

智能化开采技术在深井采矿中的应用与挑战

杨少雄

内蒙古仲泰能源集团有限公司, 中国·内蒙古 鄂尔多斯 017000

摘要: 随着矿产资源需求的不断增长, 深井采矿逐渐成为获取资源的重要方式。智能化开采技术凭借其高效、安全、精准等优势, 在深井采矿领域展现出巨大的应用潜力。论文探讨智能化开采技术在深井采矿中的应用场景, 包括智能掘进、智能开采、智能运输等环节, 分析了该技术在应用过程中面临的挑战, 如复杂地质条件下的技术适应性、高成本投入、数据安全与隐私保护等问题, 并针对这些挑战提出相应的应对策略, 旨在推动智能化开采技术在深井采矿中的进一步发展和广泛应用。

关键词: 智能化开采技术; 深井采矿; 应用; 挑战; 应对策略

Application and Challenge of Intelligent Mining Technology in Deep Well Mining

Shaoxiong Yang

Inner Mongolia Zhongtai Energy Group Co., Ltd., Ordos, Inner Mongolia, 017000, China

Abstract: With the continuous growth in demand for mineral resources, deep mining has gradually become an important method for resource acquisition. Intelligent mining technology, with its advantages of efficiency, safety, and precision, demonstrates significant application potential in the field of deep mining. This paper explores the application scenarios of intelligent mining technology in deep mining, including intelligent excavation, intelligent mining, and intelligent transportation. It analyzes the challenges faced during the application of this technology, such as technical adaptability under complex geological conditions, high cost investment, data security, and privacy protection. Corresponding strategies to address these challenges are proposed, aiming to promote further development and widespread application of intelligent mining technology in deep mining.

Keywords: intelligent mining technology; deep well mining; application; challenge; coping strategy

0 前言

矿产资源作为国家经济发展的重要物质基础, 在工业生产、能源供应等领域发挥着关键作用。随着浅期矿产资源的逐渐枯竭, 深井采矿成为获取资源的必然趋势。然而, 深井采矿面临着高温、高压、高应力、复杂地质结构等诸多难题, 传统的采矿技术在安全性、效率和资源利用率等方面逐渐难以满足需求。智能化开采技术融合物联网、大数据、人工智能、自动化控制等先进技术, 实现采矿过程的智能化感知、决策和控制, 为深井采矿带来新的发展机遇。研究智能化开采技术在深井采矿中的应用与挑战, 有利于提高深井采矿的安全性、效率。

1 智能化开采技术在深井采矿中的应用

1.1 智能掘进技术

传统的掘进方式依赖人工操作, 效率低且安全风险高。智能掘进系统利用三维地质建模技术, 根据前期地质勘探数据构建详细的地下地质模型, 为掘进路径规划提供准确依据。掘进设备配备了高精度的传感器, 如激光测距传感器、地质雷达传感器等(见图1), 能够实时感知前方的地质情况, 包括岩石硬度、裂隙分布等信息。当遇到复杂地质结构时,

系统会自动调整掘进参数, 如刀具转速、推进速度等, 以适应不同的地质条件, 提高掘进效率和设备使用寿命。此外, 智能掘进技术还实现了远程控制和自动化作业。操作人员可以在地面控制中心通过监控系统实时掌握掘进设备的运行状态和工作环境, 远程操作设备进行掘进作业, 避免人员在危险环境下作业, 进而提高安全性^[1]。

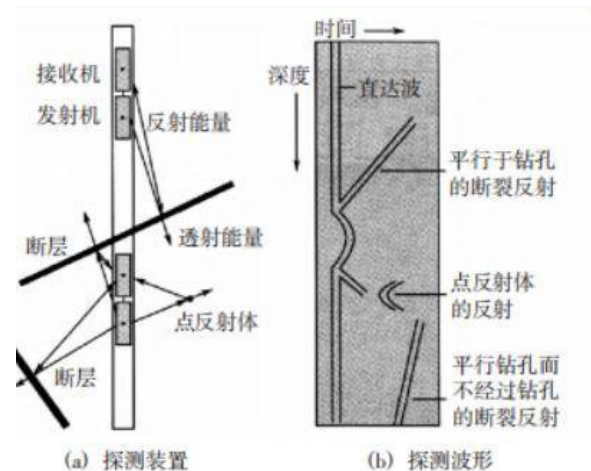


图1 地质雷达传感器原理

1.2 智能开采技术

在矿石开采过程中,利用传感器网络实时监测矿体的物理特性,如矿石品位、硬度、结构等信息。利用大数据分析 and 人工智能算法,对开采方案进行优化,确定最佳的开采顺序和开采参数,实现资源的高效开采。根据矿石品位的分布情况,优先开采高品位矿石区域,提高经济效益。此外,智能开采设备具备自动化操作和自主决策能力。采煤机、凿岩机等设备根据预设程序和实时监测数据自动调整工作状态,完成切割、钻孔、爆破等开采任务。同时,设备之间借助物联网技术实现协同作业,提高开采效率^[2]。

