

张增海,曲荣强,刘涛,等.环渤海海域卫星反演风与站点观测风对比分析[J].海洋气象学报,2018,38(3):30-38.
Zhang Zenghai, Qu Rongqiang, Liu Tao, et al. Comparison between the satellite retrieval wind and the observed wind over the Bohai Sea region [J]. Journal of Marine Meteorology, 2018, 38(3): 30-38. DOI: 10.19513/j.cnki.issn2096-3599.2018.03.004. (in Chinese)

环渤海海域卫星反演风与站点观测风对比分析

张增海¹,曲荣强²,刘涛¹,王海平¹,杨正龙¹

(1. 国家气象中心,北京 100081; 2. 辽宁省气象台,辽宁 沈阳 110166)

摘要: 选用了布设在渤海海域的浮标、平台、海岛共计 18 个站点,利用 COARE 算法进行站点风速的高度修正,对 ASCAT 卫星反演风与三类站点风进行对比分析。统计检验结果表明,卫星风与站点风相比,整体上卫星风速比站点风速大。浮标与卫星的风速差最小,而平台和海岛与卫星的风速差较大。风向对比结果显示,卫星风与站点风的风向平均偏差都很小,但均方根偏差却比较大。随着风速的增加,三类站点的风速平均偏差都是由大到小变化,由正值变化为负值,弱风速的时候卫星风速大于站点风速,高风速的时候卫星风速小于站点风速;风速的均方根偏差则相对稳定。卫星风与站点风的风向均方根偏差随着风速的增加而减小,在不同的方向上,风速偏差和风向偏差等统计量的区别较小。随季节的变化中,平台和海岛站的风速与卫星风速的平均偏差秋冬季大而春夏季小。

关键词: 渤海;ASCAT;卫星反演风;站点风

中图分类号: P714.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-3599(2018)03-0030-09

DOI:10.19513/j.cnki.issn2096-3599.2018.03.004

Comparison between the satellite retrieval wind and the observed wind over the Bohai Sea region

ZHANG Zenghai¹, QU Rongqiang², LIU Tao¹, WANG Haiping¹, YANG Zhenglong¹

(1. National Meteorological Center, Beijing 100081, China; 2. Liaoning Meteorological Observatory, Shenyang 110166, China)

Abstract A total of 18 stations, such as buoys, platforms and island stations in the Bohai Sea region are selected. The observed wind speed data at different anemometer height are adjusted to a reference level-10 m using COARE algorithm. The ASCAT retrieval sea wind is compared with the observed wind at stations. The statistical results show that the satellite wind speed is larger than that from observations of the three types of stations on the whole. The wind speed difference between buoys and the satellite is the smallest, while the difference is larger between platforms and island stations. The comparison of wind directions shows that the mean deviation of wind directions from the satellite and stations is very small, but the root mean square deviation (RMSD) is large. With the increase of wind speed, the mean speed deviation of the three types of stations decreases from positive to negative. The satellite wind speed is larger than that of stations during low wind speed, but the former is smaller than the latter during high wind speed. The RMSD of wind speed is relatively stable in regions of different wind speed. The RMSD of wind directions from the satellite and stations decreases with the increase of wind speed. The distinction between wind speed difference and wind direction deviation is small in different directions. For the

收稿日期:2018-04-25; 修订日期:2018-06-14

基金项目:环渤海区域科技协同创新基金项目(QYXM201605);国家气象中心预报员专项(Y201709)

作者简介:张增海,男,高级工程师,主要从事海洋气象预报及船舶气象导航应用等研究工作,zhangzh@cma.gov.cn。

seasonal variation, the mean difference between platforms/islands and the satellite is large in autumn and winter, but small in spring and summer.

Key words the Bohai Sea; ASCAT; satellite retrieval sea wind; observed wind

引言

由于地理位置的原因,渤海主要受中高纬度天气系统影响。尤其冬半年,较强的大陆冷高压前锋移动到海面时,海上会出现大风天气。除了冷空气以外,温带气旋、热带气旋及强对流天气也可以造成海上大风^[1-3]。海上观测风资料来源于海上石油平台、海岛、浮标、灯船等站点,这些都是海面上的直接观测资料,可以对单点进行长时间序列的观测,但是由于站点选择困难,安装及维修等花费昂贵,广阔的海面上观测站点非常稀疏,对海面风场在时空分布等方面的研究与分析造成很大影响。另外,站点观测的高度差别很大,不同安置高度而引起的观测偏差非常严重^[4],将站点观测风速修正到统一的高度上进行比较是很有必要的。

搭载在卫星上的微波散射计等传感器反演出的海上风场,在一定程度上弥补了海洋气象观测不足的状况。散射计反演风场是通过观测海面粗糙度来完成的,因此卫星反演风的风速和风向与海面站点观测资料在特定海域的一致性需要进行评估。关于卫星反演风在中国近海的适用性前人做了很多工作,早期针对 QuikSCAT 反演风与海岛和船舶观测风进行了一些对比研究^[5-6]。QuikSCAT 退役之后,ASCAT 卫星反演风^[7]获得了重视,国外的研究者^[8-9]利用浮标对 ASCAT 风场进行检验,认为二者有着良好的一致性;近几年国内气象工作者^[10-15]对 ASCAT 反演风在中国近海的质量也进行了分析,结果表明,ASCAT 反演风在开阔海域有较好的精度,近岸海域偏差相对较大。在这些研究中站点风速大多选用了直接观测结果,没有对站点观测进行高度修正,其对比结果存在着一定的适用性限制。

