

中国现代科学全书·水利工程

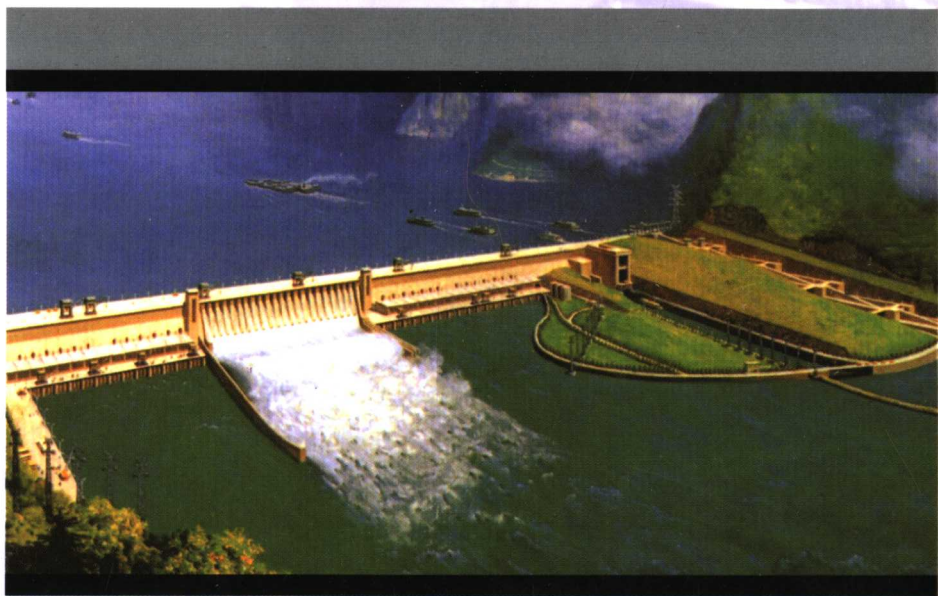
CHINESE ENCYCLOPAEDIC SERIES OF MODERN SCIENCES

HYDRAULIC ENGINEERING

# 海岸及近海工程

COASTAL AND OFFSHORE ENGINEERING

薛鸿超 著



中国环境科学出版社

中国现代科学全书·水利工程

# 海岸及近海工程

薛鸿超 著

中国环境科学出版社

· 北 京 ·

**图书在版编目(CIP)数据**

海岸及近海工程/薛鸿超著. —北京:中国环境科学出版社,2003.12

(中国现代科学全书·水利工程)

ISBN 7-80163-793-3

I. 海... II. 薛... III. ①海岸工程②近海工程  
IV. P75

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 110687 号

---

**海岸及近海工程**

**薛鸿超 著**

出版发行 中国环境科学出版社

(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)

网 址: <http://www.cesp.cn>

电子信箱:

电 话:010-67113409

印 刷 唐山丰电印务有限公司印刷

经 销 各地新华书店

版 次 2003 年 12 月第一版

印 次 2005 年 5 月第一次印刷

印 数 1-2500

开 本 850×1168 1/32

印 张 15

字 数 390 千字

定 价 45.00 元

---

【版权所有,请勿翻印、转载,违者必究】

## 内 容 简 介

海岸及近海工程是一新学科与专业论著。全书分11章。内容包括浅海的环境、资源与开发及其动力学问题；海岸防护、围海、海港、河口治理、海洋能、人工岛和海上平台等工程；以及工程的波浪作用、研究方法等专题。本书作为《中国现代科学全书》一卷为读者提供新学科发展信息，也为学习与研究此专业提供重要参考。

## 中国现代科学全书总编辑委员会

名誉主编	胡绳	钱伟长	吴阶平	周光召
	许嘉璐	罗豪才	季羨林	王大珩
	郑必坚			
主 编	姜士林	郭德宏	刘 政	程湘清
	卞晋平	王洛林	许智宏	白春礼
	卢良恕	徐 诚	王洪峻	明立志

