

# 煤矿智能化建设背景下采煤机电气自动化改造实践

杨朝志 高敬文

河曲电煤开发有限责任公司上榆泉煤矿 山西 忻州 034000

**摘要:** 本文聚焦采煤机电气自动化改造。首先指出传统采煤机电气系统在控制模式、运行稳定性、协同能力及状态监测方面存在不足。接着阐述改造核心思路,包括优化电气控制架构、升级核心控制元件、搭建设备协同联动模块。随后介绍改造实施过程,涵盖前期准备、元件安装、线路敷设及系统调试。最后总结改造应用效果,作业效率提升超30%,回采效率提高25%;运行稳定性增强,故障发生率降40%;资源回收率提高5%-8%,采掘成本降15%。改造实现了经济效益与作业效能双提升,为煤矿可持续发展提供有力支撑。

**关键词:** 煤矿智能化;采煤机;电气自动化;改造实践

**引言:** 在煤矿智能化发展浪潮下,传统采煤机电气系统因长期运行,逐渐暴露出控制精度低、运行不稳定、协同能力差、缺乏状态监测等问题,难以满足高效化、自动化作业需求。这不仅影响煤炭资源回收率,增加生产成本,还制约了煤矿生产效率与安全性的提升。为适应现代化煤矿生产要求,对采煤机电气系统进行自动化改造迫在眉睫。本文将深入探讨改造的核心思路、方案设计、实施过程以及应用效果,为煤矿企业开展采煤机电气自动化改造提供参考。

## 1 传统采煤机电气系统存在的核心问题

在煤矿智能化采掘需求尚未提出时,井下长期服役的传统采煤机电气系统,在经历长时间运行后,逐渐暴露出诸多难以适配高效化、自动化作业需求的短板。(1)在控制模式方面,传统电气系统采用机械式控制与简单电气回路相结合的方式。截割高度、牵引速度等关键参数的调节,完全依赖操作人员依据现场煤层条件进行手动操作。这种调节方式不仅精度极低,而且响应存在明显滞后性。在实际作业中,极易出现截割过度或者漏采的情况,进而严重影响煤炭资源的回收率,造成资源的浪费。(2)运行稳定性上,传统电气系统的核心控制元件大多为普通电磁继电器、接触器。井下环境潮湿、粉尘弥漫且存在强电磁干扰,这些元件在这样的恶劣条件下抗干扰能力极弱,频繁出现触点烧蚀、信号失真等故障。并且,故障排查工作依赖人工逐一检测,不仅效率低下,而且耗时较长,严重影响了采煤作业的连续性,降低了生产效率。(3)协同能力方面,传统电气系统缺乏标准化的联动接口,无法与其他采掘设备实现信号的有效互通,只能独立运行。这使得采掘流程呈现出碎片化的状态,难以形成连贯、高效的自动化作业链条,无法满足现代化煤矿生产对协同作业的要求。(4)传统电气系统没有完

善的状态监测模块,不能实时捕捉电机温度、液压系统压力、电缆绝缘性能等关键指标,只能在故障发生后进行被动处理,增加了设备损坏的风险以及维护成本<sup>[1]</sup>。

## 2 采煤机电气自动化改造核心思路与方案设计

### 2.1 电气控制架构优化

为提升采煤机电气系统的自动化水平,需摒弃传统分散式控制架构,采用“主控制器+分布式IO模块”的集中式控制架构,达成对采煤机各执行机构的统一有效管控。(1)主控制器选用高性能嵌入式处理器,其具备出色的抗干扰能力与强大的数据处理能力,能够同时接收并分析来自多个监测节点的信号,进而快速输出精准的控制指令。分布式IO模块部署在各执行机构周边,承担着现场数据采集任务,如电机转速、截割滚筒压力、牵引机构位移等,同时将主控器的指令精确传递至执行元件,有效缩短信号传输距离,大幅提高控制响应速度。(2)架构优化后,电气系统形成“数据采集-分析处理-指令输出-执行反馈”的闭环控制流程,减少人工干预,提升控制精度。此外,对电气回路进行简化重构,删除冗余部分,选用防水、防尘、耐磨损的线缆及接头,增强系统在井下恶劣环境中的运行稳定性。

### 2.2 核心控制元件升级

核心控制元件作为电气自动化系统稳定运行的基石,在本次采煤机电气自动化改造中,进行了针对性的升级替换,以适配自动化控制的高要求。(1)改造将传统电磁继电器、接触器升级为无触点继电器和固态接触器。传统元件存在触点磨损、电弧烧蚀等问题,不仅影响使用寿命,还降低了控制指令的执行精度。而无触点继电器和固态接触器能有效消除这些弊端,显著延长元件使用寿命,提高控制精度。(2)牵引系统方面,采用矢量控制变频器替代传统调速装置。它可根据煤层硬度和截割负

