30 - 40秒, 主抽风机启动形成负压, 燃烧带下移。烧结中, 风箱负压14 - 18kPa, 台车速度1.8 - 2.5m/min, 终点稳定在台车尾部1/3处。烧结完,

台车进冷却系统, 环冷机鼓风压力0.3 - 0.5MPa, 冷却15 - 20分钟。卸矿后, 振动筛分级, 返矿回配料系统循环, 流程靠设备参数联动高效稳定运行。

2 烧结机常见故障类型及成因分析

2.1 机械类故障

烧结机机械类故障主要集中在台车、传动系统和密封装置, 其成因与设备磨损、负荷不均及维护不当直接相关。台车故障表现为台车体变形、车轮卡滞和篦条损坏, 台车体长期承载高温混合料, 温度波动导致金属疲劳变形, 车轮与轨道接触面积不均, 运行中出现卡滞现象, 篦条因高温氧化和物料冲刷, 使用3-6个月后易出现断裂。传动系统故障以减速机异响、链条断裂为主, 减速机因润滑油劣化或齿轮磨损, 运行时产生周期性异响, 链条长期承受台车自重和物料负荷, 若张紧度调整不当, 易出现链节磨损或断裂, 导致台车停运。密封装置故障表现为风箱漏风, 台车与风箱之间的弹性密封件因高温老化, 密封性能下降, 漏风率超过20%, 不仅降低抽风效率, 还加剧风机负荷。

2.2 电气与自动化故障

电气与自动化故障直接影响烧结机连续运行, 主要包括电机故障、控制系统故障和传感器故障。电机故障以主抽风机电机和台车传动电机最为典型, 主抽风机电机因长期高负荷运行, 定子绕组绝缘层老化, 出现接地或短路故障, 电机温度超过120℃时触发保护停机, 台车传动电机因启动频繁, 轴承润滑不良导致磨损, 运行时出现振动超标现象。控制系统故障集中在PLC控制器和变频器, PLC控制器因电源波动或程序逻辑错误, 出现信号传输中断, 导致配料、布料等环节参数失控, 变频器因散热不良或IGBT模块损坏, 无法精准调节台车运行速度和风机转速。传感器故障表现为参数测量失真, 料位传感器因物料附着导致料位显示偏差, 温度传感器因高温

氧化使点火温度测量值偏低100-200℃，压力传感器因粉尘堵塞导致风箱负压测量不准确^[2]。

2.3 工艺参数异常故障

工艺参数异常故障源于参数设定不合理或运行中波动超标，直接导致烧结矿质量下降和生产中断。常见表现为烧结终点偏移、烧结矿强度不足和返矿率偏高。烧结终点偏移分为提前和滞后，终点提前是因台车速度过快或燃料配比过高，使燃烧带快速到达台车尾部，未充分完成烧结反应，终点滞后则因抽风负压不足或点火温度偏低，燃烧带推进缓慢，导致未烧透物料增多。烧结矿强度不足表现为抗压强度低于15MPa，主要因熔剂配比不足，烧结矿中液相量过少，或冷却速度过快，晶体结构发育不完善。返矿率偏高超过14%，源于布料不均导致料层透气性差异，局部出现过烧或欠烧，过烧区域形成大块烧结矿，破碎后返矿量增加，欠烧区域直接成为返矿。混合料水分过高易导致料层结块，透气性下降，出现“塌料”故障；水分过低则使料层透气性过强，燃烧带快速下移，影响烧结质量，这些异常均与参数监测和调整不及时相关。

2.4 环保设备故障

烧结机环保设备故障多涉及烟气脱硫、脱硝和除尘系统，成因与介质腐蚀、结垢及设备老化有关。脱硫系统常见吸收塔喷淋堵塞和浆液 pH 值失控：喷淋嘴因粉尘沉积堵塞，使浆液分布不均，脱硫效率降至 70% 以下；石灰石浆液补给不及时，浆液 pH 值低于 5.5 或高于 6.5，引发设备腐蚀或石膏品质下降。脱硝系统故障表现为催化剂失活和氨逃逸超标：催化剂因重金属沉积中毒，活性降低致脱硝效率下降；流量控制器故障使氨喷射量偏高，氨逃逸率超 8ppm，形成铵盐堵塞后续设备。除尘系统故障以电除尘器放电异常和滤袋破损为主：电极积灰致电场击穿，除尘效率下降；滤袋因高温和化学腐蚀破损，粉尘排放浓度升至 40mg/m³以上。故障影响环保排放，还会致烧结机减产。

