

贵州省固体矿产绿色勘查钻探典型问题及技术对策

班金彭¹, 宋继伟², 黄明勇¹, 彭 坤¹, 文国江¹, 方 青²

(1. 贵州省地质矿产勘查开发局一一五地质大队, 贵州 贵阳 551400; 2. 贵州省地质矿产勘查开发局一二地质大队, 贵州 安顺 561000)

摘要:随着绿色发展理念的深入,传统绿色勘查技术已难以满足当前环保与和谐勘查的需求。本文以贵州省地质矿产勘查为例,针对植被破坏、地下水污染、噪声扰民等突出问题,提出了一系列绿色勘查钻探技术对策。通过钻前系统性评估、斜孔优化布设、“一孔多支”及“一基多孔”技术、物探溶洞探测以及高效电驱钻机应用等方法,有效解决了林地占用、水源保护、碳排放及噪声污染等难题。实践表明,这些技术在多个项目中显著降低了环境扰动,提升了勘查效率,实现了经济与生态效益的双赢。然而,当前仍存在设备落后、经费不足等问题,未来需推广“孔组式”勘查和“地质-工程一体化”模式,进一步推动绿色勘查技术的革新与应用。

关键词:固体矿产;绿色勘查;钻孔布置;物探手段;节能减排设备

中图分类号:P634 文献标识码:B 文章编号:2096-9686(2025)S1-0244-06

Typical problems and technical countermeasures in green exploration drilling for solid minerals in Guizhou Province

BAN Jinpeng¹, SONG Jiwei², HUANG Mingyong¹, PENG Kun¹, WEN Guojiang¹, FANG Qing²

(1. 115 Geological Team, Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development of Guizhou Province, Guiyang Guizhou 551400, China; 2. 112 Geological Team, Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development of Guizhou Province, Anshun Guizhou 561000, China)

Abstract: With the deepening of green development concepts, traditional green exploration techniques can no longer fully meet the current demands for environmental protection and harmonious exploration. Taking the geological and mineral exploration in Guizhou Province as an example, this paper addresses prominent issues such as vegetation destruction, groundwater pollution, and noise disturbance, proposing a series of technical countermeasures for green exploration drilling. Through systematic pre-drilling assessments, inclined hole layouts optimization, “one-hole multi-branch” and “one-base multi-hole” techniques, geophysical detection of karst caves, and the application of high-efficiency electric drilling rigs, challenges such as forest land occupation, water source protection, carbon emissions, and noise pollution have been effectively resolved. Practical applications demonstrate that these technologies significantly reduce environmental disturbances, improve exploration efficiency, and achieve a win-win outcome for both economic and ecological benefits. However, current shortcomings such as outdated equipment and insufficient funding persist. Future efforts should focus on promoting the “group-hole” exploration model and the “geology-engineering integration” approach to further advance the innovation and application of green exploration technologies.

Key words: solid mineral resources; green exploration; drilling arrangement; geophysical exploration means; energy reduction and emission reduction equipment

收稿日期:2025-05-21; 修回日期:2025-07-08 DOI:10.12143/j.ztgc.2025.S1.037

基金项目:贵州省科技计划项目“贵州省岩溶地区复杂地层岩心钻探关键技术难题综合研究”(编号:黔科合支撑[2023]一般173);贵州省地质矿产勘查开发局地质科研项目“贵州省优势矿产资源勘查岩心钻探关键技术难题综合研究”(编号:黔地矿科合[2022]4号)

第一作者:班金彭,男,布依族,1986生,高级工程师,地质工程专业,硕士,从事探矿工程技术与管理工作,贵州省清镇市北门桥,973643757@qq.com。

引用格式:班金彭,宋继伟,黄明勇,等.贵州省固体矿产绿色勘查钻探典型问题及技术对策[J].钻探工程,2025,52(S1):244-249.

BAN Jinpeng, SONG Jiwei, HUANG Mingyong, et al. Typical problems and technical countermeasures in green exploration drilling for solid minerals in Guizhou Province[J]. Drilling Engineering, 2025, 52(S1):244-249.

