

湘西金矿复杂地层大口径充填孔定向钻进技术

伍新民¹, 易振兴², 吴俊贤², 宋会娟¹

(1.湖南省有色地质勘查局工程地质总队,湖南长沙 410007; 2.湖南省有色地质勘查局一总队,湖南郴州 423000)

摘要:根据湘西金矿深厚陡倾角地层的特点,采用传统防斜方法(如满眼组合防斜技术、钟摆组合防斜技术)不能保证钻孔垂直度,首次使用随钻测斜仪配合螺杆定向钻进先施工引导孔,再用气动潜孔锤冲击回转钻进快速完成大口径充填孔扩孔,取得了较好的效果。采用螺杆能较好地实现定向钻进,钻孔轨迹偏斜位移能被控制在 8.67 m 范围内。

关键词:充填孔;螺杆钻;定向钻进;随钻测斜;气动潜孔锤

中图分类号:P634 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2020)06-0026-04

Directional drilling technique for a large diameter filling hole in complicated formation in Xiangxi Gold Mine

WU Xinmin¹, YI Zhenxing², WU Junxian², SONG Huijuan¹

(1. *Engineering Geological Corps of Hunan Provincial Nonferrous Metals Geological Exploration Bureau, Changsha Hunan 410007, China;*

2. *Team 1 of Hunan Provincial Nonferrous Metals Geological Exploration Bureau, Chenzhou Hunan 423000, China*)

Abstract: In view of the deep and high dip strata in Xiangxi Gold Mine, where the traditional deviation prevention methods, such as the packed-hole drilling string, the pendulum drilling string, cannot guarantee the borehole verticality, the mud motor was used with MWD for the first time to drill a pilot hole, and then pneumatic DTH drilling to quickly ream it to the large diameter filling borehole, achieving good results. The mud motor can provide better directional drilling with the deviation controlled within 8.67m.

Key words: filling hole; mud motor; directional drilling; measure while drilling; pneumatic DTH hammer

1 工程概况

辰州矿业湘西金矿位于湖南省沅陵县,本次在沃溪坑口矿区设计膏体充填孔 2 个。设计一段钻孔为地面施工,由标高+224 m 至标高-107 m,深度 331 m;二段钻孔为井下施工,由标高-107 m 至-509 m,深度 402 m。设计钻孔直径 ϕ 275 mm,采用套管内置充填管,套管选用外径 194 mm 无缝钢管、壁厚 10 mm,内装充填管为外径 152 mm、壁厚 13 mm 的无缝钢管。钻孔设计为直孔,单孔偏斜度控制在 1.5°内,钻孔须定向贯通井下设计范围之内。

2 地层岩性及钻探难点

受沃溪大断裂控矿构造影响^[1],矿区地层主要分为上、下两部分,其中上部为板溪群五强溪组脆性

裂隙发育的砂岩、板岩及断层破碎带(碎裂板岩、断层角砾岩、含砾断层泥等),下部为板溪群马底驿组灰绿色薄层砂质板岩夹紫红色绢云母板岩,岩层倾角 20°~30°,矿床主要赋存于下部紫红色硅化、粉砂质绢云母板岩中^[2]。

本次钻遇地层以沃溪大断层为界,上部为砂岩板岩及断层破碎带岩石,厚约 50 m,岩石硬脆,裂隙极其发育,断层角砾岩松散发育,岩石最高可钻性级别 7 级,平均可钻性级别为 4 级左右,中等研磨性,钻进过程中极易垮孔掉块。下部为硅化、粉砂质绢云母板岩,岩石照片如图 1 所示,岩石软硬互层,岩层倾角 20°~30°,钻进时极易顺层偏斜;与地质岩心钻探不一样,充填孔是地表与井下巷道的连接通道,钻孔偏斜越小越好,有利于减小充填管的使用磨损。

收稿日期:2020-03-16; 修回日期:2020-05-05 DOI:10.12143/j.tkgc.2020.06.005

作者简介:伍新民,男,汉族,1966 年生,高级工程师,探矿工程专业,从事钻探工程项目管理与施工工作,湖南省长沙市劳动西路 256 号, wuxinmin001@163.com。

引用格式:伍新民,易振兴,吴俊贤,等.湘西金矿复杂地层大口径充填孔定向钻进技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(6):26-29.

WU Xinmin, YI Zhenxing, WU Junxian, et al. Directional drilling technique for a large diameter filling hole in complicated formation in Xiangxi Gold Mine[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2020,47(6):26-29.

