

海洋土木工程概论

Introduction to Offshore Civil Engineering

龚晓南 主编

中国建筑工业出版社

海洋土木工程概论

龚晓南 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

海洋土木工程概论/龚晓南主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2017. 9
ISBN 978-7-112-20954-5

I. ①海… II. ①龚… III. ①海洋建筑物-土木工程-概论 IV. ①P754

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 161982 号

海洋土木工程由于处在海洋区域, 有着其特有的工程性质和特点, 为了普及海洋土木工程基本知识, 促进海洋土木工程的发展和海洋战略的落实, 组织有关专家学者编写此书。本书较系统介绍海洋土木工程的相关理论和实践知识, 主要内容包括: 概述、海洋工程勘察、海洋工程环境与荷载、海洋工程规划、海洋结构工程、海洋岩土工程、结构、波浪与海床共同作用分析、海洋土木工程材料与防腐、海上平台的设计、分析、建造与安装、海洋工程结构抗风、典型工程案例。

本书适合高等院校土木工程师生的教材, 也可供海洋土木工程相关的工程设计、施工等技术人员参考使用。

责任编辑: 王 梅 杨 允

责任设计: 李志立

责任校对: 焦 乐 张 颖

海洋土木工程概论

龚晓南 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路 9 号)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 28 $\frac{1}{4}$ 字数: 705 千字

2018 年 1 月第一版 2018 年 1 月第一次印刷

定价: 69.00 元

ISBN 978-7-112-20954-5

(30556)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本书编写人员名单

章次	章 名	编 写 人 员
1	概述	龚晓南 国 振
2	海洋工程勘察	汪明元
3	海洋工程环境与荷载	叶银灿
4	海洋工程规划	孙子宇 田俊峰
5	海洋结构工程	金伟良
6	海洋岩土工程	国 振 王立忠
7	结构、波浪与海床共同作用分析	张建民
8	海洋土木工程材料与防腐	杨全兵
9	海上平台的设计、分析、建造与安装	白 勇 曹 宇
10	海洋工程结构抗风	楼文娟
11	典型工程案例	孙子宇 田俊峰 汪明元 国 振 王立忠 白 勇

前 言

海洋的面积占地球总面积的 70.8%，具有极其丰富的资源和重要的战略地位，这使得对海洋的认识和研究成为国内外科学研究的前沿与重点。然而，海洋工程环境极端恶劣，海洋工程地质条件复杂多变，环境荷载不确定性因素多。目前，我国在海洋环境下开展土木工程建设的基础理论薄弱、实践经验不足，海洋能源、资源的全面开发利用，特别是深远海的开发能力，亟待进一步提升。

为了响应国家海洋开发与建设的重大战略需求，更好地培养海洋土木工程领域的专业人才，凝练海洋土木工程学科方向，由浙江大学滨海和城市岩土工程研究中心发起，于 2013 年 10 月在浙江大学召开了海洋土木工程前沿研讨会。本次研讨会既有来自高校和科研院所的学者教授，也有来自设计院等生产单位的专家，都是海洋工程领域内的著名专家学者。为了更好普及海洋土木工程基本知识，介绍海洋土木工程最新进展，编者规划并联合浙江大学、清华大学、同济大学、国家海洋局第二海洋研究所、中国港湾建设总公司、中国交通建设股份有限公司、华东勘测设计研究院等单位的教授和专家学者，共同编写完成国内第一本关于海洋土木工程的书籍《海洋土木工程概论》。

