

黄礁作业区附近海域潮汐、潮流特性研究

胡四友¹, 李春辉², 潘锡山³, 王 扬⁴

(1.长江委长江下游水文水资源勘测局,江苏 南京 210011;2.河海大学海岸灾害及防护教育部重点实验室,江苏 南京 210098;3.南京水利科学研究所,江苏 南京 210098;4.广东省水利水电科学研究院,广东 广州 510610)

摘 要:利用临时潮位站琅玕山、钓浜、下大陈岛的潮位观测资料和7条垂线大、中潮全潮潮流观测资料,分析了黄礁作业区附近海域潮汐、潮流特性。结果表明:测区海域潮汐类型属于正规半日潮,潮流类型属于非正规半日潮流性质。1#~5#垂线为往复流,6#、7#垂线为旋转流,该海域潮波为驻波性质。

关键词:黄礁;潮汐;潮流;特性

中图分类号:P731.23

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2014)04-0061-07

台州湾位于浙江省中部沿海,为椒江的口外海滨,为开敞的河口湾,呈喇叭型向外延伸,外缘有东矶列岛、台州列岛为屏障,海域开阔,水深大多小于10m,在椒江口外发育有水深小于2m的拦门浅滩。沿海岸为广阔的椒江平原和温黄平原,地形平坦,河网密布,其西北部则为峰峦迭起、深沟切割的括苍山、天台山脉。

黄礁作业区位于台州湾以南海域的台州列岛附近(见图1)。本文依据2009年5月对该海域进行了7条垂线大、中潮全潮水文测验和3个潮位站的观测资料,通过对潮汐和潮流的调和分析和统计计算,讨论了该水域的潮汐和潮流特性,为该地区港口规划、设计提供科学依据。

1 潮汐

1.1 潮汐性质

根据下大陈岛、琅玕山潮位站连续一个月潮位资料(2009年5月22日0:00:00~2009年6月22日23:00:00)进行了调和常数分析(调和分析方法采用Doodson(1957)^[1]提出的方法,利用新的月球运动规律Brown理论对引潮势进行了完全调和展开(月球黄经、黄纬、月地距离)。引入地方平太阳时和升交点的黄经,月球赤纬改用黄经、黄纬和黄赤交角 ω 表示。展开结果不出现赤、白交角 I 和由于升交点西退引进来的非均匀变化量 ξ 和 ν ,每个分潮幅角的通式为 $V=n_1\tau+n_2s+n_3h+n_4p+n_5N'+n_6p'$,对于多数分潮, $n_1, \dots, n_6$ 取值为0, $\pm 1, \pm 2, \pm 3, \pm 4$,得到的潮汐调和常数见表1,潮位类型



图1 测站位置示意图

Fig. 1 The location of the hydrometry stations

判断公式 $(H_{k1}+H_{o1})/H_{M2}$ 可得:

下大陈岛潮位站: $(H_{k1}+H_{o1})/H_{M2}=0.367<0.5$

琅玕山潮位站: $(H_{k1}+H_{o1})/H_{M2}=0.357<0.5$

测区海域潮汐属正规半日潮性质,这与张威^[2-4]等得到的结论一致。

1.2 潮位过程线、潮位特征

潮差的大小直接反应了潮汐的强弱程度。浙江近海是我国的强潮海区之一。下大陈岛、琅玕山和钓浜潮位站的潮位特征值如表2所示(采用基面为平均海

收稿日期:2013-06-20

作者简介:胡四友(1974-),男,江苏徐州人,高级工程师,主要从事海洋工程水文方面研究。E-mail: 381266950@qq.com

表 1 下大陈岛、琅玕山主要分潮的调和常数
Table 1 The major tidal harmonic contants for the tidal stations
of Xiadachen and Liangji

序号	分潮	下大陈岛		琅玕山	
		振幅 H/m	迟角 $G/^\circ$	振幅 H/m	迟角 $G/^\circ$
1	M ₂	1.574	319	1.637	317
2	S ₂	0.625	86	0.623	254
3	N ₂	0.334	117	0.334	77
4	K ₂	0.231	282	0.214	219
5	K ₁	0.320	354	0.328	1
6	O ₁	0.258	177	0.255	182
7	Q ₁	0.058	148	0.049	110
8	P ₁	0.073	272	0.061	44
9	M ₆	0.011	240	0.020	283
10	MS ₄	0.013	19	0.016	250
11	M ₄	0.014	160	0.003	336

