

大窑湾 M_2 分潮潮流场初探

刘恒魁

(国家海洋局海洋环境保护研究所)

关键词 M_2 潮流椭圆

提要 本文主要从大窑湾实测流资料入手,计算了潮流调和常数,并相应地推算了 M_2 分潮流椭圆要素。通过进一步分析,从而揭示出了该湾 M_2 优势分潮潮流场的分布特征及其变化规律。

大窑湾是北黄海伸入陆地的一个狭长的浅水海湾,位于东经 $121^\circ 49' - 121^\circ 55'$, 北纬 $39^\circ 00' - 39^\circ 03'$ 范围之内,湾口朝向东南,口门宽约 4.5km, 纵深 8km。多年来,本区为海带和海珍品养殖区,而且琉璃砣子西侧的水深和掩护条件都适于建港。为合理地开发利用此湾,我们于 1983 年 9 月下旬,首次对该湾进行了海流调查,经过资料处理和潮流调和分析之后,发现该湾诸测站各主要分潮流的调和常数之比值 ($W_{01} + W_{k1}/W_{M_2}$) 均在 0.5 左右,由此可知,本区近乎属于正规半日潮流性质。本文对潮流的主要成份,即 M_2 分潮潮流场作了初次探讨,以期大致反映流动实况。

一、观测资料与处理方法

本次海流调查,共布设 10 个测站,利用 5 条船,分大潮(1983 年 9 月 26 日—28 日)和小潮(1983 年 9 月 19 日—22 日)期进行两次准同步周日连续观测(见图 1)。处理资料时,按准调和分潮原理,采用“引入差比数的方法”,在 IBM 微机上计算潮流调和常数,并相应推算其中 M_2 分潮流的椭圆要素,其计算步骤如下:

(1) 求最大潮流 W_*

$$W = \frac{1}{2} \{ [U_{M_2}^2 + V_{M_2}^2 - 2U_{M_2}V_{M_2}\sin(\eta_{M_2} - \xi_{M_2})]^{1/2} \}$$

$$+ [U_{M_2}^2 + V_{M_2}^2 - 2U_{M_2}V_{M_2}\sin(\eta_{M_2} - \xi_{M_2})]^{1/2} \} \quad (1)$$

(2) 求最小潮流 W_*

$$W = \frac{1}{2} \{ [U_{M_2}^2 + V_{M_2}^2 + 2U_{M_2}V_{M_2}\sin(\eta_{M_2} - \xi_{M_2})]^{1/2} - [U_{M_2}^2 + V_{M_2}^2 - 2U_{M_2}V_{M_2}\sin(\eta_{M_2} - \xi_{M_2})]^{1/2} \} \quad (2)$$

(3) 旋转率

$$K_{M_2} = \begin{cases} -W_{M_2}/W_{M_2} & \text{若 } 0 \leq \eta_{M_2} - \xi_{M_2} < \pi \\ \text{或 } \eta_{M_2} - \xi_{M_2} < -\pi \\ W_{M_2}/W_{M_2} & \text{若 } \pi \leq \eta_{M_2} - \xi_{M_2} \\ \text{或 } -\pi \leq \eta_{M_2} - \xi_{M_2} < 0 \end{cases} \quad (3)$$

(4) 最大潮流发生时间 τ_{M_2}

$$\tau_{M_2} = \begin{cases} \frac{1}{2q_{M_2}} \frac{\pi}{2} & \text{当 } A_{M_2} = 0, B_{M_2} \geq 0 \\ \frac{1}{2q_{M_2}} \frac{3\pi}{2} & A_{M_2} = 0, B_{M_2} < 0 \\ \frac{1}{2q_{M_2}} \operatorname{tg}^{-1} \frac{B_{M_2}}{A_{M_2}} & A_{M_2} > 0, B_{M_2} \geq 0 \\ \frac{1}{2q_{M_2}} \left(\operatorname{tg}^{-1} \frac{B_{M_2}}{A_{M_2}} + \pi \right) & A_{M_2} < 0 \\ \frac{1}{2q_{M_2}} \left(\operatorname{tg}^{-1} \frac{B_{M_2}}{A_{M_2}} + 2\pi \right) & A_{M_2} > 0, B_{M_2} < 0 \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \text{式中 } A_{M_2} &= U_{M_2}^2 \cos 2\xi_{M_2} + V_{M_2}^2 \cos 2\eta_{M_2} \\ B_{M_2} &= U_{M_2}^2 \sin 2\xi_{M_2} + V_{M_2}^2 \sin 2\eta_{M_2} \end{aligned}$$

