

连铸方坯结晶器振动电气控制系统调试与优化

袁 飞

安阳钢铁集团有限责任公司 河南 安阳 455004

摘 要: 连铸方坯结晶器振动电气控制系统的调试与优化是保障铸坯成型质量的关键环节。本文围绕该系统的硬件架构、控制算法、调试流程及参数优化展开论述,先剖析三层闭环架构中PLC、伺服驱动与传感元件的协同机制,再梳理从硬件回路到系统联动的逐级调试路径。针对运行中暴露出的硬件损耗、程序适配缺陷、参数匹配偏差及动态稳定性不足等问题,提出电气配置升级、控制逻辑重构、振动参数动态调控与抗干扰能力强化等优化手段,为系统长期平稳运行提供技术支撑。

关键词: 连铸方坯结晶器; 振动电气控制; 系统调试; 参数优化; 闭环控制

引言: 连铸生产中,方坯结晶器振动动作直接决定坯壳凝固形态与铸坯表面质量。振动电气控制系统承担将工艺参数转化为机械动作的核心职能,调试精度与运行稳定性对生产连续性影响显著。实际工况下,电气硬件老化、程序适配不足、振动参数与钢液凝固节奏脱节等问题持续制约系统性能。围绕各类矛盾展开系统性调试与多维度优化,有助于缩小实际运行参数与工艺标准间的偏差,提升振动动作的规整度与工艺适配效果。

1 连铸方坯结晶器振动电气控制系统结构与工作原理

1.1 系统整体组成架构

连铸方坯结晶器振动电气控制系统依托模块化分层架构搭建整体运行体系,整体架构分为上层调控层级、中层信号传输层级与底层执行反馈层级。各层级按照工业控制规范完成功能划分,不同层级之间形成闭环式数据交互通道。上层调控层级承担参数运算与指令生成的核心功能,负责根据连铸生产工艺标准输出适配性振动参数。中层信号传输层级主要完成电气信号的转换与实时传输,一方面将上层控制指令稳定下发至底层执行设备,另一方面采集底层设备的运行状态与工艺数据并回传至上层控制系统,形成完整闭环控制链路^[1]。底层执行反馈层级对接结晶器振动机械设备,精准执行各类振动动作,并实时监测设备工况与运行参数。整套架构通过分层模块化设计实现控制功能的精细化拆分,有效提升系统运行的稳定性与振动调控精度。

1.2 核心电气硬件构成

系统核心电气硬件以可编程控制器为核心控制单元,统筹整套设备的电气运行流程。配套伺服驱动器作为动力调控部件,精准调节振动机构的运行速度与位移参数。各类高精度传感器作为数据采集单元,持续捕捉振动行程、运行频率及设备负荷等关键运行数据。系统

配置专用信号转换模块,完成数字信号与模拟信号的双向转换,适配不同电气设备的信号传输标准。电源稳压装置为全部硬件单元提供稳定供电,规避电压波动对控制精度造成的干扰。接线端子与屏蔽线缆组成硬件传输通路,降低工业现场电磁环境对信号传输的干扰,保障硬件单元长期稳定运行。

1.3 系统控制运行原理

整套系统依托闭环负反馈控制机制完成全程运行调控。可编程控制器内部预存标准化工艺参数,设备启动后,控制单元依托内置程序完成振动参数的运算输出。调控信号经由信号转换模块处理后传输至伺服驱动器,伺服驱动器依据接收信号驱动机械执行部件产生规律性振动动作。传感器实时采集结晶器振动过程中的实际运行参数,将物理运行状态转化为电气信号回传至核心控制单元。控制单元对比预设工艺参数与现场采集参数,自动运算参数偏差并修正输出指令,持续校准振动运行状态,让设备运行参数贴合连铸生产的工艺标准。

1.4 振动控制逻辑与运行机制

振动控制逻辑依托连续程序化运算实现动态调控,核心围绕振动频率、振幅及波形三类核心参数完成智能调控。系统根据连铸生产的工况需求,自动匹配适配的振动运行模式,全程保持振动动作的规律性与均匀性。控制程序通过迭代运算微调输出参数,弱化工况波动带来的运行偏差。设备运行过程中,控制逻辑持续监测硬件运行状态与工艺参数变化,依据现场工况动态调整电气输出量。标准化的运行机制让结晶器振动动作贴合钢液凝固成型的工艺需求,提升连铸坯成型质量,保障生产流程的平稳推进。

2 连铸方坯结晶器振动电气控制系统调试内容与流程

2.1 调试前期准备工作

连铸方坯结晶器振动电气控制系统调试前需完成各项基础筹备工作。工作人员核查整套电气设备的安装工况,确认设备固定状态,排查安装松动与位置偏移问题。作业人员梳理系统电气线路,核验线路铺设方式与接线点位,确保线路施工符合工业控制规范^[2]。技术人员调取对应连铸工艺文件,明确调试所需工艺参数与技术阈值。作业区域开展安全排查,清除现场干扰因素,落实电气作业安全防护措施。各类调试检测仪器提前完成精度校验,满足现场调试作业标准。

