



# 长江口深水航道治理工程对潮汐特性的影响

汤宇, 付桂

(交通运输部长江口航道管理局, 上海 200003)

**摘要:** 近年来, 因长江口上游径流、外海潮汐和河口海洋环境的剧烈变化以及长江口水域河口及海岸工程的大量兴建, 特别是规模宏大的长江口深水航道治理工程的建设, 可能会导致河口潮汐产生变化。对长江口深水航道工程建设前后长时间序列的11个潮位站潮位资料进行分析, 得出长江口近期潮汐特性的变化特征: 口外潮汐特性主要受外海潮汐总体变化影响, 口内潮汐特性受北槽深水航道治理工程及周边涉水工程建设的影响。

**关键词:** 长江口; 潮位; 潮汐特性

**中图分类号:** U 617

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1002-4972(2016)11-0151-06

## Impact of Yangtze estuary deepwater channel regulation project on tidal characteristics

TANG Yu, FU Gui

(Yangtze Estuary Waterway Administration Bureau, MOC, Shanghai 200003, China)

**Abstract:** In recent years, because of the dramatic changes in the upstream runoff of the Yangtze estuary, sea tide and estuarine marine environment, and more engineering constructions in the Yangtze River estuaries and along the coast, specially the constructions of the Yangtze estuary deepwater channel regulation project may cause some changes in the tidal estuary. Based on the analysis of the Yangtze estuary deepwater channel project construction before and after the long-time series of 11 tidal station data, we get to know the tide variation characteristics of Yangtze estuary in recent period and realize that the tidal characteristics out of the estuary is mainly affected by the outer tidal changes, and that in the mouth is mainly affected by the deepwater channel regulation project and surrounding engineering construction.

**Keywords:** Yangtze estuary; tide; tidal characteristics

长江口是一个丰水多沙、中等强度潮汐的三角洲分叉河口, 河床冲淤多变, 演变较为复杂。经过2000多年自然演变和人类干预, 长江口由单一喇叭型河道演变为目前的三级分叉、四口入海的平面河势格局。这一河势格局基本适应了长江口多年的径流、潮流动力条件和上游及海域来沙条件。近期随着流域来水来沙条件的变化及区域内各项涉水资源的开发利用, 长江口河床演变呈现出一些新的特点。进一步加强对长江口河床演变、尤其近期演变规律的了解与掌握, 针对性地采取稳固河势和航道整治工程的措施, 是确保长

江口深水航道12.5 m水深向上延伸段顺利开通和长期稳定的前提条件, 是长江口航道规划、建设和发展的需要, 也是全面推进长江黄金水道和上海国际航运中心开发建设的需要。

目前长江口整体基本处于自然控制状态, 然而由于长江口航道整治工程和周边涉水建筑物的多轮次建设, 以及上游来流和长江口整体的河口海洋环境剧烈变化, 均使得长江口的水动力特性发生了一定的变化。而这些变化反过来又对航道的动力和潮汐特性产生影响。由于缺少长周期实测数据, 所以对长江口潮汐特性没有较为深入系

**收稿日期:** 2016-04-07

**作者简介:** 汤宇(1985—), 男, 硕士, 工程师, 从事航道工程科研与管理工作。

统的研究。因此,有必要对长江口水动力特性变化进行分析,总结近年来水动力特性的变化及其对航道的影响。

## 1 长江口相关工程建设情况

近期长江口水域实施了大量涉水工程(主要指1998年以来),河道岸线边界条件的人工控制作用越来越强(图1)。已建涉水工程<sup>[1]</sup>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、桥梁工程和人工采砂活动等。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和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显著影响。

