

# 半周期自修正防弯钻具在易斜地层中的应用

王腾飞, 赵志杰, 赵兴达, 王 蒙

(河北省地矿局第二地质大队, 河北唐山 063000)

**摘要:**对于司家营铁矿岩层结构完整、岩石可钻性高的特点, 施工中深孔岩心钻探勘查, 控制钻孔弯曲度超差属于钻探技术难题, 更是确保钻孔质量的关键, 自2009年施工至今已施工中深孔30个左右, 其中三分之二的钻孔因孔斜超差严重均被降级使用, 使得地质技术人员头痛, 更让钻探技术人员棘手。在钻探施工过程中, 曾因个别钻孔发生孔内事故, 采取螺杆造斜和下偏心楔子造斜绕事故钻具均未成功。地层岩石完整且硬, 钻孔纠斜、造斜无法实现, 解决中深孔钻孔弯曲超差, 严重成为该矿区亟待解决的技术难题, 解决不好就严重影响该矿区“攻深找盲”目标的实现; 2018年该矿区深部续作设计钻孔孔深1500 m, 为避免类似影响钻孔质量现象发生, 在采取常规的钻孔防斜技术措施以外, 采用“S75 mm半周期自修正防弯钻具(XBZX)”试验解决司家营铁矿中深孔弯曲超差严重技术难题; 通过同勘探线2015年施工钻孔比较, 取得了一定效果, 为解决司家营铁矿中深孔钻孔弯曲超差严重技术难题提供了技术保障, 为同类型矿区施工中深孔防止钻孔弯曲超差提供实践经验和施工技术。

**关键词:**半周期自修正防弯钻具; 易斜地层; 钻孔质量; 中深孔; 完整地层; 稳斜; 斜孔

**中图分类号:** P634 **文献标识码:** B **文章编号:** 2096-9686(2021)S1-0101-05

## Application of the semi-cyclic self-correction deviation prevention drilling tool in deflecting strata

WANG Tengfei, ZHAO Zhijie, ZHAO Xingda, WANG Meng

(Second Geological Brigade of Hebei Province Geological Mineral Bureau, Tangshan Hebei 063000, China)

**Abstract:** As the Sijaying iron ore rock has the characteristics of complete structure and of high rock drillability, medium-deep hole core drilling works and control the out-of-tolerance of drilling bending belong to the drilling technical problems and also the key to ensure the drilling quality. Since 2009 about 30 medium-deep holes has been constructed, two-thirds of them have been downgraded because of severe out-of-tolerance of the well deviation which confused the geologist as well as the drillers. In the process of drilling, some borehole accidents occurred, and deflected by screw drilling and eccentric wedge were failed to solve the problems. The formation rock is complete and hard, and the drilling deviation correction and building can not be realized, as a result, the severe out-of-tolerance of borehole bending in medium-deep holes has become an urgent technical problem which seriously affect the realization of the goal of "exploring the deep and blind area". In 2018, the design of drilling depth was 1500m, conventional drilling anti-inclination technique measures were adopted in order to ensure the drilling quality. What's more, S75mm half-cycle self-correcting anti-bending drilling tool (XBZX) was tested, and achieved success to some extent compared to the construction in 2015, which provided technical support to solve the severe technical problem of bending out-of-tolerance drilling in medium-deep hole of Si-jiaying Iron Mine, and also provided practical experience and construction technology to prevent bending out-of-tolerance drilling in medium-deep hole of the same type of mining area.

**Key words:** half-cycle self-correcting anti-bending drilling tool; formation with easy-deviation character; medium-deep hole;

收稿日期: 2021-05-31 DOI: 10.12143/j.ztgc.2021.S1.015

作者简介: 王腾飞, 男, 汉族, 1986年生, 工程师, 建筑与土木工程专业, 硕士, 从事矿山环境治理、地灾防治、岩土工程、水工环地质等工作, 河北省唐山市路北区北新西道157号, 15932258786@163.com。

引用格式: 王腾飞, 赵志杰, 赵兴达, 等. 半周期自修正防弯钻具在易斜地层中的应用[J]. 钻探工程, 2021, 48(S1): 101-105.

