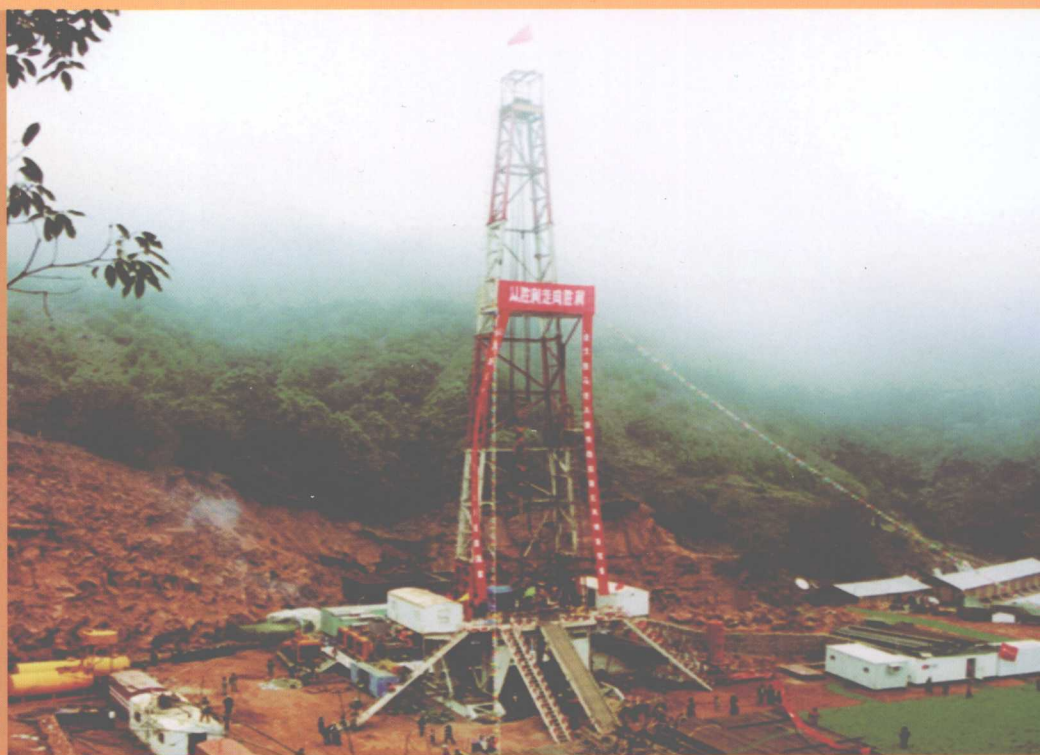


■ 主编 韩来聚



胜利钻井新技术研究 创新与应用 (2005)

中国石油大学出版社

2005

图书在版编目(CIP)数据

胜利钻井新 技术创新与应用

▶▶ 韩来聚 主 编

中国石油大学出版社

胜利钻井新技术创新与应用
主 编：韩来聚

责任编辑：徐爱新(电话：0546—8302779)

出 版 社：中国石油大学出版社(山东·东营·邮编 257061)

网 址：<http://www.upbook.com.cn>

电子邮箱：haiyan@163.com

印 刷 厂：东营市新华印刷厂

发 行 所：中国石油大学出版社(电话：0546—8302262, 8302280)

本 书：182×260 印张：32.72 字数：858千字

版 次：2008年3月第1版第1次印刷

定 价：28.00元

图书在版编目(CIP)数据

胜利钻井新技术研究创新与应用.2005 年/韩来聚编.
东营:中国石油大学出版社,2008.1

ISBN 978-7-5636-2526-0

I. 胜… II. 韩… III. 油气钻井—工程技术—文集
IV. TE242-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 201729 号

书 名:胜利钻井新技术研究创新与应用
作 者:韩来聚

责任编辑:潘海源(电话 0546—8395779)

出 版 者:中国石油大学出版社(山东 东营 邮编 257061)

网 址:<http://www.uppbook.com.cn>

电子信箱:haiyuanpan@163.com

印 刷 者:东营市新华印刷厂

发 行 者:中国石油大学出版社(电话 0546—8392565,8399580)

