

研究简报

台湾海峡及其附近海域三维全日潮波的数值研究

叶安乐 叶建华
(山东海洋学院, 青岛)

提要 研究表明, 沿台湾海峡由东北向西南传播的 K_1 潮波具有明显的开尔文波特征。输入海峡的 K_1 潮波能量约为 $1.0599 \times 10^9 \text{ J/s}$, 而其耗散在海峡内的部分约占输入总量的 23%。由 K_1 潮波的频率与台湾海峡所处的平均地理纬度对应的惯性频率相近。因此, 所得的 K_1 潮流的垂直结构与该区域的半日潮流垂直结构有不同的特征。

计算表明, 台湾海峡及其附近海域全日潮波传播的特征与半日潮波明显不同。海峡中的半日潮波是由海峡两端传入的两个半日潮波系统共同作用的结果^[2], 而全日潮波则是由东北向西南传播的开尔文波。台湾海峡地区的中间地理纬度约为 24° N , 所对应的惯性频率与全日潮波的频率接近, 这种情况对全日潮流垂直结构所产生的影响也在文中进行了讨论。在能量的传输和耗散方面, 全日潮波与半日潮波有很大不同, 这不仅表现在 K_1 潮波的能量比 M_2 和 S_2 潮波的要小, 更突出的是其能量耗散也比 M_2 或 S_2 潮波的要小得多, 仅占由海峡北端输入能量的 23%, 这是能量不大的 K_1 潮波能够通过台湾海峡的动力学原因。

一、计算结果

本文利用文献[2]中计算三维半日潮波的方法, 计算了台湾海峡中的三维全日潮波。所算结果与一些可资利用的实际观测资料进行了比较, 发现两者基本一致。表1列出了位于台湾海峡以南两个测流站(P, Q站)实测 K_1 潮流的垂直变化和相应的计算格点处计算得到的 K_1 潮流垂直变化。由表可以看出, 计算和观测所得到的 K_1 潮流最大流速及其方向与发生时刻随深度增加而变化的情况比较一致。

表1 K_1 潮流垂直变化的计算结果与观测分析结果 (P: P站; Q: Q站)

深度 (m)	最大流速 (cm/s)				最大流速方向(°)				最大流速发生时刻(h)			
	计算值		观测值		计算值		观测值		计算值		观测值	
	P	Q	P	Q	P	Q	P	Q	P	Q	P	Q
0	15	6			129	100			0.04	7.69		
10	14	6	12.66	3.76	131	101	130	47	12.01	7.60	0.03	1.77*
20	10	5	8.33	5.19	135	104	145	101	11.90	7.35	11.81	7.34
30	4	2	4.10		146	110	149		11.10	6.81	10.63	
40		1	3.40			113		109		6.56		6.12

* 这是原观测分析结果, 似有误。

另外,在台湾海峡中部水深为 57m 的测站上,日本的中尾彻依据一天观测资料,给出了 10m, 25m 和 41m 水层的全日潮流北分量和东分量的振幅和初位相。我们从这些结果推算了当日全日潮流的最大流速和方向,并与相应的计算格点处计算得到的 K_1 潮流最大流速和方向进行了比较。例如,在 10m 水层,由实测资料推出的当日全日潮流最大流速为 13.5cm/s,方向为 60° (沿我们选用的 x 坐标轴逆时针方向度量),而计算所得的 K_1 潮流最大流速为 11cm/s,方向为 53° ,两者粗略地一致。在 41m 层,由实测资料推出的结果为 8.1cm/s 和 175° ,而 40m 层计算所得 K_1 潮流之结果为 6cm/s 和 62° ,可见在最大流速方面两者比较接近,但流向却相差很大。我们的计算结果与我国一些研究者的二维模式的结果在总趋势上是一致的^[1,2],因此,我们拟根据计算结果作进一步的讨论。

