

《深层、深水、非常规钻井技术研讨会暨2012年钻井研究院(所)长会议论文集》编委会 编

深层、深水、非常规钻井技术研讨会 暨2012年钻井研究院(所)长会议 论文集

石油工业出版社

深层、深水、非常规钻井技术研讨会暨 2012 年钻井研究院(所)长会议论文集

《深层、深水、非常规钻井技术研讨会暨 2012 年钻井
研究院(所)长会议论文集》编委会 编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书收集了2012年钻井研究院(所)长会议论文167篇,内容涵盖深层、深水及非常规钻井新技术、新方法、新工艺和新装备。反映了国内近几年石油钻井在深层、深水及非常规领域的科研成果和技术进步。

本书可供钻井技术人员和管理人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

深层、深水、非常规钻井技术研讨会暨2012年钻井研究院(所)长会议论文集/《深层、深水、非常规钻井技术研讨会暨2012年钻井研究院(所)长会议论文集》编委会编. —北京:石油工业出版社,2013.3

ISBN 978-7-5021-9597-7

I. 深…

II. 深…

III. 油气钻井-文集

IV. TE2-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第105318号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里2区1号 100011)

网 址:www. petropub. com. cn

编辑部:(010)64523583 发行部:(010)64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

2013年3月第1版 2013年3月第1次印刷

787×1092毫米 开本:1/16 印张:65

字数:1659千字

定价:260.00元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

《深层、深水、非常规钻井技术研讨会暨 2012 年钻井研究院(所)长会议论文集》

编 委 会

主 任：石 林

副主任：路保平 赵业荣 邹来方 马开华 郑新权

委 员：周英操 李雪辉 刘硕琼 谢正凯 余金海

蒋世全 张奎林 申瑞臣 盛利民 王 玺

贺会群 汪海阁 徐显广 孙金声 邹连阳

江少平 唐纯静 范应璞

序 言

石油钻井研究院(所)长会议自 2001 年召开首届会议以来每年召开一次,至今已召开了 11 次会议,历次会议都取得丰硕的成果。石油钻井研究院(所)长会议已经成为中国钻井工程界技术交流的一个品牌会议,是联系中石油、中石化和中海油三大石油公司和石油高等院校等钻井科研人员的纽带,对推动我国钻井技术的发展起到了重要作用。

本届大会的主题是“深层、深水、非常规钻完井新装备新技术”,围绕会议主题,大会面向全国石油钻井技术人员、专家、学者征集论文,共收到来自三大石油公司、石油高等院校的 172 篇论文。论文内容丰富,基本反映了目前我国在“深层、深水、非常规钻完井新装备新技术”领域的技术现状,具有较高的学术水平和应用价值。经过专家初评、会评,其中 11 篇获一等奖并在本次会议上进行了大会交流,获二等奖的 15 篇、三等奖的 25 篇论文进行展板交流。

随着石油勘探开发向深部地层发展,全球超高温深井以 6% ~ 7% 速度递增,国内大庆、南海、吉林、新疆、塔里木、胜利等油田均已实施超高温深井钻探工程,国内最深井塔深 1 井井深达 8408m,大庆古龙 1 井井深 6300.84m、井底温度达 252℃、钻井液密度达 2.60g/cm³,泌深 1 井井深 6005m、井底温度达到 241℃。随着井深的增加,高温高压给钻井带来了一系列技术难题,钻井难度越来越大,需要有创新性研究成果去解决。将来勘探开发还将继续向更深部地层发展,因此,深井、复杂井仍将是未来非常重要的话题,它是我国创新的源头,也是需要解决的技术难题。

中国陆地和海洋浅水区都经历了 40 ~ 50 年的勘探,勘探程度较高,发现新的大型油气接替区域相当困难。而南海油气资源储量丰富,占中国油气总资源量的 1/3,其中 70% 蕴藏于 153.7 万平方千米的深水区域,可以成为中国油气的重要接替区域。但由于自然环境恶劣,开发技术难度大、成本高以及其他一些原因,南海的深水油气资源一直没有得到有效开发。随着中国首座代表当今世界先进水平的第六代半潜式深水钻井平台“海洋石油 981”的钻头在南海荔湾 6-1 区域 1500 米深的水下探入地层,标志着中国海洋石油工业的“深水战略”由此迈出了实质性的一步,但仍有大量技术难题需要我们去探索和突破。

