

# 开化黄山矿区钻孔偏斜规律研究及控制措施

赵国法, 吕新前

(浙江省有色金属地质调查局, 浙江 绍兴 312000)

**摘要:**在深部矿产资源勘查中,孔深 > 500 m 的钻孔越来越多,钻孔偏斜问题日显突出。根据浙江省开化黄山矿区萤石矿勘查钻孔测斜数据,对钻孔偏斜的原因从地质条件和施工工艺等方面进行了分析。认为钻孔偏斜有一定的规律可循;斜孔钻进特殊的车轮效应是引起钻孔方位向钻头自转方向偏斜的基本原因;特殊的地质构造和不当的施工工艺是造成钻孔偏斜异常出现的重要因素。因此,预防钻孔偏斜的措施必须从地质设计和钻探施工工艺 2 方面着手。

**关键词:**地质条件;钻孔;偏斜规律;车轮效应;开化黄山矿区

中图分类号:P634.7 文献标识码:A 文章编号:1672-7428(2015)02-0048-05

**Study on Borehole Deviation Rules in Kaihua Huangshan Mining Area and the Control Measures/ZHAO Guo-fa, LÜ Xin-qian** (Zhejiang Province Non-ferrous Metal Geology Investigation Bureau, Shaoxing Zhejiang 312000, China)

**Abstract:** In deep mineral resources exploration, more and more boreholes with depth of more than 500m are used, and the deviation becomes increasingly prominent. Based on the inclination survey data from a fluorite ore, the analysis is made on the causes of borehole deviation from the geological conditions and drilling construction technology, the analysis is indicated that there is still some regularities to follow. The special wheel effect is the basic reason which leads drilling azimuth deviation to the rotation direction; the special geologic structure and improper construction technologies are the main factors which cause abnormal drilling deviation. Therefore, the prevention measures must be prepared in geological design and construction process.

**Key words:** geological condition; borehole; drilling deviation rule; wheel effect; Kaihua Huangshan mining area

## 0 引言

钻探工程是揭露深部矿体的最主要手段。在实施“攻深找盲”和探寻“第二成矿空间”的找矿战略中,孔深 > 500 m 的钻孔越来越多,以往在施工浅部钻孔中容易被忽视的钻孔偏斜问题日显突出。尤其是当矿区从普查转入详查之后,由于要按一定的工程间距对深部矿体进行控制,钻孔偏斜引起的实际控制结点与设计结点偏离过大,造成勘探线剖面图上矿体形态变形,并给资源量估算和矿山开采设计带来不便。因此,钻孔偏斜问题是布设钻孔时最关心的问题之一。

矿产勘查中,钻孔出现有规律的偏斜现象时有发生。国内许多学者从钻遇地层的岩石力学性质和结构构造等方面对钻孔发生偏斜的原因做了深入的研究。贺仁钧等人认为钻孔发生偏斜主要是易斜地层的存在<sup>[1]</sup>。易斜地层是指在没有采取任何防斜措施的情况下进行钻进时,容易产生钻孔偏离设计轨迹的地层。地层的岩石力学性质和结构构造是客

观存在的,通过研究特定地层对孔斜的影响,利用地层本身的造斜性能进行增斜或降斜,从而控制钻孔偏斜在可接受的范围内,是控制钻孔偏斜的基本途径之一。

浙西开化一处大型隐伏陡倾斜脉状萤石,该矿床埋藏较深,施工了较多孔深超过 500 m 的钻孔。测斜数据表明钻孔极易往南偏斜,虽在设计允许范围内,但对矿体形态的控制有较大的影响。该矿区已转入详查—勘探施工,处理好钻孔偏斜问题是矿区勘查设计中应考虑的重要问题。本文拟结合矿区地质情况对所施钻孔测斜的数据进行分析,找出引起钻孔偏斜的主要原因,进而提出矿区勘查钻探设计中应注意的若干问题。