## 水利工程卷编辑委员会

主 编	董曾南
编辑委员	(以姓氏笔画为序)
	王兴奎 李仲奎 麦家煊
	杨永全 薛鸿超

## 作者简介

薛鸿超,1929年12月生于江苏江阴。河海大学教授,博士生导师。1951年上海交通大学水利系毕业,1960年在前苏联奥德萨建筑工程学院获技术科学副博士学位。曾任河海大学水港系主任、海岸及海洋工程研究所所长、港口海岸及近海工程学科带头人、国务院学位委员会学科评议组第二、三届成员。参加全国海岸带综合调查获1992年国家科技进步一等奖,港口工程技术规范(海港水文)获1985年国家科技进步二等奖,高科技知识丛书(海洋技术)获1996年国家科技进步三等奖。1997年获江苏省“优秀知识分子”称号,1998年获江苏省“优秀科技工作者”称号。

## 《水利工程》卷编写说明

1998年春,我接受了清华大学水利水电工程系的委托,承担《中国现代科学全书》的《水利工程》卷的主编。《中国现代科学全书》是在全国人大常委会办公厅研究室、全国政协研究室、中共中央党校教研部、中国现代文化研究中心的共同组织下进行编辑工作的。其目标为系统地、全面地概述现代自然科学和社会科学各学科的建设、发展及其学术研究成果,为繁荣和发展我国的科学文化事业,提高全民族的科学文化素质,增进我国与世界各国之间的科学文化交流服务。显然,这是一项迎接21世纪的科学文化建设工程。

1998年5月28日由全国人大常委会办公厅研究室主持召开了第一次编撰工作会议。全国人民代表大会常务委员会副秘书长布赫和中国人民政治协商会议全国委员会副主席钱伟长、罗豪才等参加了会议,讨论了这套规模宏大的全书的编撰方针与原则。根据《中国现代科学全书》编委会的卷目规划大纲,全书分12个门类,690卷。其中《水利工程》卷属于工学门类,又包括五个分卷,分别是《水力学》、《河流动力学》、《水工结构工程》、《水利水电工程》、《海岸及近海工程》。水利工程对我国具有特殊的重要性,这几卷的内容尚不能反映水利工程学科的全貌(如水文水资源已被归入《水文学》卷中),但由于卷数的限制,只能遵守《中国现代科学全书》编委会的决定。

1998年夏,经多方酝酿确定了《水利工程》卷各分卷主编:

- |          |           |
|----------|-----------|
| 《工程水力学》  | 四川大学杨永全教授 |
| 《河流动力学》  | 清华大学王兴奎教授 |
| 《水工结构工程》 | 清华大学麦家焯教授 |

《水利水电工程》 清华大学李仲奎教授

《海岸及近海工程》 河海大学薛鸿超教授

由以上五位教授和我本人共同组成《中国现代科学全书》的《水利工程》卷的编委会。经过五位教授辛勤努力,2000年初各卷书稿陆续完成,并由编委会分别聘请国内知名专家对书稿进行了审定。但是由于《中国现代科学全书》出版经费发生始料未及的变故,因而出版工作迟迟未能落实。直至2003年中期,经各卷主编多方筹措,并在《中国现代科学全书》编委会办公室协助下,出版工作方得以实施。现在这五卷书即将出版,实在是一件来之不易、值得高兴的事。

这五卷著作共同的特点是,它们都反映了本门学科国内外最新成就,密切结合我国实际,并对本门学科在21世纪的发展前景进行了深入分析与展望。因此我深信,这五卷书不仅对水利专业人士是很宝贵的参考书,而且对于希望了解水利事业的非专业人士也是极为有益的。