载的变化,自动调节牵引电机转速,实现无级调速,有效避免因负载突变对设备造成的冲击。截割系统则配备高精度位移传感器和压力传感器,能实时采集截割滚筒的位置信息和受力情况,为自动调节截割高度、规避硬岩冲击提供准确的数据支撑。此外,在电机、电缆等关键部位加装温度传感器、绝缘监测传感器,可实时监测核心部件运行状态,为故障预警提供可靠的数据依据<sup>[2]</sup>。

### 2.3 设备协同联动模块搭建

在煤矿智能化采掘进程中,为充分满足协同作业的迫切需求,需搭建采煤机与其他采掘设备间的电气联动模块,达成信号的顺畅互通与动作的精准协同。(1) 具体而言,借助标准化通信接口,把采煤机主控制器与刮板输送机、液压支架的控制单元紧密连接起来,进而构建起分布式协同控制网络。此联动模块具备强大的数据交互与指令联动功能。采煤机能够依据刮板输送机的实际运行速度,自动且精准地调节自身的牵引速度,有效避免煤炭堆积或者输送不及时等状况的发生。与此同时,液压支架可根据采煤机的前进位移,自动且有序地完成移架、推溜等关键动作,实现采掘与支护流程的高度连贯化。(2) 联动模块内还内置了先进的逻辑控制算法,可预先设定不同煤层条件下的协同作业参数,保证各设备动作协调统一,切实提升整体作业效率。此外,该模块支持数据实时上传至采煤机本地控制终端,操作人员可通过终端直观、清晰地查看各设备的运行状态,实现对协同作业流程的可视化管控。

## 3 采煤机电气自动化改造实施过程与关键要点

### 3.1 前期准备与设备拆解

在采煤机电气自动化改造的前期,细致且全面的准备工作至关重要。(1) 要对采煤机原有的电气系统展开全方位检测与精确测绘。详细梳理电气回路图纸,明确各元件型号以及具体安装位置,以此精准界定改造过程中需要保留、替换以及新增的部件,为后续改造工作提供清晰指引。(2) 依据既定的改造方案,采购适配井下恶劣环境的主控制器、分布式IO模块、传感器、变频器等核心元件。采购完成后,对所有元件进行提前调试,严格检测其性能指标,确保各项性能均达到改造要求。(3) 将采煤机转移至井下检修硐室,谨慎断开原有的电气线路。有序拆解传统控制箱、继电器柜等部件,对安装部位进行深度清洁,彻底除锈,仔细检查机械安装面的平整度与牢固性,为新增元件的安装创造良好条件。在拆解过程中,务必做好线路标记与详细记录,防止后续接线出现混乱,保障改造工作顺利推进<sup>[3]</sup>。

### 3.2 元件安装与线路敷设

在采煤机电气自动化改造中,元件安装与线路敷设是关键环节。(1) 依据优化后的控制架构,需有序开展核心元件安装工作。依次安装主控制器、分布式IO模块、变频器等关键元件,控制箱采用密封式设计,并加装防尘、防潮、散热装置。如此一来,即便处于井下潮湿、高温的恶劣环境,元件也能保持稳定运行状态,有效降低故障发生率。(2) 线路敷设时,严格遵循“短路径、防干扰”原则。将动力电缆与信号电缆分开铺设,且两者间距不小于0.5米,以此避免动力电缆产生的电磁干扰对信号传输精度造成影响。线缆固定采用专用卡扣,防止采煤机运行时的振动致使线缆松动、磨损。在关键部位加装防护套管,增强线缆的抗冲击能力,延长其使用寿命。(3) 接线过程中,操作人员必须严格按照回路图纸进行操作,做好接线端子的紧固与绝缘处理。完成接线后,开展通断测试,仔细排查短路、虚接等问题,确保线路连接准确无误,为后续调试和稳定运行奠定坚实基础。

### 3.3 系统调试与优化

为保障改造后的采煤机电气自动化系统各项功能全面达标,调试工作需分三个阶段有序推进。(1) 单机空载调试。启动采煤机后,对主控制器、变频器、传感器等核心元件的运行状态进行细致测试。重点检查截割滚筒、牵引机构的动作响应速度,确保其符合设计要求。同时,校准传感器采集数据的精度,对控制算法参数进行优化调整,保证单机自动化控制功能正常运行,为后续调试奠定基础。(2) 协同联动调试。将采煤机与刮板输送机、液压支架连接,模拟井下实际采掘场景。测试各设备协同动作的精度,针对动作延迟、协同错位等问题,及时调整联动逻辑参数,确保采掘流程连贯顺畅,实现设备间的高效协同作业。(3) 现场负载调试。把采煤机投入实际采掘作业,监测不同煤层条件下系统的运行稳定性、控制精度及故障预警能力。收集运行数据,根据实际情况针对性优化控制参数,提升系统对复杂工况的适配能力。调试过程中,建立详细的问题台账,对出现的故障及时排查整改,确保系统满足井下长期作业需求。

