

简易偏心楔在钻探施工中的应用

刘 治¹, 王智峰², 宋宝杰¹, 王跃伟³

(1. 山东省第三地质矿产勘查院, 山东 烟台 264004; 2. 西北有色地质勘查局物化探总队, 陕西 西安 710068; 3. 中国地质科学院勘探技术研究所, 河北 廊坊 065000)

摘要:随着地质岩心钻探孔深的不断增加, 处理孔内事故的难度也越来越大。为了缩短施工周期, 特复杂的孔内事故经常放弃处理。利用造价低廉、使用简单的偏心楔进行定向钻进, 绕过事故孔段, 是一种行之有效的处理手段。本文主要介绍了简易偏心楔的制作及在不同孔段中的应用。

关键词:偏心楔; 定向钻进; 纠斜; 钻探

中图分类号: P634.7 文献标识码: B 文章编号: 1672-7428(2016)12-0049-05

Application of Simple Eccentric Wedge in Drilling Construction/LIU Zhi¹, WANG Zhi-feng², SONG Bao-jie¹, WANG Yue-wei³ (1. No. 3 Geology Team of Shandong Provincial Geo-mineral Bureau, Yantai Shandong 264004, China; 2. Xi'an Northwest Nonferrous Geological Prospecting Bureau, Xi'an Shaanxi 710068, China; 3. The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China)

Abstract: With the continuous increase of the geological core drilling hole depth, the hole accidents handling is more and more difficult. In order to shorten the construction period, particularly complex hole accidents are often given up, while a low-cost simple eccentric wedge is effectively used for directional drilling to bypass the accident section. This paper mainly introduces the simple eccentric wedge about its manufacture and the application in different drilling holes.

Key words: eccentric wedge; directional drilling; hole straightening; drilling construction

偏心楔的工作原理是利用倾斜楔面迫使钻头改变钻进方向, 形成新的钻孔轨迹。偏心楔分为固定式与可取式 2 种, 固定式下孔后留在孔内, 只能使用一次, 事故后患较多; 可取式则是只要未损坏可反复使用。

偏心楔具有结构简单, 操作方便的优点。但在造斜孔段形成“狗腿”度较大, 对钻孔下部施工影响较大, 实现同径造斜较困难。

1 简易偏心楔的制作

1.1 固定式简易偏心楔

固定式简易偏心楔可采用圆钢或绳索取心钻杆制作。

(1) 铸钢直径应与钻孔口径相匹配, 略小 2~3 mm; 长度约为 4 m。尾端加工相应丝扣, 连接废旧钻杆以作人工孔底。沿铸钢进行划线, 一般是沿一端圆周 1/3 处开始切割, 见图 1。角度控制在 1°左右。若加工条件允许, 则切面可加工为凹槽, 便于偏斜导向。

(2) 绳索取心钻杆制作偏心楔划线如同圆钢制作, 不同处是需将斜切下来的岩心管翻过来焊接, 切除



图 1 固定式简易偏心楔制作

偏斜凹面边缘多余部分, 进行修磨除去焊疤。由于偏心楔在切割、焊接加工中受热变形弯曲, 需在校管器上进行校直处理。并将偏心楔上部尖端 0.3~0.4 m 段向凹斜面背部外翘, 以便下入孔内与孔壁紧贴。

利用钻杆制作偏心楔相对圆钢简单, 可在现场加工。但因楔体中空, 在造斜与修正过程中, 往往会因机械振动与钻头磨蚀, 导致楔子破损与位移, 从而造成后续事故。因此, 有时为增强斜体的抗震与坚实程度, 在楔体内灌注混凝土或塞入木楔。

1.2 可取式简易偏心楔

可取式简易偏心楔一般使用套管制作, 与制作固定偏心楔基本相似, 不同处是上部留有丝扣, 如图 2。基本导向楔面(楔槽)长度在 1.5~2.2 m, 倒斜凹面倾斜顶角(造斜强度) 1.5°~3°为佳, 下部连接同径圆钢不低于 4.5 m 或同径套管不低于 6 m, 以

