

# 贵州省旦坪铝土矿钻探施工工艺

邓鹏<sup>1</sup>, 黄明勇<sup>2</sup>, 方青<sup>3</sup>, 陈涛<sup>4</sup>

(1. 贵州省地矿局一〇二地质大队, 贵州 遵义 563000;

2. 贵州省地质矿产勘查开发局一一五地质大队, 贵州 清镇 551400;

3. 贵州省地质矿产勘查开发局一一二地质大队, 贵州 安顺 561000;

4. 贵州省地质矿产勘查开发局114地质大队, 贵州 遵义 563000)

**摘要:** 贵州正安旦坪铝土矿项目地层岩石破碎, 岩溶发育, 钻探施工中遇掉块卡钻、套管难以起拔以及溶洞发育等难题。通过优化钻孔结构、合理选择钻进参数, 采用跟管钻进配合绳索取心工艺, 有效解决了溶洞堆积层的护壁难题, 大大提高了溶塌堆积层成孔率。采用聚合物凝胶护壁堵漏减少了破碎地层掉块卡钻事故的发生。反丝套管的使用, 减轻了坍塌地层丢套管的风险, 提高了钻进效率, 节约了钻探成本。采用长套管穿越溶洞, 降低了报废工作量, 提高了工作进度。物探瞬变电磁法的应用查明了岩溶的空间分布情况, 降低了钻遇大溶洞的风险。通过一系列技术措施的实施, 如期完成了目标任务。本文对该矿区的施工经验进行了总结, 以期同类钻探施工起到借鉴作用。

**关键词:** 铝土矿; 跟管钻进; 绳索取心钻进; 溶洞发育; 聚合物凝胶润滑堵漏剂; 套管护壁; 瞬变电磁法

**中图分类号:** P634    **文献标识码:** B    **文章编号:** 2096-9686(2021)03-0078-08

## Exploration drilling technology for the Danping Bauxite Mine in Guizhou province

DENG Peng<sup>1</sup>, HUANG Mingyong<sup>2</sup>, FANG Qing<sup>3</sup>, CHEN Tao<sup>4</sup>

(1. 102 Geological Team, Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development of Guizhou Province, Zunyi Guizhou 563000, China;

2. 115 Geological Team, Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development of Guizhou Province, Qingzhen Guizhou 551400, China;

3. 112 Geological Team, Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development of Guizhou Province, Anshun Guizhou 561000, China;

4. 114 Geological Team, Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development of Guizhou Province, Zunyi Guizhou 563000, China)

**Abstract:** At Danping Bauxite Mine in Zhengan county, Guizhou province, formation is broken and karst is developed, leading to drilling problems such as bit sticking by falling stones, difficult pull-up of casing. The drilling targets and tasks were completed on schedule through implementation of various technical measures, including optimization of the hole structure, proper selection of drilling parameters, combination of casing while drilling with wireline coring to provide wall protection in the karst cave deposit with higher borehole completion rate, sealing of borehole wall with polymer gel to reduces bit sticking in broken formation, use of reverse thread casing to reduce casing loss in collapsed formation with higher drilling efficiency and lower drilling cost, detection of spatial distribution of karst caves with the geophysical transient electromagnetic method to reduce the risk of encountering large karst caves. This paper sums up the drilling experience from the mine to provide reference for similar drilling works.

**Key words:** bauxite; casing while drilling; wireline core drilling; karst cave development; polymer gel lubrication and

收稿日期: 2020-12-22; 修回日期: 2021-02-18    DOI: 10.12143/j.ztgc.2021.03.011

作者简介: 邓鹏, 男, 苗族, 1988年生, 工程师, 勘查技术与工程专业, 主要从事钻探技术工作, 贵州省遵义市汇川区汇川大道701号, 605501497@qq.com。

引用格式: 邓鹏, 黄明勇, 方青, 等. 贵州省旦坪铝土矿钻探施工工艺[J]. 钻探工程, 2021, 48(3): 78-85.

