

1105号台风“米雷”台风浪模拟研究

刘寒¹, 郑崇伟², 林刚², 孙岩³, 李靖⁴

(1.91181部队, 辽宁 大连 116000; 2.92538部队气象台, 辽宁 大连 116041; 3.辽宁省电力有限公司电力经济技术研究院, 辽宁 沈阳 110015; 4.中国卫星海上测控部, 江苏 江阴 214431)

摘 要:以 CCMP(Cross-Calibrated, Multi-Platform)风场驱动目前国际先进的第三代近岸海浪模式 SWAN (Simulating WAves Nearshore), 对 1105 号台风“米雷”造成的台风浪进行数值模拟, 基于浮标观测资料, 验证了模拟数据的有效性, 并对台风浪场的分布特征进行分析。结果表明: (1) 以 CC-MP 风场驱动 SWAN 模式, 可以较好地模拟“米雷”所形成的台风浪场; (2) 模拟的有效波高 (SWH—Significant Wave Height) 与浮标观测 SWH 在波高变化的走势上具有很好的一致性, 模拟数据的走势则较为平缓, 观测数据跳跃较为明显, 模拟的 SWH 具有较高精度, 仅在数值上略低于观测 SWH; (3) SWAN 模式对“米雷”所形成的台风近中心大浪区、台风眼、台风尾迹等方面进行较好地刻画。

关键词:CCMP 风场; SWAN 模式; 中国海; 台风浪

中图分类号:P731.22 **文献标志码:**A **文章编号:**1003-0239(2013)03-0046-05

1 引言

海浪作为海洋环境中一个极其重要的海洋要素, 对人类的生存与可持续发展影响巨大, 尤其是台风浪, 能量巨大、破坏力强, 往往造成严重灾害^[1-5], 我国位于西太边缘, 夏季常常遭受台风的侵袭, 深入研究台风浪的内部特征, 意义重大。第三代海浪模式 SWAN (Simulating WAves Nearshore) 通常用于近岸、湖泊、江河口, 本文利用高精度、具有较高空间分辨率的 CCMP (Cross-Calibrated, Multi-Platform) 风场驱动 SWAN 模式, 对 1105 号台风“米雷”所形成的台风浪进行数值模拟, 分析“米雷”所形成的台风浪场的特征, 同时就 SWAN 模式对台风浪的模拟能力展开研究, 以期为海洋水文保障、防止和减少海浪灾害、海洋能开发利用等提供参考。

2011 年第 5 号强热带风暴“米雷”于 2011 年 6 月 22 日下午在菲律宾以东洋面上生成, 24 日傍晚加强

为强热带风暴, 并沿我国东部沿海北移。26 日下午在山东半岛以东近海减弱为热带风暴, 26 日 21 时 10 分在山东省荣成市成山镇沿海登陆, 据统计, 1949 年至今, 一直无热带气旋 6 月登陆山东, 此次“米雷”在山东登陆, 确实十分罕见, 登陆时中心附近最大风力 9 级。27 日 05 时在黄海北部海面减弱为热带低压, 27 日 07 时 10 分在朝鲜南浦市和黄海南道交界处沿海再次登陆, 给沿途省市带来了明显的强降水和大风过程。

2 资料简介

2.1 地形数据

模式所需地形来自 ETOPO2 全球地形数据集, 其分辨率为 $2' \times 2'$ 其中海岸线数据来自 GSHHS 全球高分辨率海岸线数据库。

2.2 风场资料

本文以 CCMP 风场作为 SWAN 模式的驱动场, CCMP 风场资料来自 ESE (NASA Earth Science Enter-

收稿日期: 2012-08-07

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(2012CB957803); 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-YW-Q11-03)