目前正处于国家大力开发页岩气的关键时刻,我们油气钻井技术工作者正面临着大的机遇与挑战。页岩气是目前我国需要关注的热点问题,国内的致密气、致密油也需要密切关注。非常规油气的勘探开发已经成为全球能源经济的重要议题,未来 20 年,世界石油领域将会在科技上加大投入,研发更多先进技术,攻克更具挑战性的油藏。我国非常规油气勘探开发尚处于起步阶段,存在一系列如泥页岩长距离水平井段钻进严重井壁失稳、成本控制等难题亟待克服。

针对面临的困难环境和重要责任,国内钻井科技人员开展了大量技术攻关与创新,特别是原创性的技术成果逐年大幅增加,取得了一系列重要成果,如:“海洋石油 981”钻井平台、PCDS-1 精细控压钻井系统、DRMTS-I 煤层气远距离穿针技术与装备等。

在世界日趋激烈的竞争舞台上,科学技术作为第一生产力越来越显示出它的杠杆性作用。我国的钻井要实现由钻井大国向钻井强国的转变,必须注重创新,特别是原创性、拥有具有独立知识产权的发明创新,并加快成果转化速率,加大产业化的应用规模。

中国石油集团钻井工程技术研究院院长

石林

目 录

◎ 钻井工艺技术 ◎

深水钻完井技术体系框架研究	蒋世全 许亮斌 盛磊祥等(3)
苏里格地区气井分支井井壁稳定技术研究及应用	贾俊 黎金明 郭康等(9)
塔里木油田克深 7 井超深层巨厚盐层复杂钻井技术	滕学清 李宁 叶艳等(16)
深层致密砂岩小井眼长水平段水平井钻井技术	张嵇南 董国昌 李传均等(23)
接单根过程井底压力动态预测模型研究	王留洋 杨令瑞 李艳丰等(30)
分支水平井技术在潜山硬地层应用的挑战及解决方案	余雷 喻晨 尚宪飞等(36)
南海深水钻井防台技术研究	许亮斌 周建良 蒋世全等(44)
粒子冲击钻井技术研究新进展	徐依吉 赵健 靳纪军等(50)
川庆精细控压钻井技术在南堡潜山裂缝性油气藏中的应用研究	孙海芳 李祥银 韩烈祥等(61)
高效提速技术在塔里木油田超深高温碳酸盐岩油气藏钻井中的应用	滕学清 李宁 杨成新等(67)
南堡深层高温潜山水平井欠平衡钻井技术研究与实践	朱宽亮(72)
鲁克沁超深稠油油藏鱼骨型分支水平井技术的应用	杨立军 冯义 李玉泉等(80)
BH - VDT5000 垂直钻井系统在克深 207 井的应用	汝大军 杨士明 乔金中等(86)
牛东 101 井运用钻井新工艺、新技术实现牛东潜山提速目标 ...	付潇 杨恺 侯士东等(91)
胜利产孕镶金刚石钻头在乌参 1 井的应用	吴仲华 温林荣 丁世清等(98)
塔河油田深层侧钻水平井膨胀套管钻井实践	唐明 马建忠 沈学祥(105)
元坝 272H 井超深水平井钻井技术	刘匡晓 郭瑞昌 宋兆辉(111)
松南火山岩水平井优快钻井技术研究与应 用	巢贵业 王友付 穆国臣(117)
深水钻井井身结构设计方法	夏强 刘书杰(124)
深海双通道钻杆反循环钻井新方法的经济性分析	孙宝江 武广璇 尚占魁(132)
中原油田非常规油气藏水平井优快钻井技术实践	兰凯 刘明国 晁文学等(140)
气体钻井中三通管的冲蚀特性研究	姚建林 韩烈祥 何超等(147)
多流态气体钻井技术	廖兵 邓虎 吕涛等(153)
基于气体钻井的九龙山构造提速治漏方案研究与应用	肖洲 邓虎 付焘等(158)
双壁钻杆反循环钻井技术发展现状	范黎明 周长虹 刘殿琛等(163)
稳定泡沫钻井技术应用研究	周长虹 许期聪 余锐等(169)

