

姚日升,涂小萍,蒋璐璐,等. 2016. 浙江近海冬季大风风速推算和 ASCAT 风速订正方法探讨. 气象, 42(5):621-627.

# 浙江近海冬季大风风速推算和 ASCAT 风速订正方法探讨<sup>\*</sup>

姚日升<sup>1,2</sup> 涂小萍<sup>1,2</sup> 蒋璐璐<sup>1</sup> 丁焯毅<sup>1</sup> 王武军<sup>3</sup>

1 浙江省宁波市气象台,宁波 315012

2 宁波大学宁波市非线性海洋和大气灾害系统协同创新中心,宁波 315211

3 浙江省奉化市气象局,奉化 315500

**提 要:** 利用 2010—2014 年 12 月至次年 2 月浙江省自动气象站测风资料和 ASCAT 散射计反演的风场资料,通过模糊聚类空间分型,选取有代表性的站点建立浙江近海冷空气大风的风速推算公式,并对 ASCAT 近海风场产品进行误差分析和风速订正。结果表明:冷空气影响时浙江北部近海多数自动站与舟山浮标站相比有偏南风矢量差,南部近海自动站比温州浮标站有东南风矢量差,自动站风速一般小于浮标站。海拔高度与自动站和浮标站风速差值  $\delta$  相关性不显著,站点离岸距离是影响  $\delta$  的主要因子。冷空气影响时浙江近海 ASCAT 反演风速与实况相关系数的分布具有平行于海岸线且自西向东增大的特征,相关系数超过 0.5 的站点一般离岸 30 km 以上,舟山和温州 2 个浮标站测风与 ASCAT 反演风具有较好的相关性。浙江近海 ASCAT 风速的误差空间差异较大,经订正后的风速分布也具有平行于海岸线、自西向东逐渐增大的特征,且与观测的误差绝对值一般小于  $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

**关键词:** 大风,模糊聚类,逐步回归,浮标站,ASCAT,风速订正

**中图分类号:** P425

**文献标志码:** A

**doi:** 10.7519/j.issn.1000-0526.2016.05.012

## Analysis on Methods About the Winter Offshore Gale Speed Estimation and ASCAT Wind Correction in Zhejiang

YAO Risheng<sup>1,2</sup> TU Xiaoping<sup>1,2</sup> JIANG Lulu<sup>1</sup> DING Yeyi<sup>1</sup> WANG Wujun<sup>3</sup>

1 Ningbo Meteorological Observatory of Zhejiang, Ningbo 315012

2 Ningbo Collaborative Innovation Center of Nonlinear Hazard System of Ocean and Atmosphere, Ningbo University, Ningbo 315211

3 Fenghua Meteorological Office of Zhejiang, Fenghua 315500

**Abstract:** Using the wind observation data of automatic weather stations (AWSs) in Zhejiang Province during December and February from 2010 to 2014 and the retrieved ASCAT winds, and by means of the Fuzzy Cluster Mean (FCM), an offshore wind speed calculation formula is established and the error analysis for ASCAT products during cold air events in the Zhejiang coast is carried out. The results show that the most AWSs in northern Zhejiang coast have a southerly vector difference compared with the winds at Zhoushan Buoy, the AWSs in the southern coast have a southeasterly vector difference compared with the Wenzhou Buoy, and the AWSs wind speeds generally are smaller than wind speeds from the buoys. The analysis also indicates that altitudes impact little the wind speed differences ( $\delta$ ) between the AWSs and buoys, and the distance of the stations from the coastline is the main factor that impacts the  $\delta$  value. When cold air strikes the Zhejiang offshore, the distribution of the correlation coefficients between the ASCAT and observations has the characteristics of paralleling to the coastline and increasing from the west to the east.