本书的第 1 章概述主要介绍了海洋土木工程的重要性和特点，由浙江大学龚晓南、国振编写；第 2 章主要介绍工程勘察的技术与评价，由华东勘测设计研究院汪明元编写；第 3 章主要介绍了海洋工程环境与荷载，由国家海洋局第二海洋研究所叶银灿编写；第 4 章主要介绍了海洋工程规划与选址，由中国港湾建设总公司孙子宇、中国交通建设股份有限公司田俊峰等编写；第 5 章主要介绍海洋结构工程，由浙江大学金伟良编写；第 6 章主要介绍海洋岩土工程，由浙江大学国振、王立忠编写；第 7 章介绍了结构、波浪与海床共同作用分析方法，由清华大学张建民编写；第 8 章介绍了海洋土木工程材料防腐机理和防治措施，由同济大学杨全兵编写；第 9 章主要介绍海上平台的设计、分析、建造与安装，由浙江大学白勇、曹宇编写；第 10 章主要介绍了海洋风荷载的特点和海洋结构物抗风设计，由浙江大学楼文娟编写；第 11 章介绍了几个典型工程案例，由中国港湾建设总公司孙子宇、中国交通建设股份有限公司田俊峰、华东勘测设计研究院汪明元、浙江大学国振、王立忠和白勇等提供。浙江大学滨海和城市岩土工程研究中心的研究生芮圣洁、周文杰、曾凡玉、汪轶群等人参与了该书的资料收集和校核工作。

该书注重结合海洋土木工程的特点，介绍了海洋土木工程的发展现状和前沿技术，突出工程特点，注重案例分析，这对于读者认识和了解海洋土木工程具有重要的指导意义。该书可供从事海洋土木工程勘察、设计、施工、科研及管理工程技术人员参考，也可供土木工程类高等院校师生参考。

龚晓南

浙江大学滨海和城市岩土工程研究中心

2017.10.12

目 录

1 概述	1
1.1 海洋开发的重要性	1
1.2 海洋土木工程	2
1.3 本书的主要内容	3
2 海洋工程勘察	5
2.1 海洋工程勘察目的及任务	5
2.1.1 海洋工程勘察的目的	5
2.1.2 海洋工程勘察的方法	5
2.1.3 海洋工程勘察的任务	6
2.2 海洋工程测绘	7
2.2.1 海洋工程测绘的内容与手段	7
2.2.2 海洋工程测绘的特点	8
2.2.3 海洋控制测量与基准面确定	9
2.2.4 海洋定位	10
2.2.5 海洋水深与地形测绘	10
2.3 海洋工程物探	11
2.3.1 海洋物探的方法与设备	12
2.3.2 海洋地层剖面探测	16
2.3.3 海底障碍物探测	22
2.4 海洋工程钻探	24
2.4.1 海洋钻探的特点	24
2.4.2 海洋钻探设备	25
2.4.3 海洋钻探工艺	26
2.4.4 海洋取土技术	28
2.5 海洋原位测试	31
2.5.1 静力触探原位测试	33
2.5.2 海上深层旁压测试	35
2.5.3 扁铲侧胀测试	38
2.6 近海典型地层结构及其基本特性	39
2.6.1 我国近海沉积特征	39
2.6.2 我国近海典型地层结构	40
2.6.3 海洋典型地层的基本特性	43

2.7 海底管线路由勘察	47
2.7.1 海底管线路由勘察方法	47
2.7.2 海底管线路由预选勘察	47
2.7.3 海底管线铺设后调查	50
2.7.4 海底管线路由地质评价	50
2.8 海洋灾害地质调查	51
2.8.1 海洋灾害地质类型	51
2.8.2 海洋灾害地质的危害	52
2.8.3 典型海洋灾害地质调查	53
2.9 海洋工程地质评价	56
2.9.1 海洋工程地质评价相关因素	56
2.9.2 海洋工程地质评价的内容	58
参考文献	59
3 海洋工程环境与荷载	61
3.1 海洋工程环境的研究内容和方法	61
3.1.1 海洋工程环境研究内容及意义	61
3.1.2 海洋工程环境研究方法	62
3.2 海洋气象及其工程设计要素计算分析	63
3.2.1 中国近海气候概况	63
3.2.2 基本气象要素分析	66
3.3 海洋水文及其工程设计要素计算分析	69
3.3.1 潮汐和潮流	69
3.3.2 海浪	74
3.4 海岸泥沙运动与工程应用	78
3.4.1 海岸带及有关术语	79
3.4.2 海岸动力	79
3.4.3 近海泥沙来源及其特性分析	80
3.4.4 近海泥沙运动形式	82
3.4.5 海岸泥沙运动	82
3.4.6 海岸平衡剖面	83
3.4.7 海岸工程泥沙问题	83
3.5 海洋地质灾害及其工程危害性	84
3.5.1 海洋地质灾害分类方法	84
3.5.2 主要海洋地质灾害类型及其工程危害性	85
参考文献	89
4 海洋工程规划	91
4.1 海港港址选择	91
4.1.1 淤泥质海岸港址选择	92

