

# 山东黄金西岭勘查区深部勘探孔钻探防斜与纠斜措施

潘 焱

(山东黄金地质矿产勘查有限公司, 山东 烟台 261400)

**摘要:**西岭勘查区金矿找矿工作已全面进入勘探阶段, 勘查区网度为 80 m×80 m, 对于钻孔质量要求十分严格: 终孔靶点偏差不超过勘探网度的四分之一, 即不超过 20 m。对于西岭勘查区设计孔深均超过 1500 m(部分钻孔设计甚至超过 2500 m)的钻孔而言, 这种要求远远超过地质岩心钻探规程要求。山东黄金地勘公司根据多年深孔施工经验, 在防斜与纠斜方面均取得了一些突破, 自主研发了钻具扶正器、独创了钻孔纠斜法, 形成了一套实用的钻孔质量保证措施。

**关键词:**西岭勘查区; 勘探孔; 钻探; 防斜; 纠斜; 扶正器

**中图分类号:**P634.7 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2018)03-0037-05

**Deviation Prevention for Deep Exploration Hole Drilling in Shandong Xiling Exploration Area and the Straightening Measures/PAN Yao** (Shandong Gold Geology and Mineral Exploration Co., Ltd., Yantai Shandong 261400, China)

**Abstract:** The prospecting work for gold deposits in Xiling exploration area has entered the prospecting stage, the grid layout was plotted 80m × 80m with very strict drilling quality requirements; the target deviation in the final completion should be less than 1/4 of the exploration grid, that is not exceeding 20m. For the holes in Xiling exploration area, the designed depth were all more than 1500m, some even more than 2500, which is far beyond the requirements of geological core drilling procedures. Based on many years' experience in deep hole construction, some breakthroughs have been made in deviation prevention and straightening, drilling tool centralizer is independently developed and a borehole straightening method is originated to form a set of practical drilling quality assurance measures.

**Key words:** Xiling exploration area; exploration hole; drilling; deviation prevention; straightening; centralizer

2017 年初, 山东黄金于西岭勘查区发现一个世界级的巨型单体金矿床, 目前已备案金金属量 382.58 t, 预计勘探结束后, 可提交金资源量 550 t 以上, 有望成为国内有史以来最大的金矿。

目前, 西岭勘查区探矿工程已全面进入勘探阶段, 施工钻孔设计孔深均超过 1500 m, 部分钻孔设计超过 2500 m。超过 2500 m 的勘探孔在行业里十分罕见, 施工难度很大。

近两年, 公司于西岭勘查区布置勘探工程量愈 10 万 m, 目前施工进度过半, 笔者根据该勘查区的质量要求及应对措施, 总结出了一套实用的深孔质量保证措施, 望对行业类似工程起到参考作用。

## 1 西岭勘查区地质概况

西岭勘查区位于山东省烟台市莱州市三山岛。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, 黄金储量和黄金产量均居

全国首位, 为世界上少有的特大型金矿富集区。这里金矿密集分布、矿床规模巨大, 并以玲珑-焦家式金矿床类型享誉全球, 目前已是山东黄金集团重要的黄金生产基地。西岭金矿床便孕育于该地区, 毗邻三山岛金矿, 矿区大地构造位置处于华北板块-胶北断隆-胶北隆起西部, 西邻沂沭断裂带, 东部为玲珑超单元侵入岩, 矿区内深大断裂发育, 为金富集成矿提供了得天独厚的条件。

矿区内出露地层主要为新生界第四系, 矿区内的岩浆岩有: 新太古代马连庄序列栾家寨单元(Ar3vMl), 岩性为中细粒变辉长岩, 分布于三山岛断裂带的上盘; 中生代晚侏罗世玲珑序列崔召单元(J3 $\eta$ Lc), 岩性为中粒黑云二长花岗岩, 主要分布于三山岛断裂带的上盘, 局部分布在下盘, 为变辉长岩所覆盖; 中生代早白垩世郭家岭序列上庄单元, 岩性为似斑状黑云花岗闪长岩, 分布于三山岛断裂带的下盘。

