

地质岩心钻孔人工造斜方法实践

孙孝刚, 卢忠友, 张 涛
(贵州省地矿局 102 地质大队, 贵州 遵义 563003)

摘要:在岩心钻探施工过程中, 钻遇岩(矿)心脱落需要补取岩心, 或钻具脱落、埋钻和烧钻需要绕障时, 人工造斜方法是解决问题的有效手段。钻孔较浅, 造斜孔段刚好在变径后的位置, 且上部孔壁稳定, 易于扩孔和下套管, 宜选用异径偏心楔人工造斜; 钻孔较深, 不能改变口径, 造斜孔段岩层硬度较大, 宜选用同径偏心楔人工造斜; 钻孔较深, 造斜孔段岩层硬度不大(如煤系地层中的煤层、泥岩等), 宜选用同径自然造斜。选用偏斜楔造斜时, 偏斜楔长度、偏斜角大小和导斜槽直径的合理选择, 偏斜楔下入钻孔过程中的正确操作; 选用同径自然造斜, 水泥浆灌注孔段位置确定、水泥浆凝固后达到一定的强度和造斜过程中合理的钻进参数, 是造斜成功的关键。

关键词:地质岩心钻探; 偏心楔; 人工造斜(侧钻); 造斜角

中图分类号: P634.7 文献标识码: B 文章编号: 1672-7428(2016)11-0015-06

Practice of Artificial Deflecting Method in Geological Core Drilling/SUN Xiao-gang, LU Zhong-you, ZHANG Tao
(Geological Team 102, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Resources, Zunyi Guizhou 563003, China)

Abstract: In the process of core drilling, the artificial deflecting method is an effective means to make up coring for core falling off and bypass obstacles while drilling tool breaking-off and drill bit being buried or burned. For shallow borehole, the inclined section is just under the stepped-diameter position, the stable upper hole wall is convenient for reaming and casing putting, it is advisable to choose the different diameter eccentric wedge for artificial deflecting; for deep borehole, due to the unchangeable hole diameter and hard rocks in deflecting section, the same diameter eccentric wedge is the proper selection for artificial deflecting; for deep borehole with low-hardness rocks in deflecting section, such as coal seam in coal measure strata and mudstone, etc., the same diameter natural deflecting is optimum. When choosing eccentric wedge, the rational determination of its length, deflection angle degree and the diameter of deviation groove, as well as proper operation are the key points; for the same diameter natural deflecting, the determination of the cement slurry filling section, solidification strength of cement slurry and drilling parameters are the key factors.

Key words: geological core drilling; eccentric wedge; artificial deflecting (side tracking); deflection angle

1 人工造斜的原因

1.1 补取岩(矿)心

在岩心钻探施工作业中, 钻遇以下情况: (1) 地层岩石破碎、含高压气体(如页岩气、煤层气)等复杂情况; (2) 取心设备(单管取心、单动双管取心、双动双管取心)构建存在损坏或缺陷; (3) 钻进工艺参数(如钻压、转速和泵量)选择不当; (4) 在取心过程中操作不当。都可能导致岩(矿)心的脱落或损失, 需要选择人工造斜的方法钻进补取岩(矿)心。

1.2 绕障

在钻探施工过程中, 发生孔内事故(烧钻、埋钻、卡钻、落物等)时, 在无法打捞孔内物件, 消灭较为困难且不经济, 又不能改变孔位移孔时, 通过偏

斜绕障, 将是继续钻进施工工艺的不二选择。

2 造斜方法的选择

造斜方法的选择, 应根据钻孔结构、孔壁的稳定性 and 孔内人工造斜段的岩性而确定, 常用方法有以下几种: 异径偏心楔造斜、同径偏斜楔造斜和同径不需要偏心楔而通过调节钻进参数自然造斜。偏心楔造斜还可分为可收回式造斜、不可收回式造斜和定向造斜。

2.1 异径偏心楔造斜

异径造斜, 即下入偏斜楔偏斜后用一小径的钻具偏斜。选择异径偏斜方法, 主要是针对补取岩(矿)心而选用。其选用条件是: (1) 钻孔较浅, 在偏

收稿日期: 2016-02-15

作者简介: 孙孝刚, 男, 苗族, 1966 年, 高级工程师, 探矿工程专业, 主要从事岩心钻探技术及管理工作, 贵州省遵义市汇川区 102 地质队, 1581933937@qq.com。

