

Construction of Intelligent Mining Technology System and Key Equipment R&D for Thin Coal Seam

Xiaojie Cui Min Li

Xiangkuang Group Co., Ltd., Changzhi, Shanxi, 046200, China

Abstract

As a vital component of China's coal resources, thin coal seams have faced increasing challenges in traditional mining methods in recent years due to growing extraction difficulties and dispersed resource distribution. With technological advancements, intelligent mining technology has emerged as a promising solution for thin coal seam extraction. This study investigates the development of intelligent mining technology systems for thin coal seams, analyzes major technical challenges in thin coal seam mining, proposes an overall framework and key technologies for intelligent mining, and focuses on critical equipment required for intelligent mining processes. By examining R&D directions for key equipment such as intelligent coal mining machines, automated support systems, and unmanned mine cars, the paper outlines innovative pathways for thin coal seam intelligent mining technology.

Keywords

low coal seam; intelligent mining; repertoire; critical equipment; research and development

薄煤层智能化开采技术体系构建与关键装备研发

崔晓杰 栗敏

山西襄矿集团有限公司, 中国·山西长治 046200

摘要

薄煤层作为中国煤炭资源的重要组成部分,近年来由于开采难度增大、资源分布分散等问题,传统的开采方式面临着诸多挑战。随着科技的发展,智能化开采技术作为煤矿开采的未来发展趋势,逐渐成为解决薄煤层开采难题的有效途径。本文围绕薄煤层智能化开采技术体系的构建展开研究,分析了薄煤层开采面临的主要技术难题,提出了智能化开采的总体架构及其关键技术,并重点讨论了智能化开采过程中所需的关键装备。通过对智能化采煤机、自动化支护系统、无人驾驶矿车等关键设备的研发方向进行分析,提出了薄煤层智能化开采技术的创新路径。

关键词

薄煤层; 智能化开采; 技术体系; 关键装备; 研发

1 引言

薄煤层是指煤层厚度较小的煤层,通常煤层厚度在1米到2.5米之间,开采难度较大。中国的煤炭资源中,薄煤层占有相当的比例,且分布广泛。传统的薄煤层开采技术面临着高成本、高风险、低效率等问题,尤其是随着资源逐渐贫瘠、开采环境复杂化,传统开采技术已无法满足经济性和安全性的需求。因此,发展智能化开采技术成为解决薄煤层开采难题的必然趋势。智能化开采技术通过信息化、自动化和智能化的手段,采用无人操作、自动化控制、精准监测等技术来提高开采效率,降低事故风险,并节省成本。随着人工智能、物联网、大数据等技术的迅猛发展,智能化开采技术在煤炭行业中的应用潜力巨大。特别是在薄煤层开采领

域,智能化技术不仅可以提高开采效率,还能优化资源利用、减少环境影响。本文旨在构建薄煤层智能化开采技术体系,结合现有技术基础,探讨智能化开采过程中的关键技术和装备研发,分析其应用前景及面临的挑战,并提出相应的发展路径。

2 薄煤层开采的技术挑战与发展需求

2.1 薄煤层开采面临的主要技术挑战

薄煤层开采具有一系列独特的技术挑战。首先,由于煤层较薄,采掘工作面空间狭窄,作业条件复杂,传统采煤机及其他设备难以适应这一空间限制,造成作业效率低下。其次,薄煤层开采常伴随高瓦斯、高水和复杂地质等问题,这些因素大大增加了采矿过程中的安全风险。瓦斯泄漏、地下水渗透等问题在作业过程中极易引发安全事故,且常常需要额外的技术手段进行监测与防范。此外,薄煤层的资源分布通常不均匀,这使得传统开采方法无法高效地利用资源,

【作者简介】崔晓杰(1987-),男,中国山西长治人,助理工程师,从事煤矿开采研究。

造成较大的资源浪费和经济损失。总的来说，薄煤层的开采面临的技术难度包括空间限制、复杂的地质环境以及传统方法效率低等问题，需要采用先进的技术手段来提升开采效率与安全性。

2.2 薄煤层开采对智能化技术的需求

为了解决薄煤层开采中的技术难题，迫切需要引入智能化开采技术。智能化装备的研发是其中的核心，采掘设备需要具备自主完成煤层切割、支护、运输等作业的能力，减少人工操作，提升作业安全性与效率。同时，精准监测与控制技术也至关重要，通过传感器和自动化控制技术实时监测矿井的地质条件、瓦斯浓度和水位变化等，确保矿井在安全范围内运行。无人化操作是智能化开采的另一大需求，通过引入无人驾驶矿车、无人采煤机等设备，能够大幅减少作业人员暴露在危险环境中的时间，极大提高工作安全性。数据驱动优化则通过大数据分析 with 人工智能算法优化作业路径与调度方案，进一步提高开采效率和资源利用率。通过这些技术的融合，智能化开采技术将有效解决薄煤层开采中的各类问题。

