

# 江西省浮梁县朱溪矿区 ZK5407 深孔 螺杆定向纠斜施工工艺

黄忠高<sup>1</sup>, 李志强<sup>1</sup>, 潘海迪<sup>1</sup>, 刘甲祥<sup>1</sup>, 杨启文<sup>2</sup>

(1. 江西省地质矿产勘查开发局九一二大队, 江西 鹰潭 335001; 2. 山东莱芜鸿丰探矿工程有限公司, 山东 莱芜 271100)

**摘要:**在简述朱溪矿区 ZK5407 孔前期钻探施工的基本情况, 根据定向纠斜地质要求等情况确定了纠斜总体思路。详细介绍了自孔深 1288.70 m、顶角 8.6°、方位角 30°至孔深 1637.25 m、顶角 2.7°、方位角 257°共 17 次的包括螺杆定向纠斜的理论准备、设备仪器、实施经过和钻进工艺在内的螺杆定向纠斜施工工艺, 并阐述了开创江西省地矿系统深孔螺杆定向钻探先例之成果意义。

**关键词:**深孔; 螺杆钻; 定向纠斜; 朱溪矿区

**中图分类号:** P634.7   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1672-7428(2015)08-0043-06

**Construction Technology of Screw Directional Deviation Correction for Deep ZK5407 in Zhuxi Mining Area of Jiangxi/HUANG Zhong-gao<sup>1</sup>, LI Zhi-qiang<sup>1</sup>, PAN Hai-di<sup>1</sup>, LIU Jia-xiang<sup>1</sup>, YANG Qi-wen<sup>2</sup>** (1. 912 Brigade, Jiangxi Province Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Yingtan Jiangxi 335000, China; 2. Hongfeng Exploration Co., Ltd., Laiwu Shandong 271100, China)

**Abstract:** Based on the previous construction situation of ZK5407 in Zhuxi mining area and according to the geological requirements of directional deviation correction, the general idea of directional deviation correction was determined. This paper introduces in detail the screw directional deviation correction technologies used 17 times in the segment from the hole depth of 1288.70m, angle 8.6 and azimuth 30 to the hole depth of 1637.25m, angle 2.7 and azimuth 257, including the theoretical preparation, instrument and equipment, implementation process and drilling technology.

**Key words:** deep hole; screw drill; directional deviation correction; Zhuxi mining area

## 1 概述

江西省浮梁县朱溪及外围金属矿位于江西省东北部景德镇—乐平之间, 行政区划隶属景德镇市浮梁县寿安镇、乐平市涌山镇等管辖, 是我单位近 5 年承担的江西省地质勘查基金和中央地质勘查基金联动勘查项目。

项目自 2010 年开始启动, 共投入资金 1.0065 亿元, 累计完成钻探工作量 26000 m。据现有资料初步判断, 朱溪矿区深部具有寻找超大型钨矿床和大中型铜矿床的资源潜力。

ZK5407 孔设计孔深 2300 m, 设计开孔顶角 0° (勘探线方位 137°)。主要钻遇地层为灰岩、厚—巨厚层状中细粒白云岩、糖粒状大理岩、矽卡岩化大理岩和粉砂质石英砂岩。岩石硬度一般(软—中硬), 可钻性级别中等(5~7 级), 研磨性不强(弱—中),

比较完整和稳定。但岩石局部裂隙发育, 蚀变常见。质量要求按《地质岩心钻探规程》(DZ/T 0227-2010)6 项指标, 如岩心采取率  $\geq 70\%$ , 矿心采取率  $> 80\%$ , 顶角弯曲度  $\leq 2^\circ/100\text{ m}$ , 等。

钻孔结构是:  $\varnothing 130\text{ mm}$  开孔钻至 3.5 m 后, 用  $\varnothing 150\text{ mm}$  扩孔至 5.40 m 下  $\varnothing 146\text{ mm}$  孔口管,  $\varnothing 130\text{ mm}$  续钻至孔深 14.15 m 处下  $\varnothing 127\text{ mm}$  套管, 改  $\varnothing 110\text{ mm}$  钻深达 22.40 m 并下  $\varnothing 108\text{ mm}$  套管, 换  $\varnothing 95\text{ mm}$  钻至孔深 1205.40 m, 并相应下了套管 ( $\varnothing 89\text{ mm}$  绳索取心钻杆作技术套管), 换  $\varnothing 76\text{ mm}$  绳索取心钻进至终孔。