收稿日期: 2017-12-27; 修回日期: 2018-01-30

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

矿区内脉岩较多,有钛铁变辉长岩脉、含石榴细晶岩、伟晶岩、煌斑质糜棱岩(成矿后)、黑云花岗闪长斑岩、球颗状煌斑岩(成矿前)等。

## 2 钻探施工条件

我公司组织8台钻机在该勘查区进行施工。配备的钻机型号有XY-6B、XY-6N、XY-8、HXY-8B型4种;配备的泥浆泵型号有BW-250、BW-300型2种。

西岭勘查区大多数勘探孔布置在莱州湾海边。某机台全貌见图1。



图1 某机台全貌

## 3 钻孔设计

西岭勘查区钻孔施工,开孔一般采用 $\phi 130$  mm硬质合金跟管钻进工艺,穿过沙层后下入 $\phi 127$  mm套管;第一次换径采用 $\phi 110$  mm金刚石单管钻进工艺,穿过第四系强风化层后,下入 $\phi 108$  mm套管;第二次换径采用 $\phi 95$  mm金刚石绳索取心钻进工艺,下入 $\phi 89$  mm套管;第三次换径采用 $\phi 77$  mm金刚石绳索取心钻进工艺钻进至终孔。孔身结构设计如图2所示。

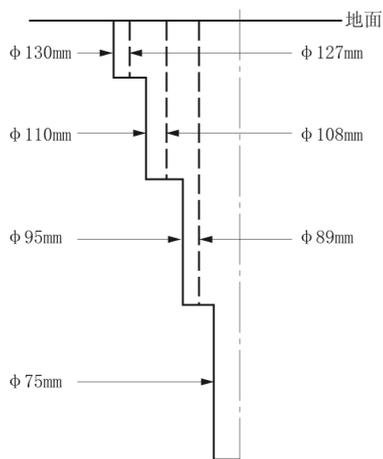


图2 孔身结构示意图

## 4 施工中存在的难题

西岭勘查区勘探深孔钻探施工存在的最大的问题就是钻孔偏斜严重。而对于西岭勘查设计均超过1500 m的勘探深孔而言,终孔靶点偏斜不超过20 m远远超过《地质岩心钻探规程》(DZ/T 0227—2010)的要求,即直孔施工顶角偏斜 $\geq 2^\circ/100$  m,斜孔施工顶角偏斜 $\geq 3^\circ/100$  m。钻探施工中若不采取相应的措施根本无法满足地质要求。

施工期间,我们使用多家单位的先进仪器进行过纠斜,但由于孔深、温度、操作流程繁琐等因素,使用效果不是很好,经常出现“纠反”的情况,反而给施工加大了难度。

## 5 解决措施

经过多年深孔钻探施工经验的积累,我们研发及应用了一套实用的质量保证措施,分别从扶正、纠斜措施上取得了一些突破。这套措施原理简单,操作方面,效果明显(成功率高达95%),成本低,周期短。

### 5.1 $\phi 108$ mm 钻具扶正器的研发及应用

勘探深孔浅部孔段钻孔偏斜情况对钻孔终孔靶点偏离情况影响巨大。因此,控制浅部孔段钻孔偏斜意义十分重大。

西岭勘查区钻探施工,大多采用 $\phi 130$  mm硬质合金钻头开孔(钻杆外径为127 mm,内径为118 mm),采用跟管钻进工艺。之后采用 $\phi 110$  mm硬质合金钻头钻进,钻具组合为 $\phi 110$  mm钻头+ $\phi 108$  mm钻具+ $\phi 91$  mm钻杆。此时 $\phi 91$  mm钻杆与 $\phi 127$  mm套管环状间隙为18 mm,为钻具弯曲提供空间,为钻孔偏斜埋下了隐患。

因此,减小 $\phi 91$  mm钻杆与 $\phi 127$  mm套管的环状间隙对于预防浅部钻孔偏斜显得尤为重要。地质岩心钻探中常用的钻杆外径为 $\phi 91$  mm与 $\phi 71$  mm;特殊口径的钻杆生产厂家少,价格昂贵。利用现有材料来减小环状间隙,同时不影响泥浆的正常流通是比较棘手的问题。