川庆精细控压钻井系统控制策略设计及实践	李枝林 薛秋来 唐国军等(175)
精细控压钻井技术在 NP23 - P2005 井的应用	薛秋来 邓志 徐吉等(181)
长水平段水平井井底压力控制钻井技术研究	高如军 刘庆 江迎军等(186)
全过程欠平衡钻井技术在碳酸盐岩储层的应用	魏强 江迎军 高如军等(192)
分支水平井钻完井技术在苏里格气田的应用	程元林 韦海防 杜松涛等(198)
充氮气钻井技术在长庆气探井下古储层中的应用	杨赞 王军闯 贾军喜等(205)
国内微小井眼应用连续油管钻井技术前景展望	张汉林(212)
分支井在辽河古潜山油藏的规模化应用	陈振刚 余雷 喻晨等(217)
哈萨克斯坦肯基亚克水平井钻井技术	唐亮 孟庆华(222)
沈北潜山油藏钻井配套技术研究与应用	吴兴国 李连庆 马勇等(226)
深层致密气藏水平井吉 4H 钻井提速技术研究与实践	何飞 冯义 肖华等(233)
国外控压钻井技术发展现状与展望	郭晓霞 李万平(240)
大庆中浅储层氮气专打新技术应用	杨毅(247)
控压钻井适应性评价模型建立与现场应用研究	杨雄文 朱卫新 周英操等(251)
深层小井眼侧钻水平井钻井技术实践	李瑞明 何卫滨 王鹏等(258)
优快钻井技术在大港油田深层的应用	贾培娟 李瑞明 李玲等(264)
牛东潜山超深井钻井提速难点与技术对策	崔露 徐明磊 付萧等(270)
吉林油田井身结构优化技术	宋杨 张继峰 王力(274)
非常规水平井井眼轨道优化设计及轨迹控制技术	曹向峰 孙连坡 牛洪波等(279)
胜利油田重点风险预探井哈深斜 1 井钻井工程设计	杨衍云(285)
深海双密度钻井技术	蔡西茂 杨利 侯芳等(291)
塔河油田实体膨胀管开窗侧钻水平井钻井技术	崔海林 孙连坡 张晓明等(298)
准噶尔盆地火成岩钻井提速难点与技术对策	赵洪山 冯光通 唐波(305)
准噶尔盆地中部地区地应力分析及钻井优化设计	陈明 窦玉玲 李文飞(312)
渝东南彭水区块钻井技术研究	童胜宝(319)
元坝陆相深部地层钻井提速新技术	刘伟 蒋祖军 欧彪等(324)
TLP 平台钻完井设计技术分析	盛磊祥 许亮斌 蒋世全等(329)
龙岗地区复杂压力层系非常规井身结构设计与应用	邹灵战 葛云华 黄建章等(336)
碳酸盐岩水平井精细控压钻井技术	崔龙连 汪海阁 胥志雄等(344)
大位移井在坪北油田的应用	郑双进 侯炼 路萍等(354)

◎ 固井完井技术 ◎

高温大温差固井水泥浆体系研究与应用	于永金 靳建洲 刘硕琼等(361)
DCK 低温防窜水泥浆体系研究与应用	马淑梅 王旭光 段治华等(368)

页岩油气水平井固井技术	刘伟 丁士东(375)
水平井完井综合配套技术研究	齐月魁 秦飞翔 刘长军等(381)
海上高酸性高产气田完井工艺技术	戴强 张娟 李钦道等(387)
榆 37-2H 储气库井固井技术研究	温雪丽 魏周胜 王文斌等(394)
漂浮固井工具结构设计	陈鹏伟(400)
苏南 SN0135-02 井 $\phi 88.9\text{mm}$ 小套管一次上返固井技术	陈宁 魏周胜 唐凯等(406)
水平井多段压裂完井及配套工具应用	张东亭 刘延平 董建华等(411)
个性化固井前置液的研制与应用	姜涛 陈柏山 肖海东等(419)
福山油田小井眼固井技术研究	杨豫杭 马倩芸 王菁(427)
水平井多级压裂半程固井完井技术的有益尝试	林风波 何军 杨振科等(431)
钻固井硅膜承压剂 MSC-3H 的研究与应用	邓宏 薛剑平 王富华等(438)
尾管固井技术中胶塞失效分析	姚辉前 马兰荣 郭朝辉等(444)
深井窄密度窗口防窜防漏固井技术探讨	于永金 徐明 齐奉忠等(452)