4.1.2 粉砂质海岸港址选择	93
4.1.3 岛群建港港址选择	94
4.1.4 典型工程案例	95
4.2 海港总平面布置	97
4.2.1 人工掩护式港口总平面布置	98
4.2.2 开敞式码头总平面布置	99
4.2.3 港池式或突堤式港口总平面布置	101
4.2.4 深水航道选线及设计主要参数确定	102
4.2.5 典型工程案例	103
5 海洋结构工程	108
5.1 港口海岸结构工程	108
5.1.1 海港结构工程	109
5.1.2 海岸结构工程	111
5.2 海洋平台结构工程	111
5.2.1 海洋平台结构设计	112
5.2.2 海洋平台结构安全性评估	114
5.3 其他海上构筑物	116
5.3.1 浮式风力发电结构	116
5.3.2 海洋浮式平台工程	119
5.3.3 采油平台工程	120
参考文献	123
6 海洋岩土工程	124
6.1 海洋土区域特征	124
6.1.1 世界代表性海域典型土体类型及特性	124
6.1.2 我国各海域海洋地质环境	129
6.1.3 珊瑚砂工程特性	130
6.2 海洋浅基础	132
6.2.1 浅基础类型	133
6.2.2 浅基础承载力	135
6.2.3 浅基础地基沉降与变形	139
6.3 海洋桩基础	140
6.3.1 海洋桩基安装与施工	140
6.3.2 海洋桩基设计分析方法	143
6.4 系泊基础	148
6.4.1 浮式结构物	148
6.4.2 锚泊系统	149
6.4.3 锚的类型	150
6.4.4 拖曳锚	155

6.5 管土相互作用和管道屈曲控制	157
6.5.1 概述	157
6.5.2 海底管道热屈曲解析理论研究	158
6.5.3 控制管道热屈曲的措施	161
6.5.4 竖向管土相互作用	163
6.5.5 侧向管土相互作用	168
7 结构、波浪与海床共同作用分析	173
7.1 海洋土木结构与海洋环境相互作用特点	174
7.2 海水-海床相互作用分析	175
7.2.1 多层弹性介质地基动力特性	176
7.2.2 多层饱和孔隙介质地基动力特性	186
7.2.3 多层海床-波浪相互作用分析	200
7.3 结构-海洋水弹性解法	216
7.3.1 波浪势流理论	216
7.3.2 线性结构动力学	222
7.3.3 结构-波浪相互作用水弹性分析	228
7.4 结构-流体数值分析方法	233
7.4.1 流体动力学基本方程	233
7.4.2 边界条件	234
7.4.3 初始条件	237
7.4.4 流固耦合分析的动网格法	238
7.4.5 CBS 法	239
7.4.6 算例及分析	240
参考文献	243
8 海洋土木工程材料与防腐	246
8.1 概述	246
8.1.1 海洋土木工程材料分类	246
8.1.2 海洋环境作用等级	247
8.1.3 海洋土木工程材料现场破坏特点	249
8.2 海洋工程混凝土的钢筋锈蚀	252
8.2.1 钢筋锈蚀机理	252
8.2.2 引起钢筋锈蚀的 Cl^- 离子临界浓度	255
8.2.3 Cl^- 离子在材料中的迁移方式	257
8.2.4 混凝土中 Cl^- 离子迁移的主要影响因素	259
8.2.5 混凝土抗钢筋锈蚀性能的设计	264
8.3 海洋工程混凝土的冻融破坏	265
8.3.1 混凝土冻融破坏的基本知识	265
8.3.2 含盐环境中混凝土冻融破坏机理	267