## 1 地质概况

矿区位于扬子陆块东南缘怀玉山—天目山被动边缘盆地和江南古岛弧(南华裂谷)界线附近。总体地势中部高,四周低,相对高差约 584 m,地形切

割强烈,残坡积层覆盖广泛,地层主要为南华系与震旦系海相细碎屑岩地层。构成总体走向 30° ~ 40° 的背斜,发育北西向和近南北向两组断裂构造带,充填石英胶结的构造角砾岩(带)和闪长玢岩。萤石矿体产于北西向断裂带中,走向约 330°,倾向南西,倾角 60° ~ 80°,由北西往南东方向侧伏,侧伏角 34°,北西端埋藏较浅,距离地表不足 100 m,南东端埋藏较深,距离地表 600 ~ 800 m,顶板围岩为硅化构造角砾岩,底板围岩为硅化构造角砾岩和闪长玢岩。

## 2 钻孔偏斜特征

### 2.1 工程概述

矿区为较深埋藏的陡倾斜隐伏萤石矿体,钻孔孔深一般 > 500 m,最深达 900 余米,总工作量为 13550 m,除少部分前期施工的浅孔为直孔外,多为斜孔,设计方位 90°,倾角 80°(ZK701 倾角 75°),孔斜质量要求为穿矿点偏离勘探线 ≥ 20 m。采用的是 XY-4 型钻机,BW-250 型水泵,13.5 m 管子塔,电子罗盘测斜仪。钻孔结构为 Ø110—91—75 mm,即 Ø110 mm 普通钻具开孔,下 Ø110 mm 套管至岩面,Ø91 mm 双管钻进至完整基岩并下套管,用 S75 绳索取心钻具钻至终孔。

### 2.2 偏斜特征

为了分析矿区钻孔自然偏斜特征和规律,选择在采取防斜措施之前已完成的 > 500 m 的 7 个斜孔,测斜数据见表 1、图 1。数据表明,钻孔方位角均向南偏斜,钻孔倾角均向上飘移。

上述钻孔施工时:一是钻孔机坪位于山体四周的斜坡,因地基软硬不均,有可能出现向任何一侧沉降偏斜;二是钻进参数不合理,钻进时钻机压力、转速过大,且在地层软硬变层未做出合理的调整;三是测斜数据较全,并由同一种测斜仪读数。总之,测斜数据有一定的可比性,能反映在没有采取防斜措施的情况下进行钻进时钻孔偏斜的规律。

## 3 偏斜原因分析

### 3.1 地层条件

钻孔遇钻地层由浅至深主要有 4 个层位(见表 2):南华系南沱组、休宁组和震旦系板桥山组、陡山沱组。岩性以薄—中厚层状的沉积岩为主,软硬互层不明显,硬度中等,完整性好,除局部地段外,

表 1 未采取措施前钻孔测斜结果

孔号	测斜处 孔深/m	顶角/ (°)	方位角/ (°)	孔号	测斜处 孔深/m	顶角/ (°)	方位角/ (°)
ZK005	55	10.0	86.0	ZK404	50	12.0	91.0
	100	10.0	87.0		100	12.0	93.0
	147	11.0	88.0		150	12.0	95.0
	200	11.0	89.0		200	12.0	94.0
	250	11.0	89.0		250	12.0	95.0
	300	11.0	100.0		300	12.0	95.0
	350	11.0	104.0		350	12.0	96.0
	400	11.0	116.0		400	12.0	100.0
	453	11.0	120.0		450	13.0	101.0
	505	11.5	120.0		500	14.0	98.0
ZK006	555	12.0	120.0	550	14.0	100.0	
	608	12.0	120.0	600	14.0	105.0	
	40	11.0	92.0	650	15.0	107.0	
	83	11.0	95.0	700	16.0	104.0	
	113	11.0	96.0	750	17.0	105.0	
	155	11.0	98.0	ZK701	50	14.0	91.3
	203	11.9	98.0		100	14.9	94.6
	248	12.0	98.0		150	16.1	96.5
	308	11.9	99.0		200	17.2	97.2
	353	13.0	100.0		250	17.7	99.2
404	13.0	100.0	300		18.0	100.0	
452	13.0	100.0	350		18.8	100.2	
503	13.0	100.0	400		19.4	100.4	
551	13.0	100.0	450		19.9	101.4	
602	13.0	101.0	535		20.0	102.2	
ZK303	652	13.2	101.0	ZK1201	30	9.6	92.8
	698	13.5	101.0		65	11.2	92.9
	50	10.0	89.0		100	12.0	99.2
	95	10.0	90.0		114	11.9	98.8
	144	10.0	92.0		173	13.0	102.8
	206	10.2	95.4		200	13.3	105.4
	251	10.0	100.0		249	14.0	109.0
	314	10.0	104.0		281	15.5	112.2
	357	11.0	104.2		301	16.0	113.5
	405	11.0	106.0		350	15.9	112.5
ZK304	453	11.0	108.0	414	15.3	113.5	
	500	11.0	109.0	456	16.5	113.5	
	555	11.8	109.5	502	17.2	117.3	
	50	11.2	90.9	560	18.0	119.5	
	90	10.4	95.3	604	18.5	119.7	
	140	11.0	96.5	656	19.0	118.6	
	190	11.2	102.9	705	21.0	119.8	
	240	12.5	104.3	763	23.5	120.3	
	290	12.5	107.5				
	340	12.0	111.0				

