

# 长江口的演化与发展趋势

周念清, 王 燕, 夏明亮

(同济大学 水利工程系, 上海 200092)

**摘 要:** 随着长江上游干支流众多大型水利工程的修建, 特别是三峡大坝和南水北调工程陆续完工并投入运行, 以及退耕还林和水土保持工程的实施, 使得长江入海泥沙量急剧减少, 导致长江三角洲淤涨速率减缓, 并可能使长江三角洲出现逐渐退化和萎缩现象。论述了长江三角洲的形成过程, 分析了上游水利工程、海平面上升、地面沉降和人类活动等对长江三角洲的影响, 提出了目前仍在实施的围海造地是有效防止或缓解长江口三角洲免遭侵蚀的有效途径。

**关键词:** 长江三角洲; 输沙量; 三峡工程; 南水北调; 水土保持; 围垦

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2007)03-0132-06

中图分类号: S157, TV856

## Estuarine Evolvment of the Yangtze River and Its Developing Trend

ZHOU Nian-qing, WANG Yan, XIA Ming-liang

(Department of Hydraulic Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

**Abstract:** With the construction of many hydro-projects in both the trunk stream and tributary the upper reaches of the Yangtze River, especially the Three Gorges Project and the South-to-North Water Diversion Project, and the implementation of converting farmland into forest and grass as well as soil and water conservation, sediment discharge into the sea in the Yangtze River is declining quickly. This reduces the silting rate of the Yangtze River Delta and might degenerate the Yangtze River Delta as well. Formation process of the Yangtze River Delta is discussed, and the impacts of upstream hydro-projects, rising sea level, land subsidence and human activities upon the Yangtze River Delta are analyzed. It is put forward that the coast reclamation which is still being carried on at present is an effective way to prevent the Yangtze River Delta from erosion. The result from the study has some guiding significance to the practice.

**Keywords:** Yangtze River Delta; sediment discharge; Three Gorges Project; South-to-North Water Diversion Project; soil and water conservation; land reclamation

长江是我国第一大河流, 年径流总量达  $9.05 \times 10^{11} \text{ m}^3$ , 多年平均流量为  $28400 \text{ m}^3/\text{s}$ 。距长江口约 620 km 的大通站悬移质多年平均输沙总量为  $4.33 \times 10^8 \text{ t}$ , 平均含沙量  $0.486 \text{ kg/m}^3$ 。长江口中浚站年平均潮差为 2.66 m, 最大潮差为 4.62 m, 属中潮河口; 潮量较大, 洪季大潮达  $5.30 \times 10^9 \text{ m}^3$ , 枯季大潮也达  $3.90 \times 10^9 \text{ m}^3$ 。长江口水动力情况复杂, 径流、潮汐、科氏力、波浪及沿岸流作用都较强烈, 口外还受上升流影响<sup>[1]</sup>。长江口属于粉沙淤泥质河口, 在径流、潮流、波浪、盐水的作用和影响下, 泥沙运动规律极其复杂, 既有悬沙, 又有底沙, 在其往返运输过程中不断与河床交换, 引起河床的冲淤变化。长江口泥沙主要来自内陆, 流水携带泥沙不断改造河流的形态, 长江三

角洲的形成与发展正是在长江口径流、潮流这两股强劲动力的相互作用下逐渐形成的。

## 1 长江口的现状及其演变过程

### 1.1 长江口的现状

现今的长江口在徐六径以下由崇明岛分为南、北两支, 南支在吴淞口以下被长兴、横沙两岛分为南港、北港, 南港在九段沙再被分为南槽和北槽。河道平面形态呈喇叭状, 长江口形态呈一展宽的平面扇形三角洲。南、北支, 南、北港, 南、北槽呈三级分汊、四口入海的格局(图 1)<sup>[2]</sup>。长江泥沙沿东南方向出长江口, 颗粒较粗部分沉积口外, 形成水下三角洲, 一部分较细的泥沙输移到杭州湾, 最远到福建省北部沿海。

收稿日期: 2006-07-25

修稿日期: 2007-03-26

资助项目: 本项目得到国家 973 计划“西南喀斯特山地石漠化与适应性生态系统调控”子课题“西南喀斯特山地土壤侵蚀过程与水土流失危险度评价(2006CB403203)”资助