DENG Peng, HUANG Mingyong, FANG Qing, et al. Exploration drilling technology for the Danping Bauxite Mine in Guizhou province[J]. Drilling Engineering, 2021, 48(3): 78-85.

plugging agent; wall protection with casing; transient electromagnetic method

## 0 引言

贵州省矿产资源丰富,近年来通过实施贵州省“246”、国家“358”找矿突破战略行动计划及整装勘查项目,锰、铝、磷、金、重晶石和铅锌等重点矿产资源均实现重大突破,其中富磷矿和重晶石资源量居全国第一,铝土矿、金矿分别居全国第三和第六,但资源产业不强,资源优势未完全转化为产业优势和经济优势。随着我省交通等基础设施的逐渐完善,矿产资源开发利用和优势转化具备了良好条件,迎来了发展的有利时期。尽快把丰富的矿产资源转变为资产,资产变为产业,助推经济高质量发展已成为我省迫在眉睫的战略任务。为此省委、省政府批示组织开展矿产资源大精查,目的是找准重点、摸清家底、实施保护性开发,为推动我省经济社会高质量发展提供有力支撑。根据谌贻琴省委书记、陶长海副省长对《省发展改革委、省地矿局关于开展全省重点矿产资源大精查工作建议》的批示,贵州省正安县旦坪铝土矿勘探项目列入了全省10个重点项目之一,于2020年至2021年实施大精查。

## 1 概况

### 1.1 项目概况

贵州省正安县旦坪铝土矿精查(勘探)钻探工程项目位于正安县城以东,直距16 km,属正安县班竹镇、格林镇和芙蓉江镇,道真县棕坪乡,务川县涪洋镇管辖。距务川氧化铝厂运距80 km。

贵州省正安县旦坪铝土矿精查(勘探)项目7个矿体,本次精查钻探工程主要为Ⅱ、Ⅴ、Ⅵ、Ⅶ号矿体(见图1),设计工作量30950 m/65个钻孔。通过贵州省地矿局大精查专班部署,施工单位精心组织,于2020年5月15日正式开钻,开钻13台,目前已完成45个钻孔,正在施工6个钻孔,共计24093.57 m。累计完成全部工作量的77%以上,钻孔验收质量合格。

### 1.2 地质概况

区内主要构造为新模向斜,有6条规模较小,对矿层破坏较小的断层发育。矿区内出露与本次工作关系较大的地层由老至新依次有志留系下统韩家店组,石炭系上统黄龙组,二叠系下统大竹园组、

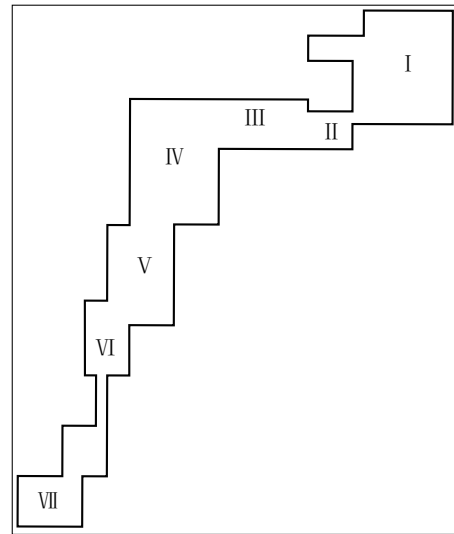


图1 旦坪铝土矿工程平面示意

Fig.1 Plan of the Danping Bauxite Mine project

二叠系中统梁山组、栖霞组、茅口组,二叠系上统长兴组、吴家坪组及第四系。其间缺失志留系中、上统,泥盆系和石炭系大部,现由新至老分述如下:

(1)第四系( $Q_4$ ),主要分为2类,一类是分布在矿区缓坡及地形低洼地带的黄灰色粘土、亚粘土、砂、岩块等残、坡积堆积物;另一类是中二叠统灰岩在悬崖陡坡边缘崩塌堆积而成的坠积堆积物,岩块大小不等,杂乱分布于悬崖及陡坡之下。一般厚度0~10 m。

(2)二叠系上统吴家坪组( $P_3w$ ),主要分布在北部的Ⅱ、Ⅴ号矿体,该地层由一套滨海沼泽相沉积的灰、深灰、灰黑色粘土岩、炭质粘土岩、细晶灰岩、硅质岩、泥质灰岩、铝土质粘土岩、煤层等组成。地层厚108.50~133.46 m,平均124.19 m。

(3)二叠系中统茅口组( $P_2m$ ),分布于整个矿区,由深灰色中厚层状团块灰岩、厚层状细晶灰岩夹燧石团块和条带灰岩、生物碎屑灰岩夹燧石团块灰岩组成。分布面积广,地表多被溶蚀呈岩溶漏斗及悬崖。从下到上分为3个段。厚度224.17~421.82 m,平均厚度305.97 m。

