

台风“梅花”风浪场和涌浪场特征分析*

陈晓斌^{1,2}, 周林^{1*}, 史文丽¹, 李靖¹, 陈璇¹

(1. 解放军理工大学 气象学院, 江苏 南京 211101; 2. 92538 部队气象台, 辽宁 大连 116041)

摘要:基于第三代海浪数值模式 WAVEWATCH III (v3.14), 在 WRF 模式提供模式风场驱动下, 对 1109 号台风“梅花”的风浪场、涌浪场和混合浪场进行了数值模拟, 并在我国东部沿海选取了 3 个关注站点, 探讨涌浪和风浪波高随时间变化与台风中心位置的关系以及台风影响下海浪二维谱、风浪场和涌浪场分布和变化特征。结果表明, 新版的海浪模式能较好表现福建和浙江沿海、长江口附近、山东半岛南端的 3 个关注区域的台风涌浪先于风浪到达的事实; 距台风中心不同距离, 混合浪波高的组成和波高变化不同; 台风的外围区涌浪场的高值区对应着风浪场的低值区, 台风的大风区风浪场的高值区对应着涌浪场的低值区, 台风眼区则为涌浪区。涌浪多分布在台风风浪影响范围之外, 波向由台风中心向外辐射。

关键词: WAVEWATCH III; 风浪; 涌浪; 混合浪

中图分类号: P732

文献标识码: A

文章编号: 1671-6647(2013)01-0022-09

我国是一个海岸线较长的国家, 经常遭受不同强度台风的袭击, 台风浪是我国的主要海洋灾害之一。据统计, 由台风浪造成的经济损失平均每年超过 7 亿元^[1]。因此, 进行台风浪的研究很有必要, 我国东南沿海一带有谚语“风浪未到, 涌先到”, 即在台风浪到达之前, 由于涌浪的传播速度较快, 常在风暴系统到来之前先行到达, 先行涌对于预报台风有重要参考价值。在大洋中, 涌浪往往具有惊人的破坏力, 能使舰船发生中拱、中垂、螺旋桨空转失速等现象, 给舰船造成严重损伤, 甚至损毁^[2]。涌浪传播到浅水或近岸时, 波高增大, 波长减小, 常形成猛烈的拍岸浪, 对岸边建筑物破坏性很大。深入研究台风的风浪、涌浪传播和分布特征, 对海上航行、海洋资源开发利用、防止和减少海浪灾害都具有重要的意义。

目前对台风浪的研究主要以数值模拟研究为主, 国内外许多学者均做了大量的工作。如利用 WAVEWATCH 模式对不同海域不同台风个例进行了成功的数值模拟^[3-7]。为了对台风浪场进行风浪和涌浪分离, 基于前人研究, 本研究采用最新版 WAVEWATCH III (v3.14) 海浪模式(以下简称 WW3)对 2011 年在我国东部海域发展并一路北上的 1109 号台风“梅花”进行数值模拟, 通过新版 WW3 模式的风浪、涌浪分离技术, 模拟刻画了“梅花”台风在我国东部海域涌浪和风浪分布特点, 以及在浙江沿海、长江口附近、山东半岛南端不同近岸海域台风的先行涌和台风风浪传播的时空和频谱分布关系, 为我国东部海域防台减灾, 台风预报研究提供帮助。

1 资料简介

1.1 风场资料

在台风浪的模拟中, 风场资料的质量对模拟效果有显著影响。研究指出, 经验模型风场对实际台风风场的刻画存在诸多缺陷, 而采用模式风场的模拟效果优于模型风场的试验^[1]。本研究利用 NCEP 的 fnl 资料

* 收稿日期: 2012-02-09

资助项目: 国家自然科学基金项目——高风速下拖曳系数的衰减程度及其对台风浪模拟的影响研究(41106014)

作者简介: 陈晓斌(1985-), 男, 辽宁沈阳人, 硕士研究生, 主要从事海-气相互作用方面研究。E-mail: cxbhero@163.com

* 通讯作者, E-mail: zhou_lin4458@163.com

通过 WRF 模式 2 层嵌套技术模拟,获得“梅花”台风在我国东部海域活动期间的海表 10 m 风场资料,以驱动 WW3 模式。

1.2 海浪资料的检验对比

随着海洋遥感技术的发展,卫星资料反演的海浪有效波高(SWH)已基本接近浮标观测值(误差 $<10\%$)^[8]。本研究利用 2001 年美国和法国联合研制和发射的 Jason-1 海洋观测卫星资料,在台风“梅花”活动期间内将 Jason-1 卫星轨道上测量并经过订正的有效波高数据用于检验 WW3 模式模拟的台风海浪场。这种对比方法已被广泛运用,证明是可行的^[9-11]。