WANG Tengfei, ZHAO Zhijie, ZHAO Xingda, et al. Application of the semi-cyclic self-correction deviation prevention drilling tool in deflecting strata[J]. Drilling Engineering, 2021, 48(S1): 101-105.

complete strata; control well deviation; deviated hole

## 0 引言

河北省滦县司家营铁矿自20世纪70年代进入勘探阶段,开展了大量的岩心钻探工程,当时已探明铁矿储量已达大型规模,钻孔深度大多在600 m以浅;2008年开始进入“攻深找盲”阶段,设计钻孔深度大多在1000 m以深,属于中深孔。已施工最深孔达1860 m,随着钻孔深度逐渐加深,对钻孔弯曲度要求越来越高。即便按照原部颁标准:直孔每百米顶角允许弯曲 $2^\circ$ 计算<sup>[1-3]</sup>,1000 m深的钻孔顶角允许弯曲 $20^\circ$ 为合格,如果方位偏离勘探线,终孔点就远远偏离勘探线,甚至能够穿透另一条勘探线,很难满足地质技术要求。因此,钻孔防斜(稳斜)施工技术显得尤为重要。由于矿区地层岩石较完整,采用绳索取心钻探工艺,钻杆与孔壁环状间隙小,在往年施工中曾有钻孔发生孔内事故,事故钻具在孔深1000 m处,曾经采取螺杆钻具造斜绕过孔底事故钻具然后继续施工,经过连续72 h钻进进尺不到1 m,由于岩石较硬螺杆钻具进尺缓慢造斜没有成功;随后采用下偏心楔子再灌注水泥造斜绕过孔内事故钻具,也未成功。分析原因为:矿区岩石完整且硬度较大,另外绳索取心钻进孔壁环状间隙小,因此,同径纠斜、造斜施工难度大。因此,根据该矿区岩石结构较完整的实际情况,通过后期造斜、纠斜施工难度大,只能采用一次性“稳斜”钻具,实现钻孔弯曲不超差,才能够顺利完成钻探施工任务。

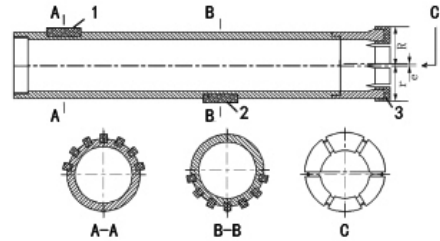
为解决该矿区中深孔钻孔弯曲超差严重技术难题,在矿区同一勘探线ZKN26-11钻孔试用“S75 mm半周期自修正防弯钻具(XBZX)”解决钻孔弯曲严重超差问题,确保钻孔弯曲不超差。通过施工实践及与已施工的相邻钻孔ZKN26-10使用普通绳索取心钻具钻进相比较,“S75 mm半周期自修正防弯钻具(XBZX)”在钻进施工过程中具有“稳斜”的特点,尤其在防止钻孔弯曲方面具有很好的效果,能够确保钻具在固定的倾角范围内钻进。该钻具结构简单,原理巧妙,钻孔防弯效果突出等特点<sup>[4]</sup>。

## 1 S75 mm 半周期自修正(XBZX)防弯钻具结构

### 原理

#### 1.1 结构组成

XBZX钻具结构如图1所示,钻具由外管、下扩孔器、钻头组成。



1—上偏心体;2—下偏心体;3—s75扩孔器及钻头

图1 XBZX钻具结构

外管上焊有矩阵状合金上偏心体1,外管中间焊有矩阵状合金下偏心体2,偏心体1和偏心体2的偏心高点互成 $180^\circ$ ,其焊接采用特殊的焊接工艺,钻头和扩孔器均为特殊的偏心设计。外管、钻头、扩孔器之间和普通钻具一样,采用丝扣连接,连接丝扣也是采用特殊的加工工艺,以确保钻具连接完成后,钻头、扩孔器的偏心高点与偏心体1偏心高点均在同一条直线上。

