



波浪作用下 临底高含沙层输沙研究

BOLANG ZUOYONGXIA

LINDI GAOHANSHACENG SHUSHA YANJIU

王玉海 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

波浪作用下 临底高含沙层输沙研究

王玉海 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书介绍了近岸区的分带,波浪的主要非线性动力特征及相应的输沙过程,岸滩均衡剖面的塑造,临底高含沙层的输沙特征,包括分层输移、厚度、颗粒浓度分布和速度分布、相位滞后效应等,临底高含沙层净输沙率的计算公式,探讨了临底高含沙层输沙过程和岸滩演变的数值模拟技巧等。

本书可作为从事海洋科学、海岸工程和水利工程科研、设计单位的技术人员、高等院校相关专业教师、研究生的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

波浪作用下临底高含沙层输沙研究 / 王玉海著. —
北京:中国水利水电出版社, 2015.9
ISBN 978-7-5170-3677-7

I. ①波… II. ①王… III. ①高含沙水率—研究
IV. ①TV143

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第226353号

书 名	波浪作用下临底高含沙层输沙研究
作 者	王玉海 著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京嘉恒彩色印刷有限责任公司
规 格	170mm×240mm 16开本 9印张 171千字
版 次	2015年9月第1版 2015年9月第1次印刷
印 数	001—500册
定 价	39.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究



前言

河流输移的泥沙进入海洋后，在潮流和波浪的共同作用下被搬运、沉积、侵蚀、再搬运、再沉积，直到与所处的水动力环境相适应。由于潮流和波浪都是往复性非恒定流，其相互作用过程十分复杂，而近岸地区从淤泥、粉沙、沙到卵石各种粒径的泥沙都有，其空间分布也变化多样，相应的泥沙输移和岸滩地貌形态复杂多变，使得研究河口海岸地区泥沙输移基本规律的难度很大。

沿海地区人口稠密，经济发达，各种海岸工程建设如火如荼。海岸工程的建设可能破坏原有的动力平衡，引起泥沙输移过程的变化和相应的岸滩冲淤调整。如果不能很好地预测和解决由此产生的泥沙冲淤问题，就会影响工程的安全运营甚至造成失败。同时，海岸带的防灾减灾也是政府和沿海居民高度关注的问题，如风暴潮洪涝灾害、海岸侵蚀、污染泥沙的处置等等。解决这些工程泥沙问题需要对泥沙输移基本规律有深入的了解才行。

对泥沙输移基本规律的研究离不开现场观测和室内试验。通过观察和实验能够获取波流共同作用下泥沙输移和岸滩演变过程的第一手资料。现场观测中各种不确定性因素对观测数据的影响难以分离，而室内试验由于动力条件容易控制和重复，实验用沙可以根据需要准备，因而实验中观察到的现象和数据对于认识泥沙输移基本规律弥足珍贵。随着科学技术的发展和财力的增强，世界上很多国家特别是欧美国家都建设了能够产生原型尺度波浪的大型水槽，并且用于测量水流、悬沙浓度和床面形态的仪器设备的精度都大大提高，使得观测原型尺度波浪边界层内的水流结构和泥沙运动过程成为可能，为认识和研究包括沙纹床面及床面刷平时临底高含沙层的输沙规律奠定了坚实的基础。随着电脑计算能力的快速提高和先进的数值模式的涌现，数值模拟在复杂泥沙问题的研究中发挥的作用

也越来越大。

国外学者在现场观测、实验研究、理论分析和数值模拟等方面持续不断的探索和推进，取得了一大批原创性的成果。“它山之石，可以攻玉”。借鉴国外已有的研究成果，可以避免低水平的重复性劳动。

临底高含沙层是在波浪（流）作用下的一种高强度输沙过程，近30年来一直是国内外海岸泥沙界的一个研究重点和难点。本书介绍了近岸区的空间分带，波浪的主要非线性动力特征及相应的输沙过程，岸滩均衡剖面的塑造，临底高含沙层的输沙特征，包括分层输移、厚度、颗粒浓度分布和速度分布、相位滞后效应等，临底高含沙层净输沙率的计算公式，并探讨了临底高含沙层输沙过程和岸滩演变的数值模拟技术等。本书并没有涉及波浪作用下高强度输沙过程的方方面面，有一些问题也只是初步的探讨。这是由于这些泥沙问题本身比较复杂，还没有成熟的结论，仍有待国内外学者深入的研究。

