

干熄焦自动化控制系统在焦化行业的应用

包壮伟

河北峰煤焦化有限公司 河北 邯郸 056200

摘要:为适配焦化行业干熄焦生产高效、安全、绿色的发展需求,本文围绕干熄焦自动化控制系统展开研究。解析了干熄焦核心工艺与控制难点,明确自动化控制核心需求;随后阐述系统总体架构、硬件选型及控制策略等核心构建内容;进而分析系统在全流程监控、工艺协同控制、参数闭环调节及故障处置中的具体应用;最后展望智能化趋势下的发展方向。研究表明,干熄焦自动化控制系统可有效解决生产中的参数耦合、流程协同等问题,为焦化行业智能化升级提供技术支持。

关键词:干熄焦;自动化控制系统;焦化行业;具体应用

引言:随着焦化行业绿色转型与智能化升级进程加快,传统干熄焦生产模式面临参数控制精度低、流程协同性差、安全风险高等痛点,难以满足现代生产需求。干熄焦自动化控制系统凭借精准调控、高效协同等优势,成为破解上述难题的关键技术。本文立足焦化行业生产实际,从工艺需求、系统构建、实际应用及发展趋势等维度,系统探讨干熄焦自动化控制系统的应用价值与实现路径,为推动该技术在焦化行业的规范化应用提供理论与实践参考。

1 干熄焦工艺原理及自动化控制需求分析

1.1 干熄焦核心工艺环节解析

干熄焦以惰性气体为热载体,核心是构建红焦冷却与余热回收的闭环工艺体系,主要包含四大衔接环节。红焦装入环节完成红焦从焦炉到干熄炉的转运与定量进料;循环冷却环节通过惰性气体与红焦逆向接触换热,实现红焦降温与气体升温;冷焦排出环节将冷却达标后的焦炭稳定输出;余热回收环节利用高温惰性气体加热给水产生蒸汽,气体经除尘、加压后循环复用,各环节形成连续且相互关联的生产链路。

1.2 焦化行业干熄焦生产的核心控制难点

干熄焦生产的控制难点集中于四方面。(1)参数耦合性强,温度、压力、气体流量等核心参数相互关联,单一参数调整易引发连锁波动;(2)工况干扰因素多,高温、多粉尘环境易影响检测元件精度,降低参数采集可靠性;(3)流程协同要求高,多设备、多环节需精准时序匹配,任何环节偏差均可能破坏生产平衡;(4)安全管控难度大,存在可燃气体积聚、超温超压等风险,对参数控制的实时性与精准性要求极高。

1.3 自动化控制系统在干熄焦生产中的核心需求

自动化控制系统的核心需求聚焦三点。(1)为精准

参数管控,需实时采集全流程工艺参数,通过闭环调节保障参数稳定在设定范围;(2)是高效协同联动,实现装焦、冷却、排焦等环节设备的自动同步运行,提升生产连续性;(3)是安全智能防控,实时监测安全风险点,触发异常预警与应急处置流程,同时通过数据追溯为生产优化提供支撑,适配焦化行业高效、安全的生产要求^[1]。

2 干熄焦自动化控制系统的核心构建

2.1 干熄焦自动化控制系统的总体架构设计

干熄焦自动化控制系统采用分层分布式设计,适配多环节、多参数协同控制需求,整体划分为三层架构。

(1)硬件层架构:作为数据采集与指令执行基础,遵循“分散部署、集中管控”原则,涵盖检测感知、控制核心与执行驱动模块。检测感知模块布设于干熄炉、余热锅炉等关键节点;控制核心模块集中于中控室,负责数据汇总与指令生成;执行驱动模块对接现场设备,保障指令落地。(2)软件层架构:采用模块化设计,核心包含监控交互、控制逻辑与数据管理模块。监控交互模块实现参数可视化与人工操作;控制逻辑模块集成控制算法与工艺逻辑,为决策核心;数据管理模块负责数据存储、统计与追溯,支撑系统优化。(3)通信网络层架构:采用工业以太网与现场总线融合模式,选用PROFINET、Modbus等工业协议。核心数据通过以太网高速传输,现场短距离通信采用现场总线抗干扰,搭配冗余链路设计,保障数据交互实时可靠。

2.2 干熄焦自动化控制系统的核心硬件选型与配置

硬件选型配置以适配高温、高压、多粉尘工况为前提,遵循可靠、适配、可扩展原则,保障系统稳定运行。(1)关键检测元件选型:温度检测选用耐高温抗粉尘的贵金属热电偶或耐磨热电阻,匹配不同量程;压