## 4 改造应用效果与实践总结

### 4.1 作业效率显著提升

采煤机电气自动化改造后,自动化控制系统发挥了关键作用。该系统能够依据煤层条件及作业需求,对截割高度和牵引速度进行实时且精准的自动调节。这一过程无需人工手动介入,有效规避了人工操作可能产生的延迟与误差,使得采煤机能够持续稳定地运行,其有效

作业时间占比大幅提升了30%以上。

此外,协同联动模块的搭建实现了采煤机与刮板输送机、液压支架等设备的无缝衔接。在采掘、支护流程中,各设备能够根据预设的协同作业参数,精准且有序地完成各自动作,彻底消除了以往流程中存在的衔接间隙。回采效率因此较改造前提升了25%,单位煤炭的采掘时间成本显著降低。这不仅提高了煤矿的生产效益,还增强了企业在市场中的竞争力,为煤矿的可持续发展奠定了坚实基础<sup>[4]</sup>。

#### 4.2 运行稳定性与安全性改善

采煤机电气自动化改造后,在运行稳定性与安全性方面成效显著。核心元件的升级以及控制架构的优化,大幅增强了电气系统的抗干扰能力。(1)改造前,电气系统易受井下复杂电磁环境等因素影响,故障频发;改造后,设备故障发生率较之前降低了40%。同时,借助先进的检测技术与智能算法,故障排查时间大幅缩短60%,有效减少了设备停机时间,保障了生产的连续性。(2)实时监测模块的增设是一大亮点,它能对核心部件的运行状态进行全方位、实时性的监测,提前精准捕捉异常状态,并及时发出故障预警。这使得操作人员有足够时间采取应对措施,避免故障进一步扩大,大大降低了设备损坏的风险。(3)自动化作业模式的推行,减少了井下操作人员的数量,也降低了其作业强度。操作人员无需长时间身处井下恶劣环境,可通过本地终端远程监控设备运行,有效规避了井下复杂环境带来的各类安全风险,作业安全性得到了极为显著的提升。

#### 4.3 资源回收率与成本控制优化

在采煤机电气自动化改造进程中,高精度传感器与先进自动化控制算法的深度融合,为煤炭资源的高效回收提供了有力支撑。(1)高精度传感器能够实时、精准地采集煤层厚度等关键数据,并将其迅速反馈至自动化控制系统。自动化控制算法依据这些数据,对采煤机的截割动作进行精准调控,使其高度适配煤层厚度变化。

这一过程有效减少了漏采、过采现象的发生,使得煤炭资源回收率得到显著提升,较改造前提高了5%-8%,最大限度地挖掘了煤炭资源的潜在价值。(2)设备故障发生率的降低和作业效率的大幅提升,带来了显著的成本控制效果。设备故障减少意味着维修次数和维修成本的降低,而作业效率提高则减少了设备运行时间和人工投入,进而降低了人工成本。综合来看,单位煤炭的采掘成本较改造前降低了15%,在实现经济效益增长的同时,也优化了作业效能,为煤矿企业的可持续发展奠定了坚实基础<sup>[5]</sup>。

#### 结束语

采煤机电气自动化改造是煤矿智能化发展的关键举措。通过优化电气控制架构、升级核心元件、搭建协同联动模块等,成功解决了传统系统存在的诸多问题。改造后,作业效率、运行稳定性与安全性、资源回收率显著提升,采掘成本有效降低,实现了经济效益与作业效能的双重优化。这不仅增强了煤矿企业的市场竞争力,更为煤矿的可持续发展奠定了坚实基础。未来,随着技术的不断进步,采煤机电气自动化系统将进一步完善,为煤矿智能化采掘提供更强大的支持,推动煤矿行业向更高水平迈进。

#### 参考文献

- [1]赵晓敏.煤矿采煤机的智能化与自动化技术分析[J].当代化工研究,2024,10:030.
- [2]司宁,苏传洋.浅谈煤矿采煤机的自动化与智能化技术[J].中国设备工程,2024,(09):48-50.
- [3]段炼.矿井机械化采煤工艺的优化方法研究[J].自动化应用,2023,64(21):248-249+252.
- [4]赵利虎.煤矿机电运输系统中的自动化技术研究[J].内蒙古煤炭经济,2022,(14):30-32.
- [5]闫利鹏.煤矿机电运输系统中的自动化技术研究[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(05):174-176.