

河南省板厂矿区小直径螺杆钻定向纠斜技术

韩明耀, 柳硕林, 王朝晖, 许卫国, 郭 凯

(河南省地质矿产勘查开发局第一地质勘查院, 河南 郑州 450001)

摘要:根据河南省板厂矿区 ZK1403 孔前期钻探施工基本情况及定向纠斜地质要求确定了纠斜方案。从小直径螺杆钻定向纠斜的理论准备、设备仪器、施工过程以及钻进参数方面确定了有效的定向纠斜施工工艺, 实现了自孔深 958 m、顶角 10° 、方位角 143° 至孔深 1100 m、顶角 7° 、方位角 18° 的成功纠斜。通过矿区纠斜效果, 总结了该技术的优点及不足, 为今后地质深孔定向纠斜施工提供借鉴。

关键词:定向纠斜; 方位角; 螺杆钻; 随钻测斜; 安装角

中图分类号: P634.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2019)03-0036-06

Deviation correction drilling with slim hole mud motor in Henan Banchang Mining Area

HAN Mingyao, LIU Shuolin, WANG Zhaohui, XU Weiguo, GUO Kai

(The First Geological Exploration Institute of Henan Provincial Bureau of Geo-exploration and Mineral Development, Zhengzhou Henan 450001, China)

Abstract: With analysis of the existing drilling information of Hole ZK1403 in Henan Banchang Mining Area, a deviation correction plan was determined according to the geological requirements of directional deviation correction. An effective directional deviation correction process with the slim hole mud motor was developed in terms of deviation correction drilling theory with the slim hole mud motor, drilling equipment, instruments, drilling procedure and drilling parameters. Successful deviation correction was achieved from the hole depth 958m, inclination 10° and azimuth 143° to the hole depth 1100m, inclination 7° and azimuth 18° . Based on the correction results in the mining area, both the advantages and disadvantages of the process were summarized, providing reference for deviation correction in deep geological hole drilling.

Key words: directional deviation correction; azimuth; mud motor; measurement while drilling; offset angle

螺杆钻定向钻探技术, 在石油钻井等大口径钻探中, 应用比较普遍, 技术比较成熟, 但在地质岩心钻探、煤炭地质勘查等小直径钻探施工中应用不多, 主要原因是受钻孔口径制约, 螺杆马达、定向仪器等须使用小直径, 必然造成价格偏贵, 性能稳定性较差; 另外, 对于钻孔空间轨迹的计算、造斜强度的选择、纠斜效率、对钻孔后续钻进的影响等问题, 理论和实践差异较大, 须进一步研究。

1 项目概况

河南省内乡县板厂一带多金属矿区位于伏牛山

南麓, 北秦岭褶皱带东段, 黄花幔花岗岩体南侧之朱阳关—夏馆断裂带上^[1]。其中 ZK1403 钻孔, 设计孔深 1800 m, 设计勘探线方向 20° , 直孔, 终孔直径 ≤ 76 mm。钻遇地层大致可分为上、中、下三个岩性段。上部岩性段主要为黑云斜长片麻岩, 厚 50~100 m, 可钻性 4~6 级, 研磨性较低。中部岩性段以白云石大理岩为主, 中间夹部分绿帘石、绿泥石层, 厚度 40~80 m。下部岩性段为白云质大理岩, 含石墨大理岩夹黑云斜长片麻岩等, 厚度大于 100 m, 可钻性 6~8 级, 中等研磨性。因岩层经历了多期次的变质、变形作用, 区内不同时期、不同性质、不

收稿日期: 2018-08-17; 修回日期: 2018-09-16 DOI: 10.12143/j.tkgc.2019.03.007

基金项目: 河南省国土资源厅科技攻关项目“秦岭造山带复杂地层深部钻探技术研究”(编号: 豫国土资发[2018]98号)

作者简介: 韩明耀, 男, 汉族, 1974 年生, 工程师, 从事岩心钻探、水文水井钻探技术及管理工, 河南省郑州市高新技术开发区莲花街 56 号地矿大厦 3007 室, 1069090551@qq.com。

引用格式: 韩明耀, 柳硕林, 王朝晖, 等. 河南省板厂矿区小直径螺杆钻定向纠斜技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2019, 46(3): 36-41.

