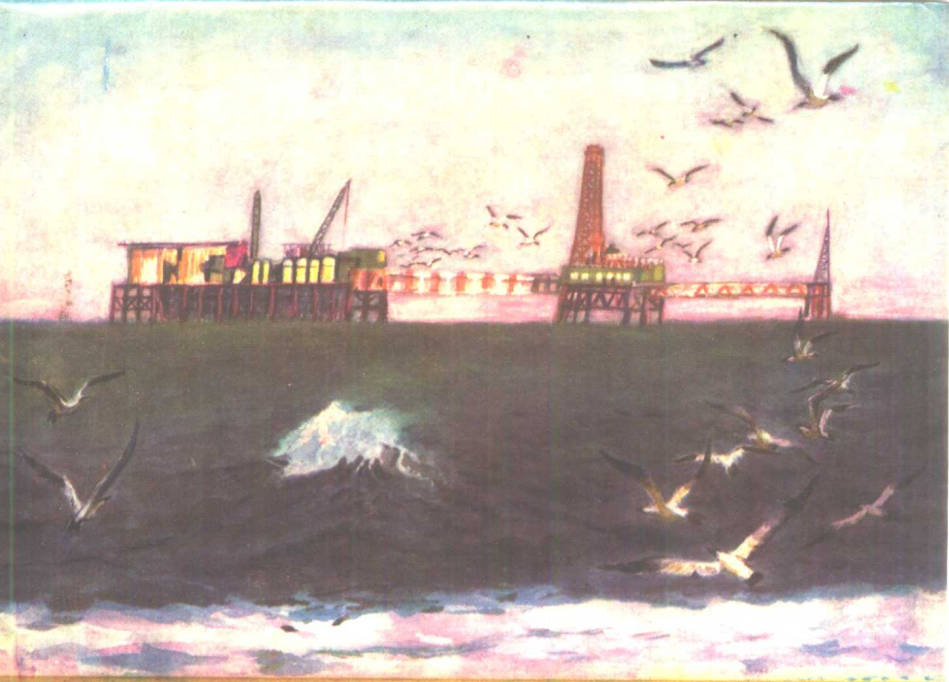




向海洋要石油

天津大学海洋工程建筑教研室 编著



科学出版社

向海洋要石油

天津大学海洋工程建筑教研室 编著

科学出版社

1980

内 容 简 介

海洋油、气资源的勘探、开发，是一个新兴的工业。本书通俗地介绍了海洋油、气资源开发的特点，海洋环境，海底为什么有石油，海洋油、气田的勘探、开发，以及相应的海洋工程建筑物等方面的系统知识。作为一本海洋石油勘探、开发的中级科普读物，可供广大工农兵、干部、青年和有关科技人员阅读。

向 海 洋 要 石 油

天津大学海洋工程建筑教研室 编著

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1980 年 7 月第 一 版 开本：787×1092 1/32

1980 年 7 月第一次印刷 印张：7 1/8

印数：0001—2,560 字数：137,000

统一书号：13031·1200

本社书号：1764·13—14

定 价：0.80 元

前 言

石油和天然气是宝贵的自然资源，在地球上蕴藏量非常丰富，而在全世界的油、气开发中，海洋油田又占有十分重要的地位，并且，其重要性正与日俱增。

我们伟大的祖国海域辽阔，大陆架宽广，有着极其丰富的海洋油、气资源，是世界上海洋油、气蕴藏量较多的国家之一。我国的海洋石油开发事业正在迅速地向前发展。

海洋石油开发是一门新兴的科学技术，它涉及到的技术领域十分广泛，为使广大读者对它有所了解，我们编写了这本书。本书简略介绍了有关海洋石油开发的基本知识，包括海洋环境，海洋油、气田的形成及勘探，海洋石油的钻、采、集输工艺，海洋石油的钻、采、集输装置及海上金属结构的防护等内容，供中等以上文化水平的广大读者阅读。

由于我们水平有限，错误之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编著者

1977年

目 录

地质部地质研究所编 (五)

