

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 and 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 摇摇摇摇论

## 第一节 摇摇引摇摇言

我国海岸线长 1.9 万公里,拥有约 300 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 1/3 的沿海经济带,承载着全国 1/3 左右的人口,创造全国 1/3 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 100 米,向外海延伸到 10 米水深计算,得到全国海岸带面积约 100 万平方公里,其中潮上带(平均高潮位以上)占 1/3,潮间带(平均高、低两潮位之间)占 1/3,潮下带(平均低潮位以下)占 1/3。潮间带海涂资源丰富,面积 100 万平方公里。从全国来看,山东海岸线最长、福建次之,都超过 3000 公里,海岸带面积江苏最大、山东第二,都超过 100 万平方公里,其中海涂面积江苏和山东分别为 100 万和 100 万平方公里以上,海岸带宽度上海和江苏最大,都超过 100 米。

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 50 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,1954 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。1954 年在浙江温州进行了我国海岸带第一次调查试点。1958 年在温州开展全国海岸带和海涂资源综合调查试点。1960 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 摇摇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 1-1-1)。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 1-1-1 基岩海岸(大连金石滩)

我国基岩海岸总长度达 2000 多公里,占大陆岸线总长度的 1/3 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 2000 米和 1500 米,占本省岸线总长的 1/3 和 1/4。



图 1-1-2 沙质海岸

### 圆沙质海岸

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 1-1-2)。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 1500 米,占全省岸线总长的 1/3。

### 淤泥质海岸

淤泥质海岸由粒径为 0.005~0.075 毫米的淤泥、粉沙、

粘土等细颗粒物组成(图 1-1-3)。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 15000 米以上,约占全国海岸线长度的 1/3 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 1-1-3 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 1000 公里,占本省岸线总长的 1/3。

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。沿岸平原外缘有宽 100 米左右的潮滩,坡度为 1:1000~1:500,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 10 米处的坡度为 1:1000,水下岸坡的沉积物在岸边为粉沙,向海逐渐变细,至水深 10 米处为直径 0.075 毫米的粘土和细粉沙,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、发展海涂圈围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 10 万吨级泊位)。

### 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 1-1)。红树林生长在热带和亚热带的潮滩上,热带海区 10°N~25°N 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 1-1 红树林海岸

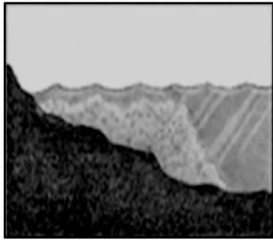
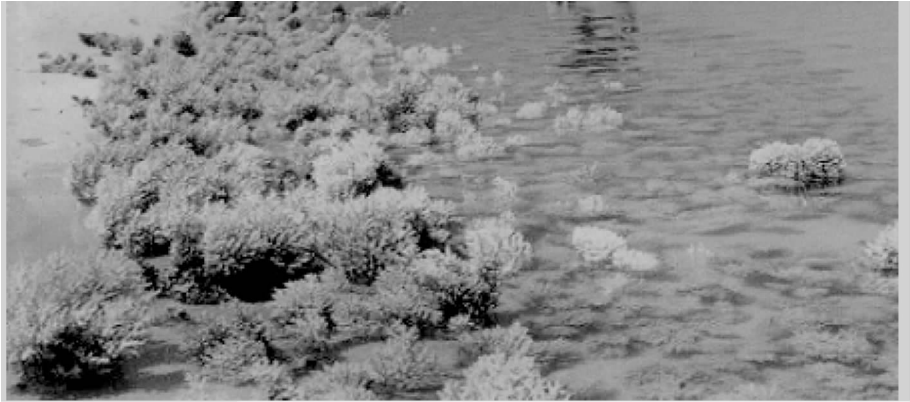
我国红树林海岸主要分布在福建福鼎以南各省(区),人工引种可向北延伸到浙江苍南(北纬 27°30′)。海南岛的红树林种类较多,树型也较高大,如海南岛东北部和北部的东寨港、清栏港、儋县等地的树高可达 20 米,个别超过 30 米。向北随着气温的降低,红树种类减少,树型也变得低矮稀疏,到了北纬 25°左右的福建北部福鼎附近海岸,树高只有 10 米左右,成为灌木丛林。福建和广东、广西的红树林海岸总长约 1000 多公里,占三省(区)岸线总长的 1/3 以内。但目前我国红树林从 19 世纪 50 年代的 10 万公顷降为目前的 1 万公顷,已丧失 90% 以上。

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 1-2 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。

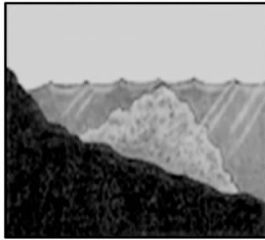
珊瑚礁(岸礁)有削弱波能及保护海岸的作用。波浪进入岸礁带,波浪多发生破碎,能量逐步消减,海岸便得到保护。此类海岸也是鸟类和其他生物赖以在海域中栖息的场所。珊瑚



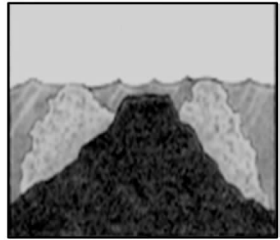
岛礁还可成为海运补给与救捞基地、海洋研究基地、海洋开发(渔业、采油与采矿业)基地,也能成为海防前哨。



a) 岸礁



b) 离岸礁



c) 环礁

图 5.1.1 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 5.1.2 所示。

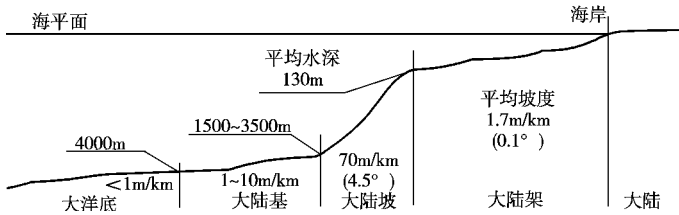


图 5.1.2 大陆架剖面

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 130m 处,平均坡度为 0.1°,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 70m 处,平均坡度为 4.5°左右。大陆架和大陆坡面积分别占海洋总面积 27% 和 15%。

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 1-1 所示,在垂直于岸线的海岸横剖面上,海岸由下列组成部分:

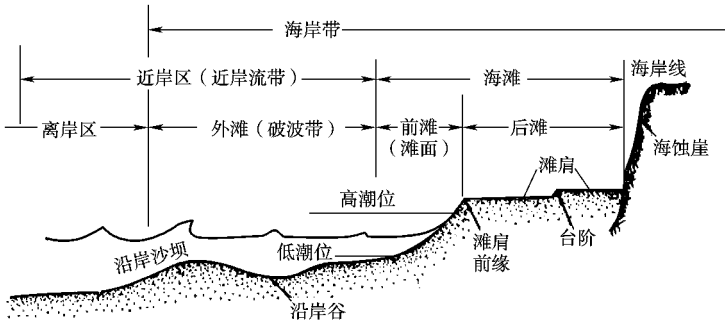


图 1-1 海岸带横断面图

(员) 海滩(滩面),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。

(圆) 滩肩(滩堤)。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。

(猿) 后滩(滩背)。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。

(源) 前滩(滩面)。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。

(缘) 外滩(滩堤)。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。

(远) 离岸区(滩背)。破波带外侧延伸到大陆架边缘的区域。

(苑) 溅浪带(滩背)。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。

(愿) 破波带(滩背)。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。

(怨) 近岸区(滩背)。包括海滩和水下泥沙活动的地带,边界约在水深 10~15 米的范围内。

(员) 海岸带(滩背)。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:

(员) 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。

(圆) 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 10 公里。

(猿) 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(精)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。图总结了各种类型的海岸地貌,图给出了各种类型的海岸地貌的空间和时间尺度,图为我国滦河口海岸地貌的一个实例。

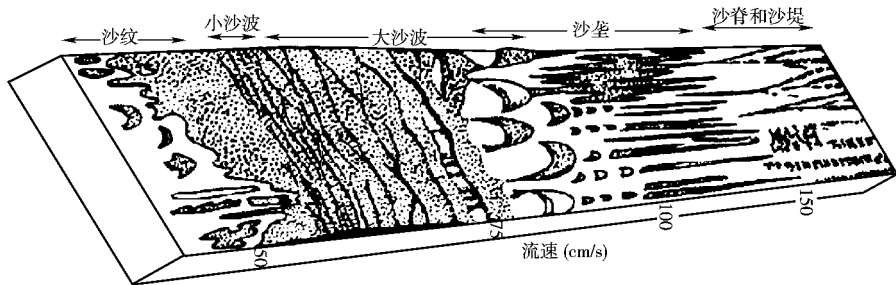


图 各种海岸地貌的类型

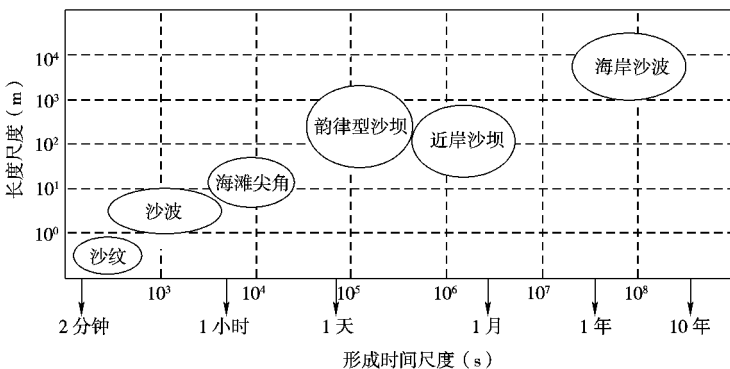


图 各种类型海岸地貌的空间尺度和时间尺度

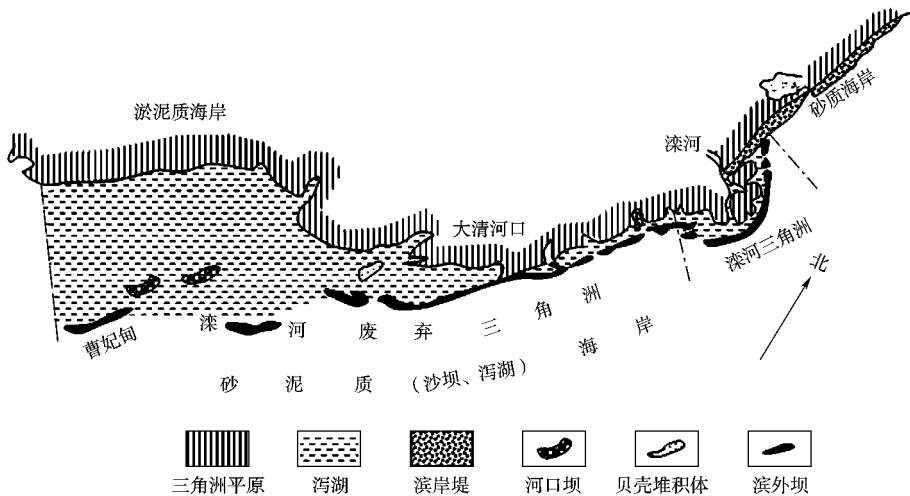


图 我国滦河口海岸地貌(大港油田、武汉地质学院)

## 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 1-1-1 和图 1-1-2 所示。但在有些海岸也可能出现多条沙坝,如图 1-1-3 所示。

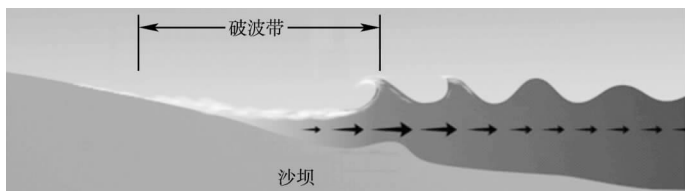


图 1-1-1 海岸沙坝



图 1-1-2 两条沙坝(荷兰 莱顿海岸, 摄于 1950 年)



图 1-1-3 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(见图 1-1-4),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 1-1-5 所示的韵律型沙坝和图 1-1-6 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 1-1-7)。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。

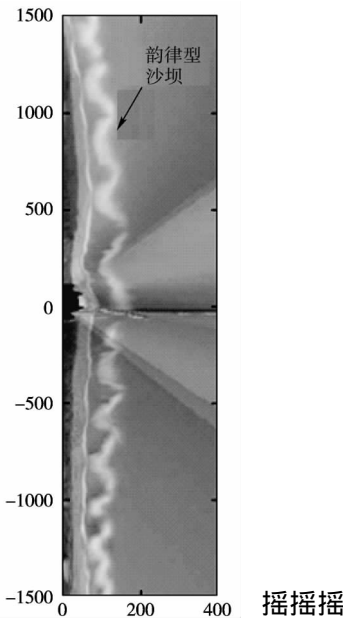


图 1 韵律型沙坝(单位:米)  
(美国大西洋海岸)



