

# 绿色勘查技术在湖南省幕阜山地区钻探工程中的应用与实践

方国庆<sup>1</sup>, 潘德元<sup>1</sup>, 王杰<sup>1</sup>, 蔡隽<sup>1</sup>, 贺前平<sup>1</sup>, 徐秋文<sup>1</sup>, 王虎<sup>1,2\*</sup>

(1. 中国地质调查局长沙自然资源综合调查中心, 湖南长沙 410600;

2. 贵州省地质矿产勘查开发局 111 地质大队, 贵州贵阳 550081)

**摘要:**随着新一轮找矿突破战略行动的全面开展, 矿产资源勘查工作量不断增加, 钻探工程施工与环境保护矛盾日益凸显。以绿色发展理念为引领, 加强绿色勘查技术方法的应用, 减小对环境的破坏, 在当前钻探施工中尤为重要。本文介绍了在幕阜山烟竹坡工作区, 通过使用便携式全液压钻机施工, 使用小型履带运输车搬迁, 场地布设时使用铁质循环槽、土工布、防渗膜减少冲洗液、油料渗漏污染, 钻进过程中使用环保冲洗液、钻井液离心机, 钻进完成后进行废液、废料、垃圾的处理及场地修复等一系列绿色勘查技术措施, 减小了施工对环境的破坏, 为以后绿色钻探施工提供了可借鉴的经验。并建议完善绿色勘查标准规范, 提高绿色施工预算, 探索无人机辅助搬迁和高适应性钻机底座, 推进绿色勘查施工有效落实。

**关键词:**绿色勘查; 便携式钻机; 履带运输车; 环保冲洗液; 钻井液离心机; 场地修复

**中图分类号:** P634.5 **文献标识码:** B **文章编号:** 2096-9686(2024)S1-0269-06

## Application and practice of green exploration technology in drilling projects in the Mufu mountain area of Hunan Province

FANG Guoqing<sup>1</sup>, PAN Deyuan<sup>1</sup>, WANG Jie<sup>1</sup>, CAI Jun<sup>1</sup>, HE Qianping<sup>1</sup>, XU Qiuwen<sup>1</sup>, WANG Hu<sup>1,2\*</sup>

(1. Changsha General Survey of Natural Resources Center, CGS, Changsha Hunan 410600, China;

2. 111 Geological Team, Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development of Guizhou Province, Guiyang Guizhou 550081, China)

**Abstract:** With the comprehensive implementation of the new round of strategic breakthroughs in mineral exploration, the workload of mineral resource exploration continues to increase, and the contradiction between drilling engineering construction and environmental protection is becoming increasingly prominent. Guided by the concept of green development, it is particularly important to strengthen the application of green exploration technology and methods to reduce environmental damage in current drilling construction. This article introduces a series of green exploration techniques in the Yanzhupo work area of Mufu Mountain, including the use of a portable fully hydraulic drill for construction, the use of small tracked transport vehicles for relocation, the use of iron circulation tanks, geotextiles, and anti-seepage membranes to reduce flushing fluid and oil leakage pollution during site layout, the use of environmentally friendly drilling fluid and flushing fluid centrifuges during drilling, and the treatment of waste liquid,

收稿日期: 2024-07-30 DOI: 10.12143/j.ztgc.2024.S1.041

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目“东部地区战略性矿产靶区查证技术支撑(长沙中心)”(编号: DD20242960); 贵州省地矿局地质科研基金项目“贵州地热深井自激振荡旋冲钻井提速技术研究与应用”(编号: 黔地矿科合[2021]28号); 贵州省科技厅科技支撑计划“煤矿井下定向钻进轨迹动态控制技术”(编号: 黔科合支撑[2022]一般 245)

第一作者: 方国庆, 男, 汉族, 1990年生, 工程师, 地质工程专业, 硕士, 从事钻探工程技术和管理工作, 湖南省宁乡市城郊街道学府路258号, 1204112760@qq.com。

通信作者: 王虎, 男, 满族, 1985年生, 高级工程师, 地质工程专业, 硕士, 从事钻探工程技术和管理工作, 湖南省宁乡市城郊街道学府路258号, 516775129@qq.com。

引用格式: 方国庆, 潘德元, 王杰, 等. 绿色勘查技术在湖南省幕阜山地区钻探工程中的应用与实践[J]. 钻探工程, 2024, 51(S1): 269-274.

