

几内亚博凯矿区风化残积型铝土矿钻探工艺

王兴民^{1,2}, 卢耀东¹, 崔建华^{2,3}

(1. 河南省地矿局第二地质矿产调查院, 河南 郑州 450001; 2. 河南省深部探矿工程技术研究中心, 河南 郑州 450053; 3. 河南省地质工程技术学校, 河南 郑州 450053)

摘要:几内亚博凯地区铝土矿勘探项目中分别采用无冲洗介质岩心钻探和螺旋钻探 2 种工艺, 通过工程实践和对比试验结果表明: 在风化残积地层中无冲洗介质岩心钻探存在着效率低、成本高、岩心质量难以保障、工人劳动强度高等问题。采用螺旋钻探工艺施工, 其钻探质量不仅能够满足规范设计要求, 而且可以降低成本、提高钻探效率, 其钻探效率是岩心钻探的 6.77 倍, 综合施工效率是岩心钻探的 3.5 倍。

关键词:风化残积地层; 铝土矿; 钻探工艺; 几内亚

中图分类号: P634.5 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2014)06-0031-04

Drilling Technology Used in Weathering Residual Bauxite Mine of Guinea/WANG Xing-min^{1,2}, LU Yao-dong¹, CUI Jian-hua^{2,3} (1. No. 2 Institute of Geological Survey and Mineral Exploration of Henan Bureau of Geo-exploration and Mineral Development, Zhengzhou Henan 450001, China; 2. Henan Engineering Research Center of Depth Exploration, Zhengzhou Henan 450053, China; 3. Henan Geological Engineering and Technology School, Zhengzhou Henan 450053, China)

Abstract: No circulation media core drilling and auger drilling were used for the bauxite prospecting in Bokai of Guinea. The engineering practice and the comparison test show that no circulation media core drilling has disadvantages of low efficiency, high cost, unstable core quality and high labor intensity in weathering residual formations; but with auger drilling technology, the drilling quality of design requirement by specification can be satisfied with lower cost and higher drilling efficiency, the drilling efficiency is 6.77 times that of core drilling and the comprehensive construction efficiency is 3.5 times that of the core drilling.

Key words: weathering residual formation; bauxite mine; drilling technology; Guinea

几内亚博凯地区铝土矿勘探项目是河南省地勘队伍在境外承担的第一个特大型铝土矿勘探项目, 项目组人员克服了作业环境恶劣、钻探地层不熟悉、设备搬迁强度大等困难, 提前完成了施工任务, 一次性提交铝土矿资源量 10 亿多吨, 项目成果获得 2011 年度中国国际矿业大会“国际矿业合作最佳勘查奖”。该项目分两期完成, 项目野外总工期为 9 个月, 投入钻机 15 台, 项目一期采用的是岩心钻探工艺, 项目二期采用的是以刮刀式全螺旋钻探工艺为主, 并辅以岩心钻探。项目两期共施工钻孔 1931 个, 累计进尺 27716.64 m。

1 勘探区概况

1.1 自然地理

勘探区位于西部非洲几内亚共和国西部临海丘陵陵区, 属博凯省管辖, 矿区面积为 558 km²。区内海拔标高 55~401 m, 最大相对高差为 340 m。矿区属热带季风气候, 年平均气温 28℃左右, 矿区有记录

极限气温达 53℃。每年分雨、旱两季, 一般情况下 11 月到次年 5 月为旱季, 6 月到 11 月为雨季, 年平均降雨量 >3000 mm, 7~9 月份雨量最大, 占全年降雨量的 70% 以上。区内山脉总体走向为北东-西南向, 总体地势为中部和西南部高, 西北和东南部低, 地形切割中等, Tinguilinta 河、Telebou 河及其支流遍布全区。由于人烟稀少, 山路崎岖, 草木丛生, 通行、通视条件极差。

1.2 地层及岩石可钻性

区内出露地层为奥陶系和志留系砂泥岩建造, 岩浆岩主要为中生界高原玄武岩及顺层侵入的辉绿岩和粒玄岩。新生代盖层主要分布在河流阶地和河漫滩上。地表主要为风化残积铁铝质帽层覆盖, 厚度 25 m 左右, 是矿区的主要含矿层位。矿区内基岩出露较少, 只有在深切的沟谷中才有零星的基岩出露。