图 2 倾斜的海岸沙坝  
(德国赫利戈兰海岸,再德等,1974)

## 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。

### 沙嘴(岬嘴)

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 3 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 3 沙嘴(台湾福隆湾)



### 连岛沙洲 (连岛沙洲)

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 1-10 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)

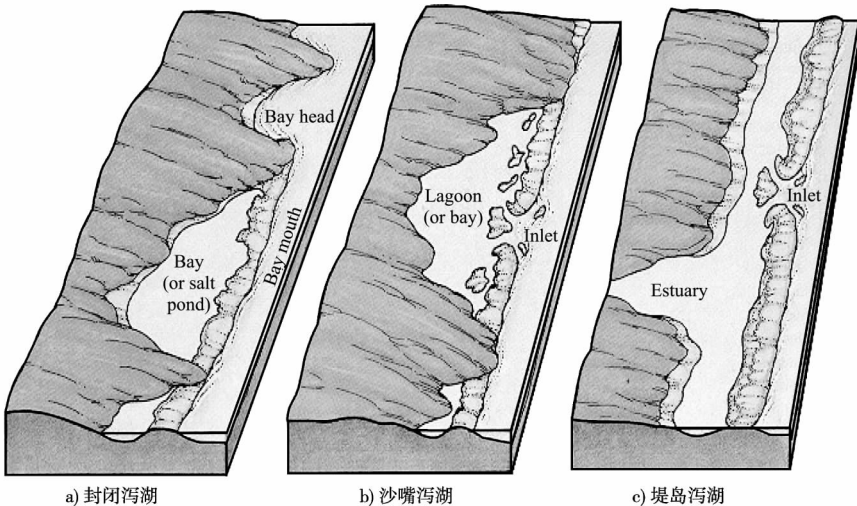


b) 连岛沙洲 (葡萄牙里兹木)

图 1-10 连岛沙洲

### 泻湖 (泻湖)

泻湖是海岸地带由堤岛或沙嘴与外海隔开的平静浅海水域。泻湖和外海之间常有一条或几条水道沟通,如图 1-11 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,形成沙堤型泻湖海岸。



a) 封闭泻湖

b) 沙嘴泻湖

c) 堤岛泻湖

图 1-11 泻湖



泻湖分布广泛,它较多分布于波能较低或中、弱潮的海岸地带。泻湖海岸大约占世界海岸线总长度的  $\frac{1}{5}$ 。美国东海岸、墨西哥湾沿岸、欧洲的北海海岸、波罗的海南部海岸、黑海、地中海沿岸、非洲西部海岸、南美洲东部海岸、澳大利亚南部海岸、印度、日本等海岸都有泻湖发育。

我国不同类型的海岸地带也有泻湖分布。山东半岛和广东的一些泻湖,多在港湾基础上和沿岸泥沙漂运丰富的条件下形成,如山东荣成县的马山湾、广东陆丰的甲子港、电白的水东港、海南岛文昌县的清澜湾、万宁的小海、陵水的新村港等。我国低平原海岸,历史时期也曾有过由堤岛阻隔而成的泻湖,后因河流带来丰富的泥沙,使海岸推展,只留有泻湖残迹,或已转化为淡水湖。如渤海湾西部的南大港、北大港,苏北平原的射阳湖,长江三角洲上的太湖,杭州的西湖等。

### 岬角(岬角)

在第四纪冰后期海平面上升,海水淹没了沿岸山谷和河口,经过了一定的地质年代,便产生了岬角,形成港湾相间的曲折岸线,如图 1-10 所示。在这类海岸上,因波浪折射,岬角段波浪能量辐聚,而港湾岸段波能相对较小,产生岬角岸段侵蚀、港湾岸段堆积的侵蚀堆积相间的海岸地貌。在侵蚀岸段有多种多样的地貌形态,包括海蚀洞、海蚀陡崖、海蚀平台。

### 韵律海岸(韵律海岸)

具有周期变化波形的海岸称为韵律海岸,如图 1-11 所示。图中沙尖成连续系列出现,具有比较均匀的间距,一般具有新月形。这种谐律地形在全世界各地的平直岸滩特别是在海湾内的海岸均有发现。它的成因说法不一,有的可能与边缘波有关,有的可能与裂流有关。



图 1-10 岬角



图 1-11 韵律海岸(墨西哥)

### 沙脊(沙脊)

沙脊是海岸大型水下堆积体,它高几米到十几米,长几公里到几十公里。图 1-12 给出了渤海老铁山水道的沙脊群。我国南黄海江苏海岸外海底分布有巨大的辐射沙脊群。沙脊群南北长,东西宽,其分布形式和范围巨大为全球罕见。图 1-13 给出了黄海辐射沙脊群立体图。

### 障壁岛(障壁岛)

障壁岛是数千年波浪和风力作用下形成的长而窄的沙堤,如图 1-14 所示。它的可能成因包括:

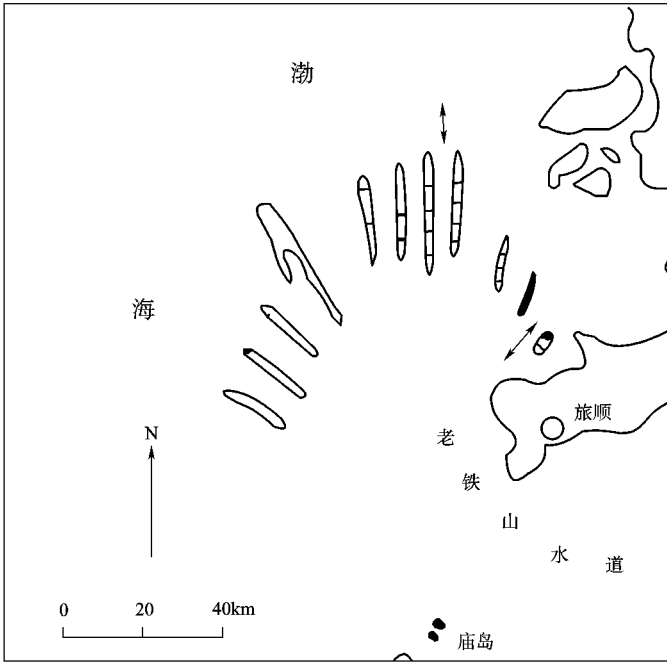


图 1-1-1 渤海辽东浅滩潮流沙脊

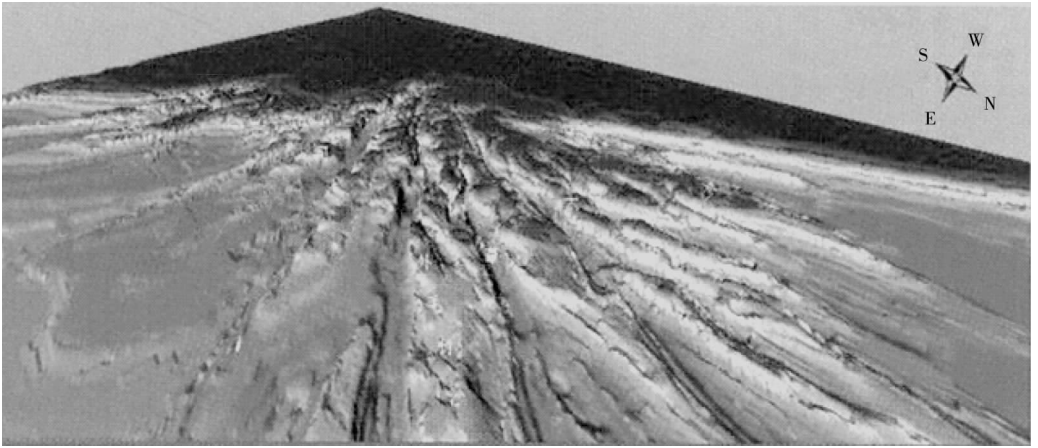


图 1-1-2 黄海辐射沙脊群 (王颖等 摄)

- (员) 风成沙丘的淹没入海(可能由海平面上升导致)；
- (圆) 大型沙嘴发展；
- (猿) 水底浅滩出水。

淤积泥海岸地貌

以上主要是沙质海岸的地貌特征。与其相比,淤积泥质海岸地貌具有不同特点,因淤积泥质海岸地貌主要由潮流塑造而成,其可划分为侵蚀地貌和淤积地貌两类。侵蚀地貌包括:

- (员) 潮水沟,常发生在潮间浅滩上；
- (圆) 潮汐通道,它贯穿沙坝,连通海洋与海湾(或泻湖)。



图 1 烟台摇障壁岛

淤积地貌包括：

( 员 ) 潮汐三角洲；

( 圆 ) 潮间浅滩；

( 猿 ) 湿地，由潮间浅滩逐渐淤高脱离海水作用而成，然后成为海积平原。

## 第四节 摇河口地貌特征

河口是内陆河流和海洋的连接区域，属于海岸带的一部分。河口在向陆边界受河流径流影响，在出口则受潮波等海洋波动力的影响，河口以内有较多的泥沙沉积，形成沙咀、边滩及沙洲，如图 1 所示。在潮差 0.5~1 米的弱潮地区，存在较多河口三角洲（图 1 中的 A、B、C、D、E、F、G、H、I、J、K、L、M、N、O、P、Q、R、S、T、U、V、W、X、Y、Z）及沿岸沙岛，在潮差大于 1 米的强潮地区，滨海线性沙脊（潮流形成）、潮滩及盐水沼泽较多；在潮差 0.5~1 米的中潮地区，沿岸沙岛被冲出许多缺口，海口及涨潮三角洲最为普遍。

河口平面形状有的呈喇叭状。河心有浅滩或沙洲，称为三角港；有的分汊很多，形成三角洲。河口的形态和河道径流流量及输沙量大小、潮汐的强弱及口外风浪等有密切关系。当径流量和输沙量很大，而进潮量较小时，常形成三角洲。当径流量与进潮量的比值小于 1 时，常形成三角港。河口区的河槽容积和潮差决定进潮量。钱塘江口潮差大、榕江牛田洋的水域面积宽广，进潮量都很大，两个河口均为三角港。黄河输沙量很大，河口潮差很小，故形成河口三角洲。

三角洲和拦门沙是典型的河口地貌。在河口以外的滨海区，因淡水流入而使海水含盐量减小，因河流扩散而使挟沙沉积，沿岸流产生的沿岸输沙在河口以外因受河流干扰而落淤，故常在河口外形成三角洲和拦门沙。图 2 给出了 1984 年和 1996 年黄河口卫星图片的对比，明显看出黄河口三角洲在近 12 年内的生长变化。但因黄河来沙量的减小，黄河三角洲从 1984 年开始已经处于净蚀退阶段。



图 1-1-1 河口三角洲(台湾)

长江口地貌(图 1-1-2)也是处在不断演变之中。在 1850 年前的一场罕见的洪水后,长江口出现崇明岛,将河口段分成北支和南支。随后在柯氏力作用下水流南移,北支逐渐衰亡。1870 年发生百年一遇洪水,在南支口外形成长兴岛,将南支分为北港和南港。1875 年大洪水后在南港口外形成九段沙洲,将南港分为北槽和南槽。现在径流量的 70% 走北港,进入南港的 30% 径流量又分成南槽北槽各一半。

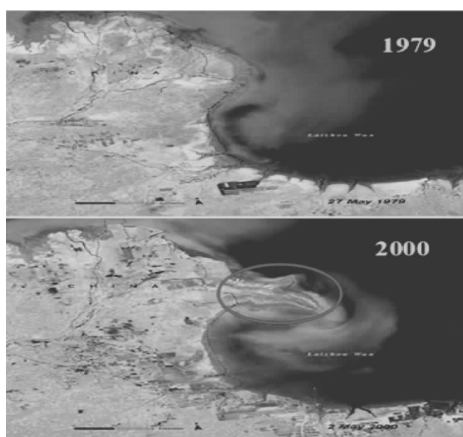


图 1-1-2 卫星图片记录的黄河三角洲(1979 年和 2000 年对比)

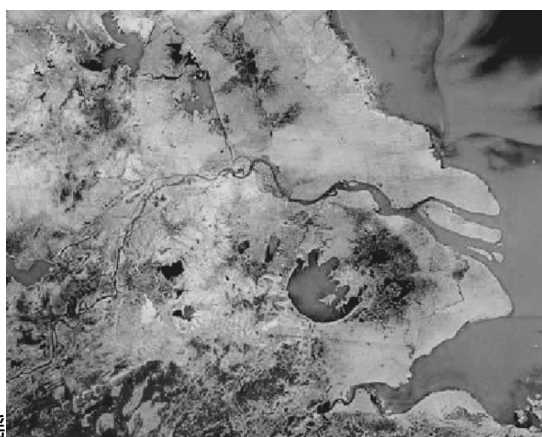


图 1-1-3 长江三角洲卫星图片

## 第五节 海岸侵蚀和淤积

### 一、海岸侵蚀

海岸侵蚀是指海水动力的冲击造成海岸线的后退和海滩的下蚀。我国是世界上侵蚀灾害

最为严重的国家之一。约 50% 左右的沙质海岸线以及几乎所有开阔的淤泥质岸线均存在海岸侵蚀现象。总体上看,长江以北的海岸侵蚀重于长江以南。海岸侵蚀使土地大量流失、海岸构筑物破坏、海滨浴场退化、海滩生态环境恶化,对人们的生产、生活和生态环境造成了巨大危害(图 1-10)。