2 模式简介、设置及有效波高检验

2.1 模式简介

WAVEWATCH III (v3.14) 在以往版本的基础上对源项 S 进行了新的定义,考虑了更多的物理过程,增加了新的参数化方案^[12]。在以往版本中,源函数项包括风能输入项 S_m 、波波非线性相互作用项 S_{nl} 、耗散(白冠)项 S_{ds} ,在浅水区考虑了底摩擦项 S_{bot} ,而在 WAVEWATCH III (v3.14) 中新加入了线性输入项 S_{ln} ,在极浅水域,还考虑了水深诱导的破碎项 S_{db} 和三波相互作用项 S_{tr} ,同时还包含受地形影响的散射项 S_{sc} 以及用户自定义的源项 S_{xx} ,这样 S 就可以表示为:

$$S = S_{ln} + S_{in} + S_{nl} + S_{ds} + S_{bot} + S_{db} + S_{tr} + S_{sc} + S_{xx} \quad (1)$$

此外,WAVEWATCH III (v3.14) 采用波浪谱能量分离 WaveSEP (Wave Spectrum Energy Partitioning) 方法实现了风浪和涌浪的分离,可在模式的输出中直接获取关于风浪和涌浪的物理量,如有效波高、周期、方向等。波浪谱能量分离方法(WaveSEP)通过引入风浪分数 W (wind sea fraction) 来实现风浪(wind sea)和涌浪(swell)的分离计算(公式(2))^[12-13]:

$$W = E^{-1} E |_{U_p > c} \quad (2)$$

$$U_p = C_{mult} U_{10} \cos(\theta - \theta_w) \quad (3)$$

式中, W 表示风浪分数,即局地波动相速 $C(C = \sigma/K)$ 小于的那部分波动能量 $E|_{U_p > c}$ 占波浪谱总能量 E 的比例; U_p 是波动传播方向上的风速分量与波龄因子 C_{mult} 的乘积; U_{10} 表示海面 10 m 风速,根据风浪分数 W 值的不同,可将波浪分为纯风浪($W=1$)、纯涌浪($W=0$)或混合浪($0 < W < 1$),而涌浪又可以根据频率和方向的不同按其在涌浪能量中所占比例的大小进一步划分为 Swell 1(基础涌浪)、Swell 2(二级涌浪)等。波浪谱能量分离方法的一般实现步骤为:谱峰分隔、风浪谱峰的确认和合并、相关涌浪谱峰的合并、能量阈值的检验、各分离部分物理量的计算^[14]。

2.2 模拟设置

选取模式计算范围为 $5^\circ \sim 50^\circ N$, $115^\circ \sim 150^\circ E$,空间分辨率取 $0.25^\circ \times 0.25^\circ$,计算时间步长取 900 s,每小时输出一次结果,模拟计算时间为 2011-08-03T00:00(世界时)—08-09T18:00(世界时)。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, $0.0418 \sim 0.4056$ Hz。

2.3 有效波高检验

将 2011-08-03—08-09 WW3 模式模拟的 SWH 插值到模拟海域对应的 Jason-1 卫星轨道上,分析对比模拟 SWH 的可信度。为了综合和直观地比较卫星高度计观测的 SWH 与模拟的 SWH 之间的差异,本研究计算了它们之间的相关系数(R)、平均偏差(ME)、均方根误差($RMSE$)以及散点分布图(图 1)。

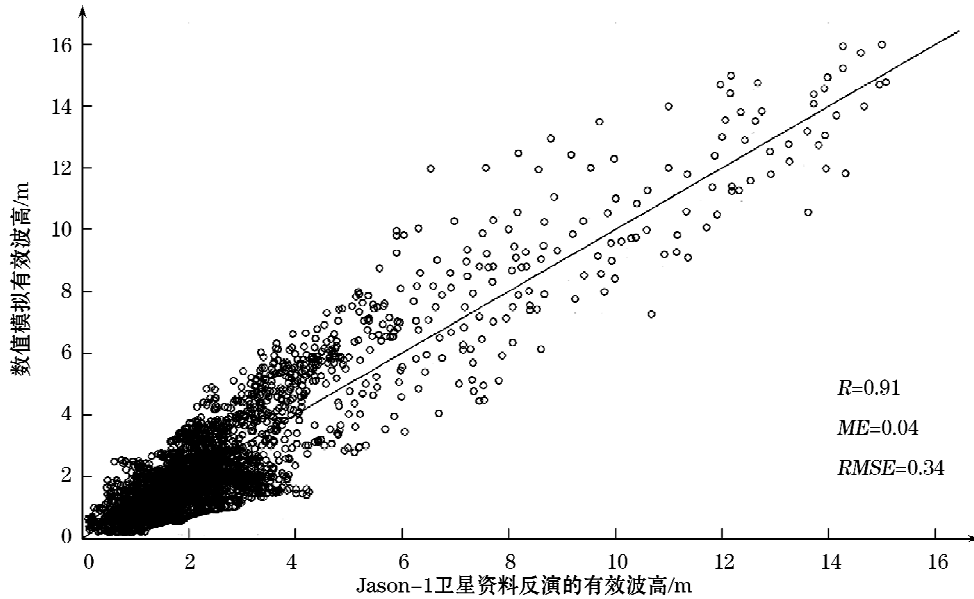


图1 台风“梅花”期间高度计反演的 SWH 与模式模拟 SWH 结果的散点图

Fig. 1 A scatter plot of the significant wave heights (SWH) inverted from T/P altimeter data and simulated by model during typhoon MUIFA