3 故障防控技术体系与措施

3.1 预防性维护策略

预防性维护策略以“定期检查、提前干预、精准保养”为核心，建立全周期维护体系。针对机械系统，制定台车、传动系统等关键设备维护周期表，台车每运行1个月进行车轮间隙测量和篦条检查，发现磨损量超过2mm及时更换，传动系统每3个月拆解减速机检查齿轮磨损情况，补充或更换专用润滑油。电气系统实行“日巡检、周测试、月保养”制度，每日巡检主抽风机电机温度和振动值，每周通过万用表测试定子绕组绝缘电阻，

每月对PLC控制器和变频器进行除尘和程序备份。工艺系统重点监控关键参数波动，每2小时记录混合料水分、点火温度等数据，建立参数偏离预警机制，当水分波动超过±0.5%时，自动调节加水阀门开度。实施设备状态分级管理，根据运行年限和故障频率将设备分为关键、重要和一般三级，关键设备如主抽风机实行24小时专人值守，重要设备如配料仓每周进行料位传感器校准，通过预防性维护使设备故障停机时间降低40%以上。

3.2 智能监测与诊断技术

智能监测与诊断技术通过“数据采集—实时分析—故障预警”实现故障早发现、早处理。在机械系统部署振动传感器和温度传感器，台车车轮和减速机轴承处安装振动传感器，采样频率设为1000Hz，实时采集振动频谱数据，通过边缘计算设备对比标准频谱，当异常峰值超过30%时触发预警，温度传感器实时监测电机和轴承温度，超过设定阈值自动报警。电气系统采用智能电表和故障录波装置，智能电表实时监测各电机电流、电压变化，故障录波装置记录变频器和PLC控制器故障时的波形数据，辅助定位故障点^[3]。工艺系统构建数字孪生模型，整合配料、烧结、冷却等环节数据，通过AI算法模拟烧结过程，当模拟结果与实际数据偏差超过5%时，分析参数异常原因并给出调整建议。除尘和脱硫系统安装在线监测设备，实时采集粉尘浓度、SO₂排放数据，结合视频监控识别喷淋堵塞和滤袋破损，通过智能诊断技术使故障识别准确率提升至90%，故障处理时间缩短50%。

3.3 工艺优化与参数控制

工艺优化与参数控制以“稳定质量、降低故障”为目标，通过参数精细化调整和流程优化减少故障诱因。原料准备阶段优化配料方案，采用正交试验确定最佳配比，铁精矿占比控制在70-75%，熔剂占比8-10%，燃料占比3-5%，同时引入原料预均化技术，通过均化库消除原料成分波动。烧结过程实施“终点精准控制”，根据原料成分和台车速度，通过PID控制系统调节主抽风机负压和点火温度，当烧结终点偏离设定位置时，自动调整台车运行速度，将终点波动范围控制在±0.5m内。冷却系统优化鼓风参数，根据烧结矿产量调整环冷机鼓风压力和风量，采用分段冷却方式，前段鼓风压力0.5MPa快速降温，后段0.3MPa缓慢冷却，避免温度骤变导致烧结矿破碎。优化布料工艺，采用多辊布料器替代传统刮板布料器，使料层厚度偏差控制在±5mm内，提升料层透气性，通过工艺优化使烧结矿合格率提升至98%，工艺参数异常故障减少60%。

