

基于物联网与智能控制技术的压风机房无人值守系统研究

赵立龙

靖煤集团景泰煤业有限公司白岩子煤矿，甘肃 白银 730400

DOI:10.61369/ME.2025050005

摘 要： 针对传统压风机人工值守存在的效率低、能耗高、运维成本大等问题，本论文提出一种基于物联网与智能控制技术的压风机无人值守系统解决方案。通过构建多层次系统架构，融合传感器技术、边缘计算与云计算平台，实现压风机运行参数实时采集、智能调节、故障预警等功能。经实际应用测试，该系统有效降低人工干预频率，提升设备运行稳定性与能源利用效率，为工矿领域压风机智能化升级提供理论与实践参考。

关 键 词： 压风机；物联网；智能控制；无人值守；故障诊断

Research on Unattended Compressor System Based on Internet of Things and Intelligent Control

Zhao Lilong

Baiyanzi Mine, Jingtai Coal Industry Co., Ltd., Jingmei Group, Baiyin, Gansu 730400

Abstract： Aiming at the problems of low efficiency, high energy consumption, and high operation and maintenance costs in the traditional manual attendance mode of compressors, this thesis proposes a solution for an unattended compressor system based on Internet of Things (IoT) and intelligent control technologies. By constructing a multi-level system architecture that integrates sensor technology, edge computing, and cloud platforms, functions such as real-time parameter collection, intelligent adjustment, and fault early warning for compressors are realized. Practical application tests show that the system effectively reduces the frequency of manual intervention, improves equipment operation stability and energy efficiency, providing theoretical and practical references for the intelligent upgrading of compressors in industrial and mining fields.

Keywords： air compressor; internet of things (IoT); intelligent control; unattended compressor system; fault early warning;

引言

在煤矿生产中，压风机作为提供压缩空气动力的核心设备，传统压风机运行依赖人工巡检与手动调节，存在响应滞后、操作误差、人力成本高等问题。随着物联网、大数据、人工智能等技术的发展，压风机无人值守成为行业发展趋势。实现无人值守不仅能减少人为因素导致的设备故障，还能通过智能调控降低能耗，提升煤矿生产的智能化水平。本文通过设计并验证一套完整的无人值守系统，探索压风机智能化管理的有效路径。

一、压风机房无人值守系统的关键技术

（一）物联网技术

物联网可以有效地解决现有设备之间存在的“信息孤岛”问题，使设备之间能够进行互联和协同运行。在煤矿机电设备智能化的过程中，各个设备已经不是单独工作了，它们已经被集成了

一个智能系统，可以相互协作，共同完成任务。移动终端可以实时地进行数据分享与工作协作，达到高效的资源配置与提升运营效率。这种协作方式提高了企业的生产效率，成为企业实现能源节约、减排和安全的关键。通过物联网，专家可以通过网络远程获取设备的实时信息，并进行实时监测与分析，当发现异常状况或装置失效时，将自动启动预警机制，形成深度分析报告，帮助

运维人员快速找到问题所在，并制定有针对性的对策。这种远程监测和故障诊断的能力提高了维修的效率和精度，有效减少因设备失效而造成的停机风险。

（二）工业自动化与变频技术

工业自动化与变频技术是现代工矿企业生产的核心组成部分，两者紧密结合，显著提升了生产效率、节能降耗和智能化水平。工业自动化与变频技术的融合，在技术维度上有以下特点：驱动控制优化：变频技术通过精准调节电机转速，实现了空压机运行过程中的柔性控制（可根据设定的供气压力值，自动控制卸荷或加载；空气压缩机采用变频调速控制且实现通过自动倒机调节空压机风压）。节能降耗：

工业自动化系统通过传感器实时采集负载数据，联动变频器调整电机功率（如空压机“按需供能”）。设备监控与诊断：压力容器配备温度传感器，具备温度监控功能，对温度超限进行预警等；实现高、低压配电柜远程分合闸控制、故障复位、状态监控等，变频技术内置故障检测功能（如过流、过热保护），接入工业自动化监控系统（SCADA）实现远程预警，使其具备无人值守功能。系统集成：变频器通过 Modbus、EtherCAT 等工业总线协议，与 PLC、工业机器人等自动化设备互联，构建全流程智能控制系统。

