

初级定向与受控定向钻进技术在金山矿区的应用

陈映¹, 陈文², 张强³, 蒲春¹, 杨巍青¹

- (1. 武警黄金部队十二支队, 四川成都 611732;
2. 武警黄金部队第八支队, 新疆乌鲁木齐 830057;
3. 武警黄金部队第三总队, 四川成都 610036)

[摘要]湖南省隆回县金山矿区地层板理发育, 造斜强度大, 钻孔偏斜一直是制约该矿区钻探施工的瓶颈问题。通过采用钻孔初级定向与使用 LZ 型连续造斜器实施受控定向相结合的施工工艺, 钻孔轨迹得到有效控制, 成功解决了金山矿区钻孔偏斜问题, 达到了地质预期目的。

[关键词] 钻孔偏斜 初级定向 受控定向 连续造斜器

[中图分类号] P634.7 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495-5331(2014)增刊-1441-05

Chen Ying, Chen Wen, Zhang Qiang, Pu Chun, Yang Wei-qing. Application of preliminary directional and controlled directional drilling technologies in the Jinshan mining area, Hunan Province [J]. Geology and Exploration, 2014, 50(Suppl.):1441-1445.

钻孔弯曲度是评定钻孔质量的重要指标之一, 因钻孔偏斜而造成施工成本增加, 影响施工进度和钻孔质量, 甚至脱离预靶区导致钻孔报废等问题一直困扰着钻探施工(刘广志, 1989; 李宝辉等, 2007; 赵均文, 2010)。特别是在造斜强度大的地层条件下对陡倾矿体的钻探施工中, 钻孔偏斜问题尤为突出(皇甫全为, 2004)。本文介绍了如何利用初级定向与 LZ 型连续造斜器受控定向解决强造斜地层中的钻孔偏斜问题经验。

1 矿区基本情况

矿区位于湖南省隆回县城北西平距约 64 km 处的司门前镇石桥铺乡, 乡村公路 6 km 到隆回县司门前镇, 交通较为方便。区内大部分地区属中高山陡坡地形, 相对高差较大, 一般在 500 ~ 1100 m 之间, 工作条件一般。

区内受加里东期构造变形影响, 发育有褶皱和韧性剪切带。白马山、大乘山复式背斜控制了区内主要断裂构造的形态、分布、产状。施工钻孔所属区域位于北东向金山鼻状背斜东部, 岩层产状 $210^{\circ} \sim 230^{\circ} \angle 10^{\circ} \sim 30^{\circ}$, 矿层产状 $210^{\circ} \angle 70^{\circ}$ 。第四系覆盖层较薄, 厚度一般在 0 ~ 8m; 地层浅部基岩较完整, 岩性以

砂质板岩, 灰绿色绢云母板岩为主, 板理发育, 局部硅化较强, 属于中硬地层, 岩石可钻性级别为 7 ~ 8 级。

2 钻探施工概况

1961 年 10 月至 1963 年 5 月, 湖南冶金地质勘探公司二三四队开展了该区地质评价, 施工过 5 个 100 m 内的浅孔, 基本能达到地质要求。1986 年, 原武警黄金第十五支队曾在该区域进行过钻探施工, 但因钻孔严重偏斜, 无法继续钻进, 被迫取消设计钻探工程量, 此后, 该矿区再无钻探施工。

2012 年, 武警黄金十一支队在该矿区设计钻探任务量 2000 m, 钻孔 6 个。施工的首个钻孔 ZK3101, 设计孔深 350 m, 倾角 75° , 方位角 25° , 预计见矿位置 340 m。施工至 50 m 处钻孔弯曲度出现超差, 采取了扩孔纠斜, 使用大口径钻杆钻进等措施和工艺, 但钻孔轨迹下垂趋势无法得到有效控制。

施工至 251.00 m, 倾角达到 89.80° , 钻孔轨迹已成铅垂, 施工至 300.00 m, 倾角 85.90° , 方位角 254.15° , 测斜数据显示钻孔实际轨迹相对设计轨迹反向弯曲(如图 1 所示), 330.03 m 测斜, 倾角 84.30° , 方位角 227.78° , 钻孔轨迹继续沿设计轨迹反方向延伸, 继续施工已很难达到地质目的, 被迫在

