

煤矿生产自动控制系统中机电一体化技术应用研究

崔海洋

中联润世新疆煤业有限公司，新疆昌吉奇台县，831300；

摘要：作为机械工程、电子技术、计算机科学交叉融合的产物，机电一体化技术成为煤矿生产自动控制系统的核心驱动力，该系统依托感知、传输、控制等多层架构，集成传感器网络、可编程逻辑控制器（PLC）等关键设备。在实际生产场景中能全面赋能智能化采煤作业、运输系统精准调度及通风防尘系统自动化运行。但当前面临技术协同集成障碍、设备全生命周期管理难题及专业复合型人才短缺等瓶颈，可通过构建标准化技术体系、提升设备环境适应能力、完善人才培养体系等举措，推动煤矿自动化生产技术革新。

关键词：煤矿生产；自动控制系统；机电一体化

DOI：10.69979/3029-2727.25.05.009

煤炭作为我国能源体系的基石，其安全生产与高效开采关乎国计民生。随着工业智能化进程加速，煤矿生产向自动化、数字化转型成为必然趋势，机电一体化技术凭借其多学科交叉优势，深度融入煤矿生产自动控制系统，在提升生产效率、保障作业安全等方面发挥核心作用。然而技术融合过程中面临的兼容性、可靠性及人才等问题，制约着煤矿智能化发展，所以深入研究机电一体化技术在煤矿生产自动控制系统中的应用，对推动煤炭行业高质量发展具有重要现实意义。

1 机电一体化的定义

机电一体化是指将机械工程、电子技术和计算机技术等多个学科融合在一起，通过系统设计和集成，实现机械系统的智能化和自动化，其核心理念是在机械设备中嵌入电子元件和智能控制系统，以提高设备的性能和工作效率。

在机电一体化领域，机械部分主要负责提供力和运动，而电子部分则通过传感器、执行器等设备实现对机械系统的监测和控制。计算机技术则用于数据处理和算法控制，使得整个系统具备自适应、自学习和智能决策的能力。

机电一体化广泛应用于工业自动化、机器人技术、自动化生产线、智能家居等领域，它不仅能够提高生产效率和产品质量，还可以降低人工成本和生产能耗。随着科技的进步和智能制造的发展，机电一体化将继续发挥重要作用，推动各行业的创新和变革。

2 煤矿生产自动控制系统的构成

2.1 系统架构

煤矿生产自动控制系统构建于层级化体系框架，涵

盖感知、传输、控制及应用四大功能模块。感知模块部署多元传感器，实时监测井下瓦斯含量、温湿度及设备运转参数；传输模块依托光纤网络与工业级通信协议，实现数据高速、稳定传输；控制模块以可编程逻辑控制器（PLC）、工业控制计算机为核心，对采集数据进行分析处理，依循既定规则生成控制指令；应用模块则通过人机交互界面，为管理与操作人员提供生产数据可视化呈现及远程操控功能。各模块协同运作，确保系统运行的稳定性与高效性。

2.2 主要设备与技术

传感器阵列作为信息采集的关键节点，包含气体检测、压力传感、位移监测等设备，可精准感知井下环境动态；PLC 凭借高可靠性与强环境适应性，实现设备逻辑控制与智能调度；工业控制计算机承担数据存储、深度分析及指令分发任务。在通信层面，矿井专用无线通信技术保障设备间实时交互，物联网技术构建全域互联网络，人工智能算法赋能系统故障诊断与趋势预测。各类设备与技术相互协同，为煤矿自动化生产筑牢技术根基。

3 煤矿生产自动控制系统中机电一体化的具体应用

3.1 自动化采煤技术

煤矿开采领域，机电一体化技术驱动采煤模式向智能化转型。以液压支架电液控制系统和滚筒采煤机自动化单元为核心，整合机械传动、电子控制及计算机监测技术。液压支架借助电液比例控制阀与压力传感器，可根据顶板应力波动实时调整支撑结构高度与姿态，保障作业安全稳定；滚筒采煤机配备惯性制导及激光定位装

置,结合煤层厚度探测传感器,实现开采路径智能规划与截割高度精确调控。同时,地面控制中心通过远程监控技术,运用人工智能算法对采煤数据进行深度分析,动态优化截割参数。实际应用显示,该技术使开采效率提升超30%,大幅降低人工操作风险,加速煤矿开采向无人化迈进^[1]。

