



长江口南港近年河势变化分析及对策研究*

刘 猛, 李为华, 张宏伟

(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: 通过对物理模型试验和现场观测数据的分析, 研究南港近年河势变化的原因、趋势、不利影响以及应对措施。研究表明: 1) 由于大规模水利工程的建设, 南港河势正在发生一种显著的适应性调整; 2) 在未采取其它工程措施的情况下, 南港目前河势变化造成的不利影响将长期存在; 3) 在瑞丰沙上实施合适的人工工程, 能遏制甚至扭转目前南港河势变化所带来的不利影响。

关键词: 长江口; 南港; 物理模型; 现场观测; 河势变化; 对策研究

中图分类号: TV 148

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)04-0122-05

Variation of river regime in south passage of the Yangtze estuary in recent years

LIU Meng, LI Wei-hua, ZHANG Hong-wei

(Shanghai Estuarine and Coastal Research Center, Key Laboratory of Estuarine & Coastal Engineering Ministry of Transports, Shanghai 201201, China)

Abstract: Based on the analysis of the data from physical model test and field observation, we study the reason, trend and detrimental effect of the change of river regime on the south channel recently and propose corresponding countermeasures. The results show that: 1) Due to the large-scale water conservancy engineering, an obvious adaptable adjustment of the river regime on the south channel is happening; 2) Without other engineering measures taken, the unfavorable influence due to the river regime's variation of the south channel will exist for a long time; 3) The unfavorable influence can be controlled if we implement appropriate artificial engineering on Ruifengsha.

Key words: the Yangtze estuary; the south channel; physical model; field observation; change of river regime; countermeasure study

长江口南港的开发在上海乃至长三角经济发展中占有重要地位, 该河段南、北两岸聚集分布着各式大型码头、且长江口12.5 m深水航道及向上延伸工程在此汇合, 是名副其实的黄金河段, 因此该河段的河势变化一直受到密切关注^[1-5]。近年来, 随着长江口大规模水利工程的建设, 长江口南港河势变化有了新的特点, 本文通过对物理模型试验和现场观测数据的深入分析, 研究了该河段近年河势

变化的原因、趋势、不利影响以及应对措施, 为该河段今后整治、开发提供科学依据。

1 数据及方法

1.1 物理模型

物理模型试验^[6]于2009年7月在上海河口海岸科学研究中心长江口整体物理模型上开展, 该模型长期应用于长江口重大涉水工程相关的科研论

收稿日期: 2012-04-10

*基金项目: 水利部公益性行业科研专项经费项目(201301020); 国家自然科学基金重点项目(50939003); 国家973计划项目(2010CB429002)

作者简介: 刘猛(1983—), 男, 助理研究员, 从事河口水沙运动及河口航道治理研究。

证工作^[7-10],对于北槽潮流动力场、河床演变等问题具有较高的模拟精度,模型水平比尺为1:1 000,垂直比尺为1:125。模型动床范围见图1,包括了整个南港区域,折合原型面积约530 km²。

