



长江口潮滩沉积物 重金属污染研究

The Study on Heavy Metals Pollution
in Tidal Flat Sediments in the Yangtze Estuary

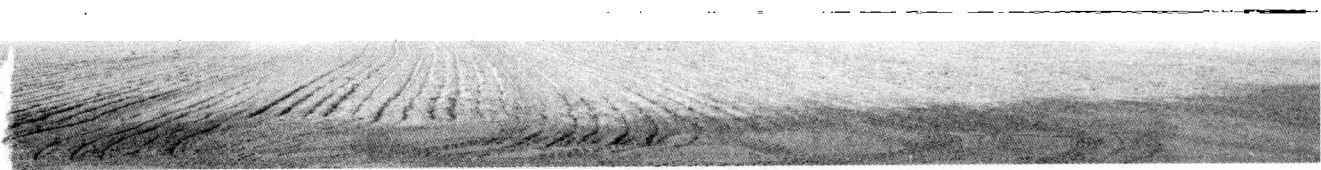
◎ 陈满荣 著



华东师范大学出版社

长江口潮滩沉积物 重金属污染研究

CHANG JIANG KOU CHAOTAN DIJICHU WUJIU
JINSHU WUJIU YANJIU



扬州大学出版基金资助

长江口潮滩沉积物重金属污染研究

◎ 陈满荣 著

● 华东师范大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

长江口潮滩沉积物重金属污染研究/陈满荣著. —上海:华东师范大学出版社, 2008

ISBN 978 - 7 - 5617 - 6351 - 3

I. 长… II. 陈… III. 长江—河口淤积—沉积物—重金属污染—研究 IV. TV152 X522

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 136117 号

长江口潮滩沉积物重金属污染研究

著 者 陈满荣
责任编辑 阮光页 张继红
装帧设计 高 山

出版发行 华东师范大学出版社
社 址 上海市中山北路 3663 号 邮编 200062
电话总机 021 - 62450163 转各部门 行政传真 021 - 62572105
客服电话 021 - 62865537(兼传真)
门市(邮购)电话 021 - 62869887
门市地址 上海市中山北路 3663 号华东师范大学校内先锋路口
网 址 www.ecnupress.com.cn

印 刷 者 临安曙光印务有限公司
开 本 787×960 16 开
印 张 12.75
字 数 228 千字
版 次 2009 年 1 月第 1 版
印 次 2009 年 1 月第 1 次
印 数 2100
书 号 ISBN 978 - 7 - 5617 - 6351 - 3/X · 007
定 价 29.00 元

出 版 人 朱杰人

(如发现本版图书有印订质量问题,请寄回本社客服中心调换或电话 021 - 62865537 联系)

目 录

第 1 章 长江口潮滩基本情况

- 1.1 长江口概况 / 1
 - 1.1.1 长江口的形态特征 / 2
 - 1.1.2 长江口发育的物质基础和动力特征 / 3
 - 1.1.3 长江口的发育过程概述 / 4
- 1.2 长江口潮滩形成和分布 / 5
 - 1.2.1 潮滩概述 / 5
 - 1.2.2 长江口潮滩概述 / 5
 - 1.2.3 长江口潮滩特征 / 6
 - 1.2.4 长江口潮滩的形成 / 7
 - 1.2.5 长江口潮滩的分布 / 8
- 1.3 长江口潮滩环境保护的重要性 / 10
 - 1.3.1 潮滩在海岸带中的作用 / 10
 - 1.3.2 潮滩研究的理论和实践意义 / 11
 - 1.3.3 长江口潮滩功能与海岸带可持续发展 / 12

第 2 章 长江口潮滩重金属污染研究历史和方法

- 2.1 国内外潮滩重金属污染研究概况 / 17
 - 2.1.1 欧美等发达国家的潮滩重金属污染研究 / 18
 - 2.1.2 韩国和日本的潮滩重金属污染研究 / 28
 - 2.1.3 我国的潮滩重金属污染研究概况 / 30
- 2.2 长江口潮滩重金属污染研究的历史 / 30
 - 2.2.1 长江口潮滩环境重金属背景值 / 32
 - 2.2.2 长江口潮滩重金属污染研究的文献构成分析 / 34
 - 2.2.3 长江口潮滩重金属污染研究与海岸带可持续发展 / 35
- 2.3 长江口潮滩沉积物重金属污染研究方法 / 35
 - 2.3.1 长江口潮滩沉积物重金属研究的传统方法 / 35

- 2.3.2 长江口潮滩研究的现代手段 / 40
- 2.3.3 长江口潮滩重金属污染研究的多学科方法 / 42
- 2.3.4 长江口潮滩重金属污染研究的新方法 / 43

