

湛江港海域台风浪模拟研究

陈 希¹ 桂祁军¹ 闵锦忠² 沙文钰¹

(1. 解放军理工大学气象学院, 江苏 南京 211101 ; 2. 南京气象学院气象灾害与环境变化重点实验室, 江苏 南京 210044)

摘要 利用第 3 代近岸海浪数值模式对影响南海湛江港海域的 3 次台风浪过程进行了模拟研究, 结果表明: 由藤田台风模型同化相应时刻的台风要素、NCAR 网格点资料、单站观测资料后提供模式所需风场, 利用自嵌套方式提供模式所需波谱边界条件的处理方法, 对这 3 次台风浪的模拟来说, 是较为理想的, 此方案可为该海域台风浪的模拟预报提供较好的参考。

关键词 湛江港; 台风浪; 海浪模式; 数值模拟

中图分类号: P731.33 文献标识码: A 文章编号: 1000-1980(2003)05-0593-04

我国经常遭受不同程度台风浪的袭击, 研究表明^[1]我国由台风浪引发的海难年平均 70 余次, 损失近亿元, 从 1949 ~ 1982 年的 34 年里, 仅被交通部门和海军救助的船只就达 6295 艘次, 其中约 1500 艘船只的海难事故是由狂风巨浪引起的。由此可见, 台风浪对于我国经济建设和国防现代化建设的影响极大。因此, 对于近岸重要港口台风浪的正确估计与预报以及重点海域台风来临时海浪时、空分布特征的了解、认识与研究, 具有重要的现实意义。

湛江港是我国南方重要港口, 是台风登陆袭击的高频区, 在 1884 ~ 1984 年近 100 年的时间里, 共有 133 次台风登陆袭击该海域^[2]。鉴于此, 本文利用物理过程考虑得较为全面的第 3 代近岸海浪数值模式 (SWAN) 对这 3 次台风浪过程进行模拟研究, 以便为该海域台风浪的模拟与预报提供有力的参考。

1 物 理 过 程

模式控制方程采用球坐标下的二维动谱平衡方程, 其形式为

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\alpha(C_x N)}{\partial x} + \frac{\alpha(C_y N)}{\partial y} + \frac{\alpha(C_\sigma N)}{\partial \sigma} + \frac{\alpha(C_\theta N)}{\partial \theta} = \frac{S}{\sigma}$$

$N = N(\sigma, \theta)$ 是动谱密度, 方程左边项分别代表波作用密度的局地变化、波作用密度在物理空间 x, y 方向上以 C_x, C_y 的速度传播、相对频率 σ 的转移以及由于水深及水流的诱导而产生的折射传播等; 方程右边是浪生成、耗散及波-波相互作用的源与汇。模式包含的物理过程有: 风-浪间的相互作用、耗散作用(白浪耗散、底摩擦、水深变浅导致的破碎作用)、非线性波-波相互作用, 上述物理过程的详细论述可参见文献[3 ~ 7]。该模式未包含绕射作用, 因为本文所模拟的台风浪风速较大, 所关心的也是浪高较大时该海域海浪的分布特征, 因此, 未考虑绕射作用是较为合理的。

2 台 风 风 场

台风浪的模拟, 台风风场的正确、合理给出显得十分重要。本文台风风场是通过同化经典藤田台风风场模型提供的风场、台风发生时段中一天 4 个时次 NCAR 网格点资料以及湛江港邻近地区单站观测资料后得到的。同化的具体做法可参见文献[8], 本文不再赘述。

3 模式波谱边界条件的提供

模式所需边界条件通过自嵌套方式获得。嵌套方式为: 首先选取分辨率为 15 km × 16 km, 范围为 3.07 ~

收稿日期 2002-07-04
基金项目 南京气象学院气象灾害与环境变化重点实验室资助项目
作者简介 陈希(1974—)男, 重庆人, 博士, 主要从事海洋环境及海气相互作用研究。

22.56°N ,109.07 ~ 120.61°E 的计算区域(以下简称为Ⅰ区),通过Ⅰ区模式运行结果提供嵌套区域(19.80 ~ 22.13°N ,109.81 ~ 112.00°E)(以下简称为Ⅱ区)的波谱边界条件,然后以 3.9 km × 4.3 km 的分辨率计算Ⅱ区的风浪场;Ⅱ区计算结果提供计算范围为 20.90 ~ 21.41°N ,110.25 ~ 110.72°E(以下简称为Ⅲ区)的波谱边界条件,再以 400 m × 400 m 的空间分辨率计算Ⅲ区的风浪场.模式时间积分步长,Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ区为 120 s,离散的相对频率,最小为 0.052 1 Hz,最大为 1 Hz,谱方向的步长为 1°.

