



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

海洋技术教程

(第2版)

陈鹰 黄豪彩 瞿逢重 宋宏 毛志华 / 编著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

海洋技术教程

(第2版)

陈鹰 黄豪彩 瞿逢重 宋宏 毛志华 / 编著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

海洋技术教程 / 陈鹰等编著. — 2 版. — 杭州:
浙江大学出版社, 2018.9
ISBN 978-7-308-17748-1

I. ①海… II. ①陈… III. ①海洋学—高等学校—教材 IV. ①P7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 000684 号

海洋技术教程(第 2 版)

陈 鹰 黄豪彩 瞿逢重 宋 宏 毛志华 编著

责任编辑 陈静毅
责任校对 刘 郡
封面设计 春天书装
出版发行 浙江大学出版社
(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)
(网址: <http://www.zjupress.com>)
排 版 杭州中大图文设计有限公司
印 刷 杭州高腾印务有限公司
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 22
字 数 563 千
版 印 次 2018 年 9 月第 2 版 2018 年 9 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-308-17748-1
定 价 49.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社市场运营中心联系方式: 0571-88925591; <http://zjdxcbbs.tmall.com>

前言

在《海洋技术教程》列入国家“十二五”规划教材之后,我们进行了本教程的修订工作。修订工作是从“海洋技术”的定义与范畴的讨论开展的。我们认为,海洋技术的定义可分为狭义和广义两种。面向海洋观测的海洋技术是海洋科学领域通常理解的海洋技术范畴,是一种狭义的海洋技术定义。本教程从基础性、支撑性和使能性三个方面来讲授海洋技术,介绍的是广义的海洋技术。因此,本教程主要强调海洋技术的应用性,重点放在支撑性海洋技术和使能性海洋技术,以期读者能够掌握解决海洋技术领域实际问题的相关能力,能够将所学到的相关知识应用到海洋技术装备的设计制造的实际工作中去。

陈鹰负责全书的内容设计安排及统稿,撰写了前言和第1、8、13章;黄豪彩撰写了第7、9、12章;瞿逢重撰写了第2、3、5、6、11章;宋宏撰写了第4、10章;毛志华撰写了第14章。修订的工作则由陈鹰、黄豪彩负责完成,黄豪彩进行全书的格式规范化工作。

本教程分为准备性内容、基础性海洋技术、支撑性海洋技术和使能性海洋技术四部分。准备性内容包含“绪论”“海洋基础知识”两章;基础性海洋技术包含“水下声学技术”“水下光学技术”“水下运动物体动力学”三章;支撑性海洋技术包括“海洋工程材料技术”“海洋通用技术”“海洋试验技术”“海洋装备设计与集成技术”四章;使能性海洋技术包括“水下探测技术”“水下通信与导航技术”“潜水器技术”“海底观测网络”“海洋遥感技术”五章。

每章重点介绍各种海洋技术的概念、定义、内涵、意义、关键技术、发展趋势、应用举例等,章末给出了一些思考题和参考文献,希望学生在思考中进一步拓展知识,能够在课外花时间加强海洋技术知识的学习。我们也尽可能多地把浙江大学在海洋技术领域的研究工作和成果糅合在本教程里面,让读者能够了解到更多的海洋技术领域的最新研究进展。

要特别强调的是,修订版在“海洋装备设计与集成技术”一章中,重点安排了“海洋化设计”知识内容的讲授。海洋化设计是面向海洋技术装备设计制造的专门知识,分海洋化机械设计和海洋化电子设计两个部分。这方面的内容是浙江大学这几年为了本教程的撰写,专门组织安排相关人员开展的一项研究工作所取得的成果,是结合本单位所开展的相关科研工作,不断地进行总结和完善得到

的。相信这方面的内容教学,能够帮助学生较为系统地掌握海洋技术装备的设计与实现技术。

由于海洋技术范畴较广,本教程不可能涉及各种使能性海洋技术,主要选择一些常用的、具有代表性的海洋技术单元进行介绍。同时,本教程主要聚焦在海洋工程技术方面,而像海洋生物技术、海洋生物制药技术、海洋油气工程技术、海底矿产资源勘探与开发技术、海洋能技术、海水淡化技术、海洋养殖技术等这些局限在某一产业领域的相关内容,本教程限于篇幅,不进行介绍。

