

# 自动化技术在智能型脱硫脱硝粉尘处理中的研发与应用

迟武哲

辽宁科技大学

DOI:10.32629/jsse.v3i4.17851

**[摘要]** 本项目旨在研发一种基于多技术融合的智能型脱硫脱硝粉尘处理装置,通过集成搅拌分离、多层过滤与超细纤维吸附等技术,结合西门子PLC控制系统与多种传感器,实现对废气中粉尘的高效分离与智能监控。系统具备实时数据采集、远程云端传输与移动端报警功能,有效提升脱硫脱硝过程的处理效率与设备稳定性,为推动工业废气治理的智能化与高效化提供技术支持。文章重点研究自动化技术在化工废气处理领域的应用途径,为行业的可持续发展提供了有力的保障。

**[关键词]** 自动化监测系统; 报警系统; 过程监控; 安全操作范围

**中图分类号:** TV547.5 **文献标识码:** A

## Research and application of Automation Technology in intelligent desulfurization and denitrification dust treatment

Wuzhe Chi

University of Science and Technology Liaoning

**[Abstract]** This project aims to develop an intelligent desulfurization and denitrification dust treatment device based on the integration of multiple technologies. By integrating technologies such as stirring separation, multi-layer filtration, and ultra-fine fiber adsorption, and combining the Siemens PLC control system with various sensors, it achieves efficient separation and intelligent monitoring of dust in waste gas. The system is equipped with real-time data collection, remote cloud transmission and mobile alarm functions, effectively enhancing the treatment efficiency and equipment stability of the desulfurization and denitrification process, and providing technical support for promoting the intelligence and efficiency of industrial waste gas treatment. This article focuses on the application approaches of automation technology in the field of chemical waste gas treatment, providing a strong guarantee for the sustainable development of the industry.

**[Key words]** Automated monitoring system; alarm system; process monitoring; safe operation range

传统工艺中,对废气成分、设备运行状态的监测可能依赖人工巡检或简单仪表,难以实现实时、精准的数据采集和分析,无法及时发现潜在的安全风险。而产生过程监控和报警是化工安全生产的关键环节,通过实时监控和检测化工生产过程,自动化监测系统可以准确地获得有关参数。当这些参数超出安全操作范围,就会及时给出警告,提醒有关人员采取相应的行动,从而有效防止安全事故。<sup>[1]</sup>

### 1 PLC概述

PLC作为现代工业自动化的核心,已经成为一种精确且高效的关键控制技术。PLC的核心是中央处理单元(central processing unit, CPU),CPU主要负责存储用户程序、I/O状态位和其他数据,接收输入信息并发送输出信息。<sup>[3]</sup>输入/输出(I/O)系统是PLC内外交互的桥梁,用于实现PLC与外部设备进行信号交互。PLC的编程是PLC实现功能的核心,PLC强大的灵活性和可扩展性,允

许用户根据实际需求灵活配置输入输出模块、功能模块等,轻松应对不同工业场景的控制需求。也可以通过添加模块或升级软件来轻松扩展功能,无需更换整个控制系统。

### 2 智能型脱硫脱硝粉尘处理装置的处理流程

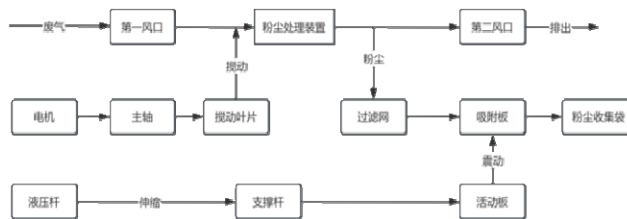


图1 智能型脱硫脱硝粉尘处理装置的处理流程

脱硫脱硝粉尘的自收集过程包括粉尘与废气的分离、粉尘

的过滤及粉尘的自收集三个主要核心步骤,智能型脱硫脱硝粉尘处理装置的处理流程如图1所示。

(1)粉尘与废气的分离。在此设备中,废气通过第一风口进入粉尘处理装置,由PLC控制电机的启动,电机带动主轴进行旋转,而主轴上连接着搅动叶片,搅动叶片对进入的废气进行搅拌,可以有效地实现粉尘与废气的分离,搅拌后废气通过第二风口排出到粉尘处理装置的外部。

(2)粉尘的过滤。分离的粉尘由于重力的作用向下飘落,通过过滤网进行初步过滤,然后到达活动板上,而液压杆连接着PLC驱动,启动液压杆,使液压杆上下伸缩,推动支撑杆上下移动,从而使活动板产生震动,活动板上的粉尘会通过震动掉落到旁边的吸附板中,而吸附板是由超细纤维制作而成的,具有良好的吸湿散湿性,加强了对粉尘的过滤。