本文选择渤海海域浮标、石油平台和海岛三类观测站中资料连续性较好的部分站点,利用 COARE 算法将站点观测风速修正到 10 m 高度上,分析修正后的站点风与 ASCAT 卫星反演风之间的平均偏差及均方根偏差,以及不同风速区间和不同风向条件下偏差的分布状况。通过分析,提高了对渤海海域不同来源观测风资料之间差别的认识。文中的 ASCAT 卫星反演风简称为卫星风,站点观测风简称为站点风,具体包括浮标风、平台风和海岛风。

1 资料

1.1 站点观测资料

环渤海海域布设了多个浮标、平台、灯塔和海岛站点,但受海上环境影响,观测仪器安装、维护都非常困难,很多站点的观测资料时间序列都有严重的缺失。这里选择的 18 个站中,有 13 个站的样本量占全部观测时次的 90%以上,3 个站为 70%左右,2 个站为 50%左右。浮标选用了位于渤海中部的大连气象 1 号灯浮标和位于莱州湾的潍坊港浮标,其中前者为直径 10 m 的大浮标,后者为直径 3 m 的小浮标;平台站选用了包括渤海 A 平台在内的共计 6 个站点;海岛站选用了受周围环境影响较小、距离卫星风覆盖范围较近的 10 个站点。站点资料的时段为 2015 年 7 月—2017 年 12 月,要素为 2 min 平均风速和风向,资料来源于国家气象信息中心的全国综合气象信息共享平台(CIMISS)。站点位置如图 1 所示,站点的高度、站名、类型等信息见表 1。根据站点类型将站点分为三组,第一组为浮标站点,第二组为平台站点,第三组为海岛站。三组的样本量分别为浮标站 1 952 个,平台站 10 434 个,海岛站 25 691 个。

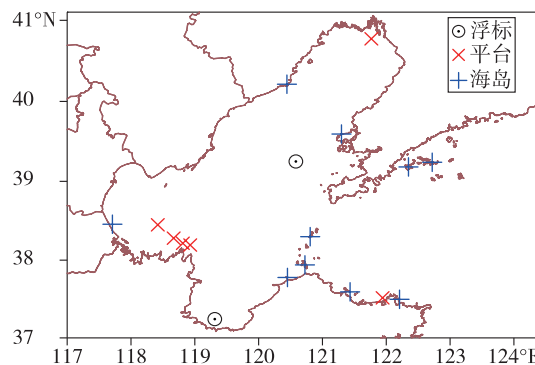


图 1 观测站点分布

Fig.1 Geographic locations of observation stations used in the study

1.2 卫星散射计反演风资料

ASCAT 散射计搭载在欧洲卫星气象组织(EUMETSAT)发射的 Metop 卫星上,工作频率为 C 波段(5.255 GHz),散射计获得海面后向散射系数来探测海面粗糙度,再通过地球物理模型

(CMOD5. n)来反演海洋表面 10 m 高度上的风速和风向。2006 年 10 月发射 Metop-A 星,2012 年 9 月发射 Metop-B 星。两颗星的 ASCAT 反演风都有 25 km 和 12.5 km 两种分辨率的洋面风产品,本文中使用的洋面风数据包括 A 星和 B 星的 12.5 km 分辨率产品,资料来源于皇家荷兰气象研究协会(KNMI)。

表 1 观测站点信息

Table 1 Information of observation stations

序号	站号	高度/m	站点类型	站名
1	54558	10.0	浮标站	大连气象 1 号灯浮标
2	54748	3.2	浮标站	潍坊港浮标
3	54646	30.3	平台站	渤海 A 平台
4	54740	59.0	平台站	CB246A
5	54741	40.9	平台站	中心一号
6	54742	45.1	平台站	CB30A
7	D0164	9.2	平台站	双岛海上风塔
8	L9410	11.0	平台站	海 24 钻井平台
9	54458	7.0	海岛站	呵龙嘴
10	54720	5.2	海岛站	渤海新区埕海一号
11	54756	40.2	海岛站	长山岛(梯度风)
12	54761	8.2	海岛站	担子岛
13	D0029	11.8	海岛站	刘公岛
14	D1004	11.0	海岛站	桑岛气象站
15	D1083	42.0	海岛站	大钦岛站
16	L2241	55.0	海岛站	东山
17	L2511	71.0	海岛站	小长山
18	L2531	59.0	海岛站	广鹿岛

1.3 再分析资料

利用 COARE3.5 算法进行风速高度修正的过程中,海面要素例如海浪和海面温度资料使用的是 ERA-Interim 再分析资料,空间分辨率为 $0.125^\circ \times 0.125^\circ$,时间分辨率为 6 h,在进行时间空间匹配时,空间上用的是距离站点位置最近的一个再分析格点,时间上用的是观测资料向前和向后 3 h 内最近时间的再分析资料。

