

基于 EXCEL 的定向钻井应用程序及其工程应用

刘海翔¹, 向军文², 刘志强¹

(1. 中国地质科学院勘探技术研究所, 河北 廊坊 065000; 2. 中国地质大学(北京), 北京 100086)

摘要:定向钻井轨迹设计及控制软件较多, 为方便工程现场应用, 采用 EXCEL 计算公式及绘图功能, 编制了 EXCEL 在定向对接井的应用程序, 通过工程实例, 说明 EXCEL 能满足定向对接连通井计算精度要求。该程序简单易用, 通过与地层信息相联, 可及时判断轨迹穿过地层情况, 大大地减少水平落平点失误。其 EXCEL 在定向对接连通井方面的应用, 对长距离水平定向井、定向井和非开挖工程精确设计和施工具有指导意义。

关键词: EXCEL 程序; 定向钻井; 对接井; 轨迹

中图分类号: TE243 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2010)02-0014-03

Directional Drilling Program Based on Excel and Its Application/LIU Hai-xiang¹, XIANG Jun-wen², LIU Zhi-qiang¹

(1. The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China; 2. China University of Geo-sciences (Beijing), Beijing 100086, China)

Abstract: There are a lot of softwares available for directional drilling trajectory design and control. Based on the Excel calculation formula and graphical functions, Excel program of directional intersected well was compiled for convenient application, which was proved by field applications that it could satisfy the calculation accuracy for directional intersected well. This simple and easy program provides real-time decision of drilling trajectory through formation by the relation of formation information with the error greatly reduced at the end of the build-up portion. Application of Excel in directional intersected well is instructive to the accurate design and construction of long-reach horizontal directional well, directional well and trenchless engineering.

Key words: EXCEL program; directional drilling; intersected well; drilling trajectory

定向钻井有许多数据需要及时处理, 并及时反馈定向钻井各参数的合理性。如前期井位坐标与磁方位、钻井轨迹设计、定向控制参数确定及定向钻井轨迹与地层的关系等。以前我们也用过相关的定向钻井软件, 一是较复杂, 需要较专业技术人员操作; 二是信息反馈不及时。本文根据 EXCEL 具有的计算与绘图特性, 结合工程实例, 编制了适用的 EXCEL 定向钻井应用程序。

1 前期数据处理

在已知井口井位地理坐标及勘探矿靶点坐标情况下, 可采用 EXCEL 基本公式计算出井与靶点的连线方位、距离和高差。在此计算中, 主要考虑有井的连线方位 ΔF , 其公式为:

$$\Delta F = \varphi_0 \pm \varphi \pm \gamma \quad (1)$$

式中: φ_0 ——计算地理连线方位, ($^\circ$); φ ——当地磁偏角(东加, 西减) ($^\circ$); γ ——井口子午线收敛角(东加, 西减), ($^\circ$)。

以此, 工程中编制 EXCEL 见图 1 所示。



图 1 EXCEL 初期定向数据处理

2 定向钻井轨迹设计计算与定向控制参数

定向钻井轨迹计算方法主要有 6 种, 其中直线法为正切法、平均角法、校正平均角法; 曲线法为平衡正切法、最小曲率法和曲率半径法。除正切法误差较大较少应用外, 其它方法均有使用。经实际试

收稿日期: 2009-12-03

作者简介: 刘海翔(1967-), 男(汉族), 湖北洪湖人, 中国地质科学院勘探技术研究所工程师, 探矿工程专业, 从事钻探技术科技信息研究及新技术开发工作, 河北省廊坊市金光道 77 号; 向军文(1967-), 男(汉族), 湖北黄梅人, 中国地质大学(北京)博士后, 教授级高级工程师, 地质工程专业, 从事定向钻进技术研究与开发工作, 北京市海淀区学院路 29 号, xiangjunwen@vip.sina.com。

