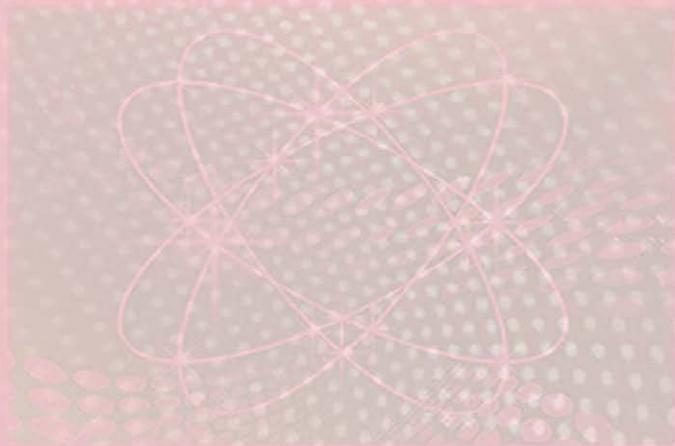


走进科学——海洋世界丛书

人类对海洋的开发





前 言

纵览世界地图，人们就会发现：地球的表面大部分都被蔚蓝色海洋所覆盖，而人类赖以生存的陆地，所占面积还不到地球表面积的 1/3。海洋调节了地球的气候，为各种生物提供了比陆地大得多的生存与发展空间。海水中溶解有数以万亿吨计的无机盐和矿物质，海底还蕴藏着数量极为可观的石油、天然气、天然气水合物、多金属结核、磷钙石以及多种贵金属矿藏。海洋中的矿产资源无论是种类还是数量都远远超过陆地的。此外，海洋还可以为人类提供丰富的水产品、巨大的海上运输潜力、可开发利用数万年的淡水资源，以及取之不尽的波浪能、潮汐能、热能等等，海洋与人类的关系已变得越来越密不可分。随着地球上人口数量的不断增加，陆地上可供人们开发利用的食物资源、淡水资源和矿产资源等都在逐年减少，这就迫使人类不得不把资源开发的注意力转向海洋。人类未来的食物、生活用水、矿产、能源等都需要向海洋索取。

人类的生存和发展，始终与自然资源密切相关。随着科学技术的进步，人类对自然资源的认识和开发利用的程度逐渐加深。从古到今，人类对自然资源的认识和开发利用，由单一地面转向地面地下兼顾，由单一陆地转向陆海兼顾。由于陆地自然资源的开发利用历史较长，陆地自然资源储量逐渐减少，甚至面临枯竭的危机，再加上陆地都明确地属于某一主权国家，使陆地资源利用有限。而海洋资源开发利用历史短、程度低，资源储量动用少，特别是国际公海的国际共有性，使海洋资源越来越成为研究和开发利用的重点。有人称 21 世纪为“海洋世纪”，美国声称谁控制了海

前

言



洋，谁就能称霸世界，谁就能获得最大的经济利益。正因如此，许多发达国家投入巨资，组织实施了与海洋资源调查、研究和开发利用相关的研究计划，以获得开发利用海洋资源的优势。

2000 多万年前，在人类诞生时，地球这颗行星已经为人类创造了充足的生存条件——陆地、海洋、空气、还有森林。然而，地球上的资源不是无限的，人们已经预计到，在不远的将来，陆地资源也会耗尽。于是，为了生存，人类借助发射卫星、飞船、载人航天飞机和建立空间站等，去寻找有空气、有海洋、有淡水、有生命的第二生存空间。然而，数十年过去了，尚无结果。

随着时代的进步，人类会变得更聪明理智，面对现实，向大海探索，开发新的生存空间。海洋的面积是大陆面积的 2 倍多，具有广阔的水下空间，是人类生存和居住的理想场所；海洋中有丰富的鱼类、贝类和藻类，是人类未来的主要食物来源；浩瀚无际的海水、神秘莫测的海底、水际滩头、近海岸边，到处都蕴藏着无穷无尽的宝贵资源。人们有理由相信，海洋是人类赖以生存的第二空间。人类将重返海洋，开发海洋、建设海洋。

