

中国近海 ASCAT 和 ERA-Interim 风场资料的评估

柳婧, 宋晓姜, 王彰贵

(国家海洋环境预报中心, 北京 100081)

摘要: 利用中国近海 23 个浮标对 2015 年一整年的 ASCAT 轨道风场和 ERA-Interim 再分析风场进行质量评估, 并对比了 ERA-Interim 和 CFSV2 两种再分析风场资料在中国近海的适用性。结果表明: ASCAT 在中国近海与浮标风速的一致性优于 ERA-Interim, 而二者与浮标风向的一致性则相差不大。同时, 对比 CFSV2 与 ERA-Interim 的误差统计结果发现, CFSV2 的风速误差较 ERA-Interim 略小, 风向误差相差不大。

关键词: 中国近海; 海面风场; 浮标; ASCAT 风场; 检验与评估

中图分类号: P732.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0239(2019)01-0010-10

1 引言

中国近海跨越不同的气候区域, 气候差异显著, 各类天气活动频繁, 是世界上海洋灾害最严重的区域之一。除海啸灾害外, 中国近海海洋灾害都与天气现象密切相关。其中, 台风引起的风暴潮灾害最为严重^[1], 其次为台风、寒潮天气带来的海上大风相伴生的海浪灾害, 这两类海洋气象灾害约占总灾害的 90% 以上^[2]。因此, 了解我国近海海面风场的监测能力、再分析风场的精度, 对近海区域灾害研究及海洋预报都有着重要意义。

目前, 对海面风场的常规观测主要依赖于浮标、船舶、沿岸及岛屿自动气象站等传统手段^[3]。随着地球轨道卫星及遥感技术的快速发展, 卫星遥感、雷达探测等非常规资料为海面风场的全球观测提供了行之有效的技术手段。欧洲航天局(European Space Agency)于 2006 年 10 月 19 日发射了 Metop 系列的第一颗卫星——Metop-A, 2012 年 12 月 17 日发射第二颗卫星 Metop-B。ASCAT 散射计(Advanced Scatterometer)作为 Metop 系列卫星上携带仪器, 其实质是一种使用垂直极化天线的实测孔径雷达, 工作频率为 5.3 GHz, 为 C 波段, 该波段的电

磁波能穿透云层, 受云雨影响小, 是全天气遥感器。因此, ASCAT 成为目前观测海洋表面风场的最重要的卫星散射计仪器之一。

对于 ASCAT 海面风场产品, 国内外学者都开展了一些质量检验工作。Bentany 等^[4]通过将 ASCAT 产品与 NDBC、TAO 和 UKMF 的大洋浮标进行比较, 得出风速和风向的均方根误差分别为 1.72 m/s 和 18°。Verspeck 等^[5]则利用遍布全球的 150 个浮标数据对 12.5 km 分辨率的 ASCAT 风场产品进行检验, 发现风速均方根误差均在 2 m/s 以内, 其精度满足业务需求。Verhoef 等^[6]更是分别利用 150 个非沿岸浮标(距离海岸约 50 km 以上)和 35 个沿岸浮标(距离海岸 10~50 km 以内), 对 ASCAT 沿岸风场产品进行评估验证, 认为其符合 OSI-SAF 的质量规范。国内学者张凯峰等^[7]利用 ERA-Interim 再分析资料作为参照, 统计分析了南海季风盛行时 ASCAT 的误差特征, 结果表明 ASCAT 风场产品在南海中南部大部分海域与 ERA-Interim 资料一致性好。沈春等^[8]则利用 NCEP 风场产品和 dropsonde 探测资料证明了 ASCAT 可以较好地反演台风风场。杨晓君等^[9]也利用北方海域的 6 个海洋观测站风资料对 ASCAT 在北方海域的真实性进行了检验。由于国外研究

收稿日期: 2018-06-27; 修回日期: 2018-08-17。

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFC1407001)。

作者简介: 柳婧(1993-), 女, 助理工程师, 硕士, 主要从事资料融合研究。E-mail: 1713146692@qq.com

多是针对 ASCAT 风场产品在全球大洋范围内的整体精度评价,而国内对 ASCAT 在中国近海适用性分析则多为单海区分析,且缺少足够的海洋浮标数据。因此,本文利用国家海洋局在中国近海布设的 23 个业务化海洋浮标对 ASCAT 风场产品和 ERA-Interim 再分析资料在中国近海区域的质量进行评估分析,并对比了 ERA-Interim 和 CFSV2 两种再分析风场资料在中国近海的适用性,为中国近海海洋、大气预报和研究选用合适的海面风场资料提供参考。

2 资料与方法介绍

2.1 ASCAT 风场资料

ASCAT 散射计通过卫星地面轨道两侧的 3 根天线分别产生相对于卫星飞行方向 45° 、 90° 和 135° 的雷达波束。由于散射计的后向散射与海面粗糙度有关,而中等入射角度的后向散射对风速和风向的敏感性能很好地反映风速和风向。因此,ASCAT 散射计的工作原理是通过后向散射系数来探测海洋表面的粗糙度,再根据海表面粗糙度利用地球物理模型(CMODS)来反演海表面风场。目前,欧洲气象卫星组织(The European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites, EUMETSAT)发布的海面风产品主要有:12.5 km、25 km 分辨率的海洋风场和 12.5 km 分辨率的近岸风场。考虑到近岸风场产品中使用的 Boxcar 空间滤波不仅能在全海域生成较好的风特性,而且加入了更多靠近海岸的风数据。因此,本文采用 12.5 km 分辨率的 ASCAT 近岸风场产品,时间从 2015 年 1 月 1 日—12 月 31 日。

2.2 ERA-Interim 再分析资料

ERA-Interim 是欧洲中期天气预报中心(The European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, ECMWF)发布的 1979 年至今的第三代全球气象再分析产品。相较于早期的 ERA-40, ERA-Interim 使用了更新的四维同化(4D-Var)技术、更优化的物理模型以及更多的观测资料,实现了再分析资料质量的提升。本文使用的 ERA-Interim 海面风

