



普通高等教育“十二五”规划教材

海洋石油工程概论

HAIYANG SHIYOU GONGCHENG GAILUN

张振国 王长进 李银朋 主 编
哈明达 李 磊 季鸣童 副主编
李子丰 主 审



中国石化出版社

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

图书在版编目(CIP)数据

海洋石油工程概论 / 张振国, 王长进, 李银朋主编.
—北京: 中国石化出版社, 2012. 3
ISBN 978 - 7 - 5114 - 1446 - 5

I. ①海… II. ①张… ②王… ③李… III. ①海上油气田 - 石油工程 - 高等学校 - 教材 IV. ①TE5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 023500 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

北京宏伟双华印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787 × 1092 毫米 16 开本 15 印张 367 千字
2012 年 3 月第 1 版 2012 年 3 月第 1 次印刷
定价: 48.00 元

前 言

广袤无垠的海洋覆盖了我们赖以生存的地球 71% 的表面，它不仅是生命的摇篮、气候的调节器、人类征服自然的大舞台，更是各类自然资源的宝库。

伴随着人口数量的不断增加、全球工业化进程的快速发展，人类对能源矿产的依赖程度不断增加，陆地矿产资源的日渐匮乏和自然环境的恶化，促使人类把发展的目光和生存的希望聚焦于蓝色的海洋。

石油号称“工业的血液”，谁拥有丰富的油气资源，谁就拥有了发展的优势。但石油是不可再生资源，在全球范围内储量相对有限，而且地区分布不均，经过百年开采，陆地油气资源储量不断降低，这种宝贵资源的彻底耗竭只是一个时间问题，人类不得不把关注的目光转向浩瀚的海洋。

海洋油气资源丰富，资源量约占全球石油资源总量的 34%，探明率在 30% 左右，但目前尚处于勘探早期阶段，勘探程度低、储量增长潜力大。随着全球经济快速增长，人们对能源的需求也不断增长，陆上油气勘探日趋成熟到高度成熟，全球油气储量增长减缓，发现的油气藏规模越来越小，发现难度越来越大，油气产量不断递减，大油气田日趋枯竭，于是海洋油气的勘探开发便站到了世纪的前沿。目前全球已有 100 多个国家在进行海上石油勘探，其中对深海进行勘探的有 50 多个国家。

由于海洋环境的复杂性，海洋油气的开发与陆地相比多出了许多难以估量的不确定的因素，从而成了真正的“三高产业”，即高技术、高投入、高风险，对石油开发装备和技术提出了更高的要求。不仅要求从事海洋石油开发的工作人员具有扎实的专业知识，也同样需要他们具备熟练的操作技能。本书为适应这一需求，从海洋石油专业知识体系和构成出发，兼顾培养油气工作人员操作技能，理论与实践相结合，具有较强的可读性和一定的使用价值。

本书较为系统、全面地介绍了海洋石油开发所涉及的装备和技术，并介绍了当前海洋石油开发的新装备、新技术。全书共分十章，包括概述、海洋钻井平台、海洋钻井设备、海洋钻井工艺、海洋采油装备、海上油气开采工艺、海

上油气田修井、海洋天然气水合物资源特征及其开发前景、海洋石油开发新动向、海洋石油工程环境与安全环保。全书基本涵盖了海洋石油开发的主要环节，深入浅出，可资石油高校相关专业学生教材之选，也可供海洋石油工作人员阅读和参考。

本书由张振国、王长进、李银朋担任主编，哈明达、李磊、季鸣童担任副主编，燕山大学李子丰教授主审。具体分工如下：第一章与第五章由东北石油大学季鸣童编写；第二章与第九章由东北石油大学哈明达编写；第三章与第四章的第三节、第四节、第五节由东北石油大学王长进编写；第四章的第一节、第二节与第六章由东北石油大学李银朋编写；第七章与第十章由东北石油大学李磊编写；第八章由河北联合大学张振国编写；全书由王长进统稿。

本书在编写过程中，借鉴和参考了丰富的文献资料，在此向这些资料的作者表示真诚的感谢！

由于油气开发技术的发展日新月异、相关的资料浩如烟海，加之时间仓促，本教材在成书过程中难免出现偏颇和错误，敬请广大读者予以谅解并批评指正。

目 录

第一章 概 述	(1)
第一节 海洋油气的形成及分布	(1)
第二节 海洋油气工业的发展	(2)
第三节 海洋油气勘探开发特点	(7)
第二章 海洋钻井平台	(13)
第一节 海洋钻井平台分类及特点	(13)
第二节 导管架平台	(14)
第三节 坐底式钻井平台	(20)
第四节 半潜式钻井平台	(24)
第五节 自升式钻井平台	(27)
第六节 其他平台	(34)
第三章 海洋钻井设备	(37)
第一节 海洋钻井设备的选择及布置	(37)
第二节 海洋钻机	(41)
第三节 海底钻井基盘	(45)
第四节 浮式钻井特殊装备	(50)
第五节 浮式钻井装置的升沉补偿装置	(55)
第六节 自升式钻井平台悬臂梁	(60)
第四章 海洋钻井工艺	(66)
第一节 钻前作业	(66)
第二节 不同平台钻井方法	(70)
第三节 钻井后的井口回接	(76)
第四节 海上完井技术	(78)
第五节 海上井口保留方法及设施	(79)
第五章 海洋采油装备	(83)
第一节 采油平台	(83)
第二节 水下采油设备	(93)
第三节 油气集输设备	(102)
第六章 海上油气开采工艺	(115)
第一节 油气开采方式	(115)
第二节 采油工艺	(117)
第三节 采气工艺	(125)
第四节 油气水处理工艺	(132)

