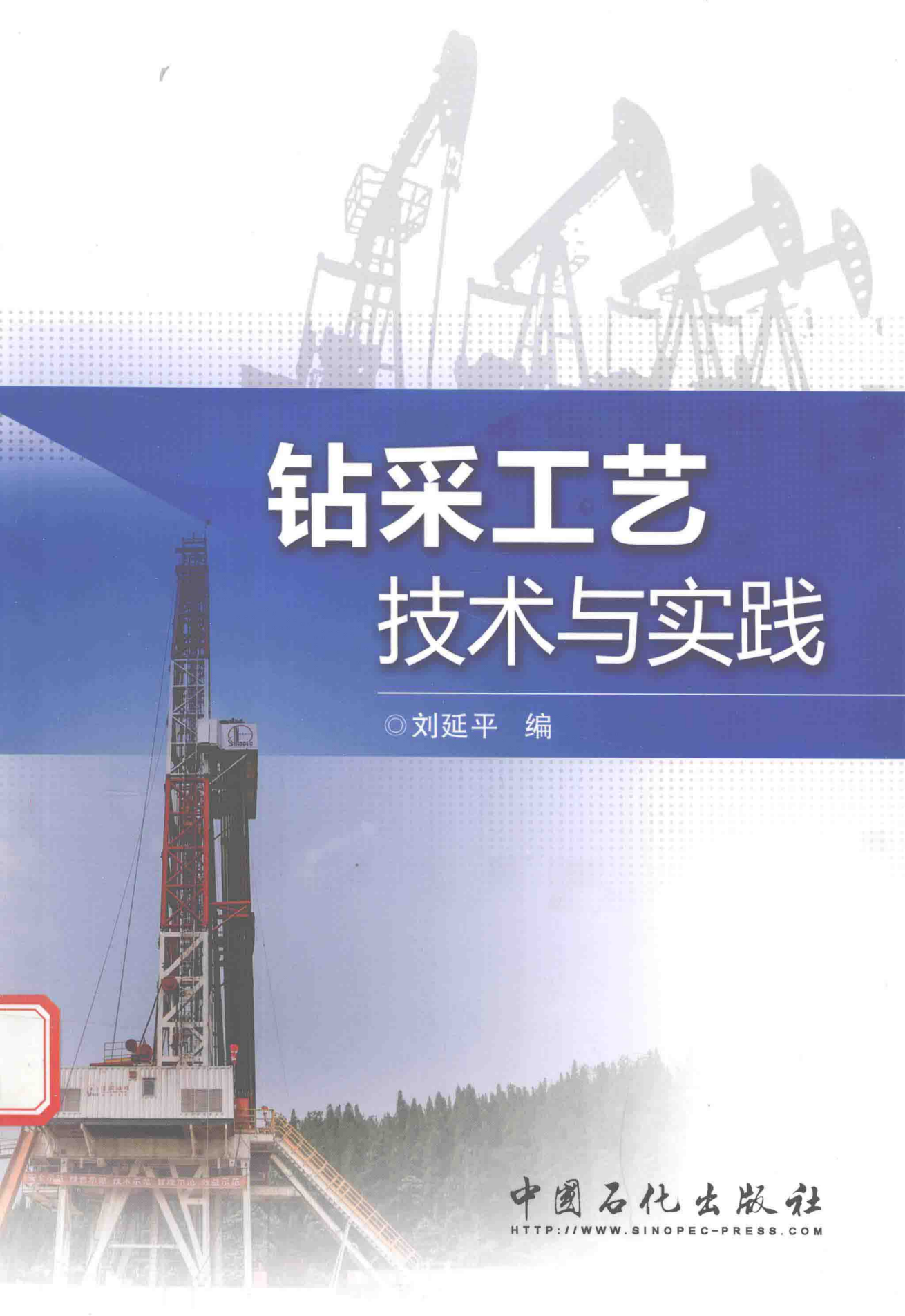




钻采工艺 技术与实践

◎刘延平 编

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

钻采工艺技术与实践

刘延平 编

中国石化出版社

图书在版编目(CIP)数据

钻采工艺技术与实践 / 刘延平编. —北京: 中国
石化出版社, 2016. 2
ISBN 978-7-5114-3824-9

I. ①钻… II. ①刘… III. ①油气钻井-研究-中国
②油气开采-研究-中国 IV. ①TE2②TE3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 016312 号

未经本社书面授权, 本书任何部分不得被复制、抄袭, 或者以任何形式或任
何方式传播。版权所有, 侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址: 北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编: 100011 电话: (010) 84271850

读者服务部电话: (010) 84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: press@sinopec.com

