

# Application Research of Intelligent Technology in Coal Mine Electromechanical Control

Yunwei Duan

Shanxi Xiangkuang Shangliang Coal Industry Co., Ltd., Changzhi, Shanxi, 046200, China

## Abstract

The electromechanical control system in coal mines serves as the cornerstone of mine safety. With increasing mining depths and complex working environments, traditional control methods can no longer meet modern mines' demands for safety, reliability, and real-time performance. The application of intelligent technologies has enhanced the capabilities of electromechanical systems in perception, analysis, control, and coordination, resulting in more transparent equipment operation, precise decision-making, and faster responses. This paper analyzes the application of intelligent sensing, automatic control, data analysis, remote operation and maintenance, and system coordination technologies in coal mines, and summarizes their implementation strategies. It explores practical pathways for intelligent transformation from aspects such as system construction, operational assurance, personnel training, and management mechanisms, providing feasible solutions and technical insights for coal mining enterprises to advance the intelligent transformation of electromechanical systems.

## Keywords

intelligent technology; coal mine electromechanical control; equipment coordination; safety management; system optimization

## 智能化技术在煤矿机电控制中的应用研究

段云伟

山西襄矿上良煤业有限公司, 中国·山西 长治 046200

## 摘要

煤矿机电控制系统是矿井安全生产的核心支撑, 随着开采深度增加和作业环境复杂化, 传统控制方式已无法满足现代矿井对安全性、可靠性和实时性的要求。智能化技术的应用增强了机电系统在感知、分析、控制和协同方面的能力, 使设备运行更加透明, 决策更加精准, 响应更加迅速。本文分析了智能传感、自动控制、数据分析、远程运维和系统协同等技术在煤矿中的应用, 并总结了其应用策略。文章从系统构建、运行保障、人才培养及管理机制等方面探讨了智能化改造的实践路径, 为煤矿企业在推进机电系统智能化改造提供可行方案与技术思路。

## 关键词

智能化技术; 煤矿机电控制; 装备协同; 安全管理; 系统优化

## 1 引言

煤矿生产在深部化、规模化发展的过程中, 作业环境的地质条件、设备负荷及实时监测需求不断增长, 使机电系统的运行状态呈现多变性与复杂性。机电控制作为煤矿生产的神经中枢, 其稳定性与精准性直接影响矿井的安全水平与生产效率。传统机电系统虽在长期使用中形成相对成熟的运行模式, 但其自动化程度有限, 故障响应速度和信息交互能力难以满足现代矿山的高标准要求。智能化技术的渗透, 为提升系统可控性、运维能力和安全保障水平提供了新的技术路径。通过智能传感设备、数据分析模型、可视化监测平台和自适应控制方法的综合应用, 机电系统能够实现基于信息

的科学决策与设备联动, 形成具有预测性、主动性和协同性的运行模式。本文从应用策略角度对智能化技术在煤矿机电控制中的作用进行系统探讨, 以期推动煤矿行业加快智能化转型进程。

## 2 煤矿机电控制智能化的发展需求与技术基础

### 2.1 煤矿机电系统的运行特点与智能化需求

煤矿机电系统涵盖提升运输、采掘机械、通风设备、供配电系统、排水装备等多类设备, 其运行存在高负荷、强耦合和多扰动特征。机电设备在地下工作面分布广、环境恶劣, 受到瓦斯、水害、温度变化等影响, 其运行状态难以长期保持稳定。传统控制方式依赖人工巡检与经验判断, 信息传递滞后且不具备连续性, 故障发现往往滞后于隐患形成。随着煤矿生产组织模式向智能化、少人化方向发展, 设备监测需要更加实时、控制逻辑需要更加精细, 故障处理需要更

【作者简介】段云伟 (1988-), 男, 中国山西长治人, 助理工程师, 从事煤矿机电研究。

加迅速。机电系统要在安全生产中发挥更大作用,必须引入具备主动分析能力、远程沟通能力与自动干预能力的智能化手段,以实现设备的精确管控和对风险的提前识别,使整体运行模式向预测性管理和动态决策方向转型。

## 2.2 智能化技术的发展为机电控制提供技术基础

智能传感技术、工业控制网络、数据分析模型与智能运算平台的发展,为煤矿机电控制的变革提供了强有力支撑。传感器在精度、耐用性和信号稳定性方面持续提升,可在高温、粉尘、高温等恶劣环境中稳定运行,保证设备运行数据的实时性和完整性。控制系统在通信协议与网络结构方面逐步趋于标准化,使地面与井下、设备与设备之间信息交互更加顺畅。数据分析技术借助边缘计算、知识图谱、设备模型等方法,使系统能够从海量数据中提取关键特征并执行实时判断,为机电控制提供更高层级的辅助决策。智能化技术的融合,使设备运行状态可视、设备管理更高效,为构建安全、高效、可协同的机电控制系统奠定技术基础 [1]。

