

煤矿掘进智能化技术进展与创新研究

贺 岩

平禹煤电有限责任公司一矿 河南 禹州 461670

摘 要：随着智能化技术的不断发展，煤矿掘进装备已实现自动化、智能化升级，显著提高了掘进效率与安全性。文中详细探讨了智能化掘进装备、掘进过程智能化技术等方面的进展，并介绍了新型掘进装备的研发与智能化掘进控制系统的优化。同时，也分析了掘进智能化技术应用中面临的问题，并提出了相应的对策建议，为推动煤矿掘进智能化技术的发展提供了参考。

关键词：煤矿掘进智能化；技术进展；创新

引言：随着煤炭资源需求的持续增长和开采难度的日益加大，煤矿掘进技术的智能化升级成为提升生产效率、保障作业安全的关键。近年来，依托物联网、大数据、人工智能等先进技术的融合应用，煤矿掘进技术正经历着从传统人工操作向智能化、自动化转型的重大变革。本文旨在深入探讨煤矿掘进智能化技术的最新进展与创新实践，分析智能化装备与技术如何优化掘进流程、提高作业效率，并针对当前存在的挑战提出解决方案，以期为推动煤矿掘进技术的智能化发展贡献力量。

1 煤矿掘进智能化技术进展

1.1 智能化掘进装备的发展

（1）智能化掘进装备的升级。连采机、掘锚一体机、全断面掘进系统以及掘锚机等设备，作为煤矿掘进的核心装备，近年来经历了智能化的升级改造。这些设备集成了高精度传感器、智能控制系统等先进技术，大幅提升了掘进作业的自动化水平和安全性。智能化掘进装备的应用，不仅减少了人力成本，还显著提高了掘进效率。（2）技术特点与地质条件适应性分析。智能化掘进装备具有高效、智能、自适应等特点。它们能够根据不同的地质条件，自动调整掘进参数，如截割深度、速度等，以确保掘进作业的顺利进行。例如，掘锚一体机在掘进的同时能够进行锚杆支护，不仅提高了掘进速度，还增强了巷道的安全性。此外，智能化掘进装备对复杂地质条件的适应性也更强，能够在地质构造复杂、断层发育的区域进行高效掘进。

1.2 掘进过程中的智能化技术

（1）信息传输与智能分析技术。在掘进过程中，信息传输与智能分析技术发挥着至关重要的作用。通过物联网、大数据、云计算等信息技术，可以实时监测掘进过程中的各种数据，如地质条件、掘进速度、设备状态等。这些数据经过智能分析后，可以为掘进决策提供重

要依据，优化掘进方案，提高掘进效率。（2）智能感知技术。智能感知技术是掘进智能化技术的重要组成部分。通过安装各种传感器，可以实时监测掘进工作面的环境状况，如瓦斯浓度、粉尘浓度、顶板稳定性等。一旦发现安全隐患，系统可以立即发出预警，提醒操作人员及时采取措施，确保掘进作业的安全进行。（3）精确定位导航技术。精确定位导航技术为掘进设备提供了准确的定位信息，实现了掘进作业的精细化管理。通过GPS、惯性导航等技术，可以实时监测掘进设备的位置和姿态，确保设备按照预定轨迹进行掘进。（4）自主定向截割技术。自主定向截割技术使掘进设备能够根据地质条件和掘进需求，自动调整截割参数和截割方向，实现高效、精确的掘进作业^[1]。（5）远程自主截割控制技术。远程自主截割控制技术使操作人员可以在地面控制中心通过监控系统实时掌握井下情况，进行远程操作和调度。这不仅降低了劳动强度和安全风险，还提高了掘进作业的灵活性和效率。（6）多机多工序智能协同控制技术。多机多工序智能协同控制技术实现了掘进、支护、运输等工序的有机结合和智能化协同作业。通过智能调度和协同控制，可以优化各工序之间的工作流程，提高整体掘进效率。

2 煤矿掘进智能化技术创新研究

2.1 新型掘进装备的研发

（1）无重复碾压柔性超前支护技术的创新。煤矿掘进过程中，超前支护是保证巷道稳定性和作业安全的重要环节。传统的超前支护方式存在重复碾压、支护效率低等问题。为了解决这些问题，科研人员研发了无重复碾压柔性超前支护技术。该技术采用柔性支护材料，结合智能控制系统，能够根据掘进进度和地质条件动态调整支护位置和力度，有效避免重复碾压，提高支护效率。此外，该技术还能够实时监测支护状态，及时发现