◎ 钻井液与储层保护技术 ◎

海洋深水钻井液技术研究进展	邱正松 赵欣 徐加放等(459)
长北气田保护储层钻井液技术研究与应用	赵向阳 张建斌 董宏伟等(467)
低摩阻清洁压裂液研究与应用	任雁鹏 马托 苏伟东等(474)
新型抗高温低黏高切油包水钻井液研究与应用	刘永贵 闫晶 张坤等(483)
钻井液用微粉重晶石研制及性能评价	王建华 王立辉 杨海军等(490)
高密度油基钻井液堵漏技术的现场应用	石朝敏 王先兵 景岷嘉等(496)
磨溪 11 井有机盐钻井液技术	王兰 陈俊斌 欧阳伟等(500)
白油基钻井液在页岩气 YSH1-1 井的应用	王睿 刘伟 夏先富(505)
基于正交设计无伤害压井液聚合物降失水剂的非线性回归与秩相关分析	罗陶涛 马光长 欧阳伟(510)
长北气田双分支水平井钻井液技术研究与应用	陈磊 林海 董海东等(515)
桃平 1 井钻井液技术	李宝军 张建斌 陈思让等(523)
土库曼斯坦南约拉坦气层窄安全密度窗口钻井液技术	李宝军(530)
土库曼斯坦南约拉坦气田钻井液技术	张长庚 李宝军 杨晓冰等(538)
HRD 钻井液在陆梁地区的研究与应用	李辉 李跃明 蒋西平等(544)
白油基钻井液在准噶尔盆地阜东 053 井的应用	黄治中 王茂仁 郑义平等(552)
苏里格气田苏 77 井区水平井钻井液技术探讨	夏会平 缪庆林 李跃明等(558)
新疆呼图壁储气库钻井液技术	李称心 李跃明 缪庆林等(563)
有机盐体系钻穿水平多段碳质泥岩的试验应用	张蔚 宋玉龙 夏会平等(569)

高效解堵完井液研究及在筛管完井中的应用 马平平 熊开俊 王广财等(575)
 水包油钻井液在大庆油田深层侧钻水平井中的应用 王俊杰 姚博 盖大众等(582)
 水平井水基钻井液在大庆地区的应用 张伟然 栾广涵 高锐等(586)
 徐深 23 - 平 1 井钻井液技术 陈先贵 任金萍 赵秀良(590)
 胜利油田罗家地区页岩油水平井钻井液技术研究 侯业贵 高杨 周守菊等(593)
 强抑制固壁型仿生钻井液体系研制与性能评价 蒋官澄 宣扬 张弘等(600)
 中原油田油基钻井液技术研究与应用 刘明华 李午辰 孙举等(607)

