



# 长江口水动力特性变化的数值模拟分析\*

孔令双, 戚定满, 顾峰峰

(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:** 利用数学模型, 分别模拟计算长江口不同地形、不同工程条件以及不同径流量影响的潮流场, 在此基础上, 统计分析深水航道三期地形和工程条件下, 大、中、小潮和不同径流量时各汉道涨落潮量和净泄量以及分配比例。在模拟计算深水航道工程前和二期工程后长江口潮流场的基础上, 统计分析各汉道涨落潮量和净泄量及其分配比例。

**关键词:** 长江口; 水动力特性; 数值模拟; 统计分析

中图分类号: U 612

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)11-0147-06

## Numerical simulation analysis for hydrodynamic characteristics change of the Yangtze estuary

KONG Ling-shuang, QI Ding-man, GU Feng-feng

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

**Abstract:** The tidal current fields of the Yangtze estuary with different topography, different projects and different runoff are simulated. The amount of the flood current, ebb current and the net water leak with different tidal stencils and different runoff is counted and analyzed. And the amount of the flood current, ebb current and the net water leak before the implementation of the deepwater channel project and after completion of the deepwater channel phase II project is counted and analyzed.

**Key words:** the Yangtze estuary; hydrodynamic characteristics; numerical simulation; statistical analysis

1998年以前长江口整体基本上处于自然控制状态, 1998年以后, 随着长江口深水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, 长江口的水动力特性发生了一定的变化<sup>[1]</sup>。这些变化反过来又对航道的动力和潮波特性产生影响, 因此有必要对长江口的水动力特性变化进行分析。分析不同因素对长江口水动力特性的变化的影响。

在上游径流量、外海潮差、工程设施变化的条件下, 长江口的水动力特性都会有所改变, 了解不同水文和工程条件下的水动力特性将会对航道整治工程的建设提供指导性意见。本文利用数

学模型, 模拟计算和分析了不同径流量、潮差和工程条件下的长江口水动力特性变化。

### 1 计算模型及计算条件简介

利用上海河口海岸科学研究中心自主研发的“长江口航道维护管理核心计算平台”(SWEM2D/3D)中的二维潮流数学模型<sup>[2-4]</sup>(国家版权局软著登字第120629号, 登记号2008SR33450)进行计算。该模型具有能较好的模拟长江口复杂的岸线, 物理量守恒, 精度和计算效率高等特点, 已经应用于多项长江口工程, 较为成熟。计算网格见图1, 统计断面见图2。

收稿日期: 2013-08-25

\*基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41206072); 交通运输部科技项目(2012329A06040); 交通运输部科技项目(2011328A0670)