根据设计计算,本次施工靶区偏斜位移需控制在 8.67 m 内,施工难度较大。



图 1 硅质粉砂质板岩

Fig.1 Siliceous silty slate

3 钻进方法选择

钻进方法的合理选择一定程度上决定了钻孔施工的成败。以往施工大口径充填孔的方法一般是先采用小口径牙轮钻头施工引导孔,再分级多次扩孔成孔^[3]。

为达到快速钻进,施工前根据地层特性考虑采用防斜、纠斜措施,拟采用我单位技术较成熟的大口径气动潜孔锤冲击钻进技术^[4]。利用该技术在本区先后实施了 4 次钻进试验,钻进试验情况如表 1 所示。4 次试验施工结果表明,在该地区采用大口径气动潜孔锤冲击钻进方法,由于深厚陡倾角地层极易破碎,裂隙极其发育,不能保证钻孔达到施工目的。为此决定先采用国内技术先进的无线随钻测斜(MWD)配合螺杆定向钻进技术施工引导孔,再用气动潜孔锤快速施工大口径充填孔。

表 1 前期钻进试验结果

Table 1 Results of preliminary drill test

次数	钻进方法	钻具结构	钻进深度/m	钻孔顶角/(°)	钻进结果
第 1 次	冲击钻进	Ø330 mm 开孔, Ø275 mm 冲击钻孔	14.50~111.70	3.00	不符合要求
第 2 次	大口径气动潜孔锤冲击钻进	Ø280 mm 金刚石钻头+Ø275 mm 扶正器	9.00~51.50	1.20	不符合要求
第 3 次	冲击钻进	Ø270 mm 冲击钻头+钻杆扶正器	14.50~88.30	1.70	不符合要求
第 4 次	旋转钻进	Ø140 mm PQ 绳索取心钻具	0~56.45/67~192.30	1.16/3.15	不符合要求

4 定向钻进技术

传统的定向钻进采用连续纠斜器、陀螺测斜仪造斜等技术^[5-6],在小口径局部偏斜段可达到较好效果,但在该地区深厚陡倾角地层使用比较费时间,施工成本偏高。国内早在煤矿井下钻探领域使用了随钻测量定向钻进技术^[7-8],近年来部分金属矿山勘探也开始采用螺杆随钻定向钻进技术并取得了很好效果^[9-10],但每个地区地层岩性以及物理力学性质各不一样,如岩溶发育、地层较软及易坍塌地层等情况,效果欠佳^[11-12]。对于深厚陡倾角地层的螺杆定向钻进,国内研究甚少,因此它在该地区的纠斜效果还有很大的不确定性。

4.1 采用的设备及仪器

根据钻孔设计及选用的施工工艺,本次先导孔施工主要采用的设备及仪器如下:

- (1)XY-6B 型立轴式钻机;
- (2)BW600 型泥浆泵;
- (3)7LZ95X7.0 型 Ø95 mm 螺杆,转速 95~180 r/min,扭矩 1800 N·m,弯曲度 1.25°,造斜强度

0.25°/m;

(4)Ø118 mm PDC 钻头;

(5)3.5 m×2 m 无磁钻杆;

(6)无线随钻测斜仪(MWD),井斜角范围 0°~180°,方位角±1.5°;

(7)泥砂分离器。

4.2 定向钻进过程

根据前 4 次钻进试验对地层的了解,0~180 m 的地层相对较好,钻孔轨迹容易控制,因此定向纠斜钻进从 180 m 开始,直至终孔。采用的钻具组合为 Ø89 mm 绳索取心钻杆+Ø105 mm 无磁钻铤+1.25°Ø95 mm 螺杆钻具+Ø118 mm PDC 钻头。施工中 MWD 螺杆纠斜操作过程如下:

(1)按设计的钻具组合,把所有的钻具及随钻测斜装置依次下入井内,并用回转器下部加装的反扭矩装置固定主动钻杆,防止螺杆转动过程中带动钻杆转动,造成螺杆及 PDC 钻头工作面发生变化。

(2)在所有仪器及设备就位后,从随钻测斜显示器上读取螺杆及钻头工作面的角度,用管钳转动主动钻杆,直到螺杆的安装角与需要的顶角、方位角一致。

(3)打开泥浆泵开始钻进工作,密切关注随钻测斜显示屏数据,发现有偏差及时停下,对主动钻杆进行微调,实现连续纠斜钻进。

4.3 定向钻进结果分析

从180 m开始至终孔,根据测斜结果显示对钻孔进行动态纠斜,纠斜结果如表2和图2所示。从图2中可以看到,180~280 m钻孔顶角一直呈增大趋势,根据随钻测斜结果,在现场进行了多次连续纠斜调整,都不能有效控制钻孔顶角增大,通过连续测斜观测,顶角达到 3.23° 峰值后才开始收敛变小。考虑钻孔弯曲度能保证顺利下充填管,继续进行顶斜钻进,最终把终点孔斜控制在 1.47° 。分析原因主要在于180~280 m段地层倾角较陡,且岩石含大量硅质物,钻头不能有效切削破碎岩石,在螺杆作用下,钻头沿着坚硬结构面打滑,易形成“顺层跑”,282 m以深岩石逐渐变软,螺杆纠斜才发挥正常作用,最终钻孔轨迹被纠正至设计范围内。

