

西藏甲玛 3000 m 科学深钻施工技术方案

翟育峰^{1,2}

(1.山东省地矿局钻探工程技术研究中心,山东 烟台 264004;

2.山东省地矿局第三地质大队,山东 烟台 264004)

摘要:西藏自治区甲玛铜多金属矿床 3000 m 科学深钻项目是青藏高原固体矿产调查领域首个 3000 m 科学钻探项目,该项目的实施将详细揭示 3000 m 以浅地层的蚀变与矿化信息,为成矿理论研究及深部勘查模型的建立提供坚实的基础。根据项目的施工目的,结合现场前期踏勘、矿区地质情况等因素,采用 HXY-8VB 型岩心钻机配套 K 型钻塔,5 级钻孔结构,常规提钻取心、绳索取心扩孔、常规绳索取心多种钻进工艺,为提高钻探效率和钻探质量提供保障。

关键词:科学钻探;深部勘查;绳索取心;钻孔结构;技术方案

中图分类号:P634 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2020)06-0008-05

Technical proposal for the 3000 m deep scientific drilling borehole in Jiama, Tibet

ZHAI Yufeng^{1,2}

(1.*Drilling Engineering Technology Research Center of Shandong Bureau of Geology and Mineral, Yantai Shandong 264004, China;*

2.*The Third Geological Team of Shandong Bureau of Geology and Mineral, Yantai Shandong 264004, China*)

Abstract: The Tibet Autonomous Region Jiama Copper Polymetallic Deposit 3000m Deep Scientific Drilling Project is the first 3000m scientific drilling project for solid mineral survey in the Qinghai-Tibet plateau area. The project is executed to characterize in detail formation alteration and mineralization information within 3000m, and provide a solid foundation for the study of the metallogenic theory and the establishment of the deep exploration model. In view of the project purposes, and taking into account of the site inspections and the geology in the mine, HXY-8VB type core drill rig with the K type derrick is proposed, together with the 5-tier borehole structure and multiple drilling processes including conventional core drilling, wireline coring and reaming and conventional wireline coring, so as to provide a guarantee to improve drilling efficiency and drilling quality.

Key words: scientific drilling; deep exploration; wireline coring; borehole structure; technical proposal

1 项目概况及施工难点分析

1.1 基本情况

西藏自治区甲玛铜多金属矿床 3000 m 科学深钻项目是由中国地质科学院矿产资源研究所组织实施,委托我队负责钻探施工。项目隶属于国家重点研发项目《甲玛—驱龙铜多金属资源基地深部勘查与增储示范》(编号:2018YFC0604101)。钻孔位置位于中金华泰龙甲玛童多金属矿区内,海拔 5100

m。主要任务是完成 3000 m 科学钻探的施工,并提交 3000 m 钻探实物岩心资料;获取 3000 m 以浅地质体的精细结构,实现三维结构解剖,明确研究区深部铜资源潜力;建立青藏高原地区斑岩成矿系统首例 3000 m 科学研究及探矿钻孔,详细揭示 3000 m 以浅的蚀变与矿化信息,为成矿理论研究及深部勘查模型的建立提供坚实的物质基础^[1-3]。钻孔设计开孔顶角 3°,终孔直径 ≤ 75 mm,并完成全孔取心,

收稿日期:2020-03-23 **DOI:**10.12143/j.tkgc.2020.06.002

基金项目:国家重点研发项目“甲玛—驱龙铜多金属资源基地深部勘查与增储示范”(编号:2018YFC0604101)

作者简介:翟育峰,男,汉族,1984 年生,高级工程师,勘查技术与工程专业,硕士,从事钻探技术研究工作,山东省烟台市芝罘区机场路 271 号,282163880@qq.com。

引用格式:翟育峰.西藏甲玛 3000 m 科学深钻施工技术方案[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(6):8-12,53.

