

DOI:10.11737/j.issn.1003-0239.2016.05.009

# 2016年初强寒潮对台湾海峡及其邻近海域影响分析

任在常

(福建省海洋预报台, 福建 福州 350003)

**摘要:** 基于实况天气图分析2016年1月21—26日大规模影响台湾海峡及其邻近海域寒潮的类型、源地以及发展,并通过海上观测浮标的海洋气象资料分析寒潮影响期间的风、浪分布特征,得出以下结论:(1)此次寒潮过程是一次典型的中路冷空气过程,根据浮标监测数据显示,影响福建海域的6级及以上东北大风维持时间最长为66 h,4.0 m及以上灾害性海浪最长维持45 h;(2)台湾海峡普遍出现8—9级阵风和10级的北—东北风。海峡南北气压差最大值达10.3 hPa。由于受到台湾岛地形影响,过程的大风区主要集中的海峡东岸和台湾岛东侧海域,最大风速达21.6 m/s;(3)海峡中北部海域在寒潮影响期间存在明显海浪低值区,大浪区在海峡南部形成伸入海峡的“舌”状结构,受东北大风影响,海峡东岸的浪高明显高于海峡西岸。讨论认为受台湾岛地形影响,寒潮大规模影响期间海峡北部存在风向、浪向切变,且寒潮冷中心进一步南下,导致海峡北部浪高明显减小和海峡南部浪高显著增大。

**关键词:** 寒潮;中路冷空气;台湾海峡及邻近海域;风浪

**中图分类号:** P732 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0239(2016)05-0078-11

## 1 引言

台湾海峡是连通南海和东海的重要“海上走廊”,海上作业活动频繁。夏半年多受台风影响,台风浪的危害已经得到了广泛认识,并且在每年的汛期都能够得到高度的重视和防范。但冬半年冷空气影响造成的大浪危害同样需要高度关注。据2011—2015年福建省海洋灾害公报统计,冷空气造成的灾害性海浪平均每年达23.4次,占灾害性海浪过程总数的69%。据不完全统计2009年10月—2014年7月台湾海峡及邻近海域发生41次较为严重的海难事故。其中风浪因素造成的有11起,而冷空气浪因素造成9起,台风浪因素造成1起,冷空气和台风共同影响因素造成1起。

针对台湾海峡冷空气风浪的统计特征分析,前人已有研究:刘金芳等<sup>[1]</sup>指出冬半年受冷空气影响,海峡大部东北风向频率为60%—79%。平均风速以

11、12月最大,为10—12 m/s。许福祥<sup>[2]</sup>指出,台湾海峡虽面积很小,波高为6 m以上的狂浪在1966—1993年共出现204次,年平均寒潮浪为4.11次;陈剑桥<sup>[3]</sup>指出台湾海峡及其邻近海域冬季平均风受“狭管效应”影响的主要区域为台湾岛台南市西部外海以北至福建平潭岛外海以南,其中以澎湖列岛以北至泉州湾外海以南地区的“狭管效应”最为明显。基于台湾海峡海上观测条件的限制,针对强寒潮过程的台湾海峡及其临近海域的实际观测的风浪情况还鲜有研究。本文旨在前人研究成果的基础上,利用海上浮标和海洋数值模型等手段开展分析,为进一步掌握该类型寒潮过程的风浪预报提供基础认识。

## 2 数据与方法

### 2.1 资料来源

本文采用福建省海洋预报台的海上浮标(按纬

收稿日期: 2016-04-05

基金项目: 国家科技支撑计划课题(2013BAB04B01)

作者简介: 任在常(1986-),男,助理工程师,学士,主要从事海洋预报工作。E-mail:yu02241129@126.com

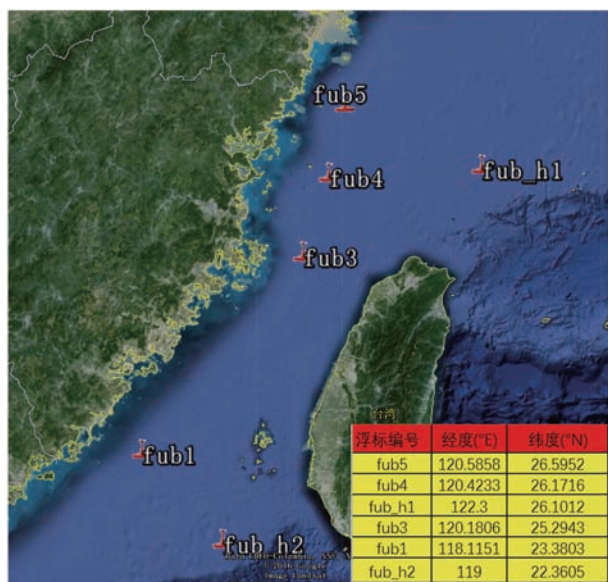


图1 浮标站位图

度从北到南,浮标编号:fub5, fub\_h1, fub4, fub3, fub1, fub\_h2(见图1)逐时观测数据,浮标直径10 m,搭载海洋水文、气象观测设备。其中气压传感器采用PTB210数字大气压力计,量程:50—1 100 hPa,总精度:±0.5 hPa;波浪传感器采用SBY1-1型压力式波浪仪,量程:0—20 m,总精度:±2 cm。

本文还采用福建省海洋预报台已业务化运行的风场和浪场数值预报模型。(1)风场数值模型采用WRF(Weather Research and Forecasting Mode)模型,能实现台湾海峡及周边海域海面风场业务化数值预报,空间分辨率0.25°,预报时效48 h,预报间隔6 h,风速预报平均绝对误差≤3 m/s,风向平均绝对误差≤30°;(2)浪场数值模型采用SWAN(Simulation WAve Nearshore)两重自嵌套,空间分辨率0.1°,有效波高(≥2 m)的平均预报相对误差为24 h 25%(数据来源:海面风场-浪场-温盐流场数值预报系统自验收报告)。

## 2.2 统计分析方法

针对浮标观测数据,剔除无效数据后,对少量缺失的浮标观测数据利用Matlab进行三次样条插值拟合补齐。程序处理方法主要参考许小勇等<sup>[4]</sup>在文献中提出的函数构造方法。其它误差分析统计方法如下:

$$\text{标准差: } \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N}} \quad (1)$$

$$\text{极值: } S_{\max} = \text{MAX}(x_1: x_N), S_{\min} = \text{MIN}(x_1: x_N) \quad (2)$$

$$\text{频率: } F = \frac{M}{N} \quad (3)$$

式中:  $\bar{x}$  为观测样本均值,  $x_i$  为观测样本值,  $x_N$  为第  $N$  个观测样本值;  $N$  为逐时观测数据样本总数,  $F$  为频率,  $M$  为出现极值的观测样本数。

