

71-74

三维定向钻孔轨迹设计与施工控制新方法

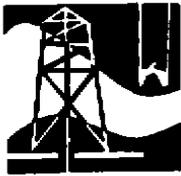
吴光琳

(成都理工学院·成都市)

P 634.2

A
阐述了设计三维定向钻孔轨迹的新方法。该方法利用了倾斜平面倾斜角这一概念把空间三维设计转化为平面上的二维设计。据此建立了计算孔身轨迹的数学模式,提出了控制孔身轨迹的措施,并且与其他两种设计方法进行了对比。

关键词 定向钻孔, 三维设计, 二维设计, 工程施工, 控制法



在固体矿产钻探中,尤其是详细勘探阶段,当勘探网度较密、线距与孔距较小、孔深较大时,往往采用多孔底孔(或称集束孔)进行定向钻探;在石油和天然气勘探和开发中,为了充分利用钻井平台,或者为了提高单井产量,也经常采用丛式定向钻井。

一般情况下,如果主孔为垂直孔,则可将分枝孔设计在不同的垂直平面内,即所谓二维设计,此时孔身只有顶角变化,而无方位角变化。但是,如果主孔为倾斜孔,需要从中打多孔底孔控制相邻勘探线上的见矿点;若施工过程中钻孔方位角偏差较大,需要纠偏以保证钻孔穿过原来靶点,则必须设计三维定向钻孔,孔身轨迹既有顶角变化,又有方位角的变化。

目前,三维定向钻孔的设计方法有倾斜平面法和直立圆柱面法两种。常用的是倾斜平面法,即将多方位分枝定向钻孔的轨迹设计在不同的倾斜平面内。在这种情况下,孔身轨迹在空间的延伸状态与机械式连续造斜器及螺杆钻造斜钻具的造斜路径一致,弯曲段的全弯强等于造斜器的造斜能力,钻孔实际轨迹容易与设计轨迹吻合,有利于定向钻孔顺利施工。

为了简化设计,通常将定向钻孔的三维设计转化为二维设计。在倾斜平面法中,转化的途径有点距计算、坐标变换和视顶角计算等。用视顶角计算进行三维定向钻孔设计是一种新的尝试。

1 设计思路及定向钻孔的空间几何关系

视顶角计算三维定向钻孔轨迹的设计思想:首先计算出定向分枝钻孔所在倾斜平面的倾斜角,并且利用此倾斜角将分枝点切线的顶角、分枝点与靶点连线的顶角折算成它们在倾斜平面上的视顶角,进一步求解出靶点至分枝点的视垂距与视水平距,然后沿用二维设计的公式计算出分枝定向孔轨迹的全弯曲角和其他参数。另一方面,利用孔身轨迹各点的视顶角,借助于倾斜平面的倾斜角,又可反过来计算各点的真顶角、上下两点的方位角差和造斜工具的面角。得到了造斜工具的面角,就能够按此角度给造斜工具定向,控制钻孔轨迹沿着预定方向延伸。

如图 1, OK 是主孔,位于垂直平面内, KDT 是上弯下直型分枝孔, K 是分枝点, \overline{KA} 为 K 点的切线,其方位角为 α_K ,顶角为 θ_K , T 是靶点。分枝定向钻孔就设计在由 \overline{KA} 和 T 所决定的倾斜平面内。 A 是 \overline{KA} 与靶点水平面的交点, C 是 K 在靶点水平面上的垂足。自 C

向 \overline{TA} 作垂线交 \overline{TA} 的延长线于 B ,连接 KB ,则 $\varphi(\angle BKC)$ 是铅垂线与倾斜平面所夹的锐角。该锐角被定义为倾斜平面的倾斜角。 $\Delta\alpha_c(\angle ACT)$ 是靶点对于垂直平面的闭合方位角差, $\theta_c(\angle CKT)$ 是靶点的闭合顶角, $d=\overline{KT}$ 为分枝点与靶点的直距, $\theta_k(\angle BKA)$ 是分枝点切线的视顶角, $\theta'_k(\angle BKT)$ 是 \overline{KT} 的视顶角。 $H=\overline{KB}$ 是靶点在倾斜面上的视垂距, $S=\overline{BT}$ 是靶点在倾斜平面上的视水平距。

