

浅层钻探技术在山区输电线路勘察中的应用研究

苏兴涛¹, 谭春亮¹, 祝强¹, 冉灵杰¹, 卢猛¹, 赵洪波²

(1.北京探矿工程研究所,北京 100083;

2.中国地质调查局油气资源调查中心,北京 100083)

摘要:山区输电线路塔位区大多山高坡陡、植被发育、水源匮乏,导致钻探设备搬迁困难、用水不便,严重影响地质钻探工作开展。本文聚焦山区输电线路地质勘察工作需求,开展基于浅层钻探技术的系统性、集成性研究,引入了小口径($\varnothing 46$ mm)绳索取心技术,研制了新型高效的PDC钻头,优化了钻机提钻装置、循环系统、钻井液配方等,并在试验中得到验证。结果表明,无水钻进工艺适用于山区输电线路地质勘察,浅钻绳索取心技术可有效解决孔壁坍塌、钻进效率低等问题,升级后的钻机循环系统可进行钻井液循环钻进,通过优化钻井液配方可将取心率提高到85%以上,解决了山区输电线路地质钻探工作效率低、取心率低等问题。

关键词:浅层钻探技术;山区输电线路勘察;塔位区;轻便钻机;无水钻进

中图分类号:P634.5 **文献标识码:**A **文章编号:**2096-9686(2021)S1-0120-05

Application of shallow drilling technology in the transmission lines survey at mountainous areas

SU Xingtao¹, TAN Chunliang¹, ZHU Qiang¹, RAN Lingjie¹, LU Meng¹, ZHAO Hongbo²

(1.Beijing Institute of Exploration Engineering, Beijing 100083, China;

2.Oil & Gas Survey, China Geological Survey, Beijing 100083, China)

Abstract: Most of the transmission line tower position in mountainous areas have high mountains, steep slopes, developed vegetation and lack of water, leading to the relocation of drilling equipment difficult, inconvenient water, which seriously affect the work of geological drilling. This paper focuses on the needs of geological survey of transmission lines in mountainous areas, carries out systematic and integrated research based on shallow drilling technology, introduces small diameter ($\varnothing 46$ mm) wire line coring technology, develops new efficient polycrystalline diamond composite drill bit, optimizes drilling lifting device, circulation system, drilling fluid formula, etc., and has been verified in the test. The results show that the waterless drilling technology is suitable for the geological survey of transmission lines in mountainous areas. The shallow drilling wire line coring technology can effectively solve the problems of hole wall collapse and low drilling efficiency. The upgraded drilling rig circulation system can carry out drilling fluid circulation drilling. By optimizing the drilling fluid formula, the coring rate can be increased to more than 85%. Solving the problems of low efficiency and low heart rate in geological drilling of power transmission lines in mountainous areas.

Key words: shallow drilling technology; transmission lines survey in mountainous areas; tower position areas; portable drilling machine; waterless drilling

收稿日期:2021-05-31 DOI:10.12143/j.ztgc.2021.S1.018

基金项目:中国电力建设集团有限公司科技项目“山区输电线路地质钻探设备及技术的研究”(编号:kj2016-k-3);中国地质调查局地质调查项目“矿产勘查钻探技术升级与应用示范”(编号:DD20211345)

作者简介:苏兴涛,男,汉族,1990年生,工程师,从事钻探机具及工艺研发工作,北京市海淀区学院路29号中国地质大学(北京)探工楼206室,873213779@qq.com。

引用格式:苏兴涛,谭春亮,祝强,等.浅层钻探技术在山区输电线路勘察中的应用研究[J].钻探工程,2021,48(S1):120-124.

SU Xingtao, TAN Chunliang, ZHU Qiang, et al. Application of shallow drilling technology in the transmission lines survey at mountainous areas[J]. Drilling Engineering, 2021,48(S1):120-124.

1 概述

随着我国水电“西电东送”战略的持续深入推进,大量输电线路在高山峡谷区走线,其塔位区大多地形陡峻、地质条件复杂、地质灾害多发,对山区输电线路勘察工作的要求越来越高,用于高山峡谷区地质勘察的钻探设备种类虽多,但存在设备与工艺匹配度低、用水困难、钻进效率低等问题,开展山区输电线路浅层钻探技术应用研究显得尤为重要和紧迫^[1-2]。

近年来,浅层钻探技术发展迅速^[3],已经形成了成熟的系列化装备^[4-5]、多种施工工艺及勘查技术方法^[6],具有高效、经济等特点,在矿产勘查^[7-8]、海洋地质调查^[9]、城市地质调查、生态地质调查、地质灾害

