

铜冶炼熔炼车间 PLC 电气自控系统改造实践

曹西昌

广东中金岭南工程技术有限公司 广东 韶关 512000

摘要: 针对铜冶炼熔炼车间原有 PLC 电气自控系统设备老化、控制精度不足、安全防护不完善、运行效率偏低的问题,我们开展了系统改造实践。改造涉及背景、前期准备、技术方案、实施过程与效果验证几方面,重点讲了硬件更换与新增、软件编程与调试、安全系统优化这几个关键环节。通过分阶段施工、分步骤调试,原有系统的各类痛点得到了解决。

关键词: 铜冶炼熔炼车间; PLC 电气自控系统; 改造; 实践

引言

原有 PLC 电气自控系统运行时间长了,逐渐暴露出设备老化、控制逻辑滞后、参数采集偏差大、安全联锁不健全这些问题。这不仅影响熔炼工序的生产效率和产品质量,还带着一定的安全隐患,已经不太能适应现代化铜冶炼对高效、节能、安全的要求。为了把这些问题解决掉,提升车间自动化水平,同时保障生产稳定、降低运行成本,我们做了这次 PLC 电气自控系统改造。通过合理的设计和规范的实施,系统性能实现了全面升级,也推动了铜冶炼熔炼生产向智能化、高效化方向走了一步。

1 改造核心技术方案

1.1 整体架构设计

(1) 这次改造得考虑铜冶炼熔炼车间的实际情况——高温、高粉尘、强电磁干扰。设计上先把生产连续性放在第一位,合理划分自控系统层级,理清 PLC 主站和从站的物理布置与逻辑管控关系。根据车间熔炼工序的设备分布,主站设在车间中控机房,负责整体数据汇总、逻辑运算和指令下发。从站则按现场设备位置分散布置,靠近熔炼炉、给料装置、冷却系统这些设备,专门做实时数据采集和就地执行管控。(2) 通讯网络这块,冶炼车间环境恶劣,不能只靠一种通讯方式^[1]。我们用工业以太网做主传输载体,搭了一个稳定的有线网络,满足大批量生产数据的实时传输。同时配上抗干扰通讯配件,减少高温、电磁和粉尘环境对信号的干扰,避免数据延迟、信号断连,保证各站点之间数据交互顺畅。(3) 改造过程中兼顾实用性和经济性,让新系统和原有配套设施能搭得上。原有的电气线路、基础仪表、辅助管控设备,可靠的都留着,通过信号转换模块统一

新旧设备的数据格式。系统通讯协议也做了统一,消除不同设备之间的通讯壁垒,让新的 PLC 系统能兼容原来的监控设备和执行机构。不打断原有生产流程的前提下完成系统架构升级,保证改造期间生产平稳过渡,同时也提升了整套自控系统的集成度和运行协调性。

1.2 硬件改造方案

硬件改造是这次 PLC 电气自控系统改造的核心环节,直接关系到改造后的运行稳定性、控制精度和适配性。熔炼车间高温、高粉尘、高腐蚀,硬件的更换和新增都得针对这些工况来,保证每一样东西都能满足生产工艺的严苛要求。(1) PLC 控制器是整个自控系统的核心,先把老旧控制器换掉。新控制器运算能力更强,抗干扰性能也更好,能高效处理熔炼过程中大量的实时数据,同时支持多模块扩展,给后续系统升级留出空间,避免因控制器性能不够导致控制滞后、指令执行失误。更换过程中要特别注意控制器和各模块的兼容性,保证硬件衔接顺畅。(2) 传感器负责采集车间的各类工艺参数,根据监测需求新增和更换对应的传感器^[2]。重点换掉老化、精度下降的温度、压力、液位传感器,新增能实时监测烟气成分、炉体振动的专用传感器,让各类工艺参数采集准确、传输及时,给 PLC 控制器的指令输出提供可靠依据,解决原来传感器数据偏差大、故障率高的问题。(3) 执行器改造主要围绕熔炼炉、送料系统、排烟系统这些关键设备,把响应慢、故障率高的执行机构换掉,新增一些精准控制执行器,提升设备动作的精准度和协调性,让 PLC 控制器的指令能快速、准确落地,保证熔炼工序稳定推进。(4) 变频器的更换与新增主要针对风机、水泵等大功率设备,选用节能型变频器,优化运行频率调节功能。这样既能降低能耗,又能