历经6年时间,这五卷著作终于出版面世了,我怀着衷心的喜悦再一次对所有参加编著的学者以及《中国现代科学全书》编委会办公室及出版社的努力表示深深的感谢与敬意。

董曾南

2004年6月30日



## 前 言

人类生产活动使环境、资源、工程三者的关系日益密切与发展起来。为了人类的生存与繁衍,自然的环境保护和资源开发常需通过工程来实现,而工程是人类适应与改造自然最富创造性的活动。人类生活都离不开“水源”,同“水环境”和“水资源”关系密切,城镇与产业多集中在“水边”,分布在海滨、湖滨和江河两岸,这是社会经济的发展趋势。历史悠久的水利工程就是随着保护水环境和开发水资源的需求逐渐发展起来的,在水利、水运、水电等领域内,已形成较成熟、系统的分支学科。海滨一带水利工程历史也较早,但发展迟缓,近百余年来进展显著,20世纪中叶开始形成“海岸工程”新分支学科。

与传统的水利工程相应,海岸工程也包括岸滩防护、港口航道、潮汐发电等同类工程内容,由于相关的自然环境与资源的变化,这些工程已具有显著的海洋特色,还增添围海、河口治理等新的工程内容。海滨河口和海岸一带是河流与海洋会合的地带,也是海洋与陆地相互作用剧烈的地带。海岸工程是水利工程向海洋领域延伸,成为水利工程与海洋工程交接的重要边缘分支学科。海洋工程是应用海洋基础科学和有关技术学科开发利用海洋所形成的一门现代新兴的综合技术科学,随20世纪后半期世界范围内对蛋白质、能源、矿产资源需求的激增发展起来。按海洋开发利用的海域,海洋工程可分为海岸工程、近海工程和深海工程,但三者又有所重叠。海岸工程也成为海洋工程的基础和重要组成部分;以钻采海底石油与天然气为重点的近海工程发展迅速;在大洋底采集锰结核矿等的深海工程开始起步,试运行取得进展。

与三类工程相应的海洋环境及其资源分属海洋三个区域:海岸带、大陆架、大洋,其海域分界是粗宽的、相对的。海岸带和大陆架分界难以确切划定,通常取波浪破碎带为界,以较大波浪开始破碎处为海岸带海域的外缘,也有简单地取岸外 10 ~ 20m 等深线为界。波浪破碎带外界是一条宽带,两者的分界也具有一定宽度的界限。大陆架和大洋的分界较为明显,大陆架是大陆向海洋的自然延伸,临大洋外缘常形成很陡的大陆坡,大陆架和大陆坡的平均坡度分别为  $1.7\text{m}/\text{km}(0.1^\circ)$  和  $70\text{m}/\text{km}(4^\circ)$ ,交界为陆架坡折,其水深多 100 ~ 200m,通常以此坡折为分界。大陆架为古代地壳变动和大陆河流输入入海的物质沉积而成,受冰期后海平面升高淹没的影响,但两者的分界还是相对稳定的。与三个区域的海洋环境特点相应,海洋工程分为:海岸、近海和深海工程。但是,海洋水域是一个统一体,三个区域的海洋环境是连通的,其分界都有一定的活动幅度,有时,波浪破碎带和陆架坡折的界限也不是很明确的,海岸、近海和深海工程常相互交叉,其结构与技术常密切联系。大陆架范围内常是大洋的边缘海,属浅海水域,海岸工程同近海工程的结构与技术更是相邻、相通、相近的。

21 世纪是海洋世纪,海洋开发和海洋工程将出现更令人瞩目的飞跃。世界海洋石油与天然气开采蓬勃发展,近海工程技术日新月异;而海岸带开发更是世界各海洋国家发展的重中之重,海岸工程技术日益完善。20 世纪后 20 年中国对外开放影响深远,全国海岸带及海涂资源综合调查(1980 ~ 1986)和全国海岛资源综合调查与开发试验(1988 ~ 1995)取得丰硕成果,沿海省区市经济振兴,海岸及近海工程发展迅速,也为 21 世纪海洋开发和海洋工程的飞跃打下基础。当前加快发展海岸及近海工程学科正是适应时代的需要,为尽早在中国建立海洋工程新兴综合技术学科创造重要条件。

