

# 阿舍勒铜矿水敏地层防斜纠斜钻进工艺

聂洪岩, 董震堃, 胥虹

(天津华北地质勘查局核工业二四七大队, 天津 301800)

**摘要:**新疆阿勒泰地区阿舍勒铜矿地层是以凝灰岩、角闪岩为主的典型蚀变性水敏地层, 地层倾角较大, 岩石各向异性明显, 钻进过程中极易造成钻孔偏斜。该矿区坑道钻探施工中缩径、坍塌、掉块卡钻等钻探事故频发, 制约了防斜、纠斜钻进工艺的选取, 使该矿区钻探施工很难满足快速、经济的地质找矿要求。通过对已施工钻孔水敏地层防斜、纠斜工艺进行研究, 提出了一套水敏地层防斜、纠斜等提高钻孔质量的工艺措施。

**关键词:**坑道钻探; 水敏地层; 易斜; 防斜; 纠斜; 阿舍勒铜矿

**中图分类号:** P634.7   **文献标识号:** B   **文章编号:** 1672-7428(2016)01-0051-03

**Drilling Process for Deviation Prevention and Control in Water Sensitive Formation in Altay Region/NIE Hong-yan, DONG Zhen-kun, XU Hong** (247 Nuclear Industry Brigade of Tianjin North China Geological Exploration Bureau, Tianjin 301800, China)

**Abstract:** Ashele copper mine in Xinjiang Altay region is in typical altered water sensitive formation mainly with tuff, amphibolite, large stratigraphic dip and obvious rock anisotropy, borehole is easily deviated in drilling process. The frequent accidents of hole shrinkage, collapse, block falling and sticking restricted the selection of deviation prevention and correction technologies, which makes it difficult for the field drilling construction to meet the requirements of fast and economic geological prospecting. By the analysis on deviation prevention and correction technologies in the constructed water sensitive formation, a series of technical measures of deviation prevention and correction in water sensitive formation is presented to improve the quality of drilling hole.

**Key words:** tunnel drilling; water sensitivity formation; easily to be deviated; deviation prevention; deviation control; Ashele copper mine

## 1 概述

### 1.1 地质概况

阿舍勒铜矿地层主要由绿色凝灰岩、角闪岩组成。凝灰岩主要由火山碎屑和胶结物组成, 具凝灰结构, 块状构造。角闪岩主要成分为斜长石、角闪石等, 斜长石呈白色粒状, 含量约占 60%, 细粒结构, 块状构造。多数地层可见绢云母化, 在岩心断面上呈丝绢光泽; 见绿泥石化灰绿色蚀变矿物; 硅化为表面不规则的石英细脉; 石英脉不规则穿插于各岩层。地层倾角 30°~60°。凝灰岩、角闪岩层可钻性 4~6 级, 石英脉可钻性 9~11 级。

### 1.2 钻进孔斜情况

截止 2014 年 7 月, 阿舍勒矿区已施工 300~600 m 坑道钻孔 33 个, 允许顶角偏移范围 2°/100 m, 其中顶角超差 21 个。据统计: 倾角较大的完整地层平均顶角偏移 2°~5°/100 m, 坍塌、掉块、缩径等事故易发地层平均顶角偏移 4°~11°/100 m。钻孔平均

偏移量 3.7°/100 m, 孔斜情况十分严重。

### 1.3 孔斜原因分析

#### 1.3.1 地层因素

本矿区地层导致孔斜主要有以下 3 个方面原因。

(1) 岩层倾斜角度大、各向异性明显: 地层倾角均在 30°~60°, 角闪岩、凝灰岩等各向异性特征明显, 导致钻具在孔底所受侧向力明显, 属强造斜地层。

(2) 水敏地层事故频发, 坍塌、掉块、缩径现象较多: 由于绿泥石化导致岩层疏松, 易吸水膨胀, 坍塌、掉块降低了机械钻速, 并导致孔内钻具受力不均, 易产生孔斜。