开 本:185×260 印张:32.375 字数:828 千字

版 次:2008 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:98.00 元

胜利钻井新技术研究创新与应用

编委会名单

主 编 韩来聚
副主编 李作会 杲传良
编 委 赵金海 王敏生
师 捷 王智锋

《胜利钻井新技术研究创新与应用》一书出版在即,实在是一件可喜可贺之事。

众所周知:“钻头不到,原油不冒。”钻井一直被视为石油工业的龙头,钻井技术在油气勘探开发中占据着举足轻重的地位,发挥着极为重要的作用。随着勘探开发对象的日益复杂,钻井技术水平的重要性更加突出,生产一线对钻井技术的依赖程度越来越大。为了满足加快油气勘探开发步伐、降低油气勘探开发成本的需求,国内外钻井技术正在日新月异、蓬勃蓬勃地发展。以旋转导向为代表的自动化钻井技术,以欠平衡压力钻井为代表的油气层保护新技术,以地质导向为代表的储层有效进尺最大化钻井技术,以大功率交流变频电驱动钻机和高效 PDC 钻头为代表的钻井新装备新工具,以高密度抗高温钻井流体和可循环泡沫为代表的钻井液完井液新技术等,在深井超深井钻探和低效油气田开发中发挥出越来越大的作用;而膨胀管技术、套管钻井技术、连续管钻井技术、三维可视化钻井等新兴技术的研发,更为深层油气资源的勘探和难动用储量的开发蓄足了后劲。

胜利石油管理局钻井工艺研究院(以下简称胜利钻井院)作为中国石化集团公司重点研究院,多年来一直致力于钻井新技术的攻关和创新,广大科技人员敢为人先、锐意进取、精雕细刻、勇于实践,凭借自己的聪明才智和团结协作的团队精神,承担完成了一大批创新成果,获得多项科技奖励。这些成果中有的达到国际领先或国际先进水平,有的开创了国内同领域的先河。创新成果的推广应用,在油田勘探开发中发挥了重大作用,为我国石油钻井新技术的进步做出了积极贡献。

本书是胜利钻井院自 2005 年以来在国内外公开发行的期刊上发表的论文汇编,集中了广大科技人员的智慧和汗水,是近年来科研成果的缩

影,展示了胜利钻井院科技人员的攻关能力和创新水平。愿胜利钻井院继续发扬攻坚啃硬、勇攀高峰的精神,积极探索,大胆创新,继续创造一流的技术成果,不断培养更多高层次人才,为中国石化上游油气勘探开发提供强有力的技术支撑,为赶超世界钻井技术先进水平,提高在国内外钻井行业的竞争力而不懈努力。

谨书片言,权以为序。

赵金洲
07.11.23

多年以来,胜利石油管理局钻井工艺研究院紧紧围绕中国石化上游油气资源勘探开发所需,组织开展科研攻关和技术服务,在深井超深井和特殊结构井钻井、新装备新工具和新型仪器研制开发、钻井液完井液及油气层保护、钻井配套技术研究及滩海配套设施研制等方面,取得了一大批创新成果,在推动石油钻井及相关技术方面发挥了积极的作用。广大科技工作者以科技兴油为己任,在科技创新过程中积累总结,撰写科技论文,为积淀创新技术、交流创新经验、促进共同提高做出了积极的贡献。为了便于保存和交流这些科技论文,提高科技人员撰写论文的积极性,胜利钻井院决定创立《胜利钻井新技术研究创新与应用》丛书,从2005年开始,每年编撰一集,汇编胜利钻井院科技人员一年内在国内外公开发行的学术期刊上发表的科技论文。

2005年是“十五”发展计划的最后一年,在认真做好“十五”科技总结和“十一五”科技发展规划的前提下,钻井院广大科技人员撰写了一大批技术论文,其中有近200篇在国内各类专业期刊或学术会议上发表,对促进钻井技术的进步发挥了积极的作用。经认真筛选,《胜利钻井新技术研究创新与应用》(2005)从中选用91篇,主要包括钻井工艺、钻井设计、钻井液技术、装备仪器工具、配套技术、固井与完井、套管保护、海洋工程、科研管理与技术综述等共十个方面的内容。

