

# 智能化监控技术在金属冶炼安全生产中的应用

吴海波

鄂尔多斯市西金矿冶有限责任公司 内蒙古 鄂尔多斯 017000

**摘要:** 金属冶炼安全生产面临高温熔融金属喷溅、高温烫伤等复杂风险,传统监控模式难以满足需求。本文聚焦智能化监控技术在金属冶炼领域的应用,从核心技术体系、关键环节监控、核心风险管控及系统搭建运维等方面展开研究。通过智能感知、数据传输处理、智能分析预警等技术构建全方位监控网络,实现对熔炼、浇铸等环节及高温、设备异常等风险的精准管控,并详细阐述系统硬件选型、软件开发调试等运维要点,为提升金属冶炼安全生产水平提供技术支撑。

**关键词:** 金属冶炼;智能化监控;安全生产;风险管控;系统运维

引言:金属冶炼作为高风险行业,其生产过程涉及高温、高压、易燃易爆及有毒有害物质,安全隐患复杂多样。传统安全生产监控依赖人工巡检与单一传感器,存在响应滞后、风险感知片面等问题,难以满足现代冶炼工艺对安全管控的精细化需求。随着物联网、人工智能等技术的快速发展,智能化监控技术通过多源数据融合、实时风险分析与自主决策能力,为金属冶炼安全生产提供了从“被动应对”到“主动预防”的转型路径,成为保障生产安全的核心技术手段。

## 1 金属冶炼安全生产智能化监控核心技术体系

### 1.1 智能感知技术

智能感知技术是金属冶炼安全生产智能化监控的底层支撑,核心是实现冶炼全流程关键安全参数与设备状态的精准捕捉,技术应用需适配冶炼高温、高尘、强电磁干扰的特殊作业环境<sup>[1]</sup>。依托传感器、红外热像仪等智能感知设备,结合高温热管、图像识别等关键技术,构建覆盖冶炼各环节的全方位感知网络,覆盖熔炼炉、电解槽等核心设备及作业环境关键监测点。针对熔炼、浇铸等高温工况,选用具备气冷降温、电磁屏蔽功能的耐高温感知设备,精准捕捉炉体温度、熔池高度等核心参数;针对烟气、物料等监测需求,部署专用成分传感器,实现烟气成分、物料成分的实时采集。感知设备需通过精准校准保障数据采集精度,满足工业监控相关技术要求,为后续数据传输与分析提供可靠的数据支撑,筑牢智能化监控的基础防线。

### 1.2 数据传输与处理技术

数据传输与处理技术承担着感知数据的高效传递与精准解析功能,是连接感知层与应用层的核心纽带,技术实施需符合工业数据传输相关标准。结合金属冶炼厂区布局特点,选用有线与无线结合的传输方式,无线传

输优先采用抗干扰、低延迟的工业无线网络技术,避免冶炼现场电磁干扰对数据传输造成影响。传输过程中采用数据加密技术,防止数据丢失或泄露,确保数据传输的安全性与完整性。数据处理环节依托边缘计算与云计算技术,对采集的海量数据进行筛选、清洗与整合,剔除无效数据,提取核心安全关联信息,将原始数据转化为可用于分析预警的有效数据,保障监控系统的高效运行。

### 1.3 智能分析与预警技术

智能分析与预警技术是智能化监控系统的核心功能体现,依托AI大模型、神经网络等算法技术,结合冶炼生产工艺特性与历史安全数据,构建针对性的智能分析模型。通过对感知设备采集的实时数据进行持续分析,识别参数异常波动规律,预判安全隐患发展趋势,实现从“事后处置”向“事前预防”的转变。当监测参数超出安全阈值时,系统自动触发分级预警机制,明确隐患严重程度,同步推送预警信息与初步处置指引,为现场安全处置争取时间。算法设计注重自适应调整能力,可根据冶炼工艺调整、环境变化等情况优化模型参数,提升预警的准确性与及时性,有效规避安全隐患扩大蔓延,强化冶炼安全生产管控效能。

### 1.4 远程监控与操控技术

远程监控与操控技术旨在实现冶炼危险作业区域的无人化管控,降低人员作业风险,技术应用需兼顾操控精度与作业安全性。依托高清监控技术与远程操控系统,实现对冶炼炉、浇铸设备等关键设备的远程可视化监控,清晰捕捉设备运行状态与作业场景。针对高危作业环节,部署远程操控终端,操作人员可在安全区域实现设备启停、参数调整等操作,避免人员直接接触高温、高风险环境。远程操控系统需具备低延迟、高可靠的特点,确保操控指令精准传递、实时响应,同时配套应急操控功