<sup>\*</sup> 浙江省自然科学基金(LY15D050001)、宁波市科技计划项目(2012C50044)和宁波市气象局科技计划项目(NBQX2014005B) 共同资助  
2015 年 1 月 30 日收稿; 2016 年 1 月 30 日收修定稿  
第一作者:姚日升,从事天气预报和应用研究. Email:yaorisheng@tom.com

Generally, the distance from the stations to the coastline is usually more than 30 km when coefficients are more than 0.5. The observed winds from Zhoushan and Wenzhou Buoys have a good correlation with the retrieved ASCAT winds. But there is a large special difference in the ASCAT winds error in Zhejiang offshore. The distribution of the corrected ASCAT wind speed also has a characteristic of paralleling to the coastline and increasing from the west to the east, and its absolute error is less than  $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  compared with the observed speed.

**Key words:** gale, fuzzy cluster mean, stepwise regression, buoy, ASCAT, wind correction

## 引 言

广袤的洋面上实时测风资料很少,现有的海上大风研究多基于再分析资料和地面观测资料(盛春岩等,2012;黄彬等,2013),预报和服务更多地依赖数值预报。美国 NASA 于 1999 年 7 月发射的极轨卫星 QuikSCAT 极大地推动了散射计反演风场资料在天气分析、预报和数值模式中的应用(方翔等,2007;张德天等,2011)。分析发现:QuikSCAT 风场在广阔的海洋面上与海岛实测风一致性较好,但近海误差相对大,原因是陆地对散射信号产生的干扰带来了观测误差(Osamu et al,2007)。2006 年欧洲航天局(ESA)发射的星载散射计 Advanced SCATterometer(ASCAT)资料在国外也得到了很好的研究和应用,成为数值预报中海洋上重要的初始场同化资料之一(Hersbach,2010;Bi et al,2011)。沈春等(2013)利用 NCEP 风场产品和 dropsonde 探测资料,对分辨率为 12.5 km 的中国近海 ASCAT 风场进行检验分析,结果表明 ASCAT 反演风场具有较好的精度。张增海等(2014)将 ASCAT 反演风与中国近海 18 个浮标站观测资料进行对比分析也发现:ASCAT 反演风速值与离岸较远的浮标观测风速具有较好的一致性,两者风速相关系数可达 0.94,对于离岸较近的浮标站,观测风速和卫星反演风速相关性较差。高留喜等(2014)研究得出 ASCAT 反演风速在中国南海北部的近海偏高  $0.45 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,在开阔海域偏高  $0.07 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。常蕊等(2014)将空间分辨率约 1 km 的 SAR 卫星反演海面风场资料应用于杭州湾近海风能资源评估技术方法研究中。

由于地形、海拔高度等因子的影响,海岛测风往往带有局地性。海南省气象工作者对琼州海峡两岸和海峡风资料特征进行过分析,发现琼州海峡南北两岸风特征有所不同(辛吉武等,2009;郭冬艳等,

2011;许向春等,2011)。基于海岛地理优势,2005 年以来浙江省气象部门在近海建设了 120 多个海岛自动站,2010 年又投放了 2 个浮标站,为浙江近海海面风的精细化分析积累了宝贵资料。这些海岛站多分布在近海,对港口、码头及近岸海面风的预报和服务比反演风更具有参考性,而对离岸较远的海区,特别是缺乏观测站的海域,仍更多需要依赖 ASCAT 反演风场。

本文基于浙江省 4 年冬季近海自动气象站测风资料和 ASCAT 散射计反演的风场对冷空气大风进行分析,并对 ASCAT 风场产品进行评估和订正研究,以提高 ASCAT 反演风场在近海大风预报服务中的参考价值。

## 1 资料来源和分析方法

### 1.1 资料来源

选择浙江省 2010—2014 年冬季(12 月至次年 2 月)共计 12 个月 361 天逐 12 h(08—20 时、20—08 时)最大风速(下称风速)资料进行模糊聚类分析,以挑选风力代表类型相同的海岛站参与浙江近海冷空气大风的分析并建立风速推算公式。

冷空气大风特征分析针对冷空气大风事件进行:一次冷空气过程中最大风速  $\geq 6$  级( $10.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ )的站点数达到总数的 30% 以上则记为一次大风事件,同一次冷空气过程如果 08—20 时和 20—08 时均达到大风事件标准,按就大原则选择过程风速。4 年冬季浙江近海共发生冷空气大风事件 116 次。

