

山东莱州西岭勘查区 ZK88—19 深孔 同径造斜绕障工艺

王林钢, 潘 焱, 所建成, 白露明, 李召胜

(山东黄金地质矿产勘查有限公司, 山东 烟台 261400)

摘要:山东莱州西岭勘查区 ZK88—19 号钻孔设计孔深 2500 m, 2016 年 12 月开孔, 于孔深 2034 m 处发生烧钻事故, 处理孔底钻具时再次发生烧钻事故, 导致 2 套钻具及 2 套内管总成滞留孔底; 2017 年 8 月, 受划定环境保护区的影响, 中断施工, 直至 2020 年 3 月恢复施工, 继续处理孔内事故难度很大; 经过多次论证, 应用了深孔同径造斜绕障技术, 包括设计了造斜偏心楔、造斜钻头以及研发了偏心楔固定技术等, 成功绕过事故段, 恢复钻进。

关键词:深孔; 同径造斜; 造斜偏心楔; 造斜钻头; 偏心楔固定技术; 烧钻事故; 绕障技术; 西岭勘查区

中图分类号:P634 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2020)12-0055-05

Same diameter directional drilling for obstacle bypassing in ZK88—19 deep hole in the Xiling gold exploration area of Shandong

WANG Lingang, PAN Yao, SUO Jiancheng, BAI Luming, LI Zhaosheng

(Shandong Gold Geology and Mineral Exploration Co., Ltd., Yantai Shandong 261400, China)

Abstract: Borehole ZK88—19 in the Xiling exploration area of Shandong Laizhou was designed with depth of 2500m, and drilling started in December 2016. Bit-burning happened at depth of 2034m, and it happened again when dealing with the downhole tool, resulting in two sets of drill tools and two sets of inner tube assemblies stuck at the bottom of the hole. In August 2017, drilling was forced to suspend due to the delineation of the environmental protection zone, and was resumed until March 2020. It was very difficult to continue to deal with the fish lost in the hole. Through feasibility study and verification, the self-developed deep-hole same-diameter directional drilling technology for obstacle bypassing, including design of the deflection wedge and deflection drill bit, and development of the deflection wedge placement technique, was applied and successfully bypassed the incident section, and drilling resumed.

Key words: deep hole; same-diameter deflection; deflection wedge; deflection bit; deflection wedge placement; bit-burning; obstacle bypassing; Xiling exploration area

西岭勘查区位于山东省莱州市三山岛。胶西北莱州—招远地区是我国最重要的金矿集中区,也是国家级整装勘查区。山东黄金地质矿产勘查有限公司于西岭勘查区发现一个世界级的巨型单体金矿床,有望成为国内有史以来最大的金矿^[1]。该勘查区于 2017 年全面进入勘探阶段,布置钻探工程量 8 万余米,均为深孔,部分钻孔孔深超过 2500 m。但由于政府划定环境保护区,导致部分钻孔中断施工,直至 2020 年 3 月恢复施工。

偏心楔造斜技术,是地质岩心钻探常用的绕障方法,我公司于山东莱州西岭勘查区 ZK88—19 钻孔深孔 2 次烧钻事故处理中,采用了同径偏心楔造斜绕障技术,成功绕过事故段,恢复钻进。通过对该技术的改进与优化,简化了程序,增强了实用性、可靠性,总结出一套实用的造斜措施。

1 ZK88—19 钻孔及事故概况

西岭勘查区 ZK88—19 钻孔设计孔深 2500 m,

收稿日期:2020-05-08; 修回日期:2020-10-23 DOI:10.12143/j.tkgc.2020.12.009

作者简介:王林钢,男,汉族,1965 年生,高级工程师,探矿工程专业。

通信作者:潘焱,男,汉族,1989 年生,工程师,勘查技术与工程专业,从事地质勘查工作,山东省烟台市莱州市定海路 756 号,67589905@qq.com。

引用格式:王林钢,潘焱,所建成,等.山东莱州西岭勘查区 ZK88—19 深孔同径造斜绕障工艺[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(12):55—59.