为了便于计算,采用右手法则建立 $O-XYZ$ 坐标,将原点取在主孔的开孔点, X 轴正向方位与分枝点切线方向一致, Y 轴正向方向是 X 轴正向顺时针转 90° , Z 轴正向指地下。

2.1 倾斜平面倾斜角的计算

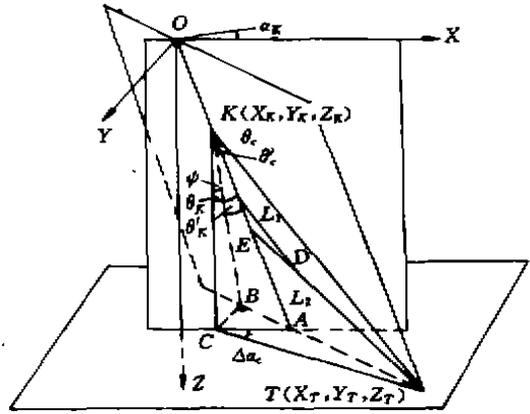


图1 倾斜平面内分枝定向钻孔空间几何关系图

2 定向分枝钻孔轨迹的设计

(1) 靶点闭合顶角 θ_c

$$\theta_c = \text{tg}^{-1} \left\{ \frac{[(X_T - X_K)^2 + (Y_T - Y_K)^2]^{1/2}}{Z_T - Z_K} \right\} \quad (1)$$

(2) 靶点闭合方位角差 $\Delta\alpha_c$

$$\Delta\alpha_c = \text{tg}^{-1} \frac{Y_T - Y_K}{X_T - X_K} \quad (2)$$

(3) 倾斜平面倾斜角 φ

$$\varphi = \text{tg}^{-1} \left\{ \text{tg}\theta_c \left[1 - \left\{ \frac{\text{tg}\theta_c - \text{tg}\theta_k \cos\Delta\alpha_c}{\sqrt{\text{tg}^2\theta_c + \text{tg}^2\theta_k - 2\text{tg}\theta_c \text{tg}\theta_k \cos\Delta\alpha_c}} \right\}^2 \right]^{1/2} \right\} \quad (3)$$

2.2 靶点视垂距与视水平距的计算

根据推导,其顶角与视顶角的关系为 $\cos\theta = \cos\theta' \cos\varphi$ 。因此,可得:

$$\theta_c = \cos^{-1}(\cos\theta'_c / \cos\varphi) \quad \theta_k = \cos^{-1}(\cos\theta'_k / \cos\varphi)$$

(1) 倾斜平面上靶点视垂距 H

$$H = d \cdot \cos\theta_c = [(X_T - X_K)^2 + (Y_T - Y_K)^2 + (Z_T - Z_K)^2]^{1/2} \cdot \cos \left[\cos^{-1} \left(\frac{\cos\theta'_c}{\cos\varphi} \right) \right] \quad (4)$$

(2) 倾斜平面上靶点视水平距 S

$$S = d \cdot \sin\theta_c = [(X_T - X_K)^2 + (Y_T - Y_K)^2 + (Z_T - Z_K)^2]^{1/2} \cdot \sin \left[\cos^{-1} \left(\frac{\cos\theta'_c}{\cos\varphi} \right) \right] \quad (5)$$

