

洛宁程家沟 - 沙沟银多金属矿中深斜孔钻探技术

时志兴

(河南省有色金属地质矿产局第一地质大队,河南 郑州 450016)

摘要:洛宁程家沟 - 沙沟银多金属矿区矿床产状陡,矿体集中,钻探设计多为分支孔,钻孔中深、斜度大。如何在保证效益的情况下确保钻孔质量成为关键技术。通过 1550 m 斜孔施工实例,介绍了矿区中深斜孔钻探工艺的选择及保证钻孔弯曲度的具体措施。

关键词:中深斜孔;钻塔改装;冲洗液;钻孔弯曲度

中图分类号:P634 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2013)09-0009-05

Drilling Technology for Deep Inclined Hole in Chengjiagou-Shagou Silver Multi-metal Mine/SHI Zhi-xing (No. 1 Geological Team, Henan Provincial Non-ferrous Metals Geological and Mineral Resources Bureau, Zhengzhou Henan 450016, China)

Abstract: The occurrence is steep with ore concentrating in Chengjiagou-Shagou silver polymetallic ore deposit. Because drilling designs are mostly branch holes with medium depth and large slope, the borehole quality is the key technology. By the construction case of 1550m inclined hole, the paper introduces the selection of medium-depth inclined hole drilling technology and the concrete measures for ensuring drilling hole curvature.

Key words: medium-depth inclined hole; drill tower modification; flushing fluid; borehole curvature

1 矿区概况

1.1 地理交通条件

勘查区位于河南省洛宁县西南部,距洛宁县城约 60 km,隶属洛宁县下峪乡、兴华乡及卢氏县范里乡管辖;海拔高度 540 ~ 1859 m,相对最大高差 1319 m;区内地形起伏,切割剧烈;22 万 V 高压输电线路从下峪乡通过,10 kV 高压输电线路直达勘查区,电力资源充足。

1.2 矿区地层

从上至下地层为:

(1)第四系,主要为含钙质结核的褐黄色黄土、砂土、亚粘土、粘土等,厚度变化不大,最大 10 m,一般 2 ~ 5 m;

(2)熊耳群眼窑寨组,主要为灰色流纹岩组合,流纹斑岩、流纹岩夹英安斑岩;

(3)熊耳群马家河组,主要为一套中基性熔岩,偏碱性玄武粗安岩、粗面岩、粗斑岩组合夹安山岩、大斑安山岩;

(4)熊耳群鸡蛋坪组,主要为一套中基性、中酸性火山岩,岩性主要为安山岩类及少量英安岩、流纹岩、粗安岩等,火山碎屑岩也较发育;

(5)熊耳群许山组下段,主要分布于矿区的北

部,主要为灰绿 ~ 灰色大斑玄武安山岩、大斑安山岩、玄武安山岩、安山岩,局部夹薄层黑色玻璃质安山岩(安山质黑曜岩),岩石中杏仁构造多呈层状分布,以发育多层含粗大斜长石斑晶的岩石为特征,厚 216 ~ 1688 m;

(6)太华群段沟组,主要岩性为石榴黑云斜长片麻岩,黑云斜长片麻岩,黑云斜长变粒岩夹黑云角闪斜长片麻岩、斜长角闪岩等;

(7)太华群龙门店组,岩性为角闪斜长片麻岩,夹黑云斜长片麻岩;

(8)太华群龙潭沟组,岩性为角闪斜长片麻岩、黑云斜长片麻岩、混合岩化黑云斜长片麻岩、夹有角闪斜长岩及斜长角闪岩以及角闪岩团块;

(9)太华群石板沟组,岩性为角闪斜长片麻岩、混合岩化角闪斜长片麻岩、混合岩化黑云角闪斜长片麻岩,夹有少量黑云斜长片麻岩和斜长角闪岩透视镜体;