第3章 长江口潮滩沉积物重金属元素的总量和形态研究

- 3.1 长江口潮滩沉积物重金属元素总量研究 / 51
 - 3.1.1 国外潮滩沉积物重金属总量研究 / 51
 - 3.1.2 国内其他河口潮滩沉积物重金属总量研究 / 52
 - 3.1.3 长江口潮滩沉积物重金属总量研究 / 52
 - 3.1.4 长江口新生沙岛九段沙潮滩沉积物重金属总量分析 / 58
- 3.2 长江口沉积物粒度特征与重金属总量关系分析 / 64
- 3.3 污水排放对潮滩重金属总量的影响 / 66
- 3.4 长江口潮滩沉积物重金属形态分析 / 67

第4章 长江口潮滩沉积物不同时空重金属含量分布

- 4.1 长江口潮滩沉积物不同空间重金属分布 / 75
 - 4.1.1 长江口潮滩沉积物平行海岸的重金属分布 / 76
 - 4.1.2 长江口潮滩沉积物垂直海岸重金属分布 / 80
- 4.2 长江口潮滩沉积物重金属的时间分布规律 / 82
 - 4.2.1 长江口潮滩沉积物不同季节重金属变化 / 82
 - 4.2.2 长江口潮滩沉积物重金属历史变化 / 84
 - 4.2.3 样芯方法研究长江口潮滩沉积物重金属历史变化趋势的局限性 / 86

第5章 长江口潮滩沉积物重金属污染的生态影响

- 5.1 长江口潮滩环境的生物多样性 / 91
 - 5.1.1 长江口潮滩生物多样性状况及其研究意义 / 91
 - 5.1.2 潮滩环境重金属污染指示生物的研究 / 92
- 5.2 长江口潮滩沉积物及植物根际土壤重金属有效性 / 93
 - 5.2.1 长江口潮滩沉积物重金属有效性 / 93
 - 5.2.2 长江口潮滩植物根际土壤重金属有效性 / 95
- 5.3 长江口潮滩生物体内重金属含量 / 97

5.4 长江口潮滩食物链中的重金属流/ 99

第6章 长江口潮滩重金属来源研究

- 6.1 河口潮滩重金属来源概述/ 107
- 6.2 长江口潮滩重金属来源概述/ 109
- 6.3 长江口潮滩重金属污染与长江不同江段的水体重金属含量/ 111
- 6.4 长江口潮滩重金属污染与长江口水体重金属含量/ 115
- 6.5 上海市污水排放和潮滩重金属污染/ 117

第7章 长江口潮滩沉积物重金属污染环境磁学诊断研究

- 7.1 重金属污染环境磁学诊断研究的历史回顾/ 121
 - 7.1.1 国外重金属污染环境磁学研究的主要成就和趋势 / 121
 - 7.1.2 国内重金属污染环境磁学研究现状 / 128
- 7.2 长江口潮滩沉积物的磁参数与重金属元素含量诊断关系模型/ 130
- 7.3 长江口潮滩重金属污染磁学诊断机理/ 133
 - 7.3.1 重金属与磁性颗粒物同源性是重金属污染磁诊断的基础 / 133
 - 7.3.2 Fe/Mn 氧化物对重金属的吸附 / 134
 - 7.3.3 细颗粒物质和有机物、磁性矿物共同吸附重金属 / 135
 - 7.3.4 沉积物粒径对重金属污染的影响 / 136
 - 7.3.5 重金属环境磁学诊断机理研究的新领域 / 139
- 7.4 长江口潮滩重金属污染环境磁学诊断方法的应用前景/ 141

第8章 长江口潮滩沉积物 PCBs 污染及其环境磁学诊断

- 8.1 PCBs 应用以及污染现状分析/ 147
- 8.2 长江口潮滩沉积物 PCBs 污染概况/ 148
- 8.3 长江口潮滩沉积物 PCBs 污染物分布及其影响因素/ 151
- 8.4 长江口潮滩沉积物 PCBs 污染物的环境磁学诊断/ 153
 - 8.4.1 长江口潮滩沉积物 PCBs 污染物环境磁诊断模型 / 153
 - 8.4.2 长江口潮滩沉积物 PCBs 污染物环境磁诊断机理分析 / 155
- 8.5 PCBs 污染研究的最新趋势/ 156

第9章 长江口潮滩环境重金属污染评价

- 9.1 潮滩环境重金属背景值研究/ 160
 - 9.1.1 土壤环境背景值研究的理论问题 / 160
 - 9.1.2 长江口潮滩沉积物重金属背景值 / 163
- 9.2 长江口潮滩环境重金属环境容量/ 164
 - 9.2.1 环境容量与土壤环境容量 / 164
 - 9.2.2 长江口潮滩沉积物环境容量 / 166
- 9.3 长江口潮滩沉积物重金属污染的风险评价/ 166
 - 9.3.1 沉积物和土壤重金属污染的风险评价 / 166
 - 9.3.2 长江口潮滩重金属污染风险评价 / 172