资料的时间间隔为 3 h,水平分辨率为 0.125° ,提供了 10 m 高度的经向风和纬向风,时间从 2015 年 1 月 1 日—12 月 31 日。

2.3 CFSV2 再分析资料

CFSR (Climate Forecast System Reanalysis) 是由美国国家环境预测中心(National Centers for Environmental Prediction, NCEP)开发的 1979 年至 2011 年 3 月的大气-海洋-陆表-海冰耦合的全球高分辨率再分析资料。NCEP 于 2011 年 3 月 30 日将运行版本升级到 CFSV2,其使用与 CFSR 相同的模型,仅仅只是 CFSR 在时间上的延伸。CFSV2 提供 6 h 时间分辨率, 0.2° 、 0.5° 、 1.0° 和 2.5° 水平分辨率的大气、海洋和陆表再分析与预报产品。本文使用 0.2° 空间分辨率的 CFSV2 再分析资料,其提供 2015 年一整年的 1 d 4 次 10 m 径向风和纬向风。

2.4 浮标资料

浮标观测作为海洋气象观测系统中的重要手段之一,其观测质量高于船舶^[10]。本文使用的浮标资料为国家海洋局在中国近海布放的 23 个业务化

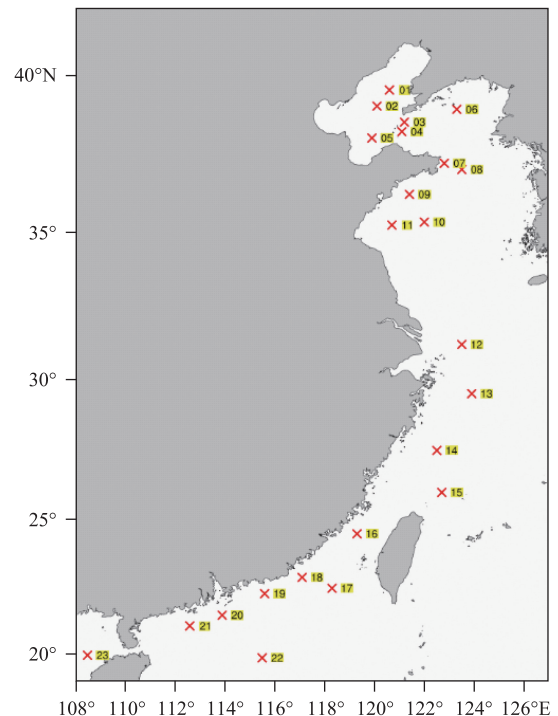


图 1 浮标位置示意图

海洋浮标的海面实测资料。浮标站位从北到南覆盖中国近海区域,最北位于渤海40°N左右,最南位于南海20°N左右。浮标观测要素包括风速、风向、气温、气压、有效波高和波周期等,其观测间隔为1 h。其中风向和风速由浮标搭载的测风仪测得,观测风速为整点前后2 min的平均值,观测风向为整点的瞬时值,并统一订正到10 m高度。

2.5 资料处理及分析方法

首先,对浮标资料和ASCAT风场数据进行质量控制,对其中的异常值(风速、风向不定值)进行剔除,再对二者进行极值检验。由于风速观测范围为0~50 m/s,而ASCAT风速在超过25 m/s时通常认为不太可信^[1],因此剔除50 m/s以上的浮标风速值和25 m/s以上的ASCAT风速值。再对各浮标观测风速和风向的时间序列合理性进行人工检查,以确保观测资料的可信度。将ERA-Interim再分析场的经向风和纬向风换算为与浮标统一的风速风向,并将3种资料统一以气象学惯例表示,即0°对应于自北向南吹,并以顺时针方向增加。考虑到卫星和浮标的观测方式不同,很难找到时间和空间完全一致的数据进行对比,因此设定时空匹配半径,对满足该半径的数据进行对比检验。由于ASCAT风场产品的空间分辨率为12.5 km,浮标的时间分辨率为1 h,因此,设定ASCAT与浮标的时空匹配半径为30 min,12.5 km。为了便于比较分析,对ERA-Interim与浮标匹配的时空半径也设为30 min,12.5 km。

在得到ASCAT资料与浮标、ERA-Interim资料与浮标的时空匹配样本之后,采用平均偏差(Bias),平均绝对偏差(Mean Absolute Error, MAE),均方根误差(Root Mean Square Error, RMSE)和相关系数(R)等统计指标分别对卫星风场数据和ERA-Interim再分析数据进行对比分析,各统计指标的具体公式如下:

$$\text{平均偏差(Bias)} = \frac{\sum(A_i - B_i)}{N} \quad (1)$$

$$\text{平均绝对偏差(MAE)} = \frac{\sum|A_i - B_i|}{N} \quad (2)$$

$$\text{均方根误差(RMSE)} = \sqrt{\frac{\sum(A_i - B_i)^2}{N - 1}} \quad (3)$$

$$\text{相关系数(R)} = \frac{\sum(A_i - \bar{A})(B_i - \bar{B})}{\sqrt{[\sum(A_i - \bar{A})^2][\sum(B_i - \bar{B})^2]}} \quad (4)$$

式中: A 为ASCAT卫星风场或ERA-Interim再分析风场的风速/风向, B 为浮标观测的风速/风向, N 为相应的样本量。

3 ASCAT风场和ERA-Interim风场在中国近海的质量分析

3.1 风速/风向的对比分析

3.1.1 总体特征分析

图2是ASCAT风场和ERA-Interim风场(以下简称两种风场)与对应浮标观测风速风向的散点分布频率图,其中填色等值线代表样本频率,斜率为1的标志线则代表ASCAT风速/风向和浮标风速/风向相等。ASCAT风场与浮标观测匹配的样本数为4 369个。由图2 a可见,ASCAT卫星风速与浮标风速接近,二者均基本分布在0~15 m/s风速范围内,风速频率大值区主要集中在3~10 m/s。大部分样本均匀分布在标志线附近,风速频率大值区在标志线略偏上,说明ASCAT反演风速比浮标观测结果略大,但总体来说两者风速一致性较好。对比ASCAT风向与浮标风向,45°和180°左右的风向频率大值区都分布在标志线附近,说明两者风向大部分一致,并且45°附近的风向频率大值区也与我国近海受冷空气影响,多为东北或偏北风的风场特征一致。