表2 定向钻进测斜结果
Table 2 Drilling survey results

序号	深度/ m	顶角/ ($^\circ$)	方位角/ ($^\circ$)	序号	深度/ m	顶角/ ($^\circ$)	方位角/ ($^\circ$)
1	181.25	0.68	186.00	8	268.52	3.23	240.60
2	202.11	0.81	191.80	9	282.16	3.13	266.40
3	214.49	1.07	192.10	10	292.33	2.10	253.00
4	224.88	1.21	184.10	11	302.20	1.70	243.60
5	234.82	1.38	188.00	12	312.24	2.14	250.00
6	243.80	1.65	199.10	13	322.98	1.47	284.60
7	253.99	2.32	211.50	14	332.53	1.47	283.20

4.4 施工中需要注意的事项

(1)冲洗液性能的好坏对定向钻具钻进效率影响较大^[13],根据地层条件,优先选用无固相或低固相冲洗液。本次施工选用的冲洗液配方为:1 m³水+10~15 kg 膨润土+1 kg 纯碱+1 kg 纤维素+1~1.5 kg 聚丙烯酰胺,冲洗液性能参数为粘度30~40 s,密度1.05~1.08 g/cm³,滤失量10~12 mL/30 min,pH值8,含砂量<0.5%,取得了较好效果。

(2)在陡倾角地层采用螺杆钻进纠斜,要选用合适的钻进参数,尽量采用轻压慢转,保证钻孔不“顺层跑”。本次施工用 $\varnothing 95$ mm螺杆钻具施工引导孔时,钻压保持在20~30 kN,泵量230~450 L/min,泵压10~18 MPa,螺杆转速95~180 r/min,基本实现了平稳的纠斜钻进。

(3)施工要时刻注意观察泵压变化。如果泵压突然上升,说明螺杆可能被泥砂卡住或钻头被岩屑

堵塞,需立即停止钻机钻进,提钻检查。

(4)所有的钻具要连接紧密,不能有丝毫渗漏,否则会造成连接处刺漏。

(5)严格按照安全操作规程操作现场设备及仪器,防止发生人为安全质量事故。

5 大口径气动潜孔锤快速钻进技术

目前,国内气动潜孔锤冲击钻进技术相对比较成熟,在地质勘探、水井施工以及工程勘察等方面有着广泛应用^[14-15]。与传统多级扩孔工艺相比,气动潜孔锤冲击钻进台月效率可提高近3倍,不但提高了钻进效率,还降低了劳动强度^[16]。

为更好地发挥引导孔作用,采用定制的带导向钎头,如图3所示,保证钎头沿着引导孔进行连续冲击钻进,钻进过程中钻压保持2~3 kN,转速60~70 r/min,泵量80~90 L/min,风压2.0 MPa,从而实现了快速成孔。本次施工仅用了5 d便完成了331 m充填孔孔径从 $\varnothing 118$ mm至 $\varnothing 275$ mm的扩孔钻进,节约了近一半施工成本。

干空气冲击钻进容易产生大量粉尘,不符合安全文明施工;利用泡沫的密度小、具有活性等性能,在空气中混入适量的发泡剂,可以更好地排除孔内岩屑、降低水柱压力^[17],同时达到除尘效果。



图2 定制的带导向钎头
Fig.2 Customized guiding bit

6 结语

(1)采用无线随钻测斜配合螺杆钻具能较好地实现定向钻进,但该项目的纠斜效果未能达到预期目的,这主要受制于深厚较硬高陡岩层的影响,在钻具组合、钻头选用等方面还需进一步研究。

(2)我单位首次把螺杆钻具施工定向孔和气动潜孔锤冲击钻进两种工艺结合起来使用,实现了大口径投料孔的快速钻进,取得了较好效果。

(3)螺杆钻具+气动潜孔锤冲击钻进工艺技术不但能在地表取得较好效果,而且在井下进行多中段充填孔施工中也能发挥出优势。

(4)目前气动潜孔锤冲击钻进施工大口径孔工艺还在探索阶段,对坚硬岩层及岩石破碎、裂隙极其发育地层深孔钻进还存在局限性,纠斜效果具有很大的不确定性。下一步我们将对直径更大、孔深更深以及在其它复杂地层中施工开展研究和应用。