1.2 现场观测

本文涉及的现场地形、水流数据均来自交通运输部长江口航道管理局定期开展的观测资料,其中南、北港及南、北槽分流比采用ADCP走航观测,其断面布置见图1。

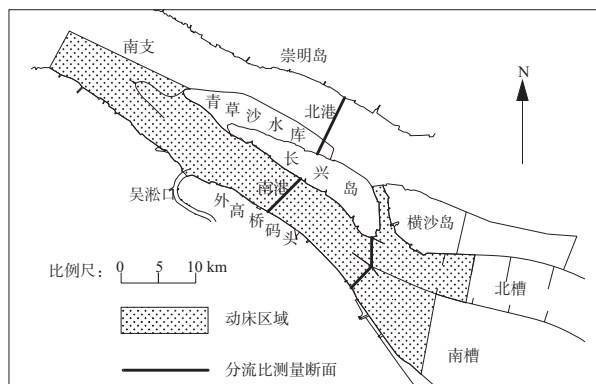


图1 模型动床及分流比测量断面位置

2 南港近年河势变化原因分析

2.1 上、下游边界变化

近年来,长江口相继实施了大规模的航道整治、水库以及促淤圈围等水利工程,其中南港周边区域的典型水利工程布置见图2。

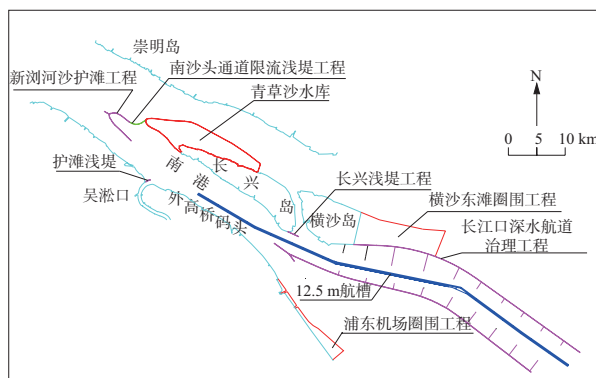


图2 南港周边区域的典型水利工程布置

南港进口及南、北槽分汊口是南港河段的天然边界,由图可见:随着青草沙水库工程、新浏河沙护滩工程、南沙头通道限流潜堤工程、长江口深水航道治理工程、横沙东滩圈围工程以及浦东机场圈围工程等大型水利工程^[11]的实施,之前的南港

上、下游边界已被显著改变,目前南港上、下游边界已进入一种新的且长期相对稳定的状态。

2.2 上、下游边界水流运动变化

当上、下游边界发生显著改变后,边界处水流运动也必定随之发生变化。

2.2.1 南港上游边界水流运动变化

大通站50年以来(1961—2010年)年径流量变化如图3所示。2002—2010年,南支落潮流量中南港分流比变化见图4。

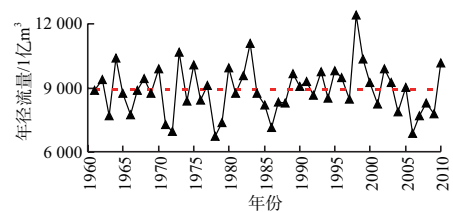


图3 大通站年径流量变化

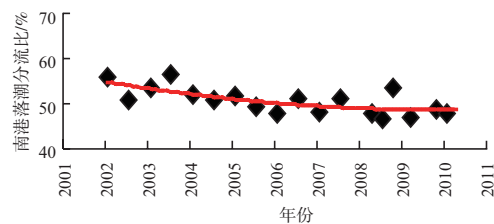


图4 南港落潮分流比变化

由图3和4可见:

1) 大通站1961—2010年平均年径流量约为8 900亿m³,年际间波动虽较大,但没有明显的趋势性变化,上游径流量较为稳定。

2) 2002年以后,南支落潮流量中南港分流比逐渐减小,至2008年基本稳定,南港落潮分流比由2002年约55%逐渐降至2008年约48.5%,其中:2002年—2006年下降相对较快,年均下降约1%;2006年—2008年下降较慢,年均下降0.5%,2008年以后,南港落潮分流比基本维持在48.5%。

若不考虑上游径流量年际间波动,从南港落潮分流比变化趋势可以得出:南港上游落潮流量有所减少。相对于2002年,2008年以后落潮流量减少约11.8%,另外,考虑到新浏河沙护滩工程、南沙头通道限流潜堤工程对水流运动的阻滞作用,南港进口水流流速横向分布必然发生变化。

2.2.2 南港下游边界水流运动变化

1999—2010年，南、北槽落潮和涨潮分流比变化分别见图5和图6。由图5和6可见：

1) 南、北槽落潮分流比变化大，北槽落潮分流比由1999年的约60%降至2010年的不足40%；相应地，南槽落潮分流比由1999年的约40%增加至2010年的超过60%。从变化速率来看，1999—2002年南、北槽落潮分流比变化较为迅速，以南槽落潮分流比为例，其落潮分流比年均增加约3.3%；2002—2007年南、北槽落潮分流比变化趋缓，期间南槽落潮分流比年均增加降至2%以内；2007年以后，南、北槽落潮分流比变化甚微，基本趋于稳定。

2) 与落潮分流比变化相比，南、北槽涨潮分流比变化略有减弱，但趋势仍然明显。北槽涨潮分流比由1999年的约48%降至2010年的约36%；相应的，南槽涨潮分流比由1999年的约52%增加至2010年的约64%。从变化速率来看，2006年以前南、北槽涨潮分流比变化略快，2006年以后南、北槽落潮分流比变化趋缓，且逐渐趋于稳定。

