

EC预报数据在中国近海的适用性研究

林晓娟^{1,2}, 李响^{1,2}, 刘晓燕^{1*}, 祖子清^{1,2}, 王延强¹

(1. 国家海洋环境预报中心, 北京 100081; 2. 国家海洋环境预报中心 自然资源部海洋灾害预报技术重点实验室, 北京 100081)

摘 要: 欧洲中期天气预报中心(简称EC)的10 m风场数据在沿海有较高的参考性和使用频率, 但尚未有研究系统地针对不同海域对该数据进行评估。本文利用EC预报的10 m风场数据, 与中国近海22个浮标的10 m风场结果进行对比, 检验EC 10 m风场预报性能, 并挑选3个经过浮标点位的台风和两次典型的冷空气大风过程, 检验其在台风和冷空气过程下的预报性能。结果表明: EC预报数据与浮标实测风速的相关性总体较好。在风力小于4级时, EC 10 m风速预报数据偏大, 在风力大于4级时, 预报数据偏小, 在风力等级为3~5级时, 预报数据较为准确。在不同风向条件下, EC预报10 m风向的平均误差大部分在0°~20°。风力等级越小, 风向预报偏差越大, 反之预报偏差越小。EC预报数据对于台风引起的风向变化有较好的反应, 且风速较低时, 风速预报数据表现较好, 而对于台风最大风速值的预报则存在较大误差。EC预报结果能较好地反映两次冷空气过程引起的风向变化。风速越小, EC预报的误差也越小, 随着风力等级的增大, 预报误差明显增大。EC对大风的风速预报偏小, 误差偏大。

关键词: 中国近海; EC预报10 m风场数据; 海上大风; 误差分析

中图分类号: P732.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0239(2023)06-0051-16

0 引言

海面风是海表面运动的主要动力来源^[1]。海上大风会引发海浪、风暴潮等海洋灾害, 因此, 海洋灾害的预报准确度十分依赖海面风场的预报能力, 准确的海面风场预报是海洋防灾减灾的基础^[2]。早期对海面风的研究主要通过经验预报和统计分析^[3-4]开展, 随着计算机运算能力的发展和海洋预报模式的成熟, 数值预报方法依靠其更高的精度和准确度, 逐渐发展成为海洋预报的主流方法^[5-7]。欧洲中期天气预报中心(European Center for Medium-Range Weather Forecasts, ECMWF, 简称EC)经过长时间的发展和积累得到了较好的预报结果^[8]。国内也有许多专家学者参考并使用了EC的细网格预报数据。万夫敬等^[9]分析了EC预报2 m气温产品在

山东地区最高气温和最低气温上的预报性能, 并给出了订正思路; 赵杰等^[10]使用了EC预报温度数据, 并结合观测数据进行了订正。作为当前许多预报平台都会参考的预报数据, EC预报10 m风场数据在中国近海的使用频率较高, 例如, 吴俞等^[11]在南海海域参考了EC预报10 m风场数据(0.25°×0.25°)进行了风向和风速预报, 常奋华等^[12]将东海海域的EC数据、WRF(Weather Research and Forecasting Model)数据以及华东区域的模型与实测数据作了对比检验, 结果表明预报效果最好的是EC数据, 连喜虎等^[13]评估了EC数据在渤海和黄河的预报能力。上述研究在一定程度上证明了EC数据在中国近海的适用性, 但是, 吴俞等只运用了南海4个岛上的站点进行分析, 且利用的是分辨率为0.25°的EC数据, 连喜虎等没有对渤海和黄河的台风和冷空气大风过程

收稿日期: 2023-06-27。

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(42375062); 国家重点研发计划重点专项课题(2022YFC2806603)。

作者简介: 林晓娟(1991-), 女, 研究实习员, 硕士, 主要从事海洋预报研究工作。E-mail: lin-xiaojuan@foxmail.com

*通信作者: 刘晓燕(1988-), 女, 工程师, 硕士, 从事海面风场资料同化研究工作。E-mail: liuxiaoyan-de@163.com

进行分析。总的来说,目前还没有研究对EC预报10 m风速数据在中国近海各海域的预报性能进行定量分析,以及对台风和冷空气大风过程进行评估。

我国海域辽阔,EC预报10 m风场数据在我国近海的可信度、在不同海区的适用性以及EC预报数据对我国近海台风的预报准确度等都是需要研究的问题。本文利用中国近海大型浮标的10 m风观测数据,系统地评估了EC预报10 m风场产品的精度,验证其在中国近海和不同海区的适用性,以及对台风和冷空气大风过程的预报性能,为使用EC预报10 m风速数据提供参考,充分发挥ECMWF的预报产品在海洋预报服务中的参考作用,有利于更好地开展海浪、风暴潮等海洋预报防灾减灾服务。

1 资料与方法

1.1 资料

本文选取2021年1月1日—12月31日的EC预报10 m风场数据进行统计,检验10 m风场数值预报产品在中国近海海域的预报准确度。EC预报数据的空间分辨率为 $0.125^\circ \times 0.125^\circ$,每天预报两次,起报时刻为00时(世界时,下同)和12时,72 h内每3 h输出一个数据,EC预报数据为该时刻即时数据。

观测资料采用大型海洋观测浮标的10 m风速和风向数据,浮标数据经过质量控制,删除了3个标准差之外的异常数据。浮标站位见图1,其中渤海选取4个浮标(图1中符号为B01—B04)、黄海6个浮标(图1中符号为H01—H06)、东海2个浮标(图1中符号为D01、D02)、南海北部8个浮标(图1中符号为N01—N08)、南海南部2个浮标(图1中符号为N09、N10),共计22个浮标观测的10 m风速和风向数据,利用3次样条插值法将EC预报10 m风场数据插值到观测站点并进行误差统计,浮标时刻数据为该时刻过去10 min的平均值。

1.2 方法

本文使用的误差统计指标有平均偏差(BIAS)、均方根误差(Root Mean Square Error, RMSE)和

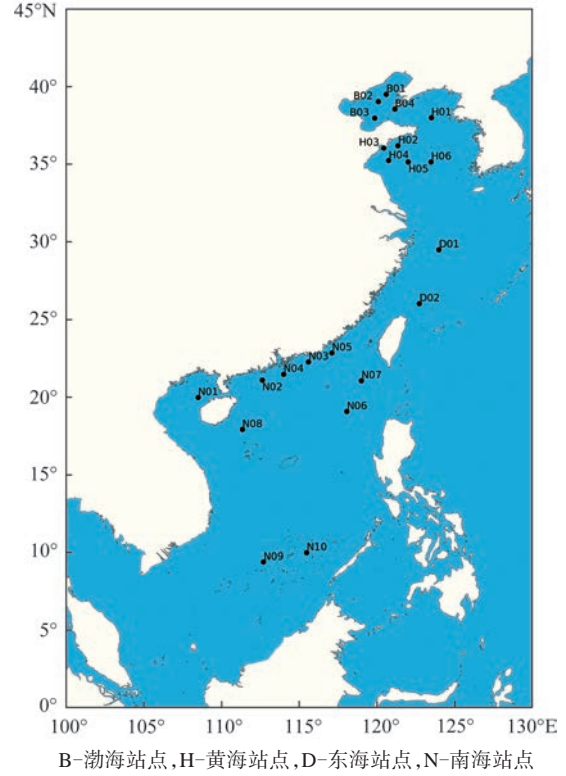


图1 海上观测站点分布

Fig.1 Distribution of maritime observation stations

均绝对误差(Mean Absolute Error, MAE)。具体公式如下:

平均偏差:

$$\text{BIAS} = \frac{\sum_{i=1}^n (E_i - B_i)}{n} \quad (1)$$

均方根误差:

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (E_i - B_i)^2}{n}} \quad (2)$$

平均绝对误差:

$$\text{MAE} = \frac{\sum_{i=1}^n |E_i - B_i|}{n} \quad (3)$$

式中: B_i 代表浮标观测数据; E_i 代表EC预报10 m风场数据插值到浮标站点后的值; n 代表总样本数。

风向误差(Wind Direction Error, WDE)的范围是 $-180^\circ \sim 180^\circ$, WDE的计算公式为:

$$WDE = \begin{cases} E_i - B_i & |E_i - B_i| \leq 180 \\ (E_i - B_i) \left(1 - \frac{360}{|E_i - B_i|} \right) & |E_i - B_i| > 180 \end{cases} \quad (4)$$

同样使用BIAS、RMSE和MAE进行WDE检验,式(1)—(3)中的 $E_i - B_i$ 用WDE的计算结果来替代。

2 风场数据对比评估

2.1 风速预报误差评估

将各实测风速(浮标站点观测值)与EC预报数据相应位置的值进行对比分析。利用箱型图能直观地看出数据的异常值、判断数据的离散程度,并

根据数据的中位数集中程度看出数据的集中趋势。图2表明,中国近海22个浮标站的风速24 h预报偏差中位数为 $-0.12 \sim 0.44$ m/s,48 h预报偏差中位数为 $-0.33 \sim 0.49$ m/s,72 h预报偏差中位数为 $-0.39 \sim 0.53$ m/s。随着预报时效的增加,偏差中位数略有增大。从箱线图来看,EC预报结果在渤海和黄海总体略偏大,在东海略偏小,南海略偏大。EC在黄海、南海和东海的预报效果优于渤海海区,随着预报时效的增大,预报偏差离散度增大。

