

台湾海峡冬季海面风场数值预报的验证与分析

郭民权¹, 邢建勇²

(1.福建省海洋预报台,福建 福州 350003,2.国家海洋环境预报中心,北京 100081)

摘 要:通过布放在台湾海峡5个浮标冬季(2010年12月至2011年2月)的实测数据对MM5风场的预报结果进行了检验。从空间上看,平潭以北预测风速比实测风速偏高,南部则偏低;随着计算时长的增加,MM5模式预报的平均风速有增加的趋势。通过综合评价检验方法,该模式的短期预报较长期预报效果好。将MM5模式的结果用于台湾海峡冬季平均风场的研究,预测风场和实测风场基本吻合,但台湾海峡靠近台湾一侧模式的平均风速比之前的研究偏小。整体上看MM5较好的体现了台湾海峡冬季风场特点,可以为该区的业务化预报提供参考。

关键词:MM5;风场模型;台湾海峡;Predictive Skill

中图分类号:P732 **文献标志码:**A **文章编号:**1003-0239(2013)03-0032-08

1 引言

台湾海峡是我国近海有名的大风区之一,每年10月至翌年2月的东北季风盛行期间,海峡各月平均风速可达10—12 m/s,6级以上的大风频率高达50%,冬季的大风日数占全年的83%^[1];恶劣的海况给海上作业带来了极大的危险,容易导致船毁人亡的惨剧。因此加强对台湾海峡恶劣天气的预警预报是十分必要的^[2-3]。张国友(2002)、刘金芳(2002)利用船舶观测资料对台湾海峡的风浪特点进行了分析^[4-5],陈剑桥(2011)利用QuikSCAT卫星遥感资料对台湾海峡的“狭管效应”及其邻近海域的风速特征进行了分析^[6]。还有一些研究则主要围绕台风期间台湾岛地形的作用展开^[7-9],但对于采用风场模型研究台湾海峡冬季风场特点的研究目前尚未见相关报道。

“十一五”期间,福建省海洋预报台建立了海洋立体实时监测系统和海面风-浪-温盐流业务化数值预报系统,其中风场模型在MM5模式的基础上创建^[10],该模式已被国内外许多机构广泛应用于研究和业务化预报^[11]。风场作为浪场及流场的驱动场,

其结果的好坏会直接影响浪场和流场的预报结果。为了对该模式的准确性进行评估,本文利用台湾海峡2010年冬季浮标观测资料对其预报结果进行了对比和检验,同时引入了综合评价法对其预测能力(Predictive skill)^[12]进行了量化。在此基础阐明MM5模式在模拟台湾海峡冬季风场中的精度及特性,并通过模式风场分析了台湾海峡的冬季风的特点,为该模型在台湾海峡风场预报中的业务化应用提供了参考,同时可以为预报人员和科研人员使用及改进模型提供依据。

2 风场数值预报系统及实测资料介绍

风场模型采用国家海洋环境预报中心研发的台湾海峡及周边海域海面风场数值预报系统。该系统以MM5模式为基础,MM5是有20世纪70年代美国宾夕法尼亚州立大学(PSU)和美国国家大气研究中心(NCAR)联合研制的一个适用于有限区域的中尺度模式。模式具有强大的单向和双向多重网格嵌套能力;对较小的模拟尺度增加了非静力框架;对有关水汽相变、大气长短波辐射、行星边界层等过程的考虑,采用了较真实的地形和下垫面分

