

高等学校水利学科教学指导委员会组织编审

高等学校水利学科专业规范核心课程教材·港口航道与海岸工程

海岸动力学

(第四版)

主编 邹志利 [大连理工大学]

主审 严以新 [河海大学]



人民交通出版社
China Communications Press

高等学校水利学科专业规范核心课程教材

Coastal Hydrodynamics

海岸动力学

(第四版)

(港口航道与海岸工程专业)

主 编 邹志利 [大连理工大学]

主 审 严以新 [河海大学]

人民交通出版社

内 容 提 要

本书为高等学校水利学科专业规范核心课程教材。

本书系统地阐述了海岸水动力和海岸泥沙运动的基本原理。全书共分10章,内容包括海岸动力因素和海岸泥沙运动及岸滩演变两大部分。前者包括海岸波浪、近岸波生流和海岸潮流运动;后者包括沙质海岸和淤泥质海岸的泥沙起动、输沙率和海岸变形等。对海岸地貌特征和海岸防护措施也做了简要介绍。

本书为高等学校港口航道与海岸工程专业本科生教材,也可作为本专业研究人员及研究生和相近专业研究人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

海岸动力学 / 邹志利主编. —4版. —北京: 人民交通出版社, 2009.12

ISBN 978-7-114-08034-0

I. 海… II. 邹… III. 海岸—海洋动力学 IV. P731.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 191639 号

高等学校水利学科专业规范核心课程教材

书 名: 海岸动力学(第四版)

著 者: 邹志利

责任编辑: 钱悦良

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 59757969, 59757973

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京交通印务实业公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 16.25

字 数: 383千

版 次: 1988年12月 第1版

1995年5月 第2版

1999年10月 第3版

2009年12月 第4版

印 次: 2009年12月 第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-08034-0

印 数: 0001~2000册

定 价: 35.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

序

随着我国水利事业与高等教育事业的快速发展以及教育教学改革的不断深入,水利高等教育也得到很大的发展与提高。与20世纪末相比,水利学科专业的办学点增加了将近1倍,每年的招生人数增加了将近2倍。通过专业目录调整与面向新世纪的教育教学改革,在水利学科专业的适应面有很大拓宽的同时,水利学科专业的建设也面临着新形势与新任务。

在教育部高教司的领导与组织下,从2003年到2005年,各学科教学指导委员会开展了本学科专业发展战略研究与制定专业规范的工作。在水利部人教司的支持下,水利学科教学指导委员会也组织课题组于2005年底完成了相关的研究工作,制定了水文与水资源工程,水利水电工程,港口航道与海岸工程以及农业水利工程四个专业规范。这些专业规范较好地总结与体现了近些年来水利学科专业教育教学改革的成果,并能较好地适用不同地区、不同类型高校举办水利学科专业的共性需求与个性特色。为了便于各类港口航道与海岸工程专业学校参照专业规范组织教学,考虑到港口航道与海岸工程专业的特殊性和历史延续性,经水利学科教学指导委员会研究决定,由港口航道与海岸工程专业教学指导分委员会与人民交通出版社共同策划,组织编写出版港口航道与海岸工程专业“高等学校水利学科专业规范核心课程教材”。

核心课程是指该课程所包括的专业教育知识单元和知识点,是本专业的每个学生都必须学习、掌握的,或在一组课程中必须选择几门课程学习、掌握的,因而,核心课程教材质量对于保证水利学科各专业的教学质量具有重要的意义。为此,我们不仅提出了坚持“质量第一”的原则,还通过专业教学讨论、提出,专家咨询组审议、遴选,相关院、系认定等步骤,对核心课程教材选题及其主编、主审和教材编写大纲进行了严格把关。为了把本套教材组织好、编著好、出版好、使用好,我们还成立了高等学校水利学科专业规范核心课程教材编审委员会以及各专业教材编审分委员会,对教材编纂与使用的全过程进行组织、把关和监督。充分依靠各学科专家发挥咨询、评审、决策等作用。

本套教材第一批共规划港口航道与海岸工程专业11种,计划在2010年年底之前全部出齐。尽管已有许多人为本套教材作出了许多努力,付出了许多心血,特别是上一届港口航道与海岸工程专业教学指导分委员会主任委员严以新教授和其他委员,一直关心教材编写和出版情况。但是,由于专业规范还在修订完善之中,参照专业规范组织教学还需要通过实践不断总结提高,加之,在新形势下如何组织好教材建设还缺乏经验,因此,这套教材一定会有各种不足与缺点,恳请使用这套教材的师生提出宝贵意见。本套教材还将出版配套的立体化教材,以利于教、便于学,更希望师生们对此提出建议。

高等学校水利学科教学指导委员会
港口航道与海岸工程专业教学指导分委员会
人民交通出版社
2008年7月

前 言

本教材是为港口航道和海岸工程专业本科生而编写和修订的。教材编写的目标是使新教材能适应培养 21 世纪需要的具有厚基础、宽专业、强能力、高素质的人才。编写中本着突出基础、反映前沿、精练结构、实用教学的原则,使新教材在内容上具有以下特点:

(一)注重反映和介绍当前国际和国内成熟的新的研究成果。

(二)在叙述方式上,注重教学的需要,重视以演绎方式为主的叙述,以使抽象概念的阐述具体化、经验公式的介绍解析化。如对辐射应力这一很抽象的概念,采用了流体力学控制体动量定理进行直观的解释,达到概念清晰、深入浅出的效果;对泥沙输沙率公式等经验性很强的知识,采用了注重分析的方法,如增加了“基于受力分析的推移质输沙率”一小节使知识更具有逻辑性和系统性。