HAN Mingyao, LIU Shuolin, WANG Zhaohui, et al. Deviation correction drilling with slim hole mud motor in Henan Banchang Mining Area[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019, 46(3): 36-41.

同规模的褶皱、断裂等构造十分发育^[2]。质量要求按《地质岩心钻探规程》(DZ/T 0227—2010)6 项指标,岩心采取率 $\leq 70\%$,矿心采取率 $> 80\%$,顶角 $\leq 2^\circ/100\text{ m}$ ^[3]。

钻孔结构:0~4 m,下 $\Phi 146\text{ mm}$ 套管;0~14.60 m,下 $\Phi 127\text{ mm}$ 套管;0~61.95 m,下 $\Phi 108\text{ mm}$ 套管;0~559.00 m,下 $\Phi 89\text{ mm}$ 套管;559.00~958.37 m,为 $\Phi 78.5\text{ mm}$ 裸孔^[4]。图 1 为 ZK1403 孔孔身结构示意图。

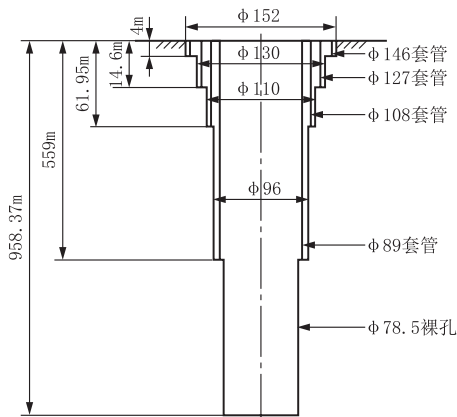


图 1 ZK1403 孔孔身结构

Fig.1 Drilling structure of Hole ZK1403

钻孔施工至 900 m 后,尽管顶角符合规程中“在直孔施工中顶角偏差不应超过 $2^\circ/100\text{ m}$ ”的要求,但地质部门认为方位角偏差大,钻孔轴线偏离勘探线距离大,不能继续施工,经研究决定纠斜。通过 XJL-42 型罗盘钻孔测斜仪测斜,部分测斜结果见表 1。

表 1 ZK1403 孔纠斜前部分测斜数据

Table 1 Partial inclination survey data before deviation correction of Hole ZK1403

孔深/m	顶角/($^\circ$)	方位角/($^\circ$)	孔深/m	顶角/($^\circ$)	方位角/($^\circ$)
100	0		600	4	113
200	1	74	700	6	120
300	1	92	800	8	130
400	2	96	900	9	140
500	3	113	950	10	143

2 定向纠斜施工工艺

2.1 纠斜思路及方法选择

根据地质部门对钻孔轴线的形态及空间位置的要求,结合 ZK1403 钻孔实际情况,经充分了解国内小口径岩心钻探偏斜、纠斜及定向钻探施工经验,确

定以下几点纠斜思路。

(1)纠斜位置:从孔深 958.37 m 处开始纠斜,该孔段非矿层,岩石较完整。

(2)纠斜口径:与原钻探口径保持一致,即 $\Phi 78.5\text{ mm}$ 。

(3)同时纠方位角和顶角,以纠方位角为主。纠斜后方位角达到 20° 左右,顶角 $6^\circ\sim 7^\circ$ 。如果把钻孔顶角纠的太小,钻孔轴线接近铅垂线,下一步的钻探施工中,方位角变化不易控制。

(4)偏斜孔段宜平滑,控制方位角弯曲强度 $< 10^\circ/\text{m}$,顶角弯曲强度 $< 0.3^\circ/\text{m}$,保证下一步钻探施工时回转阻力小,能够正常钻进。

(5)及时测斜,检查纠斜效果,并依据测斜数据随时调整纠斜钻进各项参数。

根据纠斜思路,目前国内常用的偏心楔纠斜法,定向困难,不适用于纠斜工作量大的钻孔;连续造斜器法,定向不精确、误差大,且不宜用于深孔造斜;使用小直径螺杆钻具纠斜,定向精确、钻孔轨迹可控且可连续造斜,能够满足需要^[5-6]。