并处理潜在的安全隐患,确保掘进作业的安全进行。

(2) 截割部多级伸缩截割技术的研发。截割部是掘进装备的关键部件,其性能直接影响掘进效率和巷道成形质量。为了提高截割效率和巷道成形质量,科研人员研发了截割部多级伸缩截割技术。该技术通过多级伸缩机构的设计,实现了截割部的灵活调整,能够根据不同地质条件和巷道断面进行精准截割。同时,该技术还结合了智能感知技术,能够实时监测截割过程中的参数变化,自动调整截割策略,确保掘进作业的顺利进行^[2]。(3) 智能锚固机组多钻机并行作业技术的创新。锚固作业是煤矿掘进过程中的重要环节,用于加固巷道围岩。传统的锚固方式存在作业效率低、锚固质量不均等问题。为了克服这些问题,科研人员研发了智能锚固机组多钻机并行作业技术。该技术通过集成多个钻机,实现了锚固作业的并行处理,显著提高了锚固效率。同时,智能控制系统能够实时监测各钻机的运行状态和工作参数,自动调整作业策略,确保锚固质量。

2.2 智能化掘进控制系统的优化

(1) 基于数据驱动的掘进装备行为规划决策方法。在掘进作业中,掘进装备的行为规划决策对于提高开采效率和保障作业安全至关重要。基于数据驱动的掘进装备行为规划决策方法,通过收集并分析掘进过程中的大量数据,如地质条件、掘进速度、设备状态等,利用先进的算法和模型对数据进行处理,从而制定出最优的掘进策略。这种方法不仅能够实时调整掘进参数,以适应不断变化的地质条件,还能预测潜在的安全隐患,及时采取措施避免事故的发生^[3]。(2) 多级数字孪生构架技术在掘进过程中的应用。多级数字孪生构架技术是一种将物理系统与虚拟系统深度融合的技术,它在掘进过程中发挥着重要作用。通过构建掘进装备的虚拟模型,实时监测设备的运行状态和掘进进度,并与实际掘进过程进行对比和分析,可以及时发现并处理设备故障、掘进偏差等问题。这种技术不仅提高了掘进作业的精准度和可靠性,还为设备的维护和保养提供了科学依据,延长了设备的使用寿命。(3) 井下智控与地面远程监控相协同的控制策略。为了实现掘进作业的智能化和远程化管理,井下智控与地面远程监控相协同的控制策略应运而生。该策略通过井下智能控制系统对掘进设备进行实时控制和监测,同时将数据上传到地面远程监控系统。地面监控系统能够实时监测井下作业情况,对掘进过程进行全局把控,并根据需要调整控制策略。这种协同控制策略不仅提高了掘进作业的灵活性和响应速度,还降低了人员的井下作业风险,提升了整体作业的安全性。

2.3 掘进智能化技术的集成与协同

(1) 掘、支、锚、运、探柔性并行作业技术的研发。掘、支、锚、运、探是煤矿掘进作业中的五个关键环节,它们之间的协同作业对于提高开采效率至关重要。柔性并行作业技术通过智能化调度和控制系统,实现了这五个环节的并行处理和无缝衔接。在掘进过程中,掘进装备、支护设备、锚固设备、运输设备和探测设备能够根据实际情况灵活调整作业顺序和参数,确保掘进作业的连续性和高效性。这种技术不仅提高了开采效率,还降低了设备的闲置率和能耗。(2) 掘进机器人、超前支护机器人、锚固机器人、辅助运输机器人组的协同作业。随着机器人技术的不断发展,掘进机器人、超前支护机器人、锚固机器人和辅助运输机器人在煤矿掘进作业中的应用越来越广泛。这些机器人通过智能化控制系统实现协同作业,能够根据掘进进度和地质条件自动调整作业策略和参数。在掘进过程中,它们能够自主完成掘进、支护、锚固和运输等任务,大大提高了开采效率和作业安全性。同时,这些机器人的应用还降低了人员的井下作业风险,改善了作业环境^[4]。(3) 跨系统全时空信息数字感知体系的构建。为了实现掘进作业的全面智能化管理,需要构建一个跨系统全时空信息数字感知体系。该体系通过集成各种传感器和智能设备,实时收集掘进过程中的各种数据,并进行整合和分析。这些数据包括地质条件、设备状态、作业进度、人员位置等。通过构建数字模型和数据可视化平台,管理人员能够实时掌握掘进作业的全局情况,及时发现并处理潜在问题。这种体系的构建不仅提高了掘进作业的智能化水平,还为决策提供了科学依据,推动了煤矿行业的可持续发展。

