

# 江西武山铜矿区螺杆钻定向钻探技术研究与应用

刘敏, 刘云山, 段元清, 孟祥瑞

(河南省有色金属地质矿产局第三地质大队, 河南 郑州 450016)

**摘要:**结合在江西武山铜矿区 ZKS1951 孔的孔位上成功打出一个定向分支钻孔 ZKS1952 孔的施工过程, 研究总结了复杂地层螺杆钻定向钻探大角度分支孔造斜的钻进工艺。主要介绍了螺杆钻定向钻探的原理、设备选型、钻进工艺及技术应用等。中靶精度、钻孔质量完全满足地质要求, 取得了较好的地质效果和经济效益。创造了河南省有色地矿局复杂地层大角度螺杆钻定向钻探造斜的新纪录。

**关键词:** 螺杆钻; 造斜; 定向分支孔; 靶点位置; 测斜

中图分类号: P634.7 文献标识码: A 文章编号: 1672-7428(2017)05-0034-05

**Study and the Application of Screw Drill Directional Drilling Technology in Wushan Copper Ore District/LIU Min, LIU Yun-shan, DUAN Yuan-qing, MENG Xiang-ru** (Third Geological Brigade, Henan Nonferrous Metals Geology and Mineral Bureau, Zhengzhou Henan 450016, China)

**Abstract:** Combined with the construction process of successful completion of a directional branch hole ZKS1952 in ZKS1951 hole position of Jiangxi Wushan copper mine, this paper sums up the screw drill deflecting drilling process of directional drilling large angle branch hole in complex formation; mainly introduces the directional drilling principle, equipment selection, drilling technology and the application of screw drill. The target precision and drilling quality fully meet the geological requirements with good geological effects and economic benefits.

**Key words:** screw drill; deflecting drilling; directional branch hole; inclination survey

## 1 概述

### 1.1 矿区概况

武山铜矿区位于江西省瑞昌市北西方, 行政区划属江西省瑞昌市白杨镇管辖, 在九瑞铜矿田中部。

### 1.2 矿区地层与地质设计

#### 1.2.1 矿区地层

矿区地层自北至南由老到新有: 志留系上统纱帽组, 泥盆系上统五通组, 石炭系中统黄龙组, 二叠系下统梁山组、栖霞组、茅口组, 二叠系上统龙潭组、长兴组, 三叠系下统大冶组, 三叠系中统嘉陵江组及第四系。

地层走向  $65^{\circ} \sim 75^{\circ}$ , 倾向南东, 倾角  $60^{\circ} \sim 75^{\circ}$ , 地表除志留系、泥盆系出露较好外, 其它时代地层仅零星出露, 第四系覆盖面积占 60%。矿区中部相当栖霞组至嘉陵江组层位约  $0.6 \text{ km}^2$  面积为花岗闪长斑岩体占据, 岩体周围及北矿带附近, 地层受强烈蚀变。

#### 1.2.2 地质设计

由于在施工 ZKS1951 孔时, 在设计位置未见到

设计矿体, 且未穿透燕山期花岗闪长斑岩, 现根据编录情况, 推测该岩体产状倾角比设计更陡。而钻孔实际钻进倾角比之设计要大, 造成未见到设计所见茅口组灰岩。故在下一钻孔 ZKS1952 孔施工中变更设计, 保证钻孔施工与设计尽最大可能保持一致, 达成最佳地质设计效果。

根据现场施工情况, ZKS1951 孔南北向施工, 由于岩体产状比设计更陡, 若继续在 195 线施工, 往北方向, 巷道多, 无法施工; 往南方向, 顶角变大, 设计孔深增加, 造成增加施工费用且施工难度极大。为了解决 195 勘探线施工的问题, 地质设计变更为在原孔的基础上加密一个 ZKS1952 孔, 也就是 ZKS1951 孔的分支孔, 以探明 ZKS195 线地下铜矿产的分布状况。由于 ZKS1952 孔的设计变更, 故要用到螺杆钻定向钻探技术。

### 1.3 研究拟解决的问题

(1) 螺杆钻定向钻探设备的选型、优化和完善配套;