为了进一步对比分析EC预报的10 m风速与实测风速之间的差别,表1列出了各海区不同预报时效下EC预报数据的风速和风向检验结果。各浮标站24 h预报的10 m风速的MAE为 $0.96 \sim 1.62$ m/s(图略),22个站点的平均MAE为1.27 m/s(见表1),均方根误差为1.71 m/s,48 h预报的10 m风速的平均MAE为1.46 m/s,72 h的为1.64 m/s,各浮标站点

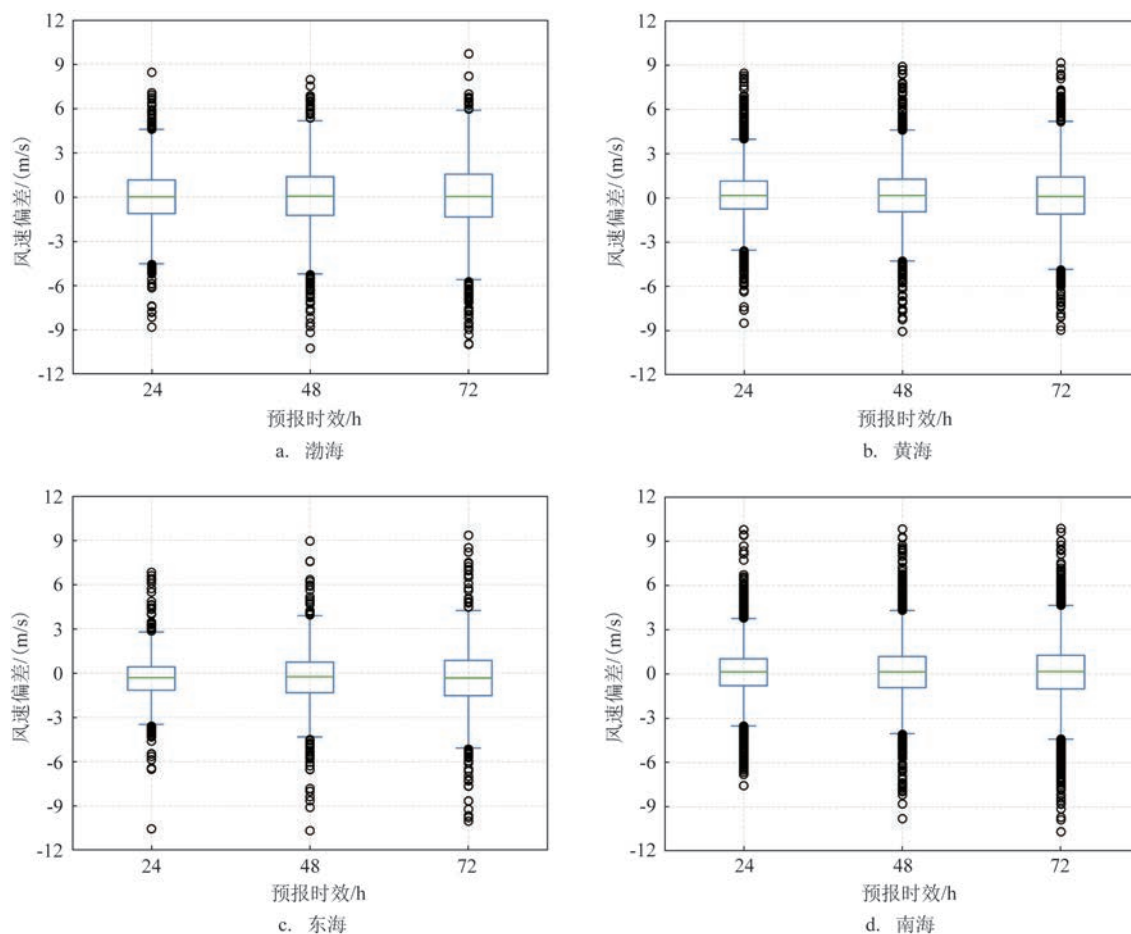


图2 各海区站点箱线图

Fig.2 Boxplot of wind speed error in different seas

表 1 各海区不同预报时效下 EC 预报数据的 10 m 风速和风向检验结果

Tab.1 Validation results of the EC 10 m wind speed and direction forecasts at various leading time in different seas

区域	预报时效/h	风速/(m/s)			风向/(°)		
		BIAS	MAE	RMSE	BIAS	MAE	RMSE
渤海	24	0.03	1.45	1.90	-1.87	26.84	39.77
	48	0.06	1.64	2.13	-1.36	30.34	44.28
	72	0.04	1.83	2.37	-0.98	33.53	48.24
黄海	24	0.20	1.24	1.67	-0.46	27.42	40.73
	48	0.17	1.43	1.90	-0.46	30.63	44.90
	72	0.14	1.60	2.10	-1.27	33.60	48.47
东海	24	-0.33	1.19	1.64	11.68	27.14	38.15
	48	-0.30	1.43	1.97	10.33	31.05	43.38
	72	-0.35	1.65	2.25	10.46	34.24	48.00
南海	24	0.12	1.19	1.64	11.68	27.14	38.15
	48	0.11	1.34	1.79	-3.03	29.60	44.81
	72	0.11	1.48	1.98	-2.23	31.82	47.66
全部	24	-0.11	1.27	1.71	5.26	27.14	39.20
	48	0.01	1.46	1.95	1.37	30.41	44.34
	72	-0.02	1.64	2.18	1.50	33.30	48.09

的 MAE 随着预报时效的增长而增大, BIAS 随着预报时效的增长而减小。

图 3 为各海区 24 h 预报值和观测值的散点图及 BIAS、RMSE 和相关系数(R), 渤海海区 R 为 0.83, 黄海为 0.88, 东海为 0.87, 南海为 0.88, 黄海和南海的预报效果最好, 东海次之, 渤海相对较差。总体而言 EC 的 10 m 风速在中国近海的预报效果较好。

图 4 为各浮标站在不同风速等级下 EC 24 h、48 h、72 h 预报数据的 BIAS 和 MAE。从图中可以看出, 不同预报时效的 BIAS 和 MAE 数据具有相同的变化趋势, 各站点 BIAS 为 0 的点分布在风力为 3~5 级之间, 大部分在 4 级左右, 说明 EC 预报数据在风力等级小于 4 级时, 预报数据偏大, 大于 4 级时, 预报数据偏小, 当风力为 3~5 级时, 预报数据较为准确。这一点也可以从风力等级的 MAE 中体现, 当风力为 3~6 级时, MAE 最小。当浮标站的实测风力为 4~5 级时, 预报风速与实测风速的 BIAS 最小, 随着风力增大(或减小), BIAS 和 MAE 都增大。

2.2 风向预报误差评估

图 5 为各海区不同风向的预报和观测误差以及频率图。从图中可以看出, 渤海各个风向的频率分布较为均匀, 偏东和偏南方向风频率略高于其他风向; 黄海偏西方向风频率较小, 其他方向频率分布较为均匀; 东海的盛行风向为北偏西和偏东方向, 西风较少; 南海的盛行风向为北北东—东, 即东北偏东。渤海和黄海的风向预报偏差总体分布在 $\pm 40^\circ$ 之间, 各海区的风向预报 BIAS 均为 0° 左右。

为了更全面地评估 EC 预报 10 m 风场在中国近海海域的预报性能, 图 6 给出了不同浮标站 EC 24 h 预报的风向和观测风向的偏差分布以及各个风向的偏差分布, 图中红色虚线为各个方向上风向预报的平均偏差。从图中可以看出, 渤海海域 B02、B03、B04 浮标的预报效果较好, 风向预报角度偏差集中在 $\pm 30^\circ$ 之间, 平均偏差都在 $\pm 20^\circ$ 之间。B02 浮标站点的主导风向是 SSW, 出现的频次最大, 为 65

