

冶金自动化控制技术特点与应用

魏江涛

新疆八一钢铁有限公司设备工程部 新疆 乌鲁木齐 830022

摘要: 本文探讨冶金自动化控制技术特点与应用。技术具备高度适应性、复杂性与集成性、高可靠性与低故障率、知识综合应用等特点,可应对冶金生产复杂环境与工艺需求。在生产流程控制、能源与环保管理、设备状态监测与维护、质量管理与追溯等领域应用广泛。该技术正朝着智能化升级、系统集成与协同优化、绿色低碳技术应用、标准化与安全性提升等方向发展。

关键词: 冶金自动化控制技术; 技术特点; 应用领域; 发展趋势

引言: 冶金行业作为基础产业,对经济发展意义重大。随着科技发展,自动化控制技术成为提升冶金生产效率与质量的关键。冶金生产环境复杂、工艺要求高,传统控制方式难以满足需求。冶金自动化控制技术应运而生,凭借独特优势在冶金生产中发挥重要作用。深入探究该技术特点与应用,有助于推动冶金行业技术进步,实现高效、绿色、可持续发展。

1 冶金自动化控制技术特点

1.1 高度适应性

冶金生产现场存在诸多严苛条件,冶金自动化控制技术展现出强大的环境适应能力。高温环境下,设备需承受数百至上千摄氏度的温度,自动化控制系统通过特殊耐高温材料封装核心元件,搭配高效散热装置,确保电子器件正常运行。针对强腐蚀环境,采用防腐涂层、密封防护结构,阻止腐蚀性气体或液体侵入系统内部,保障控制模块稳定工作。在高压工况中,系统对压力敏感元件进行特殊加固设计,增强抗压性能,防止压力波动影响测量与控制精度。面对生产过程中的参数变化,自动化控制技术具备动态调整能力。以温度控制为例,冶炼过程中炉温会因原料成分、反应进度等因素波动,控制系统实时监测温度数据,通过调节燃料供给量、鼓风量等手段,快速将温度稳定在设定范围。在成分控制方面,当检测到金属溶液中某种元素含量偏离目标值,系统立即计算调整方案,自动添加相应添加剂或调整工艺流程,维持成分稳定,保障产品质量。

1.2 复杂性与集成性

冶金自动化控制技术融合多学科知识。电气领域为系统提供稳定的电力供应与信号传输;机械设计保障设备结构强度与运动精度;计算机技术实现数据处理、算法运行与系统管理;冶金工艺知识则指导控制策略制定,确保生产符合工艺要求^[1]。这种多学科交叉使系统能够从不同角

度解决冶金生产中的复杂问题,例如结合机械传动原理与电气控制策略,优化轧钢设备的运行效率。硬件与软件系统深度融合是其重要特征。可编程逻辑控制器(PLC)作为核心硬件,负责执行逻辑控制任务,实现对现场设备的开关量、模拟量控制。集散控制系统(DCS)通过网络将多个控制站和操作站连接,实现分散控制、集中管理。工业以太网作为通信桥梁,保障数据在硬件设备与软件系统间高速传输。软件系统则基于硬件平台,开发出工艺控制程序、监控界面、数据分析软件等,实现对生产过程的可视化监控与精准控制。

1.3 高可靠性与低故障率

冗余设计是保障系统可靠性的关键手段。在关键控制环节,采用双机热备、多模块冗余架构,当主设备出现故障时,备用设备立即无缝接管工作,避免生产中断。故障预测技术通过对设备运行数据的实时分析,提前发现潜在故障隐患。如基于性能退化评估(PHM)系统,收集设备振动、温度、电流等参数,运用算法预测部件剩余寿命,提前安排维护计划,减少突发故障发生概率。实时监测与快速响应机制进一步提升系统可靠性。传感器网络遍布生产现场,实时采集温度、压力、流量等数据,将信息快速传输至控制系统。智能诊断模块对数据进行分析处理,一旦检测到异常信号,立即启动报警机制,并根据预设规则自动采取应对措施。例如,当检测到炉体压力异常升高,系统迅速调整通风设备,降低压力,防止安全事故发生。

1.4 知识综合应用

冶金自动化控制技术将工艺模型与控制算法紧密结合。机理模型基于冶金反应原理与物理化学规律构建,描述生产过程中各参数间的关系,为控制算法提供理论依据。预测控制算法依据机理模型预测系统未来状态,提前制定控制策略,优化生产过程。神经网络算法通过

对大量生产数据的学习,挖掘数据特征与规律,实现对复杂非线性过程的精准控制,如预测钢水的凝固时间与质量。跨领域技术整合为冶金自动化注入新活力。物联网技术实现设备间互联互通,使生产数据能够实时共享,便于集中管理与远程监控。大数据技术对海量生产数据进行存储与分析,挖掘数据背后的价值,为生产优化提供决策支持。人工智能技术应用于质量检测、设备维护等环节,通过图像识别检测钢材表面缺陷,利用机器学习算法优化设备维护周期,提升生产效率与质量。

