

海洋石油勘探开发 安全概论

■ 荆 波 编著



石油工业出版社

海洋石油 勘探开发安全概论

荆 波 编著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书阐述了海洋石油勘探开发安全理论和对策,内容涉及了海洋环境要求,安全环保设施、从业人员安全培养、HSE 管理体系、安全对策、安全技术、安全评价,海洋石油安全法律法规,典型事故案例和安全文化,介绍简明、丰富、全面、前沿,对海洋石油安全开发具有指导和参考意义。

本书可供从事海洋石油勘探开发工作的从业者和大专院校相关专业师生参考和使用。

图书在版编目(CIP)数据

海洋石油勘探开发安全概论 / 荆波编著.

北京:石油工业出版社,2006.12

ISBN 7-5021-5846-4

I. 海…

II. 荆…

III. ①海上油气田—油气勘探—安全技术—概论

②海上油气田—油田开发—安全技术—概论

IV. TE58

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 143254 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.cn

发行部: (010) 64210392

经 销: 全国新华书店

印 刷: 石油工业出版社印刷厂

2006 年 12 月第 1 版 2006 年 12 月第 1 次印刷

850×1168 毫米 开本: 1/32 印张: 10

字数: 268 千字 印数: 1—1500 册

定价: 40.00 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

前 言

石油是世界各国工业发展的重要能源之一，被称为工业的“血液”，在人们的工作生活中发挥着举足轻重的作用。在石油勘探开发过程中，石油开采技术和规模也在突飞猛进，人类已经进入海洋石油开发时期。现今，全世界的海洋石油工业方兴未艾。全球已有 100 多个国家在进行海洋石油勘探开发，其中对深海海底资源勘探开发的有 50 多个国家，海洋石油总产量占世界石油总产量的比重也在逐年增加。

海洋石油勘探开发是一个高风险、高投入、高技术的行业，从事这一行业，安全始终是不能放松的。伴随着人们对海洋石油工作的开展和深化，人们对海洋石油勘探开发安全规律的认识也在不断深化，需要人们不断地从实践中总结经验，以便更加安全、高效地勘探开发海洋石油资源。

由于海洋石油勘探开发的特殊性，自开发至今发生过一些举世震惊的事故，人们对有关海洋石油勘探开发安全生产的认识也在不断深化。安全成为海洋石油勘探开发至关重要的前提。伴随着海洋石油行业的产生，海洋石油的安全科学也在不断发展。

海洋石油安全科学是一门实践性很强的学问，是安全科学的重要分支，也是一门不断发展的学科，它充分体现了以人为本、保障环境的理念，体现了安全发展的理念。海洋石油勘探开发的历史还不是很长，在海洋石油勘探开发安全生产上还需要人们不断地去深入研究和探索，为人类更好地开发海洋资源提供有力的支持和保障。

本书系统地阐述了海洋石油勘探开发安全理论和相关知

识，对预防海洋石油事故、指导海洋石油生产具有参考作用，适于从事海洋石油勘探开发的技术人员和研究人员阅读。

由于笔者水平有限，书中不足之处在所难免，请读者指正。

目 录

第一章 概述	1
第一节 海洋石油勘探开发历程	1
第二节 海洋石油勘探开发安全范畴概述	9
第三节 国内外海洋石油安全管理模式概述	11
第二章 海洋石油勘探开发环境与保护	16
第一节 概述	16
第二节 海洋环境要素及影响	18
第三节 海洋石油污染机理	28
第四节 海洋石油勘探开发环境保护	30
第三章 海洋石油勘探开发安全环保设施	38
第一节 概述	38
第二节 消防系统	38
第三节 逃生救生系统	46
第四节 报警系统	52
第五节 安全附件	54
第六节 环保系统设施	60
第四章 海洋石油从业人员安全素养	64
第一节 概述	64
第二节 海洋石油员工安全意识	67
第三节 海洋石油员工安全教育与培训	71
第四节 海洋石油员工心理健康	78
第五节 员工的安全行为	83
第五章 海洋石油 HSE 管理体系	95
第一节 概述	95
第二节 HSE 管理体系基本概念	108
第三节 HSE 管理体系基本要素	110

