

秘鲁 Conymecar 铜矿区 45°斜孔施工技术

刘小沛¹, 徐力生¹, 牛素甫²

(1. 中南大学地球科学与信息物理学院, 湖南长沙 410083; 2. 庄胜集团(秘鲁)矿业有限公司, 秘鲁利马 999084)

摘要:介绍了秘鲁 Conymecar 铜矿区 45°斜孔施工采用的钻探机具、施工工艺、钻孔结构、钻头的选择以及冲洗液的使用情况,并分析了钻探过程中的施工难点及其处理措施。总结了本次大斜度深孔钻探施工的经验。

关键词:斜孔; 绳索取心钻进; 金刚石钻头; 冲洗液; 事故处理

中图分类号: P634.5 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2013)11-0015-04

Construction Technology for 45° Slant-hole in Conymecar Copper Ore District of Peru/LIU Xiao-pei¹, XU Li-sheng¹, NIU Su-fu² (1. School of Geosciences and Info-physics, Central South University, Changsha Hunan 410083, China; 2. Junefield Mining S. A. C., Lima 999084, Peru)

Abstract: The paper introduces the drilling equipment, construction process, borehole structure, bit selection and the application of flushing fluid for 45° slant-hole construction in Conymecar copper ore district of Peru. The difficulties in the drilling process were analyzed with the treatment measures presenting and the experiences of the high angle slant-hole drilling construction were summed up.

Key words: slant-hole; wire-line core drilling; diamond drill bit; flushing fluid; accident treatment

1 概述

庄胜集团(秘鲁)矿业有限公司于 2012 年 11 ~ 12 月在秘鲁 Moquegua 省 Conymecar 矿区完成一个 45°斜孔施工,设计孔深 650 m,设计倾角 45°,实际终孔深度 631 m,终孔直径 47.6 mm,历时 37 天。

2 地层情况

该矿区岩石主要为蚀变闪长岩、花岗闪长岩,主要矿物为斜长石、角闪石,局部绿泥石化、钾化、方解石化,岩层倾角 45° ~ 70°,研磨性中等。软层岩石为第四系冲积物和构造破碎带中的蚀变层,厚度 6 m 左右,可钻性为 4 级,中硬、硬地层可钻性 8 ~ 9 级。

3 钻探设备及钻具的选择

3.1 钻机选型

受钻塔、处理事故困难等因素的影响,大型的深孔立轴钻机钻进的斜孔孔斜度 $\leq 75^\circ$,为满足设计孔倾角与孔深的要求,本孔施工采用连云港黄海机械股份有限公司生产的 HYDX-6 型全液压岩心钻机(见图 1)。

HYDX-6 型钻机主要技术特点:(1)采用马达组和减速机给进提升机构,给进行程长;(2)主轴回转



图 1 钻机现场布置图

采用双马达驱动闭式回路,2 挡机械变速液压无级调速,适应各种地层施工;(3)有上扶正、下导向装置,利于斜孔施工导正保斜;(4)孔口配有液压夹持器,防止孔内钻具滑移。

该钻机主要性能参数见表 1。

3.2 钻具选型

考虑深部斜孔钻探钻杆受力复杂,承受扭矩较大,因此需要选用有足够抗拉、抗压、抗扭、抗弯、抗剪强度材质的钻杆和接头。本孔施工采用唐山市金石超硬材料有限公司生产的 Q 系列直连绳索取心钻具。钻杆采用高精度大强度地质管,材料钢级为国内最高水平,热处理工艺与螺纹加工精度均达到国外先进水平。钻具主要规格参数如表 2 所示。

收稿日期:2013-05-17; 修回日期:2013-08-20

作者简介:刘小沛(1988-),女(汉族),河南安阳人,中南大学硕士研究生,地质工程专业,从事勘探技术研究工作,湖南省长沙市中南大学校本部地学楼 209 室,lxpcsu@163.com。

表1 HYDX-6型全液压岩心钻机性能参数

指标	参 数
柴油机	功率:179 kW;转速:2200 r/min
钻进能力	BQ:2000 m;NQ:1600 m;HQ:1300 m;PQ:1000 m
动力头能力	转速:二挡无级0~1100 r/min;扭矩:6400 N·m
主卷扬能力	最大起拔力:220 kN;最大给进力:110 kN;单绳提升力:20 kN
绳索卷扬能力	钢丝绳长度:60 m;单绳提升力:15 kN
桅杆调整角度	0°~90°
钻进角度	45°~90°
给进行程	3800 mm
桅杆滑动行程	1100 mm
总质量	14500 kg
泥浆泵	BW320
下夹持器	夹持范围:55.5~117.5 mm(通孔154 mm)