黄河三角洲局部岸线出现严重蚀退,刁河口海岸线水深线平均每年后退 1.5m,岸滩刷深平均每年 0.5m。位于黄河三角洲的我国第二大油田胜利油田的岸线水深线平均每年向陆地推进 1.5m。风暴潮造成海堤侵蚀深度达 1.5m,导致海堤基础淘空,存在整体失稳溃坝的危险。水线目前已进入油田内部,使几十口油井的井台被海水淹没。自 1954 年以来治理河口累计投入 10 亿多元,海堤、漫水路等防护工程的维修费平均每年在 1 亿元左右。孤东油田海堤前水深也由 1.5m 增加到 3.5m。



图 1-10 海岸侵蚀造成的破坏

广东、海南、广西三省(区)被侵蚀海岸长度占其海岸总长度的比例分别为 15%、10% 和 12%。

江苏废黄河口附近海岸,1954 年岸线以平均 1.5m/a 的速度后退,20 世纪 80 年代以来,岸线后退速率仍达 1.5m/a。

海岸侵蚀使得滨海湿地面积减少。如黄河三角洲原生湿地总面积约 1.5 万 km<sup>2</sup>,其中潮上带湿地 0.5 万 km<sup>2</sup>、潮间带 0.5 万 km<sup>2</sup>、潮下带 0.5 万 km<sup>2</sup>。20 世纪 80 年代以来,随着黄河断流的不断加剧,下泄泥沙的锐减,而且受海水侵蚀,潮间带湿地大面积后退,范围减小。

引起海岸侵蚀的原因有两种:一是由于自然原因,如河流改道或入海泥沙减少、海面上升或地面沉降、海洋动力作用增强等;二是人为原因,如拦河坝的建造、滩涂围垦、大量开采海滩沙、珊瑚礁、滥伐红树林,以及不适当的海岸工程设施等。

我国主要河口与世界上其他许多河口一样都面临着入海泥沙显著减少的现象。我国入海河流域面积占全国面积的 15%,多年平均入海径流量为 1.5 万亿立方米,占全国河川总径流量的 15%。在 20 世纪 50~80 年代,我国河流每年挟带 10 亿吨的泥沙入海,占全世界入海泥沙的 15%。其中黄河和长江两大河流占 80% 左右。我国入海河流总径流量,占世界入海径流总量的 15%。但近 50 年来黄河和长江泥沙入海量呈锐减趋势。黄河在 1962 年由于三门峡水库截流出现第一次断流之后,自 1962 年起在人类活动的影响下,黄河下游断流日趋严重,1997 年利津水文站就断流 162 天,累计 162 天,河口 162 天无水沙入海。近几年的黄河来沙仅相当于 50 年代的 1/10(表 1-1),1997 年黄河入海泥沙不到 100 万吨。近 50 年来,随着我国经济的快速发展,实施了一系列大型的水利工程项目,如三峡大坝工程、黄河上游水库建设、西部大面积退耕还林、南水北调工程等,这样的工程有一个共同的不利环境效应,就是改变由西向东的泥沙输运过程,减少河流泥沙入海量,因而会导致进一步海岸侵蚀。长江年入海泥沙在 80 年代以前近 10 亿吨,近 50 多年来入海泥沙有明显的减少趋势,80 年代比 50 年代减少了 1/10,90 年代减少 1/10,到 1997 年入海泥沙为 1 亿吨。

黄河入海经流和泥沙总量(利津站)

表 1-1

年 代	年水量(亿立方米)	年入海泥沙总量(亿吨)
1950年代	1000	1.5
1960年代	1000	1.5
1970年代	1000	1.5
1980~1990年	1000	1.5
1990年	1000	1.5
1990年(断流枯水期)	1000	1.5

## 二、海岸淤积

河流入海在为河口地区带来巨大流量的同时,也带来了巨大的泥沙。如黄河每年可在河口造地约 1000~2000 万亩。长江同样如此,上海浦东 100 年前海岸线在今钦公塘的位置,距今天的海岸线约 1000 米,平均每年涨地 1 厘米。这些入海泥沙带来不利影响是导致港口和航道的淤积。如长江口,每年仅投入航道清淤的经费就达数亿元。

除来自入海河流泥沙的淤积外,外海泥沙也会造成河口、港口和航道的淤积。如波浪把淤泥质海岸泥沙掀动在渤海湾沿岸形成了一个高含沙混浊带,风浪越大混浊带越宽。这些泥沙在风浪和潮流作用下,从渤海湾搬运进各河口沉积下来。涨潮时高含沙量的水进入河口到闸下淤积,退潮时较清的水流出河口,如此往复作用造成闸下严重淤积。由于这些河流几乎没有径流冲沙,河口迅速萎缩,排洪能力下降。例如海河闸下淤高了 10 米,闸下游 10 公里河段 1950~1960 年间淤积了 1000 万立方米;再如永定河河口段每年淤积率达到 1000 万立方米。为了防洪,每年必须把闸下淤泥清除,以便洪水到来时能正常开闸排洪,为此渤海湾诸河口每年需疏浚泥沙千万立方米。

海岸淤积增长在一般情况下是无害的,但在港口、河口、泻湖及海湾通海口发生淤积问题是有害的。如我国的天津新港、连云港,均存在比较严重的淤积问题。图 1-1 和图 1-2 分别给出了港口和河口建筑物引起泥沙淤积问题的例子。



图 1-1 美国圣巴拉港口的淤积问题



图 1-2 河口护堤引起的泥沙淤积

## 第六节 海岸动力因素

### 一、波浪的作用

波浪是引起海岸变化的主要因素。多风季节岸滩受强制风波的侵袭,少风季节则受涌浪

的作用。海浪具有巨大能量(图 1-10),对海岸或海岸建筑物产生巨大冲击力。

据测量,近岸浪对海岸的压力,可达到每平方米  $10^4 \sim 10^5$  N。这对海岸工程、沿岸设施的破坏是毁灭性的,有时海浪还会携带大量泥沙进入海港、航道,造成淤塞等灾害。巨浪冲击海岸能激起  $10 \sim 20$  m 高的水柱。据记载,在一次大风暴中,巨浪曾把  $10 \sim 20$  m 高的混凝土块移动了  $10 \sim 20$  m,沉重的重物也被它从  $10 \sim 20$  m 深的海底抛到了岸上。