(3) 石英脉侧向作用明显: 由于石英硬度较高且倾角多为 30°~60°, 钻进软硬互层时钻头受力不均极易产生孔斜。

#### 1.3.2 施工工艺因素

本矿区影响孔斜的施工工艺主要有如下3方面原因。

(1) 钻进参数选取:由于工区施工难度大,成功钻孔较少,故无法对钻压、转速、泵量等钻进参数进行对比参考与优选。

(2) 换径:由于岩层大倾角及软硬互层的存在,换径极易产生孔斜。

(3) 泥浆配比:水敏地层泥浆配比要求极高,一旦泥浆维护不好便会产生坍塌、缩径等孔内事故,而孔内事故高发区又是孔斜最为严重区。

## 2 防斜钻进技术措施

矿区造斜地层属水敏地层,频发的孔内事故制约着钻进参数的选取,给钻探施工带来了巨大困难。钻进参数的选取需要满足:(1)尽量减小孔内事故的发生,能够快速钻进;(2)尽量达到防斜效果。

### 2.1 孔身结构

由于换径工序极易造成钻孔偏斜,尽量减少换径工序是降低钻孔偏斜的重要措施。根据地质要求,本地区施工钻孔多采用 $\varnothing 89$  mm开孔钻至基岩以下5 m,换 $\varnothing 75$  mm钻至终孔。钻具采用S89与S75绳索取心钻具组合进行施工。钻头选用阶梯型金刚石钻头(有利于钻孔防斜)。

### 2.2 钻压、转速

本项目钻进采用阿特拉斯DIAMEC U8型钻机施工,钻进可实现无级变速,实时显示出钻压、转速、泵压等参数。为钻进工艺研究提供方便,加强了测斜工作以指导钻进工艺的研究与改进。随着施工钻孔的增多,逐渐对钻进参数进行研究、改进,总结出了一套适用于本地区水敏易斜地层的防斜施工工艺措施。

钻压与转速是影响孔斜的2个重要因素,钻压过大直接引起钻孔顶角偏斜严重,转速过大则易引起方位偏移。本次研究以ZK1714孔和ZK1315孔采集的数据为依据,进行合理分析。ZK1714孔与ZK1315孔钻进参数对比见表1。

通过ZK1714孔与ZK1315孔钻进参数及实际记录对比可以发现:(1)ZK1714孔500 m顶角偏移量为 $17.8^\circ$ ,ZK1315孔500 m孔深顶角偏移量为 $9.7^\circ$ (纠斜 $2.5^\circ$ ),说明低钻压匀速钻进有利于钻孔防斜;(2)本矿区方位角变化处于可控范围,转速对顶角影响较小,故在钻孔稳定的情况下可适当选取

表1 ZK1714孔与ZK1315孔钻进参数对比

孔号	孔深/ m	钻压/ kN	转速/ ( $r \cdot \min^{-1}$ )	顶角/ ( $^\circ$ )	方位角/ ( $^\circ$ )
ZK1714	0	3.5	180~240	10.0	285.0
	100	4.0~5.0	240~340	13.2	284.7
	200	4.0~5.0	340~400	17.2	284.2
	300	4.0~5.0	340~400	22.3	283.8
	400	4.0~4.5	340~400	25.7	283.6
	500	4.0~4.5	340~400	27.8	283.2
ZK1315	0	2.0	180~240	10.0	285.0
	100	3.2~3.5	260~360	12.2	285.2
	200	3.2~3.5	360~420	14.4	284.8
	300	3.5~3.8	340~420	17.5	284.9
	400	3.0~4.0	340~420	17.6	285.4
	500	3.0~3.8	340~420	19.7	285.3

注:K1315孔340.2~354.8 m孔段纠斜 $2.5^\circ$ 。

较高转速,以加快机械钻速,降低水敏地层事故发生率。

### 2.3 泵量

在水敏地层中,泵量的选取直接影响到孔壁稳定性。泵量过大,容易造成孔壁坍塌、掉块等事故,泵量过小又无法有效携带岩屑、冷却钻头。故泵量选取应视具体情况而定,孔壁不稳定,易坍塌掉块地层采用较小泵量,本矿区钻探施工多采用 $45 \sim 90$  L/min的泵量,在事故易发地层泵量 $30 \sim 60$  L/min。