图1反映的是在模拟区域、模拟时间段上25条卫星轨道上的2114个点上的SWH与模拟的SWH的散点对比分布。可以看出,模拟的SWH与卫星反演的SWH具有较好的一致性,存在0.04m的正偏差,说明模拟的SWH总体上稍大于卫星高度计反演的SWH,均方根误差为0.34m,相关系数为0.91,通过了99% ($\alpha_{0.01}=0.254$)的可信度检验,故总体而言,本文WW3模式模拟的海浪SWH是可信的。

3 台风“梅花”特征分析

3.1 台风“梅花”简介

1109号热带风暴“梅花”于07-28T14:00在西北太平洋洋面上生成。随后两度升级为超强台风,并于08-06T15:00减弱为台风。08-06T11:00,“梅花”中心位于浙江省舟山市东南方大约425km的东海海面上,中心附近最大风力14级。08-08,“梅花”海浪冲毁在建防波堤,海水倒灌威胁大连PX项目,当天18:30前后热带风暴“梅花”中心在朝鲜西海岸北部沿海登陆。08-09T02:00在辽宁省铁岭市减弱为热带低压,对我国影响逐渐减小。“梅花”台风的实际路径、模拟路径以及本研究设置的A、B、C三个关注站点的位置见图2。

3.2 不同海域有效波高的时间变化特征

由于台风“梅花”持续时间比较长,强度大(从西北太平洋生成后曾两度发展为超强台风),08-08北

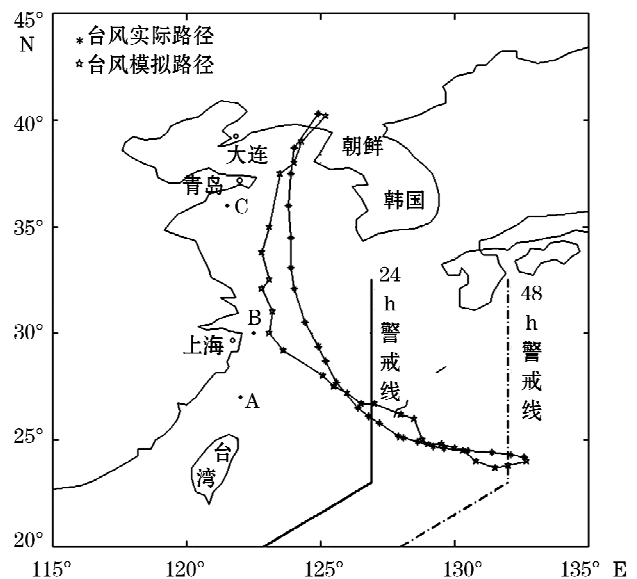


图2 台风“梅花”路径

Fig. 2 The track of typhoon MUIFA

上至我国辽宁省,其中福建和浙江沿海、辽东半岛皆受该台风较大的影响。为研究此次台风逐渐临近、到达和逐渐远离过程中风浪、涌浪和混合浪的变化过程,本文依据台风路径选取了浙江沿海 A(122°E,27°N)、长江口 B(122°30'E,30°N)、山东半岛南部 C(121°30'E,36°N)三个不同地点海域,考察这些站点模拟的风浪、涌浪、混合浪波高随时间的变化。

3个不同海域在台风到来前48 h警戒线、24 h警戒线、临近台风、处在台风后的海浪分布情况如图3所示。08-03T12:00(以下时间均为世界时)之前,台风处于48 h警戒线以东,此时A点混合浪波高很小,不足0.3 m,且主要为涌浪;04T00:00—05T10:00,A点混合浪(主要为涌浪)波高迅速增高;在05T10:00以后,台风进入24 h警戒线以西,A点涌浪和风浪夹杂,波高增加到4.3 m以上;06T06:00台风中心距A点最近达290 km,混合浪或涌浪波高最高达4.9 m;05T10:00—06T18:00,A点处在距台风中心600~300 km处,即7级风圈半径附近,海面风浪、涌浪混合,混合浪波高维持在4.3~4.9 m之间;06T18:00后,随着台风的转向北上远去,A点处风浪和涌浪波高迅速减小,但混合浪波高中以风浪为主;08T12:00以后A点处混合浪波高维持在1.0 m以下,以涌浪为主。

对于长江口附近B海域,08-04T12:00之前台风处于24 h警戒线以东,长江口存在风浪,但波高相对较小,这是局地风场而非“梅花”台风系统风场的影响;04T12:00—06T00:00,由于台风的临近,B海域混合浪波高持续小幅递增,最高增至3 m,且涌浪起主导作用;06T00:00后,B点混合浪波高迅速增大,24 h内波高由3 m增加到7 m,台风中心距B点的距离由573 km缩短到57 km,在混合浪波高增大过程中,风浪和涌浪均有贡献,但在07T00:00即台风中心距B点最近时,由于B点位于台风中心眼区附近,该点的混合波高以涌浪为主;07T00:00以后台风离开该站点继续北上,该点的涌浪和混合浪波高则迅速减小,至07T18:00台风中心距B点129 km时,B点的混合浪波高回落到3 m,涌浪波高则不到1 m;07T18:00以后,B点混合浪以风浪为主继续减弱,至08T12:00以后,B点混合浪以涌浪形式缓慢递减,台风的影响逐渐消失。