本文自动站资料来源于浙江省气象信息中心。资料入库保存时都进行了人工审核,应用时没有进行资料质量控制,资料量达到总量 95% 以上的 979 个站点参与分析。ASCAT 资料为近海风场产品,资料来自国家气象中心。

### 1.2 分析方法

将模糊聚类(fuzzy cluster mean, FCM)分析方法应用到自动站点空间聚类分析中,将逐 12 h 最大风分解为  $U$  和  $V$  分量,根据  $U$ 、 $V$  分量进行模糊聚类分析,并引入模糊效果指数确定模糊类别数。基于聚类分型结果对浙江近海站点冷空气大风事件进行站点 10 m 风代表性分析,选出具有风速代表性的沿海站点。以浮标站风速为 10 m 风速标准站点,分析其他站点与浮标站的风速差异,通过逐步回归建立风速误差与站点信息的统计方程,利用此方程和浮标站风速得出理想推算风速,计算 ASCAT 反演风场与理想推算风速的误差,求出平均误差的空间分布用于 ASCAT 风速订正,提高 ASCAT 风场在浙江近海的应用参考性。计算流程见图 1。

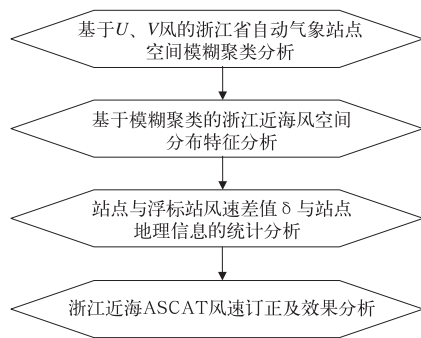


图 1 近海冷空气大风风速推算和 ASCAT 风速订正计算流程

Fig.1 The flow chart of offshore cold-air gale estimation and ASCAT wind correction

## 2 站点空间模糊聚类

FCM 方法按照一定的相似性原则(距离或相似度)将特征空间样本点进行聚类(李艳等,2007;Li et al,2007),同类样本点一般具有较高的相似性。石慧等(2011)将其应用到中国沿海海面风场的分类中,揭示了中国近岸海域海面风场的统计特征。本文采用欧式距离对浙江省 979 个站点 4 年冬季风的  $U$ 、 $V$  分量进行 FCM 聚类,柔性参数  $m$  取为 2(高新波等,2000)。引用模糊效果指数(fuzziness performance index, FPI)来确定适宜的模糊类别数  $C$ , FPI 是表示不同类别间共享成员量的一个指数(陈彦等,2008),用来度量  $C$  个类别之间的分离程度,

介于 0~1, FPI 值越小表示不同分区间共享的成员越少。FPI 按下式定义:

$$FPI = 1 - \left( \frac{CF - 1}{C - 1} \right) \quad (1)$$

式中,  $F = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^c (\mu_{ij})^2 / n$ ,  $\mu_{ij}$  构成模糊分类矩阵,  $n$  为样本数,  $C$  为分类数。

图 2 为柔性参数  $m=2$  时 FPI 随模糊类别数变化曲线,可见  $C=2$  时 FPI 仅为 0.361,明显小于其他分组数。按照  $m=2, C=2$  进行模糊聚类可将浙江省自动站分为 2 组并得到最佳分组效果,分别称为聚类 I 型和聚类 II 型站点。图 3 为聚类站点分布,可见聚类 I 型站点基本分布在浙江内陆,共 848 个,聚类 II 型站点则多分布在沿海地区和海岛,共计 131 个,其中包括太湖沿岸 2 个站点和 9 个高山站

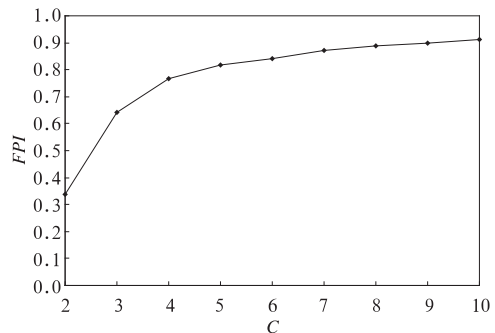


图 2  $m=2$  时 FPI 随聚类分组数变化  
Fig.2 The FPI evolution with cluster group number when  $m=2$