作者简介: 孔令双(1972—), 女, 副教授, 博士, 主要从事河口海岸动力泥沙运动研究。

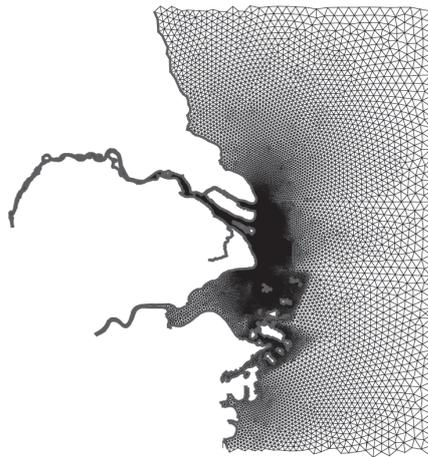


图1 计算网格

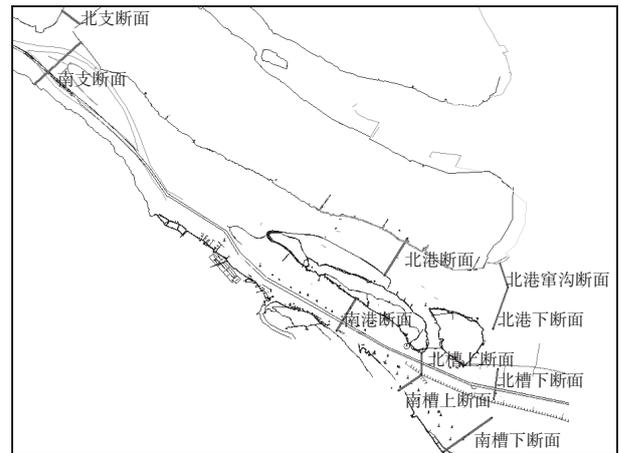


图2 潮量统计断面

## 2 不同潮型条件下水流特性变化与分析

计算地形采用2010年地形，计算统计不同潮型条件下长江口各汉道径流量和潮流量的分配情

况。流量选用30000 m<sup>3</sup>/s（代表年平均径流量）。分别统计大、中、小潮25h的涨落潮量、净泄量以及涨落潮分流比（表1）。

表1 不同潮型条件下各汉道涨落潮量和净泄量分配

潮位	汉道	落潮量/亿m <sup>3</sup>	落潮分流比/%	涨潮量/亿m <sup>3</sup>	涨潮分流比/%	净泄量/亿m <sup>3</sup>	净泄量分配/%
大潮	北支	1.29	2.87	0.44	2.13	0.86	3.48
	南支	43.71	97.13	19.96	97.87	23.75	96.52
	南港	35.07	51.05	24.79	55.73	10.28	42.45
	北港	33.63	48.95	19.69	44.27	13.94	57.55
	北槽(上)	14.22	40.06	9.11	36.28	5.12	49.14
	南槽(上)	21.29	59.94	15.99	63.72	5.30	50.86
	北槽(下)	21.45	47.16	11.77	32.97	9.68	98.82
	南槽(下)	24.04	52.84	23.93	67.03	0.12	1.18
	横沙	1.80	4.61	2.28	9.58	-0.48	0.00
	北港(下)	30.51	78.08	16.35	68.78	14.16	89.72
北港(窄沟)	6.77	17.31	5.14	21.63	1.62	10.28	
中潮	北支	0.92	2.41	0.50	3.67	0.41	1.70
	南支	37.08	97.59	13.24	96.33	23.83	98.30
	南港	29.05	51.76	17.39	55.84	11.66	46.68
	北港	27.07	48.24	13.76	44.16	13.32	53.32
	北槽(上)	10.88	37.03	5.46	31.02	5.42	46.01
	南槽(上)	18.50	62.97	12.14	68.98	6.36	53.99
	北槽(下)	16.60	45.16	7.34	30.22	9.26	74.30
	南槽(下)	20.15	54.84	16.95	69.78	3.20	25.70
	横沙	1.71	5.65	1.57	9.61	0.13	0.97
	北港(下)	23.42	77.64	10.88	66.54	12.55	90.76
北港(窄沟)	5.04	16.71	3.90	23.85	1.14	8.27	

续表 1

潮位	汉道	落潮量/亿m <sup>3</sup>	落潮分流比/%	涨潮量/亿m <sup>3</sup>	涨潮分流比/%	净泄量/亿m <sup>3</sup>	净泄量分配/%
小潮	北支	1.01	3.12	0.24	4.63	0.78	2.84
	南支	31.43	96.88	4.87	95.37	26.56	97.16
	南港	21.78	50.74	9.03	54.65	12.76	48.29
	北港	21.15	49.26	7.49	45.35	13.66	51.71
	北槽(上)	8.45	37.00	2.50	22.89	5.95	49.89
	南槽(上)	14.39	63.00	8.41	77.11	5.98	50.11
	北槽(下)	12.32	45.26	3.05	22.07	9.28	69.16
	南槽(下)	14.90	54.74	10.77	77.93	4.14	30.84
	横沙	1.76	7.44	1.49	14.09	0.27	2.07
	北港(下)	18.17	76.84	6.48	61.32	11.69	89.39
	北港(甬沟)	3.72	15.72	2.60	24.59	1.12	8.54

从长江口各汉道大、中、小潮涨落潮量、净泄量分配以及分流比的统计结果看, 在大、中、小潮时, 南支净泄量分配比例分别为: 96.52%, 98.30%, 97.16%, 北港净泄量分配比例分别为: 57.55%, 53.32%, 51.71%, 北槽上断面净泄量分配比例分别为: 49.14%, 46.01%, 49.89%; 南支落潮分流比分别为: 97.13%, 97.59%, 96.88%, 北港落潮分流比分别为: 48.95%, 48.24%, 49.26%, 北槽上断面落潮分流比分别为: 40.06%, 37.03%, 37.00%; 南支涨潮分流比分别为: 97.87%, 96.33%, 95.37%, 北港涨潮分流比分别为: 44.27%, 44.16%, 45.35%; 北槽上断面落潮分流比分别为: 36.28%, 31.02%, 22.89%。