本书能够顺利出版是与中国水科院泥沙所曹文洪所长、汤立群副所长等所领导的关心、支持以及研究室王崇浩、刘大滨、郭传胜、赵慧明等同事在工作上的大力支持分不开的。在此对上述领导、同事和其他未能在此一一尽述的同事、朋友表示衷心的感谢。本书的研究成果得到了国家自然科学基金“粉砂质海岸大浪作用下临底高含沙层非恒定输沙规律研究（51179211）”和港口航道泥沙工程交通行业重点实验室开放基“粉砂质海岸临底高含沙层输沙率研究”（10YN912006）的资助，在此一并致谢。

由于作者自身水平的限制，书中的疏漏和错误不可避免，敬请读者和同仁能够批评指正！

作者

2015年3月于北京



前言

第一章 绪论	1
第一节 海岸工程与泥沙问题	1
第二节 海岸的分类	2
第三节 海岸泥沙的来源	4
一、河流入海泥沙	4
二、岸滩侵蚀泥沙	4
三、海洋生物碎屑	5
第四节 海岸泥沙问题研究的复杂性	6
参考文献	7
第二章 波浪输沙机理	9
第一节 近岸区的分带	9
一、以波浪动力为主的分带	9
二、以潮汐动力为主的分带	11
第二节 近岸区波浪输沙的一般过程	13
第三节 波浪输沙动力机制	14
一、波浪的非对称性	14
二、波浪边界层余流 (streaming)	16
三、水质点垂向运动	17
四、轨道速度的水平梯度	18
五、泥沙颗粒的拉格朗日 (Lagrangian) 运动	19
六、斯托克斯漂移 (Stokes drift)	19
七、波浪破碎	20
八、底部回流 (undertow current)	24
九、长重力波 (infragravity waves)	26
十、裂流 (rip current)	27
十一、坡度效应	28

第四节 波浪横向输沙与岸滩均衡剖面	29
一、经验性判定指标	31
二、岸滩均衡剖面塑造	33
参考文献	36
第三章 临底高含沙层输沙特征	43
第一节 临底高含沙层形成的临界动力条件	46
第二节 临底高含沙层的分层输移现象	48
第三节 临底高含沙层的稳定性条件	50
第四节 临底高含沙层的厚度	52
第五节 临底高含沙层内颗粒运动速度、浓度分布	54
一、颗粒运动的速度分布	54
二、颗粒的浓度分布	56
第六节 相位滞后 (phase-lag) 效应	59
一、实验观察	59
二、现场观测	66
参考文献	67
第四章 临底高含沙层输沙率计算	73
第一节 国内已有的研究工作	73
第二节 国外学者的研究工作	75
一、相位滞后效应参数	76
二、Nielsen (1988) 公式	76
三、Dohmen-Janssen (1999) 公式	77
四、Dibajnia 和 Watanabe (1992) 公式	78
五、Dibajnia 等 (2001) 修正公式	79
六、Watanabe 和 Sato (2004) 修正公式	80
七、Silva 等 (2006) 修正公式	80
八、van der A 等 (2013) 公式	81
九、Dong 等 (2013) 公式	84
十、Camenen 和 Larson (2006) 模式	85
十一、二相流模式	86
第三节 基于理论模型的临底高含沙层输沙率计算公式	87
一、理论模型	87
二、横向净输沙率计算公式	89
三、沿岸输沙率计算	90

