

机电一体化数控技术在煤矿机电机械中的应用探析

王蛟龙

国际能源集团神延煤炭公司西湾露天煤矿 陕西 榆林 719000

摘要: 本文探析机电一体化数控技术在煤矿机电机械中的应用。该技术融合多学科知识,具备高精度、自动化与智能化特点,且控制精度、智能化与协同化水平不断提升。在煤矿领域,它能增强生产安全性,提升机械检测效率,提高生产效率。具体应用于采煤机、提升与输送设备、支护机械、掘进机、供电系统及监控设备等,实现精准控制、故障预警、高效运行等功能,为煤矿安全生产与高效运营提供有力支撑。

关键词: 机电一体化数控技术; 煤矿; 机电机械; 应用

引言: 煤矿行业作为能源生产的关键领域,其生产效率与安全性至关重要。传统煤矿机电机械依赖人工操作,存在效率低、安全隐患多等问题。随着科技发展,机电一体化数控技术应运而生,它融合机械、电子、计算机等多学科知识,具备高精度、自动化与智能化优势。在煤矿领域,该技术的应用前景广阔。本文将深入探析机电一体化数控技术在煤矿机电机械中的应用,分析其意义与具体应用场景,为煤矿行业的技术升级提供参考。

1 机电一体化数控技术概述

1.1 机电一体化数控技术的核心内涵

机电一体化数控技术是融合机械工程、电子信息、计算机科学及自动控制的多学科技术体系,旨在通过数字化、程序化控制实现机械设备的高精度、自动化与智能化运行。相较于传统“机械传动+人工操作”模式,该技术依托计算机生成数值指令,驱动伺服电机、传感器等电子执行元件,精准控制机械部件运动,形成“指令生成-信号传输-动作执行-状态反馈”的闭环控制流程。其技术构成包含三大核心模块:机械基础模块通过优化机械结构(如高精度传动齿轮、轻量化机身),为数控系统提供稳定硬件支撑,确保设备在煤矿高强度作业中的耐用性与可靠性;电子控制模块由传感器、信号处理器与执行器组成,负责采集设备运行参数(温度、压力、转速),转化为电子信号并传输至计算机,同时执行控制指令;计算机数控模块作为核心,利用嵌入式系统或PLC编程软件实现数据处理、指令生成与故障诊断,部分先进系统具备机器学习功能,可基于历史数据优化控制策略。在煤矿场景中,其优势体现在精准性与实时性,例如协同控制采煤机滚筒转速与推进速度,实现自适应切割,避免机械损耗与资源浪费;传感器与计算机的毫秒级交互可快速响应异常,降低故障风险。

1.2 机电一体化数控技术的发展趋势

随着物联网、人工智能与大数据技术融合,机电一体化数控技术在煤矿领域呈现三大趋势:一是控制精度向微米级迈进,通过激光定位与伺服电机闭环控制,掘进机切割轨迹误差可控制在 $\pm 2\text{mm}$ 以内,满足复杂地质精准开采需求;二是智能化水平升级,从“被动监控”转向“主动预测”,利用AI算法分析设备运行数据,提前识别轴承磨损、电机过热等潜在故障,实现预防性维护。三是协同化程度加深,通过工业互联网实现多设备数据共享与联动控制,如采煤机、输送机与转载机根据开采速度自动调整转速,避免煤炭堆积或空载,提升整体效率^[1]。此外,针对煤矿井下高瓦斯、高粉尘环境,技术向“本质安全化”发展,采用防爆电子元件、光纤通信抗干扰技术及防水防尘结构,确保系统稳定运行,符合井下设备安全规程要求。

2 机电一体化数控技术在煤矿机电机械中应用的意义

2.1 增强煤矿生产的安全性

安全生产是煤矿行业的核心要求。传统煤矿机电机械依赖人工监控与操作,易因人为失误或操作延迟引发事故。机电一体化数控技术通过实时监测、自动控制与故障预警,构建起煤矿生产的“安全屏障”。在实时监测方面,数控系统通过部署在关键部位的传感器(如温度、压力、振动传感器),持续采集设备运行参数及井下环境数据(如瓦斯浓度、粉尘含量)。例如,采煤机数控系统可实时监测滚筒轴承温度,超过阈值(如 80°C)时自动报警并降速,若温度持续升高则停机保护,避免机械火灾;高瓦斯矿井中,瓦斯传感器与数控系统联动,浓度达 0.8% 时自动切断设备电源,防止电火花引发爆炸;在自动控制方面,数控技术实现“无人化”或“少人化”操作,减少井下人员暴露风险。如皮带输送机采用数控系统后,可通过远程操作实现启停、调速与故障处理,避免输送带事故

