

地层自然造斜规律在 P103-2 井中的应用^{*}

董世明^{1,2} 吕国胜² 张克勤² 舒尚文² 王清远¹

(1. 四川大学建筑与环境学院 2. 中国石化中原油田钻井工程技术研究院)

董世明等. 地层自然造斜规律在 P103-2 井中的应用. 天然气工业, 2008, 28(8): 73-75.

摘 要 普光气田是中国石油化工集团公司重要的油气勘探战略接替区。该地区由于地质构造复杂, 地层倾角大, 地层自然造斜能力强, 严重制约了该地区勘探目的的顺利实现。为了在普光气田 P103-2 井施工中充分利用地层自然造斜规律, 在普光气田地层自然造斜规律研究的基础上, 对 P103-2 井的钻井施工方案(如造斜点、井身剖面、钻井参数等)进行了精心优化设计。现场实钻结果表明: P103-2 井根据实钻的井身轨迹合理调整造斜点、井身剖面和钻井参数, 充分利用地层的自然造斜特性, 尽量减少定向或扭方位等工作, 从而达到了提高钻井速度的目的。

主题词 深井 普光气田 地层 造斜规律 应用

多年来钻井施工过程获取的定性结论表明^[1-4]: 在石油与天然气的钻探工作中, 常规实钻井眼与地层产状之间存在着十分密切的内在联系, 对于不采用专用井下工具施工的定向井井眼, 其井斜方位和位移的大小, 严格地受控于地层倾角和倾向的大小, 且规律性很强, 人们通常将这种规律称为地层自然造斜规律。地层自然造斜规律是定向井、丛式井井眼轨迹控制和直井防斜打直的基本地质依据。分析和掌握地层自然造斜规律可以避免井下复杂事故的发生, 从而提高钻速、降低钻井成本。

普光气田是中国石化集团公司重要的油气勘探战略接替区。该地区由于地质构造复杂, 地层倾角大, 地层自然造斜能力强, 严重制约了该地区勘探目的的顺利实现。因此, 在普光气田开展地层自然造斜规律及其应用研究对于加快普光气田乃至整个川东北地区的勘探开发步伐具有重要的现实意义。中国石化川东北先导试验项目“利用地层自然造斜规律进行井身轨迹设计技术试验研究”正是在上述背景下提出的。该项目由中原油田钻井工程技术研究院承担, 自 2006 年下半年开展工作以来, 先后对普光、毛坝和大湾地区的地层自然造斜规律进行了详细地、系统地分析研究^[1]。该成果先后在 P103-1 井、P104-3 井等 8 口井的钻井设计中得到应用; 利用中原油田钻井工程技术研究院在普光气田进行定向

井技术服务的便利条件将该成果在 P103-2 井、P302-3 井和 P304-3 井上进行了现场应用, 取得了良好的经济效益。现以 P103-2 井为例, 对地层自然造斜规律的应用效果进行总结分析。

一、P103-2 井基本设计数据

P103-2 井是一口双靶定向井, 目的层为飞仙关组、长兴组; 第一次开钻设计井深为 500 m, 第二次开钻设计井深为 4 129 m, 第三次开钻设计垂深为 5 859 m; I 靶(靶点 A)设计垂深为 5 459 m, 水平位移为 587.59 m, 方位角为 $284^{\circ}10'32''$, 靶区半径为 50~80 m; II 靶(靶点 B)设计垂深为 5 734 m, 水平位移为 812.69 m, 方位角为 $284^{\circ}31'49''$, 靶区半径为 50~80 m; 设计剖面类型为三段制剖面, 其设计数据如表 1 所示。

二、钻井施工方案设计

1. 地层自然造斜规律调研

为了优质、快速地钻达目的层, 决定在 P103-2 井钻井工程设计和普光气田地层自然造斜规律的基础上, 对 P103-2 井的钻井施工方案进行适当调整。为此, 我们首先查出了 P103-2 井在普光气田构造井位图上的位置, 发现该井位于普光 2 井和普光 4 井的中间地带。因此, 根据普光 2 井、普光 4 井地层自然

^{*} 本文受到中国石化集团公司川东北先导试验项目(编号: GCQ-07-ZS-0017)的资助。本文作者还有中原油田钻井工程技术研究院的刘匡晓、王志远、刘明国。

作者简介: 董世明, 1963 生, 教授, 博士, 中原油田博士后工作站在站博士后; 从事断裂力学、岩石力学、钻井管柱力学、冲击动力学的教学和研究工作。地址: (610065) 四川省成都市武侯区。电话: (028) 85466186。E-mail: smdong@126.com