2.3 薄煤层智能化开采技术的迫切性

随着煤炭资源逐渐枯竭，薄煤层的开采已成为煤炭行业发展的方向。然而，传统的开采方式在薄煤层作业中面临的诸多技术瓶颈，严重制约了煤炭资源的高效利用。智能化开采技术的引入，不仅能够提升开采效率，减少安全隐患，还能有效降低环境污染，推动煤炭行业向绿色、可持续发展方向。智能化技术在薄煤层开采中的应用，能够通过提高资源利用率、降低作业风险以及优化作业流程，为煤炭行业的可持续发展奠定基础。总之，构建一套适应薄煤层开采的智能化技术体系，已成为实现煤炭开采现代化、智能化的关键，是推动煤炭行业技术创新和可持续发展的必要条件。

3 薄煤层智能化开采技术体系的构建

3.1 总体架构设计

薄煤层智能化开采技术体系的建设必须考虑采掘、支护、运输、监控等多个环节，形成一个高度集成的自动化、信息化和智能化的整体方案。总体架构的核心组成部分包括自动化采掘系统、智能支护系统、无人驾驶运输系统和监控调度系统。自动化采掘系统利用先进的采煤机和切割设备，能够精确切割薄煤层并提高作业效率。系统根据煤层的物理特性，实时调整作业参数，保证采掘作业的高效和安全。智能支护系统则通过实时监测煤层变形和巷道位移，自动调节支护力度和位置，确保矿井的支护质量和稳定性。无人驾驶运输系统依托自动化控制技术，在矿井内实现煤炭运输的自动化，大幅减少人工操作，提高运输效率。监控与调度系统通过传感器和大数据平台的结合，实时采集煤矿安全、生产和环境数据，自动化调度生产任务，从而优化矿井的安全管理和生产效率。

3.2 关键技术的研发

在薄煤层智能化开采技术体系中，关键技术的研发是确保系统高效、安全运行的核心。智能采煤机技术作为该技术体系的核心装备之一，通过配备高精度传感器、激光雷达和智能控制系统，能够实时感知煤层的厚度、硬度等物理特性，并自动调整采掘参数，确保高效作业。此外，智能支护技术结合传感器、自动控制系统和数据平台，实时监测巷道支护状态及煤层变形情况，自动调整支护措施，保障矿井的安全。无人驾驶运输系统技术则依赖 GPS 定位、自动控制技术和传感器等设备，能够实现矿车的自动驾驶与智能调度，从而提高运输效率、减少人工操作并提高安全性。远程监控与数据分析技术通过实时采集矿井环境和设备数据，结合大数据分析 with 人工智能算法，优化生产调度，并能够提前预警潜在的安全风险，确保矿井的高效安全运行。

3.3 系统集成与工程实施

薄煤层智能化开采技术体系的实施依赖于对各种设备和技术的集成。在工程实施阶段，需要综合考虑不同煤矿的具体情况，制定适合的智能化开采解决方案。这一过程要求根据煤矿的地质条件、资源分布和作业环境进行定制化设计，并确保各技术系统的无缝对接与协调运行。智能化开采技术的推广还需与相关政策、法规和标准的建设紧密配合，推动技术的标准化和规范化，以确保在全国范围内的普遍适用性和实施效果。政策支持和技术标准的同步推进，将为薄煤层智能化开采技术的广泛应用奠定坚实基础，确保其在提升煤矿开采效率、保障矿井安全及推动绿色可持续发展方面发挥重要作用 [1]。

4 薄煤层智能化开采技术的关键装备研发

4.1 智能采煤机的研发方向

智能采煤机是薄煤层智能化开采技术的核心设备，推动着煤炭开采的自动化与精确化。其研发方向主要集中在提高采煤精度、适应复杂地质条件和降低能源消耗等方面。首先，智能采煤机需要配备高精度的多功能传感器和自动化控制系统，这些传感器可以实时监测煤层的硬度、厚度以及稳定性，为采掘过程提供精准的煤层信息。这不仅提高了采掘效率，还能有效保障作业的安全性，避免采掘过程中因地质变化带来的风险。其次，智能采煤机必须具备强大的适应性，能够应对复杂的地质环境，如煤层的倾斜度不均、岩石夹层变化等问题。因此，采煤机需要具有灵活调整作业参数的能力，以应对不同的工作条件。最后，降低能源消耗是智能采煤机研发的重要目标。通过优化动力系统、提升作业效率和自动化程度，能够显著降低能源消耗，减少生产成本，并推动煤炭开采的绿色转型。智能采煤机不仅提升了开采效率，也有助于实现煤炭行业的可持续发展，减少环境污染 [2]。