(10)太华群草沟组,主要岩性为黑云斜长片麻岩、混合岩化黑云斜长片麻岩,夹有大量角闪斜长片麻岩、斜长角闪岩及少量角闪岩团块。

1.3 钻孔设计(见表 1)

1.4 岩石可钻性级别及完整度(见表 2)

收稿日期:2013-06-06

作者简介:时志兴(1973-),男(汉族),河南太康人,河南省有色金属地质矿产局第一地质大队探矿工程院经理、工程师,探矿工程专业,从事钻探技术工作,河南省郑州市经开区第八大街 166 号,shizhixing999@sina.com。

表1 设计钻孔顶角统计

序号	钻孔顶角/(°)	钻孔个数	最大孔深/m	平均孔深/m
1	0~10	2	310	225
2	10~20	14	330	260
3	20~40	68	530	345
4	40~50	56	560	353
5	50~60	27	1000	423
6	60~70	23	1550	556
7	70~90	45	850	466

表2 矿区岩石可钻性及完整度

岩石名称	岩石可钻性级别	岩石完整度
覆盖层、风化层	1~3	破碎
新近系砂岩	2~5	较破碎
黑云斜长片麻岩、安山岩	5~7	破碎、较完整、完整
流纹斑岩、角闪片麻岩	7~9	完整

1.5 地质设计对钻孔质量要求

1.5.1 钻孔弯曲度的要求

按照文献[4]规定顶角允许偏差(见表3)。

表3 顶角允许偏差

测定孔深 /m	允许顶角差/(°)		测定孔深 /m	允许顶角差/(°)	
	直孔	斜孔		直孔	斜孔
100	2	3	400	8	12
200	4	6	500	10	15
300	6	9	600	12	18

中深斜孔钻进,特别是超过1000 m的倾角<70°的钻孔,还没有成熟的施工技术(定向钻孔除外)。按照文献[4],孔深1000 m、顶角65°的钻孔,顶角偏差10°,勘探靶区偏差 $\approx(\sin 75^\circ - \sin 65^\circ)1000 = 59.6$ m,本矿区勘探线间距80~100 m,已超过勘探线间距的1/2。经协商,要求孔深>600 m钻孔,顶角偏差 $\geq 6^\circ$,每50 m和见矿位置及终孔都必须进行孔斜测量,准确记录其方位角和天顶角。

1.5.2 岩矿心采取率的要求

矿层及矿层顶底板5 m内的岩石采取率 $\leq 80\%$,连续5 m低于80%时,应查明原因,采取补救措施,岩心分层采取率 $\leq 70\%$ 。

1.5.3 其他要求

严格按照文献[4]和《河南省洛宁县-卢氏县程家沟-沙沟银多金属矿深部预查设计书》执行。

2 ZKS21241 钻孔施工

2.1 钻孔设计

钻孔设计孔深1550 m,倾角65°,方位角115°,终孔口径75 mm,覆盖层不取心,岩层岩心采取率70%,矿心及矿层与顶板交界处以上和矿层与底板交界处以下5 m范围内平均采取率 $\leq 80\%$ 。

2.2 钻探设备(见表4)

表4 设备配置

设备名称	型号	数量	性能参数	备注
钻机	XY-6B	1台	钻深1500~2000 m	55 kW 电动机
发电机	75kW	1台		备用
泥浆泵	BW250	1台	泵压7 MPa 泵量250 L/min	15 kW 电动机
潜水泵		2台	泵量150 L/min	电动机
钻塔	A形塔	1套	15 m高	65°孔使用
绳索取心绞车		1台		电动式2000 m
搅拌机	1 m ³ 立式	1台		
照明变压器	3 kW	1台	380 V/36 V	
夹持器	自重式	1套		

2.3 钻塔改装

钻塔的选择主要考虑提放钻杆和处理事故时塔体能承受的最大荷载,一般1500~1800 m的钻孔,考虑采用SGX23或者SGZ23型钻塔,SGZ23型钻塔可用于倾角75°~90°钻孔施工,由于该钻孔1550 m,顶角25°,SGZ23钻塔已不能满足施工要求。