二、 K_1 潮波的传播

依据 K_1 分潮潮位的空间分布,绘制了 K_1 同潮图(图 1)。由图可以看出,台湾海峡中的 K_1 潮波属前进波类型。等振幅线分布基本上与岸线平行,表现出 K_1 潮波传播方向的右岸振幅大、左岸振幅小的特征。这是大尺度前进波动在海峡传播过程中受地转影响的结果。另外,尽管等振幅线基本上与岸平行,但仍存在着等振幅线自上而下逐渐向左偏的倾向,反映了 K_1 潮波在传播过程中振幅因摩擦而缓慢地衰减。同位相线的分布特征是它们在海峡中大致相互平行,但与岸线的法线有一定的交角,这种情形也是摩擦的影响所致^[6]。由于这种交角的存在,使得与海峡中轴线相垂直的直线两端 K_1 分潮发生高潮的时刻不同,潮波传播方向右岸的高潮时刻要比左岸的略早。从海峡两端来看,其北端的高潮时刻比南端约早 3 小时。当 K_1 潮波传过澎湖列岛之后,同位相线略成一弓状,这可能是由于海峡变宽,使 K_1 潮波在其传播方向的右侧向西南而左侧向南传播的倾向所引起。

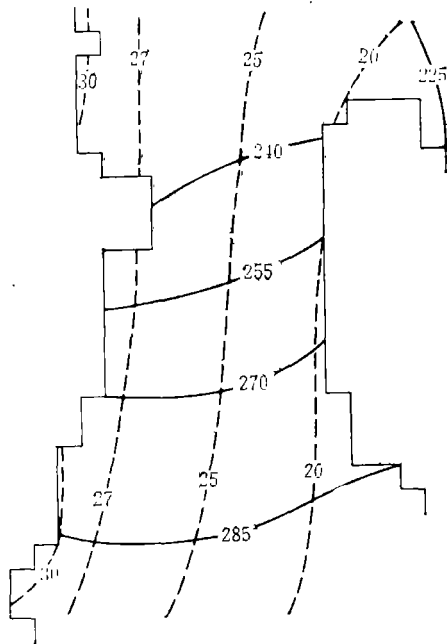


图 1 K_1 同潮图

---等振幅线 (cm); ——同位相线 ($^\circ$).

三、 K_1 潮流场

1. 平面分布

图 2 示出了台湾海峡及其附近海域表层的 K_1 潮流分布。可以看出, K_1 潮流椭圆长轴方向基本与海峡的岸线总趋势平行。整个台湾海峡中的 K_1 分潮流不大, 最大流速约在 $7\text{--}15\text{cm/s}$ 范围内变化。在南日群岛外海附近流速较强, 最大流速约为 0.3kn 。澎湖列岛与台湾浅滩之间也是较强流速区, 最大流速也接近 0.3kn 。在所讨论的区域中, 大部分地区 K_1 潮流椭圆旋转方向为逆时针方向, 只有西南部有一小区域为顺时针方向。

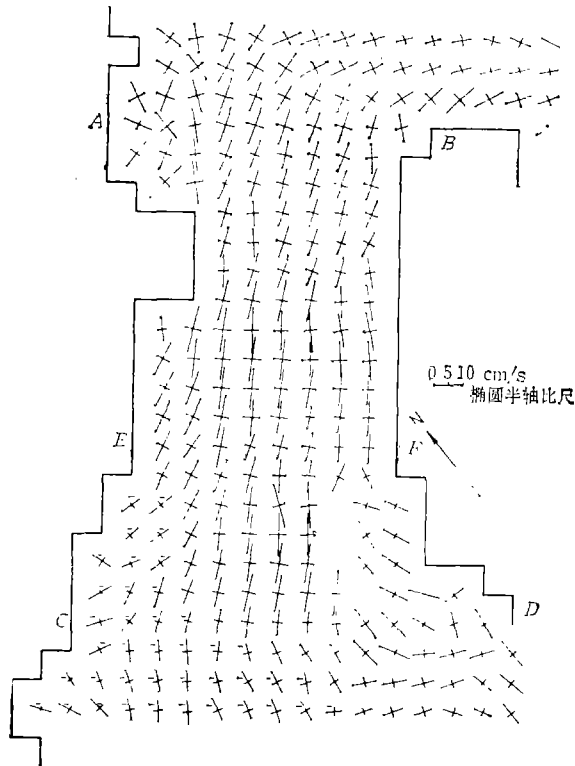


图 2 K_1 潮流椭圆图(表层)

