

煤矿机械中机电一体化技术应用

拾永钧

国家能源集团新疆能源化工有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要: 随着煤矿智能化转型加速,机电一体化技术成为提升开采效率与安全性的核心支撑。本文聚焦煤矿机械中的机电一体化技术应用。首先概述机电一体化技术的内涵、发展历程与特点,接着详细阐述其在采煤机、输送机、矿井提升及掘进机等煤矿机械中的具体应用情况。最后,对机电一体化技术在煤矿机械领域的未来发展趋势进行展望,包括智能化、网络化与绿色化方向。旨在为煤矿机械领域的技术发展与应用提供理论参考,推动煤矿生产的高效、安全与可持续发展。

关键词: 矿机械;机电一体化;技术应用;未来发展趋势

引言: 煤矿产业作为我国能源领域的重要支柱,其生产效率与安全性备受关注。随着科技的不断进步,机电一体化技术凭借其独特优势,逐渐融入煤矿机械领域。机电一体化技术融合了机械、电子、控制等多学科知识,为煤矿机械的智能化、自动化发展提供了有力支撑。深入研究机电一体化技术在煤矿机械中的应用,不仅有助于提升煤矿生产效率、降低劳动强度,还能增强煤矿作业的安全性。因此,探讨该技术在煤矿机械中的应用及发展趋势具有重要的现实意义。

1 机电一体化技术概述

1.1 机电一体化技术的内涵

机电一体化技术是机械工程与电子技术深度融合的综合性技术体系,其核心在于通过集成机械技术、微电子技术、自动控制技术、计算机技术及软件编程技术,实现机械系统的智能化与自动化控制。该技术突破了传统机械产品单功能、单技术的局限,将传感器、执行器、控制系统与机械结构有机结合,形成具备感知、决策、执行能力的智能系统。其本质是通过多学科交叉创新,优化机械系统的性能、效率与适应性,使设备能够根据环境变化自动调整工作模式,从而满足复杂工业场景下的多样化需求^[1]。

1.2 机电一体化技术的发展历程

机电一体化技术的发展经历了三个阶段:20世纪60年代前为萌芽期,电子技术初步应用于机械产品,但受限于技术成熟度,结合深度有限;70-80年代进入蓬勃发展期,计算机技术、控制技术、通信技术的突破为机电一体化提供了技术基础,日本首次提出“Mechatronics”概念并推动全球认可;90年代后步入智能化阶段,光学、通信技术、微细加工技术融入机电一体化,形成光机电一体化、微机电一体化等分支,同时人工智能、神

经网络技术推动系统建模与集成方法深化研究,使设备具备自诊断、自适应等高级功能。

1.3 机电一体化技术的特点

机电一体化技术具有四大显著特点:一是综合性与系统性,涵盖机械、电子、控制等多学科技术,通过系统集成实现整体优化;二是功能增强与适应性提升,集成多种技术后功能更强大,可适应不同场景需求;三是操作简化与柔性增强,采用计算机程序控制和数字显示,减少操作按钮及手柄,通过软件改变工作程序以满足多样化需求;四是高可靠性与安全性,具备自动监控、报警、诊断、保护等功能,可降低人身伤害和设备事故风险。

2 机电一体化技术在煤矿机械中的应用

2.1 在采煤机中的应用

机电一体化技术通过多维度创新,显著提升了采煤机的作业性能与可靠性。(1)牵引系统的智能化升级。电牵引技术取代传统液压牵引,利用电子控制单元(ECU)实现牵引力的动态调节,可根据煤层硬度、坡度变化自动调整输出功率,避免因负载突变导致的设备卡顿或打滑。同时,发电制动功能将下坡时的机械能转化为电能回馈电网,既减少能量损耗,又通过反电动势实现自然制动,降低机械制动系统的磨损,延长关键部件使用寿命。(2)截割与装载系统的协同优化成为核心突破。机电一体化技术将截割电机、滚筒转速传感器与液压调高系统深度集成,通过实时监测截割阻力、煤岩界面变化,自动调整滚筒高度与转速,实现“软煤快割、硬岩慢削”的智能截割策略。这种动态适配能力不仅提升了采煤效率,还减少了设备过载风险,使截割部故障率降低25%以上。(3)健康管理及远程运维能力实现质的飞跃。采煤机内置多参数传感器网络,可实时采集振

动、温度、压力等数据,结合边缘计算模块进行本地故障预判。当检测到异常时,系统自动触发保护机制并生成维护建议,同时通过无线通信模块将数据上传至地面监控平台,实现状态监测与预测性维护的闭环管理,大幅缩短停机检修时间。

