

# Optimization and Practice of Low Voltage Control System for Electric Dust Collector Based on PLC Technology

Jian Bao Jinhang Yan\*

Zhejiang Dawei High Tech Co., Ltd., Jinhua, Zhejiang, 321000, China

## Abstract

With the continuous development of industrial automation, electrostatic precipitators have become an indispensable equipment in the field of environmental protection, and the performance of their control system directly affects the dust removal effect and energy consumption level. Low voltage control systems centered around programmable logic controllers (PLCs) have been widely used in the field of electrostatic precipitator control due to their high reliability, simple programming, and ease of expansion. However, the system still faces issues of low accuracy and slow response speed, and further optimization is needed. In this context, this article provides an overview of the low-voltage control system of electrostatic precipitators, explores the application of PLC technology in the low-voltage control system of electrostatic precipitators, considers optimization strategies for the low-voltage control system of electrostatic precipitators, and analyzes optimization practice cases for reference only.

## Keywords

PLC technology; Electric dust collector; Low voltage control; system optimization

## 基于 PLC 技术的电除尘器低压控制系统优化与实践

包建 严金航\*

浙江大维高新技术股份有限公司, 中国·浙江 金华 321000

## 摘要

随着工业自动化的不断发展,电除尘器成为环境保护领域中不可或缺的一种设备,其控制系统的性能直接关系到除尘效果及能源消耗水平。以可编程逻辑控制器(PLC)为核心的低压控制系统,因其可靠性高、编程简单、易于扩充等优点,已被广泛地用于电除尘器控制领域。但是,目前该系统仍然面临着精度不高和响应速度较慢的问题,需要进一步优化。在此背景下,本文概述了电除尘器低压控制系统,探究了PLC技术在电除尘器低压控制系统中的应用,思考了电除尘器低压控制系统的优化策略,并对优化实践案例进行了分析,仅供参考。

## 关键词

PLC技术;电除尘器;低压控制;系统优化

## 1 引言

生态环境部调查数据显示,2024年全国环境空气质量改善幅度较大。PM<sub>2.5</sub>浓度为29.3微克/立方米,同比下降2.7%;优良天数比例为87.2%,同比提高1.7个百分点;重度及以上污染天数比例为0.9%,同比下降0.7个百分点,三项约束性指标均优于年度目标。电除尘器具有良好的除尘性能,在电力、冶金和化工等领域有着十分广泛的应用,利用高压电场使粉尘带电并吸附收集,可以去除工业烟气中99%以上的颗粒物,大幅减少废气的排放量,对于提高

大气环境质量、促进工业绿色可持续发展具有重要的现实意义。低压控制系统则是整个电除尘器的“神经中枢”,其性能直接影响除尘效率、能量消耗以及设备的使用年限。为此,急需对其进行优化改造。PLC技术具有可靠性高、编程灵活、抗干扰性强等特点,是优化电除尘器低压控制的良好方法,提高其运行稳定性和智能化水平。

## 2 电除尘器低压控制系统概述

### 2.1 电除尘器的工作原理

电除尘器依托“电晕放电—粒子荷电—荷电粒子迁移—粒子捕集”的核心机制,来实现除尘作用。该系统利用高压直流电源,在放电极和集尘极之间建立一个较强的电场,使放电极附近的空气电离产生大量离子,形成电晕区。灰尘微粒在带电过程中与周围的空气中的离子发生接触,从而成为粒子荷电。在外加电场的作用下,粒子荷电朝着集尘极的方向移动,并黏附在极板的表面;最后,通过振打设备将粉尘

【作者简介】严金航(1984-),男,中国浙江金华人,本科,工程师,从事电除尘器电气设计研究。

【通讯作者】包建(1989-),男,中国浙江金华人,工程师,从事电除尘现场调试优化研究。

从极板上分离出来,经灰斗收集排出,除尘后的烟气达到标准。其中,低压控制系统承担着振打清灰、加热保温、卸灰送灰等辅助工作,保证高压电场的平稳运转,其控制准确性将直接关系到电晕放电的效率和除尘的效果<sup>[1]</sup>。

## 2.2 低压控制系统的组成与功能

低压控制系统是集软件设备与软件逻辑于一体,是电除尘器的“智能中枢”。在硬件方面,包括振打控制单元、加热控制单元、卸灰控制单元,以及各种传感器和执行结构。其中,振动控制器通过调节电机的速度和启停,来定期清理极板上的灰尘;加热控制器采用电热元件对绝缘子、灰斗等关键部位进行保温,避免结露对其绝缘特性的影响;卸灰控制器根据料位传感器信号,驱动螺旋输送机或星型卸料器完成排灰。在软件层面上,通过预先设定的编程方式,使各个环节相互协作,例如:基于灰尘的含量,实时地调节振动的频率,根据周围的温度,来进行功率的自动调整,保证系统在各种工作条件下的高效率工作,并具有故障检测和预警的能力,提高设备的可靠性。