采用聚丙烯酰胺、磺化沥青和润滑剂组成的无固相冲洗液, 完全适合钻进要求。钻进中孔壁稳定, 孔内干净。

2014 年 4 月 6 日开孔, 至 6 月 13 日停止钻进施

收稿日期: 2014-12-30; 修回日期: 2015-06-29

基金项目: 江西省地质勘查基金管理中心项目“江西省浮梁县朱溪外围铜多金属矿普查”(编号: 20100102)

作者简介: 黄忠高, 男, 汉族, 1968 年生, 工程师, 长期从事地质钻探技术管理工作, 江西省鹰潭市梅园大道 16 号, hzg681022@126.com。

工,孔深 1641.70 m,折合台月效率高达 700 m 以上。其中孔深 901 m 处发生跑钻事故,前后处理时间 >200 h,最后是用“磨”的方法消灭孔内钻头。但 6 月 14 日接到地质方面的通知,钻孔顶角弯曲指标尽管符合当初地质设计提出的  $2^\circ/100\text{ m}$  要求,但钻孔轴线的水平位移太大,不能继续进行钻探施工。

鉴于孔斜问题,6 月 19 日,用 JTL-40GX 光纤陀螺测斜仪测斜,部分测斜结果及水平偏距见表 1。

表 1 ZK5407 孔前期钻探部分测斜结果及水平偏距

测深/m	顶角/( $^\circ$ )	方位角/( $^\circ$ )	水平偏距/m
800	2.8		17
900	3.7	19	23
1000	5.5	32	30
1100	6.4	32	40
1200	7.5	34	52
1250	8.7	31	58
1300	8.7	29	66
1400	9.3	34	81
1500	10.7	35	98
1600	11.3	35	117

## 2 定向纠斜地质要求和总体思路

### 2.1 定向纠斜地质要求

鉴于钻孔水平偏距 >100 m 并有继续增大趋势,分析认为,即使挪孔重钻或使用液动冲击器钻进也很难完全满足地质要求,故决定应用螺杆定向钻探技术进行纠斜。

定向纠斜地质要求是:ZK5407 钻孔见矿结束点(预计孔深 2200 m)在孔口所在水平面的投影位置与钻孔开孔点的距离即水平位移  $\geq 100\text{ m}$ 。

### 2.2 定向纠斜总体思路

根据定向纠斜地质要求,结合 ZK5407 孔前期钻探施工实际,参考国内地质岩心定向钻探施工经验,经过有关领导、技术人员和施工工人的反复商议,最终确定 ZK5407 孔定向纠斜的总体思路如下。

(1) 纠斜起始点定为 1300 m 左右,即在 1300 m 下部人造孔底。

(2) 纠斜口径为  $\varnothing 75(76)\text{ mm}$ 。

(3) 纠斜工具为廊坊奥瑞拓石油机械有限公司生产的  $\varnothing 65\text{ mm}(1^\circ)$  单弯螺杆钻配  $\varnothing 75\text{ mm}$  金刚石不取心钻头。

(4) 采用上海力擎地质仪器有限公司生产的单点定向仪和陀螺测斜仪进行定向和测斜。

(5) 购置  $\varnothing 55\text{ mm} \times 5.5\text{ mm}$  绳索取心钻杆以代

替大部分  $\varnothing 71\text{ mm} \times 5.5\text{ mm}$  绳索取心钻杆进行纠斜钻进,从而解决全部使用  $\varnothing 71\text{ mm}$  绳索取心钻杆纠斜钻进时 BW300-12 型水泵仅能满足螺杆钻具较大流量要求而无法同时满足较高泵压要求的矛盾。另购置 BW350/16 型水泵备用。

(6) 先降顶角,后降方位角(在顶角  $3^\circ$  左右再降方位角),因为顶角大时扭方位比较困难,顶角小时扭方位比较容易,且顶角小至  $1^\circ \sim 2^\circ$  可能方位角测量不准。

(7) 采用间断造斜法,即以 20 m 左右长度进尺进行分段多次纠斜,控制每段纠斜进尺 2~3 m、稳斜进尺 17~18 m,以达顶角弯曲强度  $0.3^\circ \sim 0.4^\circ/\text{m}$  或方位角弯曲强度  $10^\circ \sim 15^\circ/\text{m}$  而不断钻杆之要求。

(8) 及时测斜,并根据测斜结果调整纠斜钻进有关参数,进而预估钻孔弯曲和水平偏距变化趋势,确保满足“ZK5407 钻孔见矿结束点(预计孔深 2200 m)在孔口所在水平面的投影位置与钻孔开孔点的距离即水平位移  $\geq 100\text{ m}$ ”的地质要求。