(2) 优化钻孔结构, 合理选择管材、器具, 优化

收稿日期: 2016-06-15; 修回日期: 2017-03-12

作者简介: 刘敏, 男, 汉族, 1979 年生, 工程师, 从事深孔钻探技术和管理, 河南省郑州市中牟县白沙镇雁鸣路与郑开大道交叉口往南 100 米(451464), 108913791@qq.com。

钻进技术参数以及冲洗液材料选择配置及维护,总结一套完善的施工工艺,以提高钻探效益,降低施工成本。

#### 1.4 主要创新点

(1)研究总结出复杂地层螺杆菌定向钻探分支孔造斜的钻进工艺;

(2)研究总结出螺杆菌定向钻探大角度分支孔造斜的钻进工艺。

## 2 螺杆菌定向钻进原理

螺杆菌钻具是一种以钻井液为动力,把液体压力能转为机械能的容积式井下动力钻具。

当泥浆泵泵出的泥浆流经旁通阀进入马达,在马达的进出口形成一定的压力差,推动转子绕定子的轴线旋转,并将转速和扭矩通过万向轴和传动轴传递给钻头,从而实现钻井作业。

螺杆菌定向钻进时,全部钻柱在外观上仅表现出造斜件以下的马达传动轴及钻头在回转,钻头的侧向力总是指向给定的方向;侧向力大小主要取决于造斜件的弯曲度,在某一个造斜回次中,造斜段的弯曲强度可以视为一常量。这两点决定了钻孔基本上是在一个空间平面上沿着曲率半径为某一常量的圆弧轨迹发展。当工具面垂立时,钻孔仅有顶角的变化;工具面水平时,钻孔仅有方位角的变化;当工具面倾斜时,则钻孔的顶角和方位角均将发生变化。

## 3 钻探设备、工器具及定向造斜器具选型

本次螺杆菌定向钻探设备、工器具及定向造斜器具主要有:XY-44型钻机及塔材;BW-250型泥浆泵;S75绳索取心钻杆;泥浆测试仪;DXY-2型数字钻孔定向仪;STL-1GW型高精度无线存储式数字陀螺测斜仪;螺杆菌定向造斜器具;修孔钻头等等。

## 4 螺杆菌定向钻探技术应用实例

### 4.1 分支孔 ZKS1952 孔造斜段的选择

ZKS1952 孔为之前已施工的 ZKS1951 孔的分支孔,两孔公用钻孔前面的 385 m,故在 ZKS1952 孔施工前应将钻孔 375 m 及以下孔段用高强度水泥进行压水封孔,待水泥强度达到可施工要求时,再将钻孔扫孔至 385 m,然后利用螺杆菌进行定向造斜,造斜设计时按照每 15~20 m 造斜 1°进行设计,直

至达到钻孔设计要求的入矿角为止,然后沿钻孔倾角继续钻进至终孔。具体见钻孔定向造斜施工方案一览表(表1)及定向造斜施工设计图(图1)。

表1 ZKS1952 孔定向造斜施工方案总览

序号	造斜孔深/ m	控制距 离/m	方位 角/(°)	倾角/(°)		备注
				造斜前	造斜后	
1	385.00	20.00	40	80.0	79.0	造斜起点
2	405.00	20.00	40	79.0	78.0	
3	425.00	15.00	40	78.0	76.5	
4	440.00	15.00	40	76.5	75.0	
5	455.00	15.00	40	75.0	73.5	
6	470.00	15.00	40	73.5	72.0	
7	485.00	15.00	40	72.0	70.5	
8	500.00	15.00	40	70.5	69.0	
9	515.00	12.00	40	69.0	67.5	
10	527.00	12.00	40	67.5	66.0	
11	539.00		40	66.0		入矿点
12						靶点

