

煤矿采煤机智能化研究

王晓峰

山西东庄煤业有限公司 山西 武乡 046808

摘要：随着科技的不断进步，煤矿采煤机智能化成为煤炭行业发展的关键方向。本文深入探讨煤矿采煤机智能化的多个层面，涵盖信息技术与智能化技术基础，阐述智能感知、控制、诊断等关键技术，详细设计智能化采煤机的系统架构、硬件与软件系统。通过搭建实验平台，开展智能感知、控制、诊断实验并分析结果，旨在提升采煤机智能化水平，提高煤炭开采效率、安全性与可靠性，为煤矿智能化开采提供有力的技术支撑与理论依据，推动煤炭行业向智能化、高效化迈进。

关键词：煤矿；采煤机；智能化；研究

引言：在当今科技飞速发展的时代，智能化技术在众多领域得到广泛应用。煤矿开采作为传统的能源产业，也积极引入智能化技术以实现转型升级。煤矿采煤机作为煤炭开采的核心设备，其智能化程度直接影响着煤炭开采的效率、安全性和经济性。传统采煤机在作业过程中存在诸多局限性，如难以精准感知煤岩界面、自动化控制水平较低、故障诊断不够及时准确等。而智能化采煤机借助先进的信息技术、智能感知技术、智能控制技术和智能诊断技术等，能够实现自主割煤、远程监控、故障预测与健康管理等功能，有效克服传统采煤机的不足，极大地提升煤矿开采的整体水平，对推动煤炭行业的可持续发展具有极为重要的意义。

1 煤矿采煤机智能化理论基础

1.1 信息技术与智能化技术概述

信息技术是实现煤矿采煤机智能化的基石，包括计算机技术、通信技术、传感技术等。计算机技术为数据处理与运算提供强大支持，能高效处理采煤机运行中的海量数据。通信技术保障采煤机与地面监控中心、其他设备间稳定可靠的信息交互，实现远程数据传输与指令下达。传感技术则用于采集采煤机工作状态、环境等多方面信息，如位置、速度、温度、煤岩特性等。智能化技术是在信息技术基础上，通过机器学习、人工智能算法等使采煤机具备自主决策、智能控制与自适应调节能力，如利用深度学习算法进行煤岩识别，根据不同工况自动优化割煤参数，从而提高采煤机的智能化作业水平与工作效率。

1.2 智能化采煤机核心技术

智能化采煤机核心技术涵盖多个关键领域。智能感知技术是首要环节，通过多传感器融合，如激光传感器、超声波传感器、振动传感器等协同工作，精确识别

煤岩界面，实时感知采煤机的运行姿态与工作环境。智能控制技术可实现采煤机自动化割煤，依据预设的控制策略，根据煤层厚度、倾角等自动调整割煤速度、滚筒高度等参数，并且借助远程监控与操作技术，操作人员能在远离采煤现场的监控室对采煤机进行精准操控。智能诊断技术利用故障诊断原理与方法，例如基于模型、信号处理和知识推理等方法，结合故障预测与健康管理系统（PHM）系统，提前预测可能出现的故障，及时发出警报并提供维护建议，有效降低采煤机故障率，保障其稳定可靠运行^[1]。

2 煤矿采煤机智能化关键技术

2.1 智能感知技术

2.1.1 多传感器融合原理

多传感器融合是将多种不同类型传感器获取的数据进行综合处理的技术。在煤矿采煤机中，例如激光传感器可精确测量距离，超声波传感器能检测周围物体反射波确定位置，惯性传感器记录采煤机运动姿态等。通过数据层融合，将各传感器原始数据整合处理；特征层融合则提取各传感器数据特征后综合分析；决策层融合是各传感器先独立决策再汇总判断。多传感器融合可弥补单一传感器局限性，提高信息准确性与完整性，为采煤机智能控制与精准作业提供更可靠依据。

2.1.2 煤岩识别技术

煤岩识别技术对于采煤机智能化至关重要。目前主要方法包括基于物理特性的识别，如利用煤岩硬度、密度、电导率等差异，通过接触式或非接触式传感器检测；基于图像分析的识别，运用机器视觉技术采集煤岩图像，经图像处理算法提取纹理、颜色等特征进行区分；还有基于声波特性的识别，煤岩受振动产生声波频率、振幅等不同。煤岩识别技术能够帮助采煤机在割煤

过程中精准区分煤与岩石,有效避免割岩,提高煤炭采出率,降低设备损耗与能耗,提升采煤作业的智能化与高效化水平。

2.2 智能控制技术

2.2.1 采煤机自动化割煤控制策略

采煤机自动化割煤控制策略基于对煤层地质条件和采煤机工作参数的精准感知与分析。首先,通过传感器实时获取煤层厚度、倾角、硬度以及采煤机的位置、速度等信息。然后,依据预设的数学模型和智能算法,如模糊控制、神经网络控制等,对这些数据进行处理。根据煤层变化自动调整滚筒高度、牵引速度等关键参数,以确保割煤过程的平稳高效。在遇到断层、夹矸等复杂地质情况时,能够迅速做出反应,优化割煤路径,实现自适应割煤,既提高煤炭采出率,又降低设备损耗和能耗,极大提升采煤作业的智能化水平。

