

DOI :10.3876/j.issn.1000-1980.2011.05.019

台州湾附近海域潮汐、潮流特性

陆 青^{1,2} 左军成^{1,2} 郭伟其³ 马 越³ 曹 兵³

(1.河海大学海岸灾害及防护教育部重点实验室,江苏 南京 210098 2.河海大学物理海洋研究所,江苏 南京 210098;
3.上海东海海洋工程勘察设计院,上海 200137)

摘要:利用临时验潮站横门站的 1 a 潮位观测资料、下大陈站长期验潮资料以及 4 个垂线测站的大、中、小潮潮流同步观测资料,分析了台州湾附近海域的潮汐、潮流特征,并探讨了海平面空间分布特征的影响因素。结果表明:横门站与下大陈站的潮汐类型均属于正规半日潮类型;横门站年平均潮差大于下大陈站 4 cm;2 站平均涨、落潮历时相当;台州湾除 T-1 站受地形约束潮流运动为往复流外,其他 3 站潮流基本呈旋转流形态,且为顺时针旋转,椭圆旋转率在 $-0.35 \sim -0.3$ 范围内;台州湾海域的潮波为驻波性质,涨、落潮最大流速发生在中潮位附近,涨憩、落憩和转流发生在高、低潮位附近。横门站 2009 年 7—9 月的平均海平面与下大陈站同步平均海平面的差值较其他月份明显偏大,这主要是受椒江径流的影响。

关键词:潮位;潮差;潮流;平均海平面;台州湾

中图分类号:P731.2 文献标志码:A 文章编号:1000-1980(2011)05-0583-06

浙江沿海岸线曲折,港湾众多,近岸岛屿星罗棋布。沿海各港湾及河口的潮差都较大,全年潮差平均值大多在 3 m 以上。杭州湾澉浦的潮差最大达 8.93 m,加上港湾的蓄潮面积也较大,因此,浙江近海潮汐能资源的蕴藏量十分丰富。

浙江近海各海区受地形和径流影响,潮汐、潮流特性复杂。乐清湾为半日潮海区,湾内以 10 m 等深线为界,其东侧涨落潮流向基本在南北方向,其西侧流向较散,有横向余流,故东侧落潮流历时长于涨潮流历时,西侧涨潮流历时长于落潮流历时,从而造成乐清湾横向断面上转流时间不同。一般涨转落东侧较西侧早 0.5 ~ 1.0 h,实测最大流速基本上是落潮流大于涨潮流,而平均流速涨潮流略大于落潮流^[1]。曹颖等^[2]利用调和分析潮汐特征值和统计 2 种方法,研究认为:杭州湾潮波溯源推进过程中,潮差急剧增大,南北差异显著,主要是 M_2 分潮振幅不同造成的,潮波非线性畸变较小,潮波溯源逐渐接近驻波。伍远康等^[3]认为,近年来,钱塘江七堡站的年最低潮位降低,年最高潮位升高,潮差增大,涨潮历时缩短。曹欣中等^[4]认为,象山港潮汐属于受浅水分潮影响明显的半日潮,并且越向顶部越明显,潮流也有同样性质,从而出现涨潮历时大于落潮历时、落潮流大于涨潮流,以及顶部憩流时间偏长的特点,一般主港潮流大于支港潮流,余流表层大于底层,其流向具有表出底进的特点。陈德春等^[5]认为,椒江河口是山区性强潮河口,洪水暴涨暴落,洪枯流量变幅很大。

由于台州湾潮汐特性的研究相对较少,本文利用临时验潮站横门站 2008 年 10 月—2009 年 9 月连续 1 a 的实测潮位观测资料及 4 个垂线测站的潮流同步观测资料(2008 年 11 月),结合下大陈站长期验潮资料,分析台州湾附近海域的潮汐、潮流特征,以及海平面空间变化的原因。

1 数据来源

本文所用实测数据由海洋公益性行业科研专项观测,各测站的地理位置如图 1 所示。其中下大陈站为长期验潮站,横门站为临时验潮站,观测时段为 2008 年 10 月—2009 年 9 月。T-1、T-2、T-3、T-4 为潮流测站,垂向观测层次为 5 层,即表层(水面下 0.5 m)、0.2H、0.6H、0.8H、底层(底部上 0.5 m),其中 H 为测站实测水深。

收稿日期:2010-12-10

基金项目:国家自然科学基金(40976006)、海洋公益性行业科研专项(201105009)、国家海洋局重点实验室开放基金(200808)

