

地面跟踪导航系统在 KCM-130 II 型 可控冲击矛中应用的初步研究

王如生^{1,2}, 彭视明^{1,2}, 殷 琨^{1,2}, 陈宝义^{1,2}, 王文龙³, 殷其雷^{1,2}

(1. 吉林大学建设工程学院, 吉林 长春 130061;

2. 吉林大学 地球信息探测仪器教育部重点实验室, 吉林 长春 130061;

3. 中原油田, 河南 濮阳 457001)

摘 要: 将 Subsite750 定向钻进导航系统应用到 KCM-130 II 型可控冲击矛中, 实现了对冲击矛地下位置和矛头偏转状态的实时监控。由于 KCM-130 II 型可控冲击矛矛头控向机构的特殊性, 导航仪钟面显示与矛头的偏转角和转动角之间并不是简单的一一对应关系。为此, 结合工程实际中矛头偏转方向的调整过程, 对如何由导航仪钟面显示来确定矛头的偏转角和转动角进行了研究, 并给出了它们之间的关系和具体操作办法。

关键词: 导航系统; 可控冲击矛; 偏转角; 转动角; 水平定向钻进

中图分类号: P634.4

文献标识码: A

文章编号: 1672-7428 (2009) S1-0338-04

1 矛体内部探头室的初步设计及探头的选择与安装

定向钻进中, 数据探头通常安装在钻头后端的探头室内。探头室主要有两个作用, 一是固定探头 (主要是周向定位), 防止探头与钻具之间发生相对转动, 这样才能测得准确的工具面向角信息; 二是保护数据探头, 使其免遭高温、水、振动以及腐蚀性物质的侵害和损坏。

对于 KCM-130 II 型可控冲击矛来说, 同样要求设计合理的探头室结构, 用以定位和保护数据探头, 保证电磁信号能够顺利发射到地面。

结合 KCM-130 II 型可控冲击矛的结构特点, 作者选择把数据探头安装在芯管上, 选择依据是:

(1) 冲击矛穿孔方向的调整是通过旋转芯管来实现的, 芯管的转动角度和矛头的偏转方向有直接的关系, 可以通过芯管的转动角度来确定矛头的偏转方向。

(2) 芯管在冲击矛内不是刚性连接在矛体上的, 它可以在冲击矛内滑动。活塞的冲击没有直接作用在芯管上, 因此, 它的振动强度会小一些, 对探头进行减振会容易一些。

目前导航系统中配套的探头直径一般为 20 ~ 40mm, 长度一般在 400mm 以下。用于可测式冲击

矛中的探头尺寸可能更小些, 但它不能检测转动角因而无法用于可控冲击矛矛头偏转方向的检测。原有一套 RD385 导航系统, 配套的探头尺寸为 $\Phi 32\text{mm} \times 380\text{mm}$ (直径 $\times$ 长度), 将该探头安装于 KCM-130 II 型可控冲击矛的芯管上, 但安装后的冲击矛长度达到 3.1m 多, 严重增加了冲击矛转向的难度, 甚至使其无法转向而只能穿直线孔。尽管能与 RD385 导航系统配套使用的探头还有 $\Phi 25.4\text{mm} \times 203\text{mm}$ 的, 但其直径还有些偏大, 还不能将其安装于芯管内部, 这样还将大大增加冲击矛的长度 (至少为探头室的长度与芯管后退距离之和)。要想不增加或者少增加冲击矛的长度, 只有选择小直径的探头并将之放置在芯管内部方能实现。为此, 选择了美国 Ditch Witch 公司生产的能与本公司 Subsite750 导航探测仪配套使用的专门用于小型定向钻进的 88B 型小尺寸探头。该探头的规格和性能参数如下: 直径 $\times$ 长度 = $19\text{mm} \times 292\text{mm}$, 质量 187g, 发射频率 29 kHz, 探测深度 9.1m。

88B 型探头直径小, 可以将其放置在芯管内部。根据芯管的结构特点, 将探头安装在芯管的前端或者后端。但芯管的后端是高压空气通路 (芯管内部是送气通路, 外部是排气通路), 高压空气的高温有可能使探头损坏, 而芯管的前端没有高温

收稿日期: 2009-08-30

作者简介: 王如生 (1973-), 男 (汉族), 安徽怀宁人, 吉林大学副教授, 博士, 主要从事多工艺冲击回转钻进技术方面的研究, wangrs@jlu.edu.cn, 13604363262。