收稿日期:2012-05-17

作者简介:郭民权(1982-),男,助理工程师,从事海洋预报工作。E-mail:guominquan@163.com.cn,

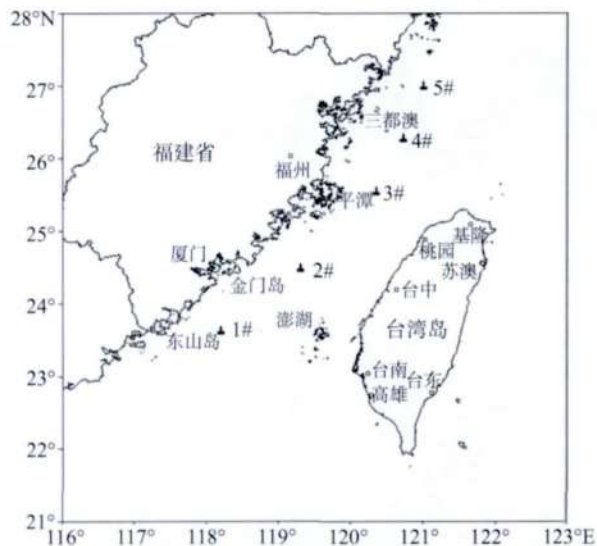


图1 台湾海峡浮标位置

类和多种参数方案。本系统采用两重双向网格嵌套技术,粗网格为亚洲及西北太平洋,区域范围 90° — 170° E, 20° S— 50° N, 水平分辨率 0.5° ;内部嵌套细网格为台湾海峡周边海域,区域范围 105° — 150° E; 10° — 45° N, 水平分辨率为 0.2° ;模式在垂向上分为23层,采用美国国家环境预测中心(NCEP)的GFS全球谱模式预报结果作为模型的初始背景场和大网格的侧边界。该模式每天在IBM机群上自动运行,操作系统为AIX 6.1,使用并行计算(64CPU),可在30 min内计算完成未来72 h的预报,提供风场、气压、温度、降雨等气象要素预报结果。

实测资料采用福建省海洋预报台在台湾海峡搭建的两个浮标和福建省气象局布设的三个浮标共5个浮标观测数据,浮标布放的位置见图1。浮标距离沿岸50—60 km,浮标上的侧风仪距离海表面10 m,数据通过“北斗”卫星传输地面接收站。浮标上均采用美国Young 05106型风向风速传感器,风速测量范围:0—60 m/s,风速准确度 ± 0.3 m/s,风向准确度 $\pm 3^{\circ}$ 。

3 MM5模式结果的检验与分析

3.1 预报结果和实测数据的对比

实测资料采用2010年12月—2011年2月期间整点的风速数据,对实测数据采用极值控制方法,

剔除极端异常数据^[13];为了对MM5不同预报时效内的预测结果进行分析,将每天的预报结果分成24 h、48 h和72 h三个预报时段,分别对5个浮标所在点的位置进行插值,如果某时刻观测数据缺失或数据异常则忽略该值,得到观测数据和模式预测值冬季风速的时间变化序列,见图2。

由图2可以看出,风速的预报结果与实测数据在趋势上基本吻合,在风速值上只有1#浮标1月份的模拟风速较实测明显偏小。在模式风场的应用中,预报员通常会参考两个因素,一是某次大风过程开始和结束的时间,二是此次过程风速值(平均值、极大值)和实测值的吻合程度。通过量化模型在空间和时间上的预测误差,可以为预报人员有效应用模型和研发人员改进模型提供依据,本文将在下文对模型的预测误差进行详细论述。

由于台湾海峡冬季风向多为东北风,本文只对平均风向进行了对比,平均风向采用矢量平均法^[14]求得,见表1。从表1中可以看出,台湾海峡以北(指平潭-富贵角一线北侧)模式计算的风向偏差较大,其中4#、5#浮标的偏差甚至大于 50° 。从图6可以直观的看到,台湾海峡以北模式计算的风向偏北分量较实测明显偏大,海峡内部的平均风向偏差较小。

表1 2010年冬季模型平均风向与实测平均风向

浮标	实测平均 风向	24 h 平均 风向	48 h 平均 风向	72 h 平均 风向
1	38	25	24	24
2	25	19	17	17
3	57	25	22	22
4	65	16	11	11
5	55	10	5	4

3.2 预报结果的检验与量化

利用风场模式开展预报工作的一种简单有效方法是通过建立线性回归方程:

$$v_{\text{obs}} = m \times v_{\text{model}} + b$$

式中 v_{obs} 代表观测风速, m 代表斜率, v_{model} 代表模型风速, b 代表截距。

通过最小二乘法获得不同预报时长对应的斜率和截距,并计算当截距为零时的斜率,同时计算不同预报时长下模型风速和观测风速的相关系数,结果见表2。

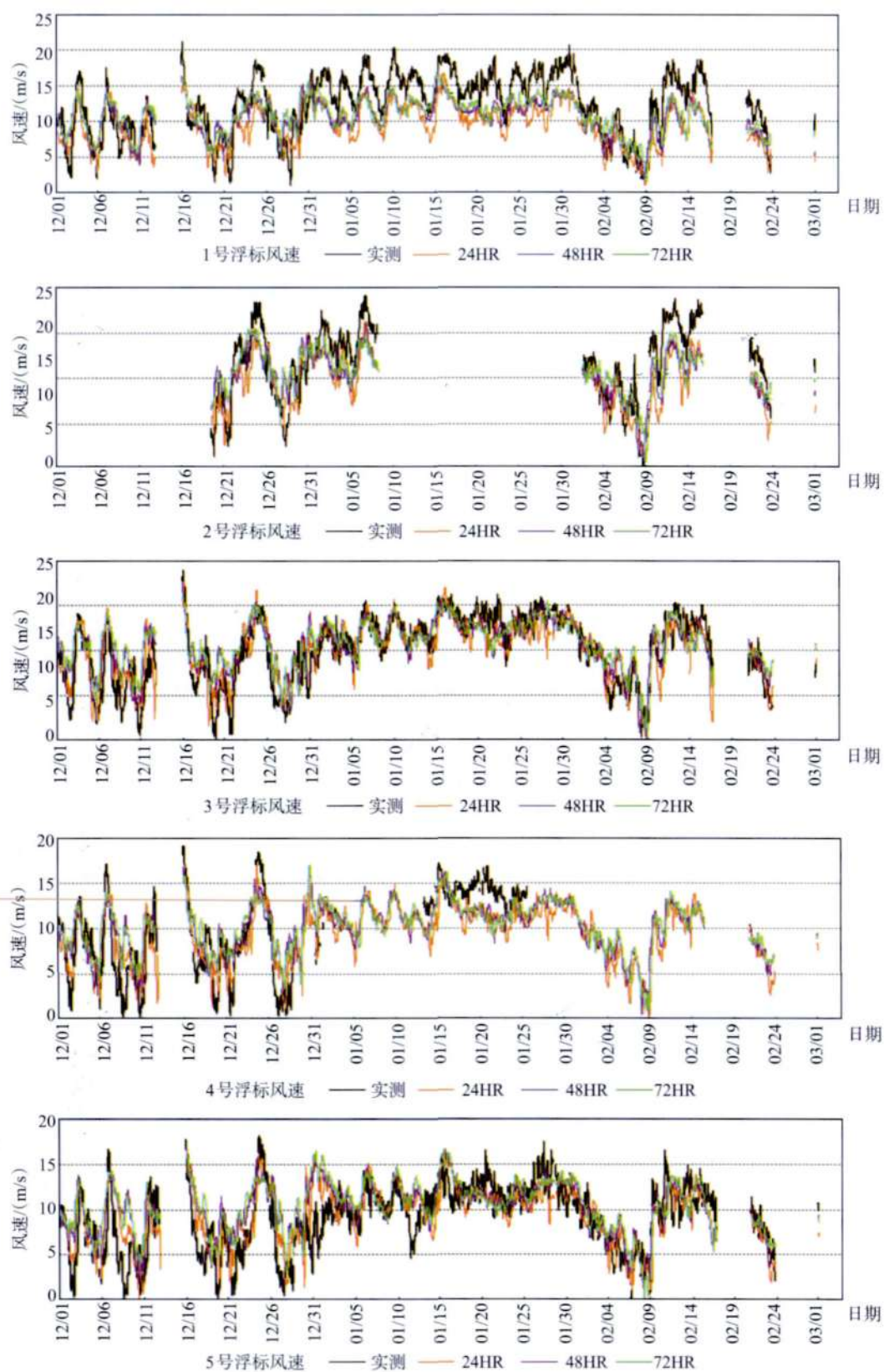


图2 2010年冬季实测风速与模型风速时间序列

表2 MM5模型和浮标值的相关系数及回归系数

浮标	有效数据	预报时长	相关系数	斜率	截距	截距为零时的斜率
1#	1857	24HR	0.79	1.13	1.57	1.28
		48HR	0.76	1.24	-0.73	1.17
		72HR	0.73	1.23	-1.06	1.14
2#	873	24HR	0.81	1.05	1.67	1.21
		48HR	0.78	1.21	-0.96	1.24
		72HR	0.74	1.22	-1.52	1.09
3#	1857	24HR	0.84	0.98	0.34	1.01
		48HR	0.82	1.09	-1.52	0.96
		72HR	0.80	1.15	-2.33	0.94
4#	1834	24HR	0.80	1.03	0.81	1.10
		48HR	0.73	1.07	-0.46	1.03
		72HR	0.71	1.09	-0.85	1.02
5#	1850	24HR	0.73	0.82	1.45	0.96
		48HR	0.65	0.84	0.55	0.89
		72HR	0.62	0.80	0.77	0.87