参考文献(Reference):

- [1] 黄瑞华,谭碧富,刘正庚,等.湘西金矿沃溪断层特征及其找矿意义[J].地质找矿论丛,1998,13(6):39-43.
HUANG Ruihua, TAN Bifu, LIU Zhenggeng, et al. Characters of Woxi fault and their prospecting importance to Xiangxi gold deposit[J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 1998,13(6):39-43.
- [2] 何谷先.湘西沃溪金矿床地质特征及其找矿前景探讨[J].黄金地质,1996,2(6):45-49.
HE Guxian. Geological features and ore-hunting prospects of Woxi gold deposit in western Hunan[J]. Gold Geology, 1996, 2(6):45-49.
- [3] 程红文.定向钻进及随钻测量技术在充填孔施工中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(6):11-16.
CHENG Hongwen. Application of directional drilling and MWD technology in the filling hole construction[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2015, 42(6):11-16.
- [4] 伍新民,吴俊贤,易振兴,等.气动潜孔锤钻进技术在井下大口径孔施工的应用研究[J].西部探矿工程,2017,29(1):28-31.
WU Xinmin, WU Junxian, YI Zhenxing, et al. Application research on pneumatic hammer drilling technology in large diameter drilling hole construction[J]. West-China Exploration Engineering, 2017,29(1):28-31.
- [5] 张文英,刘卫东,赵燕来,等.若尔盖钼矿区复杂易斜地层定向分支钻孔施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(8):22-24.
ZHANG Wenying, LIU Weidong, ZHAO Yanlai, et al. Construction technology of direction branch hole in complex easily inclined stratigraphic[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2009,36(8):22-24.
- [6] 王扶志,张心剑,全在平.陀螺仪定向纠斜法在中关铁矿区的应用实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(6):40-42.
WANG Fuzhi, ZHANG Xinjian, TONG Zaiping. Application practice of gyroscope directional deviation correction in Zhongguan iron mine area[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2011,38(6):40-42.
- [7] 黄麟森,曾来.煤矿井下定向钻进新技术[J].煤炭科学技术,2010,38(04):82-85.
HUANG Linsen, ZENG Lai. New direction drilling technology in underground coal mine[J]. Coal Science and Technology, 2010,38(4):82-85.
- [8] 石智军,许超,李泉新,等.随钻测量定向钻进技术在煤矿井下地质勘探中的应用[J].煤矿安全,2014,45(12):137-140.
SHI Zhijun, XU Chao, LI Quanxin, et al. Application of MWD directional drilling technology in geological exploration in underground coal mine[J]. Safety in Coal Mines, 2014,45(12):137-140.
- [9] 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.
- [10] 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[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2015,42(8):43-48,54.
- [11] 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.
- [12] 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.
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), 2017,44(5):34-38.
- [13] 张鑫,王茂森.河南栾川钼矿多层采空区充填井成井工艺[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(7):34-36.
ZHANG Xin, WANG Maosen. Filling well completion in multilayer goaf of Luanchuan Molybdenum Mine[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2018,45(7):34-36.
- [14] 黄晨辉,赵大军,马银龙,等.气动潜孔锤钻进技术在云南旱区找水工程中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(4):28-30.
HUANG Shenghui, ZHAO Dajun, MA Yinlong, et al. Application of pneumatic DTH drilling technology in water prospecting project in arid area of Yunnan[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2011,38(4):28-30.
- [15] 蒋荣庆,殷琨,王茂森,等.潜孔锤钻进理论与实践的新进展[J].探矿工程,2001(S1):179-183.
JIANG Rongqing, YIN Kun, WANG Maosen, et al. The new development of theory and practice of DTH[J]. Exploration Engineering, 2001(S1):179-183.
- [16] 许青海,白宝云,范文涛,等.锡铁山铅锌矿充填孔钻探施工技术探索[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(4):50-53.
XU Qinghai, BAI Baoyun, FAN Wentao, et al. Technical exploration of drilling construction technology for filling holes in Xitieshan Lead-Zinc Mine[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2018,45(4):50-53.
- [17] 刘家荣,王建华,王文斌,等.气动潜孔锤钻进技术若干问题[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(5):40-44.
LIU Jiarong, WANG Jianhua, WANG Wenbin, et al. Some problems on pneumatic DTH drilling[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2010,37(5):40-44.