[收稿日期] 2014-03-28; [修改日期] 2014-09-16; [责任编辑] 郝情情。

[第一作者] 陈映(1988 年-), 男, 2010 年毕业于中国地质大学(北京), 获学士学位, 助理工程师, 从事矿产勘探技术与管理工作。E-mail: chenying07@sina.com。

330.03 m 终孔。全孔平均每 100m 顶角下垂 6°~7° (测斜数据见表 1)。

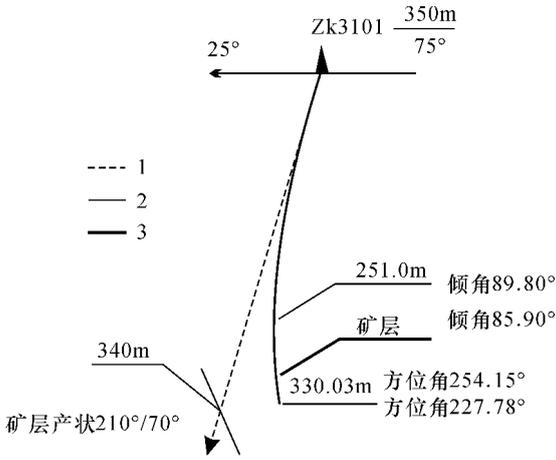


图 1 ZK3101 钻孔轨迹示意图

Fig. 1 Sketch of trajectory of borehole ZK3101

1 - 钻孔设计轨迹; 2 - 钻孔实际轨迹; 3 - 矿层

1 - designed borehole trajectory; 2 - practical borehole trajectory; 3 - seam

表 1 ZK3101 钻孔测斜数据登记表

Table 1 Hole deflection data of borehole ZK3101

孔深 (m)	24.50	51.00	84.00	100.00	128.00	152.00	160.00
倾角 (°)	75.02	76.20	77.90	78.60	79.10	80.30	84.60
方位角 (°)	27.50	29.50	31.60	27.40	31.70	34.50	52.00
孔深 (m)	170.00	190.00	220.00	251.00	278.00	300.00	330.03
倾角 (°)	86.30	88.00	88.40	89.80	87.50	85.90	84.30
方位角 (°)	65.20	66.00	67.20	-	240.70	254.15	227.78

3 钻孔偏斜机理及特点

根据矿区工程地质特征和 ZK3101 钻孔岩心, 矿区地层无明显软硬互层, 也不存在含有大漂石、砾石的地层。因此, 矿区钻孔偏斜主要受岩石各向异性影响 (兰光裕, 1997; 曾纪全等, 2001; 陈天成, 1999)。

选取 ZK3101 不同孔段板岩样品, 通过室内试验 (中国地质大学 (北京) 地质超深钻探技术国家专业实验室, 2012 年 9 月 15 日) 得到其各向异性系数见表 2:

表 2 金山矿区板岩各向异性测试数据表

Table 2 Anisotropy test of slate in Jinshan mine

样品编号	H_{max} (kg/cm ²)	H_{min} (kg/cm ²)	$K_a (H_{max}/H_{min})$
I	740	457	1.62
II	766	507	1.51
III	787	480	1.64
IV	820	519	1.58
V	806	474	1.70

岩样平均各向异性系数为 1.61, 表明矿区 330 m 以上的岩层各向异性较强。

由于矿区各向异性较强, 在垂直于层面方向岩石抗破碎阻力较小, 钻头破碎效率高, 平行于层面方向岩石抗破碎阻力较高, 钻头破碎效率低, 致使钻孔向垂直于层面方向弯曲 (张文英, 2009; 张文庆, 2011)。以上理论分析结果与 ZK3101 钻孔轨迹在 0~251 m 的变化相吻合。因此, 该区域钻孔的主要偏斜特点是受岩石各向异性的影响, 钻孔轨迹向垂直于地层方向连续偏斜。在 251~300.03 m 钻孔实际轨迹相对于设计轨迹反向弯曲, 推断其存在两种可能: 一是该孔段地层产状发生倒转; 二是该孔段岩层发育有结构面, 受结构面影响导致钻孔弯曲 (冒海军等, 2005; 李国权等, 2011), 但由于相关工作量较少, 需在以后工作中进一步加强认识和判断。