2.3 分枝孔弯曲段全弯曲角与分枝孔总长度的计算

(1) 全弯曲角 γ

如图2,令 $KF=H'$, $FT=S'$ 则

$$S' = S \cos\theta_k - H \sin\theta_k$$

$$H' = S \sin\theta_k + H \cos\theta_k$$

重新设计定向孔下段到靶点的轨迹。

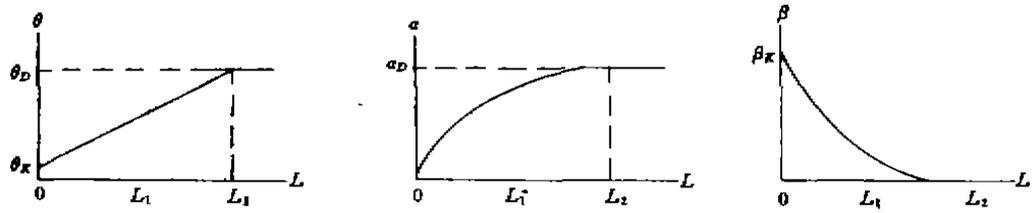


图3 分枝孔弯曲段顶角、方位角、造斜工具面向角随弯曲段长度变化情况

对孔身轨迹进行施工控制时,应注意:螺杆钻造斜钻具有反扭矩而产生扭转角;机械式连续造斜器因卡固机构不牢也会产生钻具偏转角。因此,造斜工具的实际面向角与理论计算数值往往有一定的差别。为消除差别,通常可用实际造斜结果反计算出造斜工具的实际面向角,然后计算出理论面向角与实际面向角的差值,在下一回次造斜时,采用理论计算值与这一差值的代数和,作为造斜工具定向时的面向角,并且采取同一造斜器和同一钻进规程。

实际面向角,然后计算出理论面向角与实际面向角的差值,在下一回次造斜时,采用理论计算值与这一差值的代数和,作为造斜工具定向时的面向角,并且采取同一造斜器和同一钻进规程。

4 视顶角法与坐标转换法及三角形法计算结果比较

3种方法计算结果比较表

已知条件	设计方法	弯曲段全弯曲角	弯曲段长度	直线段长度	分枝点造斜工具面向角
		$\gamma(^{\circ})$	$L_1(m)$	$L_2(m)$	$\beta_K(^{\circ})$
$K(22.63, 0, 509.29), T(80.87, 43.69, 808), \theta_K = 4.8^{\circ}, i = 0.4^{\circ}/m$	视顶角法	10.76	26.90	280.58	52.87
	坐标转换法	10.73	26.83	280.78	52.90
	三角形法	10.73	26.83	280.78	52.79
$K(34.86, 0, 98.48), T(134.90, 50, 597.72), \theta_K = 5^{\circ}, i = 0.4^{\circ}/m$	视顶角法	29.59	73.98	156.92	31.29
	坐标转换法	29.63	74.07	156.87	31.10
	三角形法	29.60	74.00	157.10	31.26

计算结果表明,视顶角法得到的各项主要设计数值与坐标转换法及三角形法完全相同。

由此可见,此种设计新方法思路合理,数据可靠,结论正确,为解决三维定向钻孔设计问题提供一个独特的途径,可推荐用于钻探生产。

参考文献

- 1 韩志勇. 定向井设计与计算. 北京:石油工业出版社, 1989.
- 2 吴光琳. 多孔底受控定向钻孔轨迹在倾斜平面内的设计. 四川地质学报, 1990, 10(1): 49~54.
- 3 胡志楠等. 受控定向钻探孔身轨迹设计新方法与控制工艺. 探矿工程, 1990, (3): 1~5.
- 4 Зивенко, В. 17. , Направленное бурение, недра, 1990.
- 5 Millheim, K. K. , et al. Applied Drilling Engineering, 1986.

New Designing and Construction Method for Controlling Hole Trajectory in three Dimensional Directed Drilling

Wu Guanglin

Making use of the inclined angle of an inclined plane is able to convert a spatial three dimensional designing into a two dimensional one on a plane. On the basis of this conception, a mathematical model for calculating the drill hole trajectory is established. Measures for controlling the hole trajectory are put forward. A comparative analysis of our designing method with other methods has also been made.