2 方法

2.1 样本统计

对比分析采用样本平均偏差和均方根偏差等参数来完成,公式如下。

$$\text{平均偏差: } B = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (A_i - S_i) \quad (1)$$

$$\text{均方根偏差: } RMSD = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (A_i - S_i)^2} \quad (2)$$

其中, A 表示卫星散射计(ASCAT)反演风, S 表示站点(Station)观测风, N 表示分析样本量。在本文中风速和风向的偏差统计采用 $A-S$ 的方式,即卫星风减去站点风。风速差正值表示卫星风速大于站点观测风速,负值表示卫星风速小于站点观测风速;风向偏差的正值表示卫星风相对于观测风顺时针旋转一定的角度数,负值表示卫星风相对于观测风逆时针旋转一定的角度数。

2.2 空间插值

采用反距离权重插值方法计算卫星风在观测站点上的风向和风速,具体的方法是先将卫星风分解为 u, v 分量,利用反距离权重插值方法得到站点位置上的 U, V ,然后再合成为风向和风速值。

反距离权重插值公式:

$$Z_p = \sum_{i=1}^N \frac{Z_i}{d_i^k} / \sum_{i=1}^N \frac{1}{d_i^k} \quad (3)$$

式中, Z 为站点 P 的 U, V 风速值, Z_i 为第 i 个卫星风的 u, v 风速值, d_i 为站点 P 与其邻域内第 i 个卫星风之间的距离, k 为次幂,这里取 $k=2$,也就是反距离平方插值方法,邻域半径为 ASCAT 卫星风分辨率的一半。

2.3 风速的高度修正

ASCAT 卫星风为海面 10 m 高度上的反演风,而站点的高度各有不同,为了能对比风速的一致性,需要将不同高度的风修正到 10 m 高度上。高度修正的方法有很多,最常用的有指数风廓线公式和对数风廓线公式,这两种方法都没有考虑海面温度以及海浪等对风速的影响,本文中使用的 COARE3.5 的块体算法^[16-17]将海面要素作为输入项进行计算将风速修正到 10 m 的高度上。COARE 算法是由热带海洋与全球大气计划“耦合海气响应试验”(TOGA-COARE)发展起来的,以 Monion-Obukhov(MO)相似理论为基础,主要利用风速、温度、湿度等计算海气界面之间的热通量和动量通量等,该算法最初只适用于热带海域,发展到 3.0 版本可适用于中纬度地区,风速限制扩展至 $20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,3.5 版本的时候风速的限制扩展到 $25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,并可以计算输出 10 m 高度的风速。

3 分析与讨论

3.1 站点风与卫星风的整体对比

潍坊港浮标的高度为 3.2 m 左右,利用 COARE 算法对该浮标的观测风进行高度修正,并与卫星风进行对比(图 2)。由散点图可以看出,修正前浮标

风速整体上偏小于卫星风,大量样本位于对角线的左侧,进行风速的高度修正之后,对比样本向对角线靠近。定量计算卫星风减去浮标风的风速差,均值由原来的 $1.14 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 减小为 $0.36 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,平均

风速增加了 $0.78 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。作为对比,用指数公式进行高度修正,平均风速增加的量值为 $0.74 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,二者相近。

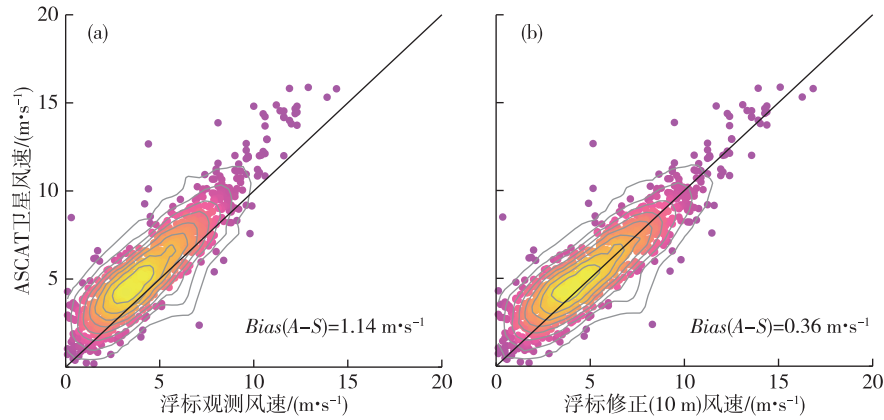


图2 潍坊港浮标风速高度修正前后与卫星风的对比分析(a.观测风速,b.修正到10 m高度的风速)
Fig.2 Comparison of wind speed between buoy (54748) in the Weifang Harbor before/after adjustment and ASCAT satellite (a. the observed wind speed, b. the wind speed when the anemometer height is adjusted to 10 m)

分别对三个分组所有站点的风速样本(图3a、b、c)进行对比分析,风速修正后,卫星风减去浮标风的平均偏差为 $0.15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,卫星风比浮标风偏大,而未修正之前二者的风速偏差为 $0.58 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

