

煤矿安全生产视域下掘进工作面智能化改进研究

岳松鹏

神华新街能源有限责任公司

DOI:10.12238/jpm.v6i8.8344

[摘要] 煤炭作为我国主体能源，其安全生产至关重要。掘进工作面作为煤矿事故高发区域，是提升整体安全水平的关键环节。本文以煤矿安全生产为视角，系统阐述了智能化改进的意义，梳理了掘进工作面智能化发展现状与问题，针对问题提出了加强关键技术攻关、提升智能装备系统化水平、构建一体化数据平台及完善标准体系建设等措施，旨在为煤矿安全高效开采提供强大技术支撑

[关键词] 煤矿；安全生产；掘进；工作面智能化；改进

Research on Intelligent Improvement of Mining Face in the Perspective of Coal Mine Safety Production

Yue Songpeng

Shenhua New Street Energy Co., Ltd. Ordos City, Inner Mongolia Autonomous Region

[Abstract] As the main energy source in China, coal safety production is crucial. As a high-risk area for coal mine accidents, the excavation face is a key link in improving the overall safety level. This article takes coal mine safety production as the perspective, systematically expounds the significance of intelligent improvement, sorts out the current situation and problems of intelligent development in excavation work face, and proposes measures to strengthen key technology research and development, improve the level of intelligent equipment systematization, build an integrated data platform, and improve the construction of standard system, aiming to provide strong technical support for safe and efficient mining of coal mines

[Key words] coal mine; Safety production; driving; Intelligent working face; improve

引言

煤炭作为我国的主体能源，在国民经济发展中占据着举足轻重的地位。然而，煤矿开采作业环境复杂多变，存在着瓦斯、水、火、顶板等多种安全隐患，其中掘进工作面作为煤矿生产的关键环节，更是事故高发区域。据统计，近年来我国煤矿发生的重特大事故中，有相当一部分与掘进工作面的安全管理和技术水平不足相关^[1]。随着科技的不断进步，智能化技术为解决煤矿安全生产问题提供了新的思路和方法。本文以煤矿安全生产为视角，探讨掘进工作面智能化的举措，以期提升煤矿掘进工作面的安全生产水平提供参考。

一、掘进工作面智能化改进的意义

（一）强化掘进工作面智能监控体系建设，提升煤矿本质安全水平

传统的掘进作业方式依赖人工操作，作业人员需要在高风险环境中长时间工作，容易受到各种安全隐患的威胁。智能化

改进通过远程智能监控、自动精准作业、实时智能预警与联动控制，可大幅减少危险区域作业人员数量。例如，智能掘进机具备远程操控、自动截割与定位支护功能，使人远离顶板垮落、瓦斯突出等直接威胁，也可以实时感知，主动识别异常并及时触发预警及应急响应机制，变被动防御为主动防控。

（二）优化智能化掘进作业流程，提高矿井生产效率和经济效益

传统的掘进作业中，设备操作、参数调整等主要依靠人工经验，存在着作业效率低、劳动强度大、掘进速度不稳定等问题。智能化装备能基于实时工况数据与地质模型，自主优化截割路径、速度及支护参数，实现精准、高效、连续作业。还可以对掘进全流程进行数据驱动的实时监控、智能调度与决策优化，减少设备空转与资源浪费，显著降低生产成本，缩短掘进周期，保障矿井高效接续生产^[2]。

（三）推进掘进环节智能化技术集成创新，引领煤矿行业

数字化转型

智能化改进中需要融合机械工程、信息技术、自动化控制、地质勘探等多个学科的技术成果，促进相关技术的创新和发展。例如，智能感知技术的应用可以提高对井下复杂环境的感知能力，推动传感器技术的进步；大数据和人工智能技术的引入可以实现对掘进作业数据的深度挖掘和智能决策，提升煤矿的信息化管理水平，加快煤矿行业向智能化、数字化、无人化方向发展的进程^[3]。

二、掘进工作面智能化发展现状与问题

（一）发展现状

近年来，我国高度重视煤矿智能化发展，出台了一系列政策措施推动煤矿智能化建设。在智能装备方面，国内已经研发出了一批具有自主知识产权的智能掘进机、锚杆钻装机、转载机等装备，这些装备具备自动切割、定位导航、远程控制等功能，在部分煤矿得到了应用。例如，一些大型煤矿企业引进了智能掘进成套设备，实现了掘进作业的半自动化或自动化，掘进效率和安全水平有所提升。在智能监测与控制系统方面，不少煤矿建立了掘进工作面综合监测系统，能够实时采集瓦斯、风速、温度、设备运行状态等数据，并通过网络传输到地面监控中心，实现对掘进工作面的远程监控。同时，一些煤矿还应用了物联网、大数据等技术，对监测数据进行处理，为生产决策提供支持。此外，在掘进工艺优化方面，通过采用超前地质探测技术、快速支护技术等，提高了掘进作业的安全性和效率。