论文收集整理、审稿汇编过程中,胜利钻井院领导、院机关及基层单位给予了大力的支持和配合,论文作者和有关技术人员付出了辛勤的劳动,在此深表谢意。

胜利石油管理局赵金州副局长在百忙中为本书欣然作序,是对本书编著工作的鼓舞和支持,为此特致以衷心的感谢。

由于编者水平所限,不足之处敬请谅解,并恳请批评指正。

《胜利钻井新技术研究创新与应用》编委会

2007 年 10 月

目 录

CONTENTS

钻井工艺

- 地层自然造斜规律在毛坝 2 井设计和施工中的应用..... (2)
- 一种基于 SVM 学习的井眼轨迹预测新方法..... (7)
- 水平井中靶判定的新方法及应用..... (13)
- 胜利油田高油气比地层欠平衡钻井技术..... (18)
- 欠平衡钻井技术在南方海相地层的应用探讨..... (23)
- 梁 9-平 1 水平井井眼轨迹控制实践与认识..... (28)
- 高压水射流作用下岩石破碎机理及过程的数值模拟研究..... (32)
- 基于神经网络的高压水射流冲蚀破碎预测模型的研究..... (41)
- 喷嘴结构对高压射流特性影响研究综述..... (45)
- 超深井温度、压力对循环压耗的影响..... (51)
- 等概钻头选型方法及其先进性浅析..... (57)
- 川东北地区钻井易发生井斜的因素分析与有效防斜打直技术方案推荐..... (66)
- 市区内丛式井组施工综合配套技术的应用..... (73)
- 地质导向钻井技术在埕 71-平 4 井中的应用..... (79)
- 水力脉冲钻井提高机械钻速机理分析..... (86)
- YM7-H1 超深水平井施工困难及其原因分析..... (90)

钻井设计

- 井身结构优化设计方法..... (96)

钻井液技术

- 王古 1 井防漏防溢充气钻井液技术..... (102)
- 用于钻穿狭窄水力窗口的逆乳化钻井液..... (107)
- 新型普适性交联剂的研制与性能评价..... (121)
- 非渗透钻井液体系的研究与初步应用..... (128)
- 加固井眼的钻井液..... (132)
- 国外无侵害钻井液技术..... (142)
- 非渗透钻井液体系在商 852 井的应用..... (148)
- 胜利油田无固相抗高温钻井液体系的研究与应用..... (152)

装备仪器工具

- 双级 PDC 钻头设计及现场试验..... (158)

随钻扩眼工具研制与应用·····	(165)
井下套管阀研究及室内试验·····	(169)
旋转防喷系统试验装置的研制·····	(173)
解堵取心技术研究·····	(177)
混合型金刚石烧结体取心钻头的研制及应用·····	(180)
堵心监视装置的研究·····	(184)
机械测斜机构的原理及结构设计仿真·····	(188)
XXJ300/600 蓄能修井机液压系统的污染与控制·····	(191)
有限元分析方法在钻头设计中的应用·····	(195)
机械式组合开窗工具的研制及应用·····	(201)
地质导向随钻测量数据实时远传系统的设计与实现·····	(211)
影响随钻自然伽马测量仪测量精度的因素·····	(216)
基于随钻自然伽马、电阻率的地质导向系统及应用·····	(222)
MWD 负脉冲发生器内运动部件免拆卸清洗方法·····	(228)
PDC 钻头双圆弧冠部轮廓曲线研究·····	(231)
钻头体与接头对焊工序气孔的防止·····	(235)
混合切削结构 PDC 钻头简论·····	(237)
机械式无线随钻测斜仪及其应用·····	(241)
机械式无线随钻测斜仪关键技术研究·····	(244)
石油钻机智能送钻技术研究·····	(249)
自振喷嘴空化起始能力实验研究·····	(256)
石油井下工具用液压阻尼器的研制·····	(263)
► 配套技术	
渤海埕北油田大斜度井取心实践与认识·····	(268)
侧钻井钻后扩眼技术·····	(273)
PDC 扩眼器的改进及其在塔河油田 S116-2 井的应用·····	(277)
水力脉冲诱发井下振动钻井技术·····	(282)
球悬挂取心技术的研究·····	(286)
Power V 旋转导向垂直钻井系统及其在川东地区黑池 1 井的应用·····	(289)
疏松及破碎地层取心新技术·····	(294)
► 固井与完井	
矿渣 MTC 固化泥饼能力及其行为原因分析·····	(300)
水泥环对套管射孔后抗挤毁强度的影响·····	(306)
矿渣 MTC 固化体开裂的本质原因分析·····	(310)
高渗透水泥浆高温高压流变性研究·····	(315)
矿渣 MTC 固化体开裂的解决途径·····	(320)
► 套管保护	
胜利油田深井技术套管损坏原因分析及其预防措施研究·····	(326)



