

# 江西城门山矿区 ZKJ4-10 孔螺杆定向纠斜技术

陈克林<sup>1</sup>, 罗康杰<sup>1</sup>, 付宝华<sup>1</sup>, 程洪文<sup>2</sup>

(1. 江西有色地质勘查一队, 江西 鹰潭 335000; 2. 安徽省地质矿产勘查局 313 地质队, 安徽 六安 237010)

**摘要:**江西省九江县城门山矿区补充勘查项目设计钻孔多为超斜孔, 钻孔弯曲度要求高, 施工难度大。该矿区多个钻孔都面临着纠斜的难题。本文结合矿区深孔 ZKJ4-10 孔定向纠斜实例, 详细介绍了螺杆钻定向纠斜技术的工作原理、配套设备、操作方法及注意事项。通过矿区钻孔纠斜效果, 总结了该技术的优点及不足, 为今后地质深孔定向纠斜施工提供了借鉴。

**关键词:**定向纠斜; 钻孔弯曲度; 螺杆钻; 城门山矿区

**中图分类号:** P634.7 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2017)01-0037-04

**Screw Directional Correction of Inclination Technology in Chengmenshan Mining Area of Jiangxi/CHEN Ke-lin<sup>1</sup>, LUO Kang-jie<sup>1</sup>, FU Bao-hua<sup>1</sup>, CHENG Hong-wen<sup>2</sup>** (1. No. 1 Team of Jiangxi Nonferrous Metal Geological Exploration Bureau, Yingtan Jiangxi 335000, China; 2. 313 Geological Team, Bureau of Geology and Mineral Exploration of Anhui Province, Lu'an Anhui 237010, China)

**Abstract:** In Chengmenshan mining area of Jiangxi Province, the most boreholes designed for the supplementary mining exploration project were ultra inclined with high requirement of drilling curvature, which made drilling construction difficult. There were difficulties of drilling straightening for many boreholes. Combining the instance of directional correction in deep hole ZKJ4-10, this paper introduces the working principles of screw directional correction of inclination, supporting equipments, operation methods and the points for attention. Based on the correction effects, the advantages and disadvantages of this technology are summed up, which provide reference to straightening construction in future deep geological holes drilling.

**Key words:** directional correction of inclination; drilling curvature; screw drill; Chengmenshan mining area

孔斜问题一直是困扰钻探施工质量的难题, 既影响钻探施工效率, 又影响地质找矿成果。采用螺杆定向纠斜技术可对偏斜钻孔进行纠偏, 使钻孔沿预先设计的钻孔轴线钻达预定目标, 确保钻孔质量, 满足地质找矿要求。

## 1 项目简介

江西省九江县城门山矿区位于九江市南西 255°, 直距 18 km 处, 属九江县城门乡管辖。项目为城门山铜矿金鸡窝铜多金属矿对接区补充勘查钻探施工, 自 2015 年 7 月开始启动, 设计钻孔 44 个, 工作量 28990 m。为了保证钻孔揭穿矿体的入矿角  $\leq 30^\circ$  及受场地影响, 矿区部分钻孔设计较斜, 其中, 最斜孔倾角  $49^\circ$ , 孔深 460 m; 倾角  $60^\circ \sim 75^\circ$  的钻孔 24 个, 孔深 14390 m; 倾角  $75^\circ \sim 80^\circ$  的钻孔 8 个, 孔深 5690 m; 倾角  $80^\circ \sim 85^\circ$  的钻孔 6 个, 孔深 5320 m; 倾角  $85^\circ \sim 90^\circ$  的钻孔 5 个, 孔深 3130 m。由此可见钻孔施工难度较大。

矿区钻遇地层岩性自上而下为: 第四系表土层、灰岩、含燧石结核灰岩、花岗闪长斑岩、角砾岩、大理

岩化灰岩、白云质灰岩、含铜黄铁矿、石英砂岩。主要岩石可钻性在 5~7 级, 部分硅化岩石可钻性在 10 级左右, 岩石硬度一般(中硬—硬), 研磨性不强(弱—中)。主要钻遇地层为灰岩, 岩石裂隙发育, 局部漏失、破碎严重; 强风化带遇水极易分解, 松散剥落, 钻孔易掉块、坍塌, 施工难度大。