——表示椭圆作顺时针旋转。

2. 垂直分布

计算结果表明, 台湾海峡中 K_1 潮流垂直结构的特征与半日潮流的不完全相同。我们绘制了断面 EF(见图 2)上几个计算点的 K_1 潮流垂直变化图(图 3)。比较图 3 和文献[2]的图 8, 可以看出 K_1 潮流的垂直变化与 M_2 和 S_2 潮流的垂直变化有如下不同的特点: (1) 与 M_2 和 S_2 相比, K_1 分潮流的最大流速随深度的增加而减小得较慢; (2) K_1 分潮流最大流速发生时刻随深度增加而提前的量比 M_2 和 S_2 的要大; (3) K_1 分潮流最大流速方向随深度的增加而不断向左偏, 而 M_2 和 S_2 潮流的最大流速方向随着深度的增加在水柱上层是向右偏, 在下层则向左偏。上述(2)和(3)是由于 K_1 分潮的频率与惯性频率接近, 而 M_2 和 S_2 的频率比惯性频率大得多的缘故(参见文献[3]和[4])。

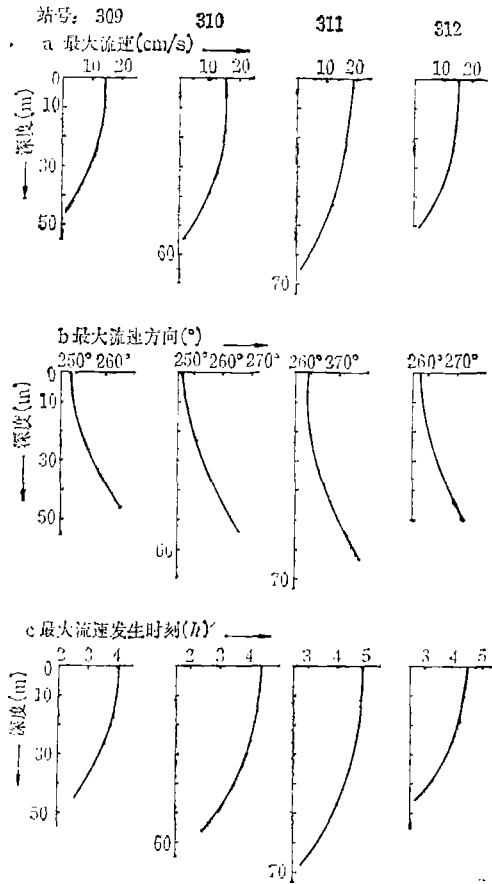


图3 K_1 分潮流垂直变化

- a. 最大流速垂直分布；b. 最大流速方向的垂直变化；
- c. 最大流速发生时刻的垂直变化。

四、能 量

我们的讨论基于协振潮，并假定天体引潮力是可忽略的。因此，台湾海峡的潮波能量主要是由外海传入的。我们选取了断面 AB 和 CD (见图 2)，以便讨论台湾海峡区域 K_1 分潮波能量的来源、传播和耗散情况。利用潮位和潮流计算了各点单位宽度的能量流以及通过整个断面的能量，所得结果列于表 2 和表 3。

另外，表 4 列出了台湾海峡中 K_1 潮波能量输入、输出和耗散。为便于比较，还列出了 M_2 和 S_2 的相

表 2 K_1 潮波通过 AB 断面各站单位宽度的能量流 (10^{-7}J/s/cm) 和通过整个断面的能量 (10^{-7}J/s)