第七章 海上油气田修井	(143)
第一节 海上修井介绍	(143)
第二节 固定平台修井机装置	(145)
第三节 其他修井机	(153)
第八章 海洋天然气水合物资源特征及其开发前景	(156)
第一节 海洋天然气水合物特征及分布	(156)
第二节 海洋天然气水合物资源开发及其环境效应	(171)
第三节 海洋天然气水合物开采方式及可行性评价	(174)
第四节 我国海洋气体水合物研究现状	(177)
第九章 海洋石油开发新动向	(184)
第一节 海洋深水平台	(184)
第二节 深水平台装备及钻井技术	(187)
第三节 双井架钻井技术	(195)
第四节 海洋平台系泊系统	(197)
第五节 海洋钻修机	(200)
第十章 海洋石油工程环境与安全环保	(203)
第一节 海洋资源与工程环境	(203)
第二节 海洋环境	(206)
第三节 海洋石油污染与治理	(211)
第四节 海洋开发与环境保护	(218)
第五节 安全生产	(222)
参考文献	(231)

第一章 概述

第一节 海洋油气的形成及分布

一、海洋油气的形成

大陆架是陆地向海洋延伸的平坦宽广的地区，它由海岸逐渐延伸到海中的 200m 深处，看上去就好像是大陆在海洋里的架子。由大陆架到深海之间，还有一段很陡的斜坡，人们称它为“大陆坡”。由于“大陆架”和“大陆坡”都紧连大陆，在几千万年甚至上亿年以前，有些时期气候比现在温暖湿润，在海湾和河口地区，海水中氧气和阳光充足，加上江河带入大量的营养物和有机质，为生物的生长、繁殖提供丰富的“粮食”，使生活在海面附近的藻类大量繁殖。同时，海洋中生活的鱼类以及其他浮游生物、软体动物和各种菌类也迅速繁殖。据科学家们计算，在全世界的海洋中最上面的 100m 厚的水层里，光是细小的浮游生物的遗体，每年就能产生 600 亿吨的有机碳，这些有机碳就是“制造”石油和天然气的宝贵“原料”。

当然，光有这些生物遗体还不行，如果不很快地把它们保存起来，大海就会将它们溶解成微小的颗粒，悬浮在海水中永远不能变成石油和天然气。在江河入海的河口地区，每年都会向大海的大陆架上“送”来大量的泥沙，世界各地的河口每年要送出上百亿吨泥沙。这些泥沙经年累月地把大量的生物遗体掩埋起来。如果这个地区在不断下沉，生物层和泥沙层就会越积越多，越埋越厚。埋在下面的生物遗体承受不了厚厚的岩层压力和缺氧的“煎熬”，慢慢地分解，经历千百万年的地质时期，逐渐地生成了宝贵的石油和天然气。不过，这时的油和气还像撒在沙子里的粮食，分散在砂岩中，难以采集。在一层层沉积泥沙中，那些颗粒较粗的形成了砂岩、砾岩，这种岩层孔隙比较大，生成的石油和天然气能够被“挤压”进去，从而形成含油构造；那些细颗粒的泥沙，被压成页岩、泥岩，而且孔隙很小，油和气“钻”不进去。假如细密的页岩岩层正好处在含油的砂岩层的顶部和底部，那就像给这些宝贵的石油和天然气装进一只大锅又加上一只锅盖，把它们牢牢地保存起来。石油储集在砂岩孔隙中，就好像在海绵里充满水一样，不致石油流失而长期缓慢地沉降在大陆架浅海区。那些沉降幅度大、沉降地层厚的盆地，往往是形成石油最有利的地区。在这些大型沉积盆地中，因受挤压而突出的一些构造，又往往是储积石油最多的地方。因此，在海上找石油，就要找那些既有生油地层和储油地层，又有很好的盖层保护的储油构造的地区。

二、海洋油气分布

全球海洋油气资源丰富，海洋油气资源量约占全球油气资源总量的 34%，探明率约为 30% 左右，尚处于勘探早期阶段。据统计，截至 2006 年 1 月 1 日，全球石油探明储量为 1757 亿吨，天然气探明储量 173 万亿立方米。全球海洋石油资源量约 1350 亿吨，探明约 380 亿吨；海洋天然气资源约 140 万亿立方米，探明储量约 40 万亿立方米。

海洋油气资源主要分布在大陆架，约占全球海洋油气资源的 60%，但大陆坡的深水、超深水域的油气资源潜力可观，约占 30%。在全球海洋油气探明储量中，目前浅海仍占主导地位，但随着石油勘探技术的进步，将逐渐进军深海。水深小于 500m 为浅海，大于 500m 为深海，1500m 以上为超深海。2000~2005 年，全球新增油气探明储量 164 亿吨油当量，其中深海占 41%，浅海占 31%，陆上占 28%。

从区域看，海上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、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，都是世界重要的海上油气勘探开发国，见图 1-1-1。

