

煤矿井下架空乘人装置自动控制系统检修及维护

陈 静

禹州枣园煤业有限公司 河南 禹州 461670

摘 要：架空乘人装置承担着煤矿井下人员运输的主要工作，这套设备自控系统的运行状态，会直接影响井下人员通行安全和矿井生产效率。本文结合设备运行特点，梳理系统构造与工作原理，分析设备检修要点与养护方法，从多项运维角度给出优化方式，可为该类设备的长期稳定运行提供技术参考。

关键词：煤矿井下；架空乘人装置；自动控制系统；设备检修；运维保养

引言：随着煤矿井下智能化运输体系的持续升级，架空乘人装置已逐步实现全流程自动化控制，摆脱了传统人工操作的局限。井下潮湿、粉尘密布、空间狭窄的特殊工况，极易造成控制系统元器件老化、线路损耗、程序参数偏移等问题，引发设备启停异常、运行卡顿、保护失效等故障。常态化、精细化的检修维护工作，是规避设备运行隐患、延长设备使用寿命、保障人员运输连续性的核心举措。基于井下特殊作业环境，开展自动化控制系统专项检修与维护技术研究具备极强的现场应用价值。

1 架空乘人装置自动控制系统核心组成与运行原理

架空乘人装置自动控制系统，是由智能控制主体搭配传感检测、执行驱动、信号传输以及安全保护结构共同组成的成套控制体系，系统各单元可以相互配合，完成设备自动启停、速度调节、状态监测以及故障自锁等基础运行功能。可编程控制器为系统的核心控制部件，能够接收各类传感信号，完成数据分析并输出控制指令；各类传感器可以实时采集设备运行速度、吊椅位置、电机温度等运行参数；变频器、驱动电机与制动结构可以按照控制指令完成设备运行动作；安全保护结构可在设备出现超速、断绳、过载等异常情况时，触发停机保护。整套系统可以实现设备无人值守自动化运行，各部件的工作状态，也直接决定设备整体的安全性能与运行可靠性^[1]。

2 架空乘人装置自动控制系统常规检修内容与技术要点

2.1 电气线路与接线端子检修

电气线路与接线端子为控制系统供电、传信的基础载体，井下粉尘、潮湿、腐蚀性介质的长期作用，会让线路绝缘结构出现老化、破损、受潮漏电等问题，设备

持续运转产生的机械振动，也会让接线端子出现松动、氧化、接触不良等现象，进而造成信号中断、供电波动、系统误动作等故障。线路检修工作需要全面排查强弱电线路整体布局，清理线路表层附着的各类杂质，检查绝缘层完整状态，对老化开裂、脱落破损的绝缘部位进行包裹修复，严重线路可直接更换，以此规避漏电、短路隐患；接线端子需要逐点紧固处理，打磨端子表层的氧化与锈蚀区域，保障接接触点贴合紧密、导电状态良好，同时规整杂乱线路，规避线路挤压、拉扯磨损的情况，检查并更换失效的防尘、防水封堵配件，阻断粉尘与水汽进入接线腔体，作业过程中需要区分强弱电线路，强化线路隔离防护，减少信号干扰问题。

2.2 传感检测单元检修

传感检测单元属于控制系统的感知部件，部件的检测精度与响应速度，能够直接影响系统控制逻辑的准确性。井下粉尘遮挡、设备振动偏移、介质腐蚀等因素，常会引发传感器检测失灵、数据偏差、响应迟缓等问题，造成设备调速异常、保护功能误动或失效。速度传感器需要定期清理探头附着物，校准探头安装位置与间距，测试信号传输稳定性，比对实测数据与设备运行工况，及时调试或更换性能劣化的传感器；位置传感器、急停传感器、温度传感器需要检查固定状态与触发灵敏度，核对检测数据的匹配程度，排查传感线路通断情况，修护破损的防护外壳，保证各类检测信号能够稳定、精准传入控制核心^[2]。

2.3 控制核心与程序参数检修

可编程控制器承担整套系统的控制中枢作用，硬件运行工况与程序参数，能够直接决定设备整体运行逻辑。硬件检修需要清理控制柜内部粉尘与水汽，观察模块指示灯工作状态，检查主控、通讯、电源模块的插接牢固程度，避

免接触不良引发死机、通讯中断等问题,清理散热通道杂物,保障柜体通风散热效果,规避高温造成的模块性能衰减。程序参数检修可借助专业调试设备,调取系统运行数据与故障记录,核对设备启停延时、运行速度、保护阈值、制动时长等关键参数,排查参数偏移、程序紊乱、数据丢失等问题,结合现场工况校准漂移参数,固化标准控制程序,清理系统冗余数据,优化程序运行逻辑,保障控制指令输出稳定、精准。