(3)粉尘的自收集。在吸附板的底部悬挂着粉尘收集袋,落下的粉尘会直接进入粉尘收集袋,达到粉尘自收集的效果。

### 3 基于PLC的粉尘收集处理装置

#### 3.1 控制系统

该设备采用西门子PLC—1200作为核心控制器,负责整个粉尘处理装置的运行逻辑控制和数据处理。同时,该设备集成了多种高精度传感器,包括粉尘传感器(采用激光散射原理)、压力与流量传感器、震动与温度传感器等。其中,粉尘传感器用于持续、稳定监测废气中的颗粒物浓度,提供单次过滤效率和整机净化效率的评估数据;压力与流量传感器动态监测过滤网两侧的压力损失变化和废气流量,为智能预警和联动机制提供依据,此外,通过物联网平台实现远程监控和数据访问,运维人员可以随时查看设备运行状态和历史数据。如图2所示<sup>[2]</sup>,该设备的控制系统通过集成多种传感器、采用高性能PLC控制器、构建智能预警与联动机制、实现数据传输与物联网平台对接等措施,实现了对脱硫脱硝粉尘处理装置的智能化、自动化控制,提高了设备运行效率和稳定性,降低了运维成本。

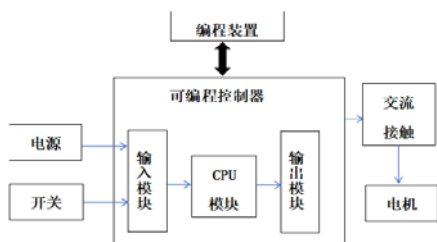


图2 PLC控制原理

#### 3.2 硬件设计

在该设备中,粉尘传感器内部有一个激光传感器,发出一束稳定的激光。当含有粉尘的废气通过检测区域时,粉尘颗粒会对激光产生散射,在90°处放置一个光电二极管,用于检测被粉尘散射后的激光强度,散射光的强度与粉尘浓度成正比。通过测量散射光的强度,经内部计算,就可以得出粉尘的浓度值( $\text{mg}/\text{m}^3$ ),从而达到持续、稳定监测废气中细颗粒物浓度,提供单次过滤效

率和整机净化效率的评估数据的效果。

压力传感器内部有两根压力取样管,分别连接到过滤网的进气侧和出气侧。传感器核心是一个压敏元件(薄膜应变片),当两侧压力不同时,压力差会使薄膜产生微小的形变,这种形变会导致附着在薄膜上的电阻产生变化,从而形成一个与压力差成正比的电信号。当PLC监测到压差超过设定的阈值A时,自动启动反吹清洁程序。如果反吹后压差仍不下降,甚至超过更高的阈值B,则判断过滤网已到寿命,触发更换报警。<sup>[5]</sup>

流量传感器采用的是热式质量流量计,传感器中有两个热敏元件,一个被加热作为探头,另一个用于测量气体温度。气体流过会带走热量,流速越快,带走的热量就越多,维持探头恒定温度所需的电能与气体的质量流量相关。通过准确测量热量,以废气处理量的数据作为评估设备负荷和处理能力的关键参数,并且可以与粉尘传感器结合,计算总的粉尘排放量。此外,传感器数据异常时,可能预示着风机故障、管道堵塞或泄漏,此时PLC可发出预警。

振动传感器内部有一个压电晶体,当受到振动冲击时,晶体会因变形而产生与振动加速度成正比的电荷信号,该信号通过内部电路放大和处理,可以输出振动加速度、速度或位移。例如:搅拌叶片电机的轴承磨损、叶片松动或平衡失调都会导致振动加剧。PLC监测震动值,一旦超过安全范围,立即报警并可能紧急停机,防止设备损坏。

温度传感器采用热电偶原理,两种不同的金属导体连接成回路,当两端温度不同时,回路中会产生电动势(热电效应),通过测量电势差,可得知温度。例如,在该设备吸附板附近安装温度传感器,当某些化学反应或异常摩擦可能产生高温时,温度传感器可监测是否存在火灾或过热风险。

#### 3.3 软件设计

PLC程序设计使用博图软件进行逻辑控制开发,其中包括调节流量、压力和温度的控制逻辑,编写代码以收集和分析来自传感器的废气浓度、温度和压力等数据,从而优化捕集效率。安全和应急程序包括超限告警、紧急停止等安全相关逻辑,确保基于PLC的废气自动化处理系统在任何异常情况下都能安全运行。<sup>[1]</sup>HMI的界面设计也可使用博图工具,用于展示实时数据、系统状态和重要告警信息,记录操作日志和系统事件,制定用于历史趋势分析的数据存储策略。

