

矿山地质钻探工艺优化研究

韩 肖

山西省煤炭地质一一五勘查院有限公司 山西 大同 037003

摘 要：矿山地质钻探工艺对矿山开发意义重大。其核心构成包括钻进方法选择、参数设定等多环节，作业具环境复杂、精度要求高、连续性强等特点。当前存在钻进方法选择缺乏针对性、参数设定不合理、孔内控制技术不完善等问题。针对这些问题，提出优化策略，涵盖钻进方法、参数设定、孔内控制技术优化。同时，为保障工艺优化效果，需优化设备调试与维护、提升作业人员专业素养、建立工艺优化评价体系。通过这些措施，可提升钻探工艺的适配性、精准性与安全性，降低作业成本，提高矿山地质钻探的整体水平与经济效益。

关键词：矿山地质；钻探工艺；钻进参数；孔内控制；工艺优化

引言：在矿山开发领域，矿山地质钻探工艺是获取地下地质信息、评估矿产资源的关键手段，其质量与效率直接影响矿山的后续开发与利用。矿山地质钻探工艺是一个复杂且系统的作业体系，由多个紧密关联的环节构成，不同作业环境与地质条件又赋予其独特的特点。然而，当前矿山地质钻探工艺在实际应用中暴露出诸多问题，制约了钻探作业的效果与矿山开发的整体进程。因此，深入剖析现存问题，并提出针对性的优化策略与保障措施，对于提升矿山地质钻探工艺水平具有重要的现实意义。

1 矿山地质钻探工艺核心构成及作业特点

矿山地质钻探工艺是矿山开发中获取地下地质信息的关键技术手段，构建起一个严谨且系统的作业体系。其核心构成涵盖多个关键环节，各环节紧密交织、彼此影响，共同决定着钻探作业的整体质量与效率。（1）钻进方法选择是首要环节，需依据地层岩性、钻探目的等要素，从金刚石钻进、硬质合金钻进、牙轮钻进等多种方法中精准抉择。不同钻进方法适用于不同地质条件，合理选择可提升钻进效率与质量。钻进参数设定包含钻压、转速、泵量等，这些参数的精确设定是保障钻进过程高效稳定运行的基础，参数不合理会导致钻进速度慢、钻头磨损快等问题。孔内控制技术涉及孔斜监测与校正、孔内事故预防与处理等，对确保钻孔质量起着关键作用，能有效避免孔斜超标、孔壁坍塌等事故。钻探耗材选用包括钻头、钻杆、泥浆材料等，优质耗材可提升钻进效率、降低损耗。钻探设备调试涵盖动力系统、传动系统、循环系统等，确保设备处于最佳运行状态，为钻探作业提供硬件支持。（2）矿山地质钻探作业具有显著特殊性。作业环境复杂，钻探区域多处于矿山地下或山区，地层岩性多变，常遭遇坚硬岩层、破碎岩层、松散地层等复

杂地质条件，对钻探工艺的适应性提出高要求。钻探精度要求严苛，需获取准确的地层岩性、地质构造、矿产分布等数据，为后续矿山作业提供可靠依据，对孔斜、孔深精度及数据完整性要求极高。作业连续性强，多为24小时不间断作业，工艺稳定性直接影响作业进度，工艺缺陷易引发停工、返工，增加成本。此外，钻探过程中耗材消耗量大，且与工艺合理性紧密相关，优化工艺可有效降低耗材损耗，提高经济性^[1]。

2 矿山地质钻探工艺现存主要问题

2.1 钻进方法选择缺乏针对性

在传统矿山地质钻探作业里，钻进方法的选择存在明显不合理性。作业人员往往凭借过往经验进行决策，未对地层岩性展开系统且精准的分析判断，普遍存在“一刀切”的做法。（1）面对坚硬岩层，由于未选用与之适配的高强度钻进方法，钻进时钻头与岩石的相互作用力分布不均，导致钻进速度极为缓慢，钻头在巨大压力下磨损加剧，使用寿命大幅缩短，严重时甚至会出现钻进受阻、无法继续钻进的状况。（2）对于松散地层或破碎岩层，缺乏针对性的护壁钻进方法，孔壁缺乏有效支撑，极易引发孔壁坍塌、掉块等事故，干扰钻探作业的正常进行。而在中等硬度、完整性较好的地层，选用的钻进方法又过于复杂，使得设备能耗增加，整体钻进效率低下，造成了不必要的资源损耗。

2.2 钻进参数设定不合理

钻进参数作为影响钻探效率与质量的关键要素，涵盖钻进速度、钻压、转速、泥浆排量等多个方面。然而，在当下多数矿山地质钻探作业中，钻进参数设定存在明显不合理性。（1）实际操作时，参数设定缺乏科学支撑，多采用固定参数进行作业，未随地层岩性变化及时调整。当钻压设定过高，巨大的压力会使钻杆承受超出其承受能