## 2 钻孔地质技术要求

钻探施工质量不仅要严格遵照《地质岩心钻探规程》(DZ/T 0227—2010) 六项指标, 还应满足地质技术要求: 钻孔揭穿矿体时必须满足终孔偏线距和沿勘探线偏距均不得超过 10 m。可见钻孔弯曲度要求高, 矿区钻孔均采取了防斜、保斜、纠斜措施。

## 3 纠斜钻孔施工情况

以深孔 ZKJ4-10 孔为例, 开孔倾角  $70^\circ$ , 方位角  $148^\circ$ , 设计孔深 950 m, 为保证钻孔弯曲质量, 该孔采用大口径保斜, 其钻孔结构为: 采用  $\varnothing 150$  mm 普通硬质合金钻具开孔钻进至 21 m, 遇基岩下

Ø146 mm 孔口管,然后采用 Ø130 mm 金刚石绳索取心钻具钻进至 195.90 m,下 Ø127 mm 套管封隔炭质灰岩,改 Ø110 mm 钻具钻进至 492.90 m,下 Ø108 mm 套管封隔花岗岩闪长斑岩,换 Ø95 mm 钻具钻进至 629.07 m,下 Ø89 mm 套管,最后换 Ø76 mm 钻具钻进至终孔,终孔孔深 1009.52 m。

ZKJ4-10 孔施工至 757.52 m 时,测斜方位角为 159.5°,用作图法或计算公式(均角全距法)计算,ZKJ4-10 孔钻孔轴线偏线距太大,继续施工无法满足地质技术要求,须及时采取纠斜措施,为使钻孔进入靶区,终孔时方位角 < 142°。

## 4 螺杆钻定向纠斜施工工艺

### 4.1 纠斜工艺选择

目前国内造斜器具主要有偏心楔、LZ 连续造斜器、螺杆马达 3 种,但偏心楔多为固定式偏心楔,同口径不能连续造斜,不适用于纠斜工作量大的钻孔(ZKJ4-10 孔纠偏约 20°);LZ 连续造斜器定向不精确,误差大,而且不适用于深孔造斜;而螺杆钻具纠斜定向精确,钻孔轨迹偏斜方向可控,可连续造斜。3 种纠斜器具特性见表 1。

矿区部分钻孔采用了偏心楔和 LZ 连续造斜器纠斜,效果不明显,且耗时较长,因此 ZKJ4-10 孔

表 1 常见造斜器具特性

造斜器具	适应地层	定向方式	优点	缺点
偏心楔	可钻性 4 级以上,比较完整地层	单多点定向	结构简单,成本低	造斜必须换径,固定式偏心楔不能连续造斜,留在孔内是隐患
LZ 连续造斜器	可钻性 4 级以上,比较完整地层	连续定向	可连续造斜	对地层适应性差,不适用于深孔
螺杆钻具	适应性较宽,从坚硬地层至软弱、破碎地层均可	连续定向	可靠、效率高、地层适应性强,可连续造斜	造斜系统配置要求高,工程造价较高

采用螺杆钻定向钻进技术纠斜。

### 4.2 纠斜设备

ZKJ4-10 孔施工时选用的设备为 XY-44 型液压立轴式岩心钻机和 BW-250 型泥浆泵,纠斜前,根据钻孔孔深、孔径等情况合理选择适宜的定向纠斜器具,其设备分别为:(1)4LZ-54-4-直-1.25°型螺杆钻具;(2)LHE2000 型有线随钻测斜仪和 LHE2025 型地质绞车;(3)带导向的 Ø76 mm 扩孔钻头和变径接手若干;(4)Ø73 mm 粗径钻具 2 m;(5)电镀金刚石造斜钻头若干。随钻时,还应配备一根 Ø71 mm 无磁钻杆和专用通缆水龙头。

### 4.3 定向纠斜施工工艺

螺杆钻定向纠斜施工的程序是:确定地质要求的靶点靶区→清孔换浆→下入螺杆钻具→定向→纠斜钻进→扩孔钻进→稳斜钻进→测斜→继续下入螺杆钻具、定向、纠斜钻进、扩孔钻进、稳斜钻进、测斜→达到地质要求的靶点靶区。

### 4.4 纠斜前准备工作

(1)纠斜前,下钻开泵洗孔,确保孔内干净无岩粉,因为螺杆钻具定、转子间易被岩粉等沉淀物堵塞,容易造成螺杆钻损坏。洗孔后,清理循环系统,更换新鲜冲洗液,要求冲洗液含砂量 < 0.5%,颗粒直径 < 0.03 mm,粘度 < 20 s。

