

定向钻孔轨迹变化规律研究与动态设计方法

黄才启

(安徽省地质矿产勘查局321地质队,安徽铜陵244033)

摘要:深部资源的勘探与开发离不开定向钻探,定向钻孔轨迹设计往往是成功实施的关键。定向钻孔设计首先必须科学研究定向钻孔轨迹变化规律。依据客观条件,合理选择模型,建立起函数关系,揭示出钻孔轨迹变化内在规律,提出了包含设计和检验于一体的动态跟踪设计方法。

关键词:定向钻孔;钻孔轨迹;全弯角;安装角;孔斜矢量

中图分类号:P634.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2011)05-0015-05

Study on Directional Borehole Trajectory and the Dynamic Design/HUANG Cai-qi (321 Geological Team, Bureau of Geology and Mineral Exploration of Anhui Province, Tongling Anhui 244033, China)

Abstract: The design of directional borehole trajectory plays very important role in successful exploration for deep resources. The changing law of directional borehole trajectory must be scientifically studied at first. According to the objective conditions, rational model selection was made and function relationship was established; the paper put forward the dynamic tracking design method containing the design and test.

Key words: directional borehole; borehole trajectory; all bending angle; installation angle; hole deviation vector

人类文明的发展越来越依赖于资源,资源的开发已向地球深部发展。深部资源的勘探与开发离不开定向钻进技术。定向钻孔轨迹是通过人工控制、干预、导斜来实现钻孔工程功能的。钻孔轨迹总是动态变化的,其完成过程则是“设计→控制(导斜)→检验→再设计→再控制→检验→……”动态跟踪进行的。定向设计是完成定向钻孔最关键最核心的工作,往往决定定向施工的成败。此前各类文献介绍较多的是一些简单的几何试算试画等近似设计法,这种经验性的方法,没能揭示出钻孔角度变化规律,具有较大的盲目性,实际工作中常导致斜效果不佳甚至得出错误的结果。笔者经过20余年的研究与实践,探讨定向钻孔轨迹变化规律的本原,建立起全新理念的设计方法,与同行探讨交流。鉴于不同勘探行业各自不同特点,本文仅界定于地质勘探范畴。

1 定向钻孔轨迹变化规律研究

钻孔轨迹通常用钻孔一些间断点处的空间切线矢量角度(俗称“钻孔角度”——钻孔顶角和方位角)运用一定数学模型近似拟合成的空间曲线描述。这一空间曲线可以简化理解为无数个不同空间平面内的不同曲率的小圆弧的连续线。基于这一理论观点和现行定向钻进控制技术,定向钻孔轨迹设

计模型完全有理由选择为某空间平面内“圆弧+切线”,由多个动态“圆弧+切线”组合(即“弯→直→弯→直……”曲线)达到设计目的,实现钻孔设计功能。

迄今为止,无论是施工前的方案设计还是施工中的导斜设计,所采用的简单几何作图(计算)法、赤平投影法、球面几何计算法等,都是定性的、经验的近似方法,都具有一定的盲目性,通常会增加轨迹控制工作,严重时导致认识错误和设计错误,最终造成中靶失败。许多工程技术人员使用这类方法指导实践往往不能成功,其主要原因就是没有掌握导斜钻孔角度变化机理及变化规律。因此深入研究定向钻孔轨迹变化规律,探讨科学的设计方法是十分必要的。

其实,从专业技术的角度来说,研究定向钻孔轨迹变化规律,其核心就是研究“人工干预导斜钻孔角度变化规律”,也就是定向钻孔设计与控制(即导斜设计)的方法研究。依据实际工程,选定模型,创建科学理论,建立函数关系,揭示内在规律,解决本原问题。

1.1 模型选择

钻孔轨迹模型选择需根据线型优点和地质勘探自身特点确定。

1.1.1 平面型曲线优点(相对于非平面空间曲线)

(1) 钻孔曲线最简洁;

收稿日期:2011-02-17;修回日期:2011-04-19

作者简介:黄才启(1964-),男(汉族),安徽怀宁人,安徽省地质矿产勘查局321地质队副总工程师、钻探工程公司经理,高级工程师,探矿工程专业,从事(特种)钻探工程技术研究、开发、应用与管理工,安徽省铜陵市狮子山区,hz321ahdk@126.com。

- (2)人工干预导斜工作量最少;
- (3)钻杆受力最简单最合理。

1.1.2 地质勘探自身特点

- (1)需全孔取心,不能长孔段无岩心钻进;
- (2)需回转钻进,钻孔角度不能连续大幅度变化;
- (3)钻杆抗弯强度、抗疲劳强度限制;
- (4)导斜工具适宜地层(完整、中硬)限制。