FANG Guoqing, PAN Deyuan, WANG Jie, et al. Application and practice of green exploration technology in drilling projects in the Mufu mountain area of Hunan Province[J]. Drilling Engineering, 2024, 51(S1): 269-274.

waste materials, and garbage after drilling completion, as well as site restoration. These measures reduce the damage of construction to the environment and provide valuable experience for future green drilling construction, and it is suggested to improve the standards and specifications for green exploration, increase the budget for green construction, explore unmanned aerial vehicle assisted relocation and high adaptability drill bases, and promote the effective implementation of green exploration construction.

**Key words:** green exploration; portable drill; tracked transport vehicle; environmentally friendly flushing fluid; flushing fluid centrifuge; site restoration

## 0 引言

随着新一轮找矿突破战略行动的全面开展,矿产资源勘查工作量不断增加。钻探工程作为矿产资源调查获取准确地层资料最直接、有效的手段,在实施过程中,需要使用机械设备驱动钻头破碎地下岩石,势必会对自然环境造成破坏。实施生态环境保护,要加强生态文明建设,推动绿色、循环、低碳发展<sup>[1]</sup>。绿色勘查,即以绿色发展理念为引领,以科学管理和先进技术为手段,通过运用先进的勘查手段、方法、设备和工艺,实施勘查全过程环境影响最小化控制,最大限度地减少对生态环境的扰动,并对受扰动生态环境进行修复的勘查方式<sup>[2-5]</sup>。近年来,国内一直在探索研究绿色勘查施工技术和方法,中国矿业联合会、多地市场监督管理局等针对各自区域特征,发布了绿色勘查施工相关标准和规范,具有较强的指导性意义<sup>[6-7]</sup>。如何贯彻落实绿色勘查,有效解决钻探工程施工中开山修路、场地平整对植被破坏严重;油料和冲洗液渗漏、废浆、岩粉、生活垃圾处置不当,污染地表土壤和地下水;使用性能不佳的设备,产生大量废气、噪声,污染空气;开挖的边坡和场地恢复不当,造成水土流失,甚至引发地质灾害等问题,成为当前钻探工作者研究的热门课题<sup>[8-11]</sup>。

以绿色发展理念为引领,加强绿色勘查技术方法的应用,减小对环境的破坏,在当前钻探施工中尤为重要。我们在湖南省幕阜山烟竹坡工作区钻探工程施工中开展了绿色勘查技术的实践与应用。

## 1 工作区概况

### 1.1 地形地貌

幕阜山烟竹坡工作区位于湖南省平江县西北部,行政区划隶属大洲乡管辖。区内地形以丘陵、山地为主,山峰林立、地形陡峭,地形切割较深,多呈“V”字形沟谷,海拔最高为510 m,最低为160 m,相对高差350 m。属大陆性季风气候区,东亚热带

向北亚带过渡气候带,春温多雨,降水集中;夏秋多旱;年平均降水量1450.8 mm。树种资源丰富,森林植被覆盖率为95%。

### 1.2 地质概况

大地构造位置位居扬子板块南缘,江南造山带中部,处于扬子板块与华夏板块的汇聚碰撞带上。区域构造位置在岑川-竹岭北西向断裂与新坪-盘山北东向断裂交汇部位的南部。赋矿地层主要为冷家溪群雷神庙组灰绿色中薄层粉砂质板岩夹砂质板岩。断裂构造主要为北西西向和北东向两组,其中北西西向为容矿构造,北东向为后期断裂,对矿脉形态有一定错断。

## 2 传统钻探工程对环境的影响

### 2.1 破坏植被

为满足钻探设备进场及搭建的需要,钻前要满足“三通一平”要求,即通水、通电、通路以及场地平整。传统的钻探工程设备由于其体型大、笨重、拆卸组装困难,仅靠人力搬运的模式已逐渐淘汰,往往需要借助挖掘机、吊车等大型设备进行道路修建和设备搬运。为此,需要修建更宽的便道、占用更大的场地,造成耕地青苗、树木等植被破坏严重。同时,在施工中,废弃机油、废浆、岩粉、生活垃圾等处理不及时、随意丢弃,钻塔拆卸时塔件随意抛弃以及施工人员的随地践踏,也会破坏施工场地周边的植被。

