

谢小萍, 魏建苏, 黄亮. ASCAT 近岸风场产品与近岸浮标观测风场对比. 应用气象学报, 2014, 25(4): 445-453.

ASCAT 近岸风场产品与近岸浮标观测风场对比

谢小萍^{1)*} 魏建苏²⁾ 黄亮¹⁾

¹⁾(江苏省气象服务中心, 南京 210008) ²⁾(江苏省气象台, 南京 210008)

摘 要

利用美国西海岸 7 个近岸浮标 2012 年全年和中国近岸 8 个气象浮标 2012 年 1—6 月的风场观测数据, 检验了卫星散射计 ASCAT 近岸风场产品中的风速和风向在近岸海域的精度。检验结果表明: 在美国西海岸近岸海域, ASCAT 近岸风场产品中的风速与浮标的风速一致性高, 但 ASCAT 近岸风场产品中风向的精度受离岸距离、风速和风向等因素的影响, 在离岸近的海域 ASCAT 近岸风场产品与浮标观测风场的一致性较差。统计发现, 将低风速(不超过 $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)剔除可明显提高 ASCAT 近岸风场产品在近岸海域的精度。另外, ASCAT 近岸风场产品的风向精度在不同风向上存在差异, 表现为从陆地吹向海洋风向精度较小, 而从海洋吹向陆地风向精度较高。在中国近岸海域, 受地形影响, 渤海海域 ASCAT 近岸风场产品与气象浮标观测的风向差异大, 在其他近岸海域的 ASCAT 近岸风场产品和气象浮标的观测风场的对比结果与美国西海岸风场的对比结果特征相似。

关键词: 近岸海域; ASCAT; 浮标

引 言

1991 年以来, 大量研究证明了星载微波散射计测量海面风场的能力, 其海洋风场产品已被广泛应用于海洋天气分析和预报、台风监测以及数值模式同化^[1-6]。目前应用最为成功的是 NASA 于 1999 年 6 月发射的 QuikSCAT 卫星上搭载的 SeaWinds 散射计提供的全球业务化风矢量产品, 为国内外学者提供了长期稳定的海洋风场数据^[7-8]。但由于仪器故障, QuikSCAT 卫星已于 2009 年 11 月停止业务运行, 因此由欧洲气象卫星组织(EUMETSAT)于 2006 年 10 月 19 日成功发射的 MetOp-A 星上搭载的 ASCAT(advance scatterometer)成为目前最新的测量海洋表面风场的卫星散射计仪器, 其主要任务是提供全球海洋风矢量业务化产品^[9-10]。MetOp 系列计划共有 3 颗星, 其第 2 颗星 MetOp-B 已在 2012 年 9 月 17 日发射升空, 最后一颗 MetOp-C 星计划于 2017 年发射, 每颗卫星的预期寿命为 5 年, 因此, MetOp 系列卫星至少可提供卫星数据到

2020 年, 可保证长时间序列的 ASCAT 海洋风场产品的供给。

对于 ASCAT 海面风场产品的质量, 国外学者对其做过一些检验工作。Bentany 等^[9]利用浮标、QuikSCAT 卫星风场产品以及欧洲中期天气预报中心(ECMWF)的资料对 ASCAT 的 25 km 分辨率的风场产品进行检验, 得到 ASCAT 风场产品与浮标观测资料的一致性高。Verspeck 等^[11]利用遍布全球的 150 个浮标数据对 12.5 km 分辨率的 ASCAT 洋面风场产品进行检验, 得出二者一致性很高, 且比 25 km 分辨率的 ASCAT 风场产品精度更高, 因此 ASCAT 风场产品的精度可满足业务需求。但上述研究是对 ASCAT 风场产品精度的整体评估, 并未专门分析该产品在近岸海域的适用性。卫星观测以其大面积同步测量的优点适用于大范围的海洋监测, 国内学者已将卫星数据广泛应用于监测海雾、赤潮、台风和总云量^[12-15]等方面, 但 ASCAT 海洋风场产品在中国近岸海域的适用性研究还鲜见报道。

本文重点关注微波散射计 ASCAT 的海洋风场

2013-10-24 收到, 2014-04-16 收到再改稿。

资助项目: 公益性行业(气象)科研专项(GYHY201206001, GYHY201106006)

* email: lucia129@126.com

产品在近岸海域的精度。这是因为一方面,近岸海域与人类活动关系密切相关,全球有三分之一的渔业都在近岸海域开展^[16],准确了解近岸海域的风场信息对人类社会经济活动意义重大;另一方面,由于任何陆地对卫星信号都有干扰,海陆风和海岸地形会造成风向小尺度扰动,Halliwell 等^[17]、Dorman 等^[18]利用美国西海岸的浮标资料证实了近岸海面小扰动,而这些小扰动可能在卫星反演产品中未见体现,因此在靠近陆地的近岸海域 ASCAT 风场可能存在较大误差。目前还没有相关研究提供 ASCAT 近岸风场产品在近岸海域的精度评估结果,因此本文利用美国国家浮标数据中心(NDBC)提供的美国西海岸近岸海域和中国国家气象中心提供的中国近岸海域浮标观测资料对 ASCAT 近岸风场产品进行精度检验。