桩 106 断块套管损坏机理初步探讨·····	(332)
套管损坏原因及防治措施·····	(336)

海洋工程

采油平台淘空防护措施的试验研究·····	(342)
海底管道维修装置与检测装置间定位集成技术的研究·····	(348)
可变径海底石油管道内部检测系统的研制·····	(353)
正压冲固海洋平台的地震分析·····	(358)
飞雁滩油田岸滩防护方案探索·····	(363)
海上液压升降平台的缓冲与平衡·····	(367)
喷冲气举机构试验研究·····	(370)

科研管理与技术综述

分支井技术及国内研究进展·····	(376)
结合油气勘探开发新形势 不断发展钻井新技术·····	(382)
胜利油田深井超深井钻井技术·····	(392)
石油科研中的专利保护与管理·····	(402)
胜利油田地质导向钻井技术研究进展·····	(405)
新型随钻地层压力测试工具·····	(414)
实体膨胀管技术新进展·····	(419)
实体膨胀管技术综述·····	(424)
连续管钻井技术综述·····	(430)
膨胀管技术浅析·····	(434)
国内外套管防磨技术发展现状·····	(439)
随钻取心技术浅谈·····	(444)
定向套管钻井技术·····	(449)
新技术使钻井效率发生了跳跃性变化·····	(462)
低渗透油藏开发钻井新技术的适应性分析·····	(468)
MPD——唯一可用于甲烷水合物钻井的技术 ·····	(473)
分支水平井技术及其在胜利油田特殊油藏的应用·····	(478)

其他

轮南油田天然气处理联合装置生产工艺的优化研究·····	(484)
管外射孔技术用于复杂难处理产层作业·····	(491)
修井作业中的欠平衡技术·····	(496)
注氮气泡沫提高采收率技术在胜利油田的应用·····	(501)

地层自然造斜规律在毛坝 2 井设计和施工中的应用

赵金洲 冯光通 赵金海

摘 要

在南海相川东断褶带黄金口构造带,由于受多期地质构造运动和沉积条件的影响,地层倾角较大,在毛坝 1 井直井钻探过程中发现,大部分地质构造表现出了较强的地层自然造斜能力,防斜和打快形成了尖锐的矛盾。为此开展了该地区的地层自然造斜规律研究,其研究结果用于指导毛坝 2 井的设计和施工,利用地层自然造斜规律设计定向井和控制井眼轨迹,现已取得了解放钻井参数,减少定向钻进时间,提高钻井速度的良好效果。

关 键 词

地层倾角 地层走向 造斜规律 井斜控制 井眼轨道设计 井眼轨迹控制 南海相毛坝 2 井

大量的室内试验结果已经表明:岩石的可钻性在不同方向上存在较大差异,亦即地层可钻性存在各向异性。多年来钻井施工过程获取的定性结论亦说明:常规实钻井眼与地层产状之间存在着十分密切的内在关系,特别是对于不采用专用井下工具施工的定向井井眼,其方位与井斜的变化往往受控于地层倾向和倾角的变异与大小。上述现象的发生,缘于所谓的地层自然造斜规律。

