

# 长江河口发育的新阶段、上海城市发展的新空间

陈吉余, 蒋雪中, 何 青

(华东师范大学河口海岸学国家重点实验室, 上海 200062)

**[摘要]** 受到第三驱动力的作用, 长江河口发育模式由两侧岬角控制转变为中间依靠工程建筑向外突出的格局。这种格局的转变及利用航道疏浚土吹填, 使得横沙东滩不断淤涨成陆。长江口南港南槽与北港之间的长兴岛、九段沙、横沙岛及横沙东滩组成串珠状岛链, 形成长江口亚三角洲体系。横沙东滩新形成的约400 km<sup>2</sup>的土地和18 km深水岸线, 加上远期建筑人工岛, 可开发河口深水港区, 与两侧河口湿地保护区相兼容, 为上海提供城市发展的新空间。

**[关键词]** 长江口; 河口格局; 亚三角洲

**[中图分类号]** P74; P90 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2013)06-0020-05

## 1 前言

河口也是海岸, 是没有岸线的海岸<sup>[1,2]</sup>。河口的岸线往往人为地划定为从左岸的岬角(或沙咀)到右岸岬角的连线。就长江口而言, 横过河口的岸线就是从北岸启东圆陀角到南汇嘴汇角的连线。河口往往有拦门沙存在, 拦门沙的位置各有不同, 依据河口的边界条件和动力条件而定, 可以在河口的口门之内或在口门之外, 也可能就在口门附近。长江口的拦门沙就是在河口的口门上。长江的拦门沙是一条巨大的沙体, 从北支口到南槽口, 长达90 km, 纵向宽度依各分汊而有所不同, 北支呈沙坎形式, 在北港宽约40 km, 北槽宽约60 km, 南槽宽约70 km。拦门沙航道的滩顶自然水深在北港、北槽和南槽一般均为5.5~6 m。虽然乘潮(3 m)万吨船只可以进出, 但在船只大型化以后, 水深不足, 所以长江河口选择南港-北槽开辟了一条12.5 m水深的航道, 称之为“深水航道”。这条航道在北槽修建了南北各近50 km的导堤, 进行限流、挡沙、减淤, 于

1998年开工, 2006年建成。现在5万吨船可全天候出入, 10万吨船可乘潮通航, 对于长江三角洲地区的物流运输, 起着重要的促进作用。

拦门沙滩顶水深是河口动力平衡的产物。虽然导堤挡沙减淤, 然而天然平衡的破坏使自然的力量努力恢复这种平衡。这就使深水航道出现了强烈的回淤问题, 回淤量每年可达 $6.0 \times 10^7 \text{ m}^3$ 以上, 乃至 $8.0 \times 10^7 \sim 9.0 \times 10^7 \text{ m}^3$ , 增加了航道水深的维护压力。另一方面, 在长江流域来沙锐减的情况下, 却给长江河口带来了巨量的泥沙资源。

近50 km长的导堤, 从北槽口拦门沙滩顶向外延伸, 一直伸展到拦门沙的水下三角洲斜坡之上, 到水深12.5 m的地方。这个导堤的伸出从根本上用人类趋动力(第三趋动力)改变了长久以来自然驱动力在长江河口塑造中的主导作用。

## 2 长江口自然发育特征

众所周知, 河口是陆海相互作用的焦点地区。黄海沿岸流和长江北支入海水流的会合控制着北

**[收稿日期]** 2013-04-12

**[基金项目]** 上海市科学技术委员会重大项目(11dz1204900, 12231203100)

**[作者简介]** 陈吉余(1921—), 男, 江苏灌云县人, 中国工程院院士, 主要研究方向为河口海岸学及其工程应用研究;

E-mail: xzjiang@sklec.ecnu.edu.cn

支沙咀的发育,历史上称之为牛角梢或廖角咀,现在称之为圆陀角,但是它的水下地形仍然保留着牛角梢的形势。长江南岸沙咀是长江落潮沿岸流和杭州湾北岸落潮沿岸流汇合点的所在,涨潮流在南汇咀石皮勒就开始向杭州湾分流。

长江北岸的启东咀和南岸的南汇咀在长江口发育上起着重要的控制作用:长江径流在这里扩散,分流入海;涨落潮流在这里形成动力平衡带,盐淡水在这里汇合,形成河口环流。盐水从底层向河口入侵,它的楔点称为盐水楔。淡水在这里滞留,形成滞留点,上下游底沙在这里汇合,往往成为拦门沙的滩顶,盐水楔的楔顶随潮涨落,徘徊于拦门沙上22~26 km范围之内,这就成为长江口形成宽阔拦门沙的根本原因。

