

开化外际底矿区破碎地层钻探施工及 若干技术问题的研究

赵国法¹, 吕新前¹, 熊伟²

(1. 浙江省有色金属地质勘查局, 浙江 绍兴 312000; 2. 河北省地矿局第三地质大队, 河北 张家口 075000)

摘要:外际底矿区地层复杂, 岩石破碎, 前期钻孔施工中普遍存在浅部铁帽型矿体采心难、钻孔弯曲度测量难以把握、冲洗液配制环保要求高等施工难点问题。针对矿区地质和施工条件制定复杂地层钻进技术方案, 并依据勘查对象的地质特点, 不断完善钻进工艺和操作水平, 满足地质要求, 从而提高了地质信息的可靠性, 确保了矿区勘查目标的实现。

关键词:破碎地层; 岩心采取率; 钻孔偏斜; 钻探工艺; 开化外际底矿区

中图分类号: P634.5 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2015)06-0024-04

On Drilling Construction in Broken Formation in Kaihua Waijidi Mining Area and the Study on Some Technical Problems/ZHAO Guo-fa¹, LÜ Xin-qian¹, XIONG Wei² (1. Zhejiang Province Non-ferrous Metal Geology Investigation Bureau, Shaoxing Zhejiang 312000, China; 2. No. 3 Geological Brigade, Hebei Bureau of Geology and Mineral Exploration, Zhangjiakou Hebei 075000, China)

Abstract: In Waijidi mining area, the formation is complex with broken rocks. At the early stage of drilling construction, there is common existence of coring difficulties in shallow gossan type orebody, borehole curvature degree measuring, high requirements of environmental protection for flushing fluid preparation. Drilling scheme for complicated formation was made according to the geological and construction conditions, and based on the geological characteristics of exploration target, drilling process and operation were improved to meet the needs of geological work, enhance the reliability of the geological information and ensure the realization of mining exploration target.

Key words: broken formation; core recovery; borehole deviation; drilling technology; Kaihua Waijidi mining area

0 引言

外际底矿区勘查对象为热液型含砷硫化物银矿床。矿体主要赋存于板桥山钙质砂岩、荷塘组的含炭质泥岩和北东向层间破碎带内, 并受褶皱构造控制, 矿化集中产出背斜部位的裂隙发育的多孔质岩层。钻探是矿区勘查的主要手段, 但因遇钻地层复杂, 岩石破碎, 前期钻孔施工中普遍存在浅部铁帽型矿体采心难、钻孔弯曲度测量难以把握、冲洗液配制环保要求高等施工难点问题。要保质保量的完成矿区钻探施工, 除了要根据矿区地质和施工条件制定出在复杂地层条件下的钻进技术方案, 更重要的是要充分理解钻探施工的本质和质量指标的内涵, 依据勘查对象的地质特点, 不断完善钻进工艺和操作水平, 满足地质对钻探质量的要求, 从而提高钻孔地质信息的可靠性。

1 地质及施工条件

1.1 施工条件

矿区位于浙江省西南部开化县城北西 35°, 直距约 25 km 的外际底村西侧, 有乡村公路进村, 外部交通条件方便。属中低山区, 主峰高程达 1285 m, 大多数山峰海拔在 200~700 m 之间, 地形切割强烈, 地表沟谷纵横, 植被发育。降雨集中在 5—6 月份, 7—8 月份晴热少雨。机具搬迁和夏季生产用水困难。

1.2 勘查对象特征

矿区属扬子地台东南缘钱塘褶皱带, 华埠—新登拗褶皱带(又称钱塘复向斜)西南处。地质构造主要表现为一系列北东向的倒转褶皱、断裂和东西向、北西向断裂。地层倾向北西, 倾角 40~60°, 已有钻孔中地层主要岩性自上而下分别为: 浮土(厚度约 6 m)、泥岩(厚度约 20 m)、破碎带(厚度约 18 m)、硅质岩(厚度 80 m)、长石石英砂岩(厚度 23 m)、黄铁矿化泥岩(厚度 47 m)、钙质泥岩(厚度 45 m)、白云