四、波流共同作用下的净输沙率计算公式	92
参考文献	98
第五章 临底高含沙层数值模拟	102
第一节 控制方程	102
一、2D 悬沙输移模型	102
二、3D 悬沙输移模型	103
第二节 水流涡黏性系数与泥沙紊动扩散系数	106
一、单层模式	107
二、多层模式	112
三、涡黏性系数的数值求解	114
四、河口最大浑浊带数值模拟	117
五、浮泥层数值模拟	124
六、波浪破碎的影响	125
第三节 海床演变模拟	126
一、床面变形方程	126
二、多层海床模式	128
三、讨论	129
参考文献	131

| 第一章 绪 论 |

第一节 海岸工程与泥沙问题

中国经济的快速发展特别是进出口贸易的迅猛发展,促使沿海各地争相建设大型深水港和深水航道。除了利用天然的深水岸线资源外,很多港池、航道是在浅水海域开挖建设的,如渤海湾沿岸的一系列港口,也有的深水港是建设在崎岖岛屿间的,如上海国际航运中心洋山港区等;还有的深水航道是通过整治开挖河口拦门沙航道实现的,如长江口 12.5m 深水航道治理工程。除了大型港口、码头的建设外,沿海地区对土地资源的需求促使大量的滩涂围填造陆工程上马;海岸侵蚀严重的地区开展了多种海岸防护工程包括人工海滩的建设等。此外,沿海地区一系列核(火)电厂的建设需要解决取、排水问题以保证电厂的安全运营;河口挡潮闸建设、受损海岸的生态修复与整治工程、滨海旅游资源的开发与保护等等都摆上了议事日程。

上述这些海岸工程(含河口工程)都与当地的水沙运动密切相关,需要解决工程建设后引起的泥沙冲淤问题。如果泥沙问题解决得不好,有可能直接影响到工程的安全运营和经济效益。例如,位于渤海湾西南岸的黄骅港,是我国西煤东运的主要港口,始建于 1997 年,至 2002 年建成第一期工程并试运营。运营初期,外航道即遭遇了多次寒潮大风浪引起的泥沙骤淤。其中,2003 年 10 月 11—12 日的一场大风浪,造成黄骅港外航道骤淤 970 万 m^3 的泥沙,航道水深由风前的一 9.9m 降至风后的一 6.2m,最大淤强达 3.5m,淤强大于 2m 的分布长度达 16km,造成 2 万吨级船舶无法满载出港,使黄骅港面临着封港而带来严重的经济损失(曾宜,2009)。

解决海岸工程泥沙问题,需要对海岸地区泥沙运动的基本规律进行深入的研究才行。但是海岸地区由于波浪动力的存在和波浪、潮流相互作用的复杂性,泥沙粒径空间分布的多变性,不同粒径的泥沙颗粒在不同的动力组合条件下的起动、悬浮、输移、沉降规律的复杂性,都使得研究海岸地区泥沙运动基本规律具有很大的难度和挑战性。



第二节 海岸的分类

根据泥沙颗粒的粒径可以将泥沙分类为砾、沙、粉沙和黏土（淤泥）四大类。在国际上应用较广的是伍登·温特华斯（Udden - Wentworth）的方案，可以称之为 2 的几何级数制，它是以 1mm 为中心，乘以 2 或除以 2 来进行分级。我国应用较广泛的是十进制（表 1-1）。

表 1-1 常用的泥沙颗粒粒径分级表（引自百度文库）

十 进 制		2 的几何级数制		黏性划分	
颗粒粒径/mm	粒级划分	颗粒直径/mm			
巨砾	>1000	砾	巨砾	>256	
粗砾	1000~100		粗砾	256~64	
中砾	100~10		砾石	64~4	
细砾	10~2		卵石	4~2	
巨沙	2~1	沙	极粗沙	2~1	非黏性沙
粗沙	1~0.5		粗沙	1~0.5	
中沙	0.5~0.25		中沙	0.5~0.25	
细沙	0.25~0.1		细沙	0.25~0.125	
粗粉沙	0.1~0.05	粉沙	极细沙	0.125~0.0625	黏性沙
			粗粉沙	0.0625~0.0312	
细粉沙	0.05~0.01		中粉沙	0.0312~0.0165	
			细粉沙	0.0165~0.0078	
			极细粉沙	0.0078~0.0039	
黏土	<0.01	黏土（淤泥）	<0.0039		