ZHAI Yufeng. Technical proposal for the 3000 m deep scientific drilling borehole in Jiama, Tibet [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2020, 47(6): 8-12, 53.

平均岩心采取率 $\leq 85\%$,含矿段采取率 $\leq 90\%$ 。

1.2 地质条件

甲玛铜多金属矿区处于甲玛—卡军果推覆构造系的前部带,受推覆构造影响,矿区内褶皱构造较发育,断裂构造次之。矿区出露地层主要为被动陆缘期的碎屑—碳酸盐岩系,包括侏罗系上统多底沟组,白垩系下统林布宗组和楚木龙组以及少量第四系。矽卡岩型铜多金属矿体为矿区的主要矿体类型,赋存标高 5300~4100 m,呈层状分布于侏罗系上统多底沟组的上部与白垩系下统林布宗组接触的部位,主矿体大多位于灰岩地下水位之上,矿石和围岩为坚硬—较坚硬岩组,岩组结构比较简单。区内各类岩体结构面发育,风化带厚度较大,影响岩体稳定。

1.3 施工技术难点

根据前期地质资料收集及现场踏勘情况分析,孔位处于高海拔地区,是高山区的分水岭地带,地质构造作用较强烈,地应力大,岩体破碎程度较高,岩体风化带厚度增大,地下水淋滤作用及寒冻物理风化强烈,钻探施工难度大。存在的主要技术难点如下:

(1) 钻孔位置海拔 5100 m,对人员、设备要求高,对后勤保障提出了更高的要求。

(2) 区域地质构造活跃,钻遇地层松散、破碎,影响岩心采取率,同时深部地层多硬、脆、碎,钻进过程中极易发生坍塌掉块现象,护壁要求高,发生埋(卡)钻事故风险大。

(3) 深孔钻探地层存在高应力,钻进过程中,钻孔存在缩径风险。

(4) 高原生态环境脆弱,对环保要求高,因此对冲洗液体系要求高环保性能。

2 钻探工程施工方案

2.1 主要钻探设备选型

2.1.1 钻机

钻机的选用原则:

(1) 具备完成孔深 3000 m、孔径 >75 mm 钻探能力。

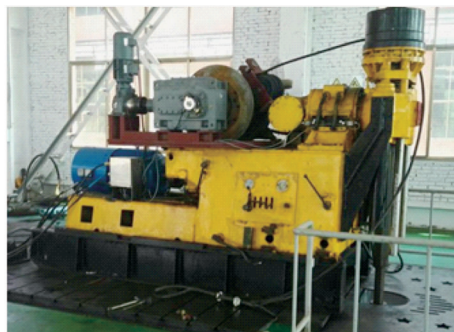
(2) 大钩负荷满足提升最大钻(管)柱要求,并留有足够的拉力余量,以满足处理复杂情况要求。

(3) 能够适应高原特殊环境,满足场地限制性需求。

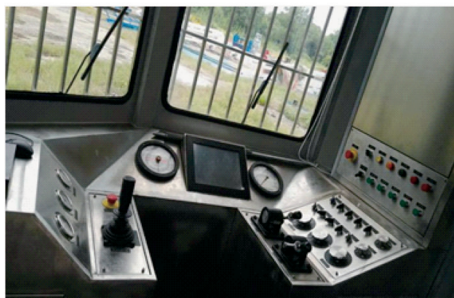
(4) 具有一定的先进性,易于操作和维修,能适

当降低工人劳动强度。

根据上述原则,选用 HXY-8VB 型岩心钻机(见图 1),该钻机是在原来的 HXY-8 型钻机的基础上进行了改进,为立轴式手自一体钻机,自动化程度高,大大降低了高原作业人员劳动强度,同时满足 3000 m 深度钻探要求^[4]。



(a) 钻机机身



(b) 钻机操作室

图 1 HXY-8VB 型钻机

Fig.1 HXY-8VB drill rig

2.1.2 钻塔

钻塔选用原则:

(1) 具有足够的承载力,能够满足深 3000 m、 $\Phi 98$ mm 绳索取心钻进工艺,同时具有足够的载荷余量,能够满足事故处理需求。

(2) 易于安装及拆除,便于工人操作。

(3) 受场地限制影响小,能够适应不同场地需求。

(4) 能够安装塔衣,满足雨雪天气及冬季施工需求。

鉴于以上原则,选用我单位研制的 K 型钻塔(见图 2),钻塔有效高度 31 m,额定负荷 900 kN,底座平台长 15 m,宽 6.9 m,前架高 2.5 m,后架高 1.4 m,钻塔二层台高按 18 m 立根设计,底座自带 4 个水箱,可做泥浆循环池,实现泥浆不落地,满足高原钻探施工环保要求。同时配备自制塔衣,能够满

足雨雪天气及冬季施工需求。



图2 K型钻塔

Fig.2 K-type drill tower

2.2 钻孔结构设计

由于科学钻探具有很强的探索性,无法准确预知孔内钻遇地层,钻孔结构设计必须在保证钻孔安全的前提下满足终孔直径和岩心采取率的要求^[5-6]。根据收集到的地质资料及矿区内其他钻孔钻遇地层情况(矿区内前期施工最深钻孔1500 m左右),该孔拟采用5级结构(见图3)。

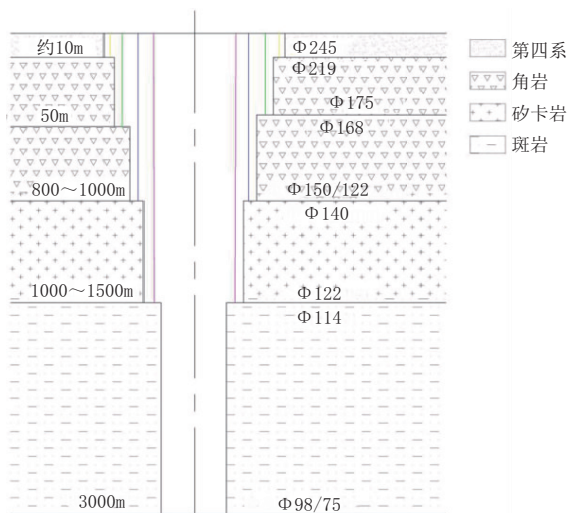


图3 拟定钻孔结构

Fig.3 Designed borehole structure

一开采用 $\Phi 175$ mm单动双管提钻取心钻进工艺钻穿第四系(约10 m),然后采用 $\Phi 245$ mm钻头扩孔,下 $\Phi 219$ mm套管。

二开采用 $\Phi 175$ mm单动双管提钻取心钻进工

艺钻进穿过上部漏失层(约50 m)下 $\Phi 168$ mm套管。

三开采用 $\Phi 150/122$ mm绳索取心钻进工艺(钻头加大至 $\Phi 150$ mm),钻进至800 m左右,穿过可能存在的蚀变带,下 $\Phi 140$ mm套管。

四开采用 $\Phi 122$ mm绳索取心钻进工艺钻进至孔深1000~1500 m(以穿过砂卡岩层为准),下入 $\Phi 114$ mm钻杆当套管,换径钻进。

五开采用 $\Phi 98$ mm绳索取心钻进工艺钻进至终孔。 $\Phi 75$ mm绳索取心钻进工艺作为储备孔径,如果现场实际钻遇地层比预想的完整,为了加快施工进度,各开次孔径相应提前。

2.3 钻进工艺及钻具组合

为满足该科学钻探孔全孔取心的要求,准备多种取心钻探工艺技术。孔浅时使用常规提钻取心钻进工艺技术,钻孔达到一定深度后,为减少起下钻时间,提高钻探效率,采用绳索取心扩孔钻探技术或常规绳索取心钻进工艺^[7-16]。

