

北海港湾日潮波的数值模拟*

李树华 陈文广

(广西海洋研究所)

摘 要

本文利用数值方法,模拟了北海港湾的全日潮波。计算结果表明,北海港是一个强潮海区,潮流一般为30厘米/秒,湾内没有形成独立的潮波系统;潮余流在湾内出现了8个涡旋区,其流速一般为0.5—4厘米/秒。本项计算结果与实测结果基本相符。

北海港是广西的一个主要港口,也是大西南的主要出海门户。随着北海市的对外开放及经济建设的迅速发展,北海市的海运事业及水产捕捞业也有了可喜的变化,出入北海港湾的船只越来越频繁。为了船只出入港口的安全,进一步摸清港湾内的流场变化情况,具有一定的现实意义。基于这一出发点,我们利用数值的方法,模拟了北海港湾的潮汐及潮流,进而分析了流场的时空变化,以便供有关单位作为参考依据。

北海港位于北部湾顶,是一个天然良港,主航道沿湾东岸一直延伸至地角附近,湾顶的南流江口一带是一片浅滩。其潮汐及潮流的变化都较为复杂,是一个较典型的全日潮海区。故在计算中,我们仅对该湾的全日潮波进行了模拟。根据模型的计算结果,经与实测资料比较,二者的变化趋势基本一致。由此说明本项的计算效果是较为理想的。

一、计算方法

(一) 潮波动力学方程

在笛卡尔直角坐标系下,潮波动力学方程组取如下形式:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - fv = -g \frac{\partial \xi}{\partial x} - \frac{k(u^2 + v^2)^{1/2} \cdot u}{h + \xi} \quad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + fu = -g \frac{\partial \xi}{\partial y} - \frac{k(u^2 + v^2)^{1/2} \cdot v}{h + \xi} \quad (2)$$

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} [(h + \xi)u] + \frac{\partial}{\partial y} [(h + \xi)v] = 0$$

* 彭云胜同志帮助清绘文中插图,特此致谢。

式中 t 为时间, x, y 分别为指向东和指向北的直角坐标轴, ζ 为未扰动海面起算的潮位高度, h 为未扰动水深, g 为重力加速度, f 为柯氏参量, k 为海底拖曳系数, u, v 分别为 x, y 方向的潮流垂向平均分速,其定义为,

$$u = \frac{1}{h + \zeta} \int_{-h}^{\zeta} u(z) dz \tag{4}$$

$$v = \frac{1}{h + \zeta} \int_{-h}^{\zeta} v(z) dz \tag{5}$$

(二) 边界条件及初始条件

在港湾南部及西部开边界上,取垂直于开边界的速度分量变率为零;潮位则根据海上实测潮位过程及沿岸验潮资料,求出其潮汐调和常数,然后按线性内插到各个计算点上。强迫潮位的表达式为:

$$\zeta(t) = \frac{(H_{k1} + H_{o1})}{2} \cos(\sigma t - G) \tag{6}$$

式中, H_{k1} 及 H_{o1} 分别为 k_1 和 o_1 分潮的振幅; $\sigma = (\sigma_{o1} + \sigma_{k1}) / 2$, σ_{o1}, σ_{k1} 分别为 o_1 及 k_1 分潮的圆频率; $G = (G_{o1} + G_{k1}) / 2$, G_{o1} 及 G_{k1} 为 o_1 及 k_1 分潮的迟角。

在闭边界处,取平行于 y 轴边界上的分速 $u = 0$,而平行于 x 轴边界上的分速 $v = 0$ 。

在初始时刻,假定整个计算域的水体均处于静止状态,即:

$$u|_{t=0}, \quad v|_{t=0} = 0, \quad \zeta|_{t=0} = 0$$

(三) 有关参数的选取

本项计算中,底摩擦系数 k 取 0.0022 ,柯氏参量 $f = 5.41 \times 10^{-5} / \text{sec}$,空间网格间距取 800 米,时间步长 90 秒,各计算点水深值根据海图水深按线性内插给出。

本项计算范围包括 $20^\circ 22' - 21^\circ 36' N, 108^\circ 58' - 109^\circ 10' E$ 。具体网格布置见图1。