（二）存在的问题

1、技术瓶颈有待突破

目前，我国掘进工作面智能化技术还存在一些短板。在复杂地质条件下，智能掘进装备的适应性较差，例如在断层、褶曲、破碎带等区域，智能掘进机的自动切割和定位精度明显下降，需要人工干预才能完成作业。智能感知技术还不够成熟，传感器的可靠性、稳定性和精度有待提高，难以全面、准确地感知井下复杂环境的参数变化。此外，设备之间的协同作业能力不足，各设备之间的信息交互不畅，无法实现整体的智能化协同运行。

2、装备可靠性和兼容性不足

部分智能掘进装备的可靠性不高，在长期高强度作业中容易出现故障，影响正常的生产进度。同时，不同厂家生产的智能装备之间存在兼容性问题，导致设备之间的连接和通信困难，无法形成有效的智能化系统。例如，掘进机、锚杆钻装机、运输机等设备的控制系统互不兼容，难以实现统一平台下的集中监控与协同智能作业。

3、数据利用效率低

虽然很多煤矿建立了掘进工作面监测系统，积累了大量的监测数据，但对数据的利用效率较低。数据孤岛现象严重，不同系统之间的数据无法共享和融合，导致数据价值无法充分发挥。此外，缺乏专业的数据分析人才和先进的数据分析技术，无法对海量数据进行深度挖掘和分析，难以从中提取有价值的信息用于生产决策和安全预警^[4]。

4、标准体系不完善

煤矿掘进工作面智能化发展缺乏统一的标准体系，在设备选型、系统建设、数据采集与传输、安全评估等方面没有明确的标准规范。这导致不同煤矿的智能化建设水平参差不齐，系统之间的兼容性和互联互通性较差，不利于智能化技术的推广和应用。同时，标准的缺失也给智能化系统的安全监管带来了困难，无法有效保障智能化作业的安全性。

三、掘进工作面智能化改进措施

（一）加强关键技术攻关

针对当前掘进工作面智能化技术存在的瓶颈问题，需进一步加大科研投入，强化关键技术的研发与创新。在智能感知技术方面，要着重研发高可靠、多参数、长寿命的智能传感器，如光纤、MEMS 传感器等，为掘进工作提供更准确的数据支持。同时，积极探索基于机器视觉、激光雷达、声波探测等的多模态融合感知技术，实现对地质构造、环境参数、设备状态的全息化、精准化感知，提前发现潜在的安全隐患和地质风险。开发基于数字孪生、自适应控制算法的智能掘进控制系统是提升复杂地质条件下作业能力的关键。数字孪生技术能够创建与实际掘进设备和环境对应的虚拟模型，实时反映设备的运行状态和环境变化。自适应控制算法则可根据不同的地质条件和作业要求，自动调整掘进机的截割参数和运行轨迹，实现自主截割、精准定位与自适应能力。在智能决策技术方面，构建基于大数据挖掘与人工智能（机器学习、深度学习）的智能决策支持系统。利用大数据挖掘技术对海量的生产数据进行处理，提取有价值的信息和规律。机器学习和深度学习算法则可根据这些数据进行模型训练和优化，实现生产参数智能优化、设备健康预测性维护、安全隐患智能诊断与预警、应急处置预案自动生成与推演。例如，通过对设备运行数据的实时监测和分析，提前预测设备可能出现的故障，并及时安排维护和检修，避免设备故障导致的生产停滞和安全事故^[5]。

（二）提升智能装备系统化水平

加强智能掘进装备的研发和制造是提升掘进工作面智能化水平的关键环节。在研发过程中，要充分考虑井下恶劣环境的影响，从材料和部件的选择入手，采用高强度、耐腐蚀、抗

干扰的材料，确保装备在复杂的井下环境中具备良好的性能。例如，在掘进机的关键部位使用特殊合金材料，增强其耐磨性和抗冲击性；对于传感器等精密部件，采用密封、防潮、防尘的设计，提高其可靠性和稳定性。在装备设计阶段，要进行充分的模拟和试验验证。利用先进的仿真技术，模拟各种复杂工况下装备的运行情况，提前发现潜在问题并进行优化。同时，建设基于工业互联网平台的智能掘进系统，通过该平台实现设备互联、数据互通与集中智能管控。利用大数据分析和人工智能技术，对设备运行数据进行实时监测和分析，及时发现设备故障隐患，实现设备的预测性维护。建立完善的设备故障诊断和维修体系，培养专业的维修人员，配备先进的维修工具和设备。定期对设备进行巡检和维护，及时更换磨损的部件，确保设备始终处于良好的运行状态，提高装备的利用率 and 使用寿命。

