

# 电缆湿接头在小口径定向孔中的应用

尹德战, 余大有, 胡曦

(安徽省煤田地质局第一勘探队, 安徽淮南 232052)

**摘要:**小口径地质勘探不断向深部发展,受地层条件、孔内事故和孔斜要求等因素影响,很多钻孔需要定向钻进施工。而小口径钻孔一般采用 $\varnothing 50, 60$  mm 钻具无法满足随钻仪器的下入要求。通过技术攻关及数次现场试验和改进,研制成功了一套小直径电缆湿接头,较好地解决了小通孔钻杆随钻受控定向钻进的关键技术及难点。具体方案为:把测量探管和传输电缆分开,定向测量探管事先与钻具连接,随钻具下放到预定深度,电缆连接信号上接头由钻杆内腔下入,与探管顶部的信号下接头在钻井液中实现电气连接和信号传输,完成定向作业。该方法在国投新集杨村煤矿 DF33 断层地面探测及注浆工程和莲塘李井田煤炭勘探中进行了试验并成功应用。具有一定的推广应用价值。

**关键词:**小口径定向钻进;湿接头;井下信号对接

**中图分类号:**P634 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2015)08-0060-03

**Application of Waterproof Cable Joint in Small Diameter Directional Hole/YIN De-zhan, YU Da-you, HU Xi** (The First Surveying Team of Anhui Charcoal Field and Geology Bureau, Huainan Anhui 232052, China)

**Abstract:** Along with the development of small diameter geological exploration and under the influence of formation conditions, hole accidents and hole inclination requirements, more directional drilling construction is needed. In small diameter borehole, the MWD instrument can not be put down through drill pipe of 50 or 60mm in diameter. By technical research, field tests and the improvement, a set of small diameter waterproof cable joint was developed, which solved the key technical difficulty of controlled directional drilling. The concrete steps are as following: separate the measuring probe tube and the transmission cable; connecting directional measuring probe tube and the drill pipe in advance, then put it to the predetermined depth together; through the drill pipe, the top and lower joints being connected in drilling fluid to realize electrical connection and signal transmission to complete the directional operation. This method was tested in ground detection and grouting project in a coal mine of DF33 fault and coal exploration with successful application.

**Key words:** small diameter directional drilling; waterproof joint; underground signal docking

## 0 引言

地面小口径地质勘探钻孔施工,一般采用 $\varnothing 50, 60$  mm 钻杆,2种钻杆接头最小内径一般在 $\varnothing 30$  mm左右,无法满足随钻仪器的下入要求;由于地面条件限制、地层倾角太大、钻孔事故头绕障或钻孔孔斜超标等种种原因,很多钻孔施工时需要定向钻进。小口径单点定向仪虽能满足下放要求但定向精度和可靠性较差,无法实时监测。目前国内外常用的随钻定向仪包括有线和无线2种。无线随钻定向仪价格昂贵,使用条件要求苛刻;有线随钻定向仪价格低廉,使用方便,故在国内广泛应用。但因其外径最小为 $\varnothing 35$  mm,故无法在使用 $\varnothing 50, 60$  mm 钻杆的小口径地质勘探钻孔中应用。若钻孔中途需要定向时需更换大部分机具并重新组装,劳民伤财。我队通过技术攻关及数次现场试验和改进,研制成功了一套

小直径电缆湿接头。

## 1 小口径钻孔有线随钻定向技术研究

有线随钻定向仪器包括定向测量探管、传输电缆、地面绞车及数字显示仪等组成。探管由电缆通过绞车,从钻杆内送至无磁钻铤并通过定向键固定,实现受控定向钻进。我们经过调研和分析,并进行了多轮改进,完成了一套电缆与仪器之间的湿接头的研究与试制,从而形成了一套可在小通孔钻杆内使用的有线随钻定向仪。其具体方案为:把测量探管和传输电缆分开,定向测量探管事先与钻具连接,随钻具下放到预定深度,电缆连接加重杆和地面信号上接头由钻杆内腔下入,与探管顶部的井下信号下接头在钻井液中实现电气连接(如图1所示)和信号传输,完成定向作业。