表2 国外标准Q系列直连绳索钻具主要规格参数

钻具型号	钻杆规格/mm		钻具设计孔深/m	钻头内径/mm
	外径	壁厚		
NQ	70.1	5.05	1000	47.6
HQ	89	5.6	700	63.5
PQ	114.3	6.3	600	85

3.3 测斜仪的选择

为了随时掌握孔斜情况,以便及时预防和纠正钻孔偏斜,施工中每钻进20 m用测斜仪测斜一次。选用KXP-2A型测斜仪(如图2所示),该仪器适用于在直径>46 mm的非磁性钻孔内,定点测量钻孔的顶角和方位角。无需供电电源和井下电缆,只需钢丝绳即可完成测量。



图2 KXP-2A型测斜仪

4 斜孔钻进工艺措施

4.1 钻进工艺选择

根据矿区地层条件及地质设计要求,结合以前施工中存在的问题,经过对比分析,选择绳索取心金刚石钻进为主要钻进工艺。

4.2 钻孔结构

4.2.1 钻孔设计要求

该矿区勘探线间距70 m,勘探线方位245°,设计开孔倾角为45°的斜孔。地质设计要求:钻孔倾

角弯曲 $\geq 3^\circ/100$ m,终孔孔底方位偏离勘探线的距离不能超过勘探线间距的1/5~1/3(即14~23 m)。岩心采取率 $\leq 90\%$ 。

4.2.2 钻孔结构设计

本孔设计开孔采用PQ钻具(钻头内径85 mm,钻杆 $\varnothing 114.3$ mm \times 6.3 mm)钻进12 m左右,下入PQ钻杆作为护壁套管,然后换HQ钻具(钻头内径63.5 mm,钻杆 $\varnothing 89$ mm \times 5.6 mm)钻进240 m左右,下入HQ钻杆作为护壁套管,再换NQ钻具(钻头内径47.6 mm,钻杆 $\varnothing 70.1$ mm \times 5.05 mm)钻至650 m终孔。钻孔结构见图3。

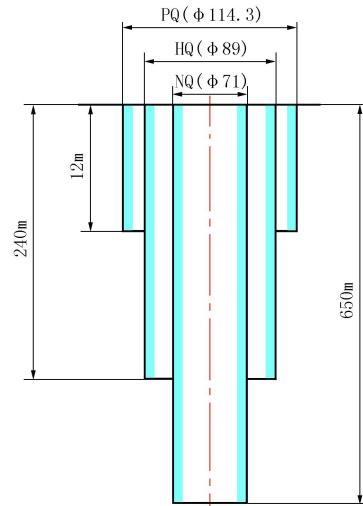


图3 钻孔结构设计图

4.3 金刚石钻头选型

绳索取心钻探效果在很大程度上取决于正确地选择金刚石钻头。本孔施工选用唐山市金石超硬材料有限公司生产的JSA级国产优质金刚石钻头。型号与钻具配套,即PQ、HQ、NQ。其主要技术参数为:工作层厚度5~6 mm,胎体硬度HRC25~41,金刚石粒度60~80目,浓度75%,水口宽5 mm,水口数量8个。

4.4 钻进参数

钻进参数受多种因素的影响,包括岩石性质、钻孔结构、孔深、冲洗液类型、钻头类型等。需要根据具体情况选择不同的钻进参数。本孔采用的钻进参数见表3。

表3 钻进参数调整表

岩层	钻压 /kN	转速 /(r·min ⁻¹)	泵量 /(L·min ⁻¹)	泵压 /MPa
裂隙,破碎层	4~5	4~5	32~47	1~2
坚硬,完整层	8~10	600	47~72	3~4

注:换新钻头后初磨钻压1.5~2 kN,开孔之初泵压不足1 MPa。

钻进过程中要注意以下几点:

(1) 开孔钻进时采用小规程参数,轻压慢转,泵量不宜过大,以防孔壁坍塌;