(三)在教材的知识组织中强调了知识的内部结构特征,以达到“结构精练”的目的。在教材内容的编排上,考虑到目前多媒体教学的需要,注重模块化教学,如增加了“概论”一章和将“海岸防护”另设一章。前者涉及教材内容的物理和工程背景(海岸的概念、海岸地貌和海岸动力的介绍);后者涉及教材内容的工程实例。两者都是实物性很强的内容,便于采用多媒体进行直观教学,所以把它们各自单设一章,以便进行专题讲授。除此之外,还注重教材知识的内部逻辑结构,如突出了海岸动力学中所包含的“平衡”与“不平衡”的知识结构特点。在泥沙运动方面,突出了“平衡输沙”和“不平衡输沙”的知识结构;在海岸变形方面,突出了“平衡剖面”、“平衡岸线”和“不平衡剖面”、“不平衡岸线”的知识结构,这是与理论力学和结构力学中包含“静力学”和“动力学”的知识结构类似的。我们相信在教学中突出这些知识结构特点,是会对教学工作有所帮助。

(四)注重学生自学的需要,克服教材编写重视服务于教师的“教”而不强调为学生的“学”(主要是自学)服务的倾向。除在内容叙述上注重分析和系统性(突出重点、照顾全面)外,还增加了配套的例题,也在书后附有主要参考文献,便于学生扩展学习内容和深入研究。除个别例题外,书中各例题都选取了相同的波浪和海岸条件,这样可使各例题从不同侧面展示同一波浪和海岸条件下水动力学特性和泥沙运动特性,使全书例题的内容相互联系,具有系统性。

本书是在原《海岸动力学》第二版和第三版基础上改编修订而成。教材内容变更包括:

(一)将原“绪论”改为“第一章 概论”,并扩增了内容,对“海岸动力学”所涉及的物理和工程背景进行综述。这样做的目的是通过该章先将本研究所面临的问题展现给读者,以使读者“心中有数”,在一开始就对“海岸”有一个总体和直观的了解,激发起学习兴趣。以后各章的内容则是对这些问题的逐步分析、解答。

(二)增加了“近岸水流运动特性”一章,取代“海岸带潮波运动”一章。增加了海岸水流的沿水深分布特征和波浪对其影响,并对有关粘性流体力的概念(摩擦阻力系数、摩阻流速和湍流侧向混合等)进行了综合介绍,这一方面保证了全书内容的系统性,另一方面为后面泥沙运动和波生流知识介绍打下了基础。

(三)在第五章中,增加了“海岸垂向环流”和“海岸低频波浪”两节,使海岸水动力的介绍更加全面。

(四)增加“泥沙基本特性”一章,介绍了“粉沙”等目前新的研究内容。

(五)在第七章中,增加了“平衡输沙与不平衡输沙”一节,突出了“挟沙力”和不平衡输沙等概念,使泥沙运动规律介绍更加全面。

(六)将“海岸防护”另设一章,以便作专题讲解。

(七)对“淤泥质海岸泥沙运动和岸滩演变”一章进行内容整理,使叙述突出重点、简单明了,删减实际应用中不常用的内容。

(八)各章增加例题,以展示有关计算公式具体应用和计算步骤,并对书中知识内容进行补充介绍。

本书主要介绍海岸动力学的基础内容,但考虑对学生的培养强调厚基础与宽口径的要求,也涉及一些比较深入的知识和趣味内容,可供读者自学或安排适当的课堂讲授。如第二章中关于水流中波浪运动、第五章中边缘波等,对这些内容教师可按不同的教学要求和学时情况适当选取,或将内容穿插到其他章节进行综合讲述。

本书在内容上我们力争最大限度的更新,尽量采用新的资料和知识内容,教材内容更新率达50%以上。由于国内外已有了一些海岸动力学教材,所以在重新编写本教材时我们在保持整体思路有所取舍的同时,尽量吸纳一些新的、前沿性的研究成果。

本书各章节中知识内容的原始文献,我们在本书的参考文献中列出,以便参考查阅和了解本学科发展历史。有不少介绍性材料来自一些网站。由于网站内容很难保证是否直接由其他文献转录过来,所以没有列入参考文献。由于类似原因,虽然我们尽量争取追溯到原始文献。但仍无法保证文献或资料来源引用会达到完全准确无误,如果读者发现存在这种疏漏,希望及时指正,以便再版时补上。

本教材编写由来自4所本科院校的教师完成。主编为大连理工大学邹志利,主审为河海大学严以新。邹志利编写第一、四、五、七、十章和负责提供例题及增改习题。重庆交通大学周华君编写第二、三章,天津大学张庆河编写第六、九章,河海大学郑金海编写第八章。最后由邹志利统稿整理。

本教材的编写得到了大连理工大学2009年教育教学改革基金资助,得到了河海大学港口航道与海岸工程国家特色专业、港口海岸及近海工程国家重点学科建设经费部分资助,在此表示感谢。