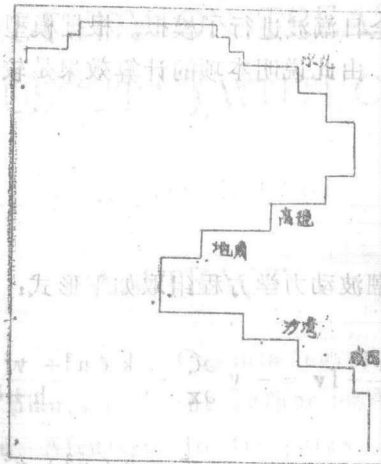


图1 计算区域示意图

图1 计算区域示意图

二、计算结果分析

根据上述模式，我们共进行了6个潮周期的计算。兹将第6潮周期的有关计算结果简述如下。

(一) 潮位

图2是 $(k_1 + o_1) / 2$ 潮汐等振幅及等迟角线分布图。从图中可以看出，在湾口东部的咸田一带，最早出现高潮，而湾顶的水儿沿岸则最晚出现高潮。高潮时总的分布趋势是由湾口向湾顶逐渐推迟，二者时间差一般不超过半小时。潮振幅由西南向东北递增，湾口西南部潮振幅为92厘米，而湾顶则达100厘米，二者之差约8厘米。

(二) 潮流

潮流的主要流向大体与岸向平行。在咸田及水儿沿岸一带，潮流椭圆长轴多呈东南—西北向；地角附近及西部海区则呈西南—东北向。椭圆长轴一般在0.2—0.4米/秒，而短轴一般不超过0.1米/秒。潮流椭圆率约为0.12左右，故其潮流特征主要为往复流。潮流的旋转方向除水儿附近为逆钟向旋转外，其余为顺钟向旋转（见图4）。

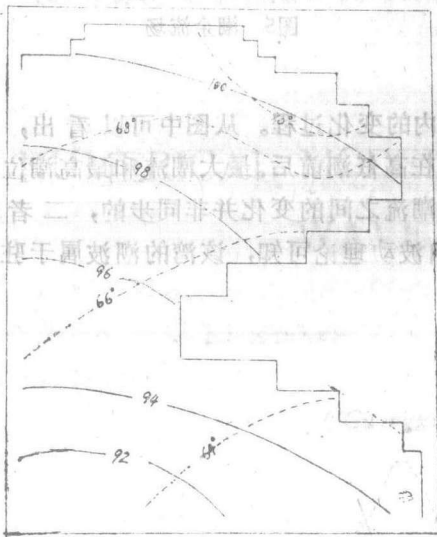


图2 $(k_1 + o_1) / 2$ 潮汐的等振幅及等迟角线

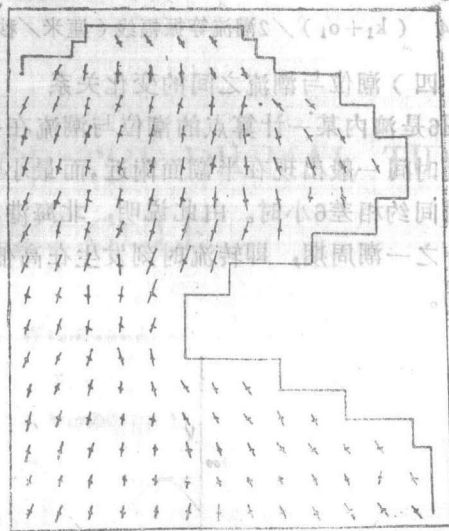


图3 $(o_1 + k_1) / 2$ 潮流椭圆长短轴分布

从潮流等振幅线分布图（图4）中可以看出，在港口主航道附近出现一个强流区，最大潮流超过40厘米/秒。湾口流速一般在20厘米/秒左右，湾顶约25厘米/秒。最大潮流发生时间由湾口向湾顶逐渐推迟。

(三) 潮余流

北海港湾的潮余流，在余流当中占有较重要的地位，其量级几乎与实测余流相当，一般在0.5—4厘米/秒，最大可达12厘米/秒。从图5可以看出，湾内潮余流的分布和变化较为复杂，共出现了8个较明显的涡旋区，其中，5个为顺钟向，3个为逆钟向。No.1涡旋中心位于沙湾沿岸，为顺钟向涡旋，No.2（顺钟向）和No.3（逆钟向）位于地角沿岸，No.4（逆