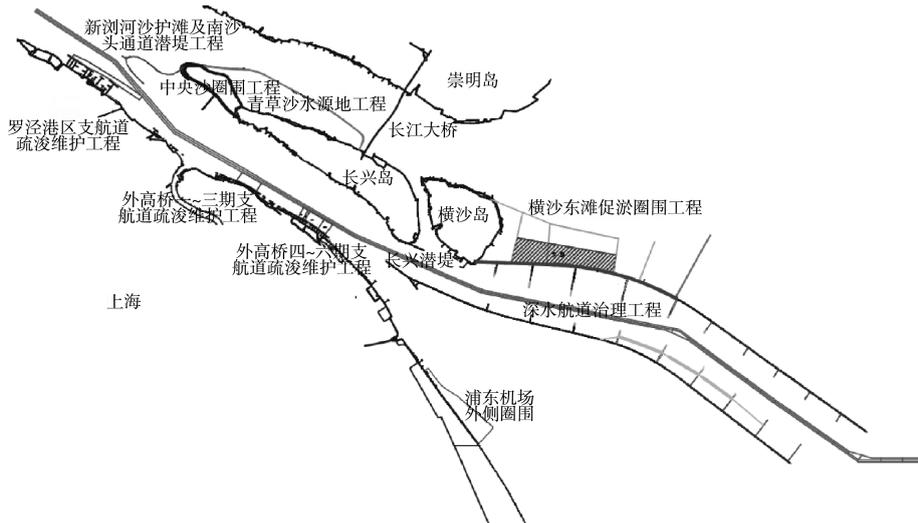


图1 长江口相关工程建设情况

长江口深水航道治理工程的建设规模较为宏大,主要采用整治与疏浚结合的方案,分别建设分流口工程、双导堤工程及丁坝工程,辅以疏浚措施开挖形成并维护深水航道<sup>[2-3]</sup>。长江口深水航道治理分一期、二期和三期工程实施。一期工程自1998年1月27日开工,2002年9月22日竣工;二期工程自至2002年4月28日开工,2005年11月21日竣工;三期工程自2006年9月30日,2011年5月18日三期工程通过国家竣工验收。历经13年建设,长江口深水航道治理工程累计建成导堤、丁坝等各类整治建筑物169.165 km,完成基建疏浚工程量共3.2亿 $m^3$ 。

## 2 研究办法

为了解近期长江口潮汐特性的变化,选取绿

华、鸡骨礁、牛皮礁、南槽东、北槽中、中浚、横沙、长兴、吴淞、石洞口和南门港11个潮位站<sup>[4-7]</sup>(图2)。对长江口深水航道工程建设前后——1996年(工程前)、2002年(一期工程后)、2005年(二期工程后)、2009年(三期工程后)4个特征年份的逐时潮位观测资料进行分析比较,以重点了解长江口深水航道治理工程前后的潮位特征值的变化;对距深水航道治理工程相对较远处的连兴港和共青圩2站1989—2010年共10 a的逐时潮位变化进行分析(本文潮汐特征值基面均采用理论最低潮面)。

