

[美] 罗伯特·E·兰德尔 著
杨 樾 包丛喜 译

海洋工程基础

ELEMENTS OF OCEAN ENGINEERING



上海交通大学出版社

海洋工程基础

ELEMENTS OF OCEAN ENGINEERING

[美] 罗伯特·E·兰德尔 著

杨 樵 包丛喜 译

上海交通大学出版社

Original American Edition:

Robert E. Randall: Elements of Ocean Engineering

Published by The Society of Naval Architects and Marine Engineers

601 Pavonia Avenue, Jersey City, NJ 07306, USA

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced without permission of the Society.

图书在版编目(CIP)数据

海洋工程基础/(美)兰德尔(Randall, R. E.)著;
杨 樵 包丛喜 译. —上海:上海交通大学出版社, 2002

ISBN 7-313-02728-1

I. 海… II. ①兰…②杨…③包… III. 海洋
工程 IV. P75

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 043136 号

海洋工程基础

兰德尔 著

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:张天蔚

上海交通大学印刷厂印刷 全国新华书店经销

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:18.5 字数:452 千字

2002 年 1 月第 1 版 2002 年 1 月第 1 次印刷

印数:1~2050

ISBN 7-313-02728-1/P·03 定价:33.00 元

版权所有 侵权必究

著者的话

《海洋工程基础》著者罗伯特·E·兰德尔(Robert E. Randall)为该书中译本的出版写了几句话:

I am delighted that the Shanghai Jiao Tong University Press in the People's Republic of China has decided to publish a Chinese edition of the textbook "Elements of Ocean Engineering". This Chinese edition will hopefully contribute to the education of Ocean Engineers in China and at the renowned School of Naval Architecture and Ocean Engineering at the Shanghai Jiao Tong University.



非常高兴中华人民共和国上海交通大学出版社决定出版拙著《海洋工程基础》的中文版。深盼该书的中译本能在中国,特别在著名的上海交通大学船舶与海洋工程学院对海洋工程师的教育中有所贡献。

罗伯特·E·兰德尔
美国 Texas A&M 大学教授

1999 年 4 月 2 日

译 者 的 话

海洋是人类生存环境中最重要的一部分。有志于成为船舶与海洋工程专业工程师的学子们有必要先对海洋工程有一个总的、较全面的了解。美国 Texas A&M 大学 Robert E. Randall 教授所著的《Elements of Ocean Engineering》一书,内容丰富全面,涵括了船舶、近海、海岸、水下工程和海洋探测等各个方面。该书取材新颖,叙述简明扼要。现在,经过大家的努力,该书的中译本《海洋工程基础》终于要和读者见面了。该书将作为船舶与海洋工程各专业的启蒙课程——船舶与海洋工程概论的教材,对有关专业人员也有一定的参考价值。

本书第 1,11 和 12 章由李蔚翻译,第 2,3 章和附录由何炎平翻译,第 4,5 章由董大栓翻译,第 6,7 章由包丛喜翻译,第 8,9,10 章由邓德衡翻译。全书由包丛喜统稿,由杨樾教授进行审校。

2001 年 2 月
于上海交通大学

前 言

本书可作为海洋工程专业学生第一门专业课程的教材,也是对海洋工程领域及其应用的综述。在此之前,学生应完成1~2年大学工程课程的学习,其中包括至少两学期的工程数学(微积分),一学期的工程物理(力学)和一学期的工程统计学。

尽管从人类第一次到海洋中探险时开始,工程师们就一直在从事这个领域的研究工作,但海洋工程学科直到20世纪60年代后期才发展起来,因为人类要开发海底资源,保护海岸线,保持和开挖航道及更好地了解海洋环境。与此同时,海洋工程这门课程开始在美国沿海岸线各州的大学内设立,一些长期研究海事方面的项目也改名为海洋工程。在其他国家也有类似的改名情况发生。近海工业、疏浚工业以及专门研究海岸和近海工程应用的咨询公司开始扩张到私营工业。国防工业则集中于研究水下防御和相关的海洋工程。