1 资料简介

1.1 浮标数据简介

美国西海岸的 7 个近岸浮标位置和离岸距离见图 1 和表 1,其观测的海面风场高度为 5 m,数据记录的是 10 min 1 次的平均风场,其风速误差范围为 $0.55 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 以内,风向误差范围为 10° 以内^[19]。本文用于对比分析的美国西海岸浮标数据的时间范围为 2012 年 1 月 1 日—12 月 31 日。

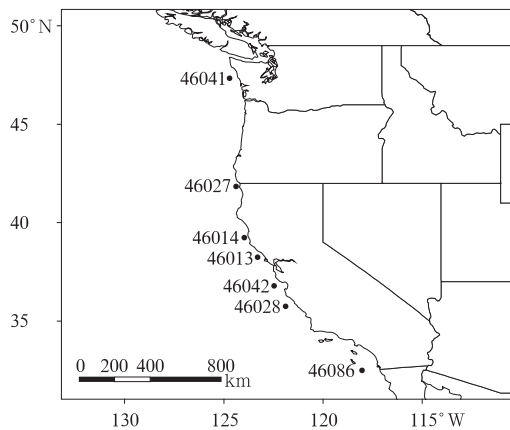


图 1 用于 ASCAT 近岸风场产品检验的美国西海岸近岸浮标站分布

Fig. 1 Location of 7 nearshore buoys off US West Coast used to evaluate ASCAT coastal wind product

气象行业使用浮标进行海洋气象探测刚刚开始^[20]。自 2009 年气象部门在中国沿海陆续投放气象浮标,目前在中国沿海业务试运行的气象浮标站中共有 14 个,部分浮标站由于设备故障导致数据缺失较多,本文选取中国 8 个气象浮标站的风场观测

数据与 ASCAT 近岸风场产品进行对比分析,浮标位置和离岸距离见图 2 和表 2。气象浮标站的风场观测高度为 10 m,可提供 1 h 1 次的海面风速和风向信息。本文用于对比分析的中国近岸浮标数据的时间范围为 2012 年 1 月 1 日—6 月 30 日。

表 1 NDBC 浮标信息列表

Table 1 Information list of the NDBC buoys

浮标号	纬度	经度	测风高度/m	离岸距离/km
46013	38.242°N	123.301°W	5	22
46014	39.235°N	123.974°W	5	17
46027	41.850°N	124.381°W	5	13
46028	35.741°N	121.884°W	5	41
46041	47.349°N	124.708°W	5	34
46042	36.785°N	122.469°W	5	35
46086	32.491°N	118.034°W	5	85

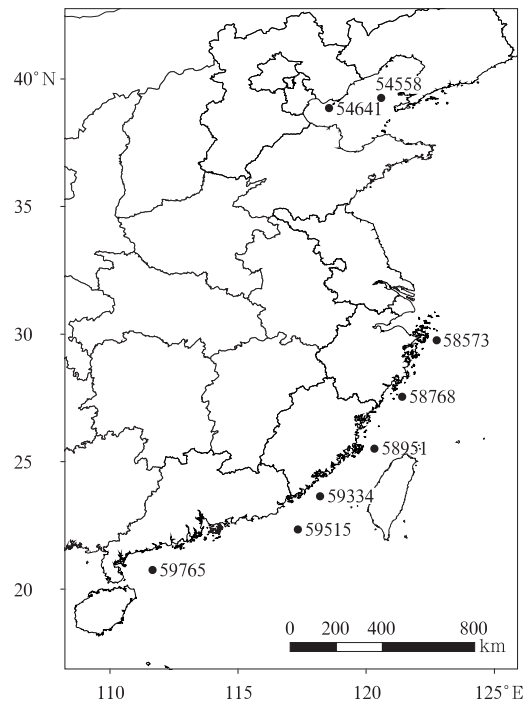


图 2 用于 ASCAT 近岸风场产品检验的中国近岸浮标站分布

Fig. 2 Location of 8 nearshore buoys off China Coast used to evaluate ASCAT coastal wind product

表 2 中国近岸浮标信息列表

Table 2 Information list of China nearshore buoys

浮标号	纬度	经度	测风高度/m	离岸距离/km
54558	39.25°N	120.58°E	10	57
54641	38.85°N	118.55°E	10	8
58573	29.75°N	122.75°E	10	34
58768	27.53°N	121.40°E	10	39
58951	25.50°N	120.32°E	10	45
59334	23.64°N	118.20°E	10	54
59515	22.33°N	117.34°E	10	110
59765	20.75°N	111.66°E	10	85

1.2 ASCAT风场产品简介

ASCAT是一部C波段微波散射计,该微波散射计工作频率为5.255 GHz,可测量海面后向散射系数,C波段的海面后向散射系数对于海面风矢量的变化和降水均较为敏感。ASCAT共用6根天线,分为左右两组,每组3根,其角度与卫星飞行方向的夹角分别为 45° 、 90° 和 135° 。散射计的测量值与海洋表面的粗糙度有关,随着粗糙度增加,反射回传感器的微波量也增多,海洋表面的粗糙度不同,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向和风速。因此,ASCAT通过获取后向散射系数来探测海洋表面的粗糙度,再根据海洋表面粗糙度来反演海洋表面的风速和风向。利用ASCAT后向散射系数反演海洋风场是通过地球物理模型(CMOD5)进行。

