

电力拖动在矿山机械中的自动化控制应用

卢英超 410224199301202976

摘要：矿山生产作业环境复杂、安全风险高，对机械设备运行稳定性与控制精度要求严苛，电力拖动作为矿山机械动力输出与运行控制的核心单元，其自动化控制水平直接决定矿山生产效率与安全性能。本文结合电力拖动自动化控制的技术原理，分析其在采煤机、提升机、输送机等典型矿山机械设备中的具体应用路径，探讨当前技术应用中存在的问题并提出优化方向，研究表明电力拖动自动化控制能够有效降低矿山人工作业强度、提升设备运行稳定性，是推动矿山智能化转型的核心技术支撑。

关键词：电力拖动；矿山机械；自动化控制；智能化矿山

一、电力拖动自动化控制的技术概述

电力拖动是以电动机作为动力源驱动生产机械运行的控制技术，相较于传统的液压拖动、气压拖动，电力拖动具有动力输出稳定、控制精度高、响应速度快、便于远程调控等优势，自上世纪中期开始逐步成为矿山机械设备的主流动力方案。自动化控制技术融入电力拖动系统后，通过传感器采集设备运行参数、PLC 或嵌入式控制器完成逻辑运算、执行机构调整输出转矩与转速，能够实现矿山机械运行过程的无人化自主调控，摆脱了传统人工操作对运行精度的限制，适配矿山复杂恶劣的作业环境。

当前矿山领域应用的电力拖动自动化控制系统主要由三个核心模块构成：第一是参数采集模块，通过电流传感器、转速传感器、温度传感器以及压力传感器，实时采集电动机与负载设备的运行状态数据，为控制决策提供数据基础；第二是核心控制模块，多采用可编程逻辑控制器（PLC）或工业控制计算机，结合预设的控制算法对采集到的参数进行分析判断，输出对应的控制指令；第三是执行模块，通过变频调速装置、电磁离合器等执行部件调整电动机的运行状态，实现转速、转矩的动态调整，满足不同生产场景的运行需求。近年来随着物联网与人工智能技术的发展，电力拖动自动化控制系统还增加了故障预警与远程监控功能，进一步提升了系统的可靠性。

二、电力拖动自动化控制在典型矿山机械中的应用

（一）采煤机电力拖动自动化控制

采煤机是煤矿井下综采工作面的核心开采设备，需要根据煤层硬度、厚度调整牵引速度与截割功率，传统人工操作模式不仅劳动强度大，还容易因操作不当导致截割电机过载烧毁，甚至引发瓦斯超限等安全事故。电力拖动自动化控制技术应用后，通过在采煤机截割部与牵引部分别配置独立的拖动电机，结合煤层识别传感器采集的截割阻力数据，自动化控制系统可实时调整牵引速度与截割转速：当煤层硬度较高时，适当降低牵引速度并增大截割转矩，避免电机过载；当煤层较薄时，自动调整截割滚筒高度，提升采煤效率，同时减少矸石采出率。目前国内主流的综采工作面采煤机已经普遍采用变频电力拖动自动化控制方案，相较于传统的调速方案，能耗降低 15%以上，采煤效率提升超过 20%，同时大幅降低了人工操作的安全风险。

（二）矿井提升机电力拖动自动化控制

矿井提升机承担着井下矿石、人员、设备的提升运输任务，是连接井上与井下的核心设备，其运行安全性直接关系到整个矿山的生产安全，传统的直流拖动系统存在维护成本高、调速精度差等问题，容易出现停车位置偏差、过卷等安全事故。现代电力拖动自动化控制多采用交流变频拖动方案，结合位置传感器与行程控制算法，能够实现提升机运行过程的全自动化控制：系统可根据提升载荷自动调整启动与停止的加速度，避免过陡的加速度对提升钢丝绳造成损伤，同时精准控制停车位置，停车误差可以控制在 2 厘米以内，远优于传统人工控制的精度。此外，自动化控制系统还能够实时监测拖动电机的温度、电流以及钢丝绳的张力，当出现异常参数时立即触发安全制动，有效避免了坠罐、过卷等重大安全事故的发生，据行业统计数据，应用电力拖动自动化控制后，矿井提升机的故障发生率降低了 70%以上，运行安全水平得到显著提升。

（三）带式输送机电力拖动自动化控制

带式输送机是矿山井下矿石运输的主要设备，通常长距离多机串联运行，传统控制模式下多采用恒速运行，当运输载荷较小时会产生大量的能源浪费，同时多机运行时容易出现功率不平衡的问题，加速输送带磨损。电力拖动自动化控制技术通过在每台拖动电机上配置独立的变频控制单元，结合输送带载荷传感器采集的运输量数据，实现带速的动态调整：当运输载荷增大时自动提升带速，保障运输效率；当载荷减小时自动降低带速，减少无用功消耗，实现节能运行。针对

多机串联运行的功率不平衡问题，自动化控制系统通过实时采集各台拖动电机的输出功率，自动调整各电机的转矩输出，将功率偏差控制在 5%以内，有效避免了单台电机过载运行的问题，延长了设备使用寿命。根据部分煤矿的应用数据，带式输送机采用电力拖动自动化控制后，节能效果可达 20%-30%，设备维修成本降低 15%左右，经济效益十分显著。

三、电力拖动自动化控制应用存在的问题与优化方向

当前电力拖动自动化控制在矿山机械中的应用已经取得了显著成效，但仍存在一些需要优化的问题：一是井下恶劣环境对控制系统可靠性的影响，矿山井下存在高湿度、高粉尘、强电磁干扰等问题，部分传感器与控制模块容易出现故障，影响系统稳定运行；二是现有自动化控制多基于预设规则进行调控，对复杂工况的自适应能力不足，当出现煤层条件突变等非常规工况时，控制效果会出现下降；三是部分中小矿山由于成本限制，仍在使用老旧的电力拖动系统，自动化改造进度缓慢。

针对上述问题，未来电力拖动自动化控制的优化方向主要集中在三个方面：第一是提升系统的环境适应性，采用防尘、防水、抗干扰的工业级控制元器件，优化系统的防护设计，提升在复杂矿山环境下的运行可靠性；第二是融入人工智能自适应控制算法，基于大量运行数据训练控制模型，提升系统对复杂工况的识别与自适应调控能力，进一步提升控制精度与节能效果；第三是推动低成本自动化改造方案的研发，降低中小矿山的自动化改造成本，推动电力拖动自动化控制技术的全面普及。

四、结语

电力拖动自动化控制是矿山机械智能化发展的核心技术之一，其在采煤机、提升机、输送机等各类矿山机械设备中的应用，有效提升了矿山生产效率，降低了人工劳动强度与安全风险，推动了矿山生产模式的转型升级。随着智能化矿山建设的不断推进，电力拖动自动化控制技术将不断优化，在矿山生产中发挥更加重要的作用，为矿山行业的安全高效发展提供有力支撑。

参考文献: [1] 张宏. 电力拖动自动化控制系统在矿山机械中的应用[J]. 能源与节能, 2022(05): 187-189.

[2] 王健. 电力拖动自动控制在矿山机械中的应用探究[J]. 中国机械, 2021(12): 74-75.

[3] 李刚. 变频电力拖动技术在矿山提升机控制系统中的应用[J]. 煤炭工程,

2019(S1): 124-126.