4.2 智能支护设备的研发

在薄煤层智能化开采中，智能支护设备扮演着至关重要

要的角色。其研发关键在于提高设备的适应性、自动化程度以及智能化调节能力。在复杂的地质条件下,支护设备需要具备实时监测煤层及巷道变化的能力,能够精准判断地质环境的变化,并根据实时数据自动调整支护强度。这样可以有效保障矿井的安全,防止支护失效导致的矿井塌方或其他安全事故。同时,智能支护设备应配备高度自动化的控制系统,能够自主调节支护参数,如支撑力、支护形式和支护空间等,从而最大程度提高支护效果,确保作业过程中的稳定性和高效性。此外,智能支护设备还应具备数据采集与远程监控功能,可以实时反馈矿井的运营状态,帮助管理人员进行数据分析和决策,从而加强矿井的安全管理与生产调度,确保煤矿的高效开采与安全生产有机结合 [3]。

4.3 无人驾驶矿车技术研发

无人驾驶矿车技术是实现矿井内部无人化操作的关键装备,具有显著的安全性和高效性优势。无人驾驶矿车的研发重点在于提升矿车的导航精度、避障能力以及自动化控制水平。在导航精度方面,矿车需要配备先进的传感器和定位技术,能够在复杂矿道中精准导航,确保矿车的稳定运行。这不仅有助于提高作业效率,还能避免因操作不当或路线不清晰造成的事故。其次,无人驾驶矿车的避障能力至关重要,它必须能够实时识别前方的障碍物并及时调整路径,以避免与其他设备或矿工发生碰撞。在动力系统方面,矿车需要优化其动力结构,提高工作效率并降低能源消耗。此外,矿车的通信系统和数据传输方式也需要进行优化,确保矿车能够与矿井的自动化控制系统实时互动,并精准执行任务。通过无线通信和数据传输,矿车能够与其他设备协同作业,提供实时作业数据,进一步提升矿井作业的安全性与效率。无人驾驶矿车的技术突破将为矿井作业的无人化奠定基础,在减少人工操作的同时提高生产效率,推动矿山的现代化和智能化发展。

5 薄煤层智能化开采技术的应用前景与挑战

5.1 应用前景

薄煤层智能化开采技术作为煤炭行业的重要发展方向,具有广阔的应用前景。随着技术的不断进步和相关设备的逐步升级,智能化开采技术将在未来煤炭行业中发挥越来越重要的作用。智能化开采不仅能够提高开采效率,减少人力资源的依赖,还能实现对煤矿生产过程的实时监控,及时发现

和处理潜在安全隐患,极大提升生产安全性。此外,智能化开采技术通过优化资源配置和提高开采精度,能够显著减少能源消耗,降低煤矿开采过程中产生的废弃物和污染物排放,有助于推动煤炭行业的绿色、可持续发展 [4]。

5.2 面临的挑战

尽管薄煤层智能化开采技术具有巨大的应用潜力,但在实际推广过程中仍然面临一些挑战。首先,智能化开采技术的研发和设备制造成本较高,这对一些中小型煤矿来说可能带来较大的经济压力,限制了其广泛应用。其次,尽管智能化开采技术已经取得一定进展,但在复杂的地质条件和多变的作业环境下,其适应性和稳定性仍需要进一步提高。例如,在地质构造复杂、煤层厚度不均等情况下,现有技术的智能化程度和设备的稳定性可能难以满足高效、安全开采的需求 [5]。

6 结语

薄煤层智能化开采技术体系的构建是煤炭行业现代化和智能化转型的核心环节。通过整合先进的技术和装备,智能化开采能够有效应对薄煤层开采中遇到的技术难题,如空间限制、高瓦斯和复杂地质条件等。这些技术通过自动化采掘、智能支护、无人驾驶运输等装备的应用,大幅提高了开采效率,减少了人工干预,保障了矿井安全,并减少了资源浪费和环境污染。尽管智能化开采面临设备成本高、技术适应性不足等挑战,但随着技术的不断进步、装备研发的推进以及政策支持的加强,这些问题有望得到逐步解决。智能化技术的推广应用不仅能够提升煤炭开采的经济效益,还将推动煤炭行业的绿色可持续发展。

参考文献

- [1] 耿进军,刘照辉.平煤二矿薄煤层综采工作面智能化开采实践[J].智能矿山,2024,5(12):31-38.
- [2] 袁永,屠世浩,陈忠顺,等.薄煤层智能开采技术研究现状与进展[J].煤炭科学技术,2020,48(05):1-17.
- [3] 张太平,薄煤层综采工作面智能化开采技术的研究与应用.内蒙古自治区,内蒙古伊泰煤炭股份有限公司,2019-10-19.
- [4] 张强,马英,秦蒙.薄及极薄煤层高效智能开采成套装备研发与应用[J].智能矿山,2025,6(02):23-27.
- [5] 王国法,范京道,徐亚军,等.煤炭智能化开采关键技术创新进展与展望[J].工矿自动化,2018,44(02):5-12.