

# 陕县申家窑矿区斜孔钻进及主要防斜措施

赵永利<sup>1</sup>, 时志兴<sup>2</sup>, 王春永<sup>2</sup>, 孟祥瑞<sup>3</sup>

(1. 河南省有色金属地质矿产局第五地质大队, 河南 郑州 450016;

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. 河南省有色金属地质矿产局第四地质大队, 河南 郑州 450016)

**摘要:**河南省陕县申家窑—葫芦峪金矿区为国家森林保护区,在该区域内钻探施工,必须避开复杂地带及绿化区,进行绿色勘探、减少森林环境破坏,为此设计钻孔多为斜孔,但由于矿区地层遇层角大且含有大量软弱夹层,钻孔弯曲度不易控制,致使前期施工钻孔弯曲度超差而报废。本文以ZKS004钻孔为例,详细介绍了该矿区钻孔施工工艺、钻孔弯曲度的控制与预防及纠斜措施。

**关键词:** 钻孔弯曲度;斜孔钻探工艺;弯曲机理;防斜;纠斜

**中图分类号:** P634 **文献标识码:** B **文章编号:** 2096-9686(2021)S1-0106-05

## Slant hole drilling and deviation control measures in the Shenjiayao mining area of Shan county

ZHAO Yongli<sup>1</sup>, SHI Zhixing<sup>2</sup>, WANG Chunyong<sup>2</sup>, MENG Xiangrui<sup>3</sup>

(1. *The Fifth Geological Brigade of Henan Province Non-ferrous Metals Geological and Mineral Resources Bureau, Zhengzhou Henan 450016, China;*

2. *The First Geological Brigade of Henan Province Non-ferrous Metals Geological and Mineral Resources Bureau, Zhengzhou Henan 450016, China;*

3. *The Fourth Geological Brigade of Henan Province Non-ferrous Metals Geological and Mineral Resources Bureau, Zhengzhou Henan 450016, China)*

**Abstract:** The Shenjiayao-Huluyu gold mining area in Shan county, Henan province, is a national forest reserve. For drilling in this area, it is necessary to avoid complex zones and green areas, and green exploration must be carried out to reduce damage to the forest environment; thus, most holes are designed at slant holes. however, due to the large angle of stratum penetration and a large number of weak interlayers, the borehole curvature is not easy to control, resulting in abandonment of the early drilled boreholes because of over-standard curvature. Taking ZKS004 borehole as an example, this paper introduces in detail the borehole drilling technology, the control and prevention of borehole curvature and the measures of deviation correction.

**Key words:** borehole curvature; slant hole drilling technology; bending mechanism; deviation prevention; deviation correction

## 0 引言

在河南省陕县申家窑—葫芦峪金矿区,钻孔设计顶角大部分为 $10^\circ$ ,部分钻孔顶角 $>10^\circ$ 。岩层遇层角大,软弱地层多,钻进施工弯曲度难控制,如果

不能有效掌握钻孔弯曲预防与控制技术,不了解矿区岩层造斜机理及规律,不能完成弯曲度合格的钻孔,前期施工钻孔多因此而报废。

**收稿日期:** 2021-05-31 **DOI:** 10.12143/j.ztgc.2021.S1.016

**作者简介:** 时志兴,男,汉族,1973年生,探矿院院长,高级工程师,主要从事岩心钻探施工相关工作,河南省郑州市经开区第八大街166号,765181609@qq.com。

**引用格式:** 赵永利,时志兴,王春永,等.陕县申家窑矿区斜孔钻进及主要防斜措施[J].钻探工程,2021,48(S1):106-110.

ZHAO Yongli, SHI Zhixing, WANG Chunyong, et al. Slant hole drilling and deviation control measures in the Shenjiayao mining area of Shan county[J]. Drilling Engineering, 2021,48(S1):106-110.

## 1 概述

### 1.1 矿区概况

矿区在河南省三门峡市南 20 km 处, 隶属陕州区张村镇管辖, 新修公路从矿区穿过, 交通便利。矿区属昆仑山—秦岭山系, 地处崤山东段, 属中山地貌。区内最高峰为甘山主峰, 海拔 1886.6 m, 山势陡峭, 相对高差大。区内水流不断, 水资源丰富, 高压线路从区内穿过, 电力充足。