## 3 螺杆定向纠斜施工工艺

### 3.1 螺杆定向纠斜的理论准备

#### 3.1.1 定向钻孔空间轨迹

ZK5407 孔定向纠斜,是在已知初始造斜点位置以及该点孔斜值的情况下进行的。后续的纠斜施工,将根据地质方面的靶区目标要求实施。

地质方面常采用全角半距法或曲率半径法。

#### 3.1.2 螺杆钻具

螺杆钻具也称为容积式马达(PDA),具有低速大扭矩的特征,是目前最广泛使用的一种井下动力钻具。主要由旁通阀总成、防掉装置、马达总成、万向轴总成和传动轴总成组成。

螺杆钻反扭转角是定向时必须考虑的一个重要因素。定向时安装角的读数,应是在设计初始安装角的基础上,加上预先设置的螺杆钻反扭转角。

螺杆钻的输入-输出特性问题。在给定冲洗介质(含砂量  $\geq 0.4\%$ )和泥浆泵排量下,螺杆钻的输出转速与其它各参数基本无关;输出功率、输出扭矩与压降成正线性关系;机械效率有一个最大值。

$\varnothing 65\text{ mm}$  螺杆钻的马达排量范围是 140~280 L/min,马达压降为 2.4 MPa。

#### 3.1.3 定向仪和测斜仪

DXY-2型数字定向仪输出的工具面向角(安装角)是以鞋靴引槽所在母线为零位位置,即当引槽所在母线处于探棒外径圆周的最高点时,工具面向角(安装角)的读数为零,并以顺时针增大、逆时针减小的方式变化。

XBY-2GW无线光纤寻北陀螺测斜仪由地面无线控制仪和井下探棒2部分组成。仪器采用自寻北测量方式,其工作原理是通过高精度的陀螺仪测量地球自转速度( $15^\circ/\text{h}$ ),结合不同地区的纬度值,计算出当地的地球自转分量,从而测得仪器所指方位角。

### 3.1.4 安装角与纠斜效果的关系

螺杆钻在孔底的安装方位不同,所产生的纠斜(造斜)效果也不同。当螺杆钻的弯曲凸面安装在钻孔上帮时,母线处于探棒外径圆周的最低点,此时工具面向角(安装角)的读数为 $180^\circ$ ,钻孔向下弯曲,顶角下垂;当弯曲凸面安装在钻孔下帮时,工具面向角(安装角)的读数为 $0^\circ$ ,顶角上漂;当弯曲凸面安装在钻孔左帮时,工具面向角(安装角)的读数为 $90^\circ$ ,方位角增大;当弯曲凸面安装在钻孔右帮时,工具面向角(安装角)的读数为 $270^\circ$ ,方位角减小。

其基本原理如图1所示。

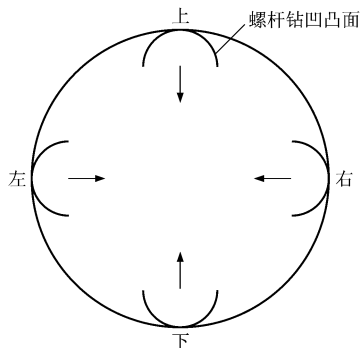


图1 螺杆钻孔内安装示意图

### 3.2 螺杆定向纠斜的设备和仪器

除了正常钻进所需的钻探设备和管材(见表2)外,ZK5407孔定向纠斜还需如表3的仪器和设备。

### 3.3 螺杆定向纠斜的实施经过

为定向纠斜,ZK5407孔必须在孔深1300m以深进行人造孔底(水泥封孔)。为此,前前后后共水泥封孔5次,才基本满足人造孔底的要求。

9月2日正式开始螺杆定向纠斜,钻具组合: $\varnothing 75\text{ mm}$ 金刚石不取心钻头+ $\varnothing 65\text{ mm}$ 单弯 $1^\circ$ 螺杆钻+ $\varnothing 71\text{ mm} \times 5.5\text{ mm}$ 绳索取心钻杆3m+ $\varnothing 55\text{ mm}$

表2 正常钻进钻探设备和管材配备

序号	物资名称	规格型号	数量	说明
1	钻塔	SGX-17.5	1付	偏小
2	钻机	HXY-6A	1台	偏小
3	柴油机	6BTA5-9-C150	1台	配钻机
4	水泵	BW-300/12	1台	
5	柴油机	R4105ZD1	1台	配水泵
6	发电机	STC-24	1台	
7	搅拌机	$0.28\text{ m}^3$	1台	
8	绳索取心钻杆	$\varnothing 89\text{ mm} \times 5.5\text{ mm}$	1300 m	
		$\varnothing 71\text{ mm} \times 5.5\text{ mm}$	2400 m	
9	小口径罗盘测斜仪	KXP-2		