作者简介:陆青(1986—),女,江苏镇江人,博士研究生,主要从事气候与海平面变化的研究。Email:QQ-Doris@hotmail.com

潮流观测时间如下 (a)小潮 ,2008 年 11 月 5 日 16 时—6 日 18 时 ,连续同步观测 27 h.(b)中潮 ,2008 年 11 月 16 日 22 时—17 日 0 时 ,连续同步观测 27 h ,T-2 ,T-3 ,T-4 站因大风仅连续观测 19 h ,被迫提前结束 .原计划中潮于 11 月 9 日—10 日观测 ,因大风无法进行 ,故在大潮后进行了上述补测 .(c)大潮 ,2008 年 11 月 14 日 11 时—15 日 14 时 ,连续同步观测 28 h .

横门站水尺零点高程为 1985 国家高程基准之下 490 cm ,下大陈站水尺零点与理论最低潮面、平均海平面的关系见图 2 .

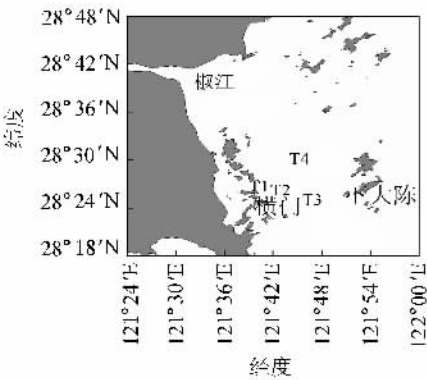


图 1 各测站站位分布
Fig. 1 Observation station distribution

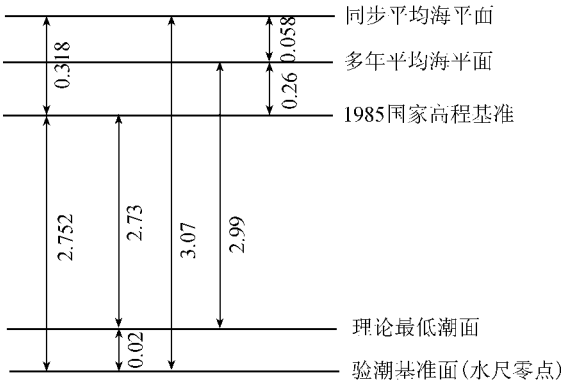


图 2 下大陈验潮站水尺零点与平均海平面的高程关系(单位 :m)
Fig. 2 Elevation relationship between gauge zero and mean sea levels at Xiadachen Station(units :m)

2 结果与讨论

2.1 平均海平面

平均海平面是潮汐现象中一个重要的参考面 .2008 年 10 月—2009 年 9 月横门站潮位特征值见表 1 .横门站平均海平面变化趋势与下大陈站一致(图 3) .

表 1 横门站潮位特征值

Table 1 Characteristic tidal levels at Hengmen Station					
时间	平均潮位/ cm	最高潮位/ cm	最低潮位/ cm	平均 高潮位/cm	平均 低潮位/cm
2008-10	39	298	- 232	213	- 131
2008-11	35	294	- 257	201	- 129
2008-12	26	301	- 267	193	- 140
2009-01	19	282	- 273	185	- 145
2009-02	24	275	- 278	191	- 142
2009-03	21	269	- 240	191	- 151
2009-04	20	283	- 259	185	- 144
2009-05	25	279	- 247	187	- 137
2009-06	29	288	- 260	194	- 136
2009-07	31	302	- 256	195	- 130
2009-08	55	312	- 238	220	- 112
2009-09	65	316	- 200	232	- 103
平均	32	316	- 278	199	- 133

注 :潮位为 1985 国家高程基准 .

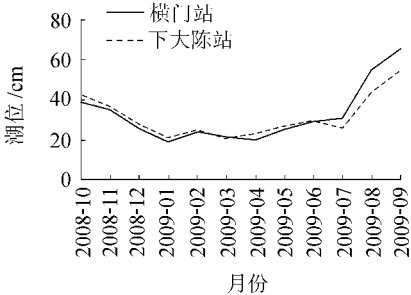


图 3 2008 年 10 月—2009 年 9 月各月平均海平面变化(1985 国家高程基准)
Fig. 3 Variation of monthly mean sea level from October 2008 to September 2009 (1985 National Height Datum)

2008 年 10 月—2009 年 6 月横门站和下大陈站的月均海平面吻合较好 ,横门站海平面略低 ,但 2009 年 7 月—2009 年 9 月 ,横门站月均海平面明显高于下大陈站的同步月均海平面 .其主要原因是由于受梅雨和台风降雨的影响 ,椒江流域径流量的年内分配极不均匀 ,主要集中于汛期 (4—9 月) ,占全年总量的 75% ;枯季 (10 月至翌年 3 月)径流量占全年的 25%^[5-6] .横门站相对下大陈站离椒江口更近 ,使得汛期横门站比下大陈站海平面平均高出 7 cm .