斜孔段上方易于扩孔和下套管;(2)补取岩(矿)心孔段刚好在变径后的位置,容易拔出上部最小的套管,且孔壁稳定。其优点是偏斜楔可重复使用。

2.2 同径偏心楔造斜

同径偏心楔造斜,即下入偏心楔造斜后用同径钻具造斜。选择同径偏心楔造斜方法,主要针对补取岩(矿)心和绕障都可选用。其选用条件是:(1)钻孔较深,按地质设计要求不能改变口径,预计起下套管工作量较大;(2)造斜孔段岩层硬度较大,不易自然偏斜。

2.3 同径自然造斜

同径自然造斜,即用水泥固孔后用同径钻具,通过选择合理的钻进参数自然造斜。选择同径自然造斜方法,对补取岩(矿)心和绕障2种情况都可选用。其选用条件是:(1)钻孔较深,预计起下套管都较困难,施工难度极大,甚至不能保证下入和拔起套管;(2)造斜孔段岩层硬度不大(如煤系地层中的煤层、泥岩等),易于自然造斜。

2.4 两种同径造斜方法的优、缺点比较

同径偏心楔造斜的优点在于:(1)能准确地控制在某一点(段)进行造斜,若需要甚至可以定向造斜;(2)造斜的成功率能达到100%;(3)容易操作,只要将偏心楔下到位固定,钻进就成功了。其缺点在于偏心楔的选择、制作和投放都有一定的难度:(1)选择钻杆铁丝投放式偏心楔,虽然偏心楔加工制作简单,但是,若遇孔壁掉块致孔内架桥,或遇缩径,偏心楔就难下到预定位置,甚至存在偏心楔又不能拔出的风险;(2)选择用钻杆丝扣投放式偏心楔,加工制作难度较大,成本较高。

同径自然造斜的优点在于:不需要加工偏心楔,节约成本,不承担下偏心楔所发生的任何风险。其缺点在于:造斜位置不能准确控制,随意性很大;水泥封堵凝固后,要求水泥心强度较高,最好其硬度大于所封岩层的硬度;钻进造斜时,其钻进规程参数要求严,必须能保持“轻压、慢转”。

3 偏斜楔的技术要求及制作

根据造斜方法的不同和所造斜钻孔岩石性质的不同,其偏心楔的技术要求和制作规格也不尽一样。

3.1 偏心楔基本技术要求

3.1.1 偏心楔的主要技术参数是造斜角和导斜槽直径

偏心楔的偏斜角大小,根据其造斜的目的不同而要求不同,“绕障”希望与障碍近距离偏离后角度不宜过大,尽量能使“绕障”后的钻孔轴线与原钻孔设计轴线偏离不大;“补取岩(矿)心”则希望造斜角在理论值 $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 内选取较大的角度,尽量能在造斜后短距离内将完整的岩(矿)心补取。但是偏心楔角度设计过大,不仅难以完成初始偏斜,而且即使初始偏斜成功了,在后续的钻进中钻具和钻杆在偏斜处也易折断;反之,偏心楔角度设计过小,则偏心楔长度增大,不仅加大材料成本,而且不便制作、运输和下入孔内。

理论上,在普通硬质合金(或金刚石)钻进中,将钻具视为“刚性”,则钻孔最大自然偏斜角“进尺角变率”为:

$$a = \frac{\Delta r}{\Delta s}, \Delta r \approx \text{tg}^{-1} \frac{D_k - D_g}{L}$$

式中: a ——钻具在孔底的偏角“进尺角变率”, $(^{\circ}/\text{m})$; D_k ——钻孔直径, m ; D_g ——岩心管(钻具外管)直径, m ; L ——粗径钻具长度; Δr ——钻具在孔底的偏角“变量”, $(^{\circ})$; Δs ——钻具在造斜过程中进尺长度, m 。