图 1-10 海洋波浪

根据  $1950 \sim 1959$  年的资料统计,中国近海和邻近外海,波高  $\geq 10$  m 的灾害性海浪在  $1950$  年中共发生  $10$  次,平均每年  $2$  次;其中波高  $\geq 20$  m 的狂涛过程  $10$  次,平均每年  $2$  次。也就是说,邻近的渤、黄、东、南海及巴士海峡区域,每年大约有  $10$  天处于狂风恶浪的困扰当中,使这里成为世界上最不“平静”的海洋区域之一。

我国沿岸海域平均波高的分布是:除南沙群岛外,总的来讲,年平均波高(即  $10$  年的平均值)由北向南递增。渤海沿岸大致为  $10 \sim 15$  m,渤海海峡,山东半岛南部和苏浙沿岸大致为  $10 \sim 15$  m;广东广西沿岸大致为  $10 \sim 15$  m 左右;海南岛和北部湾北部沿岸,大致为  $10 \sim 15$  m;西沙海域大致为  $10 \sim 15$  m 左右。

冬季渤海海峡五级以上大浪较多,平均波高可达  $10 \sim 15$  m,为我国各海区中的最大者;其次为台山、西沙海区,平均波高约为  $10 \sim 15$  m;浙江沿岸、福建平潭和广东云沃约为  $10 \sim 15$  m;此外一般海区通常都低于  $10 \sim 15$  m。

春季平均波高普遍减低,塘沽、连云港、平海、玉苞和涠州岛海区平均波高一般都降至  $10 \sim 15$  m 以下。

夏季西沙海区的平均波高约为  $10 \sim 15$  m 左右;福建崇武、广西涠州岛约为  $10 \sim 15$  m;辽东湾、渤海湾、山东半岛北部沿岸以及苏北、连云港平均波高一般都在  $10 \sim 15$  m 以下,其他沿岸海区大致在  $10 \sim 15$  m 之间。

秋季西沙海区大浪仍较多,平均波高约为  $10 \sim 15$  m;渤海海峡、浙江、福建和两广沿岸海区,平均波高约在  $10 \sim 15$  m 之间,仅渤海沿岸和北部湾北部沿岸大浪较少,平均波高约为  $10 \sim 15$  m 左右;其他海区平均波高一般都在  $10 \sim 15$  m 之间。

波浪力对海岸的破坏作用,在出现暴风浪时最为显著。风暴增水所引起的水面升高,扩展了暴风浪向陆作用的范围。有一次暴风浪,使萨福克海岸  $10$  m 高的崖坝蚀退  $10$  m,使  $10$  m 高的海崖后退  $10$  m;而在某些低平的沙质海岸,一次风暴可使海崖后退了  $10$  m。海岸在风暴中被侵蚀的物质,一部分被带到水下岸坡堆积起来,改变了水下沙坝的高度;一部分由沿岸流输移而发育成沙嘴,并改变了沙嘴的方向。同时,海岸的韵律地貌也因环流包的强度和大小的变化而有相应的变化,使滩角的间距明显增大。暴风浪过后,波浪向岸的质量传输所引起的泥沙向岸输移,又缓慢地重新塑造成与此时的波浪相适应的海滩形态。

海蚀崖和海滩台地主要是波浪作用的结果。波浪的作用表现为冲击淘刷、磨损及搬运。破碎波以强大的压力和很高的速度冲击着崖岸,淘刷出一条水平海蚀穴,上面的岸石因失掉支持而坍塌下来。一种情况是坍塌下来的物质可能迅速被波浪及水流带走,崖脚前面形成缓的



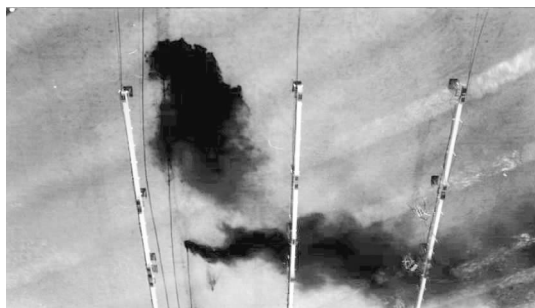
海蚀台地；另一种情况是坍落物质的较粗部分聚集在崖脚，较细部分被带往离岸较远之处。有的海岸不存在海蚀崖，海岸物质坍落很快，形成斜坡，波浪作用只是将坍下来的物质运走。海蚀崖前的块石受波浪作用、继续分解或因滚动而不断磨损，变成砾石及粗砂。海滩台地亦同时受到磨损。

## 二、海岸波生流

波浪传至近岸地区发生变形、折射与破碎，不仅其尺度改变了，同时还形成一定水体流——近岸波生流。

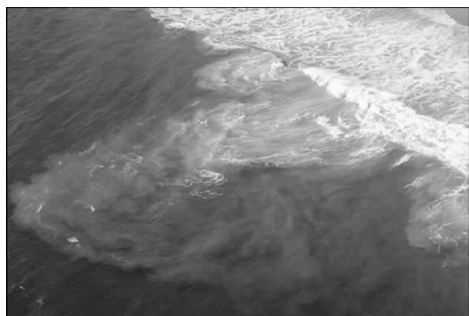
斜向入射的波浪进入海滨地带后，在破波带引起一股与岸线平行的平均流，即沿岸流，如图 1-1 所示。波浪破碎以后，可将与滨线斜交的破碎波的动量分解为平行和垂直于海岸的两个分量，前者的传递是产生沿岸流的原因。由沿岸流挟带和输移泥沙而形成的沿岸漂沙，使沙质海岸发育了沙嘴或由沙嘴环抱平静水域的泻湖，见图 1-2 和图 1-3。

波浪在传向海岸的过程中会导致海岸水域出现流体质量的汇聚，这包括波浪由离岸水域传入破碎带伴随着质量输移流向海岸汇集，方向相对的沿岸流在交汇点产生流体质量汇聚。这些汇聚的流体质量集中起来可能以裂流的形式向外海回流。裂流流速很高，会带动强烈的向外海输移的泥沙运动，如图 1-4 所示。裂流的出现有时不只是一处，而是出现离散分布的裂流，其沿岸呈规则排列，如图 1-5 所示。这些裂流的间隔一般从几十米到几百米，有时发现也可达几百米。这样的裂流系统引起的泥沙运动可沿岸线形成滩角或滩尖，如图 1-6 所示。



