

绿色工程勘察钻探实施方案探索及应用

马映辉, 贾宏福

(四川省地质矿产勘查开发局四〇二地质队金钻公司, 四川 成都 611743)

摘要:绿色勘察是新发展理念在工程勘察行业的具体体现。钻探作为工程勘察各方法中最直观的手段而不可或缺,与之相关的环境问题也相对较多。通过分析工程勘察钻探特点、可能存在的环境问题,结合实际施工经验,不断探索,提出绿色工程勘察钻探实施方案,并在川藏铁路勘察实践中加以应用。思考与总结当前绿色工程勘察尚需解决的问题。倡导勘察、设计、施工单位和相关部门共同努力构建全方位、完善的绿色工程勘察体系。

关键词:绿色勘察;工程勘察;钻探;环境风险;轻便钻机;川藏铁路

中图分类号:P634;U212.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2020)11-0029-08

Drilling solutions for green engineering investigation and application

MA Yinghui, JIA Hongfu

(402 Geological Brigade of Sichuan Bureau of Geology & Mineral Resources, Chengdu Sichuan 611743, China)

Abstract: Green exploration is the embodiment of the new development concept in engineering investigation. As the most direct means of various engineering investigation methods, drilling is absolutely necessary; however, it also brings about many environmental problems. Through analysis of drilling features and possible environmental problems in engineering investigation, and in combination with actual drilling experiences and research, the drilling solutions for green engineering investigation were put forward and applied in Sichuan-Tibet Railway investigation. The problems remained with current green engineering investigation are considered and concluded. It is advocated that the companies of investigation, design, construction and the relevant departments work together to establish a comprehensive green engineering investigation system.

Key words: green investigation; engineering investigation; drilling; environmental risk; portable drill; Sichuan-Tibet Railway

0 引言

工程勘察是工程建设的重要基础环节。在工程勘察测绘、钻探、槽探、物探、实验测试和水文地质勘察等环节中,以钻探施工环节对环境造成的影响相对较大,可能产生的环境风险事件较多。近年来,我单位贯彻落实“创新、协调、绿色、开放、共享”新发展理念^[1],在工程勘察领域,尤其是在某重点铁路勘察钻探施工实践中,探索总结了一整套解决方案,取得了良好的社会效益。

本文将绿色工程勘察钻探理解为:将绿色发展

理念融入企业文化,通过先进科学的组织管理,识别可能存在的环境事件风险因素,在充分利用好现有的人力资源、设备器具和工艺技术的基础上,引进先进设备、技术和创新工艺方法,避免或降低钻探施工对环境的不良影响,并进行修复治理,尽量恢复或改善原貌的勘察钻探方式。施工实践中应坚持做到工程勘察钻探施工和保护环境的双赢^[2]。

1 工程勘察钻探的特点

(1)钻探场地情况复杂。工程勘察施工场地多

收稿日期:2020-08-28; 修回日期:2020-10-16 DOI:10.12143/j.tkgc.2020.11.006

作者简介:马映辉,男,汉族,1971年生,工程师,勘查技术与工程专业,金钻公司负责人,从事钻探工程技术与管理工,四川省成都市郫都区港通北三路260号,727325209@qq.com。

通信作者:贾宏福,男,汉族,1986年生,工程师,勘查技术与工程专业,从事探矿工程施工与技术管理工作,四川省成都市郫都区港通北三路260号,jia510@sina.cn。

引用格式: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.

MA Yinghui, JIA Hongfu. Drilling solutions for green engineering investigation and application[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2020,47(11):29-36.

种多样。出入工区可能穿越山川河流、林区草原、乡村小道和繁华商圈等,孔位可能位于林区苗圃地、河湖水面、城镇人车密集处、居民房前屋后、戈壁荒漠和 高山陡坡等处,可能穿越地下设施、管线^[3]。涉及到协调、进场、安全防护等各种问题。

(2)钻遇地层复杂。工程勘察钻孔钻遇地层多以地表覆盖层、岩石风化层为主,主要有人工填土、粘性土、粉土、砂类土、碎石类土、岩石等^[4]。很多钻孔钻遇基岩数米即可终孔。相较于岩石地层,钻进困难、效率低。部分深孔也经常钻遇破碎、漏水、涌水等复杂地层。

(3)大部分钻孔深度较浅,搬迁频繁。钻孔深度在百米以内的居多,单孔施工时间短,工点分散,搬迁频繁。

(4)工期紧,试验测试项目多。工程勘察项目经常需要大量钻机同时施工。很多钻孔要采样、做原位试验、做物探等^[5]。

(5)行业标准多。不同行业、不同类型的建设工程均有专门的勘察规范和钻探规程。施工前需要针对性地了解掌握,确保按规范施工。

(6)勘察后通常会进行工程建设。工程勘察施工钻孔通常分布在条带状、块状范围。与矿产勘查、油气勘查的明显区别在于勘察后通常会进行工程建设。而矿产勘查、油气勘查很多钻孔施工后并不进行矿业开发和油气开采。