EUMETSAT对外发布3种ASCAT海洋风场产品,分别是25 km和12.5 km分辨率的ASCAT常规业务海洋风场产品以及12.5 km分辨率的近岸风场产品。ASCAT近岸风场产品是对常规业务产品进行改进,在开阔海域与12.5 km分辨率的ASCAT常规业务海洋风场产品相当,但在近岸海域该产品可提供更多的风场信息^[21]。由于本文关注的是近岸海域的ASCAT风场精度,因此选用ASCAT近岸风场产品(简称ASCAT近岸风场)与浮标观测风场进行对比。该产品提供全球海面10 m高度风速和风向,时间分辨率为每日两次,分别为当地时间09:00和21:00,空间分辨率为12.5 km。ASCAT近岸风场产品处于不断完善改进中,2011年8月进行了一次改进,为了检验改进后的ASCAT近岸风场产品精度,本文将对比分析的数据时间范围设定为2012年1月1日—12月31日。

2 资料处理

首先挑选卫星产品与浮标资料在时空上匹配的数据进行对比检验。由于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,因此设定一定的时空间隔范围,满足该范围的数据,可用于卫星产品和浮标资料的对比检验。由于ASCAT风场产品的空间分辨率为12.5 km,因此设定空间间隔小于12.5 km;由于美国西海岸浮标的时间分辨率为10 min,因此设定时间间隔不大于5 min;由于中国近岸浮标的时间分辨率为1 h,因此

设定时间间隔不大于30 min。

美国西海岸近岸浮标观测的风向和风速高度为5 m,而ASCAT风场产品是10 m高度风场,国内外大量研究表明^[22-24],近海面层风速随高度的分布基本呈对数规律,同时受大气稳定性和下垫面粗糙度的影响。由于海面粗糙度随风场变化,因此海上粗糙度不是一个常数,这里以 $7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 风速,也就是以海面起浪花为界,给出了两个档次。

$$U_{10} = k_z U_z, \quad (1)$$

$$k_z = \frac{\ln(10/z_0)}{\ln(z/z_0)}. \quad (2)$$

其中, k_z 为风速的高度换算系数, z 为任意高度,当风速大于 $7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 时, $z_0 = 0.022$;当风速不大于 $7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 时, $z_0 = 0.0023$ 。将浮标5 m高度风速转换为10 m高度风速,按式(3)进行:

$$U_{10} = \frac{\ln(10/z_0)}{\ln(5/z_0)} U_5. \quad (3)$$

式(3)中, U_5 为浮标风速,当 U_5 大于 $7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 时,将 $z_0 = 0.022$ 带入式(3),当 U_5 不大于 $7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 时,将 $z_0 = 0.0023$ 带入式(3)。

3 ASCAT近岸风场与美国西海岸近岸浮标观测风场对比

3.1 相关分析

7个近岸浮标分布在整個美国西海岸,南北跨度($32.491^\circ \sim 47.349^\circ \text{N}$)约为 15° ;东西跨度($118.034^\circ \sim 124.708^\circ \text{W}$)约为 6° ;离岸距离最小为13 km,最大为85 km,该范围基本包含了整个美国西海岸近岸海域,本文将探讨在美国西海岸近岸海域ASCAT近岸风场精度是否存在差异。根据ASCAT近岸风场与美国西海岸近岸浮标的对比结果(表3)可知,ASCAT近岸风场与各浮标匹配的样本量差别较大,其中与浮标46027匹配的样本量最少,为178个,与浮标46086匹配的样本量最多,为354个。将ASCAT近岸风场与各浮标的匹配样本量对照表1各浮标的离岸距离可知,样本量与浮标的离岸距离存在相关关系,即离岸近的浮标样本量较少,离岸远的浮标样本量较多,这是因为越靠近陆地,对卫星反演海洋风场的干扰越大,因此能够获取的风场信息越少。ASCAT近岸风场与各浮标的风速平均偏差较大,其中与浮标46014和46027的风速平均偏差分别为 $1.59 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $2.14 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,与其他

浮标的风速平均偏差均小于 $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 相对应这两个浮标的离岸距离在 20 km 以内, 而其他浮标的离岸距离大于 20 km, 因此离岸近是导致 ASCAT 近岸风场风速偏差大的原因。ASCAT 近岸风场与各浮标的风向平均偏差差异较大, 其中与浮标 46028 和 46042 的风向平均偏差较小(小于 20°), 与浮标 46027 的风向平均偏差最大(大于 30°)。ASCAT 近岸风场风速与各浮标的风速相关性均较高, 相关系数在 0.9 以上。ASCAT 近岸风场与各浮标的风向相关性差异较大, 其中与浮标 46014 和 46027 的风

向相关系数较小, 分别为 0.57 和 0.55, 与浮标 46028 的风向相关系数最大, 为 0.87。另外, 将 ASCAT 近岸风场与浮标的风速平均偏差和风向平均偏差与浮标的经度和纬度进行分析, 未发现存在相关性。综合上述对比结果可以看出, ASCAT 近岸风场与各浮标观测差异主要受浮标离岸距离的影响, 即在离岸近(小于 20 km)的海域 ASCAT 近岸风场的风速和风向精度受陆地干扰明显。ASCAT 近岸风场与美国西海岸近岸浮标风场相关系数均达到 0.01 显著性水平。

