

· 航道及船闸 ·



长江口近期水沙运动及河床演变分析*

朱博章¹, 付桂¹, 高敏¹, 赵德招²

(1. 交通运输部长江口航道管理局, 上海 200003;

2. 上海河口海岸科学研究中心 河口海岸交通行业重点实验室, 上海 201201)

摘要: 利用长江口历史研究成果和近期的水、沙及地形监测资料, 系统对比分析和总结长江口水沙特性和河势变化规律, 预测长江口河床演变趋势。结果表明: 长江口深水航道治理工程建设以来长江口河势总体保持稳定, 该工程和南北港分汉口工程的建设对稳定河势起到了重要作用; 长江口水沙运动基本规律无明显变化; 上游来水来沙条件的变化对长江口滩槽及口外地形变化的影响已有所表现, 对北槽深水航道冲淤的影响暂不明显; 长江口河势仍会基本接近期变化趋势发展, 部分河段的不利变化趋势应当高度重视, 必要时须采取相应的工程措施。

关键词: 长江口; 水沙变化; 河床演变; 演变趋势

中图分类号: U617.5

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2012)07-0105-06

Recent flow-sediment transport and riverbed evolution of Yangtze estuary

ZHU Bo-zhang¹, FU Gui¹, GAO Min¹, ZHAO De-zhao²

(1. Yangtze Estuary Waterway Administration Bureau, MOC, Shanghai 200003, China;

2. Shanghai Estuarine and Coastal Science Research Center, Shanghai 201201, China)

Abstract: The paper uses historical research results of Yangtze estuary and recent flow, sediment and topographic data to analysis and summary of flow and sediment character and regulars of riverbed evolution change, and predict riverbed evolution trend of Yangtze estuary. The results show that since the construction of Yangtze estuary deep-water channel regulation engineering, the river regime remained stable overall, construction of this engineering and the south-north channels engineering are important to remained river steady. The basic law of flow and sediment transport in Yangtze estuary has no obvious change. The upstream inflow and sediment changes cause some changes of foreshore and deep channels, but it's not obvious of north deep-water channel, the river regime is still basically according to the recent trend of development, it should pay highly attention to some adverse trends of river, it should take some corresponding engineering measures when it's necessary.

Key words: Yangtze estuary; flow and sediment change; riverbed evolution; evolution trend

长江口为巨型多沙河口, 径潮流动力强劲, 滩槽演变复杂(图1)。近期长江口河床演变的边界条件, 如流域来沙出现了明显的减小趋势, 长江口区域内的人类活动如采砂、滩涂圈围和岸线开发等也有所加强。在自然演变和人类活动的双重影响下, 长江口河势出现了新的变化。

本文利用历史研究成果(1998年以前)和近期的水、沙及地形监测资料(1998年以后), 系统对比分析和总结长江口水沙特性和河势变化规律, 预测河床演变趋势, 为长江口深水航道维护、长江口航道后续治理开发、河势控制以及其他水资源开发利用等涉水工程决策提供科学依据。

收稿日期: 2012-02-27

*基金项目: 国家自然科学基金(50979053)

作者简介: 朱博章(1973—), 男, 工程师, 从事港口航道工程研究。

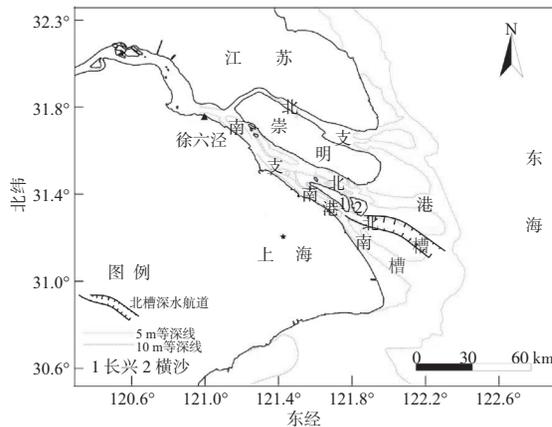


图1 长江口形势图

1 长江口水沙特性和河床历史演变规律

1.1 长江口水沙运动特性^[1-3]