本文的研究方法主要是收集利用长江口潮位站多年来实测资料,统计分析各潮位站潮汐特征值,得出长江口近期潮汐特性的变化特征。

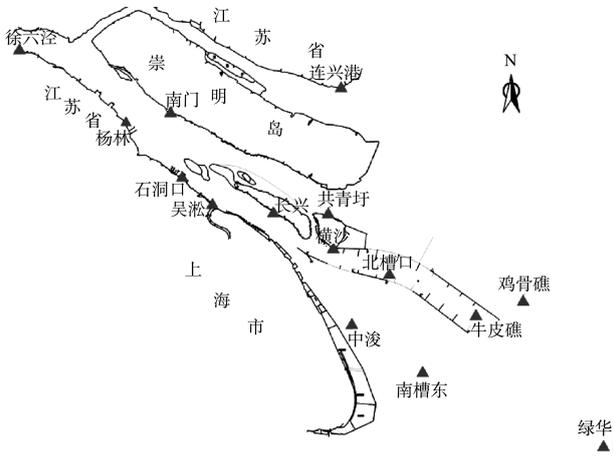


图 2 潮位站位置

### 3 长江口不同区段潮汐特性分析

#### 3.1 口外潮位站潮汐特性

绿华站位于长江口外, 其潮汐特征可代表长江口外潮汐情况。

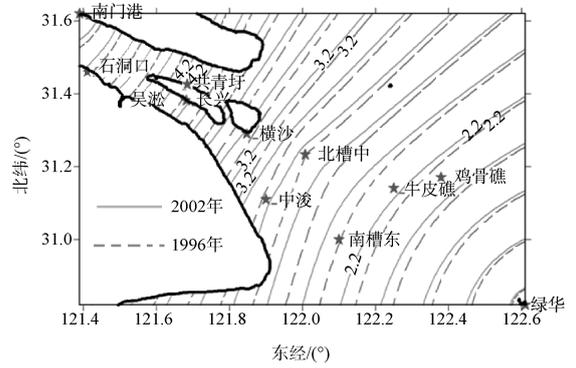
分析表明: 1996 年以来, 除 2002—2005 年间绿华潮位站年平均海平面和高低潮位有所降低外, 其余时段均有所抬高, 但涨落潮差有所减小, 涨落潮历时则基本不变(表 1)。

表 1 绿华站潮汐特征值

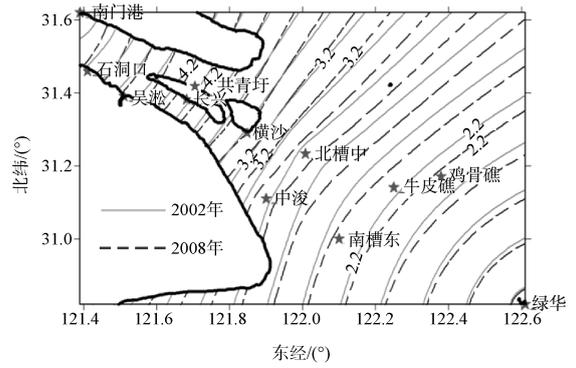
年份	海平面/cm	高潮位/cm	低潮位/cm	平均涨潮差/cm	平均落潮差/cm	平均涨潮历时/h	平均落潮历时/h
1996	187	314	55	259	259	5.95	6.45
2002	196	319	69	250	250	5.96	6.45
2005	190	312	66	246	246	5.95	6.45
2009	195	317	69	248	248	5.96	6.42

长江口潮波从东海传入。对比 1996 年、2002 年和 2008 年 3 a 的半日潮同潮时图(图 3)可知, 长江口的潮波前进方向基本没有变化, 口外潮波总体仍沿 305° 方向传入长江口。2002 年比 1996 年潮时有所提前; 而 2008 年与 2002 年相比, 潮时则有所滞后; 2008 年与 1996 年相比, 南槽下段潮时有所提前, 其他汉道及南槽上段潮时滞后, 且滞后时长从口外向口内递增。

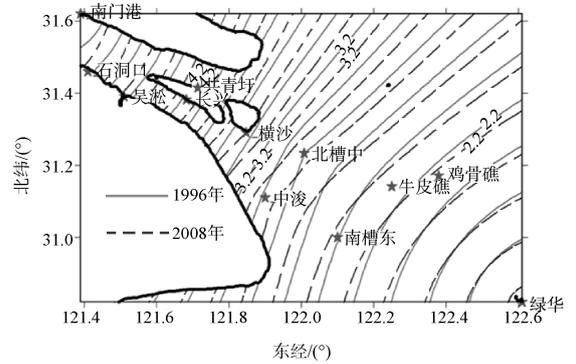
由以上分析可知, 位于口外的绿华站潮位特征值总体上受外海潮汐总体变化的影响较大。



a) 1996年和2002年



b) 2002年和2008年



c) 1996年和2008年

图 3 半日潮同潮时图对比

#### 3.2 北槽潮位站潮汐特性

横沙、北槽中、牛皮礁 3 站位于北槽, 在长江口深水航道治理工程整治工程范围内。潮汐特性分析表明(表 2), 1996—2009 年北槽潮汐特性发生了明显变化。主要表现为高潮位总体变化不大, 低潮位明显上升, 潮差明显减小, 涨潮历时缩短(如北槽中站涨潮历时缩短达 20 min), 落潮历时延长, 且从口外向口内增大。北槽潮汐特性