2.2 潮汐特征

2.2.1 潮汐类型

对横门站 2008 年 10 月—2009 年 9 月的实测潮位进行调和分析^[7],其主要分潮调和常数见表 2.

横门站及下大陈站分潮平均振幅及其比值见表 3.由表 3 可见,横门站及下大陈站潮汐类型属于正规半日潮类型,这与陈倩等^[8-9]的结论一致.

2.2.2 潮差

潮差的大小直接反映了潮汐的强弱程度.浙江近海是我国的强潮海区之一.横门站年平均潮差和各月平均潮差见表 4.

月平均潮差具有显著的季节变化特征(图 4).横门站、下大陈站的月平均潮差在 1 年中呈两高、两低的变化,两高出现在 10 月和 3 月,两低出现在 11 月和 5 月.3 月和 10 月期间太阳在赤道附近,月球也在赤道附近,这时的大潮正好是分点潮,故半日潮海区潮差在 1 年中最大.

表 3 分潮平均振幅及其比值

Table 3 Mean amplitude of tidal constituents and ratios of them						
验潮站	H_{K_1}/cm	H_{O_1}/cm	H_{M_2}/cm	H_{M_4}/cm	$(H_{K_1} + H_{O_1})/H_{M_2}$	H_{M_4}/H_{M_2}
横门站	28.2	21.6	156.4	0.9	0.32	0.006
下大陈站	29.1	22.2	155.5	1.8	0.33	0.012

注: H_{K_1} 、 H_{O_1} 、 H_{M_2} 、 H_{M_4} 分别为分潮 K_1 、 O_1 、 M_2 、 M_4 的平均振幅.

表 4 横门站潮汐特征值

Table 4 Characteristic tidal ranges at Hengmen Station			
日期	平均潮差/ cm	最大潮差/ cm	最小潮差/ cm
2008-10	344	530	88
2008-11	330	550	124
2008-12	333	557	163
2009-01	330	555	130
2009-02	333	535	81
2009-03	342	492	73
2009-04	329	505	97
2009-05	324	525	152
2009-06	330	545	209
2009-07	325	549	144
2009-08	332	546	94
2009-09	335	506	94
年均	332	557	73

表 2 横门站主要分潮调和常数
Table 2 Harmonic constants of major tidal constituents at Hengmen Station

分潮	H/cm	$G/^\circ$	分潮	H/cm	$G/^\circ$
M_2	156.4	246.3	Q_1	4.4	157.8
S_2	59.9	289.0	M_4	0.9	210.5
N_2	29.2	223.8	M_{S4}	1.3	300.8
K_2	16.6	284.2	M_6	1.4	282.2
K_1	28.2	214.9	S_a	16.6	167.9
O_1	21.6	176.4	S_{Sa}	7.3	341.2
P_1	8.6	212.6			

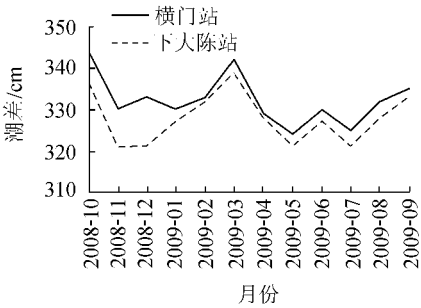


图 4 月平均潮差变化

Fig. 4 Variation of monthly mean tidal range

与下大陈站潮流同步观测资料进行对比,横门站有如下特征:

a. 横门站同步年平均潮差大于下大陈站 4 cm,说明地形效应对相距很近的 2 个站点的潮差仍有很大影响,越往岸边,潮能辐聚越大;

b. 月平均潮差的变化趋势有着良好一致性;

c. 年最大潮差横门站为 557 cm,出现在 12 月 13 日,下大陈站为 554 cm,出现在 1 月 12 日,2 站的最大潮差出现时间的不一致可能与当地的地形、气候及径流等因素有关.年最小潮差横门站为 91 cm,下大陈站为 84 cm,皆出现在 3 月 20 日(阴历二月二十四日,春分),此时为下弦小潮,2 站最小潮差出现的时间有着较好的同步性.