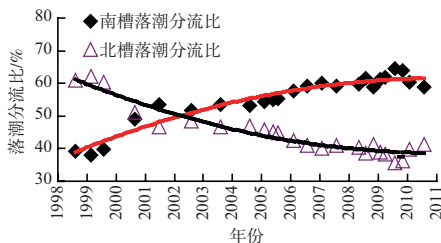


图5 南、北槽落潮分流比变化

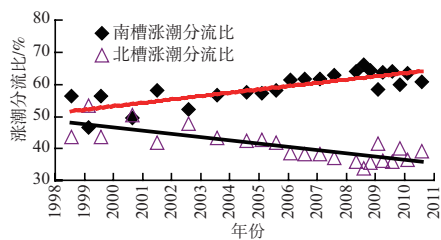


图6 南、北槽涨潮分流比变化

从南、北槽涨、落潮分流比变化可以推断：南、北槽分汉口涨、落潮流速横向分布与之前相比已发生显著变化。

从以上分析可见，近年来由于大规模水利工程的相继实施，南港上、下游边界发生了显著且长期相对稳定的变化，为了适应其变化，边界处

水流运动也随之发生相应变化，其中南港下游水流边界变化尤为显著，加之南港河段宽浅（平均宽深比约600:1）的河槽形态特征，流速横向分布调整必将深入南港河段内部，因此可以进一步推断：长江口南港河段水流运动的平面分布规律也必然发生相应变化。

当南港河段水流运动发生变化后，该河段河势发生调整也是必然之事。

3 南港近年河势变化趋势及不利影响分析

以2009年5月南港实测地形及周边已建工程为初始条件（试验过程中不增加任何工程），南港2009年5月—2011年5月河床变化物理模型预报结果^[6]见图7。由图7可见：2009年5月—2011年5月，南港河势变化呈现出明显的“南淤北冲”特性，即南港主槽和外高桥港区发生淤积，瑞丰沙中、下段和长兴涨潮沟发生冲刷。

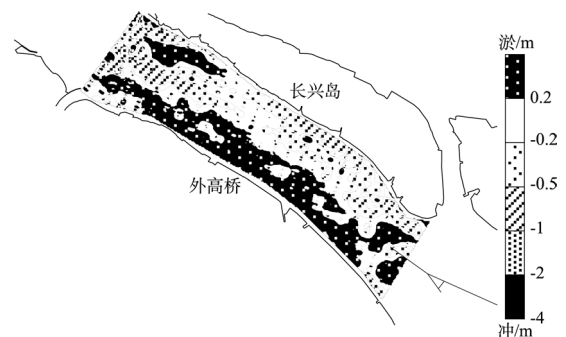


图7 南港河床变化物理模型预报结果

天然情况下，2009年5月—2011年5月南港及附近区域大规模人类活动^[11]较为频繁：1) 长江口12.5 m深水航道航槽开挖：维护航道深度12.5 m、航道底宽350~400 m、航道长度92.27 km，基建疏浚工程量约2.18亿m³^[12]；2) 外高桥12.5 m支航道竣工，基建量约1 200万m³^[13]；3) 维护疏浚，南港外高桥港区及南港内的长江口12.5 m深水航道维护疏浚量数千万m³；4) 南港航道轴线调整、北槽的YH101工程以及横沙大道工程先后实施。

天然情况下，2009年5月—2011年5月南港实测河床变化见图8。可见，即使在大规模的人类活动影响下，南港河势变化与物模预报结果仍基本一致，即呈“南淤北冲”特性。

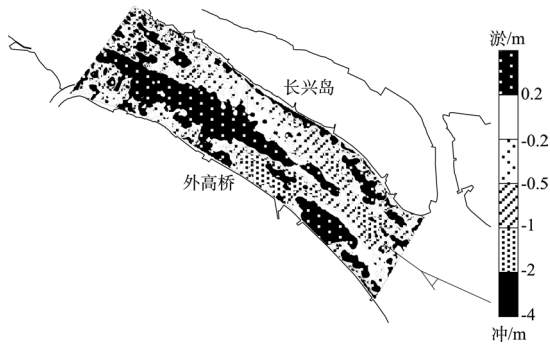


图8 南港天然河床变化

南港开发程度高,需要一个稳定的河势,一旦河势发生较大变化将会产生一系列不利影响,目前因河势变化已显现出的不利影响主要有以下4个方面:

1) 外高桥港区淤积增强,水深条件恶化。物模试验和现场实测资料表明:若无疏浚,外高桥前沿水深将逐年变小,较长岸线的自然水深已不足10 m,且10 m等深线北移明显。

