



# 海港工程

海洋出版社

# 海 港 工 程

主 编 严 恺

副主编 梁其荀



海 洋 出 版 社

1996年·北京

## 内 容 简 介

海港工程是为沿海兴建水陆交通枢纽的港口所建的各种工程设施。本书以丰富的资料论述了我国海岸特征、沿海动力要素分布以及在不同类型岸段兴建新港或扩建老港的港口选址、港口布局、减淤防浪等原则和经验。重点介绍了我国建国40年来海港建设的科研成就和工程实践。本书既有较高的学术价值,又为海岸工程学的发展积累资料。

本书可供海洋工程有关专业的规划、设计人员,勘察、科研人员,科技管理人员及高等院校师生参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

海港工程/严恺主编. —北京:海洋出版社,1996.6

ISBN 7-5027-1786-2

I. 海... II. 严... III. 海港-港口工程 IV. U65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 12303 号

DV97/18

### 海洋出版社 出版发行

(100860 北京市复兴门外大街1号)

北京兰空印刷厂 新华书店发行所经销

1996年6月第1版 1996年6月北京第1次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:45.5

字数:1130千字 印数:0—1500册

定价:98.00元

海洋版图书印、装错误可随时退换

## 编委会名单

主 编	严 恺			
副主编	梁其荀			
编 委	丁宗炎	王汝凯	王守忠	刘永锈
	邱大洪	严 恺	周振球	金 镠
	洪承礼	梁其荀	曹祖德	薛鸿超 <sup>①</sup>
	谢世楞	顾民权		

<sup>①</sup> 薛鸿超,河海大学教授,原水道及港口水工建筑系主任

## 前 言

现代世界海运航线网和众多港口形成于19世纪后期;但海港建设在欧洲可追溯到罗马帝国,甚至更早的腓尼基人,先后在地中海沿岸建立了一系列海港,如法洛斯、亚历山大、西顿、迦太基港等;我国则始于春秋战国时期,如建于渤海沿岸的碣石(秦皇岛附近)、转附(芝罘附近)和黄海沿岸的琅玕(古镇口附近)等港。此后港口建设经历了一个漫长的道路,直到19世纪蒸汽动力的应用和海运事业的发展,才把海港建设向前推进了一步。20世纪经过两次世界大战,为了满足军事和海运的要求,又一次推动、加速海港建设的发展。当前国际贸易货物中的99%通过海运,世界上有2300多个港口用于国际贸易,并要求海港建设向深水、大型、综合、自动化作业的方向发展。

我国既是一个大陆国家,又是一个海洋国家,东南面临太平洋的边缘。黄海、东海、南海和属于我国内海的渤海总面积约470万平方公里,除南海外,皆为陆架浅海,平均水深20~100米之间。大陆岸线全长约18000公里,若包括沿海6500多个岛屿,则岸线可达32000公里。长江、黄河、珠江等十余条主要河流,每年以16000亿立方米的径流量,挟带17.5亿吨泥沙入海,对我国海岸的生成和发展产生重大影响。中国海岸带地处热带、亚热带和温带三个气候带,属陆、海混合型季风气候,环境条件优越、物质资源丰富、经济发达、人口集中,是我国生产力最发达的地区,为兴建港口、发展海运事业提供了良好的环境条件和物质基础。

我国沿海港口建设,经过长时间的努力,已具备了相当规模,沿海主要港口的码头泊位已达960多个,其中万吨级以上泊位312个,年吞吐能力达到4.45亿吨(1990)。特别是自改革开放以来,中国的港口建设得到了迅速发展。近两个五年(1981至1990)计划期间建成的泊位数达340多个,港口泊位向大吨位和专业化方向发展,港口布局日趋合理,基本能适应近期经济发展的需要。通过建国以来40多年的建港工程实践,成长并壮大了一支具有理论基础和技术装备的筑港力量,特别是在淤泥质海岸建大型深水港口积累了一定理论知识和工程实践经验。