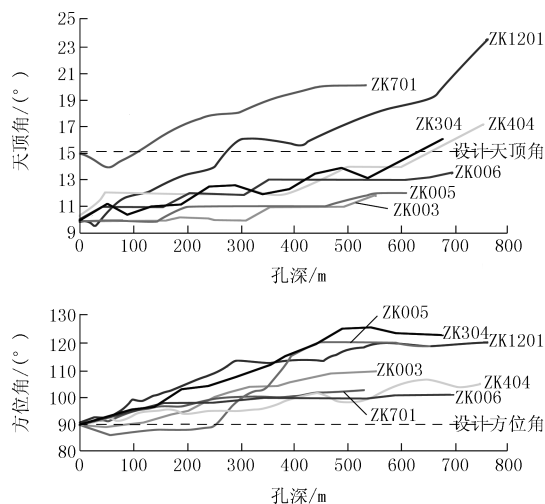


图1 钻孔顶角、方位角变化曲线图

表2 矿区遇钻地层特征

地层单位	岩性地层产状厚度	遇钻角/ (°)	岩石 可钻性	偏曲率/ $[(\text{°}) \cdot (100 \text{ m})^{-1}]$ 方位/(°)	顶角/(°)	偏离特征 走向 倾向
板桥山组	上部由中—细粒砂岩、细—粉砂岩、炭质泥质粉砂岩组成的韵律层。下部为中—粗粒砂岩,厚172~237 m	55~60	4~6	3	<1	偏南 偏缓
陡山沱组	薄层状粉砂质泥岩、泥质粉砂岩与中层状白云岩互层,厚179~203 m	60~80	5~6	2.5	<1	偏南 偏缓
南沱组	含砾硅质泥岩夹含粉砂质砾岩,片理化较强,厚85~156 m	55~60	4~6	3~3.5	1	偏南 偏缓
休宁组	硅质细砂岩、粉砂质泥岩等,薄层状构造;主要碎屑成分为石英、粘土矿物等;具硅化,厚度>300 m	58~65	7~8	2~2.5	1~2	偏南 偏缓

会出现较大的偏斜,如ZK304的450~500 m段,方位偏曲率达16.6°/100 m。

(2) 矿区中部存在多条近南北向构造带,长200~700 m,宽度变化较大,充填有构造角砾岩或闪长玢岩,向下延伸较浅,倾向多变,并主要发育于板桥山组。钻孔通过该部位时方位发生明显偏斜,如ZK701,50~100 m段,钻孔方位偏曲率达4.6°/100 m。

(3) 陡山沱组薄层状泥质粉砂岩与白云岩互层地段,钻孔方位偏斜较大,如ZK404的350~400 m段及ZK304的190~290 m段,方位偏曲率均在4°/100 m以上。

上述地质构造组合有明显的各向异性和软硬互层,且遇钻角较小。因此,钻进时极易产生钻孔垂直于层面弯曲,钻具轴线有偏向层面法线方向的趋势,或顺层跑的可能,从而产生实际钻孔轨迹偏离设计轨迹的现象(见图2)。

### 3.3 斜孔的车轮效应

上述分析得出,矿区钻孔偏斜的规律与钻具钻进时的自然旋转力有关。由于是斜孔,钻进时钻头

岩石破碎不明显,故地层可钻性较好,台班时效为20~30 m。岩层倾角以20°~30°为主,陡缓变换不大,遇钻角>45°,对造成钻孔偏斜的影响不大。无论机坪位于何朝向的斜坡,钻孔方位均向南偏斜,即顺时针偏转。