站号	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	通过 AB 断面的能量
能量流	0.0014×10^9	0.2068×10^9	0.4249×10^9	0.7821×10^9	0.7061×10^9	0.8293×10^9	0.5374×10^9	0.7254×10^9	0.6775×10^9	0.7169×10^9	1.0599×10^{10}

表 3 K_1 潮波通过 CD 断面各站单位宽度的能量流 (10^{-7}J/s/cm)
和通过整个断面的能量 (10^{-7}J/s)

站号	225	226	227	228	229	230	231	232	233
能量流	-0.0931×10^9	-0.2146×10^9	-0.2487×10^9	-0.2667×10^9	-0.1657×10^9	-0.2705×10^9	-0.2931×10^9	-0.2226×10^9	-0.2620×10^9
站号	234	235	236	237	238	通过 CD 断面的能量			
能量流	-0.6139×10^9	-0.4466×10^9	-0.6480×10^9	-0.5606×10^9	-0.4905×10^9	-0.8137×10^{16}			

应数值(根据文献[2])。由表 4 可以看出, M_2 潮波输入的能量为 K_1 潮波输入的 30 多倍, S_2 潮波输入的也为 K_1 潮波的 4 倍。但是, 其耗散都比 K_1 潮波的大得多, M_2 潮波耗散的能量占输入能量的 65%, S_2 的相应值为 88%, 而 K_1 的相应值仅为 23%。因此, 尽管 K_1 潮波输入的能量少, 但由于耗散少, 故 K_1 潮波能够传播通过台湾海峡。

表 4 台湾海峡中不同分潮波能量的输入、输出和耗散 (10^{-7}J/s)

分潮	K_1	M_2	S_2
输入能量	1.0599×10^{16}	0.3106×10^{18}	0.3792×10^{17}
输出能量	0.8137×10^{16}	0.1082×10^{18}	0.0446×10^{17}
耗散能量	0.2462×10^{16}	0.2023×10^{18}	0.3346×10^{17}
耗散/输入	23%	65%	88%

参 考 文 献

- [1] 丁文兰, 1983. 台湾海峡潮汐和潮流的分布特征. 台湾海峡 2(1): 1—8.
- [2] 叶安乐, 陈宗镛、于宜法, 1985. 台湾海峡及其附近海域的三维半日潮波的数值研究. 海洋与湖沼 16(6): 439—450.
- [3] 叶安乐, 1984. 分潮流最大流速发生时刻随深度变化的特征. 海洋通报 3(2): 1—8.
- [4] 叶安乐, 1984. 潮流椭圆长轴方向随深度变化的特征. 海洋湖沼通报 2: 1—6.
- [5] 陈新忠, 1983. 台湾海峡及其两岸沿海的潮流. 海洋通报 2(2): 16—24.
- [6] 陈宗镛, 1980. 潮汐学. 科学出版社, 74—80 页.

THE NUMERICAL INVESTIGATION OF THREE-DIMENSIONAL DIURNAL WAVE IN THE TAIWAN STRAIT

Ye Anle and Ye Jianhua

(Shandong College of Oceanology, Qingdao)

ABSTRACT

Three-dimensional diurnal wave in the Taiwan Strait is studied numerically. The cotidal chart for K_1 constituent shows that the K_1 wave in the Strait has the feature of the Kelvin wave. The vertical structures of K_1 and M_2 currents are compared and discussed. The main differences between them are as follows:

(1) the change of the time of the K_1 maximum velocity with increasing depth is faster than that of M_2 maximum velocity; (2) for K_1 the direction of the maximum velocity at lower layer deviates to the left of that at upper layer, for M_2 the same is true only in the lower part of water column, in the upper part the situation is opposite. The study of energy shows that the input of K_1 wave energy is much less than that of M_2 wave energy, however, K_1 wave energy dissipation in the Strait is only about 23% of input energy, therefore the weak K_1 wave is able to propagate through the Strait.