

编者按:2025年6月,自然资源部办公厅印发了《新一轮找矿突破战略行动先进适用勘查技术推广清单(第一批)》,鼓励各单位选用新技术、新方法,提升勘查工作效率,更大程度实现绿色勘查。为使广大钻探工程技术人员更好地了解清单中的先进适用钻探技术,择优使用,本刊特此推出“技术快报”专栏,对清单中的相关钻探技术进行介绍,以飨读者。本期介绍“深孔复杂地层多功能绳冲钻具”“一基多孔‘孔组式钻探’绿色勘查技术”“浅海海域地质岩心钻探关键技术”3项先进适用钻探技术。

《新一轮找矿突破战略行动先进适用勘查技术推广清单(第一批)》之钻探技术介绍

深孔复杂地层多功能绳冲钻具

完成单位:河北省地矿局第七地质大队(河北省地质矿产勘查开发局雄安地质调查监测中心)

供稿人:麻坤,曹艳丽,刘莎莎

中图分类号:P634 文献标识码:C 文章编号:2096-9686(2026)03-0155-02

1 技术背景

绳索取心钻进技术、液动冲击钻进技术、孔底喷射反循环钻进技术是小口径钻探中原理和功效相对独立的3项先进技术,各有优势,深受钻探工作者青睐。但是随着钻探领域的不断拓展和孔深的不断增加,施工地层更加复杂多变,往往一种钻进工艺技术方法不能满足施工要求。我们根据野外施工遇到的一些实际问题,结合我们以往的成果经验,提出将绳索取心、液动冲击、孔底喷射反循环技术有机地结合起来,形成一套多功能绳索取心钻进技术,根据钻进地层情况在不提大钻的情况下,实现取心钻进工艺方法的转变,既提高了钻进效率,保证了钻孔质量,又节省了大量的人力、物力。

2 技术内容

深孔复杂地层多功能绳冲钻具使用1套外管、3套可互换的内管总成组成的钻进设备。

2.1 外管总成

外管总成在普通绳索取心外管总成的基础上增设了控制冲击器启动的装置。

2.2 内管总成

内管总成根据功能不同分为3部分:普通回转钻进内管总成、孔底喷射反循环回转钻进内管总成、冲击回转钻进内管总成。

3 技术特点

3.1 钻进工艺切换原理及方法

钻进工艺切换即内管取心总成的切换,同普通绳索取心每次打捞投放内管基本相同。根据地层钻进特点选择待用内管总成,先将钻具提离孔底,使外管总成上的滑键套、外管接头完全拉开,然后下打捞器捞出现有内管总成,再将待用的内管总成投入孔内即可。

绳冲内管总成投放到位后,内管总成上的滑套与联动接头处于拉开状态,压胀胶圈收紧,这时冲洗液从内管总成与外管间隙通过,阻力较小,可进行大流量冲孔;正常钻进时待钻头接触孔底后,滑键套受钻杆柱重力及钻压作用与外管接头完全压紧,同时,压胀胶圈受压外胀阻断内外管环状间隙水路通道,所有冲洗液通过汇水接头进入冲击器,绳冲内管总成的冲击器才开始工作。

3.2 内管总成压紧与压胀密封原理

外管总成提吊状态时,滑键套、外管接头完全拉开距离为25 mm,也称为拉开状态;此时投放内管总成到位后,弹卡钳张开并挂在弹卡室的内台阶上,其滑套与传震接头拉开,同时弹卡钳上面与弹卡挡下端面有间隙,压胀胶圈为收缩状态,此时滑套与弹卡室间隙为3.25 mm,冲洗液从内外管间隙通过。

施加钻压使外管总成压紧时,滑键套、外管接头闭合;弹卡钳上端面顶压弹卡挡下端面,内管总成压缩,使碟形压紧簧和压胀胶圈均被压缩,传震环下面与滑键轴上端面压紧,

其滑套与传震接头压紧,压胀胶圈膨胀,使滑套与弹卡室间隙完全封闭,冲洗液只能推动冲击器工作并泄流。

根据设计计算,碟形压紧簧压紧力2200 N,一方面保证液动冲击能量始终有效地传递到钻头,防止出现冲击器空打现象;另一方面,碟形弹簧的压缩以保证压胀胶圈被压缩膨胀与下弹卡室内壁挤紧。滑键套、外管接头闭合后,压胀胶圈被压缩,外部水路封闭,冲洗液进入汇水接头,冲击器开始工作。

