

# 基于全角半距法钻孔偏斜距离计算公式的推导

齐清林<sup>1,2</sup>, 陈志国<sup>2</sup>, 唐仕尧<sup>3</sup>, 姚海平<sup>2</sup>, 胡金锋<sup>2</sup>

(1. 成都理工大学环境与土木工程学院, 四川 成都 610059; 2. 核工业二八〇研究所, 四川 广汉 618300; 3. 核工业二九〇研究所, 广东 韶关 512026)

**摘要:** 钻孔弯曲的偏斜距离是地质钻探工程质量的一项重要指标。介绍了钻孔弯曲及钻孔弯曲计算模型中最常用的全角半距法。通过基于三维坐标系的钻孔轴线上各测点的空间位置的描述, 借助于立体几何的方法, 推导出钻孔中任一深度处偏斜距离的计算公式, 讨论了顶角和方位角的变化对偏斜距离的影响程度, 给出了一计算实例。

**关键词:** 地质钻探; 钻孔偏斜距离; 全角半距法; 计算公式

**中图分类号:** P634.7    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1672-7428(2014)08-0013-05

**Deduction of Formula about Borehole Deflection Distance Based on Full-angle-half-distance Method/QI Qing-lin<sup>1,2</sup>, CHEN Zhi-guo<sup>2</sup>, TANG Shi-yao<sup>3</sup>, YAO Hai-ping<sup>2</sup>, HU Jin-feng<sup>2</sup>, (1. College of Environmental and Civil Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu Sichuan 610059, China; 2. Research Institute No. 280 of CNNC, Guanghan Sichuan 618300, China; 3. Research Institute No. 290 of CNNC, Shaoguan Guangdong 512026, China)**

**Abstract:** Borehole bending deflection distance is an important quality index in geological drilling project. Borehole bending and full-angle-half-distance method is introduced in this paper, which is most commonly used in borehole bending calculation model. By the description of the spatial position of each measuring point on borehole axis on basis of three-dimensional coordinate system and by means of three-dimensional geometric method, a formula about deflection distance in any depth of borehole is derived, and the influence degree of vertex angle and azimuth's change to the deflection distance is discussed with a calculation example.

**Key words:** geological drilling; borehole deflection distance; full-angle-half-distance method; calculation formula

在地质找矿勘探中, 钻孔弯曲度是衡量地质钻探工程质量的一项重要指标。钻孔弯曲度是否符合地质要求, 在各种规范中, 主要有 2 种衡量方法: 一种是根据钻孔在不同孔深处各测点实际顶角与设计顶角之差来衡量; 另一种是根据钻孔弯曲的允许偏斜距离来衡量。钻孔弯曲的允许偏斜距离, 是指实际钻孔轴线上的等于设计钻孔在矿体或构造底板切穿点深度的孔深点, 到设计钻孔轴线的垂直距离<sup>[1]</sup>。实际钻探生产中的钻孔, 尤其是斜孔, 其轴线上不同测点处方位角的变化量可能较大, 第一种只考虑顶角的偏离而不考虑方位角偏离的方法显得不太合理, 而采用钻孔弯曲的偏斜距离来衡量钻探质量是否符合要求则显得更加客观。

## 1 钻孔弯曲

在钻探工程中, 为了达到一定的地质目的或工程目的, 必须根据地形地质条件和技术条件合理设计钻孔轨迹。但在工程施工中, 由于自然因素和施工技术因素的影响, 实际的钻孔轨迹往往偏离设计

轨迹, 这种现象就是钻孔弯曲或钻孔偏斜。钻孔弯曲, 将直接影响地质资料的准确性和矿床储量的计算, 或根本达不到预期的地质目的。在实际钻进过程中, 通过对钻孔及时进行孔斜测量, 可实时掌握钻孔的弯曲程度, 辅以特定的钻孔轨迹数学模型, 即在空间上描述钻孔轨迹, 从而可计算出钻孔设计孔深点的偏斜距离。在进行钻孔质量评定时, 通过对设计矿体切穿点深度孔深点的偏斜距离与规范规定相应孔深的允许偏斜进行比较, 来确定钻孔质量是否符合地质要求。