4 台风浪模拟

为检验该模式对湛江港海域台风浪的模拟能力,选取袭击湛江港邻近海域的 7307,7421,9516 号台风过程进行模拟研究.选择这 3 条台风路径,是因为 7307 号台风是典型的北上型,7421 号台风过程是典型的西行路径,9516 号台风过程是典型的顺转型路径,对它们进行模拟研究在该海域具有较好的代表性.

图 1 为上述提到的 3 条典型台风路径示意图.模拟研究海域Ⅱ区的计算范围及水深分布表明,该海区水深基本上在 100 m 以内,地形、地势较为复杂.模拟研究海域Ⅲ区(湛江港及邻近海域)的计算范围和水深分布表明,该海域为天然的避风港,港内的水深较浅,一般在 20 m 以内.

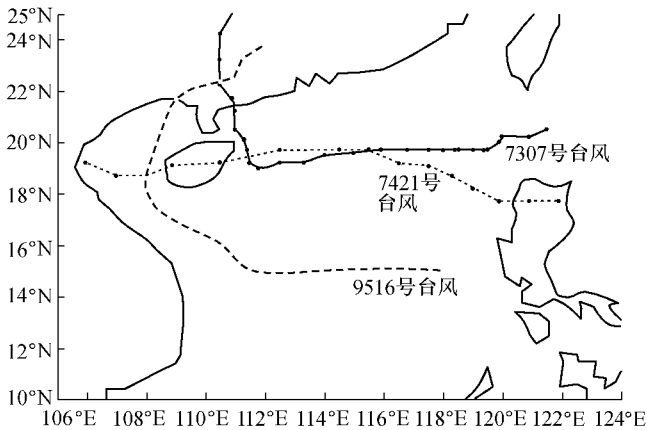


图 1 7307,7421,9516 号台风路径示意图

Fig.1 Sketch of no.7307,7421 and 9516 typhoon paths

现对 7421 号台风浪的模拟研究结果进行详细分析.关于其他 2 次台风浪过程,本文只给出模拟检验结果.

4.1 7421 号台风浪过程的模拟

本文模式用到的台风风场由前面提到的计算方案提供.模式包括四小波相互作用、三小波相互作用、白浪耗散、底摩擦效应、水深变浅导致的破碎等物理过程.风-浪间的相互作用采用 KOM^[9]的计算方案,时间积分步长为 120 s.对于 7421 号台风浪过程,模式从 1974 年 10 月 11 日 2 时积分到 1974 年 10 月 14 日 20 时,共 90 h,所需边界条件由上述自嵌套方式提供.该模式对外强迫响应很快,积分 3 h 后基本达到稳定.图 2 是模式积分 60 h 后即 1974 年 10 月 13 日 14 时Ⅱ区有效波高的模拟图,图 3 是同时次台风风场分布图.为了了解台风来临时计算海域较大范围的台风风场分布特征,本文风场范围取得较大,为 14 ~ 24°N,104 ~ 120°E.该风场包括了整个波浪的计算范围.图 3 表明,此时,台风位于以 19.5°N,112.5°E 为中心的海域,风场分布特征是典型的非对称型,台风中心东南、西、东北方向是风速较大的海域,而其他方向台风风速则较小.在模拟研究海区Ⅱ区,最大浪高位于以 20.5°N,111.9°E 为中心的海域,最大浪高超过了 9.5 m.该模拟研究结果的一个重要特征是,台风中心位置和台风浪高的最大值位置是不

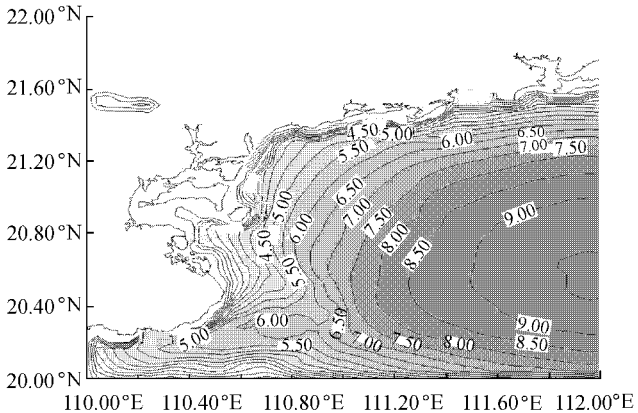


图 2 1974 年 10 月 13 日 14 时Ⅱ区台风浪有效波高模拟图(单位:m)

Fig.2 Simulated significant wave height for area II at 14:00 Oct.13th, 1974

重合的.可见,台风浪高大小和中心位置不是台风中心单独作用的结果,而是台风风场的整体分布、地形以及影响浪的其他因素的综合.