气体通过,因此,作者选择将 88B 型探头安装在芯管前端。

2 探头保护机构的初步设计

冲击矛工作过程中,由于活塞的不断冲击,从而引起冲击矛上其余部件的强烈振动。目前,导航系统中配套的探头抗冲击振动的能力有限(RD385 标准数据探头的抗振动冲击性能符合 IEC68 标准,而 88B 型探头的抗振动冲击性能还未查得),难以承受可控冲击矛工作过程中产生的强烈振动。因此,需要设计减振机构来对探头进行减振,保护数据探头。

研究中采取最简单的减振方式——弹簧对探头进行减振。设计的信号发射机构如图 2(a) 图所示为芯管在前极限位置时的情形,图 2(b) 所示为芯管在后极限位置时的情形,探头 6 安装在保护管 5 内,两端分别由销子 4 和 9 定位,防止其在保护管 5 内转动和移动。探头保护管 5 外部沿轴向设计有滑槽,销子 8 可在滑槽内滑动,这样既可以使保护管 5 能够沿轴向移动,又能防止它相对芯管(前) 3 发生转动。保护管 5 两端分别由减振弹簧 11 支撑,这样可以给保护管 5 和探头 6 提供缓冲保护。探头保护管 5 的材料可选用通磁性能好的聚氨酯高强塑料。另外,在外管 2 和芯管(前) 3 上

与探头 6 天线部分相对应的位置,设置了多条信号道,里边填充通磁性能好的高强粘结剂 7,这样可以确保探头 6 能顺利向地表发射电磁信号,避免屏蔽探头,使信号发射不出去。

3 矛头实际偏转方向与导航系统钟面显示之间的关系

在 KCM-130 II 型可控冲击矛上安装数据探头后,操作人员就可以在地面用手持式接收机来接收数据探头发射的电磁波信号,从而获得冲击矛的深度、倾角以及矛头的偏转方向等信息。和定向钻进一样,为了使冲击矛的穿孔轨迹符合设计要求,需要操作人员在地面进行穿孔轨迹的控制和纠偏。进行穿孔轨迹控制时,首先必须掌握目前冲击矛的地下位置和穿孔姿态(冲击矛的倾角、矛头的转动角和偏转角),然后根据穿孔轨迹与设计轨迹的偏离程度来调整矛头的偏转方向,进行轨迹控制。在整个冲击矛的穿孔过程中,都需要用导航仪来实时监控冲击矛的位置和姿态,这就要求操作人员能够根据导航仪液晶屏幕上的显示数据来正确判断冲击矛的孔内状态。

在 KCM-130 II 型可控冲击矛中,矛头的偏转角和转动角都是通过转动芯管来调整的,下面结合矛头偏转方向的调整过程分两种情况来确定如何由

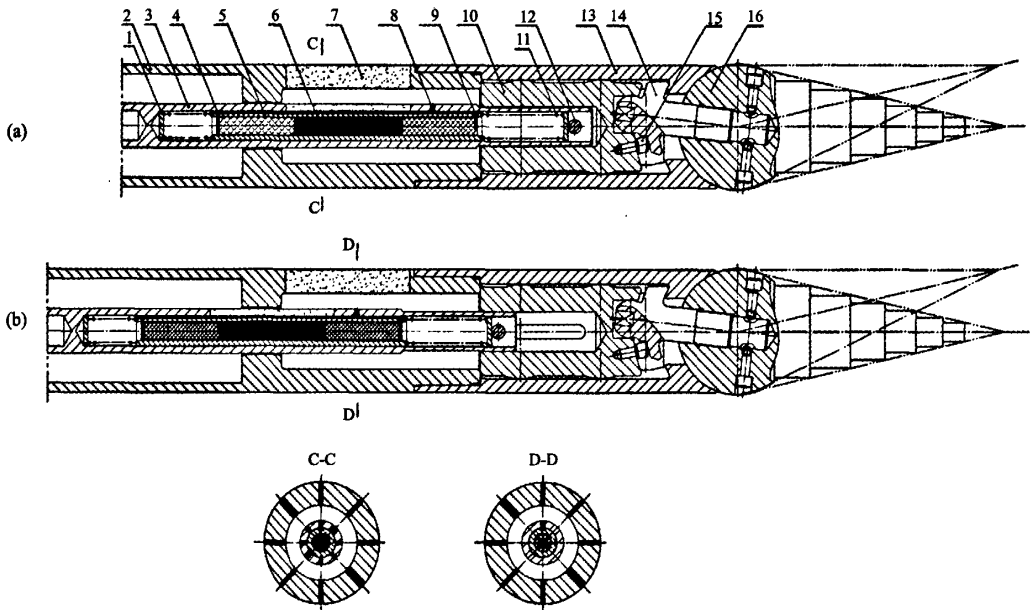


图1 信号发射机构的结构

1—垫块; 2—外管; 3—芯管(前); 4—销子; 5—探头保护管; 6—探头; 7—通磁材料; 8—销子; 9—销子; 10—偏心套; 11—减震弹簧; 12—拨销; 13—前接头; 14—拨转轴; 15—限位螺钉; 16—矛头