研究决定从同类钻塔中选择一种进行改装来施工该钻孔。通过对比分析,选择张家口中地装备探矿工程机械有限公司生产的AG15型钻塔,该型钻塔参数为:名义高度15 m,移摆立根长度9 m,底层面积 4.5×4.5 m²,天车轮数量4个,天车最大负荷300 kN,质量5000 kg。

主要考虑该型钻塔质量轻、拆卸安装方便、底盘面积小、易于搬迁,而且最大承载负荷300 kN、提放钻杆长度9 m,满足孔深1500~1800 m钻孔施工要求。其最大的优势是液压起塔,且易于改装。

钻机底盘按照设计方位安装好后,钻塔按照安装要求安装到位,把钻塔起到设计倾角位置,根据塔腿与底盘距离加工2个三角形管架,用于固定2个塔腿,使其角度按照钻孔设计倾角固定。考虑到斜孔钻塔承载负荷变化,重心下移,钻塔的弯曲强度不能满足负载要求,结合厂家意见,在钻塔上部1/3处加装2根副塔腿,副塔腿为3根 $\varnothing 50$ mm加厚钢管、 $\varnothing 20$ mm钢管固定加工成的三角形管架,用于防止应钻塔负荷过大而变形。改装后的钻塔如图1所示。

斜孔钻进时,钻杆呈倾斜状态,由于重力作用钻杆下垂,在高速旋转的状态下,钻杆摇摆严重,导致磨损严重,容易出现孔内事故和人身伤害事故,必须安装导正结构。导正机构为2根 $\varnothing 16 \sim 18$ mm钢丝绳,一头固定在塔顶,一头固定在钻机地盘上,2根钢丝绳中间线为立轴中心线。提引器通过U形环



图1 改装后的 AG15 钻塔

固定在两侧钢丝绳上,这样就能保证钻具钻杆顺钢丝绳上下,不会上下摆动。如图2所示。



图2 导正绳

2.4 内管投放

对于中深斜孔($< 1000\text{ m}$),内管投放时间长($50\sim 70\text{ min}$)、阻力大,内管总成在自身重力作用下不易到位,而且由于钻孔较深,内管总成到位情况难以判断。如果内管总成不到位,就不能打捞上来岩心,只有提大钻,那样就浪费大量的人力、物力,也会浪费大量时间(上钻下钻需要 24 h 左右)。为了更好地投放内管,加快内管投放速度,准确判断内管总成是否投放到位,采取了以下措施。

(1)增加内管总成质量,用加工好的加厚钢管(常用的 $\text{Ø}50\text{ mm}$ 普通钻杆、长约 1.5 m),连接在打捞器上端,然后用打捞器把内管总成送入孔内。

(2)判断内管总成是否到位,主要在于听音,内管总成到位能听到撞击声。内管总成质量增加后,

惯性增大,撞击的声音也增大,在地面很容易听到,能准确判断内管总成是否到位。

(3)加工扩音装置,用钢管或塑料管,一头插进钻杆,一头放在耳边,放在耳边这头贴上薄膜来扩音,听取声音,判断内管总成是否到位。

(4)在取心绞车上做记号,以判断内管总成是否到位,打捞岩心时,打捞器下到位,把钢丝绳拉紧,在钢丝绳上做记号,下放内管总成到记号位置就可判断内管是否到位。

通过以上措施相结合,就可准确判断内管总成是否到位。

2.5 冲洗液材料的选择及配置

冲洗液配置常备材料主要有:膨润土、烧碱(NaOH)、纤维素、聚丙烯酰胺、护壁剂、堵漏剂、腐殖酸钾、润滑剂等。本矿区选用江西省萍乡市光辉钻井助剂材料有限公司生产的钻井处理剂。

