

深水钻井 关键技术与装备

Key Technologies and
Equipments for
Deepwater Drilling

■ 路保平 等编著

中國石化出版社

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

深水钻井关键技术与装备

Key Technologies and Equipments for Deepwater Drilling

路保平 等编著

中國石化出版社

内 容 提 要

本书系统介绍了深水钻井关键技术与装备, 内容包括: 深水钻井技术难题及作业流程, 深水钻井装备, 隔水管设计与可靠性评价, 井身结构设计, 双梯度钻井技术, 钻井液与水泥浆技术, 井控技术, 以及钻井作业风险评价与安全控制。本书立足于国内外深水钻井的技术现状, 注重理论与实践相结合, 兼顾系统性和实用性, 便于广大读者理解和应用书中的技术内容。

本书适合从事石油工程、探矿工程及相关专业的科研人员和技术人员阅读, 也可作为高等院校相关专业师生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

深水钻井关键技术与装备/路保平等编著.

—北京: 中国石化出版社, 2014.3

ISBN: 978-7-5114-2695-6

I. ①深… II. ①路… III. ①油气钻井—技术 ②钻进设备
IV. ①TE242 ②TE92

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第039246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

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 16.75印张 321千字

2014年5月第1版 2014年5月第1次印刷

定价: 138.00元

序

海洋油气资源的勘探开发潜力巨大，是当前和未来油气资源战略接替的重要领域。近年来，全球重大的油气勘探发现有50%来自海洋，并且主要来自深水海域。目前，墨西哥湾、南大西洋的巴西和西非沿海是最活跃的深水油气勘探海域，它们集中了全球84%的深水油气勘探活动，被称为深水油气勘探的“金三角”。我国经过50年的海洋油气资源勘探实践，在渤海、珠江口、北部湾、东海、琼东南、莺歌海等盆地发现了近70个油气田，特别是在滩海和浅海油气勘探开发方面取得了令人瞩目的成就和经验。随着技术的进步和能源需求的增长，我国的油气勘探开发正逐步向深水和超深水发展。

深水钻井是一项复杂的系统工程，作业环境恶劣、技术及环保要求高、装备及工艺配套复杂、风险控制及作业管理难度大，具有高技术、高投入、高风险等特点。近年来，国外深水钻井技术发展较快，最大钻井作业水深已达3165m。第六代钻井平台和新型防喷器系统等配套设备提升了深水钻井的作业能力和安全性，导管喷射下入、井身结构优化、双梯度钻井、动态压井等新技术提高了深水钻井的作业效率。我国深水钻井虽然起步较晚，但近年来发展很快。中国海油自主建造的“海洋石油981”是第六代半潜式钻井平台，成功完成了1496m水深的钻井作业；中国石化在海外作为作业者完成的勘探井作业水深已达2092m，基本形成了深水钻井风险评估与控制技术、钻井工程设计及关键工艺和作业管理体系。

路保平教授长期从事海内外油气勘探开发和深水钻井技术研究，具有丰富的深水钻井理论和实践经验。2009年，他组织实施了中国石化在尼日利亚—圣多美和普林西比联合开发区（JDZ区块）的第一口超深水探井——Bomu-1井，其作业水深达1655m、完钻井深为3617m。在深水钻井关键技术与装备、钻井作业管理及风险控制等领域取得了一系列研究成果和成功经验。

本书系统介绍了深水钻井的技术难题及作业流程、关键技术与装备、作业风险评价与安全控制等内容，论述深入浅出、内容系统丰富，凝结了作者及其研究团队多年的研究成果和实践经验，适合从事相关专业的科研人员和工程技术人员阅读参考。本书的出版将对我国深水钻井技术发展和加快深水油气田的勘探开发起到积极的推动作用。

中国海洋石油总公司教授级高级工程师



前言

海洋油气资源量约占全球油气资源总量的34%。随着全球经济一体化进程的加快,世界油气需求持续增长,深水海域已经成为全球油气资源勘探开发的重要接替区。目前海洋领域油气勘探开发正在向深水(水深500~1500m)和超深水(水深1500m以上)区域发展,近年来国外深水油气勘探开发投资年均增长超过30%。