#### 3.4 通信设计

在基于PLC的废气自动化处理系统中,上位机、HMI和PLC之间基于工业以太网构架进行通信。系统中的阀门、泵等控制简单的设备,都可以通过点对点的方式进行直接接入PLC的I/O端口。对于系统中的一些特殊设备,如精确的测量并传输数据的温度、压力、流量传感器,采用Mod bus工业标准协议,或通过现场总线通信与PLC交换数据。<sup>[4]</sup>此架构确保了数据的准确性和实时性,提高了系统的灵活性和可靠性,并可以通过性能监控和故障诊断优化网络,确保整个废气中的粉尘处理过程的顺利进行。

### 4 自动化技术在脱硫脱硝的粉尘处理中的应用

在脱硫脱硝的粉尘处理过程中, 高效粉尘分离是确保废气处理效果的关键环节。项目设计的粉尘处理装置内部装有搅拌叶片, 由电机驱动主轴带动旋转。在废气进入装置后, 搅拌叶片的高速旋转产生强大的离心力, 使得废气中的粉尘颗粒与气体分子发生分离。粉尘颗粒由于质量较大, 被甩向装置内壁并沿壁面下滑, 而气体则继续上升通过过滤网进行进一步净化。

为了确保粉尘分离效果始终处于最佳状态, 自动化控制系统根据粉尘传感器实时监测的粉尘浓度数据, 动态调节搅拌叶片的转速。当粉尘浓度较高时, 系统自动提高搅拌叶片的转速, 增强离心力作用, 提高分离效率; 当粉尘浓度降低至设定阈值以下时, 系统则适当降低转速, 以节省能源并减少设备磨损。分离后的粉尘透过过滤网后, 掉落在由液压杆驱动的活动板上。活动板采用特殊材料制成, 表面光滑且耐磨损, 能够承受粉尘的连续冲击。液压杆在自动化控制系统的指令下, 按照设定的频率和时长进行震动, 使得活动板上的粉尘能够顺利滑落至下方的超细纤维吸附板上。超细纤维吸附板是粉尘收集过程中的关键部件, 它利用超细纤维的微孔结构和巨大的比表面积, 对滑落下来的粉尘进行高效吸附。这种吸附方式不仅能够有效防止粉尘的二次飞扬, 还能够提高粉尘的收集效率。同时, 超细纤维吸附板易于更换和清洗, 降低了维护成本。

此外, 为了确保粉尘收集过程的高效与便捷, 自动化控制系统根据粉尘收集量自动调节液压杆的震动频率和时长。当粉尘收集量较少时, 系统适当降低震动频率和时长, 以节省能源并减少设备磨损; 当粉尘收集量增加时, 系统则提高震动频率和时长, 确保粉尘能够及时、有效地滑落至超细纤维吸附板上。这种智能调节机制使得粉尘收集过程更加高效、可靠。

## 5 结语

该项目旨在应对当前环保要求日益严格背景下, 脱硫脱硝

过程中废气粉尘处理效率不高、设备易故障等难题。项目通过创新设计, 融合搅拌、过滤、吸附等多种技术手段, 结合高精度传感器网络与智能控制系统, 实现了废气中粉尘的高效分离与收集, 提升了脱硫脱硝效率, 降低了设备维护成本。核心在于研发一套集粉尘处理装置、PLC S7-1200控制器、多类型传感器及物联网技术于一体的智能化控制系统。该系统不仅能够实时感知设备运行状态, 精准评估处理效率, 还通过智能预警与联动机制, 有效避免了设备故障导致的生产中断, 保障了设备的长期高效运行。同时, 依托阿里云IoT物联网平台, 实现了设备的远程监控与数据驱动预测性维护, 显著降低了全生命周期运维成本。在未来的发展中, 随着自动化技术的不断发展和创新, 自动化技术正逐步成为推动行业转型升级、实现高效环保治理的关键力量, 而自动化技术也为化工产业的高质量发展奠定了基础。

## [参考文献]

- [1] 俞大鹏, 胡德全, 褚娣, 等. 自动化技术在化工合成安全中的应用与前景[J]. 山东化工, 2025, 54(16): 165-167+171.
- [2] 尹晓杰, 李禹羲, 张韶, 等. 基于PLC的化工装置电气自动化控制技术[J]. 大众标准化, 2025, (14): 44-46.
- [3] 吕小茜, 杨兵. 基于PLC的工业废气中CO<sub>2</sub>自动化处理系统研究[J]. 低碳世界, 2024, 14(08): 13-15.
- [4] 饶勇. PLC控制在电气自动化设备系统中的应用研究[J]. 中国机械, 2023, (26): 65-68.
- [5] 董红丽, 高芳. 基于PLC的锅炉脱硫自动控制系统设计[J]. 内蒙古煤炭经济, 2020, (04): 162-163.

## 作者简介:

迟武哲(2006--), 男, 汉族, 辽宁省营口市人, 本科, 学生, 从事的研究方向或工作领域: 自动化。