本矿区地层较完整,上部第四系覆盖层局部岩石破碎,有漏水现象,构造带部位存有断层泥,使用绳索取心金刚石钻头钻进,根据地层特点配置相应的冲洗液,冲洗液配置如下。

根据第四系地层特点及覆盖层不厚的情况,可以用清水直接钻进,也可稍加泥浆粉配置成低固相冲洗液钻进。

覆盖层下部为安山岩和角闪片麻岩,相对较完整,使用绳索取心金刚石钻头钻进,绳索取心钻具环状间隙小,要求冲洗液固相含量少或无固相含量且能充分携带岩粉和润滑功能,冲洗液配比为:清水+ 1.2% 植物胶SD-2+ 1.5% KP共聚物+ 0.4% 06型高效润滑剂+ 0.4% CMC(85s)+ 0.03% PAM(1200万)+ 0.3% NaCO_3 ;冲洗液性能为:粘度 $20\sim 22\text{ s}$,密度 $1.02\sim 1.025\text{ g/cm}^3$,失水量 $7\text{ mL}/30\text{ min}$,pH值 $8\sim 9$,泥皮厚度 $< 0.5\text{ mm}$ 。

在一些构造带含有断层泥,遇水膨胀,造成钻孔缩径,隐患多,容易引起孔内事故,遇到此地层,要及时调整冲洗液,要求冲洗液失水量小,泥皮薄而韧,且携带岩粉能力强,有高效润滑作用,冲洗液配比为: 1% 钠基膨润土+ 1.2% 植物胶SD+ 0.6% KP共聚物+ 0.4% 中粘CMC+ 2% KHm;冲洗液性能:粘度 $20\sim 22\text{ s}$,密度 $1.02\sim 1.025\text{ g/cm}^3$,失水量 $6\text{ mL}/30\text{ min}$,pH值 $8\sim 9$,泥皮厚度 $< 0.5\text{ mm}$ 。

该冲洗液能有效清洁孔底,具较强的悬浮力和携带性,并具备随钻堵漏及润滑功能,能有效抑制地层水化膨胀,预防孔壁的坍塌。

2.6 钻孔结构

钻具采用冶标系列,由于设计孔斜较大,钻进负荷很大,为了保障钻孔倾角及钻进安全,采用以下各种钻具级配(钻杆岩心管钻头): $\varnothing 89\text{ mm} - \varnothing 127\text{ mm} - \varnothing 133\text{ mm}$ 、 $\varnothing 89\text{ mm} - \varnothing 108\text{ mm} - \varnothing 113\text{ mm}$ 、 $\varnothing 89\text{ mm} - \varnothing 89\text{ mm} - \varnothing 94\text{ mm}$ 、 $\varnothing 71\text{ mm} - \varnothing 73\text{ mm} - \varnothing 77\text{ mm}$ 、 $\varnothing 56\text{ mm} - \varnothing 58\text{ mm} - \varnothing 60\text{ mm}$ 。

2.7 钻进参数

开孔钻进要轻压慢转,换用长岩心管后适当增加钻压、转速,以保证控制钻孔弯曲度。钻进过程中遇到破碎地层、软地层、软硬互层和换径时,都要控制钻速钻压,以避免由于钻速过快导致钻孔弯曲度不能控制,造成钻孔弯曲度不符合设计要求。因为对于孔斜,应坚持预防为主的原则,任何纠斜的方法与措施都要花费大量的人力、物力。在孔浅时,应掌握地层跑斜规律,根据跑斜规律预测与靶区的距离,在下入 $\varnothing 89\text{ mm}$ 套管前尽量采用LZ型连续造斜器等效率较高的纠斜工器具矫正钻孔的方向。

钻进参数见表6。

表6 钻进技术参数

孔径/mm	钻压/kN	转速/(r·min ⁻¹)	泵量/(L·min ⁻¹)
133	6~12	30~00	100~200
94	12~15	300~700	60~90
77	10~12	400~800	40~70