2.2 在输送机中的应用

机电一体化技术通过深度融合机械、电子与控制技术,为输送机赋予了高效、稳定与智能化的运行能力,成为煤矿运输系统的核心支撑。(1)驱动系统的智能化控制。传统输送机依赖固定转速驱动,易因负载波动导致打滑或过载。机电一体化技术引入变频调速装置与动态扭矩监测模块,可实时感知煤流密度、输送带张力等参数,自动调整电机转速与输出功率。例如,在重载启动阶段,系统通过软启动功能逐步提升转速,避免瞬间电流冲击;在轻载运行时,自动降低能耗,实现功率与负载的精准匹配,综合节能率达15%-20%。(2)输送带状态监测与保护机制实现全面升级。集成张力传感器、跑偏检测装置与温度监测模块,可实时追踪输送带伸长率、跑偏量及滚筒温度。当检测到异常时,系统立即触发声光报警,并通过PLC控制单元调整纠偏装置或停机保护,防止输送带撕裂、打滑等事故。同时,智能张紧装置根据负载变化自动调节张紧力,确保输送带始终处于最佳运行状态,延长使用寿命。(3)网络化通信与协同控制能力显著增强。输送机通过工业以太网或无线通信模块与上位机、其他设备互联,实现数据实时共享与远程监控。调度中心可基于煤流预测模型动态调整输送速度,优化多台输送机的启停顺序,减少空载运行时间。此外,故障诊断系统通过分析历史数据与实时参数,提前预警潜在故障,指导预防性维护,提升系统可靠性^[2]。

2.3 在矿井提升中的应用

机电一体化技术通过深度整合机械、电子与智能控制,为矿井提升系统赋予了高效、安全与精准的运行能力,成为保障煤矿垂直运输的核心支撑。(1)驱动与制动系统的智能化升级。传统提升机依赖机械制动与固定速度运行,易因负载突变导致冲击或失控。机电一体化技术引入全数字直流或交流变频驱动装置,结合动态扭矩监测模块,可实时感知钢丝绳张力、提升容器位置及速度,自动调整电机输出功率与转速。例如,在重载下放阶段,系统通过再生制动将机械能转化为电能回馈电网,同时精确控制减速曲线,避免超速或急停,确保提升过程平稳无冲击。(2)安全保护与故障诊断机制实现全面强化。集成振动传感器、温度监测装置及松绳检测模块,可实时追踪主轴装置、减速器、制动器的运行状

态。当检测到异常振动、轴承过热或钢丝绳松弛时,系统立即触发多重保护:一级报警提示维护,二级降速运行,三级紧急制动,防止设备损坏或坠罐事故。同时,智能诊断系统通过分析历史数据与实时参数,自动定位故障点并生成维护建议,缩短检修时间。(3)远程监控与协同控制能力显著提升。提升机通过工业以太网或无线通信模块与地面控制中心互联,实现运行数据实时上传与远程操作。调度人员可基于煤仓库存、提升需求动态调整运行计划,优化多台提升机的启停顺序,减少空载等待时间。此外,系统支持预测性维护,通过机器学习算法预判关键部件寿命,提前安排配件更换,提升整体可靠性。

2.4 在掘进机中的应用

机电一体化技术通过机械、电子与智能控制的深度融合,显著提升了掘进机的作业效率、适应性及可靠性,成为煤矿巷道掘进的核心装备。(1)截割系统的智能化控制。传统掘进机依赖人工操作调整截割头姿态,易因地质条件变化导致截割效率低下或设备过载。机电一体化技术引入高精度传感器与闭环控制系统,实时监测煤层硬度、截割阻力及截割头位置,自动调整转速与进给速度。例如,在硬岩层中,系统降低截割速度并增大扭矩,避免刀具过度磨损;在软煤层中,则提升速度以提高效率,实现“软硬自适应”的智能截割。(2)行走与定位系统的精准化升级成为关键突破。集成激光导航、惯性测量单元(IMU)与编码器,掘进机可实时感知自身位置与姿态,结合预设巷道模型自动调整行进方向,减少人工纠偏需求。同时,电液比例控制技术使履带行走速度与转向半径连续可调,提升复杂地形下的通过性,确保巷道掘进精度符合设计要求。(3)健康管理及远程运维能力实现质的飞跃。掘进机内置振动、温度、压力等多参数传感器网络,结合边缘计算模块进行本地故障预判。当检测到截割电机过热、液压系统泄漏或关键部件松动时,系统立即触发保护机制并生成维护建议,同时通过无线通信模块将数据上传至监控平台,实现状态监测与预测性维护的闭环管理,大幅缩短停机检修时间。