对于山东半岛南端海域C,在05T10:00台风进入24 h警戒线之前,受局地风场的影响,C站点混合浪波高始终在1 m以下变化,风浪和涌浪交替变化;05T10:00—07T12:00,C点混合浪波高主要以涌浪的形式持续增长到2 m;07T12:00台风中心距C点683 km,此后,C点混合浪波高以风浪的形式迅速增大,08T18:00,C点距台风中心182 km,C点的风浪或混合浪波高达到最大为4.8 m;此后混合浪波高迅速减弱,至09T00:00混合浪或风浪波高回落到2.5 m以下,09T24:00混合浪或风浪波高回落到1 m左右。

通过对上述A、B和C三个海域混合浪波高随台风中心距离变化的分析看出,台风来临前,当台风中心至观测站点约1000~600 km时涌浪作为先行波最先显现,对于福建和浙江沿海的观测点,混合浪波高以涌浪形式迅速升高,24 h可上升3 m以上;而长江口附近和黄海海域,混合浪波高以涌浪形式上升较平缓,持续时间可达48 h;当台风中心至观测站点约600~200 km时,混合浪波高主要以风浪的形式迅速增大如B和C点;当观测点处于台风眼附近时,混合浪则表现为涌浪形式如B点;台风离开观测点时,混合浪波高迅速减小,特别是前期涌浪波高减弱更为明显,但台风影响逐渐减小后,观测点波高仍以涌浪为主。

3.3 代表海域海浪谱特征分析

实际海浪传播是个随机过程,从二维海浪谱的角度分析海浪能量随频率和方向的分布有助于进一步了解此次台风浪的传播特征。3站点处在台风来临前、受台风影响最大、台风离去等不同时刻的二维波浪谱分布见图4。图中径向代表频率,间隔为0.05,单位为Hz;中心箭头代表风向;色标及等值线表示能谱密度,单位为 $\text{m}^2 \cdot \text{s}$; H_s 代表波高; U 代表风速; Z 代表世界时。

台风来临前(04T17:00)A、B和C三站点的二维谱的分布如图4a~4c所示。可以看出,A和B站的风速分别为9.5和7.5 m/s,风向分别为北风和东北风;它们对应的海浪能量主要由波向255°~315°、频率0.05~0.15 Hz之间的波动产生,A点最大能谱密度大于 $40 \text{ m}^2 \cdot \text{s}$,B点最大能谱密度大于 $10 \text{ m}^2 \cdot \text{s}$,由于风向和波向几乎垂直,波动频率又偏低,A和B站点此时表现为涌浪特征。C站点为东南风,风速较小,海浪能量主要由波向330°~360°(与风向相近)、频率0.15~0.25 Hz之间的波动产生,C点最大能谱密度仅为 $0.5 \text{ m}^2 \cdot \text{s}$,显然C站点此时表现为风浪特征。