减少设备启停过程中的冲击,延长设备使用寿命,同时实现与 PLC 系统的无缝联动,提升整个系统的节能效果和运行稳定性。

1.3 软件编程与调试

(1) 控制逻辑设计是软件编程的基础,先看熔炼车间的生产流程,理清楚各设备、各工序之间的联动关系,把原有逻辑中不合理、冗余的部分去掉。设计时要考虑熔炼工艺的复杂性和连续性,优化控制逻辑的响应速度,让 PLC 控制器能根据采集到的实时参数快速输出精准的指令,协调各设备有序运行,避免因为逻辑漏洞导致生产中断或设备故障。(2) 人机界面(HMI)开发主要考虑操作便捷性和数据可视化,贴合车间操作人员的习惯,把操作流程简化。界面上要清晰显示各类工艺参数和设备运行状态,方便操作人员实时监控,同时设置简洁明了的操作按钮,让参数设置、指令下达这些操作能快速完成^[3]。报警提示功能也做了优化,设备故障或参数异常时能及时提醒,方便操作人员快速处理。(3) 联锁保护程序编写是保障系统安全运行的关键,先把熔炼车间的安全风险点过一遍,完善各类联锁保护机制。重点针对熔炼炉超温、超压、物料短缺这些异常情况,编写对应的联锁程序,实现异常情况下的自动停机、报警等功能,避免安全事故发生。程序编写完成后,逐一对联锁逻辑进行验证,确保联锁响应准确、可靠,真正起到保护作用。

1.4 安全系统优化

(1) 紧急停车系统的优化,主要解决原来响应滞后、操作不便的问题。在车间关键岗位和危险区域合理增设紧急停车按钮,让操作人员在突发情况下能快速、方便地触发停车指令。同时优化紧急停车的控制逻辑,保证指令下达后,相关设备能同步、平稳地停下来,避免因部分设备没及时停车引发二次风险,保障停车过程的安全性和有序性,尽量减小突发情况带来的损失。(2) 故障报警系统的优化,重点是提高报警的精准度和及时性。先梳理车间各类设备和工艺参数的常见故障,完善报警触发条件,减少误报、漏报。报警提示方式也做了改进,除了传统的声音、灯光报警,还增加了报警信息的精准显示,明确故障位置、故障类型以及初步处置建议,方便操作人员快速定位故障、及时处理,缩短故障处置时间,减轻故障对生产的影响。(3) 联锁保护机制的完善,是安全系统优化的核心。结合熔炼工艺的风险点,补充完善各类联锁逻辑,把紧急停车、故障报警与设备运行、工艺参数紧密结合,形成一个全方位的联锁保护体系。当工艺参数异常、设备故障或出现

安全隐患时,联锁系统能自动触发相应的保护动作,实现设备自动停机、报警同步启动,从源头上防止安全事故发生。同时优化联锁保护的冗余设计,提升系统可靠性,避免因联锁系统自身故障导致保护失效。

2 改造实施过程实践

2.1 施工前期准备

(1) 现场清理是前期准备的基础,熔炼车间长期运行下来,现场会积不少粉尘、杂物和设备油污,不光影响施工操作,还可能污染新换上的设备,影响性能。清理工作要覆盖整个施工区域,重点清理设备安装点位和线路铺设路径上的杂物、粉尘,同时对原有老旧设备和废弃线路进行整理,划出专门的堆放区域,保证施工区域整洁、通畅,给施工人员提供一个安全、方便的操作环境,也为后续设备定位和线路铺设创造条件。(2) 设备定位要结合改造方案和车间生产布局,把 PLC 主站、从站、传感器、执行器等设备的安装位置定准。定位时要考虑设备的运行需求,避开高温、高粉尘、易腐蚀的区域,同时也要照顾到后期维护的便利性,确保设备装好后操作人员能方便地进行巡检、维护和调试^[4]。还要合理规划设备之间的间距,避免相互干扰,保证设备运行时的稳定性和安全性。(3) 线路规划是前期准备的关键。根据设备定位和控制逻辑,科学设计线路铺设路径。规划时要避开车间生产设备的运行区域以及高温、振动部位,减少线路磨损、老化的风险,同时优化线路走向,缩短长度,降低线路损耗和信号干扰。还要明确线路的规格、型号,做好分类规划,确保动力线路、控制线路、通讯线路分开铺设,避免相互干扰,为后续线路铺设和调试工作提供清晰指引,保障线路铺设的规范性和可靠性。

