

煤矿皮带机电控系统故障分析及优化改造

纪时宇

禹州枣园煤业有限公司 河南 禹州 461670

摘要：随着煤矿开采技术的不断进步，皮带机电控系统的稳定性与效率成为影响煤矿生产的关键因素。本文首先对煤矿皮带机电控系统的常见故障进行了全面分析，包括电气故障、机械故障、传感器故障等，并探讨了故障产生的根本原因。随后，提出了针对性的优化改造方案，旨在提升电控系统的稳定性、降低故障率及维修成本，同时提高生产效率与安全性。文章还概述了实施改造的关键步骤与注意事项，为煤矿企业的电控系统升级提供了有益的参考。

关键词：煤矿皮带机电控系统；故障分析；优化改造

引言：煤矿皮带机电控系统作为矿井运输的核心设备，其性能直接影响煤矿的生产效率与安全。然而，在实际运行中，电控系统常因复杂工况及长期使用而出现故障，导致生产中断、维修成本增加及安全隐患提升。因此，深入分析电控系统故障类型与原因，并据此提出优化改造方案，对于提高系统稳定性、降低故障率及保障煤矿安全生产具有重要意义。本文将综合探讨煤矿皮带机电控系统的故障分析及优化改造策略，以期为企业的设备管理和维护提供参考。

1 煤矿皮带机电控系统概述

1.1 电控系统的基本组成

该系统主要由主控制器（如PLC可编程逻辑控制器）、驱动装置（包括变频器、软启动器等）、监测传感器（速度、温度、跑偏、烟雾等检测元件）、操作台及通信模块构成。主控制器作为核心，接收传感器信号并发出控制指令；驱动装置负责调节电机转速与输出功率；传感器实时采集设备运行参数；操作台提供人机交互界面，通信模块则实现与矿井监控系统的信息互通。

1.2 电控系统的主要功能

其核心功能包括启停控制（支持平滑启动、多机联动）、保护功能（超速、断带、过载等故障的实时监测与自动停机）、调速功能（根据负载变化动态调整运行速度，节能降耗）、状态监测（实时显示电流、温度等参数）及远程控制（通过上位机实现地面或集控中心的远程操作）。此外，部分系统具备故障自诊断与记录功能，可缩短维修时间。

1.3 电控系统在皮带机中的应用现状

目前，国内煤矿皮带机电控系统已从早期的继电器控制升级为PLC控制为主流，智能化水平显著提升。大型矿井普遍采用集控系统实现多条皮带机的协同运行，部分企业引入物联网技术，通过5G或工业以太网实现数据

实时传输。但中小型矿井仍存在设备老化、功能单一等问题，且不同厂商系统的兼容性有待提高。未来，随着煤矿智能化建设推进，具备AI预测性维护、无人值守功能的电控系统将成为发展趋势。

2 煤矿皮带机电控系统故障分析

2.1 故障类型与表现

（1）电气故障。电气故障多表现为供电异常与线路故障。如电源电压波动导致电机无法启动，接触器触点烧蚀引发皮带机突然停机；电缆绝缘层破损可能造成短路，表现为控制柜内空气开关频繁跳闸，同时伴随火花或焦糊味。此外，变频器过载保护触发时，显示屏会出现故障代码，皮带机运行速度骤降或停滞。（2）机械故障。机械故障集中在传动与输送部件。滚筒卡死时，皮带运转卡顿并伴随异常异响，严重时皮带边缘磨损起毛；减速器齿轮啮合不良会导致振动加剧，温度异常升高；皮带张紧度不足则出现打滑现象，表现为电机空转但皮带输送速度明显滞后，甚至出现局部褶皱。（3）传感器故障。传感器故障直接影响监测精度。速度传感器失灵时，系统误报“超速”或“欠速”，引发不必要的停机；温度传感器漂移会导致监测值与实际温差超过5℃，可能掩盖滚筒过热风险；跑偏传感器误动作时，皮带轻微偏移即触发纠偏装置，造成皮带频繁启停，影响输送稳定性^[1]。（4）磁力启动器故障。磁力启动器故障主要表现为吸合不良与保护失效。接触器铁芯积尘会导致吸合时发出“嗡嗡”声，触点接触不良则使电机输出功率不稳定；热继电器整定参数错误时，无法在过载及时切断电源，可能导致电机烧毁，同时启动器外壳温度异常升高。

