◆产业赋能与业态融合◆

袋式除尘器的自动化应用研究

陈海涛[1]，周江润[1]，杨义明[1]，曹　剑[1]，牛司江[1,2]，高志磊[1]，张　华[1]，金　卫[1]，张　然[1]，沈海龙[1]，官景强[1]，汪　涛[1]，张建龙[1]

（1. 云南磷化集团有限公司，云南 昆明　650600；2. 国家磷资源开发利用工程技术研究中心，云南 昆明　650600）

［摘　要］在工业快速发展进程中，粉尘污染问题日益严峻，成为影响环境质量与人体健康的关键因素。袋式除尘器作为工业除尘领域的重要设备，其自动化应用逐渐成为研究与实践的重点。剖析目前袋式除尘器应用中存在的问题，提出科学的解决措施及自动化应用的关键技术；分析当前自动化应用技术的实际状况，提出袋式除尘器自动化应用未来的发展趋势，包括智能化深度发展、多元技术融合创新、绿色环保理念贯穿，旨在为袋式除尘器自动化技术的持续进步与广泛应用提供有价值的参考。

［关键词］袋式除尘器；自动化；关键技术；发展趋势

［中图分类号］TQ053；X701.2　　［文献标志码］A　　［文章编号］2097-4566（2025）03-0114-04

Research on the automation application of bag dust collector

CHEN Haitao[1], ZHOU Jiangrun[1], YANG Yiming[1], CAO Jian[1], NIU Sijiang[1,2], GAO Zhilei[1], ZHANG Hua[1], JIN Wei[1], ZHANG Ran[1], SHEN Hailong[1], GUAN Jingqiang[1], WANG Tao[1], ZHANG Jianlong[1]

(1. *Yunnan Phosphate Group Co., Ltd., Kunming* 650600, *China*; 2. *National Engineering and Technology Research Center for Development & Utilization of Phosphorous Resources, Kunming* 650600, *China*)

Abstract: In the rapid development process of industry, the problem of dust pollution is becoming increasingly serious, which has become a key factor affecting environmental quality and human health. As an important equipment in the field of industrial dust removal, the automatic application of bag dust collector has gradually become the focus of research and practice. The problems existing in the current application of the bag dust collector are deeply analyzed, the scientific solution measures and the key technology of automation application are put forward; The actual situation of the current automation application technology and the future development trend of the automatic application of bag dust collector are analyzed, including intelligent in depth development, multi-technology integration and innovation, green environmental protection concept throught, in order to provide a valuable reference for the continuous progress and wide application of the bag dust collector automation technology.

Key words: bag dust collector; automation; key technologies; development trends

0　引言

工业生产活动中，大量粉尘无节制排放，给生态环境带来沉重压力，也对人体呼吸系统等造成严重危害。袋式除尘器凭借其高效的除尘能力、稳定可靠的运行性能以及广泛的适用范围，在各类工业场景中被广泛应用[1]。随着自动化技术的迅猛发展，将自动化技术融入袋式除尘器的运行管理，成为提升设备性能、优化运行效率的关键路径[2]。

云南磷化集团有限公司袋式除尘器主要用于处理来自干燥、冷却、输送、筛分破碎等运行设备的烟尘，达到将粉尘从干燥烟气中分离、回收的目的，除尘效率的好坏直接影响装置负荷。袋式除尘器使用传统运行和控制方式存在控制系统老化，部分设备主配件运行故障率高，无自动监控、报警、故障显示功能等问题。