赋矿岩系自上而下可划分为 5 个岩性层, 分别为铁(铝)帽层、铁(铝)红土层、铁质粘土层、粘土

收稿日期: 2014-05-12

作者简介: 王兴民(1960-), 男(汉族), 河南荥阳人, 河南省地矿局第二地质矿产调查院高级工程师, 地质工程专业, 主要从事地质技术和地质管理工作, 河南省郑州市高新技术产业开发区莲花街 56 号, waxmin@sohu.com。

层、粉砂质粘土层。

1.2.1 铁(铝)帽层

广泛覆盖地表,是块状铝土矿的主要产出层位,呈褐红、砖红色,泥质结构,蜂窝状、皮壳状构造。铁帽的主要化学成分为 Fe_2O_3 (主要为赤铁矿) 和 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (三水铝石),占铁帽化学成分总量的95%左右,此外还有2%左右的 SiO_2 和2%左右的 TiO_2 。铁帽覆盖全区90%以上的区域,只是在山体的中下部含铁量高而不成矿。矿体严格受地形地貌条件限制,平面上呈不规则带状和岛状分布。铁帽厚度一般在2~5 m,最厚15 m左右。铁帽层岩石硬度中等,可钻性一般在5级左右。

1.2.2 铁(铝)红土层

为土状铝土矿的主要产出层位,呈砖红色,泥质、豆鲕、结核状结构,土状和碎粒状构造。铁红土层较为松散,厚度2~5 m,最大厚度23 m,与上层铁(铝)帽层为渐变过渡关系。红土层的岩石硬度较小,可钻性一般在3级左右。

1.2.3 铁质粘土岩层

局部为土状铝土矿的产出层位,因该层含硅较高,一般不成矿。该层呈紫红、斑杂色,泥质结构,土状构造,与上覆的铁(铝)红土层和下伏的粘土岩层呈渐变接触关系,厚度一般在1~9.6 m。该层岩石硬度较低,可钻性一般在3级左右。

1.2.4 粘土岩层

该层因硅含量高一般不成矿,岩石呈浅灰、灰白色,泥质结构,土状构造,厚度2~6.65 m。该层岩石硬度较低,可钻性一般不小于3级。

1.2.5 粉砂质粘土岩层

该层为矿体的直接或间接地板,岩石呈浅灰白色,粉砂质结构,土状构造,主要矿物成分为石英、白云母、高岭石等,厚度2~4.5 m。与上覆岩层呈渐变接触关系。该层岩石硬度不大,可钻性一般在3级左右。

2 钻探方法

2.1 钻探施工质量要求

国内及几内亚国的地质专家审查批准了《几内亚共和国博凯558矿区铝土矿勘探子设计书》,钻探工程质量依照国内《钻探操作规程》和《地质勘查钻探岩矿心管理通则》(DZ/T 0032-92)执行,同时,对钻探施工技术的主要指标予以明确:

- (1) 孔位误差 $< 0.5 \text{ m}$;
- (2) 含矿岩系不允许使用冲洗液钻进;

(3) 终孔层位进入矿层底板1~2 m,钻孔孔径 $< 100 \text{ mm}$;

(4) 岩心采取率 $> 80\%$;

(5) 直孔,由于钻孔较浅,孔斜不作要求,但开孔前必须用水平尺进行钻机立轴校正;

(6) 水泥砂浆封闭钻孔。

2.2 钻探设备的选择

根据勘探区钻探施工质量技术要求,结合区内地质岩性特征,我们选用了机械岩心钻探和螺旋钻探两种工艺,主要钻探设备为国产XP200-1型、DPP100-3A型和G-3型钻机。

2.3 机械岩心钻探工艺

通过对勘探区地层、地貌和对项目区基本情况的了解及铝土矿施工技术质量要求,最初选用机械洛阳铲和冲击回转相结合的钻探施工工艺,但经现场试验效果不佳。结合当时现场设备和地层情况,选择机械岩心钻探,即硬质合金钻头筒装钻具无冲洗介质单管取心的施工工艺。

