

智能化掘进系统在煤矿开采中的应用与前景分析

陈爱喜 刘庆斌 张宇博

国电建投内蒙古能源有限公司 内蒙古 鄂尔多斯 017209

摘 要：智能化掘进系统在煤矿开采中的应用显著提升了生产效率、安全性和经济性。通过集成先进的传感器、自动化控制和智能导航技术，该系统实现了掘进、支护、运输等环节的自动化与智能化管理。未来，随着5G、大数据、人工智能等技术的融合，智能化掘进系统将向更高层次的自主决策和智能控制发展，推动煤矿开采向更加绿色、高效、安全的方向迈进。

关键词：智能化掘进系统；煤矿开采；生产效率；安全性；技术应用

1 引言

煤矿开采作为能源供应的重要组成部分，其开采效率、安全性以及可持续性一直是行业关注的焦点。随着科技的飞速发展，智能化掘进系统应运而生，为煤矿开采带来了新的变革机遇。本文将深入探讨智能化掘进系统在煤矿开采中的应用现状、优势以及未来前景，以期煤矿行业的智能化发展提供参考。

2 智能化掘进系统的概述

智能化掘进系统是一种集成了先进传感器技术、自动化控制技术、智能导航与定位技术等多种高新技术的综合性系统。该系统旨在通过智能化手段实现煤矿掘进作业的自动化、高效化和安全化，从而替代传统的人工操作，提高煤矿开采的整体效能。智能化掘进系统通常包括掘锚机、自移机尾、液压锚杆钻车、带式输送机、除尘设备以及智能化集控系统等多个组成部分。这些设备通过协同作业，共同完成了煤矿巷道的掘进、支护、运输、通风和除尘等任务^[1]。其中，掘锚机负责巷道的截割和初步支护；自移机尾则实现了皮带机尾的自动挪移和张紧；液压锚杆钻车用于加强锚索和单轨吊的施工安装；带式输送机负责煤炭的运输；除尘设备则有效降低了掘进过程中的粉尘浓度；而智能化集控系统则对整个掘进过程进行集中管控和智能调度。

3 智能化掘进系统在煤矿开采中的应用现状

3.1 提高生产效率

3.1.1 自动化作业

智能化掘进系统实现了掘进作业的自动化。掘锚机能够根据预设的参数进行自动截割，同时配合自移机尾和带式输送机，实现了煤炭的快速运输。这种自动化作业方式显著提高了掘进速度，减少了人工干预，从而提高了生产效率。

3.1.2 多机组协同作业

智能化掘进系统通过多机组的协同作业，进一步提高了生产效率。掘锚机、液压锚杆钻车等设备能够在同一工作面内同时作业，实现了掘进与支护的并行进行。这种协同作业方式不仅缩短了作业周期，还提高了设备的利用率。

3.2 增强作业安全性

3.2.1 实时监测与预警

智能化掘进系统配备了先进的传感器和监测系统，能够实时监测掘进过程中的各种参数，如瓦斯浓度、粉尘浓度、设备状态等。一旦监测到异常情况，系统能够立即发出预警信号，并采取相应的措施进行应对。这种实时监测与预警机制有效降低了事故风险，保障了作业人员的生命安全。

3.2.2 远程操控与无人化作业

随着5G等通信技术的发展，智能化掘进系统实现了远程操控和无人化作业。操作人员可以在地面控制中心通过远程操控系统对掘进设备进行实时控制，无需进入危险的井下环境。这种远程操控和无人化作业方式不仅提高了作业安全性，还减少了井下作业人员数量，降低了人力成本。

3.3 改善作业环境

3.3.1 降低粉尘浓度

智能化掘进系统配备了高效的除尘设备，能够在掘进过程中有效降低粉尘浓度。这些除尘设备通过自动化调节抽风风量和清灰控制功能，确保了掘进工作面的空气质量^[2]。这种改善作业环境的方式不仅有利于作业人员的身体健康，还提高了设备的运行效率和使用寿命。

3.3.2 优化通风系统

智能化掘进系统通过智能通风系统实现了掘进工作面的良好通风。系统能够根据掘进进度和巷道断面变化自动调节通风风量，确保了掘进工作面的空气流通。这

种优化通风系统的方式有效降低了有害气体的浓度,提高了作业环境的舒适性。

4 智能化掘进系统的优势分析

4.1 技术先进性

智能化掘进系统实现了多种高新技术的高度集成。通过将传感器技术、自动化控制技术、智能导航与定位技术等多种技术融合在一起,系统形成了高度集成化的智能生产体系。这种高度集成化的技术体系不仅提高了系统的整体性能,还降低了系统的复杂性和维护成本。智能化掘进系统具备智能化决策能力。系统能够根据实时监测到的数据进行分析 and 处理,从而做出最优化的决策。例如,在掘进过程中,系统能够根据煤层的变化自动调整掘进参数;在支护过程中,系统能够根据巷道的稳定性自动选择合适的支护方式。这种智能化决策能力显著提高了掘进作业的效率 and 安全性。