2 工程勘察钻探可能造成的环境影响

(1)搬迁运输过程:施工便道、钻机平台修建过程中人力或机械对地表植被、原地貌景观造成破坏;搬迁运输过程产生的垃圾污染环境;拖拽设备造成地面损坏。

(2)钻进施工过程:发动机产生的尾气、废油、噪声,液压设备运行中漏油等对环境造成影响;更换设备滤芯时处理不当,导致废油污染环境;泥浆材料保存不当、使用不当、泥浆乱排等可能造成土壤和水体污染;设备突发故障可能导致液压油、柴油、冷却液等泄漏造成周边环境 污染;钻遇地下管线、构筑物等处理不当,导致管线破裂、构筑物损坏引发环境污染事故或其他事故;水面施工不当操作造成水体污染;居民区施工对生活 环境造成破坏;现场防护缺失或钻孔结束未封孔导致人畜受伤;施工结束后遗弃的废旧物品造成环境污染;意外地质灾害、平台坍塌等

可能造成环境污染破坏;其他不当行为造成环境污染或破坏,例如,林区用火导致森林火灾,采挖野生植物造成环境破坏等。

(3)生活区:日常生活产生废弃物影响环境,例如,生活垃圾、厨余垃圾等;临时构筑物,如帐篷,防雨棚等撤离时产生废弃物影响环境。

3 绿色工程勘察钻探实施方案

3.1 方案架构及其原则

本文提出的实施方案架构为:“遵循一个原则,严控三大过程,多项具体措施保障。”其内涵就是在工程勘察活动中,为避免或减轻可能造成的环境影响,达到保护环境的目的,根据其特点建立的一整套应对与解决方案,保障施工全过程对环境产生的影响在可接受可修复范围。

方案原则是:“以人为本,创新驱动,目标导向,最短工时”。其涵义为:人是钻探活动的主体,尊重钻探工人,满足钻探工人切实需求,激发和调动钻探工人的主动性、积极性和创造性才能更高效地达成目标;采用新设备、新工艺方法等为高效施工提供设备和技术保障;激励钻探机组全体员工将个人通过劳动获取薪酬的目标与实现绿色勘察的目标结合起来;通过以上综合措施,力求以最短的工时高效完成工作,从而最大限度地减少资源消耗和对环境的影响。

3.2 方案内容——三大过程控制

即在进场运输安装过程(钻探前),钻进施工过程(钻探中)和离场修复过程(钻探后)中,从施工组织管理、新设备器具选用和其他方式方法创新等方面,制定具体控制措施。

3.2.1 进场运输安装具体措施

(1)公司内部建立绿色勘察相关制度,明确绿色勘察管理方法、奖罚细则和由多项具体措施构成的实施方案,并在员工培训中大力宣讲。

(2)踏勘时了解掌握周围道路、水流、土地性质、地下管线和构筑物等情况。

(3)设置项目组,依据建设工程项目管理理论管理,以 PDCA 循环(计划、实施、检查、改善)或以“计划到位、责任到位、检查到位、激励到位”简单有效的管理模式执行具体措施。建立特定项目环境事件风险识别、治理与应急预案等制度,明确绿色勘察目标和技术手段。

(4) 选用性能优良的设备,准备好配套物资器具。除部分深孔外,优先选用模块化设计、轻便型钻机。先进轻便设备具有搬迁方便、钻进速度快等优点^[6]。其余配套物资也应性能优良,数量充足。

(5) 尽量利用原有道路、人工修路、敏感区域采用架管便道或便桥,运输工具采用小型橡胶履带运输车,陡峭山区使用索道运输。

(6) 位于山坡的钻孔平台采用切削部分山体并将切削出的土石装编织袋堆码在另一侧的方式修筑,或用脚手架依山势搭建。场地下部铺设塑料、防渗布等与地面隔离。位于居民区、林地耕地、城市场的钻孔其设备底座必须与地面隔离。可保留的草皮摆放在附近,以便后期恢复^[7]。

(7) 铺设长距离高压输水管线和排水管线(必要时使用,用于排放泥浆至指定位置)。

(8) 可能受到外界干扰的场地宜设置围栏。

(9) 场地应尽量简洁整齐,内部设施非必须则不设置。场地内存放必要的设备器具且摆放整齐,悬挂必要的警示牌、施工牌等。

(10) 场地附近设置容器或垃圾袋等,便于废弃物收集和清理。

(11) 有条件时尽量租用民房当生活用房。搭建帐篷时尽量减轻对环境的扰动。

(12) 开展环境事件风险因素识别与治理、应急预案演练等活动。

3.2.2 钻进施工过程措施

(1) 每班检查维护设备,防止机油、液压油等泄露^[8]。安全检查的同时检查环保工作。

(2) 废弃滤芯、破损岩心箱、报废的工具等及时清理到当地垃圾处理场。

(3) 林区不得使用明火。不得向流水中倾倒废弃物。耕地内禁止使用有毒害、难降解的材料。

(4) 完整地层使用清水钻进。复杂地层使用膨润土、植物胶类、生物聚合物等环保型冲洗液材料^[9-13]。

(5) 妥善保管现场钻井液材料、油料等。

(6) 配套齐全的开孔钻具(钻杆、钻具、套管、钻杆靴、套管靴等),快速开孔。配套齐全的测试和取样工具(动探装置、温度计、三角堰、取水器、取土器等),快速完成试验取样。