为了适应今后我国沿海地区经济发展和港口建设的需要,我们集合了长期从事海港建设生产工作的教授、教授级高工、总工程师组成编委会,编写这本《海港工程》,其内容力求反映中国海港工程建设的实际和成就,同时为了保持内容的系统性和完整性,书中也简略地介绍了海港工程这一学科的共性知识和基本理论。全书包括:绪论、海港工程环境条件、港口总平面布置、防波堤工程、码头工程、修造船工程和海港工程勘测与试验等七章。本书的内容范畴、编写提纲及分工撰写后的初稿,均经过编委数次讨论商榷,逐章多经数易其稿,并在统稿过程中对全书内容作了部分调整与适当压缩,最后由主编审阅定稿。由于我们水平有限,书中不足之处尚希读者指正。

本书正文叙述中的计量单位仍沿用中文,图表、公式中者多用国际符号,其中易于混淆者仍沿用我国部、局所颁有关《设计规范》与《使用手册》的规定和符号,但行业习用的个别旧单位均注有对应的法定单位及其换算数据,以便于各层读者参考使用。

本书的编写与出版得到国家海洋局、中国港湾建设总公司、蛇口招商港湾工程公司、交通部水运规划设计院、第一、三、四航务工程勘察设计院和第一航务工程局的大力支持,在此一并致谢。

董 敬

1993年2月22日

## 目 次

### 第一章 绪 论

1.1 海港建设的重要意义 .....	(1)
1.2 港口功能及其分类 .....	(1)
1.2.1 港口功能 .....	(1)
1.2.2 港口分类 .....	(2)
1.3 港口的地理分布及其发展趋势 .....	(3)
1.3.1 港口的地理分布 .....	(3)
1.3.2 港口及其建设的发展趋势 .....	(3)
1.4 中国沿海自然港址及其利用现状 .....	(6)
1.4.1 沿海自然港址及其分布 .....	(6)
1.4.2 中国海港建设的发展 .....	(7)
1.4.3 中国海港工程技术进展 .....	(8)
1.4.4 中国淤泥质海岸港口回淤研究的进展 .....	(11)
1.4.5 中国沿海港口建设中存在的问题及其今后的发展 .....	(12)
参考文献 .....	(13)

### 第二章 海港工程环境条件

2.1 海岸特征 .....	(15)
2.1.1 海岸类型多样 .....	(15)
2.1.2 海岸线变化频繁 .....	(16)
2.1.3 沿海气象、海况影响严峻 .....	(20)
2.1.4 地震与海啸 .....	(25)
2.2 气象要素 .....	(26)
2.2.1 风 .....	(26)
2.2.2 雨和暴雨 .....	(30)
2.2.3 雾与能见度 .....	(32)
2.3 波浪 .....	(34)
2.3.1 波浪基础知识及其分类 .....	(34)
2.3.2 波浪理论及其适用范围 .....	(36)
2.3.3 海浪特征及其分布 .....	(46)
2.3.4 波浪要素推算 .....	(57)
2.3.5 沿海波浪传播变形及其要素的计算 .....	(73)
2.4 潮汐与异常潮位 .....	(101)
2.4.1 潮汐 .....	(101)
2.4.2 风暴潮及其推算 .....	(105)

2.4.3	波浪增水	(117)
2.5	近海流	(120)
2.5.1	近海流特征	(120)
2.5.2	潮流	(120)
2.5.3	近岸流	(123)
2.6	泥沙	(132)
2.6.1	概述	(132)
2.6.2	岸滩演变	(133)
2.6.3	沿岸区泥沙运动	(143)
2.7	河口水文	(155)
2.7.1	河口动力特征	(155)
2.7.2	河口潮位	(156)
2.7.3	河口水流	(158)
2.7.4	河口异重流	(159)
2.7.5	河口泥沙	(162)
2.7.6	河口淤积及其所受浚深水道的影响	(164)
	参考文献	(169)