潮流随着河口入海分流,主泓受科氏力作用南偏,在拦门沙上形成拦门沙汉道。在汉道之间的浅

滩,有的滩顶落潮露滩,有的则在落潮时被水体覆盖。长江口有五大滩地,从北向南依次为启东咀潮滩、崇明东滩、横沙东滩、九段沙和南汇东滩。崇明东滩和九段沙有大片草滩湿地,南汇东滩促淤外涨,围了再涨,涨了再围;而横沙东滩则冲冲淤淤,常年长不出草滩,因为这里的动力条件比较强劲,加之北港北槽之间有过滩水流形成串沟,所以很难露滩成陆。

启东、南汇沙咀历史上控制着长江口的沙洲,在它的连线之内,成为河口沙岛,至口外则因动力强劲而不能露滩成岛。如图1所示,崇明、横沙成陆的沙岛都以此线为界,如果没有人类工程作用,向东很难形成陆地。20世纪60年代,在横沙岛的东侧,可见向外拓展围垦的痕迹,要在东沿围出私家圩田,都被打得侵蚀殆尽。20世纪末“9711”号台风影响长江口,横沙围堤就被巨浪拍得破碎不堪。

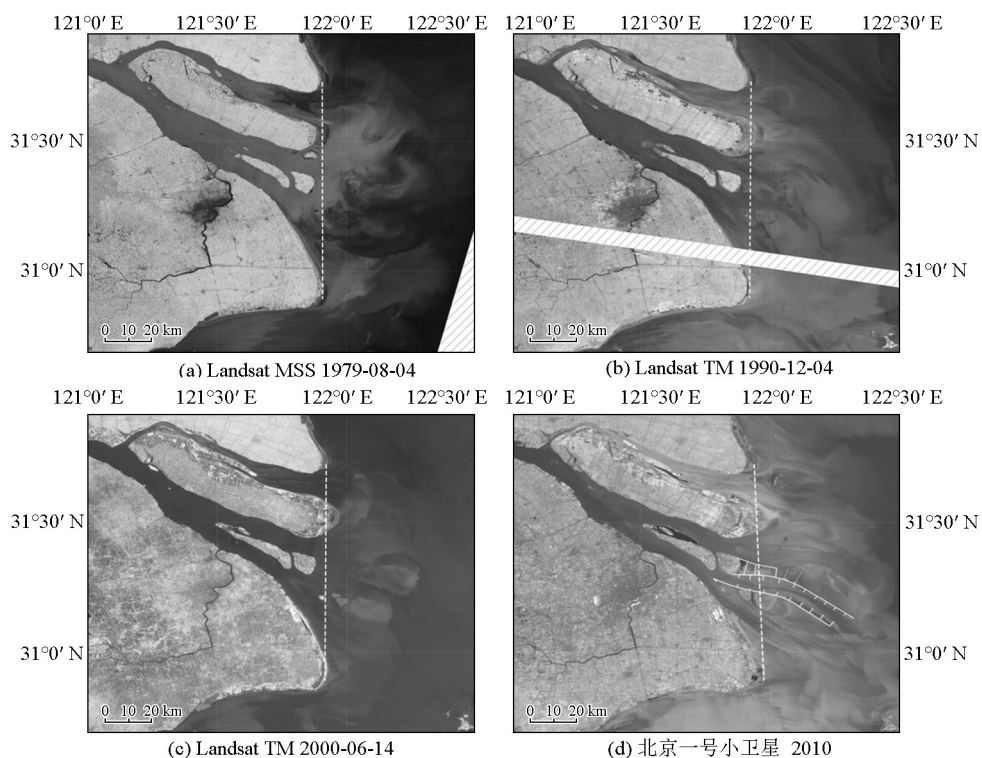


图1 1979—2010年长江口河口发育变化

Fig.1 The change of estuarine evolution pattern in the Changjiang Estuary from 1979 to 2010

### 3 人类驱动力影响下的长江河口新格局

12.5 m深水航道的导堤形成巨大的实体工程,从横沙岛和南港北槽分汊向海域突出,各延伸近50 km,深入到水下三角洲的前坡,突破了长江口长

期以来受到南北两岸河口沙咀连线的控制线,一改千百年来河口海岸线没有海岸的岸线格局,使得长兴岛、横沙岛、横沙东滩和九段沙等长江中心沙群,形成以北槽为基础的河口中心,依托实体工程,以长堤的方式向大海突出,使长江口入海长度增加了