前 言	v
第一章 向海洋要石油	1
(一) 石油和天然气	1
(二) 丰富的海洋油、气资源	4
(三) 海洋石油勘探开发的特点	7
第二章 海洋环境	10
(一) 辽阔的海洋	10
(二) 强劲多变的海风	14
(三) 威力惊人的海浪	18
(四) 按时涨落的潮汐	23
(五) 永不停息的海流	28
(六) 寒冷海区的重大威胁——海冰	32
(七) 破坏力巨大的地震和海啸	35
第三章 海底为什么有石油	40
(一) 海洋地貌	40
(二) 油、气是怎样形成的	44
(三) 油、气矿藏又是怎样形成的	48
(四) 大陆架——海底油库	53
(五) 我国富饶的海洋油、气资源	57
第四章 怎样寻找海底油、气田	60
(一) 油、气田勘探的一般程序	60

(二) 磁力勘探法	64
(三) 重力勘探法	68
(四) 地震勘探法	71
(五) 钻井勘探法	77
第五章 在固定平台上钻井	84
(一) 从陆地到海洋钻井的演变	84
(二) 钻直井的方法和设备	86
(三) 海上常用的丛式钻井法	97
(四) 巨大的海上固定平台	101
(五) 海上固定平台的不同类型	108
第六章 在活动钻井装置上钻探井	114
(一) 活动式钻井装置的出现	114
(二) 可沉可浮的沉浮式平台	117
(三) 能升能降的自升式平台	122
(四) 船式平台——钻井船	130
(五) 既漂浮又稳定的半潜式平台	136
第七章 怎样开采海上油、气田	144
(一) 合理开发海上油、气田	144
(二) 几种采油方法和油井管理	148
(三) 在固定平台上采油	154
(四) 海上油田的安全与防火	159
(五) 深水采油的展望	162
第八章 海上油田的集输和贮运	169
(一) 海上油、气集输工艺	169
(二) 海上油田的几种集输系统	175

(三) 海上油田的动脉——海底输油管线	179
(四) 庞大的海中贮油罐	185
(五) 用油轮输送原油	190
第九章 海上金属结构的防护	197
(一) 严重的腐蚀现象	197
(二) 金属为什么会腐蚀	200
(三) 金属在海洋环境中的腐蚀	209
(四) 海上金属结构的防护	214

第一章 向海洋要石油

(一) 石油和天然气

石油和天然气，是宝贵的自然资源。人类对石油和天然气的开采和利用，已有很久的历史，但在很长一段时期内，只是从石油中提炼煤油、润滑油等一般产品，而把许多重要成份都当作废料处理了。随着科学技术的发展，进一步加工石油和天然气，才使各种成份得到综合利用。目前，利用石油和天然气，已获得几千种产品，这些产品被广泛地应用在国民经济各部门和生活的各方面。

从石油提炼出来的柴油、汽油、航空油，是我们熟知的近代工业的动力燃料。目前石油产品的绝大部分，是用作各种内燃机的燃料。除了工业、农业、交通等方面之外，在军事方面，几乎所有的作战器械都离不开由石油加工所得到的燃料。象现代国防工业中的超音速飞机、导弹、火箭等所使用的高级燃料，也都是由石油提炼制成的。所以石油又是一种重要的战略物资。

从石油提炼出的润滑油，是各种机械、仪表运转必不可少的。某些现代科学技术领域所需要的耐高温、高压、高真空以及耐低温、耐辐射等特殊性能的润滑剂，也大都是从石油提炼

出来的。

综合利用石油和天然气，可以得到许多重要的有机化工原料，其中最主要的有“三烯”（乙烯、聚乙烯、丙烯）、“三苯”（苯、甲苯、三甲苯）和乙炔。用它们可以合成如合成纤维、合成橡胶、塑料、合成氨、染料、医药、农药、炸药、酒精等各种各样的产品。今天，石油和天然气制品的种类越来越多，用途也越来越广，被称作是“工业的血液”。石油和天然气对发展现代工业、现代农业和现代国防，有着极其重要的意义，在当前国际政治和经济事务中，也往往是一项不可忽视的影响因素。