### 第三章 港口总平面布置

3.1	概论	(173)
3.1.1	港口的组成	(173)
3.1.2	近代港口的发展趋势	(173)
3.2	船舶	(182)
3.2.1	船舶构造及船型	(183)
3.2.2	船舶的主尺度及特性	(187)
3.3	港址选择及总体设计中的有关因素	(190)
3.3.1	港口腹地	(190)
3.3.2	集疏运条件	(191)
3.3.3	港口性质、规模及船型	(192)
3.3.4	港址与城市之间的关系	(193)
3.3.5	港口的外协条件	(194)
3.3.6	港址与自然条件的关系	(194)
3.4	港口规模的确定	(199)
3.4.1	码头泊位数的计算	(199)
3.4.2	库场面积的计算	(208)
3.5	港口水域	(210)
3.5.1	各部分水域的功能及尺度	(210)
3.5.2	外堤布置及港内泊稳	(225)
3.6	港口陆域	(243)
3.6.1	码头布置的基本型式	(243)
3.6.2	码头装卸工艺	(248)
3.6.3	港口铁路及道路	(266)



3.7 港口建筑物与海岸演变的相互关系 .....	(268)
3.7.1 稳定岸线和平衡岸线的平面形态 .....	(268)
3.7.2 海工建筑物对岸线演变的影响 .....	(271)
3.7.3 港口的减淤措施 .....	(277)
3.8 工程实例 .....	(278)
3.8.1 天津新港 .....	(278)
3.8.2 连云港 .....	(290)
3.8.3 大连港新港 .....	(297)
3.8.4 石臼港 .....	(305)
3.8.5 大连渔港 .....	(311)
3.8.6 毛里塔尼亚友谊港 .....	(319)
参考文献 .....	(326)

#### 第四章 防波堤工程

4.1 概论 .....	(329)
4.1.1 防波堤的功能和分类 .....	(329)
4.1.2 防波堤的设计条件和标准 .....	(333)
4.2 防波堤的结构型式 .....	(337)
4.2.1 斜坡式防波堤的结构型式 .....	(337)
4.2.2 直立式防波堤的结构型式 .....	(346)
4.2.3 混成式防波堤的结构型式 .....	(355)
4.2.4 特种防波堤的结构型式 .....	(357)
4.3 斜坡式防波堤 .....	(359)
4.3.1 波浪与斜坡式防波堤的相互作用 .....	(359)
4.3.2 斜坡堤护面块体重量的确定 .....	(370)
4.3.3 斜坡堤的断面尺度及构造 .....	(377)
4.3.4 斜坡堤的破坏及其原因分析 .....	(382)
4.4 直立式防波堤 .....	(386)
4.4.1 波浪与直立式防波堤的相互作用 .....	(386)
4.4.2 直立堤的断面尺度及构造 .....	(397)
4.4.3 直立堤的破坏及其原因分析 .....	(403)
4.5 防波堤的优化设计和可靠度分析 .....	(405)
4.5.1 斜坡堤的优化设计 .....	(405)
4.5.2 直立堤的优化设计 .....	(407)
4.5.3 直立堤的可靠度分析 .....	(409)
4.5.4 斜坡堤的可靠度分析 .....	(416)
参考文献 .....	(418)

#### 第五章 码头工程

5.1 码头的分类、荷载及结构型式 .....	(420)
5.1.1 码头及其分类 .....	(420)