3 煤矿掘进智能化技术应用中的问题与对策

3.1 存在的问题

(1) 智能化掘进技术装备的支撑不足。智能化掘进技术的实施依赖于先进的装备支撑。然而,目前我国煤矿掘进智能化技术装备的研发和应用尚处于起步阶段,存在装备智能化程度不高、关键技术装备缺乏等问题。这导致在实际掘进作业中,智能化技术的应用效果受限,难以实现预期的高效率、高精度作业。此外,装备之间的兼容性和通讯协议不统一,也制约了智能化掘进系统的整体性能和协同作业能力。(2) 智能化掘进系统运行的稳定性与可靠性问题。智能化掘进系统是一个复杂的多系统集成体,包括导航定位、截割控制、支护作业、物料运输等多个环节。在实际运行中,由于地质条件复杂、设备故障频发、数据传输不稳定等因素,系

统的稳定性和可靠性常常受到挑战。系统的不稳定不仅影响掘进效率,还可能引发安全事故,给煤矿生产带来重大损失。因此,提高智能化掘进系统的稳定性和可靠性是当前亟待解决的问题。(3)智能化掘进技术的人才保障问题。智能化掘进技术的应用和推广离不开高素质的人才队伍。然而,目前煤矿行业普遍面临人才短缺的问题,尤其是既懂煤炭开采又精通智能化技术的复合型人才更为稀缺。这不仅限制了智能化掘进技术的研发和应用,也影响了系统的维护和升级。因此,加强智能化掘进技术人才的培养和引进,成为推动煤矿掘进智能化发展的关键。

3.2 对策建议

(1)加快关键技术装备的研发与应用。针对智能化掘进技术装备支撑不足的问题,建议政府、企业和科研机构加大研发投入,加快关键技术装备的研发与应用。一方面,应聚焦导航定位、截割控制、智能支护等核心技术,突破关键技术瓶颈,提升装备的智能化水平。另一方面,应加强装备之间的兼容性和通讯协议标准化工作,推动智能化掘进系统的整体优化和协同作业能力提升。同时,积极引进国外先进技术装备,结合我国煤矿实际情况进行消化吸收再创新,推动智能化掘进技术装备的国产化进程。(2)提高智能化掘进系统的运行维护水平。针对智能化掘进系统运行的稳定性与可靠性问题,建议采取以下措施提高系统的运行维护水平。一是建立完善的监测与预警系统,实时监测系统的运行状态和关键参数,及时发现并处理潜在故障。二是加强设备的日常维护和保养工作,定期进行检查和维修,确保设备处于良好状态。三是提高数据传输的稳定性和可靠性,采用先进的通讯技术和数据编码方式,减少数据传输中的误差和延迟。四是加强地质条件的研究和预测工作,根据地质条件的变化及时调整掘进策略和设备参

数,确保掘进作业的安全和高效。(3)加强智能化掘进技术人才的培养与引进。针对智能化掘进技术的人才保障问题,建议从以下几个方面加强人才的培养与引进工作。一是加强与高校、科研机构的合作与交流,共同培养具备煤炭开采和智能化技术双重背景的复合型人才。二是优化人才政策环境,提高薪酬待遇和福利水平,吸引和留住优秀人才。三是建立完善的培训体系和实践平台,提升现有员工的技能水平和创新能力。四是鼓励员工参与技术创新和科研项目工作,建立激励机制和奖励制度,激发员工的创新活力和工作热情。同时,积极引进国外优秀人才和技术专家,推动我国煤矿掘进智能化技术的快速发展。

结束语

综上所述,煤矿掘进智能化技术的进展与创新为煤炭开采行业带来了前所未有的变革与机遇。通过智能化装备的应用与控制系统的优化,不仅显著提升了掘进作业的效率与安全性,还为煤矿的可持续发展奠定了坚实基础。面对未来,持续的技术创新与人才培养将是推动煤矿掘进智能化技术不断前行的关键。我们有理由相信,在科研人员与从业人员的共同努力下,煤矿掘进智能化技术将迈向更高水平,为煤炭资源的高效、安全开采贡献更大力量。

参考文献

- [1]吴显.探析煤矿开采技术与掘进支护技术[J].内蒙古煤炭经济,2023,(03):26-27.
- [2]欧鑫锐.煤矿掘进工作存在的问题研究[J].内蒙古煤炭经济,2023,(07):55-56.
- [3]李飞,张林,尚宇琦.煤矿智能化掘进关键技术研究[J].工矿自动化,2023,(04):40-41.
- [4]彭科明.煤矿巷道智能化掘进关键技术要点[J].内蒙古煤炭经济,2022,(13):137-138.