作者把海洋工程定义为在海洋环境中工程原理的应用。这些原理仅有30年的历史,并仍在不断的完善中。尽管许多第一代海洋工程师们已经完成了他们的历史使命,我们仍然必须面对“什么是海洋工程”这个问题。希望本书有助于阐明这方面的内容。

海洋工程是一个非常有趣且充满挑战性的领域,因为可供人类利用的海洋占地球面积的71%。海洋工程所提供的挑战性在于这一领域需要创新并解决以前从未尝试解决的问题。海洋工程师须要致力于发展这个巨大又充满困难和风险的领域。海洋资源虽然是丰富的,但海洋工程师仍须要引导其资源开发走上环境可接受的持续发展道路,保护好海洋环境。

目 录

第 1 章 海洋工程综述	1
背景	1
海洋工程教育机构与内容的设置	1
海洋工程发展简史	3
海洋工程应用领域	7
海洋工程师的服务单位	9
专业组织	10
期刊与杂志	10
会议	11
专业注册	11
海洋工程课程示例	12
参考文献	13
第 2 章 海洋环境	15
概况	15
海底	15
海水物理特征	16
海流	17
潮汐	20
海浪	22
海冰	33
参考文献	35
习题	37
第 3 章 近海结构物	39
引言	39
近海结构物种类	40
作用于近海结构物的波浪力	49
风和流的作用力	56
近海管系	57
绕射理论	61
海洋基础	62
参考文献	63

习题	65
第 4 章 海岸演变过程与海岸结构物	66
引言	66
海岸结构物	69
波浪的折射、绕射与反射	75
波浪上冲	80
波浪的预报和后报	80
泥沙输移和侵蚀	84
抛石结构物的设计	89
疏浚	90
参考文献	98
习题	100
第 5 章 材料与腐蚀	102
引言	102
海洋设施中应用的材料	102
海水腐蚀	110
参考文献	120
习题	121
第 6 章 浮体和潜(水下)体的水动力性能	122
术语	122
水静力学和稳性	125
阻力和推进	137
浮筒(标)系统	143
参考文献	151
习题	152
第 7 章 水下系统	155
引言	155
潜水和生命保障	155
压力容器	163
潜艇	165
遥控潜水器	170
常压潜水系统	174
水下居住舱和高压(氧氮)气室	177
用于水下应用的能源系统	181
参考文献	181

习题	183
第 8 章 水声学	185
引言	185
水声学基础	187
声纳方程	189
换能器和方向特性曲线	191
水声的产生	192
水下声音的传播	193
水声学原理的应用	197
参考文献	201
习题	202
第 9 章 海洋应用中的仪器	203
引言	203
温度	203
深度	204
盐度	206
多参数仪器	207
水流流速计	209
气象学	212
波浪和潮汐	213
海水采样器	215
沉积物采样器	215
海洋学绞车	218
水下释放设备	220
参考文献	220
第 10 章 物理模型试验	221
引言	221
量纲和单位	221
因次分析	222
模型试验	226
物理模型试验设备	229
参考文献	234
习题	235
第 11 章 环境、安全与道德	236
引言	236

海洋系统设计与安全.....	236
规范组织.....	237
环保法律.....	238
环境影响陈述.....	241
安全设备.....	241
道德与专业.....	242
参考文献.....	244
第 12 章 海洋工程设计	246
引言.....	246
设计过程.....	246
基础实例分析.....	249
参考文献.....	262
习题.....	263
附录 A 特性和换算	264
附录 B 术语	270
附录 C 偶数编号习题答案	281

第1章 海洋工程综述

背景

海洋工程是一门相对较新的学科,它的未来与人类利用自然能源和海底矿藏资源、提供食物来源、提供娱乐休闲活动、运输货物与人员、提供人类居住和安置设施的可替代空间,以及更好地了解海洋的作用过程和进一步发展工程概念,以保护陆地免受各种海洋气象条件侵扰,是紧密相关的。海洋工程可以定义为利用工程原理来分析、设计、发展和管理一些在水中环境,如海洋、湖泊、港湾和河流中运行的系统。这个定义与利用工程原理于在太空及上层大气层中运行的系统的航空航天工程相类似。