河口水动力因素包括径流、潮流、波浪、风和盐水楔异重流等。这些因素中，对长江口河床演变起到主要作用的是径流和潮流。长江口属大径流、中等潮差河口，潮量极大。径流和潮流两股动力在时、空范围内的复杂变化及相互消长作用，是导致长江口复杂演变的主要原因。长江口水动力特性主要表现如下：径流量充沛，径流年内具有明显的季节性变化特征，其中5—10月为洪水期，其径流量约占年径流总量的71.7%；口外潮汐为正规半日潮，口内潮汐变为非正规半日浅海潮，潮波在河口内传播过程中发生变形，沿程高、低潮位增加、潮差减小、涨潮历时缩短、落潮历时增长；拦门沙航道上段潮流方向以往复流为主，口外为顺时针旋转流；南、北港潮量及径流分配比较稳定，而南、北槽则处于不断发展过程中。

长江口泥沙主要来自长江流域。流域来沙经沿程分选，至长江口主要以悬移方式输入入海，较粗部分沉积在口外三角洲；细颗粒则被带到外海。在河口地区水动力条件下，咸、淡水交汇，形成河口环流系统并产生细颗粒泥沙絮凝沉降。长江口南支水域水体含沙量总体上上游来沙关系密切，呈洪季大、枯季小的变化特点。但口外水体含沙量则更易受风浪和潮流动力条件控制，表现为枯（冬）季大，洪（夏）季小；大潮大、小潮小；大潮涨潮含沙量明显大于落潮。同级汉道相比，北支含沙量高于南支；北港高于南港；南

槽高于北槽。

1.2 长江口河床历史演变规律^[4-5]

近2000年，长江河口的发育模式呈单向演变性质，代表了长江口演变的总趋势，主要有以下4个变化特征：1) 向外延伸，河口束窄；2) 南岸边滩推展，河口向南偏转；3) 北岸沙岛并岸；4) 江面束狭，河槽加深。长江口三级分汊、四口入海的总格局是在特定条件下形成的，由于边界条件的变化，这种格局将会保持长期稳定。

历史上南支上段河势的不稳定是南支下段各汉道河势变化的主要原因。在徐六泾节点形成后，南支上段河势不稳定的原因已消除，南支上段河势将会保持相对稳定。局部河势，特别是南、北港及南、北槽分汊口的局部河势变动因素仍然存在。南港深槽长期稳靠南岸，而北港深槽存在周期性南、北易位。上游河段河势的变化对北槽的影响较北港和南槽明显为小，在3条主要入海汉道中，北槽的河势稳定性最好。

2 近期水沙及河势变化情况

2.1 近期主要人类活动

近年来随着人类对河口开发强度的加大，长江口水域实施了很多涉水工程，河道岸线边界条件的人工控制作用越来越强。涉水工程主要包括长江口深水航道治理工程、新浏河沙护滩及南沙头通道潜堤工程、中央沙圈围及青草沙水库工程、促淤圈围与吹填工程、港口码头工程、桥梁工程、人工采砂活动等。其中促淤圈围工程包括：徐六泾河段北岸围垦工程、东风西沙圈围工程、常熟边滩圈围、横沙东滩促淤圈围工程、南汇嘴人工半岛、长兴岛北沿滩涂促淤圈围工程、浦东机场外侧促淤圈围工程。人工采砂包括瑞丰沙采砂及白茆沙采砂等。这些人类活动对河口河势及水沙变化等均产生了明显影响。

2.2 近期水沙变化

2.2.1 河口潮波特性变化

河口潮波变化在一定程度上反映了潮汐水流动力的变化，主要表现为：长江口口外潮位特征值比较稳定，长江口潮波从东海传入，潮波前进

方向基本没有变化,口外潮波总体仍沿350°方向传入长江口。近十年来,河口段内的潮波前进方向基本没有变化,但主要潮位站的潮汐特征值发生了变化,表现为年平均海面、年平均高潮均呈明显下降的变化趋势,年平均低潮则相对稳定;年平均涨、落潮差均为减小趋势;但年平均涨、落潮历时基本比较稳定。

2.2.2 主汊道分流分沙变化^[6]