作者简介: 周念清(1964—), 湖南石门人, 博士, 主要从事水文学与水资源、工程地下水教学与研究工作。E-mail: zhounq18@sina.com。

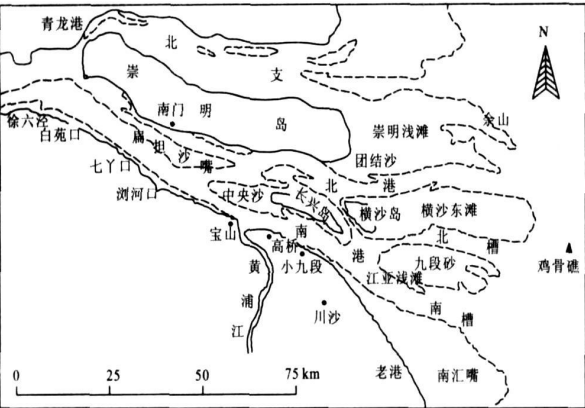


图1 长江河口形势

长江口某些岸段现已出现强烈的侵蚀现象,特别是水下岸坡的侵蚀应特别引起重视。水下岸坡是潮间带发育的基础,当水下岸坡被侵蚀到一定程度后必

将导致潮间带的侵蚀。目前长江口潮滩的总体淤涨速率正在减慢,侵蚀事件逐步增多,造成长江河口三角洲岸滩淤涨趋势减弱或侵蚀加强的原因主要是河流来沙量减少和海平面上升有关(表1)<sup>[3-4]</sup>。

1.2 长江口的演化

长江口演变属单向演变性质,河口向外延伸,向南偏转,南岸边滩扩展,北岸沙岛并岸。在距今6000~7000 a时,海平面上升侵入长江口内,当时长江口为一溺谷型河口湾,湾顶在镇江、扬州一带(如图2),那时还没有现代长江三角洲(吕炳全等,1997)<sup>[5]</sup>。距今6000~7000 a至2000~3000 a的4000 a内,流域人口少,人类垦殖能力低,水土流失轻,河流泥沙量少。加之海平面上升的影响,对河床基面进行了调整,使中下游河道发生淤积。因此,当时河流搬运到河口的泥沙较少,岸线推进缓慢<sup>[6]</sup>。

表1 长江大通站水沙资料

水 量		沙 量	
项 目	数 量	项 目	数 量
平均年径流量/ $10^8\text{ m}^3$	9 051	年输沙总量/ $10^8\text{ t}$	4.330
多年平均流量/ $(\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1})$	28 400	年平均含沙量/ $(\text{kg}\cdot\text{m}^{-3})$	0.486
最大洪峰流量/ $(\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1})$	92 600	洪季平均含沙量/ $(\text{kg}\cdot\text{m}^{-3})$	1.000
最小枯水流量/ $(\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1})$	4 620	枯季平均含沙量/ $(\text{kg}\cdot\text{m}^{-3})$	0.100

注:资料年限为1950—2000年。

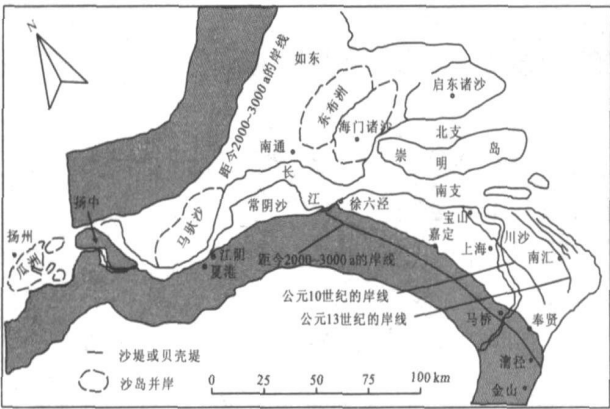


图2 长江河口的历史变迁(据陈吉余等1988年修改)