(5) 最大潮流方向 Q_{M_2}

$$Q_{M_2} = \begin{cases} \frac{\pi}{2} & \text{当 } A'_{M_2} = 0, B'_{M_2} \geq 0 \\ \frac{3\pi}{2} & A'_{M_2} = 0, B'_{M_2} < 0 \\ \operatorname{tg}^{-1} \frac{B'_{M_2}}{A'_{M_2}} & A'_{M_2} > 0, B'_{M_2} \geq 0 \\ \operatorname{tg}^{-1} \frac{B'_{M_2}}{A'_{M_2}} + \pi & A'_{M_2} < 0 \\ \operatorname{tg}^{-1} \frac{B'_{M_2}}{A'_{M_2}} + 2\pi & A'_{M_2} > 0, B'_{M_2} < 0 \end{cases} \quad (5)$$

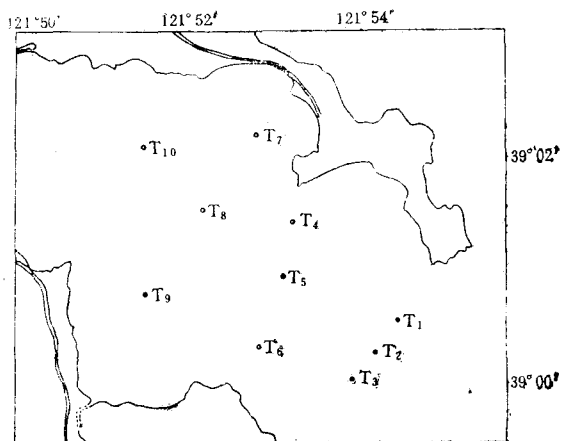


图1 大窑湾测流站示意图

Fig. 1 Survey sites in Dayao Wan Bay

$$\text{式中 } \begin{cases} A'_{M_2} = U_{M_2} \cos(q_{M_2}\tau_{M_2} - \xi_{M_2}) \\ B'_{M_2} = V_{M_2} \cos(q_{M_2}\tau_{M_2} - \eta_{M_2}) \end{cases}$$

最终计算结果如表1所示。

二、 M_2 分潮流的平面分布

鉴于本区属于非正规浅海半日潮流区, M_2 分潮流占绝对优势, 故拟用 M_2 分潮流的椭圆要素的分布变化来阐明本区潮流运动。

1. 最大流速和方向 由表1、图2、图3可知, 主要分潮流 M_2 椭圆长轴(最大流速)的分布比较有规律, 其特点与地形密切相关。长轴方向(最大流方向)在湾口基本呈东-西向, 在湾内大致呈东南-西北向, 基本与岸线平行。长轴的长度由湾口向湾顶逐渐减小, 湾口 T_1 号测站表、底层 M_2 分潮流最大流速平均值为 19cm/s , 湾中部 T_5 号测站表、底层平均为 11cm/s , 湾顶 T_{10} 号测站表、底层平均为 6cm/s 。从图中还可以看出, 东岸附近水域最大流速相对比西岸大, 湾口东部有一强流区, 西岸顶部水域有一弱流区。应当指出, 琉璃砣子东侧 T_3 号测站表、底层长轴方向不尽一致, 主要是海底地形和地理位置所造成的。

2. 最大流速发生时间 根据 M_2 分潮最大流速(椭圆长轴)发生时间统计, 其分布有以下特点: (1) 靠近东岸的水域最大流速发生时间

表1 M_2 分潮流

Tab. 1 Factors of the M_2

层次 站号 椭圆要素	表 层								
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9
长轴 最大流速(W)	19.68	12.90	8.53	8.61	11.79	1.33	6.02	7.72	2.44
短轴 最小流速(W)	3.46	3.90	1.25	0.57	0.09	1.70	1.83	0.61	0.18
椭圆率(K)	0.18	0.30	0.15	-0.07	0.01	0.23	0.30	-0.08	0.07
长轴 对应方向(θ)	90	92	17	161	124	287	132	165	286
最大流速 发生时间(τ)	1.03	1.09	1.48	1.04	1.09	6.05	0.49	0.50	5.21

比西岸早,且由东向西逐步推迟。显然,造成这样的分布规律是由于北黄海潮波自湾外向湾内传播时,东部先于西部的缘故。(2) 湾内西部有一个最大流速发生时间迟后区,而东部有一个提前区,且愈近岸滩,发生时间提早愈多。产生后一个特点的主要原因是由于海底摩擦作用的结果。具体对本区来说,海湾东部及湾顶附近,水深较浅,并广布浅滩,使最大流速发生时间提前也是必然的。

3. 潮流椭圆率及旋转方向 从理论上讲,在地球的北半球,引潮力的水平分力本身以及地转偏向力的作用均使潮流发生右旋。据本区 M_2 分潮流椭圆率统计结果知,本海区潮流旋转方向,除个别测站的某些层次为左旋外,绝大多数测站为右旋,出现左旋的强度也极其微弱。从这一现象可以看出,产生左旋的原因主要与不同岸形、海底地形及纵横交错的海带筏影响有关。另外本区水深较浅,海底摩擦影响较大,故椭圆率较小,全区最大值只有 0.37 (绝对值),最小为零。表现在潮流运动主要为往复流形式。