力检测选用抗干扰扩散硅压力变送器,炉膛高压环境用高压型,管路压差用高精度差压型;流量检测按介质选型,惰性气体用涡街流量计,固体物料用称重式检测装置,确保采集精准。(2)核心控制单元配置:采用PLC与DCS协同模式,PLC承担现场实时控制,负责关键参数快速调节;DCS统筹全局,实现多设备多回路联动。按生产规模配置足额I/O模块,预留15%-20%扩展接口,配置双冗余控制器与电源模块,避免单点故障停机。(3)执行机构选型:阀门选用耐高温耐磨电动调节阀或气动切断阀,匹配介质特性与压力等级;风机、提升机等选用变频调速驱动装置,适配负载波动;排焦、装焦机构选用高精度伺服组件保障同步,所有执行机构配置状态反馈模块,实现实时监测。

2.3 干熄焦自动化控制系统的核心控制策略与算法

控制策略与算法围绕生产目标设计,应对多参数耦合、工况波动问题,保障生产稳定。(1)基础控制策略:采用分层级闭环控制,底层设备级实现设备启停与参数调节,中层回路级为关键参数构建独立控制回路,顶层工艺级实现装焦、冷却等多环节联动;惰性气体循环系统采用串级控制,以炉膛出口温度为主调参数、循环流量为副调参数,提升控温精度。(2)核心控制算法:常规环节用改进型PID算法,通过参数自整定适配工况波动,解决非线性工况调节滞后问题;针对多变量耦合,引入解耦算法分离参数关联,提升调节独立性与精准度;工况突变时采用模糊控制算法,依托模糊规则快速生成指令,保障系统快速稳定过渡。(3)辅助控制逻辑:集成联锁保护逻辑,设定安全阈值,异常工况自动触发联锁停机、应急泄压等动作;设计负荷自适应调节逻辑,根据红焦产出量、余热需求动态调整参数;构建故障诊断自愈逻辑,监测控制回路与硬件状态,轻微故障自动调整参数,严重故障报警提示维修^[2]。

3 干熄焦自动化控制系统在焦化生产中的具体应用

3.1 生产全流程实时监控与数据采集应用

该应用贯穿干熄焦生产全链路,实现工艺参数、设备状态及作业环境的全方位感知与数据规范化管理。(1)多维度数据采集:覆盖干熄炉温度、压力、循环气体参数,余热锅炉蒸汽、给水数据等工艺参数;提升机、循环风机等设备的转速、振动、电流等运行数据;生产区域粉尘、惰性气体泄漏等安全环境数据。(2)数据传输与整合:采用工业以太网与现场总线混合架构,通过专用协议实时传输数据;经边缘计算预处理实现数据标准化与无效筛选,再由数据管理系统分类存储、时序归档,构建全流

程数据库。(3)可视化监控:搭建分层级界面,按工艺划分子模块,实时展示参数曲线、设备状态及现场视频;支持自定义阈值,数据异常时自动高亮并声光报警,实现生产状态直观掌控与异常精准定位。

3.2 关键工艺环节自动化协同控制应用

聚焦干熄焦装焦、冷却、排焦、余热回收四大核心环节,实现各环节设备动作与工艺流程的精准协同联动。(1)红焦装入环节协同控制:通过定位传感器与激光测距模块确认焦罐就位精度,自动化系统按预设程序控制提升机完成焦罐提升、平移、旋转等动作,精准对接干熄炉进料口;进料阀按预设时序自动开启,配合料位传感器实现红焦定量装入,装入完成后自动关闭进料阀并反馈信号,触发提升机复位与下一轮装焦准备流程。(2)循环冷却环节协同控制:根据干熄炉出口气体温度与压力数据,自动调节循环风机转速与气体管路调节阀开度,动态匹配惰性气体循环流量;协同控制余热锅炉入口气体调节阀,确保进入锅炉的高温气体流量稳定,同时联动给水系统调节给水量,实现冷却与换热流程的协同适配。(3)冷焦排出环节协同控制:基于干熄炉底部焦炭温度检测数据,自动化系统判断焦炭冷却达标状态,触发排焦装置按预设频率启动;通过称重传感器与流量检测模块监控排焦量,自动调节排焦阀开度,确保排焦均匀稳定;排焦过程中同步联动除尘设备自动启动,降低粉尘扩散。(4)余热回收环节协同控制:根据蒸汽压力、温度数据,自动调节余热锅炉排污阀开度与蒸汽出口调节阀状态,保障蒸汽品质稳定;联动发电机组调节汽轮机转速,实现蒸汽能量的高效转化,同时实时监测余热回收系统各设备运行状态,确保流程协同顺畅。