2) 南港主槽淤积,长江口12.5 m深水航道南港段水深维护难度较大。2002年以前,南港主槽天然水深良好,天然12.5 m深槽基本贯穿整个南港河段,之后,由于主槽淤积,天然12.5 m深槽迅速向上游消退,至2005年,已消退约10 km^[6]。物模试验表明:若无疏浚,主槽南侧10 m等深线已大量侵入航槽;据统计,2010年3月—2011年9月,长江口12.5 m深水航道南港段维护船方量约2 000万m³。

3) 瑞丰沙大量冲刷沙体进入北槽,增加北槽深水航道回淤量。研究^[14]表明:2000年2月—2007年2月,瑞丰沙中、下段沙体中约有数千万方的泥沙随落潮流逐渐输入北槽,平均每年约有数百万m³,这些进入北槽的泥沙主要以底沙形态向下输移,引起北槽出现了较长周期的过程性淤积。物模试验也表明了这种“上冲下淤”特性,即瑞丰沙中、下段沙体冲刷、北槽进口淤积明显。

4) 长兴涨潮沟下段冲刷严重,危及已建码头安全。物模试验表明,长兴涨潮沟中、下段冲刷较为严重,其中下段局部范围水深已超过20 m。

物模试验结果和天然实测资料分析表明:目前南港河势正在发生一种显著的适应性调整,在

没有其它工程(如瑞丰沙整治工程)的强迫影响下,这种河势变化趋势将是不变的,其不利影响将长期存在。

4 对策

南港上、下游固定边界、水流边界因大规模水利工程建设而基本稳定,若想遏制甚至扭转目前南港河势变化所带来的不利影响,目前只能在南港内实施人工工程,期达到调整水流从而实现调整、稳定南港河势目的。

从南港开发布局来看,目前最好选择在瑞丰沙上实施人工工程。下面对已开展的瑞丰沙护滩工程物理模型试验研究^[6]成果进行介绍,瑞丰沙护滩工程布置见图9,具体情况如下:

1) 在瑞丰沙窄沟处布置顺堤,瑞丰沙上、下沙体分别布置护滩带;在顺堤南侧布置E2, E3护滩丁坝,护滩带南侧横向布置E1, E4护滩带。

2) 顺堤总长为16.43 km,其中堤身长10.74 km,上护滩带长3.33 km,下护滩带长2.36 km, E2护滩丁坝长1.0 km, E3护滩丁坝长0.8 km, E1护滩带长1.23 km, E4护滩带长0.8 km。

3) 堤身顶高程为-5 m;上护滩带护底宽100 m,压载厚1 m;下护滩带为混凝土连锁块护底;护滩丁坝E2根部700 m高程-5 m,头部200 m渐变至泥面,前面留100 m超前护底;护滩丁坝E3根部500 m高程-5 m,头部200 m渐变至泥面,前面留100 m超前护底; E1、E4护滩带护底宽100 m,压载厚1 m。

护滩工程实施2个水文年后相对(无工程条件2个水文年变化,见图7)变化情况见图10。可

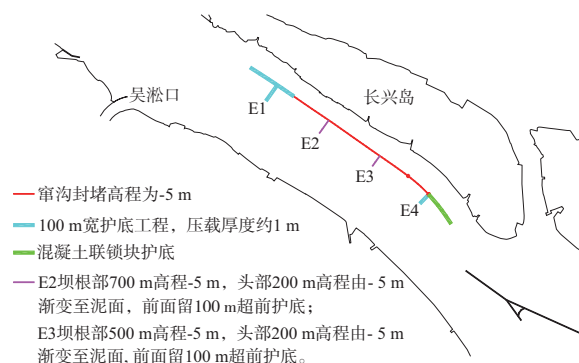


图9 护滩工程平面布置

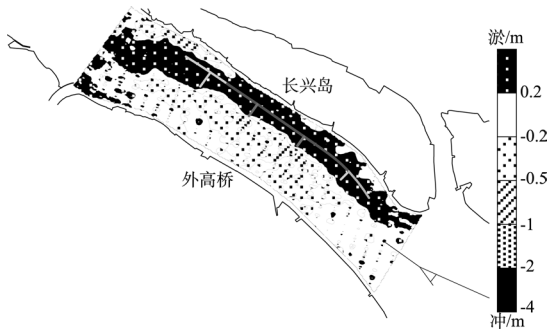


图10 护滩工程实施2个水年后相对变化

见，护滩工程实施后，南港河势变化出现以下4个特点：1) 瑞丰沙滩顶转冲为淤，护滩效果显著；2) 无工程条件出现的南港主槽南侧淤积的情况普遍得到改善，工程实施后，南港主槽微冲，10 m等深线宽度变大；3) 外高桥前沿水深淤浅趋势得到一定遏制，但仍然略淤，外四、外五前沿10 m等深线位置较本底方案平均南移178 m；4) 长兴涨潮沟继续发展，下段略有冲刷，上段冲刷明显，中段出现淤积，和无工程方案相比，淤积位置下移，下段冲刷幅度略有减小。