导航仪钟面显示 (即芯管的转动角) 来判断矛头的转动角和偏转角。

3.1 由直线穿孔调整为曲线穿孔

首先, 冲击矛穿直孔, 探头在冲击矛中的转动位置 [如图 1 中的 D-D 视图 (从冲击矛正后方向前看)]、导航仪钟面显示、矛头的状态 (从冲击矛正前方向后看, 如图 2a 所示)。如果要调整为曲线穿孔状态, 先向后回拉高压胶管, 使冲击矛后退一段距离, 然后顺时针旋转高压胶管 180° , 芯管转动半周, 导航仪钟面显示为向下位置, 拨转轴公转半周, 矛头的偏转角由原来的 0° 变为 12.5° , 从无转动角变为转动角为 0° , 如图 3 (b) 所示。如果要将矛头的转动角调整为 δ ($0^\circ \leq \delta < 360^\circ$), 则有以下两种情况:

(1) 若 $0^\circ \leq \delta < 180^\circ$, 则继续顺时针转动高压胶管 δ 角度, 然后释放高压胶管, 使芯管回到前极限位置。此时, 导航仪钟面显示为 $180^\circ + \delta$, 探头的位置、矛头的偏转状态如图 2 (c) 所示;

(2) 若 $180^\circ \leq \delta < 360^\circ$, 则继续顺时针转动高压胶管 δ 角度, 然后释放高压胶管, 使芯管回到前

极限位置。此时, 导航仪钟面显示为 $\delta - 180^\circ$, 探头的位置、矛头的偏转状态如图 2 (d) 所示。

在上述两种情况中, 假如不慎在转动高压胶管时将角度转过 δ 角度, 则都应继续顺时针转动高压胶管, 直到导航仪钟面显示为向下位置, 此时矛头的转动角仍为 0° 。然后, 按照上述方法继续调整。

3.2 由曲线穿孔调整为直线穿孔

因为直线穿孔时, 矛头无转动角, 所以当由曲线穿孔状态切换为直线穿孔状态时, 不用考虑转动角的调整, 而只需要把偏转角由 12.5° 调整为 0° 即可。

具体做法是: 先向后回拉高压胶管, 使冲击矛后退一段距离, 然后逆时针转动高压胶管 φ 角度 (必须保证 $\varphi \geq 180^\circ$), 最后释放芯管, 使其回到前极限位置即可。冲击矛穿直孔过程中, 不用监控芯管的转动角度, 即导航仪钟面显示对于监控矛头的穿孔方向来说已没有作用了, 这时只需要冲击矛的倾角、深度这两个信息即可。当需要切换到曲线穿孔状态时, 逆时针转动芯管, 直到导航仪钟面显示为向上, 此时, 冲击矛又回到矛头偏转方向调整的