第四节 HSE 管理体系建立步骤	131
第五节 企业管理体系介绍	134
第六章 海洋石油勘探开发安全对策	152
第一节 勘探阶段安全对策	153
第二节 设计阶段安全对策	157
第三节 建造安装阶段安全对策	160
第四节 开发阶段安全对策	161
第五节 改造和废弃阶段安全对策	165
第六节 船舶系统安全对策	166
第七节 钻井及修井系统安全对策	169
第七章 海洋石油安全技术	172
第一节 概述	172
第二节 防火防爆安全技术	175
第三节 油井安全控制技术	181
第四节 自动化技术	184
第五节 信息技术	189
第八章 海洋石油安全评价	193
第一节 安全评价概述	193
第二节 定性安全评价方法	202
第三节 定量安全评价方法	208
第九章 海洋石油安全法律法规	217
第一节 海洋石油安全法律体系概述	217
第二节 国际海洋公约简介	221
第三节 国内海洋石油安全法律法规简介	224
第十章 海洋石油开发事故典型案例	233
第一节 海洋石油事故概述	233
第二节 事故案例分析方法	241
第三节 事故致因理论简介	247
第四节 国外海洋石油典型事故案例	260

第五节 国内海洋石油典型事故案例	266
第十一章 海洋石油安全文化	277
第一节 企业安全文化	277
第二节 海洋石油安全文化	282
附录一 海洋石油安全生产规定	284
附录二 职业健康安全管理体系规范 (GB/T 28001—2001)	293
附录三 有关职业安全健康类网站	307
参考文献	310

第一章 概 述

第一节 海洋石油勘探开发历程

石油是世界各国工业发展的重要能源之一，被称为工业的“血液”，在人们的工作生活中发挥着举足轻重的作用。在石油勘探开发过程中，开采技术和规模也在突飞猛进。19世纪美国首先在加利福尼亚近海开采海洋石油，揭开了人类开发海洋石油的新篇章。

海洋是人类巨大的宝库，不仅能提供极其丰富的渔业资源、矿产资源，而且海底蕴藏着极其丰富的石油资源。生物化学作用和地壳构造运动形成了石油矿藏。经过沧海桑田的变迁，有些油藏分布在陆地上，有些油藏分布在海洋里。分布在海底的油藏，相对于陆地油藏而言，便称为海洋石油。

一、海洋石油勘探开发历程

现今，全世界的海洋石油工业方兴未艾。全球已有 100 多个国家在进行海洋石油勘探开发，其中对深海海底资源勘探开发的有 50 多个国家，海洋石油总产量占世界石油总产量的比重逐年增加。据统计，海洋石油资源总量约占全世界石油资源总量的 $\frac{1}{3}$ 左右。有专家估计，海洋石油地质资源量约有 2500 亿吨，约占全世界总储量的 45%，目前全世界已经找到的石油地质储量有 1600 亿吨，其中海洋已探明储量 380 亿吨。这也说明，海洋石油的勘探开发程度远远没有陆上充分，海洋石油工程有着极其广阔的前景。在人类对石油等不可再生资源的需求越来越大的情况下，海洋石油必然会成为开发的焦点和重点。

从目前的海洋石油勘探开发情况看，世界的海底石油主要富集于四个区域：第一是中美洲墨西哥湾、加勒比海、马拉开

波湖以及巴西海域，其中墨西哥湾和马拉开波湖是全世界勘探开发最早的海上油田；第二是北欧、北美大陆架，包括北海、阿拉斯加以及加拿大北部等。此区域自然条件最为恶劣，但自20世纪60年代以来，勘探开发最为迅速；第三是中东的波斯湾，这里的特点是得天独厚，储量最高；第四是东亚、东南亚海域，包括我国的海域、印度尼西亚海域以及澳大利亚的海域等。这是到目前为止勘探开发还不充分的海区，也是很有发展潜力的海域。

在四大洋及数十处近海海域中，石油、天然气储量最丰富的要数波斯湾海域，约占总储量的一半左右，其次是委内瑞拉的马拉开波湖海域，接下来是北海海域，再就是墨西哥湾海域，最后是我国沿海、东南亚海域以及澳大利亚、西非等海域。