还有其他相关学科,如海岸工程、轮机工程、船舶工程、海军工程及近海工程也研究在海洋环境中运行的系统。海岸工程一般应用工程原理于在海岸运行的系统;轮机工程应用于船舶动力与机械系统;船舶工程指的是船体和推进系统的设计;而近海工程应用工程原理于比海岸更深水域的近海工程系统。应用工程原理于海军系统或舰船常称为海军工程。作者的观点是,海洋工程包含上述的各个领域。

由于海洋工程是相对较新的工程领域,对于工业领域中的工程技术人员和学校教学来说,直到现在才有一些经典的书籍和参考文献。已经出版的有关近海结构物领域的文献有 Graff (1981), Dawson (1983), Gerwick (1986), Mc Clelland 和 Reifel (1986), Patel (1989), Barltrop (1991) 和 Mather (1995) 的著作。与波浪力计算相关的有 Sarpkaya 和 Isaacson (1981) 及 Chakrabarti (1994) 的著作。水波理论方面有 Dean 和 Dalrymple (1984), Kinsman (1984) 和 Mei (1992) 的著作。海岸作用和保护方面有美国陆军工程兵团的海岸保护手册 (USACE 1984)。其他与海岸保护和海岸过程有关的有 Horikawa (1988), Ippen (1966), Fischer 等 (1979) 和 Wiegel (1965) 的著作。还有 Herbich (1990, 1992) 和 Meyers 等 (1969) 编写的海洋工程手册。水下系统可参考全国海洋大气研究中心潜水手册 (NOAA 1991), Allmendinger (1990) 和美国海军的潜水手册 (USN 1985)。Lewis (1988) 和 Berteaux (1991) 分别编写了船舶工程和浮标工程方面的书。

海洋工程教育机构与内容的设置

海洋工程的本科和研究生课程在美国沿海各州很多高校内得以发展。表 1-1 列出了它们的名称、地点、学位领域和学位类型。表 1-2 列出了美国以外的一些高校的情况。尽管以下列举的已相当全面,但不可避免仍有一些遗漏。

表 1-1 拥有海洋工程、船舶工程、轮机工程及相关学科的主要美国高等院校

学校名称	地点	学位领域	学位类型
California Maritime Academy	Vallejo, California	轮机工程	本科
California State Polytechnic University	Pomona, California	海洋工程选修科目	本科
Florida Atlantic University	Boca Raton, Florida	海洋工程	本科, 研究生
Florida Institute of Technology	Melbourne, Florida	海洋工程	本科, 研究生
Great Lakes Maritime		轮机工程	本科
Maine Maritime	Castine, Maine	轮机工程	本科
Massachusetts Institute of Technology	Cambridge, Massachusetts	海洋工程	本科, 研究生
Massachusetts Maritime	Cape Cod, Massachusetts	轮机工程	本科
Oregon State University	Corvallis, Oregon	海洋工程	研究生
State University of New York Maritime College	Fort Schuyler, New York	船舶工程与轮机工程	本科
Stevens Institute of Technology	Hoboken, New Jersey	海岸与海洋工程	研究生
Texas A&M University	College Station, Texas	海洋工程	本科, 研究生
	Galveston, Texas	海事系统工程与轮机工程	本科
University of California at Berkeley	Berkeley, California	船舶工程和近海工程	研究生
University of Delaware	Newark, Delaware	海岸工程	研究生
University of Florida	Gainesville, Florida	海岸和海洋学工程	研究生
University of Hawaii	Honolulu, Hawaii	海洋工程	研究生
University of Michigan	Ann Arbor, Michigan	船舶工程和轮机工程	本科, 研究生
University of New Hampshire	Durham, New Hampshire	海洋工程	研究生
University of New Orleans	New Orleans, Louisiana	船舶工程和轮机工程	本科, 研究生
University of Rhode Island	Kingston, Rhode Island	海洋工程	本科, 研究生
University of Washington	Seattle, Washington	海洋工程	研究生
US Coast Guard Academy	New London, Connecticut	船舶工程和轮机工程	本科
US Merchant Marine Academy	Kings Point, New York	轮机工程	本科
US Naval Academy	Annapolis, Maryland	海洋工程	本科
Virginia Polytechnic Institute	Blacksburg, Virginia	航空航天和海洋工程	本科, 研究生
Webb Institute of Naval Architecture	Glen Cove, New York	船舶工程和轮机工程	本科