（三）构建一体化数据平台

打破数据孤岛，构建掘进工作面一体化数据平台是提升掘进智能化水平的重要举措。要整合环境监测、设备运行、视频监控、地质信息、生产管理等全量数据，构建掘进工作面数据中台。这一过程中，要消除数据孤岛，实现多源异构数据的统一接入、存储、治理与共享。不同来源的数据可能在格式、标准等方面存在差异，通过数据中台的建设，可以将这些数据进行有效的整合和管理，为后续的分析 and 应用提供基础。应用大数据分析、AI 模型对平台数据进行深度挖掘，能够支撑智能预警、效能评估、工艺优化、虚拟仿真等高级应用。例如，通过对设备运行数据的分析，预测设备的故障风险，提前进行维护保养，减少设备停机时间，提高设备的可靠性和稳定性；通过对生产数据的分析，优化生产计划，合理安排人员和设备，提高生产效率。同时，构建基于知识的专家系统或决策支持工具，能够提升管理决策的智能化水平，让管理者能够依据准确的数据和科学的分析做出决策。此外，建立数据安全保障机制至关重要。要确保数据的保密性、完整性和可用性，防止数据泄露和滥用。在数据的存储、传输和使用过程中，采取加密、访问控制等技术手段，保障数据的安全。只有这样，才能让一体化数据平台真正发挥作用，为掘进工作面的智能化发展提供有力支持。

（四）完善标准体系建设

加快制定和完善掘进工作面智能化相关的标准体系是推动煤矿智能化建设的重要基础。政府部门应充分发挥组织协调作用，联合科研院所、企业等相关单位，紧密结合我国煤矿掘进工作面的实际情况，加快标准体系的制定工作。该标准体系应具有全面性，涵盖智能装备技术要求、系统集成规范、数据

采集与接口标准、信息安全标准、智能化水平评价方法等多个方面。智能装备技术要求能保障设备的质量和性能；系统集成规范可确保各设备和系统之间的兼容性和协同性；数据采集与接口标准有助于实现数据的有效流通和共享；信息安全标准能防止数据泄露和恶意攻击；智能化水平评价方法则为衡量掘进工作面智能化程度提供了科学依据。同时，要积极参与并主导国际、国家、行业及团体标准的制定。这不仅能使我国的标准与国际接轨，还能在国际标准制定过程中体现我国的技术优势 and 需求，提高我国在煤矿智能化领域的话语权和影响力。在标准制定完成后，加强标准的宣传和贯彻执行至关重要。通过开展培训、举办研讨会等方式，让煤矿企业深入了解标准内容。同时，建立监督机制，确保煤矿企业在智能化建设过程中严格按照标准进行操作，从而推动我国掘进工作面智能化建设的规范化和高质量发展^[6]。

四、结语

综上，掘进工作面智能化是提升煤矿本质安全水平、驱动生产效率变革、引领行业转型升级的战略方向。当前我国虽取得阶段性成果，但在核心技术、系统集成、数据应用、人才储备、标准规范等方面仍面临挑战。通过聚焦智能化核心技术突破、构建高可靠协同装备系统、打造智能数据赋能中枢、培育复合型人才梯队、完善标准评价体系、强化政策生态支持等系统性措施，能够有效破除发展瓶颈，加速掘进工作面智能化进程。展望未来，随着人工智能、大数据、机器人、物联网等技术的持续突破与深度融合，掘进工作面的感知将更精准、决策将更智能、作业将更自主、协同将更高效。

[参考文献]

- [1]李兵兵.掘进工作面智能化对煤矿安全生产的影响[J].能源与节能,2025,(03): 200-202+206.
- [2]银海,邹元.煤矿掘进工作面掘进机智能化改造设计[J].内蒙古煤炭经济,2025,(01): 145-147.
- [3]武宇.煤矿掘进工作面智能化控制技术研究[J].内蒙古煤炭经济,2024,(19): 25-27.
- [4]李红斌.煤矿智能化掘进工作面装备技术研究和应用[J].能源与节能,2024,(08): 198-200.
- [5]徐福强,褚召民,王柏童.煤矿掘进工作面智能化研究[J].内蒙古煤炭经济,2024,(07): 19-21.
- [6]于文博.掘进工作面智能化对煤矿安全生产的影响[J].内蒙古煤炭经济,2024,(04): 94-96.

作者简介：岳松鹏，1986.12.15，男，河南南阳，汉族，本科，工程师，研究方向：矿业工程技术。