1. 国外海洋石油勘探开发历程

世界上最早的海洋石油勘探要追溯到1887年。在美国加利福尼亚的圣·巴巴拉地区靠近海边的萨马兰得油田开发过程中，人们不断向海里追踪和开发油田，用木桩作基础建立了第一个海上钻井平台，从此开创了海洋石油工程和石油开发的历史。1896年，美国以栈桥连接方式在加利福尼亚距海岸200多米处打出了第一口海上油井，它标志着海洋石油工业的诞生。

从那时起的100多年来，特别是20世纪40年代末以来，海洋石油工程发生了巨大的变化和发展。1947年美国在墨西哥湾水深6米处建造了世界上第一座海洋钢制石油平台，1965年，美国埃克森石油公司在南加利福尼亚近岸海域用“卡斯-1”号钻井装置在世界海洋上打下了第一口深水井，水深为193米。此后，深水石油钻井的数量越来越多，技术装备也越来越先进。如图1-1、图1-2所示。

世界上许多国家也相继开始海洋油气资源的勘探开发。开发水平和技术手段不断提高，由开发之初的固定平台又研制了

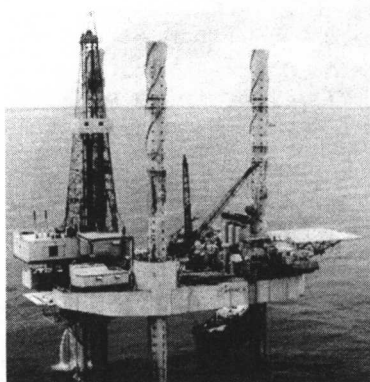


图 1-1 自升式平台



图 1-2 半潜式平台

移动式平台，而今全球有近 700 多座移动式钻井平台在工作。开发之初可钻井的水深只有几十米，现在已超过了 2000 米，全球钻井水深大于 1000 米的钻井船有几十艘。随着技术的进步，海洋石油勘探开发的领域会越来越广。

较早进入大规模开采的海域是波斯湾大陆架，全世界储量超过 1 亿吨的特大海洋油田有 10 个，波斯湾占 7 个；储量超过 1000 亿立方米的特大气田有 4 个，波斯湾占 3 个。全球 1/3 左右的海洋石油都产自波斯湾，其中沙特阿拉伯是最大的近海石油生产国，占世界近海石油产量的 22% 左右。欧洲西北部的北海是仅次于波斯湾的第二大海洋石油产区。1954 年英国首先在北海勘探开发北海油田，从 20 世纪 60 年代开始，英国、挪威等北海沿岸国家纷纷投入北海石油的开发，到 70 年代，英国、挪威两国都在北海发现了大油田。1978 年，英国北海油田产量首次超过 5000 万吨，满足了本国石油消费的一半。紧接着，挪威石油年产量也超过了 3000 万吨。1982 年，英国北海石油年产量超过亿吨大关，1989 年，挪威也超过了 7000 万吨大关。海底石油分布点如图 1-3 所示。

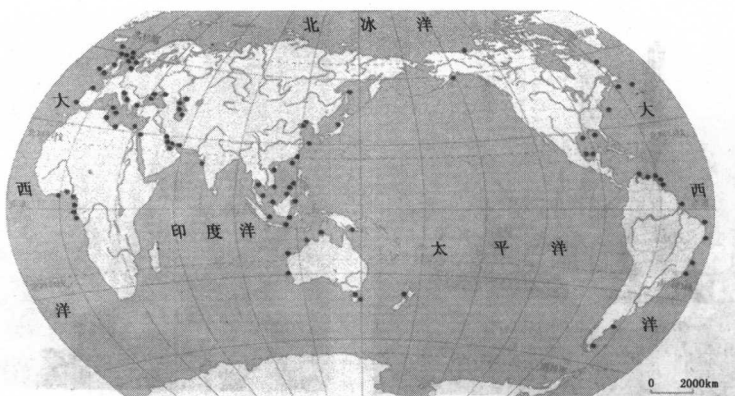


图 1-3 海底石油分布点

据统计，全球在海洋里钻井数量最多的是美国。英国、印度尼西亚、马来西亚、印度、俄罗斯等国数量也不少。从未来的发展趋势来看，海洋石油勘探将向深海发展，而且向深海进军的步伐将越来越快。