南支为主汊,1998年以来,南支分流比继续保持在95%以上。

南北港为长江口的第二级分汊。1998年以来,南、北港的分流分沙比总体上仍在50%量值上、下波动,其波动幅度仍未超出历史变化范围。

1998年长江口深水航道治理工程实施以来,北槽落潮分流比总体呈减小趋势。随着北槽分流比的减小,南槽落潮分流比则总体呈增加态势,南槽分流比的增大主要导致南槽上段的河槽冲刷,南槽并无出现全线冲刷发展的迹象。

2.2.3 河口含沙量变化

根据近期观测资料可知,长江口水体含沙量总体仍呈北支大于南支,口外大于口内的分布特点。伴随近期流域来沙的持续减小,口内(南支)洪季水体含沙量有明显的降低。南、北港水体含沙量总体呈涨潮含沙量大于落潮含沙量,且近几年无明显的减小趋势。从目前掌握的资料来看,上游来水来沙条件变化对拦门沙区段的水体含沙量的影响尚不明显。拦门沙区段水体含沙量主要受潮汐动力控制,口外大片滩地泥沙的起悬为拦门沙水体含沙量增大提供物质来源。

2.3 近期河床演变分析

长江口三级分汊、四口入海总格局稳定。长江口近期人类活动及水沙条件的变化仅对长江口局部河势变化有一定的影响。以下分不同河段,对长江口河势近期演变作简要分析。

1) 南支河段。

近10年来,南支河段总体滩槽格局保持稳定,2007年南北港分汊口新浏河沙护滩及南沙头通道潜堤工程实施使“三沙”沙头冲刷后退、南沙头通道下段冲刷发展及宝山北水道缩窄扭曲等

原不利河势变化得到基本控制,但仍存在白茆沙头冲刷后退、南支中段主槽北拓深泓淤浅、下扁担沙沙尾持续淤涨南压、新浏河沙包尾部淤积下延等局部不利河势变化。

2) 南港河段。

1998年以来,在南港上口局部河势变化和人类采砂活动的双重作用下,瑞丰沙中、下沙体加速消失,南港河槽形态总体呈“W”型复式向单一“U”型河槽转变的态势,导致南港南岸淤积,主槽深泓北移。

3) 北槽河段。

1998年长江口深水航道治理工程实施后,北槽河床总体上呈现整治段主槽河床冲刷、丁坝坝田淤积的特点,河槽断面形态进一步向窄深方向调整,全槽形成了一条上下段平顺相接、具有相当宽度的覆盖航道的微弯深泓,拦门沙得以“打通”,有利于河势稳定。

4) 南槽河段。

1998年以来,伴随着北槽落潮分流比的减小,南槽落潮分流比有所增大,南槽上段主槽发生了冲刷,南槽拦门沙滩顶最浅段的位置有所下移,但滩顶最浅水深仍维持在6 m左右,下段主槽及南汇边滩还有所淤积,江亚南沙沙尾呈不断向南槽中段航道方向持续淤涨态势。

5) 北港河段。

近10年来,随着新桥通道整体下移,北港上段主槽整体呈进一步坐弯的态势,河床冲淤主要表现为主槽北侧(凹岸侧)河床受冲,南侧浅滩淤积;但2007年中央沙圈围、青草沙水库和长兴岛北沿圈围等工程实施以后,北港上段主槽稳定性总体有所增强。同期,北港拦门沙浅段河床总体较为稳定,最浅滩顶水深也变化不大。

6) 北支河段。

1998年以来,北支分流比继续维持在5.0%以内,涨潮流仍占绝对优势。一系列护岸、围垦工程等活动对北支河道演变的影响极其深刻。北支中下段的围垦缩窄一定程度上减少了北支进潮量,河槽容积得到冲刷扩大,在一定程度上促进了北岸沿岸深槽的稳定和发展。

3 上游来水来沙对河口影响初步分析

3.1 流域来水来沙条件变化

长江口多年平均径流量约为9 000亿m³，径流量年际间虽有一定幅度的波动，但无明显的趋势性变化，且年内分配规律也基本没变。

长江口来沙量丰富，但年输沙量自20世纪80年代中期以来呈明显的减小趋势。尤其，2006年的年平均输沙量仅为0.85亿t，创下了1950年以来的最低记录。2009年，大通站的年平均输沙量为1.12亿t。