鉴于此,我们借鉴扩孔器扶正原理,利用现有的钻杆接箍(接头)为突破口,经过多次设计,最终确定在 $\phi 94$  mm的钻杆接头上焊接厚度均匀、表面相对光滑(打磨光滑,必要时涂抹适量黄油,旨在减小回转阻力)的钢块,起到充填环空间隙的作用,进而达到防斜的目的。经过反复试验,最终研发出“ $\phi 108$

mm 钻具扶正器”,其结构示意图 3,实物见图 4。

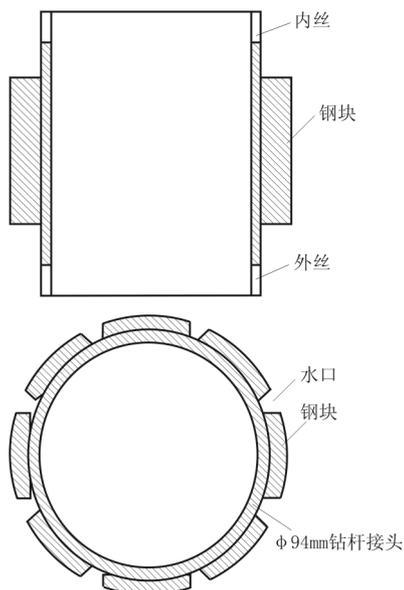


图 3 Ø108 mm 钻具扶正器示意



图 4 Ø108 mm 钻具扶正器实物

### 5.1.1 Ø108 mm 钻具扶正器的工作原理

扶正器是将 8 块长 77 mm、宽 34 mm、厚 10 mm 的 45 号钢块利用结 422 的焊条焊接在 Ø94 mm 的钻杆接头上,再用车床将其车圆,最终扶正器外径为 113 mm。

使用 Ø108 mm 钻具扶正器后钻具组合为: Ø110 mm 硬质合金钻头+3.3 m 的 Ø108 mm 钻具+Ø113 mm 扶正器+3 m 的 Ø91 mm 钻杆+Ø113 mm 扶正器。

钻具在孔底的偏倒角决定于孔壁间隙和粗径钻具长度,即:

$$\epsilon = \sin^{-1}(b/L)$$

式中: $b$ ——孔壁间隙,m; $L$ ——粗径钻具长度,m。

孔壁间隙减小或粗径钻具长度增加都会引起偏倒角减小,从而使钻孔弯曲强度增大。增加 Ø113

mm 扶正器相当于减小环状间隙,同时增加了粗径钻具的长度,保证了偏倒角的减小,减小了钻杆柱弯曲空间,预防了钻孔偏斜。

### 5.1.2 Ø108 mm 钻具扶正器的使用效果

Ø108 mm 钻具扶正器的研发及应用有效地预防了钻孔浅部的偏斜,将原先浅部孔段前 200 m(0~200 m)平均偏斜度约  $1.5^{\circ}/100$  m,纠正到平均偏斜约  $0.3^{\circ}/100$  m,取得了不错的效果。统计数据见表 1。

表 1 西岭勘查区钻孔数据对比情况

未使用 Ø108 mm 钻具扶正器		使用 Ø108 mm 钻具扶正器	
钻孔编号	0~200 m 偏斜度/ [(°)·(100 m) <sup>-1</sup> ]	钻孔编号	0~200 m 偏斜度/ [(°)·(100 m) <sup>-1</sup> ]
ZK92-7	1.7	ZK92-11	0.2
ZK88-15	1.2	ZK92-8	0.3
ZK88-14	1.7	ZK88-16	0.2
ZK92-9	1.1	ZK96-11	0.4
ZK90-6	1.5	ZK94-1	0.4
ZK88-19	1.6	ZK86-6	0.4
ZK92-5	1.7	ZK86-7	0.2
平均	1.5	平均	0.3

## 5.2 测斜仪定向辅助的套管偏心楔一体式地质岩心钻探纠斜法的研发及应用

施工中,我们使用了自主研发的 Ø108 mm 钻具扶正器,在预防浅部孔段钻孔偏斜方面取得了不错的效果。然而中深部及深部孔段钻孔偏斜是不可避免的。研发一套实用、有效的纠斜措施,进而使钻孔顺利钻进到设计靶点显得尤为重要。

山东黄金集团示范创新工作室——“钻探工艺改进及设备改造创新工作室”成立专项研究课题,分别从偏斜楔体的制作与楔面方位的确定两方面进行研究,借鉴行业常用的螺杆钻具纠斜原理,即以施工常用套管充当螺杆钻具外管,把换径后的钻杆作为螺杆钻具的内转子,从而实现了造斜。我们经过反复研究及试验,最终研发出“测斜仪定向辅助的套管偏心楔一体式地质岩心钻探纠斜法”。

