

# 陀螺仪定向纠斜法在中关铁矿区的应用实践

王扶志<sup>1</sup>, 张心剑<sup>2</sup>, 仝在平<sup>3</sup>

(1. 秦皇岛华勘地质工程有限公司, 河北 秦皇岛 066013; 2. 河南省有色金属地质矿产局第一地质大队, 河南 郑州 450016; 3. 秦皇岛天元 515 钻探工程有限公司, 河北 秦皇岛 066013)

**摘要:** 中关铁矿是 20 世纪 60 年代中期探明的储量为 9300 万 t 的矿区, 因地下水位埋藏深, 排水难度大, 为防止开采成本大和影响生态环境, 决定采用帷幕灌浆方法解决治水问题。帷幕灌浆工程的试验孔对钻孔垂直度要求很高, 全孔段孔斜不能大于 2 m, 防斜、纠斜成一大难题, 实践中摸索出陀螺仪定向纠斜法并获得成功。

**关键词:** 帷幕灌浆试验孔; 陀螺仪定向纠斜; 活楔子; 螺杆钻斜; 钻孔垂直度; 中关铁矿

**中图分类号:** P634.7; TD74 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2011)06-0040-03

**Application Practice of Gyroscope Directional Deviation Correction in Zhongguan Iron Mine Area/WANG Fu-zhi<sup>1</sup>, ZHANG Xin-jian<sup>2</sup>, TONG Zai-ping<sup>3</sup>** (1. Qinhuangdao Huakan Geologic Engineering Co., Ltd., Qinhuangdao Hebei 066013, China; 2. Henan Provincial Non-ferrous Metals Geological and Mineral Resources Bureau No. 1 Geological Team, Zhengzhou Henan 450016, China; 3. Qinhuangdao Tianyun 515 Drilling Engineering Co., Ltd., Qinhuangdao Hebei 066013, China)

**Abstract:** In the mid 1960s, the proven reserve was 93 million tons in Zhongguan iron mine area. Because of the deep groundwater table and difficult drainage, curtain grouting was adopted for water control to avoid high mining cost and protect the ecological environment. The curtain grouting has high demand of borehole verticality, hole deviation of the whole section should not be more than 2 m. Gyroscope directional deviation correction was explored in practice with success.

**Key words:** curtain grouting test hole; gyroscope directional deviation correction; active chock; deviation correction by PDM; borehole verticality; Zhongguan iron mine

## 1 工程概况

中关铁矿是 20 世纪 60 年代中期探明的储量为 9300 万 t 的矿区, 因地下水位埋藏深, 排水难度大, 为防止开采成本大和影响生态环境, 国家做出暂时限采的决定。邯钢集团公司为解决铁矿原料紧缺问题, 提出开采中关铁矿, 并决定采用帷幕灌浆方法解决治水问题。

从 2005 年开始, 我单位先后承担了该帷幕灌浆工程的试验孔、注浆孔、加密孔、检查孔等多个钻孔的钻进任务。由于中关铁矿地质条件、水文条件的特殊性和复杂性, 对技术要求很高, 在钻探方面, 由于钻孔深度大, 最深达 1100 m, 而且对钻孔垂直度要求也很高, 全孔段孔斜不能超过 2 m, 防斜、测斜、纠斜成一大难题。我单位通过不断的实践和探索, 逐步形成了一套完整的、实用的、可行的防斜、纠斜工艺。

尽管在施工中采取了钻机的安装要水平牢固、开孔粗径钻具要随孔深的延伸而增加、增强钻具的导向和稳定性、采用合理的钻进工艺及操作方法等

等多种技术措施, 但由于施工地层过于复杂, 软硬地层变化频繁, 在钻进过程中还是不可避免的出现各种不同程度的孔斜情况, 要想完成钻孔的设计要求, 就必须对钻孔进行纠斜。