#### 1.2 防弯原理

正常情况下,钻孔没有弯曲呈直线钻进时,钻具只受到压力及扭矩作用,钻具以自身轴线为中心旋转,钻头正常向下钻进。当钻进过程中遇到造斜地层,使钻孔有弯曲趋势时,钻具在旋转一周内,其受力是不同的,分为上半周和下半周。在钻具旋转到上半周时如图2所示。

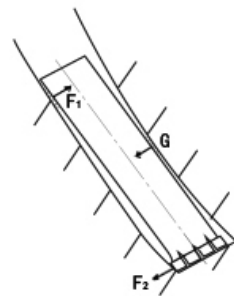


图2 稍有弯曲时上半周状况

钻具下偏心体2的偏心高点G,顶在弯曲钻孔的孔壁上,钻具合金上偏心体1的偏心高点与反侧的孔壁接触,并受到来自该反侧孔壁的作用力 $F_1$ ,此时钻具相当于一个杠杆, $F_1$ 是杠杆的动力,支点是G,偏心钻头、偏心扩孔器会对孔壁产生与 $F_1$ 相反的作用力 $F_2$ 作用在钻孔弯曲的反面孔壁上,力 $F_2$ 作用在钻孔弯曲方向的反向岩石上,在磨削材料的作用下破碎钻孔一个侧面岩石,从而自动修复了钻孔的弯曲,并且不影响钻孔的钻进。在钻具旋转到下半周时,如图3所示。

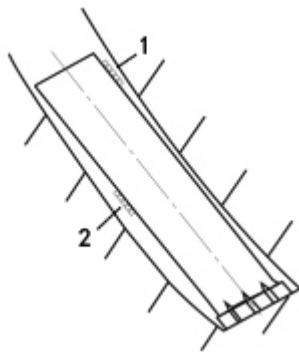


图3 稍有弯曲时下半周状况

钻具下合金反向偏心体2的偏心高点转到钻孔弯曲的空位,失去支点作用,而钻具上合金偏心体1的偏心高点也转到钻孔弯曲的空位,孔壁对上偏心体1的作用力 $F_1$ 消失,偏心钻头的偏心最高点刚好转到钻孔弯曲的方向,也正处于空位,其对岩石的作用力 $F_2$ 消失,因此,下半周没有对钻孔弯曲产生作用,只有偏心钻头的底唇面向下破碎岩石。

基于钻具的特殊构造,会在钻孔有弯曲趋势时,钻具旋转的每一个周期内,都有半周期产生自修正的杠杆作用力 $F_2$ ,该作用力的方向与造成钻孔弯曲趋势的偏斜力方向相反,使其不断地修正钻孔弯曲、平衡岩层等原因施加给钻头的偏斜力,保持钻孔轨迹呈直线状态,防弯效果突出。

## 2 设计钻孔参数及钻探机械设备配备

针对钻孔ZKN26-11设计深度深且为斜孔,以往施工的相邻钻孔ZKN-10钻孔弯曲超差严重濒临报废边缘,为防止ZKN26-11发生类似钻孔弯曲超差严重影响钻孔验收的现象发生,采用“S75 mm半周期自修正防弯钻具”进行钻进施工。当钻孔下入

Ø89 mm套管进入完整基岩后采用“S75 mm半周期自修正防弯钻具”进行钻进施工,钻进深度1200 m,确保了钻孔弯曲度不超差,顺利通过地质技术人员验收,钻孔质量级别达优秀孔,达到了预期效果;钻月效率680 m,取得了较好的经济效益。

(1)钻孔设计参数:设计孔深1500 m;钻孔顶角 $5^\circ$ ,方位角 $90^\circ$ 。施工终孔孔深1500.12 m。

(2)钻探机械设备配备。钻机:XY-6B型;泥浆泵:BW250型;钻塔:SGZX-17型;配套钻杆:Ø71 mm敦粗型<sup>[5-7]</sup>。

选用S75mm孕镶绳索取心金刚石钻头,钻头参数为:胎体硬度HRC25~30、30~35,金刚石粒度60~100目,金刚石浓度100%,底唇面形状为圆弧形<sup>[6-8]</sup>。