2 冶金自动化控制技术应用领域

2.1 生产流程控制

原料处理阶段的自动化贯穿配料、混匀、输送全流程。配料环节,系统依据配方与原料成分数据,精准计算铁矿石、焦炭、熔剂等物料配比,通过称重传感器反馈重量,控制给料设备运转速率,确保按比例输送至混合装置。混匀过程中,堆取料机按程序分层堆料并均匀取料,保障原料成分均一。输送系统采用皮带传输网络,结合料位监测实现自动启停与速度调节,确保供料连续稳定,避免中断影响生产节奏。冶炼过程自动化是提升效率与质量的关键。高炉炼铁中,系统采集温度、压力等数据,结合透气性指标,自动调节热风量、喷煤量与富氧量,维持炉况稳定。转炉炼钢通过副枪检测钢水温度与碳含量,精准控制氧气流量与造渣剂添加,实现成分与温度双命中。电炉炼钢则通过电极自动升降装置,根据功率反馈调整位置与电流,优化电能利用,缩短冶炼周期。连铸与轧制环节的自动化保障产品精度与性能。连铸过程中,液位控制系统监测结晶器液位,联动调节拉坯速度与振动频率,防止漏钢;二冷区根据铸坯温度动态调整冷却水量,确保均匀凝固^[2]。轧制工序中,厚度自动控制系统(AGC)实时测量厚度并调节辊缝,实现微米级控制;温度系统通过测温仪监控轧件温度,自动调整速度与冷却水流量,确保终轧温度达标,提升产品性能。

2.2 能源与环保管理

能源平衡优化借助自动化技术实现高效回收与利用。煤气回收系统通过压力传感器、流量计量装置实时监测高炉煤气、转炉煤气的压力、流量与成分,自动化阀门根据管网压力与用户需求动态调节煤气输送路径,将合格煤气输送至储气柜或用户端。余热利用系统针对高温烟气、钢渣等余热资源,采用自动化换热器与发电装置,通过温度、压力传感器反馈参数,调节换热介质流量与汽轮机运行状态,最大化回收热能转化为电能或蒸汽。排放控制环节的自动化保障生产符合环保标准。

废气处理系统中,在线监测设备实时检测二氧化硫、氮氧化物、颗粒物浓度,数据传输至控制系统后,自动调节脱硫塔浆液循环量、脱硝反应器喷氨量及除尘器清灰频率,确保排放达标。废水处理自动化系统通过pH计、重金属离子浓度检测仪监测水质参数,联动控制加药泵、絮凝剂投加量及污水处理设备运行参数,实现废水净化与回用。

2.3 设备状态监测与维护

关键设备在线监测依托多类型传感器实现全工况覆盖。电机监测系统通过振动传感器捕捉轴承、转子振动信号,结合温度传感器、电流传感器数据,分析电机运行状态,识别不平衡、不对中或轴承磨损等故障。阀门监测系统利用位移传感器与压力传感器,实时监测阀门开度与泄漏情况,及时发现阀杆卡死、密封失效等问题。传动装置监测通过扭矩传感器、转速传感器获取负载与转速数据,保障传动系统稳定运行。预防性维护与寿命预测基于数据分析技术实现。振动分析系统对设备振动信号进行频谱分解,识别异常频率成分,预测轴承、齿轮等部件磨损趋势。油液监测系统通过检测润滑油粘度、酸值及磨损颗粒形态,评估设备润滑状态与磨损程度。自动化维护管理平台整合各类监测数据,结合设备运行时长与历史维护记录,运用机器学习算法生成个性化维护计划,降低突发故障概率。

2.4 质量管理与追溯

产品质量实时检测覆盖生产全流程。成分分析采用光谱仪、质谱仪等设备对原料、钢水、成品进行化学成分快速检测,自动化系统将检测结果与标准成分范围对比,判断是否合格。表面缺陷检测利用机器视觉技术,通过工业相机阵列采集产品图像,经图像处理算法识别裂纹、孔洞、氧化皮等表面缺陷,自动分拣不合格产品。在线力学性能检测设备对成品进行拉伸、硬度测试,实时反馈屈服强度、抗拉强度等性能数据。全流程质量追溯系统通过信息化手段实现数据可查可溯。批次管理系统为每批产品赋予唯一标识,记录从原料采购批次、生产工艺参数、设备运行数据到操作人员信息的全流程数据^[3]。数据存档系统采用分布式存储技术,对生产数据进行加密保存。当出现质量问题时,通过输入产品批次号,可快速调取生产全过程数据,追溯质量问题根源,便于针对性改进工艺与管理流程。