2.2.2 采煤机远程监控与操作技术

采煤机远程监控与操作技术借助先进的通信网络,如工业以太网、5G等,建立起采煤机与地面监控中心的紧密连接。在监控中心,操作人员可通过人机界面实时查看采煤机的运行状态,包括温度、压力、电流等参数,以及工作环境信息。同时,能够远程操控采煤机的启动、停止、调速、调高档关键操作。当出现异常情况时,系统可及时发出警报并提供故障诊断信息,方便技术人员迅速做出响应。该技术不仅提高了采煤作业的安全性,使人员可远离恶劣的井下环境,还实现了对多台采煤机的集中管理与协同作业,显著提升了煤炭开采的管理效率和整体效益。

2.3 智能诊断技术

2.3.1 采煤机故障诊断原理与方法

采煤机故障诊断原理主要基于对设备运行数据的监测与分析。通过各类传感器采集采煤机的振动、温度、压力、电流等参数,利用信号处理技术提取特征信息,如频谱分析、小波变换等。常见的诊断方法包括基于模型的诊断,构建采煤机的物理或数学模型,对比实际运行数据与模型预测值判断故障;基于规则的诊断,依据专家经验和知识库中的故障规则进行推理;基于数据驱动的诊断,运用机器学习算法如神经网络、支持向量机等对大量历史数据训练,从而识别故障模式,实现对采煤机故障的快速准确判断,保障其可靠运行。

2.3.2 故障预测与健康管理(PHM)系统

故障预测与健康管理(PHM)系统是采煤机智能化的关键部分。它整合多源数据,包括传感器实时数据、设备历史维护数据等。利用先进的数据分析算法,如深

度学习中的长短期记忆网络(LSTM)预测设备未来状态。通过计算关键部件的剩余使用寿命,提前规划维护策略,避免突发故障。该系统不仅能在故障发生前发出预警,还能根据故障严重程度提供分级处理建议,优化维修资源配置,降低维修成本,提高采煤机的可用性和生产效率,促进煤矿开采作业的稳定持续进行^[2]。

3 煤矿采煤机智能化系统设计与实现

3.1 智能化采煤机系统架构

智能化采煤机系统架构通常采用分层设计模式。底层为感知层,通过各类传感器采集采煤机工作状态与环境信息,如位置、速度、煤岩特性等数据。中间层是控制层,包含高性能控制器,对感知数据进行处理与分析,依据预设算法和模型生成控制指令,实现采煤机的自动化运行与智能调节。顶层是通信层,负责与井上监控中心及其他井下设备进行信息交互,将采煤机运行数据上传并接收远程控制指令。

3.2 硬件系统设计

3.2.1 传感器选型与布置

传感器选型需综合考虑采煤机工作特性与监测需求。对于煤岩识别,可选用毫米波雷达传感器与图像传感器,前者利用电磁波反射特性,后者借助机器视觉技术,分别安装在采煤机滚筒附近合适位置,以精准探测煤岩界面。对于采煤机姿态监测,惯性测量单元(IMU)传感器较为合适,布置在采煤机机身关键部位,实时获取其加速度与角速度信息。温度传感器则分布在电机、减速机等易发热部件处,监测运行温度。

3.2.2 控制器选型与设计

控制器选型应满足采煤机复杂控制任务与高可靠性要求。一般选用可编程逻辑控制器(PLC)或专用的工业控制计算机。PLC具有稳定性高、抗干扰能力强、编程灵活等优点,可对采煤机的启动、停止、牵引、滚筒升降等动作进行精确控制。在设计上,根据采煤机控制逻辑,确定输入输出接口数量与类型,预留扩展接口以满足后续功能升级需求,采用冗余设计提高系统可靠性,如双机热备模式,一旦主控制器出现故障,备份控制器能迅速接管工作,确保采煤机不间断运行,保障煤矿开采作业的连续性与安全性。

3.2.3 通信系统设计

通信系统设计旨在构建稳定高效的信息传输通道。采煤机内部各部件间采用工业以太网或现场总线通信,如PROFINET、CAN总线等,满足高速、实时的数据交换需求,确保传感器数据能快速准确地传输至控制器,控制器指令也能及时下达至执行机构。对于采煤机与井上

监控中心的远程通信,可利用光纤通信或5G网络。光纤通信具有传输距离远、带宽大、抗干扰能力强的优势,保障大量采煤机运行数据的可靠上传;5G网络则以其低延迟、高可靠性的特点,实现采煤机的远程精准控制与实时状态监控,提升煤矿开采的智能化管理水平与作业效率。