◎ 设备与工具 ◎

SLTIDT 型钻井提速工具应用研究 周燕 金有海 董怀荣等(617)
 带轨迹测量功能的 PWD 系统研制 孙鹏 刘琛 孟现波等(621)
 华北油田潜山储气库注采井固井工具配套及应用技术 ... 韩振强 王益山 宋元洪等(626)
 高频振动冲击钻具的共振破岩机制及实验分析 闫铁 李玮 许兴华等(634)
 国产 PCDS - I 精细控压钻井装备研制与关键技术研究
 周英操 杨雄文 方世良等(640)
 无线电磁随钻测量系统的(EM - MWD)关键技术及应用 ... 李林 彭烈新 陈文艺等(650)
 自动垂直钻井系统的研制及应用 艾才云 成检林 陈嘉陵等(656)
 低压气田用经济型气密封螺纹接头套管设计开发 王建东 胡富源 杨力能等(660)
 井下环空微流量测量系统研制及先导试验 欧彪 朱礼平 李群生等(668)
 轮式金刚石钻头的工作理论及实验研究 杨迎新 陈炼 刘勇等(673)
 连续循环钻井系统的研制 马青芳 胡志坚 王爱国等(681)
 自转式空气锤钎头防掉结构研究 何超 陈立 姚建林等(688)
 随钻径向井壁取心工具研究及应用 胡畔 陈立 李伟成等(692)
 冻胶阀封隔油气技术在龙浅 009 - H2 井的实践与认识 魏强 左星 高如军等(697)
 尾管悬挂器模块化研发的新思路 高果成 沈明 唐凯等(703)
 控压钻井装备研制及应用 陈若铭 伊明 杨刚等(706)
 LZ580 - 73T 连续管钻机研制 贺会群 熊革 刘寿军等(718)
 基于顶部驱动和井下动力钻具的滑动钻井导向控制技术 徐文 刘新立 马瑞等(724)
 连续油管用小尺寸螺杆钻具的研制及应用 刘凤 李萌 王瑞霄等(729)
 一种用于深水钻井的井眼清洁装置——贝克休斯 WCDS 系统
 范春英 刘凤 高巧娟等(733)
 水平井裸眼分段压裂工具研制与应用 张鹏 程智远 刘志斌等(737)
 钻头优选分析方法浅析 陈述 张雨 王雷等(743)
 一体化旋流冲壁工具的研究与应用 梁红梅 郭超 董赵朋等(748)

遇水膨胀封隔器的研制及应用研究	杨德锴 侯乃贺 薛占峰等(752)
地层评价及钻头选型软件开发与应用	况雨春 屠俊文 刘艳君等(759)
旋转导向工具虚拟样机设计及关键单元有限元分析	王鹏 唐雪平 洪迪峰(766)
基于高造斜率井眼轨迹控制工具的造斜率研究	冯定 张红 刘旭辉等(772)

◎ 非常规油气钻井技术 ◎

页岩水化过程与机理微观成像分析	石秉忠(779)
页岩气钻井井壁稳定技术难点及新理论探索	陈勉 金衍 卢运虎(788)
煤层气水平井 PE 筛管完井技术	付利 申瑞臣 田中兰等(795)
超临界二氧化碳在页岩油气藏中压裂及钻井现场试验研究与应用	胡世杰(802)
页岩气藏地面返排测试工艺探索	陈华良 陆峰(822)
页岩气水平井定向侧钻及井眼重入技术	余晟 代勇(826)
非金属性筛管完井在煤层气井中的应用浅议	李玉宁 任丽蓉 邢燕岭等(830)
苏 20K - P1 储气库井超低压砂岩地层随钻堵漏技术	郝惠军 田野 张健康等(833)
苏桥储气库群老井封堵浆及封堵工艺研究与应用	曹洪昌(837)
保护煤层可降解钻井液研究	刘大伟 王益山 虞海法等(843)
樊页 1 井非常规页岩密闭取心技术	刘峰 王朝平 王彬等(849)
胜利油田页岩油气钻井工程设计技术进展	王光磊 李文飞 贾江鸿等(853)
页岩气储层保护微乳液的制备与性能实验研究	邱正松 逢培成 黄维安等(858)
多夹层盐穴储气库造腔提速技术研究	班凡生 申瑞臣 袁光杰等(864)

◎ 其 他 ◎

稠油注蒸汽热采井套管柱预应力松弛效应分析	王建军 韩礼红(871)
水溶液在泥页岩地层中的渗流运移及其对井壁稳定性的影响	刘厚彬 孟英峰 李皋等(876)
新型高效储保型随钻堵漏剂的研制	赵晓竹 刘永贵 张洋等(882)
层理页岩力学参数各向异性研究	王倩 刘玉石 项德贵(887)
压力波在井筒内传播速度研究	邓元洲 李林科 张伟(894)
基于 BCB OLE 技术的 Solidworks 二次开发与应用	王旭东 陈立 姚建林等(899)
多级架桥暂堵技术在四川九龙山地区的应用	王兰 陈俊斌 欧阳伟等(903)
川渝地区高温高压含硫深气井井筒安全评价技术在试油中的应用	张娟 戴强 高含(907)
电磁波接力传输随钻测量系统“套管信道”衰减规律分析	季锋 胡超 王忠生等(912)
一种基于电磁场的跨测试阀地面直读技术	庞东晓 张明友 项培军等(915)