防治等领域得到广泛应用^[10]。根据山区输电线路地质勘察对钻探设备易搬迁、效率高等方面的需求,优选轻便、便携式钻探设备及工艺,定制或配制符合要求的钻具、钻头、钻井液等,精选场地进行示范性试验,同时进一步优化钻进参数,研究提出针对山区输电线路地质勘察的钻探设备和工艺方法组合,提升山区输电线路塔位区地质勘察技术水平。

2 优选浅层钻探设备及工艺

选取国产TGQ-15型轻便钻机^[11]、TGQ-5C型冲击钻机^[12],美国背包式钻机^[13],澳大利亚SD-1型振动钻机等4种钻机,分析其存在的问题,提出优化改进思路,见表1。

表1 优选的浅层钻探设备

钻进工艺	设备名称	存在的问题	优化改进思路
有水钻进	TGQ-15型轻便钻机	单管钻进,提、下钻频繁,对井壁扰动较大,易发生掉块、塌孔等事故	引入绳索取心技术;定制取心钻头;优化钻井液配方
	背包式钻机	只能清水钻进且不可循环,存在护壁、护心难题	改进钻机循环系统以适应高压钻井液循环钻进
无水钻进	TGQ-5C型冲击钻机	手持方式给进,起拔力及稳定性不足;钻头强度不足	增加钻架;定制高强度钻头、钻具
	SD-1型振动钻机	三脚架式提钻装置不够便携	设计定制脚踏式起拔器

3 优化定制及试验情况

按照上述优化改进思路对钻机进行改进,在四川省都江堰市和云南省盐津县选取了7个不同地层和施工条件的场地,开展了4组对比试验。

3.1 无水钻进工艺研究

本组试验旨在对山区输电线路无水钻进工艺进行研究,选取山顶缓坡台地及其周边区域作为试验场地,地层分布为:0~2 m为粉质粘土、残坡积层;2~4 m为松散碎石层;4 m以下为风化砂岩层,研究TGQ-5C型轻便钻机和SD-1型振动钻机钻进效果。

3.1.1 钻机及钻具定制改进

为TGQ-5C型冲击钻机定制钻架以取代手持方式给进,改装后钻机起拔力达到10 kN;定制高强度冲击取心钻具及纺锤形冲击钻头(见图1)。为SD-1型振动钻机定制脚踏式起拔器。

3.1.2 试验过程

使用TGQ-5C型冲击钻机分别进行钻架钻进和手持钻进取样,分析其优缺点,研究钻架对该钻机

起拔力及稳定性的提升情况;分别使用TGQ-5C型冲击钻机和SD-1型振动钻机进行对比钻进取样,提出最优钻机具组合。

3.1.3 试验结果

TGQ-5C型冲击钻机钻架钻进钻压大、稳定性好,匹配定制钻具、钻头可钻取碎岩样品,但受钻架行程限制,提下钻时需逐根加、卸钻杆,影响工作效率;SD-1型振动钻机只适用于软土层,且钻深能力不足。综合来看,TGQ-5C型冲击钻机手持式钻进工艺,更适用于土层、全风化—强风化砂岩、泥岩等地层。

3.2 钻井液应用研究

选取山腰斜坡台地作为试验场地,地层分布为:0~1.8 m为素填土,1.8~6.8 m为含碎石粘土,6.8 m以深为风化砂岩,分别使用TGQ-15型轻便钻机和背包式钻机进行不同配方的钻井液钻进,研究钻井液应用效果,解决松散覆盖层取心率不高的问题。

3.2.1 循环系统改进及钻井液优选

(1)将背包式钻机循环系统供水压力和承压能



图1 改进后的TGQ-5C型冲击钻机及钻具

力提升到2 MPa,实现低固相钻井液循环,用轻便式柱塞泵取代原手压式压力水桶,同时将钻机主轴水套密封、水管及接头等更换为高压零部件(见图2)。

(2)兼顾施工和环保要求,选取无毒无害的聚



图2 背包钻机供水系统(左为改进前,右为改进后)

合物无固相钻井液:水解聚丙烯酰胺(PHP)、随钻堵漏剂(GPC)、润滑剂(GLUB-2)^[14]。

3.2.2 试验过程

使用背包式钻机进行不同压力的清水和钻井液单管钻进,观察新供水系统连接部分牢固程度、密封情况、承压情况等,研究背包式钻机供水系统的改进效果及与其相适应的钻井液配方;使用TGQ-15型轻便钻机进行钻井液单管钻进,对比不同配方钻井液的护壁、护心效果,优化钻井液配制及使用方法。

3.2.3 试验结果

改进后的背包式钻机循环系统可满足低固相高压钻井液循环钻进需求,在无渗透和低渗透地层中,可减少用水量50%左右,由于钻杆内径较小,为防止堵塞,随钻堵漏剂配比建议低于3%,并配合润滑剂使用;TGQ-15型轻便钻机钻井液通过性好,防塌堵漏效果好于背包式钻机。钻井液配方及应用效果见表2。