算及资料表明,这几种计算方法所引起的定向误差较小,为此,为便于检验验算,本文在轨迹计算上主要选用校正平均角法和最小曲率法。

校正平均角法:

$$\Delta x = \Delta l [1 - k(\Delta\alpha^2 + \Delta\theta^2)] \sin\left(\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}\right) \sin\left(\frac{\theta_1 + \theta_2}{2}\right)$$

$$\Delta y = \Delta l [1 - k(\Delta\alpha^2 + \Delta\theta^2)] \sin\left(\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}\right) \cos\left(\frac{\theta_1 + \theta_2}{2}\right) \quad (2)$$

$$\Delta z = \Delta l (1 - k\Delta\alpha^2) \cos\left(\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}\right)$$

最小曲率法:

$$\Delta x = \Delta l (\sin\alpha_1 \sin\theta_1 + \sin\alpha_2 \sin\theta_2) \rho$$

$$\Delta y = \Delta l (\sin\alpha_1 \cos\theta_1 + \sin\alpha_2 \cos\theta_2) \rho \quad (3)$$

$$\Delta z = \Delta l (\cos\alpha_1 + \cos\alpha_2) \rho$$

$$\rho = (1/\Delta r) \tan(\Delta r/2)$$

式中: Δx 、 Δy 、 Δz ——测点坐标增量, m; Δl ——两测

点测距, m; Δr ——全角变化率, 弧度; α_1 、 θ_1 ——上测点井斜角和方位角, ($^\circ$); α_2 、 θ_2 ——下测点井斜角和方位角, ($^\circ$); $\Delta\alpha$ 、 $\Delta\theta$ ——上下测点井斜角和方位角改变量, ($^\circ$); $k = 1.269 \times 10^{-5}$ 。

设计轨迹及工程应用中,根据轨迹要求确定造斜率,并根据实钻结果及时检查造斜率。要控制好井身轨迹,需要计算造斜工具角并及时检查工具角。

造斜率公式:

$$i = \Delta r / \Delta l \quad (4)$$

工具角公式:

$$w = \arccos \frac{\cos\alpha_1 \cos\Delta r - \cos\alpha_2}{\sin\alpha_1 \sin\Delta r} \quad (5)$$

式中: w ——造斜工具角, ($^\circ$); 其它符号同上。

根据以上计算关系式,可以采用 EXCEL 编制如图 2 所示计算及验算程序。

井深 (m)	顶角 (°)	方位角 (°)	井深 (m)	顶角 (°)	方位角 (°)	工具角 (°)	造斜率 (°/m)	对比 X (m)	对比 Y (m)	X 计算值 (m)	Y 计算值 (m)	垂深 (m)
0.01	0.01	15.23	0.01	0.01	15.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
277.00	4.60	13.55	277.00	4.70	15.23	0.05	0.44	1.33	-0.04	1.33	-0.04	-276.98
287.00	9.00	13.65	287.00	9.20	15.23	0.15	0.44	2.52	-0.07	2.52	-0.07	-286.91
297.00	13.40	13.75	297.00	13.70	15.23	0.25	0.44	4.46	-0.13	4.46	-0.13	-296.72
307.00	17.80	13.85	307.00	18.20	15.23	0.35	0.44	7.15	-0.19	7.15	-0.19	-306.35
317.00	22.20	13.95	317.00	22.70	15.23	0.45	0.44	10.57	-0.27	10.57	-0.27	-315.75
327.00	26.60	14.05	327.00	27.20	15.23	0.54	0.44	14.70	-0.36	14.70	-0.36	-324.85
328.00	27.04	14.15	328.00	27.65	15.23	0.585	0.44	15.15	-0.37	15.15	-0.37	-325.75
329.00	27.48	14.25	329.00	28.10	15.23	0.594	0.44	15.61	-0.38	15.61	-0.38	-326.64
330.00	27.92	14.35	330.00	28.55	15.23	0.603	0.44	16.07	-0.39	16.07	-0.39	-327.52
331.00	28.36	14.45	331.00	29.00	15.23	0.612	0.44	16.54	-0.39	16.54	-0.39	-328.40
332.00	28.80	14.55	332.00	29.45	15.23	0.621	0.44	17.02	-0.40	17.02	-0.40	-329.28
333.00	29.24	14.65	333.00	29.90	15.23	0.629	0.44	17.51	-0.40	17.51	-0.40	-330.16
334.00	29.68	14.75	334.00	30.35	15.23	0.638	0.44	18.00	-0.41	18.00	-0.41	-331.03
335.00	30.12	14.85	335.00	30.80	15.23	0.646	0.44	18.50	-0.41	18.50	-0.41	-331.89
336.00	30.56	14.95	336.00	31.25	15.23	0.655	0.44	19.00	-0.42	19.00	-0.42	-332.76
337.00	31.00	15.05	337.00	31.70	15.23	0.663	0.44	19.51	-0.42	19.51	-0.42	-333.62
338.00	31.44	15.15	338.00	32.15	15.23	0.672	0.44	20.03	-0.42	20.03	-0.42	-334.47
339.00	31.88	15.25	339.00	32.60	15.23	0.680	0.44	20.56	-0.42	20.56	-0.42	-335.32