该方法是将套管按设计尺寸进行切割,并将切割下的部分进行打磨后反向焊接在剩余部分上,从而制作成楔面,并使得套管与偏心楔通过丝扣连接合为一体,便于偏心楔在孔内转动,再结合测斜仪进行辅助定位的一种纠斜法。套管偏心楔示意图见图 5。

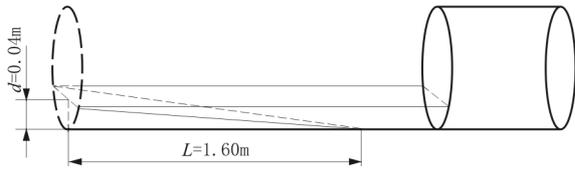


图5 套管偏心楔示意

经过多次应用试验,套管偏心楔楔面角度设计为 $1.5^\circ$ 为最佳设计角度。原因是设计大于该角度时,纠斜完成后“狗腿”角度较大,钻杆柱容易在该处折断;而小于该角度纠斜效果不明显。套管偏心楔制作过程见图6,成品实物见图7。



图6 套管偏心楔制作



图7 套管偏心楔成品实物

### 5.2.1 测斜仪定向辅助的套管偏心楔一体式地质岩心纠斜法的工作原理及步骤

首先,将套管偏心楔下入至需要纠斜的孔段顶端,并在孔口位置安置纵向轴承,以便钻杆柱旋转,见图8。



图8 孔口纵向轴承

然后使用取心钢丝绳连接测斜仪下放至楔体面上,进行多点测斜并记录数据。通过查看测斜仪记录的数据中的顶角值,可找出一个最大值,并确定与其对应的钻杆柱相应的方位点。此点即为楔体与实时钻孔弯曲方向一致(一顺)时的点,此时进行钻进的话钻孔顶角会更大,我们称之为钻孔“纠反”。为了是偏心楔发挥纠斜作用,我们以该点为基准点将钻杆柱旋转 $180^\circ$ 。然后下入下一级口径钻具进行扫孔、钻进。

制作及操作注意事项:

(1)套管偏心楔下端要制作防止测斜仪掉落的隔挡装置;

(2)套管偏心楔钢板楔面须保证厚度达到要求;

(3)制作套管偏心楔时,要保证焊接密封、牢固;

(4)纠斜时,套管偏心楔连接部位一定要拧紧,必要时进行焊接加固;

(5)纠斜时,保证孔底干净,防止纠斜器在孔底发生埋钻事故;

(6)纠斜时,保证孔底岩石强度足够,防止套管偏心楔下滑,改变方向;

(7)纠斜位置的孔壁要较完整,便于扩孔;

(8)纠斜时,要使用精度、准度较高的电子测斜仪,必要时配备陀螺测斜仪;

(9)纠斜时,尽可能多测几组数据,提高偏心楔坐落方位的准确性。

### 5.2.2 测斜仪定向辅助的套管偏心楔一体式地质岩心纠斜法的使用效果

该技术研发及使用成功后,我们将该技术进行了推广。尤其是针对工程质量要求十分严格的西岭勘查区,基本上所有钻孔均使用该技术进行过纠斜,取得了不错的使用效果。据统计,在西岭勘查区施工,共14个钻孔、共16次使用该措施进行过纠斜,平均周期为1.6d,平均纠斜效果为纠正 $1.01^\circ$ /次,操作简单,周期短,纠斜效果明显。西岭勘查区钻孔纠斜数据见表2。

## 6 结论

我公司经过多年的深孔钻探施工,结合2017年度西岭勘查区勘探工程质量要求,自主研发并应用了 $\varnothing 108$ mm钻具扶正器与测斜仪定向辅助的套管偏心楔一体式岩心钻探纠斜法,成功解决了西岭勘查区钻孔偏斜控制的难题,保证了钻孔质量要求,