通过以上分析可知:

潮差增加: 净泄量分配比例: 北港递增,

南北支、南北槽没有明显规的规律性; 落潮分流比: 各汉道没有明显的规律性; 涨潮分流比: 各汉道没有明显的规律性。

在相同地形和工程条件下(本文以三期工程条件为例), 各汉道涨落潮量分流比及净泄量分配比例随潮型不同没有明显的规律变化。

### 3 不同径流条件下水流特性变化与分析

计算地形采用2010年地形, 计算统计不同径流量条件下的长江口各汉道的净泄量和涨落潮量的分配情况。流量选用10 000 m<sup>3</sup>/s(代表枯季流量), 50 000 m<sup>3</sup>/s(代表洪季流量), 30 000 m<sup>3</sup>/s(代表年平均流量)。统计15 d各汉道不同流量条件下的涨落潮量和净泄量在各汉道的分配。统计结果见表2。

表2 不同径流量条件下各汉道涨落潮量和净泄量分配

流量/(m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> )	汉道	落潮量/亿m <sup>3</sup>	落潮分流比/%	涨潮量/亿m <sup>3</sup>	涨潮分流比/%	净泄量/亿m <sup>3</sup>	净泄量分配/%
10 000	北支	12.34	3.10	9.95	3.67	2.39	1.88
	南支	385.72	96.90	261.28	96.33	124.44	98.12
	南港	349.09	51.05	301.53	54.58	47.56	36.20
	北港	334.73	48.95	250.90	45.42	83.83	63.80
	北槽(上)	139.82	38.26	100.45	32.24	39.37	73.07
	南槽(上)	225.65	61.74	211.14	67.76	14.51	26.93
	北槽(下)	210.04	45.34	141.12	33.68	68.93	100.00
	南槽(下)	253.21	54.66	277.85	66.32	-24.64	0.00
	横沙	23.24	5.85	26.94	8.91	-3.70	0.00
	北港(下)	309.42	77.92	210.54	69.63	98.88	100.00
	北港(甬沟)	64.46	16.23	64.87	21.46	-0.41	0.00

续表2

流量/( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	汉道	落潮量/亿 $\text{m}^3$	落潮分流比/%	涨潮量/亿 $\text{m}^3$	涨潮分流比/%	净泄量/亿 $\text{m}^3$	净泄量分配/%
30 000	北支	15.68	2.71	4.12	1.99	11.56	3.11
	南支	562.95	97.29	202.63	98.01	360.32	96.89
	南港	434.32	50.58	268.42	55.52	165.90	44.22
	北港	424.35	49.42	215.05	44.48	209.30	55.78
	北槽(上)	172.34	38.69	92.07	33.04	80.26	48.13
	南槽(上)	273.13	61.31	186.63	66.96	86.50	51.87
	北槽(下)	250.64	45.44	120.42	31.34	130.22	77.79
	南槽(下)	300.98	54.56	263.79	68.66	37.19	22.21
	横沙	25.30	5.18	26.60	9.92	-1.30	0.00
	北港(下)	380.75	77.96	178.20	66.43	202.55	91.46
	北港(窄沟)	82.35	16.86	63.45	23.65	18.90	8.54
50 000	北支	23.21	3.05	1.02	0.68	22.19	3.63
	南支	738.46	96.95	148.80	99.32	589.66	96.37
	南港	514.60	50.37	230.89	56.40	283.71	46.34
	北港	507.05	49.63	178.46	43.60	328.59	53.66
	北槽(上)	204.29	39.22	82.67	33.97	121.62	43.84
	南槽(上)	316.54	60.78	160.72	66.03	155.82	56.16
	北槽(下)	292.09	45.63	103.09	29.61	189.00	64.73
	南槽(下)	348.08	54.37	245.11	70.39	102.97	35.27
	横沙	27.92	4.88	26.11	11.08	1.80	0.54
	北港(下)	443.78	77.55	150.07	63.66	293.70	87.27
	北港(窄沟)	100.58	17.58	59.54	25.26	41.04	12.19