(2)下钻前,检查螺杆钻。将螺杆钻横放于地

面,用自由钳固定,传动轴端垫高,卸下钻头往传动接头内注水,同时用自由钳顺时针旋转传动轴(站在近钻头端面向螺杆钻看),对螺杆钻进行清洗。

(3)检查旁通阀是否完好,用木棒向下压旁通阀阀芯,从上部向旁通阀注满水,此时旁通阀两侧应不漏水,然后抽出木棒,阀芯应被弹簧弹起复位,水从侧面各孔流出,即可认为正常。

(4)下钻时,在孔口通泵试转螺杆钻是否正常工作,下钻过程中,钻杆要上紧,每根钻杆丝扣连接处要缠生胶带防漏,避免钻杆漏水引起动力不足。

(5)下钻时,在孔口通泵试转螺杆钻,下钻速度要慢,防止螺杆钻反转致使螺杆钻内部构件松扣或吸入大量岩粉;下钻过程中,每下 100 m,开泵往钻杆柱内注满水,离孔底还有 100 m 时,每 30 m 注一次水,防止岩粉通过旁通阀和钻头水眼进入螺杆钻内部。

(6)为防止泥浆池内沉淀的岩粉吸入螺杆钻,可将水泵莲蓬头用 20~60 目纱网包裹,并将莲蓬头抬高,脱离池底一定高度。

(7)下钻前,要更换木马夹持器卡瓦,下钻时要小心仔细,杜绝跑管事故发生。ZKJ4-10 孔第二次纠斜下钻时在孔深 600 m 左右发生跑管,直接造成螺杆钻具(价值 3 万多元)损坏,而且停待时间多达 5 天。

### 4.5 定向

ZKJ4-10 孔定向系统如图 1 所示,LHE2000 型

有线随钻测斜仪的探管穿过钻杆,进入螺杆钻上方的定向接头,探管下部的引鞋正好插入定向接头的定向键。在测量时,顶角、方位角、工具面角等参数传递至地面的数据处理仪,通过计算并调整螺杆钻的工具面角,即可使钻孔沿着设计的钻孔轨迹前进。

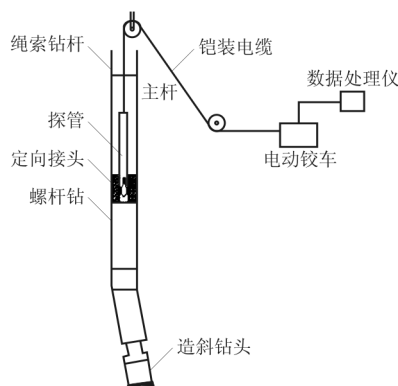


图1 定向系统

定向操作步骤如下。

(1) 由于定向仪的高边与螺杆钻母线存在一定的装合差,使用前必须进行高边修正。

(2) 下螺杆钻具,下钻后钻具应离孔底 0.2 ~ 0.5 m。太低,孔底沉积的岩粉容易堵塞螺杆钻,无法正常启动;太高,定向不准确,影响造斜效果,钻具放到孔底时,保证机上余尺至少有 3 m。

(3) 下随钻测斜仪,仪器进入螺杆钻后反复提拉 3 ~ 4 次,工具面角读书误差在 5° 内,方能确定仪器入键,然后进行定向。

工具面角 = 理论计算安装角 + 反扭角。

① 理论计算安装角公式:

$$\tan\beta = \frac{\sin(\Delta\alpha)}{\cos\theta_1 \cos(\Delta\alpha) - \sin\theta_1 \cot\theta_2}$$

式中: $\beta$ ——理论计算安装角; $\Delta\alpha$ ——纠斜前后方位改变量; $\theta_1$ 、 $\theta_2$ ——分别为纠斜前、后顶角。

② 反扭角取决于钻压、钻杆类型和长度、井斜角的大小,使用大规格螺杆钻时反扭角大,使用粗钻杆时反扭角小,是经验值。根据 ZKJ4-10 孔钻遇地层,采用  $\varnothing 54$  mm 螺杆钻具时, $\varnothing 71$  mm 绳索钻杆反扭角大小为  $(25^\circ \sim 30^\circ)/1000$  m。