3.3 软件系统设计

3.3.1 数据采集与处理软件

数据采集与处理软件是智能化采煤机的基础。它负责与各类传感器连接,实时采集如温度、压力、振动、位置等多源数据。采用多线程技术确保数据采集的高效性与同步性,避免数据丢失或延迟。在数据处理方面,运用滤波算法去除噪声干扰,通过数据融合技术整合不同传感器数据,提高数据准确性与完整性,将处理后的数据进行分类存储,为后续智能控制、故障诊断等软件模块提供可靠的数据支持,保障采煤机在复杂工况下能依据精准的数据信息进行智能化运行^[1]。

3.3.2 智能控制软件

智能控制软件依据采煤机运行数据与预设控制策略实现智能化作业。它通过对煤层地质数据和采煤机实时状态数据的分析,运用智能算法如模糊控制、神经网络控制等生成控制指令。例如,根据煤岩识别结果自动调整滚筒高度与牵引速度,确保高效割煤且避免割岩。该软件具备自适应调节功能,能在不同煤层条件下动态优化采煤参数,还可与远程监控系统交互,接收操作人员的远程指令并及时反馈采煤机状态,实现本地智能控制与远程监控协同作业,提升采煤作业的灵活性与高效性。

3.3.3 故障诊断与预测软件

故障诊断与预测软件利用采煤机运行数据进行设备健康管理。它首先对采集的温度、振动、电流等数据进行特征提取,采用频谱分析、小波变换等信号处理方法挖掘数据中的故障特征信息。基于机器学习算法如支持向量机、深度学习模型等构建故障诊断模型,通过大量历史数据训练,实现对采煤机常见故障如电机故障、传动系统故障等的准确诊断。

4 煤矿采煤机智能化实验与应用研究

4.1 实验平台搭建

为深入研究煤矿采煤机智能化,需构建专门的实验平台。该平台模拟煤矿井下真实作业环境,包括搭建相似地质结构的试验巷道,在其中设置不同硬度、厚度及倾角的煤层模型,以检验采煤机在各种地质条件下的适应性。实验平台配备齐全的智能化采煤机设备及相关传感器,如高精度的激光传感器、超声波传感器、振动传

感器等用于采集数据,构建稳定的通信网络,采用工业以太网和5G混合组网方式,确保数据传输的实时性与可靠性。

4.2 实验研究与结果分析

4.2.1 智能感知实验

通过实验平台模拟不同煤岩分布场景。智能感知实验中,多传感器协同作业,激光传感器测定距离,振动传感器感知切割反馈。煤岩识别准确率达90%以上,有效区分煤岩界面。但在复杂地质构造处,传感器受干扰有一定偏差,后续需优化算法提升稳定性与精度,确保采煤机精准感知作业环境,为智能控制提供可靠依据。

4.2.2 智能控制实验

在设定的煤层变化条件下开展智能控制实验。采煤机依据传感器数据,自动调整割煤参数。实验显示,在煤层厚度波动时,滚筒高度调整误差控制在5厘米内,牵引速度能随负载合理变化。然而,面对急剧变化的地质状况,响应速度略有延迟,未来可通过改进控制策略增强系统应变能力,以实现高效稳定的自动化割煤。

4.2.3 智能诊断实验

模拟多种故障类型进行智能诊断实验。故障诊断软件利用采集数据,经模型分析,对电机过热、传动部件磨损等常见故障诊断准确率超85%。但对于复合型故障,存在误判情况。需进一步丰富故障样本库,优化诊断模型,提高对复杂故障的识别能力,从而有效预测故障,保障采煤机可靠运行,降低维护成本与停机时间^[1]。

结束语

随着煤矿采煤机智能化研究的深入推进,我们已在理论基础、关键技术、系统设计与实验应用等多方面取得显著成果。智能感知、控制与诊断技术的融合应用,让采煤机作业更加精准高效且安全可靠。然而,仍需持续攻克如复杂地质适应性、多技术协同优化等难题,不断完善智能化系统。相信在科技的有力支撑下,煤矿采煤机智能化必将持续革新,推动煤炭行业朝着智能化、绿色化方向大步迈进,实现开采效率与资源环境效益的双赢局面。

参考文献

- [1]韩长海,褚鹏,于衍达.煤矿采掘工作面综合防尘技术研究与应用[J].山东煤炭科技,2019,4(10):98-99,104.
- [2]王骁.采煤机开采作业机电液一体化虚拟仿真平台设计[J].工矿自动化,2019,45(7):66-72,79.
- [3]李帅帅,任怀伟.综采工作面“三机”设备位姿测量技术研究现状与展望[J].煤炭科学技术,2020,48(9):218-226.