（三）人工智能技术

人工智能通过对生产过程中的实时信息进行分析，可以对生产过程中的各种工况进行自动调节，保证生产过程中一直处于最优的工作状况，不断地获得最优的性能。这种智能化的控制方法提高装置的运行效率，达到节约能源、减少排放的目的。利用智能辅助决策体系，提出设备运行的最优方案，帮助企业实现精细化的管理，提升企业的运行效率和利润。在设备失效预报和预警体系建设过程中，人工智能利用先进的计算模式，通过对设备的各种信息进行深度挖掘，实现对潜在失效的准确辨识与预报，实现早期预警，提高装置的预防维修效率。利用数据分析技术实现的失效预报和预警体系，提高装置的工作可靠性和安全性能，降低维修费用，提高设备的使用年限，具有重要的经济效益和长期价值。将人工智能技术引入到矿井中，为矿井的安全生产提供了一个智能化的管理体系。通过智能化的安全监测体系，可以实现对生产过程中的安全状况进行连续、实时监测，快速识别和处理存在的安全隐患和问题，保证企业的正常运转和安全保护。这种智能的设计，防止了意外事件的发生，在增强员工的安全意识，保护员工的生命和财产安全中扮演着重要的角色^[1]。

二、压风机房无人值守系统智能化改造的实践案例

在白岩子煤矿增加一套压风机房智能化改造系统：实现数据采集、运行监测功能；实现空压机房、配电室视频图像监视、视频联动功能；实现空压机房主要通道门禁控制功能；通过自动化集中控制，实现压风机运行无人值守功能。

（一）PLC 集控柜

现场增加或升级 PLC 集控柜实现空压机和制氮机的远程控制功

能，以及现场电动阀门的控制，同时通过与空压机的通信采集空压机运行参数，故障信息等传至远程集控平台。PLC 集控柜通过接口模块，采集电机的电压、电流、故障、状态及温度等信息。PLC 集控柜通过通信协议采集风机开关的运行状态参数和报警信息，并通过 PLC 输出点实现对空压机开关的启停运行控制。PLC 通过配置模拟量输入接口，采集空压机电机的振动、轴承和绕组温度等参数。当系统出现故障或需要应急警告时，通过声光报警器进行报警。

（二）变频控制

空压机机房内配置五套 10KV/315KW 的高压变频柜，实现空压机的变频启动和运行。

（三）电力系统

高压配电开关柜开关均需实现远程及就地合分闸、故障复位、联络柜远程就地切换，并能采集显示记录配电回路电压、电流、电量、开关状态等信息。故障时具备声光报警等功能，且配合综合管控平台厂家完成集控室平台控制及监视。

（四）传感器

增加现场设备运行监测传感器（振动传感器、温度传感器、流量传感器等），统一接入压风机 PLC 控制柜。

（五）轴流风机

现场机房布有轴流风机，需对机房内的轴流风机进行温度控制。支持就地控制，远程启停机。

（六）风包部分

增加风包温度、压力传感器；改造排污、泄压等阀门为电动阀门，实现风包自动监测；超温或超压时具备声光报警功能，且将报警信息传至集控平台，并在平台报警模块中显示，并能够远程仿真试验风包的超温故障、过压故障等。

（七）供风管路部分

压风机出口阀门和管路阀门均更换为电动阀门，电动阀门均采用 4-20mA 或 RS485 通讯信号接入阀门控制柜，可通过 PLC 控制柜触摸屏、远程集控平台或系统自动运行模式下控制。

（八）远程监控部分

压风机远程控制系统，能够实现压风机远程控制，根据需风量自动开停压风机，软件平台提供完善的身份、权限和操作验证管理的手段来保障系统的安全。支持用户按照分组进行管理，分组可指定名称、描述、密码和权限；支持根据不同的安全级别指定用户具有的操作权限，权限类别由开发人员根据生产要求自定义创建权限组。

（九）安全保护部分

门禁功能，非持卡工作人员无法进入压风机房工作区域，若想要进入工作区域可以通过门禁装置上的远程通话按钮呼叫远程人员进行通话，此时可以通过控制器摄像头进行人员身份识别，远程监控人员可以远程操作开启门禁使其进入（人脸识别、刷卡识别、密码开启和授权开启）。