由于地层的造斜强度较大, 我们以矿区施工的第二个钻孔 ZK2301 作为试验孔, 探索了初级定向与受控定向相结合的施工工艺, 解决矿区钻孔偏斜问题。

4 ZK2301 现场试验

4.1 基本设备

钻机: XY-44T 型塔机一体式钻机
 泥浆泵: BW150 型泥浆泵
 钻杆: Φ71、Φ91 绳索钻杆
 测斜仪: BZE-SE 型测斜仪

4.2 纠斜专用设备

LZ-73、LZ-89 连续造斜器
 DX-2 定向仪
 Φ73、Φ93 表镶金刚石造斜钻头

4.3 钻孔初级定向设计

即利用钻孔自然偏斜规律进行定向设计 (谈耀林, 1991; 秦沛等, 2007; 张文庆, 2011)。ZK2301 钻孔原设计孔深 395 m, 预计见矿位置 350 m, 设计倾角 75° (顶角 15°)。根据 ZK3101 钻孔平均下垂幅度 6°~7°/100 m 的规律和 LZ 型连续造斜器 1°~2° 的造斜强度 (赵燕来, 2008; 张文英等, 2009; 张文英等, 2011), 选择曲率 (造斜强度) 为 5°/100 m 的曲线作为钻孔轴线, 进行二维定向孔设计。

由图 2 可得出以下关系式:

$$\theta_E = \beta + \alpha - 90^\circ \quad (1)$$

$$\theta_0 = \theta_1 + \theta_E \quad (2)$$

$$H_E = R_1 \sin \theta_0 - R_1 \sin \theta_E \quad (3)$$

$$L_E = R_1 \theta_1 \quad (4)$$

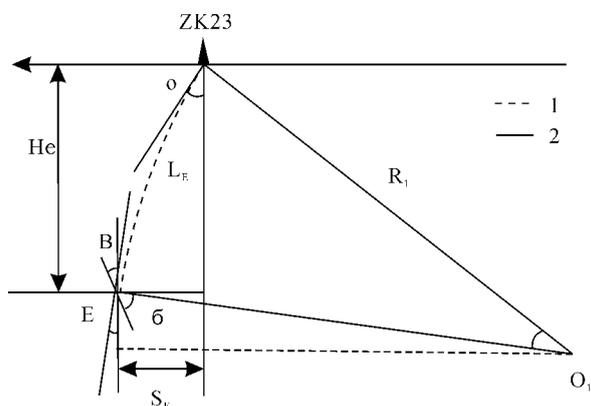


图2 ZK2301 钻孔轨迹设计计算图

Fig. 2 The figure of design calculations about ZK2301 trajectory

E - 靶点; H_E - 中靶垂深, m; S_E - 中靶平距, m; L_E - 中靶孔深, m; R_1 - 曲率半径, m; θ_E - 中靶顶角, °; θ_0 - 开孔顶角, °; β - 穿矿遇层角, °; α - 矿层倾角, °.

E - target spot; H_E - Targeted vertical depth, m; S_E - The target distance, m; L_E - The target of drilling depth, m; R_1 - The radius of curvature, m; θ_E - The target angle, °; θ_0 - initial angle, °; β - wear mine encounter level angle, °; α - seam inclination, °.

$$S_E = R_1 \cos \theta_E - R_1 \cos \theta_0 \quad (5)$$

(推导过程略)

已知矿层倾角

$$\alpha = 70^\circ \quad (6)$$

穿矿遇层角一般要求不小于 30° , 此处取最小值计算, 即

$$\beta = 30^\circ \quad (7)$$

靶点垂深由原设计可得到, 即

$$H_E = \text{见矿位置} \times \sin 75^\circ \quad (8)$$

同时, 钻孔曲率 r 已知, 得到曲率半径

$$R_1 = 57.3/r \quad (9)$$

将式(6)、(7)、(8)、(9)代入式(1)、(2)、(3)