图 2 定向轨迹设计与定向控制计算程序图

图中对比为校正平均角法,计算值为最小曲率法。采用 EXCEL 进行定向设计优势可采用 EXCEL 下拉菜单,具备方便快捷特点,利于及时对比实际轨迹与设计轨迹。并可根据实钻井斜和方位计算出的工具面角及造斜率,与设计值进行对比,及时判断或调整后续钻井井眼轨迹定向控制参数,尽量减少定向控制失误。

3 利用 EXCEL 绘图功能实现定向轨迹与地层相结合

为实现定向井落平点可靠地落在主矿层中,最

好采用地质导向钻井系统,它可直接及时反应钻头处的地质信息。但实际钻进工程中,并不是都有机会利用它。如何利用现有条件,能尽量减少因落平点失误而导致的分支工作量呢? EXCEL 的及时计算及绘图功能,可以实现定向轨迹与地层相结合功能。

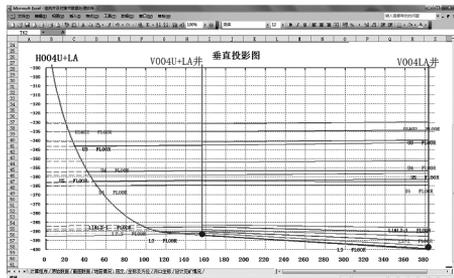
首先将附近井的地质信息建立档案,并将本井已知的地质信息及时输入(如图 3 所示),从而完成原始数据处理。

再利用 EXCEL 绘图功能,建立轨迹计算与绘图联系,将已知井的主要地层信息添加到图中,即可实

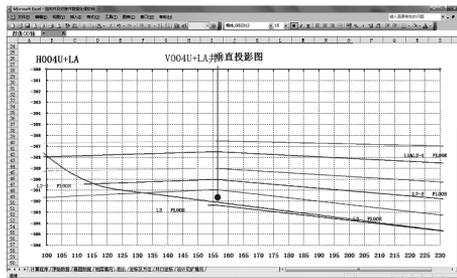
井名	A	B	C	D	E	F
矿层及基本数据						V004LA井
V004U+LA井矿层(设计数据)						比
矿名	L3	两井相距	155.99			V004U+LA井
顶板		井口坐标	449772.09			高
底板			402832.54	855.96		
H004LA井矿层(设计数据)						16.82
矿名	L3	井口坐标	449626.29			水平距离
顶板			402777.08	858.82		
底板						227.33
H井比V井高及方位						2.86
H004LA井						V004U+LA井
H004LA井						V004LA井
矿名(顶/底)	顶	底	顶	底	顶	底
337.00	19.51	333.52	339.99	346.58	346.58	346.58
342.00	22.17	337.85	335.04	351.13	351.13	351.13
矿名(顶/底)	顶	底	顶	底	顶	底
349.00	26.16	343.50	349.88	356.53	356.53	356.53
352.00	27.96	346.09	342.58	359.93	359.93	359.93
矿名(顶/底)	顶	底	顶	底	顶	底
363.00	35.04	354.42	351.87	367.96	367.96	367.96
371.00	40.71	360.05	356.60	373.56	373.56	373.56
矿名(顶/底)	顶	底	顶	底	顶	底
374.00	42.93	362.07	358.95	374.96	374.96	374.96
379.00	46.73	365.92	361.85	379.21	379.21	379.21
矿名(顶/底)	顶	底	顶	底	顶	底
380.00	47.51	365.95	362.35	379.60	379.60	379.60
383.00	49.86	367.81	364.45	381.45	381.45	381.45
矿名(顶/底)	顶	底	顶	底	顶	底
432.00	93.42	389.50	386.49	404.73	404.73	404.73
437.00	98.26	390.84	387.49	407.48	407.48	407.48
矿名(顶/底)	顶	底	顶	底	顶	底
443.00	104.13	392.08	389.00	409.64	409.64	409.64
451.00	112.03	393.31	390.00	412.19	412.19	412.19
矿名(顶/底)	顶	底	顶	底	顶	底
463.00	123.99	394.21	390.94	414.84	414.84	414.84
503.00	167.97	405.61	392.34	416.84	416.84	416.84

