

胶南东部近岸海域实测海流分析及潮流场数值模拟

刘伟峰, 孙英兰, 陈时俊, 张学庆

(中国海洋大学 环境科学与工程学院, 山东 青岛 266003)

摘要: 基于 2005 年胶南东部近岸海域的测流资料, 分析了该海域的海流、潮流及余流特征, 在此基础上, 进行了潮流场的数值模拟, 展现了 M_2 分潮的潮波系统、潮流椭圆分布、最大流速分布和逐时潮流场。计算结果与实测结果符合良好, 较好地反映出该海域 M_2 分潮潮流场时空分布的基本特征。对该海域的水动力状况有了更进一步了解, 为胶南近岸海域的环境保护规划的制定提供了科学依据。

关键词: 潮流; 实测资料; 数值模拟; 胶南东部
中图分类号: P714.1 **文献标识码:** A

文章编号: 1000-3096(2008)08-0009-04

胶南东海岸地理位置优越, 分布着重要的水产养殖区、旅游区以及军事区, 对胶南市经济的发展起着非常重要的作用。近年, 胶南市又在此处设立了船舶工业基地。其沿岸海洋工程的建设, 将不可避免地周围海域水动力环境、生态环境等产生影响。为了合理地开发利用其海洋资源和空间, 科学地保护其海洋环境, 故需对该海域的水动力状况和物理自净能力有进一步了解。作者在实测资料分析的基础上, 模拟计算了胶南东部近岸海域的潮流场, 为制定海域环境保护规划提供了科学依据。

1 实测资料分析

研究海域北起风河口, 南至琅琊台, 西接胶南岸线, 东临灵山水道, 如图 1 所示。2005 年 3 月中国海洋大学在该海域布设了 3 个海流监测点 (L1~L3, 图 1), 分表、中、底 3 层进行了周日连续观测。根据其测流资料对本海域的海流、潮流及余流特征进行分析。

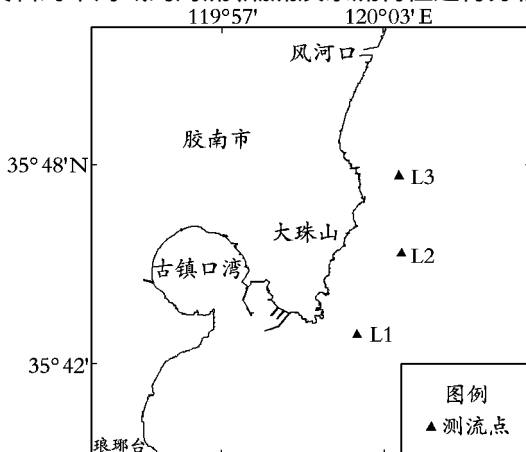


图 1 胶南东部近岸海域地形图
 Fig. 1 Topography of Jiaonan

1.1 海流特征

图 2 给出了 3 个测流点表、中、底 3 层观测流随

时间的变化。从图中可知, 在观测流期间, 3 个测流点的海流均按逆时针方向旋转, 其中 L1 和 L2 点的主流向为西南-东北向, L3 点为南-北向。3 个测流点的涨落潮流速均较大, 中层最大流速在 60~80 cm/s 之间, 平均流速在 40~50 cm/s 之间。流速值在垂直方向上变化较明显, 而流向随深度变化不大。