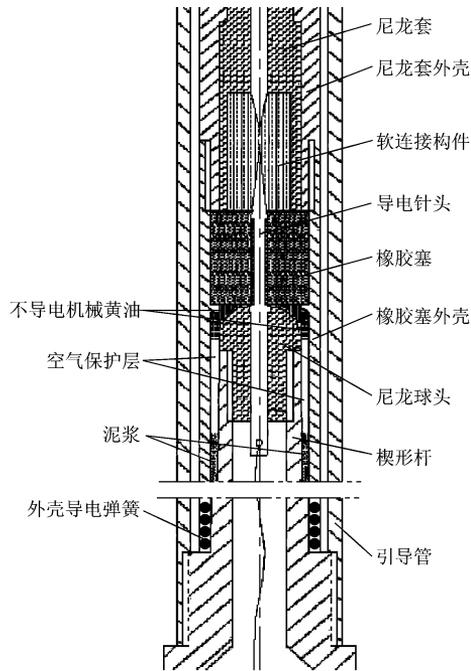


图 1 连接部分示意图

### 1.1 关键技术及技术难点

为了实现将孔底测斜仪的测试数据及时上传到地表,用以指导地面的定向施工作业、检测定向钻进的实施效果,必须解决以下关键技术:

(1)与地表连接的信号传输装置如何在千米深孔内冲洗液中实现电信安全顺利对接;

(2)对接后两个信号源在 10 MPa 液柱压力下、螺杆钻进振动和泥浆流动等复杂条件下,如何保证线路连通、绝缘可靠并且信号正常。

### 1.2 仪器装置研究设计

#### 1.2.1 井下信号下接头

井下信号下接头设计(如图 2 所示)包括:导电针头、针头上绝缘套、绝缘尼龙球头、楔形杆体、外壳导电弹簧等。

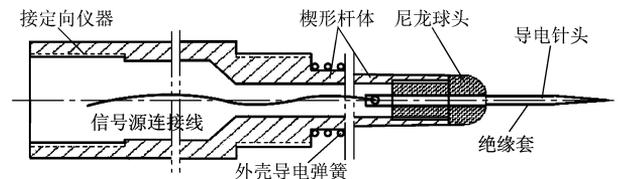


图 2 井下信号下接头

(1)导电针头。由于螺杆钻进时钻具有较强的振动,故要求导电针头不仅要要是导体,而且要有较高的强度和硬度。经试验,采用不锈钢制作针头部分,针头的下部覆盖上一层绝缘体。针头穿过橡胶时,

针尖部分与软连接导体接触,包裹绝缘体部分与橡胶紧密接触,保证了密封与绝缘。

(2)尼龙球头。导电针头从绝缘尼龙体里穿过。绝缘尼龙球头体不仅固定针头,而且使针头与楔形杆体绝缘。针穿过橡胶时,地面信号上接头利用其配重下压,使得尼龙球头部分与橡胶紧密接触,实现了二次密封与绝缘。为顺利对接且紧密接触,绝缘尼龙体设计成球形,和楔形杆体丝扣连接。

(3)楔形杆体。楔形杆体的主要作用是对地面信号上接头起固定和导向作用。在上接头配重杆的重力作用下,使得两部分紧密固定,保护了针头,楔形杆体下端直接用丝扣与定向仪器连接。

(4)外壳导电弹簧设。地面信号上接头与井下信号下接头对接后,其外壳必须有效连接,否则定向仪器不能工作,故采用压缩弹簧连接。外壳导电弹簧安装在楔形杆体底部。

#### 1.2.2 地面信号上接头

地面信号上接头(如图 3 所示)包括:橡胶绝缘密封塞、尼龙绝缘套、软连接构件、橡胶塞外壳、上连接针头、不导电机械润滑黄油。

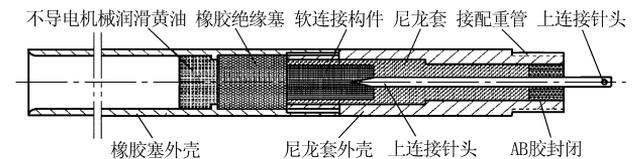


图 3 地面信号上接头

(1)橡胶绝缘密封塞。橡胶绝缘密封塞是重要关键部件。橡胶具有良好的弹性,针尖突破橡胶的阻力并穿过橡胶时,针与橡胶紧密接触,空气或水(泥浆)无法从其接触面通过。在配重杆的压力下,针尖能穿透并密封。

(2)尼龙绝缘套。尼龙绝缘套的作用是安装固定软连接构件,同时使得软连接构件与外壳绝缘。

(3)软连接构件。软连接构件包括一簇细铜丝、石墨粉。采用的铜丝,单根铜丝的直径为 0.2 mm,一簇细铜丝靠近橡胶绝缘密封塞一端涂抹约 3 mm 厚的石墨粉以及细铜丝间隙充填石墨粉。石墨粉是很好的非金属导电物质,还具有润滑性、耐高温、导热等性能。

(4)外壳。地面信号上接头(包括配重杆)必须从钻具内孔通过,充分考虑  $\varnothing 50$ 、60 mm 钻杆及接头内径,其外壳外径设计为  $\varnothing 22$  mm。