在实际钻探生产中, 由于钻孔弯曲现象的存在, 绝大多数钻孔的轨迹并非直线而是空间曲线<sup>[2]</sup>。如果钻孔轨迹只有顶角的变化而方位角不变, 则钻孔轨迹是位于垂直平面内的曲线, 其水平投影是一条直线, 孔身剖面是一条曲线, 钻孔弯曲即为顶角弯曲。如果钻孔轨迹只有方位角变化而顶角不变, 则钻孔轨迹是一条以设计钻孔为轴线的圆锥螺旋线, 其水平投影和孔身剖面都是曲线。如果钻孔轨迹既有顶角变化, 又有方位角的变化, 则该轨迹可能是一

收稿日期: 2014-06-02; 修回日期: 2014-06-12

作者简介: 齐清林(1981-), 男(汉族), 湖北随州人, 成都理工大学在读硕士研究生, 核工业二八〇研究所工程师, 水文地质与工程地质专业, 从事水文地质、工程地质及矿产地质工作, 四川省广汉市 205 信箱, 20786430@qq.com。

条空间曲线,也可能是一条位于倾斜平面上的平面曲线,其轨迹的水平投影和孔身剖面都是曲线,只在特定的时候其孔身剖面才为直线。

## 2 全角半距法

### 2.1 全角半距法的实用性

钻孔轨迹图是钻孔轴线空间位置的直观反映,是了解钻孔在地下空间的位置及其空间形态的重要手段和方法。传统确定钻孔轨迹的方法是作图法,其较为直观,但精确度较差,在绘图的过程中容易引起误差<sup>[3]</sup>。近20多年来,国内外提出过多种钻孔轨迹的数学模型,但哪种模型更为精确,由于缺乏实证资料,一直少有定论。2001年,朱永宜<sup>[4]</sup>用经纬仪对4个被坑道揭露的钻孔进行了坐标实测,对其中主要几种数学模型(均角全距法、全角半距法、等变螺旋角法、校正均角法、最小曲率法和弦步法)的理论定位精度与实际值进行了对比,认为钻孔揭露点的绝对定位误差与钻孔相应孔深比值的差,即各模型间相对误差的差均在 $10^{-4}$ 级。因此,相对于其它数学模型,全角半距法和均角全距法的计算精度完全能够满足地质工作的精度要求,并且其计算过程相对简单,更适合于大多数地质人员在实际生产中运用。

### 2.2 全角半距法的基本方法

与其它计算钻孔弯曲偏斜距离的方法一样,全角半距法也是以孔口为已知起始点,在钻孔中每隔一定的间距测读钻孔轨迹参数(包括方位角和顶角),将所测得的方位角和顶角看做是钻孔轨迹在此测点所代表测程的方位角和顶角,将各测点上、下测程间各一半长度的钻孔轴线长看作直线。在计算时,将各测点的二分之一上测程及二分之一下测程之和作为长度参数,将各测点的实测方位与设计方位的方位角差和顶角作为角度参数进行计算<sup>[5]</sup>。运用微分学的思想,控制测程至足够短,可以使该方法所确定的钻孔轴线轨迹逐渐接近实际钻孔轴线轨迹。

## 3 钻孔弯曲偏斜距离的计算

### 3.1 钻孔轴线空间位置的确定

为了使钻孔的空间位置能在图中更为直观的表现,在一立方体中用一条直线和一条曲线分别表示设计钻孔轴线和实际钻孔轴线,如图1所示。图中, $O$ 为孔口位置, $OM$ 为设计钻孔轴线,顶角为 $\theta$ ,其在水平面上的投影 $O'M$ 为其方位;曲线 $ON_1N_2N_3N_4N$

为实际钻孔轴线,其在水平面的投影为 $O'N_1'N_2'N_3'N_4'N$ 。 $N$ 为设计切穿点 $M$ 所对应孔深的实际揭露点,其在 $M$ 点所在的平面上的投影为 $N'$ , $N'$ 在方位线 $O'M$ 上的投影为 $N''$ ,由此构成了一个三维空间坐标系。坐标系的原点在孔口,其坐标定义为 $(0,0,0)$ ,其中 $x$ 轴方向为钻孔设计方位, $y$ 轴方向取 $y$ 与设计方位垂直的方向, $z$ 轴铅垂向下。借助测斜仪,可以得出钻孔各个深度(即各测点)的顶角 $\alpha_i$ 和方位角差 $\beta_i$ ,从而可以确定实际钻孔轨迹相对于设计钻孔的空间位置。

