

# 煤矿近水平定向钻孔测斜技术

郝世俊

(煤炭科学研究总院西安分院,陕西 西安 710054)

**摘 要** 在进行煤矿近水平钻孔的测量时,对于测斜仪的选型及输送方法都有别于垂直钻孔。以 ZJS-1 型钻孔监测系统 and CQ-1A 型单点测斜仪为例,介绍了煤矿近水平孔测斜技术。

**关键词** 煤矿 近水平定向孔 测斜仪 测斜技术

**中图分类号** TP634.7 **文献标识码** A **文章编号** 1000-3746(2003)06-0035-02

**Deviation Measuring Technology Used in Quasi-horizontal Directional Drilling Hole at Coal Mines/HAO Shi-jun**  
(Xi'an Branch, China Coal Research Institute, Xi'an Shanxi 710054, China)

**Abstract** : While measuring quasi-horizontal drilling holes, probe types and the ways to put them down the holes differ from those used in vertical drilling holes. The Deviation measurement technology used in quasi-horizontal holes at coal mines was introduced taking ZJS-1 Borehole Monitoring System and CQ-1A Single Shot Inclinator as samples.

**Key words** : coal Mine ; quasi-horizontal directional drilling hole ; inclinometer ; deviation

目前测斜仪一般采用灵敏轴或偏重球作为测量钻孔倾角的主要元件,存在最佳测量范围的问题。另外测量垂直孔时,测斜仪可以靠自重输送到测点。因此在测量近水平钻孔时,在测斜仪的选型和输送方式上都有别于垂直钻孔。近年来我国煤矿使用近水平长钻孔进行瓦斯预抽和采区地质勘探的工作量增加很快,近水平孔测斜技术的重要性更为突出。

## 1 近水平孔测量仪器

国内用于水平孔测斜的仪器较少,目前使用效果较好的有煤炭科学研究总院西安分院物探所研制的 ZJS-1 型钻孔监测系统和地质科学院探矿工艺研究所研制的 CQ-1A 型磁球式定向测斜仪。

ZJS-1 型钻孔监测系统主要由探管和同步机 2 部分组成,可连续测量 254 点,其主要技术参数为:测点间隔 60 s;记录字长 16 位;存储容量 32KB(255 帧);工作时间 8 h;最佳测角范围及精度:倾角  $\pm 60^\circ/\pm 0.2^\circ$ (均方差),方位角  $0^\circ \sim 360^\circ/\pm 2.0^\circ$ ;外型尺寸:探管  $\varnothing 42 \text{ mm} \times 2500 \text{ mm}$ ,同步机  $300 \text{ mm} \times 160 \text{ mm} \times 240 \text{ mm}$ ;质量:探管 12 kg,同步机 7.5 kg。

该仪器测量钻孔倾角的传感元件采用测控飞行器姿势的加速度计,它既可测量动态加速度,又可测量静态的重力,通过计算灵敏轴倾斜角度得出钻孔倾角。测量钻孔方位角采用地磁原理,传感元件采

用磁通门磁力计。测斜时孔外的同步机在探管下入孔内前和探管进行一次同步操作,进入同步工作状态,当探管在钻孔某一点进行测量时,在同步机上按下采集开关一次,同步机记下此测点的测量时间,测量完后探管和同步机在孔外进行通讯,由于在测量过程中探管和同步机同步运行,所以根据同步机的采集信号,即可从探管中读出测量孔段每一测点的倾角和方位角读数。

CQ-1A 型磁球定向测斜仪用于非磁性钻孔孔段单点测量倾角和方位角,以及孔内标记定向。采用浮动偏重磁球为测量敏感元件,同时实现倾角和方位角测量,具有结构简单、耐震、精度高、测程大、功能多、测量结果直观、操作维修简单等特点,由仪器和探管 2 部分组成,其主要技术指标为:测量范围与精度:倾角  $0^\circ \sim 90^\circ/\leq \pm 1^\circ$ ,方位角  $0^\circ \sim 360^\circ/\leq \pm 2^\circ$ ;环境温度  $-10 \sim +100^\circ\text{C}$ ;耐压性能:适用于地质、工程钻孔的探管  $\varnothing 40 \text{ mm} \times 3 \text{ mm} \times 1200 \text{ mm}$ , $\leq 30 \text{ MPa}$ ,适用于油气钻井的探管  $\varnothing 35 \text{ mm} \times 6 \text{ mm} \times 1800 \text{ mm}$ , $\leq 70 \text{ MPa}$ ;定时器 24 挡,最短 5 min,最长 120 min,时差  $\leq \pm 2 \text{ min}$ 。

## 2 测量仪器输送方法

施工近水平定向孔时,为了精确测量钻孔参数,必须安全地将测斜仪输送到测点。在近水平孔中输

收稿日期 2002-12-20

作者简介:郝世俊(1970-),内蒙古凉城人,煤炭科学研究总院西安分院工程师,探矿工程专业,博士在读,从事近水平孔定向钻进技术的研究推广工作,陕西省西安市雁塔北路 52 号,13991975909,haoshijun@x263.net。

送测斜仪有 2 种方法。

## 2.1 钻杆顶推式输送法

钻杆顶推式输送测斜仪是一种比较简单易行的方法,其操作步骤也比较简单。先把测斜仪装入测具内,使用接头连接钻杆和测具(如果钻杆内径足够大,也可以将测具装入钻杆),然后使用钻机顶推钻杆,把测斜仪输送到测点位置,测量钻孔测点倾角和方位角后,提取钻杆和测具,取出测斜仪,读取读数。用钻杆顶推式输送法输送测斜仪的时候,下钻时速度要平稳,以免测具顶到孔壁上损坏仪器。提钻时要尽量避免震动,以免仪器受震而影响测具精度。

