

煤矿采煤机智能化关键技术探讨

李智杰

山西高平科兴云泉煤业有限公司 山西 高平 048400

摘要: 文章聚焦煤矿采煤机智能化关键技术,阐述了感知、决策控制、通信及远程运维等关键技术的重要性、现状与挑战。感知技术为智能化提供基础数据,决策控制技术实现自主作业,通信技术保障信息交互,远程运维技术提升管理效能。针对各技术现存问题,提出加强传感器研发、优化决策控制算法、完善通信网络建设等优化策略,旨在提升采煤机智能化水平,推动煤炭开采行业向高效、安全、智能方向发展。

关键词: 煤矿采煤机;智能化关键技术;优化策略

引言

煤炭作为重要能源,其开采效率与安全性备受关注。传统采煤方式存在效率低、安全隐患多等问题,难以满足现代煤炭行业发展需求。煤矿采煤机智能化成为解决这些问题的关键途径。通过引入先进技术,实现采煤机的自主感知、决策与控制,可显著提高开采效率、保障作业安全、降低开采成本。深入研究煤矿采煤机智能化关键技术,对推动煤炭行业转型升级、实现可持续发展具有重要意义。

1 煤矿采煤机智能化关键技术的重要性

在煤炭开采领域,煤矿采煤机智能化关键技术占据着举足轻重的地位,对煤炭行业的可持续发展具有深远意义。从生产效率层面来看,智能化关键技术能明显提升采煤机的作业效率。传统采煤机操作依赖人工经验与现场判断,存在作业速度慢、截割精度不高等问题。而智能化技术通过精准的感知系统,实时获取煤层厚度、硬度、地质构造等信息,结合先进的决策控制算法,自动调整采煤机的运行参数,实现高效、精准截割。这减少了人工干预,还大幅提高了采煤速度与产量,有效缩短了煤炭开采周期,增强了煤炭企业的市场竞争力。在安全保障方面,智能化关键技术发挥着不可替代的作用。煤炭开采环境复杂,存在顶板冒落、瓦斯突出等诸多安全隐患。智能化采煤机配备多种传感器,可实时监测设备运行状态、环境参数,发现异常情况,能迅速发出警报并采取相应措施,如自动停机、调整通风等,有效预防事故发生,保障矿工生命安全。远程监控与操作技术使矿工能在安全区域对采煤机进行操控,降低了井下作业风险。智能化关键技术有助于降低煤炭开采成本。通过优化采煤机运行参数,减少设备磨损与能源消耗,延长设备使用寿命,降低维修成本与能耗成本。智能化作业减少了人工数量,降低了人力成本。精准的开

采作业提高了煤炭资源回收率,减少了资源浪费,提升了煤炭企业的经济效益。

2 煤矿采煤机智能化关键技术

2.1 感知技术

在采煤机复杂的作业场景中,不同类型的传感器各司其职,承担着关键的信息采集任务。位移传感器采用电磁感应或光电编码原理,精确捕捉截割部的位移变化与运动轨迹,为实现毫米级的截割精度控制提供数据支撑,有效保障煤炭开采的精准性;压力传感器基于应变片或压阻效应,实时感知截割过程中截齿、滚筒等部件的受力状况,如果监测到异常负荷,立即触发预警机制,防止设备因过载发生结构性损坏;温度传感器利用热电偶或红外测温技术,对电机绕组、液压泵等发热部件进行持续温度监测,通过设定阈值及时发现潜在的过热风险,避免因高温引发的设备故障;倾角传感器则借助加速度计与陀螺仪的组合,实时获取采煤机在三维空间中的姿态数据,确保设备在起伏巷道与倾斜煤层中保持稳定运行。尽管感知技术已取得显著进展,但在实际应用中仍面临诸多挑战。井下高粉尘、强电磁干扰的恶劣环境,对传感器的精度与可靠性提出严峻考验,导致部分传感器出现测量误差增大、信号丢失等问题。多源异构的感知数据在融合过程中,存在数据格式不统一、时间同步困难等障碍,使得信息整合效率低下,难以形成全面、准确的感知结果。未来亟需研发具备抗干扰、耐磨损特性的新型传感器,并改进数据融合算法,通过优化特征提取与信息匹配策略,提升感知系统的整体性能。

2.2 决策控制技术

(1) 煤矿采煤机智能化作业的核心在于决策控制技术,该技术通过对感知数据的解析处理,实现控制指令的精准生成与执行。在决策控制领域,人工智能算法的深度融入大幅提升了采煤机智能化程度与自适应性能。