海洋，人类共同的遗产，人类未来的希望。

让我们认识海洋、利用海洋、保护海洋，共同托起蓝色的希望。





- 79 海上城市
- 80 人工岛
- 82 海底实验室与海底房屋
- 83 海上工厂、机场
- 85 海底隧道
- 85 海底大动脉
- 88 海上卫星发射场

海水资源的开发

- 91 海水
- 92 海水化学资源开发技术
- 93 海水淡化技术
- 96 电渗析法
- 97 海水制盐
- 98 海水制溴
- 99 海水提镁
- 99 海水提铀

海洋生物资源开发

- 100 海洋水产资源
- 101 浮游生物资源
- 102 海洋微生物资源
- 102 药物资源
- 103 海洋生物
- 105 海洋动物
- 105 海藻
- 107 海洋生物资源的经济利用

海洋渔业资源开发

- 109 渔业资源捕捞技术
- 110 海洋鱼类生态遥测

- 112 探鱼技术
- 116 海洋养殖
- 116 网箱养鱼
- 117 工厂化养鱼
- 117 港养和池养

海洋油气资源开发

- 118 海洋石油资源开发利用
- 119 海洋石油开发
- 126 海洋石油的生成
- 130 地球物理勘探
- 133 钻探
- 137 半潜式钻井平台
- 139 海洋石油开发采油方法
- 140 采油的主要设备
- 142 储运技术

海洋矿产资源开发

- 144 海底矿产资源开发利用
- 145 海底矿产资源勘探
- 150 海滨砂矿
- 152 大陆矿产资源开采
- 153 海洋矿产资源开发
- 156 锡矿
- 161 深海奇珍锰结核

海洋蓝色农牧业开发

- 163 海洋种植工业
- 164 海洋捕捞
- 165 海洋渔场
- 167 海洋牧场



169 海苗种基地
170 海洋牧场的放养
171 南极磷虾

海洋药业开发

174 海洋药库
181 海洋“血浆”
182 海洋生物的药物用
186 海洋生物活性物质
188 海洋生物活性物质的特点
及开发海洋生物活性物质

的意义

海洋工程开发

190 海洋工程
192 滨海核电站
194 海底光缆、电缆
195 水下考古
196 人工岛
198 海上城市——棕榈岛
198 围海造地
200 海底旅馆



海洋开发与第三次浪潮

第三次浪潮

西方有一位著名的未来学家，名叫托夫勒。1980年，他撰写的《第三次浪潮》出版后立即畅销于世，被翻译成50多种文字。在该书（中文版）的第16页上，托夫勒写道：“有四组相互关联的工业群将成为第三次浪潮的工业骨干：电子工业、宇航工业、海洋工程、遗传工程。经济、社会和政治力量的结构将随之发生巨大的变化。”

托夫勒的预言正一天天地变为现实，海洋工程在当今世界经济发展中正扮演着越来越重要的角色。环顾世界，全球发达国家都已制定了庞大的海洋发展计划，力图拥有海洋高新技术，以备在未来的



海洋石油941自升式系列钻井平台

海洋资源争夺战中捷足先登。在世界经济迅猛发展的今天，人类正加速向海洋进军的步伐。今天，世界上60多亿跨入21世纪的人们，对新的世纪充满憧憬。然而21世纪将是一个怎样的世纪呢？人们确信：那将是一个

海洋开发与第三次浪潮

.....