根据泥沙颗粒是否发生絮凝沉降，可以将泥沙分为非黏性沙和黏性沙两类。二者的分界线大致在 0.01~0.03mm（侯志强等，2013）。

传统意义上的海岸分类基本上是根据组成海岸的泥沙颗粒的粒径进行的，包括基岩海岸、砂砾质海岸、淤泥质海岸和生物海岸等。我国基岩海岸长约 5000km，约占大陆海岸线总长的 28%。海岸主要由岩石组成，泥沙贫瘠，岸线曲折（图 1-1）。受风浪的侵蚀，多发育浪蚀平台、浪蚀崖、浪蚀穴等侵蚀地貌（图 1-2）。我国沙质海岸线长度约 4500km 以上，占陆地岸线总长的 25% 以上。组成物质主要为沙、沙砾和卵石等松散堆积物（图 1-3）。我国淤泥质海岸分布广泛，总长在 8500km 以上，约占陆地总岸线的 47%。这类海岸岸线顺直、潮滩平缓开阔。生物海岸主要包括红树林海岸和珊瑚礁海岸。我



国红树林自然分布的北界是台湾基隆，福建福鼎（ $N27^{\circ}20'$ ），人工引种可达浙江苍南（ $N28^{\circ}25'$ ），福建、广西、广东、香港和海南沿岸均有断续分布。我国的珊瑚礁海岸主要分布在南海诸岛、海南岛、台湾岛及澎湖列岛，两广海岸也有零星的分布（衣伟虹，2011）。

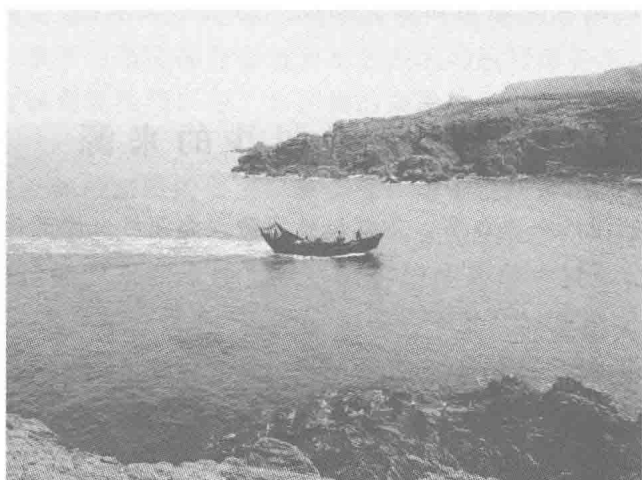


图 1-1 辽宁省瓦房店市东岗镇附近基岩海岸
（摄于 2007 年 7 月 25 日）



图 1-2 广西江山半岛白龙尾附近的浪蚀崖、
浪蚀穴（摄于 2013 年 4 月 13 日）

国内港航工程界根据泥沙的粒径组成、运移形态及对港航工程冲淤影响等多种因素将沙质海岸和淤泥质海岸重新划分，专门突出了粉沙质海岸，即将滩面物质以黏性细颗粒泥沙组成的海岸（ $D_{50} < 0.031\text{mm}$ ）划分为淤泥质海岸，而滩面物质主要由无黏性的沙质颗粒（ $D_{50} > 0.125\text{mm}$ ）的海岸称为沙质海



岸,对于泥沙中值粒径介于 $0.031\sim 0.125\text{mm}$,黏性颗粒含量小于25%的海岸划分为粉沙质海岸(侯志强等,2013)。这类海岸的泥沙属于非黏性泥沙的范畴,容易起动、又容易落淤,在大浪作用下容易形成底部高浓度含沙层,淤实后的泥沙又难以疏浚,形成“铁板沙”,对港航工程的影响极大。上述关于海岸类型的划分已纳入交通运输部发布的《海港水文规范》(JTS 145—2—2013)。

第三节 海岸泥沙的来源

海岸地区的泥沙来源众多,主要包括河流入海泥沙、岸滩侵蚀泥沙、海洋生物碎屑等。

一、河流入海泥沙

我国是一个海洋大国。海岸线北起辽宁省鸭绿江口,南至广西壮族自治区的北仑河口,长18000多km。沿岸岛屿有6000多座,岛屿岸线长14000多km。在漫长的海岸线上分布着大小入海河流有千余条,其中河流长度超过50km的有122条(恽才兴,2010)。

