

人类活动对长江河口过程的影响

沈焕庭 李九发 肖成猷

(华东师范大学河口海岸研究所河口海岸国家重点实验室, 上海 200062)

摘 要 随着经济高速发展, 人类活动对长江河口过程的影响愈益显著。本文对围海造地、排污工程、取水工程、航道加深工程、南水北调和三峡工程等几项规模较大的已建和拟建工程及其对长江河口过程的影响做了初步论述, 建议继续重视和加强这方面的研究, 开发要适度, 人工控制要遵循自然演变基本规律, 以利于该地区经济的持续发展。

关键词 长江河口 围海造地 排污工程 南水北调 三峡工程 航道加深工程

1 前言

河口地处河流与海洋的交汇地带, 它不仅受到海陆多种自然营力的作用, 且受到人类活动的深刻影响, 自然现象复杂多变, 生态环境脆弱。长江是中国第一大河, 长江河口位于中国东部沿海的中段, 区位优势, 资源丰富, 交通便捷, 人口密集, 经济发达, 尤其是改革开放以来, 该地区的发展更加迅速。一批水利枢纽、跨流域调水、污水排江排海、取水工程、港口航道建设和滩涂围垦等大型工程正在兴建或行将兴建, 其结果必将对河口及邻近的海岸过程和生态环境产生深刻影响。为了使长江河口地区丰富的资源免遭破坏, 使其能得到合理的开发利用, 促使该地区的经济持续发展, 除继续深入研究长江河口的自然演变外, 有必要对已建和拟建工程对河口过程的影响进行探讨, 现从五个方面加以论述。

2 围海造地工程

由于长江径流每年携带 4.78 亿 t 泥沙下泄, 在河流与海洋动力相互作用下, 大量泥沙在河口区沉积, 塑造了众多的沙岛、沙洲和滩涂。据统计, 上海市 50% 的土地是近 1000 年来沿岸人民围海造地形成的, 仅近 40 年来就围垦土地 73 040 hm^2 (图 1)。这些土地为长江口地区特别是上海市的经济发展做出了重要贡献。目前, 长江河口在理论深度基准面以上的沙洲面积为 296 km^2 , 主要沙洲有扁担沙、九段沙等; 岸滩面积为 631 km^2 , 主要分布在南汇边滩、横沙东滩、崇明东滩和启东边滩等。

2000 年前长江河口是一个漏斗状浅海湾, 湾口宽达 180 km, 由于长江中上游大规模毁林耕种, 产沙增强, 输沙量增大, 使大量泥沙在河口堆积, 边滩迅速发育, 沙洲扩张, 并陆续被围垦成陆, 从而导致: (1) 由一个漏斗状浅海湾演变成一个三级分叉、四口入海的三角洲河口; (2) 江面缩窄, 河槽成形, 口门宽度由 180 km 减为 90 km;