作者简介: 刘寒(1975-), 女, 工程师, 主要从事水文气象保障。E-mail: 364704410@qq.com

通讯作者: 郑崇伟(1983-), 男, 工程师, 主要从事物理海洋及海洋能资源研究。E-mail: zhengzhang.xia@163.com

prise),它结合了ADEOS-II (Advanced Earth Observing Satellite, 2nd Generation)、QuikSCAT、TRMM TMI (Tropical Rainfall Measuring Mission Microwave Imager)、SSM/I(Special Sensor Microwave Imager)、AMSR-E(Advanced Microwave Scanning Radiometer- Earth Observing System)几种资料,利用变分方法得到,其时间分辨率为6h,空间分辨率为 $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$,时间范围从1987年7月—2009年12月,空间范围为:78.375°S—78.375°N,0.125°—359.875°E。CCMP风

场具有较高的精度和时空分辨率^[6-9],本文选择CC-MP风场作为SWAN模式的驱动场。

2.3 海浪观测资料

通常的海浪观测资料有:人工/浮标观测资料、调查船观测数据、卫星资料反演的SWH。T/P 高度计在黄渤海仅6条轨道,且周期较长,反演的数据在时空分辨率方面有很大缺陷^[10],本文利用黄海、东海的浮标观测数据,验证了SWAN模拟结果的有效性。