## 3 天气形势分析

### 3.1 500 hPa 形势分析

分析500 hPa形势图,20日20时(北京时,下同)贝加尔湖附近的冷涡开始逐渐加强,冷涡中心温度-49℃,东亚高空形成倒大“Ω”流型<sup>[5]</sup>。巴尔克什湖东侧的高压脊后暖平流促使高压脊继续加强,脊前的偏北气流也随之增强,不断引导冷空气在贝加尔湖南部的横槽内积聚,汇成一股极寒冷的冷空气。21日20时受脊顶极涡活动影响,温度脊线开始与高度脊线重合,高压脊北部开始逐渐向东移动;22日20时冷涡中心明显南压;23日20时横槽开始转竖,引导寒潮爆发;24日20时东亚大槽逐渐入海,开始远离东南沿海(见图2)。

### 3.2 850 hPa 形势分析

分析850 hPa图,21日20时贝加尔湖附近的冷涡中心低温为-38℃,22日20时冷涡中心低温上升为-36℃,同时冷中心和冷舌明显超前于冷槽。23日20时,冷涡中心低温为-33℃位置已经南下,冷槽后的东北风逆转为北风,都表明寒潮爆发。24日20时冷涡中心低温为-23℃,位置移动到了我国内蒙古地区,由于冷涡北部开始出现暖中心,导致缺乏后续补充,南下的冷空气受较热的下垫面影响也将很快变性,冷空气过程也将很快结束(见图3)。

### 3.3 地面形势分析

2016年1月17日14时,贝加尔湖附近的冷高压中心气压1 054 hPa,小股冷空气不断南下影响;至



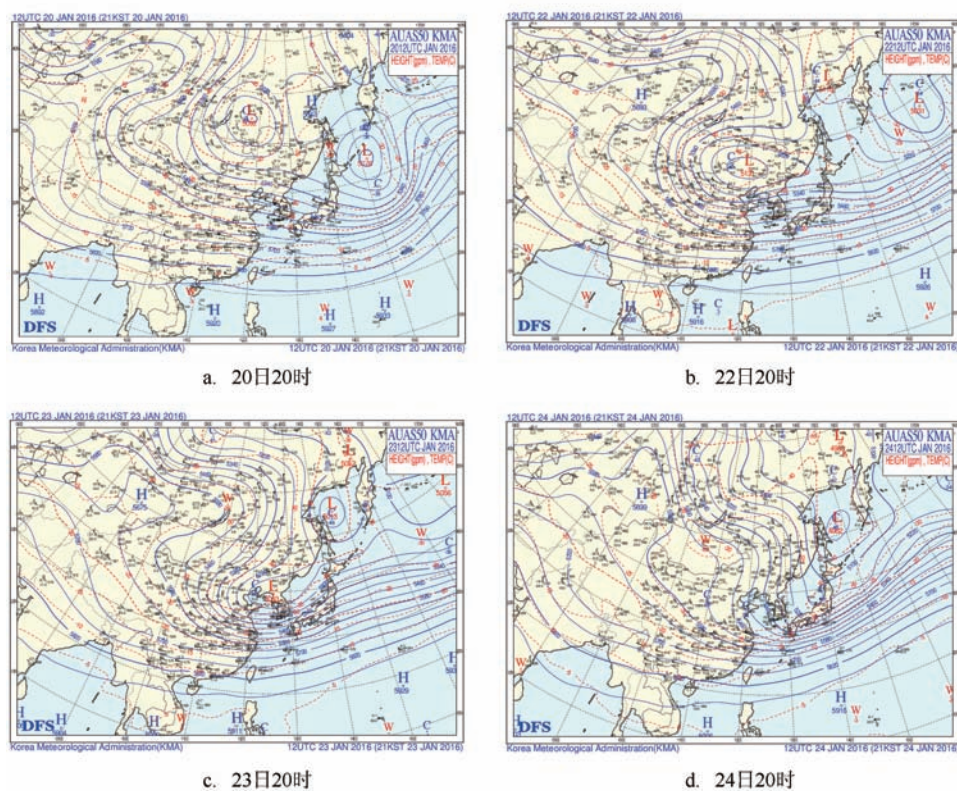


图2 500 hPa 高空形式图(引自韩国气象厅网站:<http://web.kma.go.kr/chn/weather/images/analysischart.jsp>)

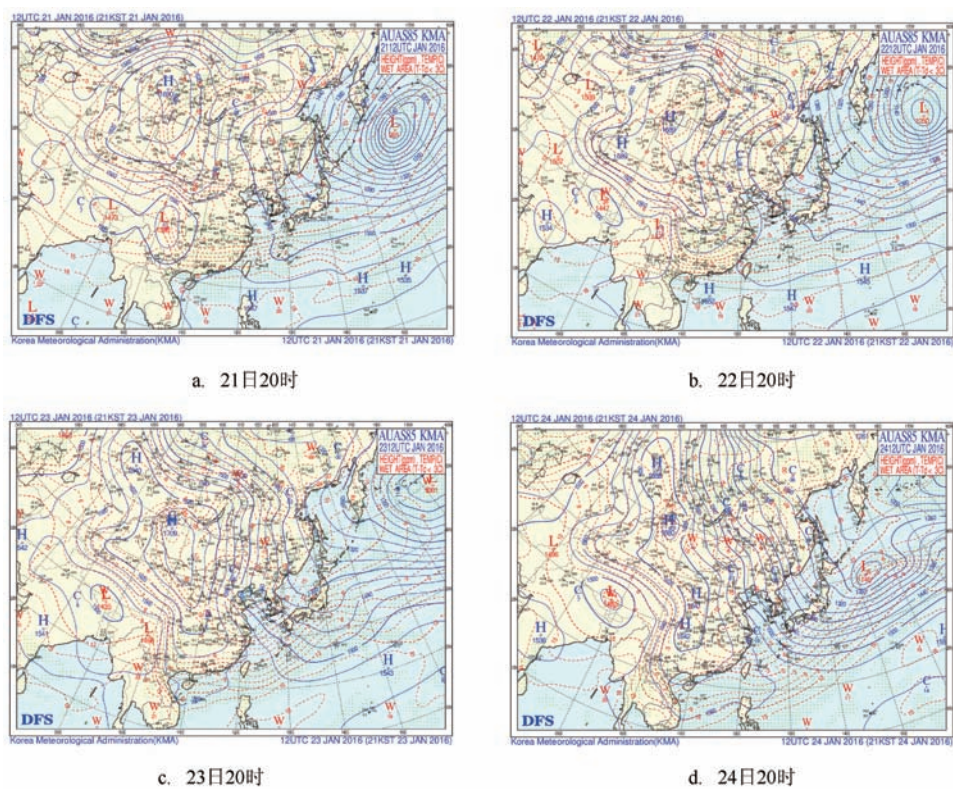


图3 850 hPa 高空形式图(引自韩国气象厅网站:<http://web.kma.go.kr/chn/weather/images/analysischart.jsp>)