2.2 主要设备及仪器

设备使用 XY-6N 型液压立轴式岩心钻机和 BW-300/16 型泥浆泵。定向纠斜前,根据钻孔孔深、孔径等情况选择适宜的定向纠斜器具,分别为:

(1) $\Phi 60\text{ mm}$ 螺杆钻具,弯曲度 1.25° 。

(2)LHE-2115 型有线随钻测斜仪和数字处理仪。

(3) $\Phi 73\text{ mm}$ 无磁钻铤 9.05 m。

(4)专用通缆水龙头。

(5) $\Phi 76.5\text{ mm}$ 金刚石全面破碎钻头, $\Phi 78.5\text{ mm}$ 炮弹型修孔钻头。

2.3 定向纠斜施工工序

螺杆钻定向纠斜施工的工序主要有 3 个阶段:造斜钻进,扩孔钻进以及稳斜钻进。首先根据地质要求的靶点靶区进行施工方案的确定,整体框架为:

(1)确定纠斜方案后先进行清孔换浆。

(2)造斜段更换纠斜螺杆钻具,并在造斜点进行定向。

(3)定向完成后开始纠斜钻进。

(4)用大一级钻头扩孔钻进,目的是保证钻孔轨迹圆滑,方便以后安全钻进。

(5)扩孔后换钻具进行稳斜钻进,接入钻杆稳住造斜效果,防止产生回偏。

(6)多点连续精确测斜,保证实际纠斜效果满足预期目标,实时监测纠斜效果。

(7)继续下入螺杆钻具定向、纠斜、扩孔、稳斜、测斜,直到纠斜作业满足地质要求的靶点靶区。

2.4 定向纠斜前准备工作

2.4.1 螺杆钻具定向造斜钻进冲洗液的选择

针对本矿区地层较为复杂、破碎的特点,纠斜钻进工程中选用细分散低固相泥浆^[7]。螺杆钻具造斜时的冲洗介质应满足以下几点要求:

(1)为了保护井壁已形成的泥皮并携带钻屑,粘度不宜过小;冲洗液循环使用时需要进行沉淀和过滤处理,因此粘度也不宜过大。

(2)含砂量 $<0.5\%$,颗粒直径 $<0.3\text{ mm}$ 。

(3)尽量降低冲洗液密度,减少固相含量。

冲洗液配方为:2%膨润土+0.1%~0.15%纯碱+1%植物胶+1%腐植酸钾+0.1%聚丙烯酸钾。冲洗液性能为:粘度25 s,密度 1.01 g/cm^3 ,失水量9 mL/30 min,pH值8,含砂量0.2%。该冲洗液在实际使用过程中,防塌护壁效果良好^[8]。

2.4.2 工具安装角的确定

螺杆钻具在钻孔底部的安装角度不同,钻孔顶角和方位角的变化也不同,直接影响偏斜效果^[9]。目前安装角的确定已有相应的计算法和图解法,本文采用较为精确的计算法来确定。

工具面角=理论计算安装角+反扭角

理论计算安装角确定:

$$\tan\beta = \frac{\sin(\Delta\alpha)}{\cos\theta_1 \cos(\Delta\alpha) - \sin\theta_1 \cot\theta_2}$$

式中: β ——理论计算安装角; $\Delta\alpha$ ——纠斜前后方位角的变量; θ_1 、 θ_2 ——纠斜前、后顶角。

反扭角取决于钻压、钻杆类型和长度。根据经验可知,大规格螺杆钻的反扭角较大,粗钻杆反扭角较小。根据该孔钻遇地层,为达到同时降低方位角和顶角的目的,安装角应设定在 $180^\circ\sim 270^\circ$;考虑优先降低方位角,设计初始安装角 250° 。

2.4.3 下钻前的检查工作

(1)地面检查:检查螺杆钻能否正常工作,旁通阀是否完好,检查轴承间隙等,试运转后方可下钻。

(2)检查定向键是否与螺杆钻具的高边工具面在同一平面内,仔细丈量记录定向母线逆时针超前定向键的工具装合差。

(3)每个连接丝扣处,都要缠生胶带密封,丝扣

拧紧,避免因漏水造成螺杆钻动力不足。

2.5 纠斜钻具组合和钻进参数

2.5.1 钻具组合

纠斜钻进过程分为造斜钻进、扩孔钻进和稳斜钻进。各工序的钻具组合如下。

造斜钻进钻具组合: $\text{O}76.5\text{ mm}$ 全面破碎金刚石钻头+ 1.25° 螺杆钻具+ $\text{O}50\text{ mm}$ 钻杆4.51 m+ $\text{O}73\text{ mm}$ 无磁钻铤9.05 m+ $\text{O}71\text{ mm}$ 绳索取心钻杆+主动钻杆。