限于编者水平,本书如有错误和不足之处,敬请读者指正。

目 录

第一章 概论	1
第一节 引言.....	1
第二节 海岸类型和基本概念.....	1
第三节 海岸地貌特征.....	6
第四节 河口地貌特征	12
第五节 海岸侵蚀和淤积	13
第六节 海岸动力因素	15
第七节 海岸工程	23
第八节 本课程的研究内容和方法	24
思考题和习题	27
第二章 波浪理论	28
第一节 概述	28
第二节 微幅波理论	32
第三节 斯托克斯波理论	45
第四节 浅水非线性波理论	49
第五节 随机波浪理论简介	54
思考题和习题	61
第三章 波浪传播和破碎	63
第一节 波浪边界层和底摩擦力	63
第二节 波浪浅水变形、折射和绕射	68
第三节 水流对波浪运动的影响	75
第四节 波浪破碎	77
思考题和习题	81
第四章 近岸水流运动特性	83
第一节 潮波运动简介	84
第二节 水流速度垂向分布	94
第三节 波浪对水流垂向分布的影响	98
第四节 波浪和水流共同作用的底摩擦力.....	101
思考题和习题.....	105
第五章 海岸波生流	107
第一节 波浪破碎引起的动量转移.....	107
第二节 辐射应力表达式.....	110
第三节 波浪增水和减水.....	112
第四节 平直海岸沿岸流.....	116

第五节	裂流和近岸环流的产生机理	123
第六节	海岸垂向环流	126
第七节	海岸低频波浪	129
	思考题和习题	132
第六章	泥沙基本特性	134
第一节	沙质泥沙特性	134
第二节	粘性泥沙特性	139
第三节	粉沙特性	143
第四节	泥沙运动方式	143
	思考题和习题	145
第七章	沙质海岸泥沙运动	146
第一节	泥沙起动	146
第二节	沙纹和沙纹上泥沙运动	152
第三节	推移质输沙率	159
第四节	悬移质含沙量和输沙率	169
第五节	全沙输沙率	174
第六节	平衡输沙与不平衡输沙	177
第七节	沿岸输沙	182
	思考题和习题	187
第八章	沙质海岸形态和变形	189
第一节	海岸剖面形态	189
第二节	海岸平面形态	197
第三节	海岸变形的计算	206
	思考题和习题	215
第九章	淤泥质海岸泥沙运动和岸滩演变	217
第一节	淤泥流变特性	217
第二节	粘性细颗粒泥沙运动规律	219
第三节	淤泥质海岸地形变化	223
第四节	港池和航道回淤计算	225
	思考题和习题	230
第十章	海岸防护	231
第一节	海岸硬防护	231
第二节	海岸软防护	237
第三节	海岸保护措施的组合应用	240
第四节	海岸变形的估计方法	242
	思考题和习题	245
	参考文献	247

第一章 概 论

第一节 引 言

我国海岸线长 18000km,拥有约 37 万平方公里的领海和约 300 万平方公里的海洋专属经济区。沿海地区城市化程度高、人口密集、经济发达。占陆域国土 13% 的沿海经济带,承载着全国 40% 左右的人口,创造全国 60% 左右的国民经济产值。这些发展对海岸带资源环境有极大的依赖性,也使海岸承受沉重的环境压力,导致我国海岸面临严重挑战。

通过全国海岸带及海涂资源综合调查,海岸带宽度按从海岸线向内陆扩展 10km,向外海延伸到 -15 ~ -20m 水深计算,得到全国海岸带面积约 $2.5 \times 10^5 \text{ km}^2$,其中潮上带(平均高潮位以上)占 37%,潮间带(平均高、低两潮位之间)占 7%,潮下带(平均低潮位以下)占 56%。潮间带海涂资源丰富,面积 $2 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。从全国来看,山东海岸线最长、福建次之,都超过 3000km;海岸带面积江苏最大、山东第二,都超过 $4.5 \times 10^4 \text{ km}^2$,其中海涂面积江苏和山东分别为 5000 和 3000 km^2 以上;海岸带宽度上海和江苏最大,都超过 50km。

关于海岸的研究在 19 世纪还处于地形描述和资料积累的阶段。20 世纪初海岸发育的基本概念开始建立,20 世纪 40 年代以来,随着军事和海岸工程建设的需要,海岸工程研究进入海岸动力机制的研究阶段,从第二次世界大战以后开始形成为一门独立的学科,1950 年的第一届国际海岸工程会议首次提出了海岸工程这一概念。之后,海岸工程有了较快的发展。近年来,随着科学技术的快速发展,通过采用新的物理模型实验技术和运用计算机进行数值模拟,海岸研究正向逐渐成熟的理论系统发展。

我国于 20 世纪 50 年代中期,逐步开展了海岸动力过程的研究工作。1964 年在浙江温州进行了我国海岸带第一次调查试点。1979 年在温州开展全国海岸带和海涂资源综合调查试点。1980 年后逐步在沿海各省市开展“全国海岸带和海涂资源综合调查”。目前,我国海岸研究已经积累了大量资料,对海岸发育过程和海岸演变规律,特别是对淤泥质海岸研究也已取得丰硕研究成果。

第二节 海岸类型和基本概念

一、海岸的类型

按照岸滩的物质组成可将海岸作以下分类:

1. 基岩海岸

海岸由岩石组成。基岩是被海浪冲击形成的海蚀岩台等海蚀地貌,包括海蚀洞(穴)、海



蚀拱桥、海蚀崖、海蚀平台和海蚀柱(图 1-1)。基岩海岸的特征是:岸线曲折、湾岬相间;岸坡陡峭、滩沙狭窄。一些山丘形成海岬,山丘之间的低地形成海湾,岸线弯曲,这种海岸称港湾海岸。此类海岸水深较大、掩蔽良好、基础牢固,可以选作兴建深水泊位的港址。