8.3.3 盐对混凝土中水分迁移的影响	268
8.3.4 含盐环境中混凝土冻融破坏的主要影响因素	270
8.3.5 含盐环境中混凝土抗冻性能的设计与施工原则	276
8.4 海洋工程混凝土的其他破坏	277
8.4.1 海洋工程混凝土的化学侵蚀	277
8.4.2 海洋工程混凝土的盐结晶破坏	280
8.4.3 海水冲刷引起的混凝土破坏	284
8.4.4 海洋生物引起的混凝土破坏	286
8.5 海洋工程混凝土材料耐久性	289
8.5.1 混凝土材料耐久性要求	289
8.5.2 海工高性能混凝土	292
8.5.3 施工质量控制	294
8.6 海洋工程混凝土结构附加防腐措施	295
8.6.1 表面涂层防护技术	295
8.6.2 硅烷浸渍技术	296
8.6.3 环氧涂层钢筋	298
8.6.4 阻锈剂	299
8.6.5 电化学保护技术	300
8.6.6 特种钢筋	300
参考文献	301
9 海上平台的设计、分析、建造与安装	310
9.1 概述	310
9.1.1 海洋石油钻井平台类型	310
9.1.2 海上施工项目阶段总结	313
9.2 海上固定式平台设计	314
9.3 结构分析	315
9.4 客户端许可和审批流程	317
9.5 制造	317
9.6 吊装和运输	317
9.7 安装	317
9.8 关于平台制造成本、重量以及尺寸的例子	318
9.8.1 服役于波斯湾的海洋平台	318
9.8.2 服役于里海的半潜式海洋平台	318
9.9 结论	318
参考文献	319
10 海洋工程结构抗风	320
10.1 海洋性气候的分类和强风特性	320
10.1.1 热带风暴、台风	320

10.1.2 热带低气压和海陆季风·····	324
10.1.3 台风风场特性·····	325
10.2 海洋工程结构的风效应·····	330
10.2.1 海洋工程结构的风致灾害·····	330
10.2.2 海洋结构风致振动分类·····	333
10.2.3 海洋工程结构风效应的研究方法·····	335
10.3 海洋平台风荷载及风致动力响应计算·····	345
10.3.1 海洋平台风荷载确定方法·····	345
10.3.2 海洋平台风致动力响应计算·····	352
10.4 近海风力机叶片风振分析及 CFD 仿真模拟·····	361
10.4.1 大型风力机叶片气动性能·····	361
10.4.2 风力机叶片气动弹性响应分析·····	368
10.4.3 风力机叶片 CFD 仿真模拟·····	375
10.5 跨海大桥风浪流耦合灾害作用·····	380
10.5.1 跨海大桥风浪流耦合作用研究现状·····	381
10.5.2 跨海大桥风浪流耦合作用试验研究·····	384
10.5.3 跨海大桥风浪流耦合作用数值模拟·····	397
参考文献·····	403
11 典型工程案例·····	409
11.1 围海造陆工程·····	409
案例一 广州港南沙港区粮食及通用码头软基工程·····	409
案例二 厦门港海沧港区试验工程·····	409
案例三 温州丁山垦区吹填及软基处理工程·····	410
11.2 潮汐电站·····	411
案例一 韩国 SIHWA 潮汐电站·····	411
案例二 法国朗斯潮汐电站·····	411
案例三 江夏潮汐电站·····	412
11.3 海洋风力发电场·····	416
案例一 东海大桥海上风电场·····	416
案例二 东海大桥海上风电场二期工程·····	417
案例三 江苏如东海上(潮间带)风电场示范项目·····	418
11.4 潮流能电站·····	419
案例一 英国 SeaFlow 和 SeaGen 潮流发电机·····	419
案例二 中国“万向”潮流电站·····	420
11.5 人工岛建设·····	421
案例一 港珠澳大桥岛隧工程人工岛成岛技术·····	421
案例二 澳门国际机场人工岛建设技术·····	433

1 概 述

1.1 海洋开发的重要性

海洋占地球总面积的 70.8%，有极其丰富的物质资源（鱼类、藻类资源等生物资源，油气资源、可燃冰、海水化学资源等矿产资源）、空间资源、旅游资源等，特别是其突出的矿产资源和战略定位，使得对海洋的认识和研究成为国际科学研究的重点。对于海洋资源的利用，具有国家建设的战略意义。