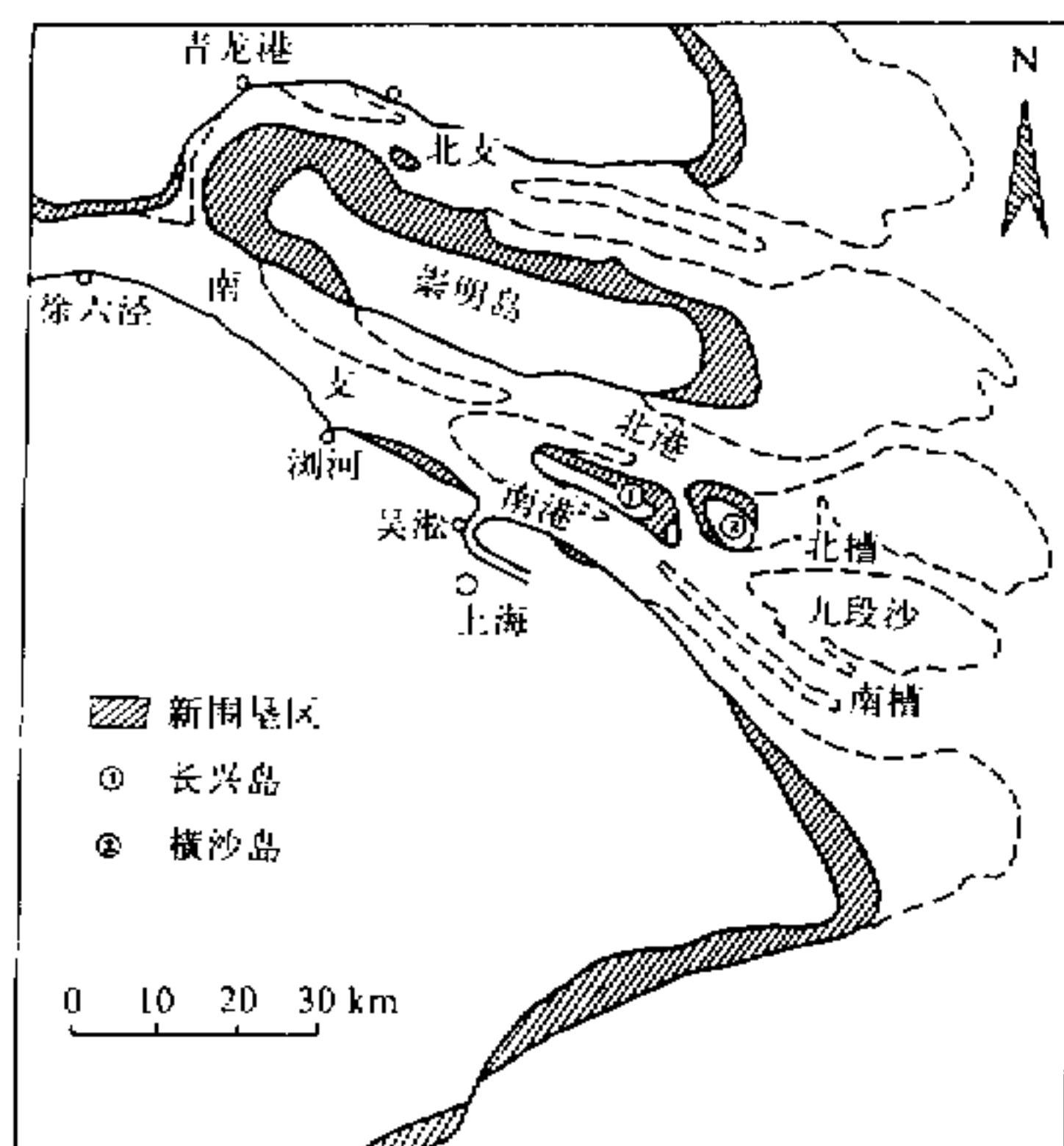


图1 长江口新围垦区 (1950~1994 年)

(3) 河口加速向海延伸, 据推算, 南汇嘴在历史时期每 23 年向海推进 1 km, 采用工程、生物等促淤措施后加速了潮滩的淤涨速度, 每 10 年就向海推进 1 km。崇明东滩的淤涨速率更快, 每年延伸 200 m, 5 年就向海推进 1 km。

位于长江口的上海市和江苏省临江县, 除崇明外, 土地资源人均不到 $0.066\ 66\ \text{hm}^2$, 土地资源不足是长江口沿江地区经济发展的严重制约因素, 如何根据长江河口的演变规律, 因势利导, 适度地围海造地, 不仅可增加土地, 减少上海市人多地少的矛盾, 还可在长江口治理中发挥重要作用^[1]。如通州沙和江心沙围垦以后, 使徐六泾河段成为窄河段, 形成节点, 这对长江河口起了重要的控制作用,

有利于河槽的加深与稳定。因此, 应充分发挥围垦在河口治理中的作用。长江口的综合治理应以整治、围垦、疏浚三结合的方式为宜。

3 航道加深工程

长江口的通海航道长期以来一直处于自然状态。在口门处存在巨大的拦门沙体, 最小水深只有 6 m 左右, 不足 7 m 水深的滩长约有 30 km, 使 5 000 t 以上的船只只能候潮通过, 严重地影响了上海港的发展和长江水运资源的充分利用。