(4)二叠系中统栖霞组( $P_2q$ ),分布于矿区新模向斜北部转折端两翼及向斜西翼,地貌上多形成悬崖和陡坎。下部为灰-深灰色中厚层含燧石结核细

晶灰岩。中部为灰-深灰色中厚-厚层细晶灰岩夹深灰色中厚层泥质灰岩。上部为浅灰-灰色厚层-块状细晶灰岩。厚72.04~129.72 m,平均93.16 m。

(5)二叠系中统梁山组( $P_2l$ ),为一套黑色炭质页岩、炭质粘土岩,含少量星点状、结核状、团块状黄铁矿。与下伏地层二叠系下统大竹园组( $P_1d$ )呈假整合接触。厚0~0.70 m。

(6)二叠系下统大竹园组( $P_1d$ )系矿区内铝土矿赋存层位,习称铝土矿含矿岩系。下部为(浅)灰绿、黄绿、灰白色绿泥石粘土岩、铁绿泥石岩、水云母粘土岩、含铁质或铁质粘土岩、含豆鲕或碎屑状粘土岩,偶见黄铁矿(层)赤铁矿层;中上部为灰白色、浅灰色、灰色、深灰-黑灰色碎屑状、豆鲕状、致密状、半土状铝土矿或铝土岩,常见黄铁矿呈团块状、结核状、星点状、细脉状和叶片状产出;顶部为灰白、浅灰色、灰色粘土岩,含豆鲕(复豆鲕)状及碎(砾)屑状粘土岩。与下伏地层石炭系上统黄龙组( $C_2h$ )或志留系下统韩家店组( $S_1hj$ )呈假整合接触。厚1.89~11.84 m,平均5.88 m。

(7)石炭系上统黄龙组( $C_2h$ ),仅在少量钻孔及地表见零星分布,为一套灰、灰白和肉红色中厚层至块状细-粗晶灰岩、生物碎屑灰岩。该组大部剥蚀,多呈孤立的古溶丘零星分布。与下伏地层志留系下统韩家店组呈假整合接触。厚0~3.90 m。

(8)志留系下统韩家店组( $S_1hj$ ),分布于矿区新模向斜北部转折端两翼及向斜西翼,为一套紫红、灰绿色页岩、泥岩、粉砂质页岩,局部夹薄层粉砂岩及灰岩。厚度>200 m。

总之整个矿区坚硬岩石主要是石灰岩、细晶灰岩,可钻性级别4~10级,岩溶裂隙发育,溶洞规模不一,整个矿区几乎全为顶漏钻进,破碎地层出现掉块卡钻情况。

### 1.3 施工质量指标及技术要求

岩心采取率 $\geq 65\%$ ,矿心采取率 $\geq 80\%$ ;测斜要求直孔每100 m测量一次,斜孔每50 m测量一次。顶角偏差要求为直孔 $\neq 2^\circ/100$  m,斜孔 $\neq 3^\circ/100$  m,且方位角偏差不得超过勘探网的1/3~1/4;终孔口径要求为探矿孔口径 $\leq 75$  mm,水文孔口径 $\leq 130$  mm。

## 2 施工中的技术难题

(1)上部地层破碎(见图2)、多为溶蚀塌积堆积

层,易坍塌掉块卡钻,钻进效益低,终孔后丢套管风险高。



图2 上部破碎岩心照片

Fig. 2 Broken cores from the upper borehole

(2)中部地层破碎(见图3)、岩溶发育,溶洞高度达5~19 m不等,造成大量工作报废,同时影响工期进度。



图3 中部破碎岩心照片

Fig. 3 Broken cores from the mid-section

## 3 钻进工艺

### 3.1 设备及工具选择<sup>[1]</sup>

选用的钻探设备及工具见表1。

### 3.2 钻孔结构设计及钻进方法<sup>[2]</sup>

根据该矿区以往的施工经验,地层相对较完整,以往条件有限,采用钻孔结构为 $\Phi 110-91-75$  mm, $\Phi 91$  mm作预留口径。但考虑到上覆地层比较破碎,并且岩溶裂隙较发育,会影响钻进效率,乃至影响该项目整体进度,将钻孔结构更改为 $\Phi 150-122-95-75$  mm或者 $\Phi 130-110-91-75$  mm四级成孔。 $\Phi 150$  mm开孔钻至基岩下入 $\Phi 146$  mm套管,换 $\Phi 122$  mm绳索取心钻进至120 m左右,地层相对较完整下入 $\Phi 114$  mm套管,换 $\Phi 95$  mm绳索取心钻进至300~400 m,地层完整后下入 $\Phi 89$  mm套管,再换 $\Phi 75$  mm绳索取心钻进至终孔。通过将近1年的施工实践证明,这种钻孔结构合理并适用,成孔率高,遇一般溶洞均能解决,钻进效率也随之提