距今2000~3000 a以来,由于长江流域人口的迅速增长,流域开垦越来越强烈,导致长江来沙增多,加之中下游河床淤积减弱,导致进入长江口的泥沙显著增多,长江口不断向外推移,三角洲淤积加快,现代三角洲的绝大部分面积是这段时间形成的。有关长江三角洲范围划分<sup>[7]</sup>,经济范围上包括上海、南京、镇江、扬州、苏州、无锡、常州、杭州、嘉兴、湖州、绍兴和宁波等12个城市,面积约 $1.01\times 10^5\text{ km}^2$ ;地理概念上的长江三角洲面积约为 $4.00\times 10^4\text{ km}^2$ ;而从沉积

概念上的长江三角洲既包括现代三角洲(全新世海平面上升趋于稳定以来的6000 a左右形成的三角洲),也包括古代三角洲,面积约 $3.00\times 10^4\text{ km}^2$ (其中陆上部分约为 $1.85\times 10^4\text{ km}^2$ ,水下三角洲约为 $1.00\times 10^4\text{ km}^2$ )。近2000 a来,仅上海市就有62%的土地由长江泥沙堆积而成<sup>[2]</sup>。

2 长江口三岛的形成与演变

2.1 崇明岛

崇明岛是我国第三大岛,也是最大的冲积沙洲,三面环江,东濒东海,东西长76 km,南北宽13~18 km。崇明岛将长江下泄水流分为南、北2支<sup>[8]</sup>。崇明岛最早出露于1300 a多前,当时仅是江中的2个小沙洲,面积十几平方公里。在随后漫长的时间里,又先后有姚刘沙、崇明沙、平洋沙、长沙等沙洲露出水面,但由于长江主泓南北摆动,诸沙洲此涨彼坍,东沙、西沙、姚刘沙、崇明沙都先后坍没江中。现代崇明岛的轮廓,历经由西向东的多次变迁后,于17世纪中叶初步形成。公元18世纪中叶以来,崇明岛南岸冲刷严重,而北岸和西岸以沙洲并岛的形式扩展;东岸则以边滩淤涨的形式不断扩展。19世纪以来又先后

出露合隆沙、东平沙、永隆沙等,使崇明岛继续扩大。1954 年,全岛面积为  $608 \text{ km}^2$ , 1955 年以后多次实施大围垦,诸沙洲并入崇明岛,面积增加了  $433 \text{ km}^2$ 。近年来,崇明东滩和北沿滩地仍在继续淤涨,围垦开发也在继续进行,截至目前,崇明岛的面积已增加到  $1200 \text{ km}^2$ 。

## 2.2 长兴岛

长兴岛由诸沙洲连并而成,主要有鸭窝沙、石头沙、瑞丰沙、潘家沙、圆圆沙、金带沙等,东西长约  $20 \text{ km}$ ,南北宽约  $14 \text{ km}$ ,呈带状,面积为  $88.54 \text{ km}^2$ <sup>[9]</sup>,位于长江入海口南支,并将长江南支分为南北两港<sup>[8]</sup>。距今 700 a 前,长兴岛为水下沙洲。1644 年鸭窝沙出露水面,1844 年鸭窝沙面积为  $2.20 \text{ km}^2$ ,崇宝沙面积为  $7.20 \text{ km}^2$ 。1843 年开始在出露的沙洲上围垦筑

圩,鸭窝沙经过 100 a 多淤涨变迁,面积扩大到  $14 \text{ km}^2$ ,成为长兴岛主体。崇宝沙位于鸭窝沙以西,到 1860 年面积扩大到  $13.70 \text{ km}^2$ 。1880 年崇宝沙分裂为 3 个小沙,即瑞丰沙、石头沙、小石头沙。小石头沙不久便坍入江中。1842 年石头沙面积近  $20 \text{ km}^2$ ,至 20 世纪初期,沙体不断缩小。1854 年圆圆沙面积  $1.40 \text{ km}^2$ ,它位于鸭窝沙东南  $5 \text{ km}$  处,因受潮流影响,沙体先向西北方向移动,靠近鸭窝沙,后又向东南方移动,远离鸭窝沙。到 20 世纪中叶,沙洲面积扩大到  $14 \text{ km}^2$ 。1919 年金带沙面积为  $5 \text{ km}^2$ ,它位于鸭窝沙之东,后扩大到  $7.50 \text{ km}^2$ 。1924 年潘家沙面积  $9 \text{ km}^2$ ,它位于石头沙东、鸭窝沙西北、冲坍明显,到 1950 年面积缩小到  $5 \sim 6 \text{ km}^2$ 。这些沙体于 60—70 年代初经人工堵汉,连成一体,形成今日长兴岛(图 3)。

