

海洋石油发展概况

海上石油生产与作业设施

海上石油施工作业风险分析

海洋石油开发安全设备设施

海洋石油安全监督管理

海洋石油安全分析方法

海洋石油应急管理

YHAISHANG  
YOUQITIAN  
ANQUAN JISHU YU GUANLI

# 海上油气田

## 安全技术与管理

主 编：穆 剑

副主编：王铁刚 刘 欢 苗文成

石油工业出版社

# 海上油气田安全技术与管理

主编：穆 剑

副主编：王铁刚 刘 欢 苗文成

石油工业出版社

## 内 容 提 要

本书是关于海上油气田开发的安全类通用基础性图书,它涉及海洋石油发展概况、海上石油生产与作业设施、海上石油施工作业风险分析、海洋石油开发安全设备设施、海洋石油安全监督管理、海洋石油安全分析方法、海洋石油应急管理共七个方面的内容。具有很强的知识性、创新性和实用性,对于海上油气田安全、高效开发具有很好的指导作用。

本书适合海上油气田企业的管理层、安全管理人员、专业技术人员和生产作业人员参考使用,也可作为海上安全监督管理人员的培训教材和辅导类图书。

## 图书在版编目(CIP)数据

海上油气田安全技术与管理/穆剑主编.  
北京:石油工业出版社,2015.3

ISBN 978-7-5183-0636-7

- I. 海…
- II. 穆…
- III. 海上油气田-安全管理
- IV. TE58

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 021672 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

编辑部:(010)64523553 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

---

2015 年 3 月第 1 版 2015 年 3 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:16

字数:408 千字

---

定价:65.00 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

# 《海上油气田安全技术与管埋》

## 编 委 会

主 编：穆 剑

副 主 编：王铁刚 刘 欢 苗文成

编写人员：刘 欢 郝宏忠 安海静 毛桂英

王海亭 樊会兰 奈连泽 李福贵

杨敏文 刘 欣 郭焯民 樊 欣

穆 歌 刘啸夫 李 林 任 录

吴俊峰 李顺利 王爱利 朱宽亮

李宏民 周 炜 代永进 冯梅芳

牟永春

# 前 言

由于海洋环境的复杂性,海上油气勘探开发与陆地相比存在许多难以估量的不确定性因素和安全风险,从而成为世界公认的高风险行业之一,具有高投入、高风险、高科技的特点,因此海上油气勘探开发对安全工作提出了更高更严的要求。安全已经成为衡量海洋石油勘探开发成败与否的最基本指标。

正是因为这种高风险性,在海上油气田勘探开发过程中很容易发生事故,并可能带来灾难性、颠覆性的后果,给国家、企业和个人造成无法挽回的巨大损失。因此,所有与海上油气田勘探开发相关的管理和技术人员都有责任确保建设和运行中的生产设施安全。这不仅是一种法律责任,也是一种职业操守。所以,在实际工作中,要求从事海上石油开发的工作人员必须具有扎实的专业知识,要从多方面做工作以预防安全事故的发生,竭尽全力防止人员的死亡与健康伤害,防止生产设施的损坏,防止海洋环境的破坏。

本书从海洋石油安全视角出发,以追求本质安全为目标,突出“技术保障安全”和“风险识别与管控”两个核心内容,理论与实践相结合,全面、系统、深入地论述了海洋石油安全专业相关知识,目的是希望为从事海上石油勘探开发的相关人员熟悉安全技术和知识提供参考,提高从业人员的安全意识,也希望吸引更多的技术人员关注海上油气田开发的安全工作,促进专业人员之间的配合、协作,从整体上提高海洋石油的安全管理水平。

全书共分七章。第一章简要回顾海洋石油的发展历程以及世界海洋石油、我国海洋石油的产储量情况、开发生产现状及未来的发展趋势;第二章概括描述勘探开发所必需的海上石油生产与作业设施,对油气生产设施和作业设施的主要类型、结构、特点、适用性进行了客观描述,属于海洋石油生产作业的基础知识;第三章以海上油气勘探开发和生产建设全生命周期为主线,重点围绕物探、钻完井、海洋工程建设、油气生产、废弃等不同阶段所面临的主要风险因素进行深入分析,并参考国家标准、行业标准、企业标准和实践中一些好的经验做法,提出了风险防控的关键措施;第四章详细论述了海洋石油基本安全设施和专用安全设施在系统功能、工作原理、建设标准、配置数量和日常检查维护等方面的知识;第五章从落实企业安全主体责任为切入点,详细解读了海洋石油勘探开发安全监管体制和必须遵循的有关安全生产的法律法规要求;第六章全面介绍了安全风险评价常用的定性分析方法和定量分析方法在其适用性、优缺点以及应用实施方面的内容;第七章重点论述了海洋石油在应急技术和应急管理方面的关键内容。本书可作为海上油气田安全类的通用读物,供读者学习掌握海洋石油安全基础知识,也可作为安全监管人员的培训教材。