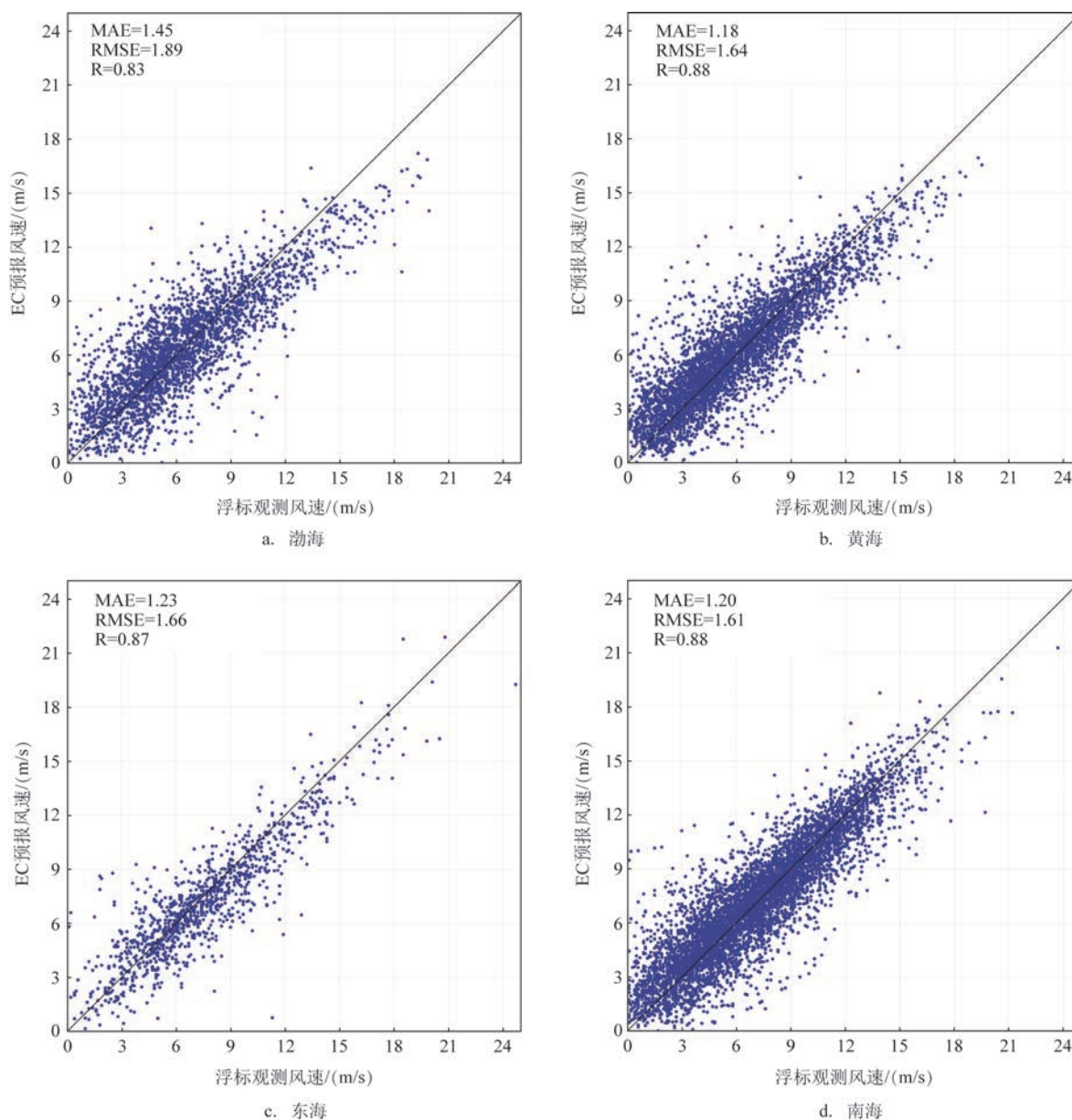


图3 各海区风速散点图

Fig.3 Wind speed scatter plot in different seas

次,在该方向上大部分误差集中在 $-20^{\circ}\sim 15^{\circ}$;次主导风向是SE,误差也较为集中,集中在 $-30^{\circ}\sim 10^{\circ}$;这也可以看出在主导风向上,预报偏差不大。黄海海域(H系列)选取的6个浮标站点总体的风向预报偏差集中在 $\pm 20^{\circ}$ 之间,其中H03站点预报效果较差,风向偏差较大,其他站点的预报效果都很好,预报风向偏差较为集中,平均偏差较小;主导风向和次主导风向的表现均较为良好;除H05站点的平均偏差为正值,其他站点的平均偏差多为负值。东海

区域D01站点的EC预报效果较好,平均偏差在 0° 左右,主导风向和次主导风向的误差大体分布在 $\pm 20^{\circ}$ 之间;但该站点在W方向的总体偏差较大,有4个数据不具备参考价值。D02预报平均偏差在 45° 左右,总体偏大。南海海域共有10个站点,N01—N04靠近岸边分布,这几个站点的主导风向和次主导风向的预报效果较好,预报效果较差的是WNW、NW、NNW方向的风;N05—N08站点预报效果总体较好,平均偏差在 10° 左右,在NW、NNW方向上预报

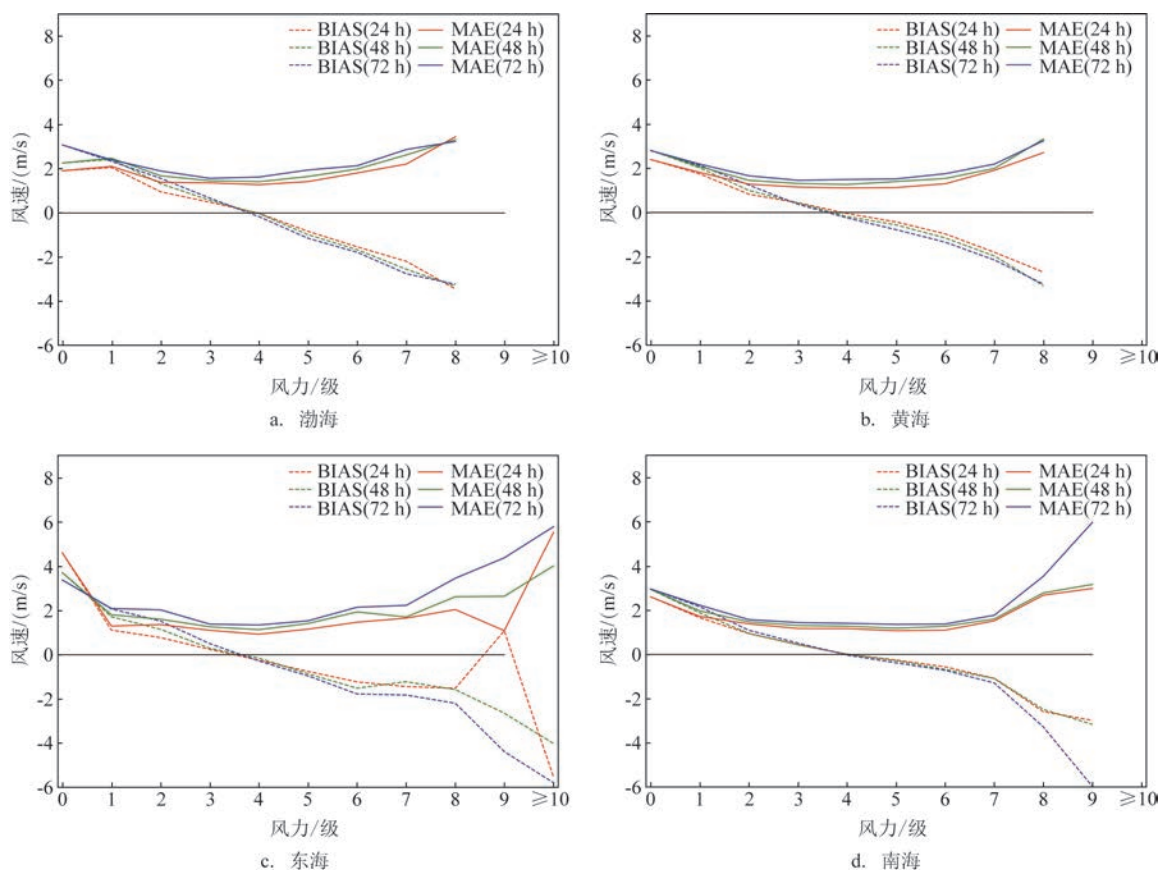


图4 平均偏差和平均绝对误差随风力等级的变化

Fig.4 Change of mean error and mean absolute error with various wind levels

效果较差,但是这两个方向上的风频率较小,可信度较低;N09和N10站点在南海中部,N10站点预报效果较好(图略),主导风向NE和次主导风向ENE的预报平均偏差较小,且偏差分布较为集中,N09站点总体预报效果较差,这可能是由于浮标观测数据受客观条件影响产生观测误差,需要更长的时间序列和其他观测数据辅助验证。不同风向下风向预报的平均误差大部分在 $0^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 。

图7为不同风力等级的风向预报BIAS、RMSE和MAE,预报时效为24 h。从图中可以看出,随着风力等级逐渐增大,风向预报的RMSE和MAE在5级达到最小后趋于稳定,随着风力等级变大,风向预报的RMSE和MAE减小。风力等级小,预报偏差较大,风力等级大,预报偏差较小。48 h和72 h的预报结果也有同样变化趋势(图略)。对比4个海区的结果可以看出,渤海和黄海的RMSE和MAE相对较小。

2.3 台风天气过程下的适用性评估

台风是海上大风的典型过程,选取经过中国近海的台风过程,评估EC预报10 m风场对台风过程的适用性。本文选取受台风影响浮标观测风力达到7级及以上的时间段进行评估。为了更直观地看到EC预报数据的效果,选取24~33 h(3 h一个数据)预报时效的数据进行绘图分析。