收稿日期: 2016-03-03; 修回日期: 2016-10-24

作者简介: 刘治, 男, 汉族, 1987 年生, 工程师, 勘查技术与工程专业, 从事岩心钻探技术应用与生产管理工作, 山东省烟台市芝罘区机场路 271 号, 373273034@163.com。

稳定造斜过程中的机械振动。



图2 可取式简易偏心楔结构图

总体来说,无论是固定式还是可取式的偏心楔,除去技术参数(造斜强度、楔面长度)外,楔槽的加工质量即楔槽的平滑性及楔槽轴线的笔直程度对造斜效果与难易程度起着决定性的影响。

2 固定式简易偏心楔在深孔事故处理中的应用

120ZK1 钻孔位于招远栾家河矿区,设计倾角为 86° ,方位角 97° 。钻遇地层以中粗粒二长花岗岩、绢英岩化花岗质碎裂岩、绢英岩质碎裂岩为主。因

矿区受控于招平断裂带东端的破头青断裂,断裂构造发育,岩石局部破碎严重,孔内漏失与孔壁掉块十分严重。

120ZK1 钻孔钻进至 1537.21 m 时,由于冲洗液性能维护较差,导致上部 1483.40 ~ 1485.60 m 处出现掉块,造成卡钻事故。钻杆在 1231.2 m 处断裂,经过对接提拉不动,后采用反丝钻杆反脱。在处理至 1398.54 m 时,反脱效率过低,且考虑到磨削工作量较大,钻头容易崩齿,最后决定下入偏心楔绕开事故头,进行钻进。从 2013 年 5 月 21 日至 2014 年 12 月 5 日,因处理孔内事故共下入偏心楔 5 次,最终终孔孔深为 2095.20 m。

2.1 5 次偏心楔使用情况总结(见表 1)

2.2 偏心楔在深孔事故中的应用要点

表 1 5 次偏心楔使用情况总结

下入深度/m	下入原因	人工孔底架设情况	实施思路	后期生产情况	效果
1402.54	钻杆反脱效率过低,磨削工作量较大	水泥封孔	以水泥为胶结物,在水泥未凝固时下入楔子以固定	偏心楔固定不稳,造斜过程中发生转动	失败
1416.28	第一次偏心楔造斜失败。总结失败原因:(1)固定问题;(2)造斜过程中钻压与转速的控制问题	偏心楔尾部固定废旧钻杆 9 m,投入至未凝固的水泥孔底	(1)造斜钻头先钻小眼,尽可能轻压快转,减小“狗腿”度;(2)塔式钻具修正造斜点,平缓无急弯	(1)下入深度不精准,导致造斜距离过长,“狗腿”度较大,且造斜点具体位置不清;(2)反复修正造斜点,采用了塔式钻具,以及磨孔钻头;(3)修正过程中,发生了多次断钻事故,耗时近半个月	成功
1398.27	第二次下入的偏心楔顶部经过反复修磨,形成架桥,在强行加压处理的过程中造成卡钻	同上	造斜 5 m 后,采用磨孔钻头消除偏心楔顶部,保证与新孔的契合性良好	造斜过程中,进尺缓慢,阻力较大,钻具转动不稳。提钻后发现钻头内径磨损严重。造斜 3 天未见效果,推断偏心楔固定角度错误	失败
1346.84	绕过下入角度错误的偏心楔	在采取以上措施的基础上,偏心楔底部连接重心相对的偏重铸钢。要求铸钢与钻杆同径,且重力足够	(1)确保偏心楔的安装角度;(2)合理利用自重进行自然偏斜	(1)轻压慢转,延长钻头造斜工作面,减缓坡度,尽量少磨损楔面;(2)造斜 0.5 m 后,提钻换用普通钻头带导向进行造斜点修整;(3)下入磨孔钻头无转动阻碍后,普通钻头轻压快转,进尺 3 m 后,恢复正常生产	成功
1892.17	处理烧钻事故	同上	总结前 4 次的经验,确保造斜钻头的最优选择,以及设计一体式塔式钻具	造斜成功后,一直至终孔,近 2 个月时间未发生异常	成功