海洋中蕴藏着极其丰富的油气资源。据估计，世界石油极限储量 1 万亿吨，可采储量 3000 亿吨，其中海底石油 1350 亿吨；世界天然气储量 255~280 亿 m^3 ，海洋储量占 140 亿 m^3 。

海洋中含有大量可燃冰。可燃冰是一种被称为天然气水合物的新型矿物，在低温、高压条件下，由碳氢化合物与水分子组成的冰态固体物质。其能量密度高，杂质少，燃烧后几乎无污染，矿层厚，规模大，分布广，资源丰富。据估计，全球可燃冰的储量是现有石油天然气储量的两倍。在世界油气资源逐渐枯竭的情况下，可燃冰的发现又为人类带来新的希望。

海滨沉积物中有许多贵重矿物，如：含有发射火箭用的固体燃料钛的金红石；含有火箭、飞机外壳用的铌和反应堆及微电路用的钽的独居石；含有核潜艇和核反应堆用的耐高温和耐腐蚀的锆铁矿、锆英石；某些海区还有黄金、白银等。中国近海海域也分布有金、锆英石、钛铁矿、独居石、铬尖晶石等经济价值极高的砂矿。另外，还有多金属结核和富钴锰结壳。多金属结核含有锰、铁、镍、钴、铜等几十种元素。世界海洋 3500~6000m 深的洋底储藏的多金属结核约有 3 万亿吨。

海上风电是近年来国际风电产业发展的新领域、新潮流，是能源研究的重要方向。由于海面粗糙度低，相比陆地湍流小，剪切力小，海上风速大且相对稳定。同容量装机，海上比陆地成本增加 60%，但电量可增加 50% 以上，基本平衡。

潮汐能包括潮汐和潮流两种运动方式所包含的能量，潮水在涨落中蕴藏着巨大能量，这种能量是一种不消耗燃料、没有污染、不受洪水或枯水影响、用之不竭的再生能源。中国早在 20 世纪 50 年代就已开始利用潮汐能，在这一方面是世界上起步较早的国家。我国的海区潮汐资源相当丰富，潮汐类型多种多样，是世界海洋潮汐类型最为丰富的海区之一。

海洋资源的利用具有重要的战略意义。美国等西方国家早在 20 世纪 60 年代就纷纷制定了开发海洋的长远计划，并投巨资发展海洋地质调查技术来获得开发利用海洋的优先权。1986 年，美国制定的“全球海洋科学发展规划”更加引起大家对海洋重要性的认识。

在世界性的人口膨胀、资源短缺、环境恶化的今天，各国高度重视发展海洋工程，加强海洋工程基础理论研究。

我国作为一个陆地文明国家，海洋国土开发的意识比较薄弱，现在中国的海洋开发能力主要集中在浅海，海洋资源的全面利用、深海的开发能力还很不足。海洋工程装备是开发利用海洋资源的物质和技术基础。海洋工程装备主要指海洋资源（特别是海洋油气资源和风能资源）勘探、开采、加工、储运、管理、后勤服务等方面的大型工程装备和辅助装备，具有高技术、高投入、高产出、高附加值、高风险的特点，是先进制造、信息、新材料等高新技术的综合体，各个国家都把它作为开发海洋的利器予以重点规划。我国海洋工程装备产业国产化率一直较低，进口比例在 70% 以上。全球海洋工程装备水平第一梯队为欧美企业，第二梯队为日、韩、新加坡等亚洲国家，我国总体处在第三梯队，以制造低端海工装备产品、赚取加工费用为主。但正因为明显的差距所带来的发展机遇，“十二五”期间我国海洋工程装备产业得到高速发展，海洋工程装备市场规模年增长率达到 110 亿美元。海洋土木工程必将成为我国今后基础设施建设的重点。

海洋工程环境极端恶劣，地质条件复杂多变，荷载不确定性因素多，水深、浪高、风大，建造、安装、运输困难，海水对结构材料的腐蚀影响耐久性。在海洋环境下开展工程建设理论基础薄弱，实践经验不足。在对海域土质的循环特性没有深入了解的情况下进行工程建设，可能造成海床与地基失稳，带来巨大的生命和财产损失。例如，在长江口深水航道治理二期工程建设中，由于威马逊台风的袭击，造成了试验段大圆筒防波堤结构的整体倾覆。再如我国渤海地区发生的平台滑移和倾斜、渤海湾的某石油管道的沉降位移超标、1994 年胜利油田 3 号钻井平台的地基液化等都与对海域土质的循环剪切特性认识不足有关。

