

Research on Directional Advanced Drilling Technology of Deep Hole in Underground Coal Mine

Yongtao Hu Jingwei Wang

Kuqa Kexin Coal Industry Co., Ltd., Kuqa, Xinjiang, 842000, China

Abstract

Coal mine deep hole directional advanced drilling technology is a kind of in the process of mine excavation, through long distance, high precision drilling detection, discover and evaluate the geological conditions of important means, the technology combines the advanced directional drilling technology and drilling measurement technology, can realize the long distance, high precision geological structure detection, effectively improve the level of mine safety production. This paper discusses the application significance of underground deep hole directional advanced drilling technology, and puts forward the relevant application strategies to promote the sustainable development of coal mining industry. In the application of directional drilling technology, enterprises should adopt advanced directional drilling technology to improve the precise control ability and hole formation rate of the drilling trajectory, and integrate automation, information and intelligent technology into the drilling equipment, so as to improve the drilling efficiency and precision.

Keywords

coal mine; drilling technology; directional lead

煤矿井下深孔定向超前钻探技术研究

胡永涛 王经纬

库车市科兴煤炭实业有限责任公司, 中国·新疆 库车 842000

摘 要

煤矿井下深孔定向超前钻探技术是一种在矿井掘进过程中, 通过长距离、高精度的钻孔探测, 提前发现并评估前方地质条件的重要手段, 该技术结合了先进的定向钻进技术和随钻测量技术, 能够实现远距离、高精度的地质构造探测, 有效提高矿井安全生产水平。论文探讨了煤矿井下深孔定向超前钻探技术的应用意义, 并提出了相关应用策略, 推动煤矿行业的可持续发展。定向钻进技术应用中, 企业应采用先进的定向钻进工艺, 提高钻孔轨迹的精确控制能力和成孔率, 并将自动化、信息化和智能化技术融入钻探设备中, 进而提高钻探效率和精度。

关键词

煤矿; 钻探技术; 定向超前

1 引言

随着煤矿开采深度和规模的增加, 煤矿安全生产面临越来越多的挑战, 尤其是复杂的地质构造如断层、溶洞和含水层等对矿井安全构成严重威胁, 传统的钻探方法由于探测距离短、精度低, 无法满足现代矿井高效掘进的需求, 因此研究和开发煤矿井下深孔定向超前钻探技术具有重要意义。

2 煤矿井下深孔定向超前钻探技术的应用意义

2.1 提高勘探效率

煤矿井下深孔定向超前钻探技术的应用, 能够实现钻孔轨迹的精确控制, 使钻头沿指定的方向到达预计目标处,

不仅能够提高了勘探的准确性, 还减少了无效钻孔的数量, 从而降低了勘探成本, 而且该技术的应用可以在钻探过程中能够实时获取钻孔的位置、倾角等关键参数, 并根据实际情况进行动态调整, 这种实时性和灵活性大大提高了勘探效率, 使得钻探工作能够更加高效地进行。分支孔探测技术是定向钻探技术的一大亮点, 能够在主孔的基础上向不同方向延伸出多个分支孔, 从而实现对更大区域的覆盖和探测, 使得原本需要多次钻孔才能完成任务现在通过一次或少数几次钻孔就能实现。随着自动化和智能化技术的发展, 定向钻进技术也在不断进步, 自动化定向钻机集成了自动控制技术、传感器技术、导向钻进技术等多种先进技术, 实现了自动装卸钻杆、自动钻进等功能, 这些技术的应用不仅减轻了工人的劳动强度, 还提高了钻孔施工的效率和质量。定向钻进技术在复杂地质条件下仍能保持较高的成孔率和钻进能力, 如在复杂顶板岩层中, 通过研发和应用新型工艺和技术

【作者简介】胡永涛(1987-), 男, 中国河南许昌人, 本科, 工程师, 从事煤矿安全生产、防治水研究。

装备,可以有效解决定向钻进成孔率低的难题,这种适应性使得定向钻进技术能够在更多场景下发挥作用,进一步提高勘探效率。此外,定向钻进技术具备超长孔钻进施工能力,能够实现更远距离的高精度中靶,使得在勘探过程中能够覆盖更广的区域,获取更多的地质信息,从而提高勘探效率,为煤矿安全生产提供有力保障。

2.2 促进资源利用

煤矿井下深孔定向超前钻探技术的应用,可以实现钻孔轨迹的精确控制,使得瓦斯抽采更加高效,而且顺煤层超深定向钻孔技术能够显著增加瓦斯抽采量,从而提高资源的利用率,同时高效的瓦斯抽采不仅减少了瓦斯对矿井安全的威胁,还提高了瓦斯作为能源的利用效率。定向钻探技术能够在煤矿井下实现区域精准的地质勘探,提前发现潜在的地质灾害,为资源开发提供科学依据,该技术能够适应复杂顶板岩层中的定向钻进成孔率问题,扩大了勘探范围,而且该技术装备具有良好的地层适应性,能够在多种地质条件下作业。定向钻进技术在复杂地质条件下仍能保持较高的成孔率和钻进能力,采用高效的钻进系统和远程监控技术,提升了施工速度减轻了工人的劳动强度,而且通过减少无效钻孔的数量和提高钻孔的准确性,定向钻探技术能够显著降低勘探成本,这对于煤矿企业来说具有重要的经济效益。