1.1.3 忽略弱相关因素

- (1)地层自然弯曲强度忽略不计(远小于导斜强度 i_0 1~2 个数量级),非导斜段近似为直线;
- (2)导斜强度近似不变(地层、钻进参数相对稳定同一),实现等曲率圆弧。

1.1.4 模型选择为

- (1)平面型等曲率圆弧+切线;
- (2)大曲度以同一平面多级次“弯→直→弯→直...”组合曲线实现。

1.2 坐标系建立

我们按图 1(a) 建立钻孔设计弯曲平面,钻孔轨迹动点 M 自导斜始点 O (或记 M_1),经圆弧终点 M_2 切向钻进至目标点 B ;这个平面也就是导斜工具面向平面。为研究需要,将直角坐标系及钻孔轨迹切向单位矢量(下称“孔斜矢量”)引入单位球体中,如图 1(b) 所示, $DM'E$ 为水平面, DME 为弯曲平面,动点 M 的孔斜矢量 OM 自 OM_1 运行至 OM_2 ,即孔斜矢量末点 M 沿球面大圆弧运动。就纯理论而言,孔斜矢量可自水平 OE (本文规定 OE 表示始向、 OD 表示终向)经 OM 最终至反方向 OD ($OE \pm 180^\circ$),即孔斜矢量 OM 在 DME 平面内有向变化,图示为方位右旋变化, $\Delta\alpha = \alpha_0 - \alpha$ 与 $\angle DOM = \gamma_M$ 同向减小,即 α 与 γ_M 呈反向关系;反之(即图示 D 点和 E 点对调),方位左旋变化, $\Delta\alpha = \alpha_0 - \alpha$ 与 $\angle DOM = \gamma_M$ 呈反向关系,即 α 与 γ_M 同向减小。总之 $|\Delta\alpha|$ 与 γ_M 同步减小。(其实,孔斜矢量 OM 并不限于在下半球平面内运动,可在上半球或上下半球中运动,本文不加讨论)。

由图 1(b) 和上述分析可知,平面内矢量夹角最小,即从导斜始点(孔斜矢量) OM_1 运行至目标 OM_2 所需的全弯曲角,以 OM_1 与目标点 OB 或 OM_2 确定的弯曲平面(即大圆平面)内最小,造斜工作量最少,孔身曲线最短,钻杆柱受力状态最好。

1.3 各角度参数函数关系及内在规律揭示

将图 1(b) 局部放大如图 2 所示,钻孔导斜各角

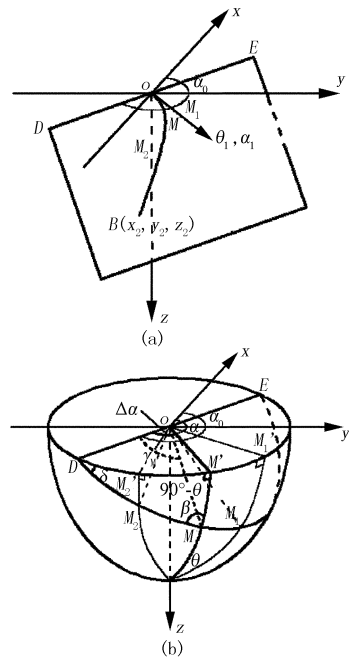


图 1 空间关系图

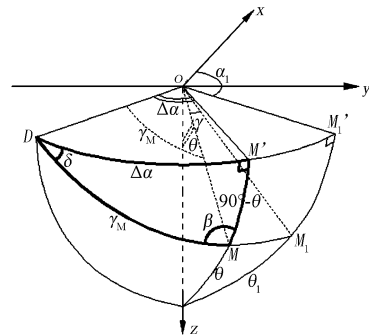


图 2 球面角度关系图

度参数关系均体现在球面直角 $\Delta DM'M$ 中(把握这个三角形极为重要,所有内在关系均体现在这个三角形中),根据纳皮尔法则,有:

$$\cos\theta = \sin\delta\sin\gamma_M \quad (1)$$

$$\tan\Delta\alpha = \cos\delta\tan\gamma_M \quad (2)$$

$$\tan\beta = \frac{1}{\tan\delta\cos\gamma_M} \quad (3)$$

$$\sin\theta = \frac{\cos\delta}{\sin\beta} \quad (4)$$

$$\cos\Delta\alpha = \frac{\cos\beta}{\sin\delta} \quad (5)$$

$$\cos\gamma_M = \frac{1}{\tan\delta\tan\beta} \quad (6)$$

$$\cos\gamma_M = \sin\theta\cos\Delta\alpha \quad (7)$$

式中: δ ——弯曲平面 DME 的倾角; γ_M —— OM 与目标水平线 OD 夹角,表示孔斜矢量发展至水平时所需的总弯曲角(又称“全弯曲角”); β ——导斜工具安装角,由式(6)可知, $\gamma_M = 90^\circ$ 时 $\beta = 90^\circ$ 。

