

冶金机械及自动化技术研究

姚子成

张家港中美超薄带科技有限公司 江苏 张家港 215600

摘要：随着全球制造业向智能化、绿色化转型，冶金工业作为国民经济的基础产业，正面临高效生产、低碳减排与智能制造的多重挑战。本文聚焦冶金机械及自动化技术，首先概述其核心内涵与在冶金工业中的重要地位，随后深入研究高精度传感器、先进传动控制、智能控制算法、工业互联网与通信、数字孪生等关键技术，分析各技术在提升生产效率、精度及稳定性中的作用。最后探讨该领域的发展前景，包括机电一体化、国际合作深化、环保节能推进、智能化升级及自动化管理优化等方向，为冶金机械自动化技术的创新与应用提供参考。

关键词：冶金机械；自动化；技术研究

引言：冶金工业作为国民经济的支柱产业，其生产效率、产品质量与技术水平直接影响相关行业发展。随着工业4.0与智能制造的推进，传统冶金机械正逐步向自动化、智能化转型。冶金机械自动化技术通过融合机械设计、自动控制、信息技术等多学科成果，实现生产过程的精准调控、高效运行与智能决策，是解决冶金行业高能耗、低效率、高人工依赖等问题的关键。本文围绕冶金机械自动化技术的概述、关键技术及发展前景展开分析，旨在为推动该领域技术进步与产业升级提供理论支持。

1 冶金机械自动化技术的概述

冶金机械自动化技术是融合机械工程、自动控制、计算机科学、传感技术等多学科的综合性技术体系，其核心是通过智能化设备与系统集成，实现冶金生产全流程的自动化调控与高效运行。该技术以冶金机械为基础载体，借助自动化控制理论与数字化工具，对冶炼、轧制、锻造、热处理等关键环节进行精准干预，从而降低人工操作强度、提升生产精度与稳定性。在冶金工业中，自动化技术贯穿于原材料处理、中间品加工到成品产出的全过程，涵盖设备状态监测、参数实时调控、质量在线检测、生产流程优化等多个维度。例如，在钢铁冶炼中，自动化系统可通过传感器实时采集炉温、成分等数据，结合智能算法动态调整原料配比与冶炼时间；在轧制环节，自动化控制技术能精准调控轧机速度与压力，确保板材厚度均匀性。相较于传统冶金生产模式，自动化技术的应用显著提升了生产效率，降低了能耗与资源浪费，同时通过减少人为操作误差，大幅提高了产品质量的一致性。随着工业数字化的深入推进，冶金机械自动化技术正从单一设备的局部自动化向全流程智能联动演进，成为推动冶金行业向高效、绿色、智能化转

型的核心驱动力^[1]。

2 冶金机械自动化关键技术研究

2.1 高精度传感器技术

高精度传感器技术是冶金机械自动化系统的“感知神经”，通过对冶金生产过程中关键物理量、化学量的实时采集与精准转换，为自动化控制提供可靠的数据支撑。在高温、高压、高粉尘的冶金环境中，传感器需具备抗干扰、耐磨损、长寿命的特性，才能稳定输出温度、压力、流量、成分、振动等参数信息，其测量精度直接影响自动化系统的调控效果。在冶炼环节，热电偶与红外传感器可实时监测炉膛内温度分布，确保冶炼温度控制在工艺要求的 $\pm 1^\circ\text{C}$ 范围内，避免因温度波动导致的钢水成分偏差；在轧制过程中，激光位移传感器能连续检测板材厚度与平整度，数据经处理后直接反馈至控制系统，实现轧机压力的动态调整。此外，光纤传感器可嵌入设备关键部位，通过感知应力变化预判结构疲劳程度，而气体传感器则能实时分析炉膛内烟气成分，为环保控制提供依据。高精度传感器与数据采集系统的集成，打破了传统冶金生产的“黑箱操作”模式，使生产过程透明化、可追溯。通过与智能算法结合，传感器数据还能用于生产趋势预测，如基于历史温度数据预判炉衬损耗速度，为维护计划制定提供参考。

2.2 先进传动控制技术

先进传动控制技术是冶金机械自动化的“动力中枢”，通过对电机、液压、气动等动力装置的精准调控，实现冶金设备运动参数的实时优化，保障生产过程的稳定性与高效性。该技术融合了电力电子、运动控制算法与机械传动设计，能在高负载、强冲击的冶金环境中，精确控制设备的转速、扭矩、位移等关键指标，满足不同工艺环节对动力输出的差异化需求。在轧钢生产