ERA-Interim风场与浮标观测匹配的53 776个样本的散点分布频率如图2c、d。从风速对比分析来看,ERA-Interim风场同样分布在0~15 m/s风速范围内,但大多数样本集中在标志线以下,表明ERA-Interim风速值比浮标观测结果略偏小,且随着浮标风速增大,ERA-Interim风速偏小越明显,其与浮标风速的一致性不如ASCAT卫星资料。从风向对比分析来看,风向频率大值区基本均匀分布在标志线两侧,其分析结果与ASCAT分析结果较为一致。

3.1.2 各海区风场对比

由于海岸线的几何分布、海陆风等因素均会显著影响卫星反演风场数据的准确性^[2],下面分别对渤海、黄海、东海和南海海域的ASCAT风场和ERA-Interim风场进行散点分析。图3是ASCAT风场分

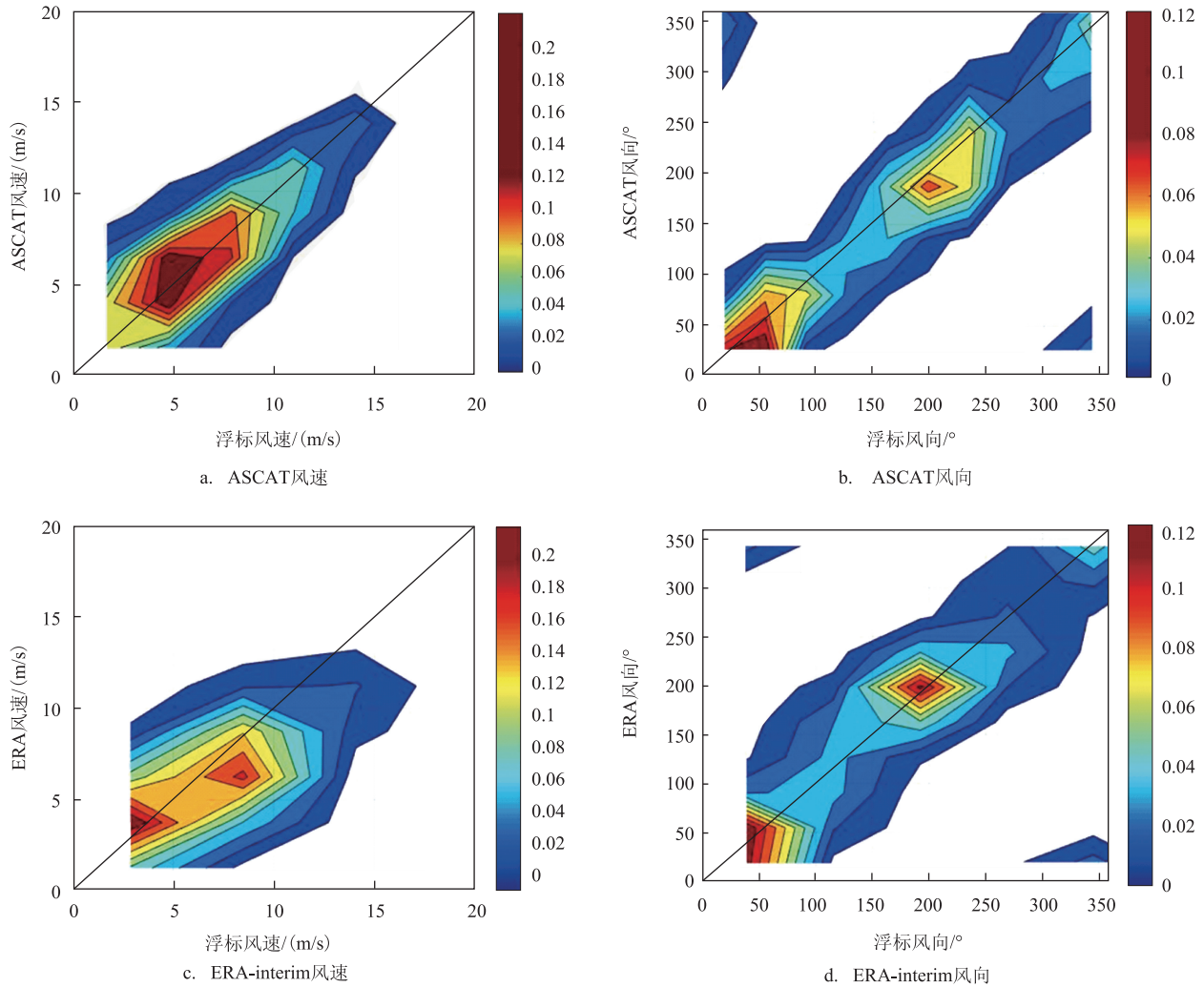


图2 ASCAT、ERA-interim和浮标观测风速、风向散点分布频率(等值线代表频率)

别与4个海域内对应浮标观测的比较结果。其中红线为ASCAT风速/风向与对应浮标风速/风向的线性回归拟合线,斜率为1的黑线则为ASCAT风速/风向与浮标风速/风向的等值线。从图3a—d中可以发现,在渤海和黄海海域中,ASCAT风速和浮标风速散点分布比较离散,其相关系数仅为0.56和0.61,而在东海和南海海域中,散点基本聚集在等值线附近,且拟合线与等值线基本重合,相关系数分别为0.96和0.94,说明在东海和南海海域中ASCAT风速和浮标风速趋于一致,具有较好的一致性。图3e—h中,各个海域的风向散点分布情况也与风速分布一致,渤海、黄海海域的风向一致性明显差于东海和南海海域。