1975 年通过疏浚将南槽增深到 7 m, 尔后每年的维护挖泥量约 1 800 万 m^3 左右, 使万吨级的海轮可顺利进出上海港, 两万吨级的海轮也能乘潮进港, 1983 年后因南槽淤积严重, 7 m 通海航道由南港南槽改为南港北槽, 仍通过疏浚维持^[2]。

为了满足第 3、4 代集装箱船全天候通航和十万吨级的散货船乘潮进港的要求, 现正在计划将长江口的通海航道 (南港北槽) 水深由现在的 7 m 增深到 12.5 m, 主体工程有 5 项 (图 2): (1) 总长为 49.2 km 的北导堤; (2) 总长为 48.0 km 的南导堤; (3) 1.6 km 的分流口工程 and 与之相连的 1.5 km 的水下潜坝; (4) 南、北导堤间的束水丁坝约 15 条; (5) 人工挖槽约 78 km。工程实施拟分 3 期进行: 一期工程将航道增深到 8.5 m, 满足 3 万 t 级的海轮乘潮通航要求; 二期工程将航道增深到 10 m, 满足第三、四代集装箱船乘潮通航要求; 三期工程将航道由 10 m 增深到 12.5 m, 满足第三、四代集装箱船全天候通航和十万吨级的散货船乘潮进港的要求。

通海航道增深将会在一定程度上改变长江口的水文状况。顾伟浩^[3]对长江口航道增深后滞流点位置的变化作了估算 (表 1), 估算时假定大通站流量和口门中浚站的潮差保持在多年平均水平, 从表中可见, 航道增深对滞流点位置的影响是显著的, 增深