### 2.4 泥浆配比

本地区地层为典型水敏性地层,缩径、破碎掉块及岩屑剥离产生的超径等现象频发。由ZK1315孔及附近钻孔测斜数据显示,在破碎掉块地层、坍塌及缩径地层孔斜率明显增大。故如何配比泥浆,快速、稳定钻穿此类地层是防斜施工的重点。针对本地区水敏地层特点,我们采用的泥浆配比如下。

配置 $1 \text{ m}^3$ 泥浆:800 L水+100~150 kg膨润土+70 L水解高粘CMC+70 L水解聚丙烯酸钾+30 kg腐植酸钾+20 kg磺化褐煤树脂。

泥浆性能:密度 $1.15 \sim 1.20 \text{ g/cm}^3$ ,漏斗粘度 $28 \sim 45 \text{ s}$ ,pH值 $7 \sim 8$ ,失水量 $5 \sim 8 \text{ mL/30 min}$ ,泥皮厚度 $< 0.5 \text{ mm}$ 。

本泥浆体系具有失水量小、在孔壁形成的泥皮致密等特点,均降低了水敏地层不稳定的情况。同时相对较高的密度形成压差有利于掉块、岩屑剥离地层的稳定。在正常钻进时还需要根据地层情况及调整泥浆配比,在缩径地层应适当多加入腐植酸钾及适量KCl以减少失水量;在破碎掉块地层应适当增加膨润土、聚丙烯酸钾以增加孔壁稳定性;在岩

粉剥离较多超径地层应增加膨润土、CMC 及聚丙烯酸钾等以增大泥浆密度、粘度。

ZK1315 孔、ZK1517 孔、ZK1519 孔、ZK1913 孔 4 个钻孔使用本泥浆配比,缩径未达到影响生产的程度,未发生坍塌事故,仅 ZK1315 孔、ZK1519 孔 2 孔发生掉块事故。而其他 29 个钻孔平均坍塌事故发生率 24%,缩径事故发生率 52%,掉块事故发生率 79%。

### 2.5 扶正器应用

扶正器是降低钻孔偏斜的有效工具,本矿区 ZK1315 孔及后续施工钻孔均采用 S75 绳索取心工具配合 Ø73 mm 扶正器钻具组合(扶正器位于上扩孔器上方 3 m 处),取得了良好的效果。表 2 记录了本单位施工钻孔使用扶正器后钻孔偏斜情况。

表 2 扶正器使用记录

孔深/ m	顶角/(°)		
	ZK1315 孔 (未用扶正器)	ZK1519 孔 (使用扶正器)	ZK1517 孔 (使用扶正器)
0	0.0	0.0	0.0
100	2.2	1.3	1.5
200	4.4	2.7	3.4
300	7.5	5.3	5.0
400	7.6	7.1	6.9
500	9.7	8.4	8.0

注:ZK1517 孔纠斜 1.3°,ZK1315 孔纠斜 2.5°,表中所列为纠斜后偏移量。

通过表 2 记录的本地区扶正器使用效果对比可知,除了调整钻进参数以外,扶正器的使用也可降低钻孔偏斜率,但由于扶正器增加了钻具连接结构,且增加了孔底阻力,故发生卡钻等事故的概率相对较大,这就要求现场工作人员细心观察,时刻注意泵压、扭矩等变化情况,以防卡钻等事故的发生。