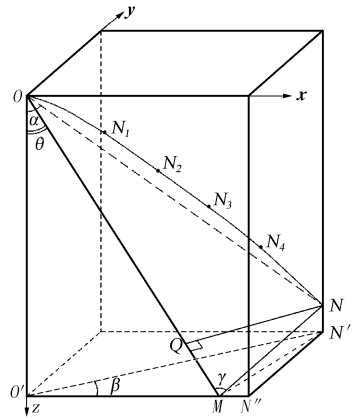


图1 实际钻孔与设计钻孔轴线空间关系图

在按上述原则确定的三维坐标系中,可以确定钻孔中某点 $(x_i, y_i, z_i)$ 相对于孔口的空间坐标:

$$\begin{cases} x_i = x_{i-1} + l_i \sin \alpha_i \cos \beta_i \\ y_i = y_{i-1} + l_i \sin \alpha_i \sin \beta_i \\ z_i = z_{i-1} + l_i \cos \alpha_i \end{cases}$$

式中: $x_i, y_i, z_i$ ——各测点所控制测程底部的坐标; $l_i$ ——各测点所控制的测程长; $\alpha_i$ ——各测点所测得的顶角; $\beta_i$ ——各测点的实测方位角与设计方位角之差。

由于上述三维坐标是以设计钻孔方位、与设计方位水平垂直方向和铅垂方向建立起来的,所以, $x_i, y_i, z_i$ 分别代表钻孔某深度处的沿线位移、脱线位移和垂直位移。

图2为图1中设计钻孔的轴线所处的 $OO'M$ 剖面, $\beta_i$ 表示钻孔中各测点的实测方位角与设计方位角之差,各测点所控制的测程长在铅垂线上的投影长度分别为 $l_i \cos \alpha_i$ ,在水平面的投影长度分别为 $l_i \sin \alpha_i$ ,在设计方位上的水平投影长度为 $l_i \sin \alpha_i \cos \beta_i$ ,偏离设计方位的水平投影长度为 $l_i \sin \alpha_i \sin \beta_i$ ,据此,可以做钻孔弯曲度计算参数表(见表1)。

由图2可以看出,表1中的方位角差 $\beta$ 有正负之分,当测点方位角大于设计方位角时取正,反之

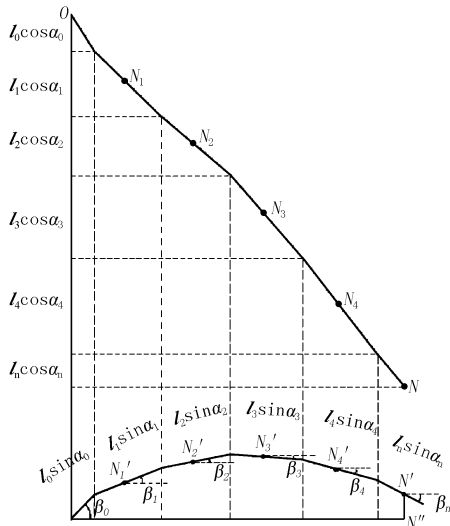


图 2 实际钻孔轴线投影图

取负。 $\sum_{i=0}^n l_i \cos \alpha_i$ 、 $\sum_{i=0}^n l_i \sin \alpha_i \cos \beta_i$ 、 $\sum_{i=0}^n l_i \sin \alpha_i \sin \beta_i$  分别为  $l_i \cos \alpha_i$ 、 $l_i \sin \alpha_i \cos \beta_i$ 、 $l_i \sin \alpha_i \sin \beta_i$  的逐次累加数据。借助于 excel, 这些数据均能较为简便地计算出来。

### 3.2 偏斜距离在图中的意义

图 1 中,  $M$ 、 $N$  分别为设计钻孔的揭穿点和实际施工钻孔在相应孔深处的揭穿点, 设计钻孔轴线  $OM$  为一直线, 实际施工钻孔的轴线  $ON_1N_2N_3N_4N$  为一曲线,  $ON$  为连接孔口和实际钻孔在相应孔深处揭穿点的直线, 直线  $MN$  为设计揭穿点的总偏移量。在平面  $OMN$  内, 过  $N$  点做  $OM$  的垂线  $NQ$ , 则  $NQ$  即为钻孔的偏斜距离。至此, 求钻孔在某一孔深处的偏斜距离即转化为一个纯粹的立体几何问题。