中国海岸线漫长、海域广阔、环境复杂、资源丰富,海洋开发与工程已积累不少经验,有引进成果处于国际先进或领先水平。在

总体上,与世界发达海洋国家相比,海岸工程缺少系统综合,近海工程起步扩展较晚。《中国现代科学全书》是跨世纪和新世纪丛书,《海岸及近海工程》作为全书的一分卷,应反映世界先进经验与技术,重点须显示中国特色,也要分析同世界先进水平的差距。

现有的专业目录中,工学类有水利工程学科设《港口、海岸及近海工程》分支学科,而工学类又有船舶与海洋工程学科,也包括近海与深海工程的内容。中国尚未将海洋工程列为独立的学科,而是分列于两个学科,同水利工程或船舶工程混合,适应于中国相关学科发展的现状,实属权宜过渡之举。《港口、海岸及近海工程》分支学科中,港口(航道)工程实际上有“河”与“海”之分,内河港口航道工程为传统工程技术,可列入《水利水电工程》分支学科;而沿海港口航道工程是海岸工程的重要组成部分,近半个世纪发展迅速,今后仍前景广阔。故分支学科改名为《海岸及近海工程》,其学科范畴划分更严谨,也考虑到今后学科的发展趋势,更有利于向海洋工程新兴综合学科过渡。海洋开发常从海岸带开发起步,打好基础,再向更深外海海域扩展,故现阶段《海岸及近海工程》以海岸工程技术为主,并列人水利工程学科是适当的。

海岸及近海工程是一较综合的系统工程,常涉及多门学科、专业,常包含勘测、规划、研究、设计、施工、管理等实践环节,并由这些环节组成实践过程。本书应尽力给读者有关海岸及近海工程整体的全貌,目录反映出这一系统工程的框架与内容。本书的重点放在阐述海岸工程技术,放在论说基本原理与新技术,放在介绍重要课题研究的新成果、新资料。

本书共分11章,第一与第二两章论说海岸及近海工程的背景与目标;第三至第六章阐述主要海岸工程技术;第七至第九章阐述主要近海工程技术;第十和第十一章论说海岸及近海工程的实践环节与经验,限于篇幅删去施工、管理等内容。

# 目 录

<b>第一章 浅海的环境、资源与开发</b> .....	(1)
第一节 浅海环境特征 .....	(3)
第二节 重要浅海资源 .....	(22)
第三节 海洋开发利用 .....	(30)
<b>第二章 海岸及近海动力学问题</b> .....	(43)
第一节 浅海动力因素 .....	(43)
第二节 海岸泥沙运动 .....	(119)
第三节 河口海岸演变 .....	(143)
<b>第三章 海岸防护工程</b> .....	(160)
第一节 海堤 .....	(161)
第二节 护岸 .....	(169)
第三节 保滩设施 .....	(171)
<b>第四章 围海工程</b> .....	(180)
第一节 堵口截流 .....	(183)
第二节 控制水闸 .....	(190)
<b>第五章 海港工程</b> .....	(194)
第一节 总体布置 .....	(197)
第二节 防波堤 .....	(222)