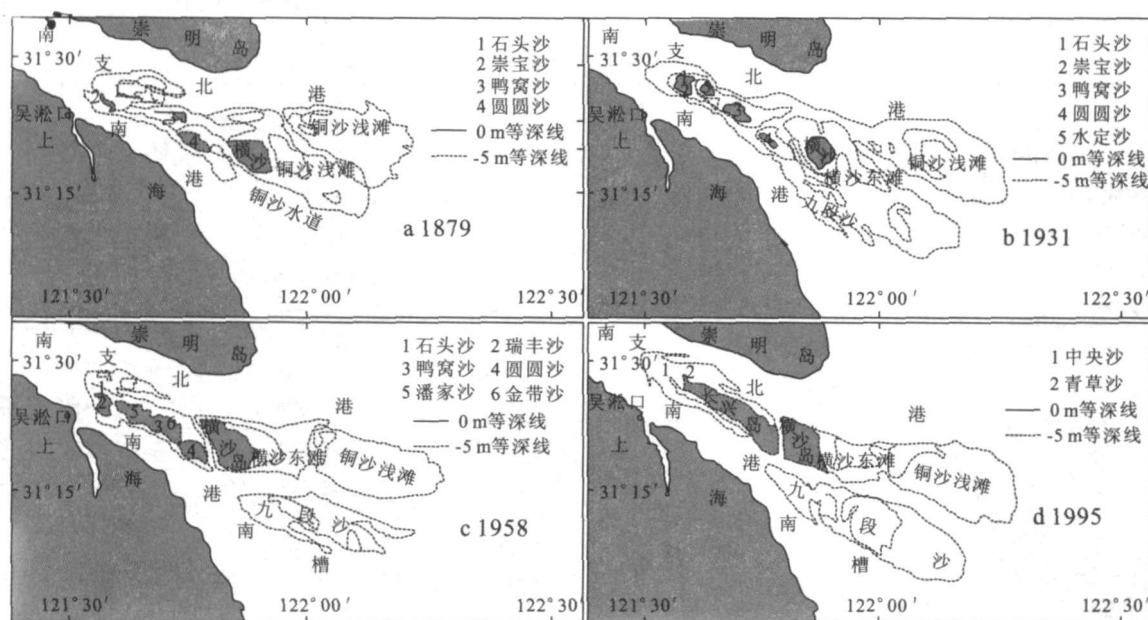


图 3 1879—1995 年间长兴岛和横沙岛演变示意图

## 2.3 横沙岛

横沙岛亦位于长江入海口南支。岛域东西长约  $10 \text{ km}$ ,南北宽约  $15 \text{ km}$ ,面积为  $55.74 \text{ km}^2$ <sup>[8-9]</sup>。700 a 前的横沙岛,亦为水下沙洲。横沙岛于 150 a 前开始出露水面,由于横沙位于长江河口,在长江口外强潮流作用下,沙体东南冲坍,西北淤涨,渐渐向长江口内移动,整个沙洲呈椭圆形。人工围垦始于 120 a 前,围垦后面积达到了  $20.81 \text{ km}^2$ ,之后该沙岛一直呈南坍北涨的趋势。在 1869—1958 年,整个横沙向西北迁移了  $10 \text{ km}$ 。据初步统计,该岛自始垦至 1985 年,近百年来全岛共坍去耕地  $38215 \text{ hm}^2$ ,其中从 1950—1977 年,横沙东部坍失长度  $5.5 \text{ km}$ ,南岸线退了  $5 \text{ km}$  多,几乎坍去了一个老横沙。到 1987 年,沙岛长  $11 \text{ km}$ ,最大宽度为  $7.5 \text{ km}$ ,面积近  $50 \text{ km}^2$ 。