表 3 ASCAT 近岸风场与美国西海岸近岸浮标对比

Table 3 Comparison between ASCAT coastal wind products and US West Coastal buoy wind observations

浮标号	匹配样本量	风速平均偏差/($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	风向平均偏差/($^\circ$)	风速相关系数	风向相关系数
46013	298	0.82	22.69	0.97	0.78
46014	282	1.59	25.11	0.93	0.57
46027	178	2.14	31.72	0.90	0.55
46028	349	0.77	15.02	0.97	0.87
46041	334	0.92	25.70	0.96	0.67
46042	328	0.74	16.52	0.96	0.78
46086	354	0.68	21.86	0.94	0.74

3.2 逐月统计分析

由 2012 年逐月 ASCAT 近岸风场与浮标风速和风向相关系数(图 3)可以看出, 二者风速相关系数高, 且变化不大, 均为 0.89~0.97, 但二者风向的相关系数变化幅度较大, 其中 8 月和 9 月的风向相关系数明显偏小, 分别为 0.43 和 0.49, 其他月份的风向相关系数为 0.7~0.9。因此, 全年 ASCAT 近岸风场风速的浮标观测风速一致性高; 全年 ASCAT 近岸风场风向与浮标观测风向相关系数波动

较大, 其中 8 月和 9 月的 ASCAT 近岸风场风向与浮标观测风向相关性差。根据图 3 给出的参与对比检验的各月低风速(不超过 $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)样本百分比的柱状图可以看出, 8 月和 9 月的低风速样本占总样本量的比例全年较大, 分别为 31% 和 42%。根据 ASCAT 微波散射计反演海面风场的原理可知, 当风速较低时, 海面波浪起伏较小, 卫星接收到的后向散射干扰增大^[25], 因此, 8 月和 9 月风向相关系数小是参与对比检验的样本中低风速样本较多导致的。

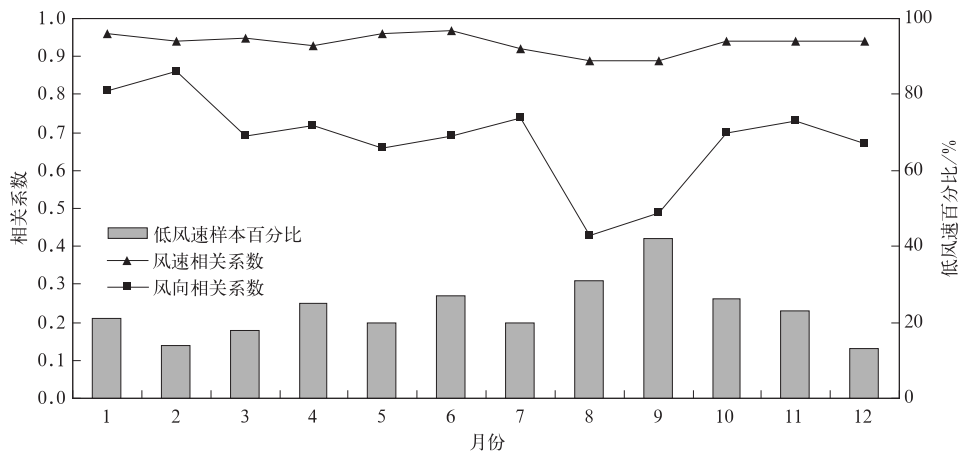


图 3 2012 年 ASCAT 近岸风场与美国西海岸近岸浮标风速和风向相关分布

Fig. 3 Correlation coefficients between ASCAT coastal wind products and US West Coastal buoy wind observations in 2012

3.3 不同风速等级的统计分析

根据 ASCAT 近岸风场与浮标的相关性分析可知,风速大小对 ASCAT 近岸风场中风向的精度有影响,因此将所有样本按风速分等级对比(表 4)。由表 4 可知,2012 年 ASCAT 近岸风场与美国西海岸浮标风速时空匹配样本量为 2123 对,整体风速平均偏差为 $1.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,风向平均偏差为 21.89° ,风速相关系数为 0.94,风向相关系数为 0.71。低风速(不超过 $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)样本占总样本量的 26%,剔除低

风速样本,风速平均偏差降低 4%,风向平均偏差减少 46%,风速相关系数不变,风向相关系数增至 0.84,各相关系数均达到 0.01 显著性水平。因此,剔除低风速样本可明显提高 ASCAT 近岸风场风向精度,且对风速精度影响不大。图 4 给出 ASCAT 近岸风场与浮标风速和风向偏差。风速偏差呈正态分布(图 4a),但风向偏差未呈正态分布,这是因为存在一些风向偏差较大的样本(图 4b)。

表 4 根据风速等级划分的 ASCAT 近岸风场和美国西海岸近岸浮标观测风场对比

Table 4 Comparison between ASCAT coastal wind products and US West Coastal buoy wind observations according to wind speed