### 3 纠斜工艺

若已采取了上述防斜措施,仍无法达到孔斜控制要求,则需采取纠斜工艺以达到中靶要求。

由于水敏地层易频发事故,故纠斜孔深选择应遵循如下原则:(1)纠斜需要大泵量驱动孔底钻具,而螺杆钻具本身通道较易堵塞,所以一般选用清水作为驱动介质,考虑到矿区地层极不稳定,采用聚丙烯酰胺水溶液替代清水,但仍应尽量避过水敏地层,防止坍塌、掉块等事故;(2)纠斜钻头为全面钻头,因此应避免在含石英脉层位纠斜,以免因机械钻速极低产生其他事故,一般应尽量选择硬度较低的岩

层纠斜;(3)由于所选用的 BW250 型泥浆泵动力所限,尽量选择孔深较浅位置进行纠斜施工。

本项目采用 HSZ - 54 型定向仪配合 LZ68 - 5 型螺杆钻(2.5°弯接头)进行纠斜施工,BW250 型泥浆泵提供动力。需要注意的是阿特拉斯 U8 型钻机纠斜与普通立轴钻机纠斜钻进不同,普通立轴钻机可以利用油缸直接向钻具施加拉力或压力,而 U8 型钻机是通过上卡盘卡紧直接向上提升钻具,而向下施加压力时上下卡盘无法夹紧钻具(即无法通过钻具直接向孔底加压)。因此,决定采用自制夹板(见图 1)将钻具在动力头上下夹住,使得动力头上下动力可通过夹板传导到钻具,以达到自由控制纠斜钻压的目的。

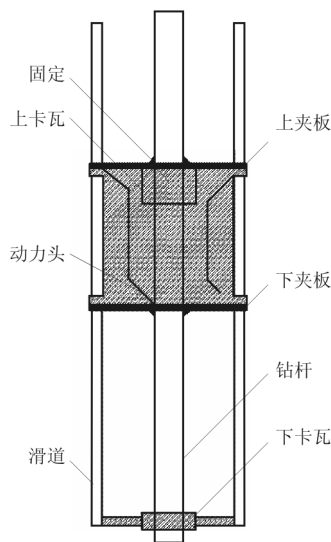


图 1 U8 型钻机夹板示意图

纠斜主要步骤为:测斜→下入螺杆钻具→井上定位→固定钻具→动力头给进压力,水泵驱动孔底螺杆钻具纠斜→测斜→提升螺杆钻具。

以 ZK1315 孔为例,定位装置角 190°{180° + 反扭角(反扭角与岩层软硬程度、孔深、钻具刚度等相关,无具体计算方法,一般取经验值 10° ~ 20°)}。钻进参数:钻压 6 ~ 10 kN,泵量 180 ~ 220 L/min,泵压 3.5 ~ 5.0 MPa。纠斜孔深 340.2 ~ 354.8 m,共计 14.6 m。

纠正顶角 2.5°,方位角由 285.0°变为 285.2°。

本次纠斜取得了良好的效果,使得本套纠斜工艺在该矿区得到广泛应用,表 3 为本矿区部分钻孔纠斜效果。

(下转第 57 页)

工时曾采用纤维素、植物胶等配制冲洗液,但是在使用过程中经常出现水土分离现象,悬浮能力极差。尤其在地层出现涌水后需要加重时,冲洗液密度不易增加,勉强仅能加至  $1.60 \text{ g/cm}^3$ 。而采用本冲洗液很好地解决了这一问题。ZK4010 孔钻进至孔深 900 m 时为防止第三系承压水井喷,需提高冲洗液密度至  $1.80 \text{ g/cm}^3$ ,采用在泥浆池中用高压水枪加重晶石,仅配制了  $28 \text{ m}^3$  密度为  $1.93 \text{ g/cm}^3$  的泥浆就将整体循环浆密度调至要求值。

(4)具有良好的润滑性能,有效降低了摩擦阻力。昆 ZK01 孔钻至 600 m 后加大了润滑剂(GLUB)的用量至  $15 \text{ kg/m}^3$ ,扭矩明显下降,并且泵压由 8 MPa 降低至 6.4 MPa,减阻效果明显。