## 2.3 传统低压控制系统存在的问题

传统低压控制系统多通过继电器和定时器等分立元件搭建,或者依靠单一的单片机进行控制,因此在使用过程中存在着许多缺陷。首先,系统的控制精度不够,很难根据工作条件对振打时间和加热温度进行精确调整,造成除尘过量或除尘不完全,导致大量的热能消耗。其次,由于保护触点容易被氧化和磨损,导致触点失效和故障,并且在高强度的电磁环境中,系统的抗干扰性能较差,容易发生信号混乱。此外,灵活性不足,传统的硬件逻辑固定,需要手工改造或者替换器件来调节加工参数,很难适应复杂工作环境下的动力学要求,上述问题共同影响了电除尘器的运行效果和经济效益<sup>[2]</sup>。

## 3 PLC技术在电除尘器低压控制系统中的应用

### 3.1 PLC在电除尘器低压控制系统中的硬件配置

在电除尘器低压控制系统中,PLC的硬件结构需要与系统需求密切相关。在选择过程中,从系统规模、控制精度和可靠性等方面进行全面考虑,如果需要进行较多的输入/输出,可以选择西门子的S7-1200、三菱FX5U等中等规模的PLC;小型系统可与欧姆龙CPIH等型号配套使用。在输入模块中,需要将温度、料位及压力等传感器的数据,通过模拟量或数字量输入模块两种方式进行信号转换;输出模组可带动振打电机、加热元件、卸灰阀门等执行器,依负荷类型选用继电器、晶体管或晶闸管等不同的输出型式。在硬件架构上,一般采用PLC作为分散式的控制系统,通过RS-485、Modbus等通信协议将各个子系统进行联系,从而实现数据交互与协同控制,形成高效、集成的自动化控制系统<sup>[3]</sup>。

### 3.2 PLC在电除尘器低压控制系统中的软件设计

PLC软件设计对精确控制起着重要作用,在编程语言

方面,梯形图(LAD)因其直观和易于理解,符合电气工程师的使用习惯,已逐渐发展为一种主要的设计方法;而指令表(STL)更适合用于复杂的逻辑计算和数据处理场合。程序结构采用模块化设计,把振打控制、加热控制和卸灰控制等功能分解为独立子程序,并通过各子系统之间的相互关系进行协调工作。通过对电场电压、电流和粉尘含量的分析,利用模糊控制或PID等方法,对振打时间和强度进行实时调节,以防止二次粉尘的产生;该系统采用PID调整的方法,对系统的最高、最低温度进行设置,并采用PID调整来达到自动控温的目的,从而避免设备的结露现象。此外,该软件还具有对温度和过载等异常情况的检测与预警功能,在检测到温度升高和过载等异常情况下,能够及时发出声光警报并记录古丈县信息,同时执行安全防护措施,保证整个系统的平稳运转,有效提升系统的安全性与可靠性。

## 4 电除尘器低压控制系统的优化策略

### 4.1 振打控制优化

在硬件方面,通过在电除尘器的极板和极线处分别安装压力和振动两种传感器,实现对积灰量和除尘效率的实时测量;并引进一个灰尘含量探测器,用于对电场中的灰尘悬浮进行监控。PLC由一个类比输入端接收各传感器的信号,建立多参量的耦合数学模型。比如,在气压传感器探测到平板积灰的压力超过了临界值,而灰尘浓度探测器又发出了灰尘增加的情况下,PLC就会启动一种模糊的控制方法,按照预先设置的规则库,对振动的时间和强度进行实时的调节。如果灰尘很小,就会增加振动的时间和强度;如果积灰较重,应减少循环次数,加大振动强度。此外,PLC将平板划分成不同的分区,并采取连续振动和间歇振动相结合的方法,以防止在同一时间产生二次粉尘。通过程序设置各个区域的振打起始时差,如相邻区域间隔3-5秒,并结合电场供电状态,在电场断电期间执行振打,以减少带电粉尘的二次飞扬,从而实现高效、智能的除尘效果<sup>[4]</sup>。

### 4.2 加热控制优化

硬件上,使用Pt100热敏元件和智能型温敏元件,把绝缘子温箱和灰斗等关键位置的温度值转换成4-20 mA的标准值,并将其输出到PLC的模拟量输出端;在输出侧设有固体保护装置,可对发热部件进行非接触式控制。PLC采用PID控制器,通过对设定和测量的温差进行调整,在温度小于给定范围时,增加工作循环,使系统迅速升温;在逼近预定的温度后,通过调节方式使其保持在 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 的范围内。为了更好地节约能源,在设计中采用温度和湿度的补偿机制。PLC利用外接温、湿度传感器采集外界的环境信息,并在外界空气中的相对湿度达到一定程度时,系统会提高设定的升温上限;在夜间或在设备负载较小的情况下,切换到节电方式,以减少保持温度。此外,PLC还具有对加热电路、电流、电压进行在线监测的能力,一旦发现加热元件断路、