众所周知,由于不同地区的地质构造特征及其地层岩性均存在较大差异,其地层造斜能力的表现也不尽相同。我国的四川盆地,由于受多期地质构造运动和沉积条件的影响,在钻探过程中发现:大部分地质构造均表现出了较强的地层自然造斜能力,对此诸多相关统计及研究已提供了有力证明,其研究结果用于指导现场施工均已见到了良好的应用效果。

为充分利用地层自然造斜规律打好毛坝 2 井,进行了一系列卓有成效的研究工作,现已取得了解放钻井参数,减少定向钻进时间,提高钻井速度的良好效果。

1 预测地层自然造斜规律的方法简介

1.1 反演法

反演法即领域实钻资料反演地层各向异性指数、地层造斜系数及方位漂移系数的方法。基于不同的钻速方程,其得到的力与钻速之间的关系也不同,白家祉教授与高德利教授等分别提出了不同地层各向异性指数的反演方法。两种方法对指导区域性的地层造斜特性认识都有非常重要的作用。特别是高德利教授在对钻头与地层相互作用深入研究的基础上,将有代表性的 12 类地层的各向异性钻井特性进行了详细分析,总结出了典型地层对井斜变化和方位漂移的影响规律。

但上述方法需要的原始资料较多,计算相对复杂,不利于现场使用。

1.2 统计法

统计推断,是数理统计原理在钻井工程实践中应用的又一范例,其方法简单实用,现场应用广泛。基于地层造斜力大小与钻压、钻具弯曲程度、岩层及岩层界面处的岩石力学性质和地层倾角大小等密切相关的事实,如果其所钻地区的地层倾角相对稳定,岩性分布均匀一致,实钻资料较多,那么在使用基本相同的钻进参数和钻具结构的情况下,可以利用统计方法获取较为准确的井斜预测值。在统计过程中,一般选择常规钻具满负荷钻压条件下的资料进行整理分析,这样有利于在后续的施工中解放钻压,提高钻井速度。统计出的方位与地层的走向进行对比,一般也可以寻找出符合率较好的规律曲线,从而确定出新钻井的可能井斜与方位。

1.3 参比法

参比法又叫借鉴法,该方法适用于实钻资料较少,但待钻井所处的构造部位比较明确,且目的层以上地层连续性较好、其产状无急剧变化,在有相邻井或者同井场井实钻资料的情况下,待钻井的井斜和方位可以参照相邻井或者同井场井的数据;在地层的走向发生轻微变化的情况下,可以参照相邻井方位与地层走向之间的关系,确定出较为准确的方位。如果待钻井周围有多口邻井,采用加权平均法获取的数据更为准确可靠。

2 地层自然造斜规律在毛坝2井中的应用

毛坝2井与毛坝1井同处在四川盆地川东断褶带黄金口构造带毛坝场—双庙场潜伏背斜带毛坝场背斜构造,是继毛坝1井之后在该地区施工的第二口探井。毛坝1井完钻井深4 365 m,完钻层位飞三段,揭开了飞三段气层,2003年1月15~21日对4 324~4 352 m井段测试,孔板直径22 mm,油压37.78 MPa,上流压力4.3 MPa,初步测试产量 $32.58 \times 10^4 \text{ m}^3$,显示出该地区飞三段气层良好的开发前景。毛坝2井就是在飞三段发现的基础上,进一步向深层勘探,进一步探明飞二段鲕粒灰岩的含油气情况。

2.1 毛坝场背斜构造地层空间展布分析

(1) 毛坝1井地层倾角测井解释。毛坝1井测井数据解释的地层倾角结果见表1。从表1中数据可以看出,井深3 100 m以上地层倾角均大于 20° ,有些地层的倾角达到 40° 以上,深部地层倾角变小;地层走向基本稳定,进入海相地层后地层的走向向左发生偏转,但在深部地层走向又向右偏转,最终的走向与上部地层大致相当。