图4则为ERA-Interim风场分别与4个海域中对应浮标观测的散点分析结果,其与ASCAT风场在各个海域的对比分析结果较为一致。ERA-Interim风场与对应浮标观测在渤海、黄海海域的风速一致性较差,相关系数仅为0.56和0.65,在东海、南海海域的风速一致性则显著提高,相关系数也提高至0.86和0.75。ERA-Interim风向与对应浮标风向在渤海、黄海的一致性也明显低于东海、南海。因此,在渤、黄海域应用ASCAT风场资料和ERA-Interim风场资料时,应考虑其曲折海岸线导致误差存在的情况。

3.2 风速/风向的误差分析

上述分别给出了ASCAT风场和ERA-Interim风

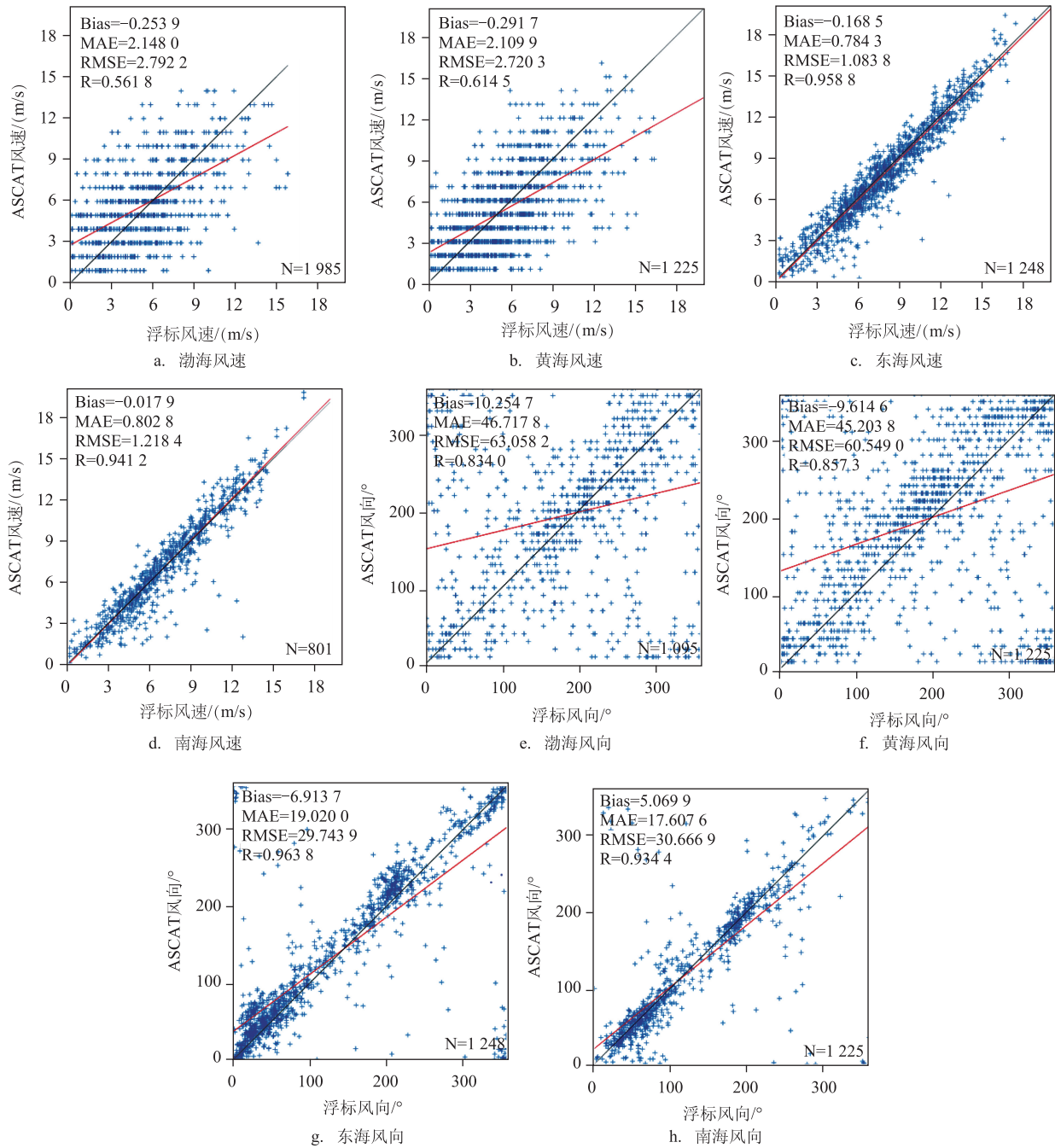


图3 ASCAT风场与浮标观测的风速/风向在不同海域的散点分布

场与23个浮标的风速、风向对比分析结果。为了进一步定量分析和评估这两种风场的可信度,对这两种风场与浮标观测的误差进行统计,误差统计结果见表1。ASCAT与浮标相比,整体风速略偏大,平均绝对偏差和均方根误差分别为1.5 m/s、2.15 m/s,相关系数为0.81,风向平均绝对偏差和均方根误差分

别为33.05°和49.48°,相关系数为0.9,这与Bentamy等^[4]的结论相比略有偏大,这可能与Bentamy使用大洋浮标,而本文使用近海浮标有关。ERA-Interim与浮标相比,整体风速略偏小,平均绝对误差和均方根误差都比ASCAT偏大,分别为1.85 m/s、2.48 m/s,相关系数也仅为0.72。在风向方面,ERA-Interim的