3.2 对长江口河床演变的影响

1) 南支及南港河段。

长江流域来沙量的减小，将首先在南支河段有所体现。因此，南支的河床演变亦将做出相应的调整响应。近年来长江口南支河段以下河槽容积总体有所扩大，白茆沙、白茆小沙、新浏河沙以及南港的瑞丰沙等主要江心沙洲呈冲刷缩小趋势。南支河槽容积的扩大和江中沙洲的冲刷应是对流域来沙减小的响应。

2) 拦门沙河段。

拦门沙河槽的演变主要受径流、潮流和盐淡水混合引起的滞流点、滞沙点和区域水体的含沙量等要素有关。近期，尤其三峡工程运营后，流域来水总量和年内分配并没有发生根本性改变。流域来沙虽有所减小，且长江口南支含沙量也有所下降，但拦门沙区段水体含沙量变化因主要受控于潮汐、风浪等海洋动力因素，近期并无明显的变化。由此可知，决定拦门沙河槽演变的动力和泥沙条件并未发生大的改变，近期长江流域来沙减小对拦门沙河槽演变的影响并不明显。

3) 水下三角洲。

由于拦门沙滩长，水下三角洲坡度平缓。历史上由于长江挟带大量泥沙入海，河口水下三角洲缓慢向海淤涨。近期流域来沙减小后，水下三角洲泥沙的补充来源减小，水下三角洲向海淤涨的速率应有所减小。从大时间尺度来看，由于海洋潮汐动力的定常性，为满足水流挟沙能力的需要，流域进入河口的泥沙减小后，水下三角洲应向河口水体补充泥沙，部分区域河床可能会

有冲刷发生。近期在北槽口外以南区域已有所冲刷，8 m等深线明显向陆后退。

4 长江口河床演变趋势分析

4.1 长江口未来主要涉水工程规划^[7-9]

长江口未来主要涉水工程规划目前经国家批准主要包括水利部的《长江口综合整治开发规划》和交通运输部的《长江口航道发展规划》。

《长江口综合整治开发规划》于2008年获国务院批准，规划水平年为2010年和2020年。《长江口综合整治开发规划》提出以稳定河势为重点。据此规划，尚待实施的河势控制工程主要包括：1) 徐六泾节点及白茆沙河段整治工程；2) 下扁担沙右缘固定工程；3) 瑞丰沙右缘固定工程；4) 南江边滩促淤圈围工程；5) 北支整治工程。

《长江口航道发展规划》于2010年8月通过交通运输部批复，规划水平年为2010年和2030年。规划主要目标是争取利用10~20 a的时间，建成以长江口主航道为主体，北港、南槽和北支等航道共同组成的长江口航道体系，确保长江口主航道12.5 m水深畅通并进一步向上延伸，北港、南槽和北支等航道资源得到合理开发利用和有效保护。根据此规划，尚待实施的航道整治工程主要包括：1) 白茆沙护滩工程；2) 扁担沙治理工程；3) 瑞丰沙治理工程；4) 北港航道治理工程。

4.2 长江口河床演变趋势

1) 长江口河势总体演变趋势。

未来长江口河势将在“三级分汊、四口入海”这个总体格局稳定的前提下，主要表现为两侧固定岸线范围内的局部滩槽冲淤调整。但另一方面，受长江流域来沙减小的影响，长江口口内的主要洲滩发生持续性冲刷，滩槽演变加速。主要洲滩在人工固定之前，局部河势和航道的稳定性仍然较差。

2) 长江口各河段演变趋势。

从近期的河床演变过程来看，在规划中的河势控制工程和航道整治工程实施前，长江口河势仍会按近期的演变趋势发展，部分河段的不利变化态势将会对该区段的航道开发建设和水深维护