由(1)~(7)式可知, θ, α 与 γ_M 和 β 之间为函数关系:

$$\begin{cases} \theta = f(\gamma_M) \\ \alpha = f(\gamma_M) \\ \beta = f(\gamma_M) \end{cases} \text{ 和 } \begin{cases} \theta = f(\beta) \\ \alpha = f(\beta) \end{cases}$$

于是就有 $\frac{d\theta}{d\gamma_M}, \frac{d\alpha}{d\gamma_M}, \frac{d\beta}{d\gamma_M} = f(\gamma_M)$ 及 $\frac{d\theta}{d\beta}, \frac{d\alpha}{d\beta} = f$

(β)关系。

这就是本文研究成果所在, 这就是我们所要掌握的定向导斜钻进孔斜矢量变化的内在规律。图 3 即是这些规律的揭示, 从图 3 中可知:

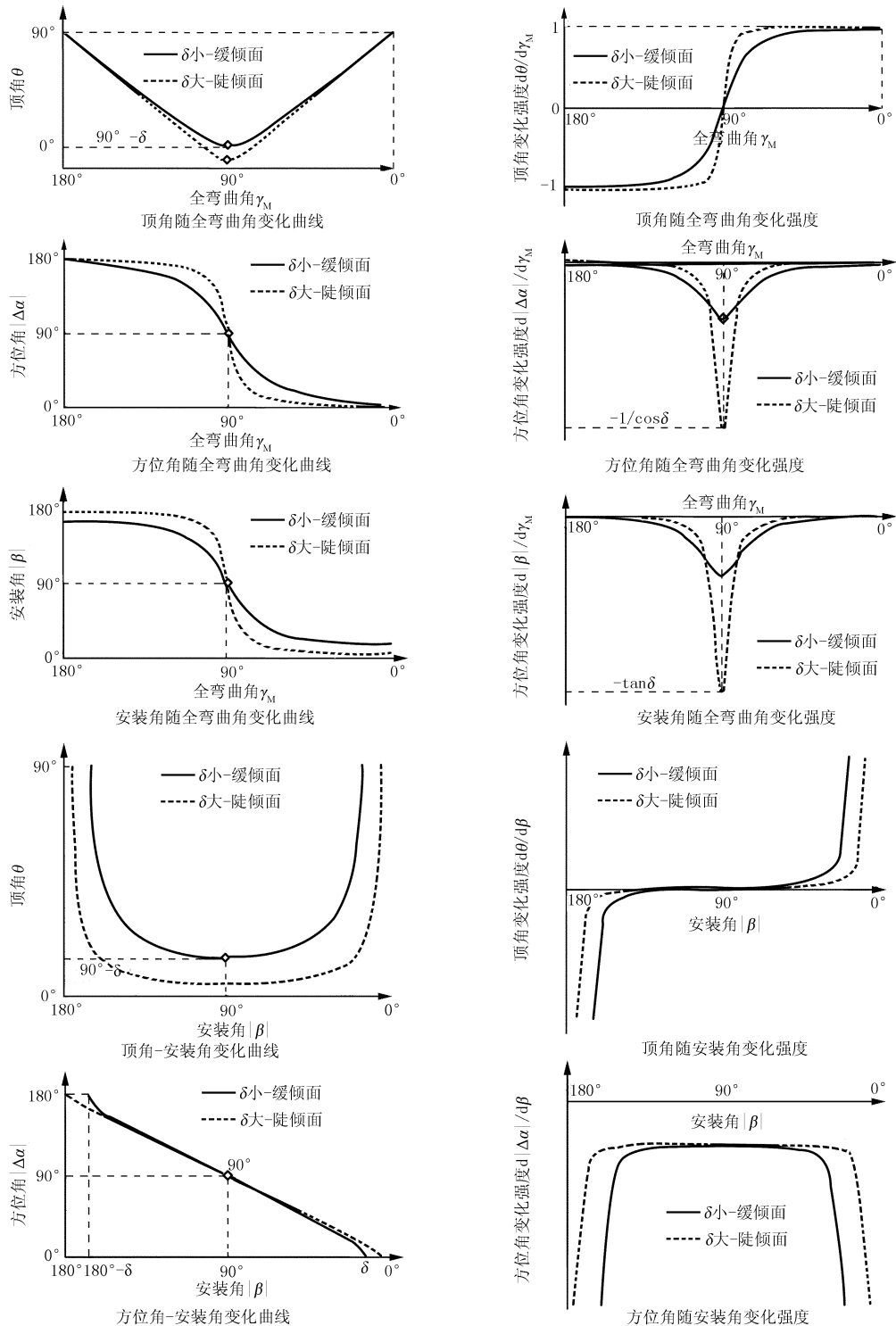


图 3 钻孔角度变化曲线组图

- (1) 孔斜变化和变化率均为非线性;
- (2) 钻孔方位极限趋向于 α_0 ;
- (3) 全弯曲角 $\gamma_M = 90^\circ$ 和安装角 $\beta = 90^\circ$ 附近方位角变化极快(变化率极大), 而顶角较小(变化率较小), γ_M 和 $\beta = 0^\circ$ 或 180° 附近则相反;
- (4) 平面倾角 δ 愈大, 平面愈陡, 变化率幅度大, 顶角变化快, 方位“突变”性大;
- (5) 导斜过程中, 顶角和方位角同时变化, 且变化率亦随之而变。

弯曲平面与水平面的交线 \overline{ED} 的走向方位即为导斜工具面向方位角 α_0 :

$$\alpha_0 = \tan^{-1} \left(-\frac{a}{b} \right) + 180k_1 \quad (0^\circ \leq \alpha_0 \leq 360^\circ, k_1 \text{ 为整数}) \quad (10)$$

由矢量 OM_1 和 OB 的水平分量(或 OM_2) 即可判定导斜弯曲方向(方位旋向), 从而确定工具面向方位角 α_0 (即确定 k_1 取值)。