近 50 km。这个格局的变化改变了河口的边界、河流的长度、河口的分流和动力场,也改变了河口的环境和生态。长江河口进入了一个新的发育阶段。这一变化在长江发育历史上留下了深刻的意义。历史上长江南岸边滩每 40 年向海伸展约 1 000 m<sup>[3]</sup>,即每年伸展 25 m 左右。进入 20 世纪以来,人类围垦力度的增强使崇明岛东部岸线每年向海推进 240 m(1971 - 1998 年)<sup>[4]</sup>。而长江口深水航道实体工程的修建使长江口中部突出,8 年间向海推进 48.8 km,平均每年达 6 km;横沙东滩造陆,一期至三期工程 7 年使陆地外推 13.5 km,平均每年向外推进 1.9 km,这充分显示了第三趋动力的强劲作用。

实体工程的推进促使长江口入海径流在河口流量的再分配。北槽的束流使南港由北槽入海的径流从 60 %降低到 40 %,相应之下分入南槽的径流从 40 %增加到 60 %。由北港入海的径流过去都分出一部分流量由横沙东滩串沟进入北槽,现在深水航道的北导堤截断了这条流路,使得北港分入横沙通道的流量有所增加,同时,也有 20 %的流量从北港北汊向海流去\*。过去由于相位差的缘故,南槽涨潮有水流经九段沙浅滩进入北槽,再由北槽经由横沙东滩流入北港。现在由于深水航道+2 m 导堤阻挡,越堤量减少。北港由于上拦门沙的消失和流量的汇集,使拦门沙滩顶下移 28 km<sup>[5]</sup>。

实体工程的推进也给长江河口带来了水深条件改善的机遇。

首先,深水航道工程使长江口外的深水区离陆地的距离大为缩短。过去 20 m 水深的深水区距离陆地从横沙岛计算为 70 km,现在从导堤的尾端,即工程实体到 20 m 深水区域只有 20 km 左右。这就给上海利用海域的深水带来了可能,如果从 -15 m 左右向海建造人工岛,可取得超过 20 m 以上深水泊位,这个距离不到 20 km。

其次,长年不能成陆的横沙东滩拥有大面积潜在土地资源,因为有实体导堤的掩护,有可能芙蓉出浴,成为一片美丽的陆岛。过去的横沙东滩东西横亘约 45 km,宽 4 ~ 7 km, -2 m 以上的面积约 200 km<sup>2</sup>, -5 m 以上的面积约 460 km<sup>2</sup>。过去外有涨潮、强浪,内有游移不定大量的过滩水流横扫,属于世纪性难于出露水面的浅滩,时冲时淤,就是难出水面成为沙岛。现在有导堤为依托,解决了横扫滩面的串沟,辅以促进淤,将很快能成陆。

\*据交通部上海河口海岩科学研究中心资料

再次,深水航道以高回淤率为病。92.2 km 的航槽年回淤量高达  $7.0 \times 10^7 \sim 8.0 \times 10^7 \text{ m}^3$  之巨,成为航道维护的难题。然而当今长江来沙由于上游工程而使入海泥沙大减,年输沙量只有亿吨左右。河口冲淤转型,水下滩坡出现冲刷内移趋势。河口沙少易为侵蚀之患,而航槽内回淤的泥沙,可以补充流域来沙减少。泥沙成为河口的宝贵资源,正可利用回淤的泥沙作为围垦东滩的物料,挖沙吹填,一举两得。

所以,深水航道的修建为长江口发展进入新的阶段提供了一个机缘。围垦成陆,面积宽阔的横沙东滩与横沙岛相连,与长兴岛相辅,形成北槽、北港间串珠式岛链。隔着深水航道,还与面积相当的九段沙隔水相望。这是北港、南港 - 南槽间的一组沙岛群,可以构成一个长江口的亚三角洲(见图 2)<sup>[6]</sup>。它有水源水库,有南隧北桥与南北大陆相连,有大片湿地,有超过 10 km 的 10 m 以深的横沙东滩临北港岸线,是一块未开发的广大空间,未开发的深水航道和港区还可在口外深水修建人工岛,发展 20 m 水深以深的深水港区。这个亚三角洲加人工岛模式可为上海走向海洋,成为建设海洋强国的前沿地区,为上海市航运中心发展提供广阔的新空间,成为上海市进一步走向海洋的有利基地。