本书由中国石油天然气股份有限公司冀东油田分公司组织编写,编写过程中得到了必维国际检验集团法利科瑞成(天津)安全技术有限公司、中国石油天然气股份有限公司大港油田分公司、中国石油天然气股份有限公司规划总院等单位的大力支持和帮助,在此表示衷心感谢。由于编写人员的知识、经验和水平有限,书中难免有不妥之处,敬请读者批评指正。

# 目 录

<b>第一章 海洋石油发展概况</b> .....	(1)
第一节 世界海洋油气勘探开发概况 .....	(1)
第二节 我国海洋油气勘探开发概况 .....	(3)
第三节 中国石油海上油气勘探开发概况 .....	(4)
<b>第二章 海上石油生产与作业设施</b> .....	(9)
第一节 海洋石油生产设施 .....	(9)
第二节 海洋石油作业设施 .....	(14)
<b>第三章 海上石油施工作业风险分析</b> .....	(22)
第一节 海上物探作业 .....	(22)
第二节 移动式海洋平台拖航就位 .....	(31)
第三节 海上钻完井作业 .....	(38)
第四节 海上延长测试作业 .....	(52)
第五节 海上井下作业 .....	(56)
第六节 海洋石油工程建设 .....	(64)
第七节 海上油气生产 .....	(77)
第八节 海底管道集输 .....	(85)
第九节 海上弃井与设施弃置作业 .....	(92)
第十节 含硫化氢场所作业 .....	(97)
第十一节 船舶运输 .....	(102)
第十二节 直升机运输作业 .....	(107)
<b>第四章 海洋石油开发安全设备设施</b> .....	(112)
第一节 安全仪表系统 .....	(112)
第二节 消防系统 .....	(122)
第三节 救逃生系统 .....	(132)
第四节 通信系统 .....	(137)
第五节 助航标志与信号 .....	(141)
第六节 应急供电 .....	(143)
<b>第五章 海洋石油安全监督管理</b> .....	(147)
第一节 海洋石油安全范畴 .....	(147)
第二节 我国海洋石油安全监管体制 .....	(148)
第三节 海洋石油安全生产法规 .....	(157)

第四节 海上安全管理 .....	(176)
<b>第六章 海洋石油安全分析方法 .....</b>	<b>(185)</b>
第一节 定性分析方法 .....	(185)
第二节 定量分析方法 .....	(200)
<b>第七章 海洋石油应急管理 .....</b>	<b>(217)</b>
第一节 海洋石油事故类型与案例分析 .....	(217)
第二节 应急预案 .....	(230)
第三节 溢油应急物资装备与技术 .....	(234)
第四节 溢油应急管理 .....	(247)
<b>参考文献 .....</b>	<b>(249)</b>

# 第一章 海洋石油发展概况

现今,世界海洋石油产业方兴未艾。全球已有一百多个国家在进行海洋石油勘探开发。从区域看,海洋油气勘探开发形成“三湾、两海、两湖”的格局。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,波斯湾的沙特阿拉伯、卡塔尔和阿拉伯联合酋长国,里海沿岸的哈萨克斯坦、阿塞拜疆和伊朗,北海岸的英国和挪威,还有美国、墨西哥、委内瑞拉、尼日利亚等都是世界重要的海上油气勘探开发国家。世界最著名的海上产油区有波斯湾、委内瑞拉的马拉开波湖、欧洲的北海和美洲的墨西哥湾,称为四大海洋石油区。世界海洋油气主要产区包括:波斯湾、北海、墨西哥湾、马拉开波湖、里海、西非(几内亚湾)、巴西海域、地中海、印度尼西亚海域、澳洲海域、中国渤海、中国东海、中国南海等。

## 第一节 世界海洋油气勘探开发概况

世界海洋蕴藏着极其丰富的油气资源,其石油资源量约占全球石油资源总量的 34%,主要分布在大陆架。大陆架的石油资源量约占全球海洋油气总资源量的 60%。据海洋石油专家预测,世界海洋石油的可采储量约有  $3000 \times 10^8 \text{t}$ ,其中在大陆架以内的约为  $1350 \times 10^8 \text{t}$ ,此外,还有  $140 \times 10^{12} \text{m}^3$  的天然气。据统计,截至 2005 年底,全球海洋石油资源探明储量约为  $380 \times 10^8 \text{t}$ ,天然气探明储量约为  $40 \times 10^{12} \text{m}^3$ 。

世界上最早的海洋石油勘探要追溯到 1887 年,在美国加利福尼亚海岸数米水深的海域钻探了世界上第一口海上探井,从此开始了海洋石油勘探开发的征程。迄今,海洋石油工业已经历了一百多年的发展历史,经过了一个由浅水到深水、由简易到复杂的发展过程。