0 引言

绿色勘查是固体矿产勘查的基本要求,是实现人地和谐的重要手段,大力推行绿色勘查,促进地勘行业可持续高质量发展。目前勘查钻探施工中,在机场建设、油和泥浆污染、便道修建、林木砍伐、后期恢复等方面做了很多工作,取得了一定成果,但随着勘查区逐渐接近村庄,勘查活动如边坡稳定性问题、饮用水源水质水量问题、噪声污染问题等,给当地群众生活造成实质性负面影响,也给勘查施工带来极大困难^[1-3]。因此,如何把绿色发展理念贯穿于矿产勘查全过程,实现高质量绿色勘查,是勘查单位需要深入研究并解决的难题。

为切实推进高质量绿色勘查,最大程度保护生态环境,降低勘查活动破坏程度,减少勘查过程阻力,结合新一轮找矿突破战略行动项目勘查过程中出现的典型问题,通过分析问题形成的原因,研究总结形成多个适合贵州地质特征的重要绿色勘查钻探技术方法,并在后续项目中得到验证和完善,为全面推广绿色勘查提供技术支撑。

1 贵州省绿色勘查常见典型问题

贵州省92.5%的面积为山地和丘陵,地形地貌复杂,岩溶发达;贵州地少人多,勘查区大多紧邻乡镇和村庄;勘查活动对生态和生活环境影响非常显著,极易造成破坏,主要表现为以下几点^[4-7]:

(1)植被破坏;(2)土地压占;(3)噪声污染扰民;(4)油类、泥浆污染土壤;(5)地下水污染、水源减小或消失;(6)平场弃渣堆放引发滑坡、泥石流等地质灾害。

2 绿色勘查钻探总体要求

绿色勘查是一个系统性工作,贯穿勘查活动全过程,需要提高思想认识,以时时刻刻不忘“绿色”的理念来做好工作的各个环节,才能取得理想的效果,总体要求如下。

2.1 钻前规划

钻前做好相关从业人员的绿色勘查教育培训工作;制定最环保的技术方案;做好运输便道路线规划;将耕作土层保存好用于后期恢复;选择合适的钻探设备;做好钻机场地、泥浆循环系统防渗处理。

2.2 钻中防治

上部地层和稳定地层尽量选用清水或无毒害

泥浆材料钻进^[8-9],遇漏失地层快速穿越后下套管封隔;生产和生活垃圾集中统一处理;钻进完成后进行严格的封孔工作。

2.3 钻后恢复

设备拆卸完成后清理生产和生活垃圾;做好场地及便道的回填和覆土工作;做好复绿复垦工作;后期定时进行跟踪和维护,确保绿色勘查指标的彻底完成。

3 绿色勘查钻探重要技术措施

在贯彻上述总要求的基础上,贵州在勘查钻探过程中还形成了以下几个重要技术措施,有效解决了特殊条件下的绿色勘查难题。

3.1 钻前系统性评估确定最优绿色方案

钻前系统性评估是指在开展勘查活动之前,对勘查区及周边容易出现破坏和污染的敏感性因素进行系统性的分析、评估,以确定最合理的勘查方法,最大程度减少对环境的破坏和附近村民生活的影响,达到绿色勘查的目的。

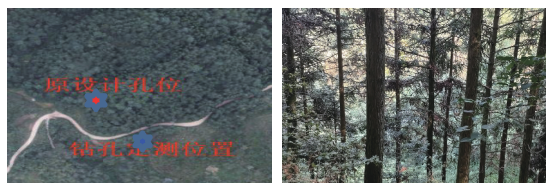
应用案例:贵州省清镇市小院铝土矿详查项目ZK1117水文孔在开工之前当地村民担心钻探施工会影响其饮用水源,阻碍施工。勘查单位随即开展水文地质调查工作,充分调查拟实施钻孔周边出水点分布及地下水补径排条件,分析、研判出水点与周边拟实施钻孔的相互影响关系,研究得出实施该钻孔对当地村民水源点并无影响,可以正常进行实施。同时对水源点进行流量监测、采样化验等调查取证手段,为指导钻孔施工、孔位选择及钻探工艺选取提供依据。施工单位采取有效措施保护当地村民饮用水源且向村民出具承诺书,有效降低当地村民对勘查施工的质疑,最终顺利完成该水文孔的钻探施工。