1.3 智能运输技术

深井采矿中的矿石运输环节复杂且具有一定危险性,智能运输技术的应用,有效解决这些问题。智能运输系统采用无人驾驶矿车、带式输送机等设备,利用无线通信技术和自动化控制技术实现运输过程的智能化管理。无人驾驶矿车配备激光雷达、摄像头等传感器,能够实时感知周围环境,自动规划行驶路径,避开障碍物,实现安全、高效的运输。此外,带式输送机则结合传感器监测输送带的运行状态,如速度、张力、跑偏情况等,当出现异常时,系统会自动报警并采取相应的措施进行调整,避免输送带故障导致运输中断。此外,智能运输系统还可以与智能开采系统进行数据交互,根据开采进度和矿石产量合理调度运输设备,实现运输资源的优化配置。

1.4 智能安全监测与预警技术

深井采矿环境恶劣,安全风险高,智能安全监测与预警技术是保障采矿安全的重要手段。在矿井内布置大量的传感器,对温度、湿度、有害气体浓度、地压、巷道变形等参数进行实时监测。利用物联网技术将监测数据传输到地面监控中心,利用大数据分析和人工智能算法对数据进行处理和分析,及时发现潜在的安全隐患,并发出预警信号。当监测到某区域一氧化碳浓度超标时,系统会立即发出警报,并通知相关人员撤离现场,同时启动通风系统进行通风换气^[3]。此外,智能安全监测与预警技术还可对矿井的安全状况进行评估和预测,为安全管理决策提供科学依据。

2 智能化开采技术在深井采矿中面临的挑战

2.1 复杂地质条件下的技术适应性问题

深井采矿面临着复杂多变的地质条件,如高地应力、高水压、破碎岩层等,这些条件对智能化开采技术的适应性提出严峻挑战。在地应力环境下,巷道容易发生变形和坍塌,智能掘进设备的稳定性和可靠性受到影响,设备的传感器和控制系统因应力变化而失效。高水压条件下,会对设备的防水性能和密封性能提出更高要求,一旦设备进水,将导致电子元件损坏,影响设备的正常运行。对于破碎岩层,智能开采设备的刀具磨损严重,开采效率降低,且容易引发矿石贫化和损失问题。此外,复杂地质条件下的地质参数难以准确获取和预测,现有的智能化技术在处理这些不确定性

问题时还存在一定的局限性,导致开采方案的优化效果不理想。

2.2 高成本投入问题

智能化开采技术的应用需要大量的资金投入,包括设备购置、系统开发、人员培训等方面。先进的智能开采设备价格昂贵,如一台智能掘进机的价格可达数百万元甚至上千万元,对于许多矿山企业来说是一笔巨大的开支。同时,智能化系统的开发和维护,也需投入大量的人力和物力,包括软件开发、数据处理、系统升级等方面的费用。此外,为确保智能化开采技术的正常运行,还需对操作人员进行专业培训,使其掌握相关的技术和知识,降低企业的成本负担。对于一些小型矿山企业而言,高成本投入限制智能化开采技术的应用和推广^[4]。

2.3 数据安全和隐私保护问题

智能化开采技术在运行过程中会产生大量的数据,包括地质数据、设备运行数据、人员信息等。这些数据对于矿山企业的生产管理和决策具有重要价值,但同时也面临着数据安全和隐私保护的问题。在数据传输和存储过程中,受到黑客攻击、病毒感染等安全威胁,导致数据泄露、篡改或丢失,给企业带来严重的经济损失和安全风险。此外,人员信息等隐私数据的泄露还可能侵犯个人权益,引发法律纠纷。目前,矿山企业在数据安全和隐私保护方面的技术和管理措施还不够完善,难以有效应对日益严峻的数据安全挑战。