在造斜孔段弯曲度能满足钻具通过的前提下,其造斜角随进尺增加而增大(见图1)。

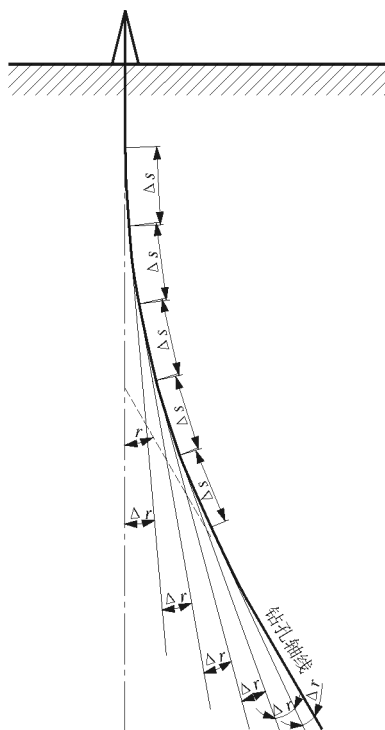


图1 钻孔造斜过程示意图

(1)在普通硬质合金(或金刚石)钻进中,例如,钻头直径与岩心管直径之差($D_k - D_g$)为6~8 mm,粗径钻具长度为4000~4500 mm。其钻具在孔底的偏角“变量” Δr 理论上为:

$$\Delta r \approx \text{tg}^{-1} \frac{D_k - D_g}{L} \approx \text{tg}^{-1} (0.0018) \approx 0.11^\circ$$

但在实际钻进施工中,由于钻具高速转动,钻头在其离心力的作用下环状摆动,能致使钻孔扩径,实际钻孔直径大于钻头直径,孔底的偏角“变量” Δr 大于理论值(0.11°),在不影响造斜钻具通过的前提下,其“变量” Δr 随所钻岩石的硬度增大而变小,偏角随进尺增加而增大。根据施工经验确定,偏斜楔的偏斜角(r)选择为:当岩石硬度在7级以下时,偏斜角 r 适合角度为 $4^\circ \sim 6^\circ$,当岩石为中等硬度(7~9级)时, r 适合角度为 $3^\circ \sim 4^\circ$,当岩石坚硬(10级以上)时, $r \leq 3^\circ$ 。导斜槽直径应比导斜钻头直径大1~3 mm。

(2)在金刚石绳索取心钻进中,理论上,绳索取心钻杆相当于“普钻”中的岩心管(钻具外管),其钻具在孔底的偏斜角“变量” $\Delta r \approx \text{tg}^{-1} (D_k - D_g) / L$,式中钻杆长度(L)较钻孔内壁与钻杆间环状间隙($D_k - D_g$)之比值太小,因此,其钻孔自然偏斜角“变量” Δr 几乎可不计。

但是,在金刚石绳索取心实际钻进中,其钻杆不是绝对“刚性”,具有一定的弯曲性,在钻具高速转动时,其钻头在离心力的作用下仍作环状摆动,也能致使钻孔扩径,实际钻孔直径仍大于钻头直径,孔底的偏角“变量” Δr 远大于理论值,在不影响造斜钻具通过的前提下,其“变量” Δr 也随所钻岩石的硬度增大而变小。

根据施工经验确定,偏斜楔的偏斜角(r)选择为:当岩石硬度在7级以下时,偏斜角 r 适合角度为 $1.5^\circ \sim 2^\circ$,当岩石为中等硬度(7~9级)时, r 适合角度为 $1^\circ \sim 1.5^\circ$,当岩石坚硬(10级以上)时, $r \leq 1^\circ$ 。导斜槽直径也应比导斜钻头直径大1~3 mm。

3.1.2 偏斜楔加工的其他要求

(1)斜面焊接牢固、光滑,导向性好。

(2)固定可靠。底部接内出刃钻头,在水泥凝固后,导斜、正常钻进过程中和升降钻具时不扭转移位。

(3)与下入钻杆连接合理,使其便于下入和钻杆提起时易于分离。

3.2 偏斜楔的制作

在岩心钻探施工中,主要施钻口径为 $\varnothing 75$ 、 91 mm(金刚石绳索取心以 $\varnothing 77$ 、 96 mm为主)两径,下面均以 $\varnothing 77$ mm口径下造斜为例进行设计。

3.2.1 异径偏心楔的制作(参见图2)