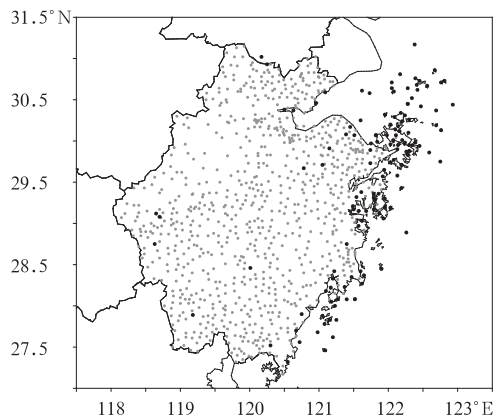


图 3 浙江省冬季  $U$ 、 $V$  模糊聚类自动气象站点分布  
(灰色圆点:聚类 I 型,黑色圆点:聚类 II 型)

Fig.3 The station distribution classified by FCM based on  $U$ ,  $V$  in winters in Zhejiang Province (grey dots: group I, black dots: group II)

点。模糊聚类表明浙江省绝大多数海岛自动气象站与内陆站点风向风速特征有明显差异,与舟山、温州2个浮标站测风资料具有相同的空间属性。下面的分析仅针对聚类Ⅱ型中120个浙江近海自动气象站进行。

### 3 浙江冬季海岛站点大风的特征

#### 3.1 大风空间分布特征

浙江省责任海区分为浙北( $31^{\circ}\sim 29^{\circ}\text{N}$ 、 $125^{\circ}\text{E}$ 以西)和浙南( $29^{\circ}\sim 27^{\circ}\text{N}$ 、 $125^{\circ}\text{E}$ 以西)2个海区,其中 $123^{\circ}\text{E}$ 以西的海区是日常预报服务的重点。近海海岛自动站和浮标站均分布在 $123^{\circ}\text{E}$ 以西,其中2

个浮标站分别位于 $29.75^{\circ}\text{N}$ 、 $122.75^{\circ}\text{E}$ (舟山浮标站)和 $27.55^{\circ}\text{N}$ 、 $121.4^{\circ}\text{E}$ (温州浮标站),离岸距离约47和70 km。浮标站附近海域开阔,受地形影响相对较小,对海平面10 m风具有很好的代表性,而其他近海站点由于地理因素代表性会受到一定的影响。

冷空气影响浙江近海时各海岛自动站风速相对于浮标站风速的差值记为 $\delta$ : $\delta = V_{\text{station}} - V_{\text{buoy}}$ ,式中 $V_{\text{station}}$ 为海岛站风速, $V_{\text{buoy}}$ 为浮标站测风,其中浙北海区(纬度 $\geq 29^{\circ}\text{N}$ ) $V_{\text{buoy}}$ 取舟山浮标站风速,浙南(纬度 $< 29^{\circ}\text{N}$ )则取温州浮标站风速。图4为4年中冷空气大风事件时浙江近海站点平均风向风速空间分布(图4a),平均风矢量差和 $\delta$ 空间分布(图4b)。由图4可见:冬季大风事件发生时浙北近海盛行偏北