表1 钻探设备及工具选用情况  
Table 1 Drilling equipment and tools

钻机	泥浆泵	绳索取心钻杆规格/mm	套管规格/mm	钻塔/绞车/泥浆搅拌机	备注
XY-2G型	BW250型	Ø114×6.5	Ø114×5.5	AG-9	钻孔深度<600 m
XY-4型		Ø89×5.5	Ø89×5.5	SG-21/SJ-1000/自制 0.5 m <sup>3</sup>	
XY-44A型	BW320型	Ø73×5			XY-44A型用于水文孔
EP1000型	自带液压泥浆泵	HTWØ91×5	Ø91×5	自配液压副卷扬及泥浆搅拌机	施工地形条件较差难搬迁的钻孔
		NTWØ73.3×4.55			
CSD1800X型	BW320型	Ø114×6.5	Ø114×5.5	全液压力头自配副卷扬和泥浆搅拌机	钻孔最深721.22 m
		Ø89×5.5	Ø89×5.5		
		Ø73×5			

高。水文孔根据地质设计要求钻孔结构 Ø175—150—130 mm, Ø150 mm 至少钻进 120 m, 终孔口径 <130 mm。

### 3.3 钻头选型<sup>[3]</sup>

针对该矿区中硬岩石破碎对金刚石、扩孔器磨损严重的情况,通过增加钻头、扩孔器外径及胎体硬度办法加以解决。该矿区选择外径比普通钻头增加 2 mm,严格按照排队使用的原则。

可钻性在 8 级以下地层选用底唇面平底形或锯齿形,胎体硬度为 HRC25~30,金刚石粒度 60~80 目的孕镶钻头钻进效果极好,钻头平均寿命达 200 m。

可钻性 8 级以上地层(燧石团块)钻进缓慢,选择 HRC10~20 的金刚石钻头。钻头平均寿命达 100 m。

### 3.4 钻进参数的选择<sup>[4]</sup>

在 7 个月连续的钻探施工过程中,对矿区地层有了充分的了解,在不同的矿体区块、钻孔、地层、孔深、孔径钻进中绳索取心钻进参数有微妙的变化,结合 2015 年贵州页岩气班竹 1 井施工情况,在钻进过程中,根据各种地层的钻进速度、设备工作状态和完孔质量逐步优化各参数。最终确定适合该矿区各种岩石的钻进参数(见表 2)。

## 4 钻探中主要问题的解决措施

### 4.1 采用“跟管钻进工艺”<sup>[4-7]</sup>,提高成孔率

该矿区 II 号矿体上覆地层破碎,裂隙发育多为溶蚀塌积堆积层,钻进中经常出现起钻后加不起钻杆的现象,通过先用大口径钻进,起钻后将套管连接上跟管钻头下到位,然后采用小一径通孔,通孔成功后将大一径的套管跟管至稳定地层。若之后

表2 钻进参数

Table 2 Drilling parameters

地层	钻压/ kN	转速/ (r·min <sup>-1</sup> )	泵量/ (L·min <sup>-1</sup> )	钻头
覆土层	1~5	50~200	50~150	硬质合金
茅口组	6~10	200~600	50~150	HRC25~30金刚石
栖霞组	6~14	400~700	60~100	HRC10~20金刚石
梁山组	4~6	400~700	60~100	HRC25~30金刚石
大竹园组	4~8	400~700	50~150	HRC25~30金刚石
韩家店组	4~10	500~800	50~150	HRC25~30金刚石

注:金刚石钻头的底唇面均为平底形。

继续出现该情况,可视孔深情况采取继续跟管或下小一径套管,采用该方法成孔率达 100%。

4.2 采用聚合物凝胶润滑堵漏剂<sup>[8-10]</sup>,解决了岩层破碎存在的卡钻、坍塌等孔内复杂事故

岩石破碎导致全孔顶漏钻进,为了提高钻进效率,防止卡钻及坍塌,起初各机台采用在钻杆外壁抹油脂,起到了一定的润滑作用。随后在 ZK5724 采用水泥封孔护壁<sup>[11-12]</sup>试验,该孔护壁孔段 40~80 m,前后通过 6 次灌浆 12 天时间穿越该孔段并成功终孔。