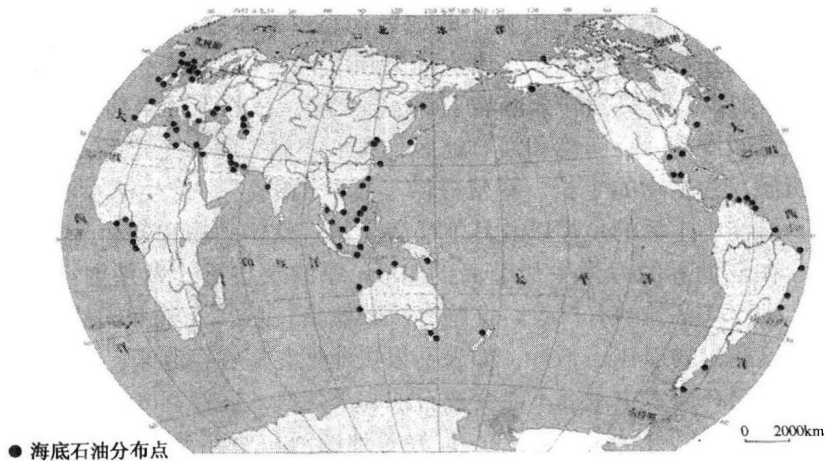


图 1-1-1 世界海上油田分布图

第二节 海洋油气工业的发展

一、世界海洋油气开发介绍

开发海洋石油，首先是从浅水海区开始，然后逐渐向深水海区发展，所以钻井装置也是由简单到复杂、由固定式向移动式发展。

在 19 世纪末期，为了开发从陆地向海底延伸的油田，曾采用在岸上向海底钻斜井的办法开发海底石油。海洋石油开发是从 1887 年美国在加利福尼亚州西海岸架木质栈桥打井开始的。随后又用围海筑堤填海、建人工岛、从岸边向海上架设栈桥等办法开发海底油田（见图 1-2-1）。但对离岸较远、水深和风浪较大的海区，这些办法在经济和技术上就不适用了。

到 20 世纪 40 年代末，海上开始出现钢结构的桩基固定平台。它是先在海底立一个钢管架（导管架），然后在所立的钢管内打桩使导管架固定，再在架顶铺设平台，作为石油开发的场地。这种平台适应的工作水深可从几米到几百米，在现代海洋石油开发中，它仍被广泛地应用。但这种平台建成后就不易搬迁，因为不够经济，故现代主要用它作永久生产时的采

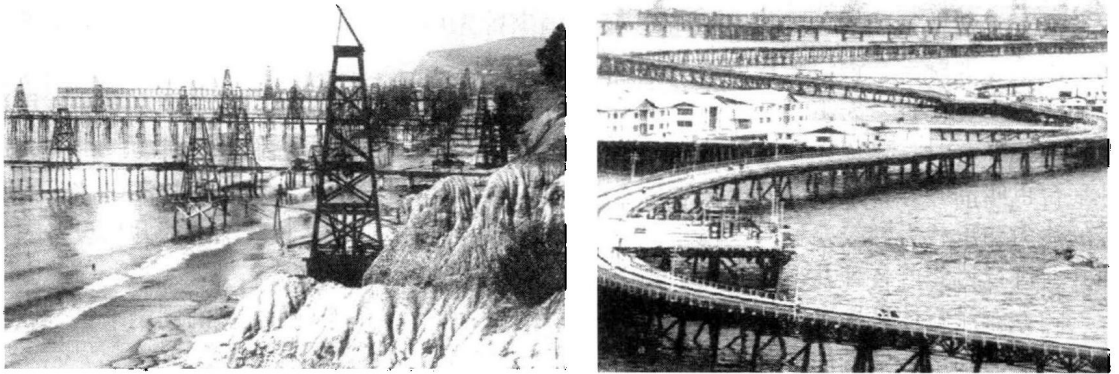


图 1-2-1 加利福尼亚州西海岸木质栈桥钻井

油平台、储油平台、油气处理平台、动力平台、生活平台等。

海洋石油开发初期的大量钻探工作，需要能灵活移动的海洋石油钻探装置。这类移动式钻井装置在 20 世纪 40 年代以后才陆续出现。

最早出现的是坐底式(沉浮式)钻井平台。它是下部为某种形式的浮箱、上部支起平台的装置，钻井前先往浮箱内注水，使浮箱沉坐到海底，所以这种浮箱也叫沉垫。浮箱坐到海底后，平台仍能露出海面作为钻井场地。钻完井，排出沉垫里的水，平台又可浮起拖走。这种平台因高度有限，一般只用于水深不超过 20m 的浅海区，而且是非自航式。

50 年代初，出现了一种自升式钻井平台：这是一种可沿桩腿升降，以适应不同水深的移动式平台。平台本身是一个浮力相当大的驳船形浮体、浮体边部有几条能升降的桩腿，这些桩腿由气动、液压或电动的升降机构驱动。钻井前，桩腿下降、插到海底，平台被顶起脱离海面，在平台的甲板上就可以进行钻井作业。钻完后，升降机构先把浮体降回海面，拔起桩腿，就可拖走。自升式钻井平台的工作水深一般是十几米到上百米左右，大多是非自航式。

最早的漂浮式钻井装置是 50 年代初的钻井驳船，它是把驳船甲板改作钻井井场。以后又在航海船舶甲板上铺设平台作井场。为提高钻井船的稳定和改善钻井作业的机动性能，又出现了双体或三体钻井船。因为海船本身有推进器，所以钻井船的机动性较好。钻井船到达井位后，先要锚泊住，即抛锚定位，现代又有动力定位。但无论哪种定位方法，船舶由于受海面风浪作用，总要升沉及摇摆，这对钻井作业是不利的。钻井时必须采取多种措施保持船体定位。钻井船的工作水深一般是几十米到几百米，甚至千米以上。水深对它不是主要的限制，关键是风浪对它的影响。一般移动钻井平台在风速 20m/s、波高 7m 时还能正常作业，钻井船则只限在风速 1m/s、波高 3m 以内正常作业。

20 世纪 60 年代初，由于海洋石油钻探伸展到海况条件更恶劣的深海区，随之就出现了一种半潜式钻井平台。它在外形上和坐底式平台相似，只是沉垫和平台甲板间距较大。钻井时，向沉垫和立柱内灌水，沉垫和立柱下沉。当水浅时，沉垫可坐于海底，即与坐底式钻井平台相同。当工作水深较深时(在 60~200m 水深区)、沉垫只是沉没于水中并不坐落海底，平台仍高出海面，呈半潜的状态。这样，在海面受波浪作用的只是几根立柱，所以它比钻井船稳定得多。半潜式平台也要用锚系或动力定位的方法，在钻井的井位上系留。钻完井，排出沉垫支柱里的压载水，整个装置浮起，就可自航或拖航离开。半潜式平台的工作水深可从