钟向)和No.5(顺钟向)位于港口主航道附近;No.6—8位于湾顶, No.6和No.8为顺钟向, No.7则为逆钟向。

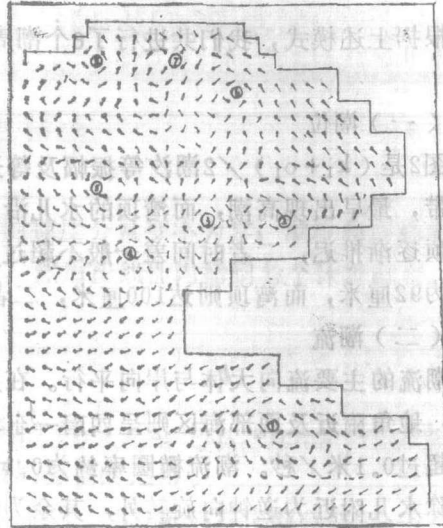
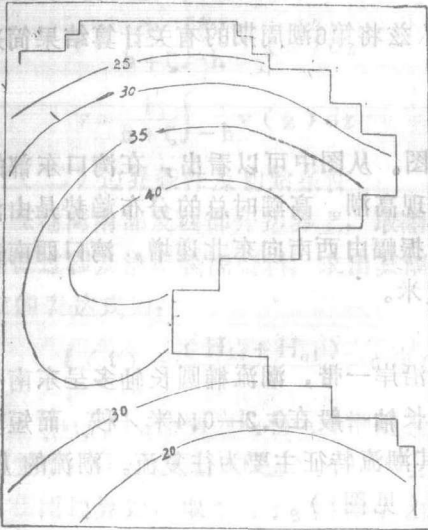


图4 $(k_1 + o_1) / 2$ 潮流等振幅线(厘米/秒)

图5 潮余流场

(四) 潮位与潮流之间的变化关系

图6是湾内某一计算点的潮位与潮流在一个潮周期内的变化过程。从图中可以看出, 最大潮流时间一般出现在半潮面附近, 而最小潮流则出现在高低潮前后。最大潮流和最高潮位的出现时间约相差6小时。由此说明, 北海港湾的潮汐与潮流之间的变化并非同步的, 二者相差四分之一潮周期, 即转流时刻发生在高低潮前后。由波动理论可知, 该湾的潮波属于驻波式振动。

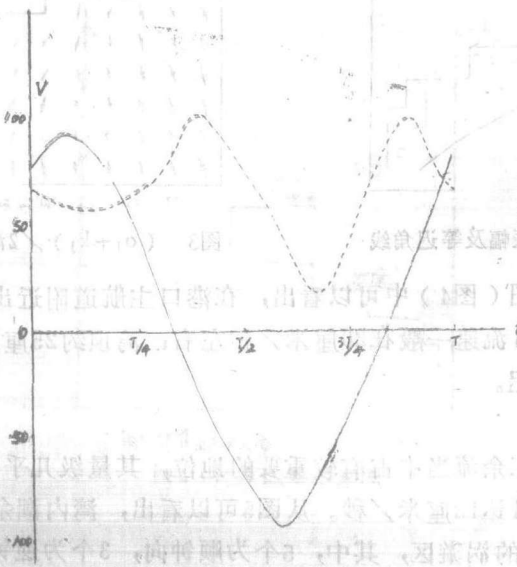


图6 潮位与潮流在一个潮周期内的变化过程

三、结 语

上述计算结果表明，北海港湾是一个强潮海区，最大潮流超过40厘米/秒。湾内没有形成独立的潮波系统，潮波的振动主要靠湾外的波能所维持，并且具有明显的驻波特征。潮流在湾中的变化也较为复杂，形成了许多小涡旋。

本项计算仅对全日潮波进行了模拟，为了更进一步摸清该湾的潮波变化情况，输入更多的分潮，以便模拟潮波的整个变化过程是十分必要的；同时，采用大网格嵌套小网格的方法来进行计算，能较好地逼近海岸边界，对计算精度的提高也是有益的，这些有待今后进一步深入研究。

主要参考文献

- [1] 陈宗镛，潮汐学，科学出版社，1980
- [2] 沈育疆，东中国海潮汐数值计算，海洋文集，1981，(2)
- [3] 俞慕耕，南海潮汐特征的初步探讨，海洋学报，1974，6(3)
- [4] 李树华，北部湾潮汐数值模拟试验，热带海洋，1986，5，(3)

NUMERICAL MODELING FOR THE DIURNAL TIDE WAVE IN BEIBU GULF

Li Shuhua

Chen Wenguang

(Guangxi Institute of Oceanology)

ABSTRACT

The diurnal tidal wave in Beihai Gulf was modeled with the numerical method in this paper. The result shows Beihai Gulf belongs to strong current sea region. The speed of tidal current is about 30cm/sec.. There is not independent tidal system for forming diurnal tidal wave in the gulf, but there are eight eddies induced by tidal residual current in the gulf. Its velocity is about 0.5-4cm/sec.. Basically the calculation tallies with the observation.