### 3.3 偏斜距离计算公式的推导

#### 3.3.1 孔内任一深度处的偏斜距离

表 1 钻孔弯曲度计算参数

方位角差 / (°)	控制测程 /m	垂直位移 /m	累计垂直位移 /m	各测程水平长 /m	沿线位移 /m	累计沿线位移 /m	脱线位移 /m	累计脱线位移 /m
$\beta_i$	$l_i$	$l_i \cos \alpha_i$	$\sum_{i=0}^n l_i \cos \alpha_i$	$l_i \sin \alpha_i$	$l_i \sin \alpha_i \cos \beta_i$	$\sum_{i=0}^n l_i \sin \alpha_i \cos \beta_i$	$l_i \sin \alpha_i \sin \beta_i$	$\sum_{i=0}^n l_i \sin \alpha_i \sin \beta_i$

在图 1 所示立方体中, 由于面  $NN'M$  垂直于面  $MN'N''$ , 由勾股定理可以得到下列关系式:

$$MN^2 = MN'^2 + NN'^2 = (MN'^2 + N'N''^2) + NN'^2$$

将等式右边部分用参数  $\theta$ 、 $l_i$ 、 $\alpha_i$ 、 $\beta_i$  表示, 有:

$$MN^2 = (\sum_{i=0}^n l_i \sin \alpha_i \cos \beta_i - L \sin \theta)^2 + (\sum_{i=0}^n l_i \sin \alpha_i \sin \beta_i)^2 + (L \cos \theta - \sum_{i=0}^n l_i \cos \alpha_i)^2$$

展开, 得:

$$MN^2 = (\sum_{i=0}^n l_i \sin \alpha_i \cos \beta_i)^2 + (L \sin \theta)^2 - 2L \sin \theta \sum_{i=0}^n l_i \sin \alpha_i \cos \beta_i + (\sum_{i=0}^n l_i \sin \alpha_i \sin \beta_i)^2 + (L \cos \theta)^2 + (\sum_{i=0}^n l_i \cos \alpha_i)^2 - 2L \cos \theta \sum_{i=0}^n l_i \cos \alpha_i \quad (1)$$

三角形  $OMN$  中, 据余弦定理, 有:

$$2OM \cdot MN \cos \gamma = MN^2 + OM^2 - ON^2$$

即:

$$QM = (MN^2 + OM^2 - ON^2) / (2OM) \quad (2)$$

根据空间中两点间的距离公式, 有:

$$ON^2 = (\sum_{i=0}^n l_i \sin \alpha_i \sin \beta_i)^2 + (\sum_{i=0}^n l_i \sin \alpha_i \cos \beta_i)^2 + (\sum_{i=0}^n l_i \cos \alpha_i)^2 \quad (3)$$

将(1)、(3)式及  $OM = L$  代入(2)式, 得:

$$QM = L - \sin \theta \sum_{i=0}^n l_i \sin \alpha_i \cos \beta_i - \cos \theta \sum_{i=0}^n l_i \cos \alpha_i \quad (4)$$

在直角三角形  $QMN$  中,

$$QN^2 = MN^2 - QM^2 \quad (5)$$

将(1)、(4)式代入(5)式, 得:

$$QN^2 = (\sum_{i=0}^n l_i \sin \alpha_i \cos \beta_i)^2 - (\sin \theta \sum_{i=0}^n l_i \sin \alpha_i \cos \beta_i)^2 + (\sum_{i=0}^n l_i \cos \alpha_i)^2 - (\cos \theta \sum_{i=0}^n l_i \cos \alpha_i)^2 + (\sum_{i=0}^n l_i \sin \alpha_i \sin \beta_i)^2 - 2 \sin \theta \cos \theta \sum_{i=0}^n l_i \sin \alpha_i \cos \beta_i \sum_{i=0}^n l_i \cos \alpha_i$$