基于膨润土浆基液的雾化钻井技术研究与应用 肖洲 邓虎 余锐等(920)

带压作业技术发展现状与展望 王留洋 杨令瑞 李艳丰等(923)

四川盆地页岩气井地面安全返排测试技术 刘飞 潘登 曾小军等(930)

地面测试计量数据采集系统雷击损害分析及应对措施 潘登 温馨 杨光炼等(936)

土库曼斯坦复杂盐下气田地面测试研究 彭陶钧(941)

大牛地气田含硫化氢气井腐蚀监测 张新发 李养池 吴保玉等(947)

壳牌长北气田水平分支井钻杆腐蚀与防护 李养池 张新发 吴保玉等(952)

油井溢流监测报警装置研制与试验 王玉 李前春 章东哲(958)

化学固化下沉剂堵水压裂技术在苏里格西区气田的应用 ... 任雁鹏 苏伟东 马托等(964)

低渗透油藏中高含水油井增产技术的研究与应用 葛海江 何举涛 郭超(970)

超低浓度瓜尔胶压裂液体系研究与应用 廖礼 冉照辉 郑克祥等(973)

钻井工程软件的应用现状及发展前景 张冬梅 周英操 赵庆等(979)

一种新的计算井间最近距离的方法 张文斐 周英操 赵亦朋等(984)

页岩应力性破坏问题探讨 张振欣 周英操 刘玉石等(990)

青海涩北气田分层开采技术研究 杨文领 张荣文 张立娜等(994)

俄罗斯玄武岩纤维管材在石油工程中的应用 杨明清 王成彪(1001)

低渗透油藏水平井分段压裂技术 陈作 秦钰铭 吴春方等(1007)

复合凝胶堵漏技术的研究与应用 杨海军 冯杰 杨洪等(1013)

膨胀管裸眼堵漏技术研究 王建利 尹宏伟 徐丙贵等(1018)

伊朗 M. I. S. 油田超低压储层钻井伤害机理及评价方法研究
..... 黄志强 王玺 汪伟英等(1023)

钻井工艺技术

深水钻完井技术体系框架研究

蒋世全¹ 许亮斌¹ 盛磊祥¹ 周建良¹ 姜伟² 唐海雄³ 周俊昌²

(1. 中海油研究总院;2. 中国海洋石油总公司;3. 中国海洋石油(中国)有限公司深圳分公司)

[摘要] 随着浅海石油天然气资源勘探开发日益饱和,石油勘探开发已向深水(水深500m以上)进军。我国海洋石油行业所面对的更是一个充满挑战的市场,尤其深水油气勘探开发的形势迫切,南海深水区块将是新的油气资源勘探重要区域,且周边的印度尼西亚、马来西亚、越南等国都在南中国海找到大油气田,深水无疑是我们迫切需要涉足的新领域。与陆地和浅海钻井相比,深水钻井的技术难度、投资及风险很大,我国深水油气勘探尚在起步阶段,尚未具备完善的深水海上石油工业体系。虽然国际上深水钻井技术已相对成熟,但是国内的深水钻完井技术尚属起步阶段,亟待建立一套深水钻完井工艺体系,指导现场安全作业。“十一五”期间国家重大专项课题深水油气田开发钻完井工程配套技术开展了深水钻完井技术的研究工作,提出了深水钻井设计技术体系及框架,部分成果在某超深水井设计和作业中得到应用。

[关键词] 深水钻井 技术体系 选型

深水钻井的概念随着技术和设备的更新换代在不断地变化,20世纪60年代深水钻井一般指大于100m水深,70年代深水钻井一般为大于200m水深,80年代深水钻井一般为大于300m水深,目前深水钻井一般为大于500m水深。近年来,也有专家指出,只要是遇到了类似深水的特殊问题,如海底低温、窄压力窗口、浅层地质风险等问题,无论水深是多少,从技术上,都必须当作深水钻井进行设计和作业。