(5)取得了良好的经济效益,降低了整体钻探成本。经济效益主要体现在 2 个方面,一是冲洗液材料成本明显降低,由此前的 236 元/m 降至 135 元/m;二是钻探工期及事故率明显降低,间接降低了钻探成本,采用该冲洗液施工未出现事故,施工周期由之前的 155 d/1000 m 降低至 95 d/1000 m。

#### 4 结语

(1)针对“青海省冷湖镇钾矿资源调查评价项

目”钻探施工地层及水质的特殊性,研制了一种不分散抗盐防塌冲洗液。对该种冲洗液的室内评价表明,其各项指标均在理想范围。

(2)在冷湖镇地区的现场应用表明,不分散抗盐防塌冲洗液具备较强的抗盐、抗钙能力、防塌能力及悬浮能力,应用效果较好,适合在该地区推广应用。

#### 参考文献:

- [1] 胡继良.复杂地层地质钻探冲洗液研究与应用[D].北京:中国地质大学(北京),2011.
- [2] 蔡晓文,陈锡庆,熊正强,等.GFT型防塌减阻剂的性能评价与现场应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(7):39-41.
- [3] 何远信,陶士先.环保型高效润滑剂(Glub)的研制与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2006,33(4):48-49.
- [4] 陶士先,胡继良,纪卫军.水敏性地层钻探用接枝淀粉聚合物泥浆体系研究[J].地质与勘探,2012,48(5):1029-1033.
- [5] 王建华,鄢捷年,丁彤伟.高性能水基钻井液研究进展[J].钻井液与完井液,2007,24(1):71-75.
- [6] 陶士先,李晓东,吴召明,等.强成膜性护壁冲洗液体系的研究与应用[J].地质与勘探,2014,50(6):1147-1154.
- [7] 隋跃华,成效华,高建礼,等.强抑制性钻井完井液研究与应用[J].钻井液与完井液,2001,18(6):14-7.

(上接第53页)

表3 阿勒泰地区部分钻孔纠斜成果

孔号	开孔顶角/(°)	纠正顶角/(°)	终孔顶角/(°)	设计终孔顶角/(°)	纠斜孔段/m
ZK1315	0.0	2.5	10.2	12.5	340.2~354.8
ZK1517	18.0	1.7	22.4	24.0	236.1~247.5
ZK1519	14.0	2.0	18.2	20.0	187.6~199.6
ZK1913	12.0	2.8	19.7	22.0	403.9~414.7

#### 4 结论

(1)水敏地层孔壁稳定是防斜、纠斜钻进的先决条件,故在水敏易斜地层施工应不断改进钻进参数,维护泥浆低失水量与较高的粘度才能够为防斜纠斜提供优良的环境。

(2)扶正器的使用有利于钻孔防斜钻进,但也容易引发事故,故在钻进过程中要注意观察扭矩、泵压等钻进参数的变化,防止发生卡钻、抱钻等事故。

(3)纠斜工艺可作为易斜地层钻进的辅助工艺,条件允许的情况下,可进行多次纠斜施工,以使

钻孔质量满足要求。

(4)在水敏易斜地层中,要采取有效技术措施快速钻进,防斜与纠斜工艺相结合可达到良好的施工效果。

#### 参考文献:

- [1] 李宝辉,刘志会.深孔勘察中强自然造斜地层的防斜纠斜工艺技术措施[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(7):8-9.
- [2] 陈琳琳.防斜打快技术在海拉尔易斜地层的研究与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(2):25-27,30.
- [3] 乌效鸣,胡郁乐,贺冰新,等.钻井液与岩土工程浆液[M].湖北武汉:中国地质大学出版社,2002:15-18.
- [4] 罗治奇.中放废液处置场强自然造斜地层钻进的防斜纠斜[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(12):9-12.
- [5] 卢峰,汪栋,王平.山西灵丘腰站铁矿普查项目深斜钻孔钻探设计与施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(S2):334-337.
- [6] 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.
- [7] DZ/T 0227—2010,地质岩心钻探规程[S].
- [8] 时志兴.洛宁程家沟-沙沟银多金属矿中深斜孔钻探技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(9):9-13.