利用偏心楔绕过事故头的方式进行事故处理,成功与否关键在于偏心楔的下入与造斜过程。

2.2.1 偏心楔下入过程

(1)因深孔下入距离较长,无法有效预测过程中是否顺利,因此下入偏心楔前,要全孔通径。

(2)灌注水泥时加入适量缓凝剂,确保偏心楔插入水泥,以水泥为胶结物稳固。

(3)对偏心楔进行下压,并丈量机上余尺,精准计算安装位置的孔深。

2.2.2 造斜过程

(1)造斜过程应注意轻压慢转,一是防止钻头崩齿、钻杆拗断。二是避免破坏偏心楔的稳固性。

(2)造斜距离不宜过长,以 0.8 ~ 1.5 m 为宜,修孔与造斜作业交替进行。

2.2.3 修孔过程

(1)轻压快转,反复扫孔。

(2)修孔过程不是一蹴而就的,需要多次进行。因此提钻后对钻杆与钻具的检查要认真仔细,避免事故套事故。

2.3 偏心楔在深孔事故中应用的特殊机具

偏心楔应用原理是利用人造偏斜因素(即创造有利钻进空间),诱导原钻进轨迹的改变。因利用偏心楔造斜钻进与普通钻进相比,施工目的不同,因此在施工中不可避免会使用到部分特殊机具:偏斜

钻头、塔式钻具、修孔钻头。

2.3.1 偏斜钻头

偏斜钻头是在使用偏心楔的基础上,利用其特殊形态,在旋转中通过外部条件的作用,引导钻孔新轨迹的形成。

120ZK1 钻孔 5 次偏斜过程中共使用了 3 种类型的偏斜钻头(见图 3),具体结构参数见表 2。



图 3 120ZK1 钻孔事故处理中使用的偏斜钻头

表 2 3 种类型偏斜钻头的结构参数

序号	钻头 外径/ mm	胎体 高度/ mm	偏斜面		底唇情况		
			锥度/ (°)	锥面高 度/mm	外径/ mm	内径/ mm	齿数
①	76.5	14	58.24	6.5	66	46	8
②	76.5	14	52.70	8.0	66	46	4
③	76.5	18	52.90	15.5	56	14.6	全破碎

3 种类型偏斜钻头应用结论:

(1)①、②相较于③在开始偏斜的过程中,对偏心楔的扰动较大,钻头的受损程度相对要高。

(2)③造斜速率过低,形成的“狗腿”度相比①、②要大,但后期偏心楔的稳定性要好。

(3)综合应用效果,考虑前期效率与后期的稳定性,偏斜钻头不适合全面破碎的底唇结构,且偏斜面应以锥度小,锥面高度适当为宜。

2.3.2 塔式钻具与修孔钻头

塔式钻具与修孔钻头的应用主要是避免新钻孔轨迹“狗腿”度偏大,预防后期钻进憋车,解决效率低下等问题。

塔式钻具的设计原理是通过连接外径不同扩孔器,形成“倒塔式”近乎满眼的刚性钻具,利用钻进下放时逐级扩孔与顶端满眼防偏的结构,进行钻孔轨迹的修整,以减小形成的“狗腿”度,保证钻孔轨迹的顺畅性(如图 4 所示)。

从图 4 可以看出,塔式钻具由顶及底扩孔器(T2、T3、T4、T5、T6)磨损量加剧,因此塔式钻具在长时间的修孔作业要及时进行局部扩孔器的更换,以保证修孔的有效性与安全性。