(7) 除配备常用的普钻单动双管钻具,单管钻具,绳索取心钻具外,还可选配各种新型钻具,以适

应不同工况。主要有:

① 绳索取心液动锤钻具。坚硬、破碎地层可选用。

② 绳索取心三重管钻具。适用于难取心地层^[14]。

③ 四重管密闭保形取心钻具。适用于松散、破碎、易冲蚀,对样品原状性要求高的难取心地层^[15]。

④ 空气潜孔锤跟管取心钻具。可用于缺水、复杂地层取心^[7]。

⑤ 套管钻进钻具。该钻具可实现不提钻换钻头取心钻进,套管随钻跟进。钻至预定孔深,打捞出孔底取心钻具,将套管柱留在孔内作为技术套管,完成套管钻进作业^[16]。可用于复杂孔段护壁、快速开孔下孔口管。

⑥ 小口径螺杆钻具。用于绕过事故钻具,定向钻进等。

⑦ 赣南钻。一种人工操作冲击取样钻,适用于岩石等级 I ~ II 级的砂土类地层、全风化岩层。钻孔深度一般小于 45 m^[17]。

⑧ 其他新型取心钻具。如一种适用于滑坡勘察的新型双管钻具^[18]。

采用新设备器具、工艺方法应当与甲方沟通,确认其是否适用。各种方法有其适用性,应灵活选用。

(8) 配备事故处理工具,快速处理事故。包括吊锤,公锥,母锥,割刀等。

(9) 若能满足勘察要求,可采用“一基多孔”和定向钻进技术等^[19-21]。

3.2.3 离场修复与后续措施

(1) 按要求封孔,防止污染地下水土。

(2) 按要求保管岩心,清理现场废弃物。

(3) 平整场地或尽量恢复原地貌。将先前保存的草皮复位。

(4) 如有要求,人工种植植物。

(5) 及时与相关单位对接沟通,如后续工程会用到临时便道,在钻孔平台处开挖等,则可不用修复。

(6) 分类清理生活区垃圾^[22-23]。

(7) 与钻孔小结同时,总结环保工作,扬长避短,赏善罚恶,持续改善。

综上所述,将方案内容归纳为图 1 所示。

4 川藏铁路工程绿色钻探实践

新建川藏铁路雅安至林芝段沿线工程地质条件

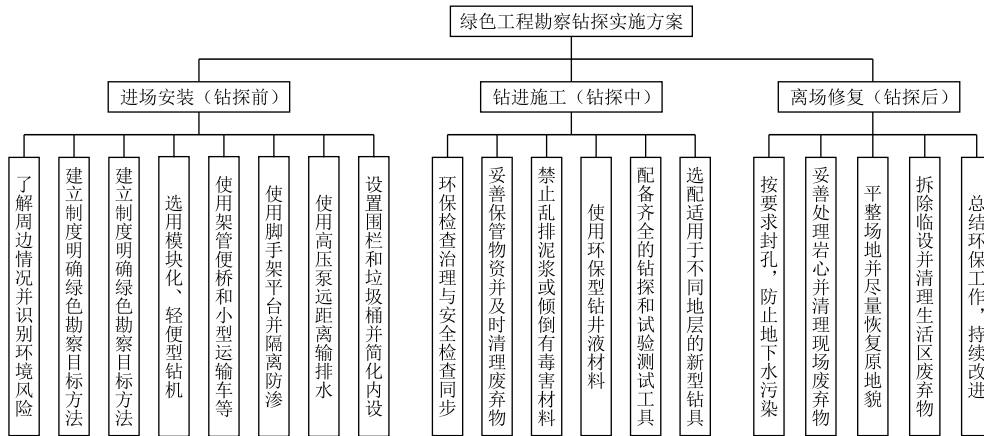


图1 绿色工程勘察钻探实施方案

Fig.1 Drilling solutions for green engineering investigation

极其复杂,为勘察设计和施工最难的一段。该段内植被茂盛、风景优美,部分工点位于当地城镇居民区内,另有多处自然保护区、风景名胜区、地质公园、森林公园、饮用水源保护区等,工区环境敏感。近年来,我单位运用绿色勘察技术手段,在该段内完成了大量隧道、桥梁、路基等工程勘察钻孔,受到了甲方的认可。结合提出的绿色勘察钻探实施方案并针对该铁路勘察特点,具体做法如下。