扩孔钻进钻具组合: $\text{O}78.5\text{ mm}$ “炮弹”钻头+ $\text{O}50\text{ mm}$ 钻杆4.51 m+ $\text{O}71\text{ mm}$ 绳索取心钻杆+主动钻杆。

稳斜钻进钻具组合: $\text{O}78.5\text{ mm}$ “炮弹”钻头+ $\text{O}73\text{ mm}$ 绳索取心钻具5.50 m+ $\text{O}71\text{ mm}$ 绳索取心钻杆+主动钻杆。

2.5.2 纠斜钻进工艺参数

(1)纠斜钻压:钻具下到孔底,使用小钻压,正常进尺后,逐渐加大钻压。结合螺杆钻具的工作压力和 $\text{O}76\text{ mm}$ 绳索取心钻进对钻压的要求,纠斜钻压5~10 kN。

(2)纠斜泵量泵压:使用BW-300/16型泥浆泵慢Ⅲ挡或快Ⅲ挡,额定泵量115~155 L/min,额定泵压6~9 MPa^[9]。

(3)修孔钻进工艺参数:修孔钻进时,轻压慢转小泵量,防止因钻具回转阻力过大而憋车。钻机、泥浆泵都用Ⅰ挡,钻压1~2 kN。

3 纠斜过程

3.1 操作注意事项

(1)控制下钻速度,防止冲洗液从钻头进入,造成螺杆钻具因反转而损坏。

(2)及时向钻杆内回灌冲洗液,防止岩粉因负压从旁通阀进入螺杆钻具。

(3)接近孔底时,上下反复提拉钻具,使整个钻杆柱自由下垂,消除虚假反扭转角对计算工具面角的影响^[10-11]。

3.2 孔内定向操作

定向系统如图2所示。测斜仪探管穿过钻杆,下部插入定向接头的定向键,测量时,传递顶角、方位角、工具面角等参数。通过调整螺杆钻具工具面角,使造斜钻头沿着设计钻孔轨迹前进。如果实施过程中,钻孔轨迹与设计偏差过大,可将超差孔段用

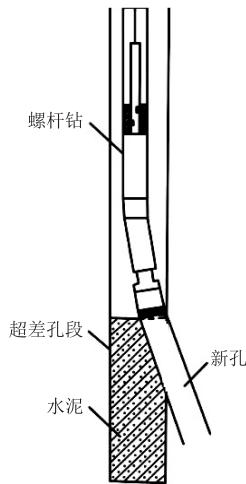


图 2 定向系统图

Fig.2 Schematic diagram of directional deviation correction

水泥进行封堵,在孔底实施新的侧钻。

定向操作步骤如下:

(1) 螺杆钻具下到孔底后,开泵循环 30 min,然后关泵,卸开主动钻杆,用电缆将随钻测斜仪下入钻杆内,使定向鞋上的定向槽坐在定向键上,再连接绳索取心钻杆和主动钻杆,可从 LHE-2115 型数字处理仪上直接读出钻孔顶角、方位角和工具面角数值。

(2) 为保证定向槽坐在定向键上,应提起、放下随钻测斜仪不少于 3 次,且每一次数字处理仪上显示的数据一致或非常接近。

(3) 钻具接近孔底时,用管钳顺时针转动钻机立轴,直到 LHE-2115 型数字处理仪上显示的工具面角与实际采用的安装角一致,定向成功。纠斜钻进过程中,始终认真观察仪器显示的工具面角,随时调整,保持钻孔轨迹按预定方向延伸^[12]。