图3 原始数据处理

现实时定向钻井轨迹与地层间关系(如图4a所示)。同时,为更好地了解局部钻井轨迹与地层间关系信息,可利用EXCEL可缩小放大功能,改变坐标设置(图4b为放大区)。



(a)



(b)

图4 定向轨迹与地层关系及局部放大图

4 工程实例

自2005年至今,采用此程序已在土耳其完成定向对接连通井30多对,尽管没有地质导向系统,在主矿层只有不到2m、水平段长度>200m的情况下,采用EXCEL程序及时计算轨迹和对地层信

息,基本都没出主矿层。因此,所有对井采矿浓度均达到土耳其业主要求。而且,采用EXCEL编制的程序简单易用,普通工人就能操作,进行定向控制和轨迹计算,并及时进行纠偏,从而大大地提高了工作效率,减少不必要的失误,减轻了技术人员劳动强度。

5 结语

(1)采用EXCEL进行定向钻井轨迹设计和施工简单易用,精度可满足对接连通井要求。

(2)利用EXCEL直观性可及时反馈定向钻进信息,利于及时调整定向轨迹参数,减少定向失误率。

(3)将轨迹与地层相结合,可及时判断轨迹的合理性,减少水平落平点的失误。

参考文献:

- [1] 江天寿,周铁良,等.受控定向钻探技术[M].北京,地质出版社,1994.
- [2] 向军文.关于定向井数据的精确处理问题探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(9):37-38.
- [3] 韩志勇.关于子午线收敛角校正问题[J].石油钻探技术,2006,34(4):1-4.
- [4] 杨涛.定向井井身轨迹的计算方法[J].中国煤炭地质,2009,21(1):74-75.
- [5] 向军文,胡汉月,刘志强.土耳其天然30对对接井钻井工程[J].中国井矿盐,2007,38(5):25-28.
- [6] 张明.采用国产钻机和有线导向仪穿越黄浦江施工技术[J].探矿工程,2004,34(7):22-24.

宁波甬江左线特大桥开建

中国交通报2010-01-27消息 日前,宁波铁路枢纽工程开工,其中甬江左线特大桥同时开建。

中铁四局承建的宁波铁路枢纽北环线具有桥梁比重高、长大桥梁多、重点工程难度大等特点。桥梁占线路全长的81%,桥梁数量多、比重高,且有大跨度系杆拱、大跨度连续箱梁、斜拉桥等特殊结构,施工难度大。全标段共有特大桥共6座,总长度长38km。其中甬江左线特大桥长度近15公里,小浞江特大桥、鄞县大道右线特大桥、鄞县大道左线特大桥长度均超过5km,单体长度大。

由中铁四局二公司承建的甬江左线特大桥长度近15km,该桥在国内首次采用大跨度钢混合梁斜拉桥结构,结构设计新颖,具有独创性,大量采用了新技术、新结构、新材料、新工艺,充分体现我国铁路桥梁的建设水平。该桥主桥设计为全长909.1m的双线铁路斜拉桥,主跨468米一跨过江,索塔高177.9m,工程规模大。该桥主桥钢混结合段采用的大孔径140m深钻孔成桩、索塔整体钢锚箱、斜拉桥线形控制等技术的科技含量均在国内处于前列。