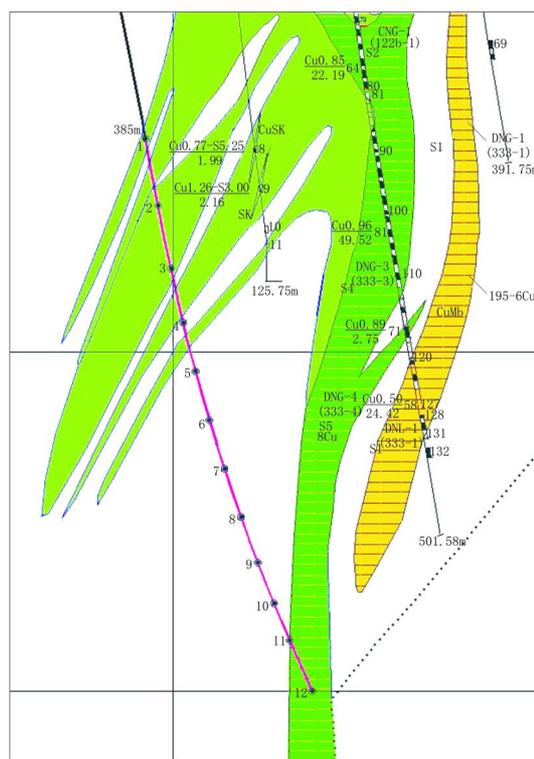


图1 ZKS1952 孔定向造斜施工设计图

### 4.2 岩石孔段造斜钻进工艺

#### 4.2.1 造斜钻头的选择

根据岩石可钻性选择造斜钻头,岩石可钻性5级以下的岩石可选用硬质合金或PDC造斜钻头,6级以上则选用金刚石钻头。

本矿区选择的造斜地段岩石可钻性为6级以上,选用的造斜钻头为金刚石钻头,钻头水口充分考

虑冲洗液泵压和岩心采取率要求,适当减少水口和水槽断面,但该矿区岩层相对完整,采取率相当高,选用的钻头水口为6~10个(图2),水口宽度5 mm,这样能很好地保证排泄岩粉和冷却钻头的需要。



图2 选用的造斜钻头

#### 4.2.2 造斜段的选择应满足以下原则

(1)单一稳定的地层,造斜钻进可连续集中完成;

(2)软硬互层或是易斜地层,造斜钻进可分段进行;

(3)坚硬地层中,为了减少造斜工作量,有时需加大造斜强度,采用交替钻进法(间断造斜法):即造斜钻进2~3 m,下一回次采用常规钻进2~3 m。

#### 4.3 螺杆钻具定向造斜钻进参数的选择

小直径螺杆钻具造斜钻进时,钻进参数可参考表2。

表2 螺杆钻具定向造斜钻进参数选择参考

钻具型号	钻头直径/mm	压降/MPa	扭矩/(N·m)	钻压/kN	流量/(L·s <sup>-1</sup> )	转速/(r·min <sup>-1</sup> )
LZ43×7.0单头	47.5~56.5	3.0	140~260	4~6	1.0~2.0	280~520
3LZ60×7.0	76~89	2.5	160~280	5~8	1.5~2.5	140~360
5LZ65×3.5	79~101	2.4	180~240	6~7	1.5~3.0	150~320
5LZ73×3.5	89~120	2.4	320~500	6~10	2.0~4.0	125~280
5LZ90×3.5	114~152	2.8	600~800	10~15	3.0~8.0	100~220
7LZ95×3.5	117~152	2.8	750~1250	10~15	4.0~11.0	80~200
5LZ120×3.5	150~200	2.8	1200~1900	20~25	9.0~14.0	100~180
5LZ90×7.0	114~152	2.4	900~1500	20~30	4.0~9.0	100~220
7LZ95×7.0	117~152	2.4	1300~2100	20~30	4.0~12.0	80~200
5LZ100×7.0	117~152	3.2	1300~2200	25~30	6.0~13.0	100~220
5LZ120×7.0	152~200	2.8	1400~2300	30~40	9.0~16.0	90~200

本次钻进使用的螺杆钻具为LZ65型,故钻进时钻压控制在6~7 kN,流量控制在1.5~3.0 L/s,转速控制在150~320 r/min。

#### 4.4 螺杆钻具定向造斜钻进冲洗液的选择

针对本矿区地层比较复杂、比较破碎的特点,如使用清水泥浆极易坍塌,故选用粘土浆进行造斜钻进。泥浆配比为1 m<sup>3</sup>水+40~50 kg膨润土+1.5 kg烧碱+2~3 kg CMC+20 kg腐植酸钾或磺化沥青+20 kg 801堵漏剂。该泥浆在使用过程中,防塌护壁堵漏效果良好。