类型	样本量	风速平均偏差/ $(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	风向平均偏差/ $(^\circ)$	风速相关系数	风向相关系数
全部样本	2123	1.0	21.89	0.94	0.71
风速不大于 $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	548	1.15	50.8	0.26	0.39
风速大于 $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	1575	0.96	11.83	0.94	0.84

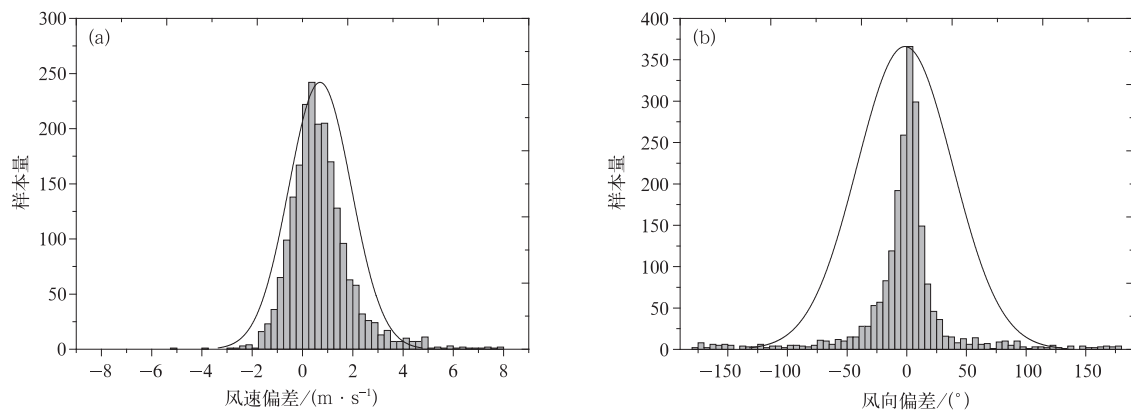


图 4 ASCAT 近岸风场与美国西海岸近岸浮标风速和风向偏差直方统计图

(a) 风速偏差, (b) 风向偏差

Fig. 4 Wind differences between ASCAT coastal wind products and US West Coastal buoy observations (a) wind speed, (b) wind direction

3.4 风向差异

根据上述风速对 ASCAT 近岸风场精度的影响分析可知,风速较小时 ASCAT 近岸风场的精度较低,因此在下面的分析中首先剔除掉浮标风速不超过 $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的样本。图 5 为当风速大于 $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 时,ASCAT 近岸风场和浮标观测二者风速和风向均方根误差的风向玫瑰图。由图 5 可以看出,风速的均方根误差在正北风向最大,为 $1.85 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,在

西北风向最小,为 $1.03 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,整体均方根误差都较小;风向的均方根误差在正北、西北和正西风向时较小,范围为 $11.02^\circ \sim 18.22^\circ$,在西南和正南风向略大,范围为 $29.19^\circ \sim 31.86^\circ$,在东北、正东和东南风向较大,范围为 $37.94^\circ \sim 39.22^\circ$ 。将上述对比结果对照各浮标与海岸的相对位置,发现从陆地吹向海洋风向均方根误差较大,而从海洋吹向陆地风向均方根误差较小。

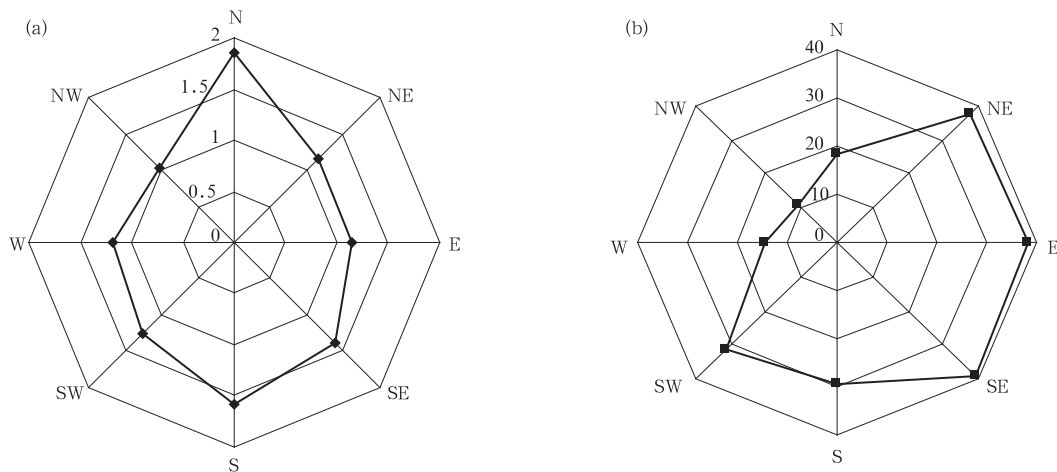


图5 ASCAT近岸风场与美国西海岸近岸浮标风速和风向均方根误差风玫瑰图

(a)风速均方根误差(单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$), (b)风向均方根误差(单位: $^{\circ}$)

Fig. 5 Wind rose diagram of root mean square error between ASCAT coastal wind products and US West Coastal buoy observations

(a)wind speed root mean square error(unit: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$),

(b)wind direction root mean square error(unit: $^{\circ}$)