### 2.2 污染地表土壤

钻进施工过程中,钻机、泥浆泵、发电机、搅拌桶、绳索取心绞车等机械设备运行滴漏的机油、液压油、润滑脂等渗入土壤;冲洗液化学配浆材料、处理剂保存不当、配置过程中的撒漏;柴油储存桶老化有漏洞,工人给设备添加柴油时操作不细致,造成遗撒;废弃岩粉、废弃冲洗液处理不当、随处堆放;设备维修时,废弃机油、更换下的废弃配件处理不当等,都会造成地表土壤的污染。封孔过程中,

地表水泥浆处理不及时,硬化固结,导致后期土地难以继续耕种。

### 2.3 污染地下水

上文造成地表土壤污染的油料、冲洗液化学材料、废浆、岩粉等,随着地表水渗入土壤,进而污染地下水。地层破碎,冲洗液性能参数调整不当,大量的冲洗液漏失,与地下水联通,造成污染;特别是部分冲洗液材料,环保性能差,对周边地下水影响大,甚至威胁周边居民饮用水安全。封孔质量不佳,造成含水层间地下水互相流通,会导致深部地下水污染。

### 2.4 污染空气、产生噪声

使用钻机、发电机等钻探设备,油料质量不佳或设备老化,燃料燃烧不充分,产生的浓烟污染空气;修建便道、平整场地时,大型机械设备造成扬尘,污染环境;钻探设备工作时,特别是钻机、发电机产生噪声,影响周边居民生活环境。

### 2.5 破坏地形地貌、引发地质灾害

使用挖掘机修建搬迁便道、平整场地过程中,会改变原始的地形地貌,大量的开挖,会产生大量的松散堆积物,为泥石流等地质灾害提供了有效的物质来源;开挖留下的边坡,不及时恢复治理,可能会引发崩塌、滑坡等地质灾害;施工结束后,未及时对施工场地进行复耕、复垦或复绿,可能会导致水土流失。

## 3 绿色勘查技术的应用

幕阜山烟竹坡工作区为典型的南方丘陵区,钻孔孔位基本处于陡峭林地内。为践行绿色勘查,最大程度减少工程施工对生态环境的破坏,钻探工程在施工组织设计阶段就制定了绿色勘查的工作计划和措施。选用便携式全液压钻机施工,小型履带运输车搬运,铺设土工布防渗膜,使用环保冲洗液材料、钻井液离心机等,绿色勘查效果显著。

### 3.1 设备选择

此次钻探工程钻孔设计孔深为200~500 m,钻孔倾角 $70^{\circ}\sim 75^{\circ}$ 。为保证钻机既能满足500 m以内斜孔钻探施工能力,又便于安装、拆卸、搬运,选用MD1000型便携式全液压钻机进行施工(见图1)。该钻机由柴油机组、操作台、钻机底座、泥浆泵、卷扬机等组成,采用相对独立化模块设计,全液压驱动、无级调速,所有支架采用铝合金制作而成,质量

分配合理,最大模块质量 $<180$  kg,适合人力搬运;桅杆式钻架结构,无需钻塔,可 $45^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 任意角度钻进;钻机底座尺寸为 $4\text{ m}\times 4\text{ m}$ ,占地面积小;配套1.5 m TW系列薄壁钻杆和钻头,钻进效率高,搬迁难度小。钻机基本性能参数见表1。

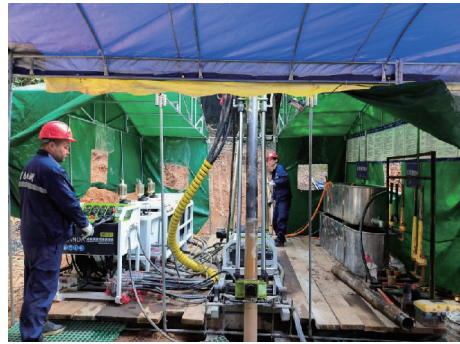


图1 MD1000型便携式全液压钻机施工

表1 MD1000便携式钻机性能参数

	性能	参数
钻进能力	HPW/NTW/BTW	500 m/1000 m/1200 m
	发动机型号	久保田 V1505T
钻机动力	额定功率/kW	132
	额定转速/rpm	3000
回转系统	最大转速/rpm	1300
	最大扭矩/(N·m)	1950
给进系统	钻进角度/ $(^{\circ})$	45~90
	给进行程/m	1.83
	给进力/kN	80
泥浆系统	提升力/kN	150
	最大流量/( $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ )	100
	最大压力/MPa	7
夹持器	最大通孔直径/mm	130
卷扬系统	容绳能力/m	1200
	最大提升力/kN	15
最大模块质量/kg		180