螺杆钻具造斜时,冲洗介质应满足以下要求:

(1)含砂量<0.5%,颗粒直径<0.3 mm;

(2)粘度不要大,冲洗液循环使用时,要沉淀和过滤;

(3)尽量采用清水、无固相或低固相配制的冲洗液。

#### 4.5 螺杆钻具造斜使用时的注意事项

##### 4.5.1 地面检查

(1)螺杆上、下接头(旋转钻头短节)是否有松扣或松动现象,如有松扣现象要进行紧扣。

(2)下接头固定螺栓是否有松扣现象,若有要进行紧扣。

(3)旁通阀是否能关闭,若不能关闭,可采用机油浸泡活动,直到能关闭为止。

(4)螺杆钻具上、下钻台必须使用绷绳绷,防止碰撞损坏螺杆钻具。

(5)用游车吊起螺杆钻具,测量轴承壳体与旋转短节间的轴向间隙,下放游车让螺杆钻具触到转盘,再测量轴承壳体与旋转短节间的轴向间隙,两者间隙差6½ in 螺杆不大于6 mm,7¾ in 和9⅝ in 螺杆不大于8 mm,否则应更换螺杆。

(6)让螺杆钻具与方钻杆相接,把扣上紧,将螺杆钻具的旁通阀下放到转盘面以下,开泵,小排量使钻井液流进马达,应能看见钻井液从旁通阀的旁通孔流出;随着排量加大,马达开始转动,旁通阀关闭;如一切正常,停泵卸方钻杆,接钻头下钻。

##### 4.5.2 钻进中注意事项

(1)下钻完,接方钻杆前把钻杆滤子放入钻杆;钻头离井底1 m以上开泵,开泵正常后方可下放钻进。

(2)钻进中要随时注意泵压变化情况(当排量给定的前提下),钻时、岩性变化情况,防止意外事故发生。

(3)使用螺杆钻具钻进,钻井液不应加柴油,同时应加强钻井液净化工作。

#### 4.6 水泥护壁封孔技术

造斜的成败与所选造斜段的强度及可钻性息息相关,为保证造斜段硬度能满足造斜要求,本工程先对需造斜段用高强度水泥封孔10 m及以上,待水泥强度达到可施工要求时,再将钻孔扫孔至造斜段进行造斜,以提高造斜成功率(参见图3)。

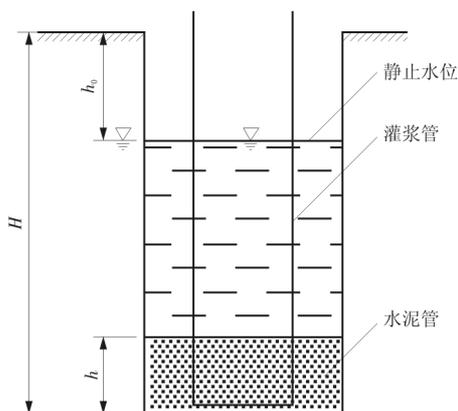


图3 钻孔水泥水下灌注原理示意图

本工程选用水下灌注的原理进行水泥护壁封孔。水下灌注是在地下水位较高的钻孔中局部注浆的方法,它用水泵通过绳索钻杆,借助替水将水泥浆送到孔底,然后提出钻杆,待凝。水下灌注必须考虑2个压力平衡,一个是灌浆管内外的压力平衡,另一个是钻孔内外的压力平衡。灌注过程中(提管之前)考虑第一个平衡,把孔内的水和地下水看成一个整体;而提灌浆管的过程中及提灌浆管后考虑第二个平衡,把灌浆管内的液体和钻孔中的液体看成一个整体。

进行水下灌注封孔,首先要做出水泥封孔设计,并按以下方法步骤进行:

(1) 冲洗钻孔,下入绳索钻杆,不带钻具用清水冲洗钻孔,并准确计算孔深;