2.2 硬件回路调试

硬件回路调试对系统电气回路及配套硬件开展专项检测调校。工作人员检测供电回路通断状态,排查短路断路及接触不良故障,校验稳压设备输出电压与电流数值,保证供电参数符合运行标准。全面检测信号传输回路,检查屏蔽线缆与信号模块的传输性能,排查信号衰减与电磁干扰问题。对传感器伺服驱动等核心硬件开展回路性能测试,校准设备信号收发精度。模拟测试电气保护回路工作状态,检验过载过压保护功能的有效性,提升硬件回路运行安全性。

2.3 控制程序调试

控制程序调试完成系统内置程序的参数校验与功能优化。技术人员通过专用设备接入控制系统,读取并核对程序预设的振动频率振幅波形等核心工艺参数。开启程序单步运行模式,逐段核验指令输出逻辑,排查程序漏洞与指令输出异常。调整工艺参数设定数值,观测程序运算与指令输出变化,检验参数调节性能。测试程序的数据采集与运算模块,核验现场采集数据的有效性,优化内置运算算法,提升系统控制精度。

2.4 系统联动调试

系统联动调试实现控制程序与硬件设备的整机协同测试。控制系统输出振动控制指令,驱动底层执行设备完成振动动作,核验设备运行状态与控制指令的匹配度。导入多组工艺参数开展试运行作业,检测系统在不同工况下的整体适配性能。全程监测信号传输与数据反馈链路,统计指令传输与数据回传响应速度,排查运行偏差与延迟问题。完整留存联动运行数据,为系统参数校准与性能优化提供依据。

2.5 运行状态调试校准

运行状态调试校准针对系统运行精度与稳定性开展精细化调校。调试人员采集设备稳定运行后的振动行程运行频率等实际工况数据,对照工艺标准筛查参数偏差。依据实测数据调整系统内部设定参数,修正振动波形与幅值误差。开展长时间连续运行测试,监测设备运

行稳定性,排查工况波动引发的异常问题。多次迭代开展数据采集与参数修正工作,缩小实际运行参数与工艺标准的偏差,让系统运行精度匹配连铸生产工况需求^[3]。

3 连铸方坯结晶器振动电气控制系统运行问题分析

3.1 电气硬件运行异常分析

连铸方坯结晶器振动电气控制系统长期处于工业复杂工况,各类电气硬件会产生持续性运行损耗。供电模块长期承受负荷波动,容易出现供电电压浮动与输出功率不稳的情况,造成整套设备动力供给不均衡。信号传输硬件长期暴露在电磁干扰环境中,传输线路会出现性能衰减,引发信号传输失真或数据丢包现象。传感设备持续采集高频工况数据,元器件老化会降低数据捕捉精准度,出现采集数据偏离实际工况的问题。伺服驱动硬件频繁往复运作,内部机械电气部件会产生磨损,造成动力输出不均衡,直接影响结晶器振动执行动作的规整度。

3.2 控制程序运行缺陷分析

控制程序在长期工业运行过程中会暴露适配性与运行漏洞。程序内置运算逻辑针对极端工况的适配能力不足,常规工况下可以维持稳定运行,工况出现大幅波动时会出现参数运算偏差。程序数据处理逻辑存在局限,高频数据涌入过程中会出现数据处理堆积,降低指令输出的响应效率。长期运行产生的系统缓存数据会占用程序运行资源,造成程序运算速度逐步下降。部分固定化程序逻辑无法适配生产工艺的动态调整,工艺参数更新后程序无法快速完成自适应调整,引发控制指令输出不匹配的运行问题。

3.3 振动参数匹配偏差分析

振动运行参数与实际生产工况会出现不同程度的匹配偏差。生产工况出现温度钢水流量等指标变动时,固定参数体系无法跟随工况变化完成自主调整。人工参数设定存在精细化不足的问题,参数微调精度无法覆盖生产工况的细微变动,造成振动幅值与频率无法适配钢液凝固节奏。参数联动调节机制存在不足,单一参数改动后,其余关联振动参数无法完成协同适配调整,多维度参数之间出现运行不协调的状态,降低结晶器振动工艺的适配效果。

3.4 系统动态运行稳定性问题分析

系统动态运行过程中会受内外多重因素影响产生稳定性波动。工业现场电磁干扰与设备振动冲击会持续作用于整套控制系统,干扰信号链路与硬件运行状态。设备长期连续运行会累积各类微小故障,故障隐患逐步叠加会造成系统运行状态持续波动。系统闭环调控的修正幅度存在固定区间,工况突变时调控力度无法快速抵消