能,应对突发异常情况,进一步提升冶炼安全生产的管控水平。

## 2 冶炼关键环节智能化监控技术应用

### 2.1 熔炼环节监控技术

熔炼环节是金属冶炼的核心工序,作业环境高温、高负荷且隐患集中,监控技术应用需贴合熔炼工艺特性,聚焦温度、炉内气氛等关键安全参数管控<sup>[2]</sup>。依托耐高温智能感知设备,实现熔炼炉内温度的实时捕捉,精准把控熔炼温度区间,规避温度过高引发的炉体损坏或物料飞溅风险。同步捕捉炉内温度、烟气成分、设备等参数,通过数据传输与分析,及时识别炉内温度异常、设备异常,防范设备漏水导致的爆炸或炉内翻料导致的爆炸隐患。监控系统联动熔炼设备运行参数,实现参数异常时的自动调控,保障熔炼过程稳定有序,为后续工序安全开展奠定基础。

### 2.2 浇铸环节监控技术

浇铸环节核心是防范钢水泄漏、浇铸不均等安全隐患,监控技术需适配浇铸过程的动态特性,实现全流程精准监控。采用高清视觉监控与红外测温技术相结合的方式,实时捕捉浇铸流态、浇铸速度及铸模温度变化,及时发现浇铸过程中的溢出、断流等异常情况。针对铸模运行状态部署振动感知设备,捕捉铸模变形、松动等问题,避免铸模破损导致钢水泄漏。通过智能分析技术,整合浇铸相关参数,优化浇铸节奏,确保浇铸过程安全可控,减少安全隐患与质量缺陷的产生。

### 2.3 精整破碎环节监控技术

精整破碎环节作业强度大、设备运行负荷高,监控技术重点聚焦设备运行状态与除尘密闭间空间状态的安全监控,贴合精整破碎工艺的设备特性及密闭空间的空间特性,部署设备震动、温度感知、粉尘密度感知终端,实时监控破碎机、皮带运输机、过筛机、密闭空间等设备及空间的核心参数,识别并控制设备运行状态、空间粉尘密度等高危安全数据,提前预警设备高温、空间高粉尘,避免因设备高温与空间高粉尘等安全因素达到安全阈值发生生产安全事故。同时监控破碎流程的物料状态、破碎粒度通过只能分析调整加工参数,防范破碎缺料、粒度不符合要求等生产问题,保障人员、设备安全与生产问题,提升整个精整破碎环节的安全管控与生产管控效能。

### 2.4 余热回收环节监控技术

余热回收环节监控技术核心是实现余热利用过程的安全管控,兼顾节能效率与作业安全,技术应用需符合工业余热回收相关技术标准。部署温度、压力感知设备,

实时捕捉余热回收管道、换热器等设备的运行参数,监控余热介质的流动状态与温度变化,防范管道泄漏、换热器堵塞等隐患。通过数据处理与分析,优化余热回收系统运行参数,确保余热回收过程稳定,避免高温余热介质泄漏引发的人员烫伤或设备损坏。同时监控余热回收设备的腐蚀、老化情况,及时发出维护预警,保障余热回收环节安全、高效运行。

## 3 冶炼安全生产核心风险智能化监控

### 3.1 高温、熔融金属喷溅及熔融物喷溅风险监控技术

高温、熔融金属喷溅及熔融物喷溅是金属冶炼过程中最普遍的核心风险,监控技术需适配冶炼各环节高温高电磁工况,依托专用感知设备实现风险精准管控,技术应用符合工业高温高电磁监测相关标准<sup>[3]</sup>。针对熔炼炉、冷却水管道等关键部位,部署耐高温、抗电磁的智能感知终端,实时捕捉温度、设备冷却循环参数变化,精准把控参数控制区间,规避高温刺火引发的设备破损、冷却介质泄漏等安全事故。通过数据处理与分析,捕捉参数波动规律,提前识别异常趋势,联动相关设备进行参数调控,确保冶炼炉内高温熔融还原反应工况稳定,同时减少温度、冶炼炉况波动对设备使用寿命的影响,强化风险防控效能。

### 3.2 高温爆炸、液体泄漏监控技术

高温熔液爆炸及冶炼炉内爆炸是冶炼过程中的极为恶性的安全事故,其核心为冷却循环降温系统漏水导致。监控技术需聚焦循环水压力、温度、液体泄漏等数据的监控与预警,并贴合冶炼高温、高电磁生产环境及冶炼生产各高温及熔融液体工序流程;部署高精度液体压力、温度感知设备及高精度空气湿度感知装备,覆盖冶炼炉内外、出炉口等关键区域,实时捕捉设备漏水、气体湿度等关键数据的变化。精准识别液体泄漏隐患;采用气体扩散模拟分析技术,结合厂区风向、布局等因素,预判重要安全工序中设备漏水范围;为应急处置争取时间,当空气湿度超出安全阈值事,自动触发预警、联动设备停机,遏制隐患发生。保障作业区域人员安全与生产环境安全。