WANG Lingang, PAN Yao, SUO Jiancheng, et al. Same diameter directional drilling for obstacle bypassing in ZK88—19 deep hole in the Xiling gold exploration area of Shandong[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2020,47(12):55—59.

倾角 86° , 方位角 277° 。施工所使用的钻机型号为 XY-8 型, 泥浆泵型号为 BW-300 型, 钻塔型号为 AY-22 型。施工现场见图 1。



图 1 ZK88-19 钻孔施工现场
Fig.1 ZK88-19 drilling site

该孔于 2016 年 12 月 4 日开孔, 于孔深 2034 m 处发生烧钻事故, 处理孔底钻具时再次发生烧钻事故, 导致 2 套绳索取心钻具(包括 2 套内管总成)滞留孔内。

2017 年 8 月, 由于环境保护区的划定, 该孔被迫中断施工, 长时间的停钻, 导致继续处理孔内事故难度很大。因此, 经讨论确定使用同径造斜技术, 绕过事故段, 恢复钻进。

2 造斜方法的选择

该孔造斜绕障的难点一是深度大, 事故头孔深 2025 m; 二是事故孔段围岩以花岗岩为主, 岩石坚硬且较完整; 三是受孔径设计限制, 不允许变径(地质要求终孔直径 ≤ 75 mm, 事故段孔径为 75 mm)。

业内同径造斜技术有螺杆钻、LZ 连续造斜器、钢球支撑等, 均具有无残留的优点, 但均需水泥浆封孔营造坚硬人工孔底^[2-9]。但现实施工中, 尤其是在海边多含海浸水的地区施工的深孔, 复杂的孔内环境加之深孔灌注技术不可靠等因素往往导致水泥固结质量很差, 不足以满足造斜需求。

山东黄金地勘公司于 2016 年自主研发了套管偏心楔一体式地质岩心偏斜法, 但由于该孔套管已全部下入, 从 $\varnothing 89$ mm 套管处(孔深 880 m)偏出不经济, 因此, 该技术也不适用于该孔。

独立偏心楔造斜存在投送难、固定难、有残留、楔尖易松动等缺点, 但其强制性造斜的优点适合于该孔坚硬花岗岩地层中造斜^[7], 如果对偏心楔投送、固定等工艺加以改进以及配套设计有合适倒角的造斜钻头, 就可达到快速绕开事故段的目的。据此, 确定选择独立偏心楔造斜技术进行造斜。

3 偏心楔设计及制作

3.1 楔体

采用 $\varnothing 74$ mm 绳索取心钻具外管将其通过丝扣加长至 4.5 m 作为主材, 从端部量取 3 m 切割斜面, 并将切割下的部分反焊到管材空缺部位, 形成了密封的凹型楔体空间, 并使用钻机油缸将楔体向楔尖外侧压为弓形, 弯曲度约为 $2/1000$, 即楔尖向后偏移约 6 mm, 确保楔体下入井内楔尖紧贴孔壁, 不受扰动。

楔体内部为空腔, 对凹型楔面无支撑, 使用固结后抗压强度高达 100 MPa 高分子聚合物材料充填楔体空间, 使楔面刚度大幅增加, 增强其在坚硬岩层中的强制造斜能力。

偏心楔设计参数: 楔面长 $L=3000$ mm, 楔体厚度 $D=73$ mm。

楔面角度 β 计算如下^[10-15]:

$$\beta = \arctan D/L$$

偏心楔见图 2。

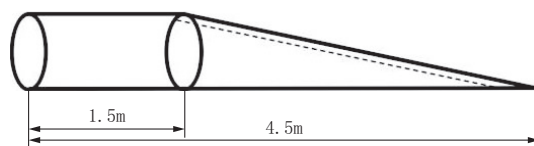


图 2 偏心楔
Fig.2 Deflection wedge

3.2 连接部件

由于钻孔深度大, 斜度大等原因, 采用投送的方式存在难以到位的风险^[8], 据此, 确定采用钻杆柱送其入井底, 设计制作钻杆柱与楔体的连接件, 要求该部件一是能承受一定的轴向拉压力, 既能满足楔体组合的自重, 又可在楔体遇卡时施加一定的压力, 便于脱卡(钻孔弯曲); 二是不可承受大扭矩, 便于拧断与楔体脱离。