浮标风速修正后均值是变大的,主要是因为潍坊港浮标站观测仪器的高度大约低于10 m,修正到10 m高度上后,风速变大,而大连1号灯浮标站的高度为10 m,风速不需要修正。浮标风整体样本的风速均

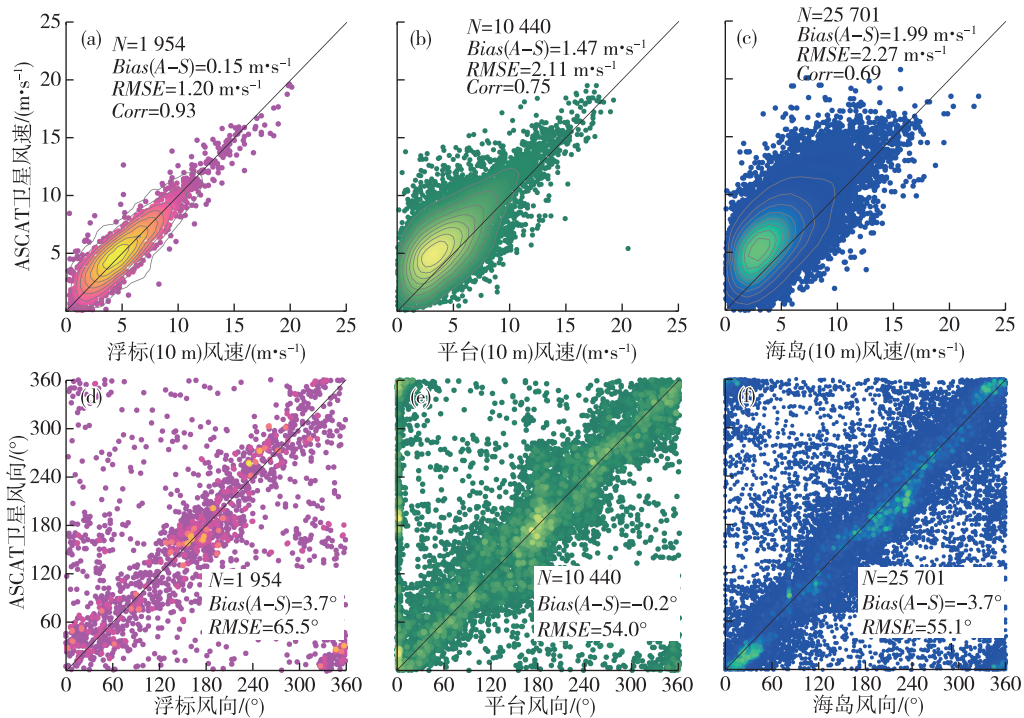


图3 站点观测风和 ASCAT 卫星风的对比统计(a、b、c.浮标、平台、海岛测风与卫星风速的对比,d、e、f.风向的对比)
Fig.3 Statistical comparison between the observed wind and ASCAT satellite wind (a-c. comparison of wind speed between the observed speed from the buoy/platform/island and the satellite, d-f. comparison of wind direction between the observed direction from the buoy/platform/island and the satellite)

值增加了 $0.43 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右,与卫星风速的相关系数由 0.92 增至 0.93,相关性略有提高。 $0.15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的偏差与自动站仪器 $0.1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的观测精度^[18] 非常接近,并且在实际的业务预报中已经完全满足需求,在一定程度上证明,针对站点观测资料的高度修正是可信的。用同样的方法将平台站和海岛站的观测风速修正到 10 m 的高度上,修正后的风速与卫星风的对比才更具有针对性。由于平台站和海岛站的站点高度大部分都在 10 m 以上,从整体上看,风速的高度修正结果是风速值降低了,风速偏差比修正之前变得更大,修正后,平台风速偏差为 $1.47 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,海岛风速偏差为 $1.99 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。卫星风与三类站点风的均方根偏差分别为 $1.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $2.11 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $2.27 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。下文分析中所用站点的风速皆为进行高度修正之后的风速值。

由风向的对比散点图(图 3d、e、f)可以看出,站点风与卫星风的风向样本密集区都集中在对角线

附近,部分样本点集中在左上角和右下角的区域。统计结果显示,卫星风与三类站点风向的平均偏差分别为 3.7° 、 0.2° 和 -3.7° ,卫星风向相对浮标观测风逆时针旋转 3.7° ,相对平台站和海岛站分别为顺时针旋转 0.2° 和 3.7° 。风向偏差的平均值显示站点风向和卫星风向一致性较好,但是由图上还可以看出样本点并非全在对角线上,也分布在对角线两侧,风向偏差在具体的观测样本上还是有很大的差异,三类站点风与卫星风的风向均方根偏差都比较大,分别为 66° 、 54° 和 55° 。

3.2 偏差和均方根偏差随风速的分布

图 4 给出了风速偏差和风向偏差随着风速增加的变化曲线,并且给出了在不同范围内风速偏差的统计分位数箱线图,上下短线的范围分别为 10%、90%分位数,中间矩形为 25%和 75%的分位数,黑色圆点为中位数,蓝色曲线为平均偏差,紫色曲线为均方根偏差,柱状图为样本量。图 5 和图 6 中采用

