

石臼港潮流数值模拟试验

黄祖珂

(青岛海洋大学)

乔宝根

(交通部第一航务工程勘察设计院)

张就兹 孙学信 纪再华

(青岛海洋大学)

计算方法

如图(3)所示,石臼港面临广阔的海域,曲线表示岸线,A、B、C、D为岸线格网点。二期工程拟从A点至E点修建码头和防波堤。建成后港内X方向最大距离为5100米,Y方向在湾口处为2600米。三期工程如图(5)所示,湾口宽为500米。

二、三期工程建成后,港内的潮流流场必将发生巨大的变化。建港前预知建港后的潮流及潮汐余流的变化情况对于建港工作是至关重要的。为此,我们在预计修建堤坝的末端,即在湾口外侧的E点进行潮位观测,进行调和分析,求得 M_2 、 S_2 、 K_1 、 O_1 分潮的调和常数。认为像石臼港这样面临黄海开阔的海域,修建A至E点的堤坝后,对于E点的潮位没有形成很大的影响,即近似地认为E点的潮位不变。而湾口靠岸侧的D点,由于受AE堤坝的影响,必将产生变化。至于建坝后的港内潮流流场更会产生极大的变化,鉴于此,我们以E点的调和常数为标准,给以不同的迟角差,对港内进行数值模拟试验。

本文依据Leendertse(1970)提出的二维单层流体动力学数值模式,采用隐式方向交替法进行数值计算[1][2]。其动力学方程为

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - fv + g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + g \frac{u \sqrt{u^2 + v^2}}{(\zeta + H) c^2} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + fu + g \frac{\partial \zeta}{\partial y} + g \frac{v \sqrt{u^2 + v^2}}{(\zeta + H) c^2} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} [(\zeta + H)u] + \frac{\partial}{\partial y} [(\zeta + H)v] = 0 \quad (3)$$

式中 ζ 表示潮位,u、v分别表示x、y方向上自海面至海底的平均流速,f为柯氏参量,

$C = \frac{1}{n} H^{1/6}$ 为谢才系数,H为自平均海面至海底的水深,取 $n = 0.020$ 。

本计算选用的网格步长 Δs 及时间步长 Δt 为

	二期港区	三期港区
Δt	120秒	60秒
Δs	200米	100米

1988年1月22日收到初稿,1988年3月17日收到修改稿。

该海区为正规半日潮性质。通过数值模拟,计算港内平均大潮期间的潮流流场。依下式

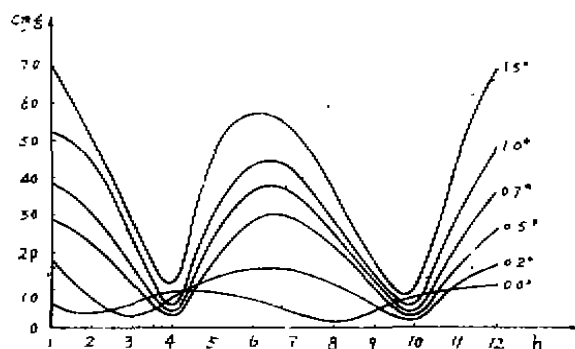
$$\xi(t) = (H_{M2} + H_{S2}) \sin(\sigma_{M2}t - \xi_{M3}) \quad (4)$$