的上述变化,明显是受深水航道治理工程的影响所致。由于北槽实施了约 169 km 的整治建筑物工程并出现了 3 亿  $m^3$  以上的坝田泥沙淤积,北槽河

槽总容积减小,潮波前进的阻力增大,致使潮汐特性发生了上述变化。

表 2 北槽各潮位站潮汐特征值

站名	年份	海平面/cm	高潮位/cm	低潮位/cm	平均涨潮差/cm	平均落潮差/cm	平均涨潮历时/h	平均落潮历时/h
横沙	1996	199	334	70	265	265	5.10	7.30
	2002	205	332	81	251	252	5.26	7.11
	2005	204	323	87	237	237	5.00	7.40
	2009	205	328	85	243	243	4.91	7.46
北槽中	1996	193	333	57	277	277	5.60	6.80
	2002	201	337	68	269	269	5.55	6.85
	2005	202	329	81	248	248	5.26	7.11
	2009	204	337	74	263	263	5.25	7.16
牛皮礁	1996							
	2002	192	332	52	279	279	6.10	6.30
	2005	197	335	65	269	270	5.96	6.41
	2009	196	336	59	277	277	6.00	6.40

### 3.3 南槽潮位站潮汐特性

中浚和南槽东位于南槽内。潮汐特性分析表明(表 3),与同处于拦门沙河段的邻汊北槽相

比,南槽两站的高、低潮位均明显抬高,且抬高幅度大于口外绿华站;潮差变化幅度小于绿华站;涨落潮历时变化不大。

表 3 南槽各潮位站潮汐特征值

站名	年份	海平面/cm	高潮位/cm	低潮位/cm	平均涨潮差/cm	平均落潮差/cm	平均涨潮历时/h	平均落潮历时/h
中浚	1996	193	333	54	279	279	5.11	7.26
	2002	204	344	63	281	281	5.11	7.30
	2005	201	338	66	272	272	5.06	7.31
	2009	206	344	69	275	275	5.01	7.36
南槽东	1996							
	2002							
	2005	200	343	57	286	286	5.61	6.76
	2009	206	350	61	290	290	5.66	6.71

南槽内潮汐特性的这种变化,主要源于长江口深水航道治理工程和南汇东滩一系列促淤圈围工程的影响,增加了南槽的阻力。南槽潮差变化幅度要小于北槽,相对北槽来说,南槽潮流动力相对增强。

### 3.4 北港潮位站潮汐特性

共青圩站位于横沙岛北侧、北港中上段,基本可以代表北港的潮汐特征。根据对 1989—2010 年 10 a 潮位资料的统计分析(表 4),共青圩站平均潮位在 1989 年后明显抬高,平均高潮位 1996 年后也有一定幅度的抬高,2003 年后平均高潮位

有所降低,平均低潮位和平均潮位的变化趋势较一致,均以抬高为主,平均潮差在 1998 年前小幅增加,1998 年后开始略有减小,涨潮历时略有减小。

共青圩站靠近北槽,长江口深水航道治理工程前北港通过横沙东滩和横沙浅滩与北槽存在较大的水沙交换。工程后,北导堤的建设拦截了部分漫滩流,北港共青圩站平均低潮位上升,平均潮差减小,北槽内潮位特征变化趋势相同。初步分析,北槽长江口深水航道治理工程对其相邻的北港潮波变化产生了一定的影响。