## 2 试验使用的主要设备及特殊工具

现场试验使用的主要设备和工具有: XY-44 型、XY-4 型、XY-5 型岩心钻机, 250 型泥浆泵, 17.5 m 钻塔, JDT-6 型防磁陀螺测斜仪及陀螺测斜定向仪, 5LZ65X7.0 型螺杆钻具, 活楔子等。

## 3 几种纠斜方法及比较

### 3.1 普通活楔子纠斜

在以前的地质找矿小口径钻探中经常使用普通活楔子纠斜, 并且比较成熟。地质找矿小口径钻探纠斜时, 只是在偏离勘探线较大时才采取纠斜措施, 纠正后, 只要能向相反方向回归即可, 不需增加偏距就可满足要求, 精度差。而本次帷幕灌浆孔要求整个孔段任何一点都不能超过 2 m 半径, 因此要求下

收稿日期: 2011-02-23

作者简介: 王扶志(1963-), 男(汉族), 河北临西人, 秦皇岛华勘地质工程有限公司教授级高级工程师, 探矿工程专业, 从事岩心钻探工作, 河北省秦皇岛市海港区北港镇, wang.fuzhi@yahoo.com.cn。

楔子时一定要下精确,才可能满足要求。经过分析,地表母线法楔子定位不可取,这种方法不能使用。

### 3.2 螺杆钻斜

#### 3.2.1 螺杆钻斜试验过程

螺杆钻斜在石油钻探、煤田钻探、定向井施工中应用极为广泛,并取得了相当成熟的经验,为此,我们试验了此方法。购买了5LZ65X7.0型螺杆钻具一套,其中钻头外径为65 mm,造斜角度为 $1.5^\circ$ ,当把钻具下入孔底进行导斜时,按照正常钻进参数钻进5 h后,发现并没有明显的有效进尺,上钻后,观察钻头胎体无磨损,说明螺杆钻在孔底没有有效工作。螺杆钻不工作原因有二,其一为水量和水压不足;其二为钻具本身定子、转子之间无相对运动。检查后,钻具完好,只能判断是水量和水压不足。

再次下钻,将水量调整为96 L/min,钻压20 kN,钻进4 h后仍无进尺,最后将钻压调至40 kN也无效果。提钻至地面,进行通水实验,螺杆钻转动正常。钻头无磨损,只是被冲洗液冲刷得很光亮,说明螺杆钻在孔内还是没有有效工作。此法不可用。

#### 3.2.2 螺杆钻不能有效工作原因分析

螺杆钻在施工较大口径时,如石油钻探、煤田钻探、定向井等其口径都在 $\varnothing 130$  mm以上,而使用的钻杆是 $\varnothing 73$  mm或 $\varnothing 89$  mm,井壁间隙很大,冲洗液上返速度较慢,对螺杆钻的上浮和反作用力较小,钻机作用力能较大程度的作用于钻头上,使钻头能有效的刻取岩石,完成钻进目的。而小口径中,如 $\varnothing 75$  mm钻头使用 $\varnothing 71$  mm钻杆,孔壁间隙极小,冲洗液在环状间隙上返速度很大,使得对螺杆钻的上浮力和反作用力较大,真正作用到钻头上的力并不大,不足以刻取岩石,取得不了好的碎岩效果。

### 3.3 陀螺仪定向纠斜法

采用陀螺仪定向纠斜法,即在传统的利用偏心楔子纠斜的基础上,配合采用了陀螺仪的精确定向来实现纠斜。

#### 3.3.1 活楔子

##### 3.3.1.1 楔子的设计与制作

一个完整的偏心楔一般由2部分组成——楔体、连接装置。

##### 3.3.1.1.1 楔体

楔体是一端带有导斜槽的圆柱形钢体,是偏心楔起偏斜作用的主体结构部分。偏心楔有3个结构要素(图1):楔顶角、楔体直径与楔面(斜槽面)直径、楔面长度。

(1)楔顶角 $\varphi$ :楔体导斜槽偏离楔体中心线的偏

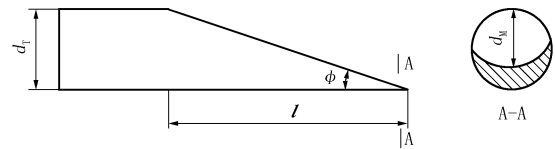


图1 楔体示意图

角,也是其改变钻孔轴线的全弯曲角。设计与加工制作楔体时,为保证楔体正常发挥作用,避免钻孔轴线急剧弯曲角度过大,楔顶角 $\varphi$ 一般为 $1^\circ \sim 6^\circ$ ,岩层软、偏斜后钻进时间不长时 $\varphi$ 可取大值,反之,则取小值。