2.2.3 涨、落潮历时

近海潮汐的涨、落潮历时不等现象受浅水分潮 M_4 的影响. 下大陈站、横门站附近海域的涨、落潮历时相当, 涨潮历时略长于落潮历时, 符合台州湾东南部涨、落潮历时规律^[8]. 横门站平均涨、落潮历时见表 5. 下大陈站同步平均涨潮历时 6 h 16 min, 平均落潮历时 6 h 09 min, 历时差为 7 min.

2.2.4 最高、最低潮位

观测时段内横门站极端高潮 316 cm, 出现在 2009 年 9 月 19 日; 第 2 极端高潮位 312 cm, 出现在 2009 年 8 月 21 日; 第 3 极端高潮位 302 cm, 出现在 2009 年 7 月 24 日. 下大陈站同步期极端高潮位 311 cm(1985 国家高程基准, 下同), 出现在 2009 年 9 月 19 日; 第 2 极端高潮位 304 cm, 出现在 2009 年 8 月 23 日; 第 3 极端高潮位 303 cm, 出现在 2008 年 10 月 17 日.

横门站极端低潮位 - 278 cm, 出现在 2009 年 2 月 11 日; 第 2 极端低潮位 - 273 cm, 出现在 2009 年 1 月 12 日; 第 3 极端低潮位 - 267 cm, 出现在 2008 年 12 月 15 日. 下大陈站同步极端低潮位 - 276 cm, 出现在 2009 年 2 月 11 日; 第 2 极端低潮位 - 267 cm, 出现在 2009 年 1 月 12 日; 第 3 极端低潮位 - 264 cm, 出现在 2009 年 7 月 13 日.

与下大陈站潮流同步观测资料进行对比, 横门站有如下特征:

a. 横门站没有发生异常的特高、特低潮位. 在下大陈站 1980—2006 年实测资料序列中, 只有 3 a 的年最高潮位小于横门站同步极端高潮位. 下大陈站第 1 极端高潮位 364 cm, 出现在 2001 年 10 月; 第 2 极端高潮位 361 cm, 出现在 1997 年 9 月. 下大陈站同步最高潮位低于该站历史极高潮位 53 cm.

b. 观测时段, 横门站与下大陈站第 1 极端、第 2 极端的高低潮位发生的时间一致.

2.3 潮流特征

2.3.1 潮流类型

潮流类型主要是根据全日、半日分潮流的比值来划分. 根据《港口工程技术规范》^[10]的规定, 采用 $F = (W_{O_1} + W_{K_1})/W_{M_2}$ 的值作为判别指标, 其中 W_{O_1} , W_{K_1} 和 W_{M_2} 分别为 O_1 , K_1 , M_2 分潮流的椭圆长轴. 由于浅海浅水分潮作用较大, 因此, 在确定分潮流性质时还须考虑浅水分潮流的影响. 通常采用 $G = (W_{M_4} + W_{MS_4})/W_{M_2}$ 的大小作为衡量标准, 其中 W_{M_4} , W_{MS_4} 分别为 M_4 , MS_4 浅水分潮流的椭圆长轴. 各站点 $F < 0.5$ 且 $G > 0.04$. T-1, T-2, T-3, T-4 站计算出的潮流 F , G 特征值见表 6. 由表 6 可见, 台州湾附近海域属于非正规半日浅海潮流区, 这与陈倩等^[11-12]的结论一致.

2.3.2 潮流的运动形式

潮流的运动形式可由潮流的椭圆旋转率(K)来描述, K 值为潮流椭圆的短轴与长轴之比. 当 $|K| > 0.25$ 时, 潮流表现出较强的旋转性; 而当 $|K| < 0.25$ 时, 潮流主要集中在涨、落 2 个方向, 表现为往复流. K 值的正、负表示潮流的旋转方向, 正号表示潮流为左旋, 负号表示潮流为右旋. 鉴于台州湾附近海域半日潮流具有支配地位, 因此, 用 M_2 分潮流的 K 值来表征潮流的旋转特征.

T-1 站受地形条件的约束, $|K|$ 值均小于 0.25, 潮流的运动为往复流; T-2, T-3, T-4 站的 $|K|$ 值在 0.24 ~ 0.35, 潮流的运动为旋转流形态, 且均表现为顺时针旋转, 符合椒江口以南潮流为顺时针方向旋转流的结论^[13](表 7).