(2) 备足所需水泥,按 $\varnothing 77$  mm口径,0.5水灰比计算,每包水泥约灌注8 m左右。

(3) 水泥早强剂,用氯化钠+三乙醇胺复合速凝早强剂,氯化钠+三乙醇胺复合速凝早强剂的作用原理是:其中的氯化钠主要起速凝作用(原理与氯化钙相近,但较弱),三乙醇胺主要起早强作用。因为三乙醇胺是表面活性剂,吸附在水泥颗粒表面,降低了其表面张力,加速了水泥的润湿水化分散,加快了水泥的水化反应,此外,三乙醇胺分子量小,在水泥颗粒表面形成薄的亲水膜,促使水泥分散,使单

位体积中的颗粒数增加,故起速凝早强作用。

水泥使用425号以上。

配方:0.5%~1% NaCl+0.05%三乙醇胺;一袋水泥+500 g食盐+25 g三乙醇胺。

操作方法:先将食盐和三乙醇胺溶液按比例放入少量水中,待水泥浆搅制成后,再加入水泥浆中。

(4) 按前面所介绍的计算方法计算出替浆量 $Q$ ,此次灌注以泥浆泵流量换算成替浆时间,并用标准容器对泵量进行校核,以标准泵量(L/min)计时。

(5) 回开立轴钻杆,用软纸揉成团,塞入绳索钻杆内,目的是隔离孔内清水,避免浆液与水混合增大水灰比。

(6) 在搅拌水泥浆中混入配制好的早强剂,开始泵入浆液,并设专人计时,专人观察泵压变化。

(7) 计算好的替浆水完全进入孔内后,证明水泥前锋已到孔底,这时泵压开始上升(高于洗孔泵压0.5 MPa),继续灌注2 min约180 L替浆水后停止灌注。

(8) 回开立轴钻杆,稳定水泥浆1~2 min,待钻杆内外水泥浆压差平衡后,观察孔口无清水上返流出,即可慢速起钻,灌注结束。往孔内补充计算好的灌浆管排出水量 $V$ ,平衡孔内水位压差。

#### 4.7 螺杆钻具造斜定向与测斜

在每次造斜过程结束后,都要进行一次定向及测斜,以验证造斜的成果。

本工程使用上海力擎STL-1GW型高精度无线存储式数字陀螺测斜仪进行定向及测斜。STL-1GW型无线存储式数字陀螺测斜仪是一种新型的测量井斜的数字化仪器,主要针对磁性矿地区及在钢铁管类钻管中测量钻孔斜度和方位而设计。此仪器精度高,尤其适用于螺杆造斜钻孔。

##### 4.7.1 孔内定向操作

(1) 将仪器置于“测量”状态,绞车挂上挡,开车平稳地下放仪器到位。

(2) 校对仪器的测量红线,测读螺杆钻的孔内初始状态,并计算其与 $\beta_0'$ 或 $\alpha_0'$ 的差值。

(3) 用半合式蘑菇头挂上孔内钻杆,稍将钻具提离孔底,按上步计算的差值转动钻杆,再次试读,直到面板读数等于或近似等于 $\beta_0'$ 或 $\alpha_0'$ 为止。

(4) 夹紧钻柱再次复读仪器,认定无误后提升仪器。

(5) 在地表引固定标记到钻柱顶部,合上主动

钻杆。注意夹紧孔内钻柱,不得使其发生转动。

(6)将钻柱顶部定向标记引到主动钻杆和钻机机身,以便在定向钻进过程中观察工具面向是否发生改变。

(7)加装反扭转器,如无扭转器,将钻机联挡制动。

#### 4.7.2 钻孔弯曲测量

(1)将仪器置于“测量”状态,绞车挂上挡,开车将仪器平稳地送入孔内。绞车和孔口岗要严密注视电缆上的孔深标记,以掌握准确的测深。

(2)每到一个新测点,必须首先校对仪器的测量红线。

(3)每次正式测量前,必须对前次已测的1~2个测点进行复测,以检查仪器的读数吻合性。如与前次读数的误差较大,则必须将仪器提出钻孔进行检查。

(4)每个测点都必须重复测读:小顶角下,不少于6~10次;大顶角下,不少于4~6次。记录岗须将每次测读的读数如实记录。

(5)重复测读前,要将仪器置于“自由”状态并使其在孔内微动,静置3~5s待指针稳定后再进行测读。

#### 4.8 螺杆钻具造斜成果

本次造斜由于受地层的影响,实际造斜效果有所变动,在软地层和易坍塌地层处造斜效果不是很好,水泥固孔次数也相应增多,造斜次数相应随之增多。根据mapgis图连线,此次造斜在靶区范围内,满足地质要求。具体中靶情况见表3。