3.3 纠斜过程简述

纠斜钻进第 1 回次,实际采用的安装角读数 313°。水泵使用快Ⅲ挡,额定泵量 155 L/min,下钻到孔底泵压 5 MPa,纠斜钻进泵压 6.5 MPa,起钻前最大泵压 9 MPa,判断是岩心岩屑堵塞了钻头水眼。纠斜钻进过程中,时刻观察泵压表,通过泵压变化,判断螺杆钻工作状况。本回次螺杆钻在孔底工作 14 h,在偏斜点上下顺滑钻孔,用时较长,纠斜孔段 958.37~959.47 m,进尺 1.10 m。

起钻检查螺杆钻具,第 2 回次钻进 4.35 m,第 3 回次进尺 7.35 m。螺杆钻纠斜钻进 12.80 m 后,使用炮弹钻头修孔,顺滑钻孔。

为减小造斜强度,保障下一步钻探施工安全,第 4 回次使用绳索取心钻具,进尺 4.60 m。第 5 回次螺杆钻纠斜钻进 6.11 m,第 6 回次绳索取心钻进 11.69 m,第 7 回次螺杆钻纠斜,进尺 6.50 m。详见表 2。

表 2 ZK1403 孔纠斜钻进统计

Table 2 Statistics of deviation correction drilling in Hole ZK1403

回次号	钻进方法	孔段/m	进尺/m	用时/h	安装角/(°)
1	螺杆钻	958.37~959.47	1.10	14	313
2	螺杆钻	959.47~963.82	4.35	15	325
3	螺杆钻	963.82~971.17	7.35	31	23
4	绳索取心	971.17~975.77	4.60	3	
5	螺杆钻	975.77~981.88	6.11	23	351
6	绳索取心	981.88~993.57	11.69	5	
7	螺杆钻	993.57~1000.07	6.50	28	273

3.4 修孔方法及注意事项

纠斜完成后修整孔壁,使钻孔轨迹顺滑,以利于下一步绳索取心钻进施工。使用炮弹钻头修孔,钻头最大外径 78.5 mm,保径部分长度 ≤ 150 mm。

修孔分两步进行,第一步使用炮弹钻头连接绳索取心钻杆,扫孔到底;第二步,炮弹钻头连接绳索取心钻具,再连接绳索取心钻杆,扫孔到底。来回多次修整纠斜孔段,以圆滑钻孔轨迹,确保钻孔顺畅,避免下一步绳索取心钻进时,因孔内阻力大而憋车^[13]。

4 螺杆钻定向纠斜成果

ZK1403 孔共纠斜钻进 5 次,纠斜进尺 25.41 m。在孔深 1100 m 处测斜,钻孔顶角从 10°降到 7°,方位角从 143°降到 18°,满足地质要求,后续钻探施工正常开展,没有因为钻孔轨迹的改变影响绳索取心钻进施工。纠斜过程中及纠斜后,使用 XJL-42 型罗盘钻孔测斜仪测孔斜,结果见图 3。

5 经验体会

(1) 螺杆钻定向钻探技术,可以满足地质部门对钻孔空间轨迹的较高要求,准确揭露矿层位置及其边界关系,保证储量报告的精确性,从而促进地质找矿工作质量和效率^[14-15]。