选用冲洗液类型:第四系地层采用腐殖酸钾泥浆,配方为:1 m<sup>3</sup>水加优质钠土50 kg、腐殖酸钾25 kg、磺化沥青粉6~7 kg、火碱0.5~1 kg、纯碱2 kg、羧甲基纤维素25 kg、聚丙烯酰胺6~7 kg;配制方法:羧甲基纤维素和聚丙烯酰胺分别用水浸泡成水溶液并搅拌均匀后,再按照羧甲基纤维素水溶液和聚丙烯酰胺水溶液体积比1:5的比例加入提前搅拌好的泥浆中。泥浆性能指标为:粘度19 s、pH值9~10、密度1.03~1.05 g/m<sup>3</sup>、失水量<7.5 mL/30 min。通过调整钠土加量调整泥浆密度,地层内粘土侵入破坏泥浆性能参数时采用直接换浆的方法确保泥浆质量,提高泥浆护壁性能,确保顺利通过第四系地层下好护壁套管<sup>[8]</sup>。

进入新鲜基岩并下好技术套管后采用高分子量聚丙烯酰胺+切削膏的无固相冲洗液,性能参数:粘度19~23 s、密度1.01~1.03 g/cm<sup>3</sup>、失水量<8.5 mL/30 min<sup>[9-11]</sup>。视冲洗液岩粉含量大小调整聚丙烯酰胺水溶液的加量,确保冲洗液能够及时沉淀岩粉<sup>[9-11]</sup>。

## 3 预防钻孔弯曲的措施

为防止该钻孔孔斜超差严重不符合地质技术要求而报废的现象发生,除采用“S75 mm半周期自修正防弯钻具”外,还采取了以下措施:

(1)施工过程中经常检查钻机立轴(导管)旷动量,禁止使用旷动量大的钻机。

(2)钻塔底梁下面平铺宽20 cm、厚5 cm的木板,增大底梁接触面积,钻机安装周正、水平、稳固、

牢靠且底座牢固;开孔选用锋利的硬质合金钻头且卡紧立轴下卡盘,防止主动钻杆偏摆,轴心压力均匀。随钻孔加深逐渐加长粗径钻具长度。

(3)增加技术套管的深度,如采用S91 mm 绳索取心钻具钻进。由于钻杆柱刚性好,不易发生偏斜钻进,有利于钻孔“稳斜”,有效地预防钻孔弯曲超差。因此,在施工中增加S91 mm 绳索取心钻进深度,采取进入完整基岩至少50 m的施工保障措施,确保技术套管段弯曲不超差<sup>[12-15]</sup>。

#### 4 矿区地层情况

钻孔地层由上自下为:0~180 m 第四系覆盖层:粘土、亚粘土及泥包砾地层甚至卵砾石地层;基岩为强(弱)风化带片麻状混合岩,岩层破碎、厚层层理,岩心呈短柱状手捻易碎,孔壁不稳需要使用低固相泥浆进行护壁。进入完整新鲜基岩后下入 $\varnothing 89$  mm 技术套管护壁;较为完整基岩为混合质黑云变粒岩夹磁铁石英岩(矿层),矿层之下为黑云变粒岩,岩石可钻性达8~10级。矿层为磁铁石英岩,岩石坚硬、结构致密、研磨性弱,钻进进尺缓慢,每次取心后需要向孔内抛掷钻头研磨材料,以便提高钻头进尺速度。

#### 5 钻进技术参数及钻进效率

该钻具在使用过程中,只是对外管略加改动,钻头和扩孔器还是使用原来的。因此,钻进技术参数与普通S75绳索取心钻进技术参数相似。钻压为9.0~12 kN、转速500~800 r/min、冲洗液量40~80 L/min<sup>[12-15]</sup>。由于钻具外管设置上、下偏心体,钻压宜取上限以提高钻进效率,钻速2~3 m/h。

#### 6 应用效果

2018年在司家营矿区施工ZKN26-11钻孔,终孔深1500.12 m,应用S75 mm 半周期自修正防弯钻具完成进尺1200 m,钻孔弯曲度符合地质技术要求,终孔采用陀螺仪测斜结果与2015年施工的另一勘探线ZKN26-10孔测斜结果对比如表1所示。

