

孙莎莎,孙艺,郭俊建,等.ASCAT近岸风在山东沿海的适用性分析[J].海洋气象学报,2017,37(2):90-95.  
Sun Shasha, Sun Yi, Guo Junjian, et al. Validation of ASCAT sea surface wind data in Shandong coast sea [J]. Journal of Marine Meteorology, 2017, 37(2): 90-95. DOI: 10.19513/j.cnki.issn2096-3599.2017.02.011. (in Chinese)

## ASCAT近岸风在山东沿海的适用性分析

孙莎莎<sup>1</sup>, 孙艺<sup>2</sup>, 郭俊建<sup>1</sup>, 王西磊<sup>1</sup>, 张增海<sup>3</sup>

(1. 山东省气象台, 山东 济南 250031; 2. 龙口市气象局, 山东 烟台 265700; 3. 国家气象中心, 北京 100081)

**摘要:** 利用2013年1月—2014年12月山东近海的8个浮标站、海岛站和自动站资料与ASCAT近岸风速和风向进行对比,以分析ASCAT反演风场在山东沿海的适用性。研究发现:总体上看,ASCAT近岸风速与代表站实况风速正相关,ASCAT近岸风速在山东沿海误差较小,风向有明显的偏离。ASCAT近岸风在渤海、渤海海峡和黄海北部的适用性优于黄海中部。风力不同时,ASCAT近岸风速与实况偏差有明显差别,表现为当实况出现6级及以上的大风,ASCAT近岸风速小于实况;当实况出现6级以下的风,ASCAT近岸风速大于实况。就ASCAT风速偏差而言,6级以下的风速偏差小于6级及以上风。ASCAT近岸风向与实况偏差也有明显差别,当实况出现6级及以上的大风,ASCAT近岸风向与实况的偏离变小;当实况出现6级以下的风,ASCAT近岸风向与实况的偏离变大。因此,ASCAT近岸风速在山东沿海有较好的适用性,6级以下风更优;ASCAT近岸风向也有一定的适用性,6级及以上风向可用性比6级以下强。

**关键词:** ASCAT风; 风速; 风向

**中图分类号:** P741.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-3599(2017)02-0090-06

**DOI:** 10.19513/j.cnki.issn2096-3599.2017.02.011

## Validation of ASCAT sea surface wind data in Shandong coast sea

SUN Shasha<sup>1</sup>, SUN Yi<sup>2</sup>, GUO Junjian<sup>1</sup>, WANG Xilei<sup>1</sup>, ZHANG Zenghai<sup>3</sup>

(1. Shandong Provincial Meteorological Observatory, Jinan 250031, China; 2. Longkou Meteorological Bureau, Yantai 265700, China; 3. National Meteorological Center, Beijing 100081, China)

**Abstract** The validity of ASCAT sea surface wind data in Shandong coast sea is studied using observations at eight representative stations including buoy stations, island stations and coastal automatic stations from January 2013 to December 2014. Results show that ASCAT wind speed is positively correlated with observed wind speed. While the error of ASCAT wind speed is small, the error of retrieved wind direction is relative larger in Shandong coast sea. The quality of ASCAT wind data in Bohai Sea, Bohai Strait and the northern of Yellow Sea is better than that in the middle of Yellow Sea. Under different wind forces, the wind speed deviation of ASCAT from observation is apparently different. When the observed Beaufort wind force is or over grade 6, ASCAT wind speed is always lower than observation, and as observed wind force below grade 6, ASCAT wind speed is always higher. While the mean error of ASCAT wind speed is smaller under lower wind force, the ASCAT wind direction may has larger error than that under greater wind force. In general, ASCAT wind data has good validity in Shandong coast sea. When the observed Beaufort wind force below grade 6, ASCAT wind speed may has relative smaller

收稿日期:2017-04-05; 修订日期:2017-06-09

基金项目:环渤海区域科技项目(QYXM201503);山东省气象台科研项目(2013sdqxt07)

作者简介:孙莎莎(1985—),女,硕士,工程师,主要从事天气预报工作,sunss-08@163.com。

error, and ASCAT wind direction is relative less reliable.