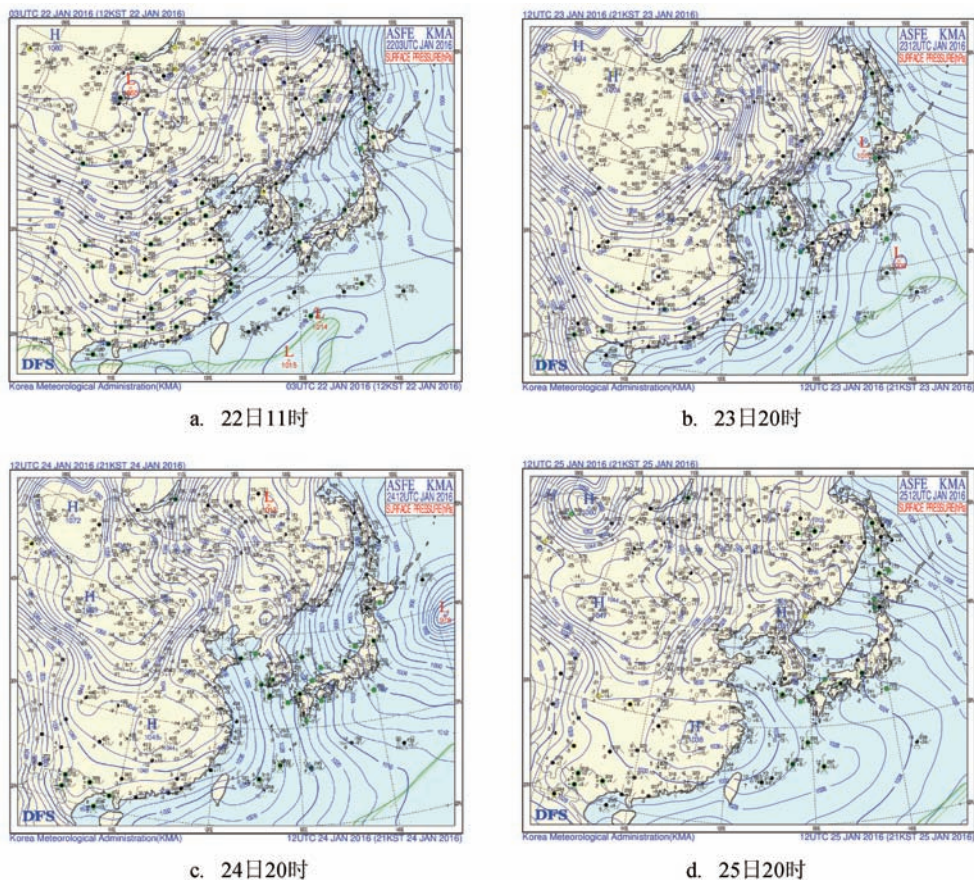


图4 地面天气形势图(引自韩国气象厅网站:<http://web.kma.go.kr/chn/weather/images/analysischart.jsp>)

22日11时冷中心强度达到1 080 hPa,冷空气开始大规模南下影响福建海域,26日冷高压逐渐变性,东移入海,远离我省海域(见图4)。冷空气主体从寒潮关键区经蒙古到达我国河套附近南下,直达长江中下游及江南地区,为中路寒潮过程<sup>[5]</sup>。

经浮标数据统计,在寒潮过程中浮标站点的最高气压为1 039.3 hPa(fub5),南北最大气压差为10.3 hPa(fub5和fub\_h2),最低温度为0.3 ℃(fub5),日温差最大为23日7.4 ℃(fub\_h2)。

## 4 海洋气象水文要素分析

### 4.1 浮标风力特征

在冬半年,台湾海峡的风主要以东北风或偏北为主,风力的大小同时受到台湾海峡特殊地形—“狭管效应”的影响,对风力有一定的加成作用<sup>[3]</sup>。在此次过程中所有站点观测的风向以NNW-NE为主

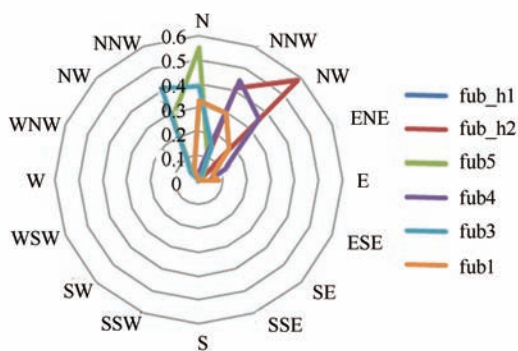


图5 浮标风向玫瑰图

(见图5),各站点平均风速极值的时间大部分在22日18时—23日08时,只有fub\_h2出现在24日03时(见图6)。此外台湾海峡内测得的最大风速为20.9 m/s,台湾岛东北侧海域测得的最大风速为21.6 m/s(fub\_h1)(见图7)。究其原因,fub\_h1位于