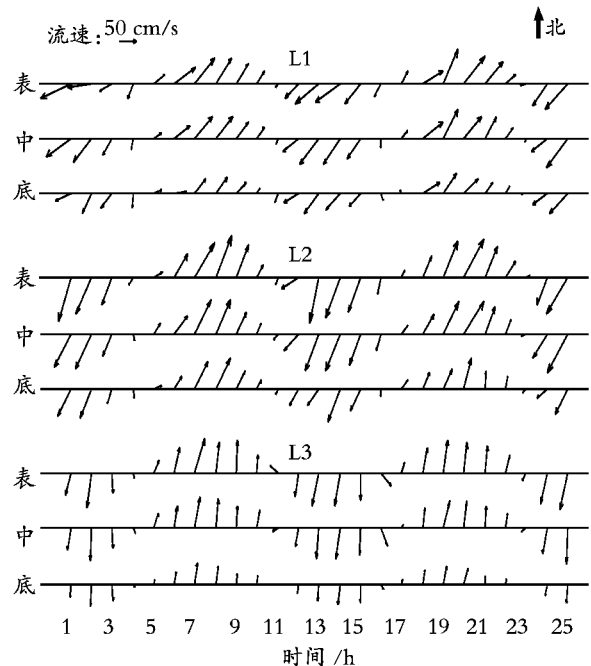


图 2 测流站观测流随时间的变化
 Fig. 2 Observed time-dependent current

收稿日期: 2005-09-10; 修回日期: 2007-05-16

基金项目: 青岛市近岸海域海洋环境保护规划项目 (HB2005001)

作者简介: 刘伟峰 (1981-), 男, 山东文登人, 硕士研究生, 主要从事海洋环境影响预测研究, E-mail: lwf_ouc@yahoo.com.cn

1.2 潮流性质

利用最小二乘法将潮流进行调和与分析处理,以计算潮流的基本参数。各测点潮流椭圆长轴比($K = (W_{K_1} + W_{O_1}) / W_{M_2}$ 。 W_{K_1} , W_{O_1} 和 W_{M_2} 分别为 K_1 , O_1 和 M_2 分潮潮流椭圆长轴之值)介于 0.078 ~ 0.265 之间,均小于 0.5(表 1),说明潮流类型为正规半日潮流,本海区的主要半日分潮—— M_2 的运动形式即代表该海区潮流的运动形式。

反映潮流运动形式的参量为旋转率(亦称椭圆

率 k),其值为该分潮流椭圆短轴与椭圆长轴的比值,其符号有“+”,“-”之分,正号表示分潮流为逆时针旋转,负号则为顺时针旋转。

由表 1 各站层 M_2 分潮流的椭圆要素可以看出, L1, L2 和 L3 3 站的 M_2 分潮流的 k 均为正值,即主要分潮流的旋转方向为逆时针的;各站 M_2 分潮流的 k 值均不大, L1 站为 0.031 ~ 0.141, L2 站为 0.024 ~ 0.128, L3 站为 0.094 ~ 0.168,说明 L1, L2 和 L3 3 站的潮流的旋转性较弱,主要为往复流。

表 1 各站层潮流性质判据及 M_2 分潮的椭圆要素

Tab. 1 Criterion for tidal current property and the elliptical parameters for M_2 constituent

站位	层位	K	M_2 潮流椭圆长轴 (cm/s)	M_2 潮流长轴方向 ($^{\circ}$)	M_2 潮流椭圆短轴 (cm/s)	k_{M_2}
L1	表	0.078 2	59.43	237	1.82	0.031
	中	0.138 1	54.18	232	4.39	0.081
	底	0.195 7	39.55	235	5.56	0.141
L2	表	0.207 6	60.4	215	1.42	0.024
	中	0.079 6	60.07	218	1.48	0.025
	底	0.264 9	43.57	216	5.57	0.128
L3	表	0.208 5	49.07	193	8.23	0.168
	中	0.192 7	41.73	189	3.91	0.094
	底	0.204 9	26.01	189	2.74	0.105

1.3 余流特征

在有潮海湾或沿岸水域,环流是由潮流、风海流、河川径流和由它们之间的相互作用产生的结果。其中非周期性部分,即经过一定的潮周期后海水的净运动,称为余环流(余流)^[1]。现有海洋中海流的观测原理绝大部分是依据流体动力学中欧拉(Euler)流场的观念,即获得空间定点上的依时观测序列,对这一定点流速依时序列进行低通滤波,或简单地作一周期的时均,即可获得“Euler 余流”^[1]。本次 3 个测流点的 Euler 余流流速和流向列于表 2。由表 2 可见:3 站的余流流速介于 2.3 ~ 8.0 cm/s, L1 站表层余流最小,为 2.3 cm/s, L2 站表层余流最大,达 8.0 cm/s; L2、L3 站余流的垂直变化较明显:表层余流 > 中层余流 > 底层余流, L1 站由于受地形的影响,表层余流比中层小。各站的余流流向,总的看来是偏东向,朝向外海,这对沿岸海域污染物的输运是有利的。