因此,ZKJ4-10 孔在孔深 750 m 造斜只降方位角时,理论安装角为  $270^\circ$ ,反扭角估算为  $20^\circ$ ,因此工具面角为  $290^\circ$ 。

转动钻杆,直到随钻测斜仪显示的工具面角读数为  $290^\circ$ ,定向结束。转动钻杆时只能正转,反转

容易引起钻杆回扣。在转动钻杆时应反复提拉钻杆,消除钻杆扭劲,定向才能准确。

定向结束后,用油漆做好标记,取出随钻测斜仪,合上主动钻杆,不使其发生转动,最好在主动钻杆上安装防反转装置。

#### 4.6 纠斜钻具级配和钻进参数

纠斜钻进过程分造斜钻进、扩孔钻进和稳斜钻进 3 道工序,各工序钻具组合见表 2。

表 2 钻孔纠斜各工序钻具组合

钻进方法	钻具组合
造斜钻进	$\varnothing 60$ mm 金刚石造斜钻头 + $\varnothing 54$ mm ( $1.25^\circ$ ) 单弯螺杆钻 + $\varnothing 53$ mm 绳索取心钻杆 + 定向接头 + 变径接手 + $\varnothing 71$ mm 绳索取心钻杆
扩孔钻进	$\varnothing 76$ mm 金刚石导向扩孔钻头 + $\varnothing 71$ mm 绳索取心钻杆
稳斜钻进	$\varnothing 76$ mm 金刚石钻头 + $\varnothing 73$ mm 绳索取心钻具 (2 m) + $\varnothing 71$ mm 绳索钻杆

##### 4.6.1 造斜钻进

(1) 钻压:定向成功后启动水泵,将钻具缓慢下放到底,刚开始使用小钻压钻进,等正常进尺后可慢慢调整钻压。 $\varnothing 54$  mm 螺杆钻具推荐钻压为 5 kN,最大钻压为 10 kN。当钻压变大时,导致钻头阻力矩增加,引起相应的转速降低,当钻压增大到临界值时钻头转速为而出现制动,此时泵压表数值突增,应立即将钻具提高孔底循环钻井液,待泵压表的数值下降后再下放钻具缓慢施加钻压。

(2) 泵量: $\varnothing 54$  mm 螺杆钻具推荐泵量为 60 ~ 180 L/min。

(3) 马达压降:马达压降 = 工作泵压 - 离井底泵压, $\varnothing 54$  mm 螺杆钻具马达压降最大为 3.2 MPa。开始启动水泵,逐渐增加流量至螺杆钻启动,此时泵压为离井底泵压,钻进过程中的泵压为工作泵压。

ZKJ4-10 孔第一次造斜钻进 2.6 m,钻进时间 7 h,钻进时速为 0.37 m/h。正常钻进时泵压为 3 ~ 4 MPa (ZKJ4-10 孔部分漏失),随着造斜进尺增加,岩粉进入钻头水眼,堵住了钻头水眼使泵压变大,最大达 6 ~ 7 MPa,造斜完后起钻卸下钻头,钻头内无岩心,有岩粉,证实了这一点。

##### 4.6.2 扩孔钻进

扩孔钻具带导向,上部接  $\varnothing 50$  mm 钻杆,岩心管长度较短 ( $\geq 2$  m),这样扩孔时阻力较小。扩孔过程中应轻压、慢转,防止钻具阻力过大而发生断裂,同时扩孔时要来回多次修整扩孔段,以圆滑钻孔轨迹,方便以后安全钻进。

#### 4.6.3 稳斜钻进

扩孔后,换粗径钻具稳斜钻进4~6 m,钻具上部接一根 $\varnothing 50$  mm钻杆,岩心管长度应小于2 m,这样可以增加钻具的柔性,能够稳住造斜效果不至于产生回偏。钻进时应控制转速在100 r/min左右,第一个回次进尺控制在1 m左右。

#### 4.7 钻孔轨迹监测

原孔段、造斜段、稳斜段的钻孔轨迹为直线—曲线—直线,造斜后便进行测斜,造斜段、稳斜段每间隔1 m 1个测点,通过进行密集的测斜可以加强钻孔轨迹监测,反映出造斜强度、稳斜效果及钻孔自然弯曲度等参数,并根据测斜结果及时调整纠斜钻进有关参数,以利于进行下一次钻孔轨迹控制。