4 ASCAT近岸风场与中国近岸浮标观测风场的对比结果

4.1 相关分析

中国近岸的8个气象浮标分布在中国渤海、黄海、东海和南海海域,南北跨度($20.75^{\circ} \sim 39.25^{\circ}\text{N}$)约为 19° ;东西跨度($111.66^{\circ} \sim 122.75^{\circ}\text{E}$)约为 11° ;离岸距离最小为8 km,最大为110 km(表2)。ASCAT近岸风场与中国近岸各浮标的对比结果见表5。

在中国近海,ASCAT近岸风场与离岸一定距离的浮标观测风场一致性高,ASCAT近岸风场风速与离岸较近的浮标风速一致性较差,表现为ASCAT近岸风场风速与离岸距离最小的浮标54641观测风速相关系数仅为0.42,风速平均偏差为 $8.37 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,ASCAT近岸风场风速一致性高与其他离岸距离在34 km以上浮标站的观测风速,相关系数为 $0.87 \sim$

0.98 ,风速平均偏差为 $1.06 \sim 2.48 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

ASCAT近岸风场与中国近岸8个浮标风向对比结果相差大,与浮标59515平均偏差最小,其平均偏差为 26.92° ,与位于渤海海域的浮标54558平均偏差最大,其平均偏差为 136.10° ,也与位于渤海海域的浮标54641平均偏差较大,其平均偏差为 53.63° ,ASCAT近岸风场与其他浮标风向的平均偏差都在 50° 以内。位于渤海海域的浮标54558相关系数最小,其相关系数仅为0.06,可认为二者不存在相关性。ASCAT近岸风场与渤海海域的浮标54641风向相关系数略高,为0.55,可认为二者存在相关。ASCAT近岸风场与其他浮标风向相关系数均在0.77以上,尤其是ASCAT近岸风场与浮标58768,59515和59765风向相关系数达到0.9以上,相关显著。除了浮标54558,ASCAT近岸风场与其他浮标相关系数均达到0.01显著性水平。

表5 ASCAT近岸风场与中国近岸浮标对比

Table 5 Comparison between ASCAT coastal wind products and China nearshore buoy wind observations

浮标号	样本量	风速平均偏差/ $(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	风向平均偏差/ $(^{\circ})$	风速相关系数	风向相关系数
54558	204	1.33	136.10	0.94	0.06
54641	141	8.37	53.63	0.42	0.55
58573	274	2.48	36.27	0.87	0.77
58768	196	1.12	30.18	0.96	0.95
58951	173	1.27	38.04	0.97	0.78
59334	124	1.60	40.86	0.96	0.83
59515	137	1.15	26.92	0.98	0.93
59765	160	1.06	29.64	0.96	0.92

4.2 ASCAT 近岸风场与渤海海域浮标对比

根据上述分析可知, ASCAT 近岸风场与渤海海域的两个近岸气象浮标的风场观测结果差异大, ASCAT 近岸风场与浮标 54641 观测风速的平均偏差为 $8.37 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 为各浮标中平均偏差最大, 风速相关系数为 0.42, 为 8 个浮标中相关系数最小。ASCAT 近岸风场与浮标 54558 风速相关性很好, 达到 0.94, 风速平均偏差小, 为 $1.33 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 但风向平均偏差为 136.10° , 风向相关系数为 0.06, 即不存在相关性, 且统计结果显示有 65% 的情况 ASCAT 近岸风场风向与浮标 54558 风向相差 180° 左右, 即方向刚好相反(图 6)。由图 6 可知, ASCAT 近岸风场与浮标 54558 在南风方向的风向偏差最大, 为 126.8° , 在西风方向的风向偏差最小, 为 94.6° 。ASCAT 近岸风场与浮标 54641 在西风方向的风向偏差最大为 47.3° , 在南风方向的风向偏差最小为 26.6° 。ASCAT 近岸风场与这两个浮标的风向偏差在各方向的分布特征不一致, 但总体来说与浮标 54558 在各风向上的偏差均较大, 且比与浮标 54641 的偏差大, 没有明显的方向性。ASCAT 近岸风场与上述浮标的风向偏差及气温、海平面气压、经度、纬度相关关系不显著(统计结果略), 其中与浮标 54641 观测风场偏差大是由于该浮标离岸近(8 km), 小于 ASCAT 近岸风场的空间分辨率 12.5 km ; 浮标 54558 离岸较远, 为 57 km, 远大于 ASCAT 近岸风场的空间分辨率, 因此不存在陆地信息干扰 ASCAT 反演精度。其原因仍需进一步探讨。

4.3 不同风速等级的统计分析

由表 6 可知, 2012 年 1—6 月 ASCAT 近岸风场

与中国近岸浮标时空匹配总的样本数为 1409 对, 整体风速平均偏差为 $1.7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 风向平均偏差为 32.73° , 风速相关系数为 0.92, 风向相关系数为 0.63。低风速(不超过 $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)样本占总样本量的 18%, 剔除低风速样本, 风速平均偏差降低 9%, 风向平均偏差减少 44%, 风速相关系数略有增加, 达到 0.93, 风向相关系数从 0.63 增加到 0.73, 各相关系数均达到 0.01 显著性水平。因此, 同美国西海岸浮标对比结果相似, 剔除低风速样本可明显提高 ASCAT 近岸风场风向精度, 但对风速精度影响不大。