通过分析以上 2 种方法,在钻杆外壁抹油脂解决不了根本问题,并且对机台造成污染,与绿色勘查背道而驰,不宜采纳。水泥护壁效果明显,但周期长,对整个工期影响大,并造成一定的经济损失,同样不宜采纳。

对比了 2 种方法后,通过采用目前较为成熟的聚合物凝胶进行润滑、堵漏及护壁。当聚丙烯酰胺聚合物分子溶于水后,聚合物分子主链或侧链可通

过化学键与十二烷基硫酸钠高价金属离子相连接,形成一种可包裹自由水的空间网状结构,即形成具有粘弹力的凝胶体(见图4)。首先在凝胶完成凝胶前以液体或高粘稠流体进入破碎地层、裂隙等漏失通道,使之尽可能覆盖漏失层。对覆盖不了的地层采用将高粘稠流体从井口沿管壁倒入,流体在钻杆壁形成光滑的膜,随着钻杆转动延伸到下部。通过逐渐将流体倒入孔内,凝胶停滞在井筒、破碎漏失段,随着时间的延长逐渐成胶,起到堵漏护壁的作用。泥浆配方:清水+0.3%PHP+0.2%十二烷基硫酸钠+1%植物胶+1%细木屑(骨架材料)。

#### 4.3 通过加工反丝套管,解决坍塌地层丢套管问题



图4 凝胶体成胶

Fig.4 Gel formation

题,减少经济损失

ZK5026 钻孔泥夹石层深达 205 m,终孔后起拔  $\varnothing 89$  mm 套管困难,采用 75 kN 液压千斤顶拔,过程中沿套管外壁不断倒入聚丙烯酰胺,成功起拔。ZK4130 钻孔泥夹石层 150 m,同样采取千斤顶拔,同样用 ZK5026 的方式,结果从 70 m 处断,剩余  $\varnothing 89$  mm 套管残留在孔内,采用公锥处理无果,最终采用水力内割刀割管<sup>[13]</sup>,仅起拔 50 m,最后通过反丝钻杆成功将剩余的全部起拔。通过钻孔情况综合分析,矿区普遍存在此类情况,为了减少经济损失、缩短钻进周期,采用加工反丝套管作为护壁套管,当不能成功起拔时,可以采用反钻杆的方式处理。

下反丝套管应注意确保套管底部一定在完整岩石上,避免钻进时反丝套管脱扣。其次是下管的同时切记在管外壁涂抹聚合物凝胶,提高成功起拔的机率。

#### 4.4 采用长套管护壁<sup>[14-16]</sup>,穿越溶洞,降低报废工作量,加快工作进度

该矿区截止目前遇大溶洞共计 9 个,其中溶洞高度最大 19 m(见表 3)。主要分布在茅口组一段地层,通过综合分析所遇溶洞钻孔,溶洞发育多为沿岩层顺层纵向发育,堵漏材料根本起不了效果,沿着岩溶通道流失材料消耗大,并且对地下水产生污染,唯有采用套管护壁是行之有效的办法。实施过程中严格遵守“泥浆护壁钻进—长钻具穿越溶洞—套管封隔”工序。

表 3 钻遇的溶洞

Table 3 Caves encountered in drilling

钻孔编号	孔型	溶洞位置/m	溶洞规模/m	地 层	备注
ZK15604	直孔	178.3~192.1	13.8	茅口组一段	移孔
ZK14604	直孔	350~364	19.0	茅口组一段	移孔
ZK15204	直孔	336~353.5	7.5	茅口组一段	解决
ZK15202	直孔	33~44.2	11.2	茅口组一段	解决
ZK12304	直孔	271~287	16.0	茅口组一段	移孔
ZK14706	直孔	221~232.1	10.5	茅口组一段	解决
ZK16105	直孔	275~280.6 423.9~429.2	5.6 5.3	茅口组一段	解决
ZK24102	79°斜孔	121.98~132.98	11.0	茅口组一段	解决
ZK15906	77°斜孔	30~40.5	10.5	茅口组一段	解决

钻进过程中遇到溶洞后首先探孔,ZK15204孔遇溶洞后,首先采取停止钻进下放钻具,下放到336~355.5 m时发现憋钻杆,测出洞高9.5 m。然后将钻具提到溶洞顶板,采用轻压慢钻的方式探孔353.5 m探到底板,洞高7.5 m,通过多个钻孔印证了该矿区最佳的探孔方式。