表 2 各站层 Euler 余流流速、流向

Tab. 2 Velocity and direction of Euler residual current

站 位	流速(cm/s)			流向($^{\circ}$)		
	表	中	底	表	中	底
L1	2.3	4.7	2.5	68.4	98.9	134.0
L2	8.0	5.6	2.8	90.4	114.8	80.7
L3	6.1	5.1	3.1	57.1	69.5	79.0

2 潮流数值模拟

2.1 数值方法及参数输入

作者采用基于三角形网格的分步杂交方法^[2],在前半步长用特征线法,后半步长用集中质量有限元方法求解方程。

海域开边界条件采用文献[3]的计算结果。边界输入采用下列调和方程:

$$(t) = H_{M_2} \cos(\omega_{M_2} t - g_{M_2})$$

式中, (t) 为水位; t 为时间; H_{M_2} 为 M_2 分潮调和常数振幅; ω_{M_2} 为 M_2 分潮角速度; g_{M_2} 为 M_2 分潮调和常数迟角。

2.2 潮流计算结果及分析

2.2.1 验证

2.2.1.1 潮波系统

计算的 M_2 分潮同潮时线和等振幅线 (图 3) 表明: 该海域的潮波由东北向西南传播, 属逆时针系统。琅玕台与风河口同潮时线相差 10° , 高潮时刻迟后 21 min。潮波由外海进入该海域后, 受地形影响, 振幅逐步增大。

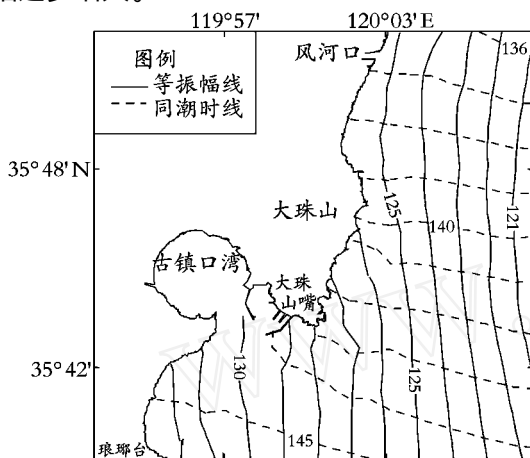


图 3 M_2 分潮同潮时线和等振幅线

Fig. 3 Cotidal lines and isoamplitude lines of M_2 constituent

以上结论与 1992 年《渤海、黄海、东海海洋图集》中历史资料^[4] 基本一致。

2.2.1.2 潮流

将 L1 ~ L3 3 个点位的实测资料与对应点上的计算值相比较, 如图 4 潮流验证玫瑰图所示, 从图中可以看出 3 个点的主流方向、旋转方向和最大流发生时刻与实测值基本一致, L1, L2, L3 点计算与实测的最大流速值差为 4.7, 6.1, 4.9 cm/s, 主流向差分别为 4.8° , 6° 和 10.8° 。此结果表明, 计算潮流和实测潮流吻合良好, 计算结果可信。