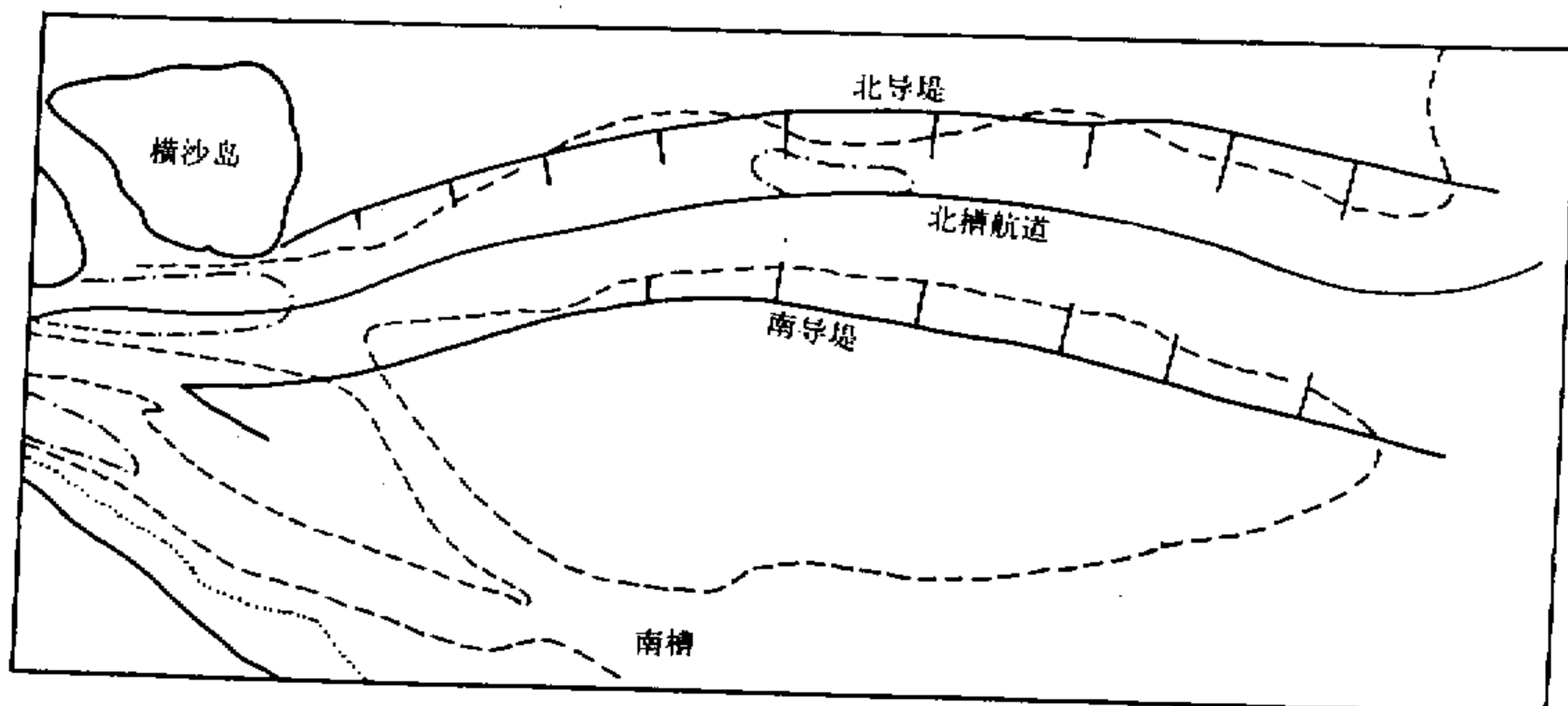


图2 长江口北槽双导堤工程示意图

表1 长江口航道增深后滞流点位置的变化

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\bar{Q}$	1.06	1.11	1.60	2.24	3.37	4.07	4.93	4.70	4.32	3.37	2.70	1.54
$\bar{A}$	2.25	2.56	2.60	2.62	2.67	2.69	2.74	2.79	2.79	2.74	2.68	2.58
$L_{7.0}$	60.74	59.9	53.91	46.29	31.57	24.41	14.02	16.40	20.55	28.08	40.52	54.74
$L_{7.5}$	62.39	61.55	55.56	47.94	33.22	26.06	15.68	18.05	29.73	29.73	42.17	56.39
$L_{10.0}$	70.56	69.81	63.82	56.20	41.47	34.32	23.93	26.31	37.98	37.98	50.43	64.65

注: $\bar{Q}$: 大通站多年月平均流量 ($\times 10^4 \text{ m}^3/\text{s}$); $\bar{A}$: 中浚站多年月平均潮差 (m); $L_{7.0}$ 、 $L_{7.5}$ 、 $L_{10.0}$: 水深加深到 7.0、7.5、10 m 情况下滞流点的位置 (km)

1 m, 滞流点约上溯 3.3 km, 增深至 10 m 时, 滞流点在 12 月和 3 月将越过高桥嘴。航道增深也会加重河口的盐水入侵, 通过数学模型估算, 若航道增深到 12.5 m, 盐水入侵影响将波及黄浦江口^[4]。

4 污水排江排海工程

上海市每日排放废水总量已超过 500 万 t, 其中工业废水约 400 多万 t, 生活污水约 100 多万 t。经处理的污水量为 143.5 万 t/d, 还有 366.5 万 t/d 污水未经处理通过黄浦江口以及西区、竹园、白龙港等三个排污口排入长江口 (图 3)。

西区排污口位于南港上段南岸的石洞口, 在黄浦江口的上游, 排污量 60 万 t/d, 直接岸边排放, 在沿岸形成一条狭长黑带, 局部水体和滩地受到严重污染, 但范围有限。

表2 白龙港滩地重金属含量
(单位: mg/kg)

Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	Cz	As
60.65	28.63	224.30	0.61	0.108	80.61	11.20

白龙港排污口位于南港下段南岸, 原为岸边排放, 排污量 23 万 t/d, 近岸滩地沉积物受到污染严重 (表 2), 但在排污口上下游 2 km 以外污染物含量明显降低。白龙港排污口正在将岸边排放改建为