表 5 横门站涨、落潮历时

Table 5 Duration of flood and ebb tides at Hengmen Station

日期	平均 涨潮历时	平均 落潮历时	历时差/min
2008-10	6 h 16 min	6 h 08 min	8
2008-11	6 h 16 min	6 h 09 min	7
2008-12	6 h 14 min	6 h 11 min	3
2009-01	6 h 18 min	6 h 07 min	11
2009-02	6 h 12 min	6 h 14 min	- 2
2009-03	6 h 18 min	6 h 07 min	11
2009-04	6 h 17 min	6 h 09 min	8
2009-05	6 h 12 min	6 h 13 min	- 1
2009-06	6 h 13 min	6 h 12 min	1
2009-07	6 h 13 min	6 h 13 min	0
2009-08	6 h 13 min	6 h 13 min	0
2009-09	6 h 14 min	6 h 12 min	2
年均	6 h 15 min	6 h 11 min	4

表 6 潮流性质 F , G 特征值

Table 6 Values of tidal current characteristics F and G

站号	F G		F G		F G		F G	
	表层		0.6H		底层		垂线平均	
T-1	0.15	0.10	0.15	0.16	0.23	0.18	0.20	0.17
T-2	0.19	0.08	0.25	0.06	0.21	0.23	0.24	0.06
T-3	0.23	0.13	0.17	0.11	0.31	0.16	0.17	0.09
T-4	0.25	0.12	0.12	0.21	0.13	0.11	0.09	0.15

2.3.3 潮流与潮位的位相关系

浙江外海的潮波属前进波^[4],近岸水域,特别是港湾、河口区,潮波由于碰到岸壁、河床等发生反射,逐渐丧失了前进波的性质而具有前进驻波或者驻波的性质,这一特点在三门湾以南的近岸水域尤其明显^[8],台州湾附近海域潮波属于驻波性质,涨、落潮最大流速发生在中潮位附近,涨憩、落憩和转流发生在高、低潮位附近,这与蒋国俊等^[13]的分析结果一致。

2.3.4 余流

余流是指从实测海流中剔除周期性流以后的水体流动,浙江近海余流主要受制于河川径流,特别是长江径流入海后的运动路径、风的季节变化和外海流系的消长^[14],台州湾最大余流发生在 T-3 站,流速为 44 cm/s,余流的量值总体为大潮最大、小潮最小,余流的方向为 S—SW 向,与该季节闽浙沿岸流方向一致。

3 结 论

- a. 横门站月平均海平面与下大陈站同步月平均海平面变化基本一致,但 2009 年 7—9 月横门站月均海平面明显高于下大陈站同步月均海平面,椒江径流可能是导致此时 2 站平均海平面明显差异的原因。
- b. 横门站与下大陈站的分潮调和常数基本一致,潮汐类型均属于正规半日潮,横门站同步年平均潮差大于下大陈站 4 cm,2 站月均潮差变化有着良好的一致性,呈现两高、两低的变化,两高出现在 10 月和 3 月,两低出现在 11 月和 5 月,2 站同步平均涨、落潮历时相当,涨潮历时略长于落潮历时,对比下大陈站观测资料,横门站在观测时段内没有发生异常的特高、特低潮位,2 站第 1 极端、第 2 极端的高低潮位发生的时间一致。
- c. 台州湾附近海域属于非正规半日浅海潮流区,除 T-1 站受地形约束,潮流运动形式为往复流外,其他 3 站的潮流均为旋转流形态,且变为顺时针旋转,台州湾附近海域潮波属于驻波性质,涨落潮最大流速发生在中潮位附近,涨憩、落憩和转流发生在高、低潮位附近。
- d. 台州湾 11 月的余流方向为 S—SW 向,与该季节闽浙沿岸流方向一致。

参考文献：

[1] 陈耕心,李伯根,许卫忆.乐清湾潮汐特征及对潮滩沉积作用的影响[J].东海海洋,1992,10(1):1-9.(CHEN Geng-xin,LI Bo-gen,XU Wei-yi.The tidal features and their effects on the sedimentary process in Yueqing Bay[J].Donghai Marine Science,1992,10(1):1-9.(in Chinese))

[2] 曹颖,林炳尧.杭州湾潮汐特性分析[J].浙江水利水电专科学校学报,2000,12(3):14-16.(CAO Ying,LIN Bing-yao.Tidal characteristics of Hangzhou Bay[J].Journal of Zhejiang Water Conservancy and Hydropower College,2000,12(3):14-16.(in Chinese))