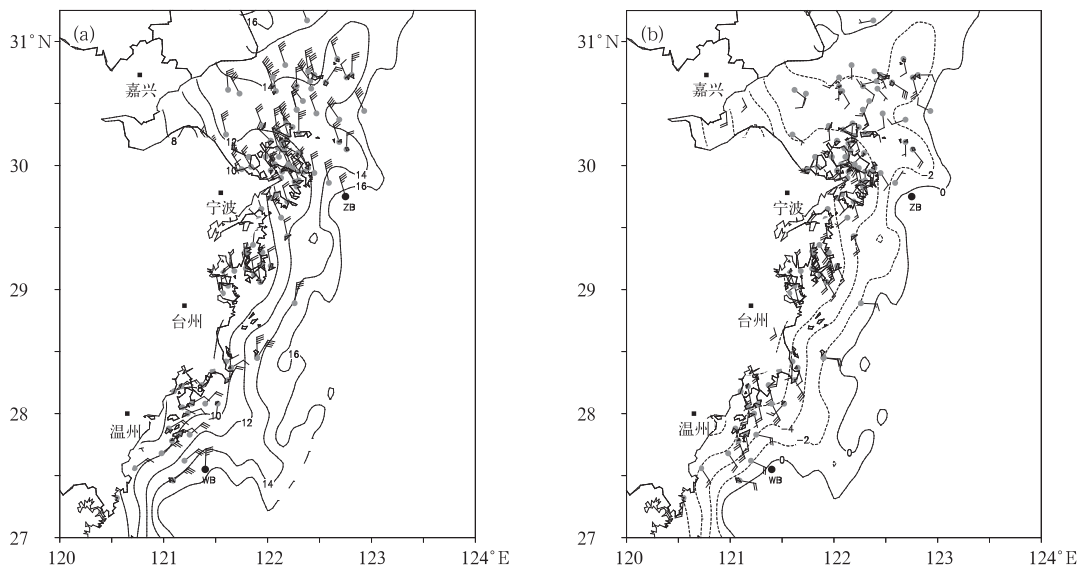


图4 浙江沿海自动气象站冷空气大风分布(a)及站点与浮标站风矢量差空间分布(b)  
(a中中羽为平均风向风速,等值线为全风速,b中中羽为站点与浮标站平均风矢量差,等值线为 $\delta$ ;  
ZB、WB:舟山、温州浮标站位置)

Fig. 4 The distribution of cold-air gale observed by AWSs (a, the barb is mean wind direction and the isogram is the speed,  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) and the vector differences and  $\delta$  value between the coastal stations and buoys (b, the barb is wind vector difference and the isogram is  $\delta \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) in Zhejiang (ZB and WB represent the Zhoushan and Wenzhou Buoys respectively)

风,浙南近海盛行东北风,全风速等值线几乎平行于海岸线自西向东逐渐增大(图4a)。与浮标站风资料相比较,浙北近海海岛站点风矢量差多带有明显的偏南分量,而浙南近海风矢量差多为东南风(图4b),表现在站点全风速上浙江近海海岛站点风速一般都小于浮标站。 $\delta$ 空间分布也表现为等值线基本平行于海岸线,靠近大陆海岸线站点风速比浮

标站风速偏小得更多,最多偏小 $8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上,仅浙北最偏东的浪岗站风速稍大于舟山浮标站。

#### 3.2 近海自动站与浮标站风速差值的影响因子分析

选取的116次冷空气大风个例中,参与分析的聚类Ⅱ型共120个自动站 $\delta$ 与站点海拔高度相关系

数仅为  $-0.031$ , 不能通过  $0.1$  显著性的  $t$  检验, 表明海拔高度与  $\delta$  相关性不显著, 但  $\delta$  和  $|\delta|$  ( $\delta$  的绝对值) 与站点离岸距离、经度、纬度相关系数均通过了  $0.01$  显著性的  $t$  检验,  $\delta$  和  $|\delta|$  与离岸距离相关系数分别达到  $0.567$  和  $-0.530$ , 表明自动站离岸距离越远, 其测风相对于浮标站风速的偏离度越小, 站点风速越接近浮标站。

自动站  $\delta$  与站点的经度、纬度、海拔高度、离浮标站距离和离岸距离 5 个地理因子进行逐步回归分析, 回归时逐个引入对  $\delta$  影响最显著的因子, 并对已引入的因子重新检验, 剔除不显著因子。虽然  $\delta$  和  $|\delta|$  与站点经度、纬度相关系数均能通过  $0.01$  显著性检验, 但由于经纬度和离岸距离不是独立因子, 经过逐步回归, 结果仅保留下离岸距离一个因子。回归方程如下:

$$\delta = -6.590 + 0.071X \quad (2)$$

式中  $X$  为自动站离岸距离, 以 km 为单位。

### 3.3 近海 ASCAT 风场的分析和订正

116 次冬季大风个例中有 62 次 ASCAT 有效风场资料, 图 5a 为其平均风速, 与图 4a 对比明显不同, 在上海洋山港附近海区 ASCAT 风速出现高值中心, 这是由于靠近海岸线时散射计风场受到地形

