

北黄海 QuikSCAT 卫星风速与浮标风速的对比分析

刘志亮^{1,2}, 宋丽娜^{1,2,3}, 王凡^{1,2}, 白虹^{1,2}

(1. 中国科学院 海洋研究所, 山东 青岛 266071; 2. 中国科学院 海洋环流与波动重点开放实验室, 山东 青岛 266071; 3. 中国科学院 研究生院, 北京 100049)

摘要: 对北黄海 QuikSCAT 散射计矢量风资料与黄海实测浮标站风速资料进行对比分析, 结果表明: 北黄海 QuikSCAT 卫星风速和浮标观测风速的大小基本吻合, 二者平均偏差是 0.26 m/s, 相关系数是 0.74; 风向偏差较大, 平均偏差是 117.52°。根据卫星风速和浮标风速的对比分析结果, 提出了修正方案。修正后的 QuikSCAT 风向与实测浮标站风向的平均偏差显著提高到 20.44°。该修正方案实施简单, 修正效果显著, 为更准确地使用卫星资料提供了保证。

关键词: QuikSCAT 卫星; 浮标; 黄海; 风速

中图分类号: P714.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2012)03-0001-07

传统方法对海面风速的观测大多来自于船舶、海上浮标以及岛屿站的测量, 但是这些资料的覆盖范围和时空分辨率远达不到研究和应用的要求。而由卫星观测反演得到的风速资料由于具有覆盖范围大、高时空分辨率、可连续观测的优点, 使其在观测和研究中发挥越来越重要的作用^[1-4]。例如, QuikSCAT 卫星风速资料由于时空分辨率相对较高, 资料获取容易等优点, 在海洋数值模拟和海洋资料分析中应用广泛。但在近海海域, 海岸线分布、复杂天气状况、海陆风等因素会显著影响卫星风速资料的准确性^[5-7]。因此, 卫星风速资料在我国近海海域的使用是否具有较好的适用性, 是个值得研究的问题。特别是利用长时间序列的近海海域的浮标直接观测风速与同时间序列的 QuikSCAT 卫星风速进行对比分析, 对深入认识 QuikSCAT 卫星风速在近海海域的适用性方面具有非常重要的意义。

在我国近海海域, 对 QuikSCAT 卫星风速与海上直接观测的风速资料进行比较的研究并不多见。刘春霞等^[1]将 QuikSCAT 风速与岛屿站资料进行比较, 发现 QuikSCAT 散射计风速大小普遍高于岛屿站的观测值, 风向的偏差为 26.7°。周嘉陵等^[5]认为 QuikSCAT 散射风原始轨道资料在江苏近海区域具有可信性, 江苏近海海洋站与 QuikSCAT 风速误差为 -0.01 m/s, 卫星风速略低于海洋站的风速; 两者的风向偏差为 2.31°。最近, Pensieri 等^[6]对比分析了地中海近岸海域一个浮标上的实测风速数据和

QuikSCAT 卫星风速数据, 认为 QuikSCAT 矢量风满足近海海域对高风速的观测精度要求, 但是对低风速, 尤其是低风速的风向观测结果不佳。

本文利用中国科学院海洋研究所在北黄海布放的 1 号浮标上观测的海上直接观测风速和同时间段 QuikSCAT 卫星风速资料, 对两者进行了对比分析, 并根据分析结果提出了一种适用于该海域的 QuikSCAT 卫星风向数据的修正方案, 使 QuikSCAT 卫星风速更好地反映真实的海上风场。

1 数据介绍

中国科学院海洋研究所近海观测网络平台建设项目的在北黄海布放了 5 套观测浮标, 其中 1 号浮标上带有风速风向测量设备。本文使用的风速实测数据就来源于该浮标, 其位置位于 122.45°E, 38.45°N, 如图 1 所示。浮标距离岸边的平均距离是 71 km, 观测数据的时间范围是从 2009 年 6 月 3 日到 11 月 20 日, 共计 171 d。浮标实测风速数据包括平均风速和最大风速, 采样间隔均为 1 h, 本文只使用了浮标平均风速数据。