第10章 长江口潮滩重金属污染管理和修复研究

- 10.1 长江口潮滩重金属污染管理/ 177
 - 10.1.1 长江口重金属污染管理的必要性和紧迫性 / 177
 - 10.1.2 经济手段与潮滩重金属污染控制 / 179
 - 10.1.3 长江口潮滩环境的计划管理 / 180
 - 10.1.4 长江口潮滩环境的质量管理 / 181
 - 10.1.5 长江口潮滩环境的技术管理 / 182
 - 10.1.6 长江口潮滩环境管理的发展趋势 / 183
- 10.2 从土壤重金属污染修复看长江口潮滩重金属污染修复/ 183
 - 10.2.1 国内土壤重金属污染修复现状 / 184
 - 10.2.2 国外土壤重金属污染修复现状 / 185
 - 10.2.3 从土壤重金属污染修复看长江口潮滩重金属污染修复的未来 / 186
 - 10.2.4 长江口潮滩沉积物重金属污染重点岸段的修复方法 / 187

后 记 / 197

第 1 章 长江口潮滩基本情况

1. 1 长江口概况

长江全长 6 300 多 km,流域面积 180 余万 km²,是我国第一、世界第三大河。她发育于我国西高东低的阶梯地形上,汇集了 700 多条大小河流,从河源到河口落差达 6 600 多 m,平均年入海径流总量约 9 600 多亿 m³,携带大量泥沙进入河口区,在来自河流和海洋的动力作用下,形成了喇叭口形状的河口(见图 1. 1)。在长江口,南汇嘴与启东嘴之间的距离约 90 km,河口发育了崇明岛、长兴岛、横沙岛和九段沙等拦门沙系,形成河流被沙岛分支入海的局面。

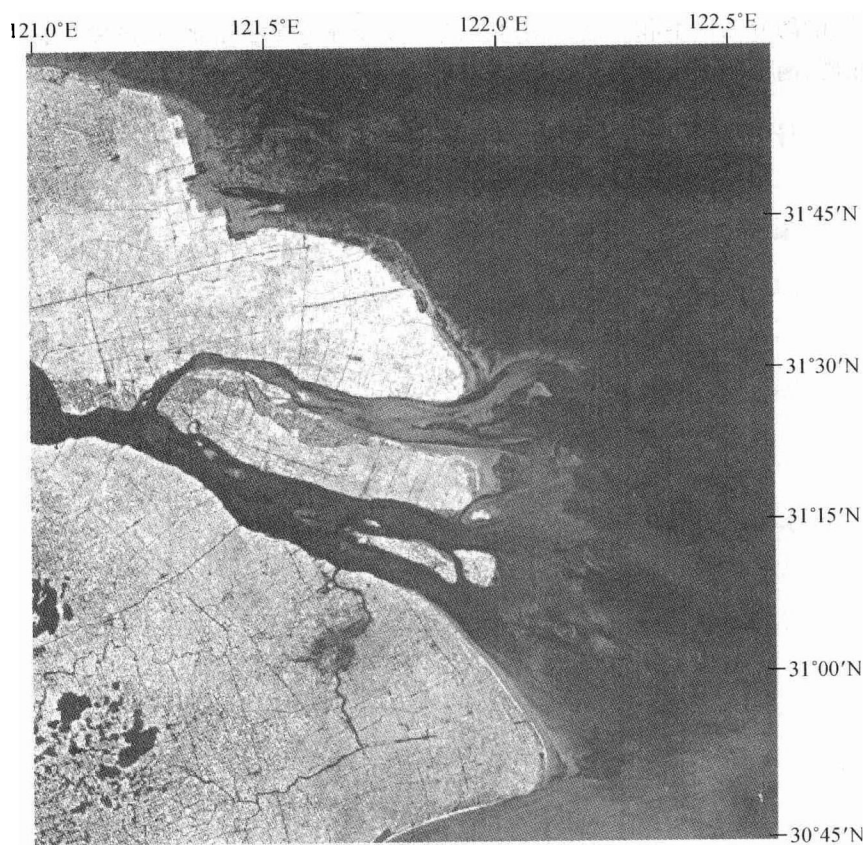


图 1. 1 长江口 Landsat 卫星 MSS 影像图

Fig. 1. 1 The Landsat MSS image of the estuary of Yangtze River

长江口位于我国海岸线的中点,孕育了我国最大的城市——上海,空间上与经济发达的江苏省和浙江省相连,作为我国大河入海口,具有得天独厚的地理位置。长江口及其潮滩环境,一定意义上可以反映我国长江流域的环境保护状况,同时长江口潮滩与近海之间密切的生态联系,对近海渔业等有重要影响。保护长江口环境,对于我国可持续发展战略实施具有重要意义。