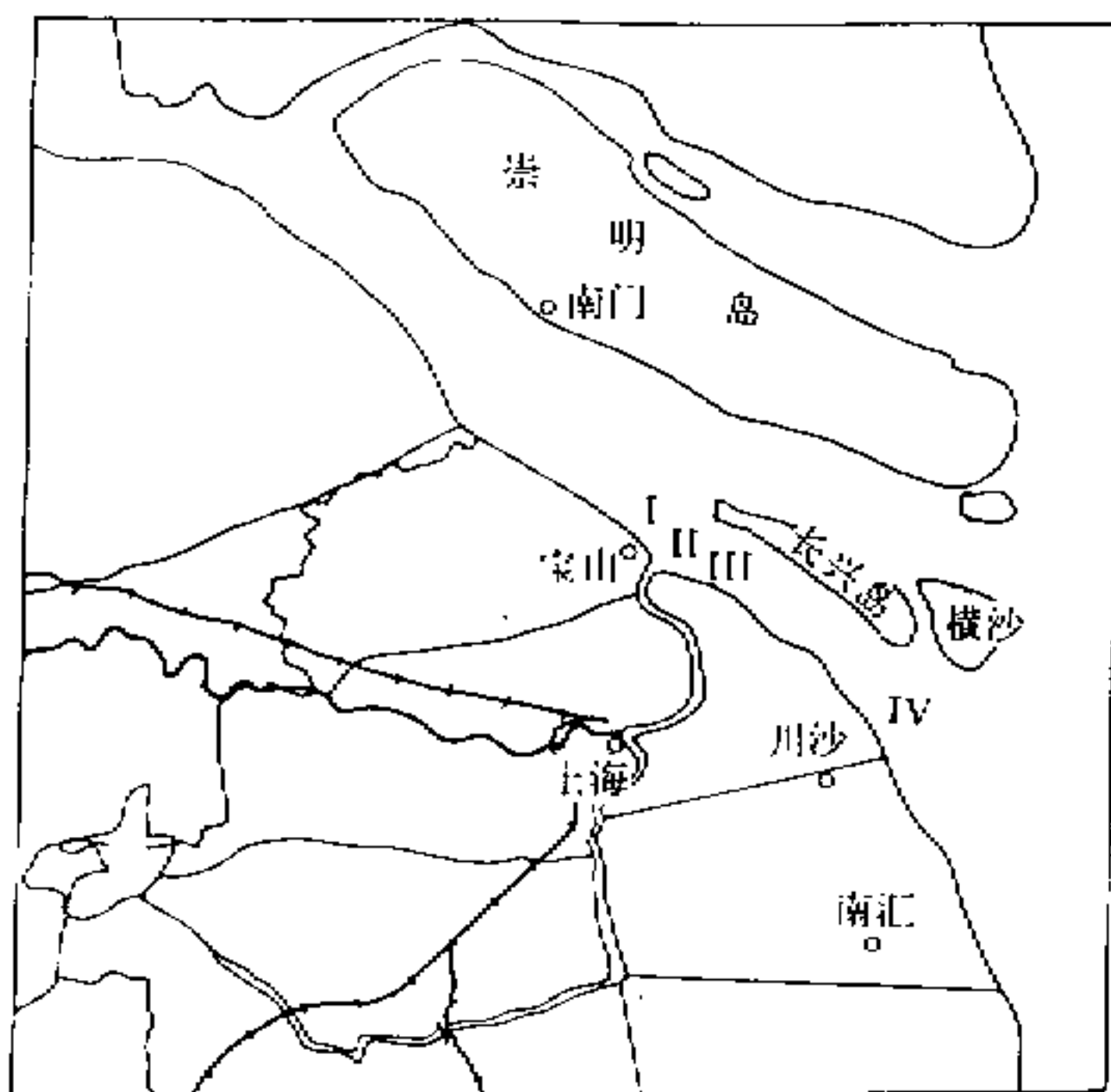


图3 长江河口排污口位置示意图

I: 西区排污口; II: 黄浦江口;
III: 竹园排污口; IV: 白龙港排污口

深水(8 m)排放,排放量也将大幅度增加,一期为280万 t/d,二期为220万 t/d。

竹园排污口位于南港中段,在黄浦江口的下游,1992年建成,为深水(8 m)排放,设计排放量为140万 t/d,现排放量为70~80万 t/d。

目前上海市仍有相当可观的废水通过黄浦江排入长江,若竹园排污口能达到设计要求,以及白龙港一、二期深水排放工程建成,则黄浦江污染状况将得到明显改善。

长江口污水除来自上海市外,长江沿岸城市有数百万吨污水排入长江,这对长江河口的水质也有较大影响。但长江水量丰富,潮流也比较强,加上丰富的细颗粒

泥沙能吸附重金属污染物,具有净化水质的功能,故目前长江河口的水质尚保持二级标准,但岸边尤其是局部岸段污染已较严重,应引起高度重视。

5 工业和饮用水的取水工程

随着工农业生产的发展和人民生活水平的提高,上海市的生产和生活用水的需求量将大幅度增加。据上海市自来水公司预测,上海市最高供水量2000年达到660万 m^3/d ,比现在增加199万 m^3/d ,2020年将达到800万 m^3/d 。由于黄浦江的水质已遭不同程度的污染,加上水量有限,因此,无论从改善水质或增加水量均急需开发新水源。

上海地处长江口南岸,长江不仅水量丰沛,且其水质基本上达到地面水国家二级饮用水标准,水质自净能力很强,因此开发利用长江口的淡水资源对解决上海日益增长的工农业生产和人民生活用水具有重要意义。但长期以来,长江河口淡水资源利用很少,主要是由于每年枯水期(11月至次年4月)上游来水量较少,导致盐水入侵,造成黄

浦江下游河段和长江口徐六泾以下河段氯化物等溶解盐类剧增,往往使水质不符合饮用水和工农业用水的标准(表3),给上海人民的生活和工农业生产带来严重影响^[4]。如1978年长江流域枯水,大通站年平均流量仅21400 m^3/s ,加上沿江各地大量抽水,使长江河口盐水入侵严重,崇明