综上所述，海洋有极其丰富的物质资源、空间资源、旅游资源，开发利用海洋资源具有重要的战略意义。近年来，各国高度重视发展海洋工程，加强海洋工程基础理论研究，提高开发利用海洋资源的能力。目前我国的海洋开发主要集中在浅海，在深海资源的开发和海洋资源的全面利用等方面比第一世界国家相比还有较大差距。近年我国各级政府十分重视海洋战略的落实，海洋资源开发利用能力提高很快。

1.2 海洋土木工程

海洋资源的开发利用与海洋土木工程密切相关。

首先让我们分析海洋工程、土木工程和海洋土木工程三者之间的关系，然后再分析海洋土木工程的特点。

2013 年在浙江大学主持召开的一次有关海洋土木工程前沿讨论会上，有的专家认为土木工程可涵盖海洋工程，但有的专家举例说，在我国的海洋工程重点实验室中没有见到土木工程，只有船舶工程。还有专家提出不少领导说的海洋工程还包括鱼类、藻类资源等的捕捞和加工。看来用土木工程涵盖海洋工程有困难。在讨论会上有专家认为，是否可以将土木工程分为陆上土木工程和海洋土木工程两大块，可认为海洋工程涵盖海洋土木工程。提出和重视海洋土木工程的概念主要有利于厘清现有海洋工程和土木工程之间的关

系。重视海洋土木工程理论和实践的研究,有利于提高海洋资源开发利用能力,有利于发展海洋战略的落实,也有利于土木工程整体技术水平的提升。

在那次讨论会上,专家们分析了人类在海洋区域从事的工程活动,提出是否可以这样界定海洋土木工程的范围。凡是在海洋区域建造固定的构筑物工程都属于海洋土木工程,如:围海造陆工程、港航与码头工程、人工岛工程、礁岛工程、采油平台工程、海底隧道工程、海底管线工程、跨海桥梁工程、海洋浮式平台工程等。凡是在海洋区域可以移动的,不包括锚定的,如船舶等不属于海洋土木工程。

海洋土木工程由于处在海洋区域,与陆上土木工程比较具有许多不同的特点。海床地质条件复杂,勘察条件困难。人类对海洋区域地质条件和海床地基性状了解与研究较少。海洋环境下构筑物上的作用荷载不确定因素多,荷载性状也十分复杂。海洋中结构类型和结构分析也与陆上有较大差别,对结构、波浪与海床共同作用性状了解较少。海水对材料的腐蚀对海中土木工程结构的耐久性影响,海域地震和风浪作用下海中土木工程结构的性状认知较少。

为了开发利用海洋资源,海洋土木工程近年得到较快发展。在海洋土木工程发展过程中,理论落后于实践,技术落后于需求。讨论会与会专家建议组织编写海洋土木工程概论,普及海洋土木工程基本知识,促进海洋土木工程的发展。

1.3 本书的主要内容

为了普及海洋土木工程基本知识,为土木工程类院校师生提供一本较系统介绍海洋土木工程的参考书,讨论会后组织有关专家学者编写海洋土木工程概论,供广大教师、学生及土木工程技术人员学习参考。