2.3.1 一开钻进

开孔先采用 $\Phi 175$ mm单管硬质合金短钻具取心钻进,如果上部覆盖层厚度 >3 m,要换成 $\Phi 175$ mm金刚石双管钻具钻进。钻进至新鲜基岩后,取出岩心。再用 $\Phi 255$ mm钻头扩孔至孔底,下入 $\Phi 219$ mm孔口管。

钻深控制标准:新鲜完整基岩。

钻具组合: $\Phi 175$ mm钻头+单动双管(或双层管)钻具+ $\Phi 89$ mm石油钻杆; $\Phi 245$ mm扩孔钻头+ $\Phi 89$ mm石油钻杆。

冲洗液:低固相冲洗液,1 m³清水+0.5~1 kg烧碱+60~100 kg钠膨润土+5~10 kg增粘剂(GTQ)。

钻进参数:要求适当控制钻压;低转速($\Phi 175$ mm钻进不超过120 r/min, $\Phi 245$ mm钻进不超过50 r/min);泵量120~250 L/min。

2.3.2 二开钻进

采用 $\Phi 175$ mm金刚石双管钻具钻进,提钻取心,此孔段钻进完成后下入 $\Phi 168$ mm套管。

钻深控制:以钻进效率和地层复杂情况控制,如果地层简单每天正常进尺可达到15~20 m,应保持使用该方法钻进。根据邻孔施工经验,以穿过漏失层至完整地层换 $\Phi 150$ mm钻具钻进为宜。

钻具组合: $\Phi 175$ mm钻头+单动双管钻具+

Ø89 mm 石油钻杆。

冲洗液:低固相冲洗液,1 m³ 清水+0.5~1 kg 烧碱+60~100 kg 钠膨润土+5~10 kg 增粘剂(GTQ)。

钻进参数:要求较高钻压(20~40 kN);中高回转转速(120~300 r/min);泵量 90~120 L/mim。

2.3.3 三开钻进

采用 Ø150/122 mm 绳索取心钻进工艺。所谓 Ø150/122 mm 绳索取心钻进是指钻具内管采用 Ø122 mm 口径的配套总成,外钻头加大至 Ø150 mm 的一种钻进形式,钻进完成后下入 Ø140 mm 套管。

钻深控制:主要以钻进效率和地层控制。地层完整,每天正常进尺达到 15~20 m 时保持钻进,地层破碎时应穿过主要破碎带,再进行换经。

钻具组合:Ø150/122 mm 取心钻头+扩孔器+绳索取心钻具总成+扩孔器+Ø140 mm 薄壁钻铤+Ø127 mm 过度钻杆+Ø114 mm 绳索取心钻杆。

冲洗液:无固相冲洗液,1 m³ 清水+0.5~1 kg 烧碱+5~10 kg 降失水剂(GPNH)+5~10 kg 改性沥青(GLA)+10~20 kg 随钻堵漏剂(GPC)+3~6 kg 增粘剂(GTQ)+2~3 kg 包被剂(GBBJ)。

钻进参数:钻压 20~30 kN;中高回转转速(300~600 r/min);泵量 90~120 L/mim。

2.3.4 四开钻进

采用 Ø122 mm 绳索取心钻进。钻进完成后下入 Ø114 mm 钻杆当套管。此段是主要施工段,如果上部孔段钻遇有严重的破碎带或复杂地层影响钻进效率,要及时提出 Ø140 mm 套管,用 Ø150 mm 钻具进行扩孔钻进,穿过破碎带,重新下入 Ø140 mm 套管后再进行该孔段钻进。该孔段钻进完成后下入 Ø114 mm 套管。