弯曲平面倾角 δ (该平面法向矢量对 z 轴夹角, 如图 4) :

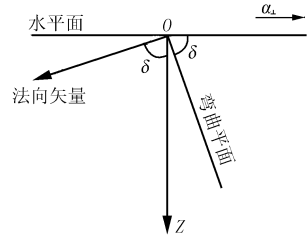


图 4 倾向立面图

$$\delta = \cos^{-1} \frac{c}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}} \quad (0^\circ \leq \delta \leq 90^\circ) \quad (11)$$

弯曲平面的倾向方位角:

$$\alpha_{\perp} = \alpha_0 \pm 90^\circ \text{ (方位右旋取“ - ”, 左旋取“ + ”)}$$

2.3 确定初始安装角 β_1

安装角是动态变化量 $\beta = f(\gamma_M)$, 实现导斜工作中常通过测定初始安装角来确定导斜工具的面向, 由式(5)知:

$$\beta_1 = \pm \cos^{-1} [\sin \delta \cos(\alpha_0 - \alpha_1)] \quad (12)$$

(方位右旋取“ + ”, 左旋取“ - ”)

2.4 确定导斜工作量

(1) 已知目标点坐标和导斜始点钻孔角度。

如图 2, 当 OM 从 OM_1 导斜至 OM_2 时, 全弯曲角 $\gamma = \angle M_1 OM_2 = \gamma_2$, 导斜达到目标值。钻孔空间几何关系如图 5。其中 P 为曲率中心, R 为曲率半径, $BM_1 \perp OM_1$, 可证得 $|BM_1| = \sqrt{a^2 + b^2 + c^2}$ 。

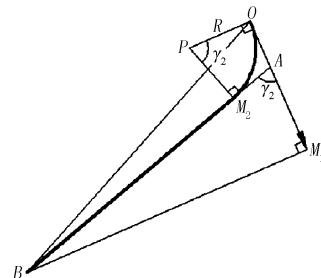


图 5 各点几何关系

由几何关系建立三角方程, 解得导斜所需全弯曲角 γ_2 为:

2 定向钻孔动态跟踪设计

由于钻孔轨迹变化非纯理论曲线, 一次性导斜难以完成控制工作, 所以钻孔轨迹需要跟踪控制, 设计工作必然动态跟踪。通常钻孔上部轨迹已形成, 设计只对控制下部轨迹进行, 钻孔角度和物理坐标都已知。仍然按图 1 将导斜始点设为坐标系原点, 这个坐标系即为动态坐标系, 设计工作即动态跟踪进行, 实现了微观过程和宏观结果的统一, 既可纠正偏离设计的轨迹, 又可实现非单一平面曲线钻孔。