表3 咸水标准(氯化物,单位: $\times 10^{-6}$)

≤ 100	上海市自来水公司咸水入侵标准
≤ 50 (一个月平均值)	宝山钢铁厂标准
200 (最高值)	宝山钢铁厂标准
≤ 200	世界卫生组织饮用水标准
≤ 250	中国、美国饮用水标准
≤ 600	水稻秧苗标准
≤ 1100	一般灌溉用水标准
3150	植物安全用水最大浓度

岛被咸水包围长达 5 个月, 位于黄浦江口的吴淞水厂氯化物最高值达 $3\,950 \times 10^{-6}$, 氯化物超过 250×10^{-6} 的持续时间长达 64 d。仅对 90 家工厂的调查, 此次盐水入侵造成的直接经济损失达 1 400 万元。

宝山钢铁厂是一座大型钢铁联合企业, 对生产用水的水质有严格要求, 为此利用氯化物与潮汐一样具有日、半月和月变化的规律, 于 1985 年在长江口南岸边滩建造了一个有效库容为 $1\,087 \text{ 万 m}^3$ 的“避咸蓄淡”水库, 不仅成功地解决了宝钢的用水, 也为充分利用河口淡水资源提供了一个样板。为了改善上海市北区的生活用水, 于宝钢水库的下游侧又建了一个面积为 135 万 m^2 的陈行水库, 一期蓄水 553 万 m^3 , 日供水 20 多万 m^3 , 二期蓄水增至 864 万 m^3 , 每日可供水 160 万 m^3 。为了满足 2000 年后上海市的用水, 又在研究在长兴岛西部水域建造水库, 开辟江心水源。

6 南水北调工程

中国的水资源分布极不平衡。长江流域及其以南的河川径流量占全国的 80% 以上, 耕地不到 40%; 黄、淮、海流域的河川径流量只占全国的 6.5%, 耕地面积却占全国的 40%。由于南方水多, 北方水少, 尤其是黄、淮、海平原人口密集, 耕地率高, 随着工农业生产日益发展, 水资源更感贫乏, 水资源不足已成为制约该地区尤其是北京、天津等大城市经济发展的主要因素。于是, 南水北调的问题被提出来了。