计算得到(计算过程略): $\theta_E = 10^\circ$ 、 $\theta_1 = 18^\circ$ 、 $\theta_0 = 28^\circ$ 。

为保证 β 不小于 30° , 将开孔顶角 θ_0 调整至 30° (即开孔倾角 60°), 为 β 预留部分变化空间, 将调整后的 θ_0 代入式(2)或(3) θ_E 得到为 12° , 此时穿矿遇层角理论值为 32° , 将上述值代入式(4)、(5)得到 $L_E = 360$ m、 $S_E = 128$ m。

如图3所示:

按初级定向设计后, 钻孔孔位相对于原设计孔位沿勘探线 205° 方向的移动距离:

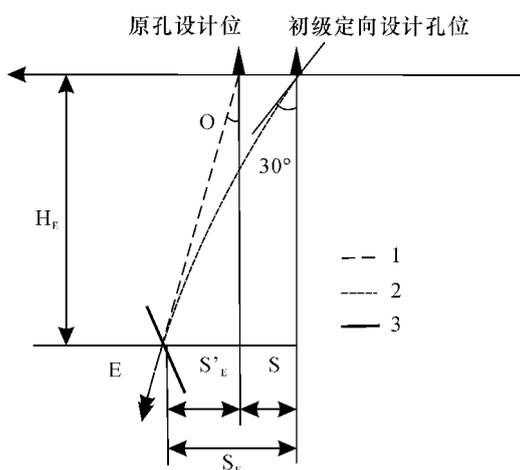


图3 ZK2301 钻孔设计示意图

Fig. 3 Schematic diagram of designed ZK2301

1 - 钻孔原设计轨迹; 2 - 钻孔初级定向设计轨迹; 3 - 矿层
1 - designed borehole trajectory; 2 - primary design of directional borehole trajectory; 3 - seam

$$S = S_E - S'_E \quad (10)$$

并且有:

$$S'_E = 350 \times \sin 15^\circ$$

S_E 已由式(5)得出。

通过计算得到:

$$S = 37 \text{ m}$$

钻孔初级定向设计结果即 ZK2301 孔位相对于原设计孔位沿勘探线 205° 方向的移动 37 m, 钻孔开孔倾角 60° , 预计见矿孔深 360 m。

4.4 受控定向

即利用连续造斜器在钻孔轨迹偏离设计轨迹孔段实施纠斜, 以达到控制钻孔沿预定轨迹延伸的目的(刘广志, 1999; 向军文, 2007; FangTian - wang et al, 2011)。ZK2301 施工至 101 m 时顶角下垂 6.75° , 钻孔顶角超差 1.75° 。使用 $\Phi 89$ LZ 型连续造斜器在 102.53 m 处开始首次纠斜, 至 151.23 m 共进行了 4 次纠斜试验, 顶角分别增大 0.25° 、 0.30° 、 0.25° 、 1.75° , 但在之后正常进尺过程中受地层条件影响, 钻孔轨迹下垂趋势仍较大。纠斜试验数据见表 3。因钻孔连续纠斜, 孔内出现狗腿, 加之 S95 绳索钻杆刚性较强, 施工至 154.98 m 时钻具上扩孔器位置发生断裂。因此, 决定停止 LZ89 造斜器纠斜, 通过加密测斜, 调整钻进参数, 控制钻孔轨迹变化幅度, 待钻孔换径后再使用 LZ73 造斜器实施受控定向。

表 3 钻孔纠斜统计表(1)

Table 3 Statistics of borehole deflection correction (1)

序号	纠斜孔段(m)	纠斜目的	安装角(°)	纠斜前顶角/方位角(°)	纠斜后顶角/方位角(°)
1	102.53 - 104.17	升顶角	0°	23.25/34.30	23.50/33.30
2	112.13 - 113.84	升顶角	0°	23.00/34.00	23.30/34.20
3	127.23 - 128.23	升顶角	0°	21.25/35.10	21.50/35.60
4	151.23 - 152.83	升顶角	0°	18.00/34.60	19.75/35.00