2.1 确定弯曲平面

由解析几何知, 空间平面方程为: $ax + by + cz = 0$, 其中 a, b, c 为该平面法向矢量的一组方向数。

第一种情形: 已知目标点坐标和导斜始点钻孔角度。由 B 点或 $OB(x_2, y_2, z_2)$ 和 $OM_1(\sin\theta_1, \cos\alpha_1, \sin\theta_1, \sin\alpha_1, \cos\theta_1)$ 确定弯曲平面, 其法向矢量的一组方向数为:

$$\begin{cases} a = y_2 \cos\theta_1 - z_2 \sin\theta_1 \sin\alpha_1 \\ b = z_2 \sin\theta_1 \cos\alpha_1 - x_2 \cos\theta_1 \\ c = (x_2 \sin\alpha_1 - y_2 \cos\alpha_1) \sin\theta_1 \end{cases} \quad (8)$$

式中: a, b, c ——平面法向矢量的一组方向数, 为使这个矢量指向水平面下方, 计算中, 令 $c > 0$, 如果式(8)计算出 $c < 0$, 则同变 a, b, c 符号 ($c = 0$ 为垂直平面); θ, α ——动点 M 孔斜(钻孔角度); x_2, y_2, z_2 ——目标点坐标, 也是弯曲平面内一组方向数。

第二种情形: 已知目标钻孔角度和导斜始点钻孔角度。由孔斜矢量 OM_1 和 OM_2 也可按式(2)确定弯曲平面[将 OB 的方向数 (x_2, y_2, z_2) 替换成 OM_2 的方向数 $(\sin\theta_2, \cos\alpha_2, \sin\theta_2, \sin\alpha_2, \cos\theta_2)$]。

$$\begin{cases} a = \sin\theta_2 \sin\alpha_2 \cdot \cos\theta_1 - \cos\theta_2 \cdot \sin\theta_1 \sin\alpha_1 \\ b = \cos\theta_2 \cdot \sin\theta_1 \cos\alpha_1 - \sin\theta_2 \cos\alpha_2 \cdot \cos\theta_1 \\ c = (\cos\alpha_2 \cdot \sin\alpha_1 - \sin\alpha_2 \cdot \cos\alpha_1) \sin\theta_2 \cdot \sin\theta_1 \end{cases} \quad (9)$$

2.2 确定工具面向方位角 α_0

$$\gamma_2 = \sin^{-1} \frac{\rho}{\sqrt{\rho^2 - 2\rho + \varphi^2}} - \sin^{-1} \frac{\rho - 1}{\sqrt{\rho^2 - 2\rho + \varphi^2}} \quad (13)$$

$$\rho = \frac{R}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}} \quad (14)$$

$$\varphi = \frac{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}} \quad (15)$$

$$R = \frac{180/\pi}{i_0} = \frac{57.3}{i_0} \quad (16)$$

式中: i_0 ——导斜强度, $^\circ/m$ 。

(2) 已知目标钻孔角度和导斜始点钻孔角度。

根据球面 ΔZM_1M 边的余弦定律, 导斜所需全弯曲角 γ_2 为:

$$\gamma_2 = \cos^{-1} [\cos\theta_1 \cos\theta_2 + \sin\theta_1 \sin\theta_2 \cos(\alpha_2 - \alpha_1)] \quad (17)$$

导斜工作量 l_d :

$$l_d = \frac{\gamma_2}{i_0} \quad (18)$$

切线段长度 l_q :

$$l_q = \frac{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}}{\sin\gamma_2} - R \tan \frac{\gamma_2}{2} \quad (19)$$

从式(13) ~ (19)可以看出, 导斜强度 i_0 决定了 R 、 γ_2 、 l_d 、 l_q , 即决定了钻孔轨迹。生产中需要不断收集数据, 认真分析总结, 取得合适的 i_0 值十分必要。

2.5 确定目标钻孔角度

如图 2, 在球面 $Rt\Delta DM'M$ 中,

根据式(7)和(1)有:

$$\gamma_{M1} = \cos^{-1} [\sin\theta_1 \cos(\alpha_0 - \alpha_1)] \quad (20)$$

$$\cos\theta_2 = \sin\delta \sin\gamma_{M2} = \sin\delta \sin(\gamma_{M1} - \gamma_2)$$

$$\therefore \theta_2 = \cos^{-1} [\sin\delta \sin(\gamma_{M1} - \gamma_2)] \quad (21)$$