产生一定的负面影响,应当引起重视。

① 南支河段(含南北港分叉口)。

未来一段时期内,南支河段的主要滩槽格局将继续保持稳定,但存在白茆沙沙头继续冲刷后退,沙体缩小,白茆沙南、北水道“南强北弱”态势进一步发展,南支中段主槽继续北拓、深泓淤浅,下扁担沙和新桥沙沙尾继续淤涨南压,新浏河沙包沙尾继续淤积下延等局部不利河势变化等,在一定程度上影响了南支河势和航道稳定性。目前,南支浏河口断面主槽深泓水深已由40 m淤浅至20 m,并有进一步淤浅的可能。下扁担沙和新桥沙沙尾进一步淤涨南压,将会促使新浏河沙护滩北堤和青草沙水库北堤上段堤外滩地的冲刷,滩坡变陡,影响该段整治建筑物的稳定。而新浏河沙包残余沙体的变化则可能会增加深水航道向上延伸段宝山北水道12.5 m航道的维护疏浚量等。

《长江口航道发展规划》有白茆沙治理工程和扁担沙治理工程。为维持南支目前相对良好的河势条件,结合12.5 m深水航道向上延伸,应抓紧实施白茆沙治理工程和扁担沙治理工程。

② 南港河段。

南港近期河势演变特点为,在人工采砂(2000—2005年)和自然冲刷的共同作用下,瑞丰沙中、下沙体缩小,南港南侧近岸大幅淤积,南港中、下段深泓北偏于三期工程原设计航槽的北侧。同时,12.5 m深槽上缩。与三期工程初步设计阶段相比,上述变化已增加12.5 m深水航道(三期内航道)的基建工程量,并将对后期的维护产生影响。同时,导致了外高桥四、五期码头和进港航道的淤积。由于,瑞丰沙中、下沙体的缩小,其“挡沙”功能基本消失,南港进入北槽的泥沙增多,北槽分沙比会有所增大,对北槽深水航道的长期维护不利。

在不采取工程措施的前提下,未来,南港瑞丰沙残余沙体仍会呈微冲态势,南岸外高桥四~六期码头前沿自然水深维持在9.5 m左右,南港12.5 m深水航道(三期内航道段)需适量疏浚才能维持相应水深。

《长江口航道发展规划》有瑞丰沙治理工程。为改善三期内航道的维护条件和外高桥码头

前沿水深条件,防制北槽分沙比,尤其底沙分沙比的上升,有必要实施瑞丰沙治理工程。

③ 北槽河段。

长江口深水航道治理工程(1~3期)实施后,北槽水沙条件得到改善,河床形态由宽浅向窄深方向调整,形成了一条微弯,具有相当宽度并覆盖航道的深泓,12.5 m航道水深如期贯通。整治工程实施期间,北槽落潮分流比虽有一定幅度的降低,但北槽深槽容积却有所扩大。目前,北槽下断面仍维持40%以上的落潮分流比量值。

未来,随着整治工程引起的河床冲淤调整的完成,北槽河势和航道稳定性将会进一步增强,南北槽分流格局将得以保持,北槽仍将是一条极具生命力且兼具深水航道通航能力的河口河道。鉴于当前长江口12.5 m深水航道维护量仍然较大,建议抓紧开展后续的减淤方案研究。

④ 南槽河段。

长江口深水航道治理工程实施期间,由于南槽分流比的增大,南槽上段河床冲刷,拦门沙浅段长度有所缩短,但拦门沙滩顶最浅水深仍维持在5.5 m左右。伴随着南北槽分流格局的稳定,未来,南槽河势将趋于稳定。

⑤ 北港河段

在当前南北港分叉口河势,尤其下扁担沙尚未稳定的情况下,北港上段主槽仍有进一步坐弯的可能,青草沙水库中、下段外侧淤积,堡镇沙南沿冲刷。上述变化将会影响北港上段深槽和长江大桥主通航孔的稳定。而北港拦门沙河段在自然条件下,仍将保持稳定,航道拦门沙滩顶最浅水深维持在6 m左右。

《长江口航道发展规划》有北港航道治理工程。根据条件变化和航运需要,应择机实施堡镇沙护滩堤和拦门沙航道治理工程。

⑥ 北支河段。

近期北支河势总体较为稳定。未来,随着《长江口综合整治开发规划》北支中、下段圈围缩窄,北支上段崇明侧为凸岸、青龙港一大新港侧为凹岸,北支中下段深槽靠北岸的河势格局将继续保持稳定。目前,可根据经济发展情况和河势演变情况,研究制定北支航道的开发目标。