表1 P103-2 井井身轨道设计表

井深 (m)	井斜 (°)	方位 (°)	垂深 (m)	+N/-S (m)	+E/-W (m)	全角变化率 [(°)/100 m]	造斜率 [(°)/100 m]	靶点
0.00	0.00	284.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4 604.93	0.00	284.18	4 604.93	0.00	0.00	0.00	0.00	
4 867.00	39.31	284.18	4 846.92	21.17	-83.80	15.00	15.00	
5 658.08	39.31	284.18	5 459.00	143.90	-569.70	0.00	0.00	A
6 013.50	39.32	286.74	5 734.00	203.90	-786.70	0.46	0.00	B
6 175.07	39.32	286.74	5 859.00	233.38	-884.74	0.00	0.00	

自然造斜方向的有关数据,对 P103-2 井不同层段的地层自然造斜方向进行了预测,其结果如表 2 所示。

表2 P103-2 井不同层段地层自然造斜方向预测值表

地 层	参照井		预测井
	普光 2 井	普光 4 井	P103-2 井
遂宁组		270°	270°
上沙溪庙组	230°~250°	240°~260°	235°~255°
下沙溪庙组	300°	240°~260°	260°~270°
千佛崖组	300°	265°	270°
自流井组	290°	270°~295°	270°~290°
须家河组	290°~350°	40°	
雷口坡组	350°~220°	340°	
嘉陵江组	扭方位	扭方位	
飞仙关组	200°~210°	320°~360°	290°~300°
长兴组	220°	340°	290°~300°
龙潭组	225°	340°	290°~300°

2. 钻井施工方案设计

根据钻井工程设计和以上预测的地层自然造斜方向,决定实施如下技术方案:

(1)为了保证搞好上部井段的防斜打直工作,决定在上部层段,即上沙溪庙组、下沙溪庙组、千佛崖组和自流井组,采用在川东北地区防斜打直效果较好且钻速较快的空气钻井技术,其钻具组合与钻井参数如下:

Ø314 mm 空气锤×2.24 m+630×731 接头×0.47 m+Ø229 mm 浮阀×0.71 m+Ø228.6 mm 钻铤×52.66 m+731×630 接头×0.39 m+Ø203.2 mm 钻铤×53.60 m+631×410 接头×0.45 m+Ø177.8 mm 钻铤×25.55 m+Ø127 mm 钻杆。

钻压为 10~40 kN,转速为 30~50 r/min,空气排量为 100 m³/min。

(2)该井设计方位 284.5°与地层自然造斜方向基本相同。因此,造斜点之上的第三次开钻直井段,即雷口坡组及其以上地层,可以使用常规的转盘钻,适当提高钻压,快速钻进。这样做的主要目的是希望能够利用地层的自然造斜能力产生较大的井斜

角,由于自然造斜方向与设计方位近似相同。因此,可以减少动力钻具定向工作量。

(3)由于上部地层的自然造斜作用,会产生一定的同向位移,因此造斜点应适当调整(下移)。

(4)井身剖面要根据造斜点处的实际位移进行适当的调整,由于造斜点以下位移减小,实际最大井斜角要比原设计最大井斜角适当减小;同时由于下部地层的自然造斜方向的影响,下部井段稳定的井眼方位将位于 290°~300°。因此,实际方位角要比原设计方位角适当增加(295°左右)。

(5)由于钻达第一靶时实际井斜角比设计值小,而两靶之间的夹角是一个定值。因此,中第一靶后要使用增斜或微增钻具。

三、实钻效果分析

该井第二次开钻水平位移井段为 77.08 m,闭合方位为 233.38°,第二次开钻井段最大井斜 2.3°/(3 260.00~3 288.00 m),第三次开钻完钻井底位移为 786.47 m,闭合方位为 284.68°;Ⅰ靶靶心距为 22.18 m,Ⅱ靶靶心距为 30.32 m。详细的实钻数据处理结果如表 3 所示。从表 3 可以看出:第二次开钻直井段(位于 2~12 号之间的井段)防斜打直的效果非常好,说明技术措施“A”是成功的;位于 13~14 号之间的井段是由常规转盘钻完成的,达到了利用地层自然造斜规律,减小动力钻具定向施工工作量的目的;实际动力钻具造斜点是 4 623 m,此时井斜角在 11°左右;下部井段方位稳定在 290°~300°;全井最大井斜角为 35.8°,小于井斜角的最大设计值(39.32°);靶点 A 位于 23~24 号之间的井段上,很明显中第一靶后,井斜角是逐步增大的。

以上数据说明实钻结果与预测结果基本相同,从而证明了该井最初制定的钻井施工方案是正确的,并由此证明了利用地层自然造斜规律进行造斜点和井身轨迹选择,钻具组合和钻井参数优选等一

表 3 实钻数据处理结果表(方位已校正)