## 3 人类活动对长江口地区的影响

长江三角洲的发育演变主要受河流入海泥沙量的影响,人类工程活动(如水库大坝建设、水土保持工程实施等)也加速了长江三角洲的演化进程,使河流的入海泥沙量急剧减少,长江三角洲的沉积环境正在发生重大变化。

### 3.1 上游大坝兴建对长江三角洲的影响

自 20 世纪 50 年代以来,在长江流域的干支流上已修建各类大坝  $4.80 \times 10^4$  座,其中大型水坝 157 座,中型水坝 1025 座,总库容达  $1.20 \times 10^{11} \text{ m}^3$ 。其中,20 世纪 90 年代长江上游大型水库新增库容约  $1.75 \times 10^{10} \text{ m}^3$ ,约为此前长江上游已建大型水库库容的 2 倍(见表 2)。三峡水库的库容达  $39.3 \text{ Gm}^3$ ,比

目前流域中所有水库的总库容还要大。三峡水库已于 2003 年 6 月 1 日开始正式蓄水并拦沙,其死库容为 $17.15\text{G m}^3$ ,部分上游来沙将被拦截在库区。根据三峡工程蓄水运用对长江口径流来沙的影响研究结果<sup>[10]</sup>,在不考虑沿程冲刷恢复的条件下,由于三峡工程蓄水运行,下游大通站的输沙量减少了约 40%。

2004 年,三峡水库库区淤积泥沙约  $1.02 \times 10^8 \text{ t}$ ,长江入海泥沙的减少已造成长江三角洲前缘海床的冲刷<sup>[12]</sup>。随着上游来沙的减少,长江口门外的水下三角洲将出现严重侵蚀<sup>[11]</sup>,长江三角洲可能会随着泥沙的减少而出现海岸线后退的现象<sup>[12-13]</sup>。图 4 反映了长江年输沙量多年变化规律。

表 2 长江上游 20 世纪 90 年代新建大型水库统计								
库 名	流 域	河 流	地 点	控制集水 面积/ $\text{km}^2$	总库容/ $10^8 \text{ m}^3$	死库容/ $10^8 \text{ m}^3$	主要用途	蓄水运用 时间/a
二 滩	金沙江	雅砻江	四川攀枝花市	116 360	58.00	24.30	发 电	1996
渔 洞	金沙江	横 江	云南昭通市	709	3.82	1.30	灌溉、供水等	1993
铜街子	岷 江	大渡河	四川乐山市	76 400	1.87	1.35	发 电	1990
东西关寨	嘉陵江	干 流	四川武胜县	77 500	3.20	—	发 电	1995
宝珠寺	嘉陵江	白龙江	四川广元市	28 428	25.50	12.00	发电、灌溉等	1996
风 滩	嘉陵江	渠江巴河	四川平昌县	16 600	16.50	—	发电、防洪等	—
江 口	嘉陵江	渠江州河	四川宣汉县	6 364	2.77	1.29	发电、航运等	1991
武都	嘉陵江	涪 江	四川江油市	5 812	5.50	1.70	灌溉等	1997
东 风	乌 江	干 流	贵州清镇县	18 160	8.64	3.74	发 电	1994
洪家渡	乌 江	六冲河	贵州织金县	9 900	45.90	13.67	发 电	1995
普 定	乌 江	三岔河	贵州普定县	5 871	3.60	—	发 电	1995