几十米到几百米。

海上采油也是从 19 世纪末开始的。很多国家曾先后在浅海的堤坝、栈桥、人工岛及不同的木质、混凝土、钢质平台上进行过海底石油的开采。

在堤坝、栈桥、人工岛及各种固定平台钻成的油井，装上采油井口设备就可采油。用移动式钻井平台时，要预先在海上建立简单的混凝土或钢质小平台。它们有单桩、三桩的，这种平台也叫油井导管架或油井保护平台。这种小平台因本身抵抗海上风、浪、潮、冰、海啸等的能力和承载力都较差，故只用在风浪不大的浅海区，小平台上只装油井的井口设备。当油井要进行检修或各种井下作业时，要用专门的修井船或作业船。

随着海洋石油钻探进入环境恶劣深海区，海上采油开始采用各种大型的固定平台。偶尔也有用移动式钻井平台作临时采油场地的情况。

现代已探明有开采价值的海上油田，主要是用各种大型固定平台钻生产井采油。在平台上除了安装采油井口设备外，还布置修井、井下作业、补充油层能量所用的种种机械设备。一座这样的平台，多的可以有几十口生产井。这种固定的海上钻、采平台，除了前面提到的桩基钢质固定平台外，70 年代还建造了一种混凝土的重力式固定平台。这种平台是靠本身重量稳定地坐在海底。它除供钻井、采油以外，本身还能储油，甚至供油轮系泊装油。由于它建造时用的钢材量少、防腐性能好、经济效果高，使用范围不断扩大，不但在水深二三百米的海域得到应用，在水深一二十米的海域也出现浅海用的重力式平台。

另外还有开发深水油气田用的牵索塔式平台和张力腿式平台，这类平台用绷绳或钢索和海底的基座(锚锭)连接。张力腿式平台通过垂直或斜向收紧钢索，平台的吃水大于它静平衡时的吃水能力，导致浮力大于其自身重力，从而使钢索受到预张力。当平台受风、浪作用时，如有预张力的柔性钢索，就像插入海底的桩腿一样，使平台不发生升沉运动。因钢索是柔性的，平台在非张力控制方向可有一定的漂移。张力腿式平台可以看做是一个垂直锚系的半潜式平台。它的最大工作水深可达 600m。张力腿式平台虽在 60 年代就已出现，但目前实际应用还不多。图 1-2-2 展示了目前适合不同水深的海洋石油平台。

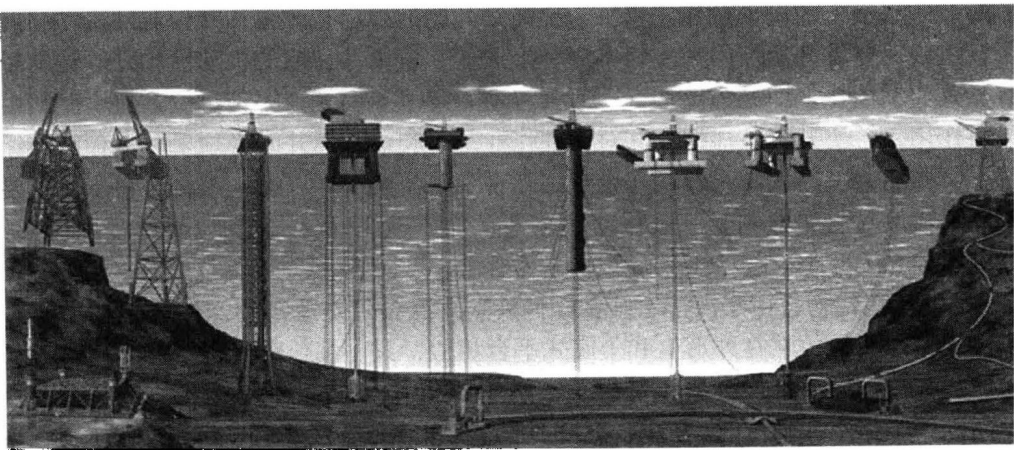


图 1-2-2 适合不同水深的海洋石油平台

二、国内海洋石油开发介绍

我国海域辽阔, 海岸线超过 18000 千米, 海域面积约 470 万平方千米。我国海洋蕴藏着丰富的石油资源, 有 30 多个沉积盆地, 面积近 70 万平方千米。经过部分海域的地质普查, 已发现近海含油的有渤海盆地、东海盆地、南海珠江口盆地和莺歌海盆地等, 石油天然气地质储量丰富。截至 2008 年, 中国海域主要勘探区达到 25.7 万余平方千米, 探明储量 2102 百万桶油当量, 其中包括原油 1400 百万桶油当量。在 2102 百万桶总量中渤海湾探明储有 1065 百万桶油当量, 占全部探明储量的 50.67%; 南海西部和南海东部分别储有 614 百万桶油当量和 348 百万桶油当量, 共占全部探明储量的 45.79%。东海探明储有 75 百万桶油当量, 仅占全部探明储量的 3.57%。而在 25.7 万平方千米的勘探区域中, 渤海勘探 4.30 万平方千米, 南海西部勘探 7.34 万平方千米, 南海东部勘探 5.54 万平方千米, 东海勘探 8.54 万平方千米。从勘探区域和探明储量上比较, 显然, 渤海湾和南海海域有更为广阔的开发前景。