表3 定向纠斜仪器和设备

序号	物资名称	规格型号	数量	说明
1	数字定向仪	DXY-2	1台套	
2	无线光纤寻北陀螺测斜仪	XBY-2GW	1台套	
3	螺杆钻	4LZ-65-3-1°	2根	配套钻头、定向接头等
4	绳索取心钻杆	$\varnothing 55\text{ mm} \times 5.5\text{ mm}$	1300 m	增大钻孔环状间隙以降低泵压
5	水泵	BW-350/16	1台套	备用

$\times 5.5\text{ mm}$ 绳索取心钻杆769m+ $\varnothing 71\text{ mm} \times 5.5\text{ mm}$ 绳索取心钻杆504m+主动钻杆;采用的安装角是:为降顶角设计初始安装角 $180^\circ$ -定向母线顺时针超前定向键的工具装合差 $124^\circ$ +预计反扭转角 $30^\circ = 86^\circ$ ,实际安装角读数为 $85^\circ$ ;采用水泵160 L/min的额定排量(对应的额定泵压为10 MPa),纠斜前泵压8 MPa,螺杆钻到底后开始纠斜的工作泵压8.4 MPa。本次螺杆钻工作约9 h,纠斜孔段为1288.70~1291.30 m计2.60 m长。

9月3日起钻(起钻时 $\varnothing 55\text{ mm}$ 绳索取心钻杆跑钻,下原钻杆顺利对上)后用 $\varnothing 71\text{ mm}$ 绳索取心钻杆配 $\varnothing 76.8\text{ mm}$ 修孔钻头修孔(修孔快结束时钻头上的变丝接手断脱,用公锥锥起)。9月5日下普通 $\varnothing 76\text{ mm}$ 绳索取心钻具钻进至孔深1303.60 m,测斜,顶角由 $8.6^\circ$ 增加至 $10.8^\circ$ ,方位角由 $30^\circ$ 降低至 $28^\circ$ 。这与降顶角的纠斜目的完全相反。多方寻找原因未果,反复商议后,第二次即9月7日采用读数 $200^\circ$ 的安装角(实际读数 $198^\circ$ )进行纠斜,钻具与第一次相同,只是增加上部 $\varnothing 71\text{ mm}$ 绳索取心钻杆。纠斜钻进2.70 m后,稳斜钻进至1330.60 m,顶角下降至 $9.7^\circ$ ,方位角为 $23^\circ$ 。

第三次纠斜采用 $222^\circ$ 的安装角,稳斜钻进后测斜,仪器不正常,读出的顶角下降至 $8.4^\circ$ 不一定可靠。随后联系厂家维修测斜仪的同时,开始第四次

纠斜。亦采用类似的218°安装角,稳斜钻进后测斜结果表明,第三次纠斜效果不明显,顶角仅略微下降,第四次纠斜基本没有效果,顶角几乎没变,方位角均无变化。分析认为,根本原因在于水泵泵量偏小,致螺杆钻工作乏力。

第五次即9月17日纠斜,增加Ø55 mm绳索取心钻杆500 m并相应减少Ø71 mm绳索取心钻杆,采用204°安装角,稳斜钻进后测斜,顶角上漂0.6°,方位角下降4°。分析认为此时孔内钻杆反扭角为60°~70°。所以自第六次开始以降顶角为目的的纠斜,大都采用100°左右的安装角,自第十三次开始以降方位角兼降顶角为目的的纠斜,大都采用170°左右安装角,最后一次即第十七次以降方位角兼增顶角为目的的纠斜,发生的时间是10月19日,采用的是281°的安装角,纠斜钻进1633.60~1637.25 m计3.65 m后,稳斜钻进后测斜,顶角由2.1°增至2.7°,方位角由265°降为257°,水平偏距98.26 m。