(5)上针头。上针头没有什么特别的要求,其作用是连接铜丝与地面信号传输电缆,保证信号的联通。

(6)不导电机械润滑黄油的选择。在橡胶绝缘密封塞下部装入约20 mm厚的不导电机械润滑黄油,导电针头穿透橡胶塞时,黄油隔离开了针尖和外壳,实现三次密封与绝缘。选择大于60℃的耐高温润滑剂黄油,稠度等级为1的粘稠状胶体黄油,不流淌。

### 1.2.3 引导管及配重杆

(1)引导管设计。为保证顺利对接,在井下信号下接头上安装引导管。引导管上端扩成“喇叭”口,下端车扣与楔形杆体连接,使地面信号上接头顺利的进入。为防止堵水以及泥浆中的砂子淤埋井下信号接头上的针头,引导管外壁开槽和钻眼。同时也为地面信号上接头进入时畅通排浆。上端“喇叭”口最大外径等于或略小于无磁钻铤内径。

(2)配重杆设计。配重杆连接于地面信号上接头之上,其上连接电缆,外径和地面信号上接头外径相同,其质量为针尖穿过橡胶所需压力的基础上增加3~5 kg重。一是保证了针尖与铜丝的接触,二是保证了尼龙球头与橡胶绝缘密封塞紧密接触。

### 1.2.4 组装说明

(1)不锈钢针尖与尼龙球头之间间隙用101(或502等)胶固定;尼龙球头中心孔两端打适当的内坡口,抹上AB胶,加强针头固定效果。

(2)橡胶绝缘密封塞外壳与尼龙套外壳之间丝扣连接时必须涂抹密封胶,以防进水。

(3)橡胶绝缘密封塞利用丝扣的压力压紧,但压力 $\geq 90$  N。可通过适当的调整丝扣的长度来实现。

(4)从橡胶绝缘密封塞底部加入的厚度20 mm的不导电机械润滑黄油,当尼龙球头与橡胶绝缘密封塞充分接触后,不导电机械润滑黄油呈环形,充填在空隙,起到绝缘封闭作用。

(5)实际上在不导电机械润滑黄油下部还存在一定厚度的压缩空气,更进一步起到绝缘封闭作用。

## 2 现场试验与应用实例

### 2.1 现场试验

2014年6月20日,在国投新集杨村煤矿DF33断层地面探测及注浆工程XT-1孔进行试验,将

$\varnothing 95$  mm螺杆、 $\varnothing 105$  mm无磁钻铤连接好井下信号下接头的定向测量探管组装连接后,随同 $\varnothing 60$  mm钻杆一同下入孔深520 m处,然后将地面信号上接头组装好,用电缆从 $\varnothing 60$  mm钻杆内下入,到位后顺利实现了对接,并且定向仪器信号反应正常。拉起放下6次,仪器信号依然正常。开泵使螺杆钻具工作,此时能明显感觉钻具的跳动,泥浆泵持续工作40 min,仪器显示无任何异常。

### 2.2 现场应用实例

(1)国投新集杨村煤矿DF33断层地面探测及注浆工程XT-1孔原设计地面位置因有建筑物,无法安装施工设备,故将孔位移动22 m,为此需要实施定向钻进对目的层进行勘查。钻孔造斜段为570~770 m,采用7LZ95DW7.0,1.25°螺杆钻具,造斜方位267°,因采用的 $\varnothing 60$  mm钻杆,其最小内径30~34 mm,YST-25型有线随钻仪从钻杆内无法下入。2014年8月15日—9月8日,采用小直径电缆湿接头对接的方法顺利地完成了该孔的定向钻进作业任务,期间对电缆湿接头进行4次的投放对接,每次均获得成功,且施工中未出现信号中断和数据失常等现象。

XT-1孔定向钻进采用的钻具组合为: $\varnothing 118$  mm全面钻头+7LZ95 $\times$ 7.0螺杆+ $\varnothing 105$  mm无磁钻铤+ $\varnothing 60$  mm钻杆+随钻通缆水龙头。

(2)国投新集莲塘李井田煤炭勘探24-12孔揭露为推覆系统内地层,煤层及构造不十分明确。增补附属定向斜孔24-12X,设计孔深740 m,直孔段300 m,开始造斜至550 m,方位角182°、顶角35°,造斜段后全取心钻进至终孔。造斜段采用小直径电缆湿接头对接的方法施工。钻具组合: $\varnothing 95$  mm全面钻头+5LZ73DW7.0螺杆+ $\varnothing 85$  mm无磁钻铤(1~2根)+ $\varnothing 50$  mm钻杆+主动钻杆+随钻通缆水龙头。配320 L/min泥浆泵。