5 结论

1) 长江口深水航道治理工程建设以来长江口河势总体保持稳定, 该工程和南北港分汉口工程的建设对稳定河势起到了重要作用。

2) 长江口水沙运动基本规律无明显变化。

3) 近期流域来沙量明显减少。流域来沙条件的变化对长江口内滩槽及口外地形变化的影响已有所显现, 表现为口内的南支河段河槽容积扩大, 主要江心沙洲冲刷缩小, 主槽淤浅; 口外水下三角洲部分区域呈现冲刷。但河口拦门沙河段的冲淤变化主要受当地动力和泥沙等条件制约, 目前流域来沙量的减小对深水航道的冲淤影响暂不明显。

4) 长江口“三级分叉、四口入海”总体河势格局仍将保持基本稳定。各河段河势仍会基本按近期的变化态势发展, 局部河段的不利变化将会对该区段局部河势的稳定和航道的建设及维护产生不利影响。应当及早实施有关规划中的河势控制和航道整治工程。

工程项目自我总结评价报告[R]. 上海: 交通运输部长江口航道管理局, 2011.

[2] 交通部长江口航道管理局. 长江口深水航道治理工程成套技术总报告[R]. 上海: 交通部长江口航道管理局, 2006年.

[3] 陈吉余, 沈焕庭, 恽才兴. 长江河口动力过程与地貌演变[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1988.

[4] 恽才兴. 长江河口近期演变基本规律[M]. 北京: 海洋出版社, 2004.

[5] 陈吉余主编. 21世纪的长江河口初探[M]. 北京: 海洋出版社, 2009.

[6] 高敏, 范期锦, 谈泽炜, 等. 对长江口北槽分流比的分析研究[J]. 水运工程, 2009(5):82-86.

[7] 交通运输部长江口航道管理局. 长江口航道发展规划(报批稿)[R]. 上海: 交通运输部长江口航道管理局, 2010.

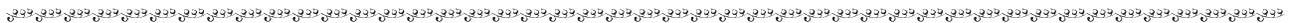
[8] 上海市水务局, 上海市海洋局. 上海市滩涂开发利用及保护“十二五”规划(报批稿)[R]. 上海: 上海市水务局, 2009.

[9] 水利部长江水利委员会. 长江口综合整治开发规划要点报告(2004年修订)[R]. 武汉: 水利部长江水利委员会, 2005.

参考文献:

[1] 交通运输部长江口航道管理局. 长江口深水航道治理

(本文编辑 郭雪珍)



· 消息 ·

连云港港吞吐量增长15%

截至6月30日, 连云港港上半年完成吞吐量9 397万t, 同比增长14.56%, 实现了时间过半、任务过半的目标。其中, 散杂货吞吐量6 218.4万t, 同比增加1 340万t, 增长28%, 实现高位增量。

今年以来, 受市场、现场两头挤压, 连云港港口生产困难重重。连云港港口集团紧紧围绕市场、现场、疏运以及协调口岸单位等方面做好文章。

该港坚持市场开发和争船盯货齐头并进。通过争取铁路支持, 实现了北线分流货物逐渐回流, 上半年新增航线8条。同时, 紧盯重点客户和重点船舶, 上半年仅争揽开普船就增加吞吐量200万t以上。

现场管控突出全港一盘棋。上半年, 连云港港口集团内部横向泊位互借达140艘次以上, 缓解了部分公司泊位能力不足的矛盾; 创新使用浮吊参与风塔设备装船作业方式, 有效释放出59泊位能力; 加强现场作业过程控制, 实现了数十项作业效率翻新; 加大场地整合力度, 确保港口生产有效运转。

该港加强铁路疏运工作力度。通过做好和铁路部门的衔接, 一季度装卸车多次纪录刷新, 二季度保证了日均1 700车左右装车。他们还不断加大沟通协调力度, 寻求各方对港口生产的关注和支持, 保障了港口生产有序进行。

摘编自《中国交通报》