

# 浅谈冶金机械及自动化

卢登攀 高丙江

邢台钢铁有限责任公司 河北 邢台 054000

**摘要:** 冶金机械是冶金工业实现高效生产的关键装备, 涵盖采矿、冶炼、轧制等全流程, 需应对高温高压等严苛工况。随着自动化技术发展, 冶金机械逐步集成智能传感器、PLC/DCS控制系统、工业机器人及SCADA数据平台, 实现生产精准控制、工艺参数优化与设备远程运维。其应用不仅提升了生产安全性与产品质量, 还推动了冶金行业向智能化、绿色化、服务化方向加速转型。

**关键词:** 冶金机械; 自动化; 面临挑战; 发展趋势; 对策

引言: 冶金工业作为国家经济发展的重要基石, 长期面临高温、重载、强腐蚀等极端生产环境挑战, 传统机械依赖人工操作的模式逐渐暴露出效率低、安全风险高等问题。随着工业自动化技术的突破, 以智能传感器、PLC控制系统、工业机器人为核心的冶金自动化装备, 正推动行业向高效、精准、绿色方向升级, 成为破解传统冶金生产瓶颈、实现高质量发展的关键支撑。

## 1 冶金机械概述

### 1.1 冶金机械的定义与分类

冶金机械是指在冶金工业生产流程中, 用于实现矿物开采、原料处理、金属熔炼、型材轧制及成品精整等一系列工艺环节的各类机械设备的总称, 是冶金工业实现规模化、连续化生产的核心支撑。其分类方式主要有以下两种: (1) 按工艺流程分类: 可分为采矿机械、冶炼机械、轧制机械、精整机械等。其中, 采矿机械用于金属矿物的开采与初选, 为冶金生产提供原料; 冶炼机械承担矿物熔炼、精炼任务, 实现从矿石到粗金属再到纯金属的转化; 轧制机械通过压力加工将金属坯料轧制成板材、管材、型材等各类产品; 精整机械则负责对轧制后的产品进行矫直、剪切、表面处理等, 保障产品质量。(2) 按功能分类: 可分为运输设备、破碎设备、熔炼设备、成型设备等。运输设备负责冶金原料、中间产品及成品的转运, 保障生产流程衔接; 破碎设备用于将大块矿石破碎至符合后续加工要求的粒度; 熔炼设备是冶金生产的核心, 通过高温等条件实现金属与杂质的分离; 成型设备则将熔融金属或金属坯料加工成特定形状的产品, 满足不同应用需求。

### 1.2 冶金机械的核心特点

(1) 高温、高压、重载的极端工况适应性。冶金生产多涉及高温熔炼、高压处理等环节, 机械需长期在高温环境下运行, 同时承受物料重载冲击, 因此必须具备

优异的耐高温、耐压及抗冲击性能, 确保在极端工况下稳定运行。(2) 连续化生产与高精度控制需求。冶金工业多为大规模连续化生产, 任一环节设备故障都可能导致整条生产线停工, 因此机械需具备高可靠性以保障连续运行; 同时, 随着市场对冶金产品精度要求的提高, 设备需配备高精度控制系统, 实现对生产过程的精准调控。(3) 耐磨损、耐腐蚀的材料与结构设计要求。冶金原料及中间产品多含硬质颗粒或腐蚀性物质, 会对机械设备造成严重磨损和腐蚀, 因此需采用耐磨损、耐腐蚀的特殊材料, 并优化结构设计, 减少物料对设备的损耗, 延长设备使用寿命<sup>[1]</sup>。

## 2 冶金机械自动化技术体系

### 2.1 自动化技术的核心组成

(1) 传感器技术: 作为自动化系统的“感知器官”, 核心聚焦温度、压力、成分等关键参数的在线检测。通过在冶金设备关键节点部署高精度传感器, 实时捕获熔炼过程中的炉内温度、炉膛压力, 以及金属熔体的成分数据, 为后续控制决策提供精准、实时的基础数据支撑, 确保工艺参数可追溯、可调控。(2) 执行机构: 是自动化指令的“执行终端”, 主要涵盖液压伺服系统与电动驱动装置。液压伺服系统凭借高精度的动力输出, 适配冶金机械重载、高频的动作需求, 如轧制设备的辊缝调节; 电动驱动装置则以高效、稳定的动力传输, 保障运输设备、破碎设备等的连续运转, 实现对机械动作的精准响应<sup>[2]</sup>。(3) 控制系统: 作为自动化体系的“核心大脑”, 包含PLC(可编程逻辑控制器)、DCS(分布式控制系统)及工业机器人。PLC负责单机或局部环节的逻辑控制, 响应速度快; DCS实现全生产线的集中管控与分散控制, 适配大规模生产需求; 工业机器人则承担重复性、高精度作业, 提升作业稳定性。(4) 数据采集与监控系统(SCADA): 承担“数据中枢与可视化监管”功