### 3.2 异常偏斜孔段地质特征

孔斜出现异常偏斜孔段,往往与特殊的地质构造组合有关。

(1) 萤石矿体的含矿构造带,延伸长达3000余米,宽度2~19 m,倾向南西,总体产状240°∠75°,充填有萤石矿体和硅化构造角砾岩或闪长玢岩。当其顶底板围岩分别是较软的南沱组薄层含砾泥质粉砂岩和较硬的休宁组硅化粉砂岩组合时,钻孔方位

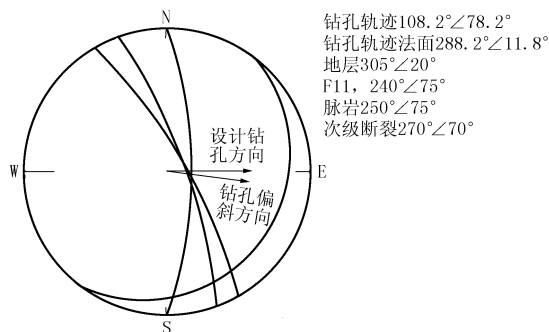


图2 钻孔轨迹与地质体产状关系赤平投影

在自重作用下对下孔壁的侧压分力大于上孔壁,钻具右旋转动,在摩擦力作用下,钻头必然有向右偏转趋势。同理,钻头旋转时离心力的存在,下孔壁受阻,必然要产生向上飘移,从而造成钻孔向上弯曲,使钻孔倾角变小(见图3)。

### 3.4 施工工艺原因

造成钻孔偏斜的主要施工问题如下。

(1) 钻孔位于山体斜坡,地基平整时存在软硬不均匀的情况并在钻进过程中未处理,存在向一侧沉降的可能。

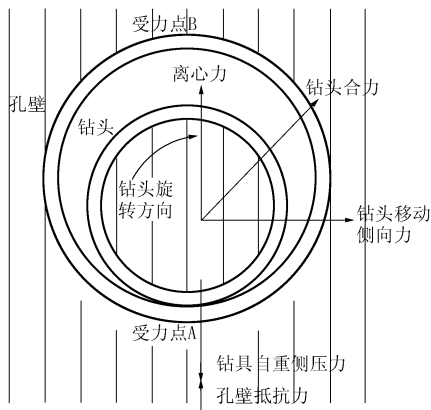


图 3 斜孔钻头在地层中俯视受力简图

(2) 钻机立轴的轴承磨损过大,立轴出现晃动,导致钻机在开孔阶段立轴的导向性偏差,易造成钻孔的弯曲度增大。

(3) 钻进参数不合理,未认真分析钻孔测斜数据,钻进时钻机压力、转速过大,且在复杂地层软硬变层处未做出合理的调整,导致钻孔钻至软硬变层孔段时极易加大钻孔的弯曲度。

#### 4 采取的措施和结果

影响钻孔偏斜的地质条件是客观存在的,只能通过工艺技术措施来减弱或抵消它的促斜作用。为此采取了多种手段对孔斜进行控制。

(1) 钻孔设计的调整:根据勘探线的布置,原钻孔的设计方位角为 90°,结合钻孔测斜数据分析结果,钻孔开孔方位角调整为 83°~87°。

(2) 钻机安装的调整:在钻机地梁的安装过程中,将易发生偏斜的反方向地梁垫高 1 cm,并在钻进过程中实时监测,确保地梁的倾斜度不变。校正了天滑轮与立轴的位置,确保天滑轮、立轴、孔口在一条直线上。

(3) 钻进工艺的调整:认真研究钻孔设计书和地质柱状图,制定合理的钻进工艺。开孔时,加长开孔套管长度,在开孔过程中始终保持钻具满眼,直至钻具长度达到 6 m,根据地层条件逐级换径,下入套管,确保在开孔过程中有较好的导向性。在软硬变层孔段减压钻进,或主钢丝绳提吊钻进,或降低转速,转速控制在 800 r/min 以内,冲洗液由原来的皂化油冲洗液,调整为泥浆冲洗液,由膨润土+烧碱组成,泥浆粘度控制在 20~25 s,局部漏失严重孔段控制在 30 s 左右,密度控制在 1.05 g/cm<sup>3</sup> 左右。