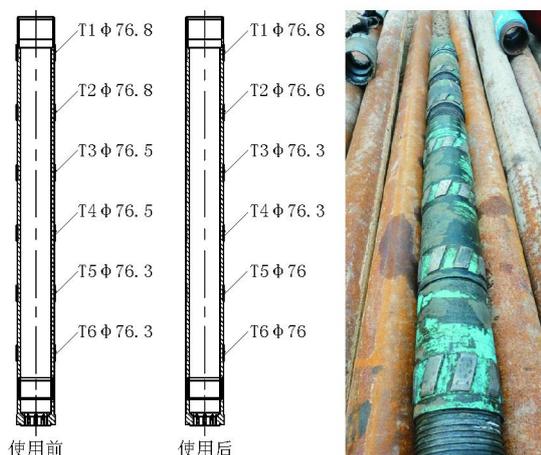


图 4 塔式钻具使用前数据对比与现场照片

修孔钻头近似于全破碎平面钻头,利用其工作层的整体性,不易崩齿的特点,主要用于修磨偏心楔的顶部及可能出现的楔面台阶(如图 5 所示)。



图 5 修孔钻头

3 可取式偏心楔在浅层纠偏中的应用

2012 年在山东省苍峰铁矿进行钻探施工时,矿区内钻孔普遍会在孔深达到 400 ~ 750 m 时,出现顶角快速下垂,方位角增大,严重偏离勘探线的现象。且通过钻进参数的控制也难以抑制。

该矿区设计钻孔孔深 1200 ~ 2000 m,开孔倾角 83°,方位角 200°,要求终孔方位角范围 180° ~ 260°,顶角不可下垂。钻遇岩层为新元古界土门群二青山组、黑山关组、浮来山组、佟家庄组、石旺庄组,古生界寒武系长清群馒头组、朱砂洞组、李官组及新太古界泰山岩群山草峪组。岩性主要为泥岩、泥灰岩、石英砂岩(造斜能力较弱),变质基底岩性以黑云变粒岩为主,夹黑云角闪片岩、角闪变粒岩等。通过施工经验总结分析,其偏斜原因主要有以下几个。

(1)由于受岩层层理发育,软硬互层且换层频繁;泥岩、泥灰岩与石英砂岩互层。此种地层埋深 400 ~ 850 m。

(2)地层倾角 80° , 盖层与基底走向斜交, 变质基底石英含量忽高忽低, 云母片岩软且较厚, 褶皱、裂隙较发育。

3.1 解决问题思路

在前期钻孔实施中, 采取了 2 种纠斜方法, 但最终因种种原因, 予以放弃。

第一种是螺杆钻具纠斜。放弃原因:(1)地层为软硬交替, 且石英含量较高, 纠偏速率过低;(2)要求泥浆泵泵量要大, 冲洗液固相含量要低, 工艺与设备不匹配;(3)技术含量要求较高, 技术人员业务能力达不到。

第二种是 LZ 连续造斜器纠偏。放弃原因:(1)操作复杂, 纠斜精度控制性差, 纠斜效果低;(2)钻具结构复杂、易损, 设备与孔内事故率较高。

后期, 利用现场资源, 使用新技术与老工艺相结合的方法, 即偏心楔 + 陀螺测斜仪的纠斜方法。

3.2 偏心楔 + 陀螺测斜仪纠斜机理

偏心楔 + 陀螺测斜仪纠斜方法是结合了可取式偏心楔制作简单、操作方便的优点与陀螺测斜仪测量精准的特性。通过下入同径的可取式偏心楔, 使用陀螺测斜仪精准定位与调整偏心楔楔面的安放角度。再下入次一级的口径进行钻进, 形成钻孔新轨迹的前导孔。最后提出可取式偏心楔, 进行扩孔与修整, 从而达成纠斜的目的。

3.3 纠斜效果

矿区钻孔施工采用了偏心楔 + 陀螺测斜仪的方法进行纠斜, 取得了明显、良好的效果(见表 3)。

表 3 104ZK1 与 96ZK2 钻孔 3 种纠斜手段使用前后的数据对比

钻孔号	采用纠斜手段	施工阶段 孔深/m	纠斜前/ $^\circ$		纠斜后/ $^\circ$		纠斜时间/h				
			顶角	方位角	顶角	方位角	准备	定向	造斜	修孔	总时间
104ZK1	正常钻进	650	12.5	214.3							
	正常钻进	700	11.2	216.2							
	螺杆钻具	850	10.1	208.8	10.3	210.4	10.5	3	54	22	89.5
	偏心楔 + 陀螺测斜仪	880	9.5	204.4	11.5	207.3					
		900	8.5	196.4	12.3	208.1	14	1.5	12	32	59.5
96ZK2	正常钻进	450	13.5	221.3							
	LZ 连续造斜器	500	10.2	201.7	9.5	207.4					
		550	9.3	194.2	8.5	201.6	6	2.5	6	26	40.5
	偏心楔 + 陀螺测斜仪	620	7.9	185.3	9.5	193.4					
		650	7.4	184.7	9.3	194.7	8	1.5	10	22	41.5