1897 年到 20 世纪 40 年代是海洋石油开发的初始阶段。海洋石油开发主要采用木结构平台和人工岛,只在近岸海边和内湖进行,产量、储量规模较小。

20 世纪 40 年代末至 60 年代末是海洋石油早期发展阶段。随着工业水平的提升,海上石油勘探和油田建设向大陆架延伸,海洋石油开发所需的许多技术和装备得到了迅速提高,建造了移动式钻井装置和固定式钢质采油平台等至今仍广泛使用的海洋石油设施,海上石油生产规模也不断扩大。20 世纪 40 年代末,海洋石油产量为  $4000 \times 10^4 \text{t}$ ,占世界石油总产量的 7.5%,20 世纪 60 年代末达到  $3.29 \times 10^8 \text{t}$ ,占石油总产量的 14.6%,20 年的时间产量提高了 8 倍。

20 世纪 70 年代至 90 年代是海洋石油快速发展阶段。这一时期,海洋石油开发更为活跃,全世界有 150 多个国家管辖着一定范围的近海地区,约有 80 个国家进行了大陆架勘探,海洋开发成为国际合作的领域。海洋石油钻采技术日臻完善,出现了坐底式、自升式、半潜式和浮式等设施类型。到 1990 年全球海洋石油产量达到  $8.7 \times 10^8 \text{t}$ ,占世界石油总产量的 26%。

20 世纪 90 年代末开始,海洋石油进入全面开发阶段。海洋油气不仅保持了常规水域、浅海区域的稳定增长,而且很多国家亦开始到超过 500m 的深水找油,并且不断刷新钻井和采油



水深记录,海上油气生产规模不断扩大,产量不断增加,为顺应生产作业条件需要出现了塔式平台和张力腿平台等新型设施。到2009年,海洋石油产量达到 $13 \times 10^8 \text{ t}$ ,占世界总产量的35%,海洋天然气产量达到 $9500 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,占世界天然气总产量的30%。

从图1-1和图1-2可以看出近二三十年海洋石油和天然气产量变化趋势。

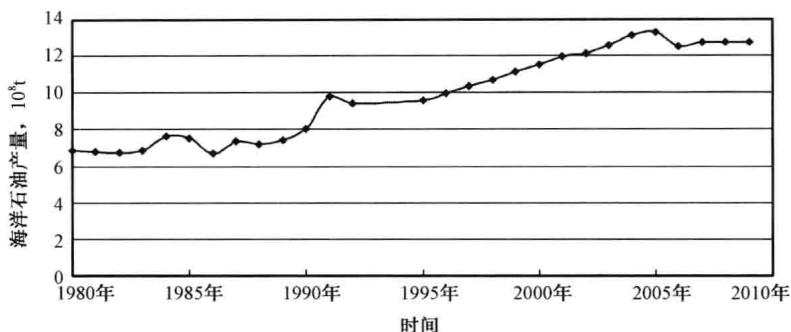


图1-1 世界海洋石油产量变化图

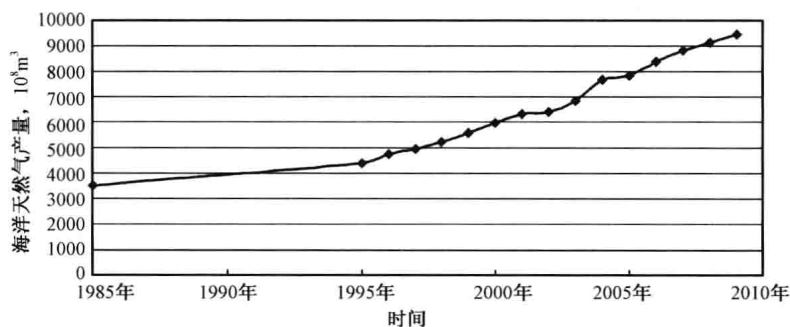


图1-2 世界海洋天然气产量变化图

纵观世界海洋石油的发展史,不难发现,海洋油气储量、产量始终保持着较高速率的增长,海洋油气资源十分丰富,有着极其广阔的发展前景。根据国际能源署(IEA)发布的世界能源展望预测:2000—2030年世界石油需求预计年平均增长1.6%,需求量最高达到 $57.96 \times 10^8 \text{ t/年}$ ;天然气的需求量年均增长2.4%,需求量最高达到 $42.03 \times 10^8 \text{ t/年}$ 油当量。随着陆上石油产量的逐步下降,要满足今后巨大的油气需求,海洋油气资源无疑将是承担这一接替任务的主角,未来全球海洋油气勘探开发将继续保持较快增长,勘探开采作业的海域范围和水深也将不断扩大,海洋石油必然会成为开发的重点和焦点。

目前全球已探明的海洋石油储量的80%以上是在水深500m以内,而水深大于500m的大面积海洋中的油气资源约占全球海洋石油总储量的44%,尚有待探明。近年来全球获得的重大勘探发现中,有50%来自深水海域,其探明储量约为 $1000 \times 10^8 \text{ t}$ 油当量。墨西哥湾、巴西海域、西非海域以及被称为第二个波斯湾的中国南海是最有希望的深水油气区。目前,全世界约有60多个国家从事深海的油气勘探,且已发现了33个超过 $5 \times 10^8 \text{ bbl}$ 的深水大型油田。因此,向“深海要油气”是大势所趋。