进一步化简, 得:

$$QN^2 = (\cos \theta \sum_{i=0}^n l_i \sin \alpha_i \cos \beta_i)^2 - (\sin \theta \sum_{i=0}^n l_i \cos \alpha_i)^2 - 2 \sin \theta \cos \theta \sum_{i=0}^n l_i \sin \alpha_i \cos \beta_i \sum_{i=0}^n l_i \cos \alpha_i + (\sum_{i=0}^n l_i \sin \alpha_i \sin \beta_i)^2$$

那么,  $N$  点处对应孔深的偏斜距离为:

$$QN = [(\sum_{i=0}^n l_i \sin \alpha_i \sin \beta_i)^2 + (\sin \theta \sum_{i=0}^n l_i \cos \alpha_i - \cos \theta \sum_{i=0}^n l_i \sin \alpha_i \cos \beta_i)^2]^{1/2} \quad (6)$$

应用公式(6), 使得求钻孔轴线上任一深度处的偏斜距离都变得较为简单。上式中,  $\sum_{i=0}^n l_i \sin \alpha_i \sin \beta_i$  即为表 1 中的累积脱线位移,  $\sin \theta \sum_{i=0}^n l_i \cos \alpha_i$  可以看做是累积垂直位移乘以数值为  $\sin \theta$  的系数,  $\cos \theta \sum_{i=0}^n l_i \sin \alpha_i \cos \beta_i$  可以看做是累积沿线位移乘以数值为  $\cos \theta$  的系数。

### 3.3.2 测程的选取

由微分学知识可知,测程越大,根据测斜资料所确定的钻孔轨迹与实际钻孔轨迹的偏差就越大。如果将钻孔轴线细分成足够多的线段,即测点足够多,那么根据孔斜三要素所确定的钻孔轴线就会无限逼近实际钻孔轨迹。因此,测程选取的是否适当对能否准确确定钻孔轨迹有着重要的影响。文献[4]在对几种钻孔轨迹数学模型定位精度的验证中选取的测程为25~50 m,《放射性矿产资源钻探规程》(EJ/T 1052-1997)中推荐的测程为20 m。所以,在实际测斜中测程可以选取20 m,这样既不会给测斜带来较大的工作量,也能满足钻孔轨迹计算的精度要求。

### 3.3.3 几种特定条件下的偏斜距离

当设计钻孔为直孔时,即 $\theta=0^\circ$ ,图1中 $Q$ 与 $O'$ 重合, $O'N'$ 即为相应孔深处的偏斜距离。据公式(6)有:

$$QN = [(\sum_{i=0}^n l_i \sin \alpha_i \sin \beta_i)^2 + (\sum_{i=0}^n l_i \sin \alpha_i \cos \beta_i)^2]^{1/2}$$

当实际钻孔只有方位角偏离而无顶角的偏差时,即 $\alpha_i = \theta$ ,钻孔轴线轨迹是一条以设计钻孔为中心轴的圆锥螺旋线。此时,有:

$$QN = [(\sin \theta \sum_{i=0}^n l_i \sin \beta_i)^2 + (\sin \theta \cos \theta \sum_{i=0}^n l_i - \sin \theta \cos \theta \sum_{i=0}^n l_i \cos \beta_i)^2]^{1/2}$$

当设计钻孔为斜孔,实际钻孔轨迹只有顶角的变化而无方位角的变化时,则该钻孔轨迹是位于垂直平面内的曲线,此时, $\beta_i = 0$ ,有:

$$QN = [(\sin \theta \sum_{i=0}^n l_i \cos \alpha_i - \cos \theta \sum_{i=0}^n l_i \sin \alpha_i)^2]^{1/2}$$

### 3.4 顶角差及方位角差对偏斜距离影响的比较

为了确定相同的顶角差及方位角差对偏斜距离影响的大小,假设实际钻孔为一条直线,设计孔深为 $L$ , $OM = ON = L$ 。当无方位角差而只有顶角差时,偏斜距离 $NQ_{\text{顶角}} = L \sin \beta$ ;当无顶角差而只有方位角差 $\beta$ 时,偏斜距离 $NQ_{\text{方位}} = L \sin \varphi$ ,其中 $\varphi$ 是关于 $\beta$ 的函数,如图3。