无限美好的时代，人类将生活在一个崭新的天地，科学技术将更加发达，物质生活也将更加丰富。本书要告诉大家的是：21世纪是海洋的世纪，21世纪的海洋将以崭新的面貌造福于人类。

据报道：2000年世界海洋经济的年总产值为2万亿美元。这表明，海洋经济在世界经济中举足轻重。到21世纪末，海洋经济将与陆地经济的产值旗鼓相当。近年来，我国海洋经济迅猛发展，全国主要海洋产业的总产值从1978年的60多亿元，跃升到2005年的近1.7万亿元，对国内生产总值的贡献率达到4%。目前世界上一些发达国家的海洋产业已经超过20个。我国现有海洋产业12个，分别为海洋水产、海洋石油和天然气、海滨砂矿、海洋盐业、海洋化工、海洋生物制药和保健品、海洋电力和海水淡化、沿海造船、海洋工程建筑、海洋交通运输、沿海旅游、海洋信息服务。我国的海洋经济正在迅速崛起，以赶超世界海洋经济前进的步伐。

在诸多的海洋产业中，海洋石油和天然气名列前茅，成为海洋经济中最为重要的产业。自20世纪的七八十年代以来，海洋石油和天然气的开发得到了长足的进展，其产值已经达到世界海洋经济产值的70%左右。

美国的石油和天然气资源三分之一在浅海。目前，美国是世界上最大的海洋石油和天然气生产国。1987年，美国海洋石油和天然气的产值达到260亿美元，相当于2000多亿元人民币。

我国的海洋石油和天然气的储量也十分可观。就海洋石油开发的潜力而言，中国是一个海洋石油开发的潜在大国。有人说，我国近海的石油地质储量有90~140亿吨，深海的石油地质储量约74亿吨，特别是南中国海的石油储量极大。有的专家认为，在南中国海，蕴藏着的海洋石油约200亿吨，相当于波斯湾的石油储量。中国的海洋石油前景是光明的。昔日我国海洋石油和天然气的开发主要在浅海，今后，在继续开发浅海石油和天然气的同时，将逐步走向深海。走向深海是世界海洋石油和天然气开发的总趋势。



走进深海

本书的书名为《人类对海洋的开发》，那么，如何界定深海呢？几十年前，有人在一本海洋工程的著作中明确指出：“所谓深海，系指大于 90 米水深的海域总称。”然而，随着海洋开发逐年向深海发展，这一定义也在不断变化。后来，人们将深海界定为大于 200 米水深。之所以取 200 米水深作为深海与浅海的分水岭，是因为 200 米水深在大陆架的边缘。1998 年，深海的界定再度向更深的海域扩展，从 200 米扩展为 300 米。而现在的海洋工程界视 500 米为深海的界限，即大于 500 米水深的就是深海。由此可见，随着海洋开发向深海发展，深海的界定标准也在与时俱进，不断刷新。

据统计，深海油气田的平均产量明显高于浅海油气田。尽管深海勘探钻井比大陆架和陆上钻井的总费用支出高，但是在深水区域能获得更多的油气储量，因此从总体上计算，平均单位成本并不高。



南油码头

目前世界上浅海油气田的总储量仍占主导地位，这主要是与中东一些巨型油田所占的比重有关。未来油气田的平均储量规模将随水深（500～1500 米）而大幅增加。超过 1000 米水深的油气田的平均储量规模将是浅水区域的两倍以上。

近年来，水深在 1000 米以上的勘探活动明显增加。2001 年，世界各国共修建了 130 多口水深超过 1000 米的勘探井。1998 年以来，水深超过 1500 米的深海勘探成为发展最快的领域。而最近 10 年，油气生产已到达





3000 米深的水域。

追溯世界海洋石油开发的历史，我们将会发现，美国是世界上建造海洋石油平台最早的国家。1947 年，在墨西哥湾 20 英尺（7 米左右）水深处，美国建造了世界上第一个固定式钢质海洋石油平台。几十年来，固定式海洋平台的水深逐年增加。国外有人做过统计，大约每隔 8 年，固定式海洋平台的作业水深就会增加一倍。在 20 世纪 70 年代，大多数浅海平台的水深在 90 米以内，绝大多数海洋平台是导管架平台。随着海洋石油开发逐年向深海发展，深海石油平台应运而生。深海石油平台大都采用浮式系统，即是一个漂浮在水面上的海洋结构物。浮式系统的种类很多，它的上体，一部分在水面下，另一部分漂浮在水面上。