3.2 优化钻孔布置解决特殊难题

3.2.1 斜孔布置避开林地和水流通道施工

贵州森林覆盖率高,部分钻孔修路平场需砍伐大量林木,后期恢复非常困难,不符合绿色勘查要求。在森林边缘采用斜孔施工技术能够很好解决砍伐林木问题,是一种很好的绿色勘查技术方法,在森林覆盖区域较为实用。如贵州省清镇市小院铝土矿详查项目某钻孔位于国有林地内(见图1),修便道及机场将占用林地面积超过600 m²,砍伐林木76棵,后期修复难度极大。该孔最终采用斜孔施工方案,既不破坏林地,又能达到节约成本、缩短工期的效

果,绿色勘查成效显著。



(a) 钻孔原孔位与调整后孔位分布 (b) 钻孔原孔位

图1 林地钻探施工

贵州属典型的喀斯特地貌,岩溶比较发达,地表出水点较多,附近村民多采用山泉水作为饮用水源,但是在此类地区进行钻探施工往往会对水质、水量造成暂时性的不利影响,给村民的生活带来巨大麻烦,村民不允许钻探施工,造成勘查活动无法推进,既不符合绿色勘查的要求,也不符合和谐勘查的实际需要。在钻孔布设过程中通过优化设计,在合适的地点采用斜孔施工,既能够满足勘查设计的要求,又能够避开水源点或水流通道,避免水源点污染问题。如瓮安营上磷矿详查项目 ZK403 孔在施工过程中,泥浆沿岩溶通道进入 S001 水井,造成污染,导致当地村民无水可用,被迫停钻,经协商后施工单位向当地村民提供矿泉水应急,最后经自来水公司洗井、消毒后才解决村民饮用水问题,给施工单位造成较大损失。针对该钻孔对居民饮用水影响的情况,通过综合分析论证后,原 ZK403 孔位移至现 ZK403' 孔处进行斜孔施工(见图 2),在保证地质目的同时避免对 S001 水井造成影响。最终 ZK403' 孔整个施工过程中均未对 S001 水井水质、水量造成影响,为后续类似情况提供了借鉴作用。

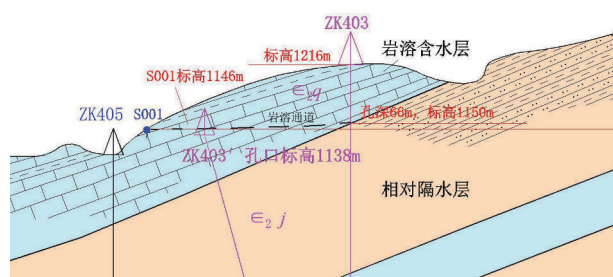
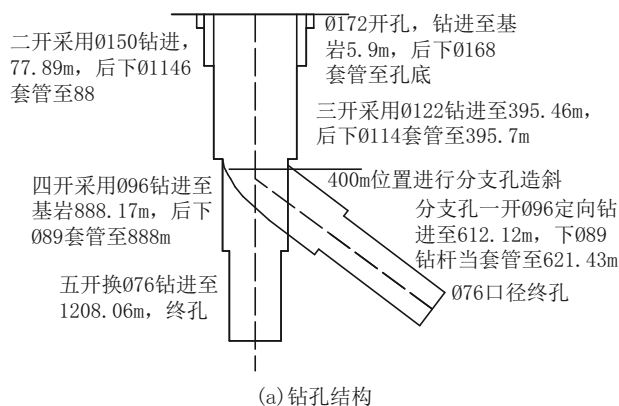