岩(厚度 119 m)、破碎带(厚度 20 m)、泥岩(厚度 80 m)。从岩石强度看,大部分岩石强度 < 20 MPa,岩石完整程度位于破碎—较完整之间,属复杂地层。易造成岩心采取率偏低、钻孔弯曲度偏大。

矿区见有 3 个矿带,主要(脉石)矿物为石英和

方解石。矿体特征和金属矿物成分、结构构造等见表 1。其中,Ⅲ矿带硫化物已氧化成蜂窝状、土块状褐铁矿,形成较疏松的铁帽,取心较困难。同时,由于矿石中含有磁性矿物,对测斜有一定的影响;而含有硫酸盐矿物,对冲洗液的限制较严。

表 1 外际底矿床地质特征

矿带	矿体形态规模	赋存部位	矿石矿物	矿石结构、构造
Ⅲ	层状矿体;平面长 100 m,宽约 100 m,厚 10~14 m	背斜顶部层状张性断层(F1)	毒砂、辉锑铅矿、黄锡矿、黄铁矿,次为斜方砷铁矿、硫盐矿物	自形—它形变晶结构、交代残余结构、容蚀结构,团块状、条带状构造
Ⅱ	脉状、透镜状;含矿带断续长超过 400 m,宽 2~3 m	NE 向陡倾斜的层间断裂破碎带及附近裂隙	毒砂、黄铁矿、闪锌矿、砷黝铜矿、银黝铜矿等	交代结构、固液体分离结构;致密块状构造
I	带状;延长约 700 m,平均厚 2.76 m	层间断层	毒砂、黄铁矿和闪锌矿	自形—半自形晶体结构、压碎结构为主;团块状、浸染状、致密块状构造

2 钻孔设计及主要质量要求

矿区总钻探工作量为 15000 m,前期施工钻孔孔深多为 200 m 左右,随找矿认识的深入,钻探孔深逐步加深为 450~600 m 的斜孔。设计方位 320°,天顶角 20°,穿矿直径 75 mm。主要质量要求如下。

(1)岩矿心采取率:矿层及其顶底板 3~5 m 内矿心、岩心采取率≥80%,围岩岩心的分层采取率≥70%。

(2)孔斜测量:每 50 m 测量一次顶角和方位角,换径、穿矿和终孔加测方位角和顶角,顶角偏斜≥3°/100 m。钻孔见矿位置偏离勘查线距离不得超过基本工程间距的 20%。测斜要使用经校正的 KXP-2B(D)型数字罗盘测斜仪。

(3)简易水文观测:每班至少观测水位 1~2 回次,每观测回次中提钻后、下钻前各测量一次水位,间隔时间>5 min。有条件时记录冲洗液消耗量。遇涌水、漏水、坍塌、掉块、溶洞及钻具坠落等异常现象,应及时准确记录其孔深和有关情况。地下水自流钻孔,测量水头高度和涌水量。

3 钻探技术方案

3.1 钻进方案

浅部采用普通钻探钻进,并分层下套管,下部采用 Ø75 mm 绳索取心钻杆强制取心钻进,在破碎地层采取率极难控制地段采用反循环钻进取心工艺。

钻孔结构为 Ø127-110-91-75 mm。即浮土层采用 Ø127 mm 钻头开孔,钻穿后并下 Ø127 mm 套管,下部泥岩及破碎带采用 Ø110 mm 钻头钻进,钻穿后下 Ø110 mm 套管,采用 Ø91 mm 钻头钻至一