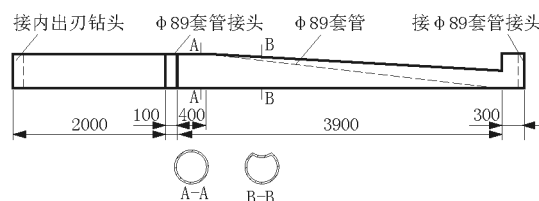


图2 异径偏心楔

(1)选用1根4.6 m长两端丝扣完好的 $\varnothing 89$ mm旧套管,从距上端0.3 m处中心(套管断面中心),用割刀(氧、乙炔)斜切割至下端0.4 m处的边缘;(2)将切割下来的套管斜面块件凹槽面向上置于切槽内用电焊焊上;(3)用砂轮机将焊缝打磨光滑,且两侧焊缝断面外出不大于原套管尺寸;(4)用一根2 m长的 $\varnothing 89$ mm套管,上端与偏心楔相连,下端戴上内出刃钻头(下时遇阻可慢慢转动扫孔)。

造斜角 $r = \text{tg}^{-1} (R/L) \approx 1.3^\circ$ (式中: $R = 89$ mm为套管直径, $L = 3900$ mm为斜面套管长度)。

3.2.2 同径钻杆铁丝投放式偏心楔(参见图3)

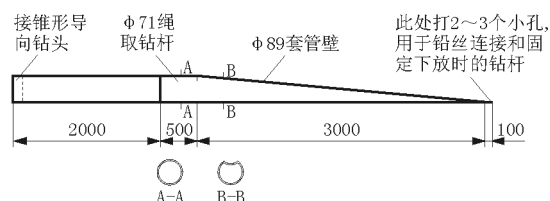


图3 同径钻杆铁丝投放式偏心楔

(1)选用一根3.6 m长一端丝扣完好的 $\varnothing 71$ mm旧绳索取心钻杆,从距无丝扣端0.1 m处靠边(留少许不割),用割刀(氧、乙炔)斜切割至下端0.5 m处的对边缘;(2)用 $\varnothing 89$ mm套管切割一块斜面块件,将凹槽面向上置于切槽内用电焊焊上;(3)用砂轮机将焊缝打磨光滑,且两侧焊缝断面外出不大于原钻杆尺寸;(4)在上端0.1 m处用割刀割2个小孔(用于铁丝固定在钻杆上),(5)用一根2 m长的 $\varnothing 71$ mm钻杆,上端与偏心楔相连,下端切割焊成锥形(导向)或接锥形导向钻头。

偏斜角 $r = \text{tg}^{-1} (R/L) \approx 1.35^\circ$ (式中: $R = 71$ mm为套管直径, $L = 3000$ mm为斜面套管长度)。

3.2.3 同径钻杆丝扣连接投放式偏心楔(参见图4)

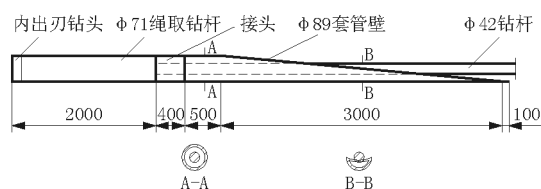


图4 同径钻杆丝扣连接投放式偏心楔

(1) 选用一根 3.6 m 长一端丝扣完好的 $\varnothing 71$ mm 旧绳索取心钻杆, 从距无丝扣端 0.1 m 处靠边(留少许不割), 用割刀(氧、乙炔)斜切割至下端 0.5 m 处的对边缘; (2) 用 $\varnothing 89$ mm 套管切割一块斜面块件, 将凹槽面向上置于切槽内用电焊焊上; (3) 用砂轮将焊缝打磨光滑, 且两侧焊缝断面外出不大于原钻杆尺寸; (4) 用圆钢加工一个长 0.4 m、外丝与绳索取心钻杆连接、内丝(方形丝扣, 便于反脱)与 $\varnothing 42$ mm 普通钻杆连接的接头, 连接在偏心楔的下端, 同时在斜槽中部割一孔(不宜过大, 刚好能通过 $\varnothing 42$ mm 普通钻杆即可); (5) 用一根 2 m 长的 $\varnothing 71$ mm 钻杆, 上端与偏心楔相连, 下端戴上内出刃钻头(下时遇阻可慢慢转动扫孔)。

造斜角 $r = \tan^{-1}(R/L) \approx 1.35^\circ$ (式中: $R = 71$ mm 为套管直径, $L = 3000$ mm 为斜面套管长度)。

4 人工造斜方法及实践

4.1 同径自然造斜(实例)