模糊控制算法依据模糊逻辑原理,将设备运行参数及环境变量模糊化处理,借助预构建的规则库进行推理运算,可在复杂工况下迅速制定优化控制策略,实现截割速度与牵引速度的动态匹配;(2)神经网络算法凭借强大的自学习能力,通过海量历史数据训练构建非线性动力学模型,能精确预测设备运行状态,还可依据预测结果提前优化控制参数,有效降低故障风险;(3)专家系统则集成行业知识经验形成规则库,通过正反向推理机制,为突发工况下的决策提供可靠依据。但该技术在实践中存在局限性,复杂算法对硬件算力要求严苛,导致运算延迟难以满足实时控制需求;井下工况的复杂多变使算法泛化能力不足,特殊工况下决策精度下降。需优化算法架构,运用轻量化设计与并行计算技术提升运算效率,结合迁移学习、强化学习等方法增强算法适应性,推动采煤机决策控制智能化升级^[1]。

2.3 通信技术

通信技术是保障煤矿采煤机与外部系统信息交互畅通的关键支撑,其性能直接影响智能化系统的协同效率。采煤机通信技术主要分为有线通信与无线通信两大类,各有优劣。有线通信以光纤通信为代表,凭借其高达数十Gbps的传输速率与极低的误码率,能稳定传输高清视频、大量监测数据等大容量信息,适用于对数据完整性与实时性要求极高的场景,如远程监控与故障诊断;但光纤布线需贯穿整个采煤工作面,施工难度大且后期维护成本高,限制了其应用灵活性。无线通信技术,如Wi-Fi、ZigBee及新兴的5G技术,具有部署便捷、可动态调整网络拓扑的优势,能够快速构建覆盖工作面的通信网络,满足移动设备的通信需求;但受井下复杂电磁环境与多径效应影响,存在信号衰减严重、传输延迟不稳定等问题,在长距离传输时尤为明显。为构建高效可靠的通信网络,需采用多技术融合的解决方案。通过有线通信保障核心数据的稳定传输,利用无线通信实现设备的灵活接入,形成互补的通信架构。针对通信协议不兼容问题,需制定统一的数据传输标准,实现不同设备与系统间的无缝对接;在数据安全方面,引入端到端加密技术与身份认证机制,防止数据泄露与非法入侵,确保采煤机智能化系统通信过程的安全可靠。

2.4 远程运维技术

(1)煤矿采煤机智能化管理因远程运维技术革新获得突破,该技术通过搭建远程监控与故障处置架构,有效提升设备运维效能。其核心在于采煤机搭载的远程监控终端,可实时采集振动、电流、液压压力等多源运行数据,并借助专用通信链路传输至地面监控中枢。地面

系统运用大数据分析技术深度剖析数据,基于机器学习算法构建设备健康评估模型,能够精准预判齿轮磨损、液压泄漏等潜在故障,实现从被动维修到主动维护的模式转变。(2)在采煤机故障诊断与修复环节,VR与AR技术优势显著。VR技术凭借强大的三维建模能力,构建与实体设备高度匹配的虚拟模型,运维人员可通过远程操控模拟设备运行全流程,从多角度观察设备内部结构与运行状态,精准定位故障根源。AR技术依托图像识别与虚实融合,将维修虚拟信息实时投射至设备,操作人员依指引操作,高效修复故障,提升运维效率。(3)远程运维技术在实践中面临诸多挑战。井下通信网络带宽限制与高延迟特性,影响数据实时传输与远程操作响应;网络安全隐患可能引发数据篡改或系统崩溃,威胁设备运行安全;专业运维专家短缺,难以满足大规模设备运维需求。后续需强化5G等高速通信网络井下覆盖,完善网络安全防护体系,同时构建专家资源共享平台与智能诊断系统,扩充技术支持能力,推动采煤机远程运维技术的优化升级与广泛应用^[2]。