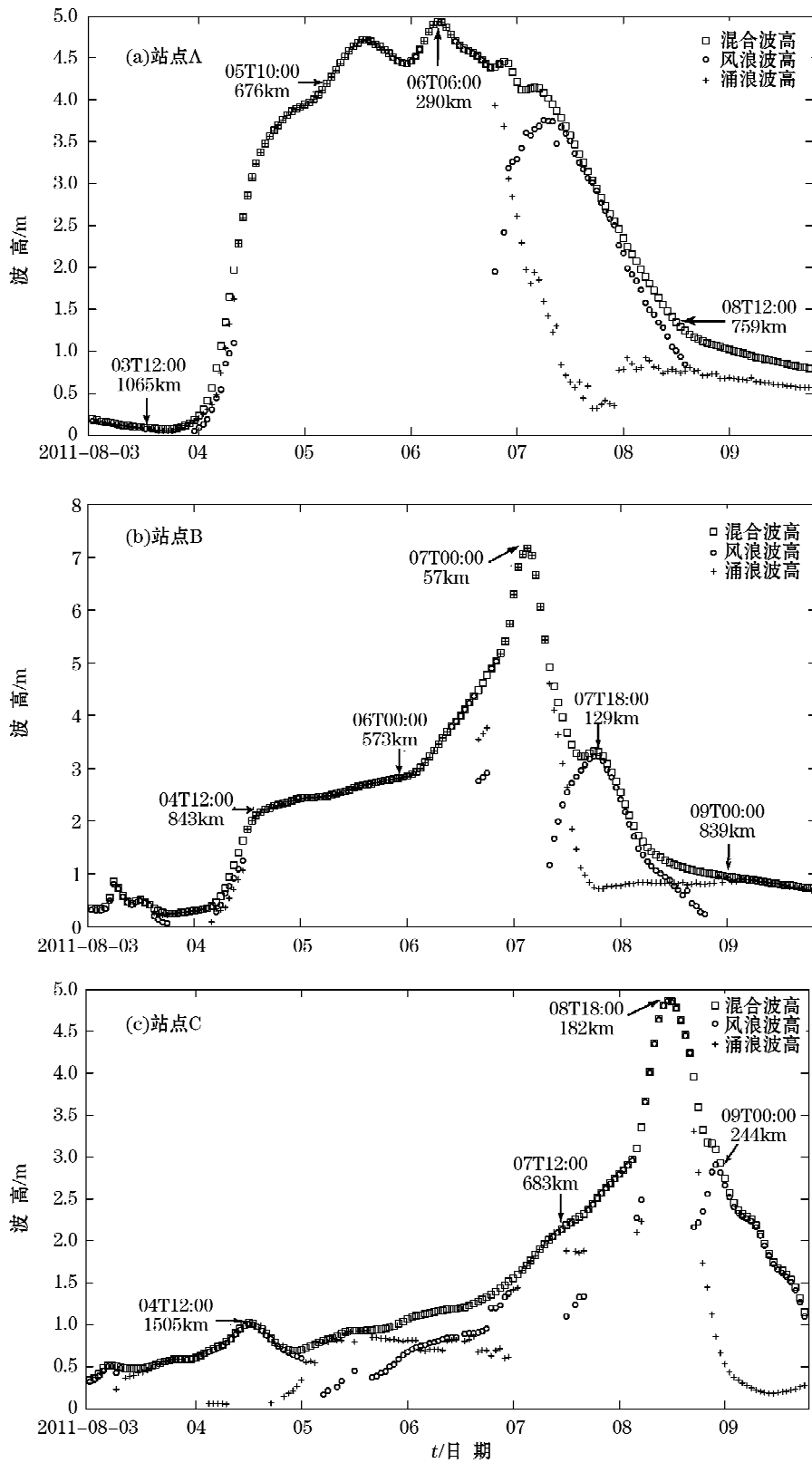


图 3 3 个不同海域 A、B、C 的风浪、涌浪、混合浪波高随时间的变化

Fig. 3 Variation of wave heights of wind wave, surge and mixed wave with time in three different regions: A, B and C