力的应力,导致钻杆变形,进而引发孔斜超标问题,还会加速钻头磨损,缩短其使用寿命。若钻压设定过低,钻进动力匮乏,钻进速度大幅降低,延长作业周期,增加时间成本。(2)转速设定不合理同样影响重大,过高或过低都会使钻头切削效率降低,出现打滑、卡顿等情况,阻碍钻进进度。泥浆排量与粘度设定不当,无法有效发挥护壁、排渣功能,易引发孔内事故,还会造成泥浆耗材的不必要消耗^[2]。

2.3 孔内控制技术不完善

孔内控制对于保障钻探精度与作业安全起着决定性作用,涵盖孔斜控制、孔壁护壁、排渣控制等多个关键方面。但当前矿山地质钻探工艺中,孔内控制技术存在诸多短板。(1)在孔斜控制上,有效实时监测与调整手段匮乏。多数情况下依靠事后校正,这使得孔斜问题难以及时察觉。一旦孔斜超标,返工不仅难度大,还会大幅增加成本,并且会严重影响钻探所获取数据的准确性,为后续分析带来极大困扰。(2)孔壁护壁方面,护壁材料选用与配比缺乏针对性。面对破碎岩层、松散地层等复杂地质条件,护壁效果大打折扣,容易引发孔壁坍塌、漏浆等事故,严重干扰作业连续性。(3)排渣控制也不尽人意,排渣方式与参数设定不合理,导致孔内岩渣堆积,增大钻进阻力,加速钻头磨损,甚至可能引发卡钻事故,威胁作业安全与进度。

3 矿山地质钻探工艺优化策略

3.1 优化钻进方法选择,提升工艺适配性

结合矿山地质钻探的地层岩性特点,建立针对性的钻进方法选择体系,摒弃经验化选择模式,根据不同地层的硬度、完整性、松散程度等指标,选择适配的钻进方法。(1)对于坚硬、致密的岩层,选用金刚石钻进方法,利用金刚石钻头的高强度、高耐磨性,提升钻进速度,减少钻头磨损,同时确保钻孔壁的完整性;对于中等硬度、完整性较好的地层,选用合金钻进方法,兼顾钻进效率与经济性,降低能耗与耗材消耗;对于松散地层、破碎岩层,选用套管护壁钻进或跟管钻进方法,通过套管的支撑作用,防止孔壁坍塌、掉块,确保钻探作业顺利开展。(2)在钻探作业前,对钻探区域的地层岩性进行提前探查,明确不同深度、不同区域的地层特点,制定差异化的钻进方法方案,在作业过程中,根据实际钻进情况,及时调整钻进方法,确保工艺的适配性与合理性。

3.2 优化钻进参数设定,实现精准调控

基于地层岩性特点与钻探作业需求,建立科学的钻进参数调控体系,实现钻进参数的动态调整与精准控制。

(1)明确不同地层条件下各钻进参数的合理范围,结合钻探设备的性能、钻探耗材的特性,制定钻进参数基准值。对于坚硬岩层,适当提高钻压与转速,降低钻进速度,确保钻头切削效率,同时避免钻杆过载;对于松散地层,适当降低钻压与转速,提高钻进速度,减少对孔壁的扰动,同时增大泥浆排量,确保排渣顺畅。(2)在钻探作业过程中,安装实时监测设备,对钻压、转速、钻进速度、泥浆排量等参数进行实时监测,及时掌握参数变化情况,结合实际钻进效果,动态调整参数数值,确保各参数处于合理范围。同时,加强作业人员的专业培训,提高作业人员对钻进参数的调控能力,确保参数调整的及时性与准确性,避免因参数不合理导致的作业问题^[3]。

3.3 优化孔内控制技术,提升作业安全性与精度

针对孔内控制存在的不足,从孔斜控制、孔壁护壁、排渣控制三个方面进行优化,提升孔内控制水平。(1)孔斜控制方面,采用实时监测与提前预防相结合的方式,在钻探设备上安装孔斜监测仪器,实时监测钻孔的倾斜角度,当倾斜角度超过允许范围时,及时发出预警信号,作业人员及时调整钻进角度,采用纠斜装置进行纠斜,避免孔斜超标;同时,在钻进过程中,合理控制钻压与转速,减少钻杆的弯曲变形,从源头预防孔斜问题。(2)孔壁护壁方面,优化护壁材料的选用与配比,根据不同地层的特点,选择适配的护壁材料,对于破碎岩层、松散地层,采用高粘度、高护壁性能的泥浆,同时合理调整泥浆的配比,提高泥浆的护壁效果,防止孔壁坍塌、漏浆;对于坚硬岩层,可适当降低泥浆粘度,减少泥浆消耗,兼顾经济性与护壁效果。(3)排渣控制方面,优化排渣方式,结合地层岩性与钻进速度,合理设定排渣参数,对于岩渣颗粒较大的地层,增大泥浆排量,采用分段排渣的方式,确保孔内岩渣及时排出,减少钻进阻力;同时,定期对孔内进行清理,避免岩渣堆积,防止卡钻、埋钻等事故发生。