中,交流变频传动系统通过矢量控制技术,可实现轧机主电机的无级调速,配合负荷分配算法,确保多辊系同步运转,避免因速度偏差导致的板材拉伸或褶皱;在连铸机中,伺服液压传动系统能精准控制结晶器的振动频率与振幅,通过动态调整运动轨迹,减少铸坯与结晶器的摩擦阻力,提升铸坯表面质量。此外,先进传动控制技术还具备快速响应能力,当生产参数出现波动时,系统可在毫秒级时间内调整动力输出,如在锻造过程中,根据坯料变形反馈实时增减压力,确保锻件尺寸精度。相较于传统传动方式,先进传动控制技术通过数字化调控降低了机械损耗,延长了设备寿命,同时通过能量回收装置实现制动能量的再利用,提升了能源利用效率。其与自动化控制系统的深度融合,使冶金机械的动力输出与工艺需求形成闭环协同,为实现生产全流程的精准可控提供了核心动力支撑,是冶金机械向高速化、精密化发展的关键保障。

2.3 智能控制算法

智能控制算法是冶金机械自动化系统的“决策大脑”,通过融合模糊控制、神经网络、遗传算法等智能计算方法,实现对复杂冶金过程的自适应调控与优化决策。相较于传统的PID控制,智能控制算法具备更强的非线性处理能力和自学习能力,能在参数耦合、干扰因素多的冶金环境中,精准应对生产过程中的不确定性,提升系统的鲁棒性与控制精度。在高炉炼铁中,基于神经网络的智能算法可通过分析历史生产数据,建立炉温、煤气成分与原料配比的关联模型,实时优化热风温度、鼓风量等参数,实现高炉稳定顺行;在冷轧过程中,模糊控制算法能根据带钢表面粗糙度、张力反馈等动态调整轧制力,有效解决因原料硬度波动导致的厚度偏差问题。此外,智能控制算法还能实现多目标协同优化,例如在炼钢转炉控制中,通过遗传算法同步优化冶炼时间、能耗与钢水质量,在满足产品标准的前提下降低生产成本。智能控制算法与实时数据库的结合,可实现控制策略的动态更新。系统通过持续学习生产过程中的新数据,不断修正控制模型,使调控精度随生产周期推进逐步提升。

2.4 工业互联网与通信技术

工业互联网与通信技术是冶金机械自动化系统的“神经网络”,通过构建高可靠、低时延的网络架构,实现冶金生产全流程设备、数据与系统的互联互通,为自动化控制提供无缝的数据传输与协同支撑。该技术融合了5G、工业以太网、边缘计算等通信与网络技术,能在高温、强电磁干扰的冶金环境中,稳定传输海量实时

数据,保障设备状态监测、远程控制、生产调度等功能的高效实现。在冶金车间,工业以太网作为核心通信载体,可将轧机、熔炉、检测设备等终端节点接入统一网络,实现控制指令与生产数据的双向传输,确保各设备按工艺节奏协同运作;5G技术的引入则解决了移动设备的通信难题,如天车、AGV等移动装置通过5G网络实时接收调度指令,同时回传位置与负载信息,提升物流转运效率。边缘计算节点的部署能在数据源头进行快速处理,减少云端传输压力,如在炼钢炉旁的边缘设备可实时分析传感器数据,秒级响应异常报警并触发局部调控。工业互联网平台通过数据汇聚与建模,打破了冶金生产各环节的信息孤岛。例如,通过整合冶炼、轧制、质检等环节的数据,平台可生成全流程生产图谱,为管理人员提供全局可视的生产状态;基于云端大数据分析,还能优化生产计划与设备维护策略,实现资源的动态调配。

2.5 数字孪生技术

数字孪生技术是冶金机械自动化系统的“虚拟镜像”,通过构建物理设备与生产过程的数字化模型,实现虚实映射、实时交互与全生命周期管理,为冶金生产的精准调控与优化提供创新手段。该技术融合三维建模、实时数据同步、仿真分析等技术,将冶金机械的几何参数、运行状态、环境影响等要素转化为可计算的数字信息,形成与物理实体动态匹配的虚拟副本。在冶金设备管理中,数字孪生模型可实时接收传感器传输的温度、振动、能耗等数据,精准模拟设备运行状态,提前预判潜在故障。例如,高炉数字孪生系统能通过炉体温度场分布的虚拟仿真,定位耐火材料侵蚀区域,为维护方案制定提供可视化依据;在轧制生产线中,数字孪生技术可构建从钢坯到成品的全流程虚拟生产线,通过仿真不同轧制参数对产品质量的影响,优化工艺方案后再应用于实际生产,减少试错成本。数字孪生技术还支持生产过程的动态优化,通过虚拟调试实现工艺参数的快速迭代^[2]。当市场需求变化时,可在虚拟环境中调整生产计划、测试设备联动方案,验证可行后再同步至物理系统,大幅缩短产品切换周期。