对压风机房内的重要地区部分安装视频监控进行实时监控，如果发生紧急情况，远程监控人员可以及时通过监控画面了解现场情况^[2]。

三、压风机房无人值守系统智能化改造的能效提升策略

（一）优化设备运行参数

压风机房无人值守系统可以对设备的工作状况及操作参数进行实时监控，并据此对设备进行微调。1.可以监控压风机排气压力、排气温、管道流量、管内压力等参数并将数据实时传输到调度计算机监控中心，并提供以上数据的历史数据查询、报警信息查询及报表打印功能；2.可以提供电机电压、电机电流、电动机功率、压风机运行状态等主要监测数据的报表打印功能；3.能绘制各参数随时间变化曲线，如电机电压、电机电流、电机功率、压风机出口压力等时间曲线；4.能在线显示压风机风量曲线、压力曲线、温度曲线等，以观察它们的变化趋势；实时显示、记录所监测的各个温度、压力值绘制曲线，并提供历史数据查询；5.监测参数和技术指标：三相电流、三相电压、有功功率、无功功率、有功电量、无功电量、功率因数、频率等参数，并根据各个参数的实际情况具有报警、超高报警、延时停机等功能；6.显示系统的实时报警信息，实时报警打印，并提供历史报警信息查询；以上所有的数据监测都为设备的运行参数设定提供了可靠的参考依据^[3]。

（二）实现设备的智能控制

在煤矿企业，将先进的控制算法与辅助决策系统相结合，使智能化程度得到提高，保证了煤矿企业运行的高效与安全，为工业可持续发展打下技术基础。利用人工智能，建立了一套具有较强自主知识产权的智能控制体系。系统可对监测数据进行实时分析，精确地预估工作状况，并据此进行智能管理与优化。通过物联网的运用，可以有效地将各种终端连接起来，使得不同的终端可以一起工作，一起完成各自的工作，达到更好的资源配置与使用效率。通过这种智能控制方式，可以有效提高生产过程中的工作效能与稳定度，对于节能减排具有重要意义。通过使装置处于最优工作条件，可以很好地控制不需要的能量消耗，使由于工艺问题造成的生产中断现象降低，提高煤矿工业的经济效益。

（三）加强设备的维护与保养

利用智能科学技术，可以对设备的工作状况和维护要求进行

实时监测，可以及时发现设备的各种缺陷和隐患。这种方法可以在系统出现重大错误前，进行检测和处理。研究成果为解决由于设备失效造成的生产过程无法正常进行的问题，提高总体产能及设备工作的可靠性。传感器是智能控制的重要组成部分，可以对部件的振动、温度等重要性能指标进行在线检测，保证整个系统的工作效率。如果这些参数出现不正常的改变，就有可能是装置的隐患，需要立即进行检修。大数据是设备运营中的关键环节，可以对设备的历史数据进行采集与分析，准确地预估设备的使用寿命和维护要求，为设备的检修和检修工作提供参考。新型的智能化维修与维护方法，可提高设备使用寿命，减少维护费用，为煤矿企业长远发展提供可靠支撑。

（四）推广使用新能源和节能设备

在加快推进矿井机电设备的智能化改造过程中，必须充分关注和推动新能源和节能设备的推广和应用，对保障煤矿长远发展有着重要的作用。将太阳能、风能等可再生资源应用于矿井作业，可以减少对常规矿物资源的依赖，降低二氧化碳的排放量，有利于环保。采用高性能的电动机和变频调速装置，实现对能耗的本质控制，提高能量利用效率。新型能量与节能设备的集成，极大地改善煤矿工业的能量供应结构，对提高煤矿企业的生产效率、减少运行费用具有重要作用。要继续强化新能源与节能设备的研究与推广，使煤矿工业走上绿色高效的发展之路^[4]。

四、结语

随着矿山自动化、网络化、信息化建设的不断推进，白岩子煤矿对压风机房进行无人值守智能控制系统的设计与应用研究。通过以 PLC 控制为核心，以物联网技术为基础，以变频控制为辅助的设计与应用，能有效实现多台空压机的按频率、按需启动，可实现多台压风机的自动运行，自动倒机，实现自动调节，闭环控制。保证了井下用气的安全稳定。据统计改造无人值守智能压风机后可节约电能约 20%，减少压风机房值守人员 4 名，间接或直接的降低白岩子煤矿压风机房的费用^[5]。

参考文献

- [1] 槐利，谭一川，程玉龙. 基于 PLC 的煤矿压风机自动控制系统 [J]. 工矿自动化. 2012, 38(04): 13-16.
- [2] 杨振东. 基于信息化和智能化的煤矿机电设备故障诊断与预测分析 [J]. 信息系统工程. 2024, (11): 72-75.
- [3] 闫焦. 煤矿地面压风机无人值守智能控制系统的设计与应用 [J]. 自动化应用. 2024, 65(11): 96-98+101.
- [4] 杨如坤. 煤矿压风机远程自动控制系统的设计 [J]. 机械管理开发. 2022, 37(11): 255-257.
- [5] 吕瑞腾，查守华. 基于 PLC 的煤矿压风机自动控制系统研究与应用 [J]. 山东工业技术. 2017(17): 90.