(2) 钻探施工过程中,钻遇复杂地层难以穿越或发生孔内事故时,可以使用螺杆钻定向技术,侧钻分支孔绕障。

(3) 随钻测斜可随时监控螺杆钻具的安装角,

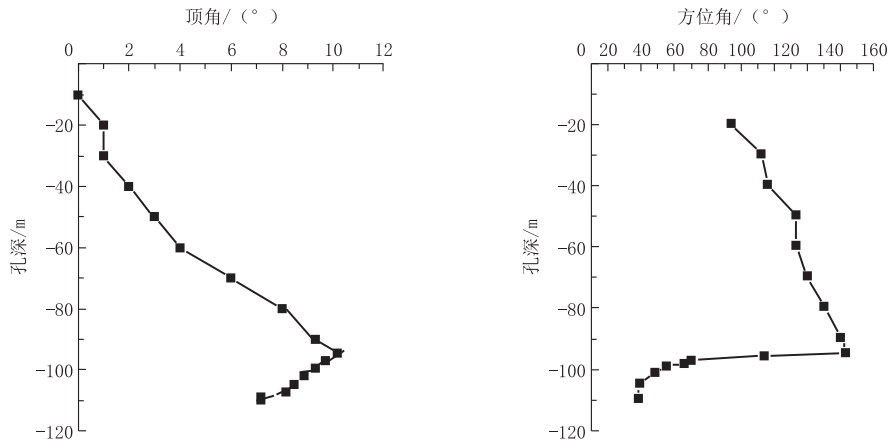


图3 ZK1403 钻孔孔斜图

Fig.3 Deviation of Hole ZK1403

控制钻孔轨迹。但是孔底与测斜仪存在距离差, ZK1403孔测斜滞后8.50 m,未能及时掌握钻孔底部孔斜参数。

(4)本次纠斜,在螺杆钻具和无磁钻铤之间,连接了一根4.51 m长的 $\varnothing 50$ mm钻杆,目的是利用 $\varnothing 50$ mm钻杆柔韧性,利于钻孔偏斜;但是降低了造斜强度,纠斜钻进用时较长。

(5)炮弹钻头修孔钻进顺利,主要原因是纠斜钻进时,选用的全面破碎钻头外径大,达到76.5 mm,磨损后更换及时。

(6)从钻孔轨迹看,方位角减小后,使用绳索取心钻进,方位角仍然有继续减小的趋势。今后的螺杆钻具纠斜钻进,应充分考虑这一趋势,不可纠斜过度。

6 结语

板厂矿区ZK1403孔小直径螺杆定向钻进工艺应用研究的成功,配套达标设备器具及冲洗液是前提,确定施工方案和满足纠斜钻进目标是关键,准确定向(反扭角估计)是难点,造斜强度最优的选择是重点,连续精确测斜是保证。

小直径螺杆钻具定向纠斜技术虽然取得了成功,但纠斜技术还存在一些诸如施工方案的设计欠优、造斜钻头非最佳、纠斜效率以及孔内定向精确度有待提高等问题,需后续的学习实践来进行摸索和完善。

参考文献(References):

[1] 雷淮.河南省内乡县板厂铜多金属矿矿床成因及成矿模式探讨

[J].中国矿业,2011,20(9):62-68.

LEI Huai. Discussion on deposit genesis and minerogenetic model of Banchang copper polymetallic deposit which is in Neixiang County, Henan Province[J]. China Mining Magazine, 2011,20(9):62-68.

[2] 刘国范,马庚杰,刘伟芳.河南内乡板厂铜多金属矿床成矿地质特征及找矿前景[J].华南地质与矿产,2007,(1):28-32.

LIU Guofan, MA Gengjie, LIU Weifang. Geological characteristic of ore-forming and prospecting potential of the Banchang Cu-polymetallic ore deposit in Neixiang Henan[J]. Geology and Mineral Resources of South China, 2007,(1):28-32.

[3] DZ/T 0227-2010,地质岩心钻探规程[S].

DZ/T 0227-2010, Geological core drilling regulations[S].

[4] 韩明耀,柳硕林.河南内乡板厂铜多金属矿ZK1724孔钻探施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(12):54-58.

HAN Mingyao, LIU Shuolin. Drilling technology of Well ZK1724 in Banchang copper polymetallic mining area in Neixiang County of Henan Province[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2017,44(12):54-58.

[5] 黄忠高,李志强,潘海迪,等.江西省浮梁县朱溪矿区ZK5407深孔螺杆定向纠斜施工工艺[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(8):43-48,54.

HUANG Zhonggao, LI Zhiqiang, PAN Haidi, et al. Construction technology of screw directional deviation correction for deep ZK5407 in Zhuxi Mining Area of Jiangxi[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2015, 42(8):43-48,54.

[6] 陈克林,罗康杰,付宝华,等.江西城门山矿区ZKJ4-10孔螺杆定向纠斜技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(1):37-40.

CHEN Kelin, LUO Kangjie, FU Baohua, et al. Screw directional correction of inclination technology in Chengmenshan Mining Area of Jiangxi[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2017,44(1):37-40.

[7] 陶士先,纪卫军.地质钻探复杂地层冲洗液对策及应用案例[M].北京:地质出版社,2016.