注: $\varnothing 133\text{ mm}$ 为单管复合片钻头; $\varnothing 94, 77\text{ mm}$ 为孕镶金刚石钻头。

2.8 预防钻孔弯曲的具体措施

(1) 钻机安装稳固可靠,钻机底盘坐在硬实的地方,地基松软用混凝土加固,用水平尺量准,确保钻机底盘水平,严格按照设计要求确定钻孔顶角、方位角。

(2) 确保安装质量,保证天车、回转器、孔口“三点一线”。

(3) 开孔选用锋利的钻头,钻杆不得有偏摆,低压慢转,钻速均匀,随着钻孔加深加长岩心管。上部采用组合防斜钻具,倒塔式钻具钻进,确保其中心线一致,能起到较好的防斜效果;下部采用金刚石绳索取心钻进,为满眼钻进。

(4) 扩孔时要带内导正器,换径时要带外导正器,换径时导正管长度 $>4.0\text{ m}$,第一次的小径岩心管 0.8 m 。

(5) 严格根据地层调节孔底压力(一般不得超过 6 kN),回次进尺控制在 3 m 以内。

(6) 选择使用导向性好的稳斜钻头,如锥形、阶梯形、锯齿形等。钻杆钻具必须认真检查,不同心的钻具、弯曲超差或磨损超标的钻杆一律不允许使用,

图3、图4为本矿区使用的钻头。



图3 唐山金石 $\varnothing 77\text{ mm}$ 绳索取心钻头(阶梯形钻头)



图4 营口 $\varnothing 77\text{ mm}$ 绳索取心钻头(阶梯形钻头)

(7) 钻进破碎、软硬互层、松软地层时,要控制钻压,降低转速,防止钻速过快导致钻孔偏斜。

(8) 测斜选用KXP-2X型数字罗盘测斜仪。这种测斜仪的主要技术参数如下:顶角测量范围 $0^\circ \sim 50^\circ$,测量精度为 $\pm 0.1^\circ$;方位测量范围 $0^\circ \sim 360^\circ$,测量精度 $\pm 4^\circ$ 。

(9) 严格按照规范要求测斜,开孔后 30 m 测斜,下入套管后测斜,发现钻孔偏斜采取纠偏措施。

2.9 钻探施工

钻孔上部为覆盖层及破碎岩层,覆盖层不取心,选用锋利的 $\varnothing 133\text{ mm}$ 复合片钻头穿过覆盖层。

换用 $\varnothing 133\text{ mm}$ 金刚石钻头普通单管钻进,冲洗液用清水加入少量的PHP,钻进过程中有漏水地层,直接投入粘土球封堵,取得了很好的效果。

钻进 40 m 到完整基岩,下入 $\varnothing 127\text{ mm}$ 套管,套管选用 6 m 长的,保证其导正性,下部安装套管鞋,上部用套管夹板固定,四周密封严实。下入套管后用测斜仪测量钻孔弯曲度,倾角、方位角没有变化。

换用两端加厚 $\varnothing 89\text{ mm}$ 绳索取心钻杆、 $\varnothing 94\text{ mm}$ 阶梯形加厚防斜金刚石钻头,浓度 100% 、粒度 $46 \sim 80$ 目、HRC $20 \sim 25$,效果较好,钻头平均寿命达 110 m ,最长寿命达 260 m 。用无固相或固相含量低的冲洗液,遇到破碎取心困难地层,可以加入一定量的植

物胶,保证岩心采取率。钻进过程中岩层一直存在破碎、掉块和漏水现象,漏水时在冲洗液中加入锯末等惰性材料或用随钻堵漏剂堵漏,掉块严重或漏水严重用水泥加入速凝剂封孔处理,钻进到550 m时,岩层基本完整,下入 $\varnothing 89$ mm套管,套管上下固定牢固,按正常要求稳固套管,下入测斜仪测量顶角、方位角,倾角 67° ,方位角 115.3° ,较好地控制了钻孔角度。