定深度后并下套管,下部采用 Ø75 mm 绳索钻杆钻进至终孔。

中深孔钻进对钻机动力、稳定性、钻杆强度等都比浅孔要求更高,经过对比分析地层特征和市场可供选择的钻探设备,选择了长沙探矿机械厂生产的 XY-4 型岩心钻机。主要参数为:柴油机功率 56 kW,转数 2200 r/min,主轴最大扭矩 6500 N·m,液压系统额定压力 8 MPa,绳索取心钻杆直径 75 mm。

3.2 钻进参数

选择合理的钻进参数在钻进过程中非常重要。根据经验并结合实际钻孔资料确定:矿区完整地层钻压控制在 10~12 kN,破碎地层钻压控制在 7~9 kN。完整地层转速控制在 500~900 r/min,破碎地层转速控制在 200~400 r/min。根据钻探孔径及地层情况,冲洗液泵量控制在 80~130 L/min。

4 技术难点和改进措施

岩心钻探是通过机械方式向纵深切割岩石,获取岩样,并提供客观的地质信息。但受地质条件和技术水平的限制,绳索取心钻探技术在矿区实践中有其局限性。针对矿区钻探施工中的难点,依据对地质和钻探技术特点的认识,深刻理解钻探质量指标的内涵,认真分析产生质量问题的地质机理,从提高钻孔地质信息的可靠性角度不断完善钻探施工方案,最终达到地质对钻探施工的质量要求。

4.1 浅部氧化矿体岩心采取率的提高

矿区 0~8 线主要出露为荷塘组含炭质泥质粉砂岩,构造发育,岩层破碎,矿体出露于层间破碎带中,呈蜂窝状、团状、局部硅化产出。尤其是分布在背斜顶部的矿体多已暴露在地表,成为剥蚀残留矿

床,其中Ⅲ矿带的硫化物已氧化成蜂窝状、土块状构造褐铁矿,形成较疏松的铁帽,取心较困难。前期施工的钻孔在孔深0~80 m的浅部破碎地层的采取率仅为61.3%,矿体已无法辨认,大多当作地表浮土层对待,给人造成Ⅲ矿带已剥蚀殆尽的假象。

经对矿区前期施工资料分析,造成对该矿层采取率普遍低的原因除地质条件特殊外,前期大功率钻机的机械振动对岩石冲击和双管单动钻进时因泵量大对破碎地层的冲蚀大也是重要的因素。为此,首先在钻机选型上改用GY-300A型钻机,该型号钻机在机械操作上与XY-4型钻机相似,主要钻具的规格可以相互通用,能最大限度上不改变制定的矿区钻进方案和钻进参数。同时,由于最大扭矩和动力系统输出功率相对较小,能降低施工时机械振动对破碎地层的冲击。而且,由于钻机外形尺寸和重量小,也方便浅孔施工坪基和搬迁。钻机主要参数对比见表2。

表 2 钻机主要参数对比			
参 数	GY-300A 型钻机	XY-4 型钻机	
钻机外形尺寸(长×宽×高)/mm	2510×950×1820	2640×1100×800	
钻机质量(不含动力机)/kg	1300	1700	
钻进深度(Ø75 mm 绳索取心钻杆)/m	350	650	
钻孔倾角/(°)	0~90	0~90	
柴油机额定功率/kW	20	56	
柴油机额定转速/(r·min ⁻¹)	1500	1500	
钻机移动行程/mm	460	460	
让开孔口距离/mm	260	310	
主轴最大扭矩/(N·m)	3000	6500	
液压系统额定压力/MPa	10	8	

其次,在开孔段和浅部铁帽部位采用无泵反循环钻具,即在钻进中不用水泵冲洗钻孔,人工将冲洗液倒入后,低速开动钻机,利用孔内的静水柱压力和上下提动钻具在孔底形成局部反循环而实现冲洗孔底的钻进。通过对已完成的ZK802钻孔浅部进行补孔试验,结果十分理想:原先施工的ZK802孔最上部基本采取不到岩心,经二次补心无法取得完整的矿心;但在同位置按新工艺施工的浅孔ZK806孔,岩心采取率为87%,而且岩心较为完整,在地质设计预计见矿部位见厚度达1.97 m的银多金属矿体(见图1)。