2.4 驱动与安全保护单元检修

驱动单元与安全保护单元是设备稳定运行、风险防控的核心执行结构,驱动单元用于执行各类控制指令,安全保护单元用于应对设备异常工况。变频器、制动组件、驱动电机是驱动单元的主要检修对象,检修工作需要检测变频器运行频率、电压、电流的稳定状态,清理设备内部积尘,排查散热故障与报错代码,调试变频调速逻辑,保障设备启停平稳、调速均匀,检查制动闸片磨损程度、弹簧弹力与液压结构性能,校准制动行程,提升制动灵敏度与可靠性。安全保护单元需要常态化测试超速、断绳、跑偏、过载、急停等防护功能,模拟异常工况检验设备自锁、声光报警效果,检查警示装置工作状态,排查保护回路线路与元器件性能,及时更换老化失效配件,保证系统安全防护功能完好有效。

3 架空乘人装置自动控制系统精细化维护技术与运维体系构建

3.1 环境适应性维护优化

井下高湿度、高粉尘、含微量腐蚀性气体、机械振动频繁的特殊环境,是造成自动控制系统元器件老化、失效、故障的核心外部因素,常规设备维护仅聚焦设备本体,忽视环境适配性维护,易出现维护效果不佳、故障反复发生的问题,因此环境适应性优化是控制系统长效维护的基础核心。首先需落实防尘维护,针对控制柜、传感器、变频器、接线盒等核心电气设备,定期清理表面与内部沉积的粉尘、煤尘,采用密闭式防护优化手段,对设备通风口、接线口、散热孔加装防尘防护配件,阻断粉尘侵入通道。粉尘沉积不仅会影响设备散热,还会导致电气触点接触不良、传感探头检测失效,每周需开展基础防尘清理,每月开展深度防尘防护检查,更换老化破损的防尘配件。其次是防潮防腐维护,井下空气湿度较高,易导致电气元器件受潮短路、金属接线点位锈蚀、线路绝缘性能下降。需定期检查所有电气设备的密封防水性能,对控制柜、接线腔体做好密封封堵,在柜体内部放置防潮吸湿配件,定期更换失效吸湿材料。针对暴露的金属接线点位、设备固定点位,做防腐防锈处理,规避腐蚀导致的设备结构松动、电气性能

失效。同时针对井下机械振动问题,对传感器、控制模块、线路、制动组件等精密部件加装防震固定结构,优化设备安装固定方式,降低长期振动对精密元器件的损耗,从环境层面减少外界因素对控制系统的干扰与破坏^[3]。

3.2 分层级周期性维护落实

依据控制系统各模块的损耗速率、运行重要程度与故障风险等级,划分日常维护、周度维护、月度维护、年度维护四个层级,形成全覆盖、差异化的周期性维护机制,杜绝运维盲区,实现设备状态动态可控。日常维护以巡检排查为主,每日设备运行前后,工作人员核查系统启停状态、运行速度、报警功能、信号传输状态,观察设备运行有无异响、卡顿、异常发热等现象,及时清理设备表面粉尘杂物,排查显性简易隐患,做好运行状态记录,保障设备当日正常运行。周度维护聚焦常规易损部件,重点紧固接线端子、校准传感器检测精度、清理控制柜散热通道、测试基础保护功能,排查线路绝缘状态,对轻微老化、磨损的配件提前预处理,规避小隐患累积扩大。月度维护为深度专项维护,针对控制核心模块、变频器、制动系统、保护回路开展全面检测与性能调试,调取系统月度运行数据,分析参数变化规律,校准偏移运行参数,检测元器件性能衰减程度,对性能下降、接近损耗阈值的配件提前更换,保障设备整体性能稳定。年度维护为全方位系统性运维,拆解检测核心精密部件,全面排查线路老化、模块性能衰减、机械结构磨损等深层次问题,完成系统参数全面校准、老旧配件批量更换、设备防护结构优化,对整套控制系统运行性能进行全面调试与性能评估,修复年度累积的隐性隐患,保障设备下一运行周期稳定工作。各层级维护需明确作业标准、维护内容与验收要求,形成闭环运维流程,避免形式化运维。

3.3 核心元器件专项养护

自动控制系统的精密元器件精度高、损耗快、更换成本高,其性能状态直接决定系统控制精度与稳定性,需开展针对性专项养护,延缓元器件性能衰减速度,降低故障发生率。可编程控制器作为核心控制元器件,养护重点聚焦运行环境与数据稳定性,持续保障控制柜内部清洁、干燥、恒温,避免高温、潮湿、粉尘环境造成模块损坏,定期备份系统控制程序与运行参数,防止数据丢失、程序紊乱,杜绝带电插拔模块、违规调试参数等操作,保护控制核心运算性能。变频器作为调速核心元器件,长期高频运行易出现散热不良、模块老化、参数漂移等问题,养护中需定期清理散热风扇与散热片粉尘,保障散热效率,避免高温过载损坏内部功率模块,