1　传统袋式除尘器运行存在的问题

1.1　喷吹控制不合理

收尘器不能根据各室不同滤尘量进行压力控

［收稿日期］2025-01-10

［作者简介］陈海涛（1988-），男，云南晋宁人，注册安全工程师，主要从事磷化工生产及安全管理工作。

［通信作者］牛司江（1983-），男，山东沂水人，高级工程师，从事磷化工资源全量化开发与应用研究。

［基金项目］中央引导地方科技发展资金“贫杂磷矿高效生产高品质绿色饲料磷酸钙盐产业化技术开发与转化”（202207AC110017）

制，造成有的室喷吹振打过大，有的室喷吹不够，从而影响喷吹效果，加速布袋的损坏。

1.2　脉冲喷吹状态难监测

现场无法得知各单项脉冲喷吹是否正常，如密封效果不佳、电磁阀卡涩、线路异常、控制异常等，这些问题都会影响除尘效率。

1.3　阀体漏气检测缺失

各室阀体是否漏气无法检测，造成漏气量过大，影响喷吹压力和效果。

1.4　故障排查困难

现场出现故障时，因现场喷吹阀监测点较多，有的达到200余个监测点，且设备动态运行，很难通过人工检查找出故障点，无法达到及时处理、及时消除故障的效果。

1.5　粉尘排放超标排查难度大

现场出现粉尘排放超标情况时无法及时、准确查找具体漏灰的室及泄漏点，漏灰点查找难度大，易造成安全环保事故。

1.6　监控与显示功能不足

现场控制柜无法接入现场模拟信号，且没有触摸控制屏，达不到自动监控和显示故障点的要求。

1.7　小结

以上无自动化监控的传统袋式除尘器在使用过程中暴露出来的问题已严重影响了企业装置的“安、稳、长、满、优”高质有效运行，存在安全环保事故隐患。

2　解决思路及自动化应用的关键技术

云南磷化集团有限公司通过对现有袋式除尘器增加部分感应设备，增加可编程逻辑控制器（PLC）智能监控系统运行算法，在较小的改造成本下全面提升除尘设备的智能化水平，掌握设备运行状况，降低维护、检修工作量，提升故障处置率，从而减少安全环保风险。

2.1　解决思路

2.1.1　主要技改内容

技改工艺流程见图1。在袋式除尘器出口增加粉尘传感器用于检测排气口的实时粉尘浓度，在除尘器单室喷吹时检测、感应漏灰情况，用于分析是否存在布袋损坏情况，感应数据实时上传至PLC操作系统并进行分析显示。

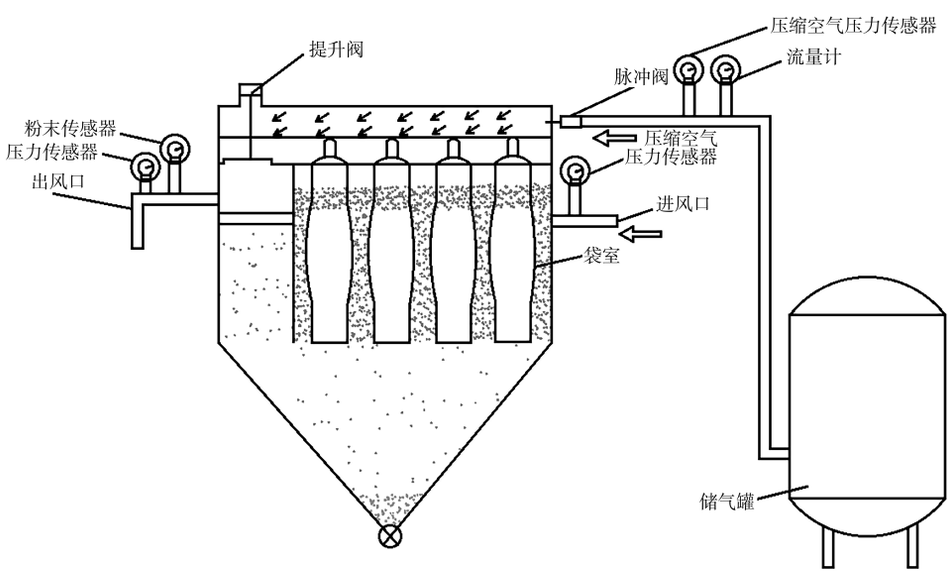

图1　技改工艺流程

Fig. 1　Technological innovation process flow

在袋式除尘器储气罐后端压缩空气管道上增加压缩空气压力传感器，通过压力差变化监测提升阀风道盖板的密封性和动作状态，感应数据实时传送至PLC操作系统并进行分析显示。

在除尘器进出口增加压力传感器，检测除尘器在喷吹过程中进出口压差变化情况，通过PLC计算分析后用于调整袋式除尘器电磁阀喷吹动作频次。

在压缩空气总管上增加流量计，检测袋式除尘器运行时压缩空气的流量，用于分析压缩空气的流量变化，结合压缩空气压力传感器分析数据，监控分析电磁阀的运行状态，并通过PLC计算分析后在操作系统中进行显示。