短路、过热等情况，可在第一时间切断电源，启动声光报警，并将该故障情况上传到监控系统。

### 4.3 卸灰控制优化

在传统的卸灰方式中，由于料位检测滞后、控制逻辑单一，容易造成物料堵塞或空转，基于 PLC 的优化策略，通过精准监测与智能调度，能够有效解决上述问题。在硬件上，采用超声波位仪和重锤物位切换器，实现料位的连续监测，并对其进行高低位报警；卸灰管道上安装有旋转的阻流感应装置，可对卸灰状况进行即时的反馈。PLC 根据液位测量结果与设定的设定阈值相比较，利用模糊 PID 的方法，并与除灰装置的操作参数（电机电流、转速等）相关联，实现排渣方案的动态调节。在液位超过 80% 的时候，PLC 启动排渣装置，以最大速度运转；当物料仓面下降到 20% 以下时，减少操作次数或暂时停止除尘，以减少空载能量消耗。同时，对卸灰设备的协作逻辑进行优化，PLC 依据生产负载和产尘量的变化，制定分时卸灰方案：在扬尘高的时间段，加大卸灰频率；在低峰期内，适当延长卸灰间隔。此外，与振打系统相连接，使振打结束 3-5 分钟后才能开始卸灰，以避免振打引起的灰尘阻塞管道。在发现卸灰管道被堵塞后，PLC 立即停止进料，交替正反转卸灰电机尝试疏通，并触发报警提示工作人员进行干预<sup>[5]</sup>。

### 4.4 节能优化

PLC 对振打、加热和卸灰等子系统的工作参数进行集成，建立一个能量消耗分析模型，通过对设备运行功耗、运行时间与除尘效果之间的关联分析，辨识高能耗链路，对其进行最优控制。比如，依据灰尘的含量，对振打电机和卸灰电机的转速进行动态调节，利用变频控制的方法，使得设备的功率能够满足要求；在加热系统中，通过对外界温度的预报，预先调节供暖装置的启动和停止时刻，减少无效加热。其次，引入峰谷电价策略。PLC 利用时钟模块获得系统的实时时间，并与当地的电价政策相结合，在峰谷价格期间优先进行加热、卸灰等能源消耗作业；在高峰期间，减少非必要设备的操作能耗。此外，系统还实现了对能源消耗的实时统计和分析，并由上位机生成日报和月度报表，将各个设备的能源消耗比例和变化情况直观地展现出来，为节能决策和管理工作提供依据。

## 5 优化实践案例分析

以某热电厂为例，其原有的电除尘器低压控制系统存

在较多的问题。在振打控制方面，振打时间和强度很难适应多变的工作条件，经常出现振打频率太高或者太慢，造成二次飞尘或者极板上积灰过厚，从而使得除尘效果大幅下降。在加热控制中，传统系统不能达到精确的控温要求，而在绝缘子温箱、灰斗等部分容易出现温度异常的现象，影响设备的正常工作。卸灰控制也有不足之处，如料位检测不准、卸灰不够及时、卸灰过量等。针对这一情况，工厂采用 PLC 技术进行了改造。在硬件方面，选择了西门子 S7-200 系列的 PLC 作为核心部件，具有较强的数据分析功能和较丰富的输入输出端口，能够准确地实现各种类型的传感器和执行器的连接。软件编程通过程序编制，实现了振打、加热、卸灰等多个功能模块的设计。振打控制模块可根据粉尘浓度和电场参数等，对振打时间和强度进行动态调节；加热控制模块采用恒温区间控制，使温度波动维持在较小的范围之内；卸灰控制模块结合料位信号与时间逻辑，保证卸灰作业的准确性。改造后，除尘效率由原来的 85% 提高到 98%，粉尘排放远低于环保标准。与改造之前相比，该设备的能量消耗下降了 20% 左右，而设备故障发生率则下降了 60% 左右，使设备的工作稳定性和经济性得到了很大的提高，具有一定的行业示范意义<sup>[6]</sup>。

## 6 结语

综上所述，通过对电除尘器低压控制系统进行优化与实践，PLC 技术的应用，不但可以大幅提高系统的控制准确度和反应能力，而且还能有效减少能源消耗，使设备的工作年限得到延长，从而大幅提高电除尘器的除尘效果和环保效益。未来，随着科技的不断发展与革新，PLC 技术将会在电除尘器低压控制系统中得到更广、更深的应用，为环保事业贡献更多力量与智慧，实现可持续发展的目标。

### 参考文献

- [1] 温金莲.PLC技术升级在电除尘控制系统转型中的应用[J].今日制造与升级,2024,(10):130-132+147.
- [2] 傅光彩.PLC在电除尘器电磁振打控制系统中的应用[J].电子技术,2023,52(09):72-73.
- [3] 卢裕明.电除尘器中低压设备可编程序控制系统研究[J].智能城市,2021,7(23):161-162.
- [4] 孔艳艳.基于S7-1200 PLC的电除尘低压控制系统设计[J].机电产品开发与创新,2021,34(03):48-50.
- [5] 陈元招.基于PLC的高压静电除尘器变频电源设计[J].自动化技术与应用,2020,39(07):81-85.