**Key words** ASCAT wind; wind speed; wind direction

## 引言

ASCAT 散射计是一种垂直极化的 C 波段实测孔径雷达。ASCAT-A 散射计搭载于欧洲航天局发射的 Metop-A 卫星,于 2006 年 10 月启用,ASCAT-B 散射计搭载于 Metop-B 卫星,于 2012 年 9 月启用。目前 ASCAT-A 和 ASCAT-B 都已稳定运行,两者风场质量都很接近,对于同一块区域来说,ASCAT-B 的产品扫描时间大约比 ASCAT-A 晚将近 1 h<sup>[1]</sup>。ASCAT 反演风场产品主要有分辨率 25 km 和 12.5 km 的海洋风场及 12.5 km 的近岸风场 3 种。由于海上观测资料较少,ASCAT 风场产品成为重要的观测资料。

ASCAT 风场资料在国外应用较早,国内近几年也有一些研究<sup>[2-11]</sup>。张增海等<sup>[6]</sup>对 2010—2012 年 ASCAT 与中国近海的 18 个浮标站风场进行对比,发现 ASCAT 风场产品有良好的可用性,但风速和风向都有一定的偏差。谢小萍等<sup>[7]</sup>利用美国西海岸近岸浮标 2012 年全年和中国近岸 8 个浮标 2012 年 1—6 月的观测数据,检验发现:ASCAT 近岸风向受离岸距离、风速和风向等因素的影响。姚日升等<sup>[8]</sup>基于 2010—2014 年华东沿海浮标站和浙江沿海自动气象站资料,对华东沿海 ASCAT 反演风速进行检验和订正,研究表明:站点与 ASCAT 风速误差不仅与离岸距离相关,而且与站点周围地形有关。沈春等<sup>[9]</sup>利用 NCEP 风场产品和 dropsonde 探测资料,对中国近海 ASCAT 风速反演精度进行验证分析发现:ASCAT 风场与 NCEP 风场风速反演精度较一致,风向误差相对偏大。杨晓君等<sup>[10]</sup>采用北方海域 6 个海洋观测站风资料对 2009 年 3 月—2013 年 6 月 ASCAT 卫星反演洋面风资料进行了检验,发现 ASCAT 反演洋面风与测站风向、风速偏差均较小,ASCAT 洋面风资料在北方海域具有可信性,但当风力达到 8 级以上时 ASCAT 的可信度较低。总体来说,目前对于 ASCAT 风场的检验还相对初步,尤其是针对黄渤海的研究较少。本文利用山东的浮标站、海岛站和沿海自动站等实时观测资料对 ASCAT 风场适用性进行检验,为黄渤海海上大风的预报提供参考。

## 1 资料和方法

ASCAT 风场产品中,近岸风场分辨率较高,与实况观测站距离较近,选取近岸风检验有利于增加样本的个数和提高可信度。文中对 2013 年 1 月 1 日—2014 年 12 月 31 日期间 ASCAT-A 和 ASCAT-B 的 12.5 km 近岸风产品进行检验。

山东沿海观测资料比较丰富,除了浮标站还有海岛站和沿海自动站等观测资料。选取山东预报业务中应用较好的 8 个浮标站、海岛站和沿海自动站作为代表站(图 1,表 1),其中,渤海、渤海海峡、黄海北部和黄海中部 4 个预报海区中各 2 个,利用小时最大风速和风向与 ASCAT 近岸风对应时次资料进行对比检验,来进一步研究 ASCAT 风场在山东海区的适用性。实况资料 2013—2014 年有部分日期缺失。

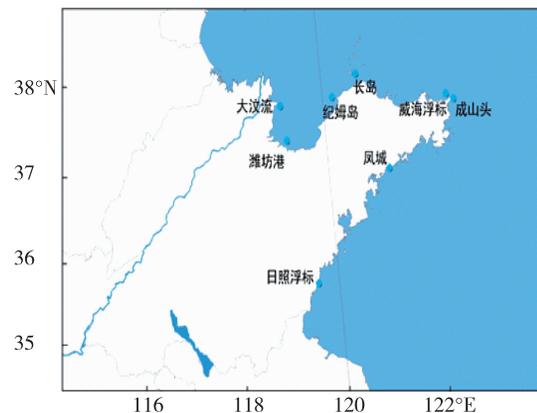


图 1 8 个代表站的分布

Fig.1 Location of eight representative stations

表 1 8 个代表站的具体信息

Table 1 Information of eight representative stations

站名	经度/°E	纬度/°N	海拔高度/m	代表海区
大汶流	119.11	37.69	3.5	渤海
潍坊港	119.19	37.25	3.2	渤海
纪姆岛	120.20	37.70	47.7	渤海海峡
长岛	120.72	37.93	39.7	渤海海峡
威海浮标	122.55	37.50	0	黄海北部
成山头	122.68	37.40	47.7	黄海北部
凤城	121.24	36.70	9.7	黄海中部
日照浮标	119.60	35.42	0	黄海中部