三、 M_2 分潮流的垂直变化

本区除有些测站最大流速随深度减小外,还有些测站表、底层最大流速相当。前者分布

规律是符合水深愈浅,摩擦力愈大,流速垂直变化愈激烈的理论结论的,而后者现象的产生,主要有两种原因,其一,海带筏子遍布海面可能影响表面流速,其二,个别测站靠近海带筏,考虑到仪器安全,实际放在次底层。但综观全区,可以认为,表、底层流速相差不算悬殊,可将本区作为弱流区看待。底层的最大流速发生时间均比表层提前约 0.5h 左右。有些测站椭圆率随深度略有增大,这意味着 M_2 分潮流椭圆越向海底越扁,但变化是比较缓慢的。这种变化规律也是由海底摩擦造成的。

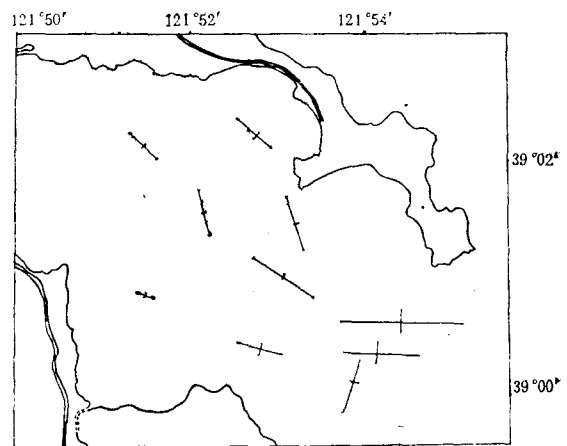


图2 表层 M_2 潮流椭圆分布图
Fig.2 Distribution of the M_2 tidal current ellipse at sea surface

椭圆要素表

tidal current ellipse

T_{10}	底 层									
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}
5.54	18.09	13.18	11.34	12.60	10.78	8.82	6.21	8.64	5.75	6.55
0.03	1.40	2.45	3.11	0.84	0.19	1.39	0.13	1.99	2.15	1.43
-0.00	0.08	0.19	0.27	-0.07	0.02	0.16	0.02	-0.23	0.37	0.22
132	102	77	63	127	111	282	176	143	286	113
0.82	1.11	0.88	0.93	0.43	0.64	5.96	0.06	0.54	5.95	0.76

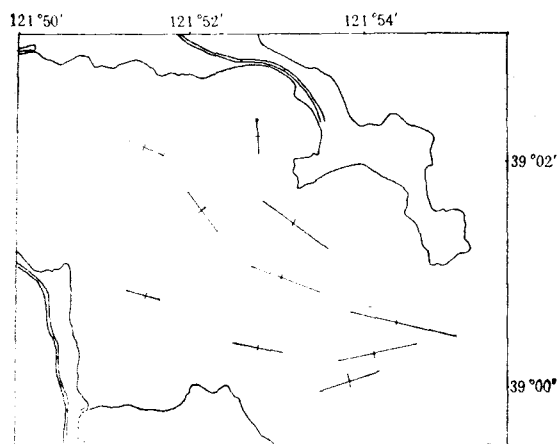


图3 底层 M_2 潮流椭圆分布图

Fig. 3 Distribution of the M_2 tidal current ellipse at sea bed

四、结 语

1. 本区 M_2 分潮潮流场较为符合实况, 湾口流速最大, 湾顶最小, 湾中部居中, 且与地形、水深变化密切相关;

2. 本区 M_2 分潮流为往复流运动形式, 大致呈东南-西北向;

3. M_2 分潮流最大流速发生时间, 一般东部先于西部, 且底层皆较表层提前;

4. M_2 分潮流旋转方向, 除个别测站呈左旋外, 大多数测站为右旋, 并且底层先转, 然后逐步往上。

参 考 文 献

- [1] 陈宗镛, 1980. 潮汐学. 科学出版社, 175—198.

PRELIMINARY DISCUSSION OF THE M_2 TIDAL CURRENT FIELD IN DAYAO WAN BAY

Liu Hengkui

(Institute of Marine Environment Protection, SOA)

Key words: M_2 tidal current ellipse

Abstract

Based on the survey data in Dayao wan Bay, the harmonic constants of tidal current and the factors of M_2 tidal current ellipse are calculated and analysed in this paper. The results show that the M_2 tidal current is dominant in the tidal current. The characteristics and the regularities of change of the M_2 tidal current field are further investigated.