由图 3 并结合该海区的水深分布可知:在最大浪高中心的西北方向,地形深度梯度较小,与此对应,浪高的变化也较小,而在最大浪高中心的北、西南方向,水深梯度较大,而相应海区模拟浪高的等值线分布密集.可见,近岸海区地形对台风浪的影响较大.图 4 是Ⅲ区模式积分 60 h 后的有效波高分布.该图清楚地表明,港口内浪高最大值超过 2.0 m,而港口外的浪高则超过 3.0 m.港口内外浪高差值表明,该港口确实能起到较好的避风浪的作用.从模拟研究海域Ⅲ的水深分布可知:该港口水深较浅,水深变浅导致的破碎等,致使港口内浪高减小.另外,需要说明的是,在计算海区Ⅱ区的浪高分布图上,从 20.0~20.2°N,110°E 范围等值线密集.这是因为模式在计算时,Ⅰ区的范围为 109.07~120.61°E,同时,开边界取为零而导致波高在该海域急剧减小所致.为节省篇幅,本文对其他的台风浪模拟个例只给出模拟结果而不再做详细分析.

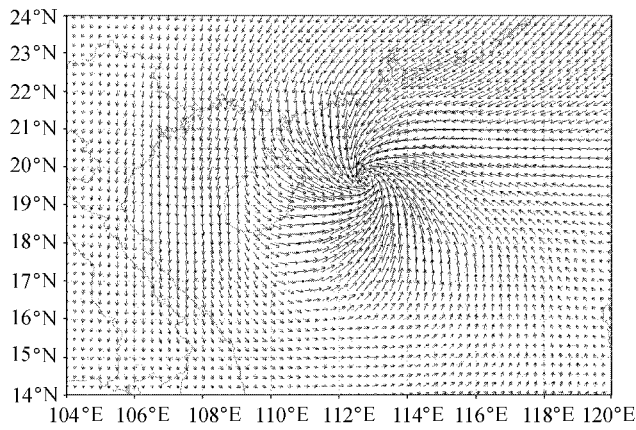


图 3 1974 年 10 月 13 日 14 时
经过同化后的风场分布
Fig.3 Assimilation wind field
at 14 00 Oct.13th, 1974

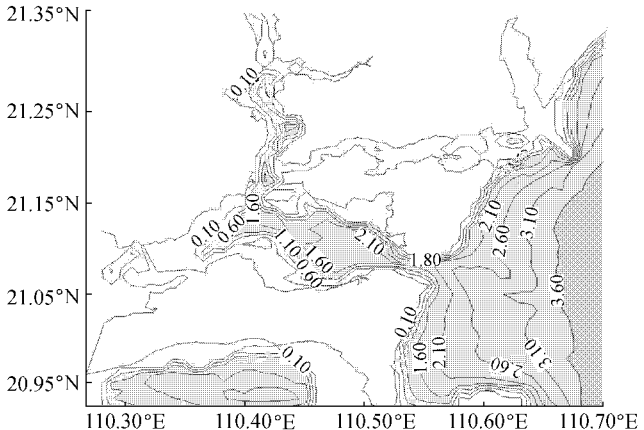


图 4 1974 年 10 月 13 日 14 时Ⅲ区
台风浪有效波高模拟图(单位:m)
Fig.4 Simulated significant wave height for
area Ⅲ at 14 00 Oct.13th, 1974

4.2 模式模拟效果检验

为检验上面提到的 3 次台风浪模拟效果,选出位于 20.9°N,110.62°E 的硇洲岛测站实测 $H_{1/10}$ 与该海区模拟的波高进行了比较(见表 1).由于模式输出的浪高为有效波高,为了比较,将模拟的有效波高转换成 $H_{1/10}$.

