

# 煤矿智能化开采技术与装备发展现状及趋势分析

杨鹏

山东能源集团枣庄矿业集团高庄煤业有限公司, 中国·山东 枣庄 277600

**摘要:** 随着科技的进步, 煤矿智能化开采技术正在逐步实现应用, 极大地提升了煤矿的生产效率和安全性。智能化技术的引入, 不仅优化了煤矿资源的利用率, 还降低了环境污染, 并为矿山行业的绿色转型提供了支持。论文分析了煤矿智能化开采的现状与发展趋势, 探讨了智能化技术在煤矿中的应用领域及其典型装备, 剖析了技术推广中面临的挑战, 并展望了未来新兴技术的发展方向。绿色矿山建设与智能化技术的结合为煤矿行业的可持续发展提供了新的机遇。未来, 随着人工智能、5G、物联网等技术的进步, 煤矿智能化开采将进一步提升煤矿的综合效益和环境友好性。

**关键词:** 煤矿智能化开采; 绿色矿山; 智能装备新兴技术; 资源利用; 环境保护

## Analysis of the Current Status and Trends of Intelligent Mining Technology and Equipment Development in Coal Mines

Peng Yang

Shandong Energy Group Zaozhuang Mining Group Gaozhuang Coal Industry Co., Ltd., Zaozhuang, Shandong, 277600, China

**Abstract:** With the advancement of technology, intelligent mining technology in coal mines is gradually being applied, greatly improving the production efficiency and safety of coal mines. The introduction of intelligent technology not only optimizes the utilization of coal mine resources, but also reduces environmental pollution and provides support for the green transformation of the mining industry. The paper analyzes the current situation and development trend of intelligent mining in coal mines, explores the application fields and typical equipment of intelligent technology in coal mines, analyzes the challenges faced in technology promotion, and looks forward to the future development direction of emerging technologies. The combination of green mining construction and intelligent technology provides new opportunities for the sustainable development of the coal mining industry. In the future, with the advancement of technologies such as artificial intelligence, 5G, and the Internet of Things, intelligent mining in coal mines will further enhance the comprehensive benefits and environmental friendliness of coal mines.

**Keywords:** intelligent mining of coal mines; green mines; emerging technologies in intelligent equipment; resource utilization; environmental protection

## 1 概述

### 1.1 煤矿智能化开采的背景与意义

煤炭是中国能源结构的重要组成部分, 长期以来在国民经济发展中占据关键地位。然而, 传统煤矿开采方式存在效率低、安全性差、环境破坏严重等问题, 已难以适应现代化矿业发展的需求。在技术快速发展的背景下, 煤矿智能化开采技术逐渐成为解决这些问题的重要手段。

煤矿智能化开采通过引入人工智能、自动化控制、物联网、大数据分析等先进技术, 不仅能显著提升开采效率和安全性, 还能有效降低对环境的影响。尤其是在中国推进数字化转型和“双碳”目标的战略引导下, 煤矿智能化开采为传统煤炭工业注入了新的活力, 推动了矿山企业向现代化、绿色化方向迈进。

### 1.2 研究目的与方法

论文旨在系统总结煤矿智能化开采技术与装备的现状,

分析主要技术成果与应用场景, 揭示行业发展中存在的瓶颈与挑战, 并提出未来的关键研究方向与发展路径。通过深入探讨煤矿智能化技术与装备的发展趋势, 为行业的技术创新与实践提供支持, 助力煤矿行业向高效、安全与可持续方向转型。

研究过程中, 主要基于对煤矿行业发展动态的观察与分析, 从技术原理、应用成效等多角度展开讨论, 并结合煤矿智能化技术与装备的典型特点进行系统归纳。在此基础上, 探索行业未来发展的重点领域, 为智能化技术的推广和装备优化提供思路与建议。

## 2 煤矿智能化开采技术与装备的发展现状

### 2.1 智能化技术的关键应用领域

煤矿智能化技术在采掘、运输、监测等环节的广泛应用, 为提升矿井作业效率与安全性提供了重要支持。智能化采掘技术是煤矿开采的核心, 通过引入智能采煤机和掘进机, 实

现了采掘过程的高度自动化。这些设备能够依据实时获取的矿体结构数据,自动调整工作参数,精准控制采掘方向和强度,在提高资源回收率的同时减少损失。

智能运输系统的应用进一步推动了煤矿开采的效率提升。无人驾驶矿车在井下复杂环境中能够自主规划路径,高效完成煤炭运输任务。结合智能调度系统,运输线路可根据实时需求动态优化,不仅缓解了运输瓶颈,还避免了资源浪费。