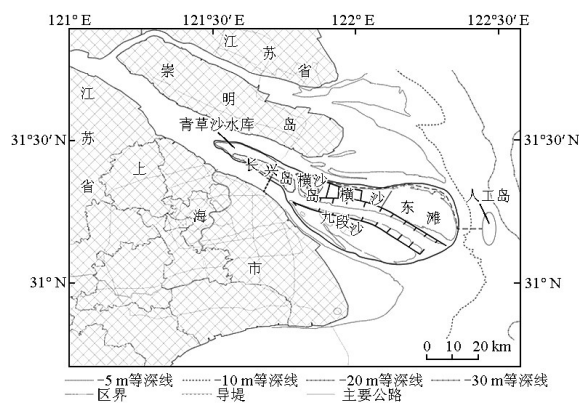


图 2 长江口亚三角洲体系

Fig.2 The sub delta in the Changjiang Estuary

#### 4 上海城市发展的新空间

横沙成陆给上海带来新的发展空间,也为上海市和上海港的发展带来新机遇。众所周知,大地是人类空间发展的母亲。上海是全国最小的省市级单位,上海城市从浦西开始发展,走向浦东,上海港



也从苏州河走向黄浦江,再从黄浦江走向海洋,由于长江口水深不足,从而走向杭州湾的洋山港,如今横沙东滩吹填围垦可以获得 $400\text{ km}^2$ 以上的宝贵陆域。这就使得上海可以从浦东这个龙头进一步走向龙头之珠的横沙东滩,以海洋新城的姿态走向正在建设海洋强国的中华大地,使上海进一步走向海洋,这给上海城市发展带来莫大的机遇。而对上海港而言,也带来了一个从水深不足的港口走向面向世界深水大港之路的新机遇。

上海以扼居中国第一大河,具有广阔腹地、黄金水道的长江河口而兴。它从扼居长江三角洲前沿宋代的青龙港走向黄浦江上的上海和下海。鸦片战争后,一跃成为雄居亚洲的最大港口,乃至世界大都市的世界大港。上海以港而兴,然而在航运向大型化、吃水向深水化发展的时代,河口以拦门沙水深不足而不能适应需求,于是在20世纪末开始整治拦门沙,兴建能够使第三代至第四代集装箱顺利进出的 $12.5\text{ m}$ 水深的深水航道,并且在杭州湾的崎岖列岛兴建洋山港作为上海港的枢纽港。然而,随着经济发展的形式走向港口发展的新需求,世界航运事业蓬勃发展,集装箱已经发展到 $18\ 000$ 箱,吃水为 $18\text{ m}$ 水深的需求,散货船已出现 $40$ 万吨的巨型船舶,吃水为 $22\text{ m}$ 水深的需求,我国沿海多个港口航道都以 $23\text{ m}$ 水深的标准来适应航运发展的需求。

从国内水运事业的发展来看,水运量增长异常迅速。20世纪90年代初,全国运量不足 $1.0\times 10^9\text{ t/a}$ ,而2012年全国水运量已达 $9.471\times 10^9\text{ t}$ 。超过亿吨吞吐量的港口,全国达到29个之多。据交通部长江航运管理局统计,长江干流2012年货运量亦达 $1.75\times 10^9\text{ t}$ 。上海港2012年的货物吞吐量为 $7.36\times 10^8\text{ t}$ ,而浙江舟山、北仑两港的货物吞吐量达 $7.44\times 10^8\text{ t}$ ,超过上海港,并且其年增速达 $7.2\%$ ,超过上海 $1.1\%$ 的增长率。上海港面对物流迅速增长的态势,作为全国航运中心而言,应该予以正视。另外,上海港本身还存在许多瓶颈问题需要面对。其一,上海港的大陆岸线、外高桥已经建到第七期,资源已经用足,若需增加新的泊位,势必要另辟港区。其二,上海港航道所用的北槽深水航道只需 $12.5\text{ m}$ 即将延伸至南京,因而就河口龙头的上海港而言,已无优势可言。南京以下,长江下游 $300\text{ km}$ 的岸线可以发展深水港之处,很是富裕。从承接上游物流方面,浏河以上港口比起上海港更有优先条件。面对

国内外航运发展的形势,上海港不能仅凭“T”字形焦点的区位优势,而没有紧迫感。“T”字仍然是上海港的区位优势,对内,长江依然以上海为龙头,陆路交通使上海有更为广阔腹地的优势;对外,上海港是长江三角洲这个中国最大的经济辐集区域的龙头。要发挥这个重要的区位优势,关键还是在于加大物流服务的能力。能力不足就是上海港目前的状况,水深 $12.5\text{ m}$ 航道只是第三、四代集装箱以及 $5$ 万吨全天候和 $10$ 万吨全天候时代的要求;现在已是 $18\ 000$ 箱和 $30$ 万吨~ $40$ 万吨散装船吃水的要求,要使上海港仍然能够维持全国第一大港的要求,就应该有吃水 $23\text{ m}$ 的航道。这对上海港而言是一个很严峻的挑战。