3.2 运输系统控制

机电一体化技术可以显著提升煤矿运输系统的智能化水平,作为运输主力的带式输送机,应用变频驱动及张力自适应调节技术,通过称重传感器实时监测负载情况,经PLC控制器智能调节运行速度,在确保运输效能的同时降低能耗。轨道运输系统中,电机车搭载自动驾驶模块,融合惯性导航与RFID定位技术,能够在井下巷道内沿预设路线精准行驶,并通过无线通信与调度中心实时交互,实现运输任务的智能分配与路径优化。此外,系统集成故障诊断功能,利用振动、温度传感器采集设备运行数据,借助机器学习算法分析异常信号,提前预警皮带偏移、电机过热等故障,有效减少停机时间,该技术的应用使运输效率提升25%,能耗降低15%,保障煤炭运输的高效连续。

3.3 通风与防尘系统自动化

机电一体化技术为煤矿通风防尘系统提供了关键技术支撑。通风系统配置变频调速风机及智能监测设备,通过风速、瓦斯浓度传感器实时采集井下环境数据,PLC根据设定阈值自动调节风机转速,实现按需供风。通风网络中的风门配备电动执行机构与位移传感器,支持远程控制,优化风流分布。防尘系统中,喷雾降尘装置采用红外感应与自动控制技术,当检测到人员或设备经过时,自动调整喷雾角度与水量,在保障降尘效果的同时节约水资源。粉尘浓度监测仪与智能洒水系统联动,依据实时粉尘浓度数据自动启停洒水设备,将作业区域粉尘浓度严格控制在安全标准范围内。这些自动化技术的应用,有效改善井下作业环境,降低职业健康风险,筑牢安全生产防线^[2]。

4 煤矿生产自动控制系统中机电一体化技术面临的挑战

4.1 技术集成与兼容性挑战

煤矿生产自动控制系统融合多学科技术成果,技术整合与兼容矛盾显著。由于设备供应商的通信协议与数据接口缺乏统一标准,感知层传感器、传输层通信设备及控制层PLC等组件难以实现有效互联互通,造成数据

传输中断与交互不畅,大幅降低系统协同作业效能。在传统机电控制技术与人工智能、物联网等前沿技术融合过程中,算法适配性差、数据格式不兼容等问题频发,引发系统运行不稳定。此外,井下复杂多变的电磁环境对通信信号产生强烈干扰,加之老旧设备升级难度大,与新技术的集成适配困难,严重阻碍系统智能化升级进程,制约煤矿自动化生产的高质量发展。

4.2 设备可靠性与维护难题

煤矿井下高湿、高尘、强震的恶劣作业环境,对机电一体化设备的可靠性构成极大威胁。设备在长期运行过程中,机械部件磨损加剧、电子元件加速老化,极易引发系统故障,加上传感器、PLC控制器等核心设备在高温潮湿环境下,使用寿命显著缩短,且故障诊断与修复工作难度大、耗时长。煤矿生产系统设备种类繁多、结构精密,故障排查依赖专业检测设备与丰富实践经验,而当前以事后维修为主的维护模式,缺乏对设备运行状态的实时监测与故障预警能力,难以开展预防性维护工作。设备故障不仅导致生产中断,频繁的停机检修还增加了维护成本,严重影响安全生产与经济效益。

4.3 专业人才短缺困境

机电一体化技术在煤矿生产中的应用,亟需精通机械设计、电子技术、自动化控制及计算机编程的复合型专业人才,但是当前煤炭行业人才培养体系发展滞后,高校相关专业课程理论性过强,实践教学环节薄弱,致使毕业生难以快速适应岗位实际需求。企业内部培训体系不完善,缺乏系统性人才培养规划,在职人员技能提升缓慢,加之煤矿工作环境艰苦、薪酬待遇缺乏吸引力,难以吸引和留住高端专业人才。现有技术人员知识结构更新不及时,对人工智能、大数据等新兴技术掌握程度不足,无法满足煤矿智能化升级需求,严重制约企业技术创新能力,阻碍机电一体化技术在煤矿生产自动控制系统中的深入应用^[3]。

5 煤矿生产自动控制系统中机电一体化技术应用措施

5.1 制定统一技术标准与通信协议

破解煤矿生产自动控制系统技术集成与兼容困境,构建统一的技术标准与通信协议体系是关键突破口,需要行业监管部门统筹协调,联合科研院所、设备供应商及煤矿企业,共同搭建涵盖设备接口规范、数据编码规则、通信协议标准的完整体系,明晰各功能层级设备的技术参数要求,从根源上解决因标准不统一导致的设备

对接难题。例如：规范传感器输出信号制式，统一采用工业以太网通信协议，保障感知层数据向控制层的高效传输。

在通信协议构建方面，应优先选用开放性、兼容性佳的协议框架，如 OPCUA 协议，以此打破设备厂商间的技术壁垒，实现数据的无障碍交互与共享。建立标准化的数据定义规范，统一数据命名规则、编码格式及传输协议，规避因语义分歧或格式混乱引发的数据解析错误。针对系统中的老旧设备，可制定阶段性过渡标准，通过部署协议转换装置等方式，逐步实现老旧设备与新型系统的无缝衔接。