本教程的出版工作得到海洋科学与技术领域许多同仁的指导和帮助,他们提出了许多修改完善的宝贵意见,在此表示感谢。特别感谢徐文教授、连琰教授、吴立新院士、刘保华研究员、潘德炉院士、韩军教授、白勇教授、冷建兴教授等人对本教程的批评与指导。感谢王林翔教授对第5章的贡献,同时感谢浙江大学海洋学院的研究生王杭州、林杉、郝帅、叶延英、兰瑞洪、徐乐天、冷金英、谢捷、杨景、俞宙、刘勋、张斌、陈雷、谢晓玲、徐磊、张超、高雪燕等在资料收集与素材组织等方面的帮助,感谢浙江大学海洋学院办公室姜书博士的支撑工作。本教程在出版之前,曾以讲义形式在浙江大学海洋工程与技术专业的本科生教学中进行使用,许多同学都为教程的修改和完善提供了宝贵的意见,在此一并致谢!

本教程除了可供海洋工程与技术类的本科生、研究生教学使用,也可供从事海洋技术应用研究和海洋工程系统开发的工程技术人员作为技术参考书籍使用。由于作者知识有限以及写作时间不够充分,书中难免出现错误。希望读者不吝指正,以便于我们进一步修改与完善。



2017年12月于浙江大学舟山校区

目 录

第一部分 准备性内容

第 1 章 绪 论	3
1.1 海洋技术的定义与特点	3
1.1.1 海洋技术的不同解释	3
1.1.2 海洋技术的定义	4
1.1.3 海洋技术的特点	5
1.2 海洋技术的分类	5
1.2.1 基础性海洋技术	5
1.2.2 支撑性海洋技术	6
1.2.3 使能性海洋技术	6
1.3 发展海洋技术的意义	7
1.4 海洋技术的发展趋势与研究前沿	8
1.4.1 海洋技术的发展趋势	8
1.4.2 海洋技术的研究前沿	10
1.5 我国海洋技术的发展方向与发展战略	13
1.5.1 我国海洋技术的发展方向	13
1.5.2 我国海洋技术的发展战略	15
思考题	16
参考文献	17
第 2 章 海洋基础知识	19
2.1 关于水(海水)的科学	19
2.1.1 水分子结构	19
2.1.2 海水的盐度	20
2.1.3 海水的密度	20
2.1.4 海水的热性质	20
2.1.5 海水的其他物理性质	21
2.1.6 海冰	22
2.2 海洋物理	22
2.2.1 世界大洋的深度、盐度场、温度场、密度场和风场	22

2.2.2 洋流	26
2.2.3 潮汐	28
2.2.4 海洋中的波动	29
2.3 海洋地质	31
2.3.1 海底地质构造	31
2.3.2 海洋沉积学	32
2.3.3 海底资源	32
2.4 海洋化学	34
2.4.1 海水中的二氧化碳系统	34
2.4.2 海水的 pH 值	35
2.4.3 海洋中的氮、磷、硅循环	35
2.4.4 海洋中的溶解氧	36
2.4.5 化学微量元素	36
2.5 生物海洋学与海洋生物资源	37
2.5.1 海洋生态	37
2.5.2 生物海洋学	38
2.5.3 海洋生物资源	38
2.6 海洋地球物理学	39
2.6.1 海洋地球物理学简介	39
2.6.2 海洋地球物理技术的发展	39
2.7 海洋技术	40
2.7.1 Argo 全球浮标系统	40
2.7.2 “海王星”海底观测网	41
2.7.3 水下滑翔机	41
思考题	42
参考文献	42

第二部分 基础性海洋技术

第 3 章 水下声学技术	47
3.1 水下声学技术概况	47
3.1.1 水下声学技术发展史	47
3.1.2 水下声学技术的作用	48
3.1.3 水下声学技术的研究对象	48
3.2 声学基本概念	49
3.2.1 声波	49
3.2.2 位移和振速	50
3.2.3 密度和压缩量	50
3.2.4 声速	50