我国是世界上开发利用石油和天然气最早的国家。远在三千多年前，在我国古书《易经》上，就有关于石油的文字记载。到两千多年前的秦、汉时期，关于石油和天然气的记载更是屡见不鲜。例如公元前 223—206 年间，《汉书·地理志》中记有“高奴有洧水可燃”。到唐朝，人们把石油叫作“石脂水”。宋朝的沈括在他所著的《梦溪笔谈》中说：“鄜（县）延（安）境内有石油”，“石油”一词即由此而来。我国早在两千多年前（公元前 115 年）就开始用钻井的办法开采地下的石油。到公元 1521 年，在《蜀中广记》中已记载着在四川嘉州一带从地下一千多米深度采出了石油。就拿这个在我国历史上较晚的油井来说，也比以世界石油工业“创始者”自居的美国所常说的“世界第一口油井”（1859 年）早三百多年，比它的深度（21.69 米）大几十倍；比自称钻了“世界第一口采油井”的苏联（1848 年）也早得多。

我国从公元 220 年左右的汉末就开始开采天然气。此后

历代共钻井达数万口，开采了几百亿立方米的天然气，这在世界的历史上是很少先例的。

元代以后，由于封建制度的更加腐败和日趋没落，特别是近百年来，帝国主义的侵略和掠夺，造成我国的社会生产力长期停滞不前，石油工业更是奄奄一息、濒于绝境。全国解放前的42年（1907—1949）间，总共生产的石油只有二百多万吨。对于我国广大国土的石油资源，基本上没有开展调查研究，情况不明，而由外国资产阶级学者说出来的所谓“中国贫油论”，却在某些人的头脑中形成了长期的桎梏。

全国解放后，在党中央和人民政府的领导下，我国古老的石油工业开始获得了新生。六十年代初期，苏联妄图用完全中断石油供应的办法来控制我国。在这紧要关头，新中国石油战线和地质战线的广大职工挺身而出，发扬了艰苦奋斗、自力更生的革命精神，战天斗地，一举拿下了举世闻名的大庆油田，甩掉了我国石油工业落后的帽子，从理论上和实践上宣告了“中国贫油论”的破产。1963年，我国向全世界庄严宣布：“我国需要的石油，过去绝大部分依靠进口，现在已经可以基本自给了。”我国使用“洋油”的时代已经一去不复返了。全国解放以来进行的大量普查和勘探工作，表明我国的石油、天然气资源极为丰富，油、气矿藏的分布范围极为广泛。继大庆之后，新的陆地和海洋油田在全国各地接连出现，我国石油战线呈现出一派喜人的好形势。我国生产的石油自给有余，出口量不断增加。党中央为高速度发展我国的石油工业描绘了宏伟的蓝图，它作为实现我国“四个现代化”宏伟规划中的一个重

要组成部分，正激励着石油战线上的广大职工振奋精神、努力向前。

(二) 丰富的海洋油、气资源

海洋的面积占地球表面总面积的71%。在如此广大的海底之下，是否也象陆地一样，埋藏着种种宝贵的矿藏？这是一个很久以来人们所关注的问题。但是限于当时人类征服自然的能力，面对波涛汹涌、瞬息万变而又深不可测的大海，只有“望洋兴叹”而已。

现在人们已经知道，在海底之下确实埋藏有丰富的矿产资源，其中特别是有着现代工业生产迫切需要的石油和天然气，而且蕴藏量非常之大。在科学技术高度发达的今天，征服海洋，打开海底宝库，向海洋要石油，已经不再是力所不及的奢望了。

从海底开采石油和天然气，是从本世纪初开始的，但那时只是开采从海岸直接向浅海中延伸的油、气矿藏的一种尝试而已。直到二十年代以后，也只有少数几个国家在离岸不远的海中进行钻探、采油。第二次世界大战后，尤其是进入六十年代以后，勘探、开发海底石油和天然气受到了普遍的重视，发展速度大为提高，海洋石油工业已经形成一个崭新的工业部门。到七十年代初，世界上进行海洋油、气勘探、开发的国家已有七十多个，海上钻井数量成倍增长。譬如，从1960年至1969年的十年内，海上钻井约为11,000口，而1973年

一年内,就钻井 3,567 口。与开始阶段只限于近岸浅海的情况相比,目前已经实现了在水深 6,000 米条件下钻井、在 260 米水深的海域开采海底的石油和天然气了。