美国太空总署 NASA 于 1999 年 6 月发射的

收稿日期: 2011-10-28; 修回日期: 2012-01-08

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目资助(关键物理过程对养殖活动和近海生态过程的影响)

作者简介: 刘志亮(1977-), 男, 山东潍坊人, 副研究员, 博士, 电话: 0532-82898840, E-mail: zhlliu@qdio.ac.cn

QuikSCAT(QuickScatterometer)上携带了测量海面风的散射计 SeaWinds, 其采用 Ku 波段和铅笔束天线圆锥扫描, 刈幅宽 1800 km, 每天可覆盖全球海洋 90% 以上的范围, 其所载仪器 SeaWinds 具有观测海面风场(风速和风向)的能力, 水平分辨率为 25 km^[3,6-7]。近年来同化和演变技术的发展, 使得 QuikSCAT 资料产品越来越丰富^[3,6]。

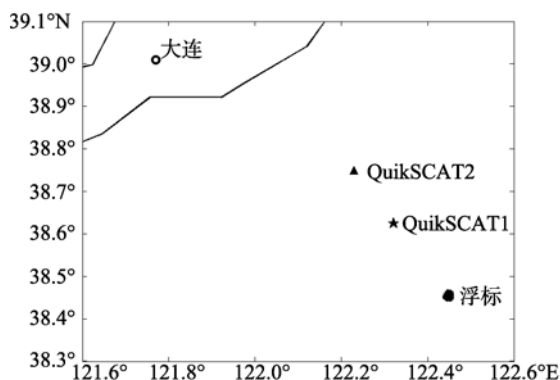


图 1 浮标位置和 QuikSCAT 网格点位置

Fig. 1 The locations of the buoy and the nearest QuikSCAT data points

本文采用两种不同的 QuikSCAT 资料, 一种是美国 NASA 的 JPL(Jet Propulsion Laboratory ftp://podaac.jpl.nasa.gov)海气组经过处理的三级产品, 分辨率是 $0.25^\circ \times 0.25^\circ$, 时间间隔为 1 d, 记作 QuikSCAT1。另一种是选用法国 CERSAT (ftp://ftp.ifremer.fr/ifremer/cersat/products/gridded/mwf-quikscat/data/)中心处理的风场资料, 空间分辨率为 $0.5^\circ \times 0.5^\circ$, 时间间隔也是 1 d, 记作 QuikSCAT2。两种 QuikSCAT 资料距离浮标最近的网格点位置如图 1 所示。

2 QuikSCAT 风场资料与实测浮标风场资料的对比分析

2.1 东西分量和南北分量的对比

我们首先对风速资料的東西分量和南北分量进行了对比, 图 2 给出了两种 QuikSCAT 卫星风速资料和浮标观测平均风速资料的東西分量和南北分量的时间序列。由图 2 可见, 两种 QuikSCAT 卫星风速资料比较吻合, 但和浮标观测风速相差较大。因此, 在本文以后的分析中我们只使用了第一种 QuikSCAT 风速资料。同时, 为了抑制短时间尺度扰动对结果的

影响, 我们还对这几种风速数据进行了 2, 5, 10 d 等不同时间分辨率的时间平均, 并进行了同样的比较, 也得到了类似的结果。

图 3 给出了第一种 QuikSCAT 卫星风速资料和浮标观测数据东西分量和南北分量的散点图。由图也可见, 这两种资料的吻合程度很差。东西分量散点分布的线性拟合斜率是 -0.38, 南北分量斜率是 0.13, 与斜率为 1 的理想结果相差较大。以上结果均说明, 卫星风速资料和浮标风速资料的東西分量和南北分量存在着较大差别。如果假设浮标观测风速是真风速的话, 以上对比结果表明不经修正直接使用卫星风速资料在该海域是不合适的。