注: 嘉陵江干流金台、马回、青居等水利工程库容不详,未参与统计。

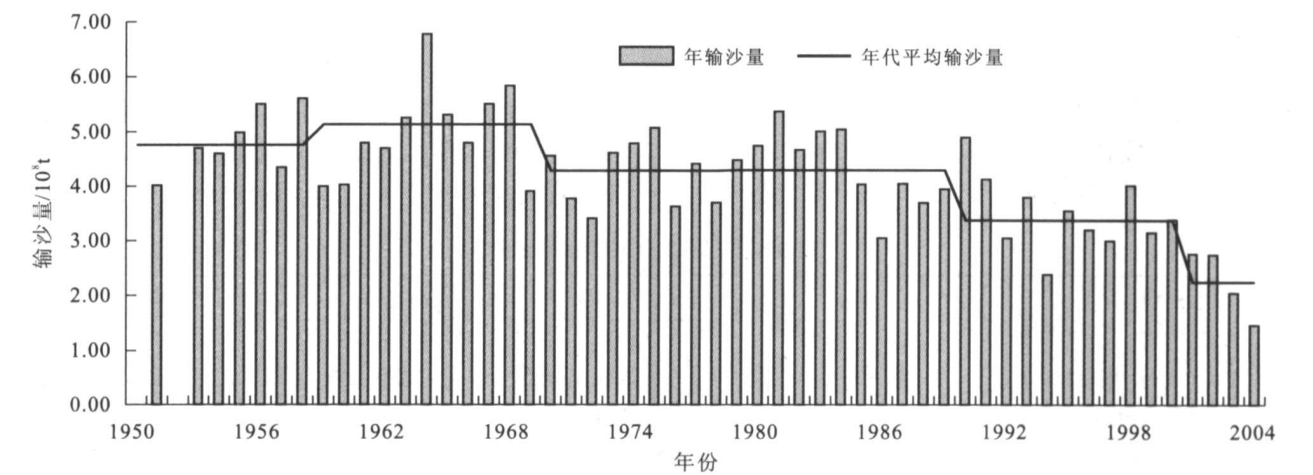


图 4 长江年输沙量多年变化图(资料来源:大通站)

3.2 供水工程对长江三角洲的影响

截至 1993 年,长江流域已建成蓄引供水工程  $3.36 \times 10^6$  座(处),其中大中型  $5.50 \times 10^4$  座(处),小型  $3.31 \times 10^6$  座(处);地下水机井  $1.01 \times 10^6$  眼。各类供水工程设计供水能力总计  $2.56 \times 10^7 \text{ m}^3$ 。现状供水能力为设计供水能力的 83%,约为  $2.13 \times 10^{11} \text{ m}^3$ <sup>[21]</sup>。

流域调水也会对河口三角洲岸滩冲淤产生影响,目前在建的南水北调工程分为东线、西线、中线三个方案,2002 年 12 月 27 日,南水北调工程正式开工。

开工建设的首批工程是东线一期工程中的江苏段三阳河潼河宝应站工程和山东段济平干渠工程。2003 年 12 月 30 日,南水北调中线工程开工建设,率先开工的是(北)京石(家庄)段应急供水工程中的北京永定河倒虹吸工程和河北滹沱河倒虹吸工程,一期工程预计抽江规模  $500 \text{ m}^3/\text{s}$ ,年调水量  $9.50 \times 10^9 \text{ m}^3$ ,占丹江口水库所处的汉江年平均流量的 24%;二期工程将扩大抽江规模至  $600 \text{ m}^3/\text{s}$ ,多年平均抽江水量达  $1.06 \times 10^{10} \text{ m}^3$ ;三期工程将继续扩大抽水和输水规模,抽江规模将扩大至  $800 \text{ m}^3/\text{s}$ ,多年平均抽江水量

将达  $1.48 \times 10^{10} \text{ m}^3$ 。长江流量的减少将会使水流动速减缓,进而降低水流的携沙能力。根据长江大通站 1951—2000 年的流量和输沙量的资料统计分析,多年月平均流量与输沙量之间存在着明显的乘幂回归关系<sup>[22]</sup>。有关研究成果表明<sup>[6]</sup>,当河流入海的含沙量下降至  $0.24 \text{ g/L}$  时,三角洲就难以形成。因此,南水北调工程将进一步影响长江的输沙量,进而引起长江三角洲的退化。

3.3 水土保持工程对长江三角洲的影响

从图 4 可以看出,20 世纪 60 年代长江大通站的输沙量显著高于其它时段,达到了  $5.13 \times 10^8 \text{ t/a}$ 。这是由于当时采取的三线建设<sup>[15]</sup>,不仅破坏了天然林区,还使得森林覆盖率急剧下降。植被的破坏,引起大面积的水土流失<sup>[16-18]</sup>,表土泥沙随径流一起汇入长江,增大了长江的输沙量。自 1988 年开始<sup>[16]</sup>,国家启动了长江上游水土流失重点防治工程,简称“长治”工程,截至 2003 年,累计治理面积  $7.60 \times 10^4 \text{ km}^2$ <sup>[1]</sup>。长治工程使当地植被覆盖率明显提高,生态环境有效改善,水土流失减轻,拦沙蓄水能力有所提高。到 20 世纪 90 年代大通站的输沙量比 60 年代减少了  $1/3$ ,仅为  $3.37 \times 10^8 \text{ t/a}$ 。由于流域输沙量的急剧减少,长江三角洲将面临退化的危险。