台风“烟花”在2021年7月18日生成后,先向西后逐渐向西北方向靠近我国(见图8)。利用台风“烟花”在行进过程中影响的两个浮标D02(24日00时,台风中心到浮标的距离为191 km)、D01(25日00时,台风中心到浮标的距离为97 km)的风速、风向数据,对两个站点的EC预报数据进行检验。浮标站点的分布位置和检验结果见图8和图9。当台风“烟花”逐渐靠近D02站点,风速在24日06时左右达到峰值,在21日00时—25日00

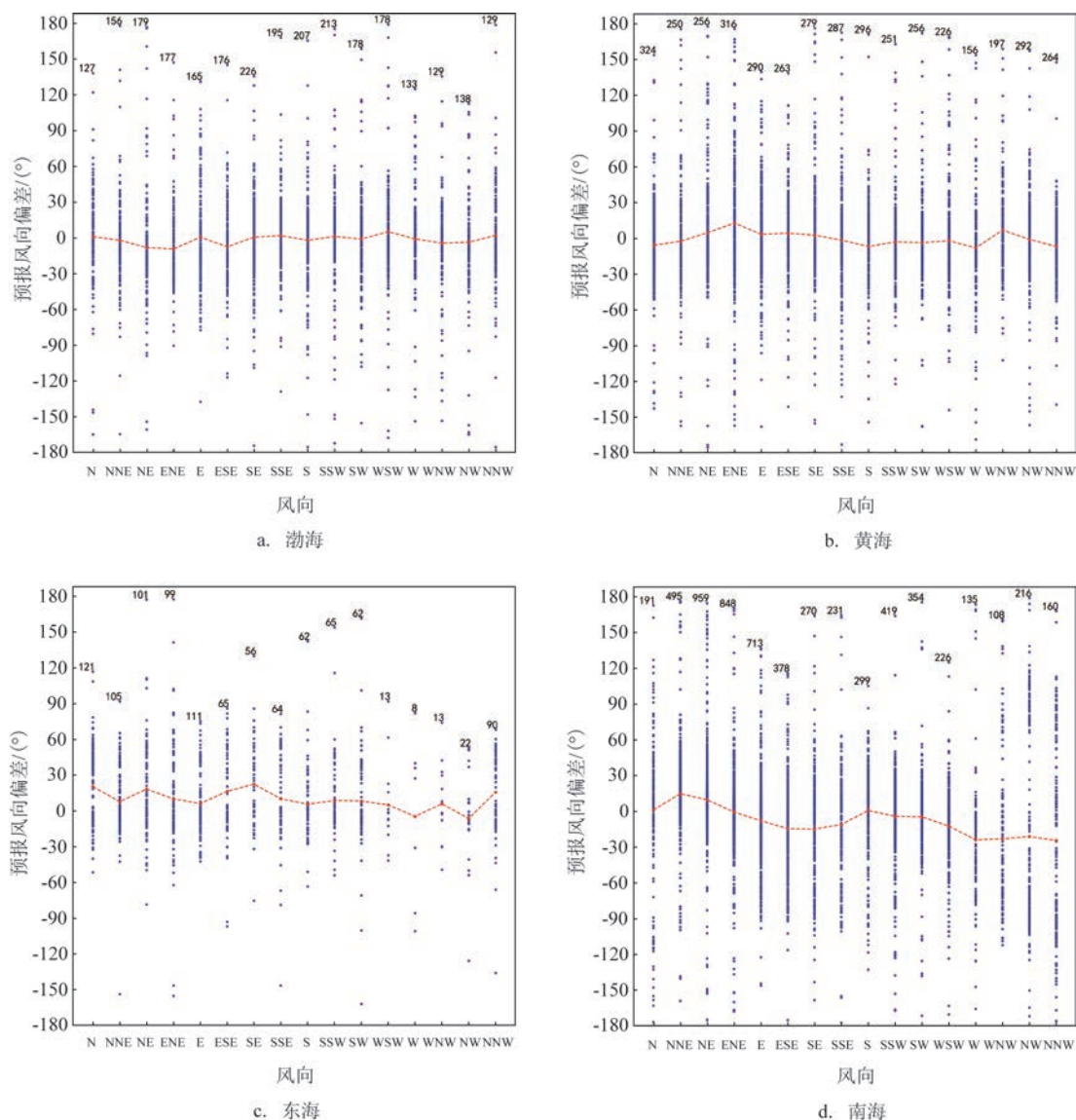


图5 各海区不同风向的预报平均偏差(红线)和频率(数字代表该方向风频率)

Fig.5 Mean error (red line) and frequency (the number represents the wind frequency in this direction) of each wind direction in different seas

时这个时间段内(见图9),EC 预报风速较好地再现了台风的风速变化趋势,通过风羽结果可以看出,D02的风向预报总体存在一定偏差,在23日18时前,预报风向为北偏东,而观测风向为北偏西。当台风“烟花”靠近D01站点后,风速在24日12时到达峰值,EC 预报风速的大体变化趋势与实况相同,但对于最大风速的预报存在滞后性,整体风速预报略偏小。从D01的风羽图可以看出,该站点的风向预报效果较好,浮标风向与预报风向变化

趋势也较为一致,其原因可能是D01站点观测风速较大,这与我们在2.2节评估得出的结论是一致的。

针对台风“烟花”影响到的两个浮标站点,从24 h预报时效的统计结果来看(见表2),风速预报的平均误差为 -0.76 m/s ,总体略偏小,MAE为 1.93 m/s ,预报效果总体较好;风向预报的MAE为 24.66° ,误差较大,主要是由于D02站点的风向预报误差大。

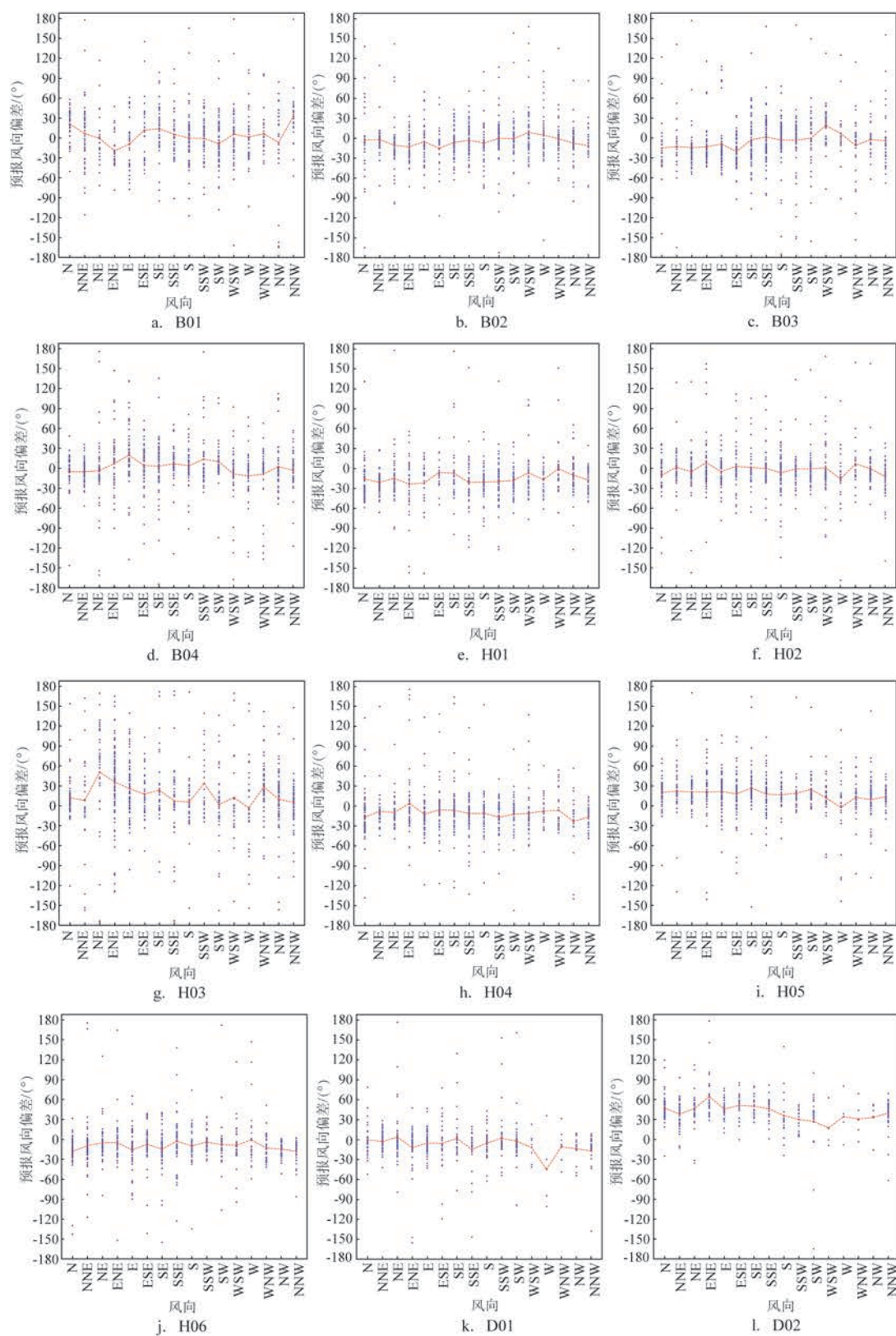


图6 站点风向偏差分布和风向频次(红线代表平均偏差)