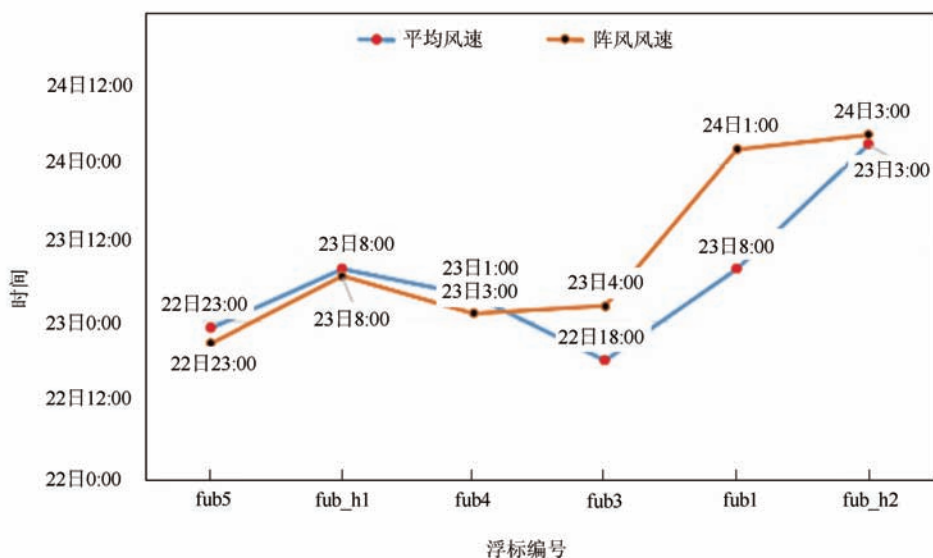


图6 各站点风速极值出现时间

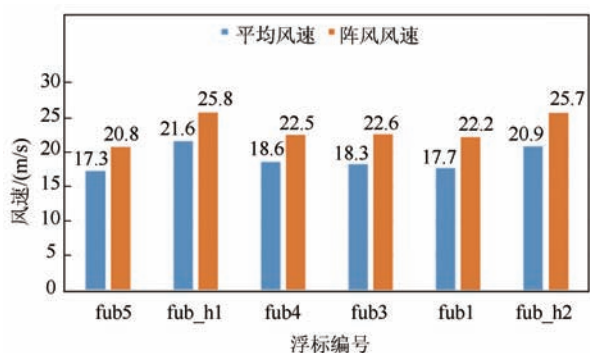


图7 各站点风速极值

台湾北部开阔海域,寒潮带来的冷空气从北部海上吹来,下垫面为海洋摩擦损耗小,最有利于风的成长(见图1);fub\_h2最大风速时间最晚出现,主要是其位置位于最南侧,在寒潮后期气压梯度才达到最大。

从6级及以上大风情况来看,维持时间最长为66 h (fub\_h2)(见图8)。由于冷空气后期在向东移动过程中,受中央山脉的影响会在台湾岛西侧形成“挤压”现象,致使气压梯度增大<sup>[3]</sup>,靠近海峡东岸的fub\_h2大风维持时间偏长。

标准差能够反应一队数据的离散程度,故通过式(1)来计算各个站点风速标准差来了解各站点的风速稳定情况。从北到南各个站点的风速标准差逐渐减小,fub1浮标的风速标准差最小为2.81(见图

9),说明在整个寒潮过程中海峡自北向南风速变化程度逐渐降低。fub\_h2和fub\_h1风速标准差接近,两者的风速变化程度接近。

利用WRF模型24 h风场预报数据跟浮标实测对比验证(见图10)发现:海峡外部的浮标站点预测数据与实测数据相较偏大,平均绝对误差最大为4.09 m/s(fub\_h1),模型风场时间相位整体滞后;海峡内部的站点模型预测数据与实测较为吻合,平均绝对误差最大为1.4 m/s(fub\_h2)。

通过模式风场图(见图11)来看,寒潮大风对海峡的重点影响时间段在23日夜间,最大风区出现在台湾岛两侧;24日夜间开始闽中渔场东部和台南海域存在以明显的风速衰减区,与郭民权等<sup>[6]</sup>和陈剑桥<sup>[9]</sup>提出的气压“挤压”效应和风受台湾岛地形影响的“尾流”效应基本一致;至25日夜间,当海峡北部风向由偏北风转为东北风时,更为有利于海峡风力的成长,衰减区的风力又开始增大。且随着寒潮冷中心的进一步靠近,大风区位置逐渐向南移动,但由于寒潮主体的变性减弱,风速明显降低。

#### 4.2 浮标海浪特征

在本次寒潮过程中台湾海峡出现了有效波高3.6—5.5 m的大到巨浪,台湾岛东北部海域最大有效浪高6.6 m(fub\_h1)(见图15)。从4 m及以上灾害性海浪维持时间(见图12)来看,时间最长的为



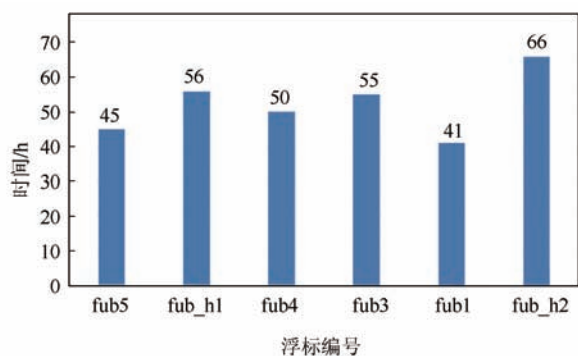


图8 6级及以上大风维持时间

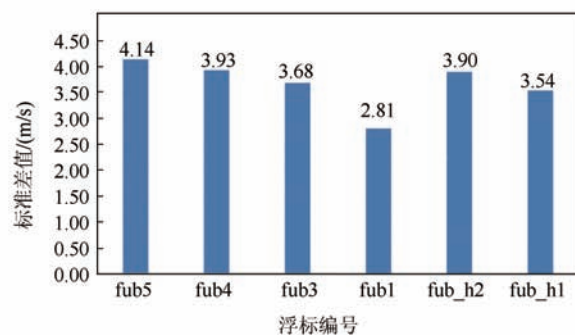
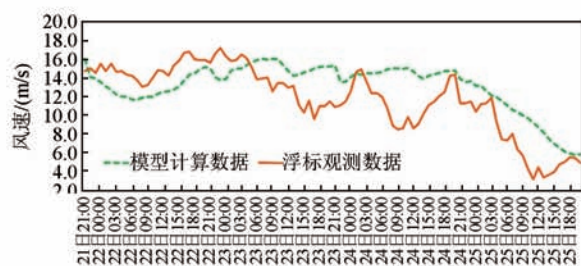
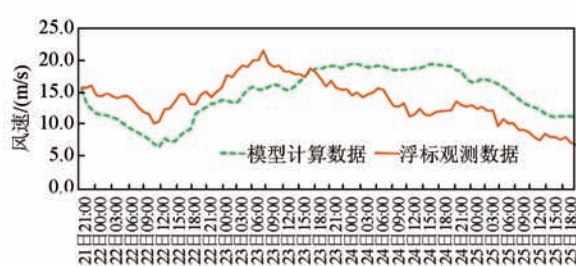