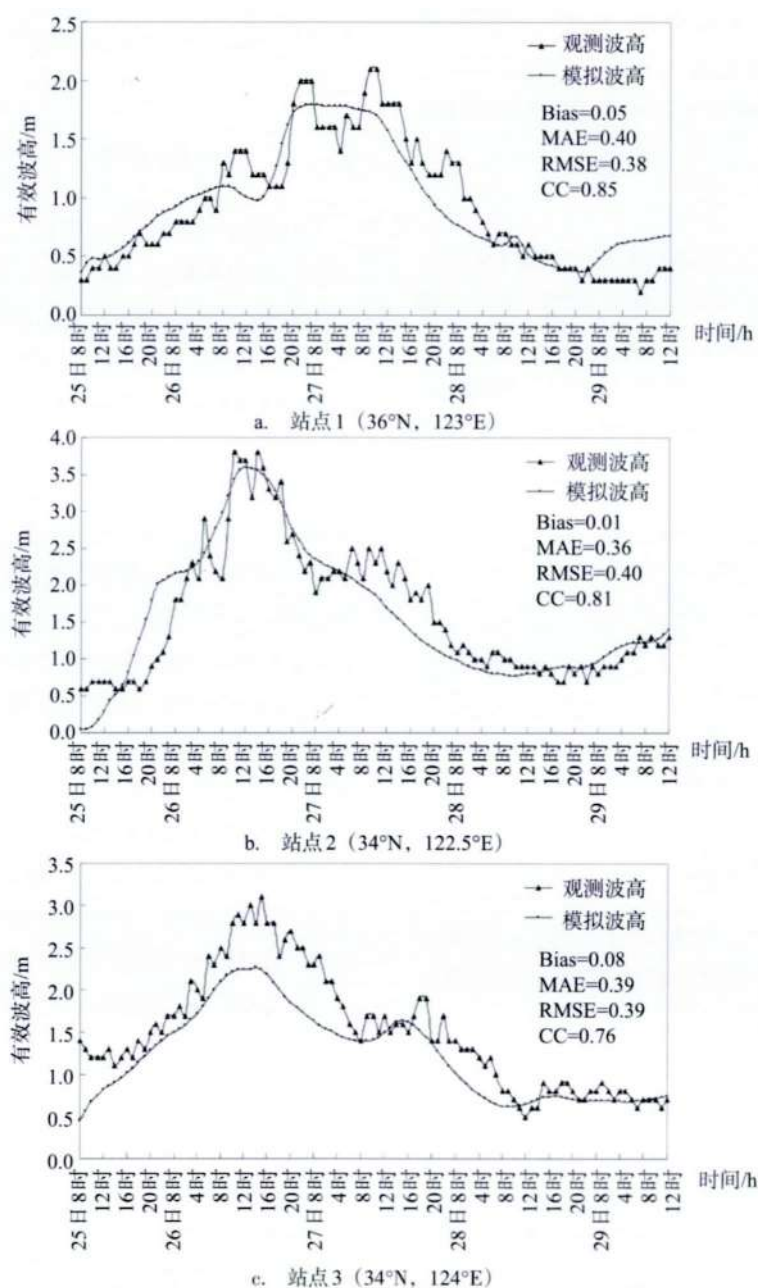


图1 1105号台风“米雷”期间,模拟的SWH与观测SWH

3 模拟方法及资料验证

3.1 模拟方法

利用CCMP风场驱动SWAN模式,对1105号台风“米雷”所形成的台风浪进行数值模拟。计算空间范围:0°—60°N,96°—150°E,海浪谱网格为24×25,波向共24个,分辨率为15°,频率分为25个频段,从0.0418 Hz—0.4056 Hz,各频段关系为 $f^{n+1}=1.1f^n$ 。空间分辨率取0.05°×0.05°,计算时间步长取为900 s,每小时输出一次结果,计算时间为2011年06月25日00:00时—2011年06月30日18:00时。

3.2 资料验证

以浮标观测数据为实测数据,验证SWAN模拟结果的有效性。为了直观地分析模拟的SWH的精度,本文计算了相关系数(CC)、偏差(Bias)、均方根误差(RMSE)以及平均绝对误差(MAE)。RMSE定义为模拟值与观测值之差的均方根,Bias定义为模拟数据的平均值和观测数据的平均值之差。

$$CC = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

$$Bias = \bar{y} - \bar{x} \quad (2)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (y_i - x_i)^2} \quad (3)$$

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n |y_i - x_i| \quad (4)$$

式(1)至式(4)中, x_i 代表观测数据, y_i 代表模拟数据, \bar{x} 和 \bar{y} 分别为观测数据的均值和模拟数据的均值, N 为样本总量。

由图1a可见,模拟SWH与浮标观测SWH的相关系数为0.85,通过了99%($\alpha_{0.01}=0.37$)的信度检验,均方根误差为0.38 m,平均绝对误差为0.40 m,统计上存在0.05 m的负偏差,即模拟的SWH系统上稍小于观测SWH;由图1b可见,模拟SWH与浮标观测SWH的相关系数为0.81,通过了99%($\alpha_{0.01}=0.37$)的信度检验,均方根误差为0.40 m,平均绝对误差为0.36 m,统计上存在0.01 m的负偏差,

模拟的SWH系统上稍小于观测SWH;由图1c可见,模拟SWH与浮标观测SWH的相关系数为0.76,通过了99%($\alpha_{0.01}=0.37$)的信度检验,均方根误差为0.39 m,平均绝对误差为0.39 m,统计上存在0.08 m的负偏差,说明模拟的SWH系统上稍小于观测SWH。综合图1a-c,模拟的SWH与浮标观测SWH在波高变化的走势上具有很好的一致性,模拟数据的走势则较为平缓,而观测数据跳跃较为明显。整体来看,模拟的SWH具有较高精度,在数值上略低于观测SWH,SWAN模式较好地模拟了此次台风浪过程。

4 台风浪场分析

SWAN模式较好地模拟了“米雷”所形成的台风浪场,主要体现在:对台风近中心大浪区的模拟、对台风眼的刻画、对台风尾迹的刻画,见图2。

无论25日还是26日,SWAN模式对台风近中心的大浪和台风尾迹进行了较好地模拟,且可以较为明显地看出台风在北上过程中,大浪区主要分布于台风行进方向的右半圆(即危险半圆——第1、第4象限),当台风中心位于琉球群岛附近海域时,近中心波高可达6 m左右,随着台风的北上,其强度不断减弱,当台风进入黄海后,近中心波高降至3 m左右,且大浪区的范围也随之缩小。