人类对海洋的开发

海洋是人类生命的摇篮，生命从海洋走向陆地，而世界石油能源开发的历史，却反其道而行之，它是一部从陆地走向海洋的历史。石油能源的开发始于陆地，继而在沿海开发海洋石油，而后逐年向深海发展，离陆地越来越远。从大陆坡走向深海，海洋石油平台的作业水深也逐年加大。从某种角度来看，人类的发展史是一个不断扩展自己生存和活动空间的历史，人类不甘心于自己狭小的生存和活动空间，于是便以不懈的努力去扩大，上天下海就是人类这种欲望的具体表现。今天人类已经飞上了蓝天，进入了深海。海洋的深度是有限的，而人类上天入海，拓展空间的决心是无限的，走进深海大洋是历史的必然。

1977 年在美国得克萨斯大学海洋科学院举行的国际会议上，90 多名著名的地质与地球物理学家一致认为：大陆坡、大陆隆的海洋石油储量，等于或者超过大陆架的石油储量。这一观点表明，深海孕育着丰富的石油和天然气，这将推动深海石油开发的进一步发展研究。

如今，一些海外石油公司的老板都已把目光投向深海石油开发。托夫勒在其力作《第三次浪潮》中生动地描述了深海石油开发的场景，他引用了著名经济学家莱比捷格的一句话：“今天很多大公司犹如当年美国西部分得了耕地的移民，正排着长队等着一声令下，就向大海域竖起第一个标桩。”



什么是海洋工程

凡是在海洋环境条件下，以开发和利用海洋资源或用于军事目的的工程，皆可称为海洋工程。海洋工程包罗万象，诸如海洋石油平台、海浪发电、潮汐发电、海上机场、人工海上防波堤、消波岸、海底粮仓、海上城市、海洋机器人、海底锰结核开发、海上导弹发射基地、海底隧道、海洋工作站、深潜器等。海洋工程既是一门独立的学科，又是一门与多种学科密切相关的学科。它不仅与船舶工程、海洋学、气象学、水利工程、土木工程、航海工程等有关，还与机械工程、材料工程、电子工程、生物工程、地质工程、化学工程、数学、力学、仪表、环保、计算机技术等关系密切。因此，国外一直将海洋工程称之为与航天工程、核工程并列的第三门大型综合学科。

海洋工程是随着人类对海洋资源的渴望而产生的，一系列海洋结构物相继问世，有的用于海洋石油开发，有的用于海底粮食存储，有的用于海底锰结核开发，还有海洋波浪发电、海底隧道、海上城市、海上导弹发射基地等等。海洋结构物尽管种类繁多，其建造目的不外乎三个方面：一是海洋资源开发；二是海洋空间利用；三是军事利用。



我国海洋工程发展迅猛

海洋开发与第三次浪潮
.....



20多年前，中国老一辈科学家们提出了一份名为《钱学森等呼吁立即组织海洋工程的研究与开发工作》的呼吁书，这篇文章的序言说：“近一个世纪以来，由于航海业的需要，产生了航海工程，接着人们开发了铁路，产生并发展了大规模的铁路工程。而后，人们飞上了蓝天，又带来航空工程的蓬勃发展。这些由人们认识自然、改造自然所形成的一系列工程开发，今天已成为庞大的产业部门，为社会发展做出了卓越贡献。40年代初，人类开始向原子进军，由此而产生的核工程和核技术已被人们称为划时代的标志。50年代末，人类开始了太空探险，至今航天工程仍方兴未艾，一个空间产业部门正在形成。而70年代以来，一个新兴的、具有重大意义的工程部门正在兴起，这就是海洋工程。”

这份呼吁书是我国著名科学家钱学森等人在1983年提出的。就在这份呼吁书提出的三年前，中国船舶科学研究中心前所长顾懋祥院士已经组织人力，开始了我国海洋工程的研究工作。当时确立的国家科技攻关项目是“单点系泊系统开发研究”和“深海张力腿平台发展研究”。我国较大规模的海洋工程研究就是从那时起步的。