根据余玄定理,有:

$$\cos \varphi = (L^2 + L^2 - MN^2) / (2L^2)$$

$$MN^2 = (L \sin \theta)^2 + L \sin \theta)^2 - 2(L \sin \theta)^2 \cos \beta$$

代入 $MN^2$ ,得:

$$\cos \varphi = (\cos \theta)^2 + (\sin \theta)^2 \cos \beta$$

对于实际钻孔, $0^\circ < \theta < 90^\circ$ 、 $0^\circ < \beta < 90^\circ$ ,等式右边对 $\theta$ 求导,可知 $\cos \varphi$ 是关于 $\theta$ 的单调减函数,那么 $\varphi$ 是关于 $\theta$ 的单调增函数。当 $\theta = 0^\circ$ 时, $\varphi = 0^\circ$ ;

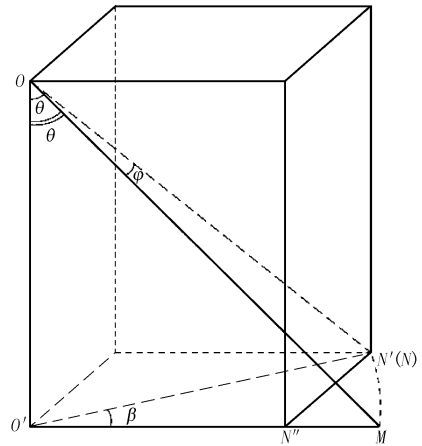


图3 方位角偏离时钻孔轴线图

当 $\theta = 90^\circ$ 时, $\varphi = \beta$ ,所以 $0^\circ < \varphi < \beta$ 。为了确定顶角和方位角各自变化时其对偏斜距离的影响程度,当发生相同的偏离角 $\beta$ 时,可将 $NQ_{\text{方位}}$ 与 $NQ_{\text{顶角}}$ 进行比较。

令 $K = NQ_{\text{方位}} / NQ_{\text{顶角}} = L \sin \varphi / (L \sin \beta) = \sin \varphi / \sin \beta$ ,对于给定的顶角差或方位角差 $\beta$ , $\sin \beta$ 为定值, $0 < K < 1$ 。当 $\theta \rightarrow 0^\circ$ 时, $K \rightarrow 0$ ;当 $\theta \rightarrow 90^\circ$ 时, $K \rightarrow 1$ 。由此可以看出,当设计钻孔顶角较小即 $\theta \rightarrow 0^\circ$ 时,钻孔接近垂直孔时,相对于顶角的偏离,相同的方位角的偏离对钻孔偏斜距离的影响可以忽略不计;随着设计顶角 $\theta$ 的增大,方位角的偏离对钻孔偏斜距离的影响逐渐增大;当设计钻孔接近水平孔即 $\theta \rightarrow 90^\circ$ 时,方位角的偏离对钻孔偏斜距离的影响接近于相同顶角的偏离对钻孔偏斜距离的影响。

## 4 计算实例

根据上述钻孔弯曲偏斜距离的计算公式,确定钻孔偏斜距离的步骤为:

- (1) 列出各测点所代表的测程长 $l_i$ ,求出各测点的实测方位与设计方位之差 $\beta_i$ ;
- (2) 根据表1,借助 excel,计算所求孔深处的累积垂直位移、累积沿线位移和累积脱线位移;
- (3) 将上述三种累积位移以及 $\sin \theta$ 、 $\cos \theta$ 代入公式(6),即可求出各测点孔深处的偏斜距离。

设某一钻孔孔深为 $L = 120$  m,其设计顶角 $\theta = 10^\circ$ ,设计方位角 $\delta = 60^\circ$ ,以20 m的间距测得各个测点的顶角和方位角见表2。

根据表1计算出孔内各测点位移参数,见表3。

由表3及公式(6),钻孔在0~6各测点,即在10、30、50、70、90、110和120 m处的偏斜距离即可分别求出,具体见表4。

表 2 某钻孔测斜结果

测点号	孔深/m	顶角/(°)	方位角/(°)
0	0	9.62	58.8
1	20	9.71	59.7
2	40	9.96	60.2
3	60	10.02	60.7
4	80	10.11	62.3
5	100	10.06	61.8
6	120	10.10	62.9

