

水文地质钻探工艺优化及现场施工难点处理探讨

姚文永 左新明

河北省地质矿产勘查开发局国土资源勘查中心(河北省矿山和地质灾害应急救援中心) 河北 石家庄 050081

摘要: 水文地质钻探对于资源勘探与开发意义重大,本文首先分析了现状,指出钻探设备、钻进方法、钻探参数、泥浆体系存在的问题。接着提出了优化措施,包括升级钻探设备、改进钻进方法、精准控制钻探参数、优化泥浆体系。然后探讨了现场施工难点处理,针对复杂地层,采用优质泥浆护壁、跟管钻进等技术;对于孔内事故,根据卡钻、埋钻、掉钻等不同情况选择合适处理工具和方法;在环境影响处理方面,选用低噪声设备、加强泥浆管理、合理规划施工场地等,以减少对周围环境的噪声、泥浆和土地破坏影响,实现水文地质钻探施工高效、安全、环保。

关键词: 水文地质钻探; 工艺优化; 现场施工难点; 处理措施

引言: 水文地质钻探在资源勘探与开发中作用关键。当前,其工艺存在诸多问题,如钻探设备应对复杂地层能力不足、钻进方法缺乏灵活性、钻探参数依赖经验确定、泥浆体系难满足特殊地层需求等。同时,现场施工面临复杂地层、孔内事故、环境影响等难点。本文聚焦这些问题,提出钻探设备升级、钻进方法改进、参数精准控制、泥浆体系优化等措施,并探讨现场施工难点处理方法,以实现高效、安全、环保施工。

1 水文地质钻探工艺现状分析

钻探设备类型多样,回转式钻机钻进效率高、钻孔质量好,通过回转钻头破碎岩石实现连续钻进,适用于多种地层,但面对复杂坚硬岩石地层,钻头磨损快需频繁更换,增加成本时间;冲击式钻机适用于破碎坚硬岩石,靠冲击力破碎,钻进振动大影响环境,在软地层钻进效率低,且部分设备老化致精度性能下降影响工作^[1]。钻进方法有金刚石钻进和硬质合金钻进等,金刚石钻进在硬岩地层钻探重要,钻头硬度高耐磨性强,能高效钻进且钻孔直径规则、孔壁光滑,但对操作人员技术要求高,需精确控制参数,否则易出现钻头烧毁等问题;硬质合金钻进方法成熟、成本低、适用多种地层,但钻进硬岩效率低、钻头寿命短,现有钻进方法应对复杂地层缺乏灵活性和针对性,需多次调整工艺增加难度时间。钻探参数包括钻压、转速、泵量等,合理选择影响钻探效率和钻孔质量,实际施工中参数确定依赖经验,缺乏科学理论指导,确定钻压时操作人员凭经验调整,未充分考虑地层实际强度和钻头性能,导致钻压不合理损坏钻头或降低效率,转速选择不合理影响岩石破碎和钻头磨损,泵量控制不精准影响泥浆循环和携岩能力。泥浆体系常用清水、泥浆等,清水泥浆成本低、配制简单,但在复杂地层护壁效果差易致孔壁坍塌,现有泥浆配方和性能

指标难满足不同地层特殊需求,渗透性强地层泥浆易流失,含盐地层泥浆性能受盐分影响,且泥浆处理和回收利用存在问题易造成环境污染。

2 水文地质钻探工艺优化措施

2.1 钻探设备升级

一方面,着重研发与引进新型回转式钻机以增强其应对复杂地层的能力。在钻头方面,采用新型材料并优化结构设计,新型材料具备更高硬度和韧性,能提升钻头耐磨性与抗冲击性,降低在复杂地层钻进时因岩石硬度不均、存在坚硬夹层等导致的钻头磨损和损坏概率,从而减少钻头更换频率,节省钻进时间和成本。同时,对钻机动力系统和传动系统进行优化,提升钻机功率并扩大转速调节范围,使钻机可依据地层特性灵活调整钻进参数,在软地层能以较高转速快速钻进,在硬地层则可增大功率、降低转速稳定钻进。另一方面,大力推广自动化、智能化钻探设备。通过在钻探设备上安装传感器和控制系统,实现对钻进过程的实时监测与自动控制,传感器可实时收集钻压、转速、泵量、钻进深度、地层压力等数据,并将信息反馈给控制系统。控制系统根据预设程序和实时数据自动调节钻压、转速和泵量等参数,依据地层变化及时调整钻进工艺,如在接近含水层时自动降低钻压、调整转速,避免因操作不当引发事故,减少人为因素干扰,提高钻探精度,保障施工安全,提升整体钻探效率与质量,推动水文地质钻探工作向高效、精准、安全方向发展。

2.2 钻进方法改进

针对硬岩地层,在金刚石钻进基础上优化钻头设计与钻进工艺。选用新型金刚石复合片钻头,其采用特殊工艺将金刚石与硬质合金复合,使钻头兼具金刚石的高硬度和硬质合金的韧性,显著提高耐磨性,减少钻进中