图2 调整孔位后 ZK403' 水文地质剖面

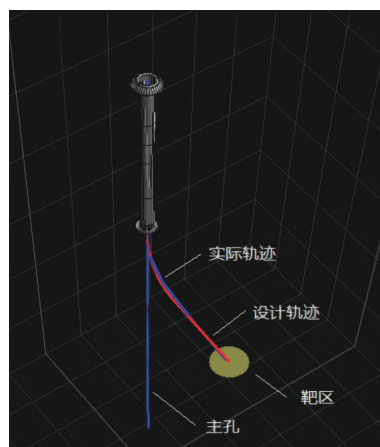
3.2.2 “一孔多支”和“一基多孔”布设减少土地占用和开挖破坏

随着勘查技术、设备、工具的不断成熟,分支孔钻探技术在小口径岩心钻探中逐渐得到应用。在

进入详查和勘探阶段的中深孔,采用分支孔技术可以大量减少修路、平场造成的耕地、林地破坏,且可以节约大量的搬迁成本,是一种绿色、经济的勘查技术,值得大范围推广。如在者相二金矿大精查项目中,为贯彻绿色勘查理念,进行了分支孔应用实践。由于地质设计和经费等因素限制,本次实践只完成了“1直孔+1分支”,即主孔 ZK61708+分支孔 ZK61724。主孔终孔深度为 1208.6 m,在主孔 400 m 位置进行分支孔钻进,终孔深度 983.32 m,钻孔结构见图 3。分支孔 ZK61724 成功进入靶区,距离靶心 8.02 m,精度很高,完全达到地质目的。本次探索,节约了一个钻探场地及其转运费用,节约成本 34.54 万元,达到环保、经济的效果。



(a) 钻孔结构



(b) 钻孔三维立体

图3 “一孔多支”布孔技术在贞丰某金矿勘探中的应用

在详查和勘探阶段,钻孔较为密集,这时候采用“一基多孔”布孔方法,在一个场地上向多个方向施工多个钻孔,可有效节约大量钻探场地,减少破坏、降低成本,是一种绿色经济的勘查技术。如在高地锰矿大精查项目成功开展了“一基两孔”应用

实践^[10],即 ZK2901 和 ZK2903。ZK2901 终孔深度为 1653 m,ZK2903 终孔深度为 1756 m。两钻孔原场地均不具备施工条件,后在两钻孔之间选定一块场地,在该场地上同时向两钻孔原定孔底方向斜孔钻进,如图 4 所示,最终均达到勘查目的。本次探索,减少了一个钻探场地,降低了生态环境破坏,节约施工成本。