4.2 经济效益显著

智能化掘进系统通过自动化作业和远程操控等方式减少了井下作业人员数量,从而降低了人力成本。在一些应用智能化掘进系统的煤矿中,工作面单班人员减少了4人左右。这种人力成本的降低不仅提高了煤矿的经济效益,还缓解了煤矿行业的人力资源短缺问题。智能化掘进系统通过精准定位和实时调整等方式提高了资源利用率。系统能够根据煤层的变化自动调整掘进方向和深度,从而减少了资源浪费。同时,系统还能够通过优化运输路线和减少运输过程中的损耗等方式提高煤炭的回收率。这种资源利用率的提高不仅有利于煤矿的可持续发展,还降低了开采成本。

4.3 社会效益明显

智能化掘进系统通过实时监测与预警、远程操控与无人化作业等方式有效保障了矿工的安全。这种安全保障措施不仅减少了矿难事故的发生,还提高了矿工的工作积极性和满意度。同时,智能化掘进系统的应用还有助于提升煤矿行业的整体形象和社会认可度。智能化掘进系统的应用推动了煤矿行业的科技进步和产业升级^[3]。通过引入先进的传感器技术、自动化控制技术等高新技术,煤矿行业实现了从传统的人工操作向智能化作业的转变。这种转变不仅提高了煤矿开采的效率 and 安全性,还促进了煤矿行业的可持续发展和绿色转型。

5 智能化掘进系统面临的挑战与应对策略

5.1 面临的挑战

5.1.1 技术瓶颈

尽管智能化掘进系统已经取得了显著的进展,但仍存在一些技术瓶颈。例如,设备的自主感知和决策能力

尚待提高;煤岩识别技术在实际生产中应用仍存困难;数据融合与分析能力还有待提升等。这些技术瓶颈限制了智能化掘进系统的进一步发展和应用。

5.1.2 设备维护与故障诊断

智能化掘进系统涉及多种高新技术和设备,其维护和故障诊断具有一定的难度。一旦设备出现故障,需要专业的技术人员进行维修和调试。同时,由于系统的高度集成化,故障往往具有复杂性和隐蔽性,给故障诊断和排除带来了困难。

5.1.3 数据安全与隐私保护

智能化掘进系统涉及大量的数据传输和存储,数据安全和隐私保护成为一个重要问题。一旦数据泄露或被恶意攻击,将给煤矿企业带来严重的损失。因此,如何确保数据的安全性和隐私性成为智能化掘进系统应用过程中需要解决的重要问题。

5.2 应对策略

5.2.1 加强技术研发与创新

针对技术瓶颈问题,应加强技术研发与创新。通过引入更先进的传感器技术、人工智能算法等高新技术,提高设备的自主感知和决策能力;通过优化煤岩识别算法和提高识别精度,解决煤岩识别技术在实际生产中的应用难题;通过提升数据融合与分析能力,实现对海量数据的深度挖掘和精准操控。

5.2.2 完善设备维护与故障诊断体系

针对设备维护与故障诊断问题,应完善设备维护与故障诊断体系。建立专业的设备维护团队和故障诊断机制,定期对设备进行维护和检查;引入先进的故障诊断技术和工具,提高故障诊断的准确性和效率;建立设备故障预警机制,及时发现并处理潜在的设备故障。

5.2.3 加强数据安全与隐私保护

针对数据安全与隐私保护问题,应加强数据安全与隐私保护措施。采用加密技术对数据进行加密存储和传输,确保数据的安全性;建立严格的数据访问权限管理制度,限制非授权人员的数据访问;定期对数据进行备份和恢复测试,确保数据的完整性和可用性。

6 智能化掘进系统的未来前景分析

6.1 技术发展趋势

6.1.1 高度智能化与自主化

未来,智能化掘进系统将向更高层次的智能化和自主化发展。通过引入更先进的人工智能算法和机器学习技术,系统将具备更强的自主感知、决策和执行能力。例如,系统能够根据煤层的变化自动调整掘进参数和支护方式;能够根据设备的运行状态自动进行维护和故障

诊断等^[4]。这种高度智能化与自主化的掘进系统将进一步提高煤矿开采的效率和安全性。

6.1.2 融合多种高新技术

未来,智能化掘进系统将融合更多的高新技术。例如,5G通信技术的引入将实现井下设备的高速、低延迟通信;大数据技术的应用将实现对海量数据的深度挖掘和分析;物联网技术的融合将实现设备之间的互联互通和协同作业等。这些高新技术的融合将进一步提升智能化掘进系统的整体性能和功能。