表 4 共青圩潮位站历年潮汐特征值

年份	平均潮位/m	平均高潮位/m	平均低潮位/m	平均潮差/m	涨潮历时/h
1989	0.35	1.57	-0.82	2.39	5.15
1992	0.36	1.60	-0.83	2.43	5.10
1996	0.44	1.66	-0.79	2.46	5.01
1998	0.53	1.81	-0.67	2.48	4.90
2002	0.58	1.80	-0.55	2.35	4.90
2003	0.60	1.80	-0.53	2.33	4.90
2004	0.54	1.72	-0.56	2.28	4.98
2006	0.54	1.68	-0.56	2.24	5.03
2008	0.53	1.67	-0.56	2.23	4.98
2010	0.59	1.76	-0.52	2.28	4.95

表 5 连兴港潮位站历年潮汐特征值

年份	平均潮位/m	平均高潮位/m	平均低潮位/m	平均潮差/m	涨潮历时/h
1989	0.18	1.60	-1.25	2.85	5.36
1992	0.21	1.67	-1.26	2.93	5.30
1996	0.21	1.71	-1.31	3.02	5.36
1998	0.33	1.84	-1.20	3.03	5.36
2002	0.28	1.76	-1.21	2.97	5.36
2003	0.30	1.79	-1.17	2.96	5.43
2004	0.30	1.79	-1.18	2.97	5.45
2006	0.34	1.78	-1.14	2.92	5.48
2008	0.34	1.77	-1.14	2.91	5.46
2010	0.25	1.71	-1.28	2.99	5.45

### 3.5 北支潮位站潮汐特性

连兴港站位于北支下段,基本可以代表北支口的潮汐特征。根据对 1989—2010 年 10 a 潮位资料的统计分析(表 5),连兴港平均潮位在 1996 年后略有抬高,但后续时段波动幅度很小,平均高潮位 1996 年后也有一定幅度抬高,平均低潮位和平均高潮位的变化趋势较一致,平均潮差在 1998 年前小幅增加,1998 年后开始略有减小,涨潮历时略有加长。

连兴港距北槽较远,其潮汐特性变化与北槽北港有所不同,初步分析,其潮汐特性的变化受北槽工程的影响较小。

### 3.6 口内潮位站潮汐特性

吴淞、石洞口、南门港 3 站位于南支、南港,可代表长江口口内水域的潮汐情况(表 6)。分析表明,1996—2009 年年平均高潮位均有所下降,年平均低潮位抬高;年平均涨、落潮差明显减小,潮流动力相对减弱;年平均涨、落潮历时比较稳定。

表 6 口内潮位站潮汐特征值

站名	年份	海平面/cm	高潮位/cm	低潮位/cm	平均涨潮差/cm	平均落潮差/cm	平均涨潮历时/h	平均落潮历时/h
南门港	1996	215	342	96	245	245	4.36	8.01
	2002	223	345	109	236	236	4.3	8.1
	2005	217	334	109	225	225	4.31	8.06
	2009	216	333	104	226	226	4.35	8.06
石洞口	1996	215	337	99	238	238	4.71	7.7
	2002	218	334	108	226	226	4.55	7.85
	2005	212	325	108	217	217	4.56	7.81
	2009	207	317	101	209	209	4.6	7.81
吴淞	1996	208	335	88	247	248	4.56	7.81
	2002	211	336	96	240	240	4.65	7.75
	2005	210	327	101	226	227	4.65	7.75
	2009	207	323	96	222	222	4.61	7.76

徐六泾站平均潮位未发生趋势性的变化,年际间变化也不大;平均高潮位呈一定幅度的波动变化,平均低潮位有小幅下降的趋势,其潮差在各站中为最小,平均潮差未见明显变化;涨潮历时在 1998 年前较为稳定,1998 年后则呈现小幅加长的态势,但在 10 min 以内。

上述各站已渐远离治理工程区域,受下游北槽治理工程及南汇东滩圈围工程等实施的影响程度已明显减弱。但高潮位下降、低潮位抬高、潮差减小、潮流动力减弱的这种趋势性的变化,说明了潮流动力对口内长江口水域的控制作用略有减弱,河口工程,特别是长江口在自然和人力作