北京科信印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 32 印张 806 千字

2016 年 3 月第 1 版 2016 年 3 月第 1 次印刷

定价: 128.00 元

《钻采工艺技术与实践》

编 委 会

主 编 刘延平

副主编 崔会凯 单桂栋 高清祥 葛党科 杨继军

编委成员

李洪山 杨 锋 王树强 柴希军 曾晓辉 李海霞

张 妍 宋志勇 康 玫

前 言

当前，国际石油市场依然是“高天滚滚寒流急”，新常态下的中国经济，油气需求增速明显放缓。而油公司自身在体制和机制方面的深层次矛盾资源劣质化趋势及低油价的连锁效应等问题，也在一定程度上制约着企业的持续发展。凡此种种，交错叠加，使油公司发展面临巨大的压力。

本书收录了钻井、完井、采油、油气田开发、油田化学、油气井测试、海工与地面工程等多个学科论文，集中反映了近年来广大科技人员在油气生产实践中的研究成果，充分展现了各单位特色技术及其先进性、针对性和实用性，也是应对各种改革重组和风险挑战的宝贵经验，具有很高的学习借鉴价值。

在编写过程中，由于时间紧、工作量大，加之自身知识水平有限，存在问题和不足之处在所难免，敬请各位读者批评指正。

目 录

第一部分 钻井工程技术

苏 20 区块防斜打直钻井技术研究与探讨	于成水	刘天恩	卢连霞 等(3)
水平分支井技术研究与实践	于成水	刘天恩	王立峰(9)
滨海探区深层优快钻井技术应用	王文	刘在同	王立辉 等(17)
埕海二区复杂井钻井液适应性分析	郑淑杰	王小月	窦同伟 等(21)
侧钻井固井质量技术分析	樊松林	黄义坚	周小平 等(30)
复杂油藏水平井完井技术	刘长军	齐月魁	曲庆利 等(35)
水平井快速钻塞完井工艺研究	齐月魁	单桂栋	王晓梅 等(42)
完井砾石充填试验装置设计技巧	刘可军	季红新	钟春燕 等(50)
由某井井喷失控探讨总承包井监督人员的职责	葛旭东	陈克胜	窦同伟 等(53)
渤海湾浅海钻井平台水平井裸眼砾石水充填防砂 技术	郑永哲	李洪俊	于学良 等(58)
大港油田井控模拟试验井钻井工艺技术	高彦香	张文华	张永忠 等(64)
环江油田低渗透油藏钻井技术应用	宋满霞	杨志强	苏秀纯 等(70)
减磨减扭技术在庄海 8Nm-H3 井的应用	于学良	王长在	张文华 等(77)
密闭取心技术在南堡 11-L8-斜 204 井的成功应用	高志伟	王雷	郝木水 等(81)
南堡 1-4 斜 4 侧平 1 井开窗侧钻水平井技术应用	高志伟	王雷	符会建 等(87)
水平井筛管完井技术在冀东油田疏松砂岩的应用	傅阳铭	王雷	高志伟 等(93)
无固相油层保护钻井液在高 104-5 区块的应用	符会建	王文刚	王雷 等(98)
小井眼侧钻三维水平井技术在冀东的应用	高志伟	王雷	王文刚 等(105)
超低渗透油田多层系开发钻井技术研究与应	林勇	吴学升	巨满成 等(110)
MPD 技术及其在窄密度窗口地层钻井中的			冯光彬(118)
南堡油田玄武岩个性化高效钻头设计与			朱宽亮(123)
三塘湖油田欠平衡钻井技术研究与试验	石丽娟	李玉泉	赵前进(128)
氮气水平井钻井难点分析及处理对策	邹和均	王建毅	胡挺 等(133)
空气锤钻井技术应用问题探讨	胡贵	孟庆昆	王向东(139)
实体膨胀管技术在中原油田的应用		吴信荣	王木乐(145)
固井工程设计与分析系统的开发	黄志强	杨焕强	郑双进 等(151)
固井设计与分析系统软件开发		熊青山	赵志成(156)