导致的人员伤亡。此外，数控系统的故障诊断功能可快速定位问题，如提升机数控系统通过振动数据分析钢丝绳磨损，提前预警断裂风险，故障识别准确率提升85%，为安全运行争取时间。

2.2 提升煤矿机械检测效率

传统煤矿机电机械检测主要依靠人工巡检，存在检测周期冗长、覆盖区域局限、数据误差明显等弊端，隐蔽性故障（如电机绝缘老化）往往难以在早期被发现。机电一体化数控技术借助自动化检测与数据智能分析，达成检测的“高效化”与“精准化”。在自动化检测环节，数控系统能够对关键部件展开全天候、无死角的监测。比如，煤矿变压器数控检测系统运用电流、电压传感器以及红外测温技术，实时采集运行参数并生成报告，检测频率从每月1次提高到每分钟1次，能及时察觉负载不均、绝缘损坏等情况；带式输送机数控系统配备激光扫描与图像识别技术，实时检测输送带撕裂缺陷，检测速度可达2m/s，准确率超过98%。在数据智能分析方面，数控系统通过大数据算法对设备性能变化进行预测^[2]。比如，对刮板输送机运行数据（如链条张力、电机功率）构建性能衰减模型，可提前1-2个月预测链条磨损情况，以便及时更换；水泵房数控系统分析流量、扬程与能耗数据，识别叶轮磨损导致的效率下降，减少非计划停机时间达40%。此外，数控检测系统实现数据的数字化存储与共享，通过工业互联网平台上传至调度中心，方便远程管理与追溯，为设备维护提供可靠依据。

2.3 提高煤矿生产效率

传统煤矿生产受人工操作效率低下、机械控制粗放的影响，存在生产流程衔接不畅、资源利用率不高等问题。机电一体化数控技术通过精准控制设备参数、优化生产流程协同，显著提升生产效率并降低能耗。在设备精准控制上，数控系统能根据实际需求动态调整运行参数。如采煤机借助煤层硬度传感器实时检测煤质，自动调整滚筒转速（硬煤层25r/min、软煤层40r/min）与推进速度（硬煤层0.8m/min、软煤层1.2m/min），应用后采煤效率提高20%，回采率提升5%。在生产流程协同方面，数控系统实现多设备联动。如综采工作面中，采煤机速度实时传输至输送设备，刮板输送机依据采煤量自动调整链速，转载机同步匹配转速，保障煤炭连续输送，整体效率提升15%；煤矿提升系统按照产量动态调整运行周期。另外，数控系统减少了人工操作的时间损耗与误差。如采煤机自动调整切割角度，每小时调整次数从3-5次减少到1次，时间缩短至1分钟以内，有效延长了设备作业时间，进一步提升生产效率。

3 机电一体化数控技术在煤矿机电机械中的具体应用

3.1 在采煤机中的应用

采煤机是煤矿开采核心设备，机电一体化数控技术对其切割参数、行走系统与故障诊断精准控制，实现高效低耗开采。在切割参数自适应控制上，数控系统借滚筒上的煤质传感器（如 γ 射线传感器），实时检测煤层硬度、厚度与夹矸分布，自动优化参数。硬煤层时降滚筒转速、增扭矩；遇厚夹矸层抬升滚筒绕过；薄煤层开采用激光定位切割高度误差 $\pm 5\text{mm}$ 内。行走系统控制方面，采用变频调速与电液比例控制，编码器采集速度与位置信息，接近端头自动减速防碰撞，根据切割阻力动态调速，“记忆切割”功能减少人工干预。故障诊断与保护上，实时监测电机电流等参数构建诊断模型，过载、液压系统泄漏、齿轮故障等均能准确判断，准确率超90%，为维修提供精准建议，减少处理时间^[3]。

3.2 在煤矿提升与输送设备中的应用

煤矿提升与输送设备影响生产连续性，机电一体化数控技术实现高效稳定运输。提升设备中，数控系统用PLC与变频调速技术，主井提升机依提升高度与负载生成速度曲线，加速、匀速、减速、制动精准，节能15%-20%，定位误差 $\pm 5\text{mm}$ 内。安全保护功能完善，过卷、过负荷、限速保护确保异常工况安全。带式输送机里，数控系统依产量调输送速度，防煤炭堆积；用电液推杆等调输送带张力，跑偏超50mm自动纠正，响应时间小于2s；长距离输送机用多电机驱动与功率平衡技术，电机功率偏差 $\pm 5\%$ 内。刮板输送机中，数控系统依采煤量调链条速度，监测链条张力防卡阻，超额定值110%时自动处理，还能监测链条磨损，伸长超3%报警提醒更换。