2.2 风速大小和风向的对比分析

我们将 QuikSCAT 风速资料的東西和南北分量转化为风速和风向数据, 与浮标观测资料进行了对比, 如图 4。由图 4 可见, QuikSCAT 与实测浮标风速大小的时间序列吻合较好, 变化趋势一致; 这两种资料风速大小的偏差大多维持在 0 m/s 左右, 最大偏差不超过 ± 6 m/s, 平均偏差是 -0.26 m/s。另一方面, QuikSCAT 与实测浮标风速的方向偏差很大, 吻合程度不好。通过计算, QuikSCAT 与实测浮标平均风速方向的平均偏差是 117.52° , 最大偏差达到 $\pm 300^\circ$ 。

我们还对这两种资料的风速的大小和方向分别作散点图并进行了线性拟合, 如图 5。风速大小经线性拟合后斜率为 0.91, 接近 1, 截距是 0.57, 吻合很好。风向经过拟合后, 当 QuikSCAT 方向小于 200° 时, 拟合斜率为 0.58, 截距是 -6.22; 当 QuikSCAT 方向大于 200° 时, 拟合斜率为 -0.35, 截距是 347.48。

由以上分析可知, QuikSCAT 风速与实测浮标平均风速的大小基本吻合, 但是方向差别很大。这也是直接对比两者東西分量和南北分量结果较差的原因所在。因此, 假定浮标观测数据是客观准确的, 我们希望能通过对 QuikSCAT 风速数据, 特别是风向数据进行修正, 以使这两种数据都尽可能吻合。

2.3 对风向的第一次修正

对于风向而言, 从 360° 到 0° 变化时是不连续的, 这可能会对风向数据的对比带来误差。Pensieri 等^[6]通过对地中海一个近岸浮标风速数据和 QuikSCAT 风速数据的对比分析, 针对风向变化的这种不连续性提出了一种对 QuikSCAT 风向进行修正的方法, 即当 $\theta_Q - \theta_B > 180^\circ$ 时, $\theta_Q = \theta_Q - 360^\circ$; 当 $\theta_Q - \theta_B < -180^\circ$ 时, $\theta_Q = \theta_Q + 360^\circ$ 。其中, θ_Q 为 QuikSCAT 风向, θ_B 为浮标