1.1.1 长江口的形态特征

长江口是世界上特大喇叭形河口之一。平面形态上呈扇形分汊,从徐六泾到50号标灯,距离约为181.8 km,徐六泾河宽约5 km,启东嘴到南汇嘴宽度约90 km。徐六泾以下,崇明岛将长江分为南支、北支,南支在吴淞口以下被长兴岛和横沙岛分为南港和北港。南港又被九段沙分为南槽和北槽,形成了北支、北港、北槽、南槽四个人海通道。(图 1.2)

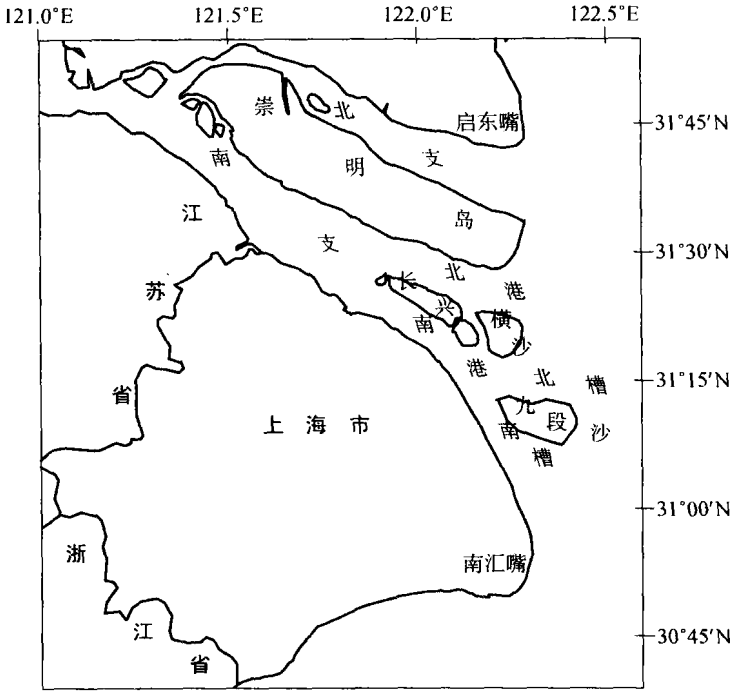


图 1.2 长江口形态示意图

Fig 1.2 The map of the estuary of Yangtze River

长江口特殊的形态特征为海陆之间的物质和能量交换提供了天然的通道,

为潮滩形成和发育提供了有利条件。

1.1.2 长江口发育的物质基础和动力特征

长江口发育于我国海岸带的地质、地貌基础之上。其大地构造属于沉降带地质基础。根据李四光对中国大地构造的研究(李四光,1973),新华夏构造体系在我国东部表现为四个隆起带和三个沉降带,即①大兴安岭—太行山隆起带;②松辽—华北平原沉降带;③胶辽隆起带;④黄海—苏北平原沉降带;⑤浙闽粤隆起带;⑥东海—南海沉降带;⑦台湾隆起带。长江口潮滩位于黄海—苏北平原沉降带上。历史记载,1194~1855年600多年间,黄河曾经由第二沉降带入海,在那里汇同长江来沙,塑造了江苏—上海平原淤泥质海岸。

陈吉余(2000)认为:陆棚区域是泥沙沉积的下垫面,是长江口地貌发育的基础。我国东海岸的陆棚是世界上范围最广的陆棚之一,在长江口南汇嘴纬度上(北纬 31°),陆棚宽度达520 km。陆棚前缘向大陆坡的转折点约为水面以下90 m。陆棚的外带是一个平缓微倾的台面。距离海岸200 km处至陆棚前缘的平均坡度为万分之1.13。长江口形成的古代水下三角洲呈扇形分布,面积约70 000 km²。三角洲前缘在海面以下50 m,平面中心在北纬 $32^{\circ}18'$ 。在这个古代三角洲之上,还叠覆着一个近代水下三角洲。长江三角洲就在这种地貌基础上形成的。

径流和泥沙是潮滩形成的物质基础。长江从大约180万 km²流域范围内汇聚了巨大的径流量,而长江径流每年带来约4.4亿~4.6亿 t的泥沙,除了随着沿岸流向江苏和浙江海岸扩散外,大部分在长江口停积下来,成为长江口潮滩形成的物质基础。研究显示,潮滩淤涨速率与河流来沙量之间存在一定的正相关关系(杨世伦等,2001)。20世纪70年代以来,大通站入海泥沙呈明显下降趋势。河流上游来沙量的减少和水利工程对水沙的截留之间存在一定的关系。三峡工程以及南水北调等大型水利工程对河口物质能量平衡的干扰,使长江口水来沙、潮滩淤涨速率等产生变化,由此造成的影响应当引起重视。