用下的长期逐渐缩窄的趋势,必然会程度不同地减弱口内固定断面的潮汐动力。从长远看,河口区的发展规划和涉水工程设计,应对此予以高度重视。

#### 4 结语

1) 近年来,长江口区域涉水工程的实施,主要对工程及上游区域的潮汐特性有一定的影响。

2) 长江口口外潮汐特性主要受外海潮汐总体变化影响,总体表现为:外海年平均海平面和高低潮位均有所抬高,但涨落潮差略有减小,涨落潮历时则基本不变。

3) 长江口范围内低潮位总体上有所抬高,位于口门附近站点高潮位抬高,口门内高潮位降低;涨落潮潮差均有所减小。

4) 受北槽深水航道治理工程及周边涉水工程建设的影响,长江口内各汉道的变化特征有所不同:治理工程所在北槽区域,潮差明显减小(减少了15~20 cm),涨潮历时缩短,落潮历时延长,整体潮流动力变化不大;南槽潮差减幅小于口外,潮流动力相对北槽增强;口内各汉道中,南港、南支涨落潮潮差减小幅度大于口外,潮流动力相

对减弱。涨潮历时只有北槽变化明显,涨潮历时缩短,其他汉道变化不大。

#### 参考文献:

- [1] 付桂.长江口近期潮汐特征值变化及其原因分析[J].水运工程,2013(11):61-69.
- [2] 恽才兴.长江河口近期演变基本规律[M].北京:海洋出版社,2004.
- [3] 交通运输部长江口航道管理局.长江口深水航道治理工程实践与创新[M].北京:人民交通出版社有限公司,2015.
- [4] 上海河口海岸科学研究中心.长江口航道整治工程总体布置方案及其与周边涉水工程关系框架总研究[R].上海:上海河口海岸科学研究中心,2011.
- [5] 上海海事局海测大队.长江口航道整治工程总体布置方案及其与周边涉水工程关系框架研究—长江口潮波特性和分析报告[R].上海:上海海事局海测大队,2011.
- [6] 上海海事局海测大队.长江口深度基准面的变化与应用研究报告[R].上海:上海海事局海测大队,2013.
- [7] 上海河口海岸科学研究中心.长江口航道整治工程总体布置方案及其与周边涉水工程关系框架研究—长江口水动力特性变化分析报告[R].上海:上海河口海岸科学研究中心,2011.

(本文编辑 郭雪珍)

(上接第107页)

#### 4 结语

1) 鉴于折角两侧泊位等级不同并非个例,而且随着船舶大型化发展趋势和深水泊位的建设,泊位富裕长度也相应增大,相应投资也在加大。为合理利用岸线资源,建议在后续规范修订中对折角两侧泊位等级不相同的情况予以调研补充。

2) 建议结合港口发展实际和通航安全要求,对船舶净距  $S$  加以调研,在此基础上推荐本文式(8)作为设计参考,并结合通航安全论证综合确定泊位长度。

3) 从折角处泊位富裕长度  $d_0$  的功能上来看,很大程度上出于船舶靠泊时的避让要求,并不要

求对应  $d_0$  范围内,特别是折角顶点附近,水深都要与泊位水深统一,一般情况下,船长及其两侧各10%船长范围内水深一致即可满足要求。这一认识对于折角处一侧已建成,另侧扩建、泊位等级高于已建情况具有实践意义。

#### 参考文献:

- [1] JTS 165—2013 海港总体设计规范[S].
- [2] JTJ 211—1987 交通部港口工程技术规范第一篇总体及工艺第一册海港总体及工艺设计编制说明[S].
- [3] JTJ 211—1999 海港总平面设计规范[S].
- [4] JTJ 211—1987 港口工程技术规范[S].

(本文编辑 武亚庆)