

Research and development progress of key technologies and equipment for intelligent coal mining faces

Hengqiang Liu

Shaanxi Zhongneng Coalfield Co., Ltd. Yuandatan Coal Mine, Yulin, Shaanxi, 719000, China

Abstract

With the continuous progress of science and technology, intelligent coal mining face has become an important direction for the development of coal mining technology. This paper mainly introduces the research and development progress of key technologies of intelligent coal mining face, including automatic straightening technology of working face, coal-rock interface recognition technology, hydraulic support and machine automation technology, and shearer memory cutting technology. At the same time, the problems and challenges existing in the research and development of intelligent coal mining equipment are analyzed, such as the stability and reliability of equipment, the problems of intelligent mining technology, and the lack of professional and technical personnel. The purpose of this paper is to provide technical reference for intelligent mining in coal mines and promote the automation and intelligent process of coal mine production.

Keywords

intelligence; Mining; Equipment

智能化采煤工作面关键技术及装备研发进展

刘横强

陕西中能煤田有限公司袁大滩煤矿, 中国·陕西 榆林 719000

摘 要

随着科技的不断进步, 智能化采煤工作面成为煤矿开采技术发展的重要方向。本文主要介绍了智能化采煤工作面关键技术的研发进展, 包括工作面自动取直技术、煤岩界面识别技术、液压支架跟机自动化技术以及采煤机记忆切割技术等。同时, 分析了当前智能化采煤装备研发中存在的问题和挑战, 如装备的稳定性和可靠性、智能化开采技术问题、缺乏专业技术人才等。文章旨在为煤矿智能化开采提供技术参考, 推动煤矿生产自动化、智能化进程。

关键词

智能化; 采煤; 技术装备

1 引言

随着我国经济的快速发展, 能源需求日益增长, 煤炭作为我国的主要能源, 其开采效率和安全性成为国家能源战略的重要组成部分。然而, 传统的煤炭开采方式劳动强度大、安全风险高、生产效率低, 已经无法满足现代化矿井的生产需求。因此, 智能化采煤技术的研发和应用, 成为提高煤炭开采效率和保障矿工安全的重要途径。

国家政策的大力支持。近年来, 国家高度重视能源产业的转型升级, 出台了一系列政策推动煤矿智能化建设。国家能源局发布的《煤炭行业智能化发展行动计划(2018—2020年)》明确指出, 要加大智能化煤矿建设力度, 推动煤炭产业高质量发展。政策的引导和扶持, 为智能化采煤技

术的研发和应用提供了良好的外部环境。科技发展的推动。随着信息技术、自动化技术、网络通信技术的飞速发展, 智能化采煤技术得到了长足进步。例如, 大数据、云计算、物联网、人工智能等先进技术在煤矿领域的应用, 使得采煤机、液压支架等关键设备的智能化水平不断提高, 为实现无人化、自动化开采提供了技术支持。煤炭生产安全的迫切需求。煤炭开采过程中, 安全风险始终是悬在矿工头顶的达摩克利斯之剑。智能化采煤技术的应用, 可以有效降低安全风险, 减少事故发生。通过智能感知、智能控制、智能诊断等技术, 可以实时监测矿井环境, 及时处理潜在隐患, 保障矿工的生命安全。提高生产效率是煤炭产业发展的关键。智能化采煤技术的研发, 可以使采煤机实现精准切割, 提高煤炭质量; 通过智能调度和优化生产流程, 可以提高矿井的生产效率, 降低生产成本, 提升企业的市场竞争力。

智能化采煤工作面关键技术及装备研发进展的研究背景, 既有政策导向, 又有科技发展的推动, 同时也是煤炭产业发

【作者简介】刘横强(1991—), 男, 中国陕西榆林人, 本科, 助理工程师, 从事采矿工程研究。

展和安全需求的必然选择。因此,开展智能化采煤技术研究,对于推动我国煤炭产业转型升级具有重要的现实意义^[1]。

2 智能化采煤工作面关键技术及装备概述

智能化采煤工作面关键技术及装备是集成了现代信息技术、自动化技术、网络通信技术、人工智能等众多高科技手段的煤炭开采技术。它通过智能化系统对矿井环境进行实时监测,对采煤机、液压支架、刮板输送机等主要设备进行自动控制,实现了煤炭开采的自动化、数字化和智能化,大大提高了煤炭资源的开采效率,降低了生产成本,同时保障了矿工的安全。

关键技术及装备主要包括以下几个方面:

①矿井环境感知技术:通过安装各类传感器,实时监测矿井环境,如瓦斯浓度、风速、湿度、温度等参数,为智能控制系统提供数据支持。

②采煤机智能控制技术:采煤机作为煤炭开采的核心设备,其智能化水平直接关系到煤炭开采的效率和安全性。通过搭载传感器、控制器和执行器,采煤机可以实现自动定位、记忆截割、自主调整等功能。