(2) 毛坝1井实钻数据分析。根据毛坝1井的实测地层倾角数据, T_{ij}^3 以上为 $23^\circ \sim 55^\circ$, T_{ij}^3 以下为 5° 。从毛坝1井实钻的井眼轨迹数据(见表2)上看,从311 m开始,井斜为 0.67° ,方位为 158.61° ,整个第二次开钻井段井斜在 $0.5^\circ \sim 5^\circ$ 之间,第二次开钻井段的井斜增加趋势非常明显,而第三次开钻之后的井斜问题不算突出。方位基本上在 $147.71^\circ \sim 171.94^\circ$ 变化,开钻后即自然造斜,而且朝 155° 的方位增斜。从表1中的地层倾角和地层产状数据可以看出,整个第二次开钻井段地层倾角为 $23^\circ \sim 40^\circ$,而且地层层下倾方向基本一致,为 335° ,和毛坝1井实钻方位 155° 正好相差 180° ,可见钻头在钻进过程中有垂直于地层界面的趋势,也就是有沿地层上倾方向钻进的趋势。这正是毛坝1井产生朝 155° 方位井斜的直接原因。

2.2 毛坝2井设计方位的确定

从毛坝2井所在区块的地震剖面图上可以看出,由于两井位于同一构造、背斜(毛坝1井为南西翼、毛坝2井为南部贺家场高点)且倾向基本相同,可认为毛坝2井的地层倾角与毛坝

1 井基本相同;根据毛坝 1 井自然造斜方向沿地层上倾方向的规律,毛坝 2 井设计为定向井,其设计方位和该区块地层的自然造斜方位基本一致,即设计方位 144.35°。

表 1 毛坝 1 井地层倾角测井解释结果表

层 位	井段/m		地 层 产 状	
			倾角/(°)	方位/(°)
侏 罗 系	307.67	520.00	23±	330
	520.00	800.00	27±	335
	800.00	1 050.00	30±	335
	1 050.00	1 190.00	36±	335
	1 190.00	1 420.00	40~26	340±
	1 420.00	1 910.00	28±	340
三 叠 系	1 910.00	2 725.00	/	/
	2 725.00	2 790.00	32	335
	2 763.14	2 910.00	30±	305~245
	2 910.00	3 010.00	/	/
	3 010.00	3 100.00	/	/
	3 100.00	3 500.00	40±	210±
	3 500.00	3 500.00	/	/
	3 560.00	3 890.00	5±	310
	3 890.00	4 365.00	5±	330±

表 2 毛坝 1 井实钻井眼轨迹部分数据

井深	井斜	方位	闭合方位	水平位移	井深	井斜	方位	闭合方位	水平位移
/m	/(°)	/(°)	/(°)	/m	/m	/(°)	/(°)	/(°)	/m
311.00	0.67	158.61	157.90	0.06	1 501.00	2.88	155.81	157.06	29.38
401.00	1.28	159.30	160.31	1.63	1 801.00	2.56	167.64	158.41	47.07
501.00	1.47	157.28	159.58	4.10	2 001.00	3.43	163.06	159.92	56.61
601.00	1.82	156.27	158.17	6.79	2 301.00	5.23	168.97	161.53	80.43
701.00	1.67	151.42	156.12	9.69	2 501.00	2.74	167.91	162.29	93.94
801.00	1.37	151.69	155.33	12.46	3 000.00	3.50	112.37	161.74	121.31
901.00	1.45	153.31	155.32	14.89	3 500.00	2.72	123.32	154.36	151.57
1 001.00	1.19	159.92	155.23	16.98	4 000.00	1.89	98.38	150.99	165.34
1 201.00	1.09	155.99	155.64	20.76	4 365.00	1.06	172.91	150.95	173.67

2.3 毛坝 2 井设计剖面数据

根据上文的分析,毛坝场背斜构造的自然造斜方位为 150°左右,根据井场地貌情况,用移动地面井位的方法,确定出毛坝 2 井的设计方位为 144.35°,在此基础上设计出毛坝 2 井的设计剖面。

毛坝 2 井设计造斜点 2 500 m,设计垂深 4 204.50 m,设计斜深 4 444.95 m,水平位移 926.61 m,方位 144.35°,最大井斜 29.4°,造斜率 25°/100 m,直增稳三段制剖面。靶点设计在井底,靶区设计较大,近似于 800 m×450 m 的矩形框,为后续利用自然造斜规律强化钻井措施,在确保中靶的同时,提高钻井速度提供了有利条件。