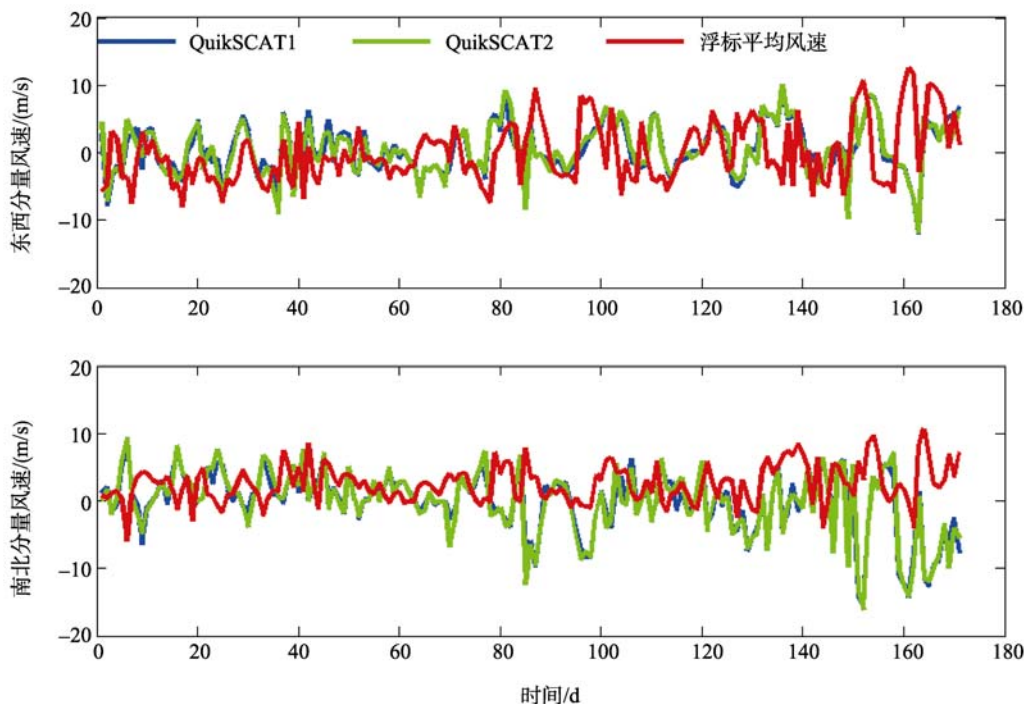


图 2 QuikSCAT 风速和浮标平均风速对比

Fig. 2 The comparison between the QuikSCAT wind and the mean buoy wind

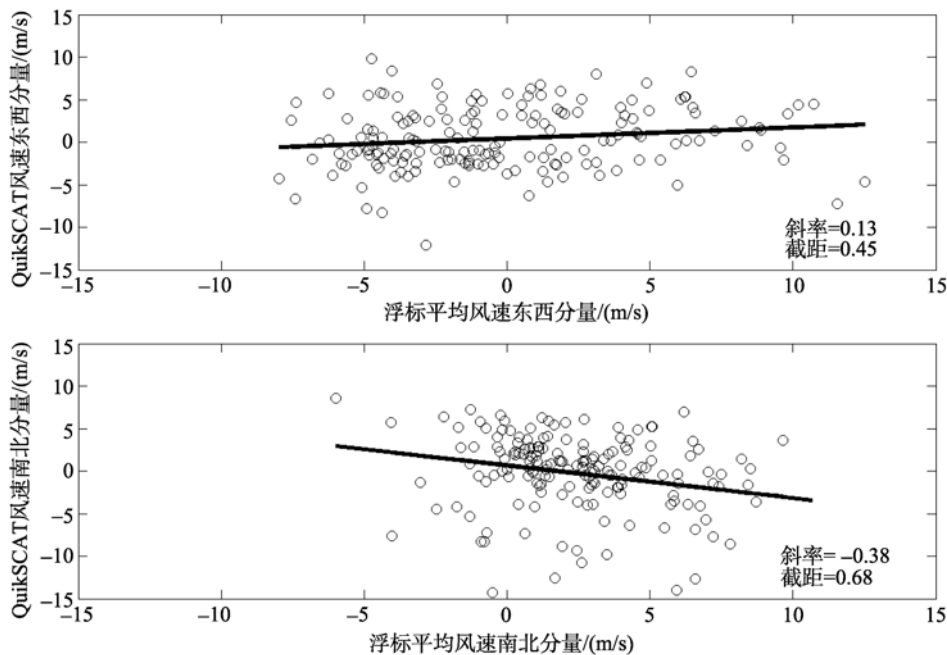


图 3 QuikSCAT 和浮标平均风速散点图以及线性拟合

Fig. 3 The scatter and the linear polyfit of QuikSCAT wind data and the mean buoy wind data

风速风向。我们首先采用了这种修正方法(本文称一次修正),修正后的两种数据风向的散点对比结果如图 6 所示。可见,经过这种修正之后,两种数据的风向吻合程度得到很大提高,散点对比图斜率为 1.09,