在20世纪50—80年代,我国入海河流每年携带20亿t的泥沙入海,其中黄河和长江两大河流输送的泥沙占总量的80%左右。但是随着大江大河上游修建了一系列的水库大坝和流域水土保持措施的实施,河流入海泥沙的数量显著减少。以长江为例,长江年入海泥沙在20世纪70年代以前接近5亿t,90年代比60年代减少了1/3,比80年代减少了21%,2000年入海泥沙约3.4亿t(恽才兴,2010)。

河流入海泥沙中较粗的颗粒首先在河口区沉积下来,形成三角洲(含水下三角洲),较细的颗粒则在潮流的作用下部分被输移到深海区域,部分则被输移到其他岸段沉积下来,并可能在波浪的作用下被再次悬浮起来,进一步被潮流输移和沉降下来。

二、岸滩侵蚀泥沙

由于大江大河入海泥沙数量的锐减,原先淤涨的河口三角洲和海岸转而发生侵蚀。侵蚀下来的泥沙在波浪、潮流的作用下被输移到附近岸段。例如现代黄河三角洲从过去年均造陆 23 km^2 演变成大面积的侵蚀后退,造成滨海湿地和滩涂资源的大面积丧失。而长江口潮间带滩地虽然还保持着淤涨态势,但是水下三角洲的堆积速率已经明显减缓(恽才兴,2010)。

对于由于河流改道而废弃的三角洲而言,则在海洋动力的作用下经受了长期的侵蚀改造。例如,江苏北部废黄河口海域的岸滩,自1855年黄河改



道大清河入渤海湾后, 这里的水下三角洲即由淤涨转向侵蚀。在初期, 废黄河口附近的突出岸段侵蚀剧烈, 海岸线迅速后退, 速度达 1km/a ; 20 世纪后, 侵蚀强度开始减缓, 后退速度依然可达 300m/a ; 到 20 世纪 60 年代后随着岸线的进一步后退, 海岸线后退速度已不到 100m/a ; 其后, 因大规模海岸防护工程的实施, 岸线后退基本得到控制 (王艳红等, 2014)。在海岸线后退的同时, 水下三角洲部分也遭受了强烈的冲刷后退甚至夷平, 侵蚀所产生的泥沙被输移到废黄河口南、北两侧的海岸输移, 成为这些岸段的重要泥沙来源。

海岸侵蚀也是泥沙来源的重要组成部分。对于由松散第四系沙层、粉沙层等沉积物组成的海岸, 在风暴潮高水位期间波浪的作用下极易发生侵蚀后退 (图 1-3)。侵蚀下来的泥沙直接进入附近的海滩并被波浪、潮流搬运改造。

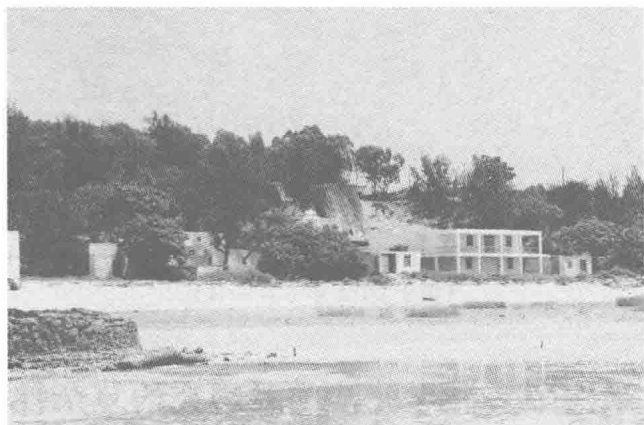


图 1-3 广西铁山湾淡水口面一带的海蚀崖
(摄于 2012 年 6 月 18 日)

另外一种泥沙来源就是在第四纪冰期由于海平面下降, 古河流在地质构造上的下陷谷地沉积了巨量的泥沙。在距今 6000 年左右的末次海侵发生后, 海平面上升, 这些谷地被淹没, 成为现今的海湾。而原先古河道沉积的泥沙就成为当地的重要泥沙来源。