第二部分 采油工程技术

岐口凹陷深探井压裂技术研究与应用	阴启武 程运甫 张胜传 等(167)
X-4 润湿剂的研究及应用	蔡晴琴 贾雁 王津建 等(172)
闭合酸压技术在大港碳酸盐岩储层的应用	温晓 贾金辉 任氏 等(177)
采油过程中油层保护配套技术研究与应用	李洪山 王树强 张妍 等(181)
大港地下储气库注采气井修井难点分析及对策	李国韬 宋桂华 张强 等(187)
水平井封隔器分段洗井解堵工艺在吐哈油田的应用	申煜亮 黄大云 郭群 等(193)
“低密度段塞法”保护油层压井技术	樊松林 郭元庆 尤秋彦 等(197)
大斜度井抽油杆扶正器合理配置间距设计和滚轮扶正器位置确定 浅析	李洪山 王树强 张妍 等(201)
快速完井评价与产能预测技术在开发试油设计井中的 应用	李洪山 王树强 康玫 等(207)
高含水井防砂降水工艺技术研究与应用	李强 董正海 凌怀扣 等(214)
大港油田开发井试油工艺技术应用现状及下步攻关方向	王树强 陈琼 康玫 等(218)
防漏型修井液在苏丹 FN 油田的应用	黄义坚 杨小平 尤秋彦 等(228)
水平井封堵管外水窜工艺技术研究及试验	于永生 刘贺 邹小萍 等(233)
港西油田污水聚合物驱注入压力异常问题分析与解决对策	赵英(237)
套管完井水平井定向射孔实践分析	王树强 陈琼 康玫 等(243)
水平井酸洗入井液优化研究与应用	王津建 贾金辉 温晓 等(253)
压裂充填防砂工艺在吐哈油田鲁克沁采油厂应用总结	孙涛 李怀文 王艳山 等(258)
浅析油管加压延时点火射孔技术中液面恢复时间计算	王树强 杨小方 王军恒(262)
油井长效防砂技术优化研究与应用	曹庆平 李怀文 董正海 等(267)
液压式多层机械找卡水一次完成技术研究与应用	张宏伟 舒畅 宋艳军 等(275)
钻井污染深度优化计算	赵英(281)
盘古梁油田整体封堵裂缝技术研究	王兴宏 徐春梅 李永长 等(286)
油层保护阀在港西油田洗井中的应用	屠勇 陈功科 赵英(295)
冀东油田水平井分段控水配套技术研究	肖国华 王金忠 王芳 等(298)
超深井高效水力压裂技术研究与应用	刘建权(305)
火山岩油藏压裂改造配套工艺技术	刘建权(310)
三塘湖油田牛东区块火山岩油藏压裂改造技术研究与应用	党建锋 刘建伟(316)
吐哈油田油井防腐防垢技术研究与应用	邓生辉 孙忠杰 熊汉辉(324)
侧钻井压裂技术研究与应用	杨永利 尚绍福 魏建军 等(330)
低伤害压井液技术的研究与应用	许云春 尚绍福 杨永利 等(334)
射孔-完井一体化管柱技术在吐哈油田的研究与应用	许云春 杨永利 魏建军 等(340)
神泉、雁木西油田注水井套变分析与治理	张顺林 单慧玲(345)
高含水油井堵水技术研究与应用	张顺林 保万明(350)
大港油田港西区块污水聚合物现场实施情况分析	赵英(361)
套损井压裂工艺技术的研究与应用	许云春 保万明 张顺林 等(367)

人工裂缝堵水技术在吐哈油田的研究与应用	许云春 杨永利 魏建军 等(372)
雁木西油田出砂原因及治理效果分析	张顺林 李翔 单慧玲(377)
油井驱排剂解堵技术研究与应用	张顺林 刘建涛 任坤 等(380)
新疆油田同心管分层注水工艺应用现状及展望	黄新业 李璐 张茹(385)
新型化学封窜剂治理油水井管外窜技术	赵玲莉 王容军 王晓惠(390)
青海油田“十一五”储层改造取得的成绩及后几年需求	张启汉 郭子义 张文斌 等(398)
埕岛油田分层防砂分层注水技术的发展及应用	姜广彬 郑金中 陈伟 等(406)
液力驱动井下螺杆泵采油技术	李临华 刘玉国 黄辉才 等(411)
水力深穿透射孔—酸化联作复合增注技术研究与应用	韦良霞 罗杨 王磊(415)
VES-SL 清洁压裂液研究与现场应用	张濂源 李爱山 冯绍云 等(420)
油气井防砂综合决策技术及软件系统平台开发	董长银 武龙 王爱萍 等(426)
一种新型过油井封隔取样测试器研制与应用	许福东 华北庄 王子荣 等(438)
复杂结构井增产增效技术研究与应用	王玉荣 王翠霞 刘立新 等(443)
射采联作技术在大港油田采油二厂的应用	李影 冯刚 阮刚 等(451)
新型作业油管的性能特点与用途	姬丙寅 杨析 王双来 等(456)
静电网络抑砂剂在复合防砂中的应用	付浩 沈国辉 王贵军 等(460)
生产测井质量控制的几个关键环节	李霞 邢冬梅 王东霞 等(465)
钻修机天车轴设计计算分析	黄印国 顾芳 张超 等(469)
HG70 钢的焊接工艺评定试验	张文海 黄印国 龚章昌 等(473)
人工端岛模块钻机岩屑收集装置	魏忠华 黄印国 石健 等(477)
振动时效技术在井架制造中的应用	张文海 魏忠华 黄印国 等(481)
连续油管旋流脉冲解堵工艺在高浅北区水平井中的应用	李勇 徐建华 俞洪桥 等(486)
MDT 资料在 E 国家 D 盆地 R 油田的应用	赵晓颖 贾红战 姬智 等(490)
冀东油田压裂防砂技术	吴均 黄坚毅 王永刚 等(495)
冀东油田注水井动态监测技术的应用	李霞 张彤林 邢冬梅 等(499)

第一部分 钻井工程技术

苏 20 区块防斜打直钻井技术研究与探讨

于成水¹ 刘天恩¹ 卢连霞² 张乃彤¹ 王立辉¹

(1. 大港油田石油工程研究院; 2. 大港油田物资供销公司)