接近于 1。但截距是 -58.91° ,稍显偏大。因此,我们拟在此基础上提出对风向进行第二次修正,以使得两种数据风向的散点对比图中拟合的截距得到改善。

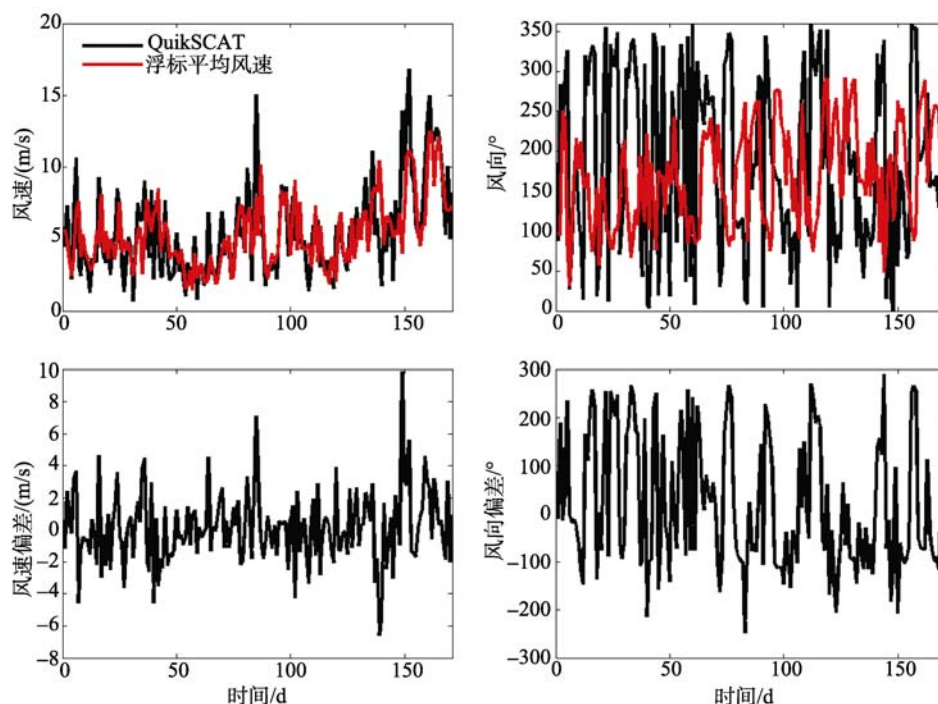


图 4 QuikSCAT 和浮标的风速、风向对比及风速偏差、风向偏差

Fig. 4 The comparisons of wind speeds and wind directions between QuikSCAT and buoy data and their bias

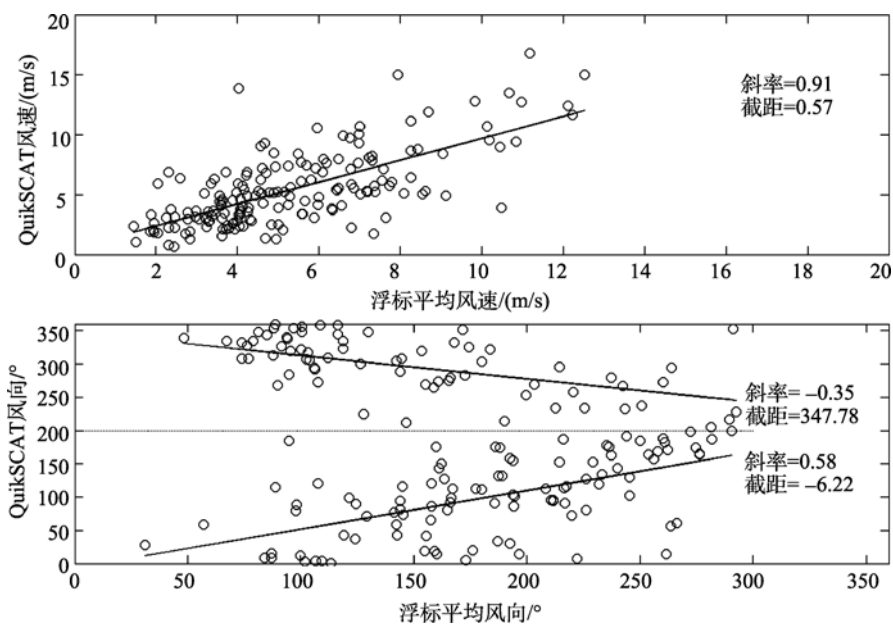


图 5 QuikSCAT 和浮标原始数据散点图及拟合

Fig. 5 The scatter and linear polyfit of raw QuikSCAT data against the buoy data

2.4 对风向的第二次修正

因为经过一次修正以后，对风向散点比对的线性拟合斜率已接近于 1，对此无需进行较大调整。

但截距稍大，因此为了尽量减小风向的偏差，只需将风向拟合后的截距接近于 0 即可。所以，在风向经过一次修正后，再进行第二次修正，即令 $\theta_Q = \theta_B + 58.91^\circ$ 。修正后两种数据风向散点对比结果