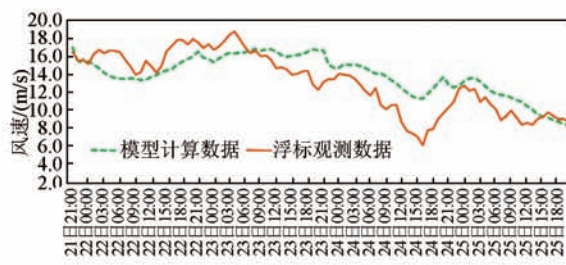
图9 浮标风速标准差



a. fub5



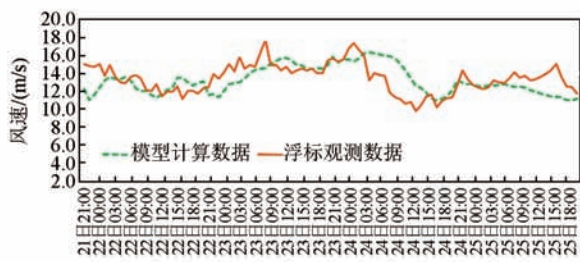
b. fub\_h1



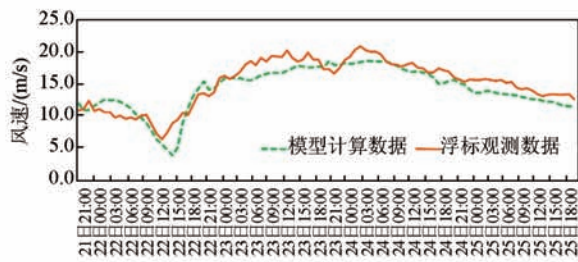
c. fub4



d. fub3



e. fub1



f. fub\_h2

图10 模型计算数据与浮标观测对比

45 h(fub\_h1), fub5 没有出现灾害性海浪。灾害性海浪维持时间在台湾海峡西岸呈自北向南逐渐递

减趋势。fub\_h2 位于相对较开阔的海峡南口,且贴近海峡东岸,大风维持时间相对较长,故灾害性海

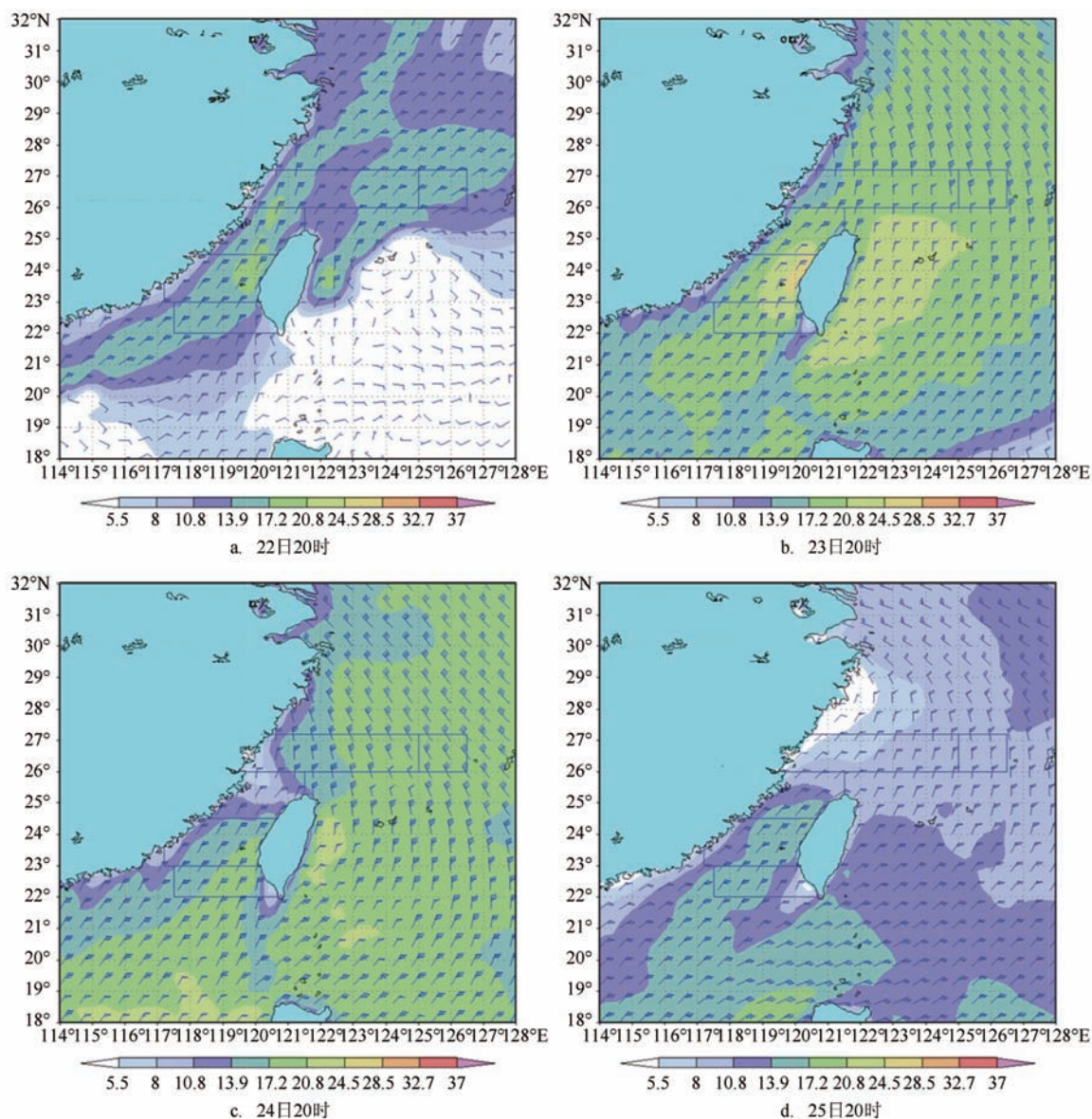


图11 WRF数值风场10 m风速(m/s)分布(数据由福建省海洋预报台制作 <http://www.fjmf.gov.vn>)

浪维持时间也较长(28 h)。

统计整个海域有效浪高大于2.5 m的大浪频率(见图13)发现:整个海峡海域大浪频率非常接近均值为0.425,但fub5大浪频率最低仅为0.24,海峡外部东北侧fub\_h1的大浪频率为0.58,远高于其它海域,其原因fub\_h1位于开阔海域,且风区较长、风力较大,海浪成长要高于其它海域。