注:(1)螺杆钻具纠斜准备阶段主要包括钻具下入前的地面检查、钻具的下入过程、1 h 冲孔, 修孔阶段为提下钻与常规钻具正常钻进;(2)偏心楔 + 陀螺测斜仪纠斜方法准备阶段为下入同径可取式偏心楔, 造斜阶段是下入次一径钻具形成前导孔的过程, 修孔阶段包括次一径钻具与同径可取式偏心楔的提取以及同径扩孔修整;(3)LZ 连续造斜器准备阶段为钻具下入前的检查及钻具的下入过程, 修孔阶段包括提下钻、短钻具钻进与常规修孔钻进。

分析表 3 可以得出以下几点认识。

(1)使用螺杆钻具纠斜, 当遇到硬岩时造斜速率过慢, 总纠斜时间反而比过程繁琐的偏心楔 + 陀螺测斜仪要长。

(2)因 BW - 160 型泥浆泵的流量不能充分发挥螺杆钻具的性能, 地层岩石较硬侧向切削量较小, 加之使用经验不足, 螺杆钻具在该矿区纠斜效果不明显, 经济效益较差。

(3)LZ 连续造斜器在下放至孔底过程中容易出现转动或压力不够滑块未打开的问题, 因此定向需要反复验证, 定向时间较长, 且因定位仪器精度问题, 存在很大的定位误差。

(4)螺杆钻具与 LZ 连续造斜器使用的纠斜钻头近似于全面破碎钻头, 岩心堵塞较为严重, 从而影响造斜效率。

(5)偏心楔 + 陀螺测斜仪纠斜方法虽程序复杂, 但实施简单通俗, 定位精准易操作。除辅助时间较长外, 成功率及纠斜效果都较前 2 种纠斜方法要高。

3.4 纠斜机具组合(由上及下)

3.4.1 造斜钻具组合

$\varnothing 89$ mm 套管 + 定位靴(套管接箍内部加工定位键) + $\varnothing 89$ mm 偏心楔(3 m, $1.5^\circ/\text{m}$, $\varnothing 89$ mm 套管制作);

主动钻杆 + $\varnothing 71$ mm 钻杆 + 1.5 m $\varnothing 50$ mm 钻杆 + 变径接手 + $\varnothing 76$ mm 偏斜钻头。

3.4.2 定向设备组合

JTC - 1 陀螺测斜仪地面控制仪、绞车 + 数据钢丝绳 + 陀螺测斜仪探管 + 定向引鞋。

3.4.3 扩、修孔钻具组合

主动钻杆 + Ø89 mm 钻杆 + Ø95 mm 普通钻头 (前置导向)。

3.5 钻孔纠斜的操作步骤

(1) 定位键安装于套管接箍内部, 中心线与偏心楔槽面中轴线一致, 尖端朝上。定位引鞋固定于陀螺测斜仪底端 (见图 6)。

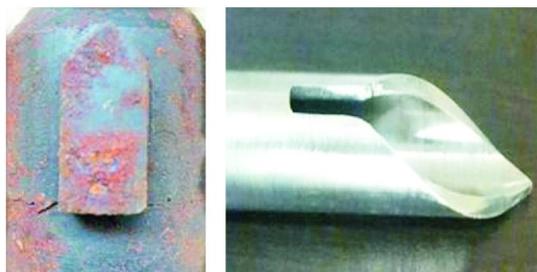


图 6 定位键与定位引鞋

(2) 下入可取式偏心楔。

(3) 根据现钻孔轨迹的顶角、方位角与地质角度要求, 设计偏心楔安装角度。

(4) 下入陀螺测斜仪。当定向引鞋下入到套管接箍内, 卡槽进入定位键, 通过读取此时测斜仪的示数, 确定偏心楔此时朝向。通过转动 Ø89 mm 套管来改变偏心楔的安装角度, 达到设计后进行固定, 并提出测斜仪。