统一技术标准与通信协议的落地实施，不仅能够显著提升系统集成效率，降低设备全生命周期管理成本，还能为人工智能、物联网等前沿技术的深度融合创造条件，推动煤矿生产自动控制系统向标准化、智能化方向进阶，为煤炭行业的转型升级注入强劲动力。

5.2 强化设备环境适应性与维护

煤矿井下存在湿度高、粉尘大、震动强等恶劣工况，极大影响机电一体化设备运行的稳定性。提升设备环境适应性并完善维护机制，是确保生产控制系统可靠运行的重要手段。在设备研发制造阶段，需运用特种防护技术和新型材料，例如为电子器件涂覆防水密封胶层，对机械组件实施表面硬化处理，增强设备抗环境侵蚀能力；针对高温作业环境，重新设计散热架构，配置智能控温模块，保障设备在极端温度条件下的持续运转。

在设备维护管理领域，需搭建智能化运维体系。借助传感器网络与物联网技术搭建实时监测平台，对设备运行数据进行全天候采集，结合大数据挖掘与人工智能算法，精准预测潜在故障隐患，推动维护模式从被动响应向主动预防转变。同时，建立标准化维护规程，定期开展设备深度检修与保养工作，创建设备全生命周期档案，详细记录维护作业详情与部件更换信息，并配备便携式智能诊断仪器，便于井下快速定位故障，缩短维修周期，减少因设备停机造成的产能损失，全面提升煤矿生产自动控制系统的稳定性与可靠性^[4]。

5.3 建立完善人才培养与激励机制

专业人才是推动煤矿生产自动控制系统机电一体化技术革新的核心要素。面对当前行业存在的复合型人才匮乏、技术人员知识体系滞后等困境，构建系统化的人才培育与激励机制已成为行业发展的迫切需求。在人才培育体系建设中，高等院校承担着源头培养的关键职责。需对机电一体化专业课程体系进行革新，增设煤矿

智能化生产实践课程模块，融入真实煤矿生产案例开展情景化教学，深化理论知识与工程实践的融合度。通过校企协同合作，共建实训基地，为学生创造深入煤矿井下作业现场的实践机会，使其熟悉自动化设备运行逻辑与系统操作规范，切实提升实践能力。

企业内部的人才培养同样是不可或缺的重要环节，应制定精细化、差异化的培训方案，针对新入职员工实施基础技能强化培训，助力其快速掌握岗位核心技能；为在职技术人员开设人工智能、工业物联网等新兴技术进阶课程，推动知识体系迭代更新，并定期组织技术研讨活动与技能比武竞赛，构建良性竞争的学习环境，激发员工自主学习的主动性。

健全的激励制度是吸引人才、稳定人才队伍的重要抓手，企业需重新设计薪酬福利架构，提高煤矿机电一体化岗位的薪资竞争力，设立专项技术创新奖励制度，对解决关键技术难题、提出创新性技术方案的员工给予高额奖励。此外，持续改善井下作业环境，丰富员工文化活动，增强员工的企业认同感与归属感，从而组建一支高素质、高稳定性的专业人才团队，为煤矿生产自动控制系统机电一体化技术的持续创新与应用提供坚实的人力保障^[5]。

6 结语

机电一体化技术在煤矿生产自动控制系统的应用，显著提升了开采效率与安全水平，推动行业向智能化迈进。尽管当前存在技术集成难、设备维护复杂及人才短缺等困境，但通过制定统一标准、强化设备性能、完善人才培养体系等措施，已逐步突破发展瓶颈。随着技术的持续创新与优化，机电一体化技术将在煤矿生产中实现更深度融合，为煤炭行业绿色、高效发展注入持久动力。

参考文献

- [1] 罗永刚. 煤矿生产自动控制系统中机电一体化技术应用研究[J]. 现代工程科技, 2025, 4(03): 133-136.
- [2] 陈建飞, 拓航. 机电一体化技术在煤矿生产自动控制系统中的应用分析[J]. 中国机械, 2024, (29): 66-69.
- [3] 孙灏. PLC 技术在煤矿设备自动控制系统中的应用研究[J]. 科技创新与应用, 2021, 11(25): 158-160.
- [4] 王润平. 煤矿生产自动控制系统探析[J]. 石化技术, 2019, 26(08): 338+341.
- [5] 杜慧军. 煤矿生产自动控制系统探讨[J]. 石化技术, 2019, 26(08): 345-346.