2003 年世界海洋石油生产量达 12.57 亿吨，约占世界石油总产量的 34.1%；2003 年世界海洋天然气生产量达 6856 亿立方米，约占世界天然气总产量的 25.8%。海洋石油生产量占世界石油总产量的份额逐年增加，增长速度也高于陆地，并继续保持较高的速率增长。

目前，在世界海洋中已发现了 521 个油田，其中，欧洲和地中海 25 个，北海 110 个，意大利、北亚得里海 20 个，黑海和里海 17 个，南美洲 43 个，非洲近海 27 个，西非近海 85 个，波斯湾 60 个，印度次大陆沿岸海域 2 个，远东近海 23 个，印度和马来西亚近海 15 个，澳大利亚东部和新西兰近海 3 个，澳大利亚西北大陆架 12 个，南部吉普斯兰德海盆 19 个，北海近海 44 个，美国墨西哥湾 16 个。目前，勘探开发形势大体是：墨西哥湾和海湾地区仍然是主要的海上产油气区，其中主要产

油国是美国和阿拉伯国家；北海地区的大型油田都已投入开发，在世界海洋油气产量中所占比例有大的突破，其中主要产油国是英国和挪威；墨西哥、巴西和委内瑞拉也是主要产油国；俄罗斯在巴伦支海近海和阿卜谢隆海峡等海域发现并开发大型油气田；亚洲地区的海洋石油勘探开发也有新的发展，印度尼西亚在东爪哇岸外和纳土纳海盆发现并开发油田，马来西亚的海洋石油勘探开发集中于马来盆地中的特伦加努近海、沙巴和沙捞近海；澳大利亚海域的石油储量较大；非洲的主要海上产区位于地中海的苏伊士湾，西非的海洋仍是世界上最有活力和最有前景的勘探开发区域之一，主要国家是尼日利亚和安哥拉，利比亚也在地中海水深 150 米处发现大型海上油田；埃及海域也有比较丰富的油气资源，刚果海域也发现储量在亿吨以上的油田。

2. 国内海洋石油发展历程

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，北起渤海，南至南沙群岛，几乎等于陆地面积的一半。我国海洋蕴藏着丰富的石油资源，海域有 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，已发现渤海盆地、东海盆地、南海珠江口盆地和莺歌海盆地等近海含油盆地，石油天然气地质储量丰富。根据勘探结果预测，在渤海、黄海、东海及南海北部大陆架海域，石油资源量可望达到 275.3 亿吨，天然气资源量达到 10.6 万亿立方米，因此我国海域极具勘探开发潜力。

我国海洋石油勘探开发始于 20 世纪 60 年代。从 1960 年开始前期准备，并首先在渤海湾开始石油勘探。1963 年自主设计建造了一台座底式钻井平台，1964 年 3 月在莺歌海海区钻了第一口海洋井，1965 年在莺歌海村水道口外离岸 4 千米、水深 15 米处的海 2 井发现了原油，这是中国海上的第一口油



图 1-4 我国海域含油气盆地分布示意图

气发现井。之后，1966 年在渤海湾建起了第一座固定式钻井平台，钻探渤海的第一口探井——海 1 并于 1967 年喷出了原油。从此开始了中国海上油田的开发生产活动。在渤海经历了艰难的探索和创业的历程，相继发现多个海上油田。我国海域含油气盆地分布示意图如图 1-4 所示。

自 20 世纪 70 年代末 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 个油田投入开发生产。

随着我国海洋石油事业的发展，为了科学合理地开展海洋资源，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。

自 20 世纪 90 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，并建成产能。辽东湾的滩海地区也发现了油田，产能规模逐步扩大。

近 20 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。几十年来，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）。

南海已发现含油气构造 200 多个，油气田 180 个。经初步估计，整个南海的石油地质储量大致在 230 ~ 300 亿吨之间，约占中国总资源量的 1/3，有“第二个波斯湾”之称。南海水深一般在 500 ~ 2000 米，属深水作业区。南海自 20 世纪 60 年代发现石油以后，越南、菲律宾、马来西亚、新加坡等国家都前往开采石油。现在南沙海域油井已超过 1000 口，每年开采的石油超过 5000 万吨，相当于大庆油田一年的产油量。我国在深水区域的勘探依然处于起步阶段，有巨大的发展潜力。目前，国土资源部等有关部门已经在南海南部的 14 个主要盆地进行了油气资源评价，勘探开发南海的石油资源将对我国的石油供应产生积极的作用。