摘 要 苏 20 区块在钻井过程中, 井斜给钻井速度带来了一系列的影响, 并造成很大的损失, 这也是影响该地区钻井速度的重要因素之一。常规钻具是实行吊打, 以牺牲机械钻速来换取井身质量, 本文通过分析该地区的地层特点, 优选钻具组合, 通过对现场井的实践应用, 取得了一定成果, 并对以后钻井有着重要参考和指导意义。

关键词 防斜打直 苏 20 区块 钻井速度 钻具组合

1 井斜的概念和控制标准

所谓井斜, 即一口井偏离了铅垂线。一般来讲, 井斜可由井斜角、方位角、井底位移、井斜变化率等因素来衡量。美国学者 Lubinski 1961 年发表论文提出, 应以以下三种条件中最小的一个数值对应的最大允许井眼曲率为标准: ①钻杆不发生疲劳损坏; ②钻挺螺纹连接处不发生疲劳损坏; ③钻杆与井眼的作用力不大于 9071.84N。国外有的把最大井眼曲率定为 $(1.5^{\circ} \sim 3^{\circ})/30\text{m}$, 现在对此标准又有放宽的趋势。

国内对井斜标准的规定主要是限制井眼曲率 $3^{\circ}/100\text{m}$, 见表 1、表 2。国内对井斜角的规定, 随地区不同而略有差异, 见表 3。

表 1 井身质量标准

井深/m	水平位移 (原标准)/m	水平位移 (现标准)/m	井深/m	水平位移 (原标准)/m	水平位移 (现标准)/m
0~1000	≤30	≤20	3001~4000	≤120	≤70
1001~2000	≤50	≤30	4001~5000	≤140	≤90
2001~3000	≤80	≤50	5001~6000	≤180	≤110

2 发生井斜的原因与危害

2.1 发生井斜的原因

钻井实践表明^[1,2], 造成井斜的原因是多方面的, 如地质条件、钻具组合、钻井操作、技术措施及设备安装质量等, 诸多原因都可能造成井斜。归纳起来造成井斜的原因主要有以下两个方面: 一是钻头与岩石的相互作用, 即因所钻地层倾斜和非均质性使钻头受力不平衡而造成井斜; 二是由于钻具组合受力状况, 下部钻具受压发生弯曲变形使钻头偏斜并加剧受力不平衡而造成井斜。

表 2 全角变化率标准

井深/m	井段/m	全角变化率	井深/m	井段/m	全角变化率
井深≤1000	0~1000	≤1°40′	井深≤5000	0~1000	≤1°
				1001~2000	≤1°15′
井深≤2000	0~1000	≤1°40′		2001~3000	≤2°
	1001~2000	≤2°10′		3001~4000	≤2°15′
井深≤3000	0~1000	≤1°15′		4001~5000	≤2°30′
	1001~2000	≤1°40′	井深≤6000	0~1000	≤1°
	2001~3000	≤2°10′		1001~2000	≤1°15′
井深≤4000	0~1000	≤1°		2001~3000	≤2°
	1001~2000	≤1°15′		3001~4000	≤2°15′
	2001~3000	≤2°10′		4001~5000	≤2°30′
	3001~4000	≤2°30′		5001~6000	≤3°

表 3 苏里格地区甲方要求的井身质量标准

井段/m	全角变化率(25m)	井底水平位移/m
0~1000	≤1°	≤60
1001~2000	≤1°15″	
2001~3000	≤2°10″	
3001~井底	≤2°10″	

注：井径扩大率：平均≤15%，最大≤20%。

2.1.1 地质条件对井斜的影响

地质条件是产生井斜的重要原因，一般原因有地层倾角、地层产状、各向异性、岩性的软硬交错以及断层等。

2.1.2 下部钻具弯曲的影响

下部钻具在钻压作用下发生弯曲是引起井斜的另一个重要原因，其弯曲程度越严重井斜越严重。下部钻具偏斜，其钻进的方向偏离原井眼轴线，直接导致井斜；下部钻具弯曲使钻压作用方向改变，不沿井眼轴线方向施加给钻头，而是偏离一个角度，即钻头偏斜角，从而产生一个引起井斜的横向偏斜力。下部钻具组合自身特性及钻压决定弯曲程度和对井斜的影响。

2.2 井斜带来的危害

井斜过大，会使井眼偏离设计方向，打乱油田开发布井方案；对钻井工程来说，井打斜了，达不到勘探、开发的目的，同时井斜大了，会造成下套管困难和下套管不居中，造成固井气窜，直接影响固井质量；对采油来说井斜过大，会直接影响井下的分层开采和注水工作。甚至会造成严重的井下事故。

为了克服大井斜带来的危害，长期以来，人们通常采用轻压吊打等消极措施控制井斜不超标，这种办法不能有效解放钻压，不仅严重限制了机械钻速，而且也不能从根本上消除大井斜造成的一系列危害。