提供湾口开边界各点的强迫水位。

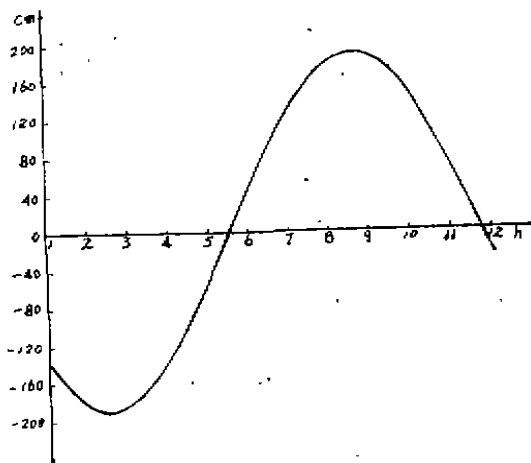
计算结果

图(3)E点的迟角 ξ_{M2} 为已知,D与E点的迟角差为 Δg 。分别取 Δg 为 0.0° , 0.1° , 0.2° , 0.3° , 0.5° , 0.7° , 1.0° , 1.5° , 2.0° 进行数值模拟试验。从计算结果来看,对所有的 Δg ,得到的潮流流场均是湾口的流速最大,越靠近湾底流速越小,湾底为零。就某一地点来看,湾口两侧的迟角差 Δg 越大,流速也越大。图(1)给出了湾口外侧处E点附近对应于不同 Δg 值的流速曲线图,可以看出,湾口两侧的迟角差为零度时,最大流速为11厘米/秒,迟角差为 0.7° 时,最大流速为39厘米/秒,迟角差为 1.5° 时,最大流速为70厘米/秒。差值越大,流速越大。迟角差对流速的影响,远大于选取不同的糙度系数 n 对潮流的影响。

图(2)绘制了二期港区湾口外侧处的潮位曲线。由于整个港区的潮汐迟角差只有一度左右,因而该点的潮汐曲线可以近似地代表石臼港验潮站以及港内任一点的潮汐曲线。图中纵轴表示潮位,横轴表示时间, $t = 1, 2, \dots, 12$ 时是对应于(4)式的时间。图(3)至图(6)所标明的时间与此类同。图(2)指出, $t = 2.5$ 时发生低潮, $t = 8.7$ 时发生高潮。 $t = 7$ 时相当于石臼港高潮前1.7小时,其余依此类推。



图(1) 湾口两侧迟角差与流速的关系图

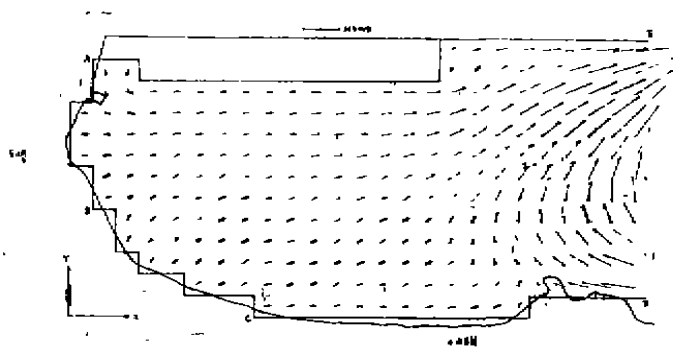


图(2) 石臼港平均大潮潮位曲线图

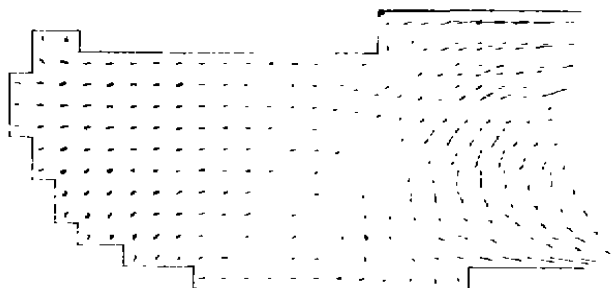
该海区建港前最大涨潮流出现在石臼港高潮前2—3小时,最大落潮流出现在高潮后2—3小时。潮流呈逆时针旋转形式。可以认为,建港后湾口外侧E点附近的流速以及最大涨、落潮流出现的时间应该接近于建港前的情况,而潮流流向会产生极大的变化。鉴于此,从图(1)及全部的计算结果来看,取 $\Delta g = 0.7^\circ$, $n = 0.020$ 的模拟结果作为建港后的流场是比较合理的。图(3)、(4)绘出了 $\Delta g = 0.7^\circ$, $t = 1$ 及 $t = 7$ 时的流场分布图。从 $t = 1$ 至12时的流

场图来看, 在 $t = 1 - 2$ 时的落潮过程中, 港内的海水总的趋势是自左而右向外海流动, 港内与港外的流向相反, 只有湾口靠岸侧的流向与外海相同, 外海潮流沿岸边流入湾内, 随同湾内的落潮流一同从湾口的外侧流出湾外, 再继续向左流动。