虽然深海石油的勘探开发是石油工业一个重要的前沿阵地,但是风险极高。深海油气资源勘探最直接的风险是极大的施工风险。海洋平台结构复杂,体积庞大,造价昂贵,技术含量高,特别是与陆地结构相比,所处的海洋环境十分复杂和恶劣。风、海浪、洋流、海冰和潮汐等时时作用于平台结构,同时还受到地震、海啸作用的威胁。在此环境条件下,环境腐蚀、海洋生物附着、地基泥层冲刷和结构材料老化、构件缺陷、机械损伤以及疲劳损伤累积等不利因素都将导致平台结构构件和整体抗力的衰减,影响结构的服役安全度和耐久性。然而,深水油气田的平均储量规模和平均日产量明显比浅水油气田高,所以尽管深水油田勘探开发风险更大,但其平均储量和产量也更大,故此仍旧吸引着许多石油公司开始向深海开发方向发展,使其成为世界石油工业重要的领域和科技创新的前沿。

### 第二节 我国海洋油气勘探开发概况

我国既是一个陆地大国,也是一个海洋大国,海岸线超过  $1.8 \times 10^4 \text{ km}$ 。按海域自然边界计算,渤海、黄海、东海、南海的总面积约为  $470 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。根据有关海洋的国际法规定,属于我国的海洋国土面积约为  $300 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。经过几十年多种形式的探测、勘探开发实践,在我国  $130 \times 10^4 \text{ km}^2$  的浅海大陆架范围内,已经找到了渤海、南黄海、东海、南海珠江口、北部湾、莺歌海以及台湾浅滩 7 个大型含油气盆地,并且这些地区的油气资源蕴藏丰富。据地质专家估计,这些地区的石油资源量约为  $150 \times 10^8 \sim 200 \times 10^8 \text{ t}$ ,天然气资源量约为  $14 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。特别是中国南海油气资源潜力尤其大,南海勘探的海域面积仅有  $16 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,而发现的石油储量有  $55.2 \times 10^8 \text{ t}$ ,天然气储量有  $12 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。

我国的海洋石油工业准确地说是在 1964 年发现大港油田(当时叫 641 厂)之后,于 1965 年石油工业部决定“下海”才开始的。当时,世界海洋石油勘探开发的热潮已经兴起,海洋石油工业已经发展到了相当先进的程度,但是由于历史原因,我国只能从零开始,一切都是靠自己摸索前进。虽然我国比世界海洋石油晚开始了 70 多年,但是中国却以惊人的速度在海上油气田勘探开发方面取得了举世瞩目的骄人成绩。中国的海洋石油工业大致经历了以下 3 个发展阶段:

(1) 早期艰苦探索阶段。1957—1979 年是我国早期海上石油勘探开发所走过的一段低速、较长的探索历程,这期间海洋石油工业的发展十分缓慢。最初,我国采取“以陆推海”的办法寻找海洋油气。直到 1966 年,在渤海钻探的第一口探井——海 1 井喜获成功,我国才诞生了第一口真正意义的海上油井。为了进一步加大海上石油勘探开发力度,20 世纪 70 年代,我国又从国外引进了一批钻井平台,极大地增强了钻探力量,油气产量有所上升。在这 22 年中,共钻井 127 口,发现含油构造 14 个,探明石油地质储量  $3700 \times 10^4 \text{ t}$ ,在海 1、海 4 和埕北三个小油田进行试生产,建造安装 16 座导管架,建成原油年生产能力  $17 \times 10^4 \text{ t}$ ,累计采油  $64.8 \times 10^4 \text{ t}$ 。

(2) 对外合作与自主经营并举阶段。1979—1999 年是我国海洋石油高速发展的阶段,虽然以对外合作为主,但实现了合作与自营双丰收。1982 年国务院颁布《中华人民共和国对外合作开采海洋石油资源条例》,成立中国海洋石油总公司,专门负责海洋石油资源勘探开发业

务,这是我国海洋油气发展的重要转折点。到1997年底,中国海洋石油总公司先后与18个国家和地区的67家外国公司合作,共签订了68个石油合同和协议。完成了地震测线 $48.3 \times 10^4 \text{ km}$ 、探井265口,相继合作建成埕北油田、惠州油田、西江油田、陆丰油田、番禺油田和流花油田等一批我国优质高产的近海油田群。同时,随着国家政策的调整,中国石油天然气集团公司、中国石油化工集团公司也开始在滩海、滩涂地区从事海洋油气勘探,发现了一批有利构造,并在胜利埕岛油田、大港滩海油田建设了多座人工岛进行开发,油气产量也有所斩获。总体来看,这20年与前20年相比,海洋石油地质储量提高16倍,原油年产能力提高100倍。1999年海洋石油产量达到 $1800 \times 10^4 \text{ t}$ ,天然气产量达到 $44 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,分别占全国油气总产量的11%和18%。