基岩也有以断层控制的海岸,称为断层海岸,该海岸岸线平直,岸坡陡峭。我国台湾省东海岸属于这种类型。如果断层多次活动,海岸上升,在断层崖上可以保存不同时期海面的海蚀穴。



图 1-1 基岩海岸(大连金石滩)

我国基岩海岸总长度达 5000 多公里,占大陆岸线总长度的 1/4 以上,分布较广,特别是辽宁、山东、浙江、福建、广东、海南和广西等省(区)以及台湾的东、北海岸。其中浙江、福建所占基岩海岸最长,分别为 750km 和 620km,占本省岸线总长的 42% 和 20%。



图 1-2 沙质海岸

2. 沙质海岸

沙质海岸由砂、砾、粗砾、卵石等粗颗粒物组成。沙质海岸的特征是:岸线平顺、岸滩较窄、坡度较陡,常伴有沿岸沙坝、潮汐通道和泻湖(图 1-2)。此类海岸常是发展旅游、渔港的良好场所。

我国沙质海岸主要分布在辽宁(辽东半岛部分岸段、辽东湾西侧)、河北(滦河口三角洲)、山东(山东半岛北部)、江苏(海州湾北部)、浙江与福建(部分海湾顶部)、广东(粤东)、广西(部分岸段)和台湾(西海岸)、海南(东、南、西海岸)以及一些岛屿。辽宁所占砂砾质海岸最长,为 850km,占全省岸线总长的 43%。

3. 淤泥质海岸

淤泥质海岸由粒径为 0.01 ~ 0.03mm 的淤泥、粉沙、粘土等细颗粒物组成(图 1-3)。淤泥质海岸主要分布在泥沙供应丰富而又比较掩蔽的堆积海岸段,如大河下游平原、构造下沉区。淤泥质海岸主要特征是:岸线平直、一般位于大河河口两侧;岸坡坦缓、潮滩发育好、宽而分带;潮流、波浪作用显著,以潮流作用为主;潮滩冲淤变化频繁、潮沟周期性摆动明显。

我国淤泥质海岸总长达 4000km 以上,约占全国海岸线长度的 1/4 左右。主要分布在河北与天津(渤海湾)、山东(黄河三角洲、莱州

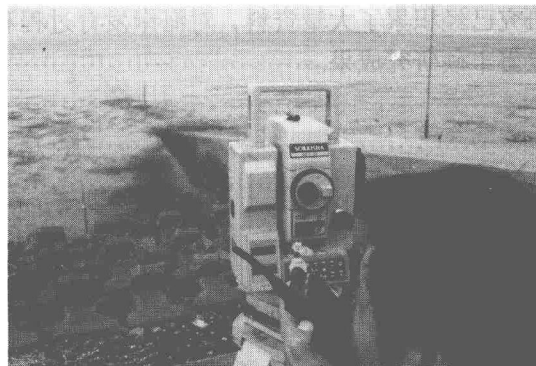


图 1-3 淤泥质海岸

湾)、江苏(废黄河三角洲、南黄海辐射沙洲)、上海(长江口、杭州湾)、浙江(杭州湾、钱塘江口、浙东海湾内与中、小河口)、福建(闽江口以北、多数港湾内)、广东(韩江三角洲、珠江三角洲)。江苏所占粉沙淤泥质海岸最长,为 880km,占本省岸线总长的 93%。

这些淤泥质海岸按地貌形态特点还可分成平原型(如苏北海岸)、河口湾型(如杭州湾、珠江口伶仃洋沿岸)、港湾型(如闽北罗源湾)等类型。其中平原型淤泥质海岸以渤海湾海岸最为典型。渤海湾沿岸是宽广的黄河三角洲冲积平原和滦河三角洲冲积平原,有两列绵延数十公里的贝壳堤及一些废弃河道、牛轭湖、盐渍洼地,地势平坦。沿岸平原外缘有 4~6km 宽的潮滩,坡度为 0.03%~0.1%,潮滩上形成大量泥质沉积层,它们主要来自黄河和海河。水下岸坡坡度非常平缓,水深 0~15m 的坡度为 0.021%,水下岸坡的沉积物在岸边为粉沙,向海逐渐变细,至水深 5m 处为直径 0.005mm 的粘土和细粉沙,在潮流作用下发育潮流沙脊。

淤泥海岸滩涂资源丰富,有利于发展海洋水产养殖、发展海涂围垦成陆用于开发农业与盐业或畜牧业等其他产业。有些掩蔽良好的河口、港湾和其他潮汐通道(如江苏辐射沙洲黄沙洋和西洋)常能兴建大型深水港(如黄沙洋和西洋可建 5~20 万吨级泊位)。

4. 生物海岸

生物海岸包括红树林海岸和珊瑚礁海岸。

红树林海岸为生长着耐盐、繁茂的红树林的海岸(图 1-4)。红树林生长在热带和亚热带的潮滩上,热带海区 60%~70% 的岸滩有红树林分布。

红树林是公认的“天然海岸卫士”,其特点是根系发达、树冠茂密,不但有防风、防浪、保护海岸的作用,而且还有减弱潮流、促进淤积和加速海岸扩展的作用。此类海岸除能有效地保护堤防外,也是海洋生物繁衍的优良场所,对促进海洋生态良性循环、维护海洋生态平衡具有特殊作用,合理开发利用其丰富资源时,应予以妥善保护。