如图 6 所示。

我们还统计了 QuikSCAT 和浮标风速数据在修正前和修正后的风向偏差的统计概率分布, 如表 1。由表 1 可见, 修正之后比没有修正之前, 两种资料方

向的差值在 0°到 50°之间的比例明显提高, 150°到 250°之间的样本数明显减少, 两种对比资料方向的差值在 250°以上的样本数为 0。说明修正后的结果比之前没有任何处理的结果要好很多。

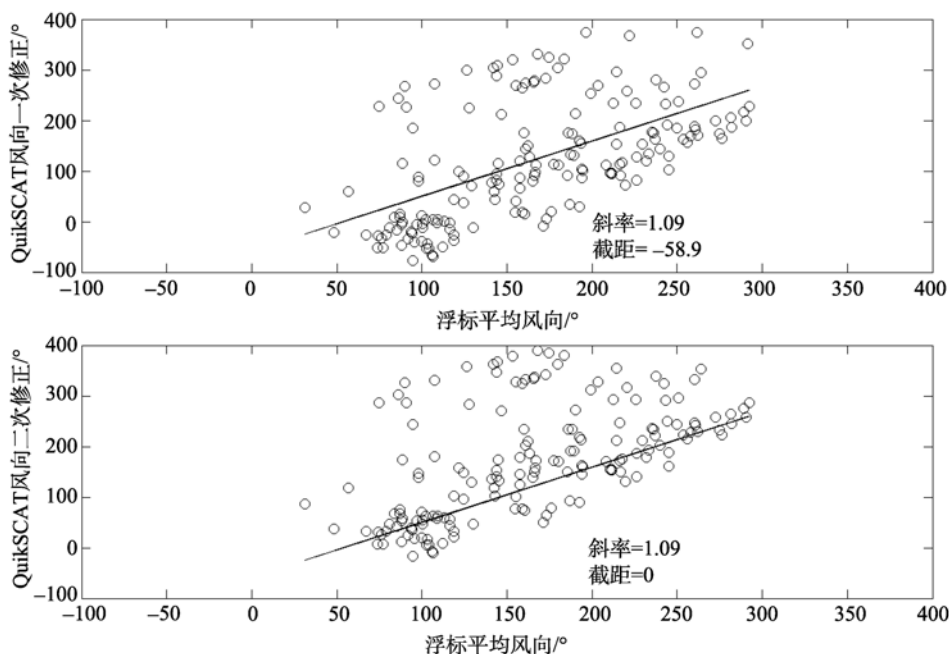


图 6 风向的一次修正、二次修正散点图及拟合

Fig. 6 The scatter and the linear polyfit of raw QuikSCAT data against the buoy data for wind directions after one correction and two corrections

表 1 修正前后风向偏差统计

Tab. 1 Wind direction comparison before and after the correction

风向偏差 范围 (°)	修正前 样本数	修正前 比重 (%)	修正后 样本数	修正后 比重 (%)
[0,50]	24	14.0	82	47.9
[50,100]	60	35.1	46	26.9
[100,150]	36	21.0	17	9.9
[150,200]	20	11.7	12	7.1
[200,250]	22	12.9	14	8.2
[250,300]	9	5.3	0	0

2.5 修正后风速东西分量和南北分量的对比

我们将经过修正后的 QuikSCAT 风速和风向数据再次转化为东西分量和南北分量, 分别再与浮标数据进行了对比。图 7 给出了散点图对比结果, 图 8

给出了时间序列的对比结果。图 7 显示 QuikSCAT 经过风向修正之后再转化的东西分量和南北分量与浮标观测数据的吻合程度大大提高, 两者的散点对比更加集中。

由图 8 也可以看出, QuikSCAT 经过风向修正后两种风速数据的東西分量和南北分量比没有修正之前更加吻合, 相关性也得到很大提高, 分别为 0.66 和 0.50, 均已超过 95%的可信度水平。以上对比结果均说明本文的修正方法非常有效, 且实施起来也比较简单易行。

3 结论与讨论

本文分析结果表明, QuikSCAT 卫星风速与北黄海浮标实测风速的大小非常吻合, 两者的平均偏差只有 0.26 m/s; 但两者的风向数据相差较大, 平均偏差达 117.52°。风向的差异也直接导致了两种风速数据在东西和南北分量上对比时偏差较大。