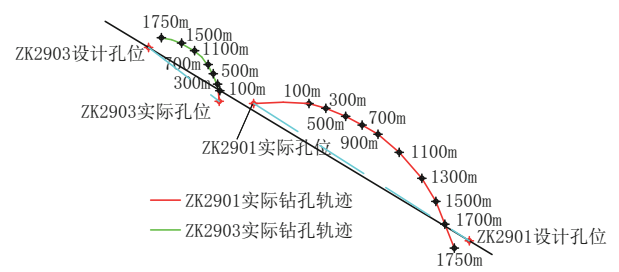


图 4 “一基两孔”布孔技术在松桃高地锰矿勘探中的应用

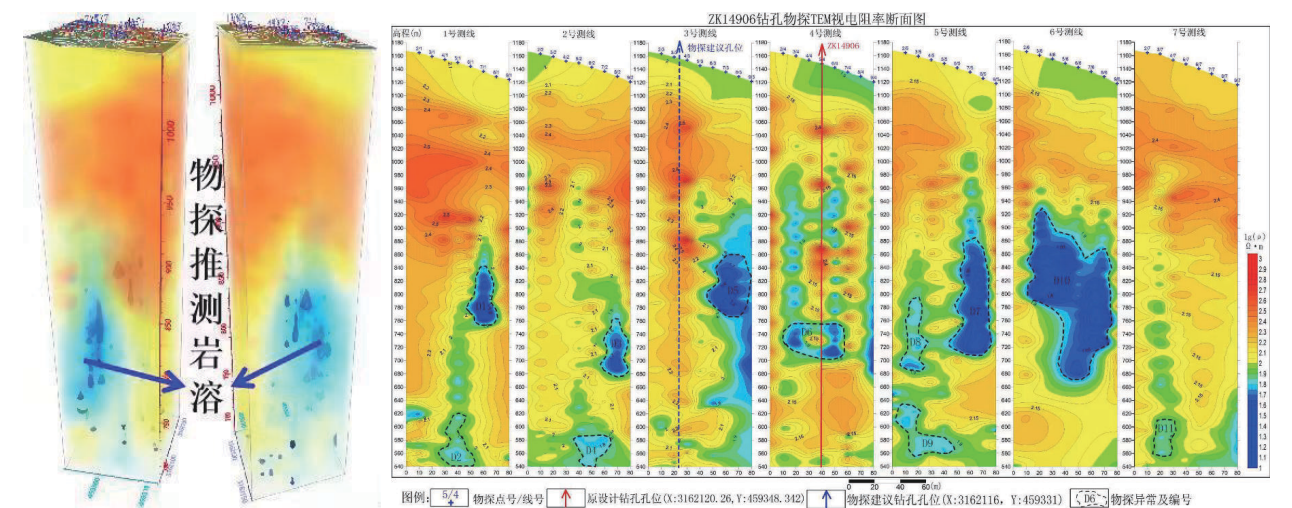


图 5 物探手段在探查溶洞中的应用

3.4 高效绿色钻探设备推广应用

3.4.1 便携式钻机应用解决密林施工难题

采用传统立轴钻机或者动力头钻机,需要修建较宽的运输便道和较大的机场,对耕地、林地的破坏较大,后期恢复难度较大,时间较长,不利于绿色勘查的执行。便携式钻机高度模块化,便于拆卸,零配件体积小质量轻,便于人工搬运,场地占用面积小,对生态环境破坏小,有效解决了“三通一平”

3.3 物探手段解决布设钻孔遇大型溶洞难题

在铝土矿勘查过程中,经常会遇到深大溶洞而导致钻孔报废,既造成经济上的重大损失,又造成环境上的多次破坏,且无效工作导致燃油废气排放增加大气污染,不符合高效、低碳、环保的发展理念。采用物探手段探查勘查区溶洞分布情况,有效降低钻孔报废率,是一种绿色勘查的有效辅助手段^[11-13]。如贵州省正安县旦坪铝土矿精查项目,地层岩溶发育强烈,规模在 5~19 m,一期钻孔钻遇深大溶洞报废率达 21.1%。针对该难题,二期采用物探手段查明 31 个拟设孔位溶洞分布情况(见图 5),成功避让隐伏溶洞成孔 30 个。项目最终钻孔报废率降至 7.7%,提高了成孔率和钻进效率。此后,物探手段探查岩溶分布在贵州省多个项目中应用,充分彰显了绿色勘查节约、高效的理念。

破坏大、搬迁困难的问题,有利于绿色勘查的实现,属于绿色勘查新设备^[11]。如某铝土矿科研钻孔处于大片国有林场内,经过多轮物探手段探查,成矿条件最好的孔位处于林场深部且孔深接近 900 m,对钻探设备具有一定的要求,经过多次与当地林业管理部门协商,未能加宽变道和砍伐林木,只能采用已有较窄便道进场,最终选择 EP-1000 型便携式钻机进场施工,详细见图 6、表 1 所示。

表 1 传统钻机与 EP1000 钻机对比

类别	体积	质量	搬运	修筑道路	拆 装	占 地	事后恢复
传统钻机	大	大	时间长、难度大	便道开挖宽度至少 3 m	难度大、风险大	大量开挖、至少 6×15 m	需要人工运土恢复
EP1000 钻机	小	小	时间段、难度小	只需 1.2 m 宽人工便道	简单、风险小	只需要 4×4 m 小平台	恢复量小