4.1 新设备应用

4.1.1 新型轻便钻机

勘察对象包括隧道、桥梁、路基等。设计钻孔深度浅则几米,深则千余米,设计倾角 $-90^{\circ}\sim 90^{\circ}$,钻孔数量多,工期紧。针对不同深度及倾角钻孔,我单位配备了不同钻深能力各型号全系列钻机(见表1)。所有钻机均为近年新研制的轻便型钻机,钻机技术先进,性能优良。

表1 各型钻机适用性

Table 1 Applicability of the drilling rigs

型号	适用孔深/m	适用倾角/ $^{\circ}$	生产单位
EP200	<200	45~90	珠海英格尔
EP200G	<200	45~90	珠海英格尔
EP600	200~600	0~90	珠海英格尔
EP600PLUS	500~900	0~90	珠海英格尔
XDQ1200	600~1200	0~90	陕西西探
ZDY1200G	<500	-90~90	中煤科工西安研究院
CSD1300	500~1500	45~90	北京天和众邦

其中,EP200型、EP200G型占地空间最小为 $3\text{ m}\times 3\text{ m}\times 3.8\text{ m}$ 、总质量约 0.5 t 。EP600型、EP600PLUS型便携式全液压钻机占地空间最小为 $4\text{ m}\times 4\text{ m}\times 5\text{ m}$ 、总质量约 1.2 t 。改进后可适应水

平、近水平钻孔。XDQ1200型全液压轻型钻机使用了电液比例控制技术和PLC控制技术,取代了机械式手柄操作,改善了工人的工作环境,自动化水平和工作效率更高^[24],适用于更深钻孔。ZDY1200G型钻机是一种分体式的全液压力头钻机,可用于地下、地表各种倾角的钻孔^[25]。CSD1300型全液压钻机自带履带,具有整体快速移动的优点,适用于环境不敏感、钻孔集中的工区。

新型便携式钻机、轻型钻机与传统立式轴式钻机相比占地面积相近,但性能优良,效率更高,完成相同工作量工时更短。选取EP200G型钻机与XY-180型钻机在同一路段施工情况对比见表2。表2中工区1和工区2均在同一河流岸边,长度约 3 km 范围内,地层基本一致。EP200G机组在工区1施工。同时XY-180机组在工区2施工,施工结束后搬迁至工区1施工。工区1内对比:EP200G型机组平均进尺 11.9 m/d 。XY-180型机组平均进尺 9.0 m/d (剔除一个施工异常偏慢的孔后计算)。XY-180型钻机在工区2平均进尺 9.7 m/d 。对比情况见图2。可见,EP200G型钻机施工效率较高。

4.1.2 钻机改进

现有便携式钻机结构设计无法钻进隧道水平孔。故在原钻机基础上设计加工2个支撑架,即前固定支撑架和后可调高度支撑架,改进后可使钻机在 $0^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 任意倾角范围钻孔。

钻进水平孔时孔内钻具受到的摩擦阻力较大,随钻孔加深原配动力头马达扭矩不足,通过与原厂沟通研究,定制了低转速大扭矩马达(输出功率基本不变),为超长钻孔施工提供了保障。另外,在使用

表 2 EP200G 与 XY-180 机组施工情况
Table 2 Drilling results of EP200G and XY-180 drill rigs

工区	钻机型号	实际孔深/m	施工历时/d
1	EP200G	46.5	3
1	EP200G	45.0	4
1	EP200G	46.0	5
1	EP200G	51.0	4
1	EP200G	50.0	4
1	XY-180	60.0	12
1	XY-180	60.2	8
1	XY-180	60.4	5
1	XY-180	61.3	8
1	XY-180	61.7	6
2	XY-180	38.2	4
2	XY-180	38.3	4
2	XY-180	39.0	4
2	XY-180	38.2	4
2	XY-180	40.4	4

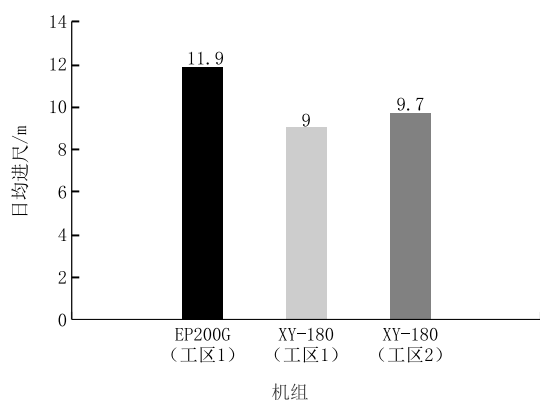


图 2 不同钻机的施工效率对比

Fig.2 Efficiency comparison between various drill rigs

XDQ1200 型钻机钻进水平孔时,还采用了增加一台发动机的方式提高输出功率。

4.2 运输方式改进

(1)小型橡胶履带运输车。配备了能适应崎岖、湿滑冰雪路面的小型履带运输车,大大减轻了工人劳动强度,节省了修路占地面积,降低了生产成本,提高了工作效率。履带材质为橡胶,具有质量轻、机动性好、越野能力强、作业效率高、噪声低等优点。相较人力搬运、挖机拖拽、卷扬机拖拽和机械修路运输等方式,对环境的影响更小。