表 2 潮位特征值
Table 2 The characteristics of the tide levels

特征值	下大陈岛	琅玕山	钓浜潮位站
	2009.5.25~6.25	2009.5.25~6.25	2009.5.22~5.30
最高潮位/m	2.917	3.010	2.663
最低潮位/m	-2.656	-2.886	-2.798
平均高潮位/m	2.010	2.059	2.070
平均低潮位/m	-1.425	-1.519	-1.758
平均潮位/m	0.293	0.270	0.165
最大潮差/m	5.525	5.820	5.540
最小潮差/m	2.217	2.240	2.666
平均潮差/m	3.871	4.030	4.103
平均涨潮历时/h	6.18	6.2	6.23
平均落潮历时/h	6.22	6.2	6.13

表 4 涨、落潮历时和潮差统计表
Table 4 The duration of the flood/edd tide and tidal ranges

潮型	站名	涨落潮历时 / h						涨落潮潮差 / m					
		第一次		第二次		平 均		第一次		第二次		平 均	
		涨潮	落潮	涨潮	落潮	涨潮	落潮	涨潮	落潮	涨潮	落潮	涨潮	落潮
大潮	下大陈岛	6.55	6.00	5.80	6.35	6.17	6.17	5.457	4.049	3.499	4.730	4.478	4.390
	琅玕山	6.50	5.90	5.85	6.65	6.17	6.27	5.467	4.076	3.602	4.936	4.534	4.506
	钓浜	6.70	5.85	5.90	6.15	6.30	6.00	5.457	4.044	3.581	4.926	4.519	4.485
平均						6.22	6.15					4.511	4.460
中潮		落潮	涨潮	落潮	涨潮	落潮	涨潮	落潮	涨潮	落潮	涨潮	落潮	涨潮
	下大陈岛	6.30	6.55	5.90	6.10	6.10	6.32	3.880	4.215	3.195	2.564	3.538	3.390
	琅玕山	6.55	6.55	5.90	6.20	6.22	6.37	3.998	4.341	3.266	2.627	3.632	3.484
平均	钓浜	6.45	6.60	6.10	5.70	6.27	6.15	3.902	4.259	3.235	2.627	3.569	3.443
						6.20	6.28					3.579	3.439
													3.509

平面)。从各站潮位特征值可以看出，最大潮差为 5m 多,最小潮差为 2m 多,说明本测区属强潮海区。

1.3 涨、落潮历时、潮差

实测大、中潮涨落潮高低潮时刻表及历时和潮差统计结果见表 3~4。

表 3 高、低潮时刻
Table 3 The time of the high and low tides

日 期	潮型	下大陈岛	琅玕山	钓浜
2009-5-25	低潮	2:39	2:45	2:39
2009-5-25	高潮	8:27	8:42	8:30
2009-5-25	低潮	15:00	15:06	14:54
2009-5-25	高潮	21:33	21:36	21:36
2009-5-26	低潮	3:33	3:30	3:27
2009-5-26	高潮	9:21	9:21	9:21
2009-5-26	低潮	15:42	16:00	15:30
2009-5-26	高潮	22:15	22:27	22:18
2009-5-27	低潮	4:15	4:21	4:24
2009-5-27	高潮	10:03	10:24	9:57
2009-5-27	低潮	16:24	16:39	16:27
2009-5-27	高潮	23:03	23:12	23:12
2009-5-28	低潮	5:03	5:15	4:54
2009-5-28	高潮	10:54	11:06	10:57
2009-5-28	低潮	17:15	17:18	17:36
2009-5-28	高潮	23:57	0:03	0:09
2009-5-29	低潮	5:48	5:48	5:48
2009-5-29	高潮	11:57	11:48	11:57
2009-5-29	低潮	18:15	18:21	18:24
2009-5-30	高潮	0:48	0:54	1:00
2009-5-30	低潮	6:42	6:48	7:06
2009-5-30	高潮	12:48	13:00	12:48