摇摇图 1-1 实验中在流场中注入墨水所显示的波浪产生的水流

摇摇注 图中海岸线是沿图下边界方向、与图中 3 个测量杆垂直的。白色的波峰表示波浪已破碎。上侧墨水是被破波带外质量输移流所驱动而向海岸方向流动，下侧墨水被破波带内沿岸流所驱动而沿海岸方向流动



摇摇图 1-4 裂流引起的泥沙悬移 (摇摇图 1-4)



摇摇图 1-5 裂流系统 (摇摇图 1-5)

裂流的另一个严重影响是会引起海边游泳者溺水。因为裂流所在区域很窄，水流很急，游泳者在大风浪天气会站立不稳，更难以逆流（向岸方向）而行（如同在河流中逆流而行的困难一样），所以很容易被裂流带入离岸的深水，造成溺水。正确的方法是平行岸而行，这样才能够迅速离开裂流所在区域，如图 1-7 所示。



面：一是潮汐的涨落，使海面发生周期性的垂直运动；二是使海面水体产生水平方向整体运动，形成潮流。

在海峡和岛屿之间，由于地形变窄，潮差大，潮流流速也加大，尤其在海峡两端可以形成强大的潮流。当潮流流速为  $1\text{m/s}$  时，就可掀起粉沙淤泥，当潮流流速达到  $1.5\text{m/s}$  时，可搬运大石块，并把海底冲出很深的沟槽。淤泥质海岸的潮流是海岸泥沙输移和扩散的主要动力。

潮流对海岸的作用有三方面：一是影响海岸带波浪的作用范围及作用强度；二是影响海岸带地貌类型的发育；三是潮流流速影响海岸带的侵蚀与淤积。

由波浪掀动而悬浮的泥沙，和由潮流对岸滩底部的剪切应力所起动的泥沙，被旋转潮流挟带而向周围的水体扩散，在平静的海域环境下沉降和堆积，或由往复潮流来回搬移，在潮流的流速小于挟沙流速时沉降下来。潮流的作用在由粉沙或粘土组成的淤泥质海岸上最为明显。淤泥质海岸的泥沙颗粒，在潮流的流速增大到泥沙的止动流速时，泥沙尚不能起动，直到流速超过起动流速以后，始进入运动状态，当流速减小到沉降流速时，泥沙颗粒并不立即沉降到底部，仍由潮流挟带，经过一段时间，继续运移一段距离之后才降到底部。泥沙颗粒的这种冲刷滞后效应和淤积滞后效应，因潮流的流速随离岸距离的减小而减小，故泥沙被挟带到海岸，而发育了宽浅平缓的泥质海滩。

淤泥质海岸的有些岸段，因潮流输移泥沙而引起的潮滩堆积。在风浪季节，波浪会引起海滩产生冲刷，之后又由潮流形成堆积，这导致了淤泥质海滩地形的年间变化，并存在着准平衡或淤涨的淤泥质海岸。


#### 四、径流的作用


河流每年输入海洋泥沙有  $1000$  亿吨，堆积在海岸，为海岸堆积地貌提供了丰富的物质来源。

河流径流挟带着大量的泥沙在河口外扩散和沉积，是海岸淤涨的主要物质来源之一，导致在河口外发育着河口三角洲或三角港。

在以径流为主的河口，径流输出的淡水和潮流向河口方向输入的咸水在水深的分布上呈分层型，有盐水楔逆径流方向伸展，在楔面处有絮凝作用，造成泥沙集中沉降，形成了水底隆起的河口拦门沙。

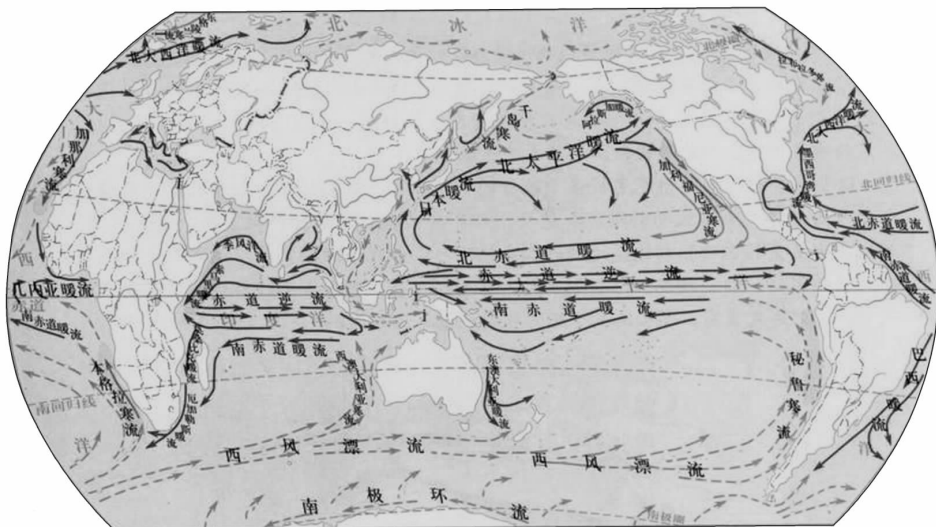
#### 五、海流的作用

洋流是海洋的大尺度流动，如墨西哥湾流、黑潮、赤道流等，如图  所示。洋流的水体体积虽然非常巨大，但它们远离海岸，不是影响海岸变化的重要因素。浅海的风生海流，流动太弱，仅叠加在潮流作用之上，使泥沙定向输移，可造成局部淤积。