2.2 硬件安装与接线

(1) PLC 设备安装是整个硬件安装的核心,装之前再核对一下设备型号、规格,确认跟改造方案一致。安装时按照设备安装要求,把 PLC 主站、从站精准固定在预设位置,做好固定和防护,防止车间振动对设备造成影响。同时做好防尘、防潮、防高温处理,适应车间高粉尘、高温的工况,避免设备因为环境因素出故障,确保 PLC 设备装得牢固、布局合理,为后续接线和调试打好基础。(2) 传感器与执行器的部署,严格按照前期定位要求来装,确保位置精准,能准确采集工艺参数或执行控制指令。安装时根据传感器和执行器的类型,做好固定和防护,避免因松动、移位影响使用效果。同时要保证设备装好后不影响车间正常生产操作,兼顾运行需求和后期维护便利性,确保部署完成后传感器能

稳定采集数据,执行器能快速响应控制指令。(3)线路铺设按前期规划的路径来,按规范操作,保证线路整齐、规范。铺设过程中做好线路的固定和防护,避免线路裸露、磨损,防止高温和粉尘对线路造成侵蚀。不同类型的线路分开铺设,做好标识区分,方便后期排查和维护。接线要精准细致,保证接线牢固、接触良好,避免虚接、错接等问题。

2.3 软件安装与调试

(1)程序下载是软件安装的基础。下载前把写好的控制程序、联锁保护程序过一遍,确认没有逻辑漏洞、没有冗余代码,符合改造方案和生产工艺要求。下载过程中保证 PLC 设备与编程电脑的通讯顺畅,按操作规范一步步来,避免因为下载中断、程序丢失耽误调试。下载完成后再次核对程序完整性,确认程序已经正确导入 PLC 控制器,为后续参数配置和调试工作做好准备。(2)参数配置要根据熔炼工艺的具体要求来,把各项运行参数、报警参数和联锁参数设置好。配置时要考虑车间工况的特殊性,优化参数设置,保证参数既符合生产标准,又能保障设备安全稳定运行^[5]。同时做好参数记录备案,方便后续系统维护、参数调整和故障排查,避免因为参数混乱导致系统运行异常。(3)单机调试是分阶段调试的第一步,重点针对单个 PLC 设备、传感器、执行器分别调试。调试时逐一测试设备的运行状态、信号传输情况和指令执行效果,排查单个设备的运行隐患和软件适配问题,确保每个设备都能正常工作,各项功能达到设计要求,为后面的联动调试打好基础。

2.4 分阶段试运行

(1)空载试运行放在第一个阶段,不接入实际生产物料,就靠系统自身程序带动设备做基础运转。这段时间工作人员主要看整体线路信号传输稳不稳,各类自控元件动作顺不顺,人机界面数据显示是不是同步。同时留意系统整体运转节奏跟预设节奏是否吻合,排查无负荷状态下出现的动作卡顿、指令延迟这类基础问题,

让整套系统先在无压力环境下跑一跑、磨一磨。(2)空载测试完、各项状态都达标了,就进入负载试运行阶段。这时候逐步匹配车间实际生产工况,按日常生产节奏让系统带动所有配套设备协同作业。过程中持续监测各项工艺数据的采集精度,看设备在带负荷状态下调节能力和响应速度怎么样,核对各类自动调控功能能不能正常发挥作用。全方位检验系统在真实生产环境里的适配能力和抗压能力,确认长时间连续运行下的整体稳定性。(3)试运行全程同步做故障排查和整改。工作人员随时记录运行期间出现的各种异常,把异常出现的规律和原因理清楚。针对排查出来的程序适配偏差、硬件衔接不畅、参数设置不合理等问题,按施工技术标准稳步调整修正。整改后反复复测运行状态,保证同类问题不再重复出现。

结语

综上所述,这次改造实践也积累了一些经验。铜冶炼熔炼车间的自控系统改造,得贴合工况特点,注重软硬件协同,同时把安全防护放在重要位置。后续会加强系统日常运维管理,定期做设备巡检和程序优化,及时处理运行中出现的各种问题,持续提升系统运行效能。

参考文献

- [1] 毕亚茹. 铜冶炼电气自动化控制技术研究 [J]. 山西冶金, 2025, 48(4): 96-98.
- [2] 李文江, 郭守金, 陈俊. 熔炼区域蒸汽开源节流探索及应用 [J]. 冶金与材料, 2025, 45(8): 187-189.
- [3] 胡衡彦, 孙海侠, 朱文科, 等. 某铜冶炼厂车间环境空气污染特征研究及其防治对策 [J]. 现代盐化工, 2023, 50(4): 95-98.
- [4] 裴泽, 任兆成. 铜冶炼熔炼车间环境集烟系统设计 [J]. 有色冶金节能, 2022, 38(6): 56-58+84.
- [5] 吕军. 提高铜冶炼电收尘器收尘效率的生产实践 [J]. 硫酸工业, 2022, (8): 31-34.