两次测验总体来看,各潮位站涨潮历时和落潮历时相差不大。大潮各站平均涨潮历时为 6.05h,平均落潮历时为 6.15h,涨落潮历时相差 4min;中潮平均涨潮历时为 6.28h,平均落潮历时为 6.2h,涨落潮历时相差 5 min,涨潮历时较落潮大。

大潮测验各站平均涨潮潮差为 4.511m,平均落潮潮差为 4.460m;中潮测验各站平均涨潮潮差为 3.439m,平均落潮潮差为 3.579m。

从 3 个潮位站高、低潮时间来看,下大成岛、琅玕山和钊浜潮位站涨、落潮时间比较接近,潮波传播很快,琅玕山站稍微有点滞后,这也说明潮流来向为东南方向。

2 潮流

本海域潮流属不正规半日潮流性质,受岛屿影响,不同垂线潮流有所差异。根据本期实测资料,初步得出

本海域潮流有以下特征。

2.1 实测潮流

2.1.1 潮流与潮位相位关系

图 2~5 为各垂线平均流速与琅玕山潮位站潮位过程线图。从图中可以看出,各垂线涨落潮憩流一般发生在高低潮前后,最大流速一般发生在半潮,大、中潮上述相位关系相似,表明本海区潮波基本属于驻波性质。

2.1.2 平均涨、落潮流历时

根据实测资料统计,施测海区平均涨、落潮历时:大潮分别为 5.93h 和 6.43h;中潮分别为 6.28h 和 6.15h,大潮涨潮历时比中潮短,落潮历时比中潮长。大潮时 1#、2#、3#、5# 垂线涨潮历时比落潮历时短,测区南面的 6#、7# 垂线涨潮历时和落潮历时比较接近,4# 垂线涨潮历时比落潮历时长。中潮时 1#、2#、3#、5#、7# 垂线涨潮历时比落潮历时长,4#、6# 垂线涨潮历时比落潮历时短。具体见表 5~6。

表 5 大潮潮流历时

Table5 The durations of the spring tidal currents

垂线	涨潮 / h	落潮 / h	涨潮 / h	落潮 / h	平均值 / h	
					涨潮	落潮
1#	6.33	6.27	5.43	7.18	5.88	6.72
2#	6.30	6.33	5.50	6.57	5.90	6.45
3#	6.53	6.32	5.02	6.90	5.78	6.60
4#	6.60	5.70	5.15	5.78	5.87	5.75
5#	6.15	6.80	5.15	6.93	5.65	6.87
6#	6.63	6.22	5.73	6.38	6.18	6.30
7#	6.43	6.77	6.17	6.02	6.30	6.38
平均					5.93	6.43

表 6 中潮潮流历时

Table 6 The duration of the middle tidal currents

垂线	涨潮 / h	落潮 / h	涨潮 / h	落潮 / h	平均值 / h	
					涨潮	落潮
1#	6.62	6.45	5.83	5.80	6.22	6.13
2#	6.47	6.13	6.43	5.67	6.45	5.90
3#	6.28	6.78	6.32	5.45	6.30	6.12
4#	6.62	6.92	5.82	5.75	6.22	6.33
5#	6.23	6.07	6.63	5.82	6.43	5.95
6#	6.05	6.80	5.80	6.10	5.93	6.45
7#	6.70	6.38	6.32	5.95	6.50	6.17
平均					6.28	6.15