#### 4.8 螺杆钻操作注意事项

(1)造斜时,操作者应时刻观察泵压表,根据泵压判断螺杆马达工作状况,进而采取相对应措施。

(2)在主动钻杆上划线做好标记,防止螺杆钻具转动而不知道。

### 5 螺杆钻定向纠斜成果

ZKJ4-10孔共纠斜2次,第一次纠斜:孔段757.52~764.72 m,方位从159.5°降至151°,降方位8.5°;第二次纠斜:孔段764.72~771.92 m,方位从151°降至140°,降方位11°;2次纠斜共纠偏方位约20°,使钻孔顺利“中靶”,满足地质技术要求。

此外,矿区0线、2线、6线等部分深孔采用螺杆钻定向纠斜技术也取得了很好的效果。

### 6 存在的问题

虽然螺杆钻定向纠斜技术在城门山矿区取得了很好的效果,但也存在着一些不足之处。

定向精度有待提高:由于螺杆钻具弯管的实际安装角=理论计算安装角+反扭角,而反扭角是根据经验估算的,因此实际安装角存在误差,当误差过大时可能起不到纠斜效果或者起到相反效果,与初衷背道而驰。

ZKJ4-10孔造斜强度过大,纠斜段平均弯强达1.2°/m,接近钻杆承受极限,致使ZKJ4-10孔钻机开一速(83 r/min)都多次发生断钻杆事故,而且打捞、投放内管在造斜段易卡,严重影响了后续安全钻进施工。针对此情况,应选择弯管度数低的螺杆钻具或减少造斜进尺,避免钻孔出现强烈“狗腿”弯。

此次未做到随钻纠斜,主要原因是随钻时仪器在孔底受振动等影响易损坏,而随钻测斜仪价格昂贵,考虑经济效益未随钻纠斜;其次,随钻时孔底与测斜仪存在距离差,倾角、方位角测量滞后5~6 m,而地质孔造斜段一般在3 m左右,随钻测量倾角、方位角意义不大,但随钻时可时时监控螺杆钻具的安装角,有利于钻孔轨迹控制。

### 7 结语

螺杆钻定向钻进工艺可使钻孔弯曲满足地质勘探要求,避免钻孔报废的同时又使矿产储量核实更为精确,还可利用定向分支孔技术,在条件具备的矿区大幅度节约钻探工作量。

但螺杆钻定向纠斜工艺还存在诸如反扭角预估不准确、造斜强度选择非最优等种种问题,还需不断学习、实践摸索、完善工艺。

### 参考文献:

- [1] 吴翔,杨凯华,蒋国盛.定向钻进原理与应用[M].湖北武汉:中国地质大学出版社,2006.
- [2] 朱永宜.地质勘查与科学钻探螺杆钻深部定向钻探技术[C]//中国地质调查局定向钻探技术培训交流会材料,2011:70-128.
- [3] 王达,何远信,等.地质钻探手册[M].湖南长沙:中南大学出版社,2014:601-627.
- [4] 樊腊生,张伟,吴金生,等.汶川地震断裂带科学钻探项目WFSD-4孔定向钻进技术应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(9):101-113.
- [5] 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.
- [6] 邹道全.受控定向钻进技术在福建马坑矿区的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(1):70-74,80.
- [7] 程洪文.定向钻进及随钻测量技术在充填孔施工中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(6):11-16.
- [8] 黄高忠,李志强,潘海迪,等.江西省浮梁县朱溪矿区ZK5407深孔螺杆钻定向纠斜施工工艺[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(8):43-48,54.
- [9] 王天放,战启帅,段建利,等.深部找矿定向钻探技术研究与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(22):163-170.
- [10] 滕子军,范万庆.螺杆钻具纠斜的关键技术[J].中国煤田地质,2004,16(S1):118-120.
- [11] 刘志强.定向钻进轨迹控制技术[C]//中国地质调查局定向钻探技术培训交流会材料,2011:31-51.
- [12] 李得新,首照兵,章述,等.螺杆马达在极斜地层中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(2):67-69,73.
- [13] 李海民.WFSD-2孔二开孔斜分析及纠斜施工[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(1):21-24.
- [14] 谢宏军,索晓晶.定向钻进技术在黑龙江金厂矿区的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(6):19-22,26.
- [15] 姚爱国,高辉,方小红.定向钻进技术的发展与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(S1):62-65.