表3 风场模式预报的skill值和平均绝对误差

浮标	有效数据	平均值 /(m/s)	预报时长	模型平均值 /(m/s)	模型 Skill 值 / %	平均绝对误差	均值差
1#	1857	12.29	24HR	9.49	74.66	3.40	-2.80
			48HR	10.49	75.87	2.85	-1.80
			72HR	10.82	75.21	2.79	-1.47
2#	873	11.58	24HR	9.40	80.96	2.78	-2.18
			48HR	10.35	80.77	2.47	-1.23
			72HR	10.72	79.05	2.47	-0.86
3#	1857	10.04	24HR	9.92	90.78	1.53	-0.12
			48HR	10.57	87.6	1.65	0.53
			72HR	10.77	84.79	1.79	0.73
4#	1834	10.40	24HR	9.35	85.73	2.14	-1.05
			48HR	10.13	81.93	2.15	-0.27
			72HR	10.28	79.57	2.22	-0.12
5#	1850	9.10	24HR	9.33	84.73	2.02	0.23
			48HR	10.19	77.03	2.29	1.09
			72HR	10.40	74.32	2.45	1.30

从表2中可以看到随着预报时长的增加5个浮标位置观测值与模型值的相关系数单调递减,说明模型在短期预报中对实际风速的变化趋势(同时增大或减小的时间)预报的较好。而且在5个浮标中3#浮标(平潭外海)的相关系数最高,相关系数向南北两侧递减。

从截距为零时的斜率来看,1#、2#、4#浮标72h预报比24h预报更接近1,即模式风速更接近实测风速。从截距上看,随着预报时长的增加,截距都呈现减小的趋势,截距的绝对值在48h预测时最小。所以单从相关系数、斜率和截距上很难判断不同预报时长和不同站点模拟效果的优劣。

为了能够定量评价预报风速和实测值的吻合程度,本文使用综合评价法对模式在5个浮标位置

的预测结果进行评定,该方法将所有观测值和预测值进行对比分析,模型和实测结果的吻合程度用 Predictive skill 值来表示:

$$Skill = 1 - \frac{\sum |X_{model} - X_{obs}|^2}{\sum (|X_{model} - \overline{X_{obs}}| + |X_{obs} - \overline{X_{obs}}|)^2}$$

式中 X_{model} 是模式预测值, X_{obs} 是观测值, $\overline{X_{obs}}$ 是观测数据的平均值。Skill 值越接近于1,说明模型和实测值吻合程度越好。将模式计算值与观测值的平均绝对误差(MAE: mean absolute error)列于表3:

从上表中可以看出MM5模式在台湾海峡冬季风的模拟中有以下几个特点:

(1)从实测平均风速上看(见图3a),浮标的实

测风速从北到南逐步增大,1#浮标的平均风速比5#浮标的平均风速大了3.2 m/s;从模型的平均风速上看,5个浮标在各个预报时段的平均风速差不到1.0 m/s,但随着预报时长的增加,5个浮标平均风速都有增加的趋势,从图3a可以看出,72 h预测的平均风速普遍比24 h预测风速大了1.0 m/s左右。这可能与采用不同时间的初始场有关,也可能与模型内部参数的选取(如底摩擦系数、下垫面的选择)有关。

通过GFS的预测风速可以看到(见图3b),受到狭管效应影响预测风速从北到南有逐渐增大的趋势,1#浮标的平均风速比5#浮标的平均风速大了1.0 m/s,但平均值均比实测值及MM5预测值偏低,这可能与模型的空间分辨率(0.5°)较大,不能充分体现台湾海峡特殊地形对风场的作用;同时随着预报时长的增加预测风速并没有明显增加,甚至略有降低(除了1#浮标)。说明MM5边界场的选取对上述现象的出现不是主要因素,MM5需要进一步优化其内部参数来更好体现台湾海峡特殊地形的作用。