早在 1952 年, 毛主席视察黄河时首次提出了南水北调的构想。1958 年有关水利部门通过初步调查研究, 提出了南水北调的三种方案, 即西线、中线和东线方案。

西线方案是从长江上游引水, 调往黄河上游, 补济西北缺水地区。由于调水线路所经地方自然条件极其复杂, 调水线路太长, 工程难度大, 总干渠要通过许多高山峻岭, 目前难以实现。

东线方案是从长江下游扬州附近的江都抽水站引水北送, 沿大运河、洪泽湖等湖泊, 由 20 多座大型抽水站逐级提升约 40 m, 以倒虹吸穿过黄河, 将水送到天津、北京。引水主干渠长 $1\,150 \text{ km}$, 设计抽江流量分二期, 第一期 $600 \text{ m}^3/\text{s}$, 多年平均抽江水量 88.5 亿 m^3 , 过黄河 28.7 亿 m^3 。第二期 $1\,000 \text{ m}^3/\text{s}$, 过黄河 $400 \text{ m}^3/\text{s}$, 多年平均抽江水量 191.5 亿 m^3 , 过黄河 80.1 亿 m^3 。

中线方案是从长江中游引水。先从汉江引水, 超越汉江承受能力后, 再从长江干流引水。引汉江水的引水点在已建成的丹江口水库, 第一期工程设计引水流量为 $730 \text{ m}^3/\text{s}$, 过黄河 $500 \text{ m}^3/\text{s}$, 多年平均引水量 147.3 亿 m^3 , 过黄河约 100 亿 m^3 。第二期工程引水流量扩大到 $1\,000 \sim 1\,200 \text{ m}^3/\text{s}$, 过黄河 $800 \text{ m}^3/\text{s}$, 引水量 $200 \sim 230 \text{ 亿 m}^3$ 。输水线路自丹江口水库开始至北京, 全长 $1\,200 \text{ km}$ ^[5]。

南水北调是跨流域调水, 是在大范围内对水的大量调动, 必然引起自然环境的某些变化。据初步研究, 若按东线方案调水, 由于会减少河口区的径流量, 预计枯季调水将加重长江口盐水入侵的长度和强度^[4]。

以上三种方案, 东线方案已部分(未过黄河)实施, 中线方案已被批准正在组织实施, 西线方案仍在研究之中。

7 三峡工程

三峡工程位于长江干流三峡河段的西陵峡内，坝址在宜昌市三斗坪，在葛洲坝水利枢纽上游约 40 km。枢纽控制集水面积 100 万 km²，约占长江流域总面积的 55%，坝址平均年径流量约 4 510 亿 m³，约占长江平均入海水量的一半，多年平均输沙量 5.3 亿 t。

三峡工程是治理开发长江的一项关键性工程，其主要任务是：调蓄川江洪水，以解决长江中、下游特别是荆江河段的防洪；开发三峡河段的水能资源（装机 17.68 GW，年发电量 840 亿 kW·h），为华中、华东和川东地区提供巨大的电力；改善重庆至宜昌间长江航运条件。

三峡水库正常蓄水位 175 m 时，水库面积 1 084 km²，库长 600 km，水面平均宽度约 1 100 m，与天然情况相比约增加一倍。水库平均水深约 70 m，坝前最大水深 170 m 左右，断面窄深，仍然保持狭长的条带状河道形状，属典型的河道型水库。水库总库容 393 亿 m³，其中调节库容 165 亿 m³，约占坝址年径流量的 3.7%，系一径流调节能力不大的季调水库。