统计浮标浪向(见图14)发现:大部分站点的浪向稳定,只有fub1浪向差异较大,究其原因在寒潮影响前期,fub1受北部风浪影响较大;寒潮影响后期受巴士海峡及南海大浪区影响。fub5由于主要

受外海风浪传播导致以偏东(E)浪向为主;其余浮标在海峡地形和东北大风影响下,以偏北(N)浪向为主。

利用SWAN模型计算站点海浪与实测浮标站点对比验证(见图17)来看,平均绝对误差最小为0.34 m(fub3),最大为1.30 m(fub\_h1)。大于等于2 m的有效浪高平均相对误差最大为36.1%(fub5),最小为11.8%(fub\_h2)。模型在海峡内部站点计算海浪数值接近实测值,但在海峡外部站点误差较大。在台湾岛东北侧海域,大浪预测时间明显滞后(fub\_h1)。



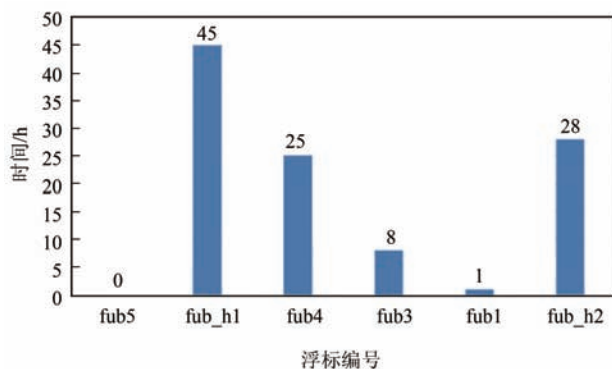


图 12 浮标4 m及以上灾害性海浪维持时间图

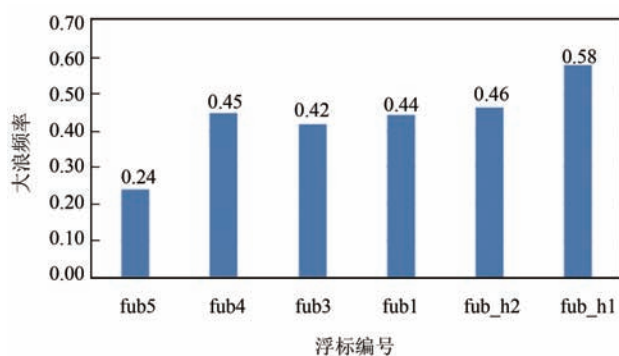


图 13 浮标大浪频率图

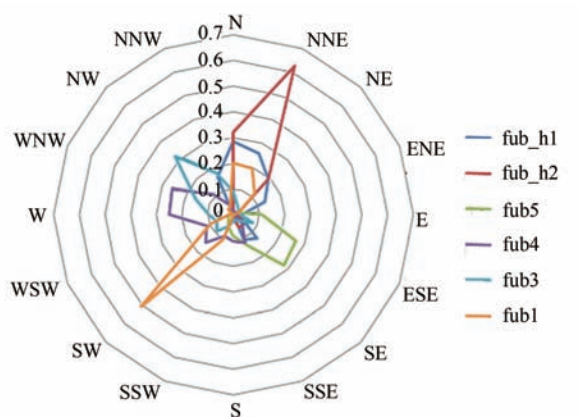


图 14 浮标浪向图

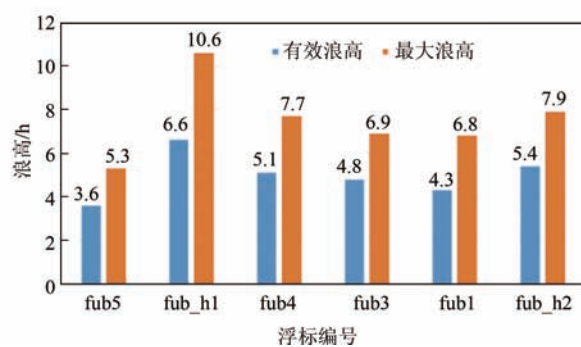