3.4 海平面上升与地面沉降对长江三角洲的影响

长江三角洲是世界第 5 大三角洲,近年来由于温室气体排放量的不断增加,造成了全球性气温上升,从而引起海水受热膨胀、高山冰川融化、南极冰盖解体,使得海平面上升,2003 年上海沿海海平面较 2000

年平均海平面上涨了 20 mm。长江三角洲地区处于地壳运动缓慢沉降区,上海地区的下沉速率为  $1 \sim 2 \text{ mm/a}$ 。同时,由于过量开采地下水与大量高层建筑物的兴建也造成了严重的局部地面沉降,使海平面相对上升。长江口吴淞站在过去的几十年中相对海平面上升速率达  $11 \text{ mm/a}$ ,而水动型的上升速率仅为  $1 \sim 2 \text{ mm/a}$ <sup>[19]</sup>。据联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)和该区沉降趋势,预计 21 世纪末长江口相对海平面上升  $1.0 \text{ m}$  左右<sup>[20]</sup>,加强海洋动力因素向海滩推进,引起潮滩损失,加剧海岸侵蚀,这将使长江三角洲海拔  $2 \text{ m}$  以下的  $1500 \text{ km}^2$  低洼地受到严重影响或淹没,造成三角洲的退化。

3.5 促淤围垦对长江口上海地区的影响

位于长江口的上海滨江临海,陆地面积为  $6.34 \times 10^5 \text{ hm}^2$ ,有大小岛屿 8 个,江、海岸线长达  $448.66 \text{ km}$ ,其中大陆岸线  $171.31 \text{ km}$ ,岛屿岸线  $277.35 \text{ km}$ ,沿海  $0 \sim 20 \text{ m}$  等深线范围内水域面积达  $7226 \text{ km}^2$ 。上海地区滩涂资源十分丰富(见表 3),目前  $0 \text{ m}$  以上滩涂面积约  $6.70 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , $-5 \text{ m}$  以上滩涂面积约  $2.30 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 。

由于上海土地资源紧张,自 1973 年以来,先后实施了 5 次大面积围海造地,尤其是 2002—2004 年间围垦总面积达  $1.00 \times 10^4 \text{ hm}^2$  多,潮滩湿地资源损失严重。到 2010 年,上海陆域土地总面积将达到  $6777.10 \text{ km}^2$ ,比 1996 年增加  $400 \text{ km}^2$ 。促淤围垦不仅可保护海岸免被潮流冲刷,还可更有效地利用上游来沙和海域来沙,阻止三角洲的退化。

表 3 上海市现代滩涂面积统计

滩涂面积	$> 0 \text{ m/km}^2$	$0 \sim 22 \text{ m/km}^2$	$22 \sim 25 \text{ m/km}^2$	累计/ $\text{km}^2$
大陆边滩	262.363	117.394	313.731	693.488
南支沙洲	46.896	75.522	380.789	189.476
崇明岛边滩	273.911	332.488	456.728	987.605
长兴岛头沙洲	81.002	34.983	33.984	150.000
横沙岛边滩	78.662	142.758	259.630	481.100
九段沙及江亚浅滩	123.992	122.952	146.948	393.900
合计	866.820	750.570	1278.080	2895.000

5 结论

(1) 根据长江口所处位置的动力条件及目前的泥沙状况,可以初步推断长江三角洲将继续淤涨,崇明岛东滩和北滩将继续向东北方向扩展,南滩则继续冲刷;长沙岛和横沙岛将沿东南方向继续向海推进。

(2) 长江流域水利工程的建设,大量泥沙被拦截,使得长江口的上游来沙量减少,一旦河流入海的

含沙量低于临界值,就会使长江三角洲陆地和水下三角洲由沉积转变为侵蚀;同时,由于海平面上升会导致长江三角洲岸线后退,不利于长江三角洲的扩展。

(3) 目前仍在实施的围海造地,虽能增加部分土地资源,缓解用地紧张的矛盾,有效防止长江三角洲退化和促进长江三角洲发展,但滩涂资源的过度开发、大量湿地被侵占,产生的负面环境效应也是我们值得研究和探讨的。

[ 参 考 文 献 ]

[ 1 ] 赵保仁. 长江口外的上升流现象[ J ]. 海洋学报, 1993, 15 (2): 108—114.