4.1.1 造斜原因

在晴隆县杨寨煤勘项目 ZK1310 孔煤系地层孔段钻进施工中, 当孔深 112.3 m 下入 $\varnothing 108$ mm 套管后, 选用 $\varnothing 96$ mm 钻头钻至孔深 672 m, 10 号煤(孔深 619 ~ 623 m) 因遇下部涌水将泥浆稀释变质及瓦斯突出而严重坍塌、埋钻, 在处理事故过程中, 将钻具遗落孔内(事故头在孔深 622 m 处) 无法打捞, 采取侧钻。

4.1.2 造斜过程

(1) 采用水泥将 619 ~ 623 m 孔段封堵。其步骤是用 425 水泥 + 0.05% 的三乙醇胺 + 1% ~ 2% 食盐, 按 0.5 ~ 0.6 水灰比配置水泥浆, 在事故头(事故

孔段) 往上封 50 ~ 100 m;

(2) 待水泥浆凝固 5 ~ 6 天后, 将同径钻具 $\varnothing 96$ mm 金刚石单管钻具下入孔内进行扫孔、钻进偏斜。其扫孔和钻进操作过程中必须做到“一轻、两慢和大泵量”, 即钻压要轻, 压力尽量小, 转速要慢, 尽量开低转速, 给进要慢, 钻进速度不宜过快。因为水泥浆凝固后其强度相对煤(粉)层较大, 煤层在冲洗液的喷射切割作用下自然扩径, 从而增大了造斜的空间, 达到偏斜的效果。

(3) 在事故头(孔深 622 m) 上下 2 m 左右的孔段, 必须反复串动着钻具扫孔, 修复(拉直) 因偏斜造成“狗腿”孔段, 预防“狗腿”导致后续钻进过程中钻具折断。

当造斜钻进至 624.17 m 时, 自然侧钻(已超过事故头) 成功, 随后将 $\varnothing 89$ mm 钻杆作套管之用护壁。换径, 选用 $\varnothing 77$ mm 金刚石绳索取心钻具钻进, 至孔深 1123.34 m 顺利终孔。较重新移孔施工, 减少经济损失为全孔总值的 40% ~ 50%。

4.2 偏心楔造斜方法及实践

4.2.1 造斜方法

在使用偏心楔造斜的过程中, 无论选用同径或异径造斜, 其步骤都基本一致。

4.2.1.1 固定偏心楔

(1) 异径造斜, 由于偏心楔与套管相连, 其依靠套管与孔壁摩擦力、偏心楔与孔底的摩擦力和孔口用夹板固定;

(2) 同径造斜, 在下入偏心楔之前, 灌入早强水泥浆, 再下入偏心楔, 待水泥浆凝固后将其固定。

4.2.1.2 造斜钻进

(1) 加工导斜钻头: 用 $\varnothing 73$ mm 圆钢加工成 30° 锥形钻头, 钻头丝扣为尖牙母扣与 $\varnothing 42$ mm 钻杆(2 m 左右) 所带的钻杆公接头连接。钻头锥体及相近圆柱部分错位等距镶焊硬质合金。要求圆柱部分加最大外出刃, 其直径 ≥ 77.5 mm。钻头需有 3 ~ 4 个出水孔以利于导斜钻进时通水顺畅(参见图 5)。

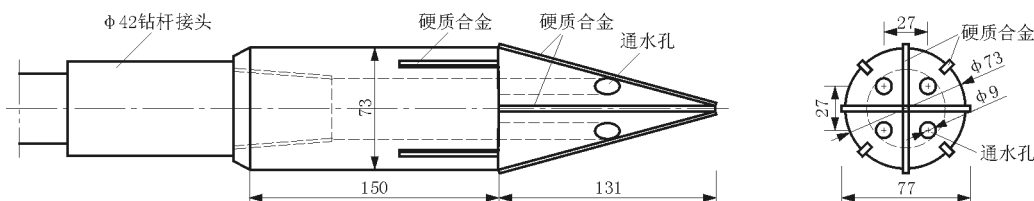


图5 导斜钻头结构示意图

(2)造斜钻具组合($\varnothing 77$ mm 绳索取心钻进):导斜钻头 $\rightarrow \varnothing 42$ mm 钻杆(2 m) $\rightarrow$ 变丝接头 $\rightarrow$ NQ 钻杆 $\rightarrow$ 主动钻杆。