同时,严格控制钻速、钻压及冲洗液用量。在破碎地层钻探做到少钻勤提,回次进尺控制在0.5~



图1 ZK802孔(上)与ZK806孔(下)浅部岩心对比

1.0 m。岩心要卡牢,防止脱落和残留,残留岩心过多影响采取率时应特别采取。在破碎地层采取率无法控制孔段采用孔底局部反循环钻进取心工艺。

采用上述措施对余下钻孔和部分前期施工的钻孔进行施工,结果全矿区岩心采取率达到了90%以上,矿体岩心采取率达到了93%以上,破碎地层的岩心采取率达到了81%;同时开孔段和浅部铁帽部位采取率一般为61%~90%,平均达77.33%,而且岩心相对完整,提供了客观真实的地质信息。根据新施工钻孔结果,结合前期槽探成果,很快有效控制了矿区的浅部层状矿体,估算的资源量有大幅提高,取得了较好的地质成果。

4.2 环保型冲洗液的选定

绳索取心钻进过程中,因钻具与孔壁间隙小,孔内阻力会随孔深增大,特别是遇到破碎地层,孔内阻力会瞬间增大。要保证优质快速安全钻进,正确地选择、使用冲洗液起着十分重要的作用。性能优良的冲洗液能在较长时间内保持孔内稳定,给诸如下套管、灌注水泥护壁创造有利条件,也是提高破碎地层岩心采取率的关键措施之一。然而,由于矿区所处的开化县正在开展国家东部公园建设,对矿区钻孔施工有严格的环保要求。如前所述,矿区矿石中含有较多的硫化物及硫酸盐矿物,不当的冲洗液可能会引起对地下水的污染。因此,矿区冲洗液的选择十分有限。

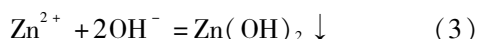
根据矿区地层特点和防止地下水重金属污染的发生,经中国地质科学院探矿工艺研究所专家建议,矿区冲洗液方案为:

(1) 冲洗液使用以对环境破坏小的清水为主,在钻进过程中尽量不添加皂化油;

(2) 钻孔深部遇破碎层采用泥浆护壁, 1 m^3 水 + 100 kg 膨润土 + 1 kg 烧碱;

(3) 钻孔深部遇破碎地层且采取率低时,采用 SH 胶配制无固相冲洗液护壁,提高岩心采取率, 1 m^3 水 + 2% SH + 0.15% 烧碱。

上述配方中,含有烧碱的冲洗液在地下水中有如下化学反应,具有中和酸及抑制重金属离子形成的作用。



经当地环保部门多次对地下水检测,均符合要求,为矿区勘查创造了很好的质量和社会效益。

4.3 数字罗盘测斜仪使用和防斜措施

因绳索取心技术的特点是不提钻取心,测斜时一般是将测斜仪从钻杆内下入指定的位置完成定测,但 KXP-2B(D) 型数字罗盘测斜仪并不防磁干扰,操做不当会因钻杆的影响造成数据失真;而且矿区有多层含有磁黄铁矿层存在,如何避开这些磁性层也是钻孔测斜时应考虑的问题。

在率先使用 KXP-2B(D) 型数字罗盘测斜仪测斜 ZK1204 孔,其孔斜数据与地质设计出现了很大的偏差(见表 3),尤其是方位角数据匪夷所思。为此,通过对岩矿心岩性、轴角的观察,偏斜规律的研究和地质剖面图的校核,并详细检查了测斜时的操作过程,证实引起数据混乱的根本原因是测孔斜时测斜仪未穿过钻杆到达裸眼孔段,钻杆影响了测斜仪的失真和数据混乱。另外在施工工艺上也存在着不合理处,孔径配比极不合理,采用 $\text{Ø}127 \text{ mm}$ 钻头开孔后直接采用 $\text{Ø}71 \text{ mm}$ 钻进,难以保证孔斜达到设计要求。