人类对海洋的开发

形形色色的海洋结构物

在人类栖息生存的大地上，屹立着形形色色的建筑物，有摩天大厦、埃菲尔铁塔、金字塔、古代宫殿，还有那旷世杰作万里长城……这形形色色的结构物装点着我们赖以生存的世界，令我们赞叹，令我们骄傲。

然而，人类生存的大地仅占地球表面积不足三分之一，浩瀚的大海包围着陆地。在如此浩瀚的大海上，人类经历了若干世纪却没有留下什么像样的杰作，有的只是人们的想象和传说，比如说，在那茫茫的大海下面有一座金碧辉煌的水晶宫。

半个世纪以来，人类打破了海洋的沉寂，走进了海洋。随着海洋开发的迅猛发展，人类建造的形形色色的海洋结构物坐落在全球各个海域，有



的酷似高楼大厦，有的犹如巨大的球体；有的狭长，有的短粗；有的运动在海底，有的漂浮在洋面，它们为大海增添了无限魅力。

近一个世纪以来，能源已成为各国经济中举足轻重的产业，海洋石油的开发更被各国关注，于是千姿百态的海洋石油平台屹立在海上。

海洋平台的种类繁多，形状各异。

海洋平台按安装的方式分类，可分成两类：一类是固定式平台；另一类是非固定的浮式平台。导管架平台是典型的固定式平台；半潜平台则是典型的浮式平台。

固定式平台，就是固定在海洋中的海洋平台，诸如重力式平台、导管架平台。导管架平台是借助于打桩来实现这一目标的。中国的渤海湾有许多大大小小的固定式平台，用得最多的当属导管架平台。导管架平台的腿又叫桩，桩的主要用途是支撑平台的上体。桩的下半部分要打入土壤中。桩的入土深度与很多因素有关，诸如平台设置的水深，设置平台海区的风、浪、流等环境条件，海底的土壤状况等等。海底的土壤往往分很多层，每一层的土质结构不同，有的是黏土，有的是亚黏土，还有的是细粉砂。平台的桩就插入这些土层，恰似一棵大树。要想大树永



“勘探三号”半潜式钻井平台的施工现场





远不倒，树根至关重要，如果树根扎得很深，土壤也很粘，当大风袭击时，树就能岿然不动。导管架平台的桩入土深度是十分重要的，入土过深，自然是一种浪费；入土过浅，则可能使平台无法抗击风浪。因此导管架平台设计师们在设计一座导管架平台时，首先要考虑设置平台处的海浪大小，还要考虑设置平台处海域土质的优劣。一般先要从海底取样，然后对土壤的力学特性进行分析计算，同时参考设计者和他人的经验，最后确定打桩的深度。

重力式平台，顾名思义，是靠自身的重力坐落在海底的平台。它的好处是无须打桩，完全靠自身的重量稳坐在海洋中。

无论是导管架平台还是重力式平台，它们都有一个共同的弱点，那就是在深海难以使用，它们都属于浅海石油平台。

人类对海洋的开发



半潜式钻井船

海洋平台按建造的材料来分类，可分为混凝土平台、木质平台、钢结构平台，此外，还有人设想借助冰来建造海洋平台。木质平台是人类开采海洋石油最原始、最古老的平台，也是最经济、最简单的海洋平台。木质平

台在人类海洋石油开发的早期，曾得到过广泛的应用，特别是在美国的墨西哥湾近岸的海洋石油开发中应用得最广。随着人类对海洋石油的开发逐年走向深海，木质平台逐渐从海洋平台的大家庭中退出，取而代之的是混凝土平台或钢质平台。混凝土重力式平台曾得到广泛的应用，因为混凝土平台的造价低，可以在岸上施工和制造后，再拖运到海上。除



了纯混凝土平台、钢质平台外，还有用混凝土和钢一起制造的混合式平台。此外，有报道称，在 21 世纪，利用塑料来制造海洋结构物的各种构件将不再是幻想，新型塑料制品将逐步走进深海大洋，以取代现有的各种钢铁构件。