由于观测实况为站点数据,ASCAT 风场为格点数据,根据最小距离法选取距离代表站最近格点的反演风与实况风对比,具体规则是选取与观测站点经度和纬度相差都在  $0.15^\circ$  范围内并且距离最近的一个格点。ASCAT 风场和实况的对比检验主要对平均偏差、平均绝对偏差和均方根误差<sup>[6,12-13]</sup> 3 个量进行。具体公式如下:

$$\text{平均偏差: } \bar{b} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{n} \quad (1)$$

$$\text{平均绝对偏差: } |\bar{b}| = \sum_{i=1}^n \frac{|C_i|}{n} \quad (2)$$

$$\text{均方根误差: } \sigma = \sqrt{\frac{(C_i)^2}{n-1}} \quad (3)$$

对于风速,  $C_i = A_i - B_i$ ; 对于风向, 当  $A_i - B_i > 180^\circ$ , 则  $C_i = A_i - B_i - 360^\circ$ , 当  $A_i - B_i < -180^\circ$ , 则  $C_i = A_i - B_i + 360^\circ$ , 当  $-180^\circ \leq A_i - B_i \leq 180^\circ$ , 则  $C_i = A_i - B_i$ 。A 为 ASCAT 近岸风的风速或风向值, B 为观测站点的风速或风向值,  $i$  为第  $i$  个样本,  $n$  为样本量。

## 2 ASCAT 风速和风向的对比分析

经过对 8 个代表站逐小时实况风场和 ASCAT 近岸风场进行样本挑选、计算及处理, 得到 2013 年 1 月—2014 年 12 月期间 8 个代表站样本分布(图 2), 总样本个数为 5 590, 其中长岛最多, 为 1 339 个, 纪姆岛次之, 为 939 个, 日照浮标样本数最少, 为 210 个, 62.5% 的站点样本数超过 700。4 个预报海

区中渤海海峡样本数最多, 黄海北部和渤海次之, 黄海中部样本数最少。

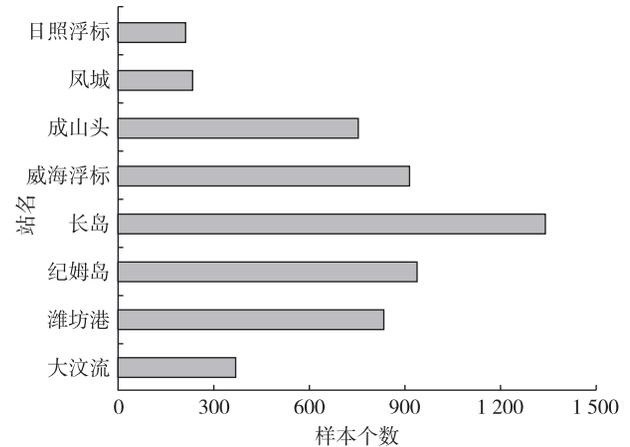


图 2 8 个代表站的样本个数

Fig.2 The number of wind samples of eight representative stations

### 2.1 风速对比

计算 ASCAT 近岸风速与 8 个代表站所有样本风速的相关系数<sup>[14-15]</sup>(表 2), 可以看出两者之间呈正相关。其中相关系数最大的是威海浮标, 为 0.6, 成山头的关系系数也大于 0.5, 该 2 站观测风速与 ASCAT 近岸风有较好的相关性; 其余 6 站的相关系数都在 0.5 以下, 说明该 6 站与 ASCAT 近岸风对同一天气系统的响应速度不同。4 个预报海区中, 黄海北部的风速相关性最好, 相关系数均超过了 0.5, 渤海、渤海海峡和黄海中部相关系数均低于 0.5。

表 2 ASCAT 与 8 个代表站观测风速相关系数

Table 2 Correlation coefficients of wind speed between ASCAT and eight representative stations