3.3 液动冲击器工作原理

滑键套、外管接头闭合后,压胀胶圈被压缩,外部水路封闭,冲洗液进入汇水接头,冲击器开始工作。

(1) 钻具下降过程中处于悬吊状态:冲洗液经内管总成与外管间隙通过泵压不升高,冲击器不工作。

(2) 钻具下降至孔底后,在自重和钻压作用下,滑键套与外管接头之间的滑动间隙合紧,滑套与传震接头压紧,压胀胶圈膨胀,冲击器外部水路切断,只能进入冲击器,称启动状态(加钻压使该状态更为稳定);与此同时,冲锤活塞相对上行,活塞上端面与活阀下端面闭合,液流回路封闭,阀区液压会瞬时聚增而产生水击,活阀同冲锤活塞一起在水击压强作用下压缩阀簧及锤簧加速下行(冲程)。

(3) 启动后活阀下行过程中下台阶首先撞击阀座上端而停止下行;而冲锤活塞由于惯性继续下行,至下死点冲击下砧做功。

(4) 活阀撞击阀座时即与冲锤活塞脱离,水路瞬时打开,阀区液压下降,活阀在阀簧张力及阀座反弹力作用下上行,阀颈进入阻流环中心1~2 mm进入阻流增压储存液能状态;而冲锤活塞冲击做功后,受到下砧反弹力和锤簧张力作用迅速上行(回程),最后其上端面又与活阀底面挤紧,产生第二次水冲击,如此周而复始地连续冲击。

3.4 技术优势及创新点

(1) 充分发挥绳索取心钻进和液动冲击技术的优越性,“一具多用”,根据地层情况,方便、快捷地转换钻进方法。

(2) 优化完善普通绳索取心钻具功能,提高投放速度,提高单动可靠性,提高岩心采取率。

(3) 开发了低泵量、低泵压正作用深孔绳冲钻具,解决深孔致密“打滑”地层等适宜小泵量钻进地层的低时效问题。

4 应用案例

4.1 河北省承德市张营矿区多功能钻具试验情况

施工钻孔穿过岩石主要包括3种岩性,分别为沉积粉砂岩、含少量碎石的泥灰岩及辉石角闪岩。

本次试验钻进最大深度为635.71 m,共146回次,通过表1试验数据可知,相对于普通钻进方法,采取绳冲冲击钻进和喷反钻进不仅提高了钻进时效,同时也提高了岩心采取率。

表1 河北省承德市张营矿区野外生产试验数据

钻进工艺	平均钻进时效/ (m·h ⁻¹)	平均回次进尺/ m	泵量/ (L·min ⁻¹)	工作泵压/MPa	平均岩心采取率/%
冲击回转钻进	3.20	2.60	66~92	2~4	99.3
普通回转钻进	2.90	2.57	66	0.5~2	98.4
喷反回转钻进	2.95	2.49	66	1~2.5	100

4.2 河北省邯郸地区武安市宏源铁矿多功能绳索钻具使用情况

该矿区处于南部太行山脉东冀山坡与华北平原交界地带的古河道冲击扇上,矿区岩性主要为第四系覆盖层、风化层及花岗岩闪岩。其中覆盖层厚度在100~200 m之间,含有大量卵砾石、漂石。

本次试验钻进最大深度为267.04 m,共247回次,通过试验可知,绳索喷反钻进技术在覆盖层较厚地区有较好的优势,可快速通过覆盖层,岩心完整性较好(图1),钻头寿命高。



(a) 普通回转钻进取心

(b) 绳索喷反隔水钻进取心

图1 不同钻进方法的取心效果

5 应用建议

(1) 组合钻具部件较多,三种取心总成调试方法各不相同,在使用前需要对机台工作人员进行技术培训。

(2) 冲洗液固相含量较高时,冲击器的易损件寿命较短,可选用渗碳、喷镀等工艺提高表面硬度及耐磨性,提高钻具整体寿命。

综上所述,深孔复杂地层多功能绳冲钻具将绳索取心技术和液动冲击回转技术进行有机结合与创新,钻具由1套外管总成、3套可互换的内管总成组成。可根据地层情况,方便、快捷地转换钻进方法,即用同一外管总成,通过更换绳冲内管总成和绳索取心内管总成实现孔底钻进方法的转换,具有较高的实用价值,取得了显著的技术经济效益。