世界上进行海底石油、天然气开发较早的地区有:马拉开波湖、墨西哥湾、波斯湾和里海等。近年来开始进行勘探与开发的,除我国沿海之外,还有东南亚海区、澳大利亚海区、西非海区 and 欧洲北海等。

近 20 多年来,海洋石油、天然气产量迅速增长,在世界石油、天然气总产量中所占比例逐年增高。预计到 1980 年,世界海洋油、气产量可达 10 亿吨,约占当时世界油、气总产量的 30~40%;到 2000 年,可能达到世界总产量的一半(表 1)。从远景来看,在全世界海洋的大陆架范围内,有希望的沉积盆地中,石油贮量估计为 2,500 亿吨,大约是 1971 年全世界已探明的陆地石油总贮量的两倍。如果把大陆架以外的海底石油也计算在内,还要比这个数字大许多。有人推测,世界陆地上的石油贮量可供今后 30 年之用,而如果把海底石油全部开

表 1 世界海洋石油、天然气产量增长情况

年 份	海洋油、气产量(亿吨)	海洋油、气产量占世界总产量的比例(%)
1950	0.40	7.4
1960	1.94	11.0
1970	3.92	16.7
1975	4.13	15.7
1980	10.00(预计)	30~40(预计)
2000		50(预计)

发,按目前的消耗量计算,则可供使用 270 年。可见海底的石油、天然气资源是多么丰富。

伴随着世界海洋石油工业发展的历史,存在着十分尖锐的斗争。属于第三世界国家的广阔海域,蕴藏着十分丰富的油、气资源,而且大都占有重要的战略位置,但多为经济大国所开发和控制。据统计,第三世界每年石油产量占全世界总产量的一半以上,而消耗量却只占全世界总消耗量的 16 %。近年来,有的产油国开始建立了自己的石油公司,以限制外国石油公司的开采量;有的则把外国石油公司收归国有。

我国的海底石油资源极为丰富。我国的海岸线长,海域辽阔,大陆架非常宽广,下面有着巨厚的沉积地层,是世界上少有的海底“油库”之一。

辽阔富饶的渤海、黄海、东海沿岸的大陆架地区,是我国大陆领土的自然延伸,其海底的油、气资源是我国自然资源的组成部分。和我国的神圣领土台湾一样,位于台湾东北的钓鱼岛、黄尾屿、赤尾屿、南小岛、北小岛等岛屿,自古以来就是我国的领土,早在明代,这些岛屿就已在我国的海防区域之内。在浩瀚无际的南海,散布着东沙、西沙、中沙和南沙诸群岛,犹如颗颗宝珠镶嵌在南海的碧波之上。早在两千多年前,我国劳动人民就航行于南海的波涛之中,并且最早发现了南海诸岛。经过历代持续地开发,使这些宝岛成为我国壮丽河山不可分割的组成部分。

我国进行海底石油资源的勘探与开发,开始于六十年代中期。十多年来,在掌握海洋环境规律、摸清海底石油矿藏的

分布和建设海洋石油技术队伍等方面，取得了十分显著的成绩。我国的海洋石油工业前景十分广阔，它正朝着建设“海上大庆”的宏伟目标阔步前进。

(三) 海洋石油勘探开发的特点

勘探、开发海底的石油和天然气，就是要在茫茫大海里进行整个的石油生产活动，就是要以大海为“家”，建立起庞大而持久的海上石油生产系统。因而便提出了海洋石油工业中的一个基本的课题，就是要采用现代技术，妥善解决由于复杂多变的海洋环境给石油生产带来的、与陆上迥然不同的一系列技术问题。这些问题主要包括：

1. 要摸透大海的“脾气”，掌握各种海洋条件的特性和变化规律。只有对海洋环境做到“心中有数”，才能有针对性地采取有效的技术措施，确定合理可靠的勘探开发方案，真正做到征服大海，使海洋石油生产立于“不败之地”。

2. 要“冲破”巨大的海水层的阻隔。海底表面被一层很深的、动荡不停的海水覆盖着，怎样才能“冲破”海水的阻隔而直接对海底进行勘察、钻井、采油？怎样在那漫无边际、没有任何标记可寻的海面上准确地确定方位？怎样才能使石油生产系统不受海水运动的影响而保持正常工作？在海底作业时又怎样克服巨大的水压（可能达到几十个甚至几百个大气压力）的作用？这些都是必须解决的重要技术课题。