长江口水动力特征是长江口发育的动力来源,它主要取决于河流径流、海洋动力和风三个方面。首先,长江口汇集了广大流域内的水流,携带大量泥沙,河流水体及其携带的泥沙具有强大的动力,抵消了波浪、潮汐和海流的动能。控制和影响长江河口发育的海洋动力主要包括波浪、潮汐和海流等。按照成因把波浪分为风浪、内波、副振波、潮波、船行波、冲击波(海啸)、余波等。长江口区波浪以风浪为主(朱慧芳等,1988)。根据长江口引水船的资料,多年平均波高为

0.9 m,最大波高为 6.2 m。风浪的方向和波高取决于风向和风速。下半年多东南偏南浪,冬季则西北浪较强。台风和寒潮也是长江口大风的成因。台风每年都会出现至少 1~2 次,风速达 34.5~43.9 m/s,寒潮最大风速达 24 m/s。台风引起的风浪对潮滩影响比较深刻(张卫国,2001)。而弱浪淤积和暴风浪侵蚀构成了长江口潮滩演变的基本特征(陈卫跃,1992)。潮汐作用使长江口形成了一个中等潮差、半日型河口,平均潮差 2.6 m,大潮平均潮差 4.0 m。潮汐是长江口潮滩形成的重要动力来源之一。

1.1.3 长江口的发育过程概述

了解长江口的发育过程有利于认识潮滩发育问题。长江口潮滩是河口重要组成部分,河口的发育直接制约着潮滩的发育。

根据陈吉余等(1990)的研究,长江口的发育过程是以河口湾的不断填充来实现的。冰后期海浸在距今 7 000~6 000 a 前,海面上升达到或者接近现在的高程附近。当海水内浸时,长江口在镇江、扬州之间,是漏斗状的河口湾。现在的长江三角洲当时大部分是潟湖、沼泽和滨海低地。大约在距今 6 000~4 200 a 之间,长江来沙远不如现在丰富,海岸外伸的速度非常缓慢,潮滩发育的速度也很慢。公元 3 世纪以后,长江流域山区开发,河流输沙量显著增多,10 世纪的海岸线已经达到黄浦江东岸,12~13 世纪海岸线已经达到川沙、南汇县城一线。历史时期长江口南岸以每 40 年 1 km 的速度向东海方向伸展,近代则加快到每 23 年 1 km。

长江口北岸是一系列沙洲或沙洲群,通过夹江阻淤与岸线相连,使苏北嘴逐渐向东南方向伸展。长江南岸的岸线外伸,北岸的沙岛并岸,使得长江河口逐渐束窄。如扬州、镇江河段从 12 km 到 2.3 km,江阴河段从 11 km 到 3.5 km,南通河段从 18 km 到 7.5 km,河口口门则从 180 km 束狭为 90 km。长江北支在 14~18 世纪曾经是长江入海主流所经水道。20 世纪初北支仍然分泄 25% 以上的长江来水。50 年代末,经北支下泄的径流只占长江总径流量的 1%~2%(陈吉余等,1987)。此后出现枯水期水沙倒灌的现象。因而,北支河道逐渐淤浅缩狭。

长江口的整体发育与潮滩的关系存在比较明确的规律:长江口不断向海延伸,潮滩不断增长。潮滩属长江三角洲前缘地带,目前仍在增长。长江口属分汉型河口,河口分汉和沙岛并岸是长江河口发育的特征之一,也制约潮滩的发育和分布特点。经过暗沙—明沙—岛屿—并岸成陆的过程,潮滩从明沙主体开始发

生,直到岛屿中心部分淤涨高出平均潮水位,在岛屿周围广泛发育潮滩。人工海堤阻挡潮水入侵,也会影响到潮滩的发育。如九段沙中沙和下沙主体仍然处于潮滩发育阶段。

1.2 长江口潮滩形成和分布

1.2.1 潮滩概述

潮滩(tidal flat)又称潮间带,一般指在有潮海的海岸环境中,平均高潮线和平均低潮线之间的地带。这里是海与陆交汇的特殊地带,随着潮位周期性升降变化,涨、落潮流往复于滩坡上,使潮滩出现周期性的淹没和出露水面的交替变化。潮滩可划分为:潮上带(或称超潮滩)、潮间带(或称潮滩)及潮下带(或称潮下浅滩)等三部分(王宝灿等,1989)。陈吉余(1996)认为,潮滩又称海涂或滩涂,指淤泥质海岸高、低潮位之间的潮带,是淤泥质海岸的最主要地貌类型之一,其范围应局限于理论深度基准面上。