---

第三节	码 头 .....	(232)
第四节	修造船建筑物 .....	(240)
<b>第六章</b>	<b>河口治理工程 .....</b>	<b>(246)</b>
第一节	疏浚挖槽 .....	(250)
第二节	水道整治 .....	(255)
第三节	筑闸挡潮 .....	(285)
<b>第七章</b>	<b>海洋能工程 .....</b>	<b>(291)</b>
第一节	潮汐发电站 .....	(292)
第二节	波力发电装置 .....	(300)
第三节	海水温差发电试验 .....	(308)
<b>第八章</b>	<b>人工岛工程 .....</b>	<b>(314)</b>
第一节	填海筑岛 .....	(316)
第二节	环岛防护 .....	(321)
第三节	岛陆交通 .....	(323)
<b>第九章</b>	<b>海上平台工程 .....</b>	<b>(326)</b>
第一节	固定式平台 .....	(331)
第二节	浮式平台 .....	(336)
第三节	油、气贮输设施 .....	(345)
<b>第十章</b>	<b>海工建筑物上波浪作用 .....</b>	<b>(349)</b>
第一节	斜坡建筑物 .....	(352)
第二节	直墙建筑物 .....	(377)
第三节	潜 堤 .....	(401)
第四节	透空建筑物 .....	(406)

---

<b>第十一章</b>	<b>浅海海域内工程研究方法</b>	(421)
<b>第一节</b>	<b>现场测验分析</b>	(423)
<b>第二节</b>	<b>室内模型试验</b>	(437)
<b>第三节</b>	<b>数值模拟技术</b>	(450)
<b>展    望</b>		(459)
<b>参考文献</b>		(461)

## 第一章 浅海的环境、资源与开发

环境与资源常是一个整体,关系密切。海洋的环境和资源与人类的生存、繁衍息息相关。海洋环境直接关系到海洋与大陆生态条件,以及人类的生活与安全,也直接关系到海洋资源开发和人类其他生产活动。海洋资源的开发利用对世界经济的发展和对人类生活的提高具有十分重要的意义。海洋资源开发也常对海洋环境和其他海洋资源带来相当的影响,必须注意环境与资源的保护。对人类活动不利的海洋环境,对资源和资源开发不利的海洋环境,常需要进行相应的环境治理,改造成或形成一优良的生态环境和海洋开发环境。海洋的环境、资源和开发、治理诸方面都是密切联系、相互影响的,必须正确处理其间的关系。特别是,主观的开发与治理同客观的环境与资源必须协调统一,才能获得良好的效益与影响。

开发利用与治理保护常常需要通过相应的工程才能实现的,海洋工程(Ocean Engineering)是海洋的资源开发和环境治理的重要或主要组成部分。海洋中开发、治理同环境、资源的关系常常是海洋工程同环境、资源的关系。但是,海洋工程不能同海洋开发与治理完全等同起来,海洋工程是为开发与治理服务的,是开发与治理的工具、手段和途径。由于分布在各个海域的海洋环境与资源具有显著不同的特点,其海洋开发与治理需采用不同的海洋工程技术。海岸带(Coastal Zone)范围内和其外大陆架(Continental Shelf)范围内的海洋环境与资源属于浅海海域,相应地,其开发与治理需采用海岸工程(Coastal Engineering)和近海工程(Offshore Engineering)来实现。浅海的环境、资源与开发是海岸及近海工程的重要背景与目标,本章将概括地分述。