机械岩心钻探主要用于深孔硬质岩石钻进。由于机械岩心钻探转速较高,需要冲洗介质降温并带走孔底岩屑,而铝土矿质地较软,并多呈土状,为保证采心质量,又必须采用无冲洗介质钻进。因此,这种钻探工艺不太适合本矿区应用。要采用这种钻进工艺只能使用低转速、干钻、控制回次进尺、多提钻的方法,否则易造成岩心烧结,改变岩矿性状。

在含矿层位干钻,通过多次对比试验,采用高压、低转速的钻进参数,可以在提高效率情况下保证岩心的质量。其钻进参数见表1和表2。

表1 切削具压力推荐值

岩石名称	切削具型式	每颗合金片上的压力/N
铁红土、粘土层	柱状合金	700~1200
铁帽层	柱状合金	900~1500

表2 硬质合金钻进转速推荐值

钻机型号	钻头直径/mm	转速/($\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$)		圆周线速度/($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	
		铁红土、粘土层	铁帽层	铁红土、粘土层	铁帽层
DPP100-3A	110	55~96	96~169	0.3~0.6	0.6~0.9
G-3	110	53~80	80~162	0.3~0.5	0.5~0.9
XP200-1	110	118	118	0.7	0.7

2.4 螺旋钻探工艺

项目一期钻探施工采用无冲洗介质条件下机械岩心钻探,虽然可以实现正常的钻探,但是回次进尺小,岩心易烧结,单台钻机平均每小时进尺 $\geq 1.5 \text{ m}$,工作效率低、劳动强度大等问题突出。为了按时完

成任务、提高钻探效率,在国外树立良好形象,二期钻探采用自行研制的螺旋钻具,取得了显著的成效。

2.4.1 螺旋钻具研制原则

一是解决无水状态下岩矿石的切削问题;二是如何将孔底的岩矿粉及时上传导,避免因孔底岩矿粉残留造成重复破碎影响切削效率的问题;三是解决岩矿粉及时上传到孔口的问题;四是解决因扭矩太大钻杆间打不开的问题。螺旋钻具采用无缝优质钢管作为钻具本体,螺旋叶片焊接在本体外围,本体两端分别焊接上六方形插头和承插套,钻杆间对接后插入固定销子,钻头选用双翼硬质合金。钻具的参数指标:钻具本体外径 70 mm;螺距 100 mm;叶片外径 145 mm;单根钻杆长度为 1 m 和 3 m 两种;钻头直径 150 mm,顶角度数 135°(如图 1 所示)。

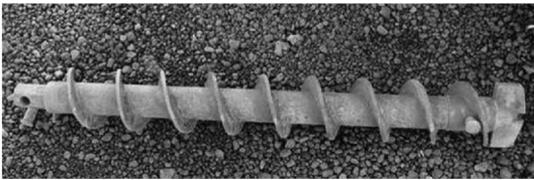


图1 研制的插接式螺旋钻具

为使钻头切削的岩矿粉不在孔底滞留,除减小钻头高度外,我们研制了插接式全螺旋钻具,解决了螺旋叶片无缝对接和钻杆打不开等问题,并且在孔深 5 m 以内无需提钻,岩矿粉可全部自动旋至孔口,极大地提高了钻探效率。在项目二期勘探中,两个月内高质量、高效率的完成了 1065 个钻孔的施工任务。

2.4.2 螺旋钻探参数及注意事项

(1) 钻压。含矿岩上部铁帽层较为致密坚硬,钻压控制在 10 ~ 20 kN,含矿层(铁红土层)和矿层底板,为 3 级软岩矿层,钻压控制在 2 ~ 8 kN。

(2) 转速。不同型号的钻探设备和不同强度的岩层在钻进时需选择不同的转速。铁帽层:DPP100-3A 型钻机的选择转速 81 r/min 的正转一档;G-3 型钻机转速选择 80 r/min 挡位。在铁红土和矿层底板钻进:DPP100-3A 型钻机的转速选择 81 r/min;G-3 型钻机转速选择 50 ~ 80 r/min。

(3) 注意事项。上部岩性强度较高的铁帽层,采用相对高的压力和转速;下部铁红土层、粘土岩层强度低且含水比例高,采用较低的压力和转速;每钻进 1 m,停止给进压力,提高钻机转速到 200 r/min 左右,以使孔内岩矿粉及时输出孔口,并收集到取样器中。一般情况下孔深 5 m 以内,岩矿粉可全部输送到孔口取样器中,样品收集后,无需提钻,即可进