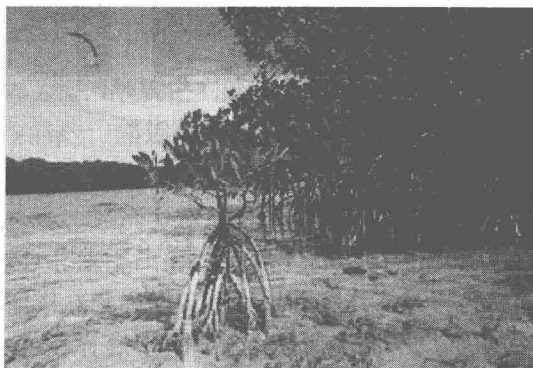


图 1-4 红树林海岸

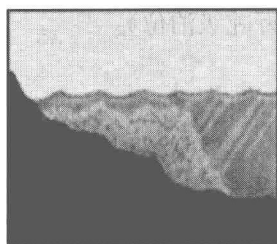
我国红树林海岸主要分布在福建福鼎以南各省(区),人工引种可向北延伸到浙江苍南(北纬 28°)。海南岛的红树林种类较多,树型也较高大,如海南岛东北部和北部的东寨港、清栏港、儋县等地的树高可达 5~10m,个别超过 15m。向北随着气温的降低,红树种类减少,树型也变得低矮稀疏,到了北纬 70°左右的福建北部福鼎附近海岸,树高只有 1m 左右,成为灌木丛林。福建和广东、广西的红树林海岸总长约 400 多公里,占三省(区)岸线总长的 6% 以内。但目前我国红树林从 20 世纪 50 年代的 5 万公顷降为目前的 1.5 万公顷,已丧失 70% 以上。

珊瑚礁海岸是由珊瑚礁构成的海岸。珊瑚礁是以石珊瑚骨骼为主体,混合其他生物碎屑(如石灰藻、层孔虫、有孔虫、海绵、贝类等)所组成的生物礁,如图 1-5 所示。珊瑚礁按其形态和所处位置可分成:岸礁(礁坪贴近海岸)、离岸礁(礁体与岸之间有一定水深的海面)和环礁(礁体呈环状堆积,中间有泻湖)等类型。

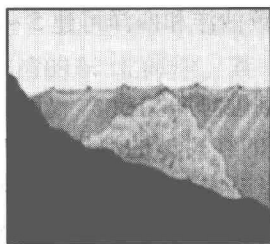
珊瑚礁(岸礁)有削弱波能及保护海岸的作用。波浪进入岸礁带,波浪多发生破碎,能量逐步消减,海岸便得到保护。此类海岸也是鸟类和其他生物赖以在海域中栖息的场所。珊瑚



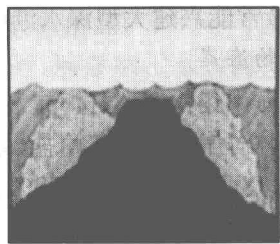
岛礁还可成为海运补给与救捞基地、海洋研究基地、海洋开发(渔业、采油与采矿业)基地,也能成为海防前哨。



a) 岸礁



b) 离岸礁



c) 环礁

图 1-5 珊瑚礁海岸

我国珊瑚礁海岸主要分布在南海诸岛、台湾与澎湖列岛沿岸和广东、广西沿岸。

二、海岸的基本概念

海岸是海洋和陆地相互接触和相互作用的地带,包括遭受波浪为主的海水动力作用的广阔范围,即从波浪所能作用到的海底,向陆延至暴风浪所能达到的地带。海岸以外是大陆架上的离岸水域,如图 1-6 所示。

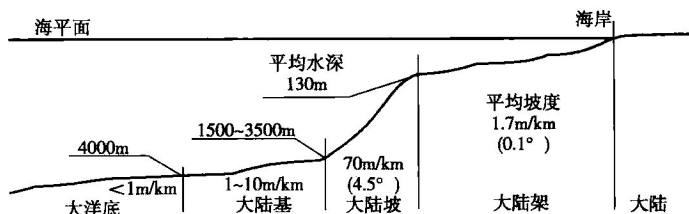


图 1-6 大陆架剖面

大陆边缘在地貌上由陆向洋分成三个部分,即大陆架、大陆坡和大陆基。靠近海岸的海域底坡一般比较平缓,直到水深 200m 处,平均坡度为 $7'$,称为大陆架。其范围自低潮线起到海底向海方向坡度迅速变陡处(称为大陆坡折线或大陆架外缘)为止。大陆架上常有油气资源分布,许多著名的大油田均位于大陆架海域。大陆架以外为大陆坡,它的范围直到水深 2000m 处,平均坡度为 4° 左右。大陆架和大陆坡面积分别占海洋总面积 7.6% 和 8.5% 。

陆地与海水的边界称为海岸线。由于受潮汐风浪等的影响,海面高程不断变化,所以海岸线位置不是固定的,移动范围各地不同。海岸的形态还依赖于组成海岸的物质(沙或淤泥)。对沙质海岸,如图 1-7 所示,在垂直于岸线的海岸横剖面上,海岸由下列组成部分:

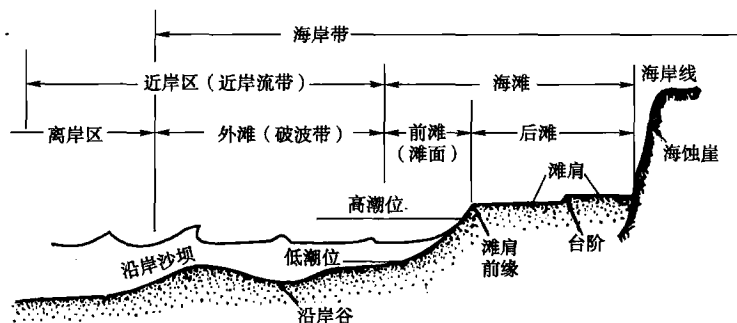


图 1-7 海岸带横断面图

(1) 海滩 (shore), 也称海滨。从低潮线向上直至地形上显著变化的地方(如海崖、沙丘等), 包括后滩和前滩。也有人认为海滩尚应包含与海滩发育过程密切相关的水下部分。