地球上被咸水水体覆盖的海洋,其面积约为  $3.6 \times 10^8 \text{ km}^2$ ,占地球总面积的 71%。海洋中海水量总体积达  $13.7 \times 10^5 \text{ km}^3$ ,约占地球总水量的 97%。平均分布在全球表面,水深可达 2600m,地球是太阳系内唯一拥有海洋的行星。海洋是地球“水圈”的重要组成部分,也是控制地球表面的环境和生命特征的重要环节。海面大量吸收太阳辐射能,使大洋表层年平均温度比大陆高  $10^\circ\text{C}$ ;在太阳辐射作用下,海水又大量蒸发,每年约  $5.05 \times 10^5 \text{ km}^3$ ,给地球“大气圈”供应 87.5% 的水汽。大气环流将水汽带走,水汽上升凝结成雨、雪降落,在大陆形成径流,每年约  $4.7 \times 10^4 \text{ km}^3$  的水体注入海洋,构成水文循环。水圈中包括 2% 的冰川(南极洲和格陵兰岛),其变化影响全球,第四纪最大冰期内,冰川体积大 2 倍,海平面比现代低 130m,大陆架多裸露;如现代冰川全融化,海平面将升高 60m。这是海洋一重要特征。海水含有多种溶解盐与溶解气体,海洋平均含盐量为 3.5%,总盐量达  $4.8 \times 10^{16} \text{ t}$ ,铺在地球表面厚约 40m。这为海洋生物提供营养物质和生态环境,海洋对生命特别重要,是地球上的生命起源。海洋是无机物质与有机物质相互转化的重要环节,也是地球上很薄“生物圈”形成、进化、延续的重要条件,海洋总生物量约  $3 \times 10^{10} \text{ t}$ ,为陆地的 1/200 左右,而其生产率达每年  $4.3 \times 10^{11} \text{ t}$ ,与陆地相近。这是海洋又一重要特征。地球“水圈”本身海水运动复杂多样,海水的温度、盐度、密度变化产生的水体垂向或水平交换,风应力和天体引力作用形成的海流、环流和潮汐运动,海面扰动引起的风浪等,其空间和时间尺度差别很大。海洋这一物理过程对海洋的生物、化学、地质演变过程都有显著影响,直接关系到生物区系与群落的生成、化学元素的分布、海岸与海底地貌的塑造等。这也是海洋一重要特征。地球的“岩石圈”中海洋地壳较重、较薄、较年青,底部有深达 10km 以上的海沟和众多海山,一条  $8 \times 10^4 \text{ km}$  的水下山脉纵贯大西洋和印度洋中部,为大洋中脊,其顶部为中央裂谷。此裂谷是地壳最薄弱处,



有频繁的地震和火山活动,喷涌熔岩形成新地壳向两侧扩张。此裂谷和其他裂谷、海沟把岩石圈分成六大板块和许多小板块,与全球构造运动密切相关。这也是海洋另一重要特征。

全球海洋的中心主体是洋,边缘部分为海,两岸组成世界大洋,平均水深约3.8km,最大水深达11km。海包括边缘海、海峡和海湾,面积近 $4 \times 10^7 \text{km}^2$ ,约占海洋总面积的11%,平均水深约1.5km。环绕大陆的浅海地带为大陆架或陆架,其全球总面积达 $2.71 \times 10^7 \text{km}^2$ ,约占海洋总面积的7.5%,为海面积的2/3略多。临大洋或深海一侧陆架坡折以内的大陆架海域,这一浅海地带是海岸及近海工程运用的范围。作为海洋的组成部分,浅海海域的环境、资源与开发常常是同总体密切联系的,也具有本身的、地区的特点。

## 第一节 浅海环境特征

浅海地带大陆架范围内,特别是海岸带范围内的海域,是深海、大洋环境因素和大陆、高原环境因素会聚并相互作用的场所,其海洋环境险恶、复杂、多变。海洋与大气相互作用给予大气圈活动显著影响,不仅引起浅海地带温度、湿度变化,还带来热带风暴、温带气旋等灾害天气。天体引力形成的潮汐、风暴和地震形成的波浪,都将从大洋、深海传播到浅海地带。在风场和热、盐等作用下,形成的大洋环流也将部分流入南、北浅海地带,成为沿岸暖流或寒流。另一方面,极地的强冷空气常侵袭中、低纬度大陆并进入浅海地带,高原也影响大气环流,带来寒潮、季风。大陆河流输送大量淡水、泥沙、营养盐类和污染物质到浅海地带,浅海地带也是海洋生物活动、聚集、繁衍的重要场所和人类活动最活跃的场所。浅海的海洋开发将受到大陆架和海岸带海洋环境的限制与影响,为其开发服务的海岸及近海工程在浅海环境中建造、生存和工作,要直接承受环境因素的作用,也须完全适应浅海环境的条件,将更