加工 $\varnothing 75$ mm 锥形(倒角)接手上部可与钻杆柱相连, 下端一侧内嵌焊接 $\varnothing 22$ mm 光圆钢筋, 钢筋另一端与靠近楔体顶端即楔尖部位焊接, 形成偏

心楔与上部钻杆柱连接件。偏心楔连接部件见图 3。

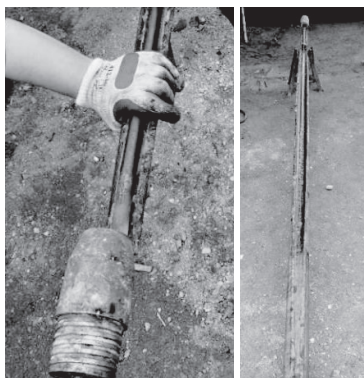


图 3 偏心楔连接部件

Fig.3 Deflection wedge connecting parts

3.3 制作及操作注意事项

(1)制作偏心楔体时,要保证楔面平整,焊接密封、牢固;

(2)楔体须向楔面背部弯曲;

(3)楔面长度 $L < 3$ m,楔面角度 $\beta > 1.5^\circ$;

(4)连接时,连接部件锥形接手锥形面宜与楔尖搭接,防止楔尖破坏;

(5)连接时,保证连接部件锥形接手与偏心楔同心;

(6)连接时, $\Phi 22$ mm 光圆钢筋与楔尖布置 2~3 处焊点即可,且焊点要布置在逆钻具回转方向。

4 偏心楔固定措施

将偏心楔送至孔底后,固定偏心楔是至关重要的环节,是直接关系到造斜成败的关键程序。

4.1 固定措施的选择

第一次试验,我们将偏心楔体与 2 根 $\Phi 71$ mm 钻杆连接,下端连接一个打捞公锥,一是考虑到孔底“落鱼”出露端是钻具变丝母扣,连接打捞公锥有助于偏心楔整体扎进固定,且随着造斜正转,愈转愈紧;二是采用 $\Phi 2$ mm、 $\Phi 3$ mm 与 $\Phi 4$ mm 组成的级配钢珠作为卡料固定偏心楔。2 种固定措施均未取得预期的成效。

据此,确定使用水泥固结法固定偏心楔。分析了深孔灌浆的要领以及影响孔底水泥固结的多方面因素,结合有关资料,我们将偏心楔底部设计辅助装置,装置内盛水泥高效速凝剂,并在孔底与水泥浆均匀混合,促进水泥固结,确保固结质量。

4.2 辅助装置

该装置借鉴了医用注射器原理,将密封连接的 2 根钻杆外壁开孔充当挤压外管,底部切割成锯齿状,便于抓紧孔底;再采用 $\Phi 50$ mm 钢管作为挤压内管,进而可将外管内盛液体通过外管壁孔道挤入钻孔内。

辅助装置与偏心楔之间连接有 2 根 $\Phi 71$ mm 钻杆,形成长度为 15.5 m 的组合装置,见图 4。



图 4 偏心楔与辅助装置

Fig.4 Deflection wedge and auxiliary device

4.3 灌浆固定

采用 32.5 级标号普通硅酸盐水泥,水灰比为 0.6,并加入适量细砂,增强水泥固结强度。

灌浆时,采用泵注法,为确保固定质量,灌浆体积约 0.2 m^3 ,替浆量 0.2 m^3 ;使用钻杆柱充当灌浆导管,灌浆时缓慢提导管,确保灌浆导管在水泥浆面下,连续灌注,确保孔内水泥浆固结强度与完整度。