3 井斜控制技术

3.1 钟摆法井斜控制技术

3.1.1 钟摆钻具

对于钟摆钻具来讲,稳定器的安放位置十分重要,是组合钟摆钻具的关键。如安放位置低则减斜力小,效果差;如安放位置过高则稳定器以下钻挺会与井壁形成新的切点,使钟摆钻具失效;因此,钟摆钻具中稳定器的理想位置应在保证稳定器以下钻挺不与井壁接触的条件下尽量提高些。稳定器位置主要取决于钻挺尺寸、钻压大小和井眼斜度等。

钟摆钻具使用特点:钟摆钻具能较成功的用于不易斜地区,在使用大钻挺的条件下,能保证较高钻压下钻出垂直井眼,比使用光钻挺钻具可增加钻压,而不会增大井斜。钟摆钻具也是一种有效的纠斜钻具,并广泛用于各油田。

为充分发挥钟摆钻具的作用,应尽可能采用大尺寸钻挺加扶正器,这样形成的钟摆长,减斜效果好。在具体操作上应严格控制钻压,避免因钻压过大使扶正器以下形成新的切点致使钟摆失效;还应与处理地层交界面和加强划眼结合起来。

3.1.2 偏重钻挺

偏重钻挺每钻一转就有一次钟摆力和离心力的重合,对井壁产生较大的冲击纠斜力,同时周期性的旋转不平衡性使下部钻具发生强迫振动,大大提高了钻头下井壁纠斜能力,另外,离心力的作用使偏重钻挺重边在旋转时总是贴向井壁,使下部钻具有公转作用特性,来消除自转对井斜的影响,使偏重钻挺在直井中更具防斜效果。

3.1.3 塔式钻具

塔式钻具特点是下部钻具的重量大、刚度大、重心低、与井眼间隙小,一方面能产生较大钟摆力来防止井斜,另外稳定性好,有利于钻头平稳工作。

塔式钻具是国内外广泛使用的一种防斜钻具,它钻出的井眼规则,井斜变化率小,对井眼易扩大地层特别有效。因带稳定器的钟摆钻具和满眼钻具在井径扩大地层起不到扶正和满眼的作用,相对防斜作用差。实践表明,用好塔式钻具的关键在于下部钻具的重量大、重心低。因此,底部钻挺应尽量使用大钻挺,其直径最好相当于套管螺纹外径,使其后的套管易于下入,钻挺的重心要低于全部钻挺的 $1/3$,所加钻压应控制在全部钻挺重量的 $75\% \sim 80\%$ 以内,因循环间隙小,循环钻井液泵压时高,钻盘增大负荷,要特别注意钻头泥包及易坍塌地层卡钻问题。

3.2 刚性满眼法井斜控制技术

满眼钻具一般是由几个外径与钻头直径相近的稳定器及一些外径较大的钻挺构成。其防斜原理:一是由于满眼钻具比光钻挺的刚度大,并能填满井眼,在大钻压下不易弯曲,保持钻具在井内居中,减小钻头的偏斜角,从而减小和限制因钻具弯曲产生的增斜力;二是在地层横向力的作用下,稳定器支撑在井壁上,限制钻头的横向移动,同时能在钻头处产生一个抵抗地层的纠斜力。

(1) 垂直井眼中工作时,其作用是保持井眼沿垂直方向钻进,上稳定器抵消其上一根钻具弯曲所产生横向力,使其下钻具居中;中扶正器能抵消其上一钻挺一旦弯曲所产生的横向力,并使其下钻挺处于井眼中心,并帮助下稳定器抵消地层的斜向力;下稳定器的作用自然是抵消地层横向力,限制钻头的横向移动。当地层横向力不大时,满眼钻具能保持居中状态,使井眼沿垂直方向前进。

(2) 增斜时钻具的防斜作用。当钻遇使井斜增大的地层时,满眼钻具能有效地抵消地层横向力,减小井斜变化。在地层横向力的作用下,下稳定器和钻头靠向井壁的高边,抵抗地层横向力,限制钻头的横向移动。由于短钻铤的刚度大,能有力的反抗地层横向力对于短钻铤的弯曲作用,产生的反力将驱使钻头靠向井壁的低边,产生纠斜作用,中扶正器能帮助下部钻具抵抗地层斜向力,同时在已斜井眼中,钻具还有纠斜作用。

(3) 减斜时钻具防斜作用。若井眼已发生偏斜,而地层又使其趋向恢复垂直状态,满眼钻具的作用是防止井斜角过快地减小。下、中稳定器将抵抗地层横向力,限制钻头向下侧移动。短钻铤也抵抗弯曲向井眼的高边,帮助下稳定器抵抗地层横向力。所以满眼钻具在减斜时,能有力地抵抗地层减斜力,减小井眼井眼的减斜率,以防井眼产生狗腿、键槽等不良的现象。

总的来说,满眼钻具由于具有刚度大和填满井眼两个特点,在直井中,当地层横向力不大时,能保持直眼钻进,在钻遇增斜或减斜的地层时,能有力地控制井斜变化率,使井斜不至于过快增大或减小,不会形成狗腿、键槽等影响井身质量的隐患。