英国 T. P. Williams 等(1994)按照微地貌、植被、潮汐状态等自然地理特征将滨岸滩地划分为潮滩(tidal flat)和盐沼(salt marsh)两部分,盐沼依次分低盐沼(low or pioneer marsh)、中盐沼(middle marsh)和高盐沼(High or mature marsh),再向上为陆地植物(terrestrial vegetation)分布区(大致相当于中文文献中的潮上带)。Williams 等定义的潮滩带位于平均高潮低水位(mean high water neap tide, MHWN)以下,其后缘与盐沼之间有微小陡坎(micro cliff)作为分界,有沉水植物分布,如大叶藻属的 *Zostera marina* 和泰莱藻属(*Thalassia*)。低盐沼位于平均高潮低水位(MHWN)以上、平均高潮位(MHW)以下,地貌上有盐水盆地(salt pan)分布,典型的特征植物是海蓬子属(*Salicornia*)和大米草属(*Spartina*)。中盐沼位于低盐沼以上、平均高潮高水位(mean high water spring tide, MHWS)以下,有较大的潮沟发育,典型的特征植物为滨藜属(*Atriplex*)和碱茅属(*Puccinellia*)植物。高盐沼位于平均高潮高水位以上、陆生植物带以下,属于成熟的盐沼,地面平缓,既无潮沟发育也无盐水盆地,分布着有特征性的一系列盐生植物,包括灯心草属(*Juncus*)和羊茅属(*Festuca*)。

1.2.2 长江口潮滩概述

长江口潮滩主要分布在长江口南岸(南汇东滩)、河口沙岛(崇明岛、长兴岛、横沙岛)边缘以及正在成陆的河口沙洲边缘(如九段沙),少部分分布于其他江心

滩(表 1.1)。根据统计,边滩总面积 103.16 万亩,(其中 0 m 以上占 87.3%),江心滩面积 44.41 万亩,合计滩涂面积 147.57 万亩。崇明东滩最大宽度达 10 km 以上,南汇东滩一般宽 5~7 km。长江口潮滩不断向海推进,由于自然波动和人为影响等各方面的原因,潮滩的淤涨、侵蚀幅度和速度变化较大。人为影响,如围垦工程的作用,再如三峡工程、南水北调等大型工程引起来水来沙数量的变化,使得潮滩发生变化的趋势难以在短时期内准确预知。有文献对此提出一些预测(陈吉余,2003; Xiqing C., 1998),理论上有一定的可信度。

表 1.1 上海市滩涂资源分布状况表

(万亩)

Table 1.1 The distribution of tidal flats in Shanghai

地 名	边 滩		江 心 滩	
	0 m 以上面积	3.5 m 以上面积	地 名	面 积
长江口南岸	37.76	2.07	西黄瓜沙	4.15
杭州湾北岸	7.97	1.15	上扁担沙	2.79
崇明岛	36.45	9.45	下扁担沙	2.26
长兴岛	3.08	0.32	九段沙	10.71
横沙岛	4.83	0.08	各种无名阴沙	24.50

(根据上海市水利志编撰委员会,上海水利志 1997. 上海社会科学院出版社,206~243)

1.2.3 长江口潮滩特征

与世界其他大河口潮滩比较,长江口有明显的特点(杨世伦等,2001)。大河口潮滩的平面形态有长条状、裙状、沙嘴状和江心洲型,垂直岸线的横剖面形态有宽缓型、陡岸型和侵蚀崖型。长江口具有细颗粒泥沙来源丰富、盐度低、口门开阔、风浪作用强等特点,潮滩多数面向开阔海域或宽广的水道,且淤涨迅速。

长江口潮滩包括上海滩涂和江苏苏北平原南部。苏北平原南部潮滩指苏北半岛的启东一带潮滩,是间歇性侵蚀海岸,潮滩窄而潮沟较深。根据严钦尚和许世远在 20 世纪 90 年代初期的研究(1993),苏北海岸东灶港到蒿枝港海岸为侵蚀海岸,蒿枝港到苏北嘴属于微蚀微淤动态相对平衡的稳定岸段。

根据岸滩的稳定程度,长江口上海部分的潮滩可以分为三种类型:淤涨、稳定和侵蚀型。淤涨型的潮滩主要分布在崇明、横沙和南汇的东部。杭州湾北部曹泾以西的金山岸段,平均淤涨速率约为 20 m/a,不同岸段淤涨幅度差异较大。潮滩的宽度取决于淤涨/侵蚀速率和围垦强度。从地貌上看,潮滩的坡度变化很大,从 1/100 到 1/1 600。随着土地围垦,淤涨岸段坡度变缓。从组成物质的粒