站名	大汶流	潍坊港	纪姆岛	长岛	威海浮标	成山头	凤城	日照浮标
相关系数	0.25	0.31	0.33	0.42	0.60	0.55	0.35	0.21

从代表站风速检验结果(图 3a)来看, 对于平均偏差, 威海浮标约为  $-0.4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 其余 7 站全为正值, 日照浮标平均偏差最大约为  $4.8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 其他 6 站平均偏差在  $0.2 \sim 2.7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  范围内, 说明 ASCAT 风速在山东大部分海区大于实况。对于平均绝对偏差和均方根误差, 两者在代表站的分布特征基本一致, 日照浮标的平均绝对偏差和均方根误差最大分别约为  $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  和  $5.7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 其余 7 站的平均绝对偏差和均方根误差在  $2.3 \sim 3.7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  的范围内, 均优于 ASCAT 风速与近海浮标观测风速的平均偏差  $4.9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ <sup>[6]</sup>。综合来看, ASCAT 风速在山东沿海是基本可信的。4 个预报海区中, 黄海中部风速偏

差大于渤海、渤海海峡和黄海北部, 说明 ASCAT 风速在渤海、渤海海峡和黄海北部适用性优于黄海中部。

### 2.2 风向对比

从代表站风向检验结果(图 3b)来看, 潍坊港和凤城风向的平均偏差为正值, 在  $4^\circ \sim 14^\circ$  范围内; 其余 6 站的风向平均偏差为负值, 在  $-13^\circ \sim -3^\circ$  范围内。这说明 ASCAT 风向在山东海区偏差并不固定, 有的区域较实况偏左, 有的偏右。对于风向平均绝对偏差和均方根误差来说, 日照浮标偏差最大, 分别约为  $75^\circ$  和  $90^\circ$ , 其余 7 站的风向平均绝对偏差基本分布在  $48^\circ \sim 67^\circ$  范围内, 均方根误差分布约在  $65^\circ$

~85°范围内。总体来说, ASCAT 风向在山东沿海平均偏差较小, 但平均绝对偏差和均方根误差较大, 说明 ASCAT 风向与实况风向有一定程度的偏离, 需要订正后使用。4 个预报海区中, 黄海中部风

向偏离程度大于渤海、渤海海峡和黄海北部, 说明 ASCAT 风向在渤海、渤海海峡和黄海北部适用性也优于黄海中部。

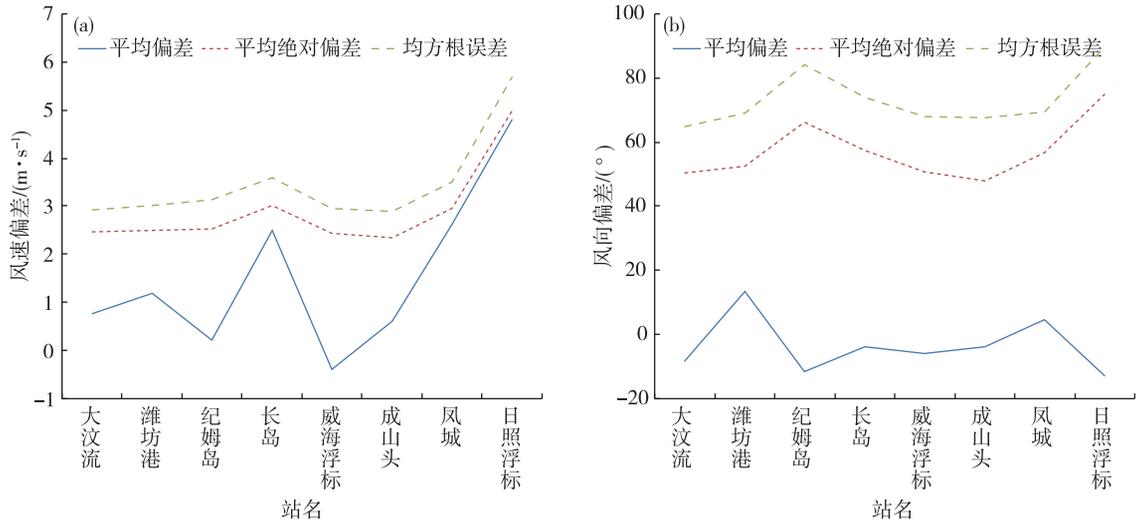


图3 8个代表站 ASCAT 近岸风和实况风的偏差(a.风速,b.风向)

Fig.3 The deviation of wind between ASCAT and eight representative stations (a. wind speed, b. wind direction)

