

台湾浅滩南部二测站多周日海流观测资料的调和分析*

丘仲锋¹ 胡建宇^{1,2} 陈照章¹¹ 厦门大学海洋系 361005)² 厦门大学亚热带海洋研究所 海洋环境科学教育部重点实验室 361005)

提要 应用短期资料的潮流调和分析法,对台湾浅滩南部二测站海流资料进行分析,得出以下结论:台湾浅滩南部海区为不正规半日潮流区,椭圆要素比值符合 $0.5 < (W_{k1} + W_{k2}) / W_{k2} < 2.0$;测站海域水平方向和垂直方向潮流的特征均不同;在进行该海域潮流分析时,应采用两周日以上的实测海流资料。

关键词 潮流,调和和分析,调和常数,椭圆要素

有关研究表明,台湾海峡流系至少由沿岸流、季风漂流、南海暖流以及受黑潮入侵影响的海流构成。而台湾浅滩南部和东南部海域的海流状况更加复杂,因此该海域受到许多海洋科学工作者的关注^[1-5]。研究结果表明该海域潮流具有不正规半日潮的性质^[6-9]。

1997年8月厦门大学和福建海洋研究所应用“延平2号”调查船在台湾海峡进行海洋综合调查时,在台湾浅滩南部9701站(119°E, 22.65°N)和9704站(118.15°E, 22.4°N)(站位见图1)分别进行了多周日的定点连续观测,所使用的仪器是两台Aanderaa海流计(RCM9和RCM7)。本文利用二测站的多周日观测资料,对该海区的潮流进行调和和分析,以便进一步得出该海区潮流的一些特征。

1 观测资料及处理方法

9701站观测层次为表层,共有约70h的资料(11日13:40至14日11:50);9704站观测层次有两层,为表层和中层(35m层),共有约61h的资料(14日18:00至17日07:10)。取样时间均为10min。

运用最小二乘法^[10],并引入测站海区的差比关系,对上述海流观测资料进行潮流的准调和和分析。潮流分析计算公式参照规范^[11],测站海区的视差潮龄T取48h,周日观测的权系数取1。

2 计算结果分析

对上述海流观测资料进行潮流调和和分析,可得到 $M_2, S_2, O_1, K_1, M_4, M_6$ 等6个主要分潮流的调和

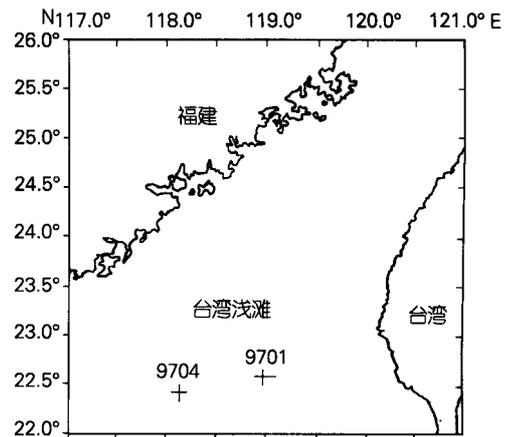


图1 站位图

Fig.1 Observation stations

常数和观测期间的余流值(见表1)。从表中可看出,该海域表层的海流较大;9701站余流达 $63.6 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$, 9704站余流也达 $38.0 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$;余流流向9701站是东偏北,9704站是东偏南,偏差约 30° ,说明二测站海流

* 福建省科技专项(98-Z179)和国家基金重点项目(49636220)资助。

第一作者:丘仲锋,出生于1979年,硕士生;联系作者:胡建宇, E-mail: hujy@xmu.edu.cn

收稿时间:2001-08-02,修回时间:2001-12-20

表 1 9701 站与 9704 站表层潮流调和常数

Tab.1 Surface tidal current harmonic constants at Station 9701 and Station 9704

站位	调和常数	M ₂	S ₂	O ₁	K ₁	M ₄	MS ₄	余流
9701 站	U	11.9	5.0	0.7	0.9	1.7	1.5	流速: 63.6 cm·s ⁻¹ 流向: 61°
	ζ	344	10	266	314	190	216	
	V	18.1	7.7	6.9	8.9	3.6	3.1	
	η	268	294	1	49	138	164	
9704 站	U	19.9	8.4	16.4	21.1	4.8	4.1	流速: 38.0 cm·s ⁻¹ 流向: 118°
	ζ	223	249	299	347	303	329	
	V	24.6	10.4	5.4	6.9	0.3	0.3	
	η	91	117	159	207	239	265	

注: U、ζ 和 V、η 分别为潮流调和常数的北分量和东分量,其中 U、V 为潮流振幅, ζ、η 为迟角。

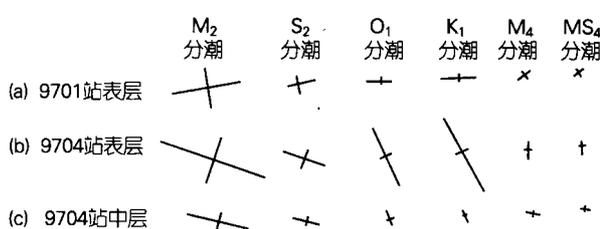


图 2 9701 站和 9704 站潮流椭圆示意图

Fig.2 Tidal current ellipses at Station 9701 and Station 9704

具有较大的差异。比较两站的调和常数可见:9704 站各分潮的北分量最大振幅均大于 9701 站,其中 O₁、K₁ 分潮二者相差很大;东分量最大振幅 9704 站也比 9701 站大,只有浅水分潮例外。