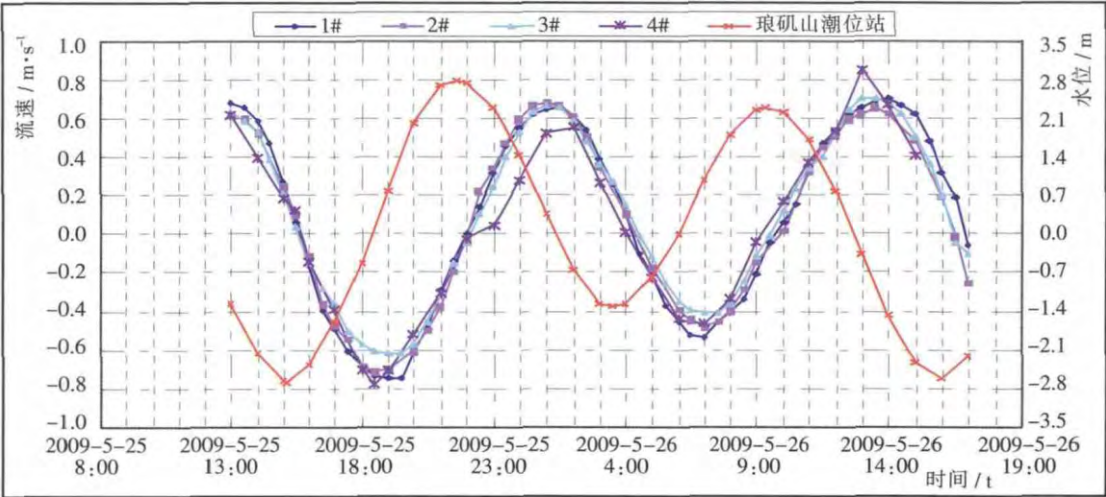


图 2 1#、2#、3#、4# 垂线大潮流速过程线

Fig. 2 Hydrograph of the 1#, 2#, 3# and 4# spring tidal vertical velocities

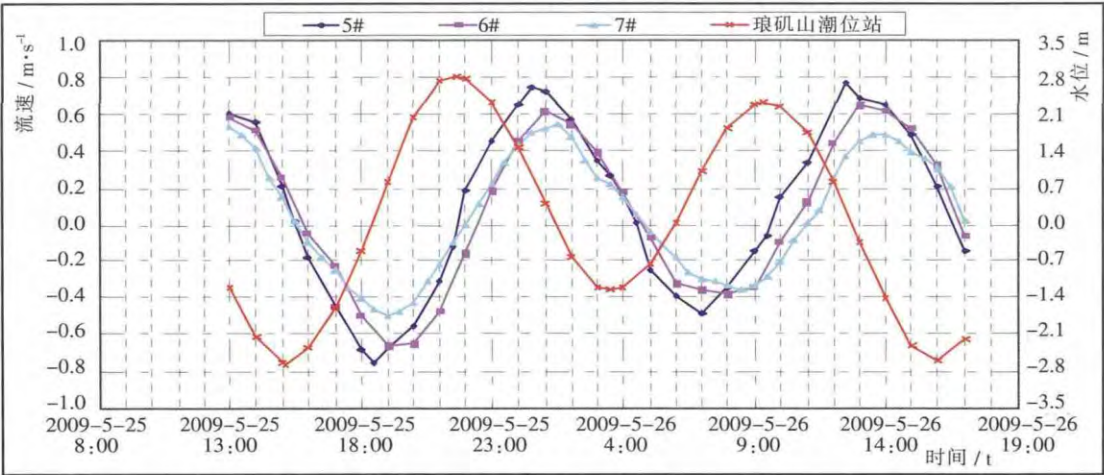


图 3 5#, 6#, 7# 垂线大潮流速过程线

Fig. 3 Hydrograph of the 5#, 6# and 7# spring tidal vertical velocities

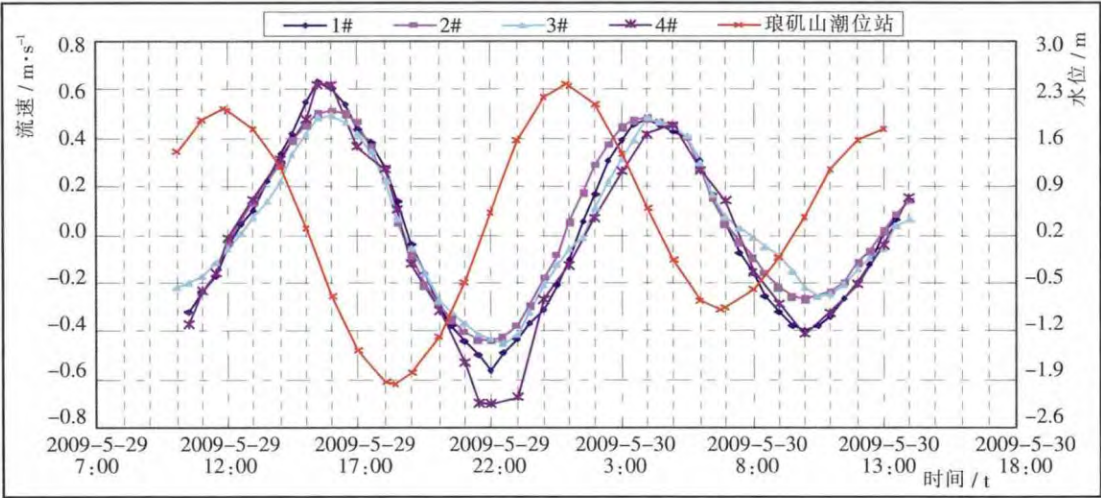


图 4 1#, 2#, 3#, 4# 垂线中潮流速过程线

Fig. 4 Hydrograph of the 1#, 2#, 3# and 4# middle tidal vertical velocities