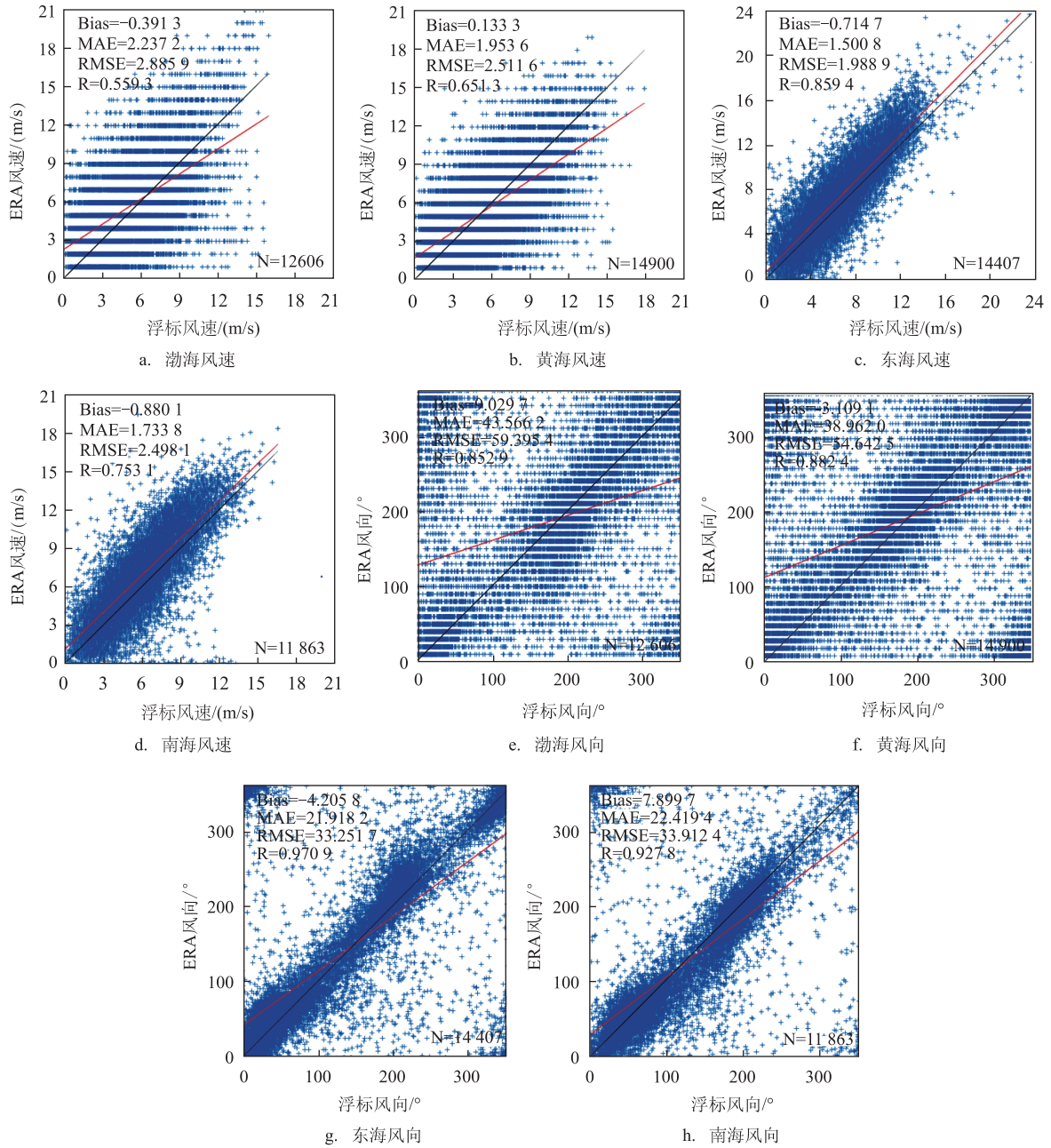


图4 ERA-interim 风场与浮标观测的风速/风向在不同海域的散点分布

平均绝对误差和均方根误差分别为 31.76° 和 46.83°, 比 ASCAT 统计结果略好。

3.2.1 各海域误差分析

考虑到 ASCAT 风场和 ERA-Interim 风场在不同海域的精度差异较大,为了进一步分析两种风场与浮标观测的误差统计特征,分别计算其与不同海域浮标的误差统计结果,并利用泰勒图进行表示(见图 5)。其中,不同颜色的数据点代表不同海域的误

差分析结果,分别为渤海、黄海、东海和南海。图中各数据点的方位角即为两种风场与浮标观测之间的相关系数,而各点与横坐标上 REF 点之间的距离(实线圆弧)为两种风场与浮标观测的均方根误差,各点与原点的径向距离(虚线圆弧)则为两种风场与浮标观测的归一化标准差。因此,最接近 REF 点的数据与浮标观测最为接近,其具有相对较高的相关性和较小的均方根误差。由图 5a、b 可知,ASCAT

表1 ASCAT卫星风场/ERA-Interim再分析风场的误差统计结果

分组	样本数	风速				风向			
		Bias/(m/s)	MAE/(m/s)	RMSE/(m/s)	R	Bias/°	MAE/°	RMSE/°	R
ASCAT	4 368	0.06	1.50	2.15	0.81	-1.16	33.05	49.48	0.90
ERA	53 776	-0.44	1.85	2.48	0.72	1.99	31.76	46.83	0.91