定期校准变频调速参数,优化启停调速曲线,减少设备启停冲击对机械与电气部件的损耗,杜绝变频器长期满负荷、超负荷运行。各类传感器作为检测元器件,长期暴露在复杂工况下,易出现探头污染、位置偏移、灵敏度下降问题,需定期清洁检测探头、校准安装位置与检测精度,固定传感器接线线路,避免线路拉扯断裂,对高频使用、易损耗的传感器建立备用储备机制,保障故障后快速更换。电气接触器、继电器、制动电磁阀等开关类元器件,长期频繁动作易出现触点磨损、卡滞、接触不良问题,需定期清理触点氧化层、打磨磨损接触面,测试动作灵敏度,更换触点烧蚀严重的元器件,保障电气回路通断稳定、执行动作精准。通过分类专项养护,实现核心元器件长效稳定运行,保障整套控制系统性能达标^[4]。

3.4 故障预判与隐患前置治理

传统运维模式多以故障维修为主,存在被动性、滞后性,易造成设备停机、影响生产进度,精细化维护的核心核心在于实现故障预判与隐患前置治理,依托设备运行状态监测与数据变化规律,提前识别隐性故障隐患,完成提前干预处理。运维人员需常态化记录控制系统运行速度、启停状态、参数变化、故障记录、温度变化等核心数据,通过纵向数据对比,分析设备性能衰减趋势,当出现参数小幅偏移、响应速度轻微滞后、运行噪音异常、温度偏高等细微变化时,及时排查诱因,判定隐患类型与风险等级,提前开展调试、修复或配件更换,避免小隐患演变为系统性故障。针对控制系统高频故障点位,如线路接触不良、传感器失灵、制动卡顿、参数漂移等,建立隐患台账,总结故障发生规律,针对性优化维护频次与养护方式,强化薄弱模块运维力度。同时构建系统运行自检机制,依托设备自带的故障监测功能,实时捕捉系统异常信号,结合人工巡检复核,形成人机协同的隐患排查模式,全方位覆盖显性与隐性隐患。对排查出的各类隐患,严格落实整改措施、整改时限与复核标准,形成排查、整改、复核、固化的闭环治理体系,从根本降低控制系统故障停机率,保障设备运行连续性与稳定性。

3.5 运维人员技能管控与作业规范优化

运维人员的专业技能与作业规范性,是决定检修维

护质量的核心人为因素,标准化的运维作业流程与专业的技能体系,可有效规避人为操作失误引发的设备故障,提升运维工作质量。首先需规范运维作业流程,针对控制系统检修、调试、养护、参数修改、配件更换等所有作业环节,制定标准化作业流程,明确作业前设备断电、验电、防护准备要求,作业中操作步骤、技术标准、禁忌事项,作业后设备调试、试运行、状态验收流程,杜绝违规操作、随意调试、盲目拆装等问题,保障所有运维作业标准化、规范化开展。其次需强化运维人员专业能力培养,聚焦控制系统结构原理、各模块功能、参数校准方法、故障识别技巧、精细化养护技术等核心内容,开展常态化技能提升培训,让运维人员精准掌握不同工况下的运维重点、各类隐患的识别方法与处理技巧,提升人员故障预判、精准检修、精细化养护的专业能力,规避因专业不足导致的运维不到位、隐患漏查、调试失误等问题。同时建立运维作业核查机制,对每次检修维护作业的内容、流程、质量进行复核检查,规范运维记录台账,实现设备运维全流程可追溯,持续优化运维作业模式,提升整套控制系统运维工作的专业性与规范性^[5]。

结束语: 煤矿井下架空乘人装置自控系统的平稳运转,是矿井人员安全运输的重要基础,设备检修与日常养护,能够有效保障设备长期稳定工作。文章梳理了系统结构与运行原理,总结了各类检修技术要点,搭建了完善的运维体系,可有效改善设备性能衰减、故障多发的的问题,提升设备运行的安全稳定性。

参考文献

- [1] 魏建华. 煤矿供电设备自动化远程控制系统的的设计与应用 [J]. 自动化应用, 2026, 67(5): 213-215.
- [2] 崔皓淇. 自动控制系统在煤矿架空乘人装置中的应用 [J]. 中国设备工程, 2024, (S1): 274-275.
- [3] 郭俊玲. 煤矿架空乘人装置设计及安全系统分析 [J]. 矿业装备, 2024, (12): 151-153.
- [4] 周帅. 基于智能控制系统的架空乘人装置应用 [J]. 矿业装备, 2023, (3): 182-183.
- [5] 宋志伟. 架空乘人装置在线监控系统研究 [J]. 自动化应用, 2023, 64(13): 52-54+58.