入下一回次钻进。孔深 > 5 m 后,每钻进 1 m(一个回次),除加速将岩矿碎粒输送到孔口外,还应提钻,清扫螺旋钻具上残留的岩矿粉。为及时、准确掌握地层岩性的变化,确保取样质量,每个回次进尺严格限定 ≤ 1 m。固定专人收集岩(矿)碎粒,进行现场缩分,1/8 留存,1/8 送验。回次进尺 ≤ 0.5 m 时,按 1/4 缩分送样。当岩(矿)碎粒的颜色及结构构造发生变化时,即刻停钻分层,不论进尺多少,均单独分层采样。

3 取心(样)质量及效益

3.1 岩心(样)采取率

采用无冲洗介质机械岩心钻探方法在二期和二期分别施工钻孔 804 个和 62 个,99% 以上钻孔岩心采取率达到 100%,个别钻孔有少量回次的岩心采取率也在 95% 以上,全部达到设计要求。

二期采用螺旋钻探方法施工钻孔 1065 个,最大孔深 23 m,利用体重法规范采取率。根据勘探区含矿岩性的体重和钻孔的孔径,计算统计出每米的岩心质量在 33 ~ 35 kg 之间。对先期施工的 6 个钻孔,按回次对岩矿心进行了称重,其每个回次的岩心质量采取率均 > 95%,说明其岩矿心采取率同样达到了设计要求。

为验证螺旋钻取心工艺的可靠性,根据国内验收专家组的意见,选择二期勘探区布设的 ZK028123 孔位,分别采用机械岩心钻探工艺和螺旋钻钻探工艺进行施工对比,两个钻孔间距 < 0.5 m,先后分别安排不同技术人员进行编录和取样。从同位置样品化验的对比结果显示,两个钻孔的岩矿石分层位置完全一致。对比资料表明:

(1) 采用螺旋钻钻探工艺施工,其岩矿心采取完全满足设计要求;

(2) 两种钻探工艺取样,样品化验结果的相对误差和绝对误差均在允许误差范围之内;

(3) 两种钻探工艺取样不存在系统误差。

3.2 两种钻探方法效益及效率分析

3.2.1 效益分析

一期施工采用小口径机械岩心钻进工艺。由于施工设计不允许使用水循环钻进,只能干钻,回次进尺一般在 100 ~ 200 mm,平均 150 mm 左右。钻进产生的扭矩也相当大,提钻时,钻杆锁接头由于扭矩大也很难打开,需要大锤击打后,再用大扳叉才能扳开。岩心靠大锤击打才会下来,有时工人敲打时用力大,钻头的合金经常会被敲下来,钻具也时常被敲

变形。一般情况下,一台钻机每天(8:00~18:00时)可施工一个钻孔,每施工一个钻孔需要1.65个合金钻头,一个1 m长的岩心管,0.78个钻杆接手。故这种钻探工艺效率低,材料消耗大,劳动强度高。

二期主要采用螺旋钻探工艺钻探施工,每台钻机每天(8:00~18:00时)可施工3~4个钻孔,平均3.5个钻孔。一般情况下,一个钻头可施工2.5个钻孔,11.7个钻孔损坏1 m长的螺旋钻杆一根。并且钻头损坏主要是合金破损,可再修复。螺旋钻杆损坏主要是叶片磨损,不可再修复利用。螺旋钻杆为插接式连接,手锤轻轻敲掉紧固插销,两根螺旋钻杆在重力的作用下就自动脱离。故采用螺旋钻探工艺钻效高,材料消耗小,工人劳动强度低。

3.2.2 效率对比分析

为了进行效率对比,在现场选择2台DPP100-3A型汽车钻,孔位相距20 m,在地质条件相同,孔深同为15 m情况下进行对比试验。从试验数据看,使用机械岩心钻探工艺耗时较长,同样施工一个15 m的钻孔,使用机械岩心钻探工艺的耗时是使用螺旋钻探工艺耗时的6.77倍。