中国近海油气勘探历程可分为早期自营勘探(1957~1979)、对外合作与自营勘探并举(1979~1997)以及 1997 年以后的自营引领合作勘探共三个阶段。

中国海洋石油工业起步于 20 世纪 50 年代末, 大约比世界海洋石油的发展晚了 70 多年。那个时候, 世界海洋石油勘探开发的热潮已经兴起, 海洋石油的钻井设备也发展到了相当先进的程度。但是, 由于历史原因, 当时我国只能从零开始, 一切都是“自力更生”地摸索前进。

1966 年, 我国自行设计建成第一座钢结构固定式平台, 终于将钻机搬到了海上。随着勘探规模的扩大, 固定钻井平台建造周期长、无法重复利用的种种弱点逐渐暴露出来。特别是钻探失利以后, 固定平台也必须报废, 加大了成本的投入, 这在当时国家经济实力还很薄弱的情况下, 是个很突出的问题。因此要求人们改变思路, 用移动钻井平台替代固定钻井平台。在当时的形势下, 自力更生造自己的钻井平台, 但国产钻井船比同时期西方国家设计建造的钻井平台在质量和性能上都相距甚远, 很难满足大规模发展海洋石油勘探开发的要求。“渤海 1 号”在海中经历了折断桩腿的危险; “渤海 3 号”基本上没打井, 就拆卸当废钢铁卖了。实践证明, 像海洋石油勘探开发这样的高科技产业, 拒绝学习引进国外先进技术的道路一般是行不通的。因此, 20 世纪 70 年代从国外引进了一批钻井平台, 这些移动式钻井平台极大地增强了渤海的钻探力量, 油气产量有所上升。但海洋石油事业的发展仍然十分缓慢, 1967~1979 年间, 十几年累积产油只有 $63.5 \times 10^4 \text{t}$ 。20 多年的实践使海洋石油人认识到海洋石油勘探开发是高投入、高科技、高风险的产业, 跟陆地石油的勘探开发有着巨大的差异。

自 20 世纪 70 年代末至 80 年代初, 海洋石油事业逐步蓬勃发展起来。截至 1982 年中国海洋石油总公司成立前夕, 渤海已先后有 4 个油田投入生产。

随着我国海洋石油事业的发展, 为了科学合理地开发海洋资源, 1982 年 1 月 30 日国务院正式颁布《中华人民共和国对外合作开采海洋石油资源条例》, 作为我国海洋石油对外开放的基本政策法规, 为对外合作提供了法律依据。同年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。自此, 我国的海洋石油开发走上了专业化、正规化、国际化发展的快车道。

20 世纪 80 年代以来,我国在浅海和滩涂地区也发现了丰富的油气资源。胜利油田在浅海地区经过多年勘探也发现了油田。辽东湾的滩海地区发现油田,产能规模逐步扩大。

几十年来,我国海洋石油工业有了长足的发展,储量和产量都有大幅度的增长。海洋石油勘探开发的装备从无到有,至今已具有相当的规模,海洋石油产量从 1971 年的 8 万吨到 2004 年油气产量达 3648 万吨油当量,约占我国海陆总油气产量的 20%,已形成了五大海洋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,以胜利油田为基地的海洋石油公司,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石油公司,以湛江和三亚为基地的南海西部石油公司)。从中国近海油气田分布图(见图 1-2-3)可以明显看到,面积只有 7.7 万平方千米、平均水深仅 18m 的渤海海湾聚集着大片已开发油田,其中包括锦州凝析油气田、绥中油田、秦皇岛油田、渤西油田群、埕北油田、渤南油田群以及渤中油田等。而在更为广阔的东海海域则只有春晓油气田和平湖油气田。在南海海域,近海油气田的开发已具一定规模,其中有涠洲油田、东方气田、崖城气田、文昌油田群、惠州油田、流花油田以及陆丰油田和西江油田等等,但更为广阔的南海深水海域仍尚待开发当中。