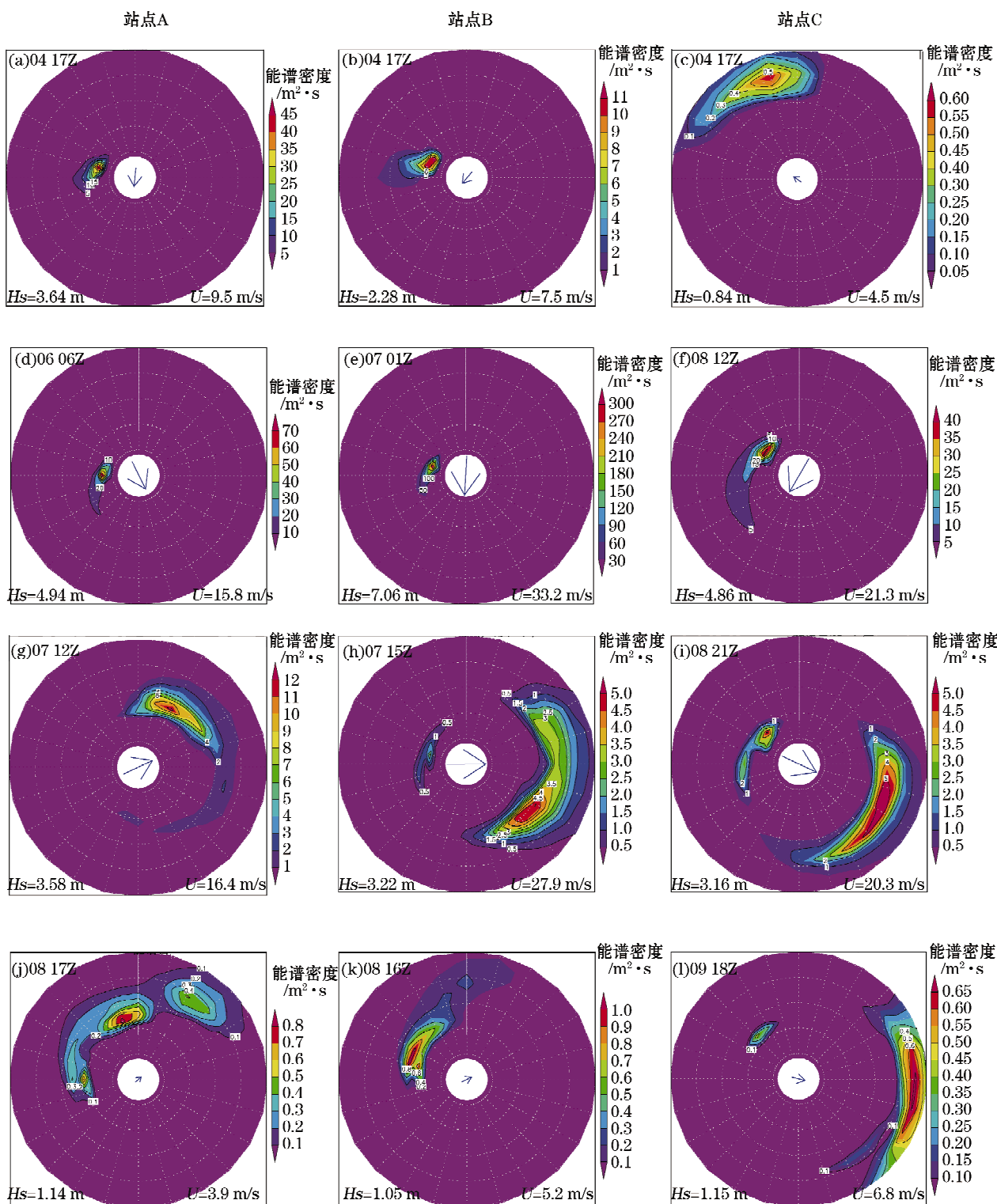


图 4 2011-08,3 个关注站点的能谱

Fig. 4 The energy spectra at the three concerned stations in August, 2011

随着台风的临近,A 站点(图 4 左侧一列)和 B 站点(图 4 中间一列)风向为西北风和北风,风速逐渐增大,波高也随之增高。06T06:00 和 07T01:00 时,A 点和 B 点分别达到此次台风过程中最大的风速和浪高,它们对应的二维谱能量聚集区波向没有大的变化,仍维持 270° 左右(与风向夹角大于或等于 90°),频率进一步降低至 $0.05\sim 0.10$ Hz,尤其 B 站点波动的能量集中在狭窄的波向和频段中,能谱密度达到最大, $300\text{ m}^2\cdot\text{s}$ 左右。此时 A 和 B 站点主要表现涌浪的特征,和图 3 结论一致。08T12:00,C 点风速也达到最大,为 21.3 m/s ,风向为东北风,C 点的二维谱能量聚集区波向维持在 $215^\circ\sim 330^\circ$ 之间, $0.05\sim 0.15$ Hz 之间,最大能谱密度大于 $40\text{ m}^2\cdot\text{s}$ 。与 A 点和 B 点受台风影响最强时刻频谱分布相比,C 点主要表现为风浪和涌浪的混合特征。

在台风中心逐渐远离观测站点北上的过程中,观测点的风速逐渐减小,波高降低。对应着风向和风速的变化,观测点海浪谱能量聚集区波向开始发散,频率增大,能量谱密度减小。如 07T12:00,A 点波向 $180^\circ\sim 270^\circ$,波向变化 90° ,频率 $0.05\sim 0.15$ Hz,涌浪特征,最大能谱密度约 $45\text{ m}^2\cdot\text{s}$;08T17:00 波向 $240^\circ\sim 60^\circ$,波向变化 180° ,频率 $0.10\sim 0.25$ Hz,风浪和涌浪共存特征,最大能谱密度约 $0.8\text{ m}^2\cdot\text{s}$;观测点 B 和 C 甚至出现风浪和涌浪相对独立的能量聚集区,如 B 点的 07T15:00、C 点的 08T21:00 和 09T18:00,波向与风向一致,波谱频率较高的谱能量聚集区即为风浪的能量聚集区,波向与风向夹角大或反向,波谱频率较低的谱能量聚集区即为涌浪的能量聚集区。图 4 观测点的二维能谱特征与图 3 观测点波高随时间变化从不同的方面反映了观测点风浪和涌浪的基本特征。

3.4 台风风浪、涌浪、混合浪场的整体结构

台风“梅花”位于我国东部海域台风 24 h 警戒线时的风浪场、涌浪场和混合浪场的波高水平分布见图 5。其中矢量箭头表示波动传播方向,波高大小以色标颜色表示,单位为 m。