表2 钻井液应用效果

编号	钻井液配方	操作	护壁特点	岩心采取率/%
1	0.2%PHP	搅匀即用	部分颗粒溶解不充分,表观粘度小,对孔壁保护性弱,岩屑携带性略差	50
2	0.2%~0.30%PHP	搅匀、静置24 h后用	溶解性好,表观粘度大,有沉淀现象,二次搅匀使用效果好	50
3	0.2%~0.30%PHP +2%~3%GLUB-2	将两者共同置于清水中,搅匀使用	护壁及携带岩粉效果好,能减缓钻具钻杆磨损,减少压差卡钻的可能性	65
4	2%~3.0%GPC+0.2%~ 0.30%PHP+2%GLUB-2	混合搅匀使用	针对地层漏失,具有很好的堵漏性能,随钻堵漏	>85

3.3 浅钻+绳索取心技术应用研究

将小口径绳索取心技术与TGQ-15型轻便钻机进行匹配^[15],选取高陡边坡作为试验场地,地层松散破碎,研究山区输电线路复杂破碎地层浅钻取心

技术。

3.3.1 钻具定制及钻机改进

结合山区输电线路地质取样需求和TGQ-15型轻便钻机特点,定制了小口径绳索取心钻具、钻杆

及配件, 钻具口径 46 mm、总长 1850 mm、总质量 11 kg、取心直径 27 mm、有效取心长度 1 m, 钻杆采用外平设计, 直径 46 mm、有效长度 1 m。同时对钻机钻架、底座、夹持机构进行相应改进, 加装桅杆、立柱短节、手摇绞车及附件等绳索提钻和提心装置。见图 3。



图3 浅钻绳索取心技术试验现场

3.3.2 试验过程

分别使用 TGQ-15 型轻便钻机匹配单管钻进、绳索取心钻进及背包式钻机单管钻进 3 种工艺进行对比钻进施工, 对比 3 种工艺的钻进能力及效率, 验证浅钻+绳索取心技术应用效果。

3.3.3 试验结果

匹配绳索取心工艺后, 钻遇破碎地层未发生井壁掉块、塌孔等事故, 取心率均在 85% 以上(见图 4), 钻深能力提高到 29 m; 综合比较, 孔深 > 10 m 时, 采用 TGQ-15 型轻便钻机匹配绳索取心工艺最优, 孔深 < 10 m 可采用背包式钻机。



图4 浅钻绳索取心工艺取心效果

3.4 钻头应用研究

本组试验旨在对有水钻进中的钻头进行研究。定制 4 种类型的钻头, 针对单轴抗压强度约为 96.2 MPa 的完整硬岩和含碎石土层进行对比钻进, 研究钻头的应用效果。

3.4.1 定制钻头

以刀头胎体材料、结构等方面为主要优化点, 为 TGQ-15 型轻便钻机定制了平底型金刚石钻头、齿轮型金刚石钻头、电镀金刚石钻头、聚晶金刚石复合片(PDC)钻头^[16]。见表 3。

表3 定制钻头情况

编号	钻头类型	钻头特点
1	Ø46mm 平底金刚石钻头(胎体硬度 HRC30~35)	
2	Ø46mm 平底金刚石钻头(胎体硬度 HRC25~30)	金刚石浓度 40%, 岩石硬度可钻等级 5~7 级, 工作面为平底型
3	Ø46mm 平底金刚石钻头(胎体硬度 HRC20~25)	
4	Ø46mm 六组齿轮型金刚石钻头	金刚石浓度 60%, 岩石硬度可钻等级 6~9 级; 齿数越少, 工作面越大
5	Ø46mm 五组齿轮型金刚石钻头	
6	Ø60mm 电镀金刚石钻头	胎体强度高, 适合硬、脆、碎特性的地层
7	Ø60mm 聚晶金刚石复合片(PDC)钻头	新型材料, 地层适应性较强
8	Ø46mm 聚晶金刚石复合片(PDC)钻头	

3.4.2 试验过程

使用 TGQ-15 型轻便钻机匹配不同类型钻头,

分别采用钻井液循环钻进 15 m, 记录钻进参数, 检查钻头磨损情况, 观察取心质量(包括岩心破坏情

况、断面磨损情况、外表面光滑程度及采取率等),对比不同类型钻头的应用情况。

3.4.3 试验结果

平底型金刚石钻头胎体硬度越小,钻进效率越高;五组齿轮型金刚石钻头比六组齿轮型金刚石钻

头钻进效率更高;电镀金刚石钻头钻进效率优于平底型金刚石钻头和绳索金刚石钻头; $\text{O}46\text{ mm}$ PDC钻头比 $\text{O}60\text{ mm}$ PDC钻头的钻进效率高。总的来看PDC钻头寿命、钻进效率明显高于金刚石钻头。见图5。