鉴于自纠斜以来尤其是自第十三次开始以降方位角兼降顶角为目的的纠斜以来,钻孔的方位角明显表现出逆时针螺旋减小并明显小于272°的变化规律,钻孔水平偏距以第十六次纠斜达最大值98.56 m(孔深1605 m处)后开始减小,故预计以降方位角兼增顶角为目的的第十七次纠斜后的稳斜钻进中,不论顶角或大或小变化,方位角都将不可能明显反转即增大至272°以上,亦即水平偏距将<98.26 m<98.56 m<100 m。后续的稳定钻进施工证明,这一判断是正确的。最终终孔孔深2047.60

m,顶角0.4°,方位角250°,水平偏距91.39 m,完全达到了预期目的。

图2为ZK5407孔全孔方位角变化在靶区范围内投影。

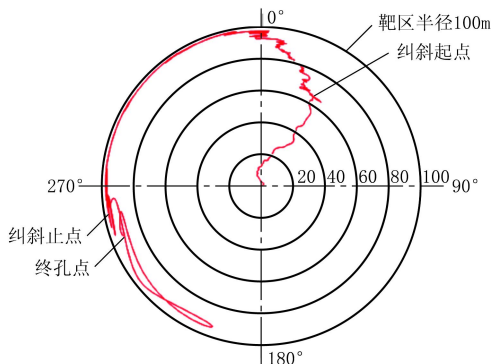


图2 ZK5407孔全孔方位角变化在靶区范围内投影

图3为ZK5407孔钻孔轨迹水平投影。

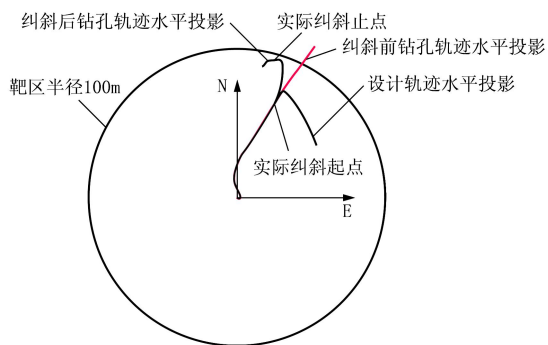


图3 ZK5407孔钻孔轨迹水平投影

图4为ZK5407孔全孔孔斜和水平位移图。

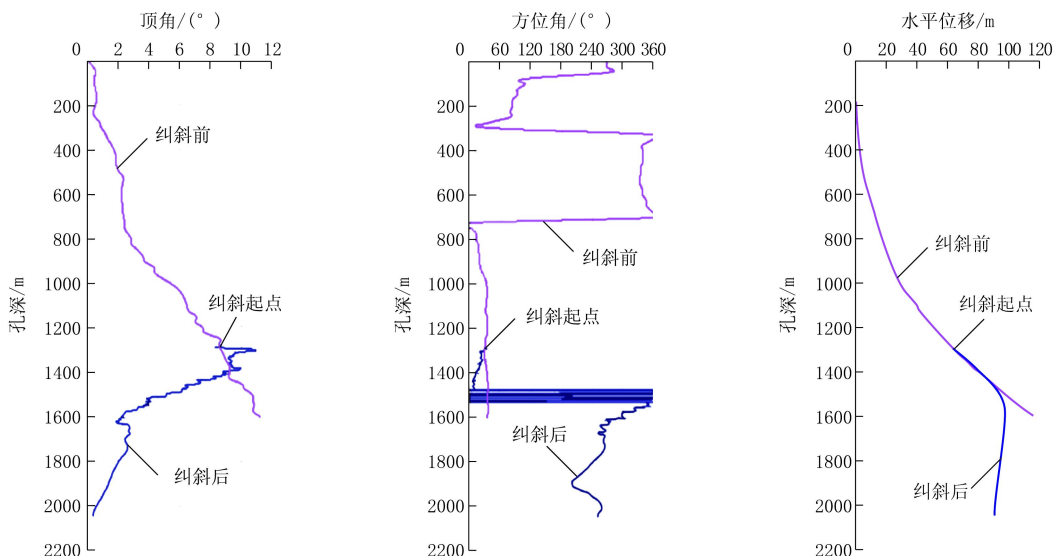


图4 ZK5407孔全孔孔斜和水平位移

ZK5407 孔 17 次螺杆定向纠斜成果见表 4。

表 4 ZK5407 孔 17 次螺杆定向纠斜成果

序号	纠斜孔段/ m	安装角最终 读数/(°)	纠斜目的	是否达到 纠斜目的	纠斜后 顶角/(°)	纠斜后方 位角/(°)	计算造斜强度/ [(°)·m <sup>-1</sup> ]
1	1288.70 ~ 1291.30	85	降顶角	否	10.8	28	1.06
2	1303.60 ~ 1306.30	198	主增方位角,次降顶角	否	9.7	23	0.32
3	1330.60 ~ 1333.10	222	降顶角	是	9.2	24	0.08
4	1357.60 ~ 1360.30	218	降顶角	否	9.3	19	0.00
5	1381.60 ~ 1383.80	204	降顶角	否	9.9	15	0.35
6	1399.60 ~ 1401.70	120	主降顶角,兼降方位角	是	9.0	12	0.34
7	1417.60 ~ 1419.50	123	降顶角	是	8.3	9	0.54
8	1432.60 ~ 1435.60	102	降顶角	是	7.2	7	0.33
9	1456.00 ~ 1458.70	112	降顶角	是	6.3	5	0.19
10	1474.50 ~ 1477.75	135	降顶角	是	6.1	358	0.28
11	1492.60 ~ 1495.65	98	降顶角	是	5.2	358	0.27
12	1513.60 ~ 1516.65	116	降顶角	是	3.9	0	0.33
13	1531.30 ~ 1533.70	172	主降方位角,兼降顶角	是	3.9	348	0.23
14	1552.40 ~ 1555.85	158	主降方位角,兼降顶角	是	3.3	325	0.31
15	1573.60 ~ 1576.60	170	主降方位角,兼降顶角	是	2.4	298	0.45