(3)经过5~7天水泥浆凝固后,下钻具钻进初偏先导孔。初偏时,钻进参数为:慢转(60~80 r/min)、低压(20~40 kg)和小泵量(泥浆要有足够的润滑性能)进行。

当初偏钻进至0.5~1 m时,起钻检查钻头,若钻头无异常磨损,下NQ钻具(钻头尽量选用旧的外出刃磨损严重的)进行钻进。钻进技术参数比初偏时略高。

在钻孔造斜进尺超过偏心楔底部1.5~2 m时,起内管,若由瓦片状变成柱状完整岩心,即造斜成功。

4.2.2 造斜实践(实例)

4.2.2.1 同径钻杆铁丝投放式偏心楔

在晴隆县杨寨煤勘项目ZK1501孔(全孔均为煤系地层)钻进施工中,当下入孔口套管后,选用 $\varnothing 77$ mm 钻具钻至孔深759 m时烧钻,在处理事故过程中,钻杆均被反出,事故钻具遗落孔内(事故头在孔深754.9 m处)无法打捞,因上部孔壁较为稳定,故采用钻杆铁丝投放式偏心楔方法侧钻。

(1)先采用水泥浆灌注15 m(740~754.9 m)左右,用于固定偏心楔。

(2)随后下入偏心楔。

其方法是:首先将偏心楔下部导向管段卸开,灌满水泥浆后再合上。其次用铁丝(10号)将偏心楔与钻好孔的普通 $\varnothing 50$ mm 钻杆连接。再次用变径接头将普通 $\varnothing 50$ mm 钻杆与NQ绳索取心钻杆连接,然后慢慢将偏心楔送到预定位置(偏斜楔底部置于孔深746.5 m处水泥浆内),下放钻杆将铁丝剪断后起钻。组合:N口径钻杆+变径接头+ $\varnothing 50$ mm 钻杆+铁丝扎紧+偏心楔。

(3)经5~7天待水泥凝固后,配导斜钻具(导斜钻头+ $\varnothing 42$ mm 钻杆(2 m)+变丝接头+NQ钻杆+主动钻杆)钻先导孔。

其方法是:钻进时要求,钻具转速较低(60~80 r/min,小压力0.2~0.4 kN足够),小泵量低泵压,同时,泥浆要有足够的润滑性能。

在钻进过程中,当导向钻头接触偏心楔后,要反复上下串动钻具修复孔壁,尽量减小初造斜时钻孔造成的“狗腿”形状影响后续NQ绳索取心钻具下

入。

(4)当导向钻具钻进孔深超偏心楔底部0.5 m时,配NQ钻具下入孔内,在偏心楔及其上部2~3 m上下串动修复孔壁,直至钻具到偏斜后的孔底畅通无阻。期间,钻头尽量选用旧的外出刃磨损严重的,钻进技术参数较钻先导孔略高。

当钻进孔深超偏心楔底部5 m时,起内管发现有由片状至柱状完整岩心,且加接钻杆顺利,即表示造斜成功。该孔最后钻至孔深855.3 m顺利终孔,达到地质设计要求。较重新移孔施工,减少经济损失为全孔总值的60%~70%。

4.2.2.2 同径钻杆丝扣连接投放式偏心楔

在深溪锰矿ZK4007孔钻进施工中,当用N口径绳索取心钻具钻至孔深1606 m时矿心脱落,在采取补取岩心的过程中,钻具在孔深1550 m左右掉落孔内,经打捞无效后决定造斜。由于 $\varnothing 89$ mm 套管只下至孔深806.9 m,其偏心楔到达预定偏斜孔段(1450~1550 m)裸孔为三叠系下统茅草铺组、二叠系九节滩组、玉龙山组、沙堡湾组、长兴组和龙潭组煤系,其岩性主要为灰岩、泥质灰岩,存在掉块和缩径等情况,故选择同径钻杆丝扣连接投放式偏心楔方法造斜钻进。

(1)先采用水泥浆灌注100 m(1450~1550 m)左右,用于固定偏心楔。

(2)随后下入偏心楔。

其方法是:首先将偏心楔下部导向管段接一个废旧的内出刃钻头,其次用将偏心楔与普通 $\varnothing 42$ mm 钻杆连接,同时,检查钻杆与接头连接是否灵活,便于反脱。再次用变径接头将普通 $\varnothing 42$ mm 钻杆与NQ绳索取心钻杆连接,然后慢慢将偏心楔往下送,若遇阻时可开泵慢慢扫动,当到达预定位置(偏心楔底部置于孔深1421 m处水泥浆内)时,将钻杆反脱起钻。组合:N口径钻杆+变径接头+ $\varnothing 42$ mm 钻杆+偏心楔。

