

廉州湾潮流和风海流的数值计算 Numerical Calculation about the Tidal Current and Wind Current in the Lianzhou Bay

陈波
Chen Bo

侍茂崇
Shi Maochong

(广西海洋研究所
北海市南珠东路 536000)
(Guangxi Institute of Oceanography,
East Nanzhu Road, Beihai, Guangxi, 536000)

(青岛海洋大学 青岛市
鱼山路5号 山东 266003)
(Ocean University of QingDao,
QingDao, Shandong, 266003)

摘要 对廉州湾潮流及风海流的数值计算结果显示,廉州湾落潮流大于涨潮流,最大落潮流速78 cm/s,最大涨潮流速55 cm/s,强流区位于北海市地角镇以外海域。风海流随风向不同而改变,当海面盛行西南风时,海水流向湾内东北部,至湾顶沿岸后返向西南流动,当海面盛行东风及东南风时,海水又向西流动。以上结果与实测资料基本吻合。

关键词 潮流 风海流 数值计算 廉州湾

Abstract According to the numerical calculation of tidal current and wind current of Lianzhou Bay, the ebb current velocity is greater than the flood current velocity. And the maxima ebb is 78 cm/s, flood 55 cm/s. The strong current zone lies in the sea area out of the town of Dijiao. Wind current changes with wind direction. As southwest wind blowing, sea water flows to the northeast of the Bay, and changes to flow to the southwest after it reaches the shoreline of the Bay head. While east wind and southeast wind blowing, it flows to west. The above results are almost in accordance with the survey data.

Key words tidal current, wind current, numerical calculation, Lianzhou bay

廉州湾位于广西沿岸的中部。相间于南流江三角洲与北海港,行政上分属于合浦县和北海市管辖。廉州湾略呈半圆形,湾北为南流江三角洲,湾东为陆岸所围,湾口为开阔的北部湾,宽度从南起北海市冠头岭至大风江东岸大木城嘴。沿陆岸线长78.8 km,海湾面积为237 km²,湾内平均水深5 m,最大水深10 m,于北海市冠头岭至外沙沿岸深槽处。廉州湾的最大特点是滩面大,退潮时露出大片沙滩,风浪影响减弱,海流也随着水面变窄而有所改变。

1 计算基本原理和方法

1.1 连续方程和运动方程

用以进行潮流和风海湾数值计算的潮波基本方程为

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(Hu) + \frac{\partial}{\partial y}(Hv) = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - fv - \frac{\tau_x(\zeta)}{\rho H} + Ku(u^2 + v^2)^{1/2}/H + g \frac{\partial \zeta}{\partial x} = 0, \quad (2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} - fu - \frac{\tau_y(\zeta)}{\rho H} + Kv(u^2 + v^2)^{1/2}/H + g \frac{\partial \zeta}{\partial y} = 0. \quad (3)$$

式中 ζ 为平均海面起算的海面高度; u, v 分别是海底至海面流速平均值的东、北分量; $H = \zeta + h, h$ 是平均海面至海底的水深; f 为柯氏参量; K 为底摩擦系数; $\tau_x(\zeta), \tau_y(\zeta)$ 为海面风应力在 x, y 方向上的分量。

1.2 潮流数值计算方法

计算潮流场时,不计风的影响,即风应力 $\tau X(\zeta) = \tau_y(\zeta) = 0$,对连续方程和运动方程进行有限差分,

依据得到的差分方程进行数值计算。

①所使用的水深图为1:5万的高德6-49-87。滩涂地带部分为1985年实测。计算域为图1显示的从冠头岭至大面墩一线与岸线所围的海域，网格点间距 $\Delta x = \Delta y = 500 \text{ m}$ 。