3 冶金机械自动化的发展前景

3.1 机电一体化

机电一体化是冶金机械自动化发展的核心方向,它通过深度融合机械结构设计、电子控制技术与信息处理系统,实现冶金设备的高效协同与智能运行。传统冶金机械多依赖独立的机械传动和人工控制,而机电一体化技术借助嵌入式系统、伺服驱动装置与机械结构的集

成,可实现设备动作的精准同步与动态响应。在连铸机运行中,机电一体化系统能将结晶器振动、拉矫机运行、冷却水供给等参数纳入统一控制框架,通过实时数据交互实现各部件协同运作,有效降低生产风险。同时,该技术推动冶金设备向小型化、高精度、多功能化发展,如新型轧机通过机电协同控制,可同时完成轧制、平整、探伤等多项任务,显著缩短生产流程,为冶金企业降本增效提供有力技术支撑。

3.2 加强国际合作

冶金机械自动化技术的发展离不开国际合作的深化。当前,全球冶金工业技术融合加速,市场需求日益多元化,单一国家的技术研发难以覆盖全产业链的创新需求。通过国际合作,能够实现技术资源共享与优势互补。发达国家在高精度控制、智能算法等领域的先进经验,可为发展中国家提供借鉴;而发展中国家在大规模生产实践中积累的应用经验,能为技术迭代提供真实场景数据。国际合作还体现在标准协同上,统一的技术标准与认证体系可降低跨国冶金设备的适配成本,推动自动化技术在全球范围内规模化应用^[3]。

3.3 环保节能

环保节能是冶金机械自动化技术发展的重要导向,也是应对全球碳中和目标的必然要求。传统冶金生产存在高能耗、高排放问题,而自动化技术通过精准调控与智能优化,可大幅降低资源消耗与污染物排放。在能源管理方面,自动化系统能实时监测各环节能耗数据,结合生产计划动态分配电力、燃气等能源,通过优化运行参数减少能源浪费。在污染物控制上,自动化技术可联动废气处理设备,根据烟气成分实时调整脱硫、脱硝装置的运行参数,确保排放指标稳定达标。

3.4 智能化发展

智能化是冶金机械自动化技术的高级形态,其核心是通过引入人工智能、大数据、机器学习等技术,实现生产过程的自主决策与自适应优化。相较于传统自动化的“按程序运行”模式,智能化系统具备数据分析、趋势预判与动态调整能力。在炼钢过程中,智能系统可基

于历史生产数据构建预测模型,实时分析钢水成分、温度变化趋势,自动调整供氧强度与合金添加量,提升炼钢效果。在设备管理中,智能算法能通过分析振动、温度等监测数据,提前识别潜在故障并生成维护方案,实现从“事后维修”向“预测性维护”的转变。

3.5 自动化管理

自动化管理是冶金机械自动化技术在生产组织层面的延伸,它通过数字化平台整合生产、设备、人员、物流等全要素信息,实现冶金企业管理流程的高效协同与智能决策。传统冶金管理依赖人工统计与经验判断,存在信息滞后、决策偏差等问题,而自动化管理系统通过物联网技术打通各环节数据壁垒,构建“生产-管理-服务”一体化信息链。在生产计划管理中,系统可根据订单需求、设备负荷、原料库存等数据自动生成最优排产方案,并实时跟踪执行进度;在质量管理中,自动化系统能将在线检测数据与生产参数关联分析,快速定位质量波动原因并推送调整建议^[4]。

结束语

冶金机械及自动化技术的创新发展,是推动冶金工业向高效、绿色、智能转型的核心动力。本文通过梳理该技术的概述、关键技术及发展前景,展现了其在融合多学科成果、破解生产痛点方面的重要价值。从高精度传感器的“感知”到数字孪生的“虚实交互”,从智能算法的“决策优化”到工业互联网的“协同联动”,各项技术的突破为冶金生产全流程的自动化升级提供了坚实支撑。

参考文献

- [1]郭启明.对我国机械自动化技术发展的思考[J].机电信息,2011(21):230-231.
- [2]姚东元.冶金机械及自动化探析[J].科技创新与应用,2012(08):49.
- [3]杜成.浅谈冶金机械及自动化[J].科技创新导报,2011(18):107.
- [4]孙彦广.我国冶金自动化技术进展和发展趋势分析[J].自动化博览,2008(Z1):16-19.