(2) 钻遇破碎地层时要适当减小泵量;

(3) 地层由软变硬要适当减小压力,降低转速,由硬变软时压力减到正常钻压的1/3;

(4) 在孔径、孔深、冲洗润滑条件、孔壁稳定性、岩层研磨性、钻杆坚固性以及设备等条件允许下,尽量采取较高转速钻进。

4.5 冲洗液

该铜矿区岩层较完整,金刚石钻进过程中产生的岩粉较多,采用了无固相冲洗液。冲洗液配方:清水 $1 \text{ m}^3 + 0.2\% \text{ Na-CMC}(2 \text{ kg}) + 0.01\% \text{ K-PAM}(0.1 \text{ kg}) + 0.2\% \text{ 润滑剂}(2 \text{ kg})$ 。

遇到裂隙、破碎带易造成塌孔,故要求冲洗液既要有较高的携带岩粉和护壁能力,又要有较大的静切力和较小的动切力及尽可能小的失水量,并要有良好的润滑性。此时选用低固相泥浆。泥浆配方:清水 $1 \text{ m}^3 + 3\% \text{ 粘土粉}(30 \text{ kg}) + 0.5\% \text{ 纯碱}(5 \text{ kg}) + 0.3\% \text{ Na-CMC}(3 \text{ kg}) + 0.02\% \text{ K-PAM}(0.2 \text{ kg}) + 0.3\% \text{ 润滑剂}(3 \text{ kg})$ 。

在使用冲洗液过程中,根据地层条件及钻具磨损情况及时适当地进行调整。冲洗液经制浆、进浆、经过循环、通过返浆槽沉淀再到回浆池。现场泥浆循环槽总长 $> 15 \text{ m}$,形状为已字形,有3个 90° 弯,且弯前、后设有多个 $30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$ 沉淀池。泥浆循环槽净化系统见图4。



图4 泥浆槽净化系统

5 斜孔施工难点及解决方案

5.1 矿区斜孔施工难点

5.1.1 控制孔斜

(1) 该矿区岩层倾角 $\geq 45^\circ$,在钻进过程中易出现顺层跑的现象;(2) 由于钻具重力的作用,钻孔轨迹易向下弯曲,且靠近地表的孔壁在重力影响下易

坍塌,因此控制倾角和方位角是本斜孔钻探的关键。

5.1.2 岩层坚硬打滑

由于矿区岩层主要是闪长岩、花岗闪长岩,岩石硬度较大,在这种地层钻进极易出现打滑现象,孕镶金刚石钻头很难在孔底自磨出刃,不仅影响钻进效率,而且钻头寿命短。

5.1.3 钻具受力不均

在斜孔施工中,钻头与钻具的各向受力不均匀,易导致出现以下现象。

(1) 钻具偏磨:钻进时,钻具处于孔壁下沿,钻具与孔壁不断地摩擦,造成钻具磨损增大(如图5所示)。



图5 斜孔钻杆偏磨示意图

(2) 钻杆易折断:由于钻孔在较短的距离内形成很大的斜度,同时又有方位的变化,在弯曲应力作用下,钻杆容易折断。

(3) 钻头磨损严重,胎体脱落、震裂、变形:在斜孔中由于钻具磨损且弯曲较大,导致机械振动大,使金刚石钻头受到冲击碰撞,受力不稳,导致破坏(如图6所示)。



图6 钻头胎体崩裂示意图

5.2 解决措施

5.2.1 孔斜控制措施

针对矿区孔斜特点,从以下4个方面控制孔斜。

5.2.1.1 稳定机台

本孔施工采用全液压力头钻机,首先为确保机台的稳定性,在钻机下铺设了20 cm厚的枕木,具有一定的减震作用,枕木下浇筑20 cm厚的水泥平台,以防止因频繁起下钻使枕木陷入地层;其次,钻机本身具有上扶正、下导向装置,便于斜孔施工导正保斜;第三,调整钻机自带桅杆成45°控制钻孔方向,桅杆后的2个可伸缩油缸保证了桅杆的稳定;第四,孔口配置液压夹持器,液压夹持器前顶枕木嵌入地层,并与地表成45°倾角,这样夹持器不仅与钻杆保持了一定的同心度,使钻杆倾角得到良好的控制,而且可以防止孔内钻具滑移。