### 3.2 设备搬运

在设备搬运过程中,根据地形地貌情况,当坡度较陡时选择人力搬运,坡度平缓选择小型履带运输车运输。此次施工中选用的运输设备为D219OL型履带运输车,该设备履带宽仅0.8 m,宽度1 m的便道就可通行,后斗尺寸为 $1\text{ m}\times 1.2\text{ m}$ ,最大载质量1.5 t,操作简单、小巧灵活、载质量大,基本满足机台搬迁设备和钻杆等材料的运输。使用该履带

运输车, 仅需稍微拓宽原始山道, 无需借助挖掘机修筑宽道, 大大减少了修路开挖工程量, 降低了对沿路植被的破坏。

### 3.3 场地布设

使用MD1000型便携式全液压钻机, 钻机底座4 m×4 m, 设备占地面积小。场地布设时, 仅设置前场房、管材摆放区、岩心摆放区、油料摆放区、冲洗液的循环槽及沉淀池等, 布局合理紧凑, 减少非必要占地。在满足冲洗液循环沉淀功能的基础上, 降低循环槽的开挖长度, 并选用可移动式沉淀箱, 减少场地开挖工程量。在整个机台场地范围内铺设一层防渗膜和一层土工布(见图2), 对铁质循环槽、沉淀箱、钻机底座、储油罐等重点部位, 加设一层防渗膜, 避免施工中钻井液、油料等渗入土壤。机台施工场地四周采用围栏围挡, 场地内铺设塑料防滑格栅, 钻杆、岩心摆放整齐。

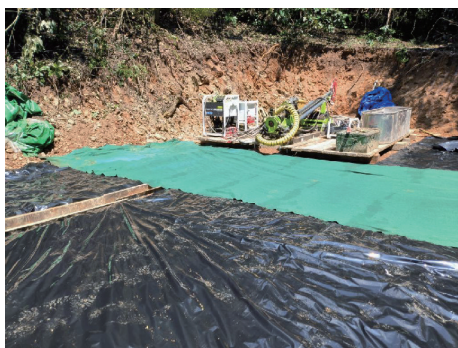


图2 场地铺设防渗膜、土工布

## 3.4 钻进工艺优选

### 3.4.1 钻进技术

为发挥便携式全液压钻机动力头高转速快速切削岩石的优势, 采用薄壁系列钻头+薄壁系列钻杆金刚石绳索取心钻探工艺<sup>[12-13]</sup>。薄壁系列钻头底唇与岩石接触面积少, 孔底扭矩阻力小, 碎岩效率高、钻速快; 上一级钻杆可作为护壁套管使用, 实现不提钻换口径钻进, 一定程度上可抑制孔壁掉块卡钻, 钻孔安全性高<sup>[14]</sup>。

### 3.4.2 钻孔结构

该工作区地表浅层覆盖一定厚度的松散沉积物, 结合该区地层及钻孔设计孔深情况, 采用PQ-HTW-NTW三级钻孔结构, 用PQ(Φ122 mm)口径开孔, 穿透浅表松散覆盖层, 至较稳定的基岩, PQ钻杆直接充当套管护壁, 然后采用HTW口径施工。

HTW口径施工穿过坍塌、掉块等不稳定基岩后, 充当套管护壁, 采用NTW施工至终孔(见图3)。

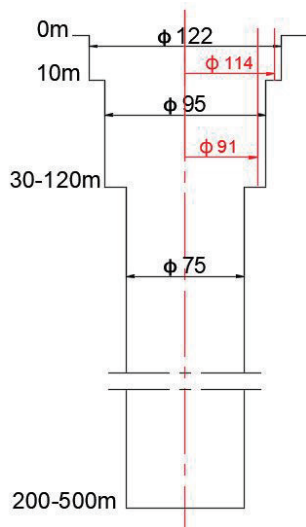


图3 钻孔结构示意图

### 3.4.3 钻进参数

钻进规程参数的设计, 主要结合地层的岩性、硬度、构造发育、风化程度等地质情况。该区施工地层主要为砂质板岩, 可钻性5级, 节理发育。为充分发挥便携式全液压钻机+薄壁系列钻杆钻具高效钻进优势, 选择钻进规程参数见表2。