2.4 技术标准与规范不完善问题

目前,智能化开采技术在深井采矿领域的应用还处于发展阶段,相关的技术标准和规范尚未完善。不同企业和厂家生产的智能设备和系统在接口、通信协议、数据格式等方面存在差异,导致设备之间的兼容性和互操作性较差,难以实现系统的集成和协同工作。同时,缺乏统一的技术标准和规范也给设备的选型、安装、调试和维护带来困难,增加企业的运营成本和技术风险。此外,技术标准和规范的不完善还不利于行业的健康发展,阻碍智能化开采技术的推广和应用。

3 应对策略

3.1 加强技术研发与创新

针对复杂地质条件下的技术适应性问题,加大研发投入,组织科研机构、高校和企业开展联合攻关。研发适用于深井采矿的新型智能设备和技术,提高设备的抗恶劣环境能力和适应性。开发具有高强度、高韧性的设备材料,提高设备在地应力环境下的稳定性;研发防水、防腐性能更好的传感器和电子元件,增强设备在高水压等恶劣条件下的可靠性。同时,加强对地质条件预测和评估技术的研究,利用人工智能、大数据等技术手段,提高地质参数的获取和预测精度,为智能化开采方案的优化提供更准确的依据。此外,鼓励企业开展技术创新,建立产学研用相结合的创新体系,推动智能化开采技术的不断发展和完善。

3.2 降低成本，提高经济效益

政府应出台相关的扶持政策，对采用智能化开采技术的矿山企业给予财政补贴、税收优惠等支持，降低企业的成本负担。矿山企业自身也应加强成本管理，优化设备选型和采购方案，选择性价比高的智能设备和系统。同时，加强设备的维护和管理，提高设备的使用寿命和运行效率，降低设备的维修和更换成本。此外，提高资源回收率、降低能源消耗、提高生产效率等方式，提高企业的经济效益，增强企业应用智能化开采技术的动力和能力。利用智能化开采技术优化开采方案，减少矿石贫化和损失，提高资源利用率；采用节能型智能设备，降低能源消耗，降低生产成本。

3.3 加强数据安全与隐私保护

矿山企业应加强数据安全治理，建立完善的数据安全管理制度和技术防护体系。采用加密技术对数据进行加密处理，防止数据在传输和存储过程中被窃取和篡改。建立数据备份和恢复机制，定期对数据进行备份，确保数据的安全性和完整性。同时，加强网络安全防护，安装防火墙、入侵检测系统等安全设备，防止黑客攻击和病毒感染。在隐私保护方面，企业应严格遵守相关法律法规，加强对人员信息等隐私数据的管理和保护。明确数据使用权限，限制数据的访问和使用范围，确保隐私数据不被泄露。此外，加强员工的数据安全和隐私保护意识培训，提高员工的安全防范意识和操作技能。

3.4 完善技术标准与规范

相关部门应加快制定和完善智能化开采技术在深井采矿领域的技术标准和规范，统一设备接口、通信协议、数据格式等技术要求，提高设备之间的兼容性和互操作性。组织行业专家和企业代表参与标准的制定和修订工作，确保标准

的科学性、合理性和实用性。同时，加强对标准的宣传和推广，引导企业按照标准进行设备选型、安装、调试和维护，促进智能化开采技术的规范化发展。此外，建立标准实施监督机制，加强对标准执行情况的监督检查，确保标准的有效实施。

4 结语

智能化开采技术在深井采矿中具有广阔的应用前景，能有效提高采矿效率、保障采矿安全、提升资源利用率。然而，该技术在应用过程中也面临着诸多挑战，如复杂地质条件下的技术适应性问题、高成本投入问题、数据安全与隐私保护问题、技术标准与规范不完善问题以及专业人才短缺问题等。通过加强技术研发与创新、降低成本、加强数据安全与隐私保护、完善技术标准与规范以及加强专业人才培养等应对策略，可有效解决这些问题，推动智能化开采技术在深井采矿中的进一步发展和广泛应用，实现深井采矿的智能化、高效化和可持续发展。

参考文献：

- [1] 杨小聪,尹升华.超大型深井铁矿高效绿色开采技术与智能装备研究现状与展望[J].工程科学学报,2024,46(12):2147-2158.
- [2] 赵兴东.黄金矿山深井开采研究进展与发展趋势[J].黄金,2024,45(8):1-18.
- [3] 张皓钦,吴钦正.金属矿智能开采技术应用现状与发展[J].中国金属通报,2024(24):4-6.
- [4] 芦峰.井下采矿技术与井下采矿的发展趋势研究[J].工程施工新技术,2025,4(10).

作者简介：杨少雄（1990-），男，蒙古族，中国内蒙古鄂尔多斯人，本科，中级工程师，从事煤矿安全方面研究。