为了进一步分析潮流的一些特性,通过分潮流的调和常数分别计算出 M₂、S₂、O₁、K₁、MS₄、M₄ 等 6 个主要分潮流的潮流椭圆要素。

根据二测站表层的潮流椭圆要素,计算椭圆要素比值 $(W_{k_1} + W_{o_1}) / W_{m_2}$, 9701 站为 0.86, 9704 站为 1.33,符合 $0.5 < (W_{k_1} + W_{o_1}) / W_{m_2} < 2$, 可得出测站海区属于不正规半日潮流区,与文献^[6-9]的结论相一致。9701 站半日潮流占优势,最大流速为 26.3 cm·s⁻¹,最小流速也有 16.1 cm·s⁻¹;该站浅水分潮不显著,在 2.4~6.0 cm·s⁻¹ 之间变化;而全日潮流最大流速也达 15.8 cm·s⁻¹;半日潮流的椭圆率均为正值,即半日潮流的旋转方向为逆时针,与全日潮流刚好相反。9704 站半日潮流也较强,最大流速达 41.3 cm·s⁻¹,最小流速也达 17.8 cm·s⁻¹;全日潮流也很强,最大流速可达 38.6 cm·s⁻¹,全日潮流具有比半日潮流更大的变化范

围,其最小流速仅为 7.7 cm·s⁻¹;潮流的椭圆率均为正值,即潮流旋转方向为逆时针。

由图 2(a)、(b) 的表层潮流椭圆示意图可看出:测站海区表层水平方向上各分潮的流速、流向分布是不同的。从最大流速及最大流速出现方向来看,二测站表层的半日潮流均占优势,最大流速出现的方向皆为偏 W E 向;而全日潮流最大流速出现的方向 9701 站也为偏 W E 向,9704 站则为偏 S-N 向。

为了进一步比较潮流的周日变化特征,分别选取 9701 站表层 11~12 日、12~13 日单周日资料,11~13 日两周日资料 and 11~14 日三周日资料作调和分析,分析结果见表 2。由表 2 可知,对于单周日观测资料,椭圆要素比值 11~12 日为 0.33, 12~13 日为 1.70,可见两者比值相差较大,但还是可以近似地认为介于 0.5~2.0 之间。由分析结果还可看出,这一海域潮流的日变化比较显著:11~12 日 9701 站半日潮流特别强,最大流速为 52.4 cm·s⁻¹,最小流速也达 23.5 cm·s⁻¹,使潮流呈现规则半日潮流性质;全日潮流则与三周日观测资料分析所得大致接近,但最大流速出现方向呈现较大差异。而 12~13 日 9701 站全日潮流非常显著,最大流速达 36.3 cm·s⁻¹;半日潮流与三周日观测资料分析所得大致接近,最大流速为 30.3 cm·s⁻¹。从 11~13 日两周日资料分析结果看,椭圆要素比值为 0.76,接近于三周日资料分析值 0.86,全日潮流与半日潮流最大流速、最小流速也接近于三周日

表 2 9701 站表层潮流椭圆要素

Tab.2 Surface tidal current elliptic elements at Station 9701

观测时间	椭圆要素	M ₂	S ₂	O ₁	K ₁	M ₄	MS ₄	椭圆要素比值
11 ~ 14 日	W	18.5	7.8	6.9	8.9	3.8	3.3	0.86
	w	11.4	4.8	0.7	0.9	1.3	1.1	
	k	0.6	0.6	- 0.1	- 0.1	0.3	0.4	
	H	256	256	91	91	72	72	
11 ~ 12 日	W	36.8	15.6	5.3	6.3	6.5	5.5	0.33
	w	16.5	7.0	2.1	2.7	3.1	2.6	
	k	0.5	0.5	- 0.4	- 0.4	0.5	0.5	
	H	279	279	215	215	324	324	
12 ~ 13 日	W	21.3	9.0	15.9	20.4	6.8	5.7	1.70
	w	11.8	5.0	4.8	6.2	2.6	2.2	
	k	0.6	0.6	0.3	0.3	0.4	0.4	
	H	239	239	288	108	231	231	
11 ~ 13 日	W	22.2	9.4	7.4	9.5	4.1	3.5	0.76
	w	16.0	6.8	0.3	0.3	1.5	1.2	
	k	0.7	0.7	- 0.1	- 0.1	0.4	0.4	
	H	276	276	272	92	253	253	

注: W——最大潮流(椭圆长半轴), w——最小潮流(椭圆短半轴), k——椭圆率, H——最大潮流方向(°)