③液压支架智能控制技术:液压支架是维持矿井顶板稳定的关键设备。智能化液压支架通过安装压力传感器、行程传感器、倾角传感器等,可以实时监测顶板压力和支架状态,自动调整支架高度和行程,确保顶板安全。

④刮板输送机智能调速技术:刮板输送机负责将煤炭从采煤机输送到工作面外部。通过安装负荷传感器和调速控制器,刮板输送机可以根据煤炭流量和负荷自动调整运行速度,提高运输效率。

⑤数据处理与分析技术:通过收集矿井环境和设备运行的数据,运用大数据分析和人工智能算法,对矿井状态进行预测和诊断,为决策提供支持。

⑥网络通信技术:构建矿井内部的高速通信网络,实现矿井环境数据和设备运行数据的实时传输,保障系统的快速响应和稳定运行。

智能化采煤工作面关键技术及装备的研发和应用,可以有效提高煤炭开采的效率,减少人力成本,降低安全风险。例如,采煤机的自动定位和记忆截割功能,可以提高煤炭的切割精度,减少资源浪费;液压支架的智能控制,可以确保顶板的安全,减少顶板事故的发生;刮板输送机的智能调速,可以提高运输效率,降低能耗^[2]。

3 智能化采煤工作面关键技术及装备研发影响因素

3.1 关键技术研发滞后,自主创新能力不足

在智能化采煤工作面的建设过程中,核心技术的自主研发能力不足成为首要制约因素。目前,我国在智能感知、自主决策、远程控制等关键技术领域仍存在明显的对外依赖

现象。特别是在高精度传感器、智能控制系统等核心部件方面,国内产品的性能稳定性和环境适应性与国际先进水平相比仍有一定差距。以采煤机智能调高系统为例,其在复杂煤层条件下的识别精度和响应速度往往难以满足实际生产需求,导致开采效率和质量受到影响。另一个突出问题是技术体系的碎片化。由于缺乏统一的技术标准和规范,不同厂商开发的智能化系统往往采用各自的技术路线和数据接口,造成系统间兼容性差、数据互通困难。这种状况不仅增加了系统集成的难度,也制约了全工作面协同控制目标的实现。此外,在自适应截割算法、智能预警等软件层面的核心技术研发也相对滞后,难以满足煤矿生产对智能化水平的更高要求。

3.2 装备可靠性不足,适应性较差

智能化采煤装备在实际生产环境中的可靠性问题日益凸显。煤矿井下环境复杂多变,煤层厚度变化、断层构造、高瓦斯等特殊工况对装备的适应性提出了严峻挑战。当前智能化装备在面对这些复杂条件时,经常出现性能下降甚至功能失效的情况。例如,液压支架的自动跟机移架功能在煤层起伏较大时容易出现定位偏差,导致支护效果不佳;智能采煤机在遇到硬夹矸时,其截割系统的自适应调节能力往往不足,不仅影响开采效率,还可能加速设备磨损。装备的长期运行稳定性也是亟待解决的问题。在持续高强度作业条件下,关键部件的磨损、老化问题会显著影响智能化系统的精准度和可靠性。以巡检机器人为例,其在粉尘、潮湿的井下环境中长期工作后,传感系统的检测精度和通信系统的稳定性都会出现不同程度的下降。此外,现有智能化装备的故障自诊断能力普遍较弱,难以及时准确地发现潜在问题,增加了非计划停机的风险^[3]。

3.3 专业技术人才短缺,智能化运维能力不足

智能化采煤工作面的建设和运营对人才队伍提出了全新要求,但当前煤矿企业普遍面临人才结构失衡的问题。传统采矿工程人员缺乏自动化、信息技术方面的专业知识,而新引进的智能化专业人才又往往对煤矿生产实际了解不够深入,这种知识结构的断层严重影响了智能化系统的应用效果。在实际操作层面,许多一线工人对智能化设备的操作流程和维护要求掌握不足,导致先进装备的功能未能得到充分发挥。智能化运维能力的不足同样制约着系统的长期稳定运行。随着智能化程度的提高,系统日常运维的复杂度显著增加,需要专业的技术团队来保障。然而,当前煤矿企业在数据分析、系统优化等方面的专业人才储备明显不足,难以以为智能化系统提供持续的技术支持。特别是在系统出现故障时,由于缺乏专业的诊断和维修能力,往往需要依赖设备供应商的技术支持,导致问题解决周期长,影响正常生产。此外,智能化系统的升级优化也需要专业技术人员的持续投入,但目前大多数煤矿企业在这方面的力量配备明显不足。