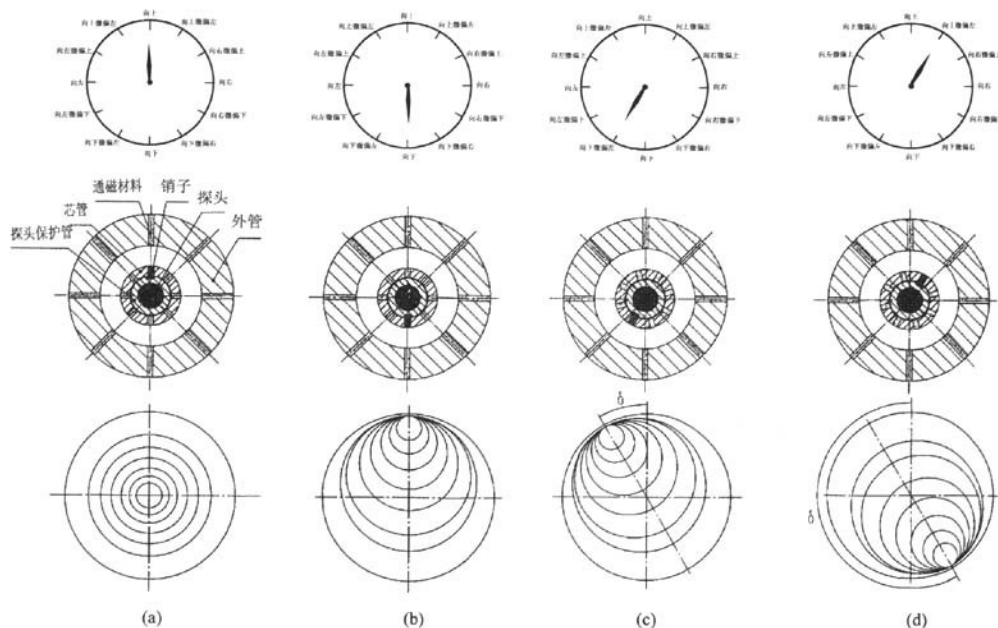


图2 导航仪钟面显示、探头的转动位置与矛头的偏转方向之间的关系

- (a) 调整初始状态, 偏转角 $\alpha = 0^\circ$, 无转动角, 导航仪钟面显示为 0° (向上);
- (b) 高压胶管转动 180° 后矛头的偏转角 $\alpha = 12.5^\circ$, 转动角 $\gamma = 0^\circ$, 导航仪钟面显示为 180° (向下);
- (c) 矛头转动角 $\gamma = \delta$ ($0^\circ < \delta \leq 180^\circ$), 导航仪钟面显示为 $180^\circ + \delta$;
- (d) 矛头转动角 $\gamma = \delta$ ($180^\circ < \delta \leq 360^\circ$), 导航仪钟面显示为 $\delta - 180^\circ$ 。

初始状态,即图 2 (a) 所示的状态了。

4 结语

(1) 选择了 88B 型探头和 Subsite750 导航系统,并初步设计了信号发射机构,首次将导航系统应用于 KCM-130 II 型可控冲击矛中,并提出由导航仪的钟面显示来判断矛头偏转方向的方法,为实时监控可控冲击矛的地下位置和矛头偏转状态迈出了第一步。

(2) 安装数据探头之前,首先要设计出合适的减振机构。

探头的减振效果直接关系到探头能否安全有效地工作。若振动强度太大,会直接损坏价格昂贵的

探头。

(3) 尽量选择小尺寸数据探头,减小冲击矛长度。

探头的尺寸直接影响冲击矛的总长。冲击矛长度越大,偏转越困难,穿孔轨迹的曲率半径越大,对轨迹控制越不利。虽然我院拥有一套 RD385 导航系统,但配套的数据探头尺寸太大(目前该公司生产的数据探头的最小尺寸为 $25.4 \times 203\text{mm}$ (直径 $\times$ 长度))。如果想应用该套导航系统的话,必须特制更小尺寸的数据探头,或者继续优化设计气动冲击机构,减小冲击机构的结构参数,从而减小冲击矛的总长。

(上接第 337 页)

该工程的难点在于中粗砂层施工,套管与主管同时回拉,管径不一样,对于导向孔施工及钻机能力要求比较高。该工程原来由另一家施工队伍施工,拉管进行约 60m 时就拉不动了,甲方将我单位客户队伍调过去使用 GBS-40 钻机施工。首先将埋在地下的管线拖出来,再用导向钻头对原孔轨迹进行探测,发现出土角度过急过大。考虑到施工难度比较大,决定重新打导向孔,深度在 5m;准备充足的泥浆,为避免不成孔,发生卡钻,施工队伍分成两班不间断施工。逐级扩孔至 $\Phi 720\text{mm}$ 后,用 $\Phi 860\text{mm}$ 钻头扩孔一遍,洗孔两遍。用 $\Phi 720\text{mm}$ 钻头拉管,套管与工作管同时回拉。拉管时间 3 h,最大拉力 22MPa 即 35t 拉力,扭矩

12MPa 即 $5600\text{ N} \cdot \text{m}$ 。因为该工程为救援性质的施工,甲方及业主对我们钻机的性能及施工队伍的素质很满意,反应良好。

6 结语

在设计 GBS-40 型铺管钻机过程中,充分考虑我国目前工程施工队伍本身经济实力相对较弱,工程造价相对低廉等实际情况,立足于用最简单易行的方法解决工程施工中的问题,因此 GBS-40 型铺管钻机不但具有性能先进、作业能力强、操作简单的特点,而且就性价比看也占有较大的优势,适合于我国目前的非开挖铺管施工实际情况及我国的国情。