钻孔施工至 170.00 m 测斜数据显示顶角 18.12°, 在 199.03 m 处更换 Φ75 绳索取心工艺, 换径后在 200.03 m 处测斜顶角为 16.40°, 钻孔轨迹下垂趋势较大。自 200.3 m 至 220.75 m, 使用 Φ73LZ 型连续造斜器先后进行了 3 次纠斜, 纠斜情况见表 4:

表 4 钻孔纠斜统计表(2)

Table 4 Statistics of borehole deflection correction (2)

序号	纠斜孔段(m)	纠斜目的	安装角(°)	纠斜前顶角/方位角(°)	纠斜后顶角/方位角(°)
1	200.03 - 201.83	升顶角	0°	16.40/36.70	17.00/37.00
2	204.34 - 204.74	升顶角	0°	16.80/36.70	16.95/37.00
3	217.71 - 220.75	升顶角	0°	15.00/44.70	16.40/45.10

表 5 钻孔测斜数据登记表

Table 5 Hole deflection data of ZK2301

孔段(m)	顶角(°)	方位角(°)
299.03	15.43	45.87
355.70	13.15	56.92
395.03	12.20	68.21

数据显示第三次纠斜效果较明显, 顶角增加了 1.4°。但在 249.95 m 测斜, 顶角 15.20°, 方位角 50.30°, 地层造斜强度大, 钻孔轨迹沿铅垂方向的跑斜趋势加剧。在 249.95 m 再次纠斜, 滑块安装角调整为 30°, 同时纠顶角和方位角(升顶角, 降方位)。该次纠斜进尺 4 m, 纯钻时间超过 6 小时, 修孔后继续钻进至 262.35 m 测斜顶角 17.60°, 方位角 47.4°, 测斜数据符合地质设计要求, 纠斜效果较明显, 顶角增加 2.4°, 方位角降低 2.9°。钻孔进入正常钻进, 299 m 至 395.03 m 测斜数据见表 5:

数据显示, 钻孔轨迹偏回了原设计轨道, 准确穿过了预定靶区。利用 MAPGIS 投影(黎华等, 2003; 李妮巍, 2005)得到钻孔轨迹如图 4 所示。终孔孔深 395.05 m, 全孔顶角变化平均 4.4°/100 m, 终孔落点偏线距 35 m(勘探线距 160 m)。

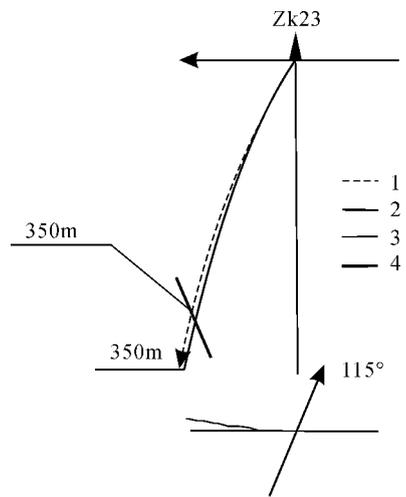


图 4 ZK2301 钻孔实际轨迹示意图

Fig. 4 Sketch of actual trajectory of ZK2301

1 - 钻孔设计轨迹; 2 - 钻孔实际轨迹; 3 - 钻孔方位变化轨迹; 4 - 矿层
1 - designed borehole trajectory; 2 - practical borehole trajectory; 3 - borehole azimuth trajectory; 4 - seam

5 结论

通过采用钻孔初级定向与使用 LZ 型连续造斜器实施受控定向, 有效控制了 ZK2301 钻孔轨迹, 准确命中了预定靶区, 成为该矿区开展钻探施工以来, 首个达到地质目的的 300m 以上钻孔, 为解决该类矿区钻孔偏斜问题提供了有效手段, 为矿区下步开展定向分支孔、水平钻进等定向钻进工艺研究奠定了一定基础。