钻头磨损更换次数,同时提高切削效率,加快岩石破碎速度。研究开发脉冲式金刚石钻进技术,该技术借助脉冲发生装置产生周期性脉冲冲击力,辅助金刚石破碎岩石,脉冲冲击力可打破岩石内部应力平衡,降低岩石破碎难度,从而提高钻进速度^[2]。对于软岩和松散地层,采用空气钻进或泡沫钻进等新型方法。空气钻进以压缩空气为循环介质,压缩空气携带岩屑快速上升排出孔外,减少岩屑重复破碎,且无需配备复杂泥浆循环系统,降低设备投入与运行成本,钻进速度快,尤其适合干旱和缺水地区水文地质钻探。泡沫钻进是在空气加入泡沫剂形成泡沫泥浆,泡沫泥浆密度低、粘度高,能有效悬浮和携带岩屑,同时泡沫在孔壁形成保护膜,增强孔壁稳定性,防止孔壁坍塌,保障钻进安全顺利进行。通过这些改进,可提高不同地层条件下的钻进效率与质量,推动水文地质钻探工作发展。

2.3 钻探参数精准控制

该模型需综合考量地层的岩性、强度、孔隙度等关键参数,这些参数直接影响钻进效果,不同岩性地层的破碎方式有别,强度高的地层需要更大钻压,孔隙度影响泥浆循环和携岩能力。基于此,精确计算和确定钻压、转速、泵量等核心钻探参数,钻压决定钻头对岩石的破碎力,转速影响钻头切削效率,泵量关乎泥浆携岩和冷却钻头效果。通过实验室试验与现场实践收集数据,实验室能模拟不同地层条件进行钻进测试,获取基础数据,现场实践则反映实际施工中的复杂情况,两者结合使数据更全面准确。运用数学方法和计算机技术对收集的数据进行分析处理,挖掘参数与地层特性间的内在关系,建立关系模型,明确不同地层特性下各钻探参数的合理取值范围。在实际钻探施工中,借助实时监测设备获取地层信息,将其输入优化模型,快速准确确定最佳钻探参数,实现精准控制。同时,加强钻探参数实时监测与调整,钻进过程中地层情况可能变化,如遇到软硬互层,原参数可能不再适用,需根据实际情况及时修正参数,保证钻压、转速、泵量等参数始终处于合理范围,确保钻探过程高效稳定推进,提高钻探效率与质量。

2.4 泥浆体系优化

对于渗透性强的地层,因孔隙大,普通泥浆易流失,导致护壁效果差、携岩能力弱,此时采用高分子聚合物泥浆,高分子聚合物分子链长,能在泥浆中形成网状结构,有效提高泥浆粘度和切力,增强泥浆在孔壁的附着能力,形成较厚且致密的泥皮,阻止泥浆向地层渗透,同时提升携岩能力,使岩屑能顺利带出孔外^[3]。在含盐地层中,盐分会影响泥浆性能,导致泥浆絮凝、失水等,研发抗

盐泥浆体系是关键,通过添加抗盐剂,抗盐剂能与盐离子发生反应,降低盐对泥浆的影响,同时调整泥浆pH值,使其处于合适范围,增强泥浆中各成分的稳定性,保证泥浆在含盐环境下性能稳定,维持良好的护壁和携岩功能。此外,加强泥浆处理与回收利用技术研究意义重大,使用后的泥浆含有岩屑、添加剂残留等杂质及可能对环境有害的物质,采用物理方法如沉淀、过滤可去除大颗粒岩屑,化学方法通过添加特定药剂使有害物质沉淀或转化为无害物质,经处理后的泥浆可重新调配使用,实现循环利用,既减少新泥浆的制备量,降低施工成本,又避免大量废弃泥浆排放对环境造成污染,推动水文地质钻探向绿色、可持续方向发展。

3 现场施工难点处理探讨

3.1 复杂地层施工难点处理

复杂地层包含破碎带、溶洞、软硬互层等情况,给水文地质钻探造成诸多困难及阻碍。破碎带地层中岩石破碎、结构松散,孔壁极易坍塌使钻进无法正常开展,对此采用优质泥浆护壁,提高泥浆粘度与比重,在孔壁形成较厚泥皮增强稳定性,同时运用跟管钻进技术,将套管随钻头下入孔内,隔离孔壁与外界环境,防止其受钻进扰动、泥浆冲刷等破坏^[4]。溶洞地层易出现漏浆现象,泥浆面下降会打破孔内压力平衡,威胁钻探安全,可投放黏土球、水泥等堵漏材料,利用其物理特性堵塞溶洞及周围裂隙,阻止泥浆流失,也可采用化学灌浆方法,把具有良好流动性和凝固性的浆液注入溶洞周围裂隙,浆液凝固后形成防水帷幕,切断泥浆流失通道,维持泥浆面稳定。软硬互层地层因软硬程度差异大,钻头钻进时受力不均,极易偏斜影响钻孔质量,可采用导向钻进技术,在钻头上安装导向装置,该装置能实时感知钻头钻进方向,并将信息反馈给控制系统,操作人员据此及时调整钻进参数,使导向装置引导钻头按预定方向钻进,保证钻孔垂直度,提高钻孔质量。通过针对不同复杂地层采取相应处理技术,可有效解决破碎带地层孔壁坍塌、溶洞地层漏浆、软硬互层地层钻头偏斜等问题,保障水文地质钻探工作在复杂地层条件下高效、安全、高质量完成,为资源勘探与开发提供可靠支持。