3.3 在煤矿支护机械设备中的应用

煤矿支护机械对保障井下作业安全至关重要，机电一体化数控技术为其赋予智能化控制能力。以液压支架为例，数控系统通过压力传感器实时监测顶板压力，当压力超过设计值时，自动调整液压缸的伸缩量，增加支护强度，防止顶板垮塌。在移架过程中，数控系统精确控制移架速度与方向，确保支架平稳移动，避免对顶板和煤壁造成二次破坏。部分先进支护设备还具备自动跟机功能，能根据采煤机的位置和行走速度，自动调整支护位置，实现支护与采煤的协同作业。数控系统可对支护设备的液压系统进行实时监测，如检测液压油温度、压力波动等参数，提前发现液压系统故障隐患，如液压油温度过高可能引发密封件老化，系统及时发出预警，提醒维护人员处理，保障支护设备的可靠运行，为煤矿安全生产提供坚实支撑。

3.4 在煤矿掘进机中的应用

煤矿掘进机用于开拓巷道,机电一体化数控技术提升其作业效率与质量。在切割控制方面,数控系统通过安装在截割头上的传感器,实时感知煤岩硬度,自动调整截割头的转速与推进力。遇到坚硬岩石时,降低转速、增大推进力,避免截齿过度磨损;在软煤层中则提高转速、减小推进力,提高切割效率。在行走控制上,采用履带式行走机构与数控系统结合,实现掘进机的精准定位与灵活转向。通过编码器反馈行走距离与角度信息,数控系统控制两侧履带差速,使掘进机能原地转向,适应复杂巷道环境。数控系统还具备故障自诊断功能,对电机、液压系统等关键部件的运行参数实时监测,如电机温度、液压系统压力等,一旦发现异常立即报警并显示故障位置,指导维修人员快速排除故障,减少设备停机时间,保障掘进作业的连续进行。

3.5 在煤矿供电系统中的应用

煤矿供电系统为井下设备提供动力,机电一体化数控技术保障其稳定可靠运行。在电力分配方面,数控系统根据各设备的用电需求与优先级,智能分配电能。如对采煤机、提升机等关键设备优先供电,确保其正常运行;对一些非关键辅助设备,在用电高峰时适当限制其功率,避免过载。在电压调节上,采用数控有载调压开关,实时监测电网电压波动,当电压偏离额定值时,自动调整变压器分接头,将电压稳定在合理范围内,保障设备不受电压波动影响^[4]。同时,数控系统具备完善的保护功能,如短路保护、过载保护、漏电保护等。当发生短路故障时,能在毫秒级时间内切断电源,防止故障扩大;过载时根据过载程度分级报警并采取相应措施;漏电保护可快速定位漏电位置,避免人员触电事故,提高煤矿供电系统的安全性与可靠性。

3.6 在煤矿监控设备中的应用

煤矿监控设备是保障安全生产的重要手段,机电一体化数控技术使其功能更强大、监测更精准。在环境监测方面,数控系统连接瓦斯传感器、粉尘传感器、温度

传感器等,实时采集井下瓦斯浓度、粉尘含量、温度等环境参数,并将数据传输至地面监控中心。当瓦斯浓度接近爆炸下限(如0.5%)时,系统立即发出声光报警,并自动切断相关区域设备电源,防止爆炸事故发生。在设备状态监测上,通过在机电机械关键部位安装振动传感器、转速传感器等,实时监测设备运行状态。如监测采煤机电机振动频率,分析其是否存在轴承磨损、转子不平衡等故障隐患,提前预警。另外,数控系统还具备视频监控功能,在井下关键位置安装高清摄像头,实时传输视频画面至地面,管理人员可远程查看井下作业情况,及时发现安全隐患并指挥处理,实现煤矿生产的可视化管理与智能化监控,提升煤矿整体安全管理水平。

结束语

机电一体化数控技术在煤矿机电机械中的应用成效显著,在增强煤矿生产安全性、提升机械检测效率以及提高生产效率方面发挥了关键作用。其具体应用涵盖采煤机、提升与输送设备、支护机械、掘进机、供电系统及监控设备等多个方面,实现了设备的精准控制、故障预警以及高效运行。未来,随着技术的持续创新与发展,机电一体化数控技术将在煤矿领域得到更广泛深入的应用,进一步推动煤矿行业向智能化、安全化、高效化方向迈进。

参考文献

- [1]王占勇.机电一体化数控技术在煤矿机械中的应用分析[J].电脑高手,2020(3):1317-1318.
- [2]贾岩岩.机电一体化数控技术在煤矿机械中的应用[J].电脑高手,2020(3):2471-2472.
- [3]雷艺聪.剖析机电一体化技术在智能制造中的应用与实施[J].中小企业管理与科技(中旬刊),2020(12):175-176.
- [4]伞洪园.机电一体化技术在机械工程上的应用及其趋势展望[J].城市建设理论研究(电子版),2020(16):47-48.