(2) 滩肩 (berm)。海滩上缘近乎水平的部分, 其为常浪情况波浪作用下形成的粗颗粒泥沙的堆积体。

(3) 后滩 (backshore)。由海崖、沙丘向海延伸到前滩的后缘, 其上发育暴风浪所形成的滩肩, 有高度不大的陡坎或陡坡。滩肩向海一侧的边界为海滩坡度突变处, 称为肩顶或滩肩前缘。

(4) 前滩 (foreshore)。滩肩顶至低潮线之间的滩地。邻近肩顶的前滩部分, 通常坡度较陡, 也称滩面。

(5) 外滩 (inshore)。破波点到低潮线之间的滩地。这部分海底长期处于水下, 不断受破碎波的作用, 泥沙运动强烈。有些外滩存在水下沙坝和水下浅槽。

(6) 离岸区 (offshore)。破波带外侧延伸到大陆架边缘的区域。

(7) 溅浪带 (swash zone)。岸线上下被破碎波浪爬坡运动覆盖和被回流运动暴露的区域。

(8) 破波带 (surf zone)。破碎波浪所形成的由破碎波构成的条形带, 其从破碎点开始延伸到溅浪带上边界。

(9) 近岸区 (near shore)。包括海滩和下水泥沙活动的地带, 边界约在水深 10 ~ 20m 的范围内。

(10) 海岸带 (coast)。范围从波浪所能作用到的海底, 向陆延至暴风浪所能达到的最上界限。

淤泥质海岸的剖面具有与沙质海岸的剖面不同的特点。淤泥质海岸从陆到海由三部分组成:

(1) 潮上带。位于平均大潮高潮位以上, 特大潮汛或风暴潮时海水可到达的范围。该带地势微有起伏, 低洼地分布其间, 有暴风浪作用和流水痕迹。盐沼地上生长有稀疏的耐盐植物。

(2) 潮间带。为平均大潮高潮位到平均大潮低潮位之间的海水活动地带, 即高潮被淹, 低潮露出的海涂(潮滩)。此带泥沙活动频繁, 侵蚀、淤积变化复杂, 潮滩上留有由落潮水流冲刷而成的树枝状潮水沟, 以及由波浪侵蚀成的坑洼。各地潮间带宽度不一, 一般为几公里, 最宽的可超过 10km。

(3) 潮下带。在平均大潮低潮位向海一侧, 为潮滩的延伸部分。其组成物质较细, 水下岸



坡平缓,等深线延伸方向与岸近于平行。

第三节 海岸地貌特征

海岸地貌 (coastal morphology) 是由波浪、潮汐、海流、风和生物等作用,在地壳运动、构造、岩性等因素影响下所形成的海岸水底地表形态。图 1-8 汇总了各种类型的海岸地貌,图 1-9 给出了各种类型的海岸地貌的空间和时间尺度,图 1-10 为我国滦河口海岸地貌的一个实例。