## 2.3 智能化煤矿建设对机电控制系统提出新要求

智能化矿山建设推动煤矿生产组织方式发生深刻变化,机电系统作为核心支撑力量,其自动运行能力、系统联动能力以及信息融合能力的要求显著提升。智能开采装备、少人化工作面的推广,使机电系统必须具备更高的响应速度与系统协同能力,以适应多设备、多场景的动态生产需求。安全监管体系的升级,使机电系统需要承担风险识别、状态预警和应急响应功能。绿色矿山建设要求机电设备在能耗管理、运行优化方面发挥作用。在这一背景下,机电控制系统不仅承担传统设备控制任务,更需转变为信息集成、智能判断与系统协同的平台。因此,系统结构、运行机制和技术配置必须向智能化方向重构,使其成为支撑矿井全流程运行的核心基础设施。

## 3 智能化技术在煤矿机电控制中的核心应用

### 3.1 智能传感网络在设备状态监测中的应用

智能传感网络是机电系统智能化的基础,通过对设备运行参数进行实时采集,为故障诊断与控制策略制定提供可靠数据。压力、振动、温度、电流等传感器的布设,使机电设备的运行状态具备可视化与连续化特征。井下环境中多点传感器的布置模式可形成分布式监测体系,使系统能够对不同位置的设备状态进行动态捕捉。数据在传输过程中借助工业通信网络实现稳定传递,为控制系统提供完整的信息输入。智能传感网络的构建使机电系统由“人工判断”向“数据支撑”转型,为后续的智能控制、分析预测及协同运行奠定基础。

### 3.2 机电设备智能控制技术的应用场景分析

智能控制技术应用于机电设备运行中,可通过模型计算或逻辑分析自动调节设备运行参数,提高系统精准性与稳定性。变频调速技术可按照设备负载变化调整电机输出,减

少能耗和设备磨损;自适应控制方法可根据环境条件的变化动态修正控制参数,使设备保持在最佳运行区间。智能控制系统能够在异常状态出现前,通过数据波动情况提前识别风险并执行自动保护策略,减少设备损坏概率。在提升系统控制能力的同时,智能控制技术还能够优化运行流程,使多设备在生产链条中保持协调一致,提高整体效率。

## 3.3 智能分析技术在故障诊断与预测中的作用

智能分析技术通过对设备运行数据进行建模处理,能够识别异常变化模式,为故障诊断提供更加准确的依据。基于数据特征的分析方法可通过对比设备的正常模式和异常模式,判断潜在隐患所在。预测模型结合历史数据,能够提前识别设备老化趋势,使维修计划更加科学合理。智能诊断与预测的实现,使机电系统能够从“事后维修”转向“预防性维护”或“预测性维护”,减少停机时间,提高设备利用率。同时,智能分析技术将不同来源的数据进行融合,使诊断结果更加全面,有助于煤矿构建标准化、规范化的设备管理体系 [2]。

## 4 智能化技术在典型机电控制环节中的应用实践

### 4.1 在采掘机械控制中的应用策略

采掘机械在运行过程中负载变化显著,受煤岩性质、作业深度和机械磨损等多因素影响。智能化技术的引入,使系统能够利用实时监测数据对设备运行参数进行动态调节,通过对牵引力、滚筒速度、电机温度及振动特征的连续记录,构建设备运行状态模型,从而实现对作业负荷的精准识别。当负载出现异常波动时,系统可依据分析结果调整运行模式,使机械保持在合理工作区间,减少冲击负荷带来的损伤风险。

### 4.2 在通风与排水系统中的协同控制

通风与排水系统是矿井安全运行的核心基础设施,智能化技术的应用使二者在工作机制上呈现更高的联动性。通风系统通过实时监测瓦斯浓度、温湿度、风速及负压状况,使风机运行能够与巷道结构变化、采掘节奏和作业区域分布保持一致。排水系统则通过监测水位变化、泵体负荷与井下渗水规律,实现自动启停与运行优化,使排水能力与矿井水害风险相适应。基于数据共享的平台可使两个系统协同响应环境变化,在井下湿度升高或瓦斯积聚趋势显现时提前调整参数,提高整体安全裕度。协同控制机制使通风与排水由原本相互独立的运行方式转变为信息互通、反应及时的综合调控模式,为矿井安全提供更强支撑。

### 4.3 在供配电系统中的智能调度与能耗管理

供配电系统承担着矿井全部设备的能源供应任务,其稳定性与调度能力直接决定矿井的运行效率与安全程度。智能化供配电技术能够实时监测电压、电流、温度及绝缘状态等关键参数,使系统在异常发生前得到预警。通过负荷分析