表 3 9704 站潮流椭圆要素

Tab.3 Tidal current elliptic element at Station 9704

观测水层	椭圆要素	M ₂	S ₂	O ₁	K ₁	M ₄	MS ₄	椭圆要素比值
表层	W	29.0	12.3	16.9	21.7	4.8	4.1	1.33
	w	12.5	5.3	3.4	4.3	0.3	0.3	
	k	0.4	0.4	0.2	0.2	0.1	0.1	
	H	126	126	165	165	182	182	
中层 (35 m)	W	17.3	7.4	4.1	5.3	4.2	3.5	0.54
	w	4.9	2.1	2.3	2.9	0.7	0.6	
	k	0.3	0.3	0.6	0.6	-0.2	-0.2	
	H	115	115	347	347	109	109	

资料分析值,并且最大流速出现方向也大致在同一轴线上。

将 9704 站两层观测资料进行调和分析,可得:表层余流达 $38.0 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$,方向为 118° ;而中层余流仅为 $6.7 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$,余流方向为 277° ,与表层相差约 160° ,这说明该海域垂直方向上海流的特征是不同。又由表 3 可得:潮流椭圆要素比值表层为 1.33,中层为 0.54,都属于不正规半日潮性质。表层半日潮流最大流速为 $41.3 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$,最小流速为 $17.8 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$;全日潮流只比半日潮流略弱,最大流速也达 $38.7 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$;浅水分潮变化范围只在 $0.6 \sim 8.9 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 之间;潮流的椭圆率

均为正,即表层潮流沿逆时针方向旋转。中层余流明显减弱,实测流主要表现为潮流,半日潮流最大流速达 $24.7 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$,全日潮流最大流速为 $9.4 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$;全日、半日潮流椭圆率均为正,潮流沿逆时针方向旋转。中层潮流的变化与表层潮流变化基本同步。将椭圆要素画成图,由图 2(b)、(c) 也可以看出上述变化特征。

3 结语

由台湾浅滩南部二测站的资料分析可知,台湾浅滩南部为不正规半日潮流区,半日潮流占较大优势,

与文献¹⁶⁻¹⁹的结论基本一致;由分析还可看出,测站海区流系很复杂,无论是在水平方向还是在垂直方向,流的特征都不同。

因为该海域处于多支水系的交汇处¹²,海流状况复杂,因此在该海域作潮流分析时,应进行较长时间的海流观测,才能比较准确地得出分析结果。由本文分析可知,一般应取两周日以上的观测资料。

参考文献

- 1 陈金泉,傅子琅,李法西.关于闽南、台湾浅滩渔场上升流的研究,台湾海峡,1982,2(1):5~12
- 2 胡建宇,刘敏士.夏季台湾海峡南部海区的海流结构,热带海洋,1992,11(4):42~47
- 3 李虹,梁红星.夏季台湾海峡南部海区的海流特征.见洪华生主编.闽南台湾浅滩渔场上升流区生态系研究.北京:科学出版社,1991.96~102
- 4 李立.1992年3月南海东北部陆架、陆架区的海洋

- 锋.见南海东北部海区环流课题组主编.中国海洋学文集(6).北京:海洋出版社,1996.33~41
- 5 陈照章,胡建宇,张彩云等.台湾海峡南部1997年8月实测潮、余流特征,厦门大学学报,1999,38(2):268~272
- 6 郑文振,陈福年,陈新忠.台湾海峡的潮汐和潮流,台湾海峡,1982,1:1~4
- 7 丁文兰.台湾海峡潮汐和潮流的分布特征,台湾海峡,1983,2:1~8
- 8 方国洪,杨景飞,赵绪才.台湾海峡潮汐和潮流的一个数值模型,海洋学报,1985,7(1):12~20
- 9 王寿景.台湾海峡西部海域潮流和余流特征,台湾海峡,1989,8(3):207~210
- 10 方国洪,郑文振,陈宗镛等.潮汐和潮流的分析和预报.北京:海洋出版社,1986.
- 11 国家技术监督局.海洋调查规范·海洋调查资料处理(GB 12763.7-91).北京:中国标准出版社,1991.104~120

HARMONIC ANALYSIS ON MULTI-DAY SERIES CURRENT DATA AT TWO ANCHORED STATIONS IN THE SOUTHERN TAIWAN SHOAL

QIU Zhong-feng¹ HU Jian-yu^{1,2} CHEN Zhao-zhang¹

(¹ Department of Oceanography, Xiamen University, 361005)

(² Institute of Subtropical Oceanography; Marine Environmental Lab. of Ministry of Education, Xiamen University, 361005)

Received: Aug., 2, 2001

Key Words: Tidal current, Harmonic analysis, Harmonic coefficient, Elliptic element.

Abstract

Based on the tidal current harmonic method for short-term data, we analyze the tidal current characteristics at two stations anchored in the southern Taiwan Shoal. The results are as follows: (1) The tidal current in the studied area is classified as irregular semi-diurnal tidal current, the value of $(W_{k1} + W_{k2}) / W_{k2}$ is between 0.5 and 2.0; (2) The characteristics of currents are spatially different in the studied area; (3) When conducting tidal current analysis in the studied area, it is necessary to use the current data over two day's time series.

(本文编辑:张培新)