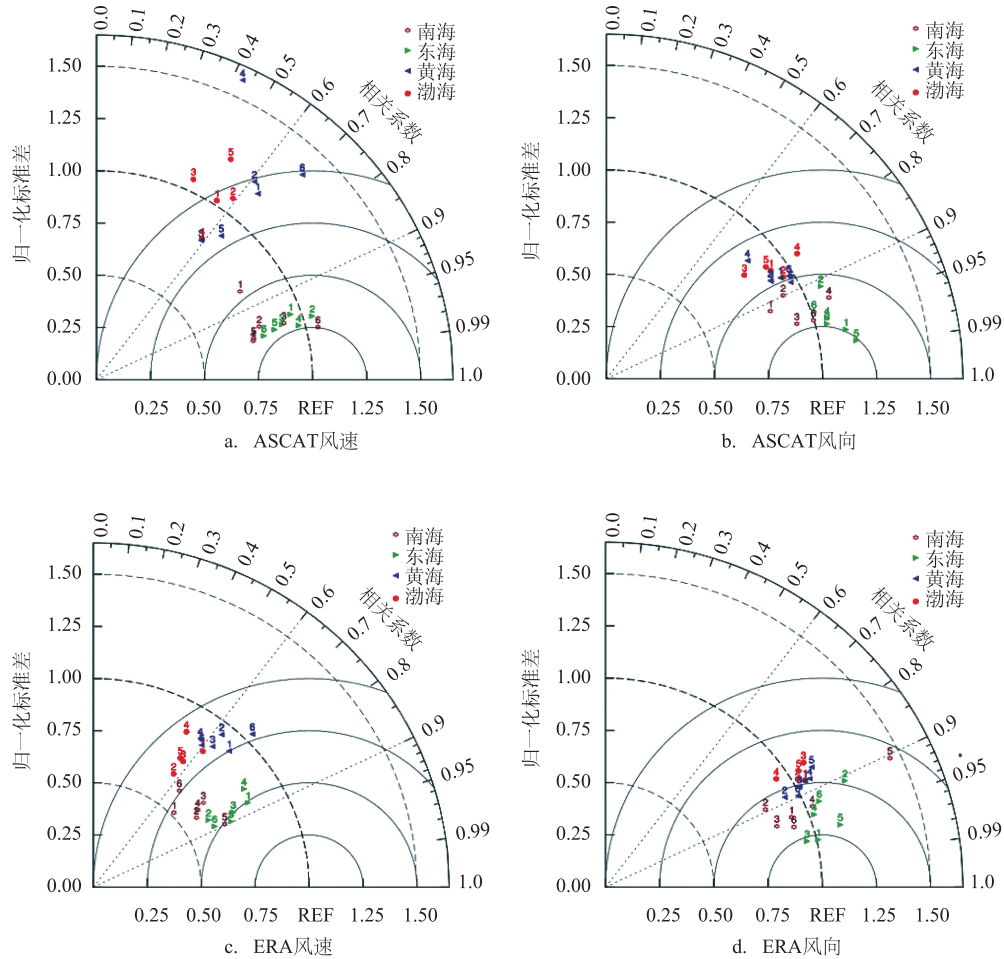


图5 ASCAT风场/ERA-Interim风场和浮标观测的风速/风向泰勒图

在东海、南海的风速均方根误差明显小于渤海和黄海,相关系数也明显优于渤海、黄海。风向在各海域的误差特征与风速误差特征类似。图5c、d中,ERA-Interim风场在各海域的误差统计结果也表明,在东海、南海的风速均方根误差和相关系数均优于渤海和黄海。在风向方面,ERA-Interim与各个海域浮标观测的相关系数都在0.85以上,相差不大,但在东海和南海的均方根误差略小于渤海、黄海。ASCAT风场和ERA-Interim风场在各海域的误差特

征分析基本与两个风场在各海域的散点分析结果一致。

3.2.2 各风级误差分析

考虑到6级以上大风具有较强的破坏力,经常造成不同程度的灾害^[13]。因此,了解ASCAT和ERA-Interim风场在不同风力等级下的误差分布特征更具有实际应用意义。根据日常预报业务中所使用的蒲福风力表,将浮标风速分为小于3级(0~5.4 m/s)、4~5级(5.5~10.7 m/s)和6级(10.8 m/s)

以上,分别计算各风级范围内样本的误差统计特征量。

由表2可见,ASCAT和ERA-Interim风场中6级及以上风速的样本量均仅占13%。在低风速下,ASCAT风速比浮标风速明显偏大,平均绝对误差为1.63 m/s,相关系数仅为0.38,随着风速增加,ASCAT开始出现低估现象,但平均绝对误差也明显减小,6级以上风速的平均绝对误差仅为1.38 m/s,相关系数也增加到0.68。从ASCAT风向来看,平均绝对误差和均方根误差最大值出现在低风速区,分别为45.49°和61.82°,相关系数也相对最小,为0.81。随着风速增加,平均绝对误差和均方根误差逐渐减小至16.89°和26.76°,相关系数也相应增大至0.98。这与Chou等^[14]利用dropsonde探测资料检验ASCAT风场的分析结果一致,中等风速下,ASCAT风速和风向的误差更接近于仪器设计标准,而低风速下则会产生较大的风速偏差和风向偏差。这样的误差统计结果可能与ASCAT散射计反演海面风场原理有关,当风速较小时,海面波浪起伏小,卫星接收到的后向散射干扰较大,容易出现风速偏大和风向多解。ERA-Interim风向在不同风速下的误差特征与ASCAT相似,平均绝对误差和均方根误差的最大值出现在弱风速下,分别为43.64°和59.45°。随着风速增大,风向的平均绝对误差和均方根误差逐渐减小,到6级以上强风时,分别减少至16.53°和24.02°。但是ERA-Interim风速在不同风级下的误差特征则与ASCAT稍有不同,其平均绝对误差和均方根误差的最小值出现在低风速区,分别为1.67 m/s和2.25 m/s。随着风速增加,ERA-Interim风速开始出现明显的低估,平均绝对误差和均方根误差也开始显著增加,6级以上强风时分别增至2.70 m/s和3.32 m/s。这与毛科峰等^[15]得出的结论一致。当实