根据式(2)有:

$$\tan |\Delta\alpha_2| = \tan |\alpha_0 - \alpha_2| = \cos\delta \tan\gamma_{M2} = \cos\delta \tan(\gamma_{M1} - \gamma_2)$$

$$\therefore \alpha_2 = \alpha_0 \mu \tan^{-1} [\cos\delta \tan(\gamma_{M1} - \gamma_2)] + 180k_2 \quad (22)$$

(方位右旋取“-”, 左旋取“+”, $0^\circ \leq \alpha_2 \leq 360^\circ$, k_2 为整数)

将 $\gamma = \gamma_2 = i_0 \cdot l$ 代入式(21)、(22), 可初步预测孔斜 θ_M 、 α_M 值。

2.6 设计验算

设计正确, 应有:

$$a \sin\theta_2 \cos\alpha_2 + b \sin\theta_2 \sin\alpha_2 + c \cos\theta_2 = 0 \quad (23)$$

或:

$$\begin{cases} x_2 = R \tan \frac{\gamma_2}{2} \sin\theta_1 \cos\alpha_1 + \frac{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}}{\sin\gamma_2} \sin\theta_2 \cos\alpha_2 \\ y_2 = R \tan \frac{\gamma_2}{2} \sin\theta_1 \sin\alpha_1 + \frac{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}}{\sin\gamma_2} \sin\theta_2 \sin\alpha_2 \\ z_2 = R \tan \frac{\gamma_2}{2} \cos\theta_1 + \frac{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}}{\sin\gamma_2} \cos\theta_2 \end{cases} \quad (24)$$

2.7 导斜结果分析检验

导斜结果分析检验是动态跟踪设计方法必不可少的工作步骤, 为后续导斜工作提供修正依据和准确的设定数据。

(1) 由导斜始、终点孔斜矢量按式(9)求得实际平面方程系数:

$$\begin{cases} a' = \sin\theta_2 \sin\alpha_2 \cdot \cos\theta_1 - \cos\theta_2 \cdot \sin\theta_1 \sin\alpha_1 \\ b' = \cos\theta_2 \cdot \sin\theta_1 \cos\alpha_1 - \sin\theta_2 \cos\alpha_2 \cdot \cos\theta_1 \\ c' = (\cos\alpha_2 \cdot \sin\alpha_1 - \sin\alpha_2 \cdot \cos\alpha_1) \sin\theta_2 \cdot \sin\theta_1 \end{cases}$$

(2) 分析比较 α_0 与 α_0' , 确认工具面向是否准确, 定向是否正确:

$$\text{由式(10)计算实际 } \alpha_0' = \tan^{-1} \left(-\frac{a'}{b'} \right) + 180k_1。$$

(3) 分析比较 i_0 与 i_0' , 确定设定导斜强度是否准确:

$$\text{由式(17)求实际 } \gamma_2' = \cos^{-1} [\cos\theta_1 \cos\theta_2 + \sin\theta_1 \sin\theta_2 \cos(\alpha_2 - \alpha_1)], \text{再求实际导斜强度 } i_0' = \frac{\gamma_2'}{l_d}$$

(4) 分析导斜实际主要作用角度对象:

$$\text{分析} \begin{cases} \frac{d\theta}{d\gamma_M} = f_\theta(\gamma_M) \\ \frac{d\alpha}{d\gamma_M} = f_\alpha(\gamma_M) \end{cases} \text{和} \begin{cases} \frac{d\theta}{dl_d} = g_\theta(l_d) \\ \frac{d\alpha}{dl_d} = g_\alpha(l_d) \end{cases}$$

3 结论

研究定向钻孔轨迹变化规律, 实际就是研究钻孔空间几何形态与角度状态之间的有机关系, 定向钻孔无论采用哪种设计方法, 其导斜过程钻孔角度变化规律是客观的。深刻理解和掌握这一规律, 能够使定向钻孔总体规划设计和实战作业设计以及过程调整设计做到游刃有余、恰到好处, 可以最节省的工作量、最有效的实施点取得最完美的成果。

本文提出的设计方法, 依据充足, 符合实际, 本原规律清晰, 数学计算简捷, 较好地解决了地质勘探定向钻孔整体谋划与具体实施两不关联问题, 以整体一致宗旨、动态跟踪方式进行设计、控制、检验、修正, 实现定向钻孔工程目标。 (下转第 56 页)

几种防斜技术在宣页1井的试验应用

杨 力

(中国石化集团华东石油局,江苏南京210019)

摘要:宣页1井是一口评价页岩气资源潜力的探井,设计垂深2570 m,该井主要钻遇中生界地层,岩性致密,可钻性极值达8~10级,地层倾角45°左右。在分析塔式钻具、偏心钻具、复合钻进、垂直钻井等防斜技术防斜机理的基础上,重点介绍了各种防斜技术在该井试验应用试验情况,并针对各种防斜技术的应用效果进行了评价。