套管固定牢稳后,改用 $\varnothing 71$ mm绳索取心钻杆、 $\varnothing 77$ mm锥形金刚石钻头,加上导正管换径钻进,进尺2 m左右后换用正常钻具钻进,改用浓度100%、粒度46~80目、HRC10~15金刚石钻头钻进直至终孔。使用效果较好,钻头平均寿命达130 m,最长寿命达280 m。

3 钻探效果

历经128天顺利终孔,纯钻进时间105天,终孔深度1558.70 m,台月效率362.49 m,全孔记录回次687次,岩石总厚度1552.99 m,岩心总长度1514.17 m,岩心采取率98%,矿心总厚度5.71 m,矿心总长度5.40 m,矿心采取率95%。终孔顶角 25.2° ,方位角 120.6° 。

4 结语

中深斜孔施工难度大、钻具磨损快,要求钻机设备安装稳定、钻具质量高。通过摸索实践,总结出在

本工程中深斜孔施工的若干要点:

(1)要注意钻机定位准确,钻机锚固牢靠。

(2)必须选择相对强度高、耐磨性强、质量稳定的钻具、钻杆。施工中深斜孔,出现孔内事故不易处理,要经常性地对设备和钻具进行检查,把防止孔内事故的发生放在首位,发现隐患及时处理。

(3)上下钻要稳,深孔、斜孔施工中内管总成下行速度慢,有时会出现中途滞留,必要时应连接上主动钻杆,开动水泵通过水压提高下行速度,观察水压表压力变化来判断内管总成是否到位。

(4)由于地层不稳定等因素,钻孔弯曲度容易出现超差,在钻探施工中要严格按照规程和设计要求测定钻孔弯曲度,出现超差征兆及时采取措施,如破碎地层、松软地层、软硬互层一定控制好钻速、钻压,穿过这类地层后及时测定钻孔弯曲度,做到心中有数。

参考文献:

- [1] 宋端正. 甘肃西和大桥金矿区复杂地层钻探技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2012, 39(3): 34-36.
- [2] 李振学, 孙建刚, 汤玉才. 小秦岭深部探矿项目某标段钻探施工方法探讨[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2012, 39(7): 14-16, 20.
- [3] 孙宗席. 甘肃文县阳山矿区复杂地层用冲洗液研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2012, 39(12): 32-35.
- [4] DZ/T 0227-2010, 地质岩心钻探规程[S].
- [5] 胡郁乐, 张绍和. 钻探事故预防与处理知识问答[M]. 湖南长沙: 中南大学出版社, 2010.

(上接第8页)

(3)空气反循环取样钻探的专家们应该放弃这样的表述:采用空气反循环取样钻探钻进,无论地层条件如何,样品采取率总能达到或接近100%。

(4)影响空气反循环取样钻探的岩心采取率的因素众多,进行提高RC钻探岩心采取率的研究是有必要的和有意义的。提高潜孔锤和钻头的反循环效果,不但有利于提高岩心采取率,也能减少抱钻卡钻事故的发生。研制简单实用的含水岩样收集方法和工具,才能提高含水地层的岩心采取率,满足地质

找矿的需要。进行RC钻进工艺的研究,通过减少反循环通道堵塞的机会和孔内事故的发生,才能使采取率满足地质勘查规范的要求。

参考文献:

- [1] DZ/T 0227-2010, 地质岩心钻探规程[S].
- [2] 张晓西. 中心取样钻进技术成果与开发前景[J]. 探矿工程, 1999, (S1).
- [3] 张晓西. 中心取样钻进技术(一)[J]. 探矿工程, 2000, (1).
- [4] 张晓西. 中心取样钻进技术(二)[J]. 探矿工程, 2000, (2).
- [5] 耿瑞伦. 多工艺空气钻探[M]. 北京: 地质出版社, 1995.