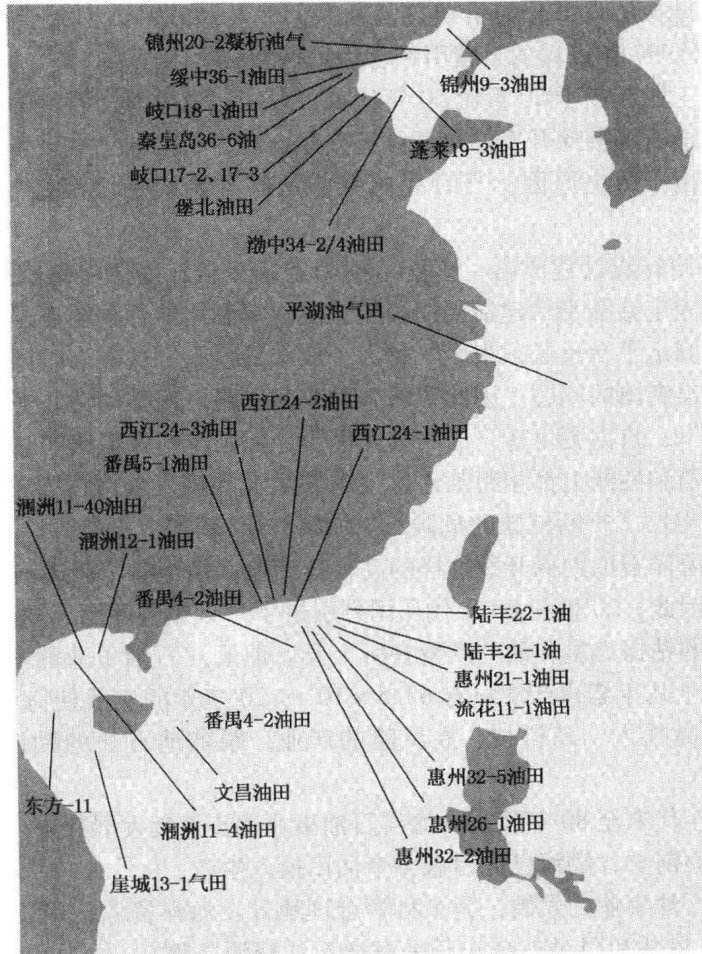


图 1-2-3 中国近海油气分布图

第三节 海洋油气勘探开发特点

一、海上油气田生产特点

海上油气田的生产是将海底油(气)藏里的原油或天然气开采出来,经过采集、油气水初步分离与加工、短期的储存、装船运输或经海底管道外输的过程。海上油气田开发具有技术复杂,投资高、风险大等特点。由于海上油气田生产是在海洋平台上或其他海上生产设施上进行,因而海上油气的生产与集输,有其自身的特点。

1. 适应恶劣的海况和海洋环境

海上平台或其他海上生产设施要经受各种恶劣气候和风浪的袭击,经受海水的腐蚀,经受地震的危害。为了确保海洋平台安全和可靠的工作,对海上生产设施的设计和建造提出了严格的要求。

2. 安全生产

由于海上开采的油气是易燃易爆的危险品,各种生产作业频繁,发生事故的可能性很大,同时受平台空间的限制,油气处理设施、电气设施和人员住房可能集中在同一平台上,因此,为了保证操作人员的安全,保证生产设备的正常运行和维护,对平台的安全生产提出了极为严格的要求。

3. 海洋环境保护

油气生产过程可能对海洋造成污染。一是正常作业情况下,油田生产污水以及其他污水排放;二是各种海洋石油生产作业事故造成的原油泄漏。因此,海上油气生产设施必须设置污水处理设备,还应设置原油泄漏的处理设施。

4. 平台布置紧凑,自动化程度高

由于平台大小决定投资的多少,因此要求平台上的设备尺寸小、效率高、布局紧凑。另外,由于平台上操作人员少,因而要求设备的自动化程度高,一般都设置中央控制系统,对海洋油气集输和公用设施运行进行集中监控。

5. 可靠、完善的生产生活供应系统

海上生产设施远离陆地,从几十公里到几百公里不等,必须建立一套完善的后勤供应系统满足海上平台的生产和生活需要。

6. 独立的供电/配电系统

海上生产、生活设施的电气系统不同于陆上油田所采用的电网供电方式,油气田的生产运行大多采用自发电集中供电的方式。为了保证生产的连续性和生产、生活的安全性,一般还应设置备用电站和应急电站。

二、海洋油气生产模式

如果油井集中在一个平台上,油井产物也在同一平台上汇集、处理和储存,然后定期把油装上油轮运走,这种集输系统是简便的,但这种系统只适于产量不大的小油田,在经济上是否合理需要考虑,因为这种大型平台造价高,最终从油田得到的石油产值能否互相抵偿尚未可知。

如果有几个生产平台或油井较分散，通常要通过海底集油管线将各井产物汇集到一处进行处理。离岸近的油田，可用海底输油管线送到岸上处理；离岸远的油田，常是在海上的集油处理平台上集中处理。

有些油田产物中有大量凝析油，要用庞大的多级脱气或液化设备进行处理。在海上不具备这类设备时，容易将凝析油损失掉，故在海上进行脱水、计量后，就把油气从海底管线泵送到陆地上再处理。

在海上铺设海底管线是海洋石油开发的一项重要基本建设，它在海洋石油生产中起着重要的作用。建筑海底管线的工程规模大，投资多，耗用的钢材、使用的船舶机具等也多，必须预先作慎重周密的考虑。因为海底管线建成后，可以连续输油，几乎不受水深、气候、地形等条件的影响，输油效率高、能力大，且管线铺设的工期短、投产快，所以在海上油气集输中被广泛应用。但这种管线坐在海底或埋在海底一定深度，检修和保养较困难。

根据原油生产储存和输送方法，我国海洋石油开发主要有以下几种模式：

1. 全海式开发模式

全海式开发模式指钻井、完井、油气水生产处理，以及储存和外输均在海上完成的开发模式。海上平台设有电站、热站、生产和消防等生产生活设施。在距离海上油田适当位置的港口，租用或建设生产运营支持基地，负责海上钻完井期间、建造安装期间和生产运营期间的生产物资、建设材料和生活必需品的供应。

常见的全海式开发模式有：

(1) 井口平台 + FPSO (浮式生产储油系统)。这是最常见的全海式开发模式，见图 1-3-1。例如渤中 28-1 油田、渤中 25-1 油田、秦皇岛 32-6 油田、西江 23-1 油田、文昌 13-1/13-2 油田、番禺 4-2/5-1 油田等。