#### 7 结语

(1)半周期自修正防弯钻具在易斜地层能够防止钻孔跑斜、偏斜,对于直孔能够稳斜,防止钻孔弯曲度超差现象发生,确保了钻孔弯曲度。

表1 同勘探线相近两孔钻孔弯曲度对比

孔深/m	ZKN26-11		ZKN26-10	
	顶角/(°)	方位角/(°)	顶角/(°)	方位角/(°)
100	3.0	93.0	3.4	34.2
200	2.0	92.7	4.0	27.3
300	2.0	90.0	5.1	21.4
400	3.0	86.7	10.3	47.6
500	4.4	80.0	13.2	51.3
600	4.5	75.0	14.6	59.0
700	5.0	75.0	17.3	73.3
800	6.5	83.7	20.7	67.7
900	12.5	94.6	24.7	78.4
1000	15.0	94.4	30.1	86.1
1100	16.0	93.9	32.8	74.1
1200				
(1145)	18.0	95.0	35.0	74.5
1300	21.0	98.3		
1400	22.0	91.1		
1495	25.0	84.1		
备注	设计孔深1500 m、顶角3°、方位角90°、终孔深1500.2 m;下好技术套管采用S75 mm半周期自修正防弯钻具。		设计孔深1150 m、顶角0°、方位角90°、终孔深1150 m;下好技术套管采用普通S75 mm绳索取心钻具。	

注:括号内深度为ZKN26-10孔终孔测斜深度。

(2)该钻具结构简单、使用方便,与普通S75、S95绳索取心钻具可互换使用;同时,有利于大口径钻进稳斜,有利于开孔后的钻孔防斜。

(3)对于断层破碎地层使用该钻具有可能发生卡钻事故,需要进一步改进上、下偏心体结构,避免卡钻事故发生。

(4)S75 mm 半周期自修正防弯钻具适合该矿区岩石结构完整地层“稳斜”、防斜钻进,能够确保钻孔弯曲不超差。尤其是斜孔能够起到“稳斜”效果,控制钻孔弯曲超差严重现象发生。

(5)由于钻具上、下偏心体为硬质合金材料,对于软地层及破碎带地层磨损严重影响钻进效率,需要对上、下偏心体材料进行改进,以便增大半周期自修正防弯钻具适用范围。

#### 参考文献:

- [1] DZ/T 0227—2010,地质岩心钻探规程[S].
- [2] 殷其雷,博坤,李忠.贯通式潜孔锤循环钻进技术在复杂地层

- 中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(5):9-12.
- [3] 王宝东,张福全.岩心钻探工艺技术手册[M].北京:地质出版社,2014.
- [4] 夏本玉,孙旭,杜亮,等.半周期自修正防弯钻具(XBZX)的研究与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(4):39-43.
- [5] 王佳亮,张绍和,周怀发,等.切削齿型结构对金刚石钻头钻进性能影响的仿真分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(3):69-75.
- [6] 周祥林,张进双,王磊.麦盖提区块钻井关键技术研究及应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(3):1-5.
- [7] 赵国君.地质岩心深部钻探技术方法的研究与应用[J].地质装备,2013,14(6):26-31.
- [8] 黄彦彬,余立明,靳双喜.河南省空气潜孔锤钻进技术的应用与发展[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(1):37-39,48.
- [9] 殷坤,王茂森,彭视明,等.冲击回转钻进[M].北京:地质出版社,2010.
- [10] 张祖培,殷琨,蒋荣庆,等.岩土钻掘工程技术[M].北京:地质出版社,2003.
- [11] 祁新堂,谢永德,刘梁,等.河南省洛宁上宫金矿复杂地层钻探施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(3):38-43.
- [12] 王骥,刘宝昌.表镶大颗粒人造金刚石钻头受力及水力学数值模拟研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(8):64-68.
- [13] 庞少青,李国东,姜彬霖.钻探施工中钻杆折断事故原因分析及预防建议[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(6):31-34,42.
- [14] 姜光忍,李忠,王献斌.绳索取心钻探施工中钻杆折断原因分析及应对措施[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(3):15-17.
- [15] 商振华,张辉,董泽训.“炮弹”式打捞器在处理断钻事故中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(7):23-26.