3.3 偏轴钻具井斜控制技术

偏轴防斜打快技术:该技术是由一个特制的偏轴短节和若干根不同尺寸的钻铤组成,钻盘的旋转强迫该组合作稳定的公转回旋运动,使钻头均匀切削井底岩石,克服地层各项异性,实现稳斜、降斜和快速钻进。

3.4 柔性防斜、纠斜钻具组合

这种钻具适合地层倾角大,岩石硬度高,自然造斜能力强的地层,在采用塔式钻具、满眼钻具和钟摆钻具均难以控制井斜的情况下,使用柔性防斜钻具组合能有效地控制井斜增加的趋势。

通过这个地区已完钻井井眼轨迹可以看出,发现存在着一种规律,井眼方位没什么变化的极可能出靶圈,井眼方位不沿一个方位,即使井斜稍大井底位置也不偏离靶圈。

上面两口井井底位移都出了靶圈,方位漂移基本上都朝一个方向,这样即使全角变化率不是很大,它的位移充分叠加,最后导致位移超标。

从图1、图2可以看出,苏20-11-18井和苏20-20-22井井底位移都没有出靶圈,但井底位移的绝对值比苏20-14-18井和苏20-16-14还大,而闭合位移却控制在标准范围内。

从图1、图2上可以看出,钻进中井眼方位是右漂的,全井方位基本界于 $320^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 扇面之间,特别是下部井段,方位都在漂向 45° 左右稳定,这种方位窄区摆动并且趋向稳定的井眼曲线,会把井斜导致的位移充分叠加,容易在井斜不超标的情况下,最终仍然出靶。苏20-16-14井的出靶,我们认为就是与方位摆动小有直接关系。它的最大井斜 $4.3^{\circ}/2450\text{m}$,这不是已完成井中井斜最大和位置最高的。苏20-17-19最大井斜 $5.67^{\circ}/1525\text{m}$,但它没有出靶,得益于其下部出现方位较大摆动。

为了克服苏20区块大井斜带来的危害,长期以来,人们通常采用轻压吊打等消极措施控制井斜不超标,这种办法不能有效解放钻压,不仅严重限制了机械钻速,而且也不能从根本上消除大井斜造成的一系列危害;通过对已完成井水平投影图的分析,这种现象和钻具结构的受力、扶正器的位置有关;根据这一现象认真分析该地层的岩性,调整钻具结构,利用PDC钻头适合于低钻压和高转速条件下能快速钻进的特点,在易斜区采取PDC钻头与钟摆钻具配合使用的防斜钻井方法,最终解决了苏20区块的井斜问题,提高了该地区的钻井安全、快速钻进,保证了井身质量。