[References]

Chen Tian-cheng. 1999. Technology of directional correction of Indination [J]. West-China Exploration Engineering. 11 (5): 35 - 37 (in Chinese with English abstract)

FangTian-wang, Ting X Ren, Frank Hungerford, ShiHao-tu, Naj Aziz. 2011. Advanced directional drilling technology for gas drainage and exploration in Australian coal mines. Procedia Engineering. Vol. 26: 25 - 36

Huang Fu Quan-wei. 2004. Application of Controlled directional drilling technology in Exploration of Whipstocking stratum. Exploration Engineering (Drilling & Tunneling), 10: 56 - 57 (in Chinese)

Lan Guang-yu. Analysis of mechanical properties of slate and relationship with the supersonic wave speed [J]. Pearl River, 1997, 4: 16 - 19 (in Chinese)

Li Bao-hui, Liu Zhi-hui. Technology of Deviation Control and Correction for Deep Hole Reconnaissance in Strong Natural Whipstocking Stratum [J]. Exploration Engineering (Drilling & Tunneling), 7: 8 - 9 (in Chinese with English abstract)

Li Guo-quan, Yan Chang-bin, Qi Ju-mei, Qin Jian-fu. 2011. Anisotropy of Slate strength in West route of South-to-North water transfer Project [J]. Journal of Engineering Geology, 19 (6): 917 - 920 (in Chinese with English abstract)