三、海洋生物碎屑

典型的海洋生物碎屑多是贝壳碎片 (海南等地则有珊瑚虫)。受风浪的长期作用, 贝壳在搬运和堆积的过程不断破碎, 形成贝壳沙。贝壳沙与石英沙、泥混在一起, 在地貌上表现为与海岸线平行分布或小角度相交的堤状堆积体, 一般位于平均高潮位之上, 俗称“贝壳堤”。

贝壳堤在我国很多海岸都有分布, 多为古贝壳堤。但由于受人为破坏, 很



多地方只剩下了残存体和剖面。位于山东省无棣县境内的贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区，分布着两列古贝壳堤。第一列在保护区南端，长 40km，埋深 0.5~1m，贝壳层厚 3~5m，于距今 5000 年左右形成；第二列在保护区北部，长 22km，由 40 余座贝壳岛组成，岛宽 100~500 m，贝壳厚 3~5m，属裸露开敞型（图 1-4），形成于距今 2000~1500 年；组成贝壳堤的物质主要由贝壳、贝壳碎块、贝壳碎屑及中细沙组成，其中贝壳及碎屑的物质含量高达 70%~95%（刘志杰，2004）。



图 1-4 山东省无棣县高坨子岛贝壳堤
(摄于 2014 年 6 月 9 日)

第四节 海岸泥沙问题研究的复杂性

20 世纪 40 年代，美国工程师 Weaver 把科学研究的对象划分为三类：简单性、无组织的复杂性和有组织的复杂性，相对应地分别产生了 19 世纪的科学、20 世纪上半期的科学以及未来 50 年将要产生的科学（Weaver，1948）。

到了 20 世纪末，复杂性研究已经渗透到从技术科学到基础科学，再到自然哲学的各个方面，新的理论和研究成果层出不穷。特别是 1999 年美国著名的科学杂志（*Science*）组织了一批物理、化学、经济、生态、地理、气象、神经科学等领域的知名专家探讨各自领域的复杂性并出版了《复杂系统》（*Complex Systems*）专集（284 卷）。这标志着复杂性研究已经成为现代科学关注的中心议题之一。

复杂性科学研究的目的就是了解动力系统演化的整体性特点或是系统内部层次结构的形成及其演化的根本规律，而这种整体性特点是不能还原为个体的特点的，也不能由个体的特点简单地叠加出来。因此，复杂性研究强调整



体论而不是还原论的科学观和方法论（王玉海、喻国华，2006）。

泥沙问题无疑属于复杂性科学研究的范畴，而海岸泥沙问题由于波浪、潮流等水动力的非恒定性、往复性、多变性等特点而变得更加复杂。无数的泥沙颗粒在水流或（和）波浪的作用下起动、悬浮、输移、沉降、堆积，构成了一个复杂的动力演化系统，展现出特有的群体行为特征。

经典的经验、半经验泥沙基本理论研究，基本上都是基于单个泥沙颗粒的受力分析并追踪其运动轨迹进行描述的。这种还原论的研究方法往往难以真正刻画泥沙系统的宏观演化特征。正如研究水流问题一样，流体力学家、水利工程师等不需要关心单个水分子是如何受力又如何运动的。人们感兴趣的是水流的宏观运动要素，如流速、水深和紊流的相干结构等等的变化规律。

根据 Bagnold (1954) 提出的“膨胀流体”的概念，在做剪切运动的颗粒群体中，由于颗粒之间的相互碰撞作用而产生一种向上的法向离散应力 (dispersive pressure)；这种法向离散力维持了颗粒群体自身的重量（湿重），使得颗粒群体的运动表现出一种类似“流体”的特征。因此，如果基于连续介质力学的理论，将临底高含沙层输移过程中由泥沙颗粒与液体组成的高浓度固-液混合体的运动处理为“流体”，那么，就有可能构建描述这种运动的偏微分方程组，探讨这种流体的宏观运动要素如颗粒平均运动速度、垂线平均浓度和“流深”（固-液混合体的厚度）等。在此基础上，进一步推求临底高含沙层输沙率的计算公式，探讨相应的岸滩演变等更大尺度上的地貌过程和现象。