### 1.2 矿区地层

崤山地区属于昆仑山—秦岭纬向构造带和新华夏系的华北沉降带、太行山隆起带的交接复合、联合复位的一部分, 矿区为近东西向的崤山短轴隆起, 地层倾角较大, 在 30°~60° 内变化。区内岩浆活动频繁, 最早为中元古界火山活动, 形成了熊耳群的安山岩、安山玢岩。脉岩主要有辉绿岩、辉绿玢岩、花岗斑岩、霏细斑岩、石英脉岩、正长斑岩、石英脉、云煌岩等脉岩零星分布。断裂构造发育, 各方向断裂均有出露, 主要为东西、北西及北东向的次级构造。

地层相对单一, 从上到下主要为: 新生界第四系覆盖物、中元古界熊耳群的浅变质火山岩和太古宇太华群的深变质岩。

上部黄土覆盖层主要分布于矿区北西部及区内近北部低洼处, 主要为黄土和现代河谷冲积物, 厚度

不均, 几米到数十米不等。中部主要为火山岩系, 岩性以安山玢岩、辉石安山玢岩为主, 偶见玄武玢岩、白云岩。下部为变质岩系, 含变质砾岩, 岩性以绢云母片岩、厚层状大理岩为主, 是赋矿层位, 最下部为深变质片麻岩, 夹少量均质混合岩、混合花岗岩、斜长浅粒岩。

岩层可钻性等级 6~9 级, 岩石具有中上一较强研磨性; 地层上部覆盖层破碎, 下部完整, 局部破碎。

## 2 矿区钻孔施工存在的主要难点

本矿区存在的主要难点是钻孔弯曲度难以控制, 设计深孔多且全部是斜孔, 矿区岩层遇层角多为 50°~60°, 钻孔顶角最易变化, 软弱夹层多, 不控制好钻进参数, 极易发生钻孔弯曲异常; 部分钻孔岩心难以采取, 主要因为钻孔上部地层破碎, 中深部岩石夹层, 夹层软弱泥层极易冲散, 造成岩心采取率低<sup>[1-3]</sup>。岩心采取率采用适当措施后完全可以满足施工要求, 不再赘述。

## 3 钻进施工主要防斜措施

从表 1 的钻孔测斜数据可以看出, 钻孔弯曲度变化主要是顶角明显增大, 因此本矿区控制钻孔弯曲度主要防止顶角增大, 故采取了以下预防措施。

表 1 前期施工钻孔弯曲度

钻孔号	设计孔深/m	终孔孔深/m	设计顶角/(°)	终孔顶角/(°)	设计方位角/(°)	终孔方位角/(°)
ZKS004	950	984.30	10	28.12	83.5	87.4
ZKS104	860	869.20	10	24.30	83.5	84.3
ZKS606	870	874.69	15	33.70	83.5	74.2
ZKS802	805	810.22	15	28.00	83.5	89.0
ZKS2010	720	727.89	10	25.96	83.5	77.0

(1) 钻机施工场地必须坚固、平整, 机台下不准有填土、填石, 整个机场回填面积不得超过机场面积的 1/4, 且要夯实并用砣加固, 钻机基座支撑位置要用钢筋混凝土加固, 以保证机塔平稳<sup>[4]</sup>。

(2) 根据本矿区钻孔弯曲规律, 钻孔方位角变化比较小, 顶角容易上漂, 即顶角易增大, 所以钻机安装时, 不仅要保证天车、立轴中心、孔位一条直线, 而且方位角严格按设计要求安装钻机, 顶角要适当减小, 力求尽量缩小最后钻孔顶角与设计顶角的偏

差, 同时要经常检查和校正立轴方向及角度<sup>[5-6]</sup>。

(3) 采用合理的钻孔结构<sup>[7]</sup>, 以保证钻具的同轴度, 提高钻具刚度, 减小孔壁间隙, 实现孔底加压, 以提高钻具的稳定性及导向性, 使钻具沿设计方向钻进, 增强防斜能力。

(4) 开孔钻进要保证正确的施工方向, 钻杆、钻具要直, 立轴不能松动, 主动钻杆或机上钻杆不得过长, 岩层完整后及时下入孔口管并测斜, 方向正确后固定孔口管, 保证孔口管牢稳坚固, 方位和顶角

正确<sup>[7]</sup>。

(5)根据地质要求和岩层情况,选择金刚石绳索取心钻进。金刚石绳索取心钻进速度快,钻具与孔壁之间间隙小,偏倒角小,钻孔不易弯曲。相对来说钻具越粗刚性越好,防斜效果越好。随着孔深增加,岩层越加稳定,硬度增大,在钻进时钻具更加容易上漂,因此钻头要选择导向性比较好的阶梯金刚石钻头。为增强防斜效果,钻进施工尽量采用满眼组合钻具。为增加粗径满眼钻具长度,在与岩心管连接的几根钻杆用扩孔器连接,人为加长粗径钻具长度,加大钻具的刚度,以保证施工钻具方向性,增强导向性。