(3)新世纪高速发展阶段。进入21世纪,国内三大石油公司的海上油气业务都得到迅速发展,储量和产量都有大幅度的增长,海上勘探开发技术装备也具有了相当规模。我国近海已投入生产的油气田超过50个,已形成规模化的石油基地和海洋石油公司,分别是以塘沽为基地的渤海石油公司、以上海为基地的东海石油公司、以广州和深圳为基地的南海东部公司、以湛江和三亚为基地的南海西部公司、以东营为基地的胜利油田海洋石油公司、以冀东和大港及辽河油田为基地的浅海石油公司,渤海和南海东部已成为我国海上两大重要油气生产基地。2010年,国内海洋油气产量首次突破 $5000 \times 10^4 \text{ t}$ ,相当于建成一个“海上大庆油田”,我国海域已经成为陆上油气开发最重要、最现实的接替区,标志着我国能源开发已经步入“海洋时代”。

虽然我国经历了几十年的海洋石油勘探开发,但开发程度远远不及陆上充分,还有很多海洋油气资源有待于探明,具有较强的开发潜力。对此,有关专家认为,未来的10~20年,我国的海洋油气开发仍将以国内三大石油公司为主,常规技术更为成熟,深海技术将得到快速发展,海洋油气产量将呈现跨越式增长。首先,渤海油气生产将稳定增长,目前渤海油田年产油气产量已经突破 $3000 \times 10^4 \text{ t}$ ,而且还有一批油气田正在建设或扩建,可以预见渤海油田将长期成为我国海洋油气增储上产的主力区;其次,有望在南海建设“深水大庆”,虽然我国已经在南海东部、南海西部水深小于300m的区域建成了千万吨级海上大型油气田,但在我国南海的争议海域却因为技术问题、环境问题和地缘政治问题,油气产量始终没有大的突破。随着我国深水勘探开采技术和装备力量的不断更新发展,这些阻碍我国深水石油勘探开发的技术瓶颈将迎刃而解,无论是依靠自身开发还是通过对外合作,南海深水在未来都将会是我国海上油气开发的主战场;另外,有机会在东海油气开发争议中抢占先机,使其成为我国海洋油气的战略接替区;在黄海寻找新突破,并不失时机地实施海外海上油气并购。相信我国的海洋油气业务在未来一定会取得更大的发展,在我国能源需求结构中的地位将越来越重要。

### 第三节 中国石油海上油气勘探开发概况

中国石油海上油气业务起步较晚,主要围绕渤海湾和辽东湾的滩海、滩涂地区进行,通过20多年的勘探开发和建设,已经形成年产近 $300 \times 10^4 \text{ t}$ 油当量(含赵东、月东合作区)的生产规模,建成大港滩海、冀东滩海、辽河滩海三个主要生产区。

## 一、大港滩海油田

大港滩海位于渤海湾西部,北起涧河与冀东滩海相接,南到泗女寺河与胜利油田相连,西以海岸线为界与大港陆地分开,东至 5m 水深线附近的矿区线与渤海石油相邻,海岸线总长 146km,总面积 2758km<sup>2</sup>,从南到北为北部新港、中部滨海和南部埕海 3 个区块。埕海区块是目前投入开发的唯一区块,面积 360km<sup>2</sup>,包括油田自营区和对外合作区两部分。

### 1. 滩海自营区

20 世纪 90 年代初,大港油田开始了滩海地区自营勘探工作。期间,自行组织建造了中国石油第一座自升式钻井平台“港海一号”,并组织建造了中国第一座近岸人工岛——张巨河人工岛,开展多目标先导性试验。历经 20 多年,埕海油田建设已经初具规模,建成了以埕港管线为纽带,以埕海一区的 1-1 人工岛(图 1-3)、埕海二区的 2-1 和 2-2 人工岛为开发平台,以埕海联合站为油气集输处理中心的生产系统。累计生产油气当量约  $200 \times 10^4$ t。



图 1-3 大港油田埕海一区的 1-1 人工岛

### 2. 赵东合作区

赵东合作区位于河北省黄骅市赵家堡村以东 5m 水深线以内的滩海、极浅海海域的赵东 C/D 油田。项目勘探历时 7 年,2003 年 8 月,中国石油天然气股份有限公司与合作伙伴美国阿帕奇公司在北京和休斯敦同时宣布,中美双方在中国渤海湾大港油田的赵东合作区块首次投入生产。仅用一年多时间,在渤海湾大港滩海便建成了中国石油第一个百万吨生产能力的海上油田。该项目合同期限为 30 年,此期间合作方发生数次变更,2006 年 7 月澳大利亚洛克石油(渤海)公司成为合作区新的作业者。2008 年,洛克公司对 C/D 油田进行了扩建(新建 OPB 和 ODB 两个平台,如图 1-4 所示),又开发了 C4 油田(含 PT1 和 CP2 两个平台),形成拥有 6 个平台的油田群。C/D 油田和 C4 油田,两个油田间敷设有海底管道