(2)架管便桥。在本项目中尝试建造了环保实用的架管便桥。该法适用于水面较宽、水深较浅、水流较平缓的河流和需要架空穿越的路段。通过搭建架管便桥,最大限度避免对原始河道和林地草场的破坏。

(3)索道运输。在部分难以到达的工点,采用索道运输方式^[26]。

(4)其他方式。个别工区采用了马帮运输的方式,减轻了其他运输方式的劳动强度和对环境的影响。

4.3 施工场地建设与防护

场地建设应尽量简洁,摆放必要物资,悬挂必要的安全警示标志和甲方要求的必要施工牌。除有要求外尽量少使用展示栏、串旗等一次性用品。

平坦区域,稍作平整,钻机底部铺塑料布隔离。山坡处,人工切削部分山坡,编织袋装土堆码另一侧。岩石出露凹凸不平处,采用架管搭建平台,下部铺设塑料防渗。

4.4 物资储备

针对铁路勘察钻孔集中在铁路沿线、呈长线分布的特点,在勘察路段中部租用民房当库房。库房中储备各种钻探常用物资、事故处理工具、设备配件等,减少了因采购物资造成的停待时间。

4.5 钻进过程的改进

(1)使用清水(地层完整时)或植物胶类冲洗液。

(2)使用高压泵和高压胶管输水,PVC管长距离排水。

(3)灵活使用各种钻进方法与器具。在个别难取心钻孔使用新型单动双管钻具。水平钻孔高压涌水地层采用水力反循环取心,效果较好。

(4)以更换代替维修。钻探设备经常在恶劣环境条件下工作,难免发生故障。故障发生后,传统做法是在原地拆卸维修,伴随而来的废油可能导致地面污染,长时停待还可能引起孔内事故。对于一些零部件,可直接更换使用新配件后快速恢复钻进。故障部件交由维修部门处理。这样做既可减少停待时间又能避免潜在孔内事故。

(5)快速处理事故。配备齐全的事故处理工具,快速处理事故。例如,使用水力割刀和可退式打捞矛配合处理被卡、埋钻具,缩短事故处理时间。根据便携式钻机和动力头式钻机结构特点,我单位自行设计加工制作了一种可用于绳索取心钻杆和套管的新式内置式吊锤,其安装在被卡钻杆或套管上端的内部,可起到与立轴式钻机使用传统吊锤类似的震击效果。

4.6 场地恢复

设备撤离后将残留的报废钢丝绳、报废钻头、破

损岩心箱和防渗塑料等搬运至当地垃圾处理点。按甲方要求将岩心保存在钻孔现场。恢复部分钻孔预先保留的草皮。尽量恢复原地貌。部分钻孔按甲方要求的复垦方案执行。

4.7 管理方式

(1)由经验丰富的建造师担任项目经理结合甲方管理要求,以建设工程项目管理理论为指导,建立各项制度,实施扁平化管理。项目经理负责与甲方管理部门沟通对接、与当地居民协调、对项目进度质量安全等总体控制。技术人员与甲方和其他单位技术部门对接,完成测井测试、采样、资料编写与提交等。机组人员灵活调动,避免传统以机组为单位各自独立施工的方式。

(2)环境事件风险因素识别与应急原演练施工前集中开展环境风险因素识别、分析,并进行环境事件应急预案演练活动。施工中不断完善、治理,防止环境风险事件发生,提高环境事件处置能力^[27]。

(3)树立服务型的管理理念,工程勘察钻探市场化程度高,树立服务型的管理理念非常重要^[28]。即施工单位要从安全、质量、环保等方面积极主动地响应甲方要求,提供满意的、标准化的服务。

5 绿色勘察思考

5.1 完善相关标准

目前,现有相关标准仅提出施工过程要注重环境保护。野外项目具体怎么做或达到什么效果尚需相应的标准来衡量^[1]。相关部门有必要制定相应标准或在现有标准规范修订时增加绿色勘察内容,为绿色勘察提供制度依据。标准内容包括但不限于以下内容:

(1)施工过程规范标准。对施工企业进场建设、钻进施工、野外生活和离场修复等方面的行为进行规范和约束。

(2)分类评价标准。对不同的地貌环境、不同的工程类型进行分类评价,明确相应的绿色勘察措施。

(3)预算标准^[29-30]。完善现有标准,适当增加绿色勘察措施费用,为施工企业提供经费支持和持续动力。

5.2 绿色勘察与安全生产

工程勘察本身存在较大风险。钻探各项措施必须遵守“安全第一,预防为主,综合治理”的方针。通过本工程施工,有如下体会:

(1)施工平台不应过分狭小。空间过分狭小不利于操作、无潜在安全通道且对下方造成威胁。

(2)采用新设备、器具、方法前必须评估其安全性并开展培训。

5.3 诚信体系建设

目前,工勘企业数量众多,水平参差不齐。通过诚信体系建设,设置一定的评价标准和准入条件,有利于一些环保理念不强的企业转变发展理念,做到绿色勘察,有利于行业的健康和长远发展^[1]。

5.4 绿色勘察应多方协作

相对于建设工程的总工期而言,勘察施工占比往往很短。倡导建设单位、勘察设计单位、监理单位和当地政府部门等协调一致、全盘考虑和统筹安排,减少一些不必要的资源浪费。例如,初测期间施工便道的修建同时考虑在定测阶段使用、定测期间的便道如果被后期建设利用则无需恢复。

6 结语

(1)工程勘察行业历来倡导环境保护。绿色钻探是工勘施工企业做好环保工作、对新发展理念的响应,也是促进企业内部转型升级的契机。

(2)以绿色发展理念为引领,以新设备器具、新工艺方法和有效的管理手段为驱动,充分发挥员工的能动性,绿色勘察的目标必能实现。

(3)客观看待绿色勘察,不应任意夸大或缩小其作用。相对于后续大规模的工程建设,勘察造成的环境影响是相对较小的。探索提出的实施方案有待进一步完善。现有技术和管理手段可尽量减小勘察对环境的影响。可还需要相应的标准规范来约束和经费来支持。还需要相关部门多方协作,共同推进绿色勘察,保护生态环境,促进地方经济发展。

参考文献(References):

- [1] 彭齐鸣.地勘工作践行新发展理念的思考[J].中国国土资源经济,2016,29(5):7-11.
PENG Qiming. Some thought on the new development ideas in geological prospecting in practice[J]. Natural Resource Economics of China, 2016,29(5):7-11.
- [2] 张新虎,刘建宏,黄万堂,等.绿色勘查理念:认知、探索与实践[J].甘肃地质,2017,26(1):1-7.
ZHANG Xinhua, LIU Jianhong, HUANG Wantang, et al. Green exploration: cognition, explore and practice[J]. Gansu Geology, 2017,26(1):1-7.
- [3] 李正坤.浅析城市轨道交通建设中岩土工程勘察特点[J].岩土工程技术,2018,32(2):96-99.