在第1章概述中简要介绍了开发利用海洋资源的战略意义,海洋土木工程对开发利用海洋资源的重要性,还分析了海洋土木工程的范围和特点。

在第2章海洋工程勘察中主要介绍工程勘察的目的和任务,海洋工程测绘、物探、钻探和原位测试技术,近海典型地层结构,以及海洋灾害地质调查和工程地质评价。

在第3章海洋工程环境与荷载中首先介绍研究内容和方法,然后介绍海洋气象、海洋水文和海洋泥沙运动,最后介绍海洋地质灾害及工程危害性。

在第4章海洋工程规划中主要介绍海港港址选择和海港总平面布置。

在第5章海洋结构工程中主要介绍港口海岸结构工程、海洋平台结构工程以及浮式风力发电结构工程、海洋浮式平台工程和采油平台工程。

在第6章海洋岩土工程中介绍内容主要包括海洋土力学、近海基础工程、系泊基础、海底管道与立管、海洋岩土工程灾害五个方面。

在第7章结构、波浪与海床共同作用分析中首先介绍海洋土木工程结构与海洋环境相互作用特点和连续介质力学基础,然后分析了海水和海床的相互作用,最后介绍了几种结构、波浪与海床共同作用的分析方法。

在第8章海洋土木工程材料与防腐中主要介绍海洋工程钢筋混凝土的钢筋锈蚀、冻融破坏、化学侵蚀等机理,提出防治措施,还对海洋工程钢筋混凝土材料耐久性进行了讨

论，最后介绍了海洋工程钢筋混凝土结构附加防腐措施。

在第 9 章海上平台的设计、分析、建造与安装中主要介绍海上石油平台类型，固定平台的结构分析和设计，以及平台制造、吊装、运输、安装及成本分析。

在第 10 章海洋工程结构抗风中主要介绍海洋结构工程设计和施工过程中起主要控制作用的风荷载，对结构设计和安全有重大影响的强热带风暴、台风、热带低气压和海陆季风等风气象，以及近洋面边界层风场的垂直分布特性，包括平均风特性、脉动风特性和非平稳特性。

在第 11 章典型工程案例中介绍的案例主要包括围海造陆工程、港航与码头工程、人工岛工程礁岛工程、海洋浮式平台工程、采油平台工程、海底隧道工程、海底管线工程、跨海桥梁工程等。希望读者通过典型工程案例更好地了解什么是海洋工程，掌握海洋土木工程的特点。

2 海洋工程勘察

2.1 海洋工程勘察目的及任务

2.1.1 海洋工程勘察的目的

海洋工程建设主要包括海上平台、海缆路由、海底管道、人工岛等，以及跨海道路桥梁、海底隧道、海上机场、围海造陆、海港码头等基础设施建设领域，还包括新兴的海上风电、潮汐能、潮流能等海洋能源和资源开发的工程建设等。与陆地城建、市政、交通、水利、水电等工程建设必须开展工程勘察相类似，海洋工程和海洋勘探开发的各建设阶段，均需开展海洋工程勘察，以满足不同建设阶段基本任务的需求。

海洋工程勘察的目的在于：通过海底钻探、取样、原位测试、室内试验、海底地形地貌测绘、海洋物探调查等手段，获取海底地形、地貌、障碍物、暗礁、深部断裂、海底地层结构及其物理状态、海洋岩土试验等成果，开展区域稳定性、海床稳定性、海洋水动力环境、海洋地质灾害、海洋水土腐蚀性、海洋地层空间分布、海洋岩土工程特性及其参数等方面的研究与评价，以满足海洋工程选址、设计、施工、运行、评价等方面的需求。

2.1.2 海洋工程勘察的方法

与陆地工程相比，海洋工程勘察涉及的专业面更为广阔，一般划分为海洋工程测量、海洋岩土勘察和海洋工程环境调查三个子专业。海洋工程测量包括海底地形地貌测绘、海底面状况侧扫、底床稳定性测绘、水深测绘。海洋岩土勘察包括海底近表层沉积地层结构探测、海底岩土的物理力学性质研究等。海洋工程环境调查包括海洋物理、水动力及腐蚀环境的调查。对海洋风能、潮汐能、潮流能等海洋可再生能源和海洋资源勘探开发、海洋勘察还包括资源和能源调查、测试。

海洋工程勘察必须结合工程建设阶段，海洋建筑物或构筑物的类型、特点、稳定性和变形控制要求，海域自然条件、动静力荷载特性和环境等进行。勘察工作应有目的性和针对性，按照各建设阶段的任务，认识海洋工程地质条件，正确分析地质灾害和不良地质问题，进行工程地质评价，提出工程地质建议，为海洋工程的规划、设计、施工、运行、评估提供可靠的地质依据。