2.2 故障原因分析

（1）煤炭湿度与皮带阻力变化。高湿度煤炭会增加皮带与滚筒的摩擦系数，导致驱动电机负载骤增，长期

运行易引发电机过载；同时，湿煤黏附在皮带表面会改变其重心分布，使跑偏传感器频繁触发。此外，煤层厚度不均导致的瞬时阻力突变，可能造成电控系统电流冲击，缩短接触器使用寿命。（2）电控系统零件磨损。接触器、继电器等频繁动作部件，其触点在电弧作用下会逐渐氧化磨损，导致接触电阻增大；传感器探头长期暴露在煤尘环境中，表面覆盖粉尘会降低检测灵敏度；电缆接头因振动出现松动，可能引发接触不良，这些磨损均随运行时间累积，故障概率逐年上升。（3）设备设计与维护不足。部分电控系统存在设计缺陷，如散热通道狭窄导致变频器工作温度过高，或保护电路冗余不足无法应对突发故障。维护方面，若未按规定定期清理传感器、紧固接线端子，或未及时更换老化电缆，会加速设备性能退化，例如长期未润滑的减速器齿轮磨损速度会增加30%以上。（4）操作不当与人为因素。操作人员误触急停按钮会导致皮带机非正常停机；参数设置错误，如变频器频率设定过高，可能造成电机超速运行；违规跨越皮带时触碰安全开关，或检修后未复位保护装置，均会引发系统误动作。此外，非专业人员擅自拆卸控制柜，可能破坏线路连接或误调保护参数。

2.3 故障对煤矿生产的影响

（1）生产效率降低。单次故障停机时间通常为2-8小时，若发生断带等严重故障，恢复时间可长达24小时以上。按中型矿井皮带机每小时输送1000吨煤炭计算，单日损失可达2-2.4万吨产量。同时，故障导致的生产中断会打乱采煤、运输的衔接节奏，后续需额外投入人力调整生产计划。（2）安全隐患增加。电气短路可能引发火灾，尤其在瓦斯浓度较高的矿井中，火花易导致爆炸事故；皮带打滑产生的摩擦高温可能引燃可燃物，而传感器失效会使系统无法预警，扩大事故风险。此外，故障停机后，滞留于巷道内的煤炭可能堵塞通风通道，加剧瓦斯积聚隐患^[2]。（3）维修成本上升。单次故障维修需消耗备件费用，如更换变频器约需5-10万元，更换传感器套件约需0.5-1万元。同时，紧急维修需支付加班费，外聘技术人员的差旅费、服务费也会增加成本。长期来看，频发故障会缩短设备使用寿命，迫使企业提前更新设备，固定资产投入周期缩短20%-30%。

3 煤矿皮带机电控系统优化改造方案

3.1 优化改造原则与目标

（1）提高系统稳定性与可靠性。以“抗干扰、耐环境、长周期运行”为核心原则，选用工业级防粉尘、抗振动部件，升级电路滤波设计，抵御矿井强电磁干扰。目标是将系统平均无故障运行时间从800小时提升至1600

小时，在-15℃至65℃环境中稳定工作，适应1140V电网±15%的电压波动，单点故障时系统冗余模块0.2秒内切换。（2）降低故障率与维修成本。遵循“预防为主、快速修复”原则，引入智能诊断算法，提前72小时预警潜在故障；采用模块化设计，关键部件更换时间控制在30分钟内。目标是年故障率降低60%，单次维修成本减少45%，年节省维修费用70万元以上，备件库存压缩35%。（3）提升生产效率与安全性。围绕“动态适配、立体防护”原则，通过调速匹配原煤产量，减少无效能耗；构建“监测-预警-处置”闭环保护体系。目标是皮带机运行效率提升18%，年增输送量4.5万吨；安全保护功能覆盖全部风险点，故障响应时间≤0.3秒，杜绝电控系统引发的安全事故。

3.2 主控部分优化

（1）高性能可编程控制器的应用。采用FX2N-128MR型PLC，32位处理器运算速度达0.08μs/步，支持128点I/O扩展，同步处理24路传感器信号。通过梯形图与ST语言混合编程，优化多电机联动逻辑，主从电机转速差控制在±1rpm内；新增热备功能，主PLC故障时备用机0.1秒无缝切换，配套10英寸触摸屏实时显示32项参数与故障代码。（2）检测装置的配备。在滚筒轴承座安装PT124B压力传感器（精度±0.25%FS），实时监测负载变化，压力波动超12%自动预警；皮带两侧部署MLS130激光位置传感器（分辨率0.05mm），提前10mm触发纠偏指令；电机绕组与减速器内置DS18B20温度传感器，-55℃至125℃范围内测温精度±0.5℃，数据采集频率20Hz。（3）驱动组件的升级与改进。更换为CJX2-1210永磁接触器，机械寿命1000万次，银钨合金触点耐电弧磨损能力提升4倍；驱动电路加装TSSP4P003浪涌保护器（响应时间≤1ns），抵御4kV瞬时过压；接线端子采用魏德米勒螺旋式压接，振动环境下接触电阻稳定在5mΩ以下^[3]。