- LI Zhengkun. Analysis of geotechnical engineering investigation characteristics for urban rail transit[J]. *Geotechnical Engineering Technique*, 2018, 32(2): 96-99.
- [4] 李清明, 唐辉明. 一个标准岩土地层序列的初步框架[J]. *工程地质学报*, 2019, 27(5): 1188-1198.
- LI Qingming, TANG Huiming. A preliminary framework of standard sequence classification of rock & soil strata[J]. *Journal of Engineering Geology*, 2019, 27(5): 1188-1198.
- [5] 蒋建良, 潘永坚, 崔锦梅, 等. 重大工程勘察与实践[J]. *工程勘察*, 2009, 37(S2): 160-167.
- JIANG Jianliang, PAN Yongjian, CUI Jinmei, et al. Investigation and practice of major projects[J]. *Geotechnical Investigation & Surveying*, 2009, 37(S2): 160-167.
- [6] 高明帅, 沈怀浦, 臧匡坤, 等. XD-800 型便携式全液压岩心钻机的研制[J]. *地质装备*, 2018, 19(3): 3-6.
- GAO Mingshuai, SHEN Huaipu, ZANG Chenkun, et al. Development of XD-800 series portable fully-hydraulic core drill [J]. *Equipment for Geotechnical Engineering*, 2018, 19(3): 3-6.
- [7] 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.
- WU Jinsheng, LI Zizhang, LI Zhengzhao, et al. Technological methods of reducing impact on environment by exploration engineering in green exploration [J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2016, 43(10): 112-116.
- [8] 刘健, 崔永兴. 新形势下公路工程勘察外业绿色环保要点探讨[J]. *西南公路*, 2018(2): 47-50.
- LIU Jian, CUI Yongxing. Discussions on green environmental protection in field highway engineering survey under new situation[J]. *Southwest Highway*, 2018(2): 47-50.
- [9] 付帆, 陶士先, 李晓东. 绿色勘查高温环保冲洗液研究[J]. *探矿工程(岩土钻掘工程)*, 2020, 47(4): 129-133.
- FU Fan, TAO Shixian, LI Xiaodong. Research on environment-friendly high-temperature drilling fluid for green exploration[J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2020, 47(4): 129-133.
- [10] 李小云. 植物油基钻井液技术进展研究[J]. *西部探矿工程*, 2020, 32(6): 85-86.
- LI Xiaoyun. Research on technical progress of vegetable oil-based drilling fluid[J]. *West-China Exploration Engineering*, 2020, 32(6): 85-86.
- [11] 郑文龙, 乌效鸣, 许洁, 等. 中国深部岩心钻探钻井液技术应用现状及研究方向探讨[J]. *地质与勘探*, 2019, 55(3): 826-832.
- ZHENG Wenlong, WU Xiaoming, XU Jie, et al. Application status and research direction of drilling fluid technology for deep core drilling in China [J]. *Geology and Exploration*, 2019, 55(3): 826-832.
- [12] 刘均一, 郭保雨, 王勇, 等. 环保型水基钻井液在胜利油田的研究与应用[J]. *钻井液与完井液*, 2020, 37(1): 64-70.
- LIU Junyi, GUO Baoyu, WANG Yong, et al. Study and application of environmentally friendly water base drilling fluid in Shengli Oilfield [J]. *Drilling Fluid & Completion Fluid*, 2020, 37(1): 64-70.
- [13] 韩来聚, 李公让. 胜利油田钻井环保技术进展及发展方向[J]. *石油钻探技术*, 2019, 47(3): 89-94.
- HAN Laiju, LI Gongrang. Progress, development trends and outlook for drilling environmental protection technologies in Shengli Oilfield [J]. *Petroleum Drilling Techniques*, 2019, 47(3): 89-94.
- [14] 宋世杰, 张英传, 田志超, 等. 三层管底喷取心钻具在海相第四系和新近系中的应用[J]. *探矿工程(岩土钻掘工程)*, 2017, 44(3): 10-13.
- SONG Shijie, ZHANG Yingchuan, TIAN Zhichao, et al. Application of sampling drilling tools of three layer pipes in the marine quaternary system [J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2017, 44(3): 10-13.
- [15] 罗敦明, 卢春华, 王旭, 等. 松散、破碎、易冲蚀地层四重管密闭保形取芯钻具研制[J]. *工程勘察*, 2019, 47(7): 1-4.
- LUO Dunming, LU Chunhua, WANG Xu, et al. The development of quadruplex-tube sampler for loose, fractured and erodible strata [J]. *Geotechnical Investigation & Surveying*, 2019, 47(7): 1-4.
- [16] 房勇, 钱锋. 地质勘探套管钻进技术专用套管的研制及应用[J]. *探矿工程(岩土钻掘工程)*, 2018, 45(8): 10-14.
- FANG Yong, QIAN Feng. Development and application of the special casing for geological prospecting casing drilling technology [J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2018, 45(8): 10-14.
- [17] 曾载淋, 梁景时, 吴波, 等. 赣南钻在稀土矿找矿中的应用[J]. *探矿工程(岩土钻掘工程)*, 2016, 43(1): 44-47.
- ZENG Zailin, LIANG Jingshi, WU Bo, et al. Application of Gannan Drill in rare earth ore prospecting [J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2016, 43(1): 44-47.
- [18] 欧阳涛坚. 滑坡勘察中钻探取芯钻具的改进及应用[J]. *工程勘察*, 2017, 45(10): 34-37.
- OUYANG Taojian. Improvement and application of coring equipment in landslide investigation [J]. *Geotechnical Investigation & Surveying*, 2017, 45(10): 34-37.
- [19] 贾占宏, 高元宏, 梁俭, 等. 绿色地质勘查综合技术应用分析[J]. *探矿工程(岩土钻掘工程)*, 2017, 44(4): 1-4.
- JIA Zhanhong, GAO Yuanhong, LIANG Jian, et al. Application and analysis on comprehensive technology of green geological prospecting [J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2017, 44(4): 1-4.
- [20] 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.
- YUE Yongdong, TAN Chunliang, SONG Dianlan, et al. Application of shallow drilling technology based on green exploration to geological mapping in thin overburden [J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2018, 45(12): 5-11.
- [21] 刘海声, 穆元红, 刘鹏, 等. 绿色勘查技术在青海格尔木铜金山矿区钻探施工的应用分析[J]. *探矿工程(岩土钻掘工程)*, 2017, 44(3): 27-30.
- LIU Haisheng, MU Yuanhong, LIU Peng, et al. Application