钻出的水泥柱见图 5。



图 5 水泥柱

Fig.5 Cement column

5 造斜钻进

造斜钻具的组合及造斜钻头的选择是安全钻过楔面的技术关键。

5.1 造斜钻头的选择

为了减轻对楔尖的扰动,确定选用 $\Phi 76$ mm 锥形(倒角)孕镶金刚石全面钻头(见图 6)进行造斜。钻头最大直径为 76 mm,最小直径为 60 mm,锥体高度为 20 mm,钻头锥度为 1 : 0.8。该孔直径约

77.5 mm,楔尖厚度约为5 mm,通过锥度比可计算出造斜时,钻头锥体可进入楔尖深度约14 mm,满足造斜钻头的初始工作空间。计算公式如下^[6,13]:

$$C = \frac{D-d}{L}$$

式中: C ——锥度比; D ——钻头最大直径, mm; d ——钻头最小直径, mm; L ——锥体高度, mm。



图6 锥形造斜钻头

Fig.6 Tapered deflection drill bit

偏心楔楔面角度约 1.39° , 绳索取心钻杆外径为71 mm, 钻杆弯曲强度满足造斜强度, 因此, 选择 $\varnothing 76$ mm 锥形钻头与绳索取心钻杆通过变丝直接相连, 进行造斜。

5.2 造斜钻进流程及参数

5.2.1 造斜钻进流程

待水泥浆液固结48 h后, 先下入普通绳索取心钻具组合进行透孔, 透孔至距离楔体顶部(楔尖)以上约1 m处时, 停止透孔。

下入钻杆直连锥形造斜钻头组合进行造斜。造斜向楔尖部位往下推进约2 m时, 停止造斜, 采用扩孔器组合件进行反复修孔, 直至回转阻力适当为止。

修孔组合件由5组(10个) $\varnothing 77$ mm 扩孔器串联组成, 长度约1.2 m。组装时, 下端部分使用外径相对偏小的, 上端部位使用外径相对偏大的, 修孔组合件见图7。

修孔后, 再次下入钻杆直连锥形钻头造斜, 继续推进1 m, 钻头开始脱离楔面, 唇面完全磨削岩石, 这时, 再次下入修孔组合件进行反复修孔, 直至造斜孔段回转阻力均匀且适当为止。

造斜及修孔完成后, 钻进剩余孔段时要使用锥形或者圆弧形专用绳索取心钻头, 钻头最大外径77 mm, 小端外径为66 mm, 椎体高度(水口高度)约10 mm。



图7 修孔组合件

Fig.7 Hole gauging assembly

上下钻时, 尤其是下钻时, 在楔顶位置要降低下钻速度, 钻头在其锥面倒角的导入作用下, 顺利通过楔尖进入楔面, 进而进入侧支孔中, 保护了楔尖及楔体。

锥形绳索取心钻头见图8。

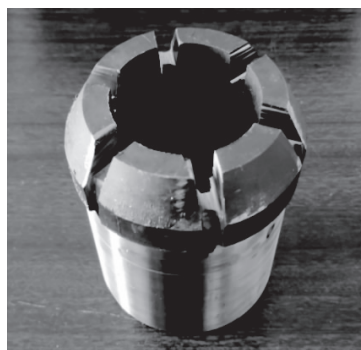


图8 锥形绳索取心钻头

Fig.8 Tapered wireline coring bit

5.2.2 造斜钻进参数

钻压和转速是造斜钻进的重要参数。造斜开始时, 轻压慢进均匀钻进, 防止磨削破坏偏心楔。随着造斜进尺的增加, 钻头唇面和岩石接触的面积增大, 钻压和转速可适当增高。钻进参数见表1。

表1 造斜钻进参数

Table 1 Directional drilling parameters

阶段	钻压/kN	转速/(r · min ⁻¹)	泵量/(L · min ⁻¹)
造斜前期	0.5~0.8	79	50~80
造斜后期	0.8~1.0	137	80~100