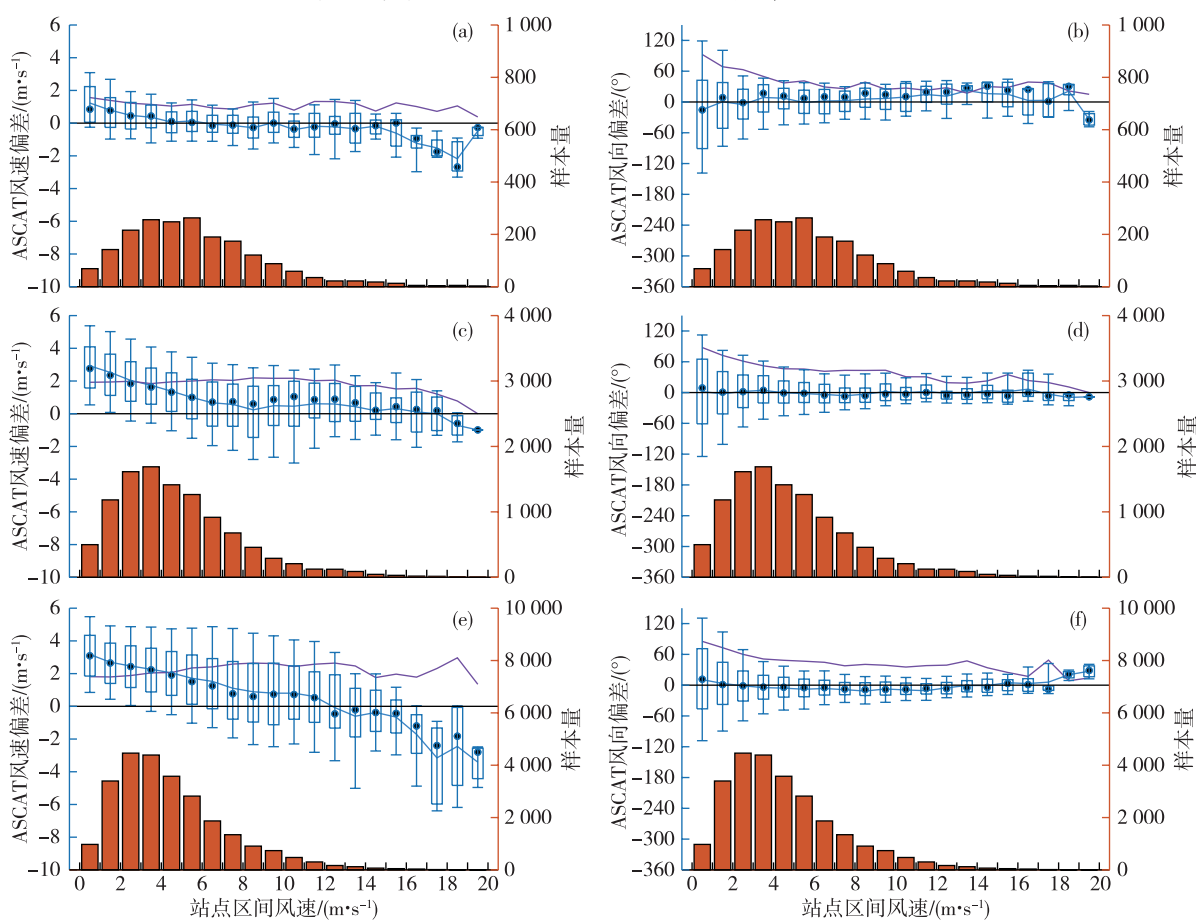


图 4 卫星风与站点风平均偏差和均方根偏差随站点风速的变化(a.与浮标站的风速偏差,b.与浮标站的风向偏差,c.与平台站的风速偏差,d.与平台站的风向偏差,e.与海岛站的风速偏差,f.与海岛站的风向偏差)

Fig.4 Variation of mean deviation and RMSD between the satellite wind and the observed wind with the change of wind speed at stations (a/c/e. wind speed deviation between the satellite and buoys/platforms/island stations, b/d/f. wind direction deviation between the satellite and buoys/platforms/island stations)

与此一致的分位数划分方式。

由图 4a、c、e 可以看出,随着风速的增大,风速的平均偏差由大到小变化,弱风的时候卫星风比站点风大,强风的时候卫星风比站点风小。卫星风速与浮标风速的偏差在 $0\sim 4\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的区间是正值,卫星风速大于浮标风速 $0\sim 1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; 在 $5\sim 15\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的区间内,风速偏差的均值在零值附近,在此区间中,卫星风与浮标风速具有良好的一致性,基本上能够满足 WMO^[4] 对观测仪器精度的要求; $15\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上大风情况下的风速差以负值为主,卫星风速比浮标风速小 $1\sim 2\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。风速差的平均值在大风(例如 $19\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) 的时候出现大的风速差可能与此时样本量偏少有关,不过也在一定程度上说明,ASCAT 很难能反演出大的风速。平台风在 $0\sim 7\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 之间时,风速差从 $3\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 变化减小到 $1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $7\sim 17\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上的风速区间里面,卫星风速比平台风略大 $0\sim 1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, 在 $18\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上风速的时候出现卫星风小于平台风的情况。海岛风因为受岛屿及站点选址等的影响,在测风小于 $12\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (6 级) 时都是卫星风比海岛风大,且风速越小时风速差越大; 而 $12\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上的强风或大风出现时,海岛站又能观测到比卫星风大的量值。