和海底电缆,输送和传递油气、电力信息。目前,赵东合作区已连续 10 年实现年产原油  $100 \times 10^4 \text{t}$  的优异成绩。它标志着中国石油对外合作的巨大成功,是中国石油与国际伙伴合作的典型。

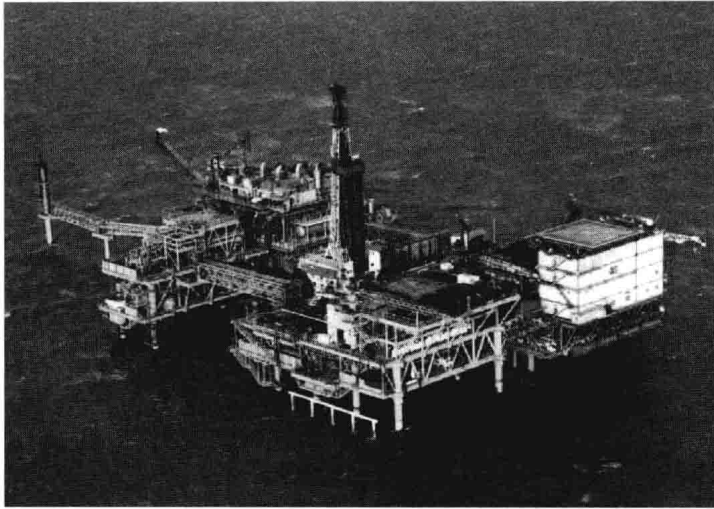


图 1-4 赵东油田平台

## 二、冀东滩海油田

冀东南堡滩海油田位于河北省唐山市境内的渤海湾浅海海域,主体位于唐山市曹妃甸开发区,西部距塘沽港 40km,东部与曹妃甸港相邻,勘探面积  $1000 \text{km}^2$ 。

冀东南堡滩海从勘探到开发大致经历了近 20 年的时间。1988—1995 年为早期自营勘探阶段,部署探井一口;1995—2002 年为对外合作勘探阶段,与美国科麦奇公司、意大利阿吉普公司合作,部署探井三口,两口井发现了油气显示;2002—2004 年为勘探准备阶段,完成三维地震勘探  $1164 \text{km}^2$ ,开展了 20 多项前期研究项目,发现了五个有利的油气构造;2004 年后为勘探突破阶段,2004 年 9 月 29 日老堡南一井裸眼测试获得高产工业油气流,25.4mm 油嘴折合日产油  $700 \text{m}^3$ 、气  $16 \text{km}^3$ ,以此发现了南堡油田。

2006 年 5 月,南堡油田正式开始投入开发建设。由于南堡油田具有水深浅、离岸近、海砂资源丰富的特点,因此主要是采用围海吹砂造地建造大型人工岛,并辅以简易钢质导管架平台进行开发。先后在南堡 1 号构造建造了南堡 1-1,1-2,1-3 人工岛和南堡 1-5,1-29 导管架平台,在南堡 4 号构造建造了南堡 4-1 和 4-2 人工岛,将导管架平台作为人工岛卫星平台,岛与岛、岛与平台之间通过海底管道、海底电缆相连,油气最终输送至陆地终端处理。在所有的人工岛中,南堡 1-1 人工岛面积最大有 413 亩(1 亩 =  $10000/15 \text{m}^2$ ),相当于 30 个足球场大小,可布置 300 多口井,如图 1-5 所示。目前,南堡油田已形成年产原油  $100 \times 10^4 \text{t}$  和天然气  $4 \times 10^8 \text{m}^3$  的生产规模。



图 1-5 冀东油田南堡 1-1 人工岛

### 三、辽河滩海油田

辽河油田滩海油气勘探区位于辽东湾北部,西起葫芦岛,东至鲅鱼圈连线以北,水深 5m 以内的滩海地区。由陆滩、海滩、潮间带和极浅海四部分组成,矿产登记面积  $3391.4\text{km}^2$ ,实际勘探面积  $2141\text{km}^2$ 。

#### 1. 滩海自营区

20 世纪 80 年代末期,辽河油田开始勘探滩海油气,经过十几年的勘探,在滩海地区发现了太阳岛、葵花岛以及海南一月东和笔架岭四个油气田,这些油气田已逐渐成为辽河油田油气储量和产量的重要接替区。

辽河滩海地区已投入开发的有笔架岭油田、海南一月东油田的海南 1 块、海南 3 块、海南 8、海南 24 区块,试采了葵花岛油田和太阳岛油田。目前,已经建成海南 2 号、海南 3 号、海南 4 号等 12 座陆岸井台以及海南 8 人工岛、海南 24 导管架平台等油气生产设施,如图 1-6 所示。该区年产原油  $13 \times 10^4\text{t}$ ,天然气  $4000 \times 10^4\text{m}^3$ 。