将原有的袋收尘PLC控制系统更换为算法更加

强大、检测更加灵活准确的袋收尘智能控制系统，实现对每一个脉冲阀动作监控，检测每一次的动作情况，判断动作是否正常，并自动检测出异常阀组；系统自动检测提升脉冲情况，检查各脉冲用气量，进而判断是否存在漏气情况，并自动检测出漏气点阀组；可根据不同室的滤尘量自动调整各室的动作频次。

技改设备及投资见表1。

表1 技改设备及投资

Table 1 Technological innovation equipment and investment

序号	项目	规格型号	工程量	单位	预估费用/万元
1	整套系统进行更换	型号HY-1210/MT；控制范围为12室，每室10路阀体；工作电源为380 V交流电；安装方式为落地式	1	项	5.6
2	压缩空气压力传感器	型号KZY-KO-PAG；电源为24 V直流电；检测范围为0～1 MPa；输出电流4～20 mA；M20×1.5螺纹	2	项	0.2
3	粉尘传感器	型号SK/MIC-600-PM-JAL；量程为0～20 mg/m^3；输出电流4～20 mA；电源为24 V直流电	1	项	0.7
4	进出口压力传感器	型号KZY-KO-PAG；电源为24 V直流电；检测范围为-3 000～0 Pa；输出电流4～20 mA；M20×1.5螺纹	2	项	0.6
5	压缩空气流量计	型号KZV-50；介质为空气；口径为DN50；额定压力为1.6 MPa；流量量程为30～300 m^3/h；材质为304不锈钢；电源电压为24 V；输出电流为4～20 mA	1	项	0.5
6	现场施工安装	现场实施	3	天	1
7	辅材	电缆、钢管	1	项	0.5
	合计		11		9.1

2.1.2 技改后运行效果

2.1.2.1 精准监测与故障预警

通过在袋式除尘器出口增设粉尘传感器，能实时掌握排气口粉尘浓度，在单室喷吹时精准感应漏灰，及时察觉布袋损坏隐患，提前预警维护，有效降低因布袋破损导致的粉尘超标排放风险，保障空气质量达标。在袋式除尘器出口增设的粉尘传感器具备极高的灵敏度，其测量精度可达±0.1 mg/m^3，能够实时且精准地监测排气口的粉尘浓度。在单室喷吹过程中，该传感器可在漏灰量达到5 mg/m^{3}时迅速做出反应，精准感应到漏灰现象。

经实际运行统计，在技改完成后的3个月内，通过该传感器成功提前预警布袋损坏隐患达15次，维护人员能够及时采取措施，有效将因布袋破损导致的粉尘超标排放风险降低了80%，确保排放气体粉尘始终符合国家规定的排放标准，如颗粒物排放质量浓度稳定控制在30 mg/m^{3}以下。

2.1.2.2 提升设备运行稳定性

在储气罐后端压缩空气管道安装压力传感器，可依据压力差变化监测提升阀风道盖板密封性与动作状态，避免因盖板问题造成压缩空气泄漏或设备故障，确保除尘器稳定运行，减少停机维修时间，提高生产效率。在储气罐后端压缩空气管道安装的压力传感器测量范围为0～1.0 MPa，精度为±0.5% FS。

依据压力差变化监测提升阀风道盖板密封性与动作状态效果显著。据统计，在技改前，因盖板问题造成压缩空气泄漏或设备故障导致的停机事件平均每月达3次，每次停机维修时间约为4 h。技改后，通过压力传感器的实时监测与反馈，及时发现并解决盖板相关问题，使得设备停机维修时间大幅度减少，每月停机次数少于1次，每次停机维修时间缩短至2 h以内，生产效率得到极大提高，有效保障了除尘器稳定运行。

2.1.2.3 优化喷吹控制策略

在除尘器进出口增加压力传感器，实时监测喷吹时进出口压差变化，经PLC计算分析后自动调整电磁阀喷吹动作频次，使喷吹更贴合实际工况，既保证除尘效果，又避免过度喷吹造成能源浪费和设备损耗。

在除尘器进出口增加压力传感器，通过实时监测喷吹时进出口压差变化，PLC系统能够进行高效计算分析。例如，在某工况下，当进出口压差达到

1 500 Pa时，PLC系统经计算分析后自动调整电磁阀喷吹动作频次。经实际运行验证，优化喷吹控制策略后，喷吹频次相较于技改前减少了30%，在保证除尘效果的前提下，有效避免了过度喷吹造成的能源浪费和设备损耗。同时，除尘效率始终保持在99%以上，确保了排放气体的质量。