2014年10月24日—11月12日完成了定向造斜工作,2015年1月20日钻孔全部完工。经高精度JJX-3型测斜仪终孔测井校验,数据基本吻合(见表1)。

## 3 结语

(1)小直径电缆湿接头是湿接头测量技术在小口径地质勘探孔中的创新应用,解决了随钻定向仪器  
(下转第67页)

刹车带比耐热温度更高,更安全。

## 6 试验应用情况

我公司配备液压盘钳式卷扬机的全液压岩心钻机于2011年9月试制完成,于2012年3月9日在陕西榆林横山县赵石畔井田(煤田勘查)进行生产试验,勘查区位于鄂尔多斯盆地之次级构造单元陕北斜坡中南部,4月5号完成,终孔深度532.3 m。

2012年5月至今配有该液压盘钳式卷扬机的钻机在青海格尔木市夏日哈木矿区进行铜多金属矿勘查,该矿区地处柴达木盆地西南缘。该地地层较煤系地层相对坚硬,钻机至今一直正常使用,取得了良好的效益。虽然与传统带式刹车相比制造成本比较高,但是从施工安全性与节省人工上更具有优势,未来可以完全取代传统带式刹车,经济效益会更好。

## 7 结语

传统立轴式钻机卷扬机具备自由落钩的性能,但是深孔下放钻具可控性较差,抱闸式刹车带容易磨损,更换麻烦,且卷筒易发热,安全性降低,易造成事故。

现有其他厂家的全液压岩心钻机用卷扬机依靠液压马达驱动卷筒正反转来实现下放钻具,其优点

是速度可控,安全性高,但是下钻效率低。

我公司研发的液压盘钳式卷扬机,同时具有以上2种卷扬机的优点,比传统立轴式钻机用卷扬制动力矩更大,制动反应时间更短,可以实现自由落钩,并且在制动发热过高时,可以采用液压马达驱动卷筒转动,实现下放速度可控,避免制动盘温度过高产生的不安全隐患。

## 参考文献:

- [1] 戴圣海,彭儒金,邱华,等. XY-44AT型塔机一体钻机的研制与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2015(4):37-39.
- [2] 彭儒金,戴圣海,邱华,等. XY-6B型岩心钻机的研制与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(9):59-61.
- [3] 刘文超. 岩心钻机卷扬机的优化设计[J]. 地质装备,2013,(8).
- [4] 武汉地质学院,等. 岩心钻探设备及设计原理[M]. 北京:地质出版社,1980.
- [5] 成大先. 机械设计手册(第五版)[M]. 北京:化学工业出版社,2009.
- [6] 王助成,等. 有限单元法基本原理和数值方法[M]. 北京:清华大学出版社,1997.
- [7] 谢祚水. 结构优化设计概论[M]. 北京:国防工业出版社,1997.
- [8] 超祥,叶修梓. Solid Works Simulation 基础教程[M]. 北京:机械工业出版社,1980.

(上接第62页)

表1 24-12X孔实际定向与终孔测井数据对比

序号	孔深/ m	定向数据		测井数据		备注
		顶角/(°)	方位/(°)	顶角/(°)	方位/(°)	
1	300	1.76	295	1.75	297	开始造斜
2	320	3.56	202	3.6	203.6	
3	350	6.8	180	6.8	182	
4	400	13.35	182	13.5	182	
5	450	20.52	182	20.6	180	
6	500	27.8	182	28	182	
7	550	35	182	34.8	182.4	

无法从小通孔钻杆内腔下入及在钻井液实现电信号可靠连接的技术难题,与传统小口径单点定向比具有:定向精度高、可靠性好,可实时监控等优点。无需更换大直径钻具就可实现随钻受控定向钻进,降低了施工成本,减轻了劳动强度。

(2)操作方便,易于推广应用。

(3)可安全实现连续定向,实时监控,更方便单

点定向测量操作。

## 参考文献:

- [1] 赵金洲,张桂林. 钻井工程技术手册[M]. 北京:中国石化出版社,2005.
- [2] 江天寿,周铁芳. 受控定向钻探技术[M]. 北京:地质出版社,1994.
- [3] 张锡濂. 小口径定向钻井钻进[J]. 国外地质勘探技术,1981,(1):53.
- [4] 王斗秋. 小口径可控定向钻进工艺技术设计与初步实践[J]. 探矿工程,1982,(6):16-17.
- [5] 黄才启,刘良根. 小口径可控定向钻进工艺技术设计与初步实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(S1).
- [6] 藏德福. 湿接头和无电缆存储式测井在页岩井中的应用[J]. 测井技术,2014,38(2).
- [7] 王达,何远信,等. 地质钻探手册[M]. 湖南长沙:中南大学出版社,2014.
- [8] 魏树林,谢同礼. 定向斜孔钻探施工技术[J]. 中小企业管理与科技(下旬刊),2010,(5).