等噪音影响所致。将 ASCAT 风速按反距离权重 (张增海等, 2014) 插值到浙江近海站点, 并与观测资料进行相关分析发现 (图 5b): 浙江近海海岛站观测风速与 ASCAT 风速的相关系数分布总体表现出平行于海岸线、呈自西向东逐渐增大的特点, 浙北近海多数自动站相关系数比浙南低, 沿浙江省海岸线和洋山港附近海区两者相关系数小于  $0.30$ , ASCAT 反演风速的可参考性很差。相关系数超过  $0.50$  的站点一般离岸距离超过  $30$  km, 其中舟山和温州浮标站相关系数达到  $0.76$  左右, 反演风速与实况具有较好的一致性, 但反演风速小于实测风速, 平均分别偏小  $3.4$  和  $3.2$   $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 风向误差  $10^\circ$  左右。

根据式 (2) 和浮标站风速可以得到浙江近海每次大风过程 ASCAT 站点的理想推算风速, 对每次大风过程的 ASCAT 风速的误差求平均, 可以得到 ASCAT 风速需要订正的值 (图 6a)。图中可见: 杭州湾入口向南到台州沿海的大多数自动站点未订正的 ASCAT 反演风速大于订正后的风速, 最大在洋山港附近海区偏高  $3$   $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$  以上, 而浙北舟山普陀山以东海区、浙南的温州近海 ASCAT 反演风速一般偏小。将 ASCAT 反演风速应用到浙江冬季冷空气大风的预报和服务时需要考虑这种误差。

图 6b 为浙江近海订正后的 ASCAT 风速场, 可

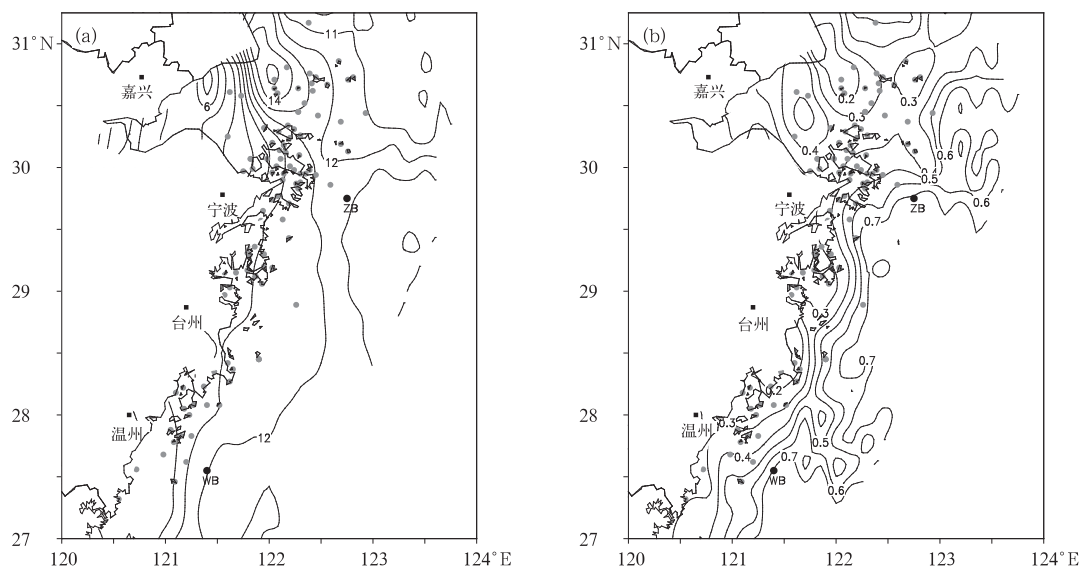


图 5 浙江近海冬季冷空气 ASCAT 平均风速 (a, 单位:  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )

及其与观测风速的相关系数分布 (b)

(ZB、WB 同图 4)

Fig. 5 The distribution of mean ASCAT wind speed (a, unit:  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) and coefficients between the ASCAT and observed winds (b) when the cold air affects Zhejiang offshore in winter