与用电行为建模,智能调度系统可依据不同区域的用能需求,动态调整供电方案,使负荷分布更加合理,避免局部过载或电压波动引发设备故障。在生产组织层面,系统能够对能耗数据进行统计分析,识别高能耗设备或运行环节,为能效优化提供可量化依据,实现精细化能源管理。智能化供电技术使矿井在保持生产连续性与安全性的基础上降低能源损耗,为绿色矿山建设提供重要技术路径[3]。

## 5 智能化技术在煤矿机电控制中的应用策略与实施路径

### 5.1 构建分层分级的机电智能控制体系

机电系统的智能化建设需要在整体结构规划的基础上形成分层分级的控制体系,使不同类型设备在统一架构下实现协调运行。底层的数据采集层承担着对设备运行参数、环境变化和安全指标的实时监测任务,通过耐高温、抗粉尘的工业传感器持续记录温度、振动、电流、压力等关键数据,为后续判断提供基础信息。中间层的数据处理与决策层依托模型算法与分析机制,对采集数据进行筛选、融合与判断,通过模式识别或规则推断生成控制指令,并对潜在风险作出提前判断。上层执行层由智能执行机构与自动控制设备组成,根据决策层生成的结果对设备运行参数进行精准调整,如调节电机负载、改变通风风量或启动保护装置等。分层分级结构使控制体系逻辑明确,避免不同功能模块间的信号干扰,也便于在扩展设备或新建场景时进行模块化接入,从而提升系统的适应能力、稳定性与可维护性,使整体机电系统向高效协同方向发展[4]。

### 5.2 完善安全保障机制与智能巡检体系

安全性是煤矿智能化运行的底线要求,任何技术应用都必须在确保安全管理能力提升的前提下实施。智能巡检体系的建立,使巡检机器人、自动化巡检车或固定巡检装置能够代替人工进入高危区域,采集温度、瓦斯浓度、震动频率、机械磨损情况等信息,使巡检范围更加全面、频率更加稳定。系统通过图像识别、模式匹配与温度异常分析等技术对巡检结果进行即时判断,实现对隐患的早期识别与干预。安全保障机制贯穿智能化系统的整体运行,需要通过设备冗余设计提升系统容错能力,通过远程监测平台实现信息的连续追踪,通过应急预案体系确保突发情况能够得到及时处理。多层次安全屏障的构建,使智能化机电系统不仅具备自动化能力,更具备危险识别、风险规避与保护响应的综合功能,

从而避免智能技术的使用造成新的安全空档,使煤矿在智能化环境下运行更加可靠与稳定[5]。

### 5.3 提升人员技能培训与智能运维能力

智能化机电系统的持续稳定运行依赖于人员对系统结构、运行逻辑与维护方法的充分掌握。煤矿企业需面向不同岗位构建分层培训体系,使操作、管理和维护人员能够准确理解智能设备的功能边界、指令结构与异常表现。通过模拟训练平台,工作人员能够在虚拟环境中进行系统操作与故障处理演练,减少实际操作风险,提高对系统运行规律的感知能力。案例教学与现场示范可帮助人员形成将理论知识应用于实践的能力,使智能设备维护不再依赖少数技术人员。智能运维团队的建设需明确数据分析、设备巡检、故障处理与系统优化等岗位职责,使团队在实际运行中形成专业分工。通过建立运维日志、数据管理制度与系统评估机制,可逐步形成标准化的智能运维体系,使整个智能机电系统运行更具可预测性与可调控性,从而支持煤矿企业在智能化转型过程中的长期稳定发展。

## 6 结语

煤矿机电控制系统的智能化发展,有助于提高煤矿生产的安全水平、运行效率与设备管理能力。智能传感、分析模型与协同控制技术的引入,使机电系统能够形成更快速的响应、更精准的判断和更稳定的运行结构,为煤矿生产模式的升级提供了重要支撑。在推动智能化系统建设过程中,需要从系统架构、人员培训、安全管理等方面构建完善的应用策略,使智能技术能够发挥最大效益。未来,煤矿机电控制系统将在技术融合与场景创新中不断深化,成为支撑智慧矿山建设的重要基础,为煤炭行业高质量发展奠定坚实技术基础。

### 参考文献

- [1] 张银超.智能化技术在煤矿机电运输系统优化中的应用探讨[J].科技资讯,2025,23(05):57-59.
- [2] 武强.煤矿机电设备的智能化控制系统研究与应用[J].内蒙古煤炭经济,2023,(10):157-159.
- [3] 高锋,闫文.智能控制技术在煤矿机电设备中的运用研究[J].中国设备工程,2023,(08):28-30.
- [4] 梁俊涛.变频技术在煤矿智能化机电工程中的应用[J].内蒙古煤炭经济,2025,(14):135-137.
- [5] 贺志健.煤矿综采工作面机电智能化控制技术研究[J].内蒙古煤炭经济,2025,(15):145-147.