从整个深水钻井行业看,虽然深水作业量激增,无论是国内还是国外,关于深水钻井尚未形成统一的技术标准,但各主要作业者和承包商都建立了成熟的深水钻井技术体系。我国从1987年南海东部Y井开始,中国海洋石油总公司(以下简称中国海油)以对外合作的方式进入深水领域,水深超过450m的海域已钻井超过20口,大部分都是由国外公司承担作业者角色主导完成的,我国自主深水钻完井技术与国际先进水平相比仍存在差距。“十一五”期间,中国海油依托重大专项开展了深水油气田开发钻完井工程配套技术的研究工作,对深水钻井技术进行了理论研究和探索,初步形成了三大技术体系框架,部分技术在实际井的设计和作业中取得了应用,并通过了钻后的后评估工作。

一、深水钻井工艺关键技术

与大陆架和浅水钻井作业相比,深水作业的施工风险高、技术要求高,常规浅水钻井工艺和钻井装备表现出明显的局限性,已经不再适应深水钻井要求。较小的破裂压力梯度随着水深的增加,上覆岩层压力被海水水柱静水压力代替,岩石破碎压力随着水深的增加而减少,

作者简介:蒋世全,1958年3月出生,教授级高级工程师,1982年1月毕业于西南石油学院油气田开发系钻井专业,1994年获博士学位,现任中国海油研究总院研发中心钻完井首席工程师,从事深水钻完井及旋转导向钻井技术研究工作。通信地址:北京市东城区东直门外小街6号海油大厦(邮编100027);电话:010-84522591;E-mail:jiangshq@cnoc.com.cn。

海底表层沉积物胶结性越差,井筒稳定性越易受到影响;深水特有的钻井程序,对钻柱设计、井身结构设计都提出了特殊的要求;深水特有的装备和环境,如隔水管、增压泵和海底温度等对水力学设计的影响等。

1. 深水条件下三维地层压力预测技术及应用

地层孔隙压力是油气勘探研究的热点问题,虽已形成多种方法和技术,但如何提高地层压力的求取精度仍然是国内外关注的技术难点,特别是在深水及地层情况比较复杂的一些地区。由于深水钻井的特殊性,深水压力预测有其自身的特点:(1)在深水地层压力预测中计算上覆岩层压力时必须考虑水深的影响;由于静水压力较高而上覆岩层压力较低,造成浅部地层强度低。(2)深水钻井的高成本要求更科学的套管程序的设计,以减少和避免因井身结构不合理造成复杂事故。这就对地层压力钻前预测的精度提出了更高的要求。(3)由于深水钻井作业窗口窄,单纯的一维压力预测(单井压力剖面)已很难满足设计要求,需要从三维角度获取地层压力的空间分布信息,保证安全、经济钻井。

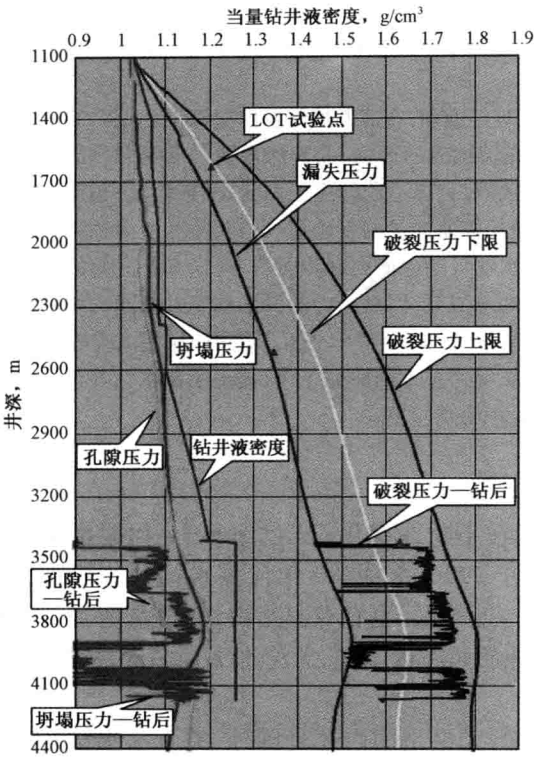


图1 X井地层压力预测结果与现场的对比

以中国海油实施的第一口深水井(X井,水深1096m)为例。应用课题的研究成果,对地层压力及钻井液作业窗口进行了预测,对比现场实际情况如图1所示。对比钻前安全钻井液密度窗口的预测结果可知,钻前预测的坍塌压力可靠,以此设计的安全钻井液密度窗口是合理的,可以指导深水地层的安全钻进。