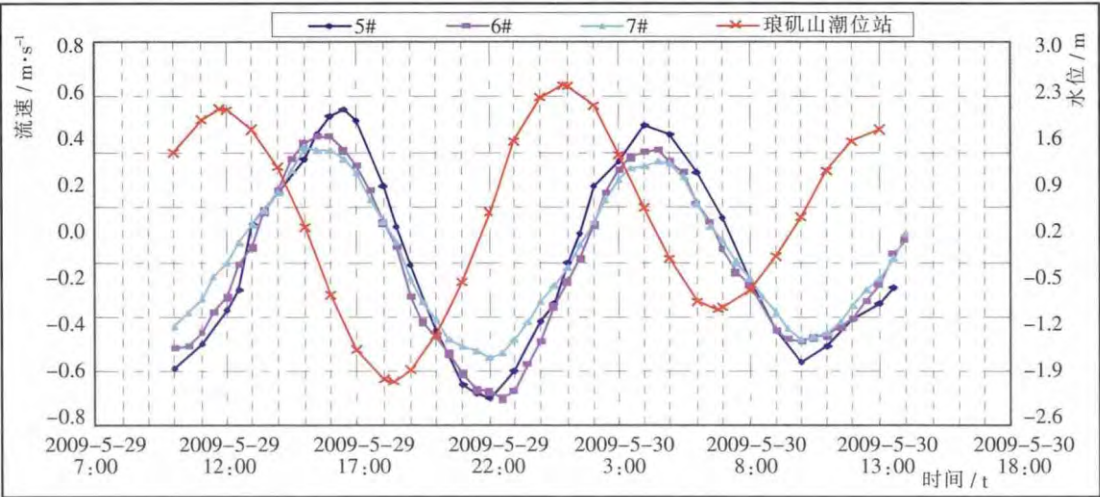


图 5 5#, 6#, 7# 垂线中潮流速过程线

Fig. 5 Hydrograph of the 5#, 6# and 7# middle tidal vertical velocities

从实测流向来看, 实测海域包含了往复流和旋转流。大潮、中潮各垂线流速矢量图见图 6~7。

2.2 潮流调和分析

2.2.1 潮流性质

潮流类型一般以主要全日分潮流与主要半日分潮

流的椭圆长轴比值划分, 即 $F=(W_{01}+W_{K1})/W_{M2}$ 。根据调和分析结果, 各垂线平均的 F 值在 0.28~1.22 之间, F 值均小于 2.0, 表明本海域潮流类型属于非正规半日潮流性质, 这与陈倩等^[5-6]的结论一致。