[3] 伍远康,徐加寿,钱塘江七堡站潮汐特征变化分析[J].东海海洋,2000,18(3):7-12.(WU Yuan-kang,XU Jia-shou.Analysis on the variation of the tidal features at Qibao Station of Qiantang River[J].Donghai Marine Science,2000,18(3):7-12.(in Chinese))

[4] 曹欣中,唐龙妹,张月秀.象山港水文特征及纳污能力的分析[J].东海海洋,1995,13(1):10-19.(CAO Xin-zhong,TANG Long-mei,ZHANG Yue-xiu.Analysis of the hydrography features and the ability for containing contaminator for Port Xiangshan[J].Donghai Marine Science,1995,13(1):10-19.(in Chinese))

[5] 陈德春,何衢.浅析台州湾—椒江河口水文特性[J].水文,1998(5):52-54.(CHEN De-chun,HE Heng.Analysis on the hydrological characteristics of the Jiaojiang estuary in Taizhou Bay[J].Hydrology,1998(5):52-54.(in Chinese))

[6] 孙平峰.椒江口二维潮流泥沙数学模型研究及其应用[D].杭州:浙江大学,2006.

[7] 王骥,方国洪.高、低潮数据的调和分析[J].海洋与湖沼,1986,17(4):318-328.(WANG Ji,FANG Guo-hong.The extraction of harmonic tidal constants from high and low waters[J].Oceanologia Et Limnologia Sinica,1986,17(4):318-328.(in Chinese))

[8] 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 Da-ji,ZHANG Ben-zhao,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))

[9] 张威.浙江近海海域潮波数值模拟[D].杭州:浙江大学,2007.

[10] 中华人民共和国交通部.港口工程技术规范:上册[M].北京:人民交通出版社,2000.

[11] 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 Da-ji,ZHANG

- Ben-zhao 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))
- [12] 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 Da-ji ,ZHANG Ben-zhao . Numerical simulation of tide and tidal currents in the seas adjacent to Zhejiang[J]. Acta Oceanologica Sinica ,2003 25(5) :9-20.(in Chinese))
- [13] 蒋国俊 ,冯怀珍 . 浙江台州湾金清潮流滩水力泥沙特性[J]. 杭州大学学报 :自然科学版 ,1992 ,19(2) :215-222.(JIANG Guo-jun , FENG Huai-zhen . The characteristics of hydro-sediment of Jinqing tidal flat in Taizhou Bay ,Zhejiang[J]. Journal of Hangzhou University : Natural Sciences ,1992 ,19(2) :215-222.(in Chinese))
- [14] 浙江省海岸带和海涂资源综合调查领导小组办公室 ,浙江省海岸带和海涂资源综合调查报告编写委员会 . 浙江省海岸带和海涂资源综合调查报告[M]. 北京 :海洋出版社 ,1988 .

Characteristics of tide and tidal current in sea area near Taizhou Bay

LU Qing^{1,2} , ZUO Jun-chen^{1,2} , GUO Wei-qi³ , MA Yue³ , CAO Bing³

(1. Key Laboratory of Coastal Disaster and Defence , Ministry of Education , Hohai University , Nanjing 210098 , China ;

2. Institute of Physical Oceanography , Hohai University , Nanjing 210098 , China ;

3. Shanghai East Sea Marine Engineering Survey and Design Institute , Shanghai 200137 , China)

Abstract : With the tidal data at the Hengmen Station and Xiadachen Station , and the tidal currents for spring , moderate and neap tides observed simultaneously at four in situ stations , the characteristics of tide and tidal current in the sea area near the Taizhou Bay were analyzed . The factors influencing the spatial distribution characteristics of sea surface were examined . The results show that the tides at the Hengmen Station and Xiadachen Station are regular semidiurnal . The annual average tidal range at the Hengmen Station is 4 cm greater than that at the Xiadachen Station . The duration of the flood and ebb tides at the two stations are almost equal . The tidal current at T-1 Station is rectilinear because of the terrain constraints , and are clockwise rotated at other three in situ stations in the Taizhou Bay with an elliptic rotation rate ranging from -0.35 to -0.3 . The tidal waves in the sea area near the Taizhou Bay are standing waves . The maximum velocities of the flood and ebb tides often occur at the mean tidal level , the slacks of the flood and ebb tides are often occur at the high and low tide levels , respectively . The difference of the mean sea surface between the Hengmen Station and Xiadachen Station from July to September in 2009 is much greater than that in other months of 2009 , which results from the influence of runoff in the Jiaojiang River .

Key words : tidal level ; tidal range ; tidal current ; mean sea level ; Taizhou Bay