- analysis on green exploration technology in drilling construction in Tongjinshan Mining Area of Qinghai Province[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2017,44(3):27-30.
- [22] 孙之夫,游鲁南,王林钢,等.黄金地质绿色勘查方法与实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(4):1-6.
SUN Zhifu, YOU Lunan, WANG Lingang, et al. Green geological exploration method and practice for gold[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019,46(4):1-6.
- [23] 吴龙,陈松林,刘红亮,等.湖北省绿色勘查工作探索与实践[J].资源环境与工程,2020,34(2):307-310.
WU Long, CHEN Songlin, LIU Hongliang, et al. Exploration and practice on green prospecting of Hubei Province[J]. Resources Environment & Engineering, 2020,34(2):307-310.
- [24] 刘旭光,盛海星,王敏.XDQ-1200型全液压轻型岩心钻机电液控制系统设计与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(9):49-52.
LIU Xuguang, SHENG Haixing, WANG Min. Design of electro-hydraulic proportional control system for XDQ-1200 light and full hydraulic core drill[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2015,42(9):49-52.
- [25] 王瑞泽,鲁飞飞,凡东,等.ZDY1200G钻机在某铅锌矿坑道中深孔勘探中的应用[J].化工矿物与加工,2020,49(5):38-41.
WANG Ruize, LU Feifei, FAN Dong, et al. Application of ZDY1200G in medium deep hole exploration in tunnel of lead-zinc mine[J]. Industrial Minerals & Processing, 2020,49(5):38-41.
- [26] 和志明,刘永恒.架设工艺在水利水电钻探领域的应用[J].甘肃水利水电技术,2018,54(10):98-99,114.
HE Zhiming, LIU Yongheng. Application of erection technology in the field of hydraulic and hydroelectric drilling[J]. Gansu Water Resources and Hydropower Technology, 2018,54(10):98-99,114.
- [27] 宋永会,袁鹏,彭剑峰,等.突发环境事件风险源识别与监控技术创新进展:(I)环境风险源识别技术与应用[J].环境工程技术学报,2015,5(5):347-352.
SONG Yonghui, YUAN Peng, PENG Jianfeng, et al. Technological innovation progress of risk sources identification, monitoring and management of sudden environmental pollution accidents: (I) risk sources identification technologies and applications[J]. Journal of Environmental Engineering Technology, 2015,5(5):347-352.
- [28] 汪恩满,方敏.地质勘查行业管理制度变迁的路径依赖与创新选择[J].地质与勘探,2018,54(6):1147-1152.
WANG Enman, FANG Min. Path dependence and innovation choice of management system changes in the geological exploration industry[J]. Geology and Exploration, 2018,54(6):1147-1152.
- [29] 张文辉,申文金.关于绿色勘查标准化的思考[J].现代矿业,2017,33(9):8-11,17.
ZHANG Wenhui, SHEN Wenjin. Considerations of standardization of green exploration[J]. Modern Mining, 2017,33(9):8-11,17.
- [30] 张福良,薛迎喜,马骋,等.绿色勘查—新时代地质找矿新模式[J].中国国土资源经济,2018,31(8):11-15.
ZHANG Fuliang, XUE Yingxi, MA Cheng, et al. Green geo-prospecting—a new model of geo-prospecting in the new era[J]. Natural Resource Economics of China, 2018,31(8):11-15.

(编辑 周红军)

(上接第28页)

- [12] 吴翔,等.定向钻进原理[M].武汉:中国地质大学出版社,2006.
WU Xiang, et al. Directional drilling principle[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 2006.
- [13] 江天寿,周铁芳,等.受控定向钻探技术[M].北京:地质出版社,1994.
JIANG Tianshou, ZHOU Tiefang, et al. Controlled directional drilling technology[M]. Beijing: Geological Publishing Press, 1994.
- [14] 王亚伟,石德勤,王述德,等.分支井钻井完井技术[M].北京:石油工业出版社,2000.
WANG Yawei, SHI Deqin, WANG Shude, et al. Branch well drilling and completion technology[M]. Beijing: Petroleum Industrial Press, 2000.
- [15] 胡友林,张岩,吴彬,等.海洋深水钻井钻井液研究进展[J].钻井液与完井液,2004,21(6):52-54,85.
HU Youlin, ZHANG Yan, WU Bin, et al. Achievements on deep water drilling fluid research[J]. Drilling Fluid and Completion Fluid, 2004,21(6):52-54,85.
- [16] 岳前升,舒福昌,向兴金,等.合成基钻井液的研制及其应用[J].钻井液与完井液,2004,21(5):1-3.
YUE Qiansheng, SHU Fuchang, XIANG Xingjin, et al. Research on synthetic drilling fluid and its application[J]. Drilling Fluid and Completion Fluid, 2004,21(5):1-3.
- [17] 冯定,唐海雄,周魁,等.模块钻机的现状及发展趋势[J].石油机械,2008,36(9):143-147.
FENG Ding, TANG Haixiong, ZHOU Kui, et al. The status quo and development trend of modularized drilling rig[J]. China Petroleum Machinery, 2008,36(9):143-147.
- [18] 郑双进,黄志强,陈彬,等.定向井钻压传导计算方法[J].断块油气田,2011,18(3):403-405.
ZHENG Shuangjin, HUANG Zhiqiang, CHEN Bin, et al. Calculating method for WOB conducting of directional well[J]. Fault-block Oil and Gas Field, 2011,18(3):403-405.

(编辑 周红军)