从 $t = 3 - 8$ 时, 是涨潮过程, 总的趋势是海水向湾内流动, 但由于外海涨潮流的影响, 湾口靠岸侧的海水向港外流动, 这符合外海涨潮的趋势。在 $t = 6.7$ 时的流速最大, 此时对应于高潮前 2 小时左右。从 $t = 10 - 12$ 时是落潮过程, 海水从湾内流向湾外, 其流场分布与 $t = 1 - 2$ 时类同。

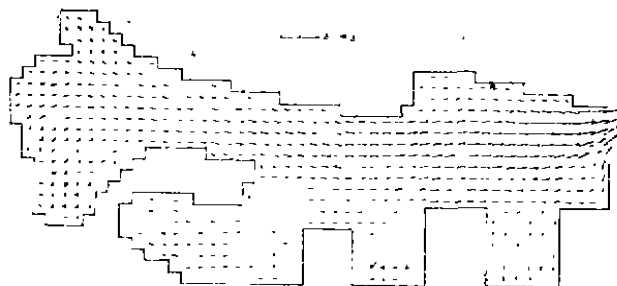


图(3) 二期港区潮流流场图 ($t = 1$)

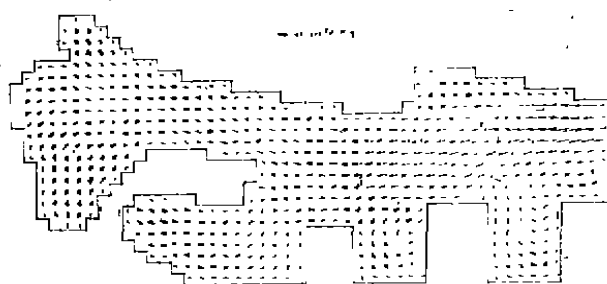


图(4) 二期港区潮流流场图 ($t = 7$)

二期工程建成后, 港内中部各点的潮流仍呈显逆时针方向旋转, 与建港前相同。最大涨潮流出现在石臼港高潮前 2 小时多, 最大落潮流出现在高潮后 2—3 小时。潮流流速与流向与建港前不同。

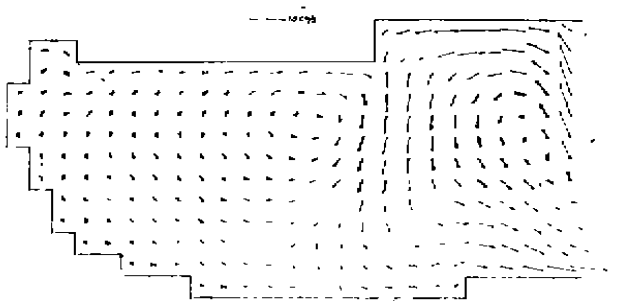
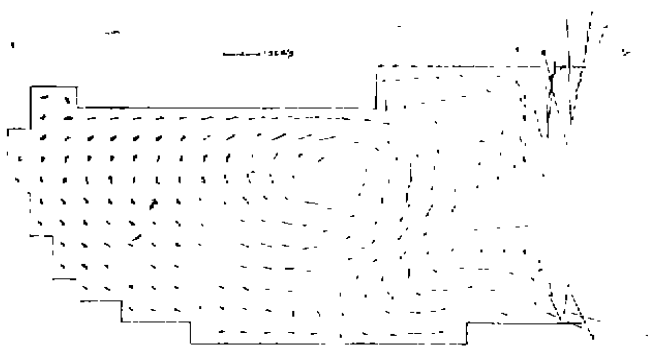


图(5) 三期港区潮流流场图 ($t = 1$)

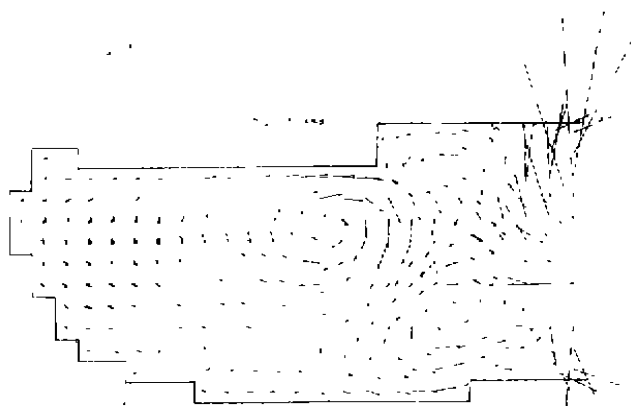
图(6) 三期港区潮流流场图 ($t=7$)