际风速较小时,ERA-Interim风速较浮标测值偏大,但偏度较小,当实际风速较大时,风速较浮标测值偏小,但偏度较大。

4 CFSV2与ERA-Interim再分析风场资料的对比

与ERA-Interim一样,CFSV2同样是日前研究海面风场最常用的再分析资料之一。为中国近海的风场研究选择合适的再分析资料,需要对两套再分析资料进行对比分析。表3是基于浮标观测的两套再分析资料的误差统计结果。CFSV2、ERA-Interim风速都比浮标风速偏小,但CFSV2风速的平均绝对偏差、均方根误差都比ERA-Interim稍偏小,风速相关系数为0.76,也比ERA-Interim风速相关性略好。而风向来看,CFSV2的风向平均绝对偏差、均方根方差则比ERA-Interim略偏大。这与旷芳芳等^[16]用2011年浮标资料检验得出的CFSV2资料比ERA-Interim资料更接近观测的结论基本一致。

图6是ERA-Interim和CFSV2风场各月风速/风向均方根误差的分布情况,二者的风速均方根误差均表现出冬季大,夏季小的变化趋势。4—6月份,ERA-Interim的风速均方根误差明显大于CFSV2风场,尤其是6月份,均方根误差为2.8 m/s,而CFSV2的均方根误差则为全年最小值,仅2.1 m/s。其他月份中,ERA-Interim风速的误差统计结果与CFSV2基本一致。而在风向方面,ERA-Interim的全年均方根误差基本小于CFSV2风场,尤其是6—8月,偏小较为明显。除ERA-Interim风速在6月出现的误差最大值外,两个再分析资料的风速均方根误差最大值出现在1月份,最小值出现在7—9月份,而风向则刚刚相反,两个再分析资料的风向均方根误差最

表2 ASCAT卫星风场/ERA-Interim再分析风场在不同风力等级下的误差统计结果

分组	风速分级	样本	风速				风向			
			Bias/(m/s)	MAE/(m/s)	RMSE/(m/s)	R	Bias/°	MAE/°	RMSE/°	R
ASCAT	≤3级	1 912	0.73	1.63	2.25	0.38	-0.52	45.49	61.82	0.81
	4~5级	1 887	-0.35	1.40	2.07	0.50	-0.82	25.34	39.78	0.94
	6级以上	568	-0.81	1.38	2.10	0.68	-4.50	16.89	26.76	0.98
ERA	≤3级	23 771	0.72	1.67	2.25	0.27	4.01	43.64	59.45	0.83
	4~5级	23 199	-1.00	1.77	2.27	0.43	1.22	24.07	35.97	0.95
	6级以上	6 792	-2.52	2.70	3.32	0.51	-2.46	16.53	24.02	0.98

表3 ERA-Interim/ CFSV2再分析的风速、风向误差分析

资料类型	样本数	风速				风向			
		Bias/(m/s)	MAE/(m/s)	RMSE/(m/s)	R	Bias/°	MAE/°	RMSE/°	R
ERA	53 776	-0.44	1.85	2.48	0.72	1.99	31.76	46.83	0.91
CFSV2	27 002	-0.55	1.78	2.40	0.76	1.49	33.05	48.90	0.91

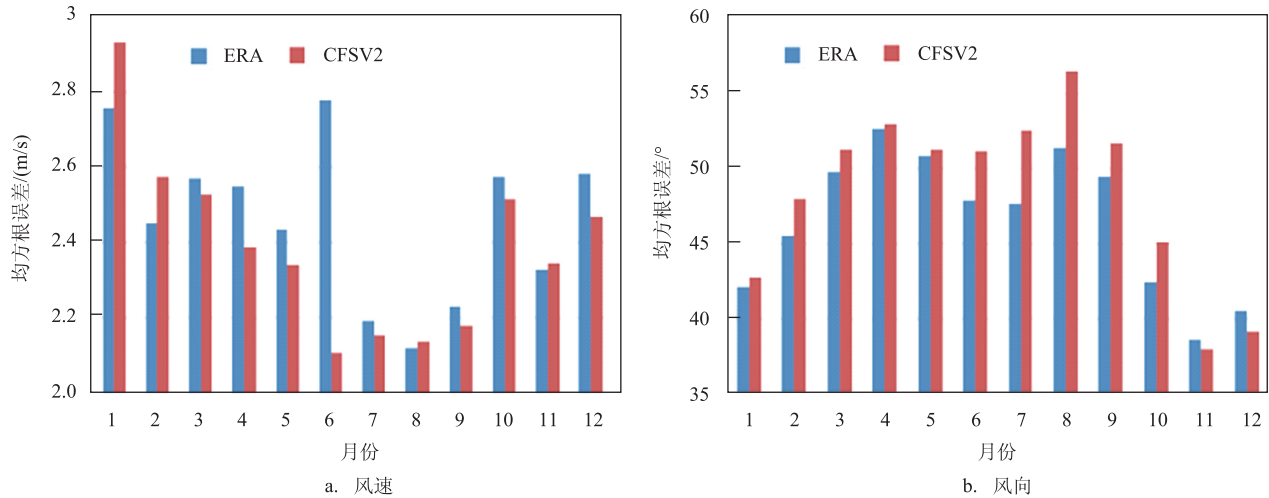


图6 ERA-Interim/CFSV2再分析各月风速、风向均方根误差分布

大值出现在8月,最小值出现在11—1月份,这可能与我国近海海域的季风和寒潮特征有关。每年12月到次年2月,我国近海受东北季风影响,风向较为稳定,但由于冬季易出现寒潮等现象,风速较大,再分析资料会出现低估现象,而7—9月受西南季风影响,风速较小,均方根误差也相对较小,但风向易受热带气旋等天气现象影响表现较差。

5 总结与展望

5.1 总结

本文利用我国近海的23个浮标数据对2015年全年的ASCAT风场和ERA-Interim风场进行初步检验,分析了这两种资料在我国近海的质量状况,并对比了ERA-Interim和CFSV2两种再分析资料在我国近海的适用性,得到以下结论:

(1)我国近海的ASCAT风速比浮标观测略偏大,ERA-Interim风速则略偏小,ASCAT与浮标风速的一致性优于ERA-Interim。而ASCAT和ERA-

Interim的风向与浮标观测基本一致;