(2)从模型和实测的均值差可以看出,1#、2#浮标的预报平均风速比实测平均风速偏小,其中24 h预报风速偏小约2.2—2.8 m/s,72 h预报风速偏小0.9—1.5 m/s;5#浮标的预报平均风速略偏大0.2—1.3 m/s;3#、4#浮标的风速相差最小。即海峡中部模式风速值偏小,地形作用下的“狭管效应”作用没有实际观测显著。

(3)模式风速的平均绝对误差在1.5—3.4 m/s之间(见图4),误差呈现出在中部小,南北部大的特点。并且随预报时长增加1#、2#浮标的平均绝对误差有减小的趋势,3#、4#、5#浮标随预报时长增加有增加的趋势。即模型的预测结果北部短期预报误差小,南部长期预报误差小。

(4)模式的skill值在74.35—90.78之间,其中3号浮标的skill值最大,skill值向南北两侧逐渐减小,这和模型的平均绝对误差呈现相同的规律(见图5)。从预报时效上看,除了1#浮标,其它浮标显示随着预报时长的增加,模式的skill值减小,即模型的预报能力减弱,这和相关系数随着预报时长增加下降的规律一致。

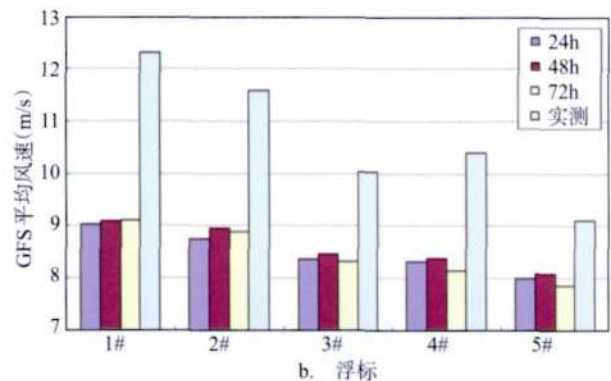
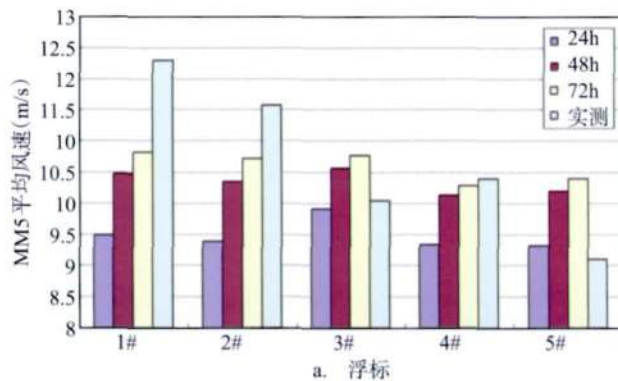