表2 钻进参数选择

钻具类型	钻压/kN	转速/(r·min <sup>-1</sup> )	泵量/(L·min <sup>-1</sup> )	钻井液类型
P系列	10~16	<300	50~70	无固相
HTW	8~15	350~700	40~60	无固相
NTW	6~11	400~850	40~50	无固相

## 3.5 环保冲洗液材料使用

根据工作区地层特点, 本次选用无固相冲洗液体系<sup>[15]</sup>, 具有防塌护壁、润滑、增粘、抑制等作用, 同时所使用的冲洗液材料均无毒无污染, 可减少对环境<sup>[16]</sup>的污染。

(1) 在浅表松散、不稳定基岩地层, 使用帕克化学冲洗液, 配方为: 0.12% 安信帕克+0.2% NaOH+清水。性能: 漏斗粘度 35~45 s, PH值 9~10, 滤失量 5~10 mL。

(2) 在稳定基岩地层, 使用聚丙烯酰胺冲洗液, 配方为: 0.1% PHP+0.1% NaOH+0.5% 润滑剂+

清水。性能:漏斗粘度为18~25 s, PH值9~10, 滤失量10~20 mL。

### 3.6 钻井液离心机使用

在该工作区内使用北TGLW220型钻井液变频离心机,该设备可分离 $>5\ \mu\text{m}$ 固相,迅速恢复冲洗液密度、流变性等性能参数,有效提高冲洗液使用效率,降低成本、减少废浆排放。钻井液离心机技术参数见表3,使用效果见图4。

表3 钻井液离心机技术参数

型号	有效处理量/ ( $\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ )	最小分离点/ $\mu\text{m}$	转速/ ( $\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$ )	电机功率/ kW	质量/ kg
TGLW220	1.5	5	0~3000	7.5	400



图4 使用钻井液离心机分离有害固相

### 3.7 废液、废料、垃圾的处理

(1)对产生的废油料回收利用。施工过程中,对设备进行维修保养时,在操作区增铺防渗膜,防止油料滴漏。更换后的液压油、机油存放于专用桶内,及时回收再利用。其中,废机油内加入适量的石墨粉,涂抹于钻杆丝扣处,具有良好防锈、密封效果。

(2)对产生的废浆无害化处理。在施工中,即使使用钻井液离心机大大提高了冲洗液使用效率,减少了废浆的排放,仍然会产生不少的废浆。废浆通过自然沉淀,收集后运输至当地有处理能力的单位集中处理。

(3)对场内生活垃圾及时分类处理。机台设置垃圾桶,桶下铺设防渗膜,防止垃圾产生的废液渗入土壤。定时清理垃圾,对可降解、对环境无污染的垃圾进行就地掩埋。对于不可降解的有害垃圾,单独存放,随废弃冲洗液一同交地方专业部门集中

处理。

### 3.8 场地修复

(1)场地恢复主要考虑原先的土地类别以及地形地貌,同时结合土地所有人的建议。场地恢复应尽可能按原始地形地貌平整,对于涉及的旱地、菜地、耕地等,在场地平整时,把表层腐殖质土层单独堆放,场地修复时再均匀覆盖,尽量恢复至原样。

(2)对于场地平整遗留的边坡无法恢复原样的,进行削坡、缓坡处理,同时,开挖截水沟、排水沟等,确保边坡稳定。开挖产生的土方铺平压实,现场难以处理的统一进行清运,不随意堆放,避免为泥石流地质灾害提供物源。

(3)场地复垦复绿要结合当地自然环境,不使用有害植被进行复绿。场地开挖前为用材林的,有需要的在场地修复时进行树木补种,本区主要为播撒草籽进行复绿(见图5)。



图5 场地复绿

## 4 结论与建议

使用便携式全液压钻机、小型履带运输车搬迁、铁质循环槽、土工布、防渗膜、环保冲洗液、钻井液离心机、废浆处理、场地复绿等一系列技术措施,能够较大程度减小钻探施工对环境的破坏,有效推进绿色勘查施工。