表 2 西岭勘查区钻孔纠斜数据

钻孔编号	设计孔深/m	纠斜孔深/m	所用时间/d	纠斜效果/(°)
ZK88-18	2360	1300	2	-1.2
ZK92-5	1990	805	1	-1.3
ZK92-7	1600	600/620	1/2	-1.1/-0.8
ZK88-15	1680	706.15	3	-0.5
ZK92-9	1800	850	2	-1.1
ZK88-19	2500	822.42	2	-1.2
ZK90-6	1700	535	2	-1.1
ZK84-16	1500	256	1	-0.9
ZK92-11	1900	879	1	-1.0
ZK92-8	1670	819	2	-0.8
ZK86-6	1520	800	1	-1.1
ZK96-11	2000	350	1	-1.2
ZK72-12	2400	401/422	2/1	-0.8/-0.9
ZK88-16	1800	800	2	-1.2

同时还减轻了人力、物力、财力的消耗,增大了产出投入比,为公司创造了很好的经济效益。

Ø108 mm 钻具扶正器与测斜仪定向辅助的套管偏心楔一体式岩心钻探纠斜法的研发是在传统处理措施的基础上进行改进与创新的,设备技术原理

(上接第 36 页)

复合钻进配合高压全孔注浆的综合处理方式,成功穿越破碎带,加固钻孔,保证破碎、易塌孔段孔壁的稳定性,这是实现复杂地层条件下近水平定向钻孔施工的行之有效的工艺方法。

精准对穿巷道所采用的定向成孔技术在钻孔轨迹选择上有较大的可操作性和精确性,在掘进和采煤超前导洞、老空区探放水和瓦斯、特殊地质构造勘探和加固处理以及局部救援巷道贯通等方面可以得到更广泛运用。

#### 参考文献:

- [1] 石智军,李泉新,姚克.煤矿井下水平定向钻进技术与装备的新进展[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(1):12-16.
- [2] 张杰,姚宁平,李乔乔.煤矿井下定向钻进技术在矿井地质勘探中的应用[J].煤矿安全,2013,44(10):131-134.
- [3] 石智军,董书宁,姚宁平,等.煤矿井下近水平随钻测量定向钻

简单,操作方便,实用性高,使用成本低,应用效果明显,在西岭勘查区得到了广泛应用。两种钻孔质量保证措施的研发为业内深孔钻探增加了可借鉴的技术手段,具有很高的推广价值。

#### 参考文献:

- [1] 吴翔,杨凯华,蒋国盛.定向钻进原理与应用[M].湖北武汉:中国地质大学出版社,2006.
- [2] 汤凤林,A. Γ.加里宁,段隆臣.岩心钻探学[M].湖北武汉:中国地质大学出版社,2009.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 陈天成.定向纠斜技术[J].西部探矿工程,1999,11(5):35-37.
- [7] 刁长河.岩芯钻探的防斜和纠斜[J].新疆有色金属,2016,(4):1-2.
- [8] 刘广志.金刚石深孔钻探孔斜问题与纠斜措施[J].地质与勘探,1989,25(1):55-57.

进技术与装备[J].煤炭科学技术,2013,41(3):1-6.

- [4] 段会军,郝世俊,武建军.高位定向钻孔在综放工作面上隅角瓦斯抽采中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(10):215-218.
- [5] 姚宁平,张杰,张国亮,等.晋城矿区井下梳状钻孔瓦斯抽采技术体系[J].煤炭科学技术,2015,43(2):88-91.
- [6] 方俊,陆军,张幼振,等.定向长钻孔精确探放矿井老空水技术及其应用[J].煤田地质与勘探,2015,43(2):101-105.
- [7] 任鹏飞.定向长钻孔在母杜柴登煤矿顶板探放水中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(5):17-19.
- [8] 石浩,张杰.煤矿井下精确定向探放水技术[J].煤矿安全,2015,46(2):64-67.
- [9] 黄寒静.煤矿井下定向钻孔施工测量精度验证与应用[J].煤矿安全,2017,48(5):19-21.
- [10] 许超.基于复合钻进技术的煤层瓦斯抽采定向钻孔施工[J].煤矿安全,2015,46(4):130-133.
- [11] 刘卫卫,彭旭,王庆,等.煤层顶板砂岩水定向钻孔预疏放效果检验[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(6):62-64,68.
- [12] 刘建林,李泉新.基于轨迹控制的煤矿井下复合定向钻进工艺[J].煤矿安全,2017,48(7):78-81.