图中还给出了风速均方根偏差随风速的分布。浮标风速差的均方根偏差大小在 $0.5\sim 1.5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 之间,随风速的增加变化不大; 平台风速差的均方根偏差在 $1.5\sim 2.0\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 之间,随风速的增加略有减小; 海岛风速差的均方根偏差在 $2.0\sim 3.0\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 之间,随风速的增加均方根偏差增大。

卫星风与站点风的风向偏差随着风速的变化曲线如图 4b、d、f 所示。浮标风向差的平均偏差随风速增加主要以正值为主,特别是大于 $10\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的风速情况下,卫星风向相对于浮标风顺时针偏转 $10^\circ\sim 40^\circ$, 而 $0\sim 1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的风速存在较大风负值偏差。平台风向偏差和海岛风向偏差的均值都较小,特别是在 $2\sim 15\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的区间中,风向偏差最大也在 10° 以内。

风向的均方根偏差随着风速的增加都呈现下降的趋势。对于平台站和海岛站来说, $0\sim 5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的弱风区均方根偏差在 $50^\circ\sim 80^\circ$, $5\sim 12\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 风速区间的风向均方根偏差下降到 $30^\circ\sim 50^\circ$, $12\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上的风向均方根偏差下降到 30° 以内,浮标风向偏差的量值相对偏小, $6\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上的风向偏差在 $20^\circ\sim 40^\circ$ 之间。但从全部样本上来看,风速 $5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的样本占整个样本量的 70% 左右,表明弱风的风向

偏差是影响风向整体精度的一个主要因素,这与谢小萍等^[13] 的结论相同,但是在 $6\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上的情况下,卫星风与站点风的风向偏差基本能满足业务需求。

3.3 偏差与均方根偏差随风向的分布

图 5 中给出了卫星风与站点风风速和风向偏差及均方根偏差随风向的分布情况,风向按照 16 个方位进行划分,在图上以 N 和 NNE 等表示。在风向的各个方位上,浮标的风速偏差均值和中位数都几乎为零,风速的均方根偏差在 $1.4\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 左右,此结果与张增海等^[10] 分析中国近海浮标与卫星风的结果一致,浮标风和卫星风的风向保持了良好的一致性,但是平台站和海岛站的表现则略有不同。平台站的风速平均偏差在偏北风和东南风方向上量级最大,卫星风比平台风大 $2\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上,而其他风向上在 $2\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以下,尤其是偏南风方向上最小为 $1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以下,这样的结果应该与平台站点布设的位置有关。海岛站的风速平均偏差在东北风和西北风方向上较大,量级与平台站在东南风方向上相当,而在西南风方向上风速平均偏差最小,在 $1.5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 左右。三类站点风与卫星风的风速均方根偏差在各个风向上的差别并不是很大。在量级上,平台站和海岛站的均方根偏差在 $2\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 左右,浮标站略小,在 $1.5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 上下。

由风向平均偏差和均方根偏差随风向的分布来看,三类站点分布类似,风向平均偏差在零值附近。浮标站的风向偏差在北到西北方向上为正值,在东北到偏东风方向以负值为主,在不同的风向存在一定的波动性。平台站的风向偏差和海岛站的风向偏差都比较小。风向偏差的表现与三类站点布设方式有直接关系,浮标站在海上测风时并不是固定的,而是在海面随波浪起伏转动,观测风向时应该引入了传感器自身的影响。平台站点通常是在石油钻井平台的适当位置安装气象观测仪,一般难以达到风传感器的安装要求^[18],是否由于风传感器的相对位置造成偏北风情况下有较大的风向均方根偏差,还需要对不同的站点做详细分析。

3.4 偏差的季节变化

图 6 给出了卫星风与站点风之间风速及风向偏差的季节分布。浮标的风速偏差逐月均值分布均匀,没有明显的季节分布,平均值差别不大,在 $-0.5\sim 0.5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 之间。但是平台站及海岛站的风速偏差平均值存在着明显的季节变化,秋冬季大而春夏季小,3—5 月,平均值分别为 $0.5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 和