各垂线浅水分潮比值, 即 $G=(WM_4+WMS_4)/W_{m2}$,

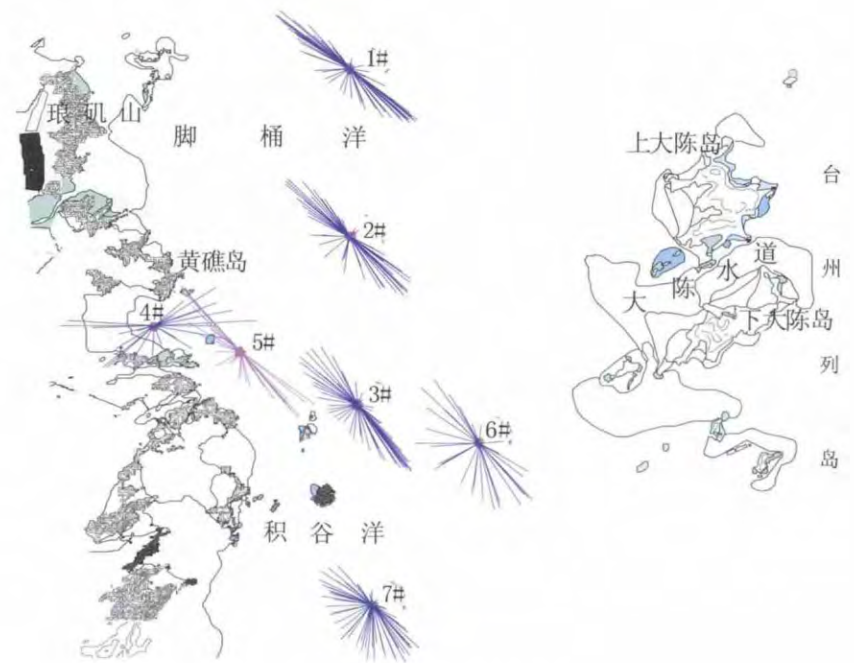


图 6 大潮垂线流速矢量图
Fig. 6 Vectorgraph of spring tidal vertical velocity

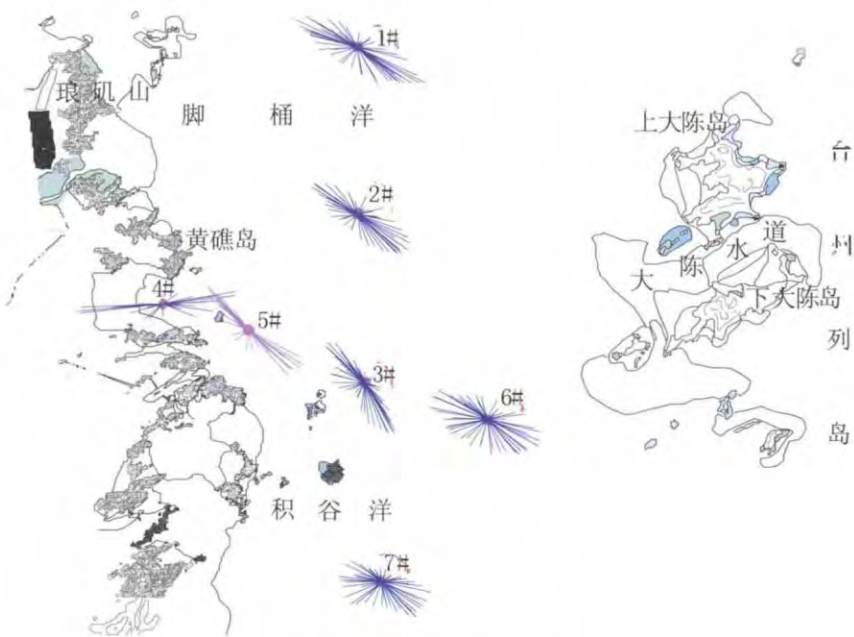


图 7 中潮垂线流速矢量图
Fig. 7 Vectorgraph of the middle tidal vertical velocity

在 0.053~0.222 之间,平均为 0.114,说明浅水分潮较强。各垂线平均 F 、 G 值如表 7 所示。

2.2.2 潮流运动形式

因测验海域以半日潮流为主,故以 M_2 分潮流的椭圆 K 值来判别本海域潮流的运动形式。

从表 8 中 K 值计算结果来看,大、中潮测验各垂线平均椭圆率 K 值变化范围在 0.09~0.45 之间,总体来看,该地区潮流可分为往复式和旋转式两种形式。从椭圆率 K 值和流速矢量图可看出,1#~5# 表现为往复式流,6#、7# 为旋转式潮流。对旋转式潮流各垂线都以顺时针方向旋转为主。从 K 值的分布来看,4#、5# 垂线 $|K|$ 值最小,南面的 6#、7# 垂线 $|K|$ 值最大,旋转式潮流从测区南面向北向大港湾逐渐转为往复式潮流。