表 1-2 拥有海洋工程及相关学科的美国以外的主要高等院校

学校名称	地点	学位领域	学位类型
Delft University of Technology	荷兰	海岸工程	本科, 研究生
University of Trondheim	挪威	海洋工程	本科, 研究生
大连理工大学	中国	海洋工程	本科, 研究生
Technical University of Denmark	丹麦	海洋工程	本科, 研究生
Memorial University of Newfoundland	纽芬兰	海洋工程	本科, 研究生
Cranfield Institute of Technology	英国	海洋工程	本科, 研究生
Seoul National University	韩国	船舶工程	本科, 研究生
上海交通大学	中国	船舶与海洋工程	本科, 研究生
University of Tokyo	日本	船舶工程	研究生
University of Buenos Aires	阿根廷	船舶工程	研究生
University of New South Wales	澳大利亚	船舶工程, 海岸工程	研究生
天津大学	中国	近海工程, 海岸工程	研究生
Technical University of Berlin	德国	海洋工程	研究生
University of Hamburg	德国	船舶工程	研究生
Ecole Nationale Super. de Tech. Avancees	法国	近海工程, 船舶工程	研究生
University College Cork	爱尔兰	海岸工程, 近海工程	研究生
Yokohama National University	日本	海洋工程, 船舶工程	研究生
Nihon University	日本	船舶工程	研究生
Kagoshima University	日本	海洋工程	研究生
Inha University	韩国	船舶工程	研究生
Royal Institute of Technology	瑞典	船舶工程	研究生
University of Glasgow	英国	海洋工程, 船舶工程	研究生
University College London	英国	海洋工程	研究生
University of Strathclyde	英国	海岸工程, 海事技术	研究生
University of Auckland	新西兰	海岸工程, 近海工程	研究生
India Institute of Technology	印度	船舶工程	本科, 研究生

海洋工程发展简史

尽管工程师们在 20 世纪初之前已开始从事海洋工程应用的工作, 但海洋工程学科一直到 20 世纪的 60 年代末和 70 年代初才出现于一些大学内。所以, 海洋工程教育相对来说是很新的领域。探索水下环境、发展近海石油及天然气工业、海岸保护和港口的扩展推动了海洋工程

的发展。美国海军的 J. Y. Cousteau 和 E. A. Link 是为勘探开发海洋资源提供了平台的水下居住舱(如 Sea Lab I ~ III, Conshelf 和 Hydrolab)和载人深潜器(如 Aluminaut, Ben Franklin, Deep Diver, Deep Submergence Rescue Vehicle, Deepstar, Johnson-Sea-Link I & II, Star I ~ III, 和 Trieste)的先驱者。一些石油公司如 Amoco, Arco, British Petroleum, Chevron, Conoco, Esso, Statoil, Mobil, Shell, Exxon 和 Texaco 等在近海油气领域的发展中做了大量的工作,如开发墨西哥湾、波斯湾及北海的油气资源。同时,应用海洋工程的机会也迅速增多。在中国、加拿大、巴西、非洲、比利时、印尼、墨西哥等国,近海工程也得到了长足的发展和进步。美国几个主要港口对航道进行了加深、加宽及货物装卸设备的现代化改装,如加利福尼亚州洛杉矶 2020 项目和得克萨斯州休斯顿市的休斯顿航道拓宽加深工程。港口的污染沉积产生了与港口维护疏浚和如何处理疏浚物有关的新的工程问题,这是为了保证船舶能够继续进入港口靠近设施所必须解决的问题。作为贸易和休闲娱乐中心的海岸线及港口的发展仍在继续扩展中。