然而,上海港需要认识到长江黄金水道仍然是上海发展的生命力,长江广阔腹地和长江黄金水道仍是上海的优势,正视上海仍然有建设世界级深水大港的条件。人类驱动力已经被认为是地球系统的第三驱动力,上海既然能够使碍航的巨大拦门沙体成为 $12.5\text{ m}$ 的航道,就也有能力解决 $20\text{ m}$ 水深的深水泊位。也只有实现 $20\text{ m}$ 深水大港的建设,才能实现上海新空间建设。上海可以从两个途径来解决这个问题:其一,人工岛的方式;其二, $23\text{ m}$ 深水航道和挖入式港池。

## 5 结语

在第三驱动力的作用下,长江河口发育模式由两侧岬角控制转变为中间依靠导堤工程建筑向外突出的格局。长江口南港—南槽与北港之间的长兴岛、九段沙、横沙岛和横沙东滩组成串珠状岛链,形成长江口亚三角洲体系。这种格局的转变及利用航道疏浚土吹填使得横沙东滩不断淤涨成陆。

横沙东滩吹填成陆可以为上海提供超过 $400\text{ km}^2$ 的陆域空间,同时也使 $20\text{ m}$ 水深的海域和陆地的距离大为拉近,从横沙东滩前沿向海缩短为 $20\text{ km}$ 左右,在距离最近的陆域(横沙东滩) $10\text{ km}$ 的海域修建人工岛,可建设超过 $20\text{ m}$ 水深的港口泊位。另一个方法就是在横沙东滩前面海域开挖 $20\text{ km}$ 的 $23\text{ m}$ 航道,建设挖入式深水港池。

近半个世纪以来,人类已经在一些海域建造了各种形式、各种用途的人工岛,上海有建造人工岛和开挖 $20\text{ m}$ 以深航道的技术力量。这样,上海的“T”字形优势便形成“十”字优势,以世界级水深、上海港的优质服务来面对 $18\ 000$ 箱以至 $30$ 万吨级的

散装船,开港口迎天下船。长江黄金水道的优势、流域的开发空间、长三角的经济发展使得上海这个拥有经济、贸易、金融、航运4个中心的国际大都市可以雄居于长江河口。

#### 参考文献

- [1] Pritchard D W. The dynamics structure of a coastal plain estuary [J]. *Journal of Marine Research*, 1956, 15:33-42.
- [2] 陈吉余. 开发浅海滩涂资源、拓展我国的生存空间[J]. *中国工程科学*, 2000, 2(3): 27-31.
- [3] 陈吉余, 恽才兴, 徐海根, 等. 两千年来长江河口发育的模式 [J]. *海洋学报*, 1979, 1(1): 103-111.
- [4] 路兵, 蒋雪中. 滩涂围垦对崇明东滩演化影响的遥感研究 [J]. *遥感学报*, 2013, 17(2):335-349.
- [5] 和玉芳, 程和琴, 陈吉余. 近百年来长江河口航道拦门沙的形态演变特征[J]. *地理学报*, 2011, 66(3):305-312.
- [6] 陈吉余. 长江口的新态势, 上海市的新机遇[J]. *科学*, 2011, 63(2):1-2.

## The new space of Shanghai City development and the new evolution stage of the Yangtze estuary

Chen Jiyu, Jiang Xuezhong, He Qing

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

**[Abstract]** The natural evolution pattern of the Yangtze estuary was changed by human activities. The estuary is not controlled by the sides' cape as it did in the past. In the middle of the estuary, a beaded island chain was formed by the Changxing Island, the Jiuduansha mudflat, the Hengsha Island and the Hengsha east shoal, and a new sub estuarine delta is coming into being. This sub delta keeps expanding outward relying on the engineering constructions. The Hengsha east shoal will become land due to mudflat enclosure and siltation with waterway dredging soil. The new reclaimed land area could reach 400 km<sup>2</sup> and more than 18 km deep-water shoreline exists along the north coast of the mudflat edge. The plenty resources of the new sub estuarine delta and an artificial island outside the estuary could become a new space for Shanghai City development and a suitable location of deep-water harbor site.

**[Key words]** Yangtze estuary; estuary pattern; sub delta