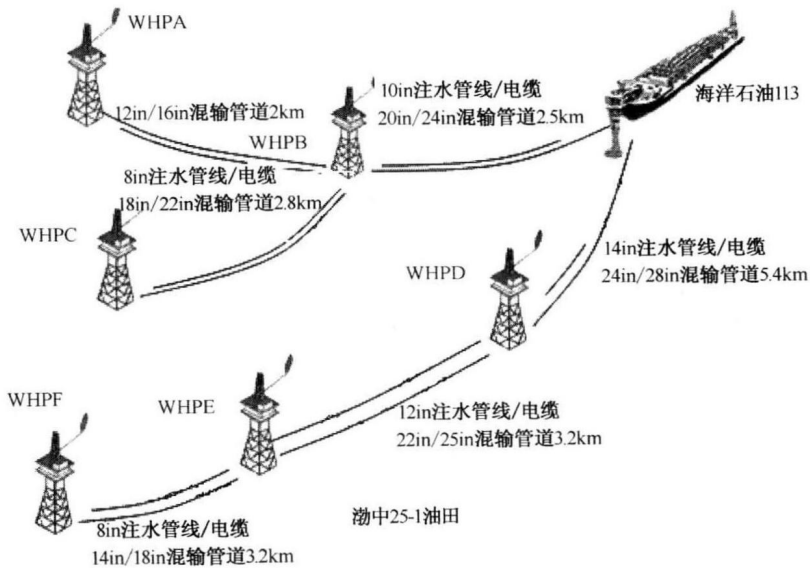


图 1-3-1 井口平台 + FPSO

(2) 井口中心平台(或井口平台+中心平台)+FSO(浮式储油外输系统)。例如陆丰13-1油田,见图1-3-2。陆丰13-1油田位于中国南海珠江口盆地,于1993年10月8日建成投产,1994年2月22日进入商业性生产,油田设施主要包括陆丰13-1平台和“南海盛开号”。

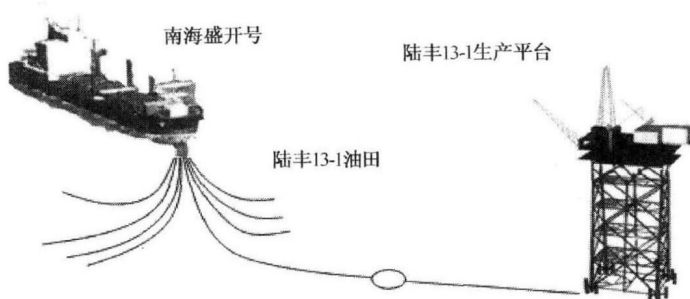


图1-3-2 井口中心平台(或井口平台+中心平台)+FSO(浮式储油外输系统)

(3) 水下生产系统+FPSO。水下生产系统越来越广泛地运用于全海式油田的开发,例如陆丰22-1油田,见图1-3-3。陆丰22-1油田位于南中国海珠江口盆地,作业水深330m。油田采用水下井口模式生产,共有5口生产井。

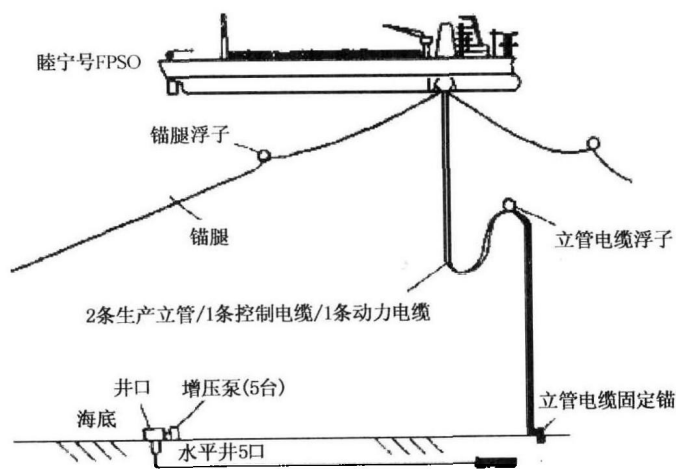


图1-3-3 水下生产系统+FPSO

(4) 水下生产系统+FPS(浮式生产系统)+FPSO。例如流花11-1油田,见图1-3-4。流花11-1油田,位于南中国海珠江口盆地,发现于1987年2月,是目前南中国海发现的最大的油田。平均水深300m,由1座半潜式浮式生产系统、1座浮式生产/储油装置(FPSO)、单点系泊塔井和海底井口系统构成。

(5) 水下生产系统回接到固定平台。例如惠州32-5油田、惠州26-1N油田,见图1-3-5。惠州油田群位于南海珠江口盆地,其所在海域水深117m,主要生产设施包括8座油气生产平台、2个水下井口以及浮式生产储油装置南海发现号。