海岸

海岸工程师们从一开始就着眼于保护海岸线和海滩免受侵蚀和洪水淹没。1950 年,美国为了保护海岸线成立了侵蚀海岸委员会。在全世界范围内开展的一个主要行动是填沙护滩,即在经受多年的侵蚀或剧烈风暴后,在海滩上填加原有的海滩物质。例如迈阿密(图 1-1)填沙护滩项目是保护陆地免受洪水淹没和波浪作用,提供休闲及保护有多种海洋生物栖生的湿地所必需的。许多人造海岸保护结构,如海堤、防波堤、岸壁、丁坝、折流坝等保护了海岸线。

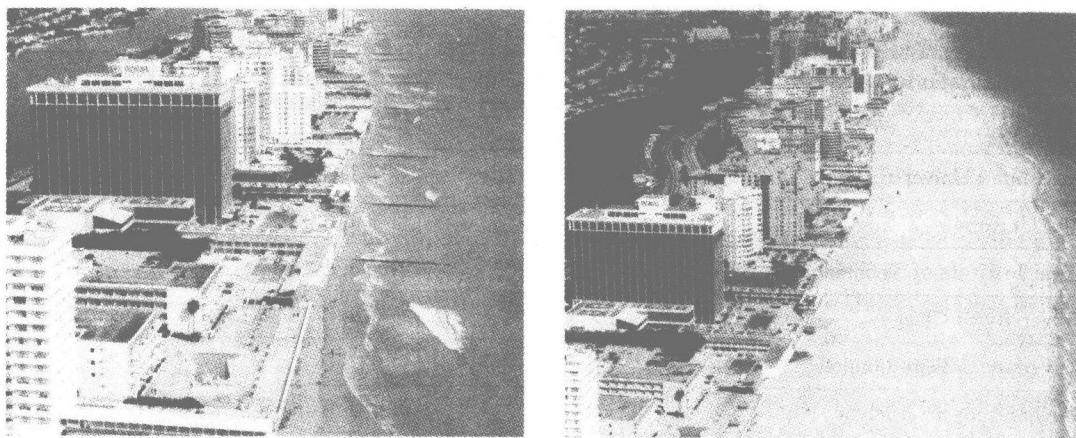


图 1-1 佛罗里达州迈阿密市的海滩修复前(图左)、后(图右)状况

(摘自 USACE Shore Protection Manual《海岸保护手册》,1984)

在 20 世纪 60 年代,港口、码头和游艇港迅速发展。对所有国家来说,大港口对增强经济实力和增加商贸机会都是至关重要的。而安全和适航的航道对港口又是关键,建设和维护航道、突堤及防波堤给这些重要的贸易港提供了安全的通道。位于海岸、海湾、河口、湖泊和河流边上的娱乐游艇及渔船,需要发展小型游艇港以提供水上娱乐、钓鱼及游艇活动。商业捕鱼及海鲜食品工业,需要港口基础设施以支持其运作。

为发展港口和疏浚航道底部的沉积物,美国陆军工程兵团首先致力于疏浚及疏浚物处理

方面的研究。疏浚是世界上各港口都需要的,以利于商船、军舰、潜艇及其他船舶的航行。新型船舶吃水更大,这就需要港口有更深的航道(例如 17m 或 55ft)。较大的疏浚设施如铰刀吸扬式、开底自载式及轮斗式挖泥船均用来加深航道,维持航道深度。疏浚物的处理也是一项重要的工程任务。在一些情况下,疏浚物可得到有效的利用(如填沙护滩、扩展陆地与湿地及为野生动物提供栖留居地)或以无损于环境的方式抛于内陆和近海。