### 3.3 设备运行异常监控技术

设备运行异常易引发停机、部件损坏甚至安全事故,监控技术重点聚焦冶炼核心设备运行状态,实现异常精准识别与提前预警,贴合设备运行力学特性与冶炼负荷需求。部署振动、温度、电流等多维度感知终端,实时监控熔炼炉、破碎机、浇筑机等核心设备的运行参数,捕捉设备磨损、轴承过热、电路异常等问题,提取异常特征参数。通过智能分析模型,对比设备正常运行参数阈值,识别异常运行趋势,提前发出维护预警,避免设备

故障扩大。同时联动设备运维系统,推送异常信息与维护建议,保障设备稳定运行,降低设备相关安全风险。

### 3.4 人员操作规范监控技术

人员操作不规范是引发冶炼安全事故的重要因素,监控技术需实现作业人员操作全流程管控,兼顾规范性与人性化,符合工业安全生产操作监控相关要求。依托高清视觉识别技术与智能行为分析算法,实时捕捉作业人员操作动作、防护装备佩戴等情况,识别违规操作行为。针对高危作业区域,部署区域入侵检测设备,防范无关人员进入作业区域。通过行为分析模型,精准区分规范操作与违规行为,及时发出提醒预警,引导作业人员规范操作。

## 4 智能化监控系统搭建与运维技术

### 4.1 监控系统硬件选型与部署技术

监控系统硬件选型与部署技术是系统稳定运行的前提,需贴合金属冶炼高温、高尘、强干扰的作业环境,遵循工业监控硬件选型相关标准。硬件选型需结合监控需求与工艺特性,优先选用抗恶劣环境、稳定性强的设备,感知设备需适配冶炼各环节工况,传输设备需具备抗干扰、低延迟性能,终端设备需满足可视化与操控便捷性要求。部署过程需结合厂区布局与监测点分布,优化设备安装位置,确保感知设备覆盖无盲区、传输设备信号稳定,终端设备部署在便于操作与监控的区域。安装过程需规范操作,做好设备固定与防护处理,避免设备受高温、粉尘侵蚀,保障硬件设备安装精度与运行稳定性。

### 4.2 监控系统软件开发与调试技术

监控系统软件开发与调试技术核心是实现系统功能适配与稳定运行,开发需贴合金属冶炼监控需求,遵循工业控制系统软件开发相关规范。软件开发需聚焦数据采集、分析、预警、操控等核心功能,优化系统界面设计,确保操作便捷、数据展示清晰,同时兼顾系统兼容性与扩展性,适配后续技术升级与功能拓展。调试工作需分阶段开展,先完成单模块调试,排查软件功能漏洞,再进行系统联调,测试各模块协同运行效果,优化数据传输与分析效率。调试过程中需模拟冶炼现场工况,验证系统对异常参数的响应能力,确保软件功能与硬件设备适配,满足安全生产监控需求。

### 4.3 监控系统日常运维技术

监控系统日常运维技术是保障系统长期稳定运行的关键,需建立常态化运维机制,贴合工业监控系统运维相关标准。日常运维需定期对硬件设备进行检查,清理设备表面粉尘、检查设备连接情况,校准感知设备参数,确保设备运行正常。对软件系统进行定期更新与漏洞修复,优化系统运行速度,备份监控数据,防止数据丢失。运维过程中需做好详细记录,记录设备运行状态、维护内容与时间,及时发现设备与系统的潜在问题,提前开展维护处理,避免系统故障影响监控效果,保障监控系统持续发挥安全管控作用。

### 4.4 监控系统故障排查与修复技术

监控系统故障排查与修复技术需具备针对性与高效性,贴合系统故障处置相关规范,快速恢复系统正常运行。故障排查需采用分层排查方式,先排查硬件设备,确认感知、传输、终端设备是否存在损坏、连接异常等问题,再排查软件系统,排查功能漏洞、数据传输异常等情况。排查过程中需借助专业检测工具,精准定位故障点,分析故障产生原因,制定针对性修复方案。修复过程需规范操作,更换损坏设备、修复软件漏洞,调试系统参数,确保故障彻底解决。修复完成后需进行系统测试,验证系统运行状态,做好故障修复记录,总结故障规律,为后续运维工作提供参考,降低故障复发概率。

## 结束语

智能化监控技术通过构建覆盖全流程的感知网络与智能分析体系,实现了对金属冶炼关键环节与核心风险的高效管控,显著提升了安全生产的主动性与精准性。从硬件选型适配恶劣工况到软件功能优化,从日常运维保障系统稳定性到故障快速修复,技术体系的完整性为冶炼企业提供了可落地的解决方案。智能化监控技术的应用不仅降低了事故发生率,更推动了冶炼行业向安全、高效、可持续方向转型,为行业高质量发展奠定了坚实基础。

## 参考文献

- [1]王辉.自动化控制技术在金属冶炼中的发展与应用[J].冶金技术,2023(4):58-60.
- [2]李志成.智能化制造在冶金行业中的应用研究[J].冶金自动化,2021(15):103-105.
- [3]金鑫,陈学刚.人工智能技术在有色金属火法冶金中的应用进展[J].中国有色冶金,2025,54(6):1-12.