图3 平均风速随着预报时长的变化

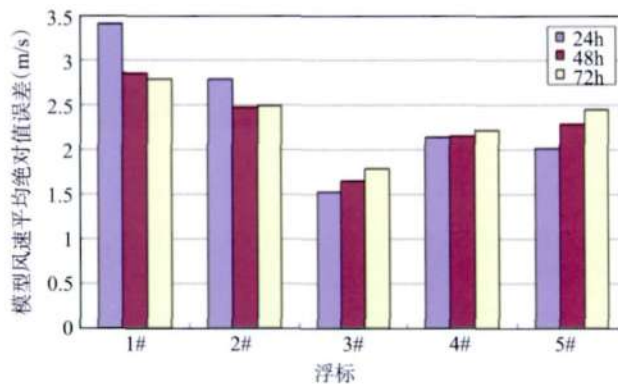


图4 模型的平均绝对误差

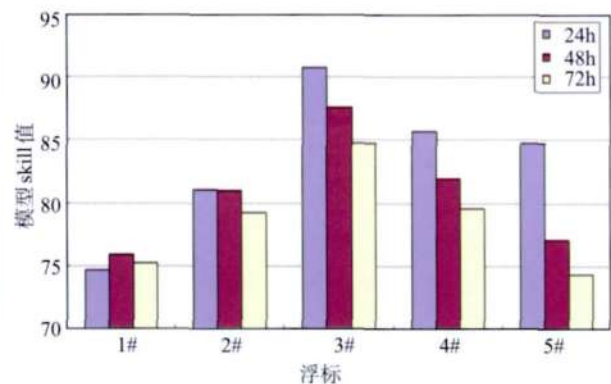


图5 MM5模式的Skill值

(5)模式的 skill 值能很好的体现模型的预测能力。平均值只考虑了数据的整体性误差,而没有考虑数据出现时间先后性造成的误差;而平均绝对误差则只考虑了数据的先后性而没有考虑数据的整体性;相关系数只反映了两者的趋势,不能反映数据本身的差异。综合评价方法很好的考虑了数据的整体性和变化趋势,例如对于1#浮标由于其24 h预报的平均风速偏离实际太远,模式的 skill 值反而降低,这也可以说明该方法在预测结果的定量评定上更具有合理性和客观性。