智能监测与安全预警技术在保障矿井安全方面发挥了关键作用。通过物联网与传感器技术的结合,矿井内瓦斯浓度、温度、湿度等参数实现了实时监测。这些数据被传输至监控中心后,通过大数据分析 with 人工智能算法,可对潜在风险进行预测与预警,帮助管理者及时采取针对性措施,从而有效降低了安全隐患。

在此基础上,智能化调控与远程操作技术的应用进一步推动了煤矿作业的无人化和精细化发展。远程操作系统使设备运行更加高效,并显著减少井下人员数量,降低了工作环境对人员安全的威胁。

## 2.2 智能装备的主要类型与典型案例

煤矿智能化的实现离不开先进装备的支持,各类智能装备的研发与应用在提升开采效率、保障作业安全方面发挥了重要作用。当前,煤矿智能装备主要涵盖采掘设备、运输设备和监测控制设备三个方面。

在采掘环节,智能采煤机和掘进机是最具代表性的装备。智能采煤机依托传感器、自动控制系统和数据处理技术,能够实时感知煤层厚度和地质变化,实现精准开采。例如,在某国有大型矿井中应用的国产智能采煤机,其具备自动切割煤层、调整截割高度的能力,有效减少了资源浪费。

运输环节的智能化主要体现在无人驾驶矿车和输送系统的应用。无人驾驶矿车通过配备高精度导航设备、雷达系统和智能调度平台,实现了自主路径规划和动态避障。例如,某矿山企业引入的无人驾驶矿车,能够在矿区复杂环境中独立完成煤炭运输,大幅提高了运输效率,同时减少了司机作业的安全风险。

在监测与控制方面,矿井安全监测系统和智能控制平台是关键装备。矿井安全监测系统通过布置传感器网络,实时采集瓦斯浓度、温度、湿度等数据,并传输至智能控制平台进行分析与处理。某大型矿区引入的智能监测系统在一次瓦斯超限预警中,成功指导管理人员采取措施,避免了潜在的安全事故。

典型案例表明,智能装备的广泛应用不仅推动了煤矿生产模式的变革,还为矿山企业的安全、环保和经济效益提升奠定了基础。未来,随着人工智能、大数据等技术的不断发展,智能装备的性能和适用性将进一步提高,为煤矿行业的高质量发展提供更加坚实的技术支撑。

## 3 煤矿智能化开采面临的挑战

### 3.1 技术集成与推广难点

煤矿智能化技术的推进虽然带来了显著的效率提升与安全保障,但在实际应用过程中,技术集成与推广依然面临诸多难点。

首先,技术集成的复杂性是煤矿智能化过程中一个主要挑战。智能化开采涉及多个领域的技术融合,包括自动化控制、人工智能、大数据、物联网等。不同技术之间的集成不仅需要强大的硬件支持,还需要各类软件系统的兼容与优化。在实际应用中,不同设备和技术的标准化和互操作性较差,导致技术集成难度大。例如,智能采掘设备和运输系统的集成需要保证数据流的实时传输与处理,同时确保设备之间的协同工作,这对系统架构设计提出了较高要求。此外,设备间的集成往往受制于传统煤矿设施的兼容性,许多矿井仍然采用旧有的技术平台,使得新技术的引入和升级变得复杂和缓慢。

技术推广中的成本问题是智能化技术应用的又一难点。智能化设备和系统的研发与采购成本较高,尤其是一些高精度的传感器、自动化控制系统和无人驾驶矿车等设备,需要较大的资金投入。对于许多中小型煤矿企业来说,资金有限使得它们难以承担这些高成本的技术装备,从而影响了智能化技术的推广。尽管政府和行业内有一定的补贴政策,但资金问题仍然是推动智能化应用的一大障碍。