参 考 文 献

- [1] Bagnold, R. A. Experiments on A Gravity - free Dispersion of Large Solid Spheres in A Newtonian Fluid under Shear [J]. Proceedings of the Royal Society of London Series A, 1954, 255: 49 - 63.
- [2] Weaver, W. Science and complexity [J]. Scientist, 1954, 36 (4): 536 - 544.
- [3] 百度文库. 碎屑岩的结构及粒度分析 [OL]. <http://wenku.baidu.com/link?url=Q3lmc5XjqwZI7HxZi2zp0PX3gKkSuc43Z0g429QvsjGaNQC-22h2uFrKntMKgh-cur-78uDTvkgx4nnOrNZXzQMaJAql3ql9WQel0nYIVXduC>, 2014.
- [4] 侯志强, 杨华, 苗士勇, 等. 黄骅港回淤研究 (2001—2007 年) [M]. 北京: 人民交通出版社, 2013.
- [5] 刘志杰. 鲁北贝壳滩脊沉积及发育演化研究 [D]. 中国海洋大学硕士论文, 2004.
- [6] 王玉海, 喻国华. 论复杂性研究 [J]. 系统科学学报, 2006, 14 (2): 18 - 23.
- [7] 王艳红, 陈可锋, 曾成杰. 废黄河三角洲海岸侵蚀过程与整体防护 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2014.
- [8] 衣伟虹. 我国典型地区海岸侵蚀过程及控制因素研究 [D]. 中国海洋大学硕士学位



论文, 2011.

[9] 恽才兴. 中国河口三角洲的危机 [M]. 北京: 海洋出版社, 2010.

[10] 曾宜. 黄骅港外航道整治工程及航道骤淤防治技术 [J]. 神华科技, 2009, 27 (1): 64 - 67.

| 第二章 波浪输沙机理 |

第一节 近岸区的分带

近岸区的岸滩组成是波浪、潮流共同作用下泥沙输移与堆积的结果，与波浪的入射方向、波浪强度、潮差、岸线形态、海床物质组成与坡度、地质条件等诸多因素有关。不同类型海岸的岸滩组成可能会不相同，但是也有共同的特征。本节先简单介绍一下近岸区的空间分带。

一、以波浪动力为主的分带

(一) 一般分类

自陆向海，近岸区可以划分为海岸（coast）、海滨带（shore zone）和远滨带（offshore zone）（图 2-1）。海岸与海滨带之间是海岸线（coastline）。对于堆积性海岸，海岸线之上可能发育大型风成沙丘（foredune ridge）；对于侵蚀性海岸，则可能是海岸悬崖（cliff）等。海滨带自陆向海又可以进一步划分为后滨（backshore）、前滨（forshore）和内滨（inshore）3 个带。后滨是平均高水位到海岸线之间的区域，对加积性海岸通常发育滩肩（beach berm）。

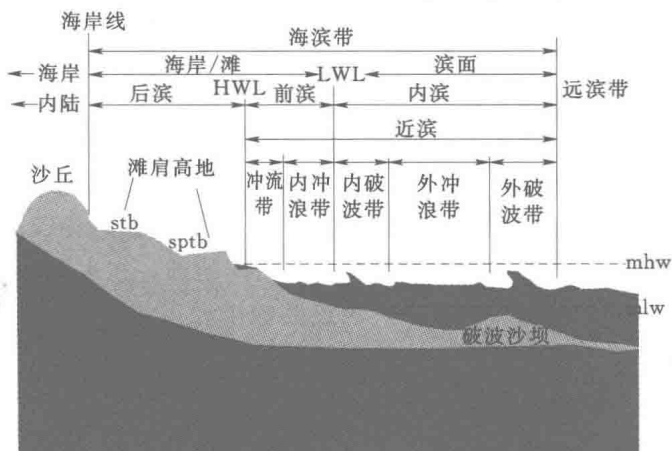


图 2-1 近岸区分区及形态示意图

图中“HWL”“LWL”“mhw”“mlw”分别代表高水位、低水位、平均高水位、平均低水位（Hanson 网页）。