图 15 各站点浪高极值图

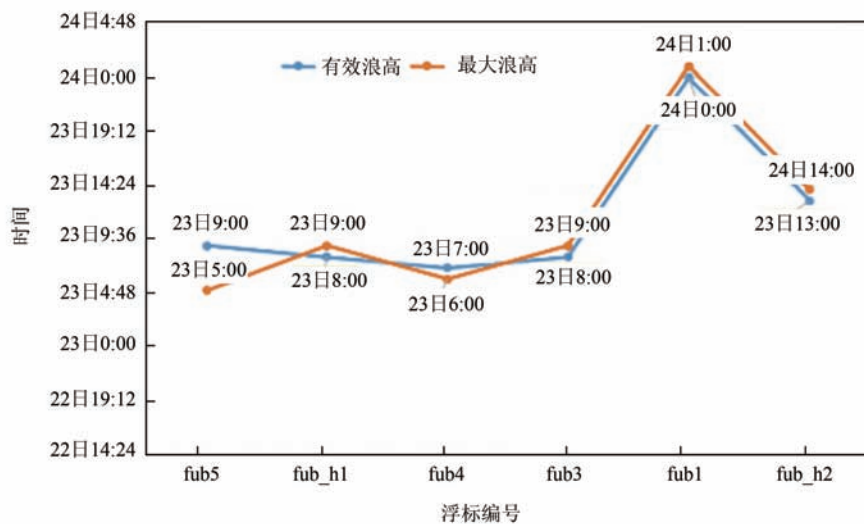


图 16 各站点浪高极值出现时间



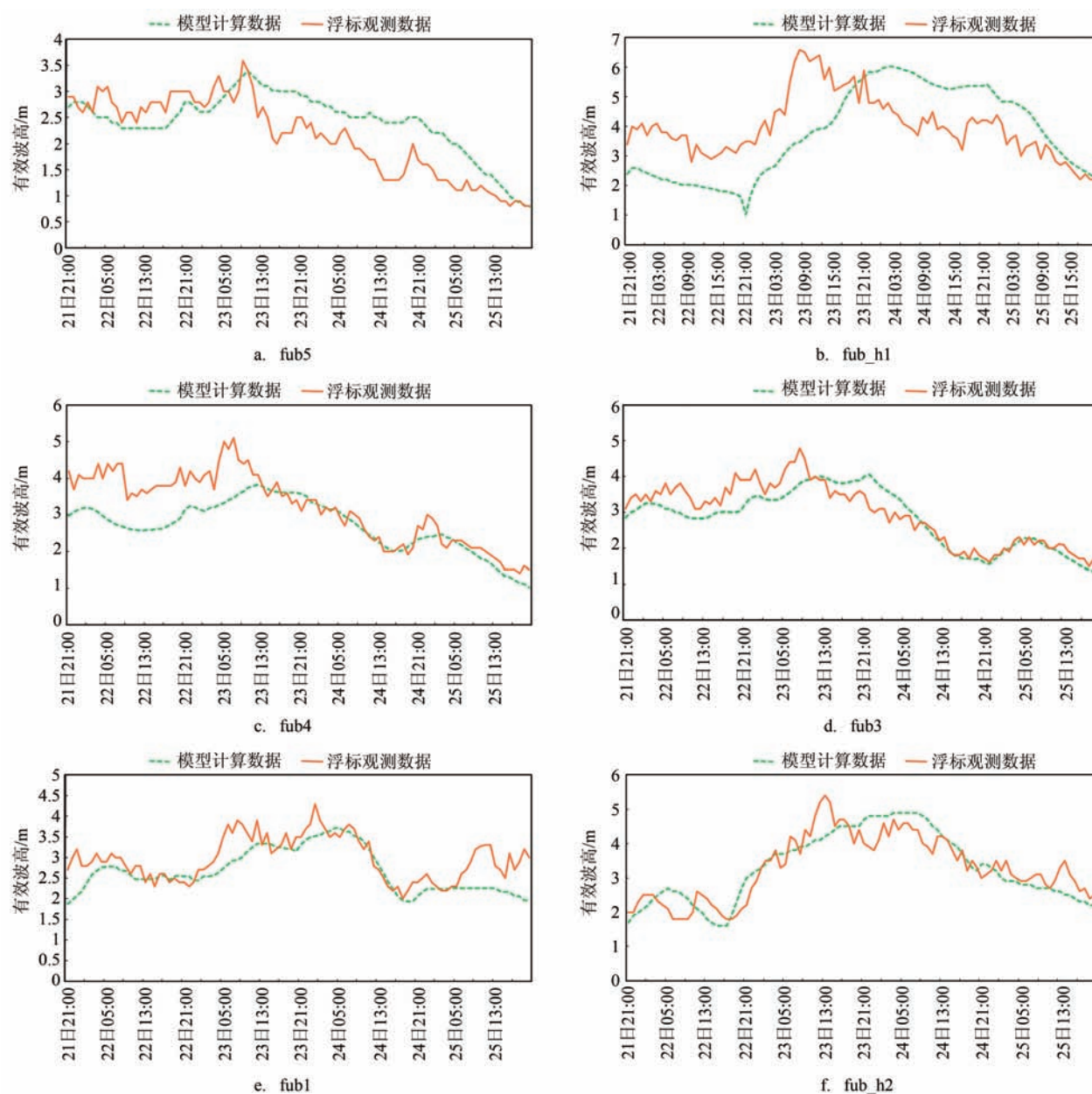


图 17 SWAN 浪场模型数据与浮标实测数据对比

通过浪场分布图(见图 18)来看,22日开始台湾海峡便开始出现大浪区,浪高明显高于其他海域。但从23日寒潮主体大规模影响时,海峡内的中北部海域浪高明显低于其他海域。24日海峡北口海域海浪明显下降。25日整个台湾海峡及邻近海域大浪区已然消失。

## 5 讨论

本文第3、4节分别从风、浪单要素分析了其寒

潮期间的分布特征,现从风与浪相关性来讨论。

从比较24日20时风场(见图 11)和浪场(见图 18)的等值线图来看,台湾东侧的大风区对应了大浪区,而海峡东岸的大风区却明显没有对应大浪区,反而在海峡中北部形成一个低值区。分析认为,受海峡地形影响,低值区北部风向存在由偏北风转向东北风的风向转变。海浪浪向亦存在同样方向的变化,而fub1监测到西南浪向与数值预报浪向存在差异。郑崇伟等<sup>[7]</sup>曾指出受东北信风的影响,南海大部分海域均以东北风和东北向的浪为