我国沿海的海流流系大体可分为如下三个（图 ）：

1. 渤海、黄海海流系

海流特点呈气旋式环流。渤海环流由黄海暖流和鲁北沿岸流组成，冬强夏弱，冬季还有弱反气旋环流。黄海环流由黄海暖流和黄海沿岸流组成，冬强夏弱。



暖流 —— 寒流 - - - -

图 员 全球洋流系

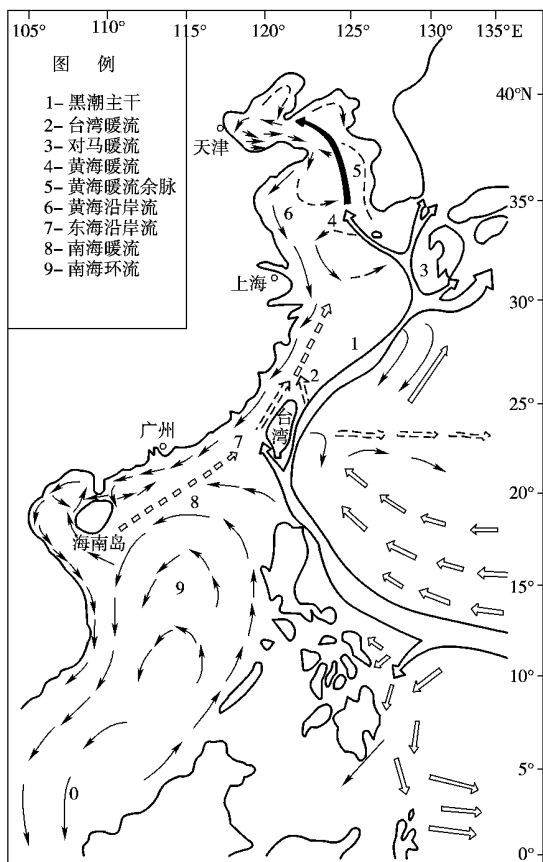


图 员 我国沿海的海流

## 东海流系

海流特点是冬夏环流不同,冬季是气旋式环流,夏季为同向流,由台湾暖流和东海沿岸流组成。浙闽沿岸流在春、秋、冬三季沿长江口以南海岸线流向西南,而在夏季随长江冲淡水流向东北。在沿岸流外侧海域台湾暖流终年流向偏北。

## 南海海流系

海流特点以季风漂流为主,冬季是东北季风漂流,夏季是西南季风漂流。在春、秋、冬三季浙闽沿岸流经台湾海峡进入南海,同广东沿岸流汇合一起流向西南,在珠江口和雷州半岛之间形成一逆时针环流。在夏季,广东沿岸流则汇合珠江冲淡水流向东北。

## 六、风暴潮和海啸

风暴潮(海嘯)是指由台风、温带气旋、冷锋的强风作用和气压骤变等强烈的天气系统引起的海面异常升降,使受其影响的海区的潮位大大地超过平常潮位的现象,又称“风暴增水”、“风暴海啸”、“气象海啸”或“风潮”。这是一种重力长波,波长范围一般几十至上千公里,持续时间几~几十天,振幅达数米。风暴潮增水在半封闭海域还常造成水域周期性摆动,也称假潮(潮涌)。风暴潮异常增水是沿海重要灾害之一(图 1-10)。我国是世界上受风暴潮危害最严重的国家之一。



图 1-10 风暴增水

西北太平洋每年生成的台风有几十个,占全球以上,其中影响我国的约有 40 个,在我国登陆的有 7~10 个。风暴潮通常可以分为台风风暴潮和温带气旋风暴潮两种,影响我国的台风风暴潮一般分布在东海、南海、黄海南部及台湾以东太平洋海域,温带气旋风暴潮一般分布在渤海、黄海北部。其中台风风暴潮对我国沿海地区的影响较为强烈,浙江沿岸、福建、广东、海南沿海是多发区域。截至 2005 年 6 月底,我国沿海地区共发生了规模较大的 7 次台风风暴潮。

1952 年美国墨西哥湾最大增水达 3.7 米。1970 年孟加拉湾最大增水超过 2.5 米,造成 40 余万人死亡,约 1.5 亿人无家可归。我国沿海最大增水在广西南渡,达 3.5 米,居世界第三位。

风暴潮伴随着大风大浪,能够快速造成海岸严重侵蚀,导致泥沙在海岸水域重新分布,严重影响岸线短期(小于 5 年)变化,对岸线长期演变也存在影响。

海啸(海啸)是一种具有强大破坏力的巨浪和异常水位升高。水下地震、火山爆发或水下塌陷和滑坡等大地活动都可能引起海啸。地震发生时,海底地层发生断裂,部分地层出现猛然上升或者下沉,由此造成从海底到海面的整个水层发生剧烈“抖动”,如图 1-10 所示。这种“抖动”与平常所见到的海浪大不一样。海浪一般只在海面附近起伏,涉及的深度不大,波动的振幅随水深衰减很快。地震引起的海水“抖动”则是从海底到海面整个水体的波动,其中所含的能量惊人。

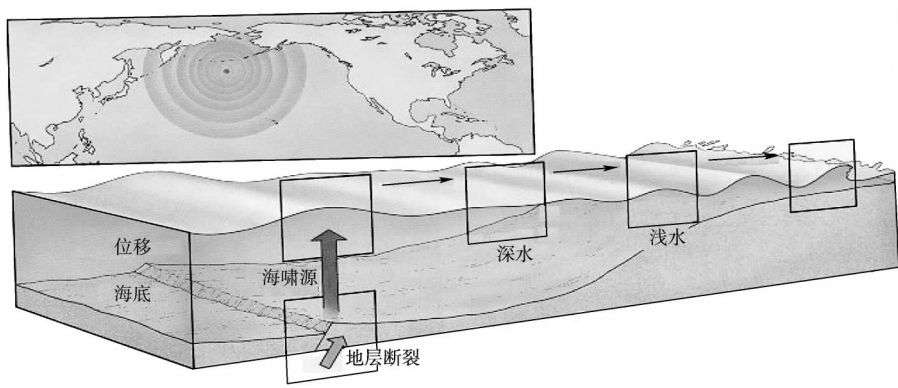


图 1-10 海啸成因

海啸时掀起的狂涛骇浪,高度可达 10 多米至几十米不等,形成“水墙”,如图 1-11 所示。另外,海啸波长很大,可以传播几千公里而能量损失很小。由于以上原因,如果海啸到达岸边,“水墙”就会冲上陆地,对人类生命和财产造成严重威胁。



图 1-11 印度洋海啸(来自新华网)

## 七、风的作用

风吹过海面时,把能量传递给海水,产生波浪以及海岸的增水或减水,从而造成海岸的侵蚀或堆积。风产生的表面吹流的流速可达到风速的 0.5~1.0,台风时表面吹流速度可达 0.5~1.0。向岸表面吹流引起相当的向海底部回流,造成向海输沙;反之,离岸风可造成向海表面吹流,从而引起向岸底部回流,造成向岸输沙。

因此不同的风向、风力强度和吹程,对海岸地貌的发育有着重要的影响。此外,风的吹扬作用,还成为海岸风沙地貌发育的主要动力。