(4) 测斜间距的调整:测斜间距由原来的换径及每 50 m 一次,调整为 25 m 一次,并在换径、岩层软硬变层段加密测斜点,以便发现问题及时处理。为提高测斜精度和缩短测斜耗时,将原来的机械罗盘测斜仪更换为电子罗盘测斜仪。并在终孔时复测或在物探测井时复测孔斜。

(5) 设备配件的更新:及时更换钻机立轴的轴承和固定螺帽,确保钻进过程中立轴不晃动。在钻进过程中全程监测立轴的垂直度。

通过上述综合措施,ZK405、ZK406、ZK802 钻孔达到了预期的效果,钻孔偏斜参数符合设计要求,终孔时钻孔测斜数据见表 3,顶角、方位角变化曲线图见图 4。

表 3 采取防治措施后钻孔测斜数据结果

孔号	测斜处 孔深/m	顶角/ (°)	方位角/ (°)	孔号	测斜处 孔深/m	顶角/ (°)	方位角/ (°)
ZK405	50.00	11.07	84.3	ZK802	50.00	7.90	87.3
	100.00	11.07	84.3		100.00	8.80	87.7
	150.00	10.31	84.4		150.00	8.40	87.8
	200.00	11.47	84.5		199.86	8.70	89.6
	250.00	12.99	84.3		220.00	9.20	89.7
	300.00	12.11	85.2		230.00	9.30	91.8
	350.00	13.95	83.2		240.00	9.60	96.7
	400.00	13.06	83.7		250.00	10.20	97.0
	450.00	15.86	83.2		300.00	10.40	97.2
	500.00	16.73	82.4		350.00	10.90	96.7
	550.00	17.56	85.3		370.00	11.00	95.7
	600.00	18.38	84.6		399.90	11.10	94.6
	650.00	18.61	84.1		450.00	11.40	94.7
	700.00	19.55	84.8		500.00	12.00	93.2
	750.00	20.13	85.1		550.00	12.30	93.9
	800.16	21.37	84.0		600.00	12.40	95.3
ZK406	50.00	10.50	83.0	650.00	13.70	97.2	
	101.29	11.20	83.7	700.00	13.80	98.3	
	152.55	11.80	84.6	750.00	15.00	97.3	
	200.77	12.20	85.3	802.00	15.80	98.1	
	255.05	12.35	88.5	821.50	15.80	98.3	
	303.80	12.84	89.8				
	351.46	13.98	92.2				
	399.72	14.50	95.5				
	450.96	15.20	96.8				
	499.18	15.50	97.0				
	550.48	15.60	96.5				
	613.83	16.00	96.7				
656.04	16.30	97.1					
704.29	16.60	97.0					
752.54	17.00	97.6					
794.77	17.50	97.7					
852.10	17.90	97.9					

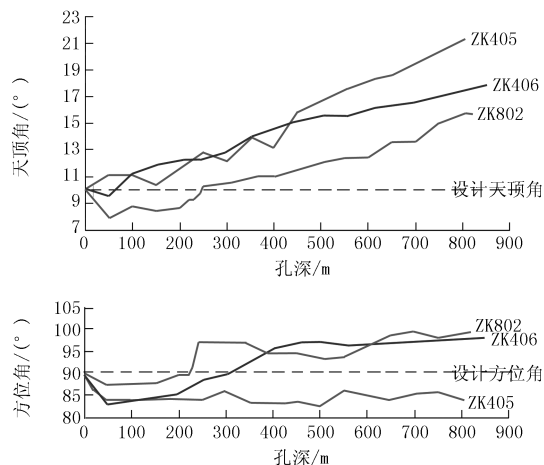


图4 采取防治措施后钻孔顶角、方位角变化曲线

## 5 结语

斜孔钻进时,由于斜孔特殊的车轮效应使钻孔轨迹方位易发生向钻头自转方向偏斜,偏斜异常出现孔段往往是地质构造或岩性组合复杂部位。控制钻孔偏斜必须从地质设计与施工工艺2方面着手。