关键词:宣页1井;防斜;塔式钻具;偏心钻具;复合钻进;垂直钻井

中图分类号:TE242 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2011)05-0037-02

Experimental Application of Deviation Control Technologies in Xuanye Well 1/YANG Li (East China Petroleum Bureau, SINOPEC, Nanjing Jiangsu 210019, China)

Abstract: As an exploration well, Xuanye Well 1 was designed 2570m in vertical depth for shale gas resource potential evaluation. The construction was mainly drilling in the Mesozoic-Paleozoic formation with dense lithology, drillability extreme of 8~10 and formation dip about 45°. Based on the analysis on the technology and the mechanism of deviation control with tower-type drilling tool, eccentric drilling tool, compound drilling and vertical well drilling; the paper introduced the experimental application of all kinds of deviation control technologies in Xuanye Well 1, and the application effects of all kinds of deviation control technologies were evaluated.

Key words: Xuanye Well 1; deviation control; tower-type drilling tool; eccentric drilling tool; compound drilling; vertical well drilling

石油钻井中的直井防斜一直是一项未能根本解决的技术难题,是制约钻井降本增效的“瓶颈”。几十年来,国内外的直井防斜技术发展迅速,针对不同地层特点呈现出多种多样的防斜纠斜技术。主要分有3类,即:静力学防斜、动力学防斜和工具防斜。静力学防斜有满眼钻具组合防斜技术、钟摆钻具组合防斜技术等,动力学防斜有偏轴(心)组合防斜技术、柔性组合防斜技术、复合钻进防斜技术等,工具防斜技术有自动垂直钻井系统等^[1]。宣页1井在施工过程中,针对上述几类防斜技术进行试验应用,并取得了一定的现场经验,为高陡、高研磨性地层防斜打直提供了良好的借鉴作用。

1 工程概况

宣页1井为直井,设计井深2570 m,钻遇地层有第四系;奥陶系上统于潜组、黄泥岗组,中统硯瓦山组、胡乐组、牛上组,下统宁国组、印渚埠组;寒武系上统西阳山组、华严寺组,中统杨柳岗组、大陈岭组,下统荷塘组;震旦系上统西尖山组。其中荷塘组为本井主要目的层,岩性为黑色泥岩与含硅质泥岩互层。设计井身结构为:一开采用 $\varnothing 444.5$ mm 钻头

钻穿第四系至井深120 m;二开采用 $\varnothing 311.1$ mm 钻头钻至杨柳岗组底界2040 m,三开采用 $\varnothing 215.9$ mm 钻头钻穿荷塘组底部完钻。井底最大位移要求不大于80 m。

2 塔式钻具防斜技术

钻具组合: $\varnothing 311.1$ mm 钻头 + $\varnothing 203.2$ mm 钻铤 $\times 52$ m + $\varnothing 177.8$ mm 钻铤 $\times 17$ m + $\varnothing 165.1$ mm 无磁钻铤 $\times 9$ m + $\varnothing 127$ mm 钻杆;钻进参数:钻压6~8 kN,转速50 r/min;应用井段:124.50~210.27 m;钻进地层:宁国组、印渚埠组。

使用效果:最大井斜 3.06° ,平均机械钻速2.05 m/h。

塔式钻具组合在直井段内所产生的侧向力,存有一种微弱的增斜力,但随着井斜的增加则可产生出较大的降斜率,且在不同钻压下基本保持常量^[2]。实践效果表明,塔式钻具组合具钟摆的防斜机理,虽不能保证一个较小角度的井斜角,但也不致使井斜角过大。由此可以说明,在复杂地区,尤其是地层倾角较大、易斜井段较长时,单纯地使用塔式钻具组合不足以能够很好地控制井斜。再则该项技术

收稿日期:2011-11-29

作者简介:杨力(1964-),男(汉族),湖南临澧人,中国石化集团华东石油局副总工程师兼工程院院长、高级工程师,钻探工程专业,硕士,从事石油钻井技术及管理工作,江苏省南京市江东中路315号中泰国际广场6号楼,yangli95098@sohu.com。

钢筋混凝土预制接头一般分节制作,在槽口分段吊装,采用预埋钢板焊接连接。施工中要求槽壁垂直度好,一旦不能下放到位,需将整个桩体拔出,在整体拔出时一定要考虑由于拔出泥浆面的部位丧失了泥浆的浮力而使自重加大,需要认真计算起吊设备的起拔能力,避免出现起吊设备失稳的情况。