能,通过采集各环节设备运行参数、工艺数据,实现数据的集中存储、分析与可视化展示,同时支持异常预警与远程调控,为生产调度提供全面的数据支撑。

## 2.2 关键自动化技术应用场景

(1) 炼铁高炉的智能控制:依托自动化系统实现炉料配比优化与炉况预测。通过传感器实时采集炉内温度、压力等数据,经控制系统分析计算,动态调整焦炭、矿石等炉料的配比;结合历史数据与实时参数构建预测模型,提前预判炉况异常,降低塌料、悬料等风险,保障高炉稳定高效运行。(2) 连铸连轧生产线的全流程自动化:核心实现温度、速度、张力的协同控制。从钢水浇铸到坯料轧制,SCADA系统实时联动各环节设备,精准调控结晶器温度、轧制速度及各机架间的张力,避免出现坯料裂纹、尺寸偏差等问题,提升产品精度与生产效率<sup>[3]</sup>。(3) 电解铝行业的智能工厂:以自动化技术实现无人化作业升级,核心应用包括无人行车与阳极更换机器人。无人行车通过控制系统精准完成铝液抬包的转运,避免人工操作的安全风险;阳极更换机器人自动完成电解槽阳极的检测、更换作业,提升作业效率与规范性,降低人工劳动强度。

## 2.3 自动化技术的优势

(1) 提升生产安全性:通过自动化设备替代人工完成高温、高压、高粉尘等高危环境下的作业,如炉内检测、熔融金属转运等,大幅减少人工暴露在危险工况中的概率,降低安全事故发生率,同时通过实时异常预警,提前规避设备故障引发的安全风险。(2) 优化工艺参数:依托精准的数据采集与智能分析,自动化系统可动态优化工艺参数,如熔炼温度、炉料配比等,有效降低能源消耗与原料损耗。例如,高炉智能控制可降低焦炭消耗,连铸连轧协同控制可减少金属坯料浪费,提升资源利用效率。(3) 实现柔性生产:借助控制系统的快速响应与参数可调性,可快速切换产品规格。当需要生产不同型号的轧制产品时,无需大量人工调整设备,通过修改控制系统参数即可完成生产线适配,缩短生产切换周期,提升对市场需求的响应能力。

## 3 冶金机械自动化发展面临的挑战

### 3.1 技术瓶颈

(1) 极端工况下传感器可靠性不足。冶金生产多涉及高温、高压、高粉尘及强腐蚀环境,传统传感器在该工况下易出现精度漂移、信号中断甚至硬件损坏问题。例如高炉炉内、熔融金属液面等关键节点的检测传感器,长期承受高温辐射与物料冲刷,难以稳定输出精准数据,影响自动化控制系统的决策准确性。(2) 多变量耦合控制算法复杂度高。冶金工艺涉及温度、压力、流量、成分等

多个相互关联的变量,各变量间存在强耦合、非线性特性。现有控制算法难以实现多变量的精准协同调控,易出现参数波动问题,例如连铸连轧过程中,轧制速度、张力与坯料温度的耦合调控难度大,可能导致产品质量不稳定。(3) 工业软件与硬件的兼容性问题。冶金自动化系统涉及MES(制造执行系统)、ERP(企业资源计划)等多种工业软件,且硬件设备来自不同厂商,存在接口不统一、数据协议不一致等问题。软件与硬件间的协同适配难度大,易出现数据传输延迟、信息丢失等情况,制约了自动化系统的整体运行效率。

### 3.2 行业痛点

(1) 传统设备改造难度大。我国冶金行业存在大量老旧产线,这些设备设计年代久远,结构固化且缺乏自动化适配接口,与新型自动化设备的兼容性差。改造过程需对原有设备进行大幅拆解重构,不仅成本高、周期长,还可能影响正常生产,导致很多企业自动化改造望而却步<sup>[4]</sup>。(2) 复合型人才短缺。冶金机械自动化融合了冶金工艺、自动化技术、计算机技术等多学科知识,当前市场缺乏既精通冶金工艺原理,又掌握自动化控制技术与智能设备操作的复合型人才。现有从业人员多存在知识结构单一问题,难以满足自动化系统的调试、运维与优化需求。(3) 数据安全与隐私保护风险。随着工业互联网在冶金行业的普及,自动化系统需接入云端实现数据共享与远程管控,这也带来了网络攻击、数据泄露等安全风险。冶金生产数据涉及工艺配方、产能能耗等核心商业信息,一旦遭受攻击或泄露,将给企业造成重大经济损失,制约工业互联网与自动化技术的深度融合。