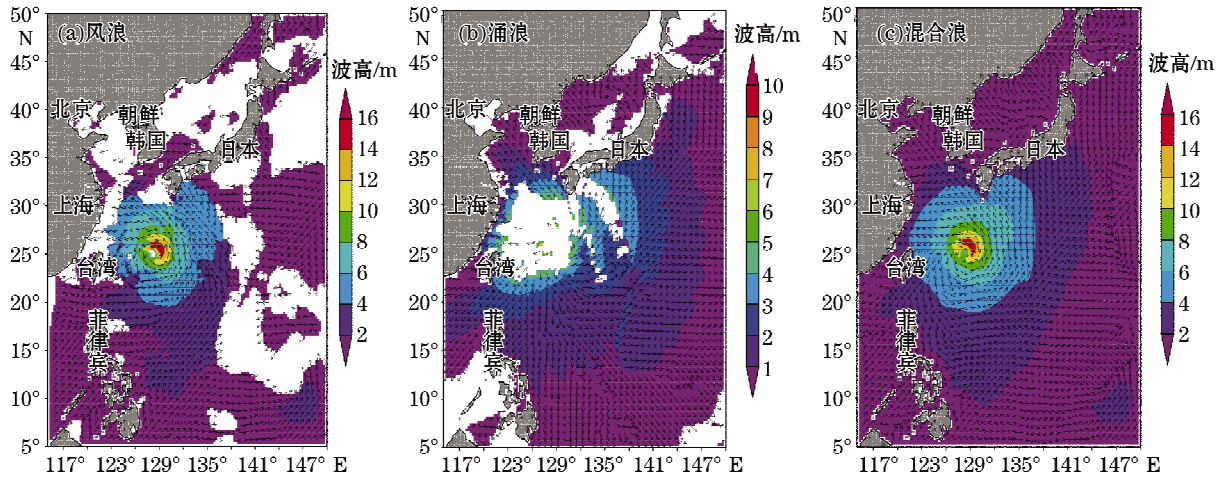


图 5 2011-08-05T10:00 台风风浪场(a)、涌浪场(b)、混合浪场(c)的波高水平分布

Fig. 5 Horizontal distributions of the wave heights of wind wave field (a), the surge field (b) and mixed wave field (c) at 10:00 on August 5, 2011

05T10:00 台风中心位于我国东部 24 h 台风警戒线附近的开阔洋面上,台风中心附近混合浪最大波高约 16 m ,波高从台风中心向外呈气旋式的辐散减小,长江口至福建一带海域混合浪波高为 $2\sim 4\text{ m}$,整个黄海海域混合浪波高在 2 m 以下;台风系统的风浪场的波高和波向与混合浪场最为相似,台风中心附近最大风浪波高约 16 m ,而台风眼区并无风浪;涌浪场分布最显著的特点是除台风眼区对应大的涌浪外,台风中心附近存在大片无涌浪区域而中心外围呈现由中心向外辐射发散状,随着远离台风中心涌浪波高逐渐减小的特征。05T10:00 离台风中心最近的浙江和福建近岸海域,涌浪波高已达 $4\sim 5\text{ m}$;长江口附近海域涌浪波高

达 3 m 左右,而黄海北部包括山东半岛海域由台风中心传来的涌浪波高大多才 1 m 左右。值得注意的是此时上述海域台风系统造成的风浪场几乎为零,因此“台风未到涌先到”的特征十分明显。但是不能忽视海岛地形对台风产生的涌浪传播的影响,从图 5 的涌浪场分布还可以看出,台湾岛、日本岛、菲律宾岛以及山东半岛和辽东半岛均对涌浪传播有明显的阻挡作用。

4 结 论

本研究探讨了台风进入我国东部海域 24 h 警戒线后,福建和浙江沿海、长江口附近以及山东半岛附近海域涌浪和风浪波高随时间变化与台风中心位置的关系以及台风影响下上述海域海浪二维谱、风浪场和涌浪场分布和变化特征。主要结论如下:

1) 台风的外围区涌浪场的高值区对应着风浪场的低值区,台风的大风区风浪场的高值区对应着涌浪场的低值区,台风眼区则为涌浪区。涌浪多分布在台风风浪影响范围之外且波向由台风中心向外呈辐射状。

2) 我国东部沿海台风来临前,距台风中心约 1 000~600 km 时,涌浪以波向 $255^{\circ}\sim 315^{\circ}$,频率 0.05~0.15 Hz 的低频先行波最先显现。福建和浙江沿海波高上升速度较快,24 h 可上升 3.5 m 以上,长江口以及山东半岛附近海域波高高相对缓慢。

3) 距台风中心 600~150 km 时,台风浪以风浪为主,风浪与涌浪相混合,波高变化迅速,海浪谱甚至出现相互独立的风浪和涌浪的能谱聚集区。在台风眼区,台风浪呈现涌浪的形式,能量集中,能谱密度达最大。

需要指出的是,本研究仅限于 1109 号台风“梅花”发展过程,对不同强度和移动速度的台风以及不同水深的观测点本研究的结论是否具有普遍的代表性,还有待于更多的试验。

参考文献(References):