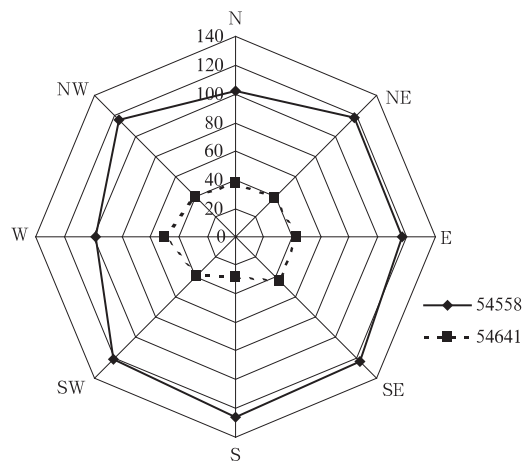


图 6 2012 年 1—6 月 ASCAT 近岸风场与中国渤海海域气象浮标平均偏差的风玫瑰图(单位: $^\circ$)

Fig. 6 Wind rose diagram of wind direction mean error between ASCAT coastal wind products and nearshore buoy data of Bohai Sea in China from January to June in 2012(unit: $^\circ$)

表 6 根据风速等级划分的 ASCAT 近岸风场和中国近岸浮标对比

Table 6 Comparison result between ASCAT coastal wind products and China nearshore buoy wind observations according to wind speed

分类	样本量	风速平均偏差/ $(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	风向平均偏差/ $(^\circ)$	风速相关系数	风向相关系数
全部样本	1409	1.70	32.73	0.92	0.63
风速不大于 $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	253	2.00	65.80	0.30	0.40
风速大于 $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	1156	1.55	18.20	0.93	0.73

5 结 论

通过利用美国西海岸近岸 7 个浮标和中国近岸

8 个浮标的风场资料与 ASCAT 近岸风场产品进行对比分析, 得到以下结论:

1) 在美国西海岸近岸海域, ASCAT 近岸风场产品的风速与浮标观测风速一致性高, 与逐个浮标

的风速相关系数都在 0.9 以上,整体风速相关系数为 0.94。

2) ASCAT 近岸风场产品在美国西海岸近岸海域的精度存在空间差异,该空间差异与经度、纬度无明显关系,与离岸距离有关,表现为在离岸近的海域,ASCAT 近岸风场产品与浮标观测风场的一致性较差。ASCAT 近岸风场产品与浮标的总体风向相关系数为 0.71,但 ASCAT 近岸风场产品与离岸距离最近的浮标风向相关系数仅为 0.55。

3) 低风速(不超过 $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)是影响 ASCAT 近岸风场产品中风向精度的一个主要因素。统计发现,将低风速剔除可明显提高 ASCAT 近岸风场产品精度,ASCAT 近岸风场产品与浮标的平均风向偏差由 21.89° 减小到 11.83° ,风向相关系数由 0.71 增加到 0.84。