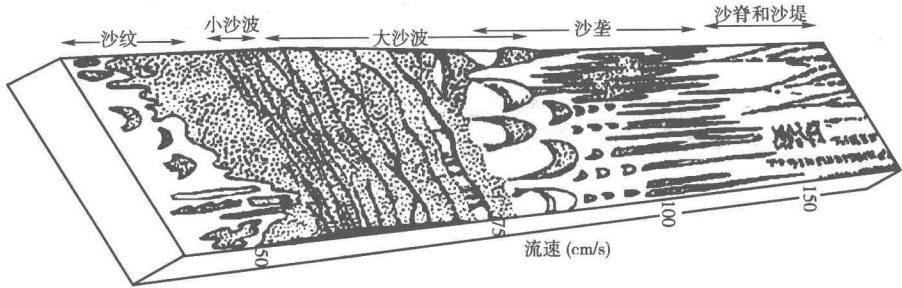


图 1-8 海岸地貌的类型

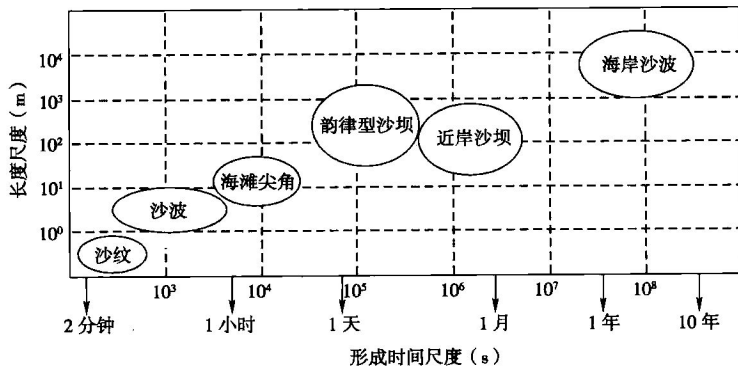


图 1-9 各种类型海岸地貌的空间尺度和时间尺度

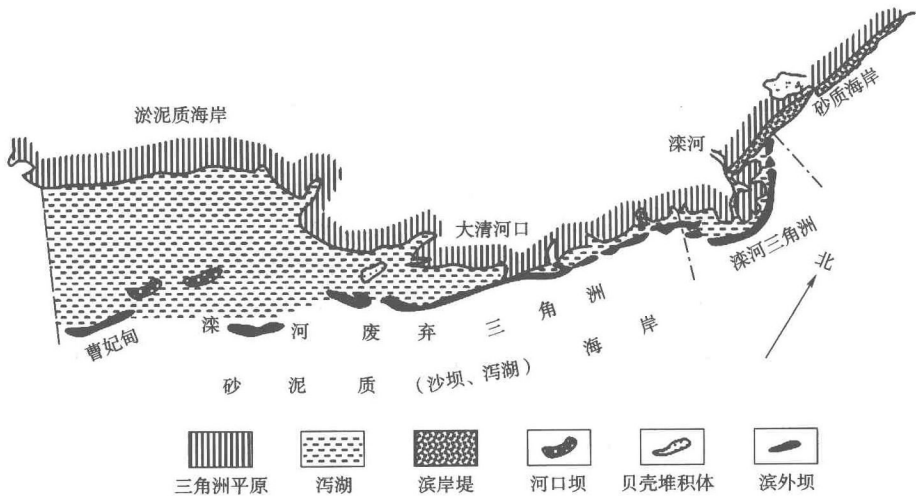


图 1-10 滦河口海岸地貌 (大港油田、武汉地质学院, 1985)

一、海岸剖面的地貌形态

海岸剖面的地貌形态是由泥沙横向(垂直岸线方向)运动所导致,其典型形态为水下沙坝。沙坝多数情况是一两条,如图 1-11 和图 1-12 所示。但在有些海岸也可能出现多条沙坝,如图 1-13 所示。

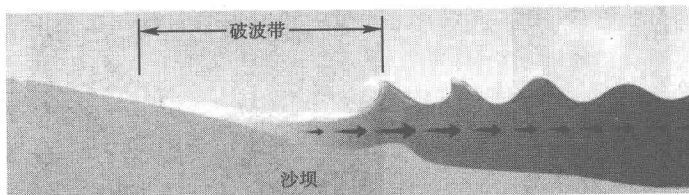


图 1-11 海岸沙坝



图 1-12 两条沙坝(荷兰 Noordwijk 海岸,
F. R. Prats, 2003)

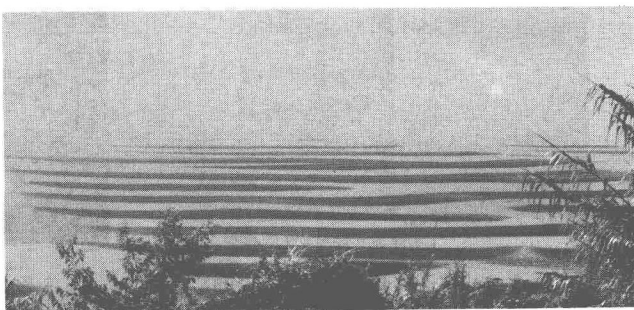


图 1-13 多条海岸沙坝(日本熊本海岸)

出现一条或两条沙坝一般是由于海岸波浪破碎所引起。当浅水波发生破碎时,倾翻的水体强烈冲掏海底,搅动起大量的泥沙。由于破波带存在很强的向海流动的海底回流(undertow),由波浪破碎搅动起的泥沙会随海底回流向海流动。经过波浪破碎点,进入到破波带外后,波浪不再破碎,随海底回流运动的泥沙会沉积下来,大部分堆积在破碎点的靠陆侧,形成水下沙坝。在平缓海岸,波浪首次破碎后形成的破碎波可重新形成新的波浪,而后可发生第二次或更多次破碎。当存在两个波浪破碎点时,将产生两条沙坝。但产生更多条沙坝的原因目前还不十分清楚。

上述水下沙坝是一种大致与岸线平行的长条形水下堆积体。但也存在其他形状的沙坝,如图 1-14 所示的韵律型沙坝和图 1-15 所示的倾斜的沙坝。韵律型沙坝的波长从几十米到几百米,它可由平行岸线的直线型沙坝转化而形成。沿海岸移动的倾斜沙坝也称为海岸沙波。

除沙坝外,与海岸平行的狭长沙质堆积体还有沙堤。有的沙堤沿海岸分布在高潮线以上,称滨岸沙堤。它们的走向与海岸平行,高度不大。每条堤代表了当时的海岸线位置。它的形成过程和沙岛相似,最初是外滩水下沿岸沙坝,以后在高潮水位和特大风暴中增高,低潮水位时露出水面,把原来的海滩隔离起来。有的沙堤呈连续或间断地分布在岸外海滨,被泻湖与陆地隔开,称为岸外沙堤(参见图 1-18)。沿岸沙堤一般由砾石或贝壳构成,很少由沙构成,因为细颗粒泥沙均被暴风波卷往深水中去了。



我国江苏海岸存在数条滨岸沙堤,其中以西冈、中冈和东冈最为有名,成为不同时期海岸线的自然标志。

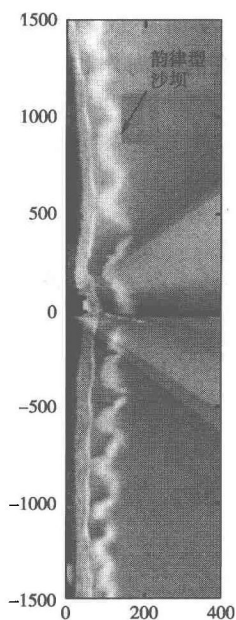


图 1-14 韵律型沙坝(单位:m)
(美国大西洋海岸)