在其后的造斜操作过程中,与上述选用同径钻杆铁丝投放式偏心楔造斜相同。

该孔最后钻至孔深1613.35 m顺利终孔,达到地质设计要求。较重新移孔施工,减少经济损失为全孔总值的70%~80%。

5 结语

在岩心钻探施工过程中,钻遇岩(矿)心脱落需

要补取岩心,或钻具脱落、埋钻和烧钻需要绕障时,选用人工造斜方法,可以达到减少报废进尺、节约成本和缩短工期的效果。

(1)选用人工造斜方法,较重新移孔施工,其减少经济损失在钻孔总价值的百分率,随着造斜孔段的深度与造斜钻孔深度比增大而增大,且钻孔越深,节约成本的量越大。

(2)选用偏斜楔造斜时,偏斜楔长度、偏斜角大小和导斜槽直径的合理选择,偏斜楔下入钻孔过程中的正确操作,是造斜成功的关键。

(3)选用同径自然造斜,水泥浆灌注孔段位置确定、水泥浆凝固后达到一定的强度、造斜过程中正确操作,以及选择合理的钻进参数,是造斜成功的关键。

参考文献:

- [1] 首照兵,卢文华,李跃成,等. $\varnothing 71\text{mm}$ 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.
- [2] 廖远苏,胡啟锋,廖长生,等. 采用偏心楔侧钻处理坚硬地层烧钻事故[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(9):5-8.
- [3] 向军文,向昆明,张新刚,等. 绳索定向造斜及取心技术应用

- [J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(3):18-21.
- [4] 孙孝刚,王聪,王伟. 遵义小金钩锰矿区钻孔水泥护壁几种灌注方法的试验研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(12):35-38,42.
- [5] 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.
- [6] 黄平. 大村矿段钻孔下偏心楔补采煤心施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(3):26-28,32.
- [7] 李光华. 螺杆钻侧钻分支绕障技术处理绳索取心钻孔事故[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(11):32-34.
- [8] 孙孝刚,王聪,代敏兵. 高瓦斯涌水超厚煤系复杂地层的钻进施工[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2013,41(10):45-49.
- [9] 张文英,张延茂,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.
- [10] 冯建国. 四川叙永河坝煤田单点照相定向钻进技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(3):9-11,25.
- [11] 张家军,潘峰. 煤田深孔实采煤心施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(5):34-35,52.
- [12] 孙一国. 中深孔终孔后补打斜孔采取煤样施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(3):16.
- [13] 赵国法,吕新前. 开化黄山矿区钻孔偏斜规律研究及控制措施[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2015(2):48-52.
- [14] 贺仁钧,乌效鸣,田恒星. 易斜地层钻孔倾斜规律研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(4):111-114.
- [15] 张文庆. 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),2011,38(12):22-24.

更正 1:

由于排版软件版本差异,造成彩图转换成黑白图时线条丢失,致使本刊 2006 年第 10 期第 198 页图 2 曲线未印刷上,现更正为:

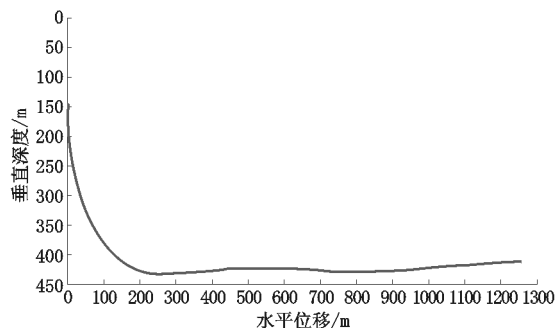


图 2 实钻轨迹

特此更正并向作者、读者致歉!

更正 2:

本刊 2016 年第 10 期第 131 页,作者:陈伯辉¹,应为:陈佰辉¹;单位名称:1. 青海省水文地质、环境地质、工程地质设计院,应为:1. 青海省水文地质工程地质环境地质调查院。

特此更正!