度看,长江输送的泥沙和潮滩泥沙在粒度特征上是一致的,其中 $>0.1\text{ mm}$, $0.1\sim0.05\text{ mm}$ 和 $<0.05\text{ mm}$ 的颗粒分别占泥沙总量的约 5.1%, 27.6% 和 67.3%。潮滩不同部位植被存在较大差异,淤涨性潮滩,芦苇(*Phragmites australis*)占据高潮滩,海三棱藨草(*Scirpus mariqueter*)生长在中潮滩,互花米草(*Spartina alteriflora*)被移植在中潮滩且生长良好。

1.2.4 长江口潮滩的形成

与恒河口、亚马孙河口、黄河口比较,长江口潮滩的形成具有一系列有利因素:

首先,长江多年平均携带泥沙约 4 亿 t 多进入长江口(入海泥沙居世界第四位)。这是长江口潮滩形成的物质基础。其次,东海和黄海是世界上最宽的陆架之一,在长江口和日本群岛之间是宽约数百 km、绝大部分水深 200 m 的大陆架,海底坡度一般小于 1‰。这是长江口潮滩形成的地貌基础。第三,夏季向北的沿岸流和冬季向南的沿岸流都不是特别强,除了沿岸流带走的泥沙外,每年有将近一半以上的泥沙堆积在河口区。长江口为中—强潮河口,这是长江口潮滩形成的水动力基础。由于上述原因,尽管围垦速度很快,仍然保存有大片潮滩。

与长江口比较,恒河每年约有 12 亿 t 泥沙进入孟加拉湾,恒河河口的潮差与长江口相似,然而恒河口淤涨极慢,潮滩被围垦后新生潮滩难以出现,主要是由于海底峡谷伸入到河口附近。而亚马孙河每年携带超过 10 亿 t 泥沙入海,潮差也与长江口相似,但强劲的沿岸流把河流带来的泥沙带到几百 km 外,因缺乏泥沙物质,潮滩发育不如长江口。现代黄河口为弱潮海岸,黄河携带大量泥沙进入河口区,潮滩淤涨速率曾经很快,但因潮差小,潮间带窄,潮滩发育不典型。

潮滩发育的理论认为:喇叭形的河口在科氏力作用下,涨落潮流路分歧使河口形成缓流区,泥沙易于沉积,先形成水下阴沙,阴沙堆积加高出露成为明沙,明沙进一步发育成沙岛。长江口潮滩发育符合这种模式。

邵虚生、严钦尚(1982)较早研究长江口潮滩。他们对于长江口南部的潮滩沉积形成条件和沉积结构、沉积速率等进行了较为深入的研究,认为长江口潮滩形成的条件包括三个方面:显著的潮汐作用;具有面向广海的低波能缓坡带;接受极其丰富的粘土和粉砂供应。长江口潮汐是正规半日潮,平均潮差 2.7~3.5 m,按照戴维斯(J. L. Davies)分类属于中潮区。显著的潮汐作用是潮滩发育的能量基础。其次,长江口具有面向广海的低波能缓坡地貌特征。长江口南岸的潮滩以芦潮港岸线转折点为界,分为南部潮滩和东部潮滩,东部潮滩水下等

深线呈弧形向东展开(见表 1.2),在 $0 \sim -60$ m 等深线之间的宽度为 340 km,坡度平均在 0.39% 以下;南部潮滩水下深度较小,而整个杭州湾口的深度只有 7 m 左右, -10 m 等深线在杭州湾口外。长江每年向河口输送大量泥沙,由于长江口下游河段坡降小,所以输送到河口区的主要是粘土和粉砂。以上三个条件促进了长江口潮滩的快速发育。

表 1.2 长江口南汇老港以东水下斜坡的坡度变化(据邵虚生,严钦尚,1982)

Table 1.2 The slope below sea level of Yangtze River estuary in the east of Laogang, Nanhui

坡段(m)	$0 \sim -5$	$-5 \sim -10$	$-10 \sim -20$	$-20 \sim -60$	$-60 \sim -200$
间距(km)	19.5	27.8	25.5	270.0	240.0
坡度($\%$)	0.26	0.18	0.39	0.15	0.60