表 1 硇洲岛海域 7307,7421,9516 号台风模拟与实测 $H_{1/10}$ 的比较

Table 1 Comparison of simulated and measured wave heights for no.7307,7421 and 9516 typhoons over Luzhou Island											
台风 编号	时间	实测 $H_{1/10}$ /m	模拟 $H_{1/10}$ /m	台风 编号	时间	实测 $H_{1/10}$ /m	模拟 $H_{1/10}$ /m	台风 编号	时间	实测 $H_{1/10}$ /m	模拟 $H_{1/10}$ /m
7307	19730811T08	2.80	3.34	7421	19741013T08	2.00	2.83	9516	19951012T08	2.00	2.31
	19730811T11	2.60	3.45		19741013T11	2.50	2.72		19951012T11	2.30	2.60
	19730811T14	2.50	2.93		19741013T14	2.60	2.80		19951012T14	2.10	2.20
	19730811T17	2.80	3.09		19741013T17	2.90	3.11		19951012T17	2.00	3.06
	19730812T08	3.50	3.82		19741014T08	1.60	1.92		19951013T08	2.00	2.22
	19730812T11	3.50	4.34		19741014T11	1.80	1.87		19951013T11	2.60	3.02
	19730812T14	1.60	0.93		19741014T14	1.40	1.55		19951013T14	2.20	2.30
	19730812T17	0.60	0.98		19741014T17	1.90	2.20		19951013T17	1.90	1.53

注 :19730811T08 表示 1973 年 8 月 11 日 8 时.
从表 1 可清楚地看出,模式在近岸海域的模拟效果是较为理想的.

5 结 论

a. 本文基于物理过程考虑得较为全面的第 3 代近岸海浪模式,对 7307,7421,9516 号台风浪过程进行了模拟研究并与实测的台风浪资料进行了对比,结果较为理想.

- b. 台风风场的合理提供,对台风浪的准确模拟来说是十分重要的.同时,模式中台风浪物理过程的选取也十分重要.例如,风生浪输入源函数中,指数增长部分选取不同的计算方案,模拟的浪高会差别较大.
- c. 本文模拟研究的对象仅限于有效波高,而近岸海浪的其他要素分布特征也是值得研究的.
- d. 由于历史资料的限制,对海浪浪高模拟值的验证仅限于硃洲岛一个观测站.如要得出更为准确的结论,还应当将更多的观测值与模拟值进行比较和分析.

参考文献:

- [1] 许富祥. 中国近海及其邻近海域灾害性海浪的时空分布[J]. 海洋学报, 1996, 18(2): 26—31.
- [2] 汪继志. 近百年西北太平洋台风活动[M]. 北京: 海洋出版社, 1991. 83—85.
- [3] PHILLIPS O M. On the generation of waves by turbulent wind[J]. J Fluid Mech, 1957, 2: 417—445.
- [4] MILES J W. On the generation of surface waves by shear flow[J]. J Fluid Mech, 1957, 3: 185—204.
- [5] HASSELMANN K. On the spectral dissipation of ocean waves due to whitecap[J]. Boundary Layer Met, 1974, 6(1): 107—127.
- [6] BATTJES J A, JASSEN J P F M. Energy loss and set-up due to breaking of random waves[A]. Proceedings of 16th Coastal Engineering Conference[C]. New York: ASCE, 1978. 569—587.
- [7] HASSELMAN S K, HASSELMAN J H, BARNETT T P, et al. Computations and parameterizations of the linear energy transfer in a gravity wave spectrum. Part II: Parameterizations of the nonlinear transfer for application in wave models[J]. J Phys Oceanogr, 1985, 15(11): 1378—1391.
- [8] 朱首贤, 沙文钰, 丁平兴, 等. 近岸非对称台风风场模型[J]. 华东师范大学学报(自然科学版), 2002, 36(3): 66—71.
- [9] KOMEN G J, HASSELMANN S, HASSELMANN K. On the existence of a fully developed wind-sea spectrum[J]. J Phys Oceanogr, 1984, 14: 1271—1285.

Simulation of typhoon waves in Zhanjiang Port sea area

CHEN Xi¹, GUI Qi-jun¹, MIN Jin-zhong², SHA Wen-yu¹

(1. College of Meteorology, Institute of Science and Engineering of the PLA, Nanjing 211101, China;

2. KLME, Nanjing Institute of Meteorology, Nanjing 210044, China)

Abstract: The SWAN model is used to simulate the process of three typhoons over the sea area around the Zhanjiang Port. In this model, the wind field is obtained by assimilation of the typhoon essentials, NCAR grid information, and observed data at individual stations, and the boundary condition of the wave spectra is obtained by the self-nesting method. The simulated results of the three typhoons are satisfactory, which can provide good reference for prediction of typhoon waves in this sea area.

Key words: Zhanjiang Port; typhoon wave; sea wave model; numerical simulation