5.2.1.2 合理设计钻孔结构

为控制孔斜,该斜孔施工采用了三级孔径施工,因为孔径越大,钻孔垂直度越好,所以在该孔施工中采取大孔径尽可能多打的办法。事实证明,该孔施工实现了较好的孔斜控制,平均每百米未超过0.42°。

5.2.1.3 采用合理的钻具级配

绳索取心钻进具有孔壁间隙小、“满眼钻进”的特点,故对于控制孔斜十分有效。本孔采用Q系列绳索取心钻具,孔壁间隙仅为2~4 mm,具有较强的稳定性和自定性。

5.2.1.4 控制合理的钻进参数

钻孔弯曲的原因之一是钻压过大,因此在斜孔钻探中要控制合理的钻压。开孔必须采用低钻压、低转速,换径时,先轻压慢转,待钻头完全进入岩石1~2 m后,再逐渐提高转速钻压,以保证钻孔沿原有的孔斜轴线延伸,防止孔斜异常。在本孔施工中,对于裂隙和破碎地层,钻压维持在4~5 kN,坚硬完整地层为8~10 kN。

在正常钻进过程中尽量采用高转速,这样可以缓解由于重力影响造成的钻孔轨迹向下弯曲,但是转速也不能过高,过高的转速会导致钻孔轨迹向上漂移,本孔施工转速保持在400~600 r/min。

为减小泵压而产生的钻具升举力,泵量在完整地层中一般保持在47~72 L/min,泵压>4 MPa。

5.2.2 坚硬“打滑”地层钻进措施

针对矿区地层坚硬打滑的问题,选用了胎体硬度较低的孕镶金刚石钻头,胎体硬度HRC25~30,

使钻头内金刚石尽快出露。

5.2.3 钻具因受力不均遭受损坏的处理措施

针对钻具偏磨严重和折断的问题,除了控制好钻进参数,尽量减少钻具振动和偏磨外,还要注意以下几点:

(1)要选择材质优良的高强度钻杆;

(2)要经常检查钻杆,对于有弯曲或磨损严重的钻杆,严禁下入孔内;

(3)在冲洗液中加大润滑剂量,减轻钻具摩擦。

5.3 钻孔质量情况

通过采取严格的孔斜控制措施和及时检查更换弯曲或磨损的钻杆,本钻孔历时37天,完成钻孔孔深631 m,平均岩心采取率96%,每25 m测斜一次,终孔顶角47.6°,方位角310°,偏心距13 m,满足钻孔设计要求。

6 结语

使用先进的钻探施工工艺和机具,是本孔施工得以顺利终孔的关键。实践表明,金刚石绳索取心钻进工艺、HYDX-6型全液压力头钻机、Q系列直连绳索取心钻具均满足适合大角度的斜孔钻探施工要求。

此外,钻探工艺参数选择合理,技术管理到位,技术措施得当,机台人员责任心强,管理方法有效,也是该大角度斜孔顺利终孔的保证。

参考文献:

- [1] 卢飞,李华,赵振峰,等. 2010 m斜孔钻探设备选择及技术措施[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(3): 1-3.
- [2] 戴智长. 联合国钻探专家杰·诺因在北京技术座谈发言记录之二——钻孔弯曲和定向钻进[J]. 探矿工程, 1980, (6): 28-32.
- [3] 何川. 斜孔中金刚石钻头磨损情况分析[J]. 地质与勘探, 1990, 10(7): 57-57.
- [4] 鄢泰宁. 岩土钻掘工程学[M]. 湖北武汉: 中国地质大学出版社, 2011.
- [5] 李文德. 甘肃德勒诺尔铁矿斜孔施工技术探讨[J]. 科学技术与工程, 2011, 11(24): 10-15.
- [6] 关伯任. 75°斜孔绳索取心金刚石钻进效果[J]. 中国非金属矿工业导刊, 1987, (2): 43-48.
- [7] 马秀春. 黑龙江黑河争光岩矿区60°斜孔岩心钻探技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2007, 34(12): 19-22.
- [8] 彭兴和, 王延寿, 等. 新形势下探讨煤田斜孔钻进技术[J]. 施工技术与应用, 2011, (3): 214-215.
- [9] 张文庆. 孙家庄铁矿初级定向钻进及防斜措施[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2011, 38(12): 22-24.