2.4 毛坝 2 井井眼轨迹控制

考虑到毛坝 1 井设计为直井,钻进过程中使用多种措施限制井斜,使用常规钻具时多以轻

压吊打为主,所以井斜变化并不能反映地层在常规钻井参数下自然造斜的能力。但有一点可以肯定,在正常钻压条件下,井眼的井斜应比毛坝 1 井的实钻井斜大得多,对中靶比较有利。因此毛坝 2 井针对不同开次的实际情况,采取了相应的措施。

(1) 第一次开钻直井段施工。坚持第一次开钻井段钻直,防止第二次开钻后表层套管磨损是工作的重点。施工中坚持使用大钻铤钟摆钻具,专门使用了 $\phi 279.4$ mm 大钻铤与 $\phi 444.00$ mm 扶正器,在实钻中取得了良好的效果。表层钻深 301.71 m,最大井斜 0.88° ,方位在 $157^\circ \sim 125^\circ$ 之间,在井斜如此之小的情况下方位仍保持如此高的稳定性,从侧面反映了该地区地层自然造斜趋势的稳定性。

(2) 第二次开钻直井段施工。考虑到第三次开钻后裸眼段长,目的层压力大的情况,所以第三次开钻以后技术套管的防护是重中之重。因此应尽量限制第二次开钻井斜过大在后续施工中对套管造成磨损的影响,特别是第二次开钻井段上部的井斜控制尤其重要。

在第二次开钻的上部井眼开展了一系列以控制井斜提高钻井速度为目标,以 PDC 钻头优选、导向钻进、新型井下辅助工具(涡轮、水利加压器、防磨接头等)为主的实验,取得了 PDC 钻头在该地区使用的新突破,创出了优异的钻进指标。PDG 钻头在上沙溪庙地层平均机械钻速高达 3 m/h 以上,而同一地层毛坝 1 井使用的牙轮钻头平均机械钻速 1.01~1.39 m/h,单只钻头进尺最大 147.81 m。机械钻速对比提高 104%~181%。同时,在钻进过程中加强井眼轨迹的监测,一旦井斜有增大趋势,即改变钻井措施。通过采取上述的有效措施,井斜得到了有效控制,至井深 1 000 m,井斜小于 3° ,井深 1 200 m,井斜小于 4° ,方位基本在 $125^\circ \sim 135^\circ$ 之间,闭合方位大约 133° ,与设计方位相差较小。此后,逐渐加强钻井参数以控制全角变化率为主,达到了解放钻压提高钻进速度的目的,至第二次开钻完钻井深 1 801 m,井斜 8.3° ,方位 134.25° ,闭合方位 132.38° ,视位移 106 m。

(3) 第三次开钻直井段(设计)施工。进入第三次开钻后即进入全井可钻性最差的须家河组地层,所以在钻进中坚持使用双扶正器钟摆钻具,适当控制井斜,以解放钻压加快钻井速度为主。测斜数据表明:在须家河地层因地层倾角大,自然造斜能力强,即使使用钟摆钻具,仍有较强的增斜效果。至井深 2 100 m,井斜增至 18.9° ,方位一直在 $131^\circ \sim 136^\circ$ 之间,全角变化率基本保持在 $4^\circ \sim 5^\circ/100$ m。