由于深水作业环境恶劣、地下情况更为复杂,与陆上钻完井相比,深水钻完井对技术及装备要求更高,存在泥线以下浅层危害物(浅层水、浅层气、浅层水合物)识别与浅层安全钻进、窄密度窗口条件下的井身结构设计与钻完井、低温条件下的钻井液与固井以及深水条件下的井控等技术难题。这些问题导致深水钻井成本居高不下,钻井作业日费达40~100万美元,甚至更高。发展深水钻完井技术、保证作业安全、降低作业成本已成为深水油气高效勘探开发要解决的首要问题。

20世纪80年代以来,国外开展了一系列的深水油气勘探开发及钻完井技术重大研究与实践。以BP、Shell、Petrobras、Statoil等为代表的油公司和以Transocean、Schlumberger、Baker Hughes 等为代表的服务公司发展并形成了3000m水深的钻井装备、配套设施与工具以及钻完井关键技术,目前正在研发更为先进实用的深水钻井装备与工艺技术。这些公司利用掌握的关键技术主导着深水油气勘探开发作业,使墨西哥湾、巴西、西非等海域一批深水油气田得以规模化和经济有效勘探开发。

我国南海深水区域油气资源丰富,随着国家“走出去”发展战略的实施,海外油气勘探开发越来越多地涉及到深水区块,这些地区已成为油气资源战略接替的重要领域,因此大力发展深水钻完井技术是我国石油工业发展的必然趋势。近年来中国三大石油公司先后开展了深海钻完井技术的攻关工作,中海油完成了第六代半潜式钻井平台“海洋石油981”设计与建造,适用水深3000m,已在南海实施钻井作业,翻开了我国深水油气勘探开发的新篇章。自2007年以来,中国石化以作业者和非作业者身份参与了海外多个深海区块的勘探开发,同时也积极准备南海深水区块的钻探工作。根据工作需要,作者及研究团队参加了中国石化深水钻完井技术的攻关及海外深水钻完井工程实践,在研究借鉴国外的深水钻完井技术的基础上,初步研究形成了中国石化深水钻井关键技术及作业管理体系。到目前为止,中国石化作为作业者完成水深超过1600m的深水油气井5口,最大水深达2092m,其中2009年完成的Boum-1井(作业水深1680m)是中国油公司作为作业者完成的第一口超深水油

气井，在我国钻井历史上具有重要的现实意义。

为了促进我国深水钻完井技术的发展，应有关领导与工程技术人员要求，特将研究与实践中形成的成果编成此书。希望本书能够起到抛砖引玉的作用，同时为有关工程技术人员和研究人员提供有益的参考。

本书由路保平、刘修善、王敏生、管志川、柯珂编写。其中，第一及第七章由路保平编写、第二及第五章刘修善编写、第三及第六章由王敏生编写、第四章由管志川编写、第八章由柯珂编写，由路保平总体策划与统稿。方华灿教授、赵复兴教授级高工、段梦兰教授、姜伟教授级高工在百忙之中审阅书稿，并提出了许多宝贵意见。中国石化石油工程技术研究院、中国石化集团国际石油勘探开发公司及其尼日利亚公司、阿达克斯（Addax）公司和温菲尔德公司有关领导及工程技术人员在本书编写过程中给予了大力的支持与帮助，在此一并致谢。

由于作者能力和水平有限，书中疏漏、缺憾甚至谬误在所难免，恳请同行专家批评指正。

路保平

2014年3月28日于北京

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 海洋油气资源勘探开发形势	1
第二节 深水钻井技术现状	4
第三节 深水钻井作业流程	7
第四节 深水钻井环境因素与技术难题	15
参考文献	21
第二章 深水钻井装备	23
第一节 钻井平台和钻井船	23
第二节 升沉补偿系统	31
第三节 隔水管系统	36
第四节 水下井口	43
第五节 井控装备	49
第六节 测试设备	51
第七节 水下机器人	59
参考文献	63
第三章 隔水管设计与可靠性评价	64
第一节 隔水管设计影响因素	64
第二节 隔水管受力分析	75
第三节 隔水管设计方法	83
第四节 隔水管失效模式与损伤评估	87
第五节 隔水管系统寿命评价及损伤减缓措施	107
参考文献	116

第四章 井身结构设计	119
第一节 深水井身结构的特殊性	119
第二节 导管下深设计	122
第三节 表层套管下深设计	127
第四节 考虑地层压力可信度的井身结构设计	131
参考文献	141
第五章 双梯度钻井技术	143
第一节 双梯度钻井压力分布特征	143
第二节 双梯度钻井工艺技术	148
第三节 空心微球双梯度钻井技术	155
第四节 水中泵双梯度钻井系统	164
参考文献	168
第六章 钻井液与水泥浆技术	170
第一节 低温钻井液技术	170
第二节 水合物抑制性钻井液技术	176
第三节 低温低密度水泥浆技术	179
第四节 钻井液废弃物处理	182
参考文献	188
第七章 井控技术	190
第一节 深水钻井压力协调关系	190
第二节 井筒流体压力分布	195
第三节 井涌检测技术	203
第四节 深水钻井压井方法	208
参考文献	212

第八章 钻井作业风险评价与安全控制	213
第一节 浅层地质灾害识别与控制	213
第二节 天然气水合物预防	220
第三节 隔水管系统安全性监测与检测	230
第四节 井身结构风险评价	233
第五节 井控风险评价	237
第六节 作业环境风险评价	248
第七节 钻井项目风险管理	253
参考文献	257

第一章 绪 论

在全球范围内,海洋油气资源的勘探开发潜力很大,是目前和未来油气资源战略接替的重要领域。由于海洋环境和地质条件的复杂性,海洋油气钻井特别是深水钻井面临着许多技术难题和挑战。本章介绍了全球及我国海洋油气资源勘探开发形势,概述了深水钻井技术现状及作业流程,分析了深水钻井应考虑的环境因素。

第一节 海洋油气资源勘探开发形势

近年来,陆上油气勘探程度相对较高,但新发现的油气田规模小,新增储量对全球油气储量增长的贡献降低。相比之下,海洋油气勘探开发发展迅速,不断获得重大发现。海上发现的油气田规模大、产能高,其油气产量占全球总产量的比例不断增加,勘探开采作业海域范围和水深也不断扩大。

一、全球海洋油气资源概况

辽阔的海洋蕴藏着丰富的油气资源,全球具有油气远景的沉积盆地面积为 $7746.3 \times 10^4 \text{ km}^2$,其中位于海底区域的沉积盆地面积约 $2639.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ ^[1]。截至2011年12月6日,全球石油探明储量为 $2088 \times 10^8 \text{ t}$,天然气探明储量 $191 \times 10^{12} \text{ m}^3$,其中海洋石油探明储量占全球石油探明储量的约34%,天然气探明储量约占全球天然气探明储量的23%。全球海洋油气勘探尚处在勘探早期阶段。

近年来,全球新发现的油气田以海洋油气田为主。在2005~2009年间,全球最新的油气田发现约60%以上为海洋油气田,如图1-1所示^[2]。同时,从发现油气田的规模来看,海洋中发现的油气田规模远远超过陆地发现的油气田规模,如图1-2所示。2009年陆上地区油气田发现数量约为海上的两倍,但发现油气储量仅为海上一半,平均储量规模361万吨油当量,仅为海上的23%。2010年全球最大的10个新油气田,除土库曼斯坦的Agayry气田位于陆上外,其余9个均为海上发现。由此可见,全球海洋油气资源潜力巨大,是今后全球油气勘探开发的重要领域,未来新增的油气需求将会越来越多的由海洋油气田来满足^[3]。

从产量来看,海洋石油产量在全球石油产量中所占的比例逐步增加。据剑桥能源咨询公司统计数据,2009年海洋石油产量已占全球石油总产量的33%,预计到

2020年,这一比例将升至35%;2009年海洋天然气产量占全球天然气总产量的31%,预计2020年,这一比例将升至41%。另外,2002~2007年,海洋油气产量中浅水区增长了18%,而深水区增长了78%。深海油气产量占全球海洋油气总产量的份额分别从2005年的11.4%和7.2%上升到2010年的20%和9%。数据表明,全球海洋石油和天然气产量稳步上升,海上油气产量在整个油气产量中所占比例越来越大,尤其是深水油气产量增长迅速。

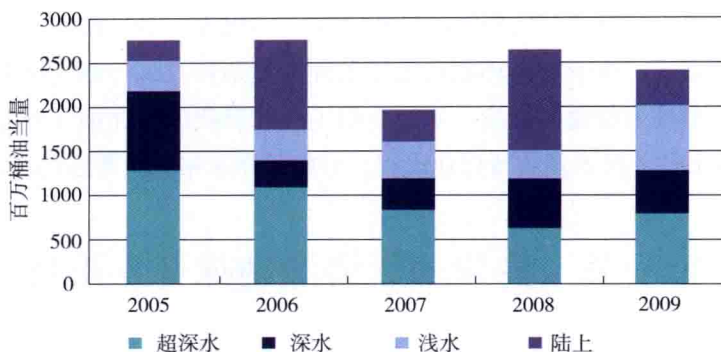


图1-1 2005~2009年间主要油气发现的地域分布

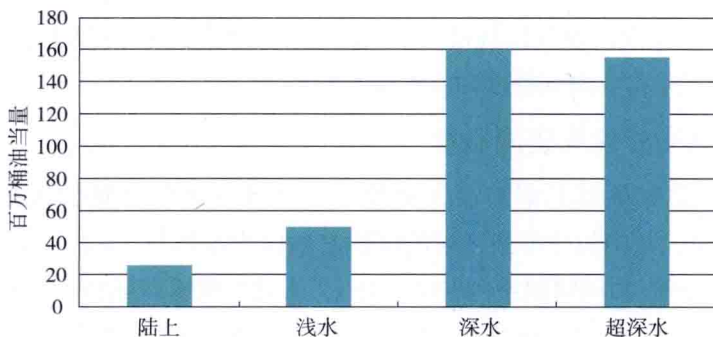


图1-2 2005~2009主要油气发现的储量规模

从区域来看,海上石油勘探开发已经形成了三湾、两海、两湖的格局^[4]。“三湾”即波斯湾、墨西哥湾和几内亚湾;“两海”即北海和南海;“两湖”即里海和马拉开波湖。其中,波斯湾的沙特、卡塔尔和阿联酋,里海沿岸的哈萨克斯坦、阿塞拜疆和伊朗,北海沿岸的英国和挪威,还有美国、墨西哥、委内瑞拉、尼日利亚等,都是全球重要的海上油气勘探开发国。

从作业水深来看,随着近海油气资源勘探的日趋成熟和经济发展对油气资源需求的增长,海洋油气勘探开发范围已从浅海、近深海逐渐延伸到深海,如图1-3所示。目前,墨西哥湾、北海、巴西、西非是全球深水勘探开发最活跃的区域,探井作业的最大水深已达到3061m,开发井作业的最大水深达到2984m^[5]。随着工程技术的不断创新,海洋油气勘探将向更深水区发展,储量也会继续增加。因此,深水油

气资源开发是当今全球油气勘探开发的趋势。

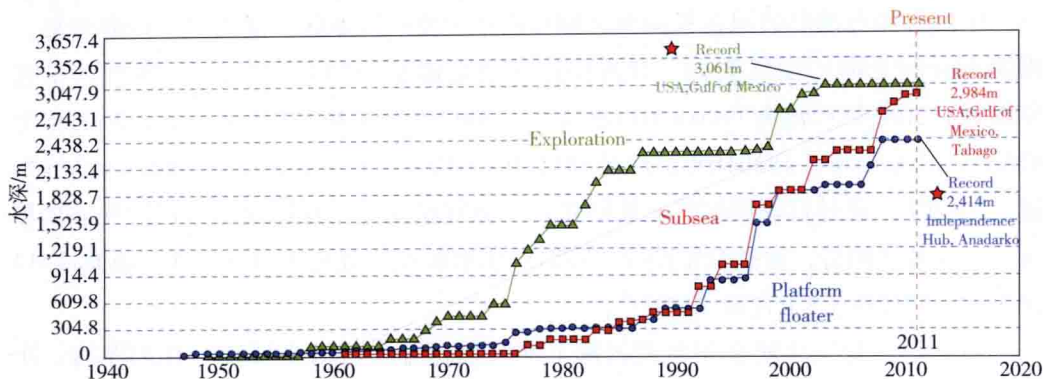


图1-3 海洋油气开发作业水深发展趋势

二、我国海洋油气资源概况

我国海岸线长达 $1.8 \times 10^4 \text{ km}$ ，管辖海域面积达 $300 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，接近陆地领土面积的1/3，具有广阔的勘探面积。我国近海海域发育了一系列沉积盆地，总面积近百万平方千米。根据2005年国土资源部、国家发改委联合组织的第三次石油资源评价初步结果，我国石油资源量约为 $1070 \times 10^8 \text{ t}$ ，其中海洋石油资源量为 $246 \times 10^8 \text{ t}$ ，占全国石油资源量的23%；天然气资源量为 $54.54 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，其中海洋天然气为 $15.79 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，占全国天然气资源量的29%。海洋油气资源中，约有40%蕴藏于深水海域中。总体上，我国海域油气资源潜力大，勘探前景良好^[6]。

我国海洋油气资源勘查起步相对较晚，截至2005年，在我国近海六大沉积盆地发现的66个油气田中，油田主要分布在渤海、珠江口、北部湾等盆地，气田则主要分布在东海、琼东南、莺歌海等盆地。我国海洋石油探明储量 $30 \times 10^8 \text{ t}$ ，探明率仅为12.3%，而我国和全球的石油资源平均探明率分别为38.9%和73%；海洋天然气探明储量 $1.74 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，探明率为10.9%，而我国和全球的天然气资源平均探明率分别为23%和60.5%。可见，我国海洋油气勘探程度和油气资源探明程度较低^[7]。

近年来，我国努力提高海洋油气开采能力，海洋油气业持续保持快速增长势头。但是，由于我国海域地质条件复杂、深海油气勘探关键技术和设备仍比较落后，只在渤海、东海和南海等近海海域进行油气开发，形成了渤海、东海、南海西部、南海东部等四大海洋石油基地。通过与国外石油公司合作勘探，在南海深水区域已经发现了荔湾3-1、流花34-2、流花29-1深水气田。目前，我国海洋油气产量约 $5500 \times 10^4 \text{ t}$ 油当量，占我国油气总产量的27.5%。

我国海洋油气勘探开发主要以中国海洋石油总公司、中国石油化工集团公司、中国石油天然气集团公司三大集团公司为主，勘探开发区域主要集中在渤海、黄海、东海及南海大陆架。目前，南海已成为海域油气生产的主战场，渤海是海域增

储上产的主力区, 东海正处在战略接替地位, 但黄海油气勘探尚未取得重大突破。

中国海洋石油总公司在我国海上拥有四个主要产油地区: 渤海湾、南海西部、南海东部和东海, 油气勘查、开采登记区块总面积为 $133 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。油气产量逐年增长, 2005年产量为 $3900 \times 10^4 \text{ t}$ 油当量, 2007年为 $4046 \times 10^4 \text{ t}$ 油当量, 2009年为 $4766 \times 10^4 \text{ t}$ 油当量, 到2010年已经达到 $5180 \times 10^4 \text{ t}$ 油当量, 首次突破 $5000 \times 10^4 \text{ t}$ 油当量。2010年, 通过自营勘探作业共钻获12个油气新发现, 并通过18口评价井成功评价了12个油气构造; 通过合作勘探, 除取得深水新发现流花29-1气田外, 还通过5口评价井成功评价了3个含油气构造^[8]。

中国石油化工集团公司在我国海上油气勘探开发区域主要集中在渤海湾、东海、北部湾、琼东南、雷琼、南黄海等, 勘查登记区块总面积 $10.7 \times 10^4 \text{ km}^2$, 目前登记海域的水深除琼东南的2个区块最大水深达到2000m, 其余区块都在110m水深以内, 基本为滩浅海海域, 油气勘探开发具有较好的装备和技术基础, 开采区块总面积 1380.8 km^2 。

中国石油天然气集团公司在我国海上油气勘探开发区域以辽河、大港、冀东等油田为主, 已登记海域勘探面积 $18 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。为加快海洋石油勘探开发进程, 整合辽河、大港、冀东等油田的浅海工程力量, 于2004年11月3日组建成立了中国石油集团海洋工程有限公司。

上述数据表明, 我国海洋油气资源潜力巨大, 但海洋油气整体上处于勘探的早中期阶段, 深海油气勘探开发仍处于初级阶段。加大浅海油气勘探开发投入力度, 开展深海油气资源勘探开发, 将是我国海洋油气勘探开发的主要发展趋势。

第二节 深水钻井技术现状

随着科技投入的增加和实践经验的积累, 深水钻井技术取得了长足进步。地质导向、旋转导向、随钻测井、高级别分支井、智能完井等先进技术得到广泛应用^[9], 并形成了一些深水钻井特有的关键技术, 包括深水区域钻井基础数据钻前求取方法与技术、深水钻井井身结构设计方法、深水钻井隔水管失效监测与管理、双梯度钻井技术、深水钻井液技术、深水固井技术、深水钻井测试技术、深水钻井井控技术、深水钻井作业安全评价与管理等。

一、深水钻井井身结构设计技术

考虑深水钻井环境下存在浅层地质灾害风险、井筒流体的温度及压力分布规律复杂、钻井液安全密度窗口窄、套管层次多等问题, 基本形成了一套深水钻井井身结构的设计方法和技术。目前, 深水钻井的套管层次达到了9层^[10], 即914.4mm

(36in)~711.2mm(28in)~558.8mm(22in)~457.2mm(18₈in)~406.4mm(16in)~346mm(13⁵/₈in)~301.6mm(11⁷/₈in)~50.8mm(9⁷/₈in)~177.8mm(7in)。随着随钻扩眼、膨胀管等技术的推广应用,可简化井身结构、缩小上部井眼尺寸,为缩短钻井周期创造有利条件。

二、深水钻井导管喷射下入技术

导管喷射下入技术用一趟钻即可完成钻导眼和下导管两项作业,并且规避了常规技术下导管时找井口的难题,从而可节约钻井时间和成本,降低了作业风险。

该项技术产生于20世纪60年代,到90年代开始广泛应用,并成为深水钻井导管下入的首选方案。近年来,我国在荔湾油气田及流花油田等深水作业区成功实施了导管喷射下入及安装技术,取得了良好效果。

三、深水钻井浅层地质灾害风险评价及预测技术

深水钻井浅层地质灾害主要是浅水流和浅层气。浅水流出现在水下超压、未固结砂层中,是深水油气勘探开发中常遇到的地质灾害问题。浅层气通常指海床底下1000m范围内聚积的气体,有时以含气沉积物(浅层气藏)存在,有时以超压状态(浅层气囊)出现,有时直接向海底喷逸,是深海油气开发中一种危险的灾害地质类型。

应用地球物理学方法可预测和识别浅水流,其中浅水流有2种预测方法——测井方法和反射地震方法。反射地震方法能够在钻前预测识别出浅水流,且具有较高的预测精度,是目前最有效、常用的方法^[11]。在深水钻井过程中,主要是采用领眼作业来检测和识别浅层地质灾害。

四、深水钻井井控技术

井筒内流体的温度和压力分布是压力预测和控制的基础,为此国内外都开展了大量的研究工作,并形成了专业化软件。在井涌早期监测方面,形成了以PWD(Pressure Measurement While Drilling)技术,可实时获取井下环空压力并上传至地面。在井控技术方面,针对深水井控特点形成了动态压井法、附加流速法等压井方法^[12]。

五、深水钻井隔水管寿命评估与监测技术

自20世纪50年代以来,国内外学者从时域及频域、规则波及不规则波、线性及非线性波浪理论等角度,建立了一系列的隔水管动态响应分析方法。美国石油学会、挪威船级社等制订了深水钻井隔水管分析与设计规范,法国石油研究院研究了超深水隔水管的设计方法并开发了隔水管分析软件Deeplines,全球海洋公司开发了隔水管频域动态响应分析程序Riserdyn, BPP与SES公司采用ABAQUS商业化软件分析

了隔水管的动态特性^[13]。

深水隔水管的另一个研究热点是涡激振动及涡激疲劳寿命问题。麻省理工学院、挪威科技大学等研究机构都取得了一些重要的研究成果，研发了隔水管涡激振动分析软件SHEAR7、VIVA和VIVANA等。

六、深水双梯度钻井技术

双梯度钻井（Dual Gradient Drilling）是以海床井口为分界线，上至水面平台下至井底构成2个压力梯度。海床井口以上的隔水导管内充满海水，钻井液自井底返回到海床井口后通过其他管线到达水面平台。

双梯度钻井方案主要有使用海底泵举升钻井液、无隔水管钻井、注入空心球及注气气举4种^[14]。由于双梯度钻井技术尚不成熟，钻井工艺及设备也较复杂，目前还较少应用。

七、深水水上防喷器技术

美国Total和Cameron公司共同开发了水上防喷器系统。该系统通过张紧系统把防喷器组安装在海面以上，在海底井口仍保留一个剪切全封闸板防喷器和应急脱开系统（ESG），用339.7mm（13³/₈in）或406.4mm（16in）套管作为隔水管取代常规的533.4mm（21in）隔水管，降低了对平台可变载荷、隔水管张紧器张紧能力、钻井液存储能力等的要求，使最大作业水深500~600m的钻井平台能进入更深水域作业，从而可大大降低深水钻井作业成本^[15]。

这项技术可提高半潜式钻井平台的适用水深范围，节约海底防喷器和隔水管的安装时间以及防喷器故障造成的非生产时间，避免了长压井管汇带来的压力损失。这项技术主要适用于钻开发井并转入采油的TLP平台、Spar采油平台、半潜式钻井采油平台及钻井采油浮船，而不适用于未知储量的勘探用钻井平台或钻井船。

八、深水人工海床

采用人造海床ABS（Artificial Buoyant Seabed）的深水钻井工艺最早由挪威Atlantis Deepwater Technology Holding公司提出，该技术应用浮筒浮力原理，可将仅400m水深能力的钻井船用于1500~2000m水深钻井，实现了浅水设备在深水勘探和开发中的应用，从而大幅降低作业成本。

2003年3月，ATDH公司花费6年时间研究开发的全尺寸人造海床系统，在挪威海域进行了入水、拖航和压载试验。2005年，中海石油油田服务股份有限公司和ATDH公司达成协议，对该系统进行共同研发和海上钻井试验，并于2009年4月27日在我国南海476m水深海域成功钻成了全球第一口采用此种技术的井。

该技术的应用在很大程度上取决于海底情况、海况、海流流速、以及井位离岸

距离远近等诸因素。这种深水人造海床浮筒主要适用于已经勘探探明具有较大可采储量的深水或超深水油气田。

九、深水钻井液与固井水泥浆技术

深水钻井液及固井水泥浆技术所面临的主要问题是浅层灾害及低温流变性控制难题。随着水深增加,低温条件下钻完井液的黏度和切力大幅度上升,而且会出现显著的胶凝现象,增加形成天然气水合物的可能性;对水泥浆而言,低温下水泥的水化速度受到很大的抑制,强度发展缓慢。

在深水钻井液方面,目前主要采用在管汇外加隔热层和注入水合物抑制剂等方法,防止因温度降低而形成水合物。常用的深水钻井液体系有高盐/木质素磺酸盐钻完井液,高盐/PHPA聚合物加聚合醇钻完井液,油基钻完井液, CaCl_2 钻完井液以及合成基钻完井液等。较为常用的固井水泥浆体系主要包括低密度填料水泥浆体系、低温快凝水泥浆体系、泡沫水泥浆体系、最优粒径分布 (Optimised Particle Size Distribution, OPSD) 水泥浆体系、超低密度水泥浆体系等。近年来,泡沫水泥浆体系和OPSD水泥浆体系逐渐成为深水固井主要选择^[16]。

第三节 深水钻井作业流程

由于深水钻井环境、应用的设备及部分技术与陆地及浅海不同,因此在钻井作业流程上也具有自身的特色。本节主要介绍深水钻井平台(船)拖航到达井位完成定位后的常规作业程序,如图1-4所示。

一、导管段钻井作业

这里主要介绍半潜式钻井平台和钻井船应用导管喷射下入技术时的导管段钻井作业程序。

(一) 基本作业流程

(1) 连接喷射钻具组合,包括钻头(涂成白色)、马达、浮箍、MWD、稳定器和钻铤等,下放到月池区域,开泵测试马达是否正常工作,并记录马达的最小排量,垂直存放在井架立根盒内。

(2) 连接导管,并在最后一根导管上安装防沉垫。导管鞋以上5m内连续涂白色油漆,最后一根导管用白色油漆以0.5m为间隔划出条形记号,便于ROV观察。

(3) 将喷射钻具组合连接到导管送入工具上,下入到导管内。连接配合接头或利用切割套管方式调节钻头位置,使钻头露出套管鞋适当长度。如图1-5(a)所示。

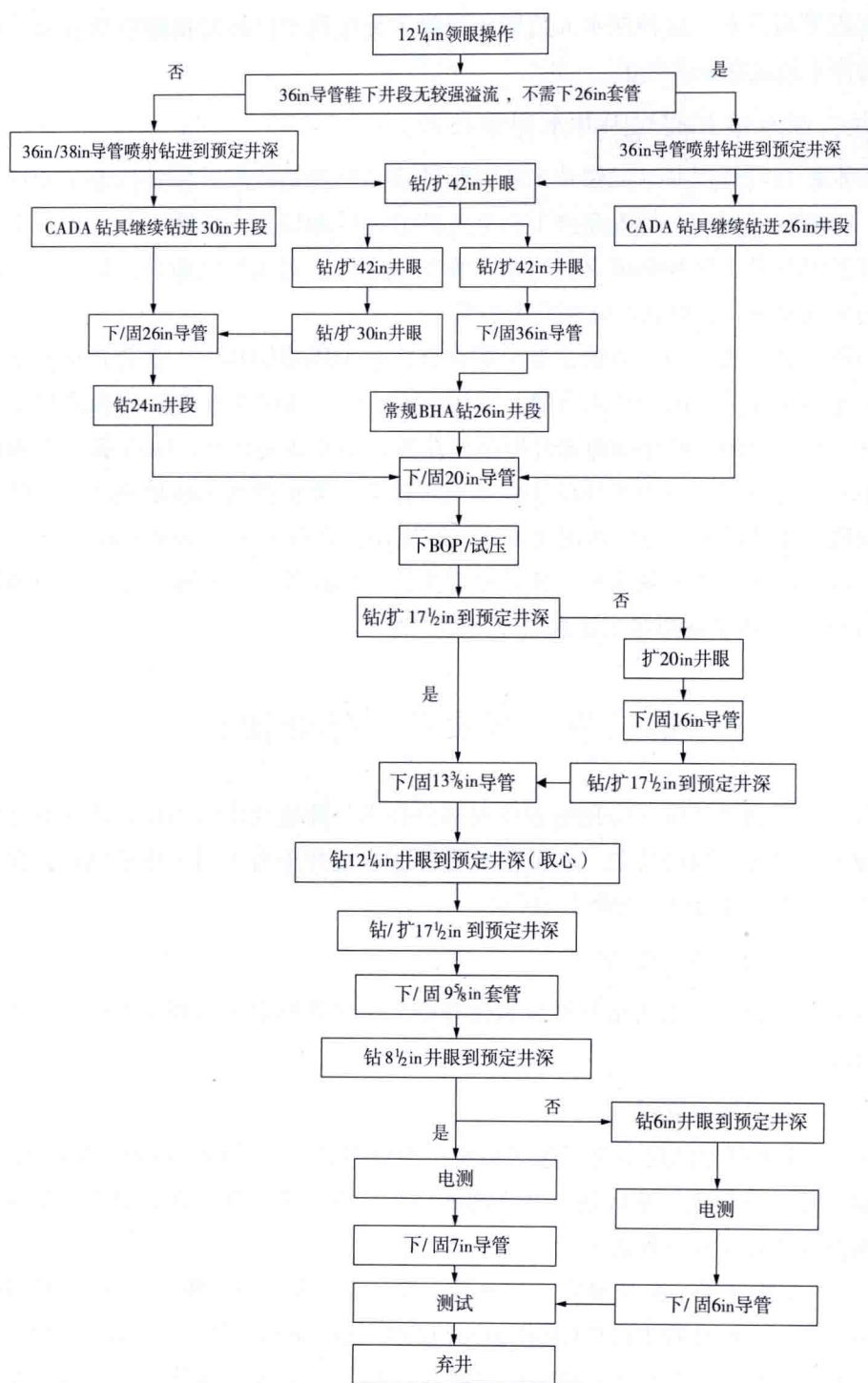


图1-4 深水钻井作业整体流程图

(4) 用ROV观察，把导管串平稳放到海底，在钻柱上作出标记，ROV观察防沉