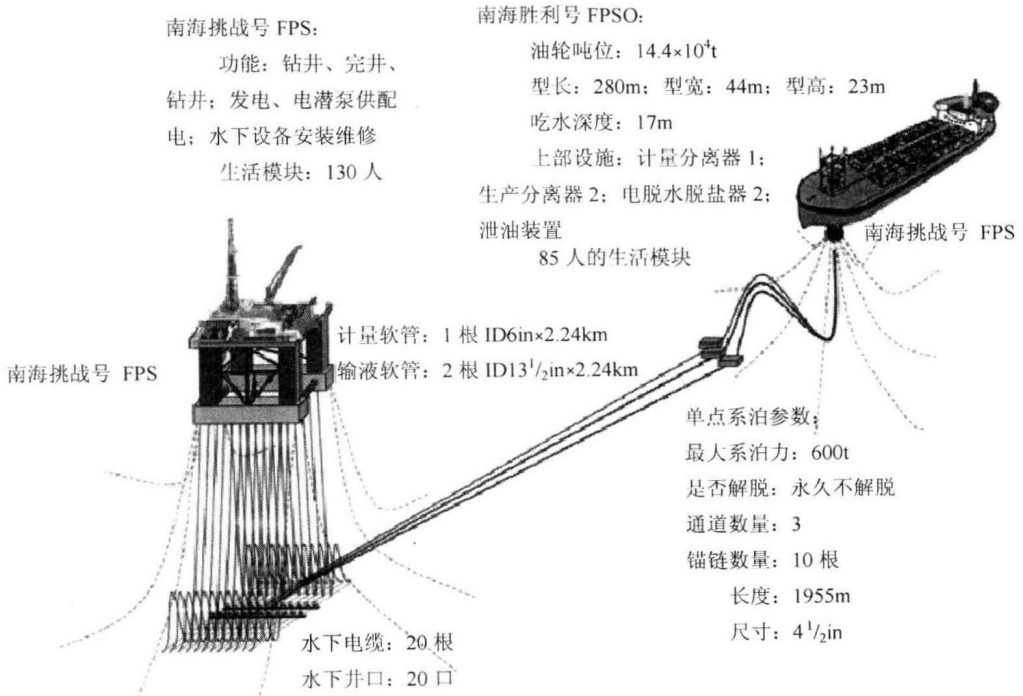


图 1-3-4 水下生产系统 + FPS(浮式生产系统) + FPSO

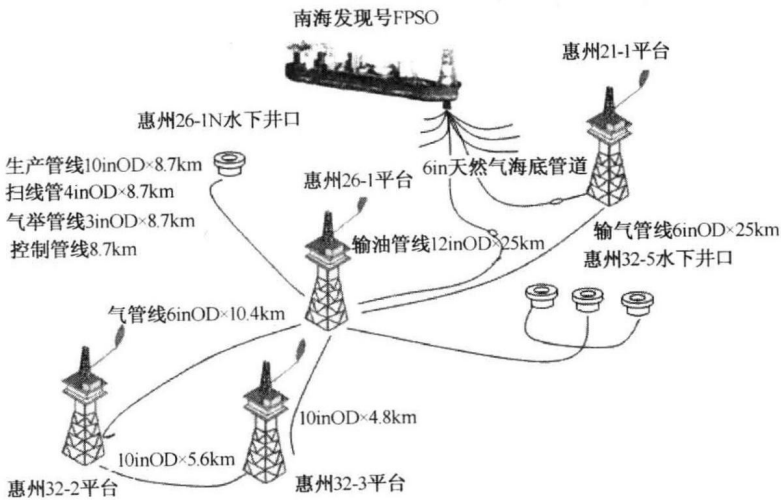


图 1-3-5 水下生产系统回接到固定平台

(6) 井口平台 + 处理平台 + 水上储罐平台 + 外输系统。例如埕北油田。这种模式适于水上储罐储量小、造价高，已不适应现代海上油田的开发需要。在中国海域仅埕北油田一例使用该种模式，见图 1-3-6。

(7) 井口平台 + 水下储罐处理平台 + 外输系统。例如锦州 9-3 油田，见图 1-3-7。

2. 半海半陆式开发模式

半海半陆式开发模式指钻井、采油、原油生产处理(部分处理或完全处理)在海上平台上进行，经部分处理后的油水或完全处理的合格原油经海底管道或陆桥管道输送至陆上终

端，在陆上终端进一步处理后进入储罐储存或直接进入储罐储存，然后通过陆地原油管网或原油外输码头(或外输单点)外输销售的开发模式。

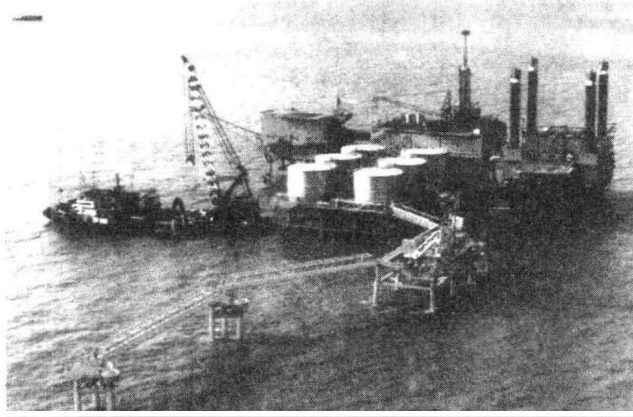


图 1-3-6 井口平台 + 处理平台 + 水上储罐平台 + 外输系统

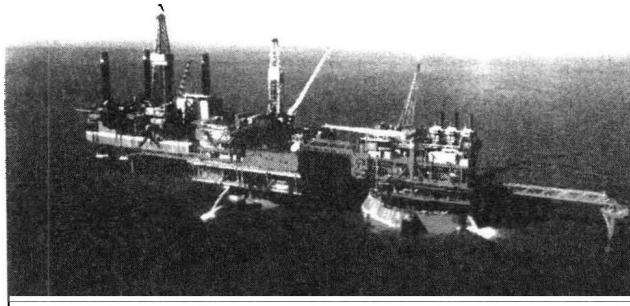


图 1-3-7 井口平台 + 水下储罐处理平台 + 外输系统

常见的半海半陆式开发模式有：

(1) 井口平台 + 中心平台 + 海底管道 + 陆上终端。这是最常见的半海半陆式开发模式，见图 1-3-8。例如锦州 20-2 凝析气田、绥中 36-1 油田、旅大 10-1/旅大 5-2/旅大 4-2 油田、平湖油气田、春晓气田、崖 13-1 气田、东方 11-1 气田等。

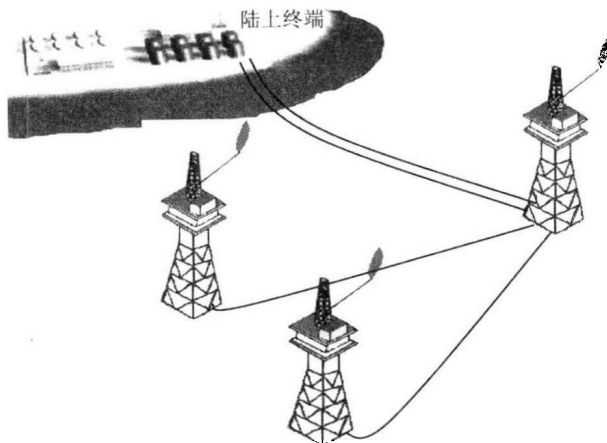


图 1-3-8 井口平台 + 中心平台 + 海底管道 + 陆上终端