钻深控制:穿过砂卡岩地层。

钻具组合:Ø122 mm 取心钻头+Ø122 mm 扩孔器+绳索取心钻具总成+Ø122 mm 扩孔器+弹卡室+Ø114 mm 绳索取心钻杆。

冲洗液:无固相冲洗液,1 m³ 清水+0.5~1 kg 烧碱+5~10 kg 降失水剂(GPNH)+10~20 kg 随钻堵漏剂(GPC)+3~6 kg 增粘剂(GTQ)+2~3 kg 包被剂(GBBJ)。

钻进参数:要求规程钻压(10~25 kN);中高回转转速(300~600 r/min);泵量 90~120 L/mim。

2.3.5 五开钻进

Ø98 mm 绳索取心钻进。

孔深控制:终孔。

钻具组合:Ø98 mm 取心钻头+Ø98 mm 扩孔器+绳索取心钻具总成+Ø98 mm 扩孔器+弹卡室+Ø91 mm 绳索取心钻杆。

冲洗液:聚合物冲洗液体系,1 m³ 清水+0.5~1 kg 烧碱+20~50 kg 钠膨润土+10~15 kg 降失水剂(GPNH)+10~20 kg 随钻堵漏剂(GPC)+2~3 kg 包被剂(GBBJ)。

钻进参数:要求规程钻压(10~20 kN);中高回转转速(300~600 r/min);泵量可采用 60~90 L/mim。

2.4 组织管理

由于高原施工的特殊性,组织管理方面采取多种措施降低高原带来的不利影响:

(1)生活区建立在海拔相对较低的位置(4500 m),减少了高原反应对施工人员的影响;

(2)采取“三班两倒”的作业方式,保障施工人员足够休息;

(3)项目配备 2 辆四驱越野车,保障施工人员上下班使用;

(4)配备氧气瓶、高原应急药品、便携式软体高压氧舱等,满足高原应急需求。

3 实钻进度

自 2019 年 7 月 3 日正式开工,一开采用 Ø175 mm 双管钻具开钻,至孔深 6.50 m,穿过了第四系及覆盖回填层,再采用 Ø245 mm 钻头扩孔,下入 Ø219 mm 套管,固井。

二开:采用 Ø175 mm 金刚石双管钻具钻进作业,钻进至孔深 57.49 m 穿过了漏水层,下入 Ø168 mm 套管。

三开:采用 Ø150/122 mm 金刚石绳索取心钻头钻进作业,钻进至 224.50 m 测斜顶角 4.5°(开孔顶角 3°),矿区技术人员告知在海拔 4400 m(孔深位置约 700 m)左右存在巷道,经过计算,钻孔顶角必须保持 700 m 以内不超过 7°才可能不钻遇巷道。采用目前的钻进工艺,由于环状间隙较大,钻孔顶角继续升高的可能性极大,另外矿区施工过的钻孔普遍存在钻孔上漂的情况,为了保障钻孔施工安全,提前下入 Ø140 mm 套管,换 Ø122 mm 金刚石绳索取

心钻具钻进。

四开:采用 $\varnothing 122$ mm 金刚石绳索取心工艺,同时配备偏心防斜钻具及防斜金刚石钻头。另外严格控制钻进参数,保持低压高转速钻进,钻进至 800 m 测斜 6.0° 成功避开巷道。施工期间,在 760 m 左右钻遇破碎严重地层,为了下一步施工留有足够的安全余地,坚持采用 $\varnothing 122$ mm 金刚石绳索取心工艺,对冲洗液进行了优化处理,每个回次都测试冲洗液性能并及时调整,顺利钻进至 1075.22 m 穿过了砂卡岩地层,由于下部地层以花岗岩为主,相对完整,孔内风险相对较低,为提高效率下入 $\varnothing 114$ mm 钻杆作为套管。

五开:采用 $\varnothing 98$ mm 金刚石绳索取心钻进工艺,至 2020 年 1 月 3 日顺利钻进至 1510.50 m,完成中期施工任务。

通过项目全体人员的努力,克服了高原严酷的施工环境,西藏甲玛 3000 m 科学深钻顺利钻进至 1510.50 m,截止发稿,该项目共取出岩心 1492.04 m,岩心累计采取率高达 98.8%,钻孔质量完全满足地质设计的要求。