图 1-15 倾斜的海岸沙坝
(德国 Sylt 岛海岸, Yoyold 等, 2002)

二、海岸地貌的平面形态

海岸地貌的平面形态是由泥沙纵向(沿岸方向)运动所导致,其形态主要包括:沙嘴、泻湖、岬角、连岛沙洲、韵律岸线及沙脊等。

1. 沙嘴(spit)

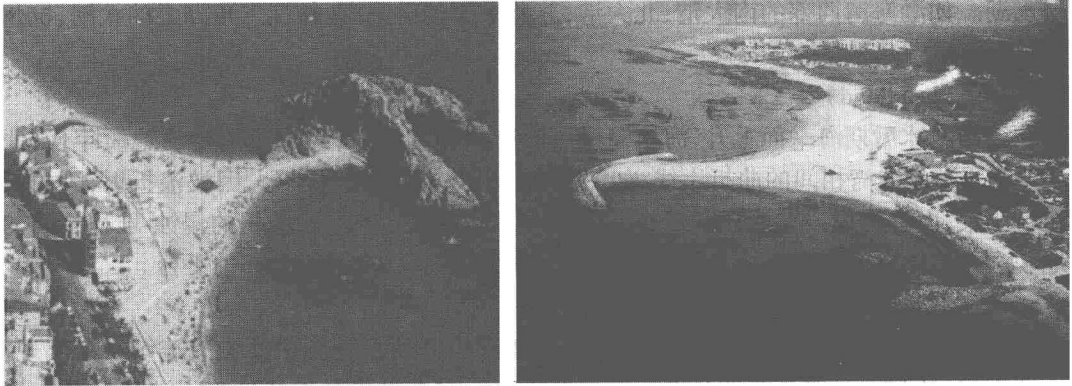
沙嘴是沿岸漂移的沙砾组成的狭长堆积体,它根部与海岸相接,而头部则是自由地向海中逐渐伸长,发展方向与沿岸输沙占优势的方向相同,并且是临近海滩的延续,如图 1-16 所示。在岬角、海湾毗连的岩石岸段,常有沙嘴发育。沿岸漂移的泥沙绕过突然转折的岸段,一部分泥沙逐渐沉积下来,形成一端衔接海岸,一端沿着漂移方向伸延入海的狭长堆积地貌。沙嘴若发生在湾口,则可以发展成为拦湾坝,有时可将海湾封死。



图 1-16 沙嘴(台湾福隆湾)

2. 连岛沙洲 (tombolo)

当岸外存在岛屿时,受岛屿遮蔽的岸段形成波影区,外海波浪遇到岛屿时发生折射或绕射,进入波影区后因波能减弱,沿岸输沙能力减弱,故泥沙流容量降低,沿岸移动的部分泥沙在岸边堆积下来形成向岛屿伸出去的沙体(沙颈岬)。同时,在岛屿的向陆侧也会发生向陆延伸的泥沙堆积。当两个方向发育的沙体相连接时就形成连岛坝,使岛屿与陆地或岛屿与岛屿连接起来,如图 1-17 所示。面积大的连岛坝称为连岛沙洲,如我国山东芝罘岛的连岛沙洲。



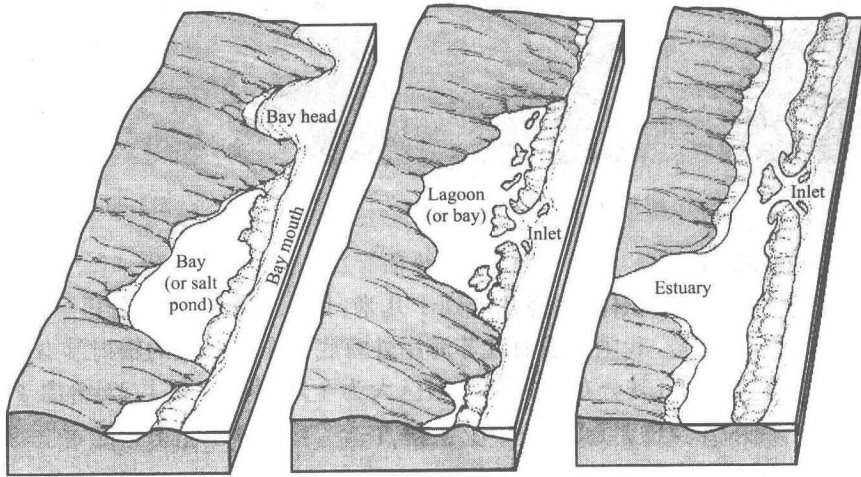
a) 连岛坝 (西班牙 Blanes)

b) 连岛沙洲 (葡萄牙里兹木)

图 1-17 连岛沙洲

3. 泻湖 (lagoon)

泻湖是海岸地带由堤岛或沙嘴与外海隔开的平静的浅海水域。泻湖和外海之间常有一条或几条水道沟通,如图 1-18 所示。由于泻湖地处海陆相交的特殊地带,受河流和海水的共同影响,因而在水文特征和沉积作用上都具有特殊性。沙堤和沙嘴构成泻湖的屏障,形成沙堤-泻湖海岸。



a) 封闭泻湖

b) 沙嘴泻湖

c) 堤岛泻湖

图 1-18 泻湖