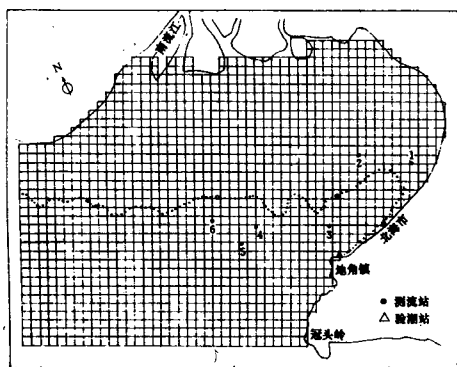


图1 (a) 测流站位图

Fig. 1 (a) Observed current chart

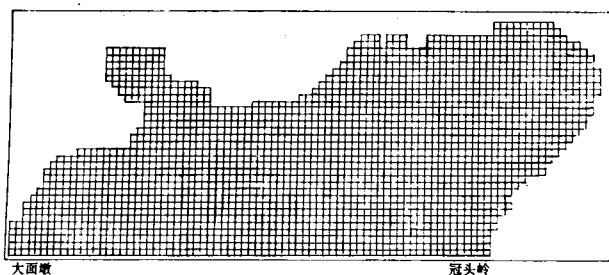


图1 (b) 计算域网格点

Fig. 1 (b) Calculation regions

②廉州湾的滩涂面积太大，我们采用变动的固体边界进行数值计算。每一时间步长判断一次计算点的干、湿情况，以确定新的固体边界。

③取固体边界的法向流速为零，开边界的强迫水位依 (4) 式计算。

$$\zeta(t) = (H_{o1} + H_{i1})\cos[(\sigma_{o1} + \sigma_{i1})/2t - (d_{o1} + d_{i1})/2 - (g_{o1} + g_{i1})/2] + H_{M2}\cos(\sigma_{M2}t - d_{M2}^0 - g_{M2}) \quad (4)$$

(4) 式中第1项为日周期，它的振幅为 O_1 与 K_1 分潮的平均振幅之和，它的角速度 $\sigma_1 = (\sigma_{o1} + \sigma_{i1})/2 = 14.492052^\circ/\text{h}$ ，对应的周期为 24.8412 h，第2项 $\sigma_{m2} = 28.984104^\circ/\text{h}$ ，它的周期为 12.4206 h，两者的周期成倍数关系，因而在数值计算中取 24.8412 h 作为计算周期，对日周期潮流和半日周期潮流均得正确的潮汐余流。第3项 d^0 为大潮测流日的天数变量。

④计算周期长波为 $T_{m1} = 24.8412 \text{ h}$ 。显式求解潮波差分方程，其时间步长间隔满足 $\Delta t < \frac{\Delta S}{\sqrt{2gh_{\max}}}$ ，取 $\Delta t = 16.06112 \text{ s}$ ，内格点初值 $\zeta = u =$

$v = 0$ ，计算5个潮周期后即达稳定。

1.3 风海流数值计算方法

计算风海流时仍依据式(1)，(2)，(3)，将潮流、潮汐余流和风海域一同计算，因而在上述潮流数值计算的方法上，再令风应力

$$\vec{\tau}(\zeta) = \rho_a C_D |\vec{W}| \vec{W} \quad (5)$$

式中 W 为海面上的风速， C_D 是摩擦系数， ρ_a 是空气密度。

2 计算结果与分析

2.1 潮流数值计算结果

图2是数值计算得到的 $(K_1 + O_1)$ 的等振幅线(实线)和等迟角线(虚线)图。可以看出廉州湾的日潮波的同潮时线是由东往西传播的，这与 m_1 日分潮波分布结果相一致。图2显示，日周期的振幅由冠头岭向东递增。增加的量值与实测(北海站与短期站的同步一个月验潮)相一致。

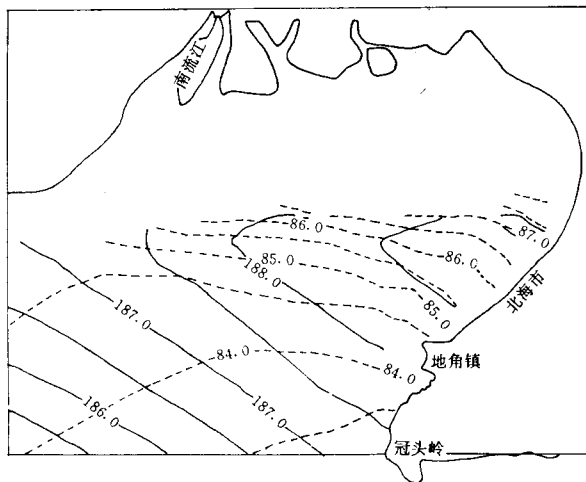


图2 $K_1 + O_1$ 的等幅线(实线，单位：cm)等迟角线(虚线，单位： $^\circ$)

Fig. 2 The equal amplitude line and equal epoch line about O_1 component tide and K_1 component tide

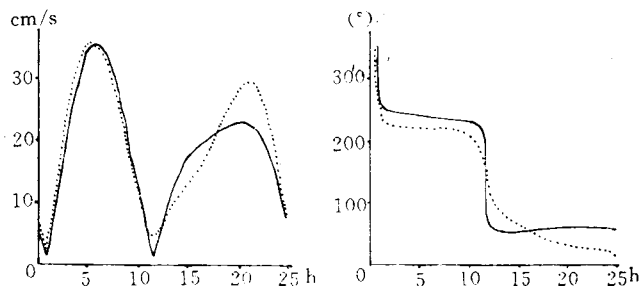


图3 1号站流向、流速曲线图

Fig. 3 No. 1 current curve about the velocity and direction —: 数值计算, Calculation value,: 实测 Observed value)