穿过溶洞后最重要的就是造眼,钻孔能否顺利终孔就靠造眼成功与否。为了防止产生孔斜导致钻具折断、钻孔报废,采用加工长钻具,即超过溶洞的深度,丝扣处用丝扣胶粘结以防脱落。轻压(2~4 kN)、慢转(200~300 r/min),待钻头在岩石上刻取出台阶后慢慢增加压力。过程中泵量调到最大,防止造眼过程中烧钻造成二次事故。穿越溶洞1~2 m后,提钻下入套管,溶洞部位必须使用长套管,空洞部位尽量无接头或将接头部位置于空洞下部,套管丝扣使用高强丝扣胶粘结以防脱扣,套管外壁涂抹聚合物凝胶以顺利起拔,套管口及底部采用柔性材料封隔,钻进过程中每班需检查套管,遇脱扣后立即处理。下入套管后采用绳索取心钻进,转速 $\geq 500$  r/min,以防钻进中套管折断。

通过套管封隔成功处理12 m以内的溶洞6个,在该矿区取得明显的效果,报废工作量从以往的10%降低到3%,提高了成孔率。

4.5 通过物探瞬变电磁法<sup>[17]</sup>查明岩溶的空间分布情况,降低了遇大溶洞的风险

尽管通过套管护壁处理了12 m以内溶洞,但直接影响了工期、增加了钻探成本。为了避免遇到溶洞,经项目部协商通过采用物探瞬变电磁法查明岩溶空间分布情况。采用西安强源物探研究所研制的EMRS-2B型电磁矿产勘探仪,利用瞬变电磁仪3 m $\times$ 3 m线框重叠回线装置发射一次电流脉冲场激励地下介质产生涡流(见图5),在脉冲间断期间涡流周围空间形成随时间衰减的二次场。通过发射电流的形态和频率及接收二次磁场随时间衰减规律分析异常体的导电性、体积规模、埋深等信息,从而结合地质推测解译目标地质体的空间展布形态,达到了岩溶勘查的目的。

现场进行了31个钻孔的物探工作,由于ZK14706位置地形条件差,陡崖平场困难,未按建议孔位钻进,最终未能成功避开大溶洞,其余钻孔均成功避开大溶洞顺利终孔,成功率达97%。根据以往泥堡南金矿物探勘查、大竹园铝土矿勘查、猪拱

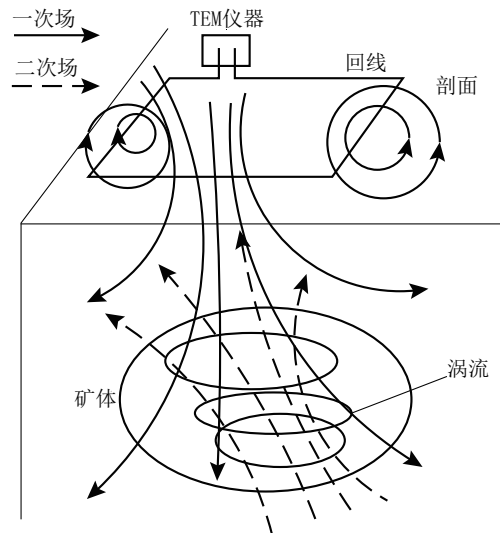


图5 瞬变电磁法原理示意

Fig.5 Schematic diagram of the transient electromagnetic method

塘铅锌矿水文孔物探勘查的成功经验,结合该矿区实际应用情况,得出瞬变电磁法对于强岩溶地区指导钻探效果极佳。

## 5 钻孔工程质量

### 5.1 取心质量

贵州省旦坪铝土矿截止目前共施工钻孔51个,累计完成钻探进尺24093.57 m,岩心最低采取率90%,矿心最低采取率95%,孔斜测量结果均在地质设计要求范围之内,优质孔率100%。

### 5.2 钻孔弯曲度控制

为了减小钻孔弯曲度,采取以下保障措施:

(1)安装设备前必须保证机台稳固,对于机台位于覆土位置时,通过石混加固。若有填方,填方部位不得超过1/4。

(2)开孔时,严禁使用弯曲的主动钻杆,避免主动钻杆摆动造成的钻孔偏斜。

(3)钻进过程中严禁质量不合格及弯曲钻具下入孔内。

(4)扩孔时要带内导正器,换径时要带外导正器。导向管、钻具及钻杆中心线必须一致。

(5)钻进过程中加大测斜密度,直孔每100 m测斜一次,斜孔每50 m测斜一次。

通过分析以往罗盘测斜仪测斜数据,得出方位角受磁场影响大,故通过采购上海光学仪器无缆光

纤陀螺测斜仪进行该矿区测斜,力争更加真实地反映钻孔弯曲度,及时采取补救措施。该矿区直孔顶角偏差 $\geq 2^\circ/100\text{ m}$ ,斜孔 $\geq 3^\circ/100\text{ m}$ ,且方位角偏差均不超过勘探网的 $1/3\sim 1/4$ 。

## 6 施工周期及钻效分析

### 6.1 施工周期

该项目于2020年5月15日正式开孔,截止2020年12月10日已终孔45个,正在施工6个,总共完成进尺24093.57 m,已终钻孔均达到验收标准。

### 6.2 钻效分析

旦坪铝土矿施工7个月,台月效率从以往的400 m增加到573 m,钻月效率从300 m增加到392 m。在长期的施工中,通过钻探工艺的不断优化组合和改进,逐步解决了矿区地层复杂、溶洞发育、地质设计技术指标要求严格所造成的施工技术难题。从表4可以看出,钻月效率及台月效率逐渐提高。

表4 钻进效率统计

Table 4 Drilling efficiency data

施工日期	半月进尺/m	累计进尺/m	台月效率/m	钻月效率/m
5月15日—6月10日	2156.65	2156.65	500	310
6月11—25日	1905.94	4062.59	505	312
6月26日—7月10日	1532.68	5131.05	574	353
7月11—25日	1334.70	6465.75	537	368
7月26日—8月10日	3279.20	9115.92	609	381
8月11—25日	2321.07	11436.89	607	420
8月26日—9月10日	3607.08	15043.97	570	429
9月11—25日	2003.39	17047.36	570	429
9月26日—10月10日	960.08	18007.44	568	425
10月11—25日	1594.29	19601.73	613	429
10月26日—11月10日	2727.16	22206.91	611	426
11月11—25日	2211.69	24093.57	608	427

## 7 结语

针对旦坪铝土矿区施工难题,通过采取一系列的措施,在该矿区取得了优异的成绩,既提高了钻进效益又大大降低了钻探成本。为以后该矿区及类似矿区提供了技术保障及支撑,具有示范及推广作用。

(1)通过采用跟管钻进工艺,成功解决了上覆溶蚀塌积堆积层钻进施工,提高了成孔率。

(2)对比在钻杆外壁涂抹油脂和灌浆护壁的利弊,采用聚合物凝胶润滑堵漏剂,达到了极好的护壁效果。最终预防了岩层破碎造成的卡钻、坍塌等孔内复杂事故的发生。

(3)为预防套管不能成功起拔,通过加工反丝套管,解决了坍塌地层丢套管的问题,减少了经济损失,同时也缩短了施工周期。

(4)运用“泥浆护壁钻进—长钻具穿越溶洞—套管封隔”解决了该矿区12 m以内的溶洞钻进的难题。结合物探瞬变电磁法有效避免了施工中遇大溶洞的风险,减少了报废工作量,加快了施工进度。

旦坪铝土矿作为贵州省矿产资源大精查项目,在任务重、工期紧的情况下,解决了破碎坍塌卡钻、大溶洞成孔等难题,为该区铝土矿大精查提供了强有力的技术支撑。

## 参考文献(References):

- [1] 鄢泰宁. 岩土钻掘工程学[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2001.  
YAN Taining. Geotechnical drilling engineering[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 2001.
- [2] 杨芳, 陈师逊. 深部地质钻探钻孔结构与施工分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2019, 46(11): 21-26.  
YANG Fang, CHEN Shixun. Analysis of design and construction of deep geo-drilling boreholes[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019, 46(11): 21-26.
- [3] 孙丙伦, 孙友宏, 徐良. 金矿复杂地层金刚石取心钻头选型试验研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2008, 35(8): 71-72, 76.  
SUN Binglun, SUN Youhong, XU Liang. Research on optimizing experiment of diamond coring bit for drilling in gold mine of complex stratum[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2008, 35(8): 71-72, 76.
- [4] 孙孝刚, 卢忠友, 邓鹏. 贵州页岩气班竹1井钻进施工实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2016, 43(7): 84-88.  
SUN Xiaogang, LU Zhongyou, DENG Peng. Drilling construction practice of shale gas Banzhu Well 1[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2016, 43(7): 84-88.
- [5] 胥虹. 套管跟进与绳索取心组合钻探技术的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(4): 22-25.  
XU Hong. Application of the combined drilling technology of drilling with casing and wire-line coring[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2014, 41(4): 22-25.
- [6] 熊亮, 谢文卫, 张伟, 等. 跟管钻进下套管技术在大洋钻探中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2020, 47(7): 16-22.