4) 在中国近岸海域,ASCAT 近岸风场产品与渤海海域的气象浮标观测风向差异大,与其他近岸海域的气象浮标的观测风场对比结果与美国西海岸风场对比结果相似。

参考文献

- [1] Naderi F, Freilich M, Long D. Spaceborne radar measurement of wind velocity over the ocean—An overview of the NSCAT scatterometer system. *Proceedings of the IEEE*, 1991, 79(6):850-866.
- [2] 刘宇迪,任景鹏,周鑫. 散射计风场的三维变分对海雾数值模拟的影响. *应用气象学报*, 2011, 22(4):472-481.
- [3] Milliff R F, Large W G, Morzel J, et al. Ocean general circulation model sensitivity to forcing from scatterometer winds. *J Geophys Res*, 1999, 104(C5):11337-11358.
- [4] Liu W T. Progress in scatterometer application. *Journal of Oceanography*, 2002, 58(1):121-136.
- [5] Chelton D B, Freilich M H, Sienkiewicz J M, et al. On the use of QuikSCAT scatterometer measurements of surface winds for marine weather prediction. *Mon Wea Rev*, 2006, 134(8):2055-2071.
- [6] 窦芳丽,卢乃锰,谷松岩. 星载双频风场雷达热带气旋降雨区测风模拟. *应用气象学报*, 2012, 23(4):467-477.
- [7] Chelton D B, Schlax M G, Freilich M H, et al. Satellite measurements reveal persistent small-scale features in ocean winds. *Science*, 2004, 303(5660):978-983.
- [8] 刘春霞,何溪澄. QuikSCAT 散射计矢量风统计特征及南海大风遥感分析. *热带气象学报*, 2003, 19(增刊 D):107-117.
- [9] Bentamy A, Croize-Fillon D, Perigaud C. Characterization of ASCAT measurements based on buoy and QuikSCAT wind vector observations. *Ocean Science*, 2008, 4(4):265-274.
- [10] Figa-Saldana J, Wilson J J W, Attema E, et al. The advanced scatterometer (ASCAT) on the meteorological operational (MetOp) platform: A follow on for European wind scatterometers. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 2002, 28(3):404-412.
- [11] Verspeek J, Stoffelen A, Portabella M, et al. Validation and Calibration of ASCAT Using CMOD5. n. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2010, 48(1):386-395.
- [12] 张春桂,蔡义勇,张加春. MODIS 遥感数据在我国台湾海峡海雾监测中的应用. *应用气象学报*, 2009, 20(1):8-16.
- [13] 张春桂,曾银东,张星,等. 海洋叶绿素 a 浓度反演及其在赤潮监测中的应用. *应用气象学报*, 2007, 18(6):821-831.
- [14] 张晓虎. 卫星监测台风信息处理系统. *应用气象学报*, 2003, 14(4):505-509.
- [15] 方宗义,刘玉洁. 卫星云参数处理方法和 1991 年云气候特征分析. *应用气象学报*, 1994, 5(2):135-142.
- [16] FAO. Yearbook of Fisheries Statistics; Catches and Landings. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1995:713.
- [17] Halliwell G R, Allen J S. The large-scale coastal wind field along the west coast of North America, 1981—1982. *J Geophys Res*, 1987, 92(C2):1861-1884.
- [18] Dorman C E, Winant C D. Buoy observations of the atmosphere along the west coast of the United States, 1981—1990. *Journal of Geophysical Research: Oceans* (1978—2012), 1995, 100(C8):16029-16044.
- [19] Center N D B. Handbook of Automated Data Quality Control Checks and Procedures. Mississippi: NOAA, 2009:9-10.
- [20] 黄飞龙,吕雪芹,陈刚. 海洋气象探测基地-浮标. *海洋技术*, 2012, 30(4):46-49.
- [21] OSI SAF. ASCAT Wind Product User Manual Version 1. 11. 2012:3-7.
- [22] 徐天真,徐静琦,楼顺里. 海面风垂直分布的计算方法. *海洋湖沼通报*, 1988(4):1-6.
- [23] 陈永利,赵永平,张必成,等. 海上不同高度风速换算关系的研究. *海洋科学*, 1989(3):27-31.
- [24] Atlas R, Busalacchi A, Ghil M, et al. Global surface wind and flux fields from model assimilation of Seasat data. *J Geophys Res*, 1987, 92(C6):6477-6487.
- [25] Portabella M, Stoffelen A. Scatterometer backscatter uncertainty due to wind variability. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2006, 44(11):3356-3362.

Evaluation of ASCAT Coastal Wind Product Using Nearshore Buoy Data

Xie Xiaoping¹⁾ Wei Jiansu²⁾ Huang Liang¹⁾

¹⁾ (*Jiangsu Provincial Meteorological Service Center, Nanjing 210008*)

²⁾ (*Jiangsu Provincial Meteorological Observatory, Nanjing 210008*)

Abstract

The new scatterometer advanced scatterometer (ASCAT) on board MetOp-A satellite provides surface wind speed and direction over global ocean. Providing accurate nearshore wind data from satellites is challenging because satellite data are unavailable very close to shore due to the contaminating effect of the land. Besides, land-sea breezes and shore topography produce small space scale and time-scale wind variations that can be smoothed by the satellite's space averaging and aliased by the satellite's twice-a-day sampling. The complexity of nearshore winds is one of the prime causes that the regions are so important. For example, over one-third of the total marine fish catch occurs within nearshore zone.

The accuracy of ASCAT coastal wind product is determined through various comparisons with buoys. The nearshore buoys used in the comparisons locate in US West Coast and China Coast. As the time interval of US West Coast buoy wind is 10-minute interval and the spatial resolution of ASCAT wind product is 12.5 km, a scatterometer wind and a buoy wind measurement are considered to be collocated if the distance between the wind vector cell center and the buoy location is less than 12.5 km and if the acquisition time difference is less than 5 minutes in US West Coast. As the time interval of China Coast buoy wind is 1 hour, the acquisition time difference is less than 30 minutes in China Coast. The buoy winds at a given anemometer height are converted to 10 m neutral winds in order to enable a good comparison with the 10 m scatterometer winds. The time ranges of wind data used for comparison from US West Coast buoys and China Coast buoys are the whole year of 2012 and the first half year of 2012 individually.

It shows that the accuracy of the wind speed of ASCAT product is high and the accuracy of the wind direction of ASCAT product is influenced by several factors, such as the distance from coast, wind speed and wind direction. The overall wind speed correlation coefficient between buoy data and ASCAT product is 0.94, and wind speed correlation coefficients between each buoy and ASCAT product are all above 0.9. The overall wind direction correlation coefficient between buoy and ASCAT product is 0.71, and the wind direction correlation coefficient between the nearest buoy and ASCAT product is only 0.55. Processing the satellite data by discarding observations recorded in light winds (below $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) can improve the accuracy of the ASCAT wind products by reducing the mean bias of wind direction from 21.89° to 11.83° , and the wind direction correlation coefficient increased from 0.71 to 0.84. In addition, the accuracy of the wind flow from land is low, while the accuracy of the wind flow from sea is higher. In most China nearshore regions, the applicability of ASCAT coastal wind product is good, but in Bohai Sea, the effect of topography on ASCAT coastal wind product is apparent.

Key words: coastal area; ASCAT; buoys