3.2.5	声压和声压级	50
3.2.6	声阻抗和声阻抗率	51
3.2.7	声强和声强级	51
3.2.8	声功率和声功率级	52
3.2.9	声波的分类	52
3.2.10	平面声波的折射和反射	53
3.3	水下声学	53
3.3.1	水中的声速	53
3.3.2	水声传播的几何衰减	53
3.3.3	水声传播的吸收衰减与散射衰减	54
3.3.4	水下声道	55
3.3.5	深海声道	56
3.3.6	浅海中的声传播	56
3.3.7	海洋中的散射和混响	57
3.3.8	水下噪声	58
3.4	水声器件	60
3.4.1	声呐简介	60
3.4.2	声呐的组成部分	61
3.4.3	声呐的主要性能指标	61
3.4.4	主动声呐方程与被动声呐方程	63
3.4.5	声呐的主要作用	63
3.4.6	换能器和水听器	64
3.5	水下声学技术的综合应用	65
3.5.1	生物声学	65
3.5.2	等离子体超宽带脉冲声呐	66
3.5.3	声呐系统用来保护海洋环境	66
思考题		66
参考文献		67
第4章	水下光学技术	69
4.1	水下光学技术的定义、分类及意义	69
4.1.1	水下光学技术的定义	69
4.1.2	水下光学技术的分类	70
4.1.3	研究水下光学技术的意义	71
4.2	光学基础知识	72
4.2.1	光的基本特性	72
4.2.2	光谱	74
4.2.3	光在海水中的传播	75
4.2.4	光探测器	78
4.2.5	光纤特性	79

4.3 水下光学技术的应用	80
4.3.1 水下照明技术	80
4.3.2 水下光学成像	82
4.3.3 基于光纤传感技术的盐度检测法	84
4.3.4 粒子成像速度仪	85
4.4 水下光学技术的发展趋势	85
思考题	86
参考文献	87
第5章 水下运动物体动力学	90
5.1 水下运动物体水动力性能的研究现状和研究方法	90
5.2 典型软件简介	92
5.3 两种坐标系及其转换关系	92
5.3.1 两种坐标系	92
5.3.2 两种坐标系之间的旋转变换关系	93
5.3.3 刚体动量和动量矩的导数在两种坐标系中的转换关系	94
5.4 水下运动物体六自由度运动建模	95
5.5 水下运动物体的受力	95
5.5.1 静力	95
5.5.2 水动力	96
5.6 水下运动物体动力学实例	96
5.6.1 水下滑翔机简介	97
5.6.2 水下滑翔机结构模型	97
5.6.3 运动学分析	98
5.6.4 受力分析	102
5.6.5 水下滑翔机动力学方程建立	104
5.7 水下运动物体动力学前景展望	104
思考题	105
参考文献	105

第三部分 支撑性海洋技术

第6章 海洋工程材料技术	109
6.1 海洋工程结构材料	110
6.1.1 海洋工程结构材料主要的力学性能指标	110
6.1.2 金属材料	111
6.1.3 非金属材料	113
6.2 浮力材料	115
6.2.1 浮力材料概述	116
6.2.2 传统浮力材料	117

6.2.3 空心玻璃微珠及其复合材料	118
6.2.4 其他浮力材料	120
6.3 腐蚀与材料的防腐	121
6.3.1 海洋腐蚀	121
6.3.2 金属腐蚀	122
6.3.3 防腐蚀方法与技术	125
思考题	129
参考文献	130
第7章 海洋通用技术	133
7.1 海洋常用机电集成技术	133
7.1.1 连接技术	133
7.1.2 能源技术	139
7.1.3 水下液压技术	142
7.1.4 推进技术	144
7.1.5 水下作业技术	147
7.1.6 水下照明与摄像技术	149
7.2 常用的海洋通用件	149
7.2.1 海洋物理、化学和生物传感器	149
7.2.2 水下电机	151
7.2.3 液压阀	151
7.2.4 水泵	152
7.2.5 水下机械手	152
7.3 海洋通用技术的发展趋势	152
思考题	152
参考文献	153
第8章 海洋试验技术	154
8.1 海洋试验技术的定义与分类	154
8.2 海洋试验中的主要测量技术	155
8.3 海洋试验步骤	158
8.4 试验大纲	160
8.5 试验条件建设	161
8.6 海上试验场	163
8.7 典型试验——耐压试验	164
思考题	166
参考文献	166
第9章 海洋装备设计与集成技术	168
9.1 海洋化设计理念	168
9.2 海洋化机械设计	170
9.2.1 材料设计	170