图3、4、5是图1所示1、3、5号站的数值计算和实测的潮流流向、流速曲线图。其中实线表示数值计算结果，虚线表示利用潮流调和常数按(4)式计算潮流北、东分量后，合成的流向、流速曲线。由于依(4)式计算的水位包括日周期和 m_2 分量潮的量值，因而数值计算得到的潮流场中也包含有相应的量值。数值计算的潮流表示可以自海面至海底的平均流速，图5的实测流速系依据表层值按附近两站流速的垂直结构订正得到的中层流速。

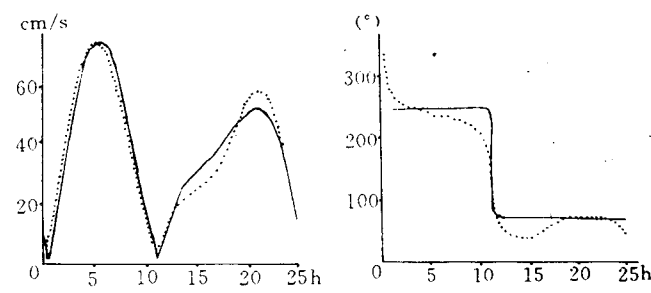


图4 3号站流向、流速曲线图
 Fig. 4 No. 3 current curve about the velocity and direction
 —: 数值计算, Calculation value, - - -: 实测 Observed value)

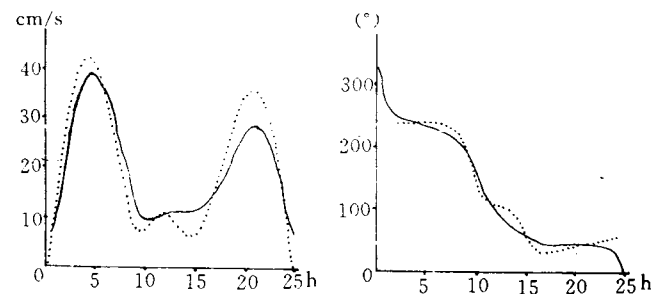


图5 5号站流向、流速曲线图
 Fig. 5 No. 5 current curve about the velocity and direction
 —: 数值计算, Calculation value, - - -: 实测 Observed value)

由计算结果得出高、低潮时为转流时刻；落潮流大于涨潮流；强流区位于北海市和地角镇的外面海域。此处的最大落潮流速为78 cm/s，最大涨潮流速为55 cm/s，相差达23 cm/s(图3)。湾内潮流为来复流变化形式。

2.2 风海流数值计算结果

图6是针对1993年7月2日至7月3日大潮期间的大潮及风场计算的风海流结果。其流速为5 cm/s左右。该日平均风速为4.4 cm/s，平均风向为208°(西南风)。在风力作用下产生的风海流大于非线性效应产生的潮汐余流，因而该海区大部分海区的流向为东和东南方向，至东部岸边沿岸线向西南流动。这一趋势与该日实测余流总趋势基本一致。

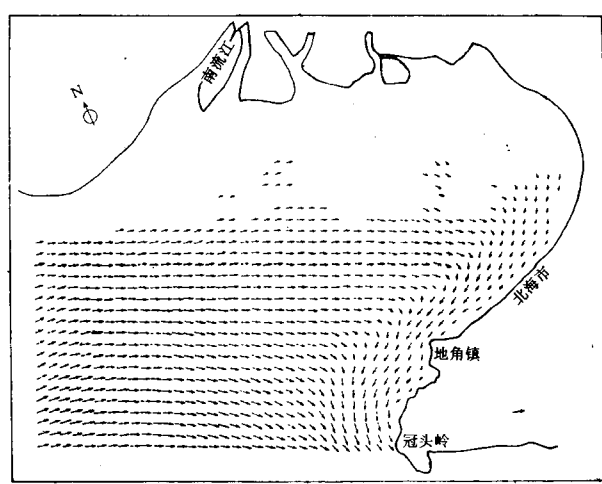


图6 风海流及潮汐余流合成流场图(原场,西南风,大潮)
 Fig. 6 Compound curves about the wind current and tidal residual current(NS, big tide)

图7是针对1993年7月9日至10日计算的风海流，该日平均风速为4.1 cm/s，风向为117°，在东风作用下，整个海区的风海流朝西北及西向流动，这与该日实测余流趋势相一致。