Fig.6 Distribution of error and frequency of each wind direction at different stations (the red line represents the mean error)

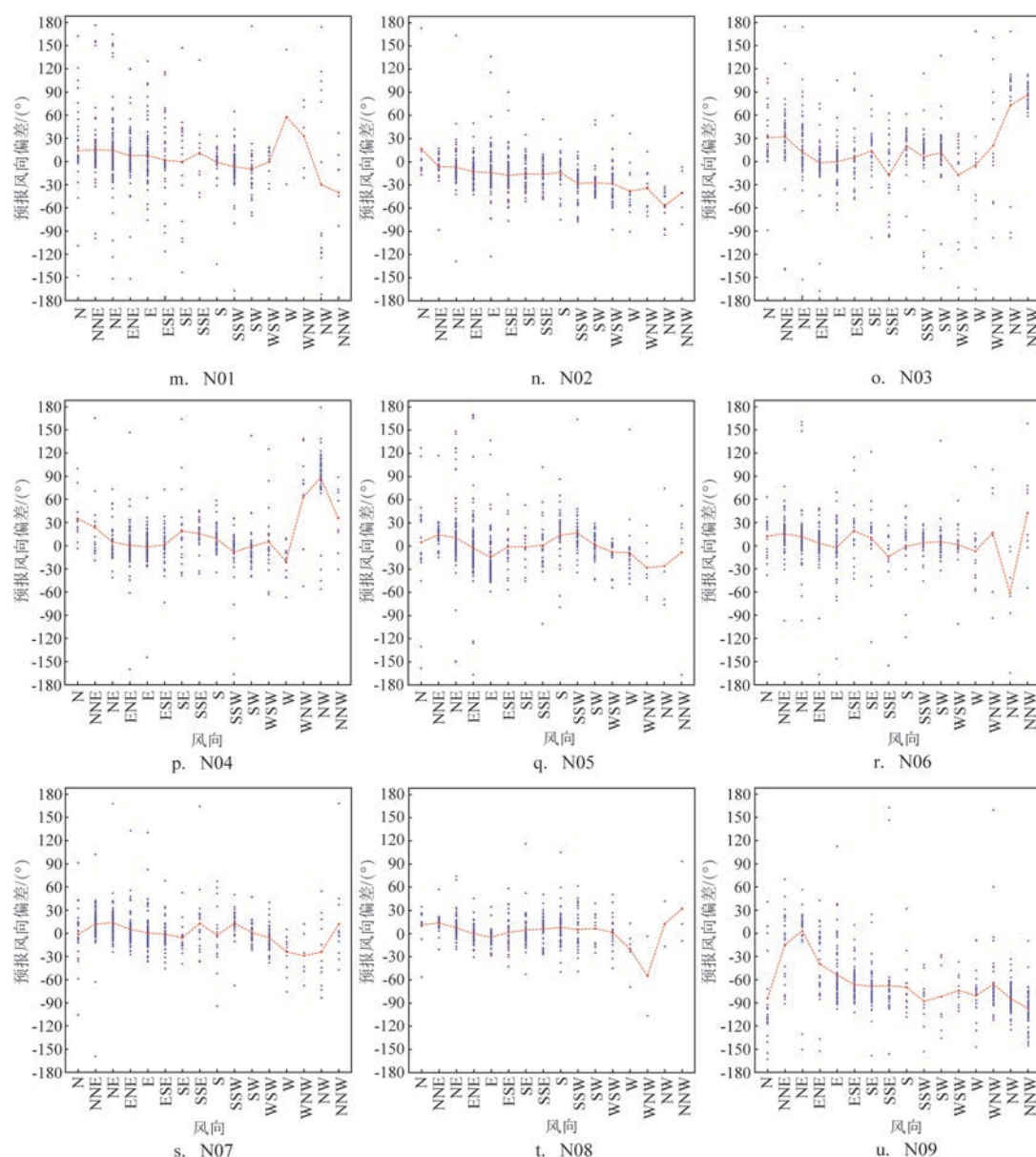


图6 (续)

Fig.6 (Continued)

台风“卢碧”自2021年8月2日在南海生成后,沿着东北方向贴近海岸线移动(见图8),利用台风“卢碧”在行进过程中影响的3个浮标N06(4日12时,台风中心到浮标的距离为337 km)、N07(4日18时,台风中心到浮标的距离为265 km)和N05(5日00时,台风中心到浮标的距离为33 km)对3个站点的EC预报数据进行检验,浮标站点分布位置和检验结果见图8和图10。从图10可以看出EC预报数据较好地再现了部分风速的变化趋势,但是大风时

的风速预报偏差较大(例如N05站点8-5-00时刻)。从图10的风羽图对比可以看出,3个站点预报和观测风向的一致性较好,风向偏差不大。24 h预报数据统计显示风速预报的BIAS为 -0.57 m/s(见表2),总体略偏小,MAE为 1.89 m/s;风向预报的BIAS为 1.16° ,MAE为 8.74° 。通过3个浮标站点的数据可以看出,EC预报数据对台风“卢碧”的预报效果较好。

台风“灿都”自2021年9月7日生成后,11日00时开始经过台湾东侧,后一路向北经过东海、黄海

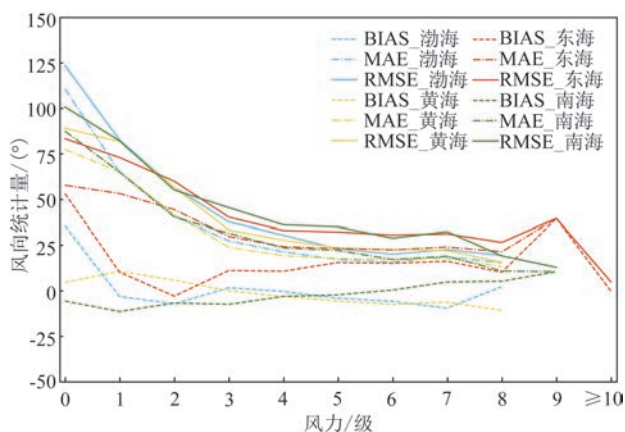


图7 不同风力等级的风向预报平均偏差、均方根误差和平
均绝对误差

Fig.7 BIAS, RMSE and MAE of wind direction forecasts
for different wind levels

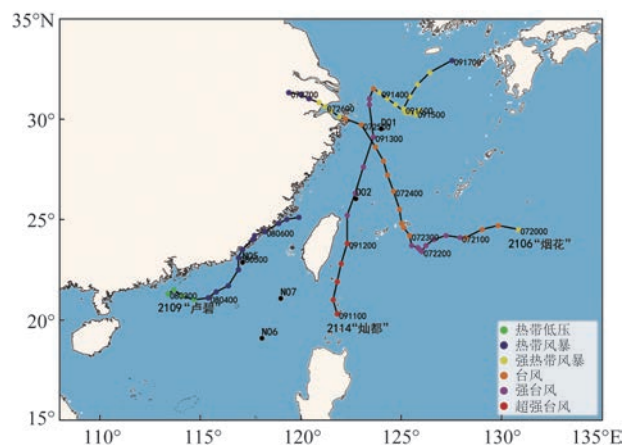
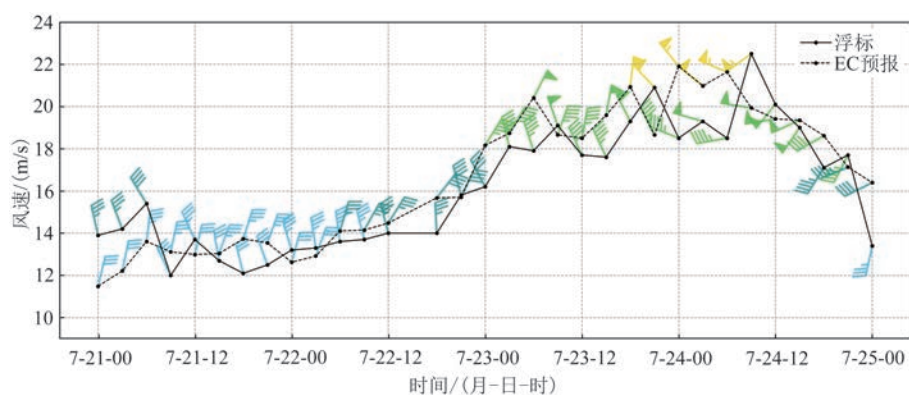
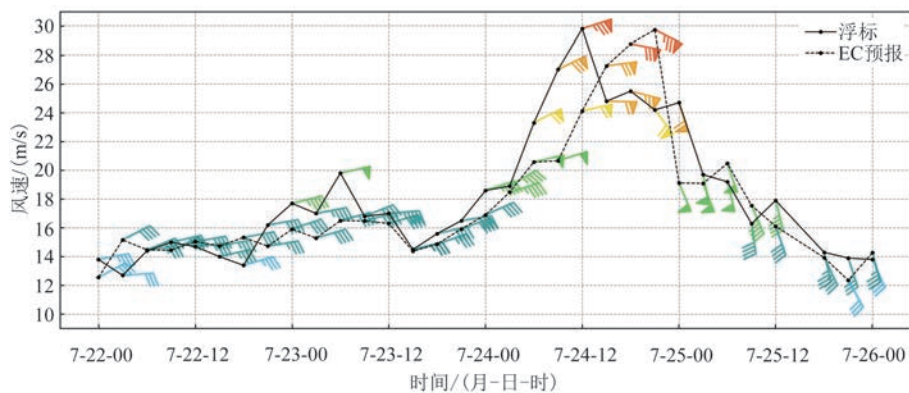