钢筋混凝土预制接头适用于超深、超厚的地下连续墙工程,如墙深超过30 m或厚度在1.0 m以上的地下墙,更适用于“双墙合一”的地下结构工程。如我公司承担施工的“宝钛股份万吨自由锻压机设备基础基坑支护工程”,该工程地下连续墙设计墙厚0.8 m,墙深35 m,基坑开挖深度约20 m,为“双墙合一”的结构墙,采用的是工字形钢筋混凝土预制接头。当时主要是综合考虑了接头的防绕流性能、止水效果、整体刚度、施工工期、工程造价等几方面的因素而采用的。实践证明,钢筋混凝土预制接头能较好地防止混凝土绕流、减少基坑开挖过程中的渗漏水,保证基坑的开挖安全,提高施工进度,节约工程造价。

5 结语

地下连续墙接头形式种类繁多,各有其优缺点,都不够完善,需综合地质条件、结构受力特点、施工设备、工程造价、地理环境等多方面的因素综合分析来选择接头形式。随着我国地下连续墙应用的越来越多,尤其是近几年各大城市地铁的相继修建,地下连续墙接头的设计和施工也必将日趋完善和成熟。

参考文献:

- [1] 谭少珩.超深地下连续墙施工技术[J].铁道建筑,2008,(5):26-28.
- [2] 陈令强,朱晨阳.新型地下连续墙接头的开发与应用[J].市政技术,2007,25(1).
- [3] 孙立宝.超深地下连续墙施工中若干问题探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(2):51-55.
- [4] 孟昭辉,宋永智,等.新天津站地下连续墙施工技术综述[J].天津建设科技,2008,(6):32-35.
- [5] 李海光,李强,等.预制接头桩技术在地下连续墙中的应用[J].建筑施工,2003,(9).

(上接第38页)

(2)采用偏心接头、偏轴组合等离心力防斜打直技术,其结构简单,操作安全方便,一定程度上能够缓解大尺寸井眼的井斜问题,并保证一定的机械钻速,但防斜效果不明显。

(3)复合钻进防斜技术是一种能很好地解决大倾角地层井斜问题的技术手段,现有工具配套成熟,技术较为完善,具备高效纠斜能力,但施工中易致轨迹出现“狗腿弯”。

(4)目前解决大倾角地层井斜问题的最有效手段就是采用垂直钻井技术,能够实现主动防斜、纠斜,效果明显,但成本较高。

实践表明,防斜打直技术较多,各具优势和不足,需根据不同地层和钻井特点进行优选。

足,需根据不同地层和钻井特点进行优选。

参考文献:

- [1] 苏义脑.油气直井防斜打快技术理论与实践[M].北京:石油工业出版社,2003.
- [2] 隆威,卫军刚.柔性纠斜防斜钻具组合的应用研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(1):50-52.
- [3] 夏宏南,王小建,戴俊,等.偏轴防斜钻具井底钻具组合受力分析模型的建立[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(10):39-42.
- [4] 吴允.螺杆防斜快速钻井机理探索[J].钻采工艺,2002,25(5),15-16.
- [5] 杨剑锋,张绍槐.旋转导向闭环钻井系统[J].石油钻采工艺,2003,25(1):1-5.

(上接第19页)

参考文献:

- [1] 黄才启,刘良根.深部矿产勘探与受控定向钻进技术方法思考[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(S1).
- [2] 黄才启,朱永宜.受控定向钻孔轨迹设计方法[J].探矿工程,1991,(5).
- [3] 黄才启.定向造斜中安装角与控制参数间关系及其意义[A].地球科学进展学术讨论会论文摘要汇编,献给中国地质大学校庆四十周年(1952-1992)[C].湖北武汉:中国地质大学出版社,1992.
- [4] 吴光琳,汤顺德.钻孔弯曲和定向钻探[Z].四川成都:成都地质学院,1984.

- [5] 叶其孝,沈永欢.实用数学手册[M].北京:科学出版社,2006.
- [6] 黄才启,朱永宜.冬瓜山铜矿床多孔底定向钻探技术[A].探矿工程科技进步100例[C].北京:地震出版社,1998.
- [7] 齐瑞忱.造斜工具安装角的确定方法[J].探矿工程,1991,(5).
- [8] 罗刘明.对“受控定向钻探孔身轨迹设计新方法与控制工艺”一文中两个公式的商榷[J].探矿工程,1991,(5).
- [9] 皇甫全为.受控定向钻探在强导斜地层勘查中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(10).