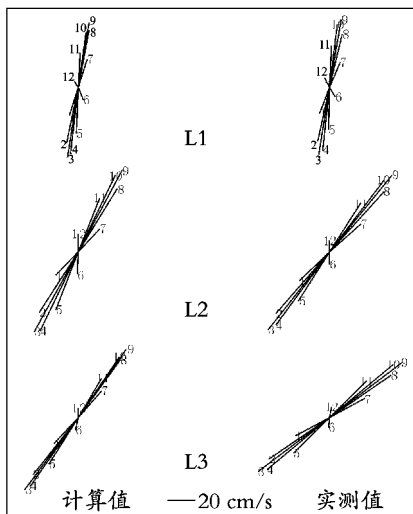


图 4 潮流验证玫瑰图

Fig. 4 Observed and computed tidal current roses

2.2.2 计算结果分析

2.2.2.1 潮流椭圆及最大流速分布

图 5 是该海域 M_2 分潮潮流椭圆分布图。从图中可以看出, 从风河口到琅玕台海域除个别点呈弱的旋转流外, 其余基本为往复流; 古镇口湾湾内及湾口附近为顺时针旋转, 而其余海域均为逆时针旋转。

图 6 为 M_2 分潮最大流速分布图。由图可见, 该海域的强流区位于大珠山嘴东南面, 最大流速为 70 cm/s 左右; 从总体看, 该海域的流速一般在 30 ~ 55 cm/s。

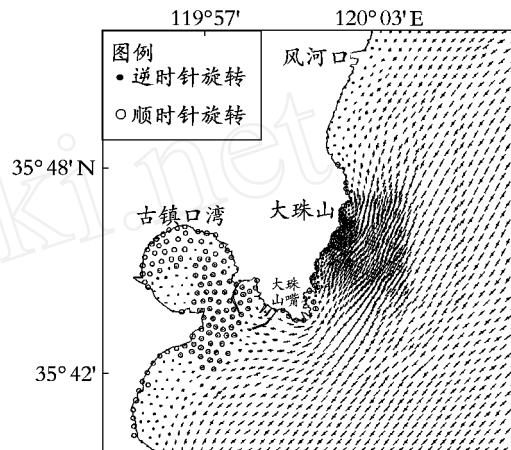


图 5 M_2 分潮潮流椭圆分布图

Fig. 5 Distribution of M_2 constituent ellipses

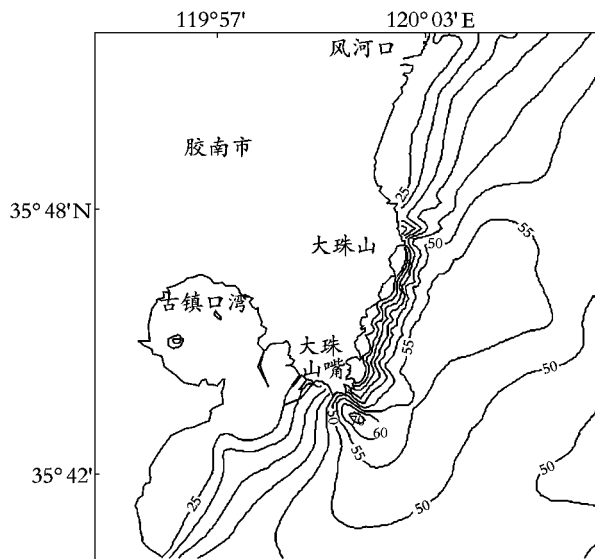


图 6 M_2 分潮最大流速分布图

Fig. 6 Distribution of maximum current speed

2.2.2.2 流场

图 7 和图 8 分别为研究海域涨潮中间时和落潮中间时两个不同时刻的计算潮流分布图。

图 7 为涨潮中间时的流场, 这时海水由海域东北流入, 向西南方向流去。除古镇口湾及湾口附近流速较小, 其他大部分海域流速一般都在 30 ~ 50 cm/s, 此时计算域中最大流速发生在大珠山嘴东南面, 流速可达 70 cm/s。

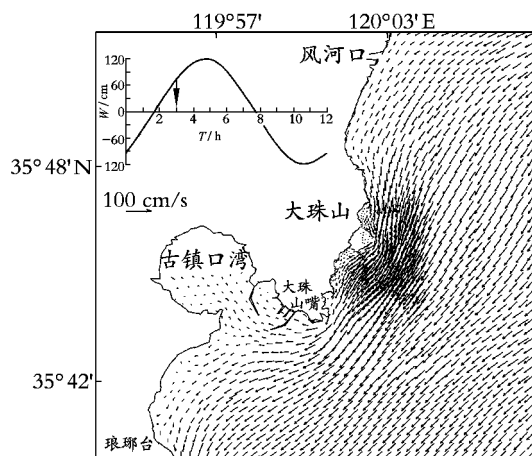


图 7 计算潮流场(涨潮中间时)