(2)受海岸线几何分布、海陆风等因素影响,ASCAT和ERA-Interim在渤海、黄海与浮标的一致性较差,在东海和南海一致性较好;

(3)ASCAT风速和风向的均方根误差分别为2.15 m/s、49.48°,而ERA-Interim风场的风速均方根误差比ASCAT略大(2.48 m/s),风向与ASCAT的误差结果相近;

(4)从风速分级的误差分布来看,ASCAT风速随着风力等级增加会出现低估现象,风速和风向的平均绝对误差会随风速的增大而减小。而ERA-Interim风速随着风力等级增加会出现严重低估,风速误差随着风速增大而逐渐增大,风向误差则随着风速增大而减小。当海上出现6级以上大风时,ASCAT能比ERA-Interim更好地反应海面风情况;

(5)用浮标观测资料对CFSV2再分析风场进行误差特征分析发现,CFSV2风速同样比浮标风速偏小,其平均绝对偏差、均方根误差分别为1.78、2.40 m/s,相关系数为0.76,比ERA-Interim的误差统计结果略好,而风向来看,其平均绝对误差和均方根误差分

别为 33.05° 、 48.90° , 与 ERA-Interim 风向误差相差不大。

5.2 展望

虽然 ASCAT 风场在中国近海海域的风速精度相较于 ERA-Interim 再分析风场有明显的优势, 但是 ASCAT 风场数据由于其卫星采样特点, 会产生数据空白区, 通常需要 2 d 才能产生覆盖全球的观测数据。因此, ASCAT 风场无法提供时间、空间连续的海面风场数据。上述论证了对 ASCAT 风场与 ERA-Interim 风场进行融合的必要性和可行性, 希望未来可以针对中国近海海域, 开展 ASCAT 卫星资料和 ERA-Interim 再分析资料的海面风场融合试验, 有效地提高 ERA-Interim 再分析风场的精度, 形成覆盖近海区域的高精度、高分辨率的时空连续风场数据集, 这对近海区域研究以及海洋预报都有着重要意义。

参考文献:

- [1] 张振克, 丁海燕. 近十年来中国大陆沿海地区重大海洋灾害分析[J]. 海洋地质动态, 2004, 20(7): 25-27.
- [2] 杨华庭. 近十年来的海洋灾害与减灾[J]. 海洋预报, 2002, 19(1): 2-8.
- [3] 邓婉月, 项杰, 杜华栋. 南海海面风场融合研究[C]//第32届中国气象学会年会 S18 气象卫星遥感新资料——新方法——新应用. 天津: 中国气象学会, 2015.
- [4] Bentamy A, Croize-Fillon D, Perigaud C. Characterization of ASCAT measurements based on buoy and QuikSCAT wind vector observations[J]. Ocean Science, 2008, 4(4): 265-274.
- [5] Verspeek J, Stoffelen A, Portabella M, et al. Validation and calibration of ASCAT using CMOD5.n[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2010, 48(1): 386-395.
- [6] Verhoef A, Stoffelen A. Validation of ASCAT coastal winds, version 1.1[R]. 2010: 10-12.
- [7] 张凯峰, 项杰, 杨波, 等. 基于 ERA-interim 再分析资料的 ASCAT 风场产品在南海的精度评估及南海月平均风场特征分析[J]. 海洋预报, 2017, 34(2): 27-36.
- [8] 沈春, 项杰, 蒋国荣, 等. 中国近海 ASCAT 风场反演结果验证分析[J]. 海洋预报, 2013, 30(4): 27-33.
- [9] 杨晓君, 张增海. ASCAT 洋面风资料在中国北方海域的真实性检验[J]. 海洋预报, 2014, 31(5): 8-12.
- [10] 张增海, 曹越男, 刘涛, 等. ASCAT 散射计风场在我国近海的初步检验与应用[J]. 气象, 2014, 40(4): 473-481.
- [11] OSI, SAF. ASCAT wind product user manual[M]. Holland: Ocean and Sea Ice SAF, 2012: 15.
- [12] 高留喜, 朱蓉, 常蕊. QuikSCAT 和 ASCAT 卫星反演风场在中国南海北部的适用性研究[J]. 气象, 2014, 40(10): 1240-1247.
- [13] 詹思琦, 齐琳琳, 卢伟. 基于 CCMP 资料和现场观测资料的西北太平洋海面风场特征分析[J]. 海洋预报, 2017, 34(2): 10-20.
- [14] Chou K H, Wu C C, Lin S Z. Assessment of the ASCAT wind error characteristics by global dropwindsonde observations[J]. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 2013, 118(16): 9011-9021.
- [15] 毛科峰, 陈曦, 李妍, 等. 东中国海域交叉定标多平台合成洋面风场资料的初步评估[J]. 气象, 2012, 38(12): 1456-1463.
- [16] 旷芳芳, 张友权, 张俊鹏, 等. 3 种海面风场资料在台湾海峡的比较和评估[J]. 海洋学报, 2015, 37(5): 44-53.

Evaluation of ASCAT and ERA-Interim wind data over China offshore seas

LIU Jing¹, SONG Xiao-jiang¹, WANG Zhang-gui¹

(National Marine Environmental Forecasting Center, Beijing 100081 China)

Abstract: In this paper, we evaluate the quality of ASCAT orbital and ERA-Interim reanalysis wind field in 2015 using 23 buoys deployed in China offshore seas, and also compare the suitability of ERA-Interim and CFSV2 reanalysis wind field data for China offshore sea. Compared with buoy observations, it is found that the wind speed of ASCAT is more consistent than that of ERA-Interim reanalysis, whereas the consistency of the two datasets shows no significant difference regarding wind direction. Comparing the error statistics of CFSV2 and ERA-Interim reanalysis, we also demonstrate that the wind speed error of CFSV2 is slightly smaller than that of ERA-Interim reanalysis, and the wind direction error is largely the same.

Key words: China offshore seas; sea surface wind; buoy; ASCAT winds; validation and evaluation