随着陆地石油资源的大量开采和人类海洋石油勘探开采技术的不断提高，我国海洋石油的开采规模必然会越来越大，事业也会更加蓬勃发展。

二、海洋石油勘探开发特点

海洋石油勘探开发与陆地石油勘探开发有很大不同，并受到许多因素的制约和限制。海洋石油勘探开发有 5 条显著的特点。

1. 受海洋环境的影响

海洋环境气象恶劣,变化无常,空气潮湿,主要受风、浪、流、涌、海冰、潮汐等因素影响。它们都对海洋石油的勘探开发造成了巨大的影响。例如:风大浪急时,有的船舶只能进港避风,不能正常出海完成工作任务;平台上起重机等部分设备不能正常使用;出现意外情况得不到及时救援;发生油气泄漏造成海洋环境大面积污染,使海洋渔业和海洋生物受到损失等。

2. 高风险

石油行业本身具有易燃易爆、高温高压、有毒有害、连续作业的行业特点。海洋石油设施上设备、流程密集,空间狭小,作业岗位多,交叉作业多,事故救援困难、难于处理,安全管理复杂、风险集中,风险度大大高于陆上石油开发行业,任何一项设备隐患、制度缺陷、程序遗漏、工作疏忽或个人违章,都可能造成事故,带来难以预料的严重后果。

3. 高投资

海洋石油设施由于施工环境及技术要求的原因,价格较高,投资巨大。一个平台的投资额动辄数以亿计,国外一些平台的投资比我国国内平台的投资还要高出几倍甚至几十倍。一旦出现事故或者决策失误,财产损失是非常大的,所以在决策和管理方面应当谨慎和严格,一丝不苟。

4. 高技术

海洋石油行业是技术密集型的行业,为了提高安全性和自动化程度,应用了大量的高新技术,技术复杂程度高、综合性强。

5. 从业人员素质高

海洋石油行业是高技术、高投入、高风险的行业,对从业人员素质要求高。从业人员不仅需要有一定的技术素质,也需要有较高的责任心和心理素质。也就是说,从业人员的综合素质必须达到一定的水平。

第二节 海洋石油勘探开发安全范畴概述

一、海洋石油勘探开发安全概念

1. 产生和发展

自从人们涉足海洋石油勘探开发领域以来，如何确保从业人员安全，确保海洋石油勘探开发的安全，就一直是人们不断探索的课题，在实践中随着认识的不断深化，海洋石油勘探开发安全这一概念也就得以产生，范围不断扩大和发展。

目前，涉足海洋石油勘探开发领域的国家对海洋石油勘探开发的安全都十分重视，在海洋石油勘探开发安全方面基本上形成了自己独特的管理体系，建立了海洋石油勘探开发安全方面的法律法规体系，初步形成了一些基本概念和基础知识体系。今后，随着海洋石油勘探开发事业的不断发展，海洋石油勘探开发安全的内涵和外延也必将得到蓬勃发展。

2. 概念

伴随着海洋石油勘探开发规模的不断扩大，海洋石油勘探开发安全的概念也就应运而生，并逐步得到丰富和发展。海洋石油勘探开发安全主要是研究海洋石油勘探开发过程中安全管理的规律和安全要素的特点，从而提高安全系数和本质安全化程度，防止或减少从业人员受到伤害，防止和减少海洋污染和各类事故的发生。

海洋石油勘探开发安全科学所研究的范围和研究对象主要是在海洋石油勘探开发过程中与安全有关的领域，分析研究对海洋勘探开发安全生产过程中有影响的各种要素的规律和特点，提出相应的安全对策。海洋石油安全在范畴上有广义和狭义之分。广义的海洋石油安全所涵盖的范畴不仅包括安全方面的内容，在习惯上还包括环境方面的和从业人员健康方面的内容，以及在更广泛的层面上与之相关的内容，本书所研究的对