4 智能化采煤工作面关键技术及装备研发策略

4.1 提升关键技术研发速度，增强自主创新能力

在关键技术研发方面，应当建立“产学研用”协同创新机制。重点突破智能感知技术瓶颈，研发具有自主知识产权的高精度传感器和检测装置，提升对煤层厚度、煤岩界面等关键参数的识别精度。以激光雷达和毫米波雷达技术为基础，开发适应井下复杂环境的三维感知系统，实现采煤工作面的全数字化建模。同时，要着力攻克自主决策算法难题，基于深度强化学习等人工智能技术，构建具有自学习能力的智能控制系统，使采煤装备能够根据地质条件变化自主调整作业参数。在系统集成方面，需要建立统一的技术标准和数据接口规范。制定智能化采煤工作面通信协议标准，实现不同厂商设备间的互联互通。开发基于工业互联网的平台架构，构建覆盖感知层、控制层、决策层的完整技术体系。特别要重视核心软件的自主研发，重点突破自适应切割算法、数字孪生仿真、智能预警等关键技术，降低对国外技术的依赖程度。通过建立示范工程，加快新技术新装备的验证和推广步伐^[4]。

4.2 提高装备可靠性，增强环境适应性

装备可靠性提升应从设计源头抓起。采用模块化设计理念，开发具有自诊断功能的智能采煤装备。重点改进采煤机智能调高系统，引入多传感器融合技术，提高对复杂煤层条件的适应能力。对液压支架电液控制系统进行优化升级，增强其在煤层起伏条件下的定位精度和支护稳定性。同时，要提升关键零部件的制造工艺水平，选用耐磨损、抗腐蚀的新型材料，延长设备使用寿命。在环境适应性方面，需要建立完善的装备试验验证体系。建设模拟井下复杂工况的试验平台，对智能化装备进行极端环境下的可靠性测试。开发装备健康状态监测系统，基于振动、温度等多参数融合分析，实现故障早期预警。针对高瓦斯、强粉尘等特殊环境，研发专用防护装置和抗干扰通信技术。此外，要建立装备全生命周期管理数据库，通过大数据分析优化设备维护策略，降低故障发生率^[5]。

4.3 培养专业技术人才，提升智能化运维能力

人才队伍建设应采取多层次培养策略。在高等教育层面，推动采矿工程与自动化、人工智能等学科的交叉融合，

培养复合型专业人才。支持高校开设智能采矿专业方向，建立校企联合培养机制。对于在职人员，制定系统的培训计划，通过理论授课、实操训练、现场观摩等方式，提升现有技术人员对智能化系统的理解和应用能力。特别要加强对智能化装备操作、维护人员的专项培训，建立持证上岗制度。在运维能力建设方面，需要构建专业化的技术支撑体系。煤矿企业应组建专门的智能化运维团队，配备数据分析师、系统工程师等专业技术岗位。建立智能化装备故障诊断专家库，开发远程技术支持平台。与设备制造商建立长期合作关系，开展预防性维护服务。同时，要完善人才激励机制，通过设立技术津贴、开展技能竞赛等方式，调动员工学习新技术的积极性。建立智能化人才培养基地，为行业持续输送高素质技术人才。

5 结语

智能化采煤工作面关键技术及装备的研发进展，为我国煤矿开采带来了革命性的变化。虽然当前仍存在一些技术和装备上的挑战，但随着科研力量的不断投入和技术创新，相信未来智能化采煤技术将取得更大的突破。工作面自动取直技术、煤岩界面识别技术、液压支架跟机自动化技术以及采煤机记忆切割技术的进一步优化，将极大提高煤矿生产效率，降低工人劳动强度，确保生产安全。同时，通过培养专业技术人才、加强装备稳定性和可靠性的研究，智能化采煤技术将更好地服务于煤矿生产，推动我国煤矿产业的可持续发展。

参考文献

- [1] 张红涛. 电牵引采煤机数据采集系统设计 [J]. 煤矿机械, 2025, 46 (04): 28-32.
- [2] 郭三宝. 智能化技术在采煤机故障诊断与维护中的应用研究 [J]. 机械管理开发, 2025, 40 (03): 257-260.
- [3] 刘新荣. 智能化工作面系统可靠性评价研究 [J]. 山东煤炭科技, 2025, 43 (03): 42-46+52.
- [4] 梁强. 智能化采煤工作面液压支架跟机移架控制技术研究 [J]. 能源与节能, 2025, (03): 261-263.
- [5] 聂永彪. 采煤工作面智能化生产系统构建研究 [J]. 能源与节能, 2025, (03): 32-34+38.