(1)采用便携式全液压钻机,一方面因其所需场地面积小、分体结构易搬迁,有效减少修路开挖对植被的破坏;另一方面,充分发挥钻机高转速、薄壁系列碎岩效率高的优势,同时选择与地层相匹配的钻进参数,可大大提升钻探工程施工效率,不仅获得较好的社会和经济效益,而且高效施工能够有助于节能减排,进一步减少对环境的影响。

(2)使用钻井液离心机,能够有效分离冲洗液中的有害固相含量,处理后的冲洗液能够迅速恢复

良好的工作性能,大大提高了冲洗液的使用效率,降低了冲洗液材料消耗成本,减少了废浆的排放。

(3)钻探施工中,采用土工布、防渗膜等多重防护,能够有效隔绝废油、废液等渗入土壤;施工结束后,经过场地修复和复绿,能够降低施工对环境的影响降至较低水平。

落实绿色勘查施工,最大限度地减少施工对生态环境的扰动,关键在于践行绿色勘查的决心和不断进步的新工艺新方法。在总结阜山地区绿色勘查施工经验的基础上,建议如下:

(1)加强绿色勘查标准规范的完善和执行监督,在各项目验收时,增加绿色勘查验收内容。

(2)增加钻探工程预算中绿色勘查施工费用。

(3)探索载重无人机辅助钻探设备搬迁方式,提高施工效率、降低工人搬迁劳动强度。

(4)探索便携式全液压钻机底座对复杂地形的应对能力,降低场地开挖工作量。

#### 参考文献:

- [1] 刘蓓,寇少磊,朱芝同,等.便携式模块化钻机在绿色地质勘查工作中的应用实践[J].钻探工程,2022,49(2):30-39.
- [2] 杜茜,曾道国,李阳,等.论固体矿产绿色勘查的重要意义——以新民绿色勘查示范为例[J].西北地质,2021,54(1):256-268.
- [3] 陈东廷,刘添益,达伟,等.黔中汪家寨铝土矿区绿色勘查实践及成效[J].中国矿业,2024:1-10.
- [4] 杜茜,李光春,巩鑫.贵州省道真县新民铝土矿区绿色勘查技术与成效[J].中国矿业,2021,30(1):76-81.
- [5] 钟方红,黄鸿新.绿色勘查技术在广丰许家桥黑滑石矿详查中的应用[J].钻探工程,2021,48(12):32-37.
- [6] 雷晓力,张瑶,张福良,等.新时期我国绿色勘查典型实践与技术应用研究[J].中国矿业,2019,28(S2):124-128.
- [7] 马骋,张福良,雷晓力,等.当前推进绿色勘查工作的若干思考[J].中国矿业,2019,28(S2):138-141.
- [8] 畅利民,黄明勇,班金彭,等.绿色勘查在贵州正安旦坪铝土矿勘查钻探工程中的应用与分析[J].钻探工程,2021,48(3):67-72.
- [9] 赵志杰,丁宁宁,孔令玺,等.绿色勘查技术在河北省古马铁矿钻探工程中的应用[J].钻探工程,2021,48(12):26-31.
- [10] 吴金生,李子章,李政昭,等.绿色勘查中减少探矿工程对环境影响的技术方法[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(10):112-116.
- [11] 马映辉,贾宏福.绿色工程勘察钻探实施方案探索及应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(11):29-36.
- [12] 张雄,张耀澎,牛恩宁,等.EGR便携式全液压钻机在萤石矿勘查中的应用与分析[J].黄金科学技术,2023,31(5):856-864.
- [13] 马映辉,贾宏福,李成志,等.某铁路勘察近水平孔取心钻探施工技术[J].地质与勘探,2021,57(1):190-197.
- [14] 刘蓓,张晨,杨可,等.便携式全液压钻机在秦岭地区地质钻探中的应用[J].钻探工程,2021,48(11):93-102.
- [15] 朱旭明,乌效鸣,郑文龙,等.深孔绳索取心钻进用无固相防塌钻井液试验[J].地质科技通报,2021,40(2):118-124.
- [16] 李晓东,熊正强,付帆,等.环保型弱凝胶护壁护心钻井液研究与应用[J].地质与勘探,2024,60(3):581-591.

(编辑 王文)