美国陆军工程兵团是美国负责维护航道和保护海岸的联邦机构。在 20 世纪 70 年代后期,美国海岸工程研究中心迁入美国陆军工程兵团的航道试验站,以加强它的实验室及研究人员的力量,并确立了它在美国海岸工程研究和模型试验领域的领导地位,也是世界上具有领先地位的单位之一。1987 年美国陆军工程兵团发起了“疏浚研究项目”以提高疏浚作业效率,并在 1993 年开始了“入海口研究项目”以研究全国的入海口。入海口具有动力性质,它是进入港口和内河航道的通道。

近海

近海工程领域的发展趋势与近海工业的发展趋势一致,在美国,该领域的中心位于得克萨斯州的休斯顿。不过早在 1887 年第一次近海石油勘探却位于加州海岸几英尺深的水域中。1910 年,在路易斯安那州的 Ferry 湖中钻了第一口油井。国际上是在 1929 年在委内瑞拉的 Maricao 湖中钻了第一口油井,紧接着在路易斯安那州位于墨西哥湾 4.3m(14ft)水深处开发了 Creole 油田。浅水中的油井开发仍在缓慢进行中。1959 年 Shell 公司在路易斯安那州的 Grand Isle 水域的水深 30.5m(100ft)处安装了 1 座平台。1960 年波斯湾和北海发现了石油,近海平台开始发展。20 世纪 70 年代近海工业蓬勃发展,近海平台和钻井工作迅速向深水挺进。1973 年,第一座混凝土重力式平台在陆上建造,并被拖到北海定位沉底。1978 年 Exxon 公司将 Hondo 平台安置于加州靠近 Santa Barbara 水域 259.1m(850ft)的深水中。随后,Shell 公司将 Cognac 平台安置于墨西哥湾 312.5m(1025ft)的深水中。Exxon 公司于 1983 年在墨西哥湾建立了第一个牵索塔平台 Lena 号,牵索塔平台是 1 个细长的底部支撑塔,横向用缆绳(牵索)拉紧。次年,Conoco 公司在北海 147.9m(485ft)深水域安置了第一座张力腿平台。1988 年 Shell 公司在 548.8m(1800ft)的水域安置了固定式平台 Bullwinkle 号,5 年后(1993)又在墨西哥湾 852m(2795ft)的水域安置了 Auger 号张力腿平台。近海平台发展简史可见图 1-2。在 1984 年,北海 230~500ft 水域有 16 座重力式结构,其他的重力式平台位于巴西近海及波罗的海。McClelland 和 Reifel 的报告(1986)称共有 3500 座近海结构物分布于 35 个国家,其中的 98%是由打入海底的钢桩支撑的钢结构平台。进入 20 世纪 90 年代后,张力腿平台进入更深的水深(>2000ft 或 610m),浮式生产系统已用于边际油田(2~6 年的生产年限)。由于大量的石油资源在更深水域(>6000ft 或 >1829m)中被发现,人们不断提出了新的平台概念以降低生产费用,并使它能够在较深水域中工作。

水下系统

水下居住舱、潜水设备、潜艇和在水下完成工作的设备都是海洋工程师们为使人们更好地利用海洋而研究、发展、设计及操作的水下系统实例。E. A. Link 于 1962 年发展和测试了第一个饱和潜水的水下居住舱 Man-in-the-Sea I 号。从那时开始,全世界已建成了 65 个水下居住舱(NOAA 1991),比较有名的如 Conshelf I, II, III 号,是由法国的 J. Y. Cousteau 开发的。