3 煤矿采煤机智能化关键技术优化策略

3.1 加强传感器技术研发

传感器技术作为采煤机智能化感知的基础,其性能直接影响设备对复杂井下环境的适应性。煤矿井下高粉尘、强电磁干扰及潮湿的作业环境,对传感器的精度、可靠性与耐久性提出了极高要求。加强传感器技术研发,需从材料创新、结构设计与算法优化三方面协同推进。在材料层面,研发新型传感材料是提升传感器性能的关键。采用纳米级复合材料制作传感器敏感元件,利用其优异的物理化学特性,可提高传感器的灵敏度与抗腐蚀能力,延长使用寿命。在结构设计上,通过优化传感器封装工艺,增强其防护性能,使其能够抵御井下恶劣环境的侵蚀。采用模块化设计理念,便于传感器的安装、更换与维护,降低设备运维成本。在算法优化方面,传统的数据融合方法难以满足多源异构数据处理需求。需研发先进的融合算法,如基于深度学习的多传感器数据融合模型,利用神经网络强大的特征提取与模式识别能力,对不同类型传感器采集的数据进行深度融合,消除数据冗余与冲突,提升感知信息的准确性与完整性。还应加强传感器自校准技术研究,通过建立自适应校准模型,实时修正传感器测量误差,确保感知数据的可靠性。

3.2 优化决策控制算法

(1)决策控制算法是采煤机智能化自主作业的核心,其性能直接关乎开采效率与设备安全。针对现有算

法实时性差、适应性弱的问题,可从多维度改进。革新算法架构,采用分布式控制将复杂任务拆解,提升执行效率;优化计算资源配置,借助并行处理降低控制器负载;强化鲁棒性设计,引入不确定性建模与容错机制,抵御模型误差与外部干扰,确保采煤机在复杂工况下稳定高效运行,实现精准智能控制。(2)分布式控制架构的应用,可将复杂的决策控制任务拆解为多个相对独立的子任务,交由不同计算单元并行处理,以此降低单一控制器的运算负载,提升算法执行效能,满足采煤机实时控制需求。将截割、牵引及液压系统控制等任务分离,各子系统依自身需求独立运行算法,并借助高速通信网络实现数据交互与协同控制。(3)基于采煤机实际运行工况开展算法定制化优化,通过构建采煤机动力学模型与井下环境模型,模拟设备在不同工况下的运行状态,为算法参数调校提供依据。运用强化学习、遗传算法等智能优化手段,对决策控制策略进行全局寻优,增强算法对工况变化的响应速度,实现最优控制。同时强化算法鲁棒性设计,引入不确定性因素建模与分析方法,嵌入容错机制与补偿策略,提升算法抵御模型误差、传感器噪声及外部干扰的能力,保障采煤机在复杂工况下稳定运行^[3]。

3.3 完善通信网络建设

通信网络是保障采煤机智能化系统信息流畅通的关键纽带,其稳定性与传输效率直接影响设备的协同作业能力。针对现有通信技术存在的局限性,需构建多技术融合的通信网络体系,加强标准化建设与安全防护。根据采煤机不同的通信需求与应用场景,选择合适的通信技术并进行有机融合。在长距离、大容量数据传输场景,优先采用光纤通信技术,利用其高带宽、低延迟的优势,保障核心数据的稳定传输;在设备移动性强、部署灵活的场景,采用5G、Wi-Fi等无线通信技术,实现设

备的便捷接入。通过搭建异构网络融合平台,实现有线与无线通信网络的无缝切换与协同工作,确保通信的连续性与可靠性。加强通信协议的标准化建设至关重要。统一的数据传输格式与通信接口规范,可消除不同设备与系统之间的兼容性问题,提高设备间的互操作性,促进智能化系统的集成与协同。为保障通信数据的安全传输,需采用先进的加密技术对数据进行加密处理,防止数据泄露与篡改。通过访问控制、身份认证等安全机制,对通信设备与用户进行权限管理,确保只有授权设备与人员能够访问通信网络,有效防范网络攻击与非法入侵,保障采煤机智能化系统的信息安全^[4]。

结束语

煤矿采煤机智能化关键技术的研究与应用,为煤炭开采行业带来了新的发展机遇。感知、决策控制、通信及远程运维等关键技术的协同发展,使采煤机在作业效率、安全保障和成本控制等方面取得了显著进步。然而,当前这些技术仍面临诸多挑战,需要不断加强技术研发与创新。通过实施优化策略,提升传感器性能、优化算法、完善通信网络,将进一步推动采煤机智能化水平迈向新高度,助力煤炭行业实现高效、安全、智能的现代化开采。

参考文献

- [1]张智波.煤矿采煤机智能化关键技术探讨[J].能源与节能,2025(4):188-190+243.
- [2]陈德坤.煤矿采煤机智能化关键技术探讨[J].内蒙古煤炭经济,2024(9):22-24.
- [3]佟化洲,鲁玉龙,李洪阳.煤矿采煤机智能化关键技术探讨[J].中国设备工程,2023(7):31-33.
- [4]苗鑫.煤矿采煤机智能化关键技术探讨[J].石化技术,2020,27(4):368-369.