表 3 ZK1204 孔数字罗盘测斜仪(KXP-2B(D))测斜结果

测次	孔深/ m	顶角/ (°)	方位角/ (°)	测次	孔深/ m	顶角/ (°)	方位角/ (°)
1	58	10.1	167.5	5	254	17	327
2	103	11.0	167.0	6	308	18	158
3	150	15.3	167.0	7	360	12	304
4	200	16.9	330.0	8	402	25	109

通过对比试验,制定了具体的解决方案。

(1) 严格按照测斜要求,每 50 m 按规范测顶

角、方位角,在换径或见矿层时均应加测顶角和方位角,以便发现钻孔弯曲度增大时及时处理。

(2) 钻进到达指定深度后,先提 3 ~ 4 根钻杆,在钢丝绳上做好标志,用绳卡将数字电子测斜仪绑定在钢丝绳上,设定好测斜仪器测量的时间,测量时间随着测斜深度的增加而相应增加,确保时间充足,最后将数字电子测斜仪用钢丝绳下放到指定的测斜深度,仪器必须穿过钻具,且测斜仪器应远离钻具 6 m 以上,这是确保测斜仪器不受铁器影响的关键。

(3) 地质技术人员必须定期对钻机所用测斜仪进行校正,保证钻机所用测斜仪器的准确性;且钻机进行测斜的时候,地质技术人员必须到达现场进行监督,防止钻机编造测斜数据,造成数据的不准确,同时对是否有磁性岩层做出判断,及时找出钻孔发生偏斜的原因,及时纠正错误,防止不必要的损失。

(4) 加强施工管理,地基平整必须按要求开挖,机台必须坐落在实地上,以防不均匀沉降造成孔斜,并在钻进过程中实时监测。在下 $\text{Ø}75 \text{ mm}$ 绳索钻杆时,必须先下 $\text{Ø}91 \text{ mm}$ 的套管,用以增强钻进时的导向,防止发生孔斜事故。

通过上述方案的实施,钻孔测斜数据质量有了明显提高,并较为符合地质特征和偏斜规律,钻孔弯曲度从原来的施工浅孔的 $2.93^\circ/100 \text{ m}$,提高到施工孔深达到 450 m 以深钻孔时,弯曲度控制在 $2^\circ/100 \text{ m}$ 以内,达到地质设计的质量要求。

5 结语

钻探作为传统的地质勘查重要手段,今后仍将发挥不可替代的作用。钻探质量指标源于钻探的多变性和地质需要的确定性,质量指标的核心是为地质勘查提供有效的地质信息。地质人员必须正确把握岩心钻探的可行性和局限性,了解现有钻探技术水平和工艺方法,才能更好地理解钻孔资料带来的地质信息。钻探施工人员要充分理解岩心钻探质量指标的内涵,尽最大限度来提高钻探工艺技术水平,满足地质要求,提高地质信息的可靠性。

钻探施工实践强,复杂地层钻探施工遇到的技术难点多,解决问题的根本方法是要充分了解矿区地层的特征,选用合适的施工工艺,采取针对性的措施,预防质量事故的发生,从而确保钻孔质量达到地质要求,这也是达到降低施工成本和提高钻探效率的最有效途径。

(下转第 31 页)

PDC 仿生爪趾钻头钻进效率较高,平均机械钻速为 2.82 m/h ^[4]。同时对钻进参数进行了修改,适当调低了钻进压力($4 \sim 6 \text{ kN}$)、提高钻进速度(采用最高转速 144 r/min)^[6],加强固相控制工作,降低钻井液的密度(由 1.30 g/cm^3 降低到 1.25 g/cm^3)。