[ 2 ] 恽才兴. 从水沙条件及河床地形变化规律谈长江河口综合治理开发战略问题[ J ]. 海洋地质动态, 2004, 20( 7 ): 8—14.

[ 3 ] 杨世伦, 赵庆英, 朱骏. 长江口岸滩近期演变及南水北调工程的可能影响[ J ]. 上海地质, 2001, 2: 8.

[ 4 ] 鄂竟平, 刘宁, 邓坚, 等. 中国河流泥沙公报 <http://www.irtces.org>, 国际泥沙信息网. 2004.

[ 5 ] 吕炳全, 孙志国. 海洋环境与地质[ M ]. 上海: 同济大学出版社, 1996. 224.

[ 6 ] Chen Xiqing, Zong Yongqiang. Coastal erosion along the Changjiang River deltaic shoreline, China: history and prospective, Estuarine[ J ]. Coastal and Shelf Science, 1998, 46: 733—742.

[ 7 ] 赵庆英, 杨世伦, 留守祺. 长江三角洲的形成和演变[ J ]. 上海地质, 2002. 25—28.

[ 8 ] 周元福, 王惠康, 宋德蕃, 等. 上海水利志[ Z ]. [www.shtong.gov.cn](http://www.shtong.gov.cn), 上海市地方志办公室. 2000—2004.

[ 9 ] 上海市统计局. 上海统计年鉴[ Z ]. <http://www.stats-sh.gov.cn>, 上海统计网, 2005.

[ 10 ] 陈立, 吴门伍, 张俊勇. 三峡工程蓄水运用对长江口径流来沙的影响[ J ]. 长江流域资源与环境, 2003, 12( 1 ): 50—54.

[ 11 ] 杨世伦, 朱骏, 赵庆英. 长江供沙量减少对水下三角洲发育影响的初步研究——近期证据分析和未来趋势估计[ J ]. 海洋学报, 2003, 25(5): 83—84.

[ 12 ] Feng Weibing, Wang Yigang, Zhong Xiucheng, et al. Prediction of impact of the Three Gorges Project on estuary beach of the Yangtze River[ J ]. International Journal of Sediment Research. 1998, 13( 1 ): 43—50.

[ 13 ] Lin Bingnan, Zhang ren, Dai Dingzhong, et al. Sediment research for the Three Gorges Project of the Yangtze River since 1993[ J ]. International Journal of Sediment Research. 2005, 20(1): 30—38.

[ 14 ] 赵庆英, 杨世伦, 朱骏. 长江入海水沙变化的回归分析[ J ]. 水文, 2001, 21(5): 11—15.

[ 15 ] 田水松. 长江上游生态环境退化与农地利用[ J ]. 中国人口资源与环境, 2004, 14(3): 96—99.

[ 16 ] 钟祥浩, 刘淑珍, 范建容. 长江上游生态退化及其恢复与重建[ J ]. 长江流域资源与环境, 2003, 12( 2 ): 157—162.

[ 17 ] 刘照光, 包维楷, 吴宁, 等. 长江上游的生态环境问题、根源及其治理方略[ J ]. 世界科技研究与发展, 2000, 22 (增卷): 32—35.

[ 18 ] 谢影, 张金池. 黄河、长江流域水土流失现状及森林植被保护对策[ J ]. 南京林业大学学报( 自然科学版 ), 2002, 26( 2 ): 88—92.

[ 19 ] 王颖, 吴小根. 海平面上升与海滩侵蚀[ J ]. 地理学报, 1995, 50( 2 ): 118—127.

[ 20 ] 杨世伦, 王兴放. 海平面上升对长江三岛影响的预测研究[ J ]. 地理科学, 1998, 18(6): 518—523.