1.2.5 长江口潮滩的分布

长江口潮滩集中分布在长江口南岸边滩、崇明东滩和九段沙等区域(见图 1.3)。

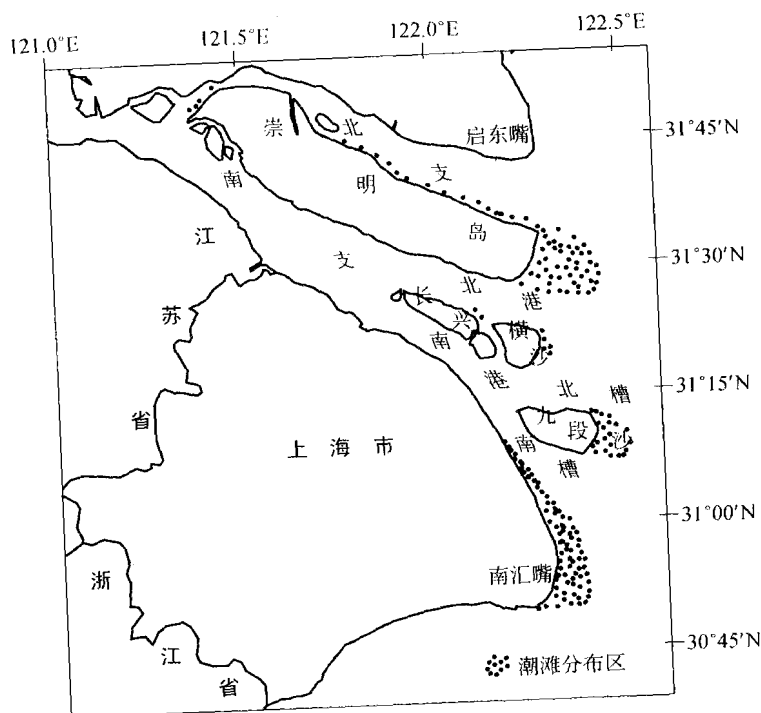


图 1.3 长江口潮滩分布示意图

Fig. 1.3 The map of tidal flats distribution in the Yangtze River estuary

第一集中分布区:长江口南岸边滩。长江口南岸潮滩按照土地利用现状可以分为三段:

石洞口到朝阳农场一段。该段只有局部小范围面积很小的天然滩地,大多数岸段大堤直逼水面,即使低潮位时也没有滩地出露;有的岸段正在围垦。

第二段朝阳农场到芦潮港,该段是长江口潮滩中最宽而且在不断成长的岸段。

第三段为芦潮港到金丝娘桥。

从沉积动力学角度,该段潮滩分为三个区域:吴淞口以西滩地,吴淞口到汇角段和汇角到金山石化段。吴淞口以西滩地,径流作用强,潮流以落潮流占优势,平均潮差向口门逐渐增大,徐六泾潮差 1.99 m,到高桥达 2.35 m,滩地基本上处于冲刷状态,平均高低潮线之间的滩地窄,约为 100~300 m,平均坡度 2‰~5‰。潮滩底质优势粒级较粗,约 4~8 μm 。吴淞口到汇角潮汐作用较上段明显增强,最大潮差为 4.62 m,属 J. L. Davies 分类的中潮差区。滩地宽度比上段增大,老港滩地宽度约 1500 m,平均坡度 2‰。高潮滩沉积物多为灰黑色淤泥,植被茂密,低潮滩无植被。

第二集中分布区:崇明东滩。崇明岛东部滩地自西向东舌状向海突出,其南侧紧贴长江南支北港,北侧紧靠长江北支。自人工堤到平均低潮线长约 7000 m;滩地以 0.5‰的和缓坡度向海倾斜,其伸展速度 200~300 m/a 左右。有研究认为,这里是长江口最大的淤积带。

崇明东滩发育与崇明岛关系密切。崇明岛是长江下泻泥沙在河口口门附近形成的沙洲,经不断沉积、出露水面成为冲积岛。其表层沉积物以细颗粒泥沙为主,中值粒径 5.82~8.70 μm 。崇明岛岸线长约 200 多 km,地面高程为 2.6~5.1 m,北部和中部略高。

崇明岛具有三种典型的潮滩地貌剖面:上凸地貌、陡坎式地貌、上凹形地貌。上凸地貌剖面:如前进农场在崇明岛北岸,芦苇滩宽 600 多 m,粘土质粉沙,草滩宽 60 多 m,草滩为粘土质粉沙,光滩以粉沙为主;东旺沙在崇明岛东端,芦苇滩宽 3800 多 m(围垦前),粉沙粒径,草滩宽 600 m,近岸 1000 m 范围内沉积物为粘土质粉沙,1000 m 以外为粉沙,潮沟发育为树枝状。陡坎式地貌剖面:如团结沙南岸和新建东三坝断面。上凹形地貌:根据研究过程中 GPS 高程测量,处于边缘的海堤高程较高,大堤以内大片土地相对较低,具有上凹形地貌特征。

第三集中分布区:九段沙。九段沙是长江河口的新生沙岛(shoal),20 世纪 80 年代局部出露水面,位于北纬 31°06′20″~31°14′00″,东经 121°53′06″~