从不同径流量条件下的长江口各汉道的净泄量和涨落潮量的统计结果看, 径流量由  $10\ 000\ \text{m}^3/\text{s}$ ,  $30\ 000\ \text{m}^3/\text{s}$ ,  $50\ 000\ \text{m}^3/\text{s}$  变化时, 南支净泄量分配比例分别为: 98.12%, 96.89%, 96.37%, 北港净泄量分配比例分别为: 63.86%, 55.78%, 53.66%, 北槽上断面净泄量分配比例分别为: 73.07%, 48.13%, 43.84%; 南支落潮分流比分别为: 96.90%, 97.29%, 96.95%, 北港落潮分流比分别为: 48.95%, 49.42%, 49.63%, 北槽上断面落潮分流比分别为: 38.26%, 38.69%, 39.22%; 南支涨潮分流比分别为: 96.33%, 98.01%, 99.32%, 北港落潮分流比分别为: 45.42%, 44.48%, 43.60%, 北槽上断面落潮分流比分别为: 32.24%, 33.04%, 33.97%。

通过以上分析可知:

径流量增加: 净泄量分配比例为北港递减, 北槽递减, 南支递减; 落潮量分流比为北港递增, 北槽递增; 涨潮量分流比为南支递增, 北港递减, 北槽递增。

在相同地形和工程条件下(以三期工程条件为例), 各汉道净泄量分配比例随径流量增加, 北港和北槽均递减; 涨潮分流比北港呈减小趋势, 北槽递增; 落潮分流比北港递增, 北槽上断面递增。

#### 4 工程影响下的水流特性变化与分析

计算地形采用1998年和2008年地形和工程, 分别计算  $30\ 000\ \text{m}^3/\text{s}$  径流量条件, 统计15 d的长江口各汉道涨落潮量及净泄量的分配。统计结果见表3。

表3 不同工程条件下各汉道涨落潮量和净泄量分配

工程条件	汉道	落潮量/亿m <sup>3</sup>	落潮分流比/%	涨潮量/亿m <sup>3</sup>	涨潮分流比/%	净泄量/亿m <sup>3</sup>	净泄量分配/%
1998年地形+无工程	北支	35.86	7.99	9.11	6.54	26.75	8.6
	南支	412.90	92.01	130.17	93.46	282.73	91.4
	南港	354.21	51.41	201.05	55.74	153.16	46.6
	北港	334.83	48.59	159.62	44.26	175.21	53.4
	北槽(上)	232.43	62.67	122.17	56.96	110.26	70.5
	南槽(上)	138.47	37.33	92.31	43.04	46.16	29.5
	北槽(下)	226.31	54.28	102.48	36.09	123.83	93.1
	南槽(下)	190.66	45.72	181.45	63.91	9.21	6.9
	北港(下)	363.84	85.38	180.01	79.45	183.83	92.1
	北港(窄沟)	62.31	14.62	46.56	20.55	15.76	7.9
2008年地形+二期工程	北支	11.80	2.49	9.29	5.33	2.51	0.8
	南支	461.40	97.51	165.06	94.67	296.34	99.2
	南港	434.57	50.98	263.86	55.15	170.72	45.7
	北港	417.81	49.02	214.58	44.85	203.23	54.3
	北槽(上)	170.01	39.51	97.12	36.74	72.89	43.9
	南槽(上)	260.24	60.49	167.24	63.26	93.00	56.1
	北槽(下)	250.20	46.34	120.10	33.51	130.10	71.7
	南槽(下)	289.76	53.66	238.29	66.49	51.47	28.3
	北港(下)	349.34	80.73	171.19	75.78	178.15	86.1
	北港(窄沟)	83.37	19.27	54.72	24.22	28.65	13.9

从统计结果看, 长江口深水航道二期工程后和无工程的自然条件相比, 北槽的净泄量所占比例明显减小, 由70.5%变为43.9%; 南港的净泄量所占比例有所减小, 减小幅值较小, 由46.6%减小为45.7%; 南支净泄量所占比例有所增加, 由92.8%增大为99.2%。北槽工程增大了水流阻力, 使得工程上游产生雍水, 从而净泄量所占比例减小。