3.3 核心工艺参数闭环调节应用

针对干熄焦生产中影响产品质量与生产稳定性的核心参数,构建全流程闭环调节体系,实现参数精准管控。(1)干熄炉温度闭环调节:以干熄炉炉膛中部与出口温度为核心调控目标,构建串级调节回路;主回路根据设定温度与实际检测温度的偏差,输出惰性气体流量调节指令;副回路根据气体流量检测数据,精准调节循环风机转速与调节阀开度,同时联动红焦装入量调节模块,通过调整装焦频率平衡热量输入,确保炉膛温度稳定在预设范围。(2)干熄炉压力闭环调节:以炉顶压力为调控核心,通过压力变送器实时采集数据,当压力超出设定范围时,自动调节炉顶放散阀开度;若压力持续异常,联动循环风机转速调节与装焦节奏调整,形成多

维度压力调节闭环,避免炉膛压力过高或过低影响生产安全与焦炭冷却效果。(3)循环气体成分闭环调节:通过气体成分分析仪实时监测惰性气体中CO、O₂等成分含量,当成分超标时,自动开启氮气补充阀补充新鲜惰性气体,同时打开放散阀排出超标气体;根据成分检测数据动态调整补充与放散流量,确保循环气体成分稳定,避免可燃气体聚集引发安全隐患。(4)蒸汽参数闭环调节:以蒸汽压力与温度为调控目标,当蒸汽压力过高时,自动开启泄压阀释放压力;温度偏低时,联动余热锅炉给水预热系统提升给水温度,同时调节高温气体进入量,确保蒸汽参数稳定在生产要求范围内。

3.4 故障预警与应急处置自动化应用

构建全系统故障监测、预警与应急处置体系,提升生产安全性与故障处置效率。(1)全维度故障监测:通过传感器实时监测设备运行参数、工艺参数及安全环境参数,同时通过系统自检模块监测控制回路、通信链路运行状态,实现故障隐患全面排查。(2)分级故障预警:设定多级故障阈值,当检测数据接近预警阈值时,系统自动发出一级预警,在监控界面标记并提示操作人员关注;当数据达到故障阈值时,发出二级预警,同步触发声光报警,同时生成故障报告,明确故障位置、类型及影响范围。(3)自动化应急处置:针对不同类型故障预设应急处置流程,设备过载故障时,自动触发设备停机保护,同时切断相关动力电源,避免设备损坏扩大;炉膛超温超压故障时,自动开启紧急放散阀泄压、增大惰性气体循环流量降温,联动装焦系统暂停装焦;气体泄漏故障时,自动关闭相关气体管路阀门,启动应急通风设备与气体回收装置,同时触发区域人员撤离提示;通信链路故障时,自动切换至冗余通信链路,保障核心控制数据传输连续性,若冗余链路失效,启动本地应急控制模块,维持关键工艺参数稳定^[3]。

4 智能化趋势下干熄焦自动化控制系统的发展方向

智能化趋势下,干熄焦自动化控制系统的发展将围绕数据驱动、协同联动与自主决策展开,核心方向清晰明确。(1)工业互联网深度融合,构建全要素数据交互平台,实现控制系统与企业MES、ERP等系统无缝对接,依托5G与边缘计算技术提升数据传输实时性,支撑远程集中管控与全流程协同。(2)AI与大数据赋能深化,通过挖掘生产历史数据构建工艺优化模型,借助机器学习实现工况自适应调节与设备预测性维护,突破传统经验驱动的局限。(3)无人化值守体系构建,集成机器视觉与智能传感技术,实现装焦、排焦等关键环节风险点自动识别与闭环控制,推进“无人操作、有人值守”模式落地。(4)技术标准化推进,统一数据接口与控制算法规范,提升系统兼容性与可扩展性,为行业整体智能化升级提供可复制的技术范式^[4]。

结束语:本文全面分析了干熄焦自动化控制系统在焦化行业的应用相关内容,明确了系统适配干熄焦生产的核心逻辑,阐明了系统构建要点与实际应用成效。该系统的应用可显著提升干熄焦生产的稳定性与高效性,契合焦化行业绿色智能发展导向。未来,需进一步推动系统与工业互联网、AI等技术的深度融合,完善技术标准化体系。

参考文献

- [1]赵春旭.干熄焦工程EVF机械自动化系统设计研究与分析[J].模型世界,2024(5):10-12.
- [2]王焕顺,曹国涛,付俊红,王鑫鹏.干熄焦环境除尘烟气干法脱硫及自动控制[J].燃料与化工,2025,56(5):55-57.
- [3]乔继军.不同种类焦炭干法熄焦工艺的应用差异及优化[J].山东冶金,2025,47(3):74-76.
- [4]庞克亮,郑有志.智慧配煤炼焦在焦化行业的应用及展望[J].鞍钢技术,2022(6):101-106.