Li Hua, Cui Zhen-ang, Li Fang-lin. 2003. The Application of Mappgis in

- Geology[J]. Computing Techniques for Geophysical and Geochemical Exploration, 25(1):50-53 (in Chinese with English abstract)
- Li Wu-wei. 2005. The Application of MAPGIS to Geological mapping[J]. Uranium Geology, 21(6):370-375 (in Chinese with English abstract)
- Liu Guang-zhi. 1999. Controlled directional drilling used to Explore deep mineral resources[J]. Geology and Prospecting, 35(1):51-56 (in Chinese with English abstract)
- Liu Guang-zhi. 1989. Hole Deflection Problem and Its Straightening Measure in Deep Hole Diamond Drilling[J]. Geology and Prospecting, 25(1):55-58 (in Chinese with English abstract)
- Mao Hai-jun, Yang Chun-he. 2005. Study on Effects of Discontinuities on Mechanical characters of Slate[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 24(20):3651-3656 (in Chinese with English abstract)
- Qin Pei, Li Bin. 2007. A Discussion on Directional drilling and its Applications[J]. City Geology, 2(1):49-50 (in Chinese with English abstract)
- Tan Yao-lin. 1991. The Application of Directional drilling to Gold exploration[J]. Mineral resources and Geology, 5(21):141-145 (in Chinese with English abstract)
- Xiang Jun-wen. 2007. Technology of Directional Drilling and the Application[J]. Exploration Engineering (Drilling & Tunneling), 9:28-36 (in Chinese with English abstract)
- Zeng Ji-quan, Shao Xiao-man, Hu Xie-wen. 2001. Study on the testing of rock mass anisotropy[J]. Water Power Engineering Research, 2:8-21 (in Chinese)
- Zhang Wen-qing. 2011. Primary Direction Drilling in Sunjiazhuang Iron Mine and Deviation Prevention Measure[J]. Exploration Engineering (Drilling & Tunneling), 38(12):22-24 (in Chinese with English abstract)
- Zhang Wen-ying, Liu Wei-dong, Zhao Yan-lai, Li Zhong, Li Bo. 2009. Construction Technology of Directional Branch Hole in Complex Easily Inclined Stratigraphic[J]. Exploration Engineering (Drilling & Tunneling), 36(8):36-39 (in Chinese with English abstract)
- Zhang Wen-ying, Zhang Ting-mao, Wu De-jun, Zhang Yi. 2011. Application of Sidetrack Drilling Technology in Borehole Accident[J]. Exploration Engineering (Drilling & Tunneling), 38(6):10-12 (in Chinese with English abstract)
- Zhao Jun-wen, Yu Zhi-jian, Xing Yun-tao, Ding Guo-dong. 2010. Borehole Deviation Correcting and Controlling Technological Measures in Heshan Mining Area of Chengde[J]. Exploration Engineering (Drilling & Tunneling), 37(5):17-21 (in Chinese with English abstract)
- Zhao Yan-lai. 2008. Application of LZ continuous whipstock in Exploration of Uranium mine in Sichuan[J]. Exploration Engineering (Drilling & Tunneling), (7):84-86 (in Chinese)
- [附中文参考文献]
- 陈天成. 1999. 定向纠斜技术[J]. 西部探矿工程. 11(5):35-37
- 皇甫全为. 2004. 受控定向在强导斜地层勘查中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程). 10:56-57
- 兰光裕. 1997. 板岩的力学特征及其与超声波速的相关性分析[J]. 人民珠江. 4:16-19
- 李宝辉, 刘志会. 2007. 深孔勘查中强自然造斜地层的防斜纠斜工艺技术措施[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程). 7:8-9
- 李国权, 闫长斌, 齐菊梅, 秦建甫. 2011. 南水北调西线工程板岩强度的各向异性特征[J]. 工程地质学报. 19(6):917-920
- 黎华, 崔振昂, 李方林. 2003. Mapgis 在地质学中的应用[J]. 物探化探计算技术, 25(1):50-53
- 李婉巍. 2005. MAPGIS 在地质制图中的应用[J]. 铀矿地质, 21(6):370-375
- 刘广志. 1999. 用受控定向钻探勘探深部矿产资源[J]. 地质与勘探, 35(1):51-56
- 刘广志. 1989. 金刚石深孔钻探斜孔问题与纠斜措施[J]. 地质与勘探[J], 25(1):55-58
- 冒海军, 杨春和. 2005. 结构面对板岩力学特性影响研究[J]. 岩石力学与工程学报, 24(20):3651-3656
- 秦沛, 李斌. 2007. 浅谈定向钻进及其应用[J]. 城市地质, 2(1):49-50
- 谈耀麟. 1991. 定向钻进技术在金矿勘探中的应用[J]. 矿产与地质, 5(21):141-145
- 向军文. 2007. 定向钻进技术及其应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 9:28-36
- 曾纪全, 邵小曼, 胡卸文. 2001. 岩体力学各向异性试验研究[J]. 水电工程研究, 2:8-21
- 张文庆. 2011. 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), 38(12):22-24
- 张文英, 张廷茂, 吴德军, 张宜. 2011. 侧钻技术在钻孔事故处理中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 38(6):10-12
- 张文英, 刘卫东, 赵燕来, 李忠, 黎波. 2009. 若尔盖矿区复杂易斜地层定向分支钻孔施工技术[J]. 探矿工程, 36(8):36-39
- 赵均文, 于志坚, 邢运涛, 丁国东. 2010. 承德黑山矿区钻孔纠斜技术及防斜技术措施[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 37(5):17-21
- 赵燕来. 2008. LZ 连续造斜器在四川某铀矿区详堪中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 7:84-86

Application of Preliminary Directional and Controlled Directional Drilling Technologies in the Jinshan Mining area, Hunan Province

CHEN Ying¹, CHEN Wen², ZHANG Qiang³, PU Chun¹, YANG Wei-qing¹
 (1. No. 12 Gold Geological Party of CAPF, Chengdu, Sichuan 611732;
 2. No. 8 Gold Geological Party of CAPF, Wulumuqi, Xinjiang 830057;
 3. No. 3 Gold Geological Party of CAPF, Chengdu, Sichuan 610036)

Abstract: The Jinshan mining area, Longhui county, Hunan Province is characterized by well developed slate with numerous slaty cleavages, leading to borehole deviation that is the most serious problem in the drilling work. To overcome this difficulty, we adopt combination of primary borehole orientation and controlled borehole directional technologies using LZ-type continuous whipstock. It effectively controls the drilling trajectory, successfully resolves the borehole deviation problem, and achieves the expected geological purpose.

Key words: borehole deflection, preliminary directional, controlled directional, continuous whipstock