造斜钻进时, 钻进速度应控制在0.8~1.0 m/h, 钻速过慢容易加大钻头对楔面的磨削破坏, 影响

造斜效果。

5.2.3 造斜效果

采用该技术,成功绕过事故头,钻出新岩心,见图 9。



图 9 新岩心
Fig.9 New cores

该技术造斜实用性强,效率高,周期短(10 d),操作方便,成本低(约 0.3 万元),取得了良好的使用效果和经济效益。

6 结语

该孔使用的同径造斜绕障技术,器具简单,操作方便,实用性强,成本低,具有良好的经济性,解决了西岭勘查区 ZK88-19 深孔的事故处理难题,成功绕过事故段,顺利恢复了钻进,应用效果明显,引起了在西岭勘查区施工的多家施工单位的关注,为业内深孔岩心钻探同径造斜提供了可借鉴的技术手段。

参考文献(References):

- [1] 潘焱.山东黄金西岭勘查区深部勘探孔钻探防斜与纠斜措施[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(3):37-41.
PAN Yao. Deviation prevention for deep exploration hole drilling in Shandong Xiling exploration area and the straightening measures[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2018,45(3):37-41.
- [2] 吴翔,杨凯华,蒋国盛.定向钻进原理与应用[M].武汉:中国地质大学出版社,2006.
WU Xiang, YANG Kaihua, JIANG Guosheng. Principle and application of directional drilling[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 2006.
- [3] 蒋鹏飞,唐英杰,于同超.陀螺偏心纠斜法的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(4):20-22.
JIANG Pengfei, TANG Yingjie, YU Tongchao. Application of gyro eccentricity correction method[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2008,35(4):20-22.
- [4] 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.
- [5] 何远东,高波,何远洪,等.绳索取心钢球偏斜技术原理及应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(4):37-39.
HE Yuandong, GAO Bo, HE Yuanhong, et al. Principle of deflection technology of wire-line coring with steel ball and the application[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2010,37(4):37-39.
- [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 method in Zhongguan Iron Mine[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2011,38(6):40-42.
- [7] 王红阳,罗永贵,腾新明.绳索取心深孔偏心楔同径侧钻绕障技术实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(6):17-20.
WANG Hongyang, LUO Yonggui, TENG Xinming. Practice of sidetracking obstacle-avoiding with same-diameter bit in deep hole wire-line core drilling[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2015,42(6):17-20.
- [8] 刁长河.岩芯钻探的防斜和纠斜[J].新疆有色金属,2016,39(4):1-2.
DIAO Changhe. Deviation prevention and correction in core drilling[J]. Xinjiang Nonferrous Metals, 2016,39(4):1-2.
- [9] 孙建华,王林钢,梁健,等.深孔小直径绳索取心钻进施工调研分析和技术建议[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(2):12-17.
SUN Jianhua, WANG Lingang, LIANG Jian, et al. Analysis on small diameter wire-line core drilling technology in deep hole[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2016,43(2):12-17.
- [10] 陈天成.定向纠斜技术[J].西部探矿工程,1999(5):35-37.
CHEN Tiancheng. Directional correction technology [J]. West-China Exploration Engineering, 1999(5):35-37.
- [11] 罗晓斌,罗凯.偏心楔钻进技术的改进与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(10):23-25,31.
LUO Xiaobin, LUO Kai. Improvement on eccentric wedge drilling technology and the application[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2012, 39(10):23-25,31.
- [12] 张文英,张廷茂,吴德军,等.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),2011,38(6):10-12.
ZHANG Wenying, ZHANG Tingmao, WU Dejun, et al. Application of sidetrack drilling technology in borehole accident[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2011,38(6):10-12.
- [13] 首照兵,卢文华,李跃成,等.Ø71 mm 同径开口式导斜楔偏斜(绕障)施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(10):36-39.
SHOU Zhaobing, LU Wenhua, LI Yuecheng, et al. Bypassing barrier construction technique by deviation with the same diameter of Ø71mm open wedge[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2012,39(10):36-39.
- [14] 向军文.定向钻进技术及其应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(9):28-32,36.
XIANG Junwen. Technology of directional drilling and the application[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2007,34(9):28-32,36.
- [15] 姚爱国,高辉,方小红.定向钻进技术的发展与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(S1):62-65.
YAO Aiguo, GAO Hui, FANG Xiaohong. The development and application of directional drilling technology[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2012,39(S1):62-65.

(编辑 韩丽丽)