6.2 市场应用前景

6.2.1 市场需求持续增长

随着煤矿行业的不断发展和对智能化掘进系统认知度的提高,市场需求将持续增长。特别是在一些大型煤矿企业和新建煤矿项目中,智能化掘进系统将成为标配设备。同时,随着国家对煤矿安全生产和环境保护要求的不断提高,智能化掘进系统的市场需求将进一步扩大。

6.2.2 应用场景不断拓展

未来,智能化掘进系统的应用场景将不断拓展。除了传统的煤矿掘进作业外,系统还将应用于金属矿、非金属矿等其他采矿场景中。此外,随着城市地下空间开发的不断推进,智能化掘进系统还将在地铁、隧道等地下工程领域得到广泛应用。

6.3 对煤矿行业的影响

6.3.1 推动行业转型升级

智能化掘进系统的应用将推动煤矿行业向智能化、绿色化、高效化方向转型升级。通过引入先进的智能化技术和管理模式,煤矿企业将实现生产方式的根本性变革。这种变革不仅将提高煤矿开采的效率和安全性,还将促进煤矿行业的可持续发展和绿色转型。

6.3.2 提升行业竞争力

智能化掘进系统的应用将提升煤矿行业的竞争力。通过提高生产效率、降低生产成本、改善作业环境等方式,煤矿企业将能够在激烈的市场竞争中脱颖而出。同时,智能化掘进系统的应用还将促进煤矿行业的技术创新和产业升级,为行业的长期发展奠定坚实基础。

7 案例分析——黄陵矿业一号煤矿

7.1 案例介绍

黄陵矿业一号煤矿是我国智能化掘进系统应用的典范。该煤矿引入了先进的智能化掘进系统,实现了掘进作业的全面智能化管理。系统包括掘锚机、自移机尾、液压锚杆钻车、带式输送机、除尘设备以及智能化集控系统等多个组成部分,各设备之间实现了高效协同作业。

7.2 应用效果

7.2.1 生产效率显著提高

引进智能化掘进系统后,黄陵矿业一号煤矿的掘进进尺大幅提高。掘锚机能够根据煤层的地质条件自动调整掘进参数,实现了高效截割。自移机尾和带式输送机的协同作业,使得煤炭运输更加快捷。据统计,该煤矿的掘进效率较之前提高了约35%,大大缩短了巷道掘进周期。

7.2.2 作业安全性增强

智能化掘进系统配备了先进的传感器和监测系统,能够实时监测掘进过程中的瓦斯浓度、粉尘浓度、设备状态等参数。一旦监测到异常情况,系统能够立即发出预警信号,并采取相应的措施进行应对。例如,当瓦斯浓度超标时,系统会自动停止掘进作业,并启动通风设备进行排风。这种实时监测与预警机制有效降低了事故风险,保障了作业人员的生命安全。

7.2.3 经济效益提升

引进智能化掘进系统后,黄陵矿业一号煤矿的工作面单班人员减少了3-4人,降低了人力成本。同时,系统通过优化运输路线和减少运输过程中的损耗等方式,提高了煤炭的回收率。据估算,该煤矿每年因智能化掘进系统的应用而节省的成本超过千万元。

结语

智能化掘进系统在煤矿开采中的应用具有显著的优势和广阔的前景。通过提高生产效率、增强作业安全性和改善作业环境等方式,智能化掘进系统为煤矿行业带来了变革性的发展机遇。然而,在应用过程中也面临着一些挑战和问题,如技术瓶颈、设备维护与故障诊断以及数据安全与隐私保护等。为了克服这些挑战并推动智能化掘进系统的进一步发展,应加强技术研发与创新、完善设备维护与故障诊断体系以及加强数据安全与隐私保护等措施。展望未来,随着技术的不断进步和市场的不断扩大,智能化掘进系统将在煤矿开采中发挥更加重要的作用,并推动煤矿行业向智能化、绿色化、高效化方向转型升级。

参考文献

- [1]赵元伟.尔林兔煤矿智能化掘进系统规划设计[J].中国高新科技,2024,(16):45-46.
- [2]陈祥祥,谷保栋,郭端琛.赵楼煤矿掘进工作面智能化控制系统的设计与应用研究[J].山东煤炭科技,2024,42(07):167-171.
- [3]冯秀青.高家庄煤矿大断面硬岩巷道智能化掘进系统研究与应用[J].山东煤炭科技,2024,42(03):25-28+33.
- [4]李开景,刘磊,邵波.煤矿智能化掘进及集控系统研究进展和面临的难题[J].矿业装备,2023,(11):147-149.