海洋工程勘察的方法和手段通常包括：1) 海底地形地貌测绘和水深测量，一般可采用单波束或多波束手段；2) 海底障碍物探测，可采用侧扫声呐、海洋磁力仪；3) 海底地层结构物探，一般可采用浅地层剖面仪和中地层剖面仪（高分辨率多道数字地震）调查；4) 海底底质与底层水采样；5) 海洋工程地质钻探与取样；6) 海洋地层原位测试；7) 室内岩土动静力特性试验；8) 水土腐蚀性环境参数测定等。

海洋工程勘察的程序包括：1) 前期资料收集；2) 海洋勘察方案策划；3) 勘察大纲编制，包括勘察目的、任务、手段、方法、内容、勘点与勘线布置、组织机构与分工、进度计划等；4) 海洋勘察质量、安全与环境管理方案编制与培训，包括交通、通信、救生、逃生、急救、消防、信号、防撞、标识、应急预案等；5) 海上勘察作业实施；6) 岩、土、水样品分析测试；7) 成果、资料解释、分析与整理，工程地质条件分析与评价；8) 勘察报告编制和审核，成果验收，资料归档。

2.1.3 海洋工程勘察的任务

根据海洋工程和海洋勘探开发各建设阶段的基本任务，结合海洋建筑物或构筑物的特点，海洋工程勘察的任务主要包括：1) 水深和海底地形地貌测绘；2) 海底面状况以及自然的或人为的海底障碍物调查；3) 海底地层结构特征、空间分布勘探；4) 海洋岩土物理力学性质试验研究；5) 海洋灾害地质和地震因素调查评价；6) 海洋腐蚀性环境参数分析；7) 海洋开发活动调查等。

海洋工程建设前期的规划选址阶段，主要任务一般是收集区域地质地层、地质构造和地震资料，初步评价场区区域地质构造的稳定性，并对场地稳定性和适宜性进行初步评价，提供地震设计基本参数；评估海洋工程地质条件、不良工程地质问题、灾害地质类型及其影响等；海洋资源和能源调查、评价，工程压覆矿评价；海洋水文环境、风力、潮汐、潮流等调查评价。前期的规划选址阶段，海洋工程勘察一般采用资料收集、部分海洋物探调查、少量底质取样为主的勘察方法，必要时开展少量地质钻探工作。

在（预）可行性研究阶段，侧重于明确区域地质构造和地震对工程建设的影响，初步查明拟建场区海底地形、地貌、场地的地层结构、分布与变化规律，形成时代和成因类型，地基土物理力学性质。初步查明不良地质作用，环境水质与腐蚀性评价。对场地及地基的地震效应，包括抗震设防烈度，50年超越概率10%的地震峰值加速度，建筑场地类别等作出初步评价。初步评价场址的工程地质条件，提出土层物理力学性质参数的建议值，对海洋工程拟建主要建筑物基础的类型提供初步建议。（预）可行性研究阶段的海洋工程勘察一般采用资料收集和调查，区域构造与地震等专题研究，大量海洋物探调查及部分地质钻探和试验为主，必要时开展一定的原位测试工作。

在招标及施工图设计阶段，一般侧重以详细查明工程场区工程地质条件，为各海洋建（构）筑物设计提供详细的地质依据。该阶段海洋工程勘察一般采用大量海洋物探调查、地质钻探、原位测试和试验为主的方法，并根据需要开展专门的海洋岩土工程静动力试验研究。

招标及施工图设计阶段，海洋工程勘察的主要内容包括：

1) 搜集建筑总平面图，场区地面平整标高，建筑物的性质、规模、荷载、结构特点，基础形式、埋置深度、地基允许变形等资料。

2) 查明场地范围内岩土层的埋藏条件、地层组成及结构、形成时代和成因类型、物理力学性质和分布规律，判断黏性土地层稠度、含水量、孔隙比、液性指数，判断无黏性土地层的密实性、相对密度、孔隙比，提供地层的物理力学性质指标，分析和评价地基的稳定性、均匀性和承载力。

3) 对天然地基和桩基础条件进行评价，提出基础选型及持力层建议，提供基础计算