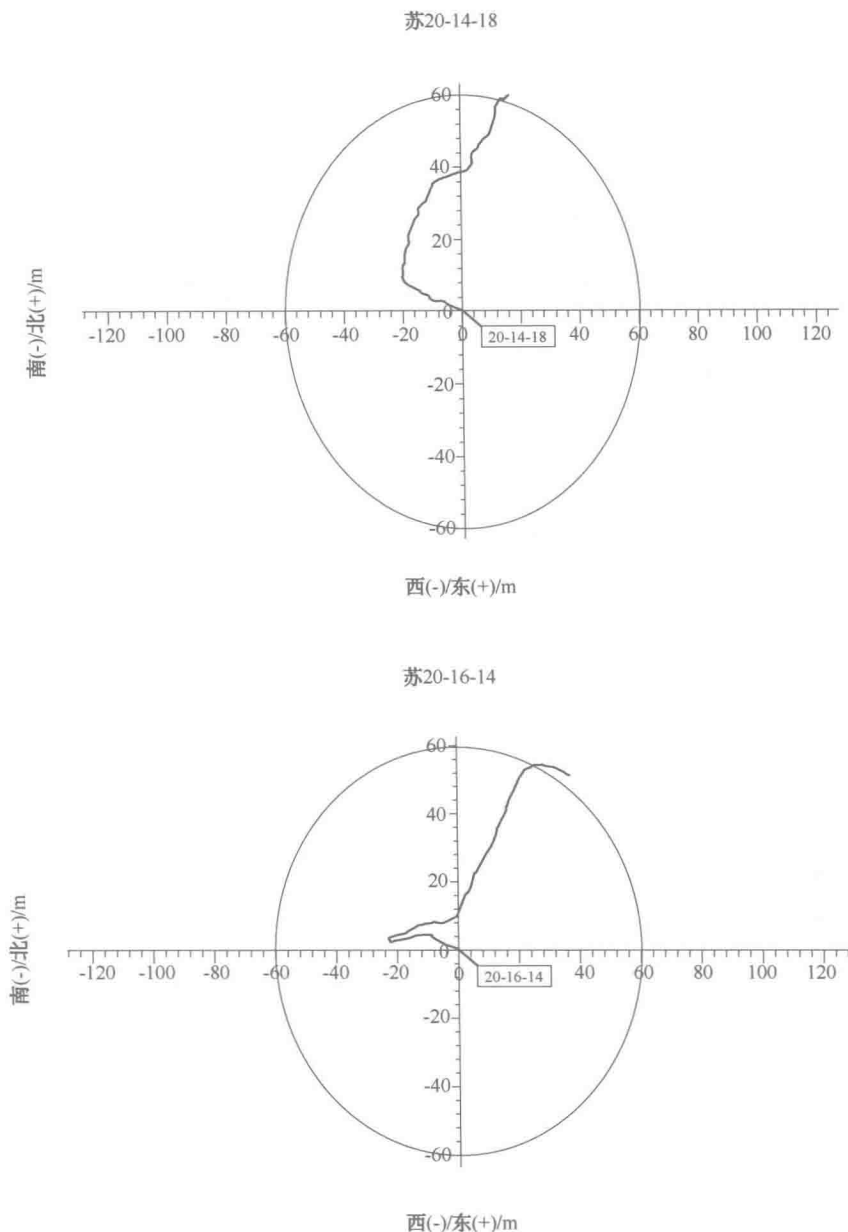


图1 苏20-14-18井和苏20-16-14井水平投影图

4 结论与建议

井斜控制的目的是在保证井身质量情况下,提高机械钻速,降低钻井成本。根据苏20区块的钻井实践和关于井斜控制技术的认识,提出在该地区钻井防斜钻具结构:

(1) 钟摆钻具组合: $\phi 215.9\text{mm}$ 钻头+ $\phi 178\text{mm}$ 钻铤 $\times 2$ 根+ $\phi 214\text{mm}$ 扶正器+ $\phi 159\text{mm}$ 钻铤 $\times 15$ 根+ $\phi 127\text{mm}$ 加重钻杆+ $\phi 127\text{mm}$ 钻杆。

(2) 柔性钟摆钻具组合—“刚柔”钻具组合: $\phi 215.9\text{mm}$ 钻头+ $\phi 158.8\text{mm}$ 钻铤2根+ $\phi 214\text{mm}$ 稳定器+ $\phi 127\text{mm}$ 加重钻杆1根+ $\phi 214\text{mm}$ 稳定器+ $\phi 158.8\text{mm}$ 钻铤18根+ $\phi 127\text{mm}$ 钻杆。