图6 便携式钻机在林地中的应用

3.4.2 电驱动钻机显著降低碳排放

当今人类各项活动已把实现节能低碳作为“绿色”的主要指标。绿色勘查除了尽可能实现施工过程中减少修路、场地平整、减少泥浆及废料处理的污染、减少对植被及附近环境破坏外,还应考虑降低施工过程中二氧化碳排放。在钻探施工过程中采用电驱动设备是一种实现节能环保的有效举措。如瓮安营上磷矿详查项目ZK405为大口径水文孔,采用XY-8DB变频电驱钻机施工(见图7),现场干净整洁,不形成燃油漏失对环境造成污染,油改电减少了废气排放对空气污染,达到绿色勘查的效果,同时米进尺动力成本由190元/m降到110元/m(见表2),提高了经济效益^[12]。



图7 电驱动钻机在水文孔ZK405应用

3.4.3 降噪钻机解决村庄噪声扰民难题

根据《绿色地质勘查工作规范》中9.1.13条的要求,在居民区、动物养殖区、野生动物栖息地等附近施工,施工噪声应符合GB3096的要求,即白天≤55分贝,夜间≤45分贝。采用常规柴油动力钻机噪声较大,无法满足该条件的要求,噪声扰民容易出现村民堵工而停钻,不利于绿色、和谐勘查。电驱动便携式钻机是目前噪声最小的钻机,适合于村寨附近施工,能够快速进场、安装和出场,在最短时间内完成施工后撤离,扰民程度最小^[13]。如福泉市谷龙磷矿勘探项目位于福泉市谷龙村,勘查区中部为村寨密集区,学校等建筑物密集,钻探施工面临较大的噪声扰民。尤其是位于小学附近的ZK1402孔,

表2 电驱钻机与燃油钻机动力成本对比

类别	费用名称	合计	备注
用电 施工	电费合计/元	25596	
	变压器及附属设施	72195	
	安装费/元		
	施工费用总计/元	96238	
	施工单价/(元·m ⁻¹)	106	终孔进尺910 m
用柴 油施 工	柴油预计/L	164736	
	施工单价/(元·m ⁻¹)	181	终孔进尺910 m
用电 优势 分析	节约成本/元	68498	
	减少CO ₂ 排放/kg	56528	燃烧每升柴油产生约2.64 kg CO ₂
	降低噪声/dB	25	电驱钻机正常施工约85 dB;柴油机钻机施工约110 dB

影响较大,经研究决定采用YDXD-D800型便携式电驱动钻机实施(见图8),有效降低了噪声污染,提升了民众满意度。助推该项目的顺利施工,同时取得了较好的找矿成果。



图8 电驱动便携式钻机在福泉市谷龙磷矿勘探的应用

4 存在问题及下步工作建议

4.1 存在问题

(1)部分社会项目未能有效实施绿色勘查工作;(2)部分人员认为绿色勘查只是钻探工程的事;(3)绿色勘查的技术设计和监督考核不够严格;(4)勘查设备普遍落后不能满足绿色勘查需求;(5)经费投入不足严重影响绿色勘查贯彻普及。

4.2 下一步工作建议

(1)践行广义绿色勘查理念。绿色勘查不应只是局限于钻探机场表面的建设和防护,广义概念上的绿色勘查,应该涉及环保、安全、经济、高效、和谐等诸多

方面,各方面综合推进,才能实现本质绿色勘查。

(2)不断推进勘查装备的革新进步。1000 m以浅,涉及林地、陡斜坡地带钻孔,优选便携式、模块化钻机;1000 m以深钻孔,优选节能、高效电驱钻机。

(3)推广“孔组式”勘查新模式。“孔组式”布孔采用定向分支钻进技术,地表开一个钻孔后,通过实施地下分支可实现探查多个目标(见图9)。这种方式可大规模减少钻孔占地数量,从源头上落实绿色勘查理念;可大幅度节约场地建设、青苗赔偿、设备搬迁、上部孔段重复钻进等成本;可有效解决地表有保护区或障碍物影响勘查工作的难题。