运行偏差,造成系统运行状态短暂失衡。软硬件长期匹配运行后会产生适配性衰减,调控响应速度逐步放缓,让整套系统动态运行的平稳性持续下降。

4 连铸方坯结晶器振动电气控制系统优化策略

4.1 电气硬件配置优化

电气硬件配置优化围绕设备运行损耗与工况适配短板开展升级调整。针对供电模块功率波动问题,升级高精度稳压供电设备,细化供电负荷调节档位,平衡设备全时段动力供给水平。更换屏蔽性能更强的传输线缆与信号对接模块,削弱工业电磁环境对信号传输的负面作用,减少数据失真与丢包问题^[4]。定期更替传感设备核心元器件,选用耐磨损、高适配的工业级传感组件,提升工况数据采集的精准程度与设备使用寿命。对伺服驱动单元开展结构与性能升级,优化内部电气传动结构,弱化长期往复运行带来的部件磨损,保持动力输出状态的均衡稳定,夯实硬件系统的运行基础。

4.2 控制程序逻辑优化

控制程序逻辑优化聚焦工况适配短板与数据处理缺陷完成迭代升级。重构程序核心运算逻辑,拓宽工况数据运算区间,提升程序对极端生产工况的识别与运算能力。优化数据处理架构,增设分级数据处理机制,对高频涌入的工况数据进行分层梳理与有序处理,提升指令输出响应效率。清理程序无效缓存运行通道,优化系统运行资源分配模式,维持程序运算速度的稳定状态。增设工艺自适应调控逻辑,让程序可以跟随生产工艺变动自主调整运算模式与指令输出标准,强化程序与动态生产工况的适配能力,规避指令输出错位问题。

4.3 振动控制参数优化

振动控制参数优化依托生产工况特性完善参数调控体系。搭建动态参数调节体系,结合钢液温度、钢水流量等生产指标变动,实现振动频率与幅值的自主微调。提升人工参数设定的精细化标准,细化参数调节刻度,缩小工况细微变动带来的工艺适配差距,贴合钢液凝固成型的实际节奏。完善多参数联动调控机制,打通各类振动参数的运行关联通道,单一参数出现调整变动时,其余关联参数自动完成适配调整,消除多维度参数运行不协调问题,提升结晶器振动工艺的整体适配效果。

4.4 系统抗干扰性能优化

系统抗干扰性能优化针对工业现场各类干扰源头落实防控举措。对控制系统核心硬件增设电磁防护结构,强化设备抵御外界电磁干扰的能力,保护信号链路传输

稳定性。优化设备安装布局,隔离高频振动设备与控制电气组件,削弱机械振动冲击对控制系统的影响。更新系统信号滤波程序,过滤工况运行中的杂波信号,净化数据传输与运算环境。细化电气设备接地布置标准,均衡设备接地性能,减少电位波动引发的系统运行异常,弱化各类外界因素对系统动态运行状态的干扰。

4.5 系统运维适配性优化

系统运维适配性优化立足长期连续生产需求完善运维体系。建立常态化硬件巡检机制,定点排查电气线路、传感组件与驱动设备的运行状态,及时处理微小故障隐患,避免故障累积引发的运行波动。增设系统运行数据记录与分析模块,持续捕捉设备运行参数变化趋势,为运维检修提供数据支撑^[5]。优化系统软硬件适配状态,定期更新系统运行底层程序,修正软硬件适配衰减问题,提升调控响应速率。完善工况应急调控机制,缩小系统运行失衡的波动范围,保障整套控制系统在长期生产过程中的平稳运行状态。

结束语

连铸方坯结晶器振动电气控制系统的调试与优化是一项贯穿硬件配置、程序逻辑、参数匹配与抗干扰能力的系统工程。通过逐级排查硬件回路损耗、重构控制程序运算逻辑、完善振动参数动态调控机制,可有效弱化工况波动对运行精度的冲击。持续开展运维数据积累与软硬件适配状态修正,能够维持系统在长期连续生产条件下的调控响应速率与运行平稳性,为铸坯成型质量的稳定输出奠定控制基础。

参考文献

- [1]缸明义,夏兴国,潘小波,等.基于DRNN的结晶器液位控制系统研究[J].河北北方学院学报(自然科学版),2023,39(1):23-28,35.
- [2]钱学成,赵志祥,闫凡熙,等.连铸结晶器振动液压系统故障诊断研究[J].特钢技术,2025,31(1):59-63.
- [3]赵永超,方一鸣,刘乐,等.基于嵌套自适应观测器的连铸结晶器振动位移系统有限时间容错控制[J].控制理论与应用,2022,39(12):2313-2321.
- [4]任国振,陈松.连铸结晶器振动液压伺服系统建模与控制[J].材料与冶金学报,2024,23(3):249-255.
- [5]马壮,方一鸣,许森,等.考虑控制饱和的连铸结晶器振动位移系统预设性能控制[J].控制与决策,2023,38(2):413-420.