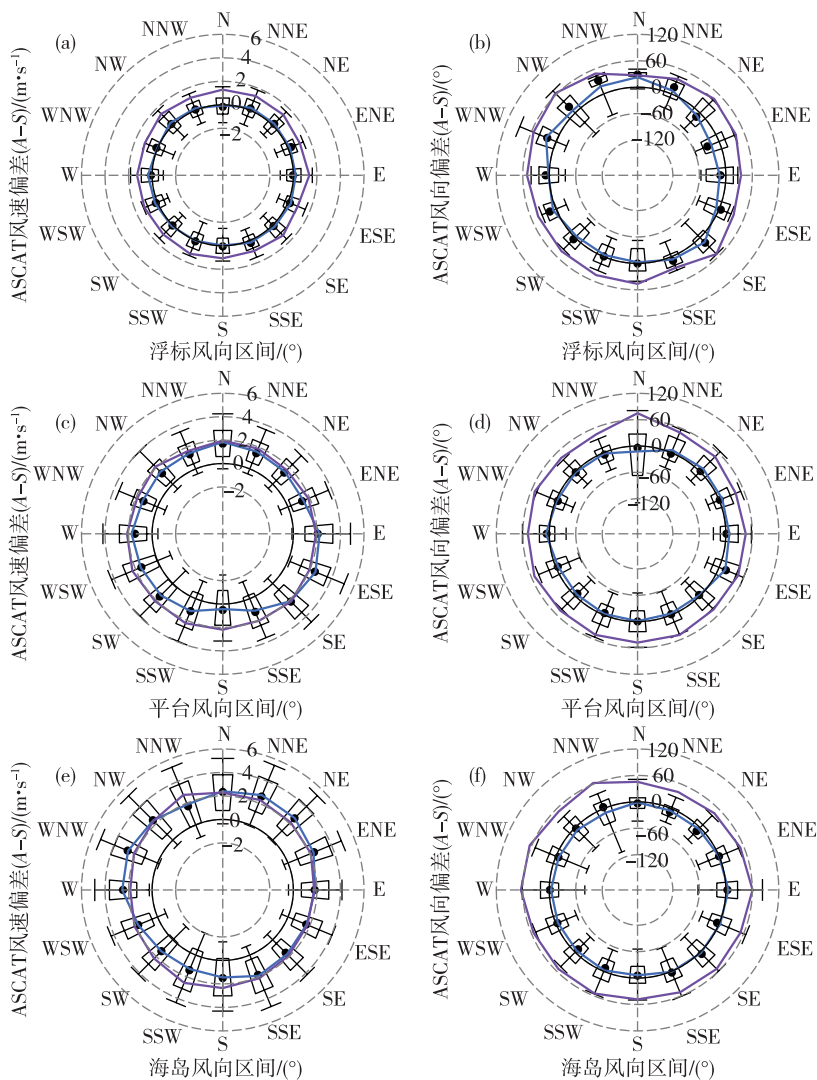


图5 卫星风与站点风平均偏差和均方根偏差随站点风风向的变化(a.与浮标站的风速偏差,b.与浮标站的风向偏差,c.与平台站的风速偏差,d.与平台站的风向偏差,e.与海岛站的风速偏差,f.与海岛站的风向偏差)

Fig.5 Variation of mean deviation and RMSD between the satellite wind and the observed wind with the change of wind directions at stations (a/c/e. wind speed deviation between the satellite and buoys/platforms/island stations, b/d/f. wind direction deviation between the satellite and buoys/platforms/island stations)

$1.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右,11月—次年1月的平均值较大,分别为 $2.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $3.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右。由风速差的均方根偏差分布来看,三类站点的偏差随季节变化不大,但是在量值上有所不同,浮标风的均方根偏差较小为 $1.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,而平台风和海岛风的稍大,为 $2.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右。

三类站点的风向平均偏差在零线附近,没有明显的季节变化。从量值上看,浮标站的风向平均偏差在7月为负值,在3—5月及10—12月为正值,而平台站及海岛站的风向平均偏差在4—7月为负值,其他月份基本为零。浮标风向的均方根偏差在4—8月偏大,为 50° 左右,其他月份的偏小一些,其均值为 40° 。平台站和海岛两类站点的风向均方根偏差

都是在3—9月偏高,分别为 58° 和 60° 左右,10月—次年2月最小,相应的量值都为 48° 左右。

4 小结

通过利用环渤海海域的浮标、平台、海岛的观测风资料与ASCAT卫星风场进行对比分析得到如下结论:

1)对站点风速进行高度修正后,卫星风速与三类站点风速的平均偏差分别为 $0.15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $1.47 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $1.99 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,均方根偏差分别为 $1.20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $2.11 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $2.27 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,相关系数分别为0.93、0.75和0.69。浮标风速与卫星风速的平均偏差最小,相关性也最高。卫星风与站点风