图1 仿生 PDC 钻头

调整后钻进速度有所提高,在此类泥岩地层平均进尺达到 0.86 m/h ,至 2500 m 终孔,时有孔段进尺缓慢,泥岩地层进尺缓慢的问题仍未得到很好的解决。

2013 年 11 月该井顺利钻进至设计孔深 2500 m ,终孔。

6 结语

(1)本工程采用二开成井井身结构,优化钻进参数、钻井液性能,有效地规避了风险、提高了钻井

效率。

(2)钻井过程中使用铁铬盐、腐植酸钾、CMC、磺化沥青、火碱等处理剂配制的钻井液有效解决了含石膏泥岩地层钻进问题,使用欠饱和盐水钻井液顺利地通过了储层。

(3)通过优选钻头类型,一定程度上提高了在深部泥岩地层的钻进速度。

(4)今后还要加强对不同地层钻头类型选择、钻井液的研究,解决深层泥岩钻进速度慢的问题,使钻井效率得到进一步提高。

参考文献:

- [1] 武汉地质学院,等. 钻探工艺学中册[M]. 湖北武汉:地质出版社,1981.
- [2] 陈庭根,等. 钻井工程理论与技术[M]. 山东东营:石油大学出版社,2000:102-103.
- [3] 中国石油勘探与生产分公司工程技术与监督处. 钻井监督[M]. 北京:石油工业出版社,2003:35-39.
- [4] 刘婧,高科,徐小健,等. 新型仿生 PDC 齿高效切削机理及试验研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(12):6-7.
- [5] 娄新建,何东,韩霖,等. 仿生非光滑 PDC 钻头设计与应用[J]. 石油天然气学报,2012,34(10).
- [6] 景龙,徐树,常林祯,等. 沧州深部盐矿钻探施工关键技术探讨[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(5):10-12.
- [7] 王勇军,赵长亮,郑宇轩,等. 牛热四井膏泥岩钻井液技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(3):33-34.
- [8] 张正,张统得. 钻井液水泥钙侵问题分析与处理技术研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(3):33-34.
- [9] 赵岩,仲玉芳,王卫民,等. S/D-2 井欠饱和盐水钻井液技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(3):41-43.

(上接第 27 页)

通过对外际底矿区钻探施工的总结分析,笔者认为:

(1)复杂地层钻进中出现质量问题的原因主要是对矿区地质构造和地层等客观因素及钻探技术的局限认识不深,采用了不当的施工工艺和操作方法;

(2)复杂地层的表现形式多种多样,生成质量问题的结果也不一样,解决问题的手段不能是单一的,必须采取综合手段。防治质量事故必须严把地基平整、开孔、测斜、控制钻速、钻压及冲洗液用量等施工环节的质量关。

参考文献:

- [1] 贺仁均,乌效鸣,田恒星. 易斜地层钻孔倾斜规律研究[J]. 安

全与环境工程,2012,(4):111-114.

- [2] 李振学. 南坪矿区复杂地层深孔钻进技术研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(11):12-15.
- [3] 曾祥熹,等. 钻孔护壁技术及堵漏原理[M]. 北京:地质出版社,1986:75-81.
- [4] 尹建国,刘青山,夏文彬,等. 寨上矿区复杂地层钻探技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(6):42-45.
- [5] 赵均文,于志坚,邢运涛,等. 承德黑山矿区钻孔纠斜技术及防斜技术措施[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(5):17-21.
- [6] 翟东旭. 嵩县大西沟矿区复杂地层钻探施工综合治理[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(10):32-35.
- [7] 顾军,向阳,漆万辉,等. 三塘湖盆地地层造斜力学特性分析与防斜打快对策[J]. 探矿工程,2003,2:44-48.
- [8] 刘广志. 金刚石钻探手册[M]. 北京:地质出版社,1991.
- [9] 汤凤林,等. 岩心钻探学[M]. 湖北武汉:中国地质大学出版社,1997.