2.1.2.4 深度设备状态分析

在压缩空气总管增设流量计，结合压力传感器数据，全面分析压缩空气流量变化与电磁阀运行状态，精准判断电磁阀动作是否正常，为设备维护提供详细依据，助力预防性维护计划制定，延长设备使用寿命。在压缩空气总管增设的流量计，测量精度为±1% R。结合压力传感器数据，能够全面深入地分析压缩空气流量变化与电磁阀运行状态。

在正常运行状态下，压缩空气流量稳定在50～60 m^3/h，压力维持在0.5～0.7 MPa。当电磁阀出现故障时，流量与压力数据会发生明显波动。通过对这些数据的精准分析，能够精准判断电磁阀动作是否正常。技改实施后，通过该方式成功检测出电磁阀故障隐患20余次，为设备维护提供了详细准确的依据。

2.1.2.5 智能化高效管理

将原有的袋收尘PLC控制系统替换为袋收尘智控系统后，实现了对每个脉冲阀动作的实时监控。该智控系统能够在1 s内检测到异常阀组和漏气点阀组，检测准确率高达99%。同时，还能根据各室滤尘量自动调整动作频次。例如，在某一生产阶段，通过对各室滤尘量的实时监测与分析，系统自动将滤尘量较大的室的脉冲阀动作频次提高了20%，而滤尘量较小的室的动作频次降低了15%。经统计，采用袋收尘智控系统后，人工巡检工作量减少了60%，设备管理智能化水平大幅度提升，管理效率提高了50%，为企业的科学决策提供了有力支持。

2.2 自动化应用关键技术

2.2.1 传感器技术

传感器是袋式除尘器自动化的基石。不同类型的传感器，如粉尘浓度传感器、温度传感器、压力传感器和风量传感器等，能够实时采集设备运行过程中的各类关键数据。这些精确的数据为自动化控制系统提供了可靠的信息基础，使系统能够根据实际运行情况做出准确的决策和调控[3]。

2.2.2 自动化控制技术

自动化控制技术是袋式除尘器自动化应用的核心所在。其中，PLC和分布式控制系统（DCS）被广泛应用。PLC具有编程简单、可靠性高的特点，能够根据预设程序对设备进行逻辑控制；DCS则适用于大规模、复杂的控制系统，能够实现对多个设备的集中监控与分散控制[4]。这些控制系统依据传感器采集的数据，对袋式除尘器的清灰、输灰等关键环节进行自动化控制与精准调节。

2.2.3 通信技术

通信技术是实现远程监控和操作的桥梁。借助以太网、无线通信等技术手段，现场设备采集的数据能够快速、稳定地传输至监控中心。同时，监控中心的控制指令也能及时下达至现场设备，实现了设备的远程实时监控与操作，为无人值守、智能化管理提供了技术支撑。

3 袋式除尘器自动化应用的发展趋势

3.1 智能化深度发展

随着人工智能、大数据、机器学习等前沿技术的不断发展，袋式除尘器的自动化将朝着智能化方向深度迈进[5]。未来的袋式除尘器将具备更强的自我诊断能力，能够自动识别设备故障类型并分析故障原因；具备自动调节能力，根据运行工况自动优化设备运行参数；实现自主学习，不断提升设备运行效率和性能。

3.2 多元技术融合创新

未来，袋式除尘器的自动化将与物联网、云计算、边缘计算等技术深度融合。通过物联网技术，实现设备之间、设备与用户之间的互联互通；借助云计算技术，对大量的设备运行数据进行存储、分析和挖掘，为设备的优化运行提供数据支持；利用边缘计算技术，在设备现场进行数据处理和分析，减少数据传输量，提高系统响应速度，实现设备的智能化管理。

3.3 绿色环保理念贯穿

在全球环保要求日益严格的大背景下，袋式除尘器的自动化发展将更加注重节能减排和绿色环保。一方面，通过优化自动化控制策略，降低设备运行能耗；另一方面，研发新型环保材料和工艺，提高设备的除尘效率，减少污染物排放，实现工业生产与环境保护的协调发展。

4 结论

自动化技术是提升袋式除尘器性能和运行效率的重要举措，在提高除尘效率、降低运行成本和提升操作管理水平等方面展现出显著优势。通过传感

（下转第122页）