对于台风眼的刻画,25日12时和25日18时,台风眼并不明显,因为此时中心位于琉球群岛附近,属于大洋边缘,应该是由于受大洋传至近海的涌浪的影响较大,因此台风眼在海浪方面并不明显;当台风继续北上,进入黄海后,该海域受涌浪影响较小,台风眼在海浪方面体现的较为显著,详见26日08时、26日18时,这只是一种可能,在今后的工作中,需要借助涌浪指标,就台风大浪区的风浪、涌浪成分展开定量的系统性研究。

5 结论与展望

(1)SWAN模式模拟的有效波高(SWH)与浮标观测SWH在波高变化的走势上具有很好的一致性,模拟数据的走势则较为平缓,观测数据跳跃较为明显,模拟的SWH具有较高精度,仅在数值上略低于观测SWH。

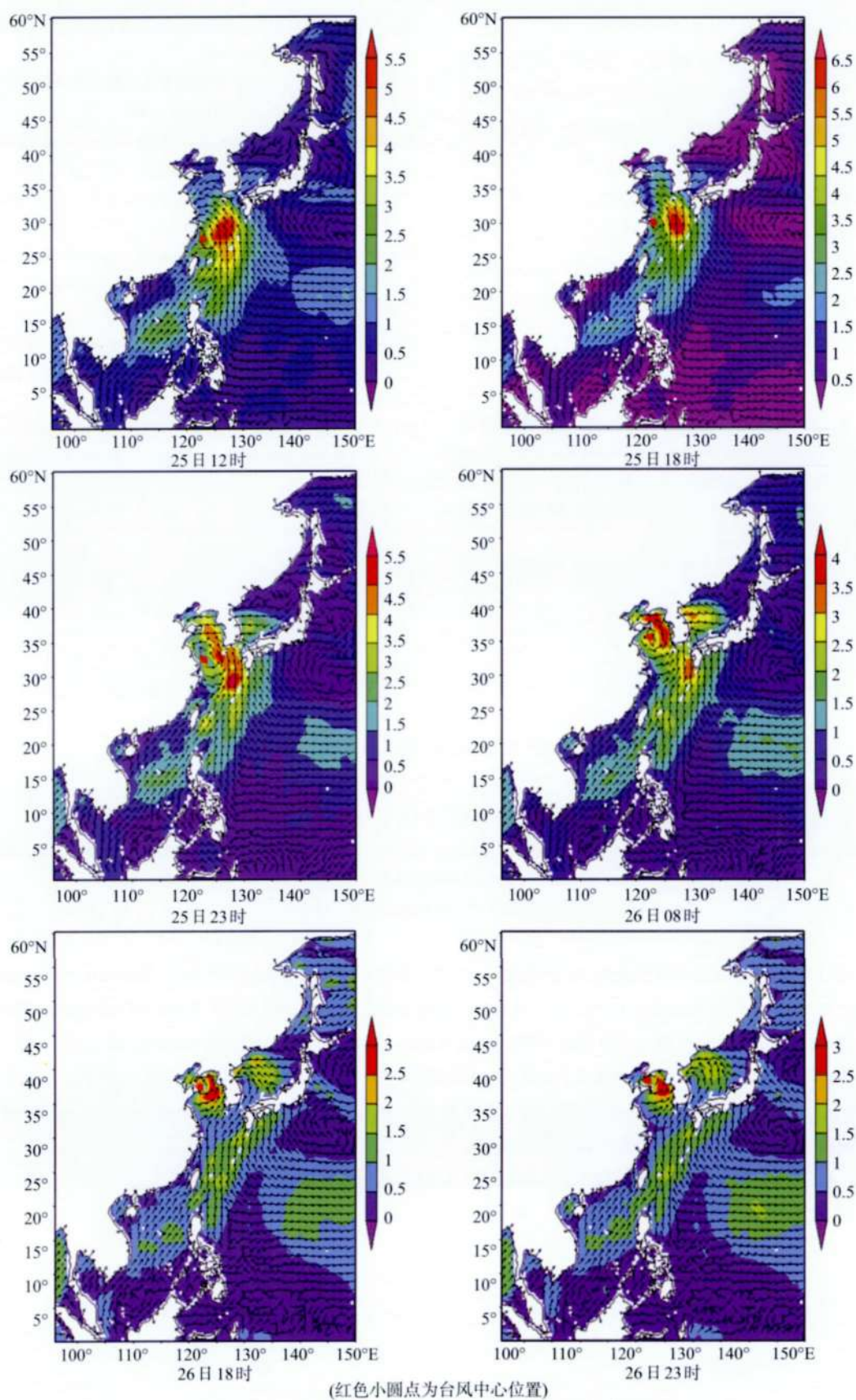


图2 1105号台风“米雷”的台风浪场分布特征注:

(2)SWAN 模式较好地模拟了“米雷”所形成的台风浪场,主要体现在:对台风近中心大浪区的模拟、对台风眼的刻画、对台风尾迹的刻画。SWAN 模式对台风近中心的大浪和台风尾迹进行了较好地模拟,且可以较为明显地看出台风的大浪区主要分布于台风行进方向的右半圆;当台风中心位于大洋边缘时,台风眼在海浪方面体现的并不明显;当台风进入黄海后,台风眼在海浪方面体现的较为显著。

参考文献:

- [1] Zheng C W, Zhuang H, Li X, et al. Wind Energy and Wave Energy Resources Assessment in the East China Sea and South China Sea [J]. *Sci China Tech Sci*. 2012, 55(1):163-173.
- [2] 郑崇伟,潘静,田妍妍,等. 全球海域风浪、涌浪、混合浪波候图集[M],北京:海洋出版社. 2012:1-3.
- [3] 梅勇,宋帅,周林. 北印度洋—南海海域海浪场、风场的年际变化特征分析[J]. *海洋预报*, 2010, 27(5):27-33.
- [4] 刘金芳,孙立尹. 西北太平洋风场和波浪场特点分析[J]. *海洋预报*, 2000, 17(3):54-62.
- [5] 郑崇伟,周林. 近 10 年南海波浪特征分析及波浪能研究[J], *太阳能学报*, 2012, 33(8):1349-1356.
- [6] Bourassa M A, Legler D M, Brien J J, et al. SeaWinds validation with research vessels [J]. *J Geophys Res*, 2003, 108(2):3019.
- [7] 郑崇伟,潘静. 全球海域风能资源评估及等级区划[J]. *自然资源学报*, 2012, 27(3):364-371.
- [8] Prasad G, Thoppila P, Hogan J. Persian Gulf response to a winter-time shamal wind event. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 2010, 57(8): 946-955.
- [9] 郑崇伟,李训强. 基于 WAVEWATCH-III 模式的近 22 年中国海浪能资源评估[J]. *中国海洋大学学报(自然科学版)*, 2011, 41(11): 5-12.
- [10] 张德天,郑崇伟,石岭琳,等. 基于 QN 风场的 1999—2009 年中国海表风场研究[J]. *海洋预报*, 2011, 28(4):58-64.

Analysis of typhoon wave field by SWAN wave mode

LIU Han¹, ZHENG Chong-wei², LIN Gang², SUN Yan³, LI Jing⁴

(1. NO. 91181 Army of PLA, Dalian 116000 China; 2. NO. 92538 Army of PLA, Dalian 116041 China; 3. Liaoning Electric Power Company Limited Economic Research Institute, Shenyang 110015, China; 4. China Satellite Maritime Tracking and Control department, Jiangyin 214431 China)

Abstract: In this study, the third-generation wave model SWAN (Simulating WAVes Nearshore) was used to simulate the wave field caused by typhoon “Meari” with wind input of CCMP (Cross-Calibrated, Multi-Platform) wind field. Results show that, (1) The SWAN wave can simulate the typhoon wave field very well. Simulated SWH (Significant Wave Height) has a good accordance with the observed SWH although the wave height is little smaller than observed wave data. (2) Large wave height region, the eye of typhoon and the wake of typhoon were described very well by the SWAN wave model.

Key words: CCMP wind field; SWAN wave model; China Sea; typhoon wave.