(2)楔体直径 $d_t$ 与楔面(斜槽面)直径 $d_m$ :圆弧型导斜槽面的直径称为楔面直径,圆柱型钢体的直径称为楔体直径。设计与加工制作时,楔面直径 $d_m$ 一般比偏斜钻进钻头的直径大1~3 mm,楔体直径 $d_t$ 可近似等于或小于钻孔直径1~2 mm。

(3)楔面长度:导斜槽起点至终点的垂直长度 $l$ 。一般长度 $l = 1.5 \sim 3$  m。

##### 3.3.1.1.2 偏心楔与钻柱连接装置

偏心楔上端加工成钻杆丝扣,这样便于与钻杆的连接。

现场设计使用的活楔子实物如图2所示。



图2 普通活楔子实物图

##### 3.3.1.1.2 楔子的下放与使用

在地表将偏心楔与钻杆连接稳固,慢慢下入距孔底50~100 mm,使用JDT-6型防磁陀螺测斜仪定好方位,在地表将整个钻柱固定牢固。下入小一径造斜钻具,进行造斜钻进。

#### 3.3.2 纠斜的具体做法

- (1)测斜确定钻孔偏斜的方位以及斜度、偏距。
- (2)根据测到的数据综合考虑,制作偏心楔子。
- (3)下 $\varnothing 71$  mm钻杆柱到孔底(制作好的偏心

楔子接在钻杆柱的下面)。

(4)陀螺定向仪定向,确定初始方位角,然后竖直把陀螺仪顺  $\varnothing 71$  mm 钻杆放入孔底,直到定向探头进入偏心楔子。

(5)转动钻杆使陀螺定向角与所要纠偏的角度一致,把陀螺仪提上地面。

(6)在  $\varnothing 71$  mm 钻杆内下  $\varnothing 42$  mm 钻杆 +  $\varnothing 56$  mm 钻具到孔底,在孔底钻一个 3 ~ 8 m 的  $\varnothing 56$  mm 先导孔。

(7)把孔内的钻杆钻具全部提到孔外,下带导正的  $\varnothing 75$  mm 钻具扩孔,正常钻进。

(8)钻进 10 m 左右,测斜检验纠斜效果。效果明显则正常钻进,不明显则进行再一次的纠斜工作。

### 3.3.3 纠斜效果

由于此纠斜方法方便、节省时间,且纠斜精度高,成功率大,在中关铁矿帷幕灌浆钻探工程中,绝大多数钻孔均采用了这种方法,其中 K-3 号孔和 K-227 号孔的测斜数据分别见表 1 和表 2;闭合方位角平面图见图 3 所示。

表 1 K-3 号孔陀螺测斜仪测试报告

深度 /m	方位角 /( $^{\circ}$ )	斜度 /( $^{\circ}$ )	偏距 /m	垂深 /m	闭合方位角 /( $^{\circ}$ )	偏率 /‰	备注
280.649	158.8	0.62	1.318	280.640	188.1	4.7	纠斜前
289.027	155.4	0.57	1.393	289.017	186.3	4.8	
299.499	159.8	0.67	1.494	299.488	184.2	5.0	
309.970	152.1	0.75	1.609	309.959	182.0	5.2	
320.442	336.8	0.70	1.552	320.431	177.7	4.8	纠斜后
330.914	333.6	0.56	1.447	330.902	179.4	4.4	
339.292	342.2	0.65	1.365	339.279	180.8	4.0	
349.764	346.9	0.67	1.249	349.750	182.3	3.6	