9.2.2	结构设计	175
9.2.3	浮力设计	181
9.2.4	液压技术	184
9.2.5	轻量化设计	186
9.3	海洋化电子设计	188
9.3.1	低功耗设计	188
9.3.2	电能供给设计	191
9.3.3	电子腔设计	192
9.3.4	数据传输与控制系统设计	194
9.3.5	机电集成设计	196
9.3.6	电子系统可靠性设计	197
9.4	海洋技术装备实现:以数据采集器设计为例	199
9.4.1	密封设计	200
9.4.2	结构设计	200
9.4.3	电路设计:电子控制技术	202
9.4.4	接口设计技术	202
9.4.5	应用介绍	202
	思考题	203
	参考文献	204

第四部分 使能性海洋技术

第 10 章	水下探测技术	209
10.1	水下探测技术的定义、分类及意义	209
10.1.1	水下探测技术的定义	209
10.1.2	水下探测技术的分类	209
10.1.3	研究水下探测技术的意义	210
10.2	水下光学探测技术	210
10.2.1	水下荧光探测技术	210
10.2.2	水下拉曼光谱探测技术	212
10.2.3	水下激光诱导击穿光谱探测技术	214
10.3	水下声学探测技术	217
10.3.1	声波多普勒海流探测技术	217
10.3.2	多波束测深技术	218
10.3.3	浅地层剖面探测技术	220
10.3.4	地震波探测技术	221
10.4	水下电磁波探测技术	222
10.5	水下化学探测技术	223
10.5.1	pH 值测量技术	223

10.5.2 盐度测量技术	224
10.5.3 溶解氧浓度测量技术	226
10.6 其他水下探测技术	227
10.6.1 重力梯度仪	227
10.6.2 水下磁力仪	229
10.7 水下探测技术的发展趋势	230
思考题	231
参考文献	231
第 11 章 水下通信与导航技术	235
11.1 水下光纤通信	235
11.2 水下电磁波通信	235
11.3 水下无线光通信	236
11.3.1 水下激光通信	236
11.3.2 LED 水下无线通信	237
11.4 水声通信	238
11.4.1 水声通信的发展	238
11.4.2 两种水声通信需求类型	239
11.4.3 水声信道的特性	239
11.4.4 水声通信的难点	240
11.4.5 两种信道模型	241
11.4.6 相干水声通信关键技术	241
11.4.7 其他水声通信技术	242
11.4.8 水声通信展望	243
11.4.9 主要水下通信方式的对比	243
11.5 水下导航技术	243
11.5.1 导航系统的分类	243
11.5.2 水下声学导航	244
11.5.3 惯性导航系统	246
11.5.4 其他导航方法	247
11.5.5 水下导航展望	247
思考题	248
参考文献	248
第 12 章 潜水器技术	251
12.1 潜水器的定义和分类	251
12.2 潜水器的关键技术	252
12.2.1 坐标系与坐标变换	252
12.2.2 推进器	253
12.2.3 浮力材料	253
12.2.4 潜水器的能源	254

- 12.2.5 脐带缆 254
- 12.2.6 生活保障技术 255
- 12.3 潜水器运动控制 256
 - 12.3.1 ROV 运动控制 256
 - 12.3.2 AUV 运动控制 257
- 12.4 潜水器实例 258
 - 12.4.1 遥控潜水器 258
 - 12.4.2 自治式潜水器 260
 - 12.4.3 水下滑翔机 261
 - 12.4.4 水下拖曳系统 262
 - 12.4.5 载人潜水器 263
 - 12.4.6 潜水器应用 266
- 12.5 水下运载技术的发展趋势 267
 - 12.5.1 混合潜水器 267
 - 12.5.2 融合 AUV 与水下滑翔机元素的新型 AUV 268
 - 12.5.3 深海空间站 269
 - 12.5.4 水下直升机 270
- 思考题 270
- 参考文献 271