3 机电一体化技术在煤矿机械中的未来发展趋势

3.1 智能化发展趋势

机电一体化技术在煤矿机械中的智能化发展已成为核心方向,其核心在于通过人工智能、物联网、大数据等技术的深度融合,实现设备自主感知、决策与执行。未来,智能化系统将具备更强的环境适应能力,例如采煤机可根据煤层硬度、地质构造自动调整截割参数,掘进机可基于激光导航与视觉识别技术实现无人化精准掘

进,提升作业效率与安全性。同时,设备健康管理将迈入预测性维护阶段,通过传感器网络实时采集振动、温度、压力等数据,结合机器学习算法预判故障,实现从“事后维修”到“事前干预”的转变。此外,智能化还将推动人机协同模式的创新,井下机器人与操作人员通过5G通信实现远程协作,完成危险区域作业,降低人员风险。这些趋势将推动煤矿机械向“自感知、自决策、自执行”的智能体演进,为煤矿安全生产提供技术支撑^[3]。

3.2 网络化发展趋势

机电一体化技术在煤矿机械中的网络化发展,正推动设备从“单机智能”向“全局互联”演进。未来,煤矿机械将通过工业以太网、5G通信或无线传感器网络构建全覆盖的物联体系,实现设备间数据实时共享与协同控制。例如,采煤机、输送机与提升机可基于煤流预测模型动态调整运行参数,优化生产节奏;掘进机与通风、排水系统联动,根据地质条件自动规划掘进路径并调节环境参数,提升作业安全性。同时,网络化将打破数据孤岛,地面监控中心可远程获取设备状态、能耗及生产数据,结合云计算与边缘计算技术实现集中调度与故障诊断,减少人工巡检频次。此外,跨平台数据接口与开放协议的普及,将促进煤矿机械与智慧矿山系统的深度融合,为生产流程优化、资源调度及应急响应提供数据支撑,推动煤矿向全要素互联、全流程智能的数字化矿山转型。

3.3 绿色化发展趋势

机电一体化技术在煤矿机械中的绿色化发展,正围绕节能减排、资源循环与环保设计展开深度革新。在能源利用层面,未来设备将广泛采用高效永磁电机、变频调速技术及能量回收装置,通过精准匹配负载需求降低能耗,例如液压系统通过电液比例控制减少溢流损失,提升能源转换效率。同时,设备运行产生的余热、振动能等将被回收转化为电能或热能,实现能源梯级利用。在材料应用方面,轻量化合金与高强度复合材料将逐步替代传统金属,降低设备自重与能耗,而可降解润滑剂与生物基密封材料的使用,可减少了对土壤和水体的污染。此外,模块化设计理念将推动设备易拆解、易维

修,延长部件使用寿命,降低全生命周期资源消耗。

3.4 微型化与模块化发展趋势

机电一体化技术正推动煤矿机械向微型化与模块化方向深度演进,以适应复杂矿井环境并提升设备效能。微型化层面,借助微机电系统(MEMS)与先进材料工艺,传感器、执行器等核心部件实现尺寸与功耗的双重优化。例如,微型化压力传感器可嵌入液压管路,实时监测系统压力,而微型电机驱动装置则大幅缩小设备体积,使采煤机、掘进机在狭窄巷道中作业更灵活。同时,微型化设备通过集成多参数监测功能,减少井下布线需求,降低安装与维护成本。模块化设计则通过标准化接口与功能单元划分,赋予设备高度可配置性。动力模块、控制模块、执行模块可独立升级或替换,例如输送机可根据运量需求快速更换驱动模块,采煤机可通过更换截割模块适应不同煤质。这种设计不仅缩短了设备改造周期,还通过模块复用降低了全生命周期成本^[4]。

结束语

煤矿机械中机电一体化技术的应用,标志着传统矿业装备向智能化、高效化、绿色化的跨越式发展。通过机械、电子、信息技术的深度融合,设备实现了精准控制、状态监测与自主决策,显著提升了生产安全性与资源利用率。微型化与模块化设计进一步强化了设备的适应性与维护便捷性,为复杂矿井环境提供了灵活解决方案。未来,随着人工智能、物联网等技术的持续渗透,煤矿机械将迈向全流程自动化与全要素互联的新阶段,推动矿业行业向低碳、智能、可持续的方向转型升级,为全球能源安全与绿色发展注入强劲动力。

参考文献

- [1]朱小琴.自动控制和机电一体化技术在生产中的应用研究[J].数码设计,2020,9(9):66.
- [2]卞如芳.智能制造中机电一体化技术的应用研究[J].科技经济导刊,2020(15):56-58.
- [3]何静.机电一体化系统中的智能控制技术探析[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023(5):12-14.
- [4]李友乾.机电一体化技术及其在机械工程中的具体应用分析[J].机电产品开发与创新,2023,36(4):198-200.