4 结语

(1)通过实践证明:无冲洗介质岩心钻探存在

着效率低、钻探成本高、岩心质量难以保障,螺旋钻探则可以解决上述问题。在同类型条件下的矿区勘探,具有借鉴作用。

(2)通过两种钻探施工工艺的对比,螺旋钻探工艺施工质量不仅能够满足规范设计要求,而且钻探成本低、效率高,其钻探效率是岩心钻探的6.77倍,综合施工效率是岩心钻探的3.5倍。

参考文献:

- [1] 几内亚项目部. 几内亚共和国博凯558矿区铝土矿勘探报告[R]. 河南省地质矿产勘探开发局第二地质队,2010.
- [2] 陈旺. 豫西济源西部铝土矿成矿地质环境[J]. 地质与勘探, 2007,43(1):26-31.
- [3] 焦映辉,赵应朝. 贵州省黔北地区铝土矿铝探工艺运用探讨[J]. 地质与勘探,2010,46(3):531-536.
- [4] 潘广灿,张金来,郜松杰. PDC肋骨钻头单动双管钻探工艺在铝土矿地层的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(7):47-49.
- [5] 刘永春,郗国增. 华北铝土矿床成因及河南省铝土矿找矿方向[A]. 科技、工程与经济社会协调发展——河南省第四届青年学术年会论文集(上册)[C]. 河南郑州:2004.
- [6] 蒋溶,杨殿发,古鸿信,等. 中国铝土矿的层位、成因、分布规律和找矿方向[A]. 中国地质科学院矿床地质研究所文集(19)[C]北京:1987.
- [7] 卢予北. 河南省“十一五”深部钻探工程综述[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(S2):51-55.

QHZ-2000型全回转套管钻机创卵砾石地层钻进最深记录

——在卵砾石层钻进直径1200 mm、深度达61.7 m

本刊讯 2014年5月27日,中国地质科学院勘探技术研究所依托科技部专项资金项目最新研制的QHZ-2000型全回转套管钻机设备,在北京市海淀区慈寿寺地铁站旁的某房地产工程工地,成功完成首根 $\varnothing 1200$ mm、深度61.7 m的全套管灌注桩,这是国内采用全回转钻机在卵砾石层施工的最深全套管灌注桩。

QHZ-2000型全回转套管钻机采用400马力的大功率液压泵站驱动,钻机可提供2600 kN的回转扭矩和超过4000 kN的强大起拔力,钻机采用电、液控方式,并设有自动调平、自动对夹持、恒压钻进、系统温度恒定控制等系统,保证钻机可靠、高效的运行。

此次施工的地层上部43 m几乎全部为卵砾石层,43~47 m为流动的粉细砂地层,48 m以深为粘质粉土。这种地层是公认的难以钻进和护壁的复杂地层。施工前,为了保证工程的顺利实施,项目组与北京城建集团相关施工部门商定多套施工方案,并针对此特殊地层研制了加强型 $\varnothing 1200$ mm重型双壁套管、带特制刀头的全回转套管靴、可超前扩靴的旋挖钻头等等套管钻具。

由于桩位临近北京地铁线路,为确保周边地基不沉降,

40 m以浅套管内部不能超前钻进,40 m以深旋挖钻进的超前量不能超过1 m。40 m以浅都是套管靴超前钻进,增加了套管回转和压入的阻力,最高时回转扭矩压力达27~29 MPa,套管钻进非常困难;超过40 m后套管内部采用旋挖钻机超前扩靴钻掘,并且注入大密度泥浆成功穿过5 m流沙层。随着配套工艺的正确实施,套管钻进在最后10 m显得格外轻松,回转扭矩和套管起拔压力都在钻机额定负荷的4/5以下,证明钻机输出载荷参数完全满足复杂地层大深度套管的钻进要求。

该全套管灌注桩下套管和灌注拔管的纯施工时间 ≥ 30 h,和搓管机施工相比,全回转钻机下套管的深度提高了1倍多,钻拔套管的施工效率提高了50%~70%。在临近地铁或重要建筑物旁进行桩基施工时,全套管灌注桩可能是唯一将安全广谱和绿色环保的特点集于一身的有广阔发展前景的先进大口径桩基施工技术。

61.7 m全套管灌注桩的试验成功创下了我国卵砾石层全套管灌注桩深度记录,验证了全回转钻机强大的套管钻进能力。对全回转钻机和全套管工法的推广应用起到了非常好的示范和宣传作用。