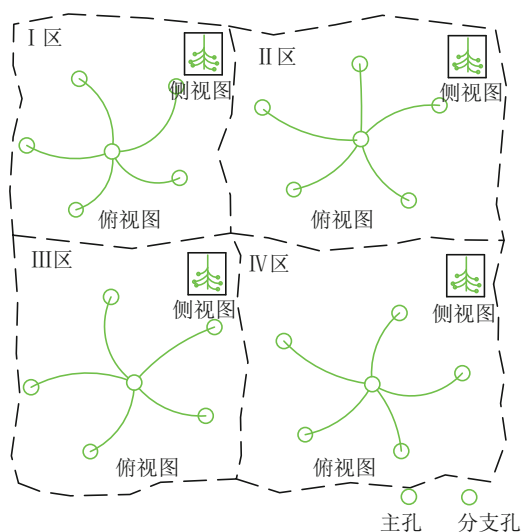


图9 “孔组式”勘查示意

(4)努力推进“地质-工程一体化”。相对于油气领域来说,在固体矿产勘查行业,“地质-工程一体化”工作做的非常不到位。实际工作中,地质、水文、物探、钻探等各工种往往各自为战,相互之间缺乏交流沟通,这种情形严重制约着地质勘查工作的有效开展。只有多工种联合作战,才能推动勘查技术的不断进步。例如前面提到的几个绿色勘查典型做法,都是在地质、水文、物探、钻探多工种相互配合下才实现的。

5 结论

(1)系统性评估与优化设计是绿色勘查的基础。通过水文地质调查、敏感性分析等手段,为钻孔布置和工艺选择提供了科学依据,显著降低了施工阻力与环境风险。优化钻孔布置不仅减少了植被破

坏和土地占用,还节约了成本与工期,体现了绿色勘查的高效性与经济性。

(2)物探技术的应用提升了勘查效率与环保性。物探手段在探测隐伏溶洞中的应用,大幅降低了钻孔报废率,减少了无效钻进带来的资源浪费和环境污染,为复杂岩溶地区的勘查提供了可靠的技术支撑。

(3)绿色钻探设备的推广是实现低碳环保的关键,便携式钻机解决了密林区设备搬迁难题,减少便道开挖和场地破坏,适用于浅孔及地形复杂区域。电驱钻机显著降低了碳排放、噪声污染和动力成本,兼具环保与经济效益。

6 多工种协同与技术创新是未来方向

“地质-工程一体化”模式和“孔组式”勘查的推广,通过多专业协作和定向分支钻进技术,可进一步减少地表扰动、降低成本,并解决保护区或障碍物影响等难题。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 孟宪伟,葛仲义,范茹红,等.标准化助力黄金行业绿色低碳发展[J].黄金,2023,44(9):1-4.
- [3] 吴金生,李子章,李政昭,等.绿色勘查中减少探矿工程对环境的影响的技术方法[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(10):112-116.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 余远翠.烂泥沟金矿露天采坑分区生态修复与植被重建工程实践[J].黄金,2023,44(11):93-96.
- [7] 蔡国荣,张遂,沈红钱,等.贵州松桃高地超大型锰矿床绿色勘查探索与实践[J].贵州地质,2021,38(2):146-151.
- [8] 董高林.浅谈便携式全液压钻机在洛南景村一三一带萤石矿岩心钻探中的应用[J].甘肃科技,2020,36(5):47-49.
- [9] 刘海声,窦斌,穆元红,等.地质岩芯钻探中绿色勘查技术的应用及成本分析[J].矿产勘查,2021,12(2):331-337.
- [10] 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(10):124-28.
- [11] 刘超,郭学辉,张今立.高精度磁法测量在夹皮沟金矿区西北岔区的应用[J].黄金,2022,43(10):23-26.
- [12] 宋林君,唐德龙,丁正江,等.多种物探方法在西林金成矿带深部探测效果分析[J].黄金,2023,44(7):23-28.
- [13] 任喜荣,李欣,周志杰.等值反磁通瞬变电磁法在金矿采空区探测中的应用[J].物探与化探,2023,47(2):540-546.

(编辑 王文)