3 煤矿井下深孔定向超前钻探技术的应用策略

3.1 精确控制钻孔轨迹

精确控制钻孔轨迹是煤矿井下深孔定向超前钻探技术的核心,对于提高勘探效率、确保施工安全具有重要意义,企业应通过随钻测量和导向钻进技术,实现钻孔轨迹的实时监测和动态调整,进而在钻孔过程中实时获取钻孔的位置、倾角等关键参数,并根据实际情况进行精确控制,还可以引入惯性导航技术,如基于光纤陀螺或 MEMS 陀螺的随钻测量装置,以提高测量的精准度和适应性,这些装置能够克服传统测量方法中依赖地磁场的局限性,特别适用于金属矿山等复杂环境。企业应注重多分支孔探测技术的应用,在主孔的基础上向不同方向延伸出多个分支孔,实现对更大区域的覆盖和探测,针对复杂顶板岩层中的定向钻进成孔率问题,研发新型工艺和技术装备,如长距离水害超前探测技术,以适应更复杂的地质条件,并采用基于机器学习和深度学习 AI 算法的数据反演和定位方法,有效识别异常体的空间方位,提高异常体定位精度^[1]。

3.2 优化定向钻进工艺

煤矿井下深孔定向超前钻探技术应用中,企业应积极优化定向钻进工艺,可以根据具体地质条件和施工需求,采用由钻头、稳定器和短钻杆按照不同组合形式连接而成的稳定组合钻具,该钻具结构简单,对冲洗液性能没有特殊要求,且成本低,可操作性强,易于维护使用。此外,还可以采用螺杆马达钻进,该工具是一种以高压冲洗液作为

传递动力介质的孔底动力钻具,其具有倾角、方位角控制调节能力强的特点,能够实时精确地随钻测量,定向精度高、效果好,但应注意其特点,螺杆马达及配套钻杆结构和能力的限制使得其对冲洗液的净化要求高,可施工的钻孔直径较小,地层适应性较弱。企业可以灵活采用滑动定向钻进和复合定向钻进技术,滑动定向钻进适用于中短距离的水平井段钻进,而复合定向钻进则适用于长距离的水平井段钻进,研制更大功率的定向钻机,以满足超深孔钻进的需求。例如,ZDY15000LD 型定向钻机已成功应用于顺煤层超深定向钻孔施工,此外还可以开发高效的传输与通讯技术,确保井下钻探数据的实时传输和监控,为钻进过程的精确控制提供技术支持。企业应通过自动化控制技术与电液比例控制技术、传感器检测技术、可视化监测技术、防爆控制设计技术的深度融合和高效集成,实现井下自动装卸钻杆、自动钻进、自主调节、远程控制等功能,同时针对复杂地质条件和作业环境,研发多参数随钻测量系统,提高导向精度和效率,并加强井下高速稳定通讯技术的研发,确保数据传输的实时性和准确性。

深孔定向钻孔设计平面图见图 1。

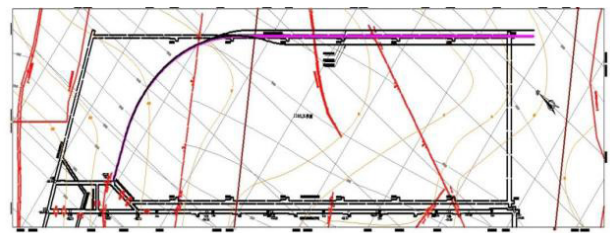


图 1 深孔定向钻孔设计平面图

3.3 引入现代信息技术

当前科学技术迅速发展,煤矿井下深孔定向超前钻探技术应用中应引入现代信息技术,通过安装高精度传感器和监测设备,实时采集钻孔过程中的各类数据,如钻孔深度、角度、地质条件等。这些数据可以通过无线网络传输到地面监控中心,实现对钻孔过程的实时监控和数据分析,同时利用大数据分析和人工智能技术,对采集到的数据进行深度挖掘和分析,预测钻孔前方的地质情况,为钻孔操作提供科学依据和决策支持。例如,通过分析历史钻孔数据和地质资料,可以预测钻孔前方的瓦斯含量、水文情况等,从而提前采取相应的预防措施。企业可以引入自动化控制技术和远程操作系统,实现钻孔过程的自动化和智能化控制。操作人员可以在地面监控中心通过远程控制系统对钻孔设备进行精确操控,减少井下作业人员的数量和劳动强度,提高钻孔效率和安全性,还可以利用三维可视化技术和模拟仿真技术,将钻孔过程和地质条件以三维图像的形式直观展示出来,促使操作人员更准确地了解钻孔情况和地质构造,优化钻孔方案和施工流程。此外,企业应建立信息化管理平台,实现钻孔数据的集中存储、管理和共享,通过信息化平台,可以实现不