图8 台风路径及受影响浮标点位图

Fig.8 Typhoon path and map of buoy points



a. D02



b. D01



图9 台风“烟花”过程下D02和D01浮标及EC预报风速和风向的时间序列

Fig.9 Time series of wind speed and direction at D02, D01 buoys and EC wind forecasts during the Typhoon "In-Fa"

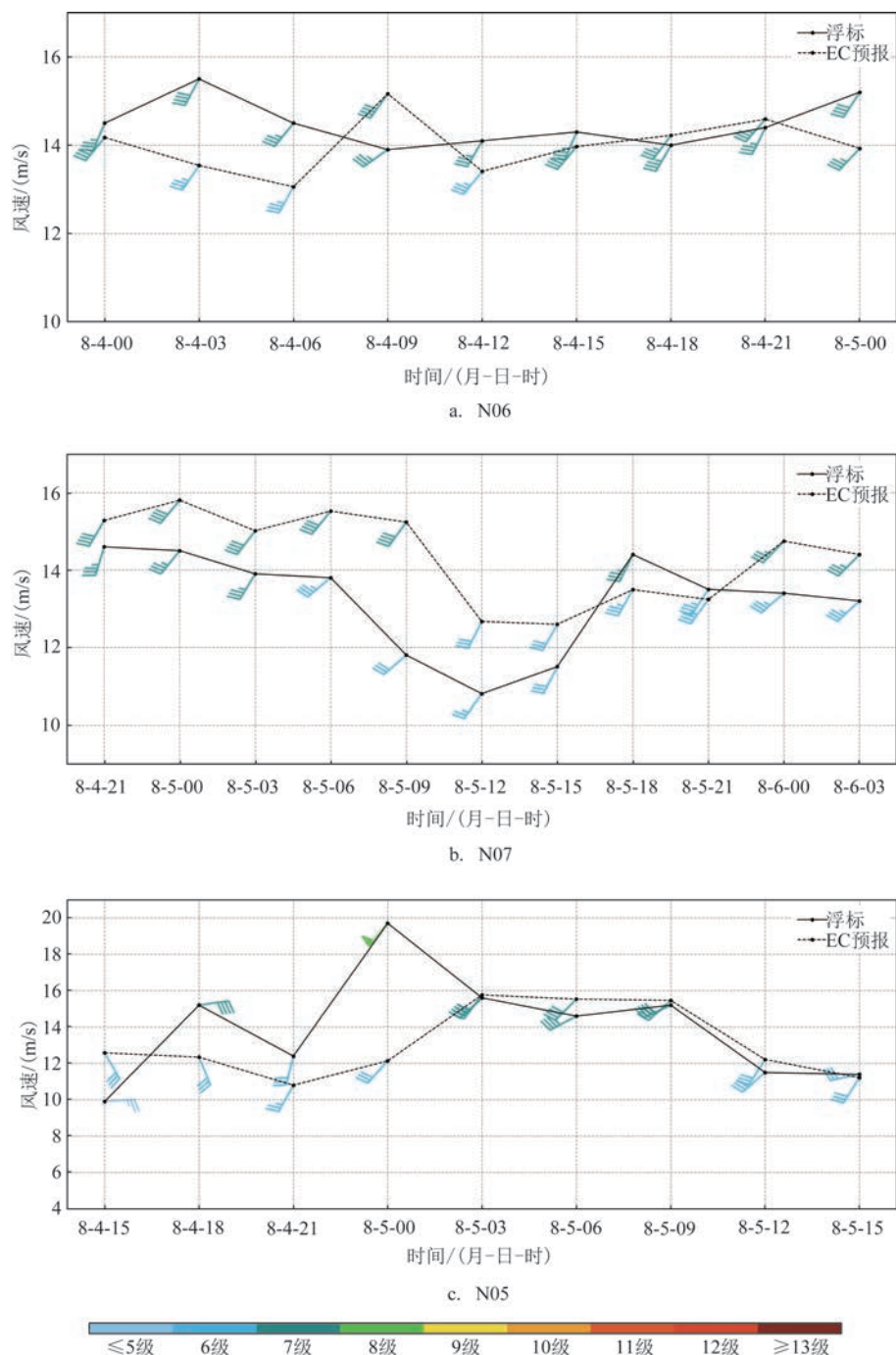


图10 台风“卢碧”过程下N06、N07和N05浮标及EC预报风速和风向的时间序列

Fig.10 Time series of wind speed and direction at N06, N07, N05 buoys and EC wind forecasts during the Typhoon "LUPIT"

(见图8)。利用台风“灿都”行进过程中影响的东海浮标D02(12日12时,台风中心到浮标的距离为30 km)、D01(13日00时,台风中心到浮标的距离为58 km)对EC预报数据进行检验,浮标站点分布位

置和检验结果见图8和图11。当台风靠近D02站点,距离站点最近时的最大观测风速达到38.6 m/s,而预报风速为25.9 m/s,两者差距较大。从D02、D01的风速折线图可以看出(见图11),EC预报数据

模拟出了风速变化的趋势,但是预报的最大风速普遍比浮标观测值小。从对应时刻的风羽来看,预报和浮标观测风向的偏差较小,预报风向能较好地反应出浮标风向的变化趋势。24 h 预报统计显示风速预报BIAS为 -1.70 m/s (见表2),预报风速较观测风速偏小,MAE为 2.82 m/s ,RMSE为 4.49 m/s 。相较其他两个台风,台风“灿都”风速预报的MAE和RMSE都更大,这是因为台风“灿都”离两个观测浮标距离更近,强度更强,而EC对大风的风速预报偏小。风向预报的平均误差较小,为 -0.08° ,MAE为

13.70° 。

2.4 典型冷空气大风过程下的适用性评估

选取典型冷空气大风过程,评估EC预报10 m 风场数据在不同天气过程下的可信度。选取2021年11月6日09时—8日12时(简称1106—1108)和2021年12月23日06时—25日12时(简称1223—1225)两次冷空气过程中实测风力达7级及以上的时间段,检验结果见表3、图12和13,相应站点位置见图1。从风速结果来看,1106—1108冷空气过程中

表2 台风过程EC预报风速和风向的统计评估结果

Tab.2 Statistical results of the EC wind speed and direction during typhoon process

台风名称(影响海区)	风速/(m/s)			风向/($^\circ$)		
	BIAS	MAE	RMSE	BIAS	MAE	RMSE
“烟花”(东海)	-0.76	1.93	2.51	18.52	24.66	30.76
“灿都”(东海)	-1.70	2.82	4.49	-0.08	13.70	17.60
“卢碧”(南海)	-0.57	1.89	2.89	1.16	8.74	10.27