(1)矿区详查—勘探地质设计,可将多数钻探工程改成在沿脉巷道内施工坑内钻孔,不仅能节省约一半钻探工作量,而且减少钻程是降低偏斜规律

对勘探控矿间距的影响最有效的途径。

(2)施工深孔时,地质设计应根据偏斜规律而预留设计方位角,并在地质柱状图上详细标明引起钻孔偏斜异常出现的地质构造和岩层部位。

(3)钻探施工时应合理改进钻探工艺,减弱甚至抵消偏斜程度,以满足钻孔见矿点落在地质设计的允许范围内。

## 参考文献:

- [1] 贺仁钧,乌效鸣,田恒星.易斜地层钻孔倾斜规律研究[J].安全与环境工程,2012,(4):111-114.
- [2] 徐文,于静荣.梁家煤矿地质勘探钻孔偏斜规律的总结与应用[J].山东煤炭科技,2002,(3):2-3.
- [3] 左永江.EXCEL与ACAD相结合在钻孔偏斜数据处理中的应用[J].建井技术,2005,(5):23-26,12.
- [4] 张宝河,石立明.ZK1502孔纠斜技术[J].探矿工程,2003,(6):45-46.
- [5] 汤凤林,等.岩心钻探学[M].湖北武汉:中国地质大学出版社,1997.
- [6] 王文臣.钻孔冲洗与注浆[M].北京:冶金工业出版社,1996.
- [7] 郭绍什.钻探手册[M].湖北武汉:中国地质大学出版社,1993.
- [8] 鄢泰宁,孙友宏,彭振斌,等.岩土钻掘工程学[M].湖北武汉:中国地质大学出版社,2001.
- [9] 张文庆.孙家庄铁矿初级定向钻进及防斜措施[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(12):22-24.

(上接第47页)

工艺技术以及不同钻井工艺转换时钻井液的转换方法,完善钻井液固控系统,研究能保护地热储层的钻井液工艺技术,完善钻井液使用和管理机制等;

(5)加强固井、洗井工艺研究,如研究低密度水泥和环保化学灌浆技术在固井中的使用,研究适合深部地热钻井的洗井工艺技术等。

贵州省深部地热钻井研究时间尚短,各方面都还不太成熟,各施工单位都在开展相关研究,主要集中在钻井工艺和钻井液等方面,固井、洗井等方面研究较少。总之,贵州深部地热钻井基础较差,但随着各施工单位不断进行研究投入,正在进入一个高速发展时期。

## 参考文献:

- [1] 卢予北.地热井常见主要问题分析与研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(2):43-47.
- [2] 吴景华,云希斌.地热开发应用及效益评价[J].长春工程学院学报(自然科学版),2003,(1):31-34.

- [3] 毕玉荣.地热资源开发应用现状及前景综述[J].石油石化节能,2011,(10):7-10,48.
- [4] 孙冰.我国深层地热资源的认识与勘探方法建议[J].中国煤田地质,2006,(S1):20-22,41.
- [5] Steven Eckfield,张蛮庆.意大利波特利地热钻井液的设计[J].国外地质勘探技术,1982,(11):14-15.
- [6] 王明章,王尚彦.贵州省地热资源开发问题及对策建议[J].贵州地质,2007,(1):9-12,16.
- [7] 毛健全.贵州省地热资源特征、分布规律、开发现状及发展远景[C]//中国西部地热资源开发战略研究论文集.2001:29-36.
- [8] 王明章,王尚彦.贵州省地热资源的特征、勘察开发现状和建议[C]//2006年全国城市地热资源开发保护与经济评价论坛论文集汇编.2006:145-148.
- [9] 陈怡,苏宁,罗湘赣.贵州保利·温泉新城ZK2号地热井施工实践[C]//全国水井钻机情报网2007年年会论文集.2007:17-18.
- [10] 胡郁乐,张惠,等.深部地热钻井与成井技术[M].湖北武汉:中国地质大学出版社有限公司,2013.
- [11] 陈怡,段德培.气举反循环钻进技术在地热深井施工中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(4):23-24,28.
- [12] 许刘万,伍晓龙,王艳丽.我国地热资源开发利用及钻进技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(4):1-5.