TAO Shixian, JI Weijun. Countermeasures and construction

- case of drilling fluid in complex strata of geological drilling[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2016.
- [8] 韩明耀,柳硕林,谢宏伟.南阳板厂多金属矿区泥浆技术的合理化应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(1):52-55.
HAN Mingyao, LIU Shuolin, XIE Hongwei. Reasonable application of drilling mud system in Nanyang Banchang polymetallic mining area[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2018,45(1):52-55.
- [9] 樊腊生,张伟,吴金生,等.汶川地震断裂带科学钻探项目 WFS-4 孔定向钻进技术应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(9):101-108,113.
FAN Lasheng, ZHANG Wei, WU Jinsheng, et al. Application of directional drilling technology in WFS-4 of Wenchuan earthquake fault scientific drilling project[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2014, 41(9):101-108,113.
- [10] 邹道全.受控定向钻进技术在福建马坑矿区的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(1):70-74,80.
ZOU Daoquan. Application of controlled directional drilling technology in Makeng Mining Area[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2016,43(1):70-74,80.
- [11] 滕子军,范万庆.螺杆钻具纠斜的关键技术[J].中国煤田地质,2004,16(S1):118-120.
TENG Zijun, FAN Wanqing. The key technology of screw directional correction[J]. Coal Geology of China, 2004, 16(S1):118-120.
- [12] 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):17-20.
LIU Zhiqiang, TONG Junbing, XIE Hongjun, et al. Practice of directional branch hole construction in Jinchang Mining Area of Heilongjiang[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2014,41(1):17-20.
- [13] 吴金生,宋军,尤建武,等.汶川地震断裂带科学钻探一号孔(WFS-1)定向钻进技术的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(12):20-22.
WU Jinsheng, SONG Jun, YOU Jianwu, et al. Application of directional drilling technology in the hole WFS-1 of Wenchuan earthquake fault scientific drilling project[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2009,36(12):20-22.
- [14] 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),2014,44(5):34-38,43.
LIU Min, LIU Yunshan, DUAN Yuanqing, et al. Study and the application of screw drill directional drilling technology in Wushan Copper Ore District[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2014,44(5):34-38, 43.
- [15] 汤建红,黄建明,刘蒙蒙.定向钻井技术在阜康煤层气示范工程中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(1):28-30.
TANG Jianhong, HUANG Jianming, LIU Mengmeng. Application of directional drilling technology in Fukang CBM demonstration project[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2018,45(1):28-30.

(编辑 韩丽丽)

(上接第 35 页)

- [12] 王朝垒,杨春,李瑞鑫,等.赞比亚 ICHIMPE 铜钴矿区钻探常见事故的预防及处理[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)技术学术交流会论文集,2015:333-336.
WANG Chaolei, YANG Chun, LI Ruixin, et al. Prevention and treatment of common drilling accidents in ICHIMPE copper and cobalt mining area of Zambia[C]// Mineral Engineering Committee, Geological Society of China. Special for the Eighteenth National Exploration Engineering (Drilling and Tunneling) Academic Conferences, 2015:333-336.
- [13] 李瑞鑫,王朝垒,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)技术学术交流会论文集,2015:500-504.
LI Ruixin, WANG Chaolei, YANG Chun. Wall protection and sealing technology in complex stratum drilling in Mokambo copper mine area[C]// Mineral Engineering Committee, Geological Society of China. Special for the Eighteenth National Exploration Engineering (Drilling and Tunneling) Academic Conferences, 2015:500-504.
- [14] 罗永贵,王文斌,刘江.深孔小口径金刚石钻进严重烧钻若干问题探讨[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)技术学术交流会论文集,2015:279-283.
LUO Yonggui, WANG Wenbin, LIU Jiang. Some problems with serious drill bit burning in small diameter diamond drilling of deep holes[C]// Mineral Engineering Committee, Geological Society of China. Special for the Eighteenth National Exploration Engineering (Drilling and Tunneling) Academic Conferences, 2015:279-283.
- [15] 翟东旭,时志兴,王江平.煤下铝矿区钻探施工技术[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)技术学术交流会论文集,2015:290-295.
ZHAI Dongxu, SHI Zhixing, WANG Jiangping. Drilling technology in aluminum area under coal mining[C]// Mineral Engineering Committee, Geological Society of China. Special for the Eighteenth National Exploration Engineering (Drilling and Tunneling) Academic Conferences, 2015:290-295.

(编辑 韩丽丽)