### 3.3 政策与标准滞后

(1) 自动化设备安全认证体系不完善。目前针对冶金行业专用自动化设备的安全认证标准不健全,缺乏针对性的检测评估指标与流程。部分新型自动化设备投入使用前未经过充分的安全验证,存在运行安全隐患,同时认证体系的缺失也影响了优质设备的市场推广。(2) 跨行业技术标准不统一。冶金机械自动化发展需融合5G、工业互联网、物联网等多种跨行业技术,但当前不同行业间的技术标准存在差异,例如5G通信协议与冶金行业工业控制协议的适配标准不统一,导致不同技术体系难以高效协同,增加了系统集成难度与成本,阻碍了技术的规模化应用。

## 4 冶金机械自动化发展趋势与对策

### 4.1 技术发展趋势

(1) 智能化:以AI+大数据驱动的自主决策系统成为核心方向。通过整合冶金生产全流程的海量数据,利用

AI算法进行深度分析与模型训练,实现生产过程的自主感知、决策与调控。例如,基于大数据构建的炉况预测模型可精准预判异常工况并自动优化参数,工业机器人搭载视觉识别与AI算法可完成复杂的自适应作业,大幅提升生产智能化水平与决策效率。(2)绿色化:聚焦低碳冶炼技术与余能回收装置的融合应用。在“双碳”目标引领下,自动化系统将深度适配低碳工艺,通过精准控制炉温、优化物料配比降低能源消耗;同时,借助自动化技术实现余热、余压等二次能源的高效回收与利用,如通过智能控制系统调控余能回收设备的运行状态,提升能源利用率,减少碳排放,推动冶金行业绿色转型。(3)服务化:依托工业互联网实现远程运维与全生命周期管理。通过在冶金机械上部署智能监测模块,实时采集设备运行数据并上传至云端平台,技术人员可远程诊断设备故障、预判维护需求,及时提供运维指导;同时,基于全生命周期数据开展设备性能分析与寿命预测,为设备的设计、生产、运维、报废全流程提供优化方案,提升设备利用效率与企业运营效益。

#### 4.2 发展对策建议

(1)加强产学研合作:推动高校、企业、科研院所形成联合攻关机制。企业提供实际工况需求与应用场景,高校与研究所聚焦极端工况传感器、多变量耦合控制算法等核心技术瓶颈开展研发,加速技术成果的转化与落地应用,破解单一主体研发资源不足、技术与实际需求脱节的问题。(2)推动国产化替代:集中力量突破高端伺服电机、核心工业软件等“卡脖子”技术。加大政策与资金扶持力度,鼓励企业开展核心零部件与软件的自主研发,建立完善的国产化供应链体系;同时,通过示范项目推广国产化设备与软件的应用,提升市场认可度,降低对进口产品的依赖,保障产业安全<sup>[5]</sup>。(3)完善人才培养

体系:在高校增设“冶金+自动化”交叉学科,构建适配行业需求的人才培养模式。课程设置兼顾冶金工艺原理与自动化技术,强化实践教学环节,推动校企联合培养,提升学生的综合应用能力;同时,加强对行业现有人员的技能培训,更新知识体系,缓解复合型人才短缺困境。(4)构建行业生态联盟:由行业龙头企业牵头,联合上下游企业、科研机构、金融机构等组建生态联盟。建立统一的数据共享标准与资源协同平台,实现技术、数据、设备等资源的共享复用,避免重复建设;同时,共同推动行业标准的制定与完善,规范市场秩序,形成产业发展合力。

#### 结束语

冶金机械与自动化的深度融合,不仅革新了传统冶金生产模式,更以智能化、精准化、绿色化手段破解了行业效率、安全与环保的痛点。从智能传感器的实时监测到工业机器人的柔性作业,从工艺参数的动态优化到全流程的数字孪生,自动化技术正持续赋能冶金装备升级。未来,随着5G、AI等前沿技术的渗透,冶金机械将进一步向全生命周期智能运维、零碳制造方向演进,为全球工业可持续发展注入强劲动能。

#### 参考文献

- [1]李靖康.试论机械自动化技术在冶金工程中的应用[J].冶金与材料,2022,42(06):98-100.
- [2]王岳.冶金机械设计制造中自动化技术的深度应用与实践[J].冶金与材料,2025,45(1):110-112.
- [3]甄银桥.信息技术时代冶金企业机械设备改造中自动化技术的应用[J].信息技术时代,2022(16):185-186.
- [4]郑国彬.机械设计制造自动化工艺及精密加工技术研究[J].中国战略新兴产业,2024(20):160-162.
- [5]王雨田.自动化技术在冶金机械设计制造中的应用分析[J].冶金与材料,2024,44(7):160-162.