### 5 结论

在各种钻孔轨迹数学模型中,全角半距法作为一种传统计算钻孔弯曲的方法,具有概念明确,计算方法简单,适用于一半地质人员野外采用的优点。

通过在钻孔内按一定的测程对各测点进行测斜工作,采用全角半距法计算模型,借助于上述偏斜距离的计算公式,可以计算任一孔深点的钻孔偏斜距离,及时了解其是否满足规范要求。

表 3 孔内各测点位移参数

测点号	测程长/m	顶角/(°)	方位角差/(°)	垂直位移/m	累积垂直位移/m	沿线位移/m	累积沿线位移/m	脱线位移/m	累积脱线位移/m
0	10	9.62	-1.2	9.86	9.86	1.67	1.67	-0.04	-0.04
1	20	9.71	-0.3	19.71	29.57	3.37	5.04	-0.02	-0.06
2	20	9.96	0.2	19.70	49.27	3.46	8.50	0.01	-0.05
3	20	10.02	0.7	19.69	68.96	3.48	11.98	0.04	-0.01
4	20	10.11	2.3	19.69	88.65	3.51	15.49	0.14	0.13
5	20	10.06	1.8	19.69	108.34	3.49	18.98	0.11	0.24
6	10	10.10	2.9	9.85	118.19	1.75	20.73	0.09	0.33

表 4 钻孔各测点偏斜距离

测点号	孔深/m	偏斜距离/m	测点号	孔深/m	偏斜距离/m
0	10	0.08	4	90	0.19
1	30	0.18	5	110	0.27
2	50	0.19	6	120	0.35
3	70	0.18			

顶角的变化对钻孔偏斜距离的影响要小,随着设计顶角的增大,方位角的变化对钻孔偏斜距离的影响才逐渐明显。

### 参考文献:

- [1] EJ/T 1052-1997,放射性矿产资源钻探规程[S].
- [2] 鄢泰宁,孙友宏,彭振斌,等.岩土钻掘工程学[M].湖北武汉:中国地质大学出版社,2001.
- [3] 李静,张金昌,陈晓琳,等.地质勘探钻孔轨迹计算新模型[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(1):22-24.
- [4] 朱永宜.钻孔轨迹数学模型在地质勘探中的定位精度验证[J].探矿工程,2001,(1):37-39.
- [5] 李海泉,赵天心.钻孔轴线空间曲线方程的建立及探讨[J].黄金地质,2001,7(2):52-58.

测程的选取对钻孔轨迹的影响较为明显,根据实际工作经验,对于一般性的钻孔,测程长可以放宽至 50 m 左右,而在计算高级储量时,测程应控制在 20 m 以内。

对于斜孔,钻孔的偏斜距离同时受顶角的变化和方位角变化的影响,相比较而言,方位角的变化比

## 武汉地质调查中心鄂西两口页岩气调查井顺利开钻

中国地质调查局武汉地质调查中心消息(2014-08-19) 由中国地质调查局武汉地质调查中心承担的“武陵-湘鄂西页岩气资源调查评价”项目部署在鄂西地区的两口页岩气调查井——CY1 井、YY1 井近日顺利开钻。

CY1 井位于湖北长阳县两河口,设计孔深 300 m,目的层是震旦系陡山沱组黑色页岩段,也是中扬子地区第一口以震旦系为目的层的页岩气调查井。YY1 井位于湖北宜都市聂河,设计孔深 600 m,目的层为寒武系牛蹄塘组黑色页岩段。此次钻探工程旨在控制长阳-宜都一带震旦系陡山沱组、寒武系牛蹄塘组黑色页岩的厚度和岩相组合,获取用于测试页岩气各项地质参数的岩心样,分析页岩层段的含气性,并定

量分析页岩裂缝的发育特征。

自 2014 年 5 月开始,项目组在巴东-长阳-宜都一带开展了地面地质调查工作,在页岩气地质条件较好的区域采用 1:5 万地质测量遴选井位,在井位附近开展地层剖面测量,控制了黑色页岩的岩相组合和厚度变化,采用“十字”剖面法布井。井位拟定充分考虑了页岩气布井所需的地层平缓、远离断层、埋深合适等地质条件,同时兼顾了钻探工程对水、交通和地形的要求。项目组对钻探井位进行了成果预测和风险评价,并向武汉地质调查中心提交了井位论证报告,钻探工程于 8 月初开始,目前进展顺利。