3.4 备件管理与快速响应

备件管理与快速响应体系通过“科学储备、快速调配、高效维修”缩短故障处理时间。建立备件分类储备机制,根据备件重要性和消耗频率,将台车篦条、减速机齿轮等定为A类备件,储备量满足3个月使用需求,电机轴承、传感器等B类备件储备量满足1个月使用需求,采用ERP系统实时监控备件库存,当库存低于最低储备量时自动触发采购。构建区域备件共享平台,联合周边钢铁企业建立备件共享库,存放主抽风机转子、PLC控制器等大型关键备件,实现紧急情况下的快速调配。建立快速响应维修团队,按故障类型分为机械、电气、工艺三个专业维修组,配备专用维修工具和应急车辆,接到故障预警后15分钟内到达现场,机械故障平均处理时间控制在2小时内,电气故障控制在1小时内。建立故障案例库,记录每次故障的成因、处理过程和解决方案,通过案例分析优化维修流程,使同类故障处理时间缩短30%,确保烧结机有效作业率提升至95%以上。

4 烧结机故障防控的未来趋势

4.1 智能化与数字化技术深度融合

未来烧结机故障防控将达成智能化与数字化深度融合,构建全流程智能防控体系。借助5G技术实现设备数据高速传输,在关键部位部署物联网传感器,毫秒级采集振动、温度等参数,数据传输延迟低于10ms。基于工业互联网平台构建数字孪生体,模拟运行状态,用AI算法预测故障趋势,如提前15天预测轴承磨损故障。引入机器视觉技术,在关键环节安装高清摄像头,实时检测料层厚度等,识别准确率超95%。开发智能决策系统,整合数据生成维修方案与备件建议。通过数字孪生体开展虚拟维修培训,推动故障防控从“被动维修”转向“主动预测”,降低故障停机时间。

4.2 绿色低碳技术升级

绿色低碳技术升级是烧结机故障防控重要方向,实现环保与防控协同提升。环保设备上,升级脱硫脱硝系统,采用新型催化剂,延长使用寿命至3年,减少更换故障;引入低温等离子体技术,提升脱硫脱硝效率。开发余热利用与故障防控联动系统,利用余热蒸汽驱动冷却

风机,降低电机故障概率^[4]。采用新型环保材料优化设备结构,台车体用不锈钢合金,寿命延长至8年,减少变形故障。构建绿色能源供应体系,用光伏电力为辅助设备供电,搭配储能系统,减少电气故障。

4.3 模块化与标准化设计

模块化与标准化设计可简化烧结机故障处理流程,提升维修效率与设备可靠性。设备制造采用模块化设计,分为给料、烧结、冷却和环保模块,内部组件标准化生产,如配料仓等统一接口尺寸,台车规格统一。故障时快速整体更换模块,停机维修时间从8小时缩至2小时。建立备件标准化体系,统一关键备件型号等,实现跨厂家通用,降低库存成本。制定标准化维修手册,明确故障维修步骤、工具和时限。模块化设计便于设备升级改造,可针对故障高发模块单独升级。通过标准化和模块化,维修人员培训周期缩短40%,故障处理准确率提升至98%,提升烧结机运行稳定性。

结束语

冶金烧结机作为钢铁生产原料准备的核心装置,其稳定运行对生产意义重大。本文全面剖析了设备功能、常见故障及防控措施,并展望未来发展趋势。通过预防性维护、智能监测等手段,结合工艺优化与备件管理,能有效降低故障发生率。未来,智能化、绿色低碳、模块化与标准化发展将为烧结机故障防控带来新机遇,推动钢铁生产迈向更高效、环保、稳定的新阶段。

参考文献

- [1]孙德昌.冶金烧结机设备功能和常见故障防控措施分析[J].山西冶金,2024,47(10):249-250,254.
- [2]刘俊文,付俊生,焦东方,等.冶金行业烧结机设备功能分析和常见故障防控措施[J].山西冶金,2023,46(9):244-246,251.
- [3]李华,张明.烧结机设备点检定修管理研究[J].钢铁技术,2022,45(2):56-59.
- [4]王伟,陈红.钢铁企业设备点检定修管理模式探讨[J].设备管理与维修,2021,(10):18-20.