- XIONG Liang, XIE Wenwei, ZHANG Wei, et al. Application of casing-while-drilling technology in ocean drilling[J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2020, 47(7):16-22.
- [7] 宋继伟,蒋国盛,李勇,等.中国南海珊瑚岛礁第四系覆盖层钻探取心技术[J].*地质科技通报*,2020,39(3):206-210.  
SONG Jiwei, JIANG Guosheng, LI Yong, et al. Coring drilling technology of coral-reef quaternary overburden in South China Sea [J]. *Bulletin of Geological Science and Technology*, 2020, 39(3):206-210.
- [8] 左文贵,朱林,吴兵良,等.聚合物凝胶堵漏剂在大裂隙溶洞地层中的应用研究[J].*探矿工程(岩土钻掘工程)*,2018,50(9):19-24.  
ZUO Wengui, ZHU Lin, WU Bingliang, et al. Polymer gel plugging agent used in formation with large size caverns and fractures [J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2018, 50(9):19-24.
- [9] 姜桂春.聚炳烯酰胺无固相冲洗液在复杂地层中的应用研究[J].*探矿工程(岩土钻掘工程)*,2015,42(1):34-37.  
JIANG Guichun. Application of polyacrylamide solid-free drilling fluid in complex strata drilling [J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2015, 42(1):34-37.
- [10] 李圆,于培志,安玉秀,等.高分子聚合物凝胶的性能研究与应用[J].*钻井液与完井液*,2017(5):33-38.  
LI Yuan, YU Peizhi, AN Yuxiu, et al. Study on performance of high molecular weight polymer gel and its application [J]. *Drilling Fluid & Completion Fluid*, 2017(5):33-38.
- [11] 孙孝刚,王聪,王伟.遵义小金钩锰矿区钻孔水泥护壁几种灌注方法的试验研究[J].*探矿工程(岩土钻掘工程)*,2011,38(12):35-42.  
SUN Xiaogang, WANG Cong, WANG Wei. Experimental study on grouting methods of borehole wall protection with cementing in Xiaojingou Manganese Mine of Zunyi [J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2011, 38(12):35-42.
- [12] 肖长城,贾中芳,高士彬,等.新和地1井复杂地层水泥封孔护壁造斜技术[J].*探矿工程(岩土钻掘工程)*,2019,46(2):50-54.  
XIAO Changchen, JIA Zhongfang, GAO Shibin, et al. Cement plugging and side-tracking in complex formation at Well Xinhedi-1 [J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2019, 46(2):50-54.
- [13] 田志超.水力内割刀在中国东部海区科学钻探套管卡阻事故处理中的应用[J].*探矿工程(岩土钻掘工程)*,2020,47(3):75-79.  
TIAN Zhichao. Application of the hydraulic internal cutter in the treatment of casing sticking in scientific drilling in the Eastern Sea of China [J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2020, 47(3):75-79.
- [14] 汤凤林, A. F. 加里宁, 段隆臣. 岩心钻探学[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2009.  
TANG Fenglin, A. F. Kalinin, DUAN Longchen. Core drilling [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 2009.
- [15] 陈兵,姚燕,张峰,等.浅论神农架地区岩溶复杂地层钻探施工技术[J].*资源环境与工程*,2010(4):398-400.  
CHEN Bing, YAO Yan, ZHANG Feng, et al. Discussion on drilling construction technology of complex karst stratum in Shennongjia [J]. *Resources Environment & Engineering*, 2010 (4):398-400.
- [16] 吴明川.地下岩溶管道的勘探方法和技术研究[J].*大科技*, 2020(28):111-112.  
WU Mingchuan. Exploration methods and techniques for underground karst pipelines [J]. *Super Science*, 2020(28):111-112.
- [17] 赵思为.瞬变电磁法在西南喀斯特地区充水型溶洞浅层勘察中的应用[J].*铁道勘察*,2017,43(5):102-105.  
ZHAO Siwei. Application of shallow TEM in the exploration of water filled karst cave in southwest custer area [J]. *Railway Investigation and Surveying*, 2017, 43(5):102-105.

(编辑 荐华)