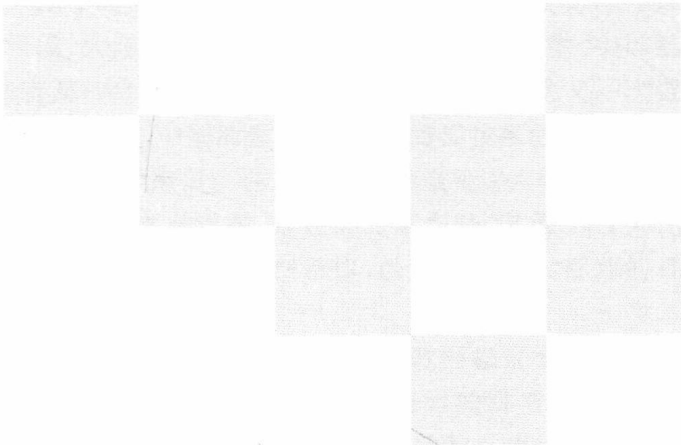
第 13 章 海底观测网络 273

- 13.1 认知地球的观测平台与海底观测技术 273
 - 13.1.1 认知地球的观测平台 273
 - 13.1.2 海底观测技术 274
- 13.2 海底观测网络的意义与定义 276
 - 13.2.1 海底观测网络的意义 276
 - 13.2.2 海底观测网络的定义 277
 - 13.2.3 海底观测网络各部分的功能定义 279
- 13.3 海底观测网络的分类与接口协议 280
 - 13.3.1 海底观测网络的分类 280
 - 13.3.2 海底观测网络接口协议 282
- 13.4 海底接驳盒的设计 284
 - 13.4.1 海底接驳盒的功能及关键技术 284
 - 13.4.2 海底接驳盒的电能、通信模块的设计 286
 - 13.4.3 观测设备插座模块设计 286
- 13.5 海底观测网络的相关技术 288
 - 13.5.1 电能供给技术 288
 - 13.5.2 岸基站技术 290
- 13.6 海底观测网络实现案例——浙江大学的 Z₂ERO 系统 291
 - 13.6.1 海底观测网络的建设 292

IX

第一部分

准备性内容





绪 论

当人类进入 21 世纪之后,有一个词越来越响亮,那就是“海洋”!

“海洋”成为在国际上出现频度极高的词之一。特别对于当前我们中国,“海洋”更具有特殊的含义。在中国历史上,除了明代永乐年间郑和下西洋的壮举之外,人们通常把海洋视为“洪水猛兽”。今天,南海海洋油气田开发、大洋海底资源勘探、“蛟龙号”载人深潜、中国航母下水、各国联合海上军演、中国大力改善南沙岛屿的生存条件、气候变化等,一次又一次把公众的视线拉到海洋上。人们开始深切地意识到,中国的强盛,离不开海洋技术的发展。

100 多年前,孙中山先生就开始实践他的海洋抱负。孙先生曾亲自航海 20 万 km,相当于绕赤道 5 周,并提出“自世界大势变迁,国力之盛衰强弱,常在海而不在陆,其海上权力优胜者,其国力常占优胜”。海洋承载着几代人振兴中华的强烈希望,已经深深融入百姓的日常生活之中。

海洋意味着资源与能源,意味着生存环境,意味着发展空间,意味着国家安全。中国的海洋事业,必将对中国人民的今天与将来产生重要的影响。因此,对海洋的科学探索,对海洋资源的探寻与开发,对海洋工程与技术的发展与应用,将成为科技领域的一项长期而艰难的工作。美国的一位科学家曾说过,“今天人类对太空的认识,已经远远超过人类对自身居住的星球的认识”,指出了人类对海洋还有很多不了解的地方。毛泽东诗词中有一句写得好,“敢上九天揽月,敢下五洋捉鳖”。我国现在到了应该多多考虑如何“下洋捉鳖”问题的时候了。

如何了解占有地球约 70.8% 的辽阔海洋,如何探测平均深度达数千米的海洋,如何开发从海面到水体甚至海底的丰富海洋资源? 目前,人类对海洋,特别是海底的认知还不完全,全球变暖过程中海洋的作用还在不断揭示之中,海底海洋的命题逐渐摆在了科学家们的面前。显而易见,在这些工作中,海洋技术扮演着越来越重要的角色。

1.1 海洋技术的定义与特点

1.1.1 海洋技术的不同解释

有的研究人员把“海洋技术”定义为一种用于海洋安全、探索海洋、保护海洋和开发海洋的技术,涉及船舶与海洋结构、海洋工程、船舶设计与制造、油气勘探与开发、水动力学、航海、海面与水下支持、水下技术与工程、海洋资源(包括再生和不可再生)、交通物流与经济、