图(5)、(6)是三期港区 $t=1$ 及 $t=7$ 时的流场图。由于三期港区的湾口仅500米,取两侧的迟角差 $\Delta g=0.2^\circ$ 。三期港区湾口狭小,港内地形复杂,港内潮流更加受限于地形的影响。但涨落潮流的规律与二期港区的潮流规律相接近,湾口两侧不存在流向相反的情况,港内有时产生小的涡旋,例如 $t=2, 7, 8$ 时均有发生。

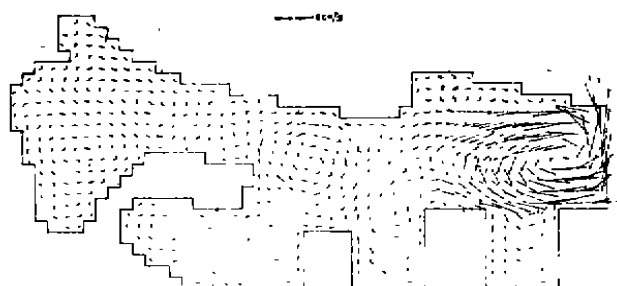
二期港区的潮汐余流受湾口迟角差的影响很大。图(7)~(9)是迟角差 $\Delta g=0.3^\circ, 0.7^\circ, 1.0^\circ$ 时的余流图。可以看出余流流速值随迟角差的增大而增大。在港内中部均有一个顺时针旋转的涡旋,靠湾口处有一个逆时针旋转的涡旋。取迟角差为 0.7° 的余流场作为建港后的余流场。湾口的余流流速为4厘米/秒左右,港内中部为1厘米/秒左右,湾底为零。

图(7) 二期港区 $\Delta g=0.3^\circ$ 的余流场图(8) 二期港区 $\Delta g=0.7^\circ$ 的余流场

本文插图由臧美玲同志绘制,特此致谢。



图(9) 二期港区 $\Delta g = 1.0^\circ$ 的余流场



图(10) 三期港区 $\Delta g = 0.2^\circ$ 的余流场

图(10)是三期港区的潮汐余流图,有七个涡旋,以湾口处的逆时针涡旋和中部的顺时针涡旋最为明显,其流速分别为2—3厘米/秒、1厘米/秒左右。港内涡旋流速虽然很小,但湾底的潮流也很小,因此港内的涡旋仍不可忽视。

参 考 文 献

- [1] 王化桐、方欣华等,胶州湾环流和污染扩散的数值模拟, I. 胶州湾潮流数值计算。《山东海洋学院学报》, 1980, Vol.10, No.1, 26—63。
- [2] Leendertse, J.J., A water-quality simulation model for well-mixed estuaries and coastal seas. vol. 1, Principles of computation. Rand Corporation, RM—6230—RC.1970.P 1—71。

NUMERICAL SIMULATION OF THE TIDAL CURRENT IN THE SHIJU HARBOUR

Huang Zuke

(Ocean University of Qingdao)

Qiao Baogen

(The First Design Institute of Navigation Engineering)

Zhang Jiuzi Sun Xuexin Ji Zaihua

(Ocean University of Qingdao)

Abstract

In this paper, the distributions and changes of the tidal current and tide-induced residual current in Shiju Harbour are computed using the ADI method based on two-dimensional nonlinear tidal wave equations after the second and third stage projects of the Shiju Harbour will have been constructed. The influence of the tidal phase difference between two sides of the bay mouth on the tidal current and tide-induced residual current in Shiju Harbour is studied.

1988年第2期增殖对虾受鱼类危害的初步研究中的表达式为

$$P = \frac{1}{\sum_{i=1}^n n_i} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_i} K_{ij} - \frac{h}{H_{ij}} \frac{d}{D_{ij}}$$