(ZB and WB are the same as in Fig. 4)



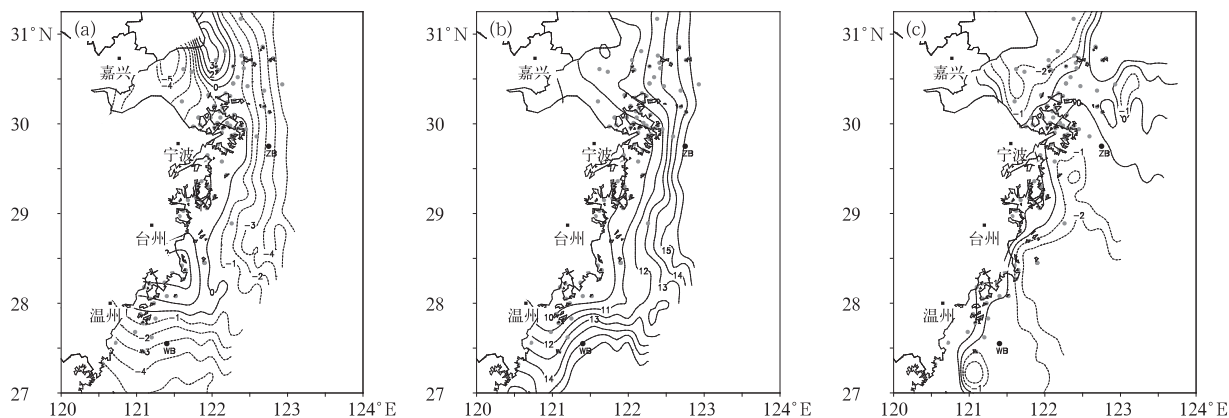


图 6 浙江近海冬季冷空气影响时 ASCAT 风速订正值分布(a)、订正后的 ASCAT 风速(b)及其与观测风速误差场(c)(单位:  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )  
(ZB、WB 同图 4)

Fig. 6 The distribution of the mean value for the corrected ASCAT speed (a), the ASCAT speed after correcting (b) and the errors between the corrected ASCAT speed and the observed speed (c) when cold air impacts Zhejiang off-shore in winter  
(unit:  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ; ZB and WB are the same as in Fig. 4)

见订正后的 ASCAT 风速等值线平行于海岸线逐渐增大,与卢美等(2011)利用浙江嵊泗、嵊山、大陈、北鹿、南鹿站资料以及 NCEP 再分析资料得到的结论基本一致。订正后的 ASCAT 风速与实况观测误差绝对值一般不超过  $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (图 6c),表明订正后的结果具有一定的参考价值。

## 4 结论和讨论

通过对 2010—2014 年冬季浙江省自动气象站观测风和 ASCAT 反演风资料的空间模糊聚类和分析,得到以下结论:

(1) 基于  $U$ 、 $V$  风速的模糊聚类分型表明:浙江省大多数海岛自动气象站与内陆站点风向风速有明显差异,与舟山、温州 2 个浮标站测风资料具有相同的空间属性。

(2) 冬季大风事件发生时浙江北部近海盛行偏北风,南部近海盛行东北风,全风速等值线基本平行于海岸线自西向东逐渐增大。浙江北部近海多数自动站与舟山浮标站相比有偏南风矢量差,南部近海自动站比温州浮标站有东南风矢量差,自动站风速一般小于浮标站。

(3) 站点离岸距离是影响站点风速与浮标站风速差值  $\delta$  的主要因子,离岸距离越远,站点风速越接近浮标站。站点海拔高度与  $\delta$  相关性不显著。

(4) 观测风速与 ASCAT 反演风速相关系数超

过 0.5 的站点离岸距离一般超过 30 km,舟山和温州 2 个浮标站测风与 ASCAT 反演风具有较好的相关性。经订正后的 ASCAT 风速分布也具有平行于海岸线、自西向东逐渐增大的特征,且与观测的误差绝对值一般小于  $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

本文的理想风速推算方法基于近海观测资料,仅适用于近海海区。近岸 ASCAT 反演风速虽然参考性不强,但观测站点较多,随着离岸距离增大,反演风速参考性增强,充分利用气象观测与 ASCAT 反演资料的互补性,就能获取更细致的海面风场。本文仅对 ASCAT 反演风的订正进行了初步尝试,更细致的工作可以将其与站点观测风(或理想推算风速)建立回归方程,效果可能会更好。

**致谢:**感谢国家气象中心张增海高工提供 ASCAT 资料。

## 参考文献

- 常蕊,朱蓉,周荣卫,等. 2014. 高分辨率合成孔径雷达卫星反演风场资料在中国近海风能资源评估中的应用研究. 气象学报, 72(3): 606-613.
- 陈彦,吕新. 2008. 基于 FCM 的绿洲农田养分管理分区研究. 中国农业科学, 41(7): 2016-2024.
- 方翔,威迪,李小龙,等. 2007. QuikSCAT 洋面风资料及其在热带气旋分析中的应用. 气象, 33(3): 33-39.
- 高留喜,朱蓉,常蕊. 2014. QuikSCAT 和 ASCAT 卫星反演风场在中国南海北部的适用性研究. 气象, 40(10): 1240-1247.
- 高新波,裴继红,谢继信. 2000. 模糊  $c$ -均值聚类算法中加权指数  $m$

- 的研究. 电子学报, 28(4):80-83.
- 郭冬艳, 姜涛, 陈有龙, 等. 2011. 琼州海峡沿岸大风分布规律及影响系统分析. 气象, 37(11):1372-1379.
- 黄彬, 代刊, 钱奇峰, 等. 2013. 引发黄渤海大风的黄河气旋诊断研究. 气象, 39(3):302-312.
- 李艳, 史舟, 吴次芳, 等. 2007. 基于模糊聚类分析的田间精确管理分区研究. 中国农业科学, 40(1):114-122.
- 卢美, 朱业. 2011. 浙江沿海大风的天气气候特征. 杭州师范大学学报(自然科学版), 10(5):474-480.
- 沈春, 项杰, 蒋国荣, 等. 2013. 中国近海 ASCAT 风场反演结果验证分析. 海洋预报, 30(4):27-32.
- 盛春岩, 杨晓霞. 2012. “09. 4. 15”渤海和山东强风过程的动力学诊断分析. 气象, 38(3):266-273.
- 石慧, 蔡旭晖, 宋宇. 2011. 中国近海海面风场的分类. 北京大学学报(自然科学版), 47(2):353-362.
- 辛吉武, 翁小芳, 许向春, 等. 2009. 琼州海峡南北海岸带大风的天气气候特征. 气象, 35(10):71-77.
- 许向春, 辛吉武, 梁国锋, 等. 2011. 琼州海峡海面风场特征的观测分析. 热带气象学报, 27(1):118-124.
- 张德天, 郑崇伟, 石岭琳, 等. 2011. 基于 QuikSCAT/NCEP 风场的 1999—2009 年中国海表风场研究. 海洋预报, 28(4):58-64.
- 张增海, 曹越男, 刘涛, 等. 2014. ASCAT 散射计风场在我国近海的初步检验与应用. 气象, 40(4):473-481.
- Bi L, Jung J A, Morgan M C, et al. 2011. Assessment of assimilating ASCAT surface wind retrievals in the NCEP Global Data Assimilation System. Mon Wea Rev, 139(11):3405-3421.
- Hersbach H. 2010. Assimilation of scatterometer data as equivalent neutralwind, ECMWF Technical Memorandum 629. [http://www.ecmwf.int/publications/library/ecpublications/\\_pdf/tm/601-700/tm629.pdf](http://www.ecmwf.int/publications/library/ecpublications/_pdf/tm/601-700/tm629.pdf).
- Li Y, Shi Z, Li F, et al. 2007. Delineation of site-specific management zones using fuzzy clustering analysis in a coastal saline land. Comp Electron Agr, 56(2):174-186.
- Osamu Isoguchi, Hiroshi Kawamura. 2007. Coastal wind jets flowing into Tsushima and effect on wind-wave development. J Atmos Sci, 64(1):564-578.