(5) 下入次一径 Ø71 mm 钻具将定位键扫掉, 钻进 2~3 m 后提出 Ø71 mm 钻具与 Ø89 mm 可取式偏心楔。

(6) 下入带有前置导向的 Ø89 mm 钻杆进行扩孔钻进 2~3 m, 提钻。

(7) Ø89 mm 常规钻进 10~20 m, 进行测斜。若钻孔轨迹按照设计改变则继续钻进; 否则重复上述方法再次进行纠斜。

3.6 纠斜原理

钻孔偏离设计轨迹, A 点产生实际的顶角 θ_1 , 方位角 α_1 , 设计通过顶角为 γ 的偏心楔纠斜后, B 点产生新的钻孔顶角 θ_2 , 方位角 α_2 , 其顶角变化为: $\theta_1 - \gamma \leq \theta_2 \leq \theta_1 + \gamma$ (如图 7)。

钻孔轨迹的方位角变化 α_1 改变为 α_2 是通过调整偏心楔凹槽面朝向即其安装角 ω 获得的。根据作图测量计算获知其安装角度 $\omega_1 \leq \omega \leq \omega_2$ 时, 可达到方位角纠正的效果 (如图 8)。

参照公式:

$$\gamma = \cos^{-1} [\cos\theta_1 \cos\theta_2 + \sin\theta_1 \sin\theta_2 \cos(\alpha_1 - \alpha_2)]$$

$$\omega = \text{tg}^{-1} \frac{\sin(\alpha_2 - \alpha_1)}{\cos(\alpha_2 - \alpha_1) \cos\theta_1 - \sin\theta_1 \text{ctg}\theta_2}$$

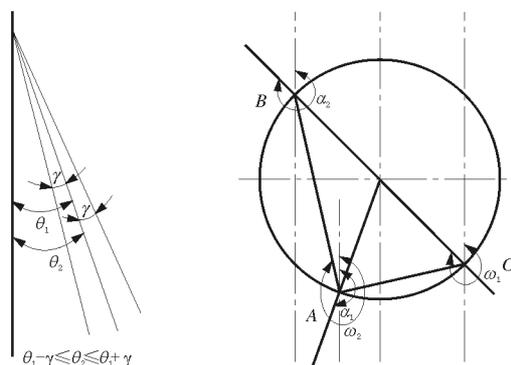


图 7 钻孔轨迹顶角变化规律 图 8 偏心楔安装角 ω 计算示意

3.7 应用注意事项

(1) 确保孔内清洁, 防止测斜陀螺仪在定向时发生卡、埋现象; (2) 钻孔纠斜岩层应选择软岩层 (泥岩或泥灰岩); (3) 偏心楔最好使用同径圆钢制作, 与上部套管连接时要焊接牢固; (4) 下入小径钻杆造斜时应增加底部钻杆柔性, 选用钻头外径应锋利; (5) 纠斜定向完成后, 要固定住套管, 防止转动, 改变偏心楔方向; (6) 精准掌握造斜点, 扩孔与修整时参数控制合理。

4 结语

(1) 偏心楔在处理深孔事故中是十分可取的, 具有操作简单、成本低廉等优点。

(2) 偏心楔的使用工艺需要与先进的技术方法相结合, 取长补短, 才可达到低耗高效的效果。

(3) 无论任何机具的使用, 细节很重要, 需要反复推论, 不断完善各个环节。

参考文献:

- [1] 江天寿, 周铁芳, 等. 受控定向钻探技术 [M]. 北京: 地质出版社, 1994.
- [2] 李世忠. 钻探工艺学 (上) [M]. 北京: 地质出版社, 1992.
- [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.
- [4] 王红阳, 罗璇. 深孔偏心楔补取煤芯程序与技术要点 [J]. 西部钻探工程, 2014, (12): 38-40.
- [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] 王晚中. 利用活动式偏心楔施工人工弯曲定向钻孔技术 [J]. 探矿工程 (岩土钻掘工程), 2002, (3): 44-45.
- [7] 张家军, 潘峰. 煤田深孔补采煤心施工技术 [J]. 探矿工程 (岩土钻掘), 2010, 37(5): 34-35, 52.
- [8] 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.