3.3 直流调速部分优化

（1）选择合适的直流调速设备。采用6RA7081-6DS22-0型全数字直流调速装置，该设备适配110kW-200kW直流电机，调速范围可达1:1000，稳速精度±0.1%，支持四象限运行与能耗制动。内置16位微处理器与PID调节器，可自动补偿电网电压波动（±15%范围内）与负载变化导致的速度偏差；配备RS485通信接口，支持与PLC实时数据交互，实现远程参数设置与状态监测。（2）电机启动与调速过程的精确控制。优化启动曲线为复合S型模式，初始阶段（0-3秒）以5%额定电流缓慢加速，避免皮带打滑；中期（3-10秒）按线性斜率提升至额定转速的80%；后期（10-15秒）平滑过渡至额定转

速,使启动电流峰值控制在额定电流的1.1倍以内。通过电枢电压闭环控制,实时采集电机转速反馈(采样周期0.5ms),动态调整输出电压,确保皮带机在0-6m/s范围内无级调速时的速度波动率 $\leq 0.5\%$;当负载突变时,调速系统可在0.2秒内完成参数调整,维持速度稳定。

3.4 保护监测部分优化

(1)完善故障监测与预警系统。构建“传感器层-控制层-管理层”三级监测网络:传感器层每100ms采集一次温度、振动、电流等参数;控制层通过PLC对数据进行滤波与特征提取,识别异常模式;管理层采用KingView监控软件,结合BP神经网络算法分析趋势,对轴承磨损、电缆老化等潜在故障提前72小时预警,预警准确率 $\geq 95\%$ 。系统配备7英寸触摸屏,实时显示36项运行参数与8类故障代码,支持历史数据查询与故障溯源分析。

(2)增设安全保护装置。安装KPT127型自动跑偏矫正装置,由红外检测器与气动执行器组成,当皮带偏移量超过12mm时,执行器在1.5秒内推动调偏托辊,矫正精度达 $\pm 3\text{mm}$;在转载点安装UZK-1型超声波煤位检测装置(测量范围0.3-8m),当煤位超过设定值的80%时,自动降低上游皮带机速度,避免堆煤;沿皮带机每隔50米设置KHJ15型急停闭锁按钮,形成闭环控制回路,确保任一按钮动作后,系统0.1秒内切断动力电源并锁定,复位需专人授权操作^[4]。

3.5 变频技术的应用

(1)变频器的选择与配置。主运输皮带选用ACS880-01-363A-3型矿用变频器(防护等级IP66),适配200kW电机,支持矢量控制模式,过载能力达150%额定电流/60秒,效率高达98.7%;顺槽皮带采用ACS880-01-169A-3型,适配90kW电机,满足中小负载需求。变频器配备EMC滤波器与制动单元,可直接接入矿井1140V电网,无需额外降压设备;按“一机一变频”配置,确保单台设

备故障不影响其他系统运行。(2)变频调速系统的构建与调试。搭建基于Profibus-DP总线的变频调速网络,PLC与变频器通信速率达12Mbps,数据更新周期 $\leq 10\text{ms}$;通过组态软件设定5段运行频率(25Hz、35Hz、50Hz、60Hz、65Hz),根据煤仓料位传感器信号自动切换,实现“料满加速、料空减速”的节能运行模式。调试时进行带载测试,在50%负载下,变频器输出频率稳定在 $35\text{Hz}\pm 0.2\text{Hz}$,较工频运行节电30%以上;设置故障旁路功能,当变频器出现过流、过压等故障时,系统在0.5秒内切换至工频运行,保障基本输送能力,同时发出声光报警。

结束语

综上所述,煤矿皮带机电控系统的故障分析及优化改造是提升煤矿生产效率与安全性的的重要举措。本文系统地探讨了故障成因与优化方案,旨在为企业提供有力技术支持。通过实施优化改造,不仅能有效减少电控系统的故障率,还能提高生产稳定性与经济效益。未来,我们应持续关注技术进步,不断探索电控系统的新技术和新方法,为煤矿行业的现代化发展贡献力量。相信在全行业的共同努力下,煤矿皮带机电控系统的性能将不断优化,为煤矿安全生产保驾护航。

参考文献

- [1]陈韦华.浅析煤矿皮带机常见故障及解决对策[J].中国设备工程,2021,(03):31-33.
- [2]李功强.关于煤矿皮带机常见故障的分析与维修[J].科技经济导刊,2021,(08):68-69.
- [3]郭泽冰.煤矿皮带机电控系统故障分析及优化方案探讨[J].工程建设与设计,2020,(24):173-174.
- [4]成瑞强.煤矿皮带机电控系统故障分析及优化改造[J].山西能源学院学报,2020,(03):33-35.