海洋平台按使用的用途分类，可以分为生活平台、钻井平台、采油平台、处理平台等。

生活平台是工作人员的海上公寓，一般为几层楼，可供数十人或数百人起居生活。平台上设有各种生活及娱乐场所，还设有通信中心，借助于通信卫星或无线电系统与总部取得联系。一般来说，在平台上还设有直升机的停机坪，运送物资和人员的飞机频频在这里起飞或降落。生活平台也可以借助人行栈桥与处理平台相连。钻井平台主要用于海底钻井。采油平台也可以称为生产平台，主要用于采集海底的石油和天然气。鉴于海底石油与天然气是孪生兄弟，它们会同时出现，所以采集到的石油还必须进行油和气的分离，处理平台的主要任务就是对这些油气进行分离、脱水，最终获得原油与天然气。有人说，海洋石油平台甲板上有一座化工厂，真是恰如其分。

张力腿平台

最早的海洋平台全是固定式平台，其中采用最多的是导管架平台。随着较深海域的石油和天然气被不断发现，人们迫切地希望到深海去开采石油。然而导管架平台进入深海遇到了两个难以逾越的问题：

一是导管架平台的造价随着水深的增加呈指数增加，水深若加大一倍，导管架平台的造价就要提高数倍。

有人做过计算，当水深达到 120 米时，导管架平台和浮式系统的造价几乎相等；水深大于 120 米后，越深，浮式系统比导管架平台的造价越低，水深 400 米左右时，浮式系统的造价几乎只有导管架平台造价的



TLP (张力腿平台)

一半。

二是浅海打桩比较容易，深海打桩难上加难。

就在人们进军深海举步维艰之时，张力腿平台应运而生。张力腿平台简称为 TLP (Tension Leg Platform 的缩写)，它是浮式系统的一种。

半个多世纪前的 1954 年，美国人麦许 (Marsh) 第一个提出了张力腿平台的概念，他设想

将一些细长的钢缆，一端连在一个浮在水面的大型结构物上，另一端则固定在海底，让钢缆处于绷紧的状态，这样一来，整个结构物恰似一座倒挂的钟，钟摆便是漂浮在水面上的大型浮体，在风、浪、流的作用下，浮体像钟摆一样，在海面上摆动。当时，麦许的想法并没有引起太多人的注意，然而随着海洋石油开发的发展，特别是深海油田的不断被发现，如果继续用传统的固定式海洋平台结构，就必须将长达数百米乃至上千米的立柱式桩基打入土壤，显然，这是难以实现的。此外，从经济上来说，在深海设置固定式平台，造价惊人。于是，人们开始把目光投向麦许的设想，在 30 多年的时间里，世界各国对这个设想竞相研究，为张力腿平台的诞生积累了宝贵的经验，做好了充分的准备。张力腿平台的研制可以分为三个时期：



(1) 1954 年~1966 年

在此 13 年间，主要是美国对张力腿平台进行了一系列研究，这时期的研究属于基本原理探索阶段。

一些专家学者和海洋工程工程师对张力腿平台的总体方案以及腿与平台的联结方式相继提出了不同的方案。例如，有人提出，腿和浮体的联结应采用斜拉式，即将平台长达数百米的钢管腿一端连在浮体立柱下端，而另一端呈一定斜角固定在海底；有的人认为钢管腿的一端应该连在浮体大立柱的下边，另一端则应垂直地联结到海底；还有人认为应该采用上述两种方式（斜拉和垂直拉）相结合的方式。经过多年的研究和论证，第一座张力腿平台还是采用了垂直系泊的方式。

(2) 1967 年~1975 年

这一阶段历时 9 年。在此期间，DOT 公司（Deep Oil Technology Inc）从理论与试验两个方面进行了张力腿平台发展的研究。1974 年，美国人在恺撒（Kaiser）造船厂制造了一座 650 吨的张力腿平台中间体，次年在加利福尼亚附近的 60 米水深处进行了试验，试验颇为成功。当时，除了对张力腿



自升式钻井平台

平台的总体进行分析研究外，人们还对张力腿平台的海底连接、张力腿平