### 3 6级及以上大风和6级以下风速和风向特征分析

在日常海上风预报业务中, 6级风是区分海上大风的标准, 因此预报员比较注重对6级及以上大风和6级以下风的区分。本文将全部代表站所有样本根据实况风速区分为两类: 6级及以上大风和6级以下风, 分别与 ASCAT 风进行对比检验, 以分析 ASCAT 风对不同强度风的表现能力。

#### 3.1 6级及以上大风风速和风向特征分析

统计得到6级及以上大风的样本数分布结果: 6级及以上大风样本数为397个, 大约占总样本数的7.1%, 其中威海浮标最多, 为141个, 成山头和纪姆岛次之, 为86个, 长岛、潍坊港、大汶流和日照浮标分别为43个、23个、14个和4个, 凤城最少, 为0个。因此对6级及以上大风的偏差检验主要针对样本数大于0的7个站点。4个预报海区中, 黄海北部样本数最多, 渤海海峡和渤海次之, 黄海中部样本数最少。

从6级及以上大风风速检验结果(图4a)来看, 除日照浮标的平均偏差约为 $2.6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 其余6站平均偏差均为负值, 在 $-4.1 \sim -1.2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的范围内, 7个站风速的平均绝对偏差和均方根误差在 $2.5 \sim 4.9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的范围内, 当实况出现6级及以上大风时,

ASCAT 风速在山东沿海也基本可信。当实况出现6级及以上的风, 4个预报海区中, 黄海中部风速偏差小于渤海、渤海海峡和黄海北部。同时, 黄海中部 ASCAT 风速大于实况, 渤海、渤海海峡和黄海北部 ASCAT 风速小于实况。

对于6级及以上大风风向(图4b), 纪姆岛风向平均偏差约为 $-23^\circ$ , 大汶流、潍坊港和威海浮标的风向平均偏差也为负值, 在 $-19^\circ \sim -1^\circ$ 的范围内, 其余3站均为正值, 在 $0^\circ \sim 15^\circ$ 之间。分析平均绝对偏差和均方根误差, 纪姆岛最大, 分别约为 $47^\circ$ 和 $63^\circ$ , 成山头和日照浮标的平均绝对偏差和均方根误差均在 $17^\circ$ 和 $21^\circ$ 以内, 其余4站两种偏差在 $24^\circ \sim 53^\circ$ 之间。可以看出, 当实况出现6级及以上大风时, ASCAT 风向与实况平均偏差也较小, 并且平均绝对偏差和均方根误差比所有样本的小, 说明当风速较大时, ASCAT 风向与实况风向的偏离变小, 可用性有所增强。4个预报海区中, 黄海北部和中部的风向偏差小于渤海、渤海海峡, 说明当风速较大时, ASCAT 风向在黄海北部和中部适用性优于渤海和渤海海峡。

#### 3.2 6级以下风速和风向特征分析

统计得到所有代表站6级以下风的样本数分布结果: 6级以下风的样本数为5193个, 大约占总样本数的92.9%, 长岛最多, 为1296个, 纪姆岛次之,

为 853 个, 潍坊港、威海浮标、成山头、大汶流和凤城分别为 810 个、771 个、669 个、353 个和 235 个, 日照浮标最少为 206 个。4 个预报海区中, 渤海海峡