4 钻探工艺优化的保障措施

4.1 优化钻探设备调试与维护

钻探设备性能的稳定可靠是钻探工艺优化得以有效实施的关键基础。为保障工艺优化效果,必须强化钻探设备的调试与维护工作。(1)在钻探作业开展前,要进行全面且细致的设备调试。对钻杆的连接强度、密封性进行严格检测,确保其能承受钻进过程中的巨大压力与扭矩;对钻头的磨损情况、材质性能进行评估,根据地层条件选择适配钻头;对泥浆泵的流量、压力参数进行精准调试,保证泥浆循环系统正常运行;对各类监测仪

器的精度和灵敏度进行校准,以便准确获取钻进过程中的各项数据。(2)作业过程中,建立定期巡检制度。专业技术人员按照既定周期对设备进行巡查,及时发现潜在问题。一旦发现设备故障隐患,立即安排维修或更换部件,避免故障扩大导致作业中断,影响工艺优化进程。(3)作业结束后,对设备进行全面清理,去除设备表面的泥浆、岩屑等杂质。随后进行细致保养,添加润滑油、更换易损件等。通过科学维护延长设备使用寿命,为后续钻探作业的工艺优化提供坚实的设备保障^[4]。

4.2 提升作业人员专业素养

作业人员作为钻探工艺优化实施的直接操作者,其操作水平与专业素养对优化效果起着决定性作用。为确保工艺优化措施有效落地,加强作业人员专业培训、提升其专业能力势在必行。(1)要制定一套科学系统、针对性强的培训方案。在理论培训方面,着重围绕钻进方法的选择展开,让作业人员深入了解不同地层条件下各类钻进方法的适用性及优缺点;详细讲解钻进参数的调控原理,如钻压、转速、泵量等参数如何根据实际情况进行精准调整;传授孔内控制技术,包括孔斜监测与校正、孔内事故预防与处理等关键要点;强化设备操作与维护知识培训,使作业人员熟悉设备性能、操作流程及日常维护要点。(2)注重实操培训。安排作业人员在实际钻探作业场景中进行操作练习,在实践中积累经验,提高操作熟练度。设置模拟突发工艺问题的场景,锻炼作业人员的应急处理能力,确保他们在面对实际作业中的复杂情况时,能够迅速、准确地采取有效措施,保障工艺优化措施得以有效落实。

4.3 建立工艺优化评价体系

要切实保障钻探工艺优化的有效性,构建一套科学严谨的工艺优化评价体系至关重要。该体系能够对优化后的工艺展开全方位、多层次的评价。(1)在评价指标选取上,涵盖钻探效率、钻探质量、耗材损耗量、作业成本等关键方面。对于钻探效率,可从单位时间进尺等

指标衡量;钻探质量则依据孔斜精度、孔深精度、岩芯采取率等标准评判;耗材损耗量关注钻头、钻杆、泥浆等材料的使用情况;作业成本包含设备折旧、耗材采购、人工费用等各项支出。同时,明确各评价指标的具体评价标准与合理权重,确保评价的客观性与准确性。(2)通过收集实际作业数据,并与优化前的工艺数据进行细致对比,精准评估工艺优化的成效。依据评价结果,深入剖析优化工艺中存在的短板与不足。进而有针对性地调整和完善优化策略,形成“优化—实施—评价—完善”的良性闭环机制,推动矿山地质钻探工艺持续优化升级,不断提升整体作业水平^[5]。

结束语

矿山地质钻探工艺的优化是一个系统性、长期性的工程,涉及钻进方法、参数设定、孔内控制技术等多个关键环节,同时需要设备调试维护、人员培训、评价体系构建等多方面的保障。通过实施上述优化策略与保障措施,能够有效解决当前矿山地质钻探工艺中存在的问题,提升工艺的适配性、精准性和安全性,降低作业成本,提高钻探效率与质量。未来,随着科技的不断进步和矿山开发需求的日益增长,我们仍需持续探索创新,不断完善钻探工艺,以适应复杂多变的地质条件,为矿山行业的可持续发展提供坚实的技术支撑。

参考文献

- [1]范鑫.矿山地质勘查工程中钻探技术的应用分析[J].中国金属通报,2024,(01):166-168.
- [2]张嵩.地质探矿工程中地质勘探技术分析[J].中国金属通报,2023,(09):85-87.
- [3]汪浩.矿山地质勘查工程中钻探技术的应用分析[J].内蒙古煤炭经济,2023,(13):178-180.
- [4]仲海书.钻探技术在矿山地质勘查中的发展历程与应用现状[J].内蒙古煤炭经济,2022,(18):178-180.
- [5]张士全.矿山地质钻探安全生产管理中存在的问题及解决对策[J].中国金属通报,2020(12):22-24.