序号	测深 (m)	井斜角 (°)	方位角 (°)	垂深 (m)	投影位移 (m)	南北 (m)	东西 (m)	闭合距 (m)	闭合方位 (°)	全角 [(°)/m]
1	143.00	0.08	310.85	143.00	—0.87	—0.11	0.87	0.88	97.46	0.01
2	412.00	1.93	248.76	411.93	4.09	—1.17	—4.40	4.55	255.09	0.01
3	754.40	1.50	262.81	754.16	14.06	—3.04	—14.92	15.23	258.49	0.00
4	1 215.20	0.76	213.11	1 214.90	19.66	—4.89	—20.99	21.55	256.87	0.00
5	1 647.20	1.14	250.01	1 646.83	23.64	—9.73	—25.99	27.75	249.48	0.00
6	2 021.60	1.02	271.51	2 021.16	30.73	—9.83	—33.23	34.65	253.53	0.00
7	2 396.00	1.31	168.61	2 395.50	31.00	—14.71	—34.46	37.47	246.89	0.00
8	2 770.40	2.19	155.41	2 769.65	25.44	—26.93	—31.18	41.20	229.19	0.00
9	3 116.00	1.07	205.91	3 115.06	21.34	—36.84	—28.94	46.85	218.15	0.01
10	3 432.80	1.87	260.11	3 431.71	28.56	—40.58	—37.03	54.94	222.38	0.01
11	3 807.20	2.16	258.91	3 805.79	42.59	—44.47	—52.09	68.49	229.51	0.00
12	4 116.50	1.46	245.00	4 114.92	51.90	—45.98	—61.87	77.08	233.38	0.01
13	4 405.00	4.43	229.70	4 402.77	65.50	—55.58	—77.60	95.46	234.39	0.02
14	4 556.00	9.80	232.00	4 552.14	77.47	—70.92	—92.80	116.79	232.61	0.05
15	4 705.40	17.90	285.61	4 697.89	108.28	—69.69	—123.95	142.20	240.66	0.10
16	4 799.74	22.30	285.91	4 786.30	141.01	—60.63	—155.53	166.93	248.70	0.03
17	4 903.64	25.70	287.91	4 881.38	182.73	—49.31	—195.83	201.94	255.87	0.05
18	5 038.54	31.40	293.51	4 999.33	246.98	—26.15	—256.77	258.10	264.18	0.02
19	5 133.11	31.10	294.41	5 080.18	294.82	—6.36	—301.65	301.71	268.79	0.02
20	5 227.42	30.20	293.31	5 161.26	341.83	13.01	—345.75	346.00	272.15	0.04
21	5 322.06	29.20	293.11	5 243.51	387.52	31.77	—388.64	389.94	274.67	0.03
22	5 416.51	28.50	291.51	5 326.30	432.03	49.35	—430.56	433.38	276.54	0.04
23	5 511.02	28.40	291.51	5 409.37	476.38	65.75	—472.54	477.09	277.92	0.02
24	5 596.66	30.00	291.41	5 484.00	517.76	80.72	—511.78	518.11	278.96	0.04
25	5 694.70	32.53	293.61	5 567.78	567.74	99.78	—558.98	567.82	280.12	0.06
26	5 978.70	34.99	297.21	5 802.18	723.41	167.19	—704.42	723.99	283.35	0.02
27	6 091.00	35.80	301.50	5 893.83	784.90	199.28	—760.80	786.47	284.68	0.01

整套技术是切实可行的,并能为整个钻井施工作业及油气田的整体开发带来巨大的经济效益和社会效益。

四、认识与结论

(1)正确地认识地层自然造斜规律,并按照该规律进行钻井施工设计是川东北地区钻井成功的关键因素之一。

(2)在钻井工程设计和地层自然造斜规律的基础上,根据实钻的井身轨迹合理调整造斜点、井身剖面、钻具结构与钻井参数,充分利用地层的自然造斜特性,尽量减少定向或扭方位的工作量,从而提高钻井速度。现场应用结果表明,利用地层自然造斜规律进行造斜点和井身轨迹优化选择,钻具组合和钻

井参数优选等一整套技术是切实可行的。

参 考 文 献

[1] 赵金洲,冯光通,赵金海.地层自然造斜规律在毛坝 2 井设计和施工中的应用[J].天然气工业,2005,25(3):81-84.

[2] 杜青才,石晓兵,聂荣国,等.霍 10 井区大倾角地层自然造斜规律探讨与防斜打快对策[J].天然气工业,2004,24(3):65-68.

[3] 楼一珊.地层自然造斜能力在定向钻井中的应用[J].石油钻采工艺,1998,20(1):21-24.

[4] 宋华清.地层自然造斜规律的利用[J].石油钻采工艺,1994,16(1):17-23.

(收稿日期 2008-03-19 编辑 钟水清)