4 结语

(1)深孔、特深孔钻探施工组织方案一定要收集充分的地质资料,同时要提前做好充分的钻前现场踏勘工作,为钻孔结构的设计、施工工艺的选择等提供充分的依据;

(2)施工方案的实施要结合现场实钻情况进行及时调整,同时要提前做好施工方案变更申请等相关手续备案。

(3)深孔钻进钻孔结构的设计要在保证钻孔安全、钻进效率的前提下,充分为下部可能钻遇的复杂地层留有足够的孔径储备。

参考文献(References):

[1] 唐菊兴.青藏高原及邻区重要成矿带矿产资源基地调查与研究进展[J].岩石学报,2019,35(3):617-624.
TANG Juxing. Mineral resources base investigation and research status of the Tibet Plateau and its adjacent major metallogenic belts[J]. Acta Petrologica Sinica, 2019,35(3):617-624.

[2] 王登红,唐菊兴,应立娟,等.西藏甲玛矿区角岩特征及其对深部找矿的意义[J].岩石学报,2011,27(7):2103-2108.
WANG Denghong, TANG Juxing, YING Lijuan, et al. Hornfels feature in the Jiama ore deposit, Tibet and its significance

on deep prospecting[J]. Acta Petrologica Sinica, 2011,27(7):2103-2108.

[3] 郑文宝,陈毓川,唐菊兴,等.西藏甲玛铜多金属矿床铜矿富集规律研究及应用[J].金属矿山,2010,39(2):87-91,116.
ZHENG Wenbao, CHEN Yuchuan, TANG Juxing, et al. Research and application of copper mineralization enrichment regularity of Jiama Polymetallic Copper Deposit in Tibet[J]. Metal Mine, 2010,39(2):87-91,116.

[4] 张伟,王达,刘跃进,等.深孔取心钻探装备的优化配置[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(10):34-38,41.
ZHANG Wei, WANG Da, LIU Yuejin, et al. Optimized configuration of deep exploration core drilling equipment[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2009,36(10):34-38,41.

[5] 张晓西,胡郁乐,张惠,等.科学钻探选区预导孔钻探技术方案设计、组织实施与随钻研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(S1):6-12.
ZHANG Xiaoxi, HU Yule, ZHANG Hui, et al. Scientific drilling constituency pre-pilot hole drilling program design, organization, implementation and research while drilling[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2012,39(S1):6-12.

[6] 杨芳,陈师逊.深部地质钻探钻孔结构设计与施工分析[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.

[7] 刘林,陈玉富,黎波,等.浅谈复杂地层科学钻探理念[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(S1):24-26.
LIU Lin, CHEN Yufu, LI Bo, et al. A simple talk about scientific drilling in complex layer idea[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2012,39(S1):24-26.

[8] 陈师逊,宋世杰.中国东部海区科学钻探施工技术探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(12):1-5.
CHEN Shixun, SONG Shijie. Discussion of scientific drilling construction technology in eastern sea area of China[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2014,41(12):1-5.

[9] 苏厚斌,马晓鹏,郑尊岐,等.山东招远水旺庄 3000 m 科学钻探孔事故预防技术及管控效果[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(7):1-7.
SU Houbin, MA Xiaopeng, ZHENG Zunqi, et al. Accident prevention technology and control effect of 3000m scientific borehole in the Shuiwangzhuang Mining Area[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019,46(7):1-7.

[10] 陈师逊,翟育峰,王鲁朝,等.西藏罗布莎科学钻探施工对深部钻探技术的启示[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(11):1-3,9.
CHEN Shixun, ZHAI Yufeng, WANG Luzhao, et al. Enlightenment to deep drilling technology from scientific drilling in Luobusha of Tibet[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2012,39(11):1-3,9.