北槽的落潮和涨潮分流比明显减小, 和现场观测结果一致(图3), 北槽上断面落潮分流比由62.67%变为39.51%, 北槽下断面落潮分流比由54.28%减小为46.34%, 北槽上断面涨潮分流比由56.96%减小为36.74%, 北槽下断面涨潮分流比由36.09%减小为33.51%; 南港的落潮和涨潮分流比略有减小, 落潮分流比由51.41%减小为50.98%, 涨潮分流比由55.74%减小为55.51%; 南支落潮和涨潮分流比有所增加, 落潮分流比由92.01%增大为97.51%, 涨潮分流比由93.46%增大为94.67%。

由以上统计数据可知, 由于长江口深水航道的工程建设, 北槽的净泄量所占比例、涨落潮分流比明显减小; 南港净泄量所占比例、涨落潮分

流比有所减小, 减幅不大; 南支的净泄量所占比例、涨落潮分流比均有所增加(图3)。

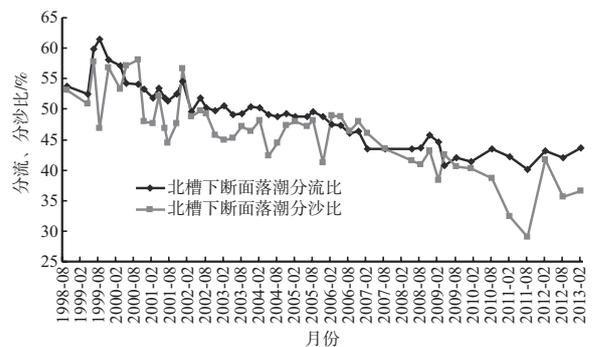


图3 北槽下断面落潮分流、分沙比变化过程

通过以上分析可知, 长江口深水航道工程对水量在各汉道的分配影响范围主要在南北槽, 南北港及以上河段影响较小。

### 5 结论

1) 在相同地形和工程条件下(以三期工程条件为例), 潮差增加; 净泄量分配比例: 北港递增, 南北支、南北槽没有明显规的规律性; 落

潮分流比：各汊道没有明显的规律性；涨潮分流比：各汊道没有明显的规律性。

2) 在相同地形和工程条件下(本文以三期工程条件为例)，径流量增加；净泄量分配比例：北港递减，北槽递减，南支递减；落潮量分流比：北港递增，北槽递增；涨潮量分流比：南支递增，北港递减，北槽递增。

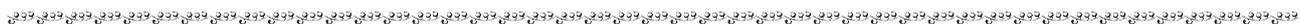
3) 由于长江口深水航道的工程建设，北槽的净泄量所占比例、涨落潮分流比明显减小；南港净泄量所占比例、涨落潮分流比有所减小，减幅不大；南支的净泄量所占比例、涨落潮分流比均有所增加。由此可知，长江口深水航道工程对水量在各汊道的分配影响范围主要在南北槽，南北

港及以上河段影响较小。

参考文献：

- [1] 上海海事局海测大队. 长江口潮波特性变化分析报告[R]. 上海: 上海海事局海测大队, 2011.
- [2] 上海河口海岸科学研究中心. 长江口航道维护管理核心计算平台开发研究及成果应用[R]. 上海: 上海河口海岸科学研究中心, 2007.
- [3] 孔令双, 曹祖德. 长江口航道淤积三层模式的建立与应用[J]. 泥沙研究, 2010(3): 1-8.
- [4] 戚定满, 顾峰峰, 孔令双, 等. 长江口深水航道工程整治影响数值研究[J]. 水运工程, 2012(2): 92-98.

(本文编辑 郭雪珍)



· 消 息 ·

### 三航局中标漳州液化天然气接收站填海造地工程

近日，三航局中标漳州液化天然气项目接收站填海造地工程，中标金额为3.36亿元，工期20个月。

该项目位于福建省漳州龙海市兴古湾，在填海范围边线处布置东、南、西护岸共3座，北侧及西侧北段布置护坡。护岸和护坡合围地块为接收站陆域用地，规划陆域形成总面积约39.3万m<sup>2</sup>新建护岸总长为1359.8 m，临时隔堤长400 m，陆域形成交地高程为8 m。主要工程包括港池疏浚、护岸工程、陆域形成、地基处理及排水口结构等。

该项目是漳州液化天然气项目接收站工程的起步工程，为接收站设施建设提供建设用地。项目建成后，有利于促进龙海市经济增长方式的转变，推动区域经济发展。

摘编自《中国交通建设网》