操作人员的技术接受度和培训问题也是技术推广中不可忽视的难点。智能化技术要求操作人员具备较高的技术素养和操作技能,然而在许多矿井中,操作人员普遍存在着技术更新滞后的问题。传统煤矿的工作人员习惯了机械化操作,对于智能化设备的使用和维护缺乏足够的培训和理解。尤其是在一些偏远地区的煤矿,技术人员的短缺和培训资源的不足进一步加大了智能化技术的推广难度。

### 3.2 成本、管理与安全问题

在煤矿智能化技术推广过程中,成本、管理与安全问题一直是亟待解决的核心难题。这些问题不仅影响智能化技术的广泛应用,还对矿山企业的经济效益、运营效率和员工安全产生深远影响。

智能化煤矿设备如无人驾驶矿车、智能采掘机、传感器网络等,虽然能够大幅提升生产效率和安全性,但初期投入成本较高。高昂的设备采购、安装调试、软件开发等费用使得许多煤矿企业,尤其是中小型煤矿企业,难以承受。同时,智能化设备的维护成本也较为可观。因此,如何平衡高成本与技术回报,制定合理的投资规划,成为煤矿智能化发展的关键问题。

煤矿智能化系统涉及多个领域的技术集成,包括采掘、运输、监测、调度等多个环节。管理层需要具备高度的系统性思维和跨部门协调能力,以确保不同技术之间的高效协

同。此外,智能化系统的操作和维护要求高度专业化的技术人员,而许多企业在这方面的人才储备和培训还存在不足,影响了智能化技术的落地和效果。

此外,智能化矿山的安全监管体系尚不完善,现有的安全监管标准和技术手段多以传统煤矿的管理模式为基础,未能与智能化技术充分对接。因此,如何在智能化技术应用中建立起有效的安全管理和应急响应机制,成为确保矿山安全运营的关键。

## 4 煤矿智能化开采技术与装备的发展趋势

### 4.1 智能化水平提升方向

煤矿智能化水平的提升是推动行业现代化转型的关键。未来煤矿智能化的提升方向主要集中在全面自动化、深度智能化和精准决策支持三个方面。

全面自动化是煤矿智能化发展的基础。采掘、运输、支护等核心环节将实现设备和工艺的高度自动化,通过无人驾驶矿车、智能化采掘设备和自动化支护系统的广泛应用,减少人工参与,提高作业效率,同时降低生产安全风险。自动化的全面覆盖为后续深度智能化奠定了技术基础。

深度智能化是提升煤矿智能化水平的核心目标。通过人工智能技术的深入应用,煤矿设备将实现自学习和自适应能力,能够根据实时数据自动调整采掘策略,优化生产流程。此外,智能监控系统 and 环境感知技术的集成应用,将进一步提高矿山的安全性和环境友好性。智能化的提升不仅限于单一环节,而是贯穿于矿山生产的全生命周期。

精准决策支持是实现智能化提升的重要方向。利用大数据分析和数字孪生技术,煤矿企业可以构建矿山的虚拟模型,实时模拟生产过程,预测可能出现的问题,并提供最佳解决方案。通过这些技术手段,企业能够实现精准的生产调度和资源配置,最大程度地提高资源利用效率,降低生产成本。

### 4.2 绿色矿山与智能化融合路径

绿色矿山建设和智能化技术的结合,标志着煤矿行业向可持续发展转型的关键步骤。绿色矿山强调在保证矿产资源高效利用的同时,减少对环境的负面影响,推动资源节约与生态保护。智能化技术则通过自动化、信息化手段提升生产效率,优化资源配置,并增强安全性。

智能化技术助力资源高效利用,是绿色矿山发展的重要路径之一。在传统煤矿开采过程中,资源浪费和环境污染是常见问题。智能化技术的应用能够通过精确的探测、采掘和运输管理,有效提高煤矿资源的回收率与利用效率。例如,智能化采煤机和掘进设备通过实时监测矿层厚度、硬度等信息,能够精准控制开采方式,减少矿石浪费,最大程度地回收煤炭资源。

智能化监测与绿色环保相结合,提升煤矿环境管理能力。智能化技术能够通过实时数据监测和大数据分析,对矿

区的空气质量、水质、噪声等环境参数进行精确控制。通过部署传感器网络和无人机巡检系统,矿井管理者可以随时获取环境监测数据,及时识别环境污染源,采取有效的防控措施。

在废弃物处理方面,智能化技术还能够辅助绿色矿山的尾矿回收与利用。通过采用智能化的尾矿处理设备和新技术,如尾矿输送系统、自动化筛分技术等,能够实现尾矿资源的高效处理与再利用。尾矿中的有价值矿物或材料可被提取,减少废弃物的堆积,同时提升尾矿的环保性。