(6)钻进时要低压高转速,冲洗液流量可适当加大<sup>[9]</sup>。用卷扬机吊着钻具钻进,也就是俗称“吊打”,控制钻具承受压力,防止钻具弯曲,才能更好地防斜。换径时低速慢转钻进,角度正常后恢复正常钻进。钻进过程中采用优质冲洗液,主要提高冲洗液护壁性能,防止钻孔坍塌、掉块,造成钻孔超径。遇到坍塌破碎地层,及时用水泥封孔,防止孔径变大,有效防斜。

#### 4 ZKS004 钻孔设计情况

##### 4.1 ZKS004 钻孔设计及矿区钻孔质量要求

ZKS004 钻孔设计孔深 985 m,顶角 10°,方位角 83.5°。矿区钻孔质量要求岩心分层采取率 $\geq 70\%$ 。矿层及矿层顶底板 5 m 内的岩心采取率 $\geq 80\%$ ,连续 5 m 低于 80% 时,应查明原因,采取补救措施。每 50 m 和见矿位置及终孔进行弯曲度测量,准确记录其方位角和顶角,钻孔顶角及方位角偏差 $\leq 3^\circ/100\text{ m}$ ,终孔口径 $\geq 59\text{ mm}$ 。其他按《地质岩心钻探规程》(DZ/T0227-2010)执行。

##### 4.2 钻探设备

XY-44T 型塔机一体钻机,该型钻机易于拆卸,搬迁方便,适合山区作业。主要钻机参数:额定钻进深度 700~1400 m,立轴最大扭矩 6500 N·m,立轴行程 600 mm,立轴最大起拔力 125 kN,立轴最大给进力 90 kN,卷扬机最大提升力 55 kN,电动机功率 45 kW,转速 82~961 r/min。钻塔垂直高度 10.7 m,最大负荷 120 kN。

BW-250 型泥浆泵,主要技术参数:泵量 35~250 L/min,泵压 2.5~7.0 MPa,动力 15 kW,最深可以与 1500 m 钻机配套使用。

##### 4.3 钻孔结构

ZKS004 钻孔地层单一,岩层相对比较稳定,为此采用钻孔结构 $\Phi 113\text{ mm}-\Phi 94\text{ mm}-\Phi 77\text{ mm}$ ,钻具级配(钻杆岩心管钻头)为: $\Phi 89\text{ mm}-\Phi 108\text{ mm}-\Phi 113\text{ mm}$ 、 $\Phi 89\text{ mm}-\Phi 91\text{ mm}-\Phi 94\text{ mm}$ 、 $\Phi 71\text{ mm}-\Phi 73\text{ mm}-\Phi 77\text{ mm}$ 、 $\Phi 56\text{ mm}-\Phi 58\text{ mm}-\Phi 60\text{ mm}$ , $\Phi 60\text{ mm}$ 为备用口径。

##### 4.4 钻进参数

根据矿区地层特点,开孔采用 $\Phi 108\text{ mm}$ 单管金刚石钻进,为保证控制钻孔弯曲度,开孔钻进要稳、轻、慢,钻孔弯曲度稳定后适当增加钻压、转速。地层完整稳定后采用 $\Phi 89\text{ mm}$ 金刚石绳索取心钻进,在钻具强度允许情况下,尽可能向下钻进,然后换用 $\Phi 71\text{ mm}$ 金刚石绳索取心钻进,直至终孔。遇到软弱破碎地层、软硬互层以及钻孔换径时,都要控制钻速钻压,以免由于钻速过快导致钻孔弯曲度过大,造成钻孔不符合设计要求而报废。不同孔径的钻进技术参数见表 2。

表 2 钻进技术参数

孔径/ mm	钻具	钻压/ kN	转速/ (r·min <sup>-1</sup> )	泵量/ (L·min <sup>-1</sup> )
113	$\Phi 108\text{ mm}$ 单管	9~15	300~700	50~90
94	$\Phi 89\text{ mm}$ 绳索取心	12~15	300~700	60~90
77	$\Phi 71\text{ mm}$ 绳索取心	8~12	400~850	40~70

##### 4.5 冲洗液的性能要求及配制

随着国家提倡绿色钻探,施工用冲洗液材料也提倡用环保材料,主要有膨润土、火碱、纤维素、聚丙烯酰胺、堵漏剂、润滑剂及植物胶等。

矿区地层上部是第四系覆盖层,局部岩石破碎,有漏水现象,根据第四系地层特点及覆盖层不厚的情况,可以用清水直接钻进,也可用低固相冲洗液钻进,钻进时加入少量 PAM,起到护壁堵漏及携带岩粉作用。