16	1603.30 ~ 1606.85	200	降方位角	是	2.1	265	0.26
17	1633.60 ~ 1637.25	281	降方位角兼增顶角	是	2.7	257	0.18

注:(1)纠斜前顶角 8.6°,方位角 30°;(2)一根螺杆钻纠斜 17 次,工作时间 > 150 h,还可用;(3)工具装合差 -124°,仪器装合差 0°;(4)前 4 次纠斜采用 Ø55 mm × 5.5 mm 绳索取心钻杆 769 m,后 13 次纠斜采用 Ø55 mm × 5.5 mm 绳索取心钻杆 1269 m;(5)水泵流量 160 L/min,水泵压力前 4 次纠斜达 8.5 MPa 及以上,后 13 次纠斜 6.5 MPa 左右;(6)钻进压力控制方面,0 钻压维持一段时间后分级加压力,以达钻速 0.3 ~ 0.4 m/h 为宜。

### 3.4 螺杆定向纠斜的钻进工艺

#### 3.4.1 定向纠斜钻进施工程序

定向纠斜钻进的施工程序是:确定地质要求的靶点靶区→选定分支点孔深→人造水泥孔底→清孔换浆→下入螺杆钻具→定向→纠斜钻进→稳斜钻进→测斜→继续下入螺杆钻具、定向、纠斜钻进、稳斜钻进、测斜→达到地质要求的靶点靶区。

#### 3.4.2 下钻

- (1)下入螺杆钻前,必须确认孔内干净;
- (2)清理循环系统,更换新鲜冲洗液,要求冲洗液含砂量 < 0.4%,颗粒直径 < 0.3 mm,粘度 < 20 s;
- (3)组装螺杆钻,记录工具装合差;
- (4)在地表进行螺杆钻试运转,记录泥浆泵的排量、压力和螺杆钻的运转情况;

(5)将钻具下到离孔底 0.3 ~ 0.5 m 的位置后,反复上下提拉整个钻杆柱,尽可能保持孔内钻杆柱的自由下垂,减少乃至消除虚假“反扭转角”对定向钻进的危害。

#### 3.4.3 孔内定向

##### 3.4.3.1 定向前准备工作

计算初始安装角(考虑仪器装合差、工具装合

差和螺杆钻反扭转角);

孔口滑轮边缘对准孔内钻杆中心,以防仪器下孔时管口划伤电缆接头;仪器下孔前先在地表试运转,确认面板与电缆、电源的线路联接无误和仪器读数基本正确后方可下入。

##### 3.4.3.2 孔内定向操作

下放仪器,校对仪器的测量深度以判断仪器到位,测读螺杆钻的孔内初始状态,并计算其与初始安装角的差值;用“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初始安装角为止;夹紧钻柱再次复读仪器,认定无误后提升仪器;在地表引固定标记到钻柱顶部,合上主动钻杆,不使其发生转动。

##### 3.4.3.3 操作注意事项

可通过电缆入井深度和仪器面板不变的读数判断是否入键。

#### 3.4.4 定向钻进

##### 3.4.4.1 钻进前准备工作

将泵量调至螺杆钻钻进所需挡位,开泵对螺杆钻进行孔内试运转。

#### 3.4.4.2 定向钻进过程

(1) 一般情况下的操作。对螺杆钻施压前钻具必须悬离孔底 0.1~0.2 m。开泵驱动螺杆钻并待泵压稳定后缓慢下放钻具至孔底,观察到泵压有一个微小的跳跃后维持轴压 10~15 s 再给压钻进;

施压分级进行,建议 0.5~1 kN 为一级,过程必须缓慢均匀;

钻进时要严密注视钻探仪表和钻速的变化;