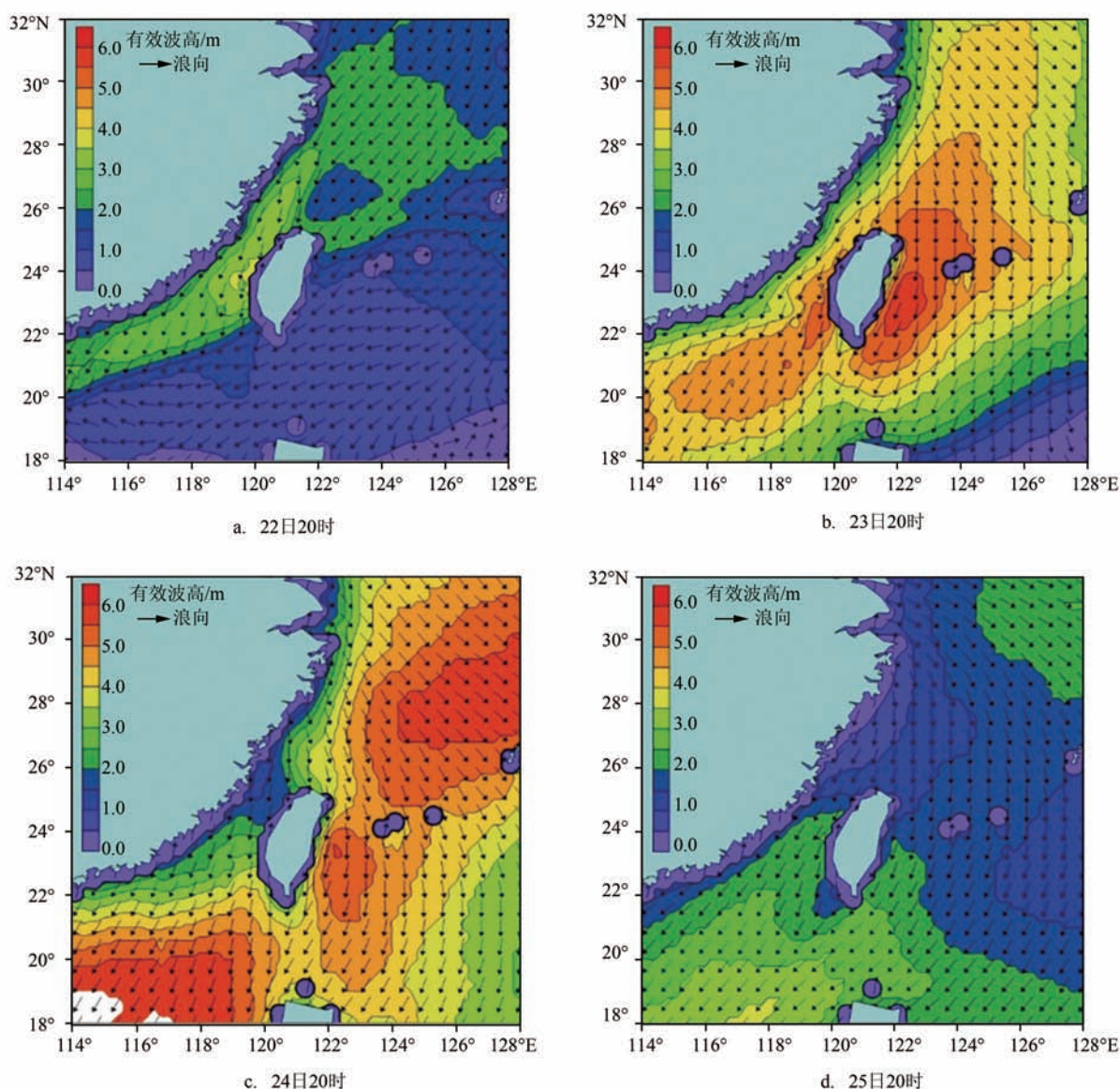


图18 SWAN数值浪场分布

主。故浮标监测的方向数据尚需慎重考虑。此外由于随着寒潮冷中心的靠近进一步削弱海峡中北部的风力,使海峡中北部的海浪明显降低,导致海峡南部形成“舌”状的大浪区。fub\_h2浪向偏北且数值明显高于fub1,主要由于fub\_h2的海浪是由寒潮气压梯度在海峡西岸造成“挤压”,形成的东北大风造成的,故fub\_h2的浪向明显以偏北分量为主。

计算风与有效浪高的相关系数,得出各站点的相关系数均在0.8以上,最高相关系数为0.92(fub\_h2)。但由于只有fub\_h2和fub\_h1的浪向与风向较为吻合,其它站点的差别较大。所以只用风速

去判断浪高尚需慎重。

## 6 小结

(1)2016年初的此次寒潮是一次中路冷空气过程。6级及以上大风时间最长维持66 h(fub\_h2);4.0 m及以上灾害性海浪最长维持45 h(fub\_h1);

(2)寒潮影响时海峡南北气压差最大值为10.3 hPa,整个海域普遍出现8—9级阵风10级的北—东北风。受台湾岛地形影响,此次过程的大风区主要集中的海峡西岸和台湾岛东侧海域,最大风



速达 21.6 m/s。当寒潮中心靠近台湾海峡时,海峡北部和台南海域存在明显的风速衰减区;

(3)数值预报模型在北部海域计算的风、浪时间相位明显滞后,海峡内部较为吻合;

(4)浮标数据统计和数值预报显示海峡中北部海域在寒潮影响期间存在一明显海浪低值区,大浪区在海峡南部形成伸入海峡的“舌”状结构,受东北大风影响,海峡东岸的浪高明显高于海峡西岸。初步讨论认为受台湾岛地形影响,寒潮大规模影响期间海峡北部存在风向,浪向切变,且寒潮冷中心的南压,导致海峡北部浪高明显减小和海峡南部浪高显著增大。

本文只是分析了一次中路寒潮影响过程。在其它寒潮过程中,台湾海峡及其邻近海域风浪的分布特征,是否一致需要验证。

#### 参考文献:

- [1] 刘金芳, 刘忠, 顾翼炎, 等. 台湾海峡水文要素特征分析[J]. 海洋预报, 2002, 19(3): 22-32.
- [2] 许福祥. 台湾海峡及其邻近海域灾害性海浪的时空分布[J]. 东海海洋, 1998, 16(3): 14-17.
- [3] 陈剑桥. 2008年冬季台湾海峡及其邻近海域 QuikSCAT 卫星遥感风场的检验及应用分析[J]. 台湾海峡, 2011, 30(2): 158-164.
- [4] 许小勇, 钟太勇. 三次样条插值函数的构造与 Matlab 实现[J]. 自动测量与控制, 2006, 25(11): 76-78.
- [5] 朱乾根, 林锦瑞, 寿绍文, 等. 天气学原理和方法[M]. 第3版. 北京: 气象出版社, 2000: 266-294.
- [6] 郭民权, 邢建勇. 台湾海峡冬季海面风场数值预报的验证与分析[J]. 海洋预报, 2013, 30(3): 32-39.
- [7] 郑崇伟, 周林. 近10年南海波候特征分析及波浪能研究[J]. 太阳能学报, 2012, 33(8): 1349-1356.

## Analysis of the influence of early 2016 strong cold wave in Taiwan Strait and its adjacent waters

REN Zai-chang

(Fujian Marine Forecasts, Fuzhou 350003 China)

**Abstract:** January 21 to 26, 2016, a strong cold wave arrived in Taiwan Strait and its adjacent sea waters. Based on the weather map, the type, origin and development of the strong cold wave happened in Taiwan Strait and its adjacent sea water from 21 to 26 January, 2016, were analyzed. The distribution characteristics of wind and wave during this process were derived from the data of buoys and numerical prediction product. The results are as follows: (1) the strong cold wave is a typical middle cold air invasion process. The longest time of the strong NE wind higher than 6 grades or more continued unabated for 66 hours; The longest time of the disastrous waves when the wave height reached 4 meters or more continued unabated for 45 hours; (2) N-NW wind 8 to 9 levels, rafale 10 levels appeared constantly in Taiwan Strait and its adjacent sea waters. Gale area of the cold wave mainly concentrated in the east coast of the strait and the east side of Taiwan Island, the maximum wind speed reached 21.6 m/s; (3) The low value regions were observed in the central and north of the area when the cold wave arrived. The large wave area liking tongue appeared in the south of the Taiwan Strait. By the NE wind, the wave height in the east coast of the Strait was significantly higher than that in the west. The reason is that the wind and wave direction has sheared when the strong cold wave arrived by the topography of Taiwan Island. When the cold center went down, the wave height in the north decreased obviously, while the wave height in the south increased distinctly.

**Key words:** cold wave; middle cold air; Taiwan Strait and its adjacent waters; wind waves