5.1.2	码头荷载的分类及组合	(421)
5.1.3	码头结构型式的选择	(421)
5.2	重力式码头	(422)
5.2.1	重力式码头的特点及其类型	(422)
5.2.2	方块码头	(422)
5.2.3	扶壁式码头	(427)
5.2.4	沉箱码头	(429)
5.2.5	重力式码头的设计计算	(432)
5.3	高桩码头	(439)
5.3.1	结构特征及其优缺点	(439)
5.3.2	高桩码头的结构型式	(439)
5.3.3	高桩码头的设计步骤和结构布置	(442)
5.3.4	高桩码头的构造	(443)
5.3.5	高桩码头上部结构的计算	(445)
5.3.6	有前板桩的高桩码头的计算	(452)
5.3.7	高桩墩台的设计计算	(454)
5.3.8	高桩码头整体稳定性计算	(458)
5.3.9	高桩码头破损事故实例及防止途径	(459)
5.3.10	高桩码头的腐蚀与耐久性问题	(461)
5.4	板桩码头	(462)
5.4.1	板桩码头的优缺点与分类	(462)
5.4.2	板桩墙计算	(463)
5.4.3	锚碇结构计算	(472)
5.4.4	板桩墙用斜拉桩锚碇的计算	(474)
5.4.5	斜拉锚碇桩与板桩墙的连接方法和构造	(476)
5.4.6	钢板桩结构断面及材料强度的改进	(477)
5.4.7	U形板桩使用中的问题	(478)
5.5	码头的岸坡稳定计算	(481)
5.5.1	码头岸坡稳定的重要性及其技术关键	(481)
5.5.2	岸坡稳定的计算方法	(482)
5.5.3	土的抗剪强度指标的选定	(485)
5.5.4	加载岸坡的抗剪强度计算方法	(486)
5.5.5	允许安全系数的选取	(487)
5.6	靠船与系船设施	(488)
5.6.1	靠泊力的计算	(488)
5.6.2	防冲设备	(490)
5.6.3	柔性防冲簇桩	(495)
5.6.4	靠船墩	(495)
5.6.5	系船墩	(500)
5.7	集装箱码头	(502)
5.7.1	集装箱码头的特点	(502)
5.7.2	集装箱码头的建设工作	(502)

5.7.3	集装箱码头设施的规模	(503)
5.7.4	集装箱码头的装卸方式及其选择	(506)
5.7.5	集装箱码头上堆场所需面积计算	(507)
5.7.6	集装箱码头铺面结构设计	(510)
5.8	开敞式码头	(516)
5.8.1	概述	(516)
5.8.2	开敞式码头的平面设计	(518)
5.8.3	开敞式码头的结构型式	(523)
5.8.4	作用在开敞式桩基和墩柱码头上的波浪力	(529)
5.8.5	高桩码头梁板上的波浪上托力值	(534)
5.8.6	顶紧式防冲设备与预张力系泊系统	(537)
	参考文献	(538)

## 第六章 修造船工程

6.1	船台滑道	(540)
6.1.1	船台滑道的工艺型式	(540)
6.1.2	船台滑道的主尺度	(548)
6.1.3	作用于船台滑道的荷载	(558)
6.1.4	船台滑道的结构和计算	(565)
6.1.5	船台滑道的主要设备	(570)
6.2	船坞	(571)
6.2.1	船坞的分类和组成	(571)
6.2.2	船坞主要尺度的确定	(574)
6.2.3	坞室底板工艺荷载	(575)
6.2.4	引船系统	(580)
6.2.5	船坞设备	(581)
6.2.6	灌排水系统	(586)
6.2.7	动力和专用设施	(587)
6.2.8	坞室和坞口结构概述	(589)
6.2.9	坞室结构的设计	(593)
6.2.10	坞口结构	(615)
6.2.11	排水减压式船坞结构	(619)
6.2.12	锚拉式船坞结构	(622)
6.2.13	浮箱式船坞结构	(623)
6.2.14	围堰与基坑	(625)
6.2.15	温度应力	(629)
6.2.16	坞门	(637)
6.3	工程实例	(641)
6.3.1	大连10万吨半坞式造船台	(641)
6.3.2	重力式船坞	(644)
6.3.3	排水减压式船坞	(644)
6.3.4	锚拉船坞	(648)

参考文献..... (651)

## 第七章 海港工程勘测与试验

7.1 海港工程现场勘测 ..... (653)

7.1.1 海港水文、气象观测 ..... (653)