3.2 孔内事故处理

内事故如卡钻、埋钻、掉钻等在水文地质钻探中频繁出现,对施工进度与成本造成严重影响。卡钻事故多因钻头被孔壁岩石碎片、泥浆沉淀物等卡住引发,处理时,先尝试上下活动钻具,利用钻具的往复运动改变其与卡阻物的相对位置,争取摆脱卡阻;若此方法无效,再转动钻具,通过旋转改变钻头受力方向,使卡阻物松

动;还可使用千斤顶起拔,借助外力将钻具拔出。当上述常规方法均无法解决问题时,可考虑爆破法,通过精确控制爆破能量,震碎卡阻物,但此方法风险较高,需严格把控;也可采用反丝钻具,利用其反向旋转的特性,将卡钻部位松开并取出。埋钻事故主要由孔壁坍塌或泥浆沉淀掩埋钻具导致,处理时,先清理孔口杂物,保证操作空间与视线清晰,随后使用捞矛、捞筒等工具打捞,这些工具可凭借自身结构特点抓住钻具,将其提出孔外。若埋钻位置较深,常规打捞工具难以触及,则采用套铣方法,用套铣筒下入孔内,通过旋转套铣筒,使其刀具将埋钻部位的岩石或泥浆铣削掉,形成一定空间后,再利用打捞工具捞出钻具。掉钻事故是钻头或钻具掉入孔内,处理关键是根据掉钻具体情况选择合适打捞工具,公锥可旋入钻具内孔进行打捞,母锥能卡住钻具外壁实现打捞,磁铁打捞器则利用磁性吸附掉落的金属钻具,通过合理选用这些工具,提高打捞成功率,减少事故损失。

3.3 环境影响处理

水文地质钻探施工会对周围环境产生多方面影响,主要有噪声污染、泥浆污染和土地破坏等,需采取针对性措施处理。针对噪声污染,选用低噪声钻探设备是从源头降低噪声的有效方式,在此基础上对设备进行降噪处理可进一步减少噪声产生,如安装消声器可降低设备排气噪声,隔音罩能阻隔设备运转时向周围传播的噪声^[5]。同时,合理安排施工时间至关重要,避开居民休息时间进行高噪声作业,避免噪声对居民正常生活造成干扰,保障居民生活环境的安静。对于泥浆污染,加强泥浆管理和处理是关键,采用封闭式泥浆循环系统,可使泥浆在系统内循环使用,避免泥浆泄漏到周围环境中,防止其对土壤、水体等造成污染。施工结束后,及时清理泥浆池,将池内残留泥浆妥善处理,之后进行回填,恢复土地原状,

减少对土地资源的占用和破坏。在土地破坏方面,合理规划施工场地是首要任务,根据施工需求和现场实际情况,科学布局设备摆放、材料堆放等区域,尽量减少对土地的占用面积和破坏程度。迅速开展土地复垦工作,对被破坏的土地进行平整、翻松等处理,改善土壤结构和肥力,然后种植适宜当地生长环境的植被,通过植被的根系固定土壤,防止水土流失,逐步恢复生态环境,使施工区域生态功能得到修复和提升。通过采取这些措施,可有效降低水文地质钻探施工对周围环境的不利影响,实现施工与环境保护的协调发展。

结束语

综上所述,水文地质钻探工艺优化与现场施工难点处理是保障资源勘探开发高效、安全、环保推进的关键。通过升级钻探设备、改进钻进方法、精准控制钻探参数、优化泥浆体系等措施,可提升钻探工艺水平。针对复杂地层、孔内事故、环境影响等现场施工难点,采取针对性处理技术与方法,能有效解决问题。持续优化工艺并妥善处理施工难点,对推动水文地质钻探行业可持续发展具有重要意义。

参考文献:

- [1]盛超宾.水文地质钻孔施工新技术及施工实践的研究[J].中国科技期刊数据库工业A,2025(2):159-162.
- [2]张留彬,刘国卫.矿区水文地质钻探存在的问题及改进措施[J].西部探矿工程,2021,33(11):141-143+148.
- [3]汪程林.安庆市规划区综合地质钻探成井施工工艺[J].安徽地质,2021,31(01):51-56.
- [4]胡启锋,陈浩习.关于水文地质钻探技术的探讨[J].中国金属通报,2020,(08):267-268.
- [5]林晨.水文地质岩土工程勘察设计及施工实践研究[J].工程技术研究,2024,9(5):185-187.