中深部岩石较完整,采用绳索取心金刚石钻进,绳索取心钻具环状间隙小,要求冲洗液固相含量少或无固相含量足且能充足携带岩粉和润滑功能,冲洗液配比为:清水+1%~2%植物胶 SD-2+0.1%~0.3%NaOH+0.4%~0.6%型高效润滑剂+

0.4%CMC(85s)+0.2%PHP, 冲洗液性能为: 粘度20~26 s, 密度1.02~1.025 g/cm<sup>3</sup>, 失水量7~10 mL/30 min, pH值8~10, 泥皮厚度<0.5 mm。在软弱夹层, 如有坍塌缩径情况, 要及时调整冲洗液。

下部岩石完整, 直接清水钻进, 但要加入高效润滑剂及少量PAM, 起到携带岩粉和高效润滑作用。

## 5 ZKS004 钻孔施工

### 5.1 场地修建

ZKS004 钻孔施工场地比较坚固、平整, 不用填方。由于钻孔较深且为斜孔, 为保证钻机施工平稳, 施工场地进行了夯实并铺设混凝土加固, 钻机基座支撑位置用钢筋混凝土加持并用钢筋螺丝固定<sup>[4]</sup>。

### 5.2 钻机安装

为减小终孔顶角偏差, 此次钻机安装顶角为8°。钻机安装完后, 检查和校正立轴方位及角度, 要保证天车、立轴中心、孔位一条直线, 对施工钻具详细检查, 不合格钻具严禁使用<sup>[5]</sup>。

### 5.3 开孔钻进

钻孔开孔采用单管普通金刚石清水钻进, 地层为第四系残坡积物、绿泥片岩, 比较破碎, 坍塌、掉块, 钻进时孔径增大, 孔壁间隙增加。开孔岩心管长度0.6 m, 岩层完整后及时下入 $\varnothing 108$  mm孔口管6.0 m, 并测斜, 方向正确后固定孔口管<sup>[7]</sup>。

### 5.4 钻进施工

下入孔口管后采用S94绳索取心优质冲洗液钻进。中深部岩层主要为绿泥片岩, 地层倾角30°~60°, 次为混合花岗岩, 间夹石英团块及蚀变带, 可钻性等级为7~9级, 岩心较为破碎。施工到207 m时由于动力不足换用S75绳索取心金刚石钻进, 下入 $\varnothing 89$  mm套管并测斜, 方位角87°, 顶角12°。下部岩层主要为混合花岗岩、斜长角闪岩间夹石英蚀变带, 可钻性等级为7~9级, 岩层完整, 硬度增加, 顶角上漂严重, 钻进时严格控制钻压、钻速, 勤测斜, 顶角突然变化, 要停钻查找原因。在钻进到596 m时采用清水加高效润滑剂钻进直至984.30 m终孔<sup>[8-9]</sup>。弯曲度变化如表3所示。

## 6 纠斜措施

### 6.1 纠斜措施及效果

在钻进过程中, 由于操作技术及地层影响, 钻孔弯曲度难免超差, 如果继续钻进就不符合设计要求,

表3 ZKS004 钻孔弯曲度变化

孔深/m	顶角/(°)	方位/(°)
101.17	10.27	85.3
201.14	11.98	87.0
304.27	13.27	85.5
401.70	14.57	87.4
490.49	16.52	88.4
600.12	19.32	87.4
802.34	24.43	88.3
898.95	26.16	84.5
984.30	28.12	87.4

可是直接报废损失极大, 特别是深孔钻进。为减少损失, 最好采用纠斜方式。本矿区主要是顶角变大, 因而纠斜措施主要为减小顶角偏差, 主要纠斜措施有:

(1) 加重钻具纠斜<sup>[9-10]</sup>, 充分利用钻具自然下垂, 在松散和破碎地层, 延长钻进时间, 使用加重钻具, 使顶角下垂。

(2) 偏心楔纠斜, 利用套管或岩心管制成偏心楔, 用钻杆放到需要纠斜位置, 测斜仪测量顶角, 然后固定, 利用偏心楔角度改变顶角大小。

(3) 定向钻进纠斜<sup>[10-11]</sup>, 定向钻进纠斜比较准确, 当钻孔偏离原始轨迹过大或一般纠斜方式不能凑效时, 可采用定向钻进技术来控制下部钻孔的轨迹, 达到纠斜的目的。目前常用的定向钻进技术为连续造斜器和螺杆马达造斜。