采用的泵量是 160 L/min 的额定排量档(对应的额定泵压为 10 MPa),纠斜钻进时正常泵压一般 6.5 MPa 左右;

由于地层变化不大,建议钻速 0.3~0.4 m/h 为宜。

(2) 分支钻进操作。开泵,慢放钻头到孔底,0 钻压维持一段时间后慢放钻具 1~2 cm,反复数次,直到可明确判断已分出月牙形新孔底,再逐渐加大钻压;

由于分支钻进“拐点”的出现,判断出已钻开新孔底后不可再长钻程钻进,否则钻孔将出现强烈的“狗腿”弯,影响后续安全钻进。

(3) 定向加接单根。主动钻杆打完尚未完工设计的造斜工作量时,需加接单根继续钻进(应尽可能一次性配好机上余尺),务必保持钻杆柱的原有定向不发生变化。

#### 3.4.4.3 操作注意事项

泵压是反映螺杆钻孔内工况的重要依据,操作者必须时刻严密注视表头,根据指针变化来调节钻进参数,如有异常,必须首先将钻具提离孔底再做其他处理;

钻进过程中,要经常检查主动钻杆的划线方向位置,如有偏转应及时纠正;

分支造斜后换常规钻具稳斜钻进前,应用短钻具联接直径略大于同级扩孔器的锥形金刚石钻头修孔一次,以圆滑钻孔轨迹。

#### 3.4.5 钻孔弯曲测量

与陀螺测斜仪常规测斜基本相同,仅是造斜钻进孔段应每 0.5 m 为一个测程。

### 4 螺杆定向纠斜成果及意义

#### 4.1 螺杆定向纠斜成果

朱溪矿区应用螺杆定向钻进技术纠斜,取得如下成果。

(1) 采用螺杆定向钻进工艺完成 ZK5407 孔,历

经 17 次纠斜(纠斜总进尺 47.80 m),终孔孔深 2047.60 m,终孔水平位移 91.39 m,符合钻孔在穿过主矿层后的终孔前水平位移 < 100 m 之地质要求,同时避免了 1641.70 m 钻探工作量的报废,挽回直接经济损失约 200 万元。

(2) 采用  $\varnothing 55$  mm  $\times$  5.5 mm 绳索取心钻杆以代替大部分  $\varnothing 71$  mm  $\times$  5.5 mm 绳索取心钻杆进行纠斜钻进,从而解决全部使用  $\varnothing 71$  mm 绳索取心钻杆纠斜钻进时 BW300-12 型水泵仅能满足螺杆钻具较大流量要求而无法同时满足较高泵压要求之矛盾的做法,操作简单,效果良好,值得推广。

(3) 自 1288.70 m 开始至 1637.25 m 结束的 ZK5407 孔纠斜,开创了江西省地矿系统深孔螺杆定向钻进先例,在全国地矿系统也不多见。

朱溪矿区深孔螺杆定向钻进技术应用研究的成功,将彻底解决常规钻探工艺技术很难完全达到地质方面对钻孔弯曲度的超高要求(顶角允许均匀弯曲度 <  $3^\circ/1000$  m)这一技术难题,大大促进地质找矿工作质量和效率的提升;同时,为矿区今后可能进行分支定向钻孔群的施工(可大幅度节约钻探工作量和征地、修路、平机台、搬迁等费用)做好了理论和实践准备;第三,拓展了地质钻探工程的应用范围,使地质钻探技术在能源和可溶矿等探采领域有了更好利用的可能;第四,对地质钻探施工本身而言,也是一个重大的技术进步,一旦发生严重孔内事故很难处理时,应用定向钻进技术可避免钻孔报废重打而“侧钻”解决之。

#### 4.2 螺杆定向纠斜意义

技术意义体现在纠正偏离设计要求的钻孔轨迹,使孔斜或钻孔截矿点满足地质勘探要求,以及避开复杂的地形地势或难以跨越的地下障碍、避开复杂地层和难钻进地层顺利施钻的层面上。

经济意义体现在准确揭露矿层及其边界关系,为国家和矿山企业提供更为准确的矿产储量报告,和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的层面上。

对于 2009 年即被国务院列为第二批资源枯竭城市的景德镇市,资源枯竭将严重制约该市的经济可持续发展,而朱溪矿区利用螺杆定向钻进工艺很好地满足了地质设计要求,为该区找矿增储起到明显效果,将具有明显的经济与社会效益。

(下转第 54 页)