同部门之间的协同作业和信息共享,提高整体工作效率和管理水平。例如,地质部门、工程部门和安全部门可以共同查看和分析钻孔数据,制定更合理的施工方案和安全措施,并基于实时监控数据和智能分析结果,建立预警系统和应急响应机制,当钻孔过程中出现异常情况或潜在安全隐患时,系统能够自动发出预警信号并启动应急响应程序,确保及时采取措施避免事故的发生,降低事故发生率^[2]。

3.4 实现勘探与掘进一体化

为了提高煤矿安全生产效率,企业应采用先进的定向钻探技术,如西安研究院自主研制的YCSZ煤矿井下钻孔瞬变电磁技术与装备,实现长距离(如810m)超前探测。这种技术能够克服传统“短掘短探”模式的局限,为巷道快速掘进提供地质保障,通过定向长钻孔和孔中物探技术的结合,形成以定向长钻孔为圆心、半径30m、深度近1000m的探测范围,满足巷道快速掘进的长距离探测需求。企业应采用,探钻一体与探掘并行,通过在快速掘进巷道的后方或邻近巷道预设钻场,避免钻探作业与快速掘进在施工时间和空间上的矛盾,利用煤矿井下定向钻探技术实现长距离超前钻探,同时开展钻孔径向富水区、地质构造的超前探测工作,形成高精度的预想地质剖面,为掘进工作面的优化设计提供依据。企业应积极探索“长掘长探”模式,该模式指单日掘进距离长、单次探测距离长的巷道掘进超前探测工作新模式,通过采用“定向长钻孔+钻孔物探”,克服了传统“短掘短探”工艺中的不足,实现了物探、钻探的同时、同地点探测(探钻一体)和超前探测、快速掘进的并行作业(探掘并行),提高了巷道快速掘进地质超前的探测效率和成果精度,企业可以利用煤矿井下定向钻进技术施工近1000m的定向长钻孔,为孔中物探提供空间条件,同时,采用“一孔多分支”技术有效控制煤层顶底板、煤层厚度以及小构造等地质变化^[3]。

3.5 加强人员培训工作

针对煤矿井下深孔定向超前钻探技术的特殊性,企业应做好培训工作,培训应侧重于提升操作人员的专业技能,包括钻孔轨迹测量、定向钻进工艺、设备操作与维护等,同时安全是煤矿生产的首要任务,培训中必须强调安全操作规程,增强员工的安全意识和应急处理能力,此外随着技术的不断进步,培训内容应与时俱进,及时纳入新技术、新工艺、

新材料和新标准,确保员工的知识体系保持最新状态。企业应根据员工的岗位和技能水平,制定分层次的培训计划。对于新入职员工,进行基础技能培训;对于在职员工,则注重提升和深造,培训过程中,既要注重理论知识的传授,也要注重实践操作的训练,通过模拟演练、实操练习等方式,提高员工的实际操作能力,此外为确保培训效果,应定期对员工进行复训和考核,通过考核检验员工的学习成果,并根据考核结果调整培训计划。为激发员工的学习积极性,企业可以设立奖学金、晋升机会等激励措施,同时,对于在培训中表现优秀的员工给予表彰和奖励,建立有效的反馈机制,鼓励员工提出培训需求和建议,通过收集员工的反馈意见,不断优化培训内容和方式,提高培训的针对性和实效性。企业应从内部选拔具有丰富实践经验和教学能力的专家担任培训教师,确保培训质量,积极引进外部优质教育资源,邀请行业专家、学者进行授课和交流,拓宽员工的视野和知识面,并建立在线教育平台,提供丰富的学习资源供员工自主学习,通过视频教程、在线测试等方式,方便员工随时随地进行学习,还可以利用虚拟现实技术模拟真实的煤矿井下环境,进行定向钻探技术的模拟训练,提高员工的实际操作能力和应急处理能力。

4 结语

综上,煤矿井下深孔定向超前钻探技术的研究与应用为煤矿安全生产提供了强有力的技术支撑,通过不断优化钻进工艺、提高测量精度和数据处理能力,该技术已经在断层探测、水害防治等方面取得了显著成效。未来,随着技术的进一步发展和完善,煤矿井下深孔定向超前钻探技术将在更多的矿山地质保障任务中发挥更重要的作用,为实现矿井的安全高效生产作出更大贡献。同时,企业应继续加强人员培训和技术创新,推动该技术的广泛应用和持续改进。

参考文献

- [1] 马小敏.煤矿井下深孔定向钻进瓦斯抽采技术及应用[J].工矿自动化,2019,45(8):83-87+108.
- [2] 徐保龙,姚宁平,王力.煤矿井下定向深孔复合钻进减阻规律研究[J].煤矿安全,2018,49(2):92-95.
- [3] 苗威,丁荣飞.煤矿井下深孔定向超前钻探技术研究与应用[J].中国高新技术企业,2017(10):216-217.