- [1] JIANG X P, ZHONG Z, ZHANG J S, et al. Comparison study on the surface wind over ocean in typhoon waves simulation[J]. Marine Science Bulletin, 2007, 26(2): 11-19. 蒋小平, 钟中, 张金善, 等. 台风浪模拟预报中的风场比较研究[J]. 海洋通报, 2007, 26(2): 11-19.
- [2] ZHENG C W, ZHOU L, ZHOU L J. Wave and wave energy characteristics analysis in Xisha and Nansha during the last 45 years [J]. Advances In Marine Science, 2011, 29(4): 419-426. 郑崇伟, 周林, 周立佳. 西沙、南沙海域波浪及波浪能季节变化特征[J]. 海洋科学进展, 2011, 29(4): 419-426.
- [3] CHU P C, CHENG K F. South China Sea Wave characteristics during typhoon Muifa passage in winter 2004[J]. Journal of Oceanography, 2008, 64(1): 1-21.
- [4] WEI X L, LI J N, YAO C, et al. Numerical simulation of typhoon Krovanh and typhoon-induced ocean waves[J]. Journal of Tropical Meteorology, 2007, 23(6): 673-678. 魏晓琳, 李江南, 姚才, 等. 台风 Krovanh(0312)及其台风浪的数值模拟[J]. 热带气象学报, 2007, 23(6): 673-678.
- [5] XU M F, HUANG Y F, SONG Z Y. Numerical simulation of typhoon-driven-waves from East China Sea to Yangtze Estuary[J]. Journal of Hydrodynamics; Series A, 2008, 23(6): 604-611. 徐敏福, 黄云峰, 宋志尧. 东中国海至长江口海域台风浪特性的数值模拟研究[J]. 水动力学研究与进展: A 辑, 2008, 23(6): 604-611.
- [6] MOON I-J, GINIS I, IARA T, et al. Numerical simulation of sea surface directional wave spectra under hurricane wind forcing[J]. J. Phys. Oceanogr., 2003, 33: 1680-1705.
- [7] YAN T, ZHANG Y M, HU B Q. Simulating wind-generated waves in hurricane dean with SWAN nested in WAVEWATCH [J]. Transaction of Oceanology and Limnology, 2009, (4): 1-7. 阎涛, 张玉铭, 胡保全. WAVEWATCH 和 SWAN 嵌套模拟台风浪场的结果分析. 海洋湖沼通报, 2009, (4): 1-7.
- [8] LIU Y G. Satellite Oceanology[M]. Beijing: Higher Education Press, 2005. 刘玉光. 卫星海洋学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2005.
- [9] GUAN H, ZHOU L, SHI Y, et al. Test of the effectiveness of wind sea by Jason-1 material for air-sea coupling model simulations[J]. Marine Forecasts, 2009, 26(1): 84-93. 关皓, 周林, 史尧, 等. 利用 Jason-1 资料验证区域海气耦合模式模拟台风浪的有效性[J]. 海洋预报, 2009, 26(1): 84-93.
- [10] ZHOU L M, WU Y L, GUO P F, et al. Simulation and study of wave in South China Sea using WWATCH-III [J]. Journal of Tropical Oceanography, 2007, 26(5): 1-8. 周良明, 吴伦宇, 郭佩芳, 等. 应用 WAVEWATCH-III 模式对南海的波浪场进行数值计算、统计分析和

- 研究[J]. 热带海洋学报, 2007, 26(5): 1-8.
- [11] QI Y Q, ZHU B C, SHI P, et al. Analysis of significant wave heights from WWATCH and TOPEX/Poseidon altimetry[J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2003, 25(4): 1-9. 齐义泉, 朱伯承, 施平, 等. WAVEWATCH 模式模拟南海海浪场的结果分析[J]. 海洋学报, 2003, 25(4): 1-9.
- [12] TOLMAN H L. User manual and system documentation of WAVEWATCH III version 3.14 [EB/OL]. [2012-07-21]. <http://polar.ncep.noaa.gov/waves/wavewatch>.
- [13] TRACY B. Wind sea and swell delineation for numerical wave modeling[R]. Oahu: The 10th International Workshop on Hindcasting and Forecasting, 2007.
- [14] HAN X W, ZHOU L, YOU D M, et al. The Numerical Simulation and Analyse of Wind Sea Field and Swell Field Generated by 0801 Typhoon[J]. *Transactions of Atmospheric Science*, 2011, 34(5): 597-605. 韩晓伟, 周林, 游大鸣, 等. 0801 号台风风浪场和涌浪场的数值模拟及分析[J]. 大气科学学报, 2011, 34(5): 597-605.

Characteristics of Wave and Surge Fields of Typhoon MUIFA

CHEN Xiao-Bin^{1,2}, ZHOU Lin¹, SHI Wen-Li¹, LI Jing¹, CHEN Xuan¹

(1. *Institute of Meteorology, PLA Univ. of Sci. & Tech*, Nanjing 211101, China;

2. *12 Unit, NO. 92538 Army*, Dalian 116041, China)

Abstract: Based on the third generation of wave numerical model WAVEWATCH III (v3.14), wind wave field, surge field and mixed wave field of typhoon MUIFA(1109) are simulated under the wind field supplied by model WRF, and three concerned stations are selected in the coastal areas of China both for the investigation of the relationship between the variations of wave and surge heights with time and the central position of the typhoon and for the study of the distributions and variations of Two-dimensional wave spectra of ocean waves, wind wave field and surge field under the influence of the typhoon. The results indicate that the new version of WAVEWATCH III can well demonstrate the fact that the surge formed by the typhoon arrives ahead of the wind wave in the three concerned regions, i. e. the Fujian-Zhejiang coastal area, the Yangtze River estuary and the coastal area of southern Shandong Peninsula. The composition and variation of the height of the mixed wave vary at different distances away from the typhoon center. In the peripheral zone of the typhoon the high values of the surge field are corresponding to the low values of the wind wave field, whereas in the gale area of the typhoon the high values of the wind wave field are corresponding to the low values of the surge field. The typhoon eye area is an area of surge field. The surge is mostly distributed outside the regions where the influence of the wind wave formed by the typhoon is dominant and the direction of the waves radiates outward from the center of the typhoon.

Key words: WAVEWATCH III; wind wave; surge; mixed wave

Received: February 9, 2012