按建库后的调度运行方式，出库流量与入库流量相比，其年内分配将发生一些变化。大体是 6~9 月和 12 月基本不变，10、11 月有所减少，1~4 月有所增加，全年入海径流总量不变。水库下泄悬沙，多年入库悬沙量为 5.3 亿 t，前 10~20 年出库排沙比按 30.5% 计，则下泄沙量为 1.62 亿 t，比建库前每年减少 3.68 亿 t。从表 4 可见，大通站在水库运行后 50 年内，来沙量平均约 3.72 亿 t，比建库前年平均减少约 23.4%（1.14 亿 t），以后来沙量逐渐增多，水库建成 90~100 年后泥沙达到平衡。

表 4 三峡水库建成运行后各时期大通站悬移质输沙量

运用年限	1~10	11~20	21~30	31~40	41~50	51~60	61~70	71~80	81~90	91~100
输沙量/亿 t	3.86	3.36	3.69	3.79	3.88	4.08	4.30	4.40	4.47	4.57

三峡建库后，由于来水来沙条件的改变，将对河口区的水文、水化学、泥沙和侵蚀堆积产生一定影响。据研究^[6]，三峡工程对河口盐水入侵的影响主要表现为：盐水入侵时间提前，历时加长，总的受咸天数有所增加，但氯化物峰值将有所削减，连续取不到合格水的天数有所减少。三峡建库后，前 10 年约有 70% 的泥沙淤积在库内，80 年以后逐渐趋向平衡，坝下泥沙虽可通过河床冲刷得到一定程度的恢复，但输沙量将减少，尤其是其中的细颗粒泥沙成分减少可能更明显，从而会使长江河口和三角海岸的侵蚀堆积作用发生相应变化，堆积作用将减弱，侵蚀作用将增强。

8 结语

（1）长江河口区人口密集，经济繁荣，科学技术发达，交通条件优越，尤其是改革开放以来，在我国国民经济发展中的重要地位愈益突出。因此，人类活动对长江河口过程的影响也将与日俱增，必须引起人们高度重视。

(2) 本文仅对几项规模较大的已建和拟建工程作了简要阐述, 这些工程对长江河口过程的影响是深刻的、多方面的, 有的已显现, 有的还没有显现, 对这些影响的研究至今还是初步的, 无论是广度和深度都尚欠不够, 有待继续作深入研究。

(3) 长江河口区有丰富的水土资源和水产资源, 为发展经济, 这些资源必然要加以开发利用, 但这种开发利用不能是无限制的, 一定要适度。对河口的人工控制要因势利导, 遵循自然演变的基本规律。过度的开发利用将会严重地破坏生态环境, 从而影响经济的持续发展。

参 考 文 献

- 1 陈吉余, 1988, 围垦在长江河口治理中的作用, 长江河口动力过程和地貌演变, 上海: 上海科学技术出版社, 424~428.
- 2 沈焕庭、徐海根、马相奇, 1983, 长江河口通海航道治理研究, 海洋科学, No.3, 5~9.
- 3 顾伟浩, 1982, 长江口滞流点位置的预测, 水运工程, No.9, 24~29.
- 4 沈焕庭、茅志昌、谷国传、徐彭令, 1980, 长江口盐水入侵的初步研究——兼谈南水北调, 人民长江, No.3, 20~26.
- 5 曾本枢, 1993, 南水北调与南水北调中线近期工程, 人民长江, 24(71), 1~6.
- 6 罗秉征、沈焕庭, 1994, 三峡工程与河口生态环境, 北京: 科学出版社, 35~58.

Impacts of Human Activities on the Processes of Changjiang Estuary

Shen Huanting, Li Jiufa and Xia Chengyou

(State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, Institute of Estuarine and Coastal Research,
East China Normal University, Shanghai 200062)

Abstract As the rapid development of national economy, it becomes more and more clear that the processes of Changjiang Estuary are being affected by the stress of human activities. This paper considers some important projects such as tidal flat reclaiming, water supply, channel dredging, South-to-North water transfer and Three Gorge Project. And their contributions to the processes of Changjiang Estuary are studied. To assure the continuous development of this area, we suggest that the relative studies should be paid great attentions, the exploitation should be moderate, and human interference should be act according to the natural evolution rules.

Key words Changjiang Estuary tidal flat reclaiming waste water discharge channel dredging South-to-North water transfer Three Gorge Project