样本数最多, 黄海北部和渤海次之, 黄海中部样本数最少。

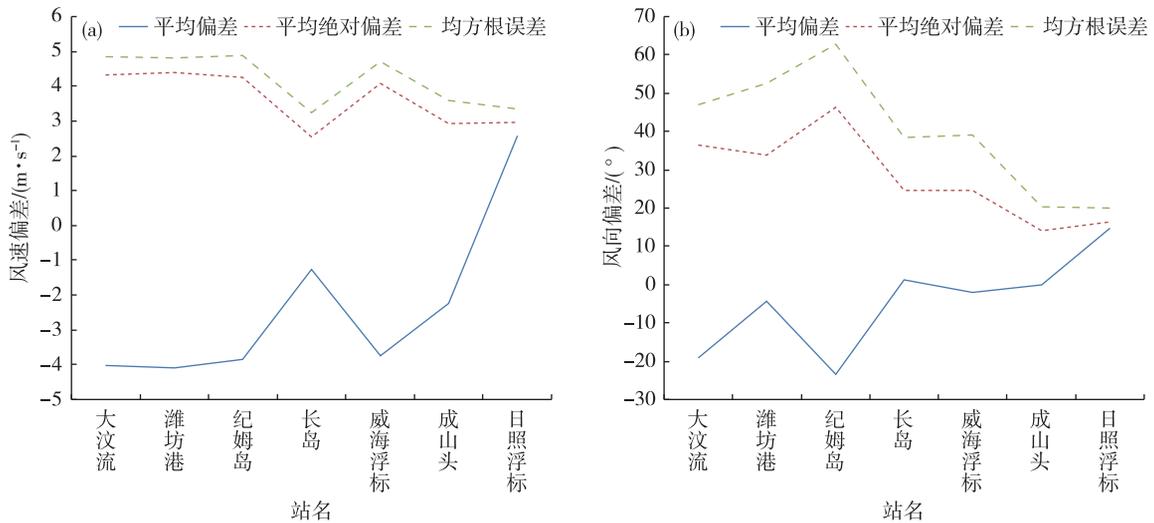


图 4 7 个代表站 ASCAT 近岸风和 6 级及以上大风实况的偏差(a.风速,b.风向)

Fig.4 The deviation of wind between ASCAT and seven representative stations when observed wind level is 6 and above (a. wind speed, b. wind direction)

从 6 级以下的风速检验结果(图 5a)来看, 8 个站的平均偏差均为正值, 其中日照浮标最大, 约为  $4.9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 其余 7 站的平均偏差在  $0.2 \sim 2.7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  的范围内, 说明当实况出现 6 级以下的风时, ASCAT 风速在山东海区普遍大于实况。对平均绝对偏差和均方根误差来说, 日照浮标偏差始终最大, 分别约为  $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  和  $5.7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 其余 7 站分布在  $2.1 \sim$

$3.7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  的范围内。相比于 6 级及以上的风, 6 级以下的风与 ASCAT 风速更为接近, 说明 ASCAT 风速在实况出现 6 级以下的风的适用性优于 6 级及以上的风。4 个预报海区中, 黄海北部风速偏差小于渤海、渤海海峡和黄海中部。

从 6 级以下风的风向检验结果(图 5b)来看, 潍坊港和凤城的平均偏差为正值, 在  $4^\circ \sim 15^\circ$  以内, 其

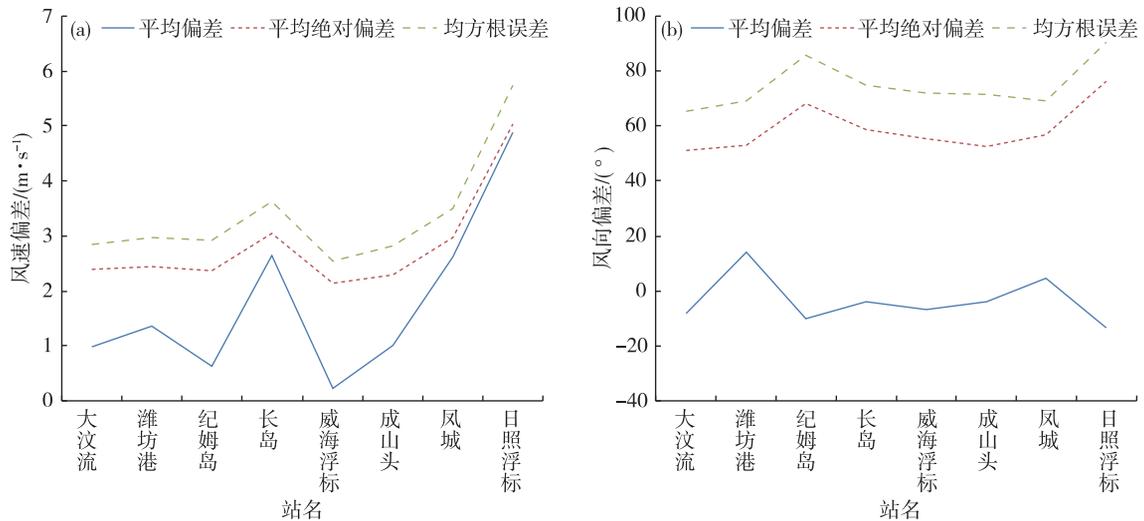


图 5 8 个代表站 ASCAT 近岸风和 6 级以下实况风的偏差(a.风速,b.风向)

Fig.5 The deviation of wind between ASCAT and eight representative stations when observed wind level is below 6(a. wind speed, b. wind direction)