#### 4 结论与建议

(1) 综合分析钻井液侵入含水合物地层的特性,结合水合物开采数值模拟以及常规油气藏钻井液侵入模型,建立了一维径向钻井液侵入含水合物地层的侵入模型。

(2) 在数学模型求解时,采用 IMPES 方法首先求解质量守恒方程,解出压力,然后根据相平衡判断水合物是否分解,再解出气相。水相以及水合物相的饱和度分布,最后同样采用 IMPES 方法得到地层温度场的分布。

(3) 利用编程,分析了钻井液侵入水合物地层时地层压力、各相饱和度和温度分布规律。计算结果表明:水合物分解和未分解时地层参数有较大变化,水合物分解影响钻井液的侵入。

(4) 在含水合物地层钻进时采用的水基钻井液通常会加入盐作为抑制剂,同时实际水合物藏中也会含有盐组分,即钻井液的侵入会影响地层矿化度,在以后研究对测井影响时需考虑盐组分,完善模型。

(5) 本文将侵入模型简化为一维径向模型,没有三维模型全面,建议以后工作可利用三维模型求解方程。

- 武汉:中国地质大学出版社,2002.
- [2] 宁伏龙. 天然气水合物地层井壁稳定性研究[D]. 湖北武汉:中国地质大学(武汉),2005.
- [3] Fulong Ning, Guosheng Jiang, Ling Zhang, et. Analysis on Characteristics of Drilling Fluids Invading Into Gas Hydrate-Bearing Formation[J]. 中国科技论文在线. <http://www.paper.edu.cn>.
- [4] Ning, Fulong; Wu, Nengyou; Jiang, Guosheng; et. The effect of gas hydrates dissociation and drilling fluids invasion upon borehole stability in oceanic gas hydrates-bearing sediment[J]. American Geophysical Union, Fall Meeting 2009, 2009/12/14. see also: <http://adsabs.harvard.edu/abs/2009AGUFMOS31A1207N>.
- [5] 涂运中, 宁伏龙, 蒋国盛, 等. 钻井液侵入含天然气水合物地层的机理与特征分析[J]. 地质科技情报, 2010, 29(3): 110 - 113.
- [6] Kamath V A, Holder G D, Angert P F. Three Phase Interfacial Heat Transfer During the Dissociation of Propane Hydrates [J]. Chem. Eng. Sci., 1984, 39(10): 1435 - 1442.
- [7] Kamath V A, Holder G D. Dissociation Heat Transfer Characteristics Methane Hydrates [J]. AIChE J., 1987, 33(2): 347 - 350.
- [8] Gerard C. Nihous. An analysis of gas hydrate dissociation in the presence of thermodynamic inhibitors. Chemical Engineering Science(2009).
- [9] Milkov A V, Sassen R. Preliminary assessment of resources and economic potential of individual gas hydrate accumulations in the Gulf of Mexico continental slope [J]. Mar. Petrol. Geol, 2003, 20: 111 - 128.
- [10] 蒋国盛, 施建国, 宁伏龙, 等. 海底天然气水合物钻井液性能[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(S1): 235 - 239.

#### 参考文献:

- [1] 蒋国盛, 王达, 汤凤林, 等. 天然气水合物勘探与开发[M]. 湖北

(上接第 48 页)

#### 5 结语

朱溪矿区 ZK5407 孔深孔螺杆定向钻进工艺应用研究的成功,掌握螺杆钻定向钻探原理是基础,设备器具配套和冲洗液达标(泵量和泵压 2 个指标必须同时满足螺杆钻工作需要)是前提,确定施工方案和纠斜钻进各回次目标是关键,准确定向是难点,正确操作以完成预定的造斜强度和造斜进尺是重点,及时多点连续精确测斜是保证。

毫无疑问,朱溪矿区 ZK5407 孔深孔螺杆定向钻进还存在诸如施工设计方案欠优选、配套仪器性能不稳定、反扭转角预估不准确、造斜强度选择非最优、纠斜效率待提高、纠斜对钻孔后续钻进影响不清楚等种种问题,还需不断学习—实践—总结—再学习—再实践。

#### 参考文献:

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 张文英. 连续造斜器定向孔施工技术与工艺[C]. 中国地质调查局定向钻探技术培训交流会材料, 2011.
- [4] 尹永清. 螺杆钻具的应用现状[C]. 中国地质调查局定向钻探技术培训交流会材料, 2011.
- [5] 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.
- [6] 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(S2).
- [7] 江天寿. 金刚石定向钻探技术[J]. 探矿工程, 1985, (6).
- [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).
- [9] 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).
- [10] 黄忠高, 李志强, 杨启文. 江西省浮梁县朱溪矿区深孔钻探施工技术研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2011, 38(5).