3. 要能经受住大海的“袭击”。海洋的动力作用非常强

烈,诸如狂风、巨浪的吹打,海流的冲刷,海冰的撞击,以及地震、海啸的作用等等,这些威力巨大的自然力是必须认真对付的。海上的石油生产系统必须能够抵抗它们的“袭击”,做到“风吹浪打不动摇”。

除此之外,海水和某些海中生物还会对钢材或其它材料进行“无声无息”但后果严重的腐蚀,也必须认真对待。

4. 要最大限度地提高海上石油生产系统的技术经济效益。从海底生产一吨石油,成本一般相当于陆上的3倍以上,同时生产场地远离陆地后方,气候复杂、环境多变,所以必须尽量采用适应能力强、生产效率高的技术装备,无论对于海上施工、生产管理、交通联络、安全防护等各方面,都应当尽量实现自动化。

5. 要防止海洋污染。海洋的石油污染,后果十分严重,而且由于风浪、海流的运动,会使污染的影响范围迅速扩展。所以必须采取可靠的防污染措施。一旦污染发生,要有立即回收和防止污染范围扩大的技术能力。

6. 要设计和建造各种类型的海洋工程建筑物。实现海上石油的勘探、开发,需要借助于各种专门的海上装备,这主要是指各种类型的海洋工程建筑物。海洋工程建筑物的作用就是要在复杂的海洋环境中,为石油生产的各个环节提供正常的生产条件,并且成为整个海上石油生产系统中的重要组成部分。专门研究各种海洋工程建筑物的工作性能、合理型式以及它们的设计、建造方法,是随着海洋开发事业发展而出现的一门新的技术科学。

在海上石油勘探、开发中使用的各种海洋工程建筑物见表 2。

表 2 在海上石油勘探、开发中使用的各种海洋工程建筑物

类 别	结 构 型 式	用 途
活动式钻井平台	沉 浮 式 自 升 式 半 潜 式	钻 探 井
固定式钻采平台	桩 式 重 力 式	钻生产井、采油、集油等； 重力式平台有时兼用来贮油
海 中 贮 油 罐	浮 式 固 定 式	贮 存 原 油
海 底 管 线	—	输送原油或天然气
油轮系泊装置	浮 式 ^(单浮筒式) 固定式 ^(多浮筒式)	供油轮系泊和装油

应当看到,海洋石油勘探与开发同陆地上相比,也有着许多有利的条件。譬如,由于地质构造上的原因,大陆架范围的油、气矿藏大都具有油层厚度较大、埋深较小、岩性单一完整、油层能量大等优点,所以海上油井一般产量高而稳定,宜于实现稀井高产的要求,同时多数的海底岩层比较疏松、利于钻进,这些对于提高海上石油生产效率、降低成本都是有利的。又如,在海上进行地球物理勘探使用飞机或物探船,由于不象陆地常受地形地物的影响,所以勘探速度比陆上快、效率高。

第二章 海洋环境

(一) 辽阔的海洋

浩瀚的大海，一望无边，时而风平浪静，碧波荡漾；时而宏波涌起，白浪滔天；时而水位低落，露出大片沙滩；时而水位上涨，一直冲到岸边。海洋在永不停息地运动，无时无刻不在变化之中。

面对无边无际的大海，人们不禁要问：海洋究竟有多大？多深？我国邻近哪些海洋？它们的自然条件怎样？

打开地图，一眼就可看出世界上海洋的面积比陆地大得多。在整个地球表面海洋约为陆地面积的两倍半，共有三亿六千万平方公里，陆地不过是海洋中的“岛屿”。陆地的平均高度为八百四十米，海洋的平均深度为三千八百米，如果用陆地把海洋填平，地球表面将全部被二千四百米的海水所淹没。

根据地理位置和水文特征的不同，可以把海洋分为主要部分与附属部分，前者称为“洋”，后者称为“海”。洋，指远离陆地，本身有独立的水文系统，上空有独立的气流系统，彼此连通，幅员广阔的海域。大洋的面积约占整个海洋面积的90%，深度一般在二、三千米以上。大洋的水文要素因不受大