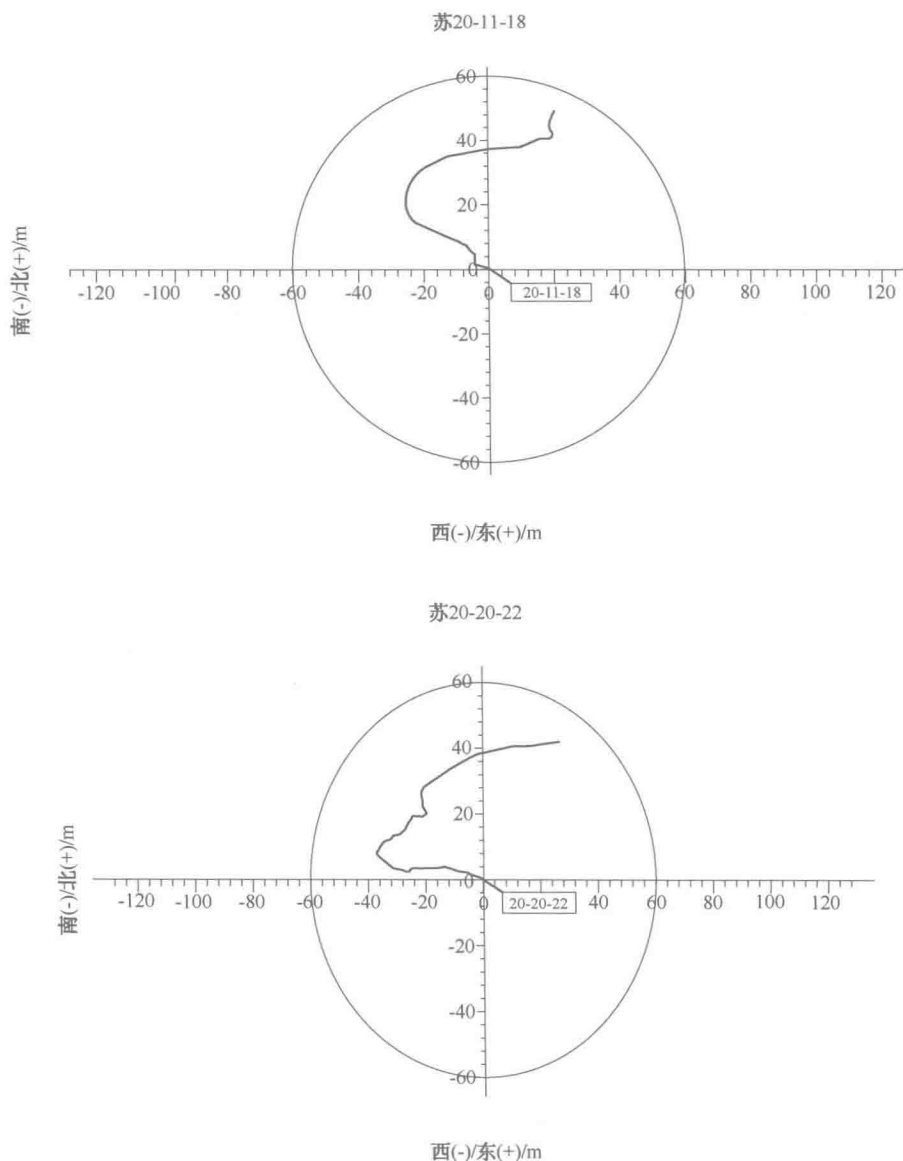


图2 苏20-11-18井和苏20-20-22井水平投影图

参 考 文 献

- [1] 张宇, 吴义发, 秦雪峰, 等. 稠油浅井套管钻井防斜打直技术探讨[J]. 石油地质与工程, 2012., 26(3): 91~93.
- [2] 吕鹏翔. 钻井过程中防斜打直技术的探讨[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2014, 5(2): 33~36.

作者简介:

于成水, 高级工程师, 现在从事钻井工程技术管理工作。地址: 天津市大港油田团结东路石油工程研究院, 邮编: 300280, 电话号码: 022-25925434, 电子邮件: yuchengshui@sohu.com。

水平分支井技术研究与实践

于成水 刘天恩 王立辉

(大港油田石油工程研究院)

摘要 分支井是 21 世纪石油工业领域的重大技术之一。多分支井可以在 1 个主井筒内开采多个油气层,实现 1 井多靶和立体开采。多分支井不仅能够高效开发油气藏而且能够有效建设油气藏。我国适合于用多底井分支井开发的油气藏也比较多,不少油田已经立项进行技术攻关,大港油田 2003 年对水平分支井进行立项攻关,于 2004 年首次在陆上进行钻井实验,并成功完成第一口鱼骨型水平分支井——家 H2 井,为大港油田利用钻井技术提高单井采收率开辟了一条新的途径,投产后单井产量是周围已钻邻井的产量的 3~5 倍,取得了显著的效果。本文详述了钻水平分支井技术论证的主要内容,并从工程前期工程方案、井身结构、完井方式、技术保障措施等进行了阐述。

关键词 鱼骨型分支井 井身结构 自降解钻井液体系 大港油田

1 发展背景

国外于 20 世纪 20 年代初就提出多底分支井钻井技术^[1,2]。进入 90 年代,美国、加拿大等开始大力发展多分支井技术,并取得飞快进步。特别是美国,随着水平井钻井技术、大位移井钻井技术、老井开窗钻井技术、连续油管技术及 MWD、LWD 以及相关技术与工具、仪器的发展,分支井钻井技术获得了更大的发展。他们已成功地开发了多套分支井系统,并能够进行十分复杂高难度的分支井施工。1993 年,Unocal 公司在加利福尼亚近海 Dos Cuadras 油田钻了 5 口 3 层分支井,至 1996 年,国内外已钻出 1000 多口分支井。

美国北海北部 Tern 油田 1996 年钻成该油田的第一口多底井——TA14 井。该井是一口勘探/评估井下管柱的分支侧钻生产井。与采用常规设计方法相比,其年产量提高 3 倍多。

分支井技术不仅应用在陆上油田,而且在海上油田也都得到了应用,并在一定程度上提高了油田的采收率。如泰国湾的 Bongkot 油田,该油田位于泰国湾海上,发现于 1973 年,自开发以来已钻井 114 口,其中 2/3 是开发井。到 1996 年中期,天然气年产量为 $361 \times 10^8 \text{ m}^3$,凝析油年产量为 $40 \times 10^4 \text{ t}$ 。1996 年 5 月在 BK-4-M 井钻了双分支水平井。这两个水平分支井段长度均为 1000m,油井产能达到 548 t/d,其钻井成本是常规斜井的 1.7 倍。但采收率比常规斜井提高 13.4%,可多采出油 $41 \times 10^4 \text{ t}$ 。

委内瑞拉的 Zuata 油田是一个超重油油田,目前 Petrozuata 公司已钻成 306 口多分支水平井,是世界上钻多分支水平井最多的油田。2001 年,原油产量达到 $60 \times 10^4 \text{ t}$ 。

Norsk Hydro 公司在 Troll 油田利用多分支水平井开发,到 2002 年 5 月,共钻井 80 口,其中,多分支水平井 18 口,使原油储量增加 $1027 \times 10^4 \text{ t}$ 。

位于北海挪威地区卑而根港口的西南部 100 km 特罗尔奥尔杰油田,其海域水深 315~340m。截至 2002 年初,挪威水上公司在该油田共钻 80 口井,其中包括 13 口双分支多分支