7.1.2 河口水文测验..... (662)

7.1.3 水深、地形测量 ..... (662)

7.1.4 地貌勘察..... (665)

7.1.5 工程地质勘察..... (668)

7.2 港口工程水工模型试验 ..... (674)

7.2.1 模型试验内容..... (674)

7.2.2 模型试验的理论基础..... (674)

7.2.3 潮流模型试验..... (676)

7.2.4 波浪模型试验..... (677)

7.2.5 泥沙模型试验..... (684)

7.3 港口工程数值模拟 ..... (689)

7.3.1 概述..... (689)

7.3.2 潮流数值模拟..... (690)

7.3.3 波浪数值模拟..... (696)

7.3.4 波浪影响下的潮流数值模拟..... (698)

7.3.5 波浪、潮流作用下泥沙运动及地形演变的数值模拟 ..... (701)

7.3.6 数值模拟的发展..... (703)

7.4 海港工程现场实验 ..... (706)

7.4.1 现场实验内容..... (706)

7.4.2 原体实验站..... (707)

参考文献..... (712)

附录 本书中常用规范的全称、简称对照 ..... (715)

# 第一章 绪 论<sup>①</sup>

海港工程为沿海兴建水陆交通枢纽——海港所修建的各种工程设施。主要包括防波堤、码头、修造船建筑物、陆上装卸、储存、运输设施和进港航道、港池及水上导航设施等；它是海岸工程的重要组成部分<sup>[1]</sup>。

## 1.1 海港建设的重要意义<sup>[1][2]</sup>

现代世界海运线网和众多港口形成于19世纪后半期。海上运输船队由1948年的2.9万艘,0.8亿总吨(G.T),增长到1978年的6.9万艘,4.1亿总吨,且出现了10万、20万吨级的散货船和20万、30万甚至56万吨超级油轮等大型船舶。世界外贸年货运量从1938年的4.7亿吨增长到1979年的37.5亿吨<sup>[3]</sup>。全世界的海运货运量超过其它运输方式的年总货运量之和,未来世界的海运量也还在增长,这是由于海运的特点所决定的。外贸运输基本上利用海运,而保证海运系统正常运行的重要组成部分之一是海港。目前,参与国际贸易的沿海港口有2300多个,其中年吞吐量超过1亿吨的有鹿特丹港、神户港、新奥尔良港、纽约港、横滨港、上海港等<sup>[4]</sup>。

在国际贸易货物中,有99%是船舶运输的,这必然导致港口建设的发展<sup>[4]</sup>。现代港口的出现,是人类社会现代化的标志之一,它有力地推动了国际交往和世界经济的发展<sup>[5]</sup>。我国提出对外开放政策后,作为对外开放门户的海港,对促进我国现代化建设将具有更为重要的作用。

## 1.2 港口功能及其分类<sup>[1][2]</sup>

### 1.2.1 港口功能

港口是为船舶提供安全进出、停泊和进行装卸作业的场所。港口水域包括进港航道、港池和锚地等,其各部分的控制水深称为港口水深,是港口的重要标志之一。它表明港口条件和可接纳最大吨级船舶的基本界限。

港口是水陆运输的枢纽,对外交往的门户,在发展国内外贸易,促进国际友好往来,沟通城乡物资交流,方便人们旅行等方面发挥着重要作用。

港口建设推动以港口为中心的水陆运输联接点地区性综合开发,并对区域性经济发展有着深远影响。港口将会有效地促进:外贸事业的发展;临海工业的发展;海滨旅游业的发展;渔业的发展;能源及港口电站建设以及对其所在城镇的发展起着重要作用。港口布局直接影响所

① 本章作者:严 恺, 河海大学教授、名誉校长, 中国科学院院士, 中国工程院院士, 中国海洋工程学会理事长。  
梁其奇, 国家海洋局研究员级高级工程师, 原科技司总工程师, 中国海洋工程学会常务理事。