2. 深水钻井长距离隔水管段携岩特性及规律研究

常规情况下钻井液上返速度由钻井液排量决定,所以钻井中必须保证足够的钻井液排量来确保携岩,但排量也不宜太大以避免造成当量循环密度(ECD)增加而压漏地层,同时排量过大也会对井壁造成过度冲刷。对于深水井,由于采用了长距离大直径隔水管,若钻井液排量仅满足在地层环空中的有效携岩条件,隔水管内的环空岩屑运移速度显然太小,不足以达到有效携岩的要求;若首先满足隔水管内清除岩屑的要求,又要导致地层环空中钻井液流速过大,导致环空压耗随之增大,ECD太高容易发生井壁稳定、地层压漏压塌等问题。因此仅地面钻井液循环系统无法同时保证在地层环空与隔水管内的携岩要求,因此在海底增加一套单独的增压泵系统,循环的携岩效果也需重新进行分析,另外长海水段的冷却作用也必须考虑。

3. 深水井身结构设计技术研究

井身结构设计的研究主要基于3个压力剖面的预测,结合深水作业的特殊要求:隔水管余量的考虑,当隔水管发生意外解脱时,仍能实现井筒的压力控制,即泥线以上的液柱压力由钻井液液柱压力变成海水液柱压力,仍能压住井筒;压力剖面的选择,井身结构设计一般用坍塌

压力梯度、孔隙压力梯度与破裂压力梯度形成安全钻井液密度窗口,深水作业一般的循环ECD较大,为防止压漏地层,建议用漏失压力替代破裂压力。

4. 深水钻柱力学与优化设计技术

深水表层导管喷射安装作业过程中,送入管柱承受海流环境参数、钻井船运动等影响。送入管柱所受到的环境载荷主要是海流及平台偏移造成的弯曲应力和平台升沉造成的轴向振动载荷。另外为了保证钻井船的作业安全,需要考虑复杂工况:深水导管喷射安装过程中,若导管遇阻,需要上提活动管柱降低地层阻力,因此需要考虑拔出导管对送入管柱的强度影响;如果管柱送入过程中遇卡需要反复过提和旋转,送入管柱的设计拉力余量能否满足作业要求。

5. 深水井控技术

深水井控与陆地或浅水钻井有很大的区别,主要表现为:(1)泥线以下地层强度低,钻井液密度窗口狭窄;(2)海底高压低温环境,使得井筒中易形成天然气水合物,给钻井液性能维护以及井筒内的压力控制带来挑战;(3)深水压井时,阻流管线中循环压力损失很大,作业参数的设计需要考虑其影响;(4)深水井涌通过水下井口后,进入隔水管后的高压气体处于失控状态,当在地面井口发现井涌气体时,隔水管内已经充满气体,因此对于深水,需要设置更加严格的井涌监测值,以尽早发现。课题开展了泥线处井涌监测装置的研究,通过模拟实验,初步验证了方案的可行性。

二、深水钻井设备与隔水管应用关键技术

1. 深水钻井平台评价与选型技术

综合拟合法、类比法、经验法3种方法,建立了一套深水钻机选型及设备配置方法,开发了一套深水钻机选择设计软件,用于深水钻井作业时钻井平台的选型配置。对现役深水钻井平台进行调研,收集了最大作业水深从600ft到12500ft的300多座深水钻井平台,其中半潜式钻井平台200余座,浮式钻井船90余座。建立了深水钻井设备数据库和平台选型与钻机设备选型软件,为深水钻井设备和平台的选型提供参考(图2)。



图2 深水钻井平台选型软件界面

2. 深水钻井隔水管作业管理技术研究

深水钻井隔水管是海底井口与钻井船之间最薄弱却最重要的连接,深水钻井隔水管的作业管理技术是整个深水钻井作业管理体系中的重要环节。隔水管钻井过程中需要针对环境条