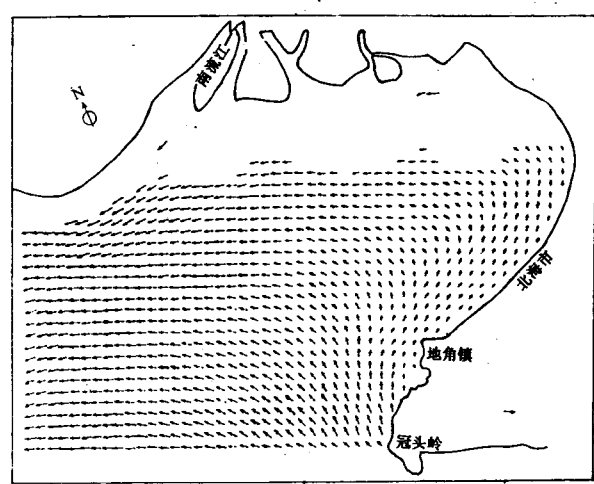


图7 风海流及潮汐余流合成流场图(原场,西南风,中潮)
 Fig. 7 Compound curves about the wind current and tidal residual current(E, middle tide)

2.3 分析

2.3.1 实测资料分析

根据1993年7月2日至3日大潮测流期间，以及7月9日至10日中潮测流期间的实测值，该湾的潮汐为正规日潮性质，而潮流为不正规日潮流性质。最大涨潮流速出现在高潮前4 h左右，最大落潮流出现在高潮在4 h~6 h。落潮流大于涨潮流，这与该海区落潮时间短、而涨潮时间长的现象相一致，测流期间实测最大落潮流为104 cm/s，西南向。实测最大涨潮流速为88 cm/s。

中潮期间实测流速与大潮期间的流速比值为

0.57~0.73, 这两天的潮差之比为0.63, 说明了潮流与潮差大体上成正比关系。小潮期间, 在太阴日内存在两个潮汐、潮流周期, 虽然在小潮期间, 其潮差与大潮潮差的比值很小, 但是小潮与大潮的潮流比值应大于潮差比值。

实测资料还表明, 该海区余流以风海流为主导地位, 在西南风的作用下, 海水向廉州湾的东北部流动, 至湾底沿岸线返向西南流动, 直到流出湾外, 而在东风、东南风的作用下, 海水大体上向西流动, 因此不同日期所测的余流是不同的。

2.3.2 计算结果分析

取计算格点距离为500 m, 以冠头岭至大面墩所围的廉州湾作为计算域。由于廉州湾滩涂很大, 采用可变动的固体边界数值模型进行数值计算。结果显示, 高、低潮时为转流时刻; 落潮流大于涨潮流; 强流区位于北海市和地角镇外面海域, 最大落潮流为78 cm/s (自表、底的平均流速, 下同), 最大涨潮流为55 cm/s, 与实测潮流进行验证, 结果拟合较

好。

依据上述两次大、中潮时实测风向、风速计算的风海流结果表明, 风速较大时, 风海流大于潮余流。在西南风的作用下, 海水向东和东南方向流动, 至北海岸边, 沿岸线向西南流动, 直至流出湾外。在东风和东南风的作用下, 该海区的海水大体上向西北及西向流动, 两次计算的风海流与这两天的实测余流的分布趋势基本一致。

参考文献

- 1 陈宗镛. 潮汐学, 北京: 科学出版社, 1980.
- 2 方国洪, 王仁树. 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.
- 3 李树华, 陈波. 北部湾潮汐和潮流数值研究. 海洋学报, 1987.
- 4 陈波. 影响广西近岸余流的几个因素. 南海研究, 1985, (2).

(责任编辑: 蒋汉明 邓大玉)

二氧化碳浓度增加, 农作物产量提高, 品质下降

以中科院院士叶笃正为首的我国科学家, 在一项历时5年的国家基础性重大关键项目的研究中, 利用可与外界交换气体的开顶气室进行有关实验后得出: 二氧化碳浓度的增加, 虽然可以导致冬小麦、大豆、棉花、玉米和谷子等主要农作物增加产量, 但是大部分农作物的品质却要下降。实验结果还表明, 在大气中二氧化碳浓度倍增的情况下, 由于对冬小麦、大豆和棉花有着显著的肥化作用, 使这些农作物的发育期缩短, 光合速率明显提高, 有利于总生物量增加。大豆、冬小麦和棉花产量的增加幅度分别是67.1%、28.3%、和7.4%。同时, 二氧化碳浓度增加, 使棉花质量提高, 但却使其他大多数农作物的蛋白质和氨基酸含量相对下降, 因而品质降低。