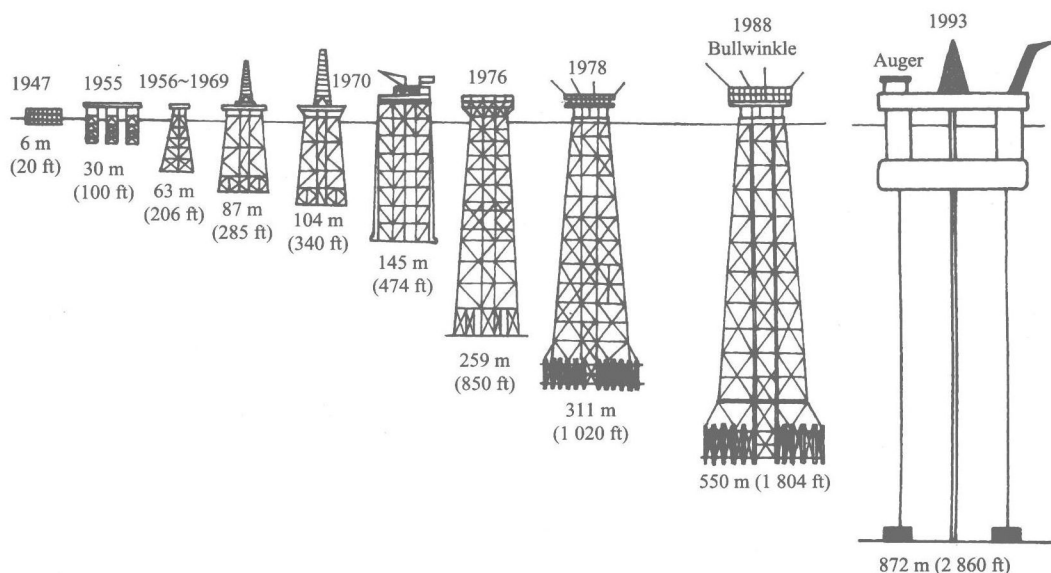


图 1-2 深水生产平台发展历史及其工作水深

德国于 1969 年和 1971 年分别建造了 Helgoland I 号和 II 号。俄罗斯在黑海安置了 Chernomor I 号和 II 号。美国海域及加勒比海域有 SeaLab I, II, III 号和 Tektite 号、Lachalupa 号及 Aegir 号居住舱。关于水下居住舱更完整的描述可见 NOAA(1991) 及 Miller 和 Koblich (1984) 的著作。使用最多的水下居住舱是 Hydrolab 号, 它接待过 700 名科学家及工作人员, 已于 1985 年退役, 现展于华盛顿 Smithsonian 研究院。NOAA 最近建造了 Aquarius 号水下居住舱, 以供加勒比海的科学研究项目使用。

潜水员应用多种类型的通气设备, 以保障他们在水下环境进行探索和工作, Bachrach 等 (1988) 对这些设备的发展史作了详细介绍。在使用压缩空气之前, 闭住气的潜水员开发了眼镜、通气管及鳍板以提高潜水效率。自持式水下呼吸装置(SCUBA)从 16 世纪就开始使用, 但 1943 年发展起来的并在随后 10 年内广泛应用于世界各地的双软管 Cousteau-Caglan 水下呼吸器, 才开始使 SCUBA 普遍应用在科学探索和娱乐性潜水上。SCUBA 呼吸装置包括 1 个压缩空气罐及减压器。压缩空气罐背于潜水员身上, 减压器含于潜水员的口中, 当潜水员吸气时可提供空气。为了保留混合气体(即氮/氧混合气)呼吸所需要的呼出气体而开发了半封闭型呼吸装置, 它可以循环利用通过二氧化碳吸收器后的呼出气体。随后又有了全封闭型循环呼吸装置(NOAA 1991), 它完全保留了呼吸气体(即呼吸气体不离开该系统)。

水面保障潜水系统通过 1 根柔性软管(脐带式)向潜水员头盔内提供呼吸气体。气体可以来自水面、居住舱及人员转移容器(潜水钟)或深潜器的转换舱。头盔内空气自由流动或带有 1 个减压器, 有时还带有二氧化碳清除设施。常压潜水系统的使用可以追溯至 18 世纪, 但最成功及广泛使用的是始于 1935 年的 JIM 系统。JIM 系统曾被用于 543m (1 780ft) 水深的实际工作中, 人们估计它可应用于 610m (2 000ft) 水深。另一个 1 个大气压系统(WASP)是 Oceaneering International 公司开发的, 用于中等水深的近海结构工作, 它有小型水下推进器及升降设备, 以使潜水员定位于工作位置。