(4) 水泥封孔纠斜<sup>[12-13]</sup>, 发现钻孔弯曲严重, 可以采用水泥封孔, 水泥凝固后重新钻进, 在钻孔弯曲超标, 控制钻速, 减小钻压, 磨出新孔, 钻孔弯曲达到要求后再继续钻进, 以达到纠斜目的。

(5) 根据偏斜规律调整钻孔位置<sup>[14-15]</sup>, 矿区地层有一定的偏斜规律, 根据偏斜规律调整钻孔位置及角度, 根据计算结果预留距离, 从而钻到预定位置达到的地质目的, 钻至标靶位置。

### 6.2 主要钻孔弯曲度

刚开始在该矿区施工, 由于岩石层位倾角偏大, 许多钻机因不适应矿区地层, 不能及时掌握地层弯曲规律而无所适从, 钻孔弯曲度大, 施工进度慢, 个别钻机刚施工一半就吓跑了。后来根据地层情况采取了合适的防斜措施及纠斜措施, 施工质量得到保证, 主要钻孔弯曲度如表4所示。

表4 采取防斜及纠斜措施后钻孔弯曲度

钻孔号	设计孔深/m	终孔孔深/m	设计顶角/(°)	终孔顶角/(°)	设计方位角/(°)	终孔方位角/(°)
ZKS806	680	690.08	15	23	83.5	78
ZKS306	650	650.05	15	21	83.5	88
ZKS1002	850	869.88	15	20	83.5	79
ZKS406	640	642.11	15	22	83.5	78
ZKS0010	740	741.88	24	28	83.5	76

## 7 结语

陕县申家窑矿区由于岩层顶角大,钻进过程中上漂严重,钻孔弯曲度难以控制,斜孔钻进防止钻孔弯曲应以预防为主,纠斜为辅,勤测斜,多想办法,从钻机安装、钻孔结构设计、钻具选择、扶正器的加工、钻进工艺及钻进参数等方面多措并举预防,钻孔弯曲度是可以控制的。等到钻孔弯曲严重再纠斜,会大大增加施工成本,减少经济效益,甚至报废钻孔。

## 参考文献:

- [1] 王达,何远信.地质钻探手册[M].长沙:中南大学出版社,2014:555-559.
- [2] 杨福全,龙海涛.四川平武银厂金矿勘探复杂地层钻进技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(6):36-39.
- [3] 曹函,张绍和.钻探工艺知识问答[M].长沙:中南大学出版社,2014:252-260.
- [4] 潘焱.山东黄金西岭勘查区深部勘探孔防斜与纠斜措施[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(3):37-41.
- [5] 胡郁乐,张绍和.钻探事故预防与处理知识问答[M].长沙:中南大学出版社,2010:112-125.
- [6] 时志兴,杨春,翟东旭.程家沟-沙沟银多金属矿区坑道钻探工艺[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(5):39-43.
- [7] 时志兴.洛宁程家沟-沙沟银多金属矿中深斜孔钻探技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(9):9-13.
- [8] 刘敏,刘云山,段元清,等.江西武山铜矿区螺杆钻定向钻探技术研究与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(5):34-38,43.
- [9] 王洪涛.柴家沟钨矿复杂地层岩心钻探技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(8):37-40.
- [10] 时志兴,翟东旭.大顶角钻孔施工探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(S1):61-63.
- [11] 彭桥梁,李天虎,刘瑞,等.湖南龙山矿区钻孔偏斜规律分析及控制[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(11):12-15.
- [12] 时志兴,翟东旭,王江平.大顶角钻孔钻探技术研究[C]//中国地质学会探矿工程专业委员会.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.中国地质学会探矿工程专业委员会:中国地质学会探矿工程专业委员会,2015:284-289.
- [13] 吴昂昂,吴邦俊.沙溪矿区钻孔防斜纠斜技术方法探讨[C]//中国地质学会探矿工程专业委员会.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.中国地质学会探矿工程专业委员会:中国地质学会探矿工程专业委员会,2015:216-220.
- [14] 李瑞鑫,王朝奎,杨春.莫坎博铜矿区复杂地层护壁堵漏技术[C]//中国地质学会探矿工程专业委员会.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.中国地质学会探矿工程专业委员会:中国地质学会探矿工程专业委员会,2015:500-504.
- [15] 黄忠高,李志强,杨启文.江西省朱溪矿区钻探施工回顾与思考[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(10):42-46.