Fig. 7 Calculated tidal current field (half tide during flood)

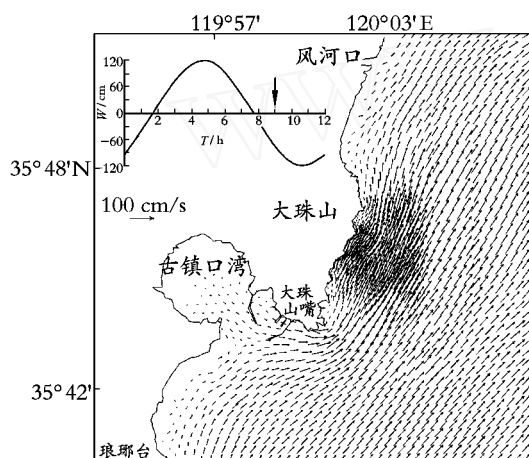


图 8 计算潮流场(落潮中间时)

Fig. 8 Calculated tidal current field (half tide during ebb)

图 8 为落潮中间时的流场,海水由海域西南流入,向东北方向流去。古镇口湾附近流速较小,大珠山嘴东南面海域流速较大,流速在 60 cm/s 左右。

总的看来,海域涨潮期间的主流向为西南向,落潮期间主流向为东北向,涨潮流明显大于落潮流;由于地形影响,大珠山嘴东南面海域产生一强流区,最大流速达 70 cm/s;除古镇口湾海流为顺时针旋转外,其余海域海流在往复流动的同时,流矢沿逆时针方向作微弱旋转。

3 结语

本文的潮流数值模拟结果,在潮流性质、同潮时线和等振幅线,潮流椭圆分布诸要素上,与实测资料及前人计算结果是一致的,潮流计算值与实测值吻合良好,可认为这一特定海域的潮流数值模拟结果是可信的,能够较为完整地理解这一海域的潮流场的结构和物理自净能力,从而为平流-扩散模型、拉格朗日余流模型的建立提供了一个切合实际的潮流场。

参考文献:

- [1] 孙文心,陈时俊.环境流体动力学模型[J].山东海洋大学学报.1988,18(2):2-23.
- [2] 吴江航,韩庆书.计算流体动力学的理论、方法及应用[M].北京:科学出版社,1988.
- [3] 张学庆,孙英兰.胶南近岸海域三维潮流数值模拟[J].中国海洋大学学报,2005,35(4):579-582.
- [4] 陈国珍,钮因义,文圣常,等.渤海、黄海、东海海洋图集.水文[M].北京:海洋出版社,1992.

Analysis of observed tidal current and numerical model of tidal current in the offshore area of eastern Jiaonan

LIU Wei-feng, SUN Ying-lan, CHEN Shi-jun, ZHANG Xue-qing

(College of Environmental Science and Engineering, Ocean University of China, Qingdao 266003, China)

Received: Sep. 10, 2005

Key words: tidal current; analysis of observation; numerical computation; eastern Jiaonan

Abstract: Based on the observed data obtained in 2005, the feature of the tidal current and residual current in the offshore area of eastern Jiaonan were analyzed. And a numerical model of the tidal current field was also calculated. The figures of tidal waves, the elliptical parameters, distribution of maximum current speed, and current fields at different times for M_2 tidal current are obtained. The calculated results agree well with the observed data, which can on one hand reflect the basic specificities of temporal and spatial distribution of the M_2 tidal constituent current field to some extent, and on the other hand offer more information about the hydrodynamic force condition. So the paper would provide a scientific basis for making sea environment protection plans in offshore area of Jiaonan in certain conditions.

(本文编辑:刘珊珊)