潜艇是重要的水下军事运载工具, 首先用于第一、二次世界大战。德国的 U 型潜艇是一

种可怕的武器,它巡航于船舶航线并破坏航运供应线。德国及盟军潜艇的典型长度是 91.5m (300ft),可潜入水下 122m(400ft)。水上由柴油机驱动,水下由蓄电池驱动。在 20 世纪 60 年代末及 70 年代初,较大和较快的潜艇使用了核动力、惯性导航及氧气生产设备,使其可以在水下保持几乎无限长的时间,并可在冰山下航行而无须浮出水面。USS Nautilus 号是第一艘核动力潜艇(Allmendinger 1990)。

深潜器通常是小型潜艇,仅由几个人操纵,研究人员可在大气环境下通过水下窗口和水下摄像机观察水下环境。机械或电动-液压操作臂可用于观察和采样。一些潜水器有 1 个封闭转换舱以供潜水员进出。第一个潜水器 Bathysphere 号建于 1930 年,在 1934 年,它潜入了 934m(3028ft)水深。自那以后,潜水器及带封闭转换舱的潜水器得到迅速发展,比较著名的有 Alvin, Deepstar, Johnson-Sea-Link, Pisces 系列和 Perry 建造的 PC 系列。

遥控潜水器(ROV)是一种无人水下系统,通常包括 1 套推进系统,闭路电视及机械或电动-液压操作臂。潜水器通过脐带由水面船舶控制,图像和数据也通过脐带传送到水面船舶。第一个闻名于世的 ROV 是美国海军的 CURV,它于 1966 年回收了西班牙海岸外 869m (2851ft)水深中的 1 枚氢弹。随着近海工业向深海发展,为对付较恶劣的气候如北海,ROV 的发展更为迅速。现有的 ROV 超过 1000 个,其尺寸小如篮球,大至大卡车,有些可工作于海洋的最深处。这些潜水器可分为系缆式(自由游动)、被拖动式、依赖底部式、依赖结构式、无缆式(自主式)和混合式(MTS 1984)。ROV 一般用于近海工业、军事用途及科学研究。1985 年 9 月, Woods Hole 海洋研究院的一个科学家小组,利用一个被拖动式 ROV Argo & Jason 号,找到并拍摄了 1912 年沉于大西洋的 Titanic 号客邮船。自主式 ROV 是最新发展起来的,可通过预编程序控制完成特定任务而无需脐带。遥控潜水器前途光明,对于海洋工程师来说,它是一个应用广泛的可贵工具。

一般来说,与水下系统有关的设备对于水下油、气井的生产来说是必需的。当油、气田是边际油田时,海底生产技术比传统平台生产技术更加经济(Goodfellow 1990)。边际油田的储量约为 3000 万~5000 万桶,一般水深小于 160m(525ft)。一旦水下设备和技术有较大进步后,有望应用于深水中。水下设备包括海底井口、防喷器、垫板、管线、油井测试设备、生产立管、水下生产树、管汇、控制及节流阀(图 1-3)。

海洋工程应用领域

海洋工程是一门交叉学科,有着广泛的应用领域,下面列出了其中的一部分:

- 海岸保护及侵蚀防治(海堤、防波堤、丁坝、突堤、折流坝、填沙护滩)。
- 疏浚及疏浚物处理(航道维护、港口发展与维护、机械及水力疏浚设备)。
- 船舶水动力学(浮体及系泊体运动)。
- 海底基础(海洋结构物的海底支撑)。
- 监视海洋环境(环境监控)。
- 系泊系统(张紧缆索、悬链、多点与单点系泊)。
- 船舶工程(船舶稳定性、船体结构、阻力、推进)。
- 数值模拟(结构、流体、相互作用)。
- 海洋能(温差、风、潮汐、波浪、海流)。