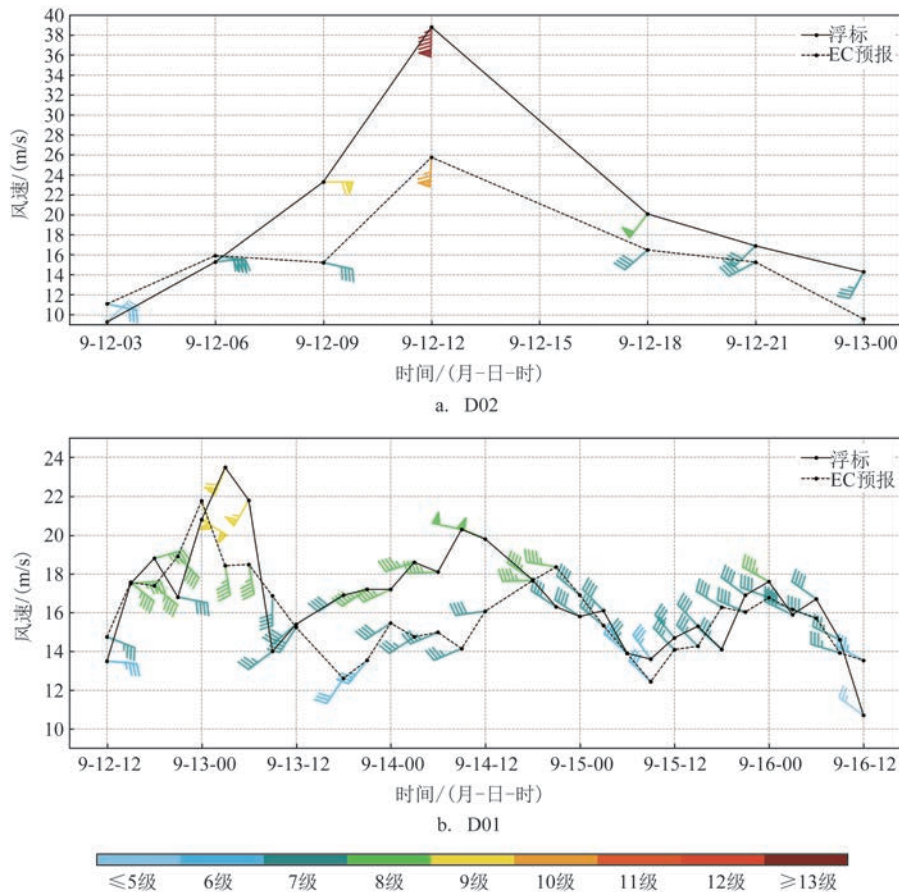


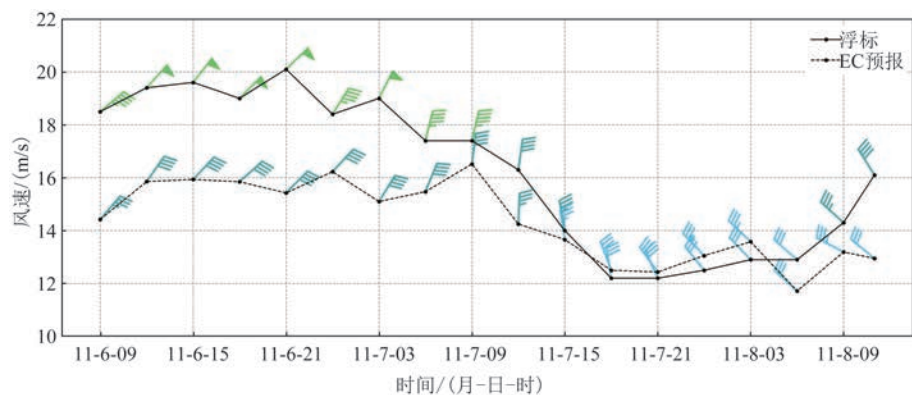
图11 台风“灿都”过程下D02、D01浮标及EC预报风速和风向的时间序列

Fig.11 Time series of wind speed and direction at D02, D01 buoys and EC wind forecasts during the Typhoon "CHANTHU"

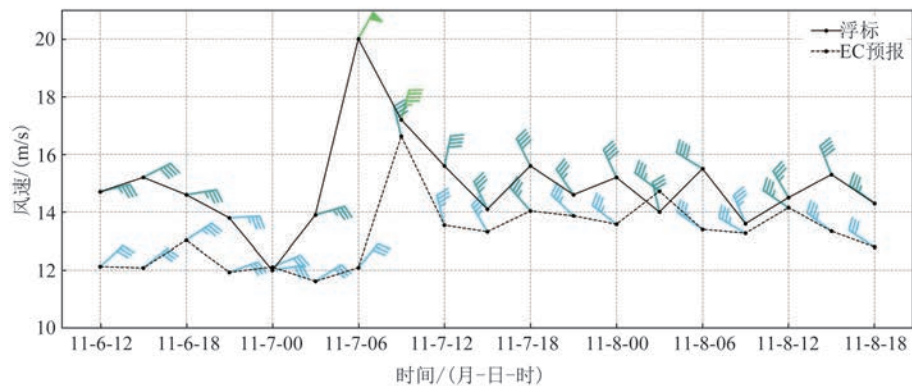
表3 典型冷空气大风过程EC预报风速和风向的统计评估结果

Tab.3 Statistical results of the EC wind speed and direction during typical cold air processes

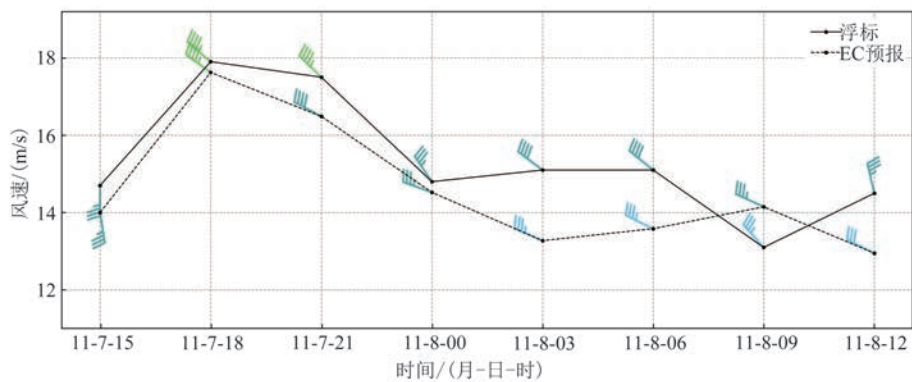
冷空气过程	风速/(m/s)			风向/(°)		
	BIAS	MAE	RMSE	BIAS	MAE	RMSE
1106—1108	-1.93	2.02	2.26	-9.59	20.61	23.29
1223—1225	-1.65	1.70	1.97	-0.74	14.67	17.22



a. B02



b. B03



c. H01



图12 11月6日—8日冷空气过程下受影响浮标站点的风速和风向时间序列

Fig.12 Time series of wind speed and direction of affected buoy sites during cold air processes from November 6 to 8

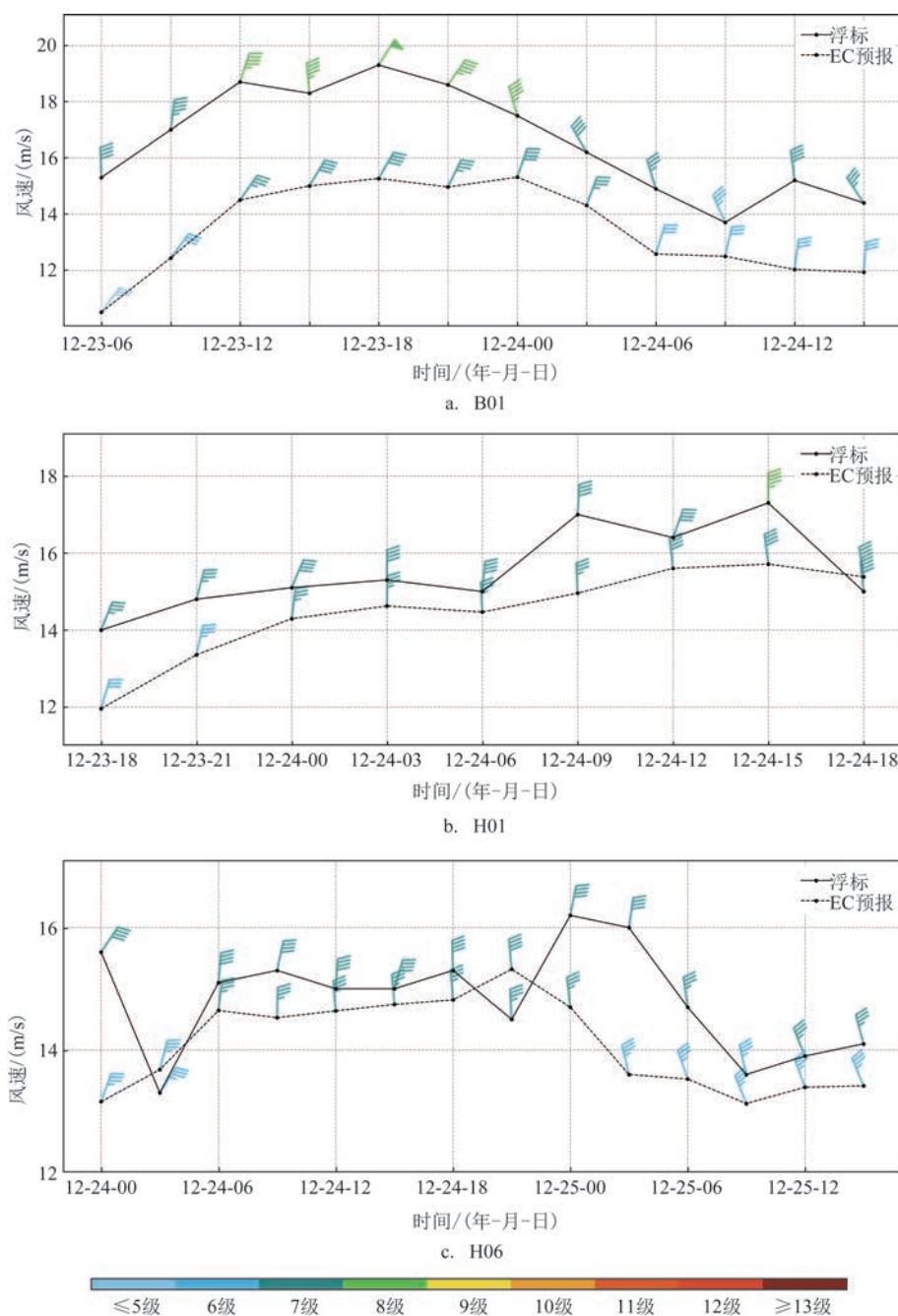


图 13 12月23日—25日冷空气过程下受影响浮标站点的风速和风向时间序列

Fig.13 Time series of wind speed and direction at affected buoy sites during cold air processes from December 23 to 25