表 2 K-227 号孔陀螺测斜仪测试报告

深度 /m	方位角 /( $^{\circ}$ )	斜度 /( $^{\circ}$ )	偏距 /m	垂深 /m	闭合方位角 /( $^{\circ}$ )	偏率 /‰	备注
240.008	124.9	0.79	1.799	239.998	110.1	7.5	纠斜前
249.967	125.7	0.90	1.941	249.956	111.3	7.8	
259.926	133.3	0.99	2.098	259.914	112.7	8.1	
269.553	123.7	1.16	2.272	269.539	113.9	8.4	
279.844	280.9	0.99	2.286	279.828	118.8	7.4	纠斜后
290.134	292.7	0.63	2.143	290.117	119.6	6.8	
300.093	315.9	0.57	2.039	300.076	119.3	6.4	
310.052	356.2	0.36	1.976	310.034	117.9	6.1	

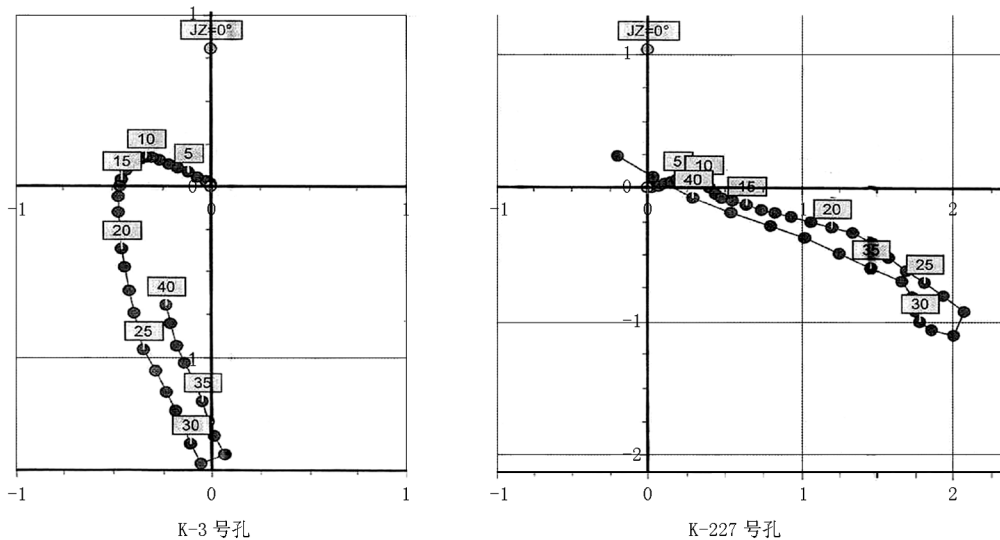


图 3 K-3 号及 K-227 号孔闭合方位角平面图

从表 1、2 及图 3 可以看出,纠斜后偏距逐渐减小,纠斜效果非常明显,最终均能达到设计要求。

## 4 结语

在中关铁矿帷幕灌浆钻探施工过程中,先后采取了普通活楔子纠斜法、螺杆钻具纠斜法以及陀螺仪测斜定向纠斜法,最终只有陀螺仪测斜定向纠斜法取得了理想的效果。

普通活楔子简单易作,楔顶角在地表易控制,精确无误;JDT-6 型防磁陀螺测斜仪及陀螺测斜定向

仪随钻测斜及定向精准。两者配合使用既节约楔子的制作成本,又达到了纠斜准确的目的,取得了较成熟的经验。

## 参考文献:

- [1] 王扶志,等.地质工程钻探工艺与技术[M].湖南长沙:中南大学出版社,2008.
- [2] 武汉地质学院,等.钻探工艺学[M].北京:地质出版社,1981.
- [3] 国土资源部人力资源开发中心.固体矿产钻探工[M].北京:地质出版社,1999.
- [4] 向军文.定向钻进技术及其应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(9).