绿色矿山与智能化融合的实施路径还需依靠政策支持与技术创新的双轮驱动。政府应出台相关政策,推动绿色矿山与智能化技术的结合,包括提供财政支持、税收优惠等激励措施,鼓励煤矿企业进行绿色技术和智能化设备的投资。同时,矿山企业需要加大对智能化技术研发和应用的投入,不断提升技术水平和设备的环保性。

### 4.3 新兴技术的前景展望

随着科技的不断进步,新兴技术在煤矿智能化开采中的应用前景广阔。这些技术能够提升煤矿开采的效率与安全性,推动煤矿行业的可持续发展。未来,新兴技术将在多个领域带来变革,具体体现在以下几个方面。

人工智能(AI)与机器学习将在煤矿智能化开采中发挥更大作用。通过深度学习和大数据分析,AI能够对矿山的生产过程进行实时监控和预测,优化开采计划,提高生产效率。此外,AI还能通过数据挖掘技术分析矿山的各类信息,预测设备故障并进行提前维护,减少停机时间,提升设备利用率。

5G与物联网(IoT)技术的结合将进一步推动煤矿的智能化。5G网络能够提供高速、低延迟的通信能力,为矿区内的各类智能设备提供实时数据传输支持。与物联网技术结合后,煤矿的各类传感器、监控设备等将能够更高效地互联互通,实时采集和反馈矿区的各种数据,实现全方位、无死角的智能监控和管理。

无人驾驶与自动化技术的不断发展,也为煤矿智能化开采提供了新的方向。无人驾驶矿车、智能化采矿机器人等自动化设备将大幅提升煤矿的作业效率和安全性。未来,矿区的作业将实现更高层次的自动化,降低人为因素带来的安全风险。

## 5 结语

煤矿智能化开采技术的不断发展与应用,标志着煤矿行业向更加高效、安全、环保的方向迈进。通过智能化技术的引入,煤矿企业能够有效提高资源利用率、减少环境污染,并提升作业安全性。然而,智能化技术的推广仍面临着成本高、管理体系不完善以及安全保障等多方面的挑战。

绿色矿山与智能化技术的融合,提供了一条可持续发展的路径。智能化技术不仅有助于优化资源配置、降低碳排

放,还能改善煤矿的环境管理,提高矿山的经济效益与社会效益。随着人工智能、5G、物联网等新兴技术的不断发展,煤矿智能化开采将在提升作业效率、保障安全、推动绿色转型等方面发挥更加重要的作用。

未来,随着技术的进步和政策的支持,煤矿智能化开采将迎来更加广阔的发展前景。企业需要加强技术研发、加快设备更新,推动智能化技术在煤矿中的深度应用,确保行业朝着更加绿色、智能和可持续发展的方向发展。

#### 参考文献:

- [1] 袁智,蒋庆友,庞振忠.中国煤矿智能化综采开采技术装备应用现状与发展思考[J].煤炭科学技术,2024,52(9):189-198.
- [2] 葛世荣,张晞,薛光辉,等.中国煤矿煤机智能技术与装备发展研究[J].中国工程科学,2023,25(5):146-156.
- [3] 曲宝福,温林朋.智慧煤矿与智能化开采的核心技术分析[J].冶金管理,2023(4):81-83.
- [4] 赵国瑞.5G+智能化煤矿顶层设计与发展趋势[J].智能矿山,2022,3(4):48-54.
- [5] 王海川,张晓,宫东豪.煤矿综采工作面智能化技术及装备发展研究[J].内蒙古煤炭经济,2021(15):68-69.
- [6] 肖琳芬.加快中国煤矿智能化发展建设“智能+绿色”新煤矿[J].高科技与产业化,2020(8):24-27.
- [7] 杨竞巍.煤矿智能化开采关键技术分析[J].能源与节能,2020(5):77-79+90.

作者简介: 杨鹏(1981-),男,中国山东枣庄人,中级,从事煤矿制修研究。