该方法在钻孔较浅时可以使用,在钻孔较深时不仅费时费力,而且在起下钻过程中仪器容易受震受压,影响测量效果。

## 2.2 水力输送法

水力输送测斜仪有 2 种情况:一种是在内平钻杆中输送,如在  $\varnothing 71\text{ mm}$ 、内径为  $60\text{ mm}$  的绳索取心钻杆中,钻杆的内壁比较光滑;另一种是在内不平钻杆中,如在  $\varnothing 73\text{ mm}$  锥扣钻杆中,钻杆接头和钻杆体之间通过摩擦焊连接,钻杆接头处内径为  $37\text{ mm}$ ,钻杆体的内径为  $54.62\text{ mm}$ 。

在内平钻杆中输送测斜仪,通过水力输送装置连接测斜仪和钢丝绳,钢丝绳通过通缆式水龙头缠绕于钻机绞车上。通过泥浆泵高压液体输送测斜仪,同时操作钻机使钻机绞车自由转动。仪器是否到达测点位置可通过下入孔内的钢丝绳的长度判断。当测斜仪输送到测点位置后,开始测量,测量完毕后提取测斜仪,读取读数。在整个测斜过程中,要注意提取测斜仪时防止测具振动,影响测量效果。

在内不平钻杆中输送测斜仪,要考虑钻杆长度和钻杆接头对输送仪器的影响。例如在抚顺矿务局老虎台矿的近水平孔的试验中,在设计输送方法时充分考虑了以上 2 个因素的影响。如图 1 所示,选用  $\varnothing 73\text{ mm}$  钻杆单根长  $1.5\text{ m}$ ,接头处内径  $37\text{ mm}$ ,测具外径  $35\text{ mm}$ ,因此选用 2 段外径  $35\text{ mm}$ 、长  $1.5\text{ m}$ 、刚性好的材料作为延长杆,测具长  $1.5\text{ m}$ ,测具两端连接延长杆,前端延长杆头部设置导向,后端延长杆通过接头和钢丝绳连接,钢丝绳通过通缆式水龙头缠绕于绞车上。这样整个测具连接件无论处于钻杆中任何位置,都能够至少有 3 个支撑点坐于钻杆接头内壁上,而且测具内径接近于钻杆接头内径,这样就能够保证测具始终从钻杆内孔通过,而不受钻杆接头内径小的影响。1998 年 11 月至 1999 年元月进行“矿用煤层气抽放长钻孔水平钻机成套设备

及钻进工艺技术的开发研究”项目工业性试验时,在老虎台矿  $-780\text{ m}$  矿车巷钻进的 1 号孔依照上述方法测斜,测得孔深  $420\text{ m}$ 、倾角  $10.5^\circ$ ,测量结果和使用稳定组合钻具的效果相吻合,说明测斜仪输送方法可靠。在以后的试验过程中仍用水力输送法输送测斜仪测量钻孔,成功率达到  $100\%$ 。



图 1 输送测具连接示意图

输送测斜仪时要注意:(1)测具和延长杆用较长细丝扣连接,丝扣要拧紧,以免在输送过程中振动松开丝扣;(2)下钻和提钻速度要平稳,切忌忽快忽慢,不仅不利于保护仪器,而且易使钢丝绳在钻杆内发生缠绕;(3)提钻过程中,不要完全打开水泵回水阀,以免测具和延长杆受力失去平衡而使提升速度剧烈变化,致使钢丝绳在钻杆内发生缠绕。

## 3 测量数据的处理

把钻孔孔口视为相对坐标系原点  $O$ ,开孔方向为  $X$  轴正方向,逆时针旋转  $90^\circ$  为  $Y$  轴正方向,垂直向上为  $Z$  轴正方向。当测量好钻孔的深度、倾角、方位角后,利用均角全距法计算钻孔各测点坐标,其公式为:

$$\Delta X = \Delta L \cos[(\theta_A + \theta_B)/2] \cos[(\alpha_A + \alpha_B)/2] \quad (1)$$

$$\Delta Y = \Delta L \cos[(\theta_A + \theta_B)/2] \sin[(\alpha_A + \alpha_B)/2] \quad (2)$$

$$\Delta Z = \Delta L \sin[(\theta_A + \theta_B)/2] \quad (3)$$

式中  $\theta_A$ 、 $\theta_B$ 、 $\alpha_A$ 、 $\alpha_B$  ——分别表示相邻两测点  $A$ 、 $B$  的倾角和方位角; $\Delta L$  —— $A$ 、 $B$  两点的间距。

也可以利用钻孔轨迹模拟程序直接输入测量数据,输出钻孔轨迹。

## 4 结语

钻孔参数的测量是近水平钻孔定向钻进技术的关键之一,煤矿水平孔定向钻进目前广泛采用小孔段跟踪法,钻孔测斜效果直接影响钻孔的中靶精度。目前测斜仪的精度基本能够满足要求,但随着钻孔深度和钻孔轨迹起伏变化的增加,对测斜仪体积和抗震抗压性能提出更高要求。因此,完善近水平孔测斜技术,提高测斜仪的抗震抗压性能,减小测斜仪的体积特别是多点测斜仪的体积,是煤矿近水平定向钻进技术急需解决的问题之一。