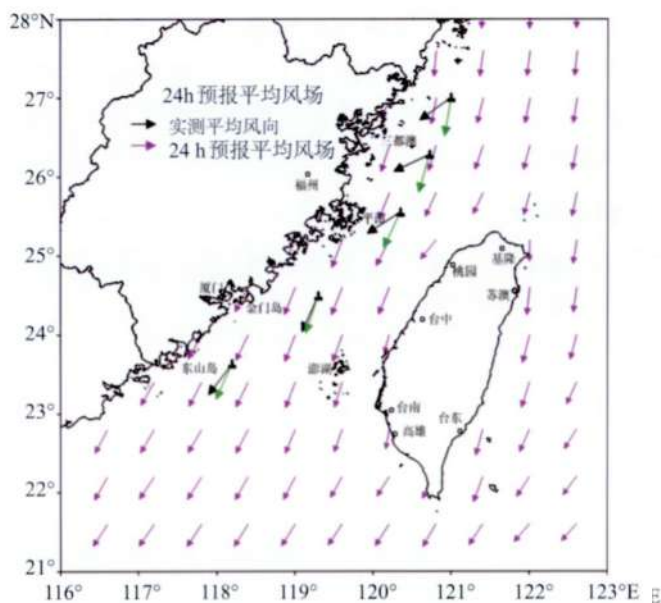


图6 台湾海峡冬季24 h预报平均风向

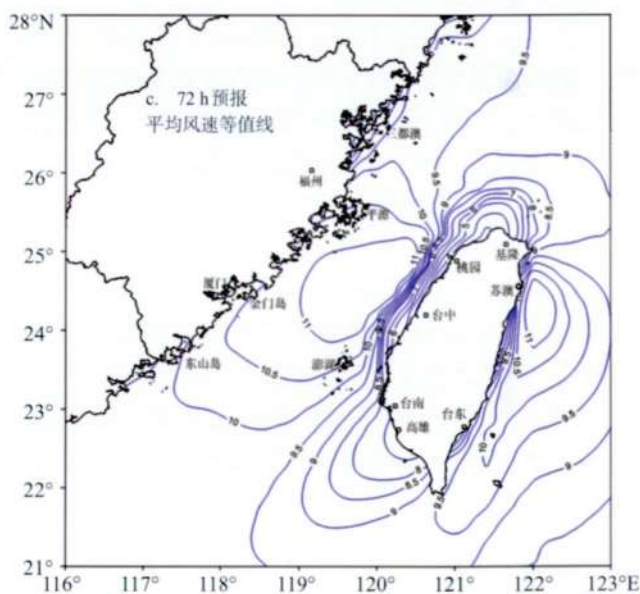
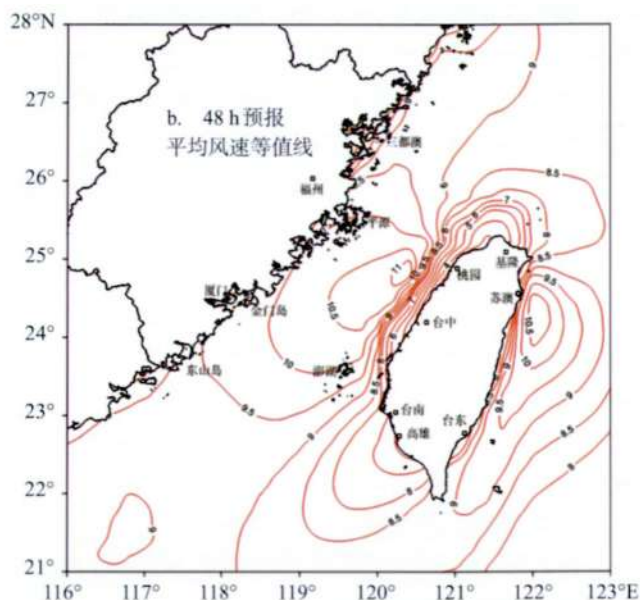
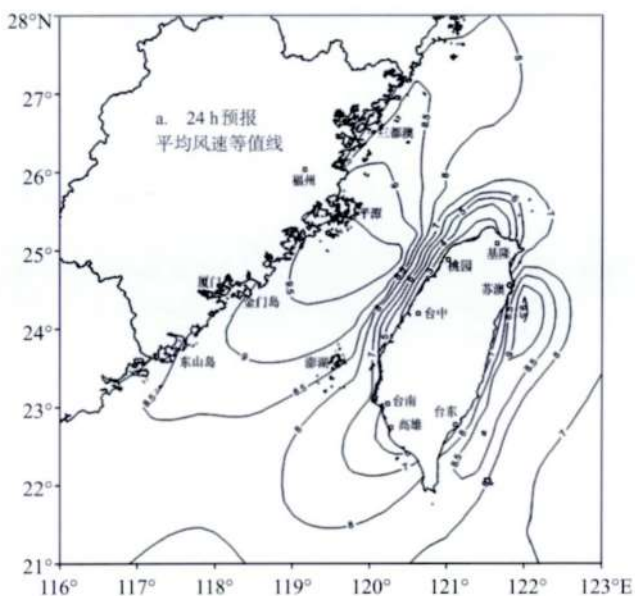


图7 台湾海峡冬季24 h、48 h、72 h预报平均风速

4 台湾海峡冬季的风场特征

通过对预报结果的对比验证,本文认为MM5模式能在一定程度上反应台湾海峡的风场特征,本文将进一步使用该模式的结果对2010年冬季(2010年12月—2011年2月)整个台湾海峡的风场特征进行分析。图6是24 h预报的平均风向图,其中绿色箭头表示预报平均风向,从图中可以直观的看到,台湾海峡以北预报风向与实测风向相比偏北分量明显偏大;在平潭-桃园一带,受到海峡地形影响,风向有明显的汇聚现象。

图7分别是24 h、48 h、72 h预报的2010年台湾海峡冬季平均风速等值线图,可以看到,风场分布的整体形态一致,主要不同在于随着预报时间的增加平均风速有增加的趋势。这跟前文中模式验证的结果一致。从图上看台湾海峡及周边海域的风场有以下三个明显的特点:

(1)海峡中部风速大,从台湾海峡中线附近开始风速向两侧递减,在海峡东侧的风速递减的速率明显高于西侧,即福建沿岸的风速远大于台湾岛西岸的风速;

(2)在台湾岛周围存在两个明显的风速低值区域,一个位于台湾岛北侧的基隆到桃园一带,一个位于台湾岛南部的高雄、台南外海;

(3)在台湾岛的东部苏澳外海区域,也存在一个风速高值区域。

张国友等^[4]根据1960—1990年共31年间的国际气象船舶报资料,对1月份台湾海峡及周边海区的风向、风速等要素进行了统计。陈剑桥^[6]对2008年冬季QuickSCAT卫星观测的台湾海峡平均风速分布进行了统计,通过和两种分析结果对比可以发现风场在台湾海峡的分布形态特征基本一致,但是模式风场在量值上略偏小。通过前文对模式风速的检验也可以发现,模式风场在平潭以南的区域的确偏小,1#、2#浮标24 h预报偏小2.2—2.8 m/s。此外,两者均认为在台湾海峡东侧风速较西侧大,而模式风场的结果显示,海峡东侧的风速较西侧低,由于东侧缺少可用的观测资料,有待于进一步验证。