浮标观测到的最大风速出现在B01站点,为20.80 m/s,此时EC预报风速为15.53 m/s,误差为5.27 m/s。表3统计了两次过程中24 h预报数据的各项误差,其中1106—1108过程的MAE为2.02 m/s,1223—1225过程的MAE为1.70 m/s,这可能是因为1106—1108过程的风力更大,而1223—1225过程中观测到的最大风速不超过20 m/s,风速越小,EC预报的

误差也越小。经统计,两次过程中7级风的MAE为1.84 m/s,8级风为2.96 m/s,后者的预报误差明显大于前者,即随着风力等级的增大,MAE也变大,这与2.1节得出的结论一致。总的来看,EC预报10 m风速能较好得模拟出风速的变化趋势,但是对大风的预报结果偏小。从风向的预报结果来看,表3统计得到的1106—1108过程的MAE为20.61°,1223—

1225过程的MAE为 14.67° 。从图12和图13也可以看出EC预报结果能够较好地预报两次冷空气过程引起的风向变化。

3 结论

本文利用2021年中国近海22个浮标点位数据与EC细网格预报数据,对24 h、48 h和72 h的风速及风向数据进行对比检验。结论如下:

①总体而言EC细网格10 m风速数据在中国近海预报效果较好。风力小于4级时,EC预报数据偏大,风力大于4级时,EC预报数据偏小,当风力为3~6级时,风速预报的MAE最小。

②不同风向条件下,EC风向预报的BIAS大部分在 $0^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 。渤海、黄海风向预报BIAS最小值出现在4~5级风力附近,东海、南海风向预报BIAS最小值出现在3~5级风力附近。风力等级越小,风向的预报偏差越大,风力等级越大,预报偏差则越小。

③EC预报数据对于台风引起的风向变化有较好的反应,台风“灿都”和台风“卢碧”预报风向的MAE均小于 20° ,台风“烟花”预报风向的MAE偏大,为 24.66° 。在风速较低时,EC预报数据表现较好,而在台风最大风速的预报上效果欠佳。

④EC预报数据对于冷空气引起的风向变化有较好的反映,两次冷空气过程的风向预报MAE分别为 20.61° 和 14.67° 。风速越小,EC预报的误差也越小,风力等级增大,预报误差明显增大,EC对大风的风速预报偏小,误差偏大。

本文对EC细网格10 m风速和风向的预报性能进行了初步的研究,并对台风和冷空气大风过程进行了直观的时间序列分析,以为沿海使用EC预报数据的专家学者提供参考,也为日后对数据进行订正提供初步分析。

参考文献:

- [1] 刘桂艳, 连喜虎, 高松, 等. WRF模式对渤海和黄海海面风预报误差分析[J]. 防灾科技学院学报, 2023, 25(1): 40-48.
LIU G Y, LIAN X H, GAO S, et al. Analysis of sea surface wind prediction error in the Bohai Sea and the Yellow Sea by WRF model[J]. Journal of Institute of Disaster Prevention, 2023, 25(1): 40-48.
- [2] 杨亮. 基于遥感数据的西北太平洋海面风场时空特征分析[D]. 青岛: 国家海洋局第一海洋研究所, 2007.
YANG L. Temporal and spatial characteristics analysis of sea surface wind on the Northwest Pacific based on remote sensing data[D]. Qingdao: The First Institute of Oceanography of the National Oceanic Administration, 2007.
- [3] 张新玲, 吴增茂. 渤海海上测风与沿岸实测风的对比分析[J]. 海洋预报, 1998, 15(4): 24-31.
ZHANG X L, WU Z M. Comparing analyses of the observations of sea and coastal wind of Bohai[J]. Marine Forecast, 1998, 15(4): 24-31.
- [4] 毛绍荣, 林镇国, 梁健, 等. 广东沿海强东北季风的概率预报方法[J]. 热带气象学报, 2003, 19(1): 94-100.
MAO S R, LIN Z G, LIANG J, et al. The probability forecast technique on strong Northeast monsoon along the coast of Guangdong[J]. Journal of Tropical Meteorology, 2003, 19(1): 94-100.
- [5] 凌铁军, 张蕴斐, 杨学联, 等. 中尺度数值预报模式(MM5)在海面风场预报中的应用[J]. 海洋预报, 2004, 21(4): 1-9.
LING T J, ZHANG Y F, YANG X L, et al. The application of MM5 model to Predict Sea surface wind field[J]. Marine Forecast, 2004, 21(4): 1-9.
- [6] 周伟隆, 陈往溪, 肖巍. 粤东海面冷空气强风的统计分析与预报[J]. 广东气象, 2005(4): 20-22.
ZHOU W L, CHEN W X, XIAO W. Statistical analysis and prediction of cold air related strong wind over East Guangdong Coastal Water[J]. Guangdong Meteorology, 2005(4): 20-22.
- [7] 陈豫英, 陈晓光, 马金仁, 等. 风的精细化MOS预报方法研究[J]. 气象科学, 2006, 26(2): 210-216.
CHEN Y Y, CHEN X G, MA J R, et al. A study on subtle MOS forecasting method of wind[J]. Scientia Meteorologica Sinica, 2006, 26(2): 210-216.
- [8] LEUTBECHER M, LOCK S J, OLLINAHO P, et al. Stochastic representations of model uncertainties at ECMWF: state of the art and future vision[J]. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 2017, 143(707): 2315-2339.
- [9] 万夫敬, 赵传湖, 梅婵娟, 等. EC细网格2 m气温产品在山东地区预报性能检验[J]. 海洋湖沼通报, 2022, 44(3): 22-30.
WAN F J, ZHAO C H, MEI C J, et al. Verification of 2 m temperature prediction ability of EC fine grid model in Shandong [J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2022, 44(3): 22-30.
- [10] 赵杰, 陈波, 莫乙冬, 等. EC细网格对黔南州温度预报的订正研究[J]. 中低纬山地气象, 2022, (1): 79-85.
ZHAO J, CHEN B, MO Y D, et al. Correction of temperature prediction by EC fine grid in Qiannan prefecture[J]. Mid-Low Latitude Mountain Meteorology, 2022, 46(1): 79-85.
- [11] 吴俞, 冯文, 李勋, 等. ECMWF细网格10m风场产品在南海海域的预报检验[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2015, 40

- (9): 204-212.
- WU Y, FENG W, LI X, et al. On forecast test of ECMWF 10m wind field products in South China Sea[J]. Journal of Southwest China Normal University (Natural Science Edition), 2015, 40(9): 204-212.
- [12] 常奋华, 林艳, 于子敏. 福建沿海多模式风速预报的检验[J]. 海峡科学, 2022(2): 34-39.
- CHANG F H, LIN Y, YU Z M. Test of multi-mode wind speed prediction along Fujian coast[J]. Straits Science, 2022(2): 34-39.
- [13] 连喜虎, 刘桂艳, 高松, 等. EC 细网格 10m 风场产品在渤、黄海海域的预报能力检验与评估[J]. 海洋预报, 2020, 37(6): 74-82.
- LIAN X H, LIU G Y, GAO S, et al. Evaluation of the ECMWF forecast skills for the 10 m wind field in the Bohai Sea and the Yellow Sea[J]. Marine Forecast, 2020, 37(6): 74-82.

Applicability of EC forecast data in China's offshore waters

LIN Xiaojuan^{1,2}, LI Xiang^{1,2}, LIU Xiaoyan^{1*}, ZU Ziqing^{1,2}, WANG Yanqiang¹

(1. National Marine Environmental Forecasting Center, Beijing 100081, China; 2. Key Laboratory of Marine Hazards Forecasting, National Marine Environmental Forecasting Center, Ministry of Natural Resources, Beijing 100081, China)

Abstract: The 10 m wind field data provided by the European Center for Medium-Range Weather Forecasts (EC) has a high significance for reference and is frequently used in the coastal areas, but there is no systematic assess to the data quality in different coastal areas. This paper uses the 10 m wind observations collected by 22 buoys in China's offshore waters to evaluate the EC 10 m wind forecasts, including three typhoons and two typical cold air processes recorded by buoys. The results show that: The correlation between the EC wind forecasts and the measured wind speed is generally good. EC forecasts larger 10 m wind speed when the wind level is lower than 4, and EC forecasts smaller 10 m wind speed when the wind level is higher than 4, while when the wind level is 3~5, EC forecasts relative accurate 10 m wind speed. Mean error of 10 m wind direction forecasts is between 0°~20°. Error of wind direction forecasts is larger when the wind level is lower, and visa versa. EC 10 m wind forecasts have a good response to the wind direction change caused by typhoons, and the wind speed forecasts perform well when the wind speed is low, however, there is a large error in the maximum wind speed forecasts. EC 10 m wind forecasts can correctly predict the wind direction change caused by the two cold air processes. The smaller the wind speed, the smaller the error in the EC forecasts. Along with the increase of wind level, the forecast error increases significantly. EC wind speed forecasts are small when actual wind speed is large, so the error is also large.

Key words: China's offshore waters; EC 10 m wind forecasts; strong wind; error analysis