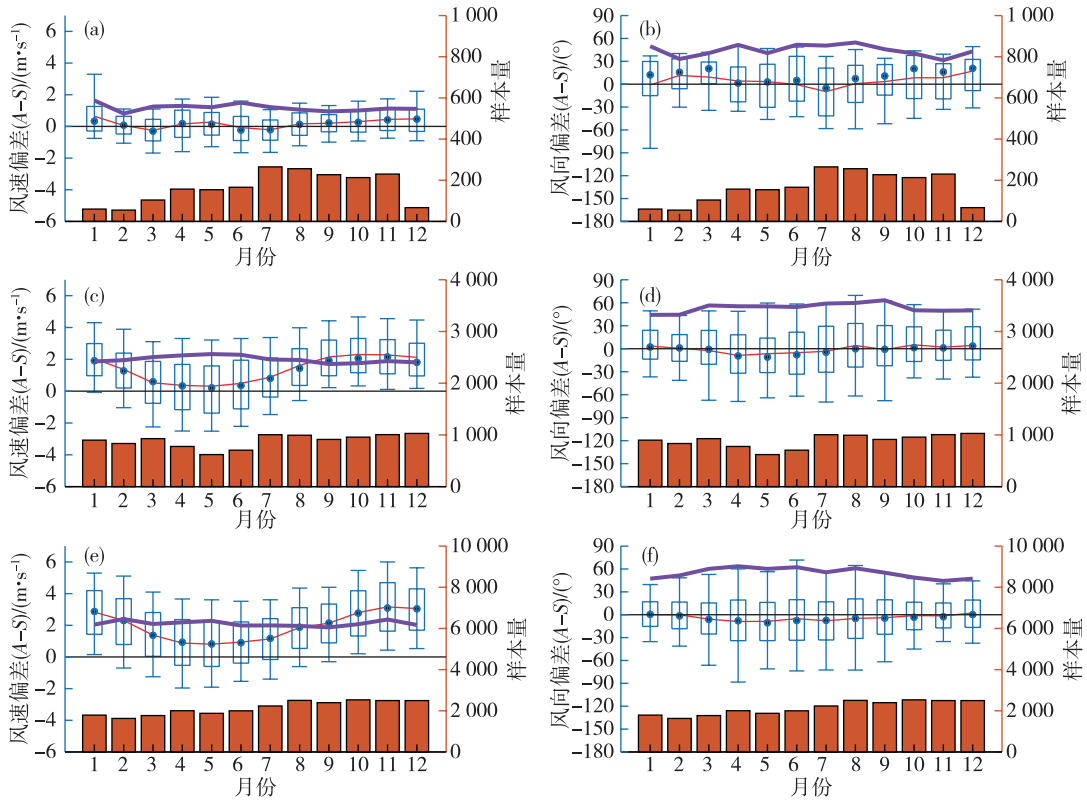


图6 卫星风与站点风平均偏差和均方根偏差的季节分布(a.与浮标站的风速偏差,b.与浮标站的风向偏差,c.与平台站的风速偏差,d.与平台站的风向偏差,e.与海岛站的风速偏差,f.与海岛站的风向偏差)

Fig.6 Monthly variation of mean deviation and RMSD between the satellite wind and the observed wind (a/c/e. wind speed deviation between the satellite and buoys/platforms/island stations, b/d/f. wind direction deviation between the satellite and buoys/platforms/island stations)

向的平均偏差都很小,分别为 3.7° 、 0.2° 和 -3.7° ,但是均方根偏差较大,分别为 65.5° 、 54.0° 和 55.1° 。

2)在弱风区,卫星风比站点风的风速偏大;在强风区,卫星风的量值低于站点风;卫星风与站点风差别相对小的区间对不同的站点类型来说则有所不同。因观测样本较多,弱风区的风向偏差是影响整体偏差的重要原因。

3)在不同的风向上,各个站点风与卫星风之间风速偏差和风向偏差等统计量的区别都不是太大。

4)随季节的变化中,平台站和海岛站的风速与卫星风速的平均偏差秋冬季大而春夏季小,而浮标风的平均偏差并没有明显的季节变化。三类站点风速的均方根偏差、风向的平均偏差及均方根偏差等统计量的季节变化也不明显。

参考文献:

[1] 辛宝恒. 黄海渤海大风概论[M].北京:气象出版社,1991:40-62.

[2] 阎俊岳,陈乾金,张秀芝,等. 中国近海气候[M].北京:科学出版社,1993:281-284.

[3] 李延江,陈小雷,卢宪梅.渤海气象灾害与海洋灾害预报技术[M].北京:气象出版社,2014:16-20.

[4] WMO. Guide to meteorological instruments and methods of observation (WMO-No. 8) [M]. Geneva, Switzerland: Secretariat of the World Meteorological Organization,2008.

[5] 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(增刊):107-117.

[6] 方翔,咸迪,李小龙,等.QuikSCAT 洋面风资料及其在热带气旋分析中的应用[J].气象,2007,33(3):33-39.

[7] Ocean and Sea Ice SAF.ASCAT wind product user manual (Version1.14)[R].2016.

[8] Bentamy A, Croize-Fillon D, Perigaud C.Characterization of ASCAT measurements based on buoy and QuikSCAT wind vector observations [J]. Ocean Sci, 2008, 4(4): 265-274.

[9] Verspeek J, Stoffelen A, Portabella M, et al. Validation and calibration of ASCAT using CMOD5. n [J]. IEEE Trans Geosci Remote Sens, 2010, 48(1): 386-395.

- [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, 2013, 40(4): 478-481.
- [11] 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.
- [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] 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.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] Yu L S, Weller R A. Objectively analyzed air-sea heat fluxes for the global ice-free oceans (1981-2005) [J]. Bull Amer Meteor Soc, 2007, 88(4): 527-539.
- [17] Edson J B, Jampana V, Weller R A, et al. On the exchange of momentum over the open ocean[J]. J Phys Oceanogr, 2013, 43(8):1589-1610.
- [18] 胡玉峰.自动气象站原理与测量方法[M].北京:气象出版社,2004:9-10.