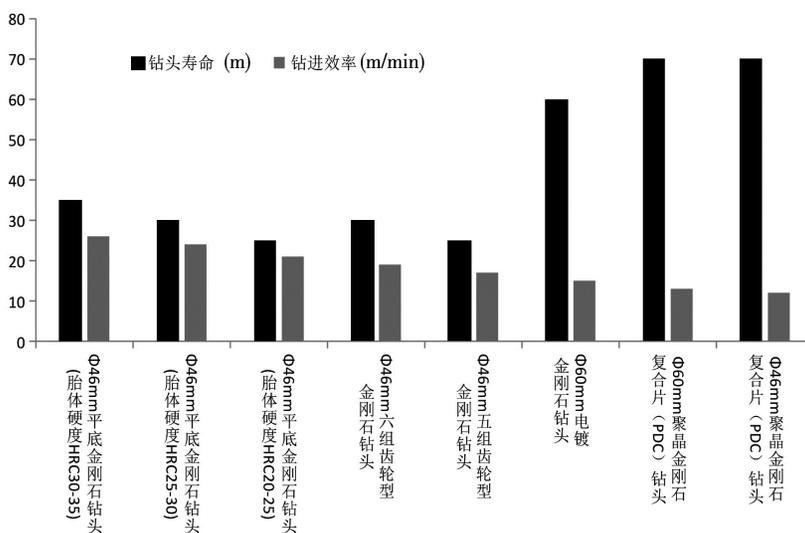


图5 钻头应用效果

4 结语

改进和优化后的浅层钻探技术装备及工艺具有便携、工作效率高、可靠性强等特点,能够满足山区输电线路地质勘察工作需求。在实际应用中,根据孔深、地层的不同,相应地选用绳索取心、单管钻进等不同工艺,匹配不同配方的钻井液,可有效提升钻探施工效率和取心质量;在无水、缺水区域,使用TGQ-5C型钻机匹配无水钻进工艺,可完成土层、破碎层、风化基岩层的钻探取样工作;复合片(PDC)钻头具有较强的地层适应性,对软、硬地层都有较好的钻进效果。

参考文献:

- [1] 龚道华,黄捷.输电线路路径选择典型问题研究[J].通信电源技术,2019,36(11):244-246.
- [2] 张卫东.山区特高压输电线路钻探设备应用探讨[J].国网技术学院学报,2018,21(4):30-36.
- [3] 冉恒谦,张金昌,谢文卫,等.地质钻探技术与应用研究[J].地质学报,2011,85(11):1806-1822.
- [4] 朱文鉴,张培丰,张建元.TGQ系列勘察取样钻机(具)的研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(2):33-36.
- [5] 冉灵杰,宋殿兰,卢猛.TGQ背包式取样钻机的研制[J].探矿工

- 程(岩土钻掘工程),2016,43(6):49-51+55.
- [6] 赵洪波,宋殿兰,卢猛,等.基于绿色勘查的浅钻技术及应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(S1):52-56.
- [7] 卢猛,樊兴涛,苏兴涛,等.“浅钻-测试”快速勘查技术及野外试验[J].地质装备,2016,17(1):34-36.
- [8] 谭春亮,宋殿兰,苗国文,等.浅钻找矿技术在祁漫塔格成矿带的应用研究[J].西部探矿工程,2016,43(9):27-30.
- [9] 卢猛,魏照宇,苏兴涛,等.一种海底无泵反循环钻具:CN201922020347.3[P].2021-01-01.
- [10] 岳永东,谭春亮,宋殿兰,等.基于绿色勘查的浅钻技术在浅覆盖区填图中的应用研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(12):5-11.
- [11] 田树伟,卢猛.TGQ-10A型浅层取样钻机的研制[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(4):13-14+19.
- [12] 卢倩,唐守宝,卢猛,等.轻便无水取样钻机研制与试验[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(7):62-66.
- [13] 戴胜生,吴朝峰,卢继强.背包式钻机在山区输电线路勘测中的应用[J].西部探矿工程,2014,9:37-38.
- [14] 熊正强,陶士先,李艳宁,等.国内外冲洗液技术研究与应用进展[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(7):62-66.
- [15] 李鑫森,李宽,孙建华,等.国内外绳索取心钻具研发应用概况及特深孔钻进问题分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(4):15-23,39.
- [16] 赵尔信.超硬材料应用于钻探的新领域[J].超硬材料工程,2018,30(5):47-50.