3 冶金自动化控制技术发展趋势

3.1 智能化升级

冶金行业智能化升级依托人工智能与机器学习技术深度融合。智能优化控制贯穿生产全流程,从原料配比

到成品产出,通过算法模型分析生产数据,精准调整参数。炼钢环节,机器学习算法能快速处理温度、压力等海量数据,实现冶炼工艺参数的实时优化,提高钢水质量。复杂工况下,自适应控制算法可依据设备磨损、环境温度湿度变化等因素,自动修正控制策略,确保生产稳定性。自主决策系统的应用让生产更具灵活性。面对设备故障、原料波动等突发状况,系统可依据预设规则和历史经验,自主制定应对策略,避免人为干预的延迟与失误。无人化与少人化生产是智能化升级的重要体现,智能巡检机器人替代人工对设备进行24小时不间断监测,利用传感器和图像识别技术,及时发现设备隐患并上报。远程操控技术则使操作人员在安全区域即可完成高危环境下的设备操作,降低人员安全风险,提高生产效率。

3.2 系统集成与协同优化

跨工序、跨车间的信息互通是系统集成的关键。制造执行系统(MES)与企业资源计划(ERP)和自动化系统实现深度集成,打破信息孤岛。MES实时采集生产数据,ERP统筹资源调配,两者与自动化系统协同运作,让生产计划、物料供应、设备运行等环节紧密衔接。在数据交互层面,采用统一的数据格式与通信协议,实现生产进度、质量检测、库存信息的秒级同步,使管理层能迅速掌握全局生产状态。全局优化与动态调度借助数字孪生和虚拟工厂技术得以实现。数字孪生通过构建与物理实体高度相似的虚拟模型,模拟生产过程中的各种场景,提前预判潜在问题并优化解决方案。虚拟工厂则整合了生产流程各环节的数据,实现对整个生产系统的实时监控与动态调整,确保各工序高效协同,提升整体生产效益。

3.3 绿色低碳技术应用

节能减排技术在冶金领域的应用日益广泛。氢基炼铁作为一种新型工艺,以氢气替代传统焦炭作为还原剂,减少了二氧化碳排放,同时提高了铁的纯净度。自动化控制系统在氢基炼铁中负责精确控制氢气流量、反应温度等参数,确保还原反应的高效进行^[4]。电炉短流程炼钢通过利用废钢作为主要原料,减少了铁矿石开采与高炉炼铁的能耗与碳排放,自动化系统则优化电炉的供

电、供氧策略,缩短冶炼时间,进一步降低能耗。碳足迹监测与管理通过自动化系统实现碳排放的实时核算。在生产现场部署传感器,实时采集能源消耗、原料使用等数据,结合碳排放计算模型,动态计算各工序的碳排放量。管理人员可通过监控界面查看实时碳足迹报告,分析碳排放的主要来源,制定针对性的减排措施。例如在烧结工序,通过分析碳排放量与燃料消耗的关系,优化燃料配比与燃烧过程,降低单位产品的碳排放。

3.4 标准化与安全性提升

随着冶金自动化控制技术的快速发展,行业技术标准的制定与推广尤为重要。统一的技术标准能规范设备接口、数据传输协议等,确保不同厂家的设备和系统能够兼容,促进技术交流与产业协同发展。网络安全与功能安全是自动化控制系统稳定运行的保障。工业控制系统面临着网络攻击、数据泄露等安全威胁,加强防护措施成为当务之急。采用白名单机制限制非法设备接入,结合区块链技术对关键数据进行加密存储与传输,定期开展漏洞扫描与安全评估,完善安全管理制度,保障冶金生产安全、稳定运行。

结束语

冶金自动化控制技术凭借其高度适应性、复杂性与集成性、高可靠性与低故障率以及知识综合应用等特点,在冶金生产各环节得到广泛应用,显著提升了生产效率、保障了产品质量、促进了能源高效利用与环保达标。未来,随着智能化升级、系统集成与协同优化、绿色低碳技术应用以及标准化与安全性提升等趋势的发展,冶金自动化控制技术将不断创新,为冶金行业的高质量发展提供更强有力的支撑。

参考文献

- [1]周建萍.基于有色冶金电气自动化控制技术特点与应用分析研究[J].有色设备,2023,37(6):34-37.
- [2]陈世彦.基于冶金电气自动化控制技术特点与运用分析[J].冶金与材料,2023,43(9):129-131.
- [3]孙其俭.冶金电气自动化控制技术特点与应用[J].山西冶金,2023,46(8):103-104+120.
- [4]熊波.钢铁冶金电气自动化控制技术研究[J].现代工业经济和信息化,2024,14(01):285-286.