2.2.3 余流

余流一般指实测海流扣除周期性质海流后所剩留部分,本文取连续 25h 的潮流观测值进行计算(见表 9)。从计算结果来看,大潮各垂线余流速度变幅为 0.041~0.14m/s,中潮各垂线余流速变幅为 0.011~0.11m/s。图 6~7 为各垂线的余流矢量图。大潮余流为

0.041~0.14m/s,中潮余流为 0.011~0.11m/s,各垂线余流方向基本为南向或南偏西方向,大、中潮方向基本一致。这主要是测区处于台州列岛和大陆之间的海域,且浙江沿海有一股向西南方向的沿岸流,受地形和沿岸流影响,余流方向基本一致。

3 结论

(1)研究海区潮汐为正规半日潮类型。潮差较大,观测期间琅玕山站最大潮差为 5.820m,说明本海区为我国的强潮海区。

(2)测验海区潮流属非正规半日浅海潮流性质。潮流运动形式以往复流和旋转流为主。总体来看,该地区潮流可分为往复式和旋转式两种形式。1#~5# 表现为往复式流,6#、7# 为旋转式潮流。对旋转式潮流各垂线都以顺时针方向旋转为主。从 K 值的分布来看,4#、5# 垂线 $|K|$ 值最小,南面的 6#、7# 垂线 $|K|$ 值最大,旋转式潮流从测区南面向北向大港湾逐渐转为往复式潮流。

(3)施测海区平均涨、落潮历时:大潮分别为 5.93h 和 6.43h;中潮分别为 6.28h 和 6.15h,大潮涨潮历时比中潮短,落潮历时比中潮长。从大、中潮最大垂线平均

表 7 各垂线平均 F 、 G 值
Table 7 The values of F and G of the various vertical lines

垂线号		L1#	L2#	L3#	L4#	L5#	L6#	L7#
F	大潮	0.46	0.65	0.70	1.22	0.51	0.53	0.41
	中潮	0.77	0.43	0.76	0.90	0.28	0.61	0.57
G	大潮	0.090	0.064	0.068	0.222	0.178	0.102	0.110
	中潮	0.053	0.103	0.153	0.091	0.135	0.110	0.112

表 8 M_2 分潮 K 值
Table 8 K value of M_2 constituent

潮型	垂线	L1#	L2#	L3#	L4#	L5#	L6#	L7#
大潮	长轴	0.55	0.53	0.49	0.48	0.53	0.48	0.38
	短轴	-0.09	-0.12	-0.11	0.04	-0.02	-0.22	-0.17
	K	-0.17	-0.22	-0.23	0.09	-0.04	-0.45	-0.44
中潮	长轴	0.39	0.36	0.33	0.42	0.39	0.35	0.29
	短轴	-0.09	-0.10	-0.08	0.02	-0.03	-0.15	-0.12
	K	-0.23	-0.27	-0.24	0.06	-0.08	-0.43	-0.42

表 9 大、中潮余流
Table 9 The residual currents of the spring and middle tides

垂线号		L1#	L2#	L3#	L4#	L5#	L6#	L7#
F	大潮	0.46	0.65	0.70	1.22	0.51	0.53	0.41
	中潮	0.77	0.43	0.76	0.90	0.28	0.61	0.57
G	大潮	0.090	0.064	0.068	0.222	0.178	0.102	0.110
	中潮	0.053	0.103	0.153	0.091	0.135	0.110	0.112

流速对应的流向来看,大潮由于潮流动力较强,除 4# 垂线外,其它垂线一致性较好,涨潮平均流向为 312° ,落潮平均流向为 136° ,涨落潮流向相差接近 180° 。中潮由于潮流动力较弱,受岛屿的影响较大,1#、2#、3#、5# 各垂线的流向一致性较好,6#、7# 中潮流向相比大潮流向偏西。