(4) 第三次开钻斜井段(设计)施工。进入海相雷口坡组地层以后,使用同样的钻具和相同的钻井参数,井斜开始下降,方位左漂。使用钟摆钻具钻进至 2 456.63 m,井斜 12.8° ,方位 113.5° 。因为已经接近设计造斜点,考虑到已有 256 m 的正位移,井斜较为合适,为了确保井眼轨迹光滑,不必急于调整井斜方位,所以因钻头寿命起钻后更换为稳斜钻具,以控制全角变化率为主,同时检验稳斜钻具在雷口坡组地层的稳斜特性。钻进中的测斜数据表明该钻具组合的稳斜特性性能较好,全角变化率基本控制在 $1^\circ \sim 3^\circ/100$ m,有轻微的增斜特性。根据预测,在现有条件下需稍增井斜即可在设计深度进入靶区,钻进至钻头寿命后起钻,改换为微增斜钻具。实钻发现微增斜钻具结构具有合理的增斜特性,增斜率 $3^\circ/100$ m 左右。此后考虑到嘉陵江组地层有可能发现气层,不利于方位调整施工,所以决定先在雷口坡地层井斜较为合适的情况下,下入动力钻具将方位做轻微调整。遂于井深 2 792.25 m 下入 1.15° 单弯动力钻具,配合 MWD 随钻测量仪,将方位由 123° 调整到 133° ,复合钻进至 2 856.56 m 起钻。然后下入 PDC 钻头与牙轮钻头稳斜钻具,提高转盘转速,转盘转速在 90 r/min 左右,利用高转速下钻具的右漂特性,使方位逐渐靠向靶点方向,至井深 3 100 m 方位 149° ,井斜 22.8° 基本指向靶心,取得了良好效果。

在确保中靶精度的前提下在 3 179.11~3 374.46 m 井段使用直螺杆+PDC 钻头钻具组合,进行了 PDC 钻头复合钻进提高钻井速度的试验。实钻表明,该钻具组合大大提高了钻进速度,机械钻速高达 8.53 m/h,取得了极大的突破。钻进过程中使用 MWD 无线随钻测量系统监测井眼轨迹,因该钻具组合有一定的降斜效果,平均降斜率为 $3.3^{\circ}/100\text{ m}$,所以在预计井斜降至 15° 后起钻。换微增钻具确保中靶,使用的微增钻具结构,增斜率基本在 $1^{\circ}/100\text{ m}$ 左右,方位稳定,至井深 3 800 m 位移基本进入靶区。为确保井眼轨迹质量,坚持使用该钻具结构钻至距飞仙关地层 30 m 起钻。

飞仙关组是毛坝 2 井的目的层,有多套高压气层,为了在钻遇气层时确保井下安全,进入飞仙关地层以后,在不影响中靶的情况下对钻具结构进行了简化,甩掉钻具中的扶正器,使用光钻铤钻具组合钻至井底。其间并有多次取心作业,井斜不断下降,至井深 4 442.50 m,井斜降至 3° ,反映了海相地层相对较小的地层倾角和造斜能力。同设计对比实钻在斜深 4 313.62 m,钻达垂深 4 204.50 m,投影位移 781.91 m,靶心距 169.23 m,闭合方位 137.96° ,完全合乎设计要求。

3 认识与结论

(1) 综合区域地质构造特点,通过邻井实钻经验,正确认识地层的自然造斜规律,并按照该规律进行设计是毛坝 2 井成功施工的关键因素之一。

(2) 为了防止上部井斜过大对套管造成磨损,严格控制上部井眼的井斜是确保安全打开深部高压气层的必要措施。

(3) 钻进过程中应及时进行轨迹监测,根据实钻的井斜、方位合理调整钻具结构与钻井参数,充分发挥地层的自然造斜特性,减少人为调整方位的工作量,提高钻井速度。

(4) 施工中在合适井段,做好稳斜钻具的稳斜特性监测和分析,从而作为钻具选择的参考依据,是合理选择钻具结构的有效手段。

(5) 利用地层的自然造斜特性可以充分解放钻井参数,减少定向钻进的工作量,大大提高钻井速度,建议在该地区进一步推广。

参考文献

- 1 吴华.川(渝)东北构造带钻探难点及技术对策.天然气工业,2003,23(2)
- 2 王实其.应用深井钻井综合配套技术加快大天池构造带勘探开发.天然气工业,1994,14(4)
- 3 曾时田.四川天然气井钻井压力控制.天然气工业,2003,23(4)
- 4 白家祉,苏义脑.井斜控制理论与实践.北京:石油工业出版社,1990
- 5 高德利,刘希圣,徐秉业.井眼轨迹控制.东营:石油大学出版社,1994

(发表于《天然气工业》2005 年第 3 期)