#### 2. 海南一月东合作区

海南一月东合作区位于辽东湾海域北端,是已开发的海南一月东油田的一部分,属于极浅海海上油田,距离最近海岸约 17km。2004 年 7 月,中国石油天然气集团公司与天时集团能源有限公司签署渤海湾盆地海南一月东区块开发和生产石油合同,由天时集团能源有限公司担任作业者。

月东合作区采用半陆半海式开发方案,计划建设 A、B、C、D 共四座人工岛(其中 A 人工岛附加 A1 和 A2 两个钢制辅助平台)和一座陆岸终端,共钻 165 口井,其中开发生产井 161 口、注水井 4 口。前期常规开采,后期视情况转入蒸汽吞吐开采,最终形成年产原油  $150 \times 10^4\text{t}$  的生产能力,计划 2014 中期全部建成投产,开采期 30 年。

截至 2012 年底,月东油田已经建成月东 A 人工岛投入试生产,如图 1-7 所示。月东 B 人工岛已经建成并正在调试,月东 C、月东 D 人工岛正在建设中。

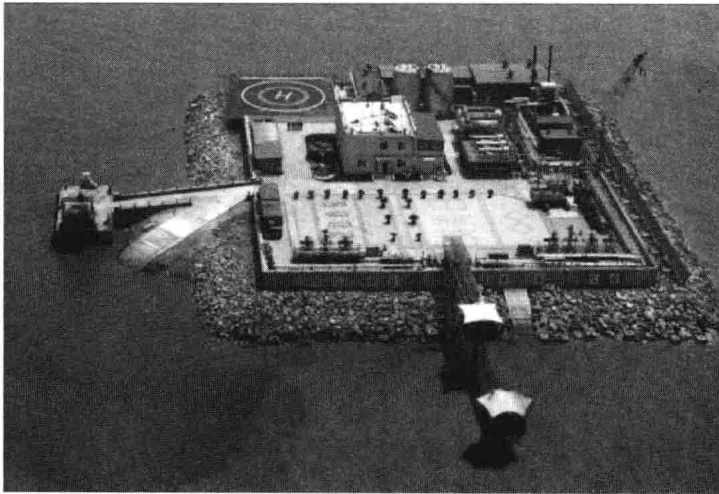
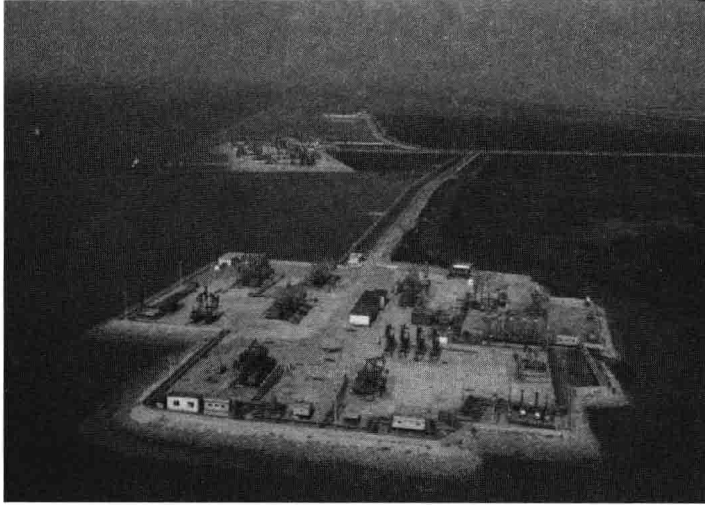


图 1-6 辽河滩海陆岸井台和人工岛

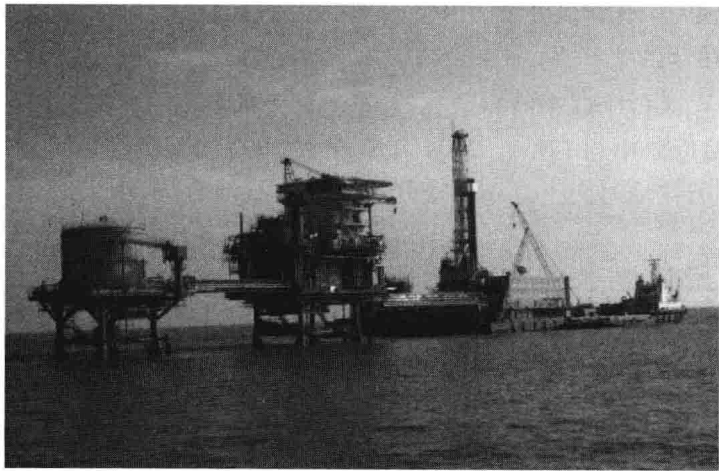


图 1-7 月东油田 A 人工岛

## 第二章 海上石油生产与作业设施

海上油气田开发就是将海底油(气)藏中的原油或天然气开采出来,然后采集,并对油气水进行分离与加工处理、储存和外输的全过程,整个过程都必须依靠生产作业设施来实现。因此,海洋油气开发与海洋钻井、采油、集输、海洋石油工程等技术和装备能力是密不可分的,海洋石油生产作业设施的技术水平直接反映了海洋石油工业的发展程度。