(4) 各垂线涨落潮憩流一般发生在高低潮前后,最大流速一般发生在半潮,大、中潮上述相位关系相似,表明本海区潮波基本属于驻波性质。

参考文献:

- [1] Doodson, A. T, 1957. The analysis and prediction of tides in shallow water [J]. Intern. Hydrogr. Rev. 33(1): 85-126.
- [2] 张威. 浙江近海海域潮波数值模拟 [D]. 杭州: 浙江大学, 2007. (ZHANG Wei. Study on Mathematical Model of Tide in Zhejiang Offshore Area [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2007. (in Chinese))
- [3] 陈倩, 黄大吉, 章本照, 等. 浙江近海潮汐的特征 [J]. 东海海洋, 2003,21(2):1-12. (CHEN Qian, HUANG Daji, ZHANG Benzao, et

al. The research of the tidal features in the coastal zone of Zhejiang province [J]. Donghai Marine Science, 2003,21(2): 1-12. (in Chinese))

- [4] 陆青, 左军成, 郭伟其, 等. 台州湾附近海域潮汐、潮流特性[J]. 河海大学学报 (自然科学版), 2011,39 (5):583-588. (LU Qing, ZUO Juncheng, GUO Qiwei, et al. Characteristics of tide and tidal current in sea area near Taizhou bay [J]. Journal of Hohai University (Natural Sciences), 2011,39(5):583-588. (in Chinese))
- [5] 陈倩, 黄大吉, 章本照, 等. 浙江近海潮流和余流的特征[J]. 东海海洋, 2003,21(4):1-14. (CHEN Qian, HUANG Daji, ZHANG Benzao, et al. Characteristics of the tidal current and residual current in the seas adjacent to Zhejiang [J]. Donghai Marine Science, 2003,21(4): 1-14. (in Chinese))
- [6] 陈倩, 黄大吉, 章本照. 浙江近海潮汐潮流的数值模拟[J]. 海洋学报, 2003,25 (5):9-20. (CHEN Qian, HUANG Daji, ZHANG Benzao. Numerical simulation of tide and tidal currents in the seas adjacent to Zhejiang [J]. Acta Oceanologica Sinica, 2003,25(5):9-20. (in Chinese))

Characteristics of Tide and Tidal Current in Sea Area near Huangjiao Work Zone

HU Siyou¹, LI Chunhui², PAN Xishan³, WANG Yang⁴

(1. Downstream Yangtze River Survey Bureau of Hydrology and Water Resources, Nanjing 210011, China; 2. Key Laboratory of Coastal Disaster and Defence, Ministry of Education, Hohai University, Nanjing 210098, China; 3. Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210098, China; 4. Guangdong Research Institute of Water Resources and Hydropower, Guangzhou 510610, China)

Abstract: With the tidal data from the stations of Langjishan, Diaobang and Xiadachendao, and 7 strips vertical observed data of spring tide and moderate tide, the characteristics of the tide and tidal current near Huangjiao work zone were analyzed. The results show that the tide is regular semidiurnal while the tidal current is nonregular semidiurnal. The tidal current at 1-5# vertical tidal observation stations are rectilinear while 6# and 7# are rotated. The tidal waves in the sea area near the Taizhou Bay are standing waves.

Key words: Huangjiao; tide; tidal current; characteristic

(上接第 14 页)

Medium and Long-term Runoff Forecasting Based on Mutual Information and BP Neural Network

LU Di, ZHOU Huicheng

(School of Hydraulic Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China)

Abstract: As for the medium and long-term runoff forecasting factors selection, this paper introduced mutual information (MI) to select the subset of factors from numerous meteorological factors into back-propagation neural network (BPN) model. In the model, mean square error (MSE) and MI were presented as objective functions respectively to measure factors compound correlation for the purpose of selecting optimal forecasting factors. The study was applied to forecast flood season runoff of the Biliuhe reservoir. The results show that using MI to select the subset and combining MI with BPN model can identify the correlation between runoff and its affecting factors effectively. The methods of factors selection may provide a good reference for medium and long-term runoff forecasting.

Key words: mutual information; neural network; medium and long-term runoff forecasting