#### 4.9 地质效果与经济效益

##### 4.9.1 地质效果

本钻孔开孔于燕山早期花岗闪长斑岩中,穿过燕山早期花岗闪长斑岩、矽卡岩等,终孔于英安岩中。按岩性共分17层,主要见及的岩石为花岗闪长斑岩、矽卡岩、石榴子石矽卡岩等。此外,还见有英安岩。该孔岩石大部遭受了较强的高温热液变质及接触交代变质作用。矽卡岩极为发育,岩石中蚀变现象较多、较复杂,以绿泥石化、绿帘石化、硅化等蚀变为主。岩石中矽卡岩化极为发育,且矽卡岩的类型较为复杂,主要见石榴子石矽卡岩,少量绿泥石石榴子石矽卡岩。岩石矿化以黄铁矿化为主,次为黄铜矿化。岩石中普遍见有黄铁矿,黄铁矿分布在花岗闪长斑岩中、矽卡岩中。黄铁矿在花岗闪长斑岩

表3 ZKS1952孔定向造斜施工终孔情况及中靶情况

序号	测斜孔深/ m	天顶角/ (°)	方位角/ (°)	控制距离/ m	备注
1	362.02	11.0	40	11.02	开始造斜
2	384.05	11.8	42	20.13	
3	402.27	13.3	36	13.53	
4	411.10	13.7	36.6	11.51	
5	425.28	14.1	36.7	19.60	
6	450.29	14.9	38.9	20.25	
7	465.77	15.4	38.6	10.84	
8	471.97	15.9	38.9	6.32	
9	478.40	16.5	37.7	9.15	
10	490.27	17.6	37.9	10.56	
11	499.52	18.5	38	16.36	
12	522.98	19.5	39	17.47	
13	534.46	20.8	39.7	13.51	
14	550.00	21.5	40.3	12.73	
15	559.91	22.5	40.3	25.00	
16	600.00	22.8	41.4	50.61	造斜结束
17	661.13	22.8	41.2	30.57	终孔

和矽卡岩中主要呈浸染状、细脉状,次为团块状、星点状。黄铜矿在该孔主要发育于石榴子石矽卡岩中,黄铜矿主要呈小团块状,次为细脉状及星点状。该孔中见有三段含黄铜矽卡岩。此外,在花岗闪长斑岩中偶见星点状的黄铜矿。

##### 4.9.2 经济效益

本次螺杆钻定向钻探施工的完成,节约了362.02m钻探工程量,节省勘探投资29.97万元,少修一个钻探施工场地和一个简易道路,节省了约2万元。节约了铜矿的施工成本,为提高铜矿深部矿体的勘探和研究程度,为矿山建设设计提供矿产资源/储量和开采技术条件等提供了必要的地质资料,以减少开发风险和获得最大的经济效益,经济效益明显。

## 5 结语

武山铜矿ZKS1952孔螺杆钻定向钻进技术研究与应用的成功,首先必须掌握螺杆钻定向钻探的基本原理,其次必须选择正确的设备器具和达标的冲洗液,最后关键的一环必须先确定好施工方案和造斜点,及时把每次的造斜点数据用mapgis连线,以便更好地掌控造斜结果。

本次武山铜矿区ZKS1952孔螺杆钻定向钻探虽然取得了圆满成功,但还存在一些诸如设计施工方案欠优、仪器配套性能不稳定、造斜点的强度所选用的

(下转第43页)