余6站的平均偏差在 $-14^{\circ} \sim -3^{\circ}$ 的范围内。对于风向的平均绝对偏差和均方根误差来说,日照浮标偏差最大,分别约为 $77^{\circ}$ 和 $91^{\circ}$ ,其余7站偏差在 $51^{\circ} \sim 87^{\circ}$ 的范围内。可以看出,对于实况出现6级以下的风,ASCAT风向与实况平均偏差依然较小,平均绝对偏差和均方根误差依然较大且比所有样本和6级及以上风的都大,说明当风速较小时,ASCAT风向与实况风向的偏离变大,可用性有所减弱。4个预报海区中,黄海中部风向偏差仍然大于渤海、渤海海峡和黄海北部,说明当风速较小时,ASCAT风向在渤海、渤海海峡和黄海北部适用性优于黄海中部。

#### 4 结论与讨论

利用2013年1月—2014年12月ASCAT近岸风与山东沿海8个代表站的实况风速风向进行对比,并进一步按照风力分两类进行了对比检验,得到如下结论:

1) ASCAT近岸风速与代表站实况风速正相关,风速平均偏差、平均绝对偏差和风速均方根误差范围都在可接受范围内,ASCAT近岸风速在山东沿海误差较小,有较好的适用性。

2) 对于风向来说,所有代表站的平均偏差较小,但平均绝对偏差和均方根误差较大,ASCAT近岸风向与实况有一定程度的偏离,需订正后使用。

3) 4个预报海区中,ASCAT近岸风在渤海、渤海海峡和黄海北部的适用性优于黄海中部。

4) 当实况出现6级及以上的大风,ASCAT近岸风速在山东大多数海区小于实况。风速平均绝对偏差和均方根误差的范围较为集中,ASCAT近岸风速仍然基本可信。对于6级及以上的大风风向来说,ASCAT风向与实况平均偏差也较小,并且平均绝对偏差和均方根误差比所有样本的小,说明当风速较大时,ASCAT风向与实况风向的偏离变小,可用性有所增强。

5) 当实况出现6级以下的风,ASCAT近岸风速在山东沿海大于实况。从风速平均绝对偏差和均方根误差来看,相比于6级及以上的风,实况出现6级以下的风时与ASCAT风速更为接近。对于6级以下的风向来说,ASCAT风向与实况平均偏差依然较小,平均绝对偏差和均方根误差依然较大且比所有样本和6级及以上风的都大,说明当风速较小时,ASCAT风向与实况风向的偏离变大,可用性有所减弱。

#### 参考文献:

- [1] ASCAT Product Guide[R]. EUMETSAT,2015.
- [2] Wang H, Zhu J H, Lin M S, et al. First six months quality assessment of HY-2A SCAT wind products using in situ measurements [J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2013, 32 (11):27-33.
- [3] Yang X F, Liu G H, Li Z W, et al. Preliminary validation of ocean surface vector winds estimated from China's HY-2A scatterometer[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2014, 35 (11/12): 4532-4543.
- [4] Wu Q, Chen G. Validation and intercomparison of HY-2A/Metop-A/Oceansat-2 scatterometer wind products[J]. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 2015, 33 (5):1181-1190.
- [5] Wang Z X, Zhao C F. Assessment of wind products obtained from multiple microwaves scatterometers over the China Seas [J]. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 2015, 33(5):1210-1218.
- [6] 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.
- [7] 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[J]. *应用气象学报*, 2014, 25(4): 445-453.
- [8] 姚日升,涂小萍,丁焯毅,等.华东沿海 ASCAT 反演风速的检验和订正[J]. *应用气象学报*, 2015, 26(6): 735-742.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 刘宇昕,张毅,王兆晖,等.基于 ASCAT 微波散射计风场与 NCEP 再分析风场的全球海洋表面混合风场[J]. *海洋预报*, 2014, 31(3):10-18.
- [12] 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[J]. *热带气象学报*, 2003, 19(s1): 107-116.
- [13] 王慧鹏,王春明,项杰,等.QuikSCAT 卫星散射计矢量风检验及南海月平均风场特征分析[J]. *气象科学*, 2014, 34(1):54-59.
- [14] 陈艳春,王娜,顾伟宗,等.环渤海区域再分析资料地面风速场的适用性对比分析[J]. *海洋气象学报*, 2017, 37(1):67-72.
- [15] 徐经纬,张秀芝,罗勇,等. QuikSCAT 卫星遥感风场可靠性分析及其揭示的中国近海风速分布[J]. *海洋学报*, 2013, 35(6):76-86.