5 结果与讨论

本文通过采用线性回归以及综合评价方法对2010年冬季台湾海峡MM5模式风速和实际风速进行了对比,并比较了相关系数、斜率、平均绝对误差、均值差、skill值在台湾海峡不同位置以及模式不同预报时长下的差异和变化规律,此基础上分析了台湾海峡冬季风场的特点,对MM5模式的分析结果可以总结如下:

(1)风向的计算结果在平潭岛以北偏北分量明显偏大,在海峡中部和实测基本吻合;

(2)预报风速在平潭外海(3#浮标)误差最小,平潭以北预报风速比实际风速偏大0.2—1.3 m/s,平潭以南则偏小0.9—2.8 m/s;预报结果在台湾海峡附

近的平均绝对误差普遍小于3 m/s;

(3)随着预报时长的增加,模式计算结果有偏大的趋势,72 h预报风速比24 h预报风速普遍偏大1.0 m/s左右;进而导致出现南部72 h预报结果反而比24 h预报结果要好;

(4)从风场的分布形态上看,台湾海峡中部和台湾岛东部的苏澳风速较大,台湾岛南端的高雄和北部的基隆风速较低。

综上所述,MM5模式能够较好的体现台湾海峡冬季风场的特点,但在实际应用中应该考虑模式预测风速在空间上表现出北部偏大(5号浮标平均偏大0.9 m/s左右),南部偏小(1号浮标平均偏小2.0 m/s左右)的特点,进而在现有的条件下有效借助MM5风场模式开展预报工作。

参考文献:

- [1] 郭婷婷,高文洋,高艺,等.台湾海峡气候特点分析[J].海洋预报.2010,27(1):53-58.
- [2] 吴良奇,董斌.台湾海峡两岸客滚船直航风险分析及安全保障措施[J].中国水运(下半月).2011,11(4):3-4.
- [3] 陈威,陈峰.减少两岸直航船舶通航风险的对策研究[J].中国水运(下半月).2010,10(6):22-23.
- [4] 张国友,张绪东,俞慕耕.台湾海区的风浪特点及分布规律[J].海洋通报,2002,21(1):23-30.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 罗哲贤,陈联寿.台湾岛地形对台风移动路径的作用[J].大气科学.1995,19(6):701-706.
- [8] 刘爱鸣,林毅,刘铭.2005年登陆台湾岛台风路径特点及成因分析[J].气象.2006,32(6):37-43.
- [9] 陈德文,商少平,商少凌,等.台风期间台湾岛周边海域海面风场特征的卫星遥感研究[J].厦门大学学报(自然科学版).2007,46(1):141-145.
- [10] Grell G A, Dudhia J, Stauffer D R, et al. A description of the fifth-generation Penn State/NCAR mesoscale model (MM5) [M]. 1994.
- [11] 吴晓鸣.MM5模式系统及应用介绍[J].青海气象.2000,3:59-61.
- [12] Willmott C J. On the validation of models[J]. Physical geography. 1981,2(2):184-194.
- [13] 史静涛,周智海.海洋站数据质量控制技术探讨[J].海洋技术.2011,30(1):114-117.
- [14] 邱传涛,李丁华.平均风向的计算方法及其比较[J].高原气象.1997,16(1):95-99.

Analysis of the sea surface wind in winter, 2010 in the Taiwan Strait

GUO Min-quan¹, XING Jian-yong²

(1.Fujian Marine Forecast, Fuzhou 350003 China; 2.National Marine Environmental Forecasting Center, Beijing 10081 China)

Abstract: The measured data in winter 2010 (from December 2010 to February 2011) are used to examine MM5 simulation results. The results show that the simulated wind speed is higher than the observed one at the north of Pingtan, but lower in the south. The averaged wind speed is increasing with prediction lead time increases. Short-term forecasts results are better than long-term ones. MM5 model output is validated in the Taiwan Strait. The simulated wind speed is smaller than that in previous studies near the Taiwan side. Overall, the performance of MM5 model well presents the characteristics of wind field in winter in the Taiwan Strait. It can provide a reference for operational forecasting in this area.

Key words: MM5; the Taiwan Strait; Predictive Skill