(8) 定期检查制度:经营安全科定期对施工钻机安全检查,发现并排除安全隐患。

## 5 结语

本矿区钻探施工主要存在硐室内施工安全隐患及坑道内钻探施工工艺技术欠缺,通过参考类似矿区的施工经验及本矿区的施工总结,经过近几年的实践,无论在硐室设计和分支孔钻探工艺技术都越来越成熟。目前本矿区坑道内钻探所占比例越来越大,钻孔也越来越深,不仅节省了大量的施工成本,提高了钻孔施工质量,减少了钻探设备搬迁,节省了钻探工作量,而且还减少了水土、森林破坏,保护了生态环境,还提高了经济效益,对今后同类矿区钻探施工有很好的借鉴作用。

## 参考文献:

- [1] 莫志雄. 有色金属矿山坑道钻探应用分析[J]. 矿山地质, 1993, (4): 203-210.
- [2] 姜桂春. 聚丙烯酰胺无固相冲洗液在复杂地层中的应用研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2015, 42(1): 34-37.
- [3] 王聪, 孙孝刚. 无固相冲洗液在深溪锰矿施工中的应用[J]. 探

- 矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(3): 25-28, 32.
- [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.
- [6] 王达, 何远信. 地质钻探手册[M]. 湖南长沙: 中南大学出版社.
- [7] 闵东. 坑道钻探中深斜孔施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2011, 38(8): 12-15.
- [8] 盛光业. 矿区坑道安全支护[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2007, (S1).
- [9] 时志兴, 翟东旭, 王江平. 大顶角深孔钻探技术研讨[C]// 第十八届全国探矿工程(岩土钻掘工程)技术学术交流年会论文集. 北京: 地质出版社, 2015: 284-287.
- [10] 曹函, 张绍和. 钻探工艺知识问答[M]. 湖南长沙: 中南大学出版社, 2014.
- [11] 时志兴. 洛宁程家沟-沙沟中深斜孔钻探技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2013, 40(9): 9-13.
- [12] 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(1): 44-46.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 刘锡金. 陈台沟铁矿复杂地层深孔钻探技术研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(10): 41-44.

## (上接第38页)

造斜钻头非最佳、造斜效率有待提高等问题,还需要在今后的学习和实践中不断的总结和探索。

## 参考文献:

- [1] 刘励慎. 用螺杆钻进行受控定向钻探取得重大效果[J]. 探矿工程, 1991, (6): 10-13.
- [2] 王政先. 堵漏及封孔替浆量计算问题的商榷[J]. 探矿工程, 1990, (6): 8-9.
- [3] 张文英, 刘卫东, 赵燕来, 等. 若尔盖铀矿区复杂易斜地层定向分支钻孔施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(8): 22-24.
- [4] 吴金生, 宋军, 尤建武, 等. 汶川地震断裂带科学钻探一号孔(WFSD-1)定向钻进技术的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(12): 20-22.
- [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] 赵宪富, 姜立新, 路秀峰, 等. 螺杆钻定向钻探技术在某金矿区

- 的应用[J]. 探矿工程, 1992, (6): 44-45.
- [7] 朱永宜. 应用螺杆钻施工受控定向孔的实践[J]. 探矿工程, 1990, (6): 33-37.
- [8] 周铁芳, 阳东升. 螺杆钻定向钻探技术研究与应用[J]. 探矿工程, 1996, (4): 53-55.
- [9] 郑思光, 赵志杰, 李志强, 等. 司家营铁矿中深孔复杂地层岩心钻探施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(2): 24-26.
- [10] 李炳平, 叶成明, 李小杰, 等. 水平定向钻进技术在浅层低渗透性含水层地下水开采中的试验研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(10): 65-69.
- [11] 黄忠高, 李志强, 潘海迪, 等. 江西省浮梁县朱溪矿区ZK5407深孔螺杆定向纠斜施工工艺技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2015, 42(8): 43-48, 54.
- [12] 刘志强, 童军兵, 谢宏军, 等. 黑龙江金厂矿区定向分支孔施工实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(1): 17-20.
- [13] 刘治. LZ-73型连续造斜器在兰陵铁矿勘查中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2013, 40(4): 13-16.
- [14] 陈昌富. 小口径螺杆钻具马达模糊优化设计法[J]. 探矿工程, 1998, (1): 36-38.