虽然目前尚未系统研究过在瑞丰沙上实施不同工程对南港河势变化的调整效果，但仅从上述一种瑞丰沙护滩工程实施效果可以得出：在瑞丰沙上实施合适的人工工程，能遏制甚至扭转目前南港河势变化所带来的不利影响。若进一步实施瑞丰沙整治工程，河势调整效果会更好。

5 结论

1) 近年来，由于大规模水利工程的实施，南港上、下游边界及边界处水流运动发生显著且长期相对稳定的变化，引起了南港内部水流运动的变化，进而导致该河段河势发生相应变化。

2) 南港河势正在发生一种显著的适应性调整，在没有其它工程的强迫影响下，这种河势变化趋势将是不变的，其不利影响也将长期存在。

3) 南港河势变化造成的不利影响主要包括：
 ①外高桥港区淤积增强，水深条件恶化；
 ②南港主槽淤积，长江口12.5 m深水航道南港段水深维护难度较大；
 ③瑞丰沙大量冲刷沙体进入北槽，增

加北槽深水航道回淤量；
 ④长兴涨潮沟下段冲刷严重，危及已建码头安全。

4) 在瑞丰沙上实施合适的人工工程，能遏制甚至扭转目前南港河势变化所带来的不利影响。

参考文献:

[1] 巩彩兰, 恽才兴, 虞志英. 长江口南港底沙输移及其对南、北槽分叉口的影响[J]. 海洋工程, 2003, 21(3): 62-67.

[2] 巩彩兰, 恽才兴. 应用地理信息系统研究长江口南港底沙运动规律[J]. 水利学报, 2002, 4(4): 18-22.

[3] 吴华林, 沈涣庭, 茅志昌. 长江口南北港泥沙冲淤定量分析及河道演变[J]. 泥沙研究, 2004(3): 75-80.

[4] 严以新, 高进, 郑金海, 等. 长江口南港泥沙运动的水动力条件[J]. 河海大学学报, 2002, 30(5): 1-6.

[5] 杨世伦, 张正锡, 谢文辉, 等. 长江口南港航道沙波群研究[J]. 海洋工程, 1999, 17(2): 79-88.

[6] 上海河口海岸科学研究中心. 长江口南港瑞丰沙护滩工程工程可行性研究动床物理模型研究报告[R]. 上海: 上海河口海岸科学研究中心, 2009.

[7] 上海河口海岸科学研究中心. 长江口二期整治工程总平面调整试验研究报告[R]. 上海: 上海河口海岸科学研究中心, 2001.

[8] 上海河口海岸科学研究中心. 长江12.5 m深水航道向上延伸至太仓动床物理模型试验研究[R]. 上海: 上海河口海岸科学研究中心, 2007.

[9] 上海河口海岸科学研究中心. 长江口深水航道三期工程减淤工程措施深化研究报告[R]. 上海: 上海河口海岸科学研究中心, 2008.

[10] 上海河口海岸科学研究中心. 长江口12.5 m深水航道减淤工程方案研究清水动床物理模型试验研究[R]. 上海: 上海河口海岸科学研究中心, 2011.

[11] 陈吉余, 程和琴, 戴志军. 河口过程中第三驱动力的作用和响应[J]. 自然科学进展, 2008, 18(5): 994-1 000.

[12] 上海航道勘察设计研究院. 长江口深水航道治理三期工程初步设计[R]. 上海: 上海航道勘察设计研究院, 2006.

[13] 季岚, 龚鸿锋, 唐臣, 等. 上海港长江口主要港区与深水航道连接水域的布设[J]. 水运工程, 2010(9): 57-72.

[14] 谈泽炜, 范期锦, 郑文燕, 等. 长江口北槽航道回淤原因分析[J]. 水运工程, 2011(1): 29-39.

(本文编辑 郭雪珍)