### 第一节 海洋石油生产设施

海洋石油生产设施是指以开采海洋石油为目的的海上固定平台、单点系泊、浮式生产储油装置、海底管线、海上输油码头、滩海陆岸、人工岛和陆岸终端等海上和陆岸结构物。虽然海上生产设施类型众多,但大致可将其分为三大类:固定式生产设施、浮式生产设施及水下生产设施。

#### 一、固定式生产设施

固定式生产设施是用桩基、坐底式基础或其他方法固定在海底,具有一定承载能力和稳定性的在海上进行油气生产的结构物。较为常见的海上固定生产设施如下。

##### 1. 钢质固定平台

钢质固定平台是最典型的海上固定生产设施。它是目前海上油气生产中应用最多的一种形式,具有建造及安装施工技术成熟,浅中深海都能使用、稳定性好、海况影响小、生产平稳安全等特点。钢质固定平台主要由四个部分组成,即桩基、导管架、导管架帽和甲板模块。钢质固定平台由于油气生产处理设施的设置不同,用途各异,一般情况下按其用途可以分为井口平台、生产处理平台、储油平台、生活动力平台,以及集钻修井、井口采油、生产处理、生活设施于一体的综合平台,如图 2-1 所示。但在滩海油田以及边际油田,由于水深条件、产能规模等因素的影响,钢质固定平台的适用性大大受到限制,又衍生出单腿、两腿、三腿和筒形基础结构形式的简易导管架平台。

##### 2. 混凝土重力式平台

混凝土重力式平台是与钢质平台不同的另一种形式的平台,它不需要用插入海底的桩去承担垂直载荷和抵抗水平载荷,完全依靠本身的重量直接稳定在海底。混凝土重力式平台通常由沉垫、甲板和立柱三部分组成,如图 2-2 所示。沉垫(底座)是整个平台的基础,为了抵抗风、浪、流的推力,要求沉垫具有很大的体积,而这样正好可以用来储存原油,因此使混凝土平台具备了钻、采、储多种功能。这种类型的平台具有海上施工简易,混凝土的防腐、防火、防爆性能好,生产安全可靠高等特点,但对平台基础的稳定性要求较高。



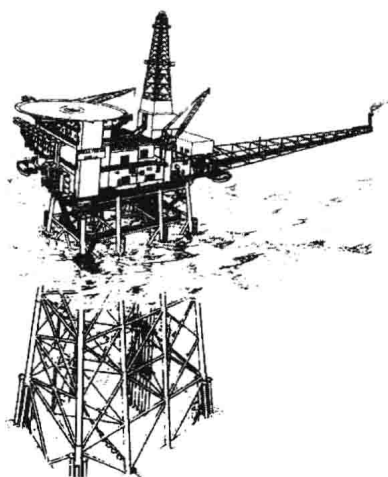


图 2-1 典型钢质固定平台

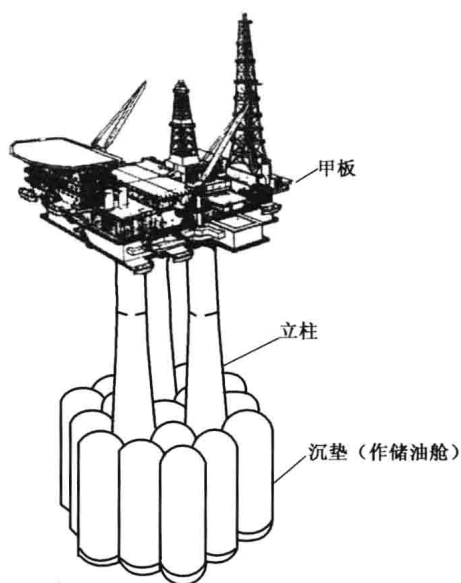


图 2-2 混凝土重力式平台

### 3. 人工岛

人工岛是指为了进行海上油气勘探开发,以砂、石、混凝土、钢等主要材料建成的与陆岸无连接的岛式构筑物,如图 2-3 所示。人工岛是在海上建造的人工陆域,也是滩海地区(一般水深小于 6m)采油生产的主要选择,人工岛上可设置钻机、油气生产处理设备、公用设施及码头。目前国内外已经建造的人工岛按照岸壁形式划分,可分为护坡式人工岛和沉箱式人工岛两种,而沙袋或块石护坡式人工岛和钢壳圈闭沉箱人工岛是最为常见的人工岛形式,如图 2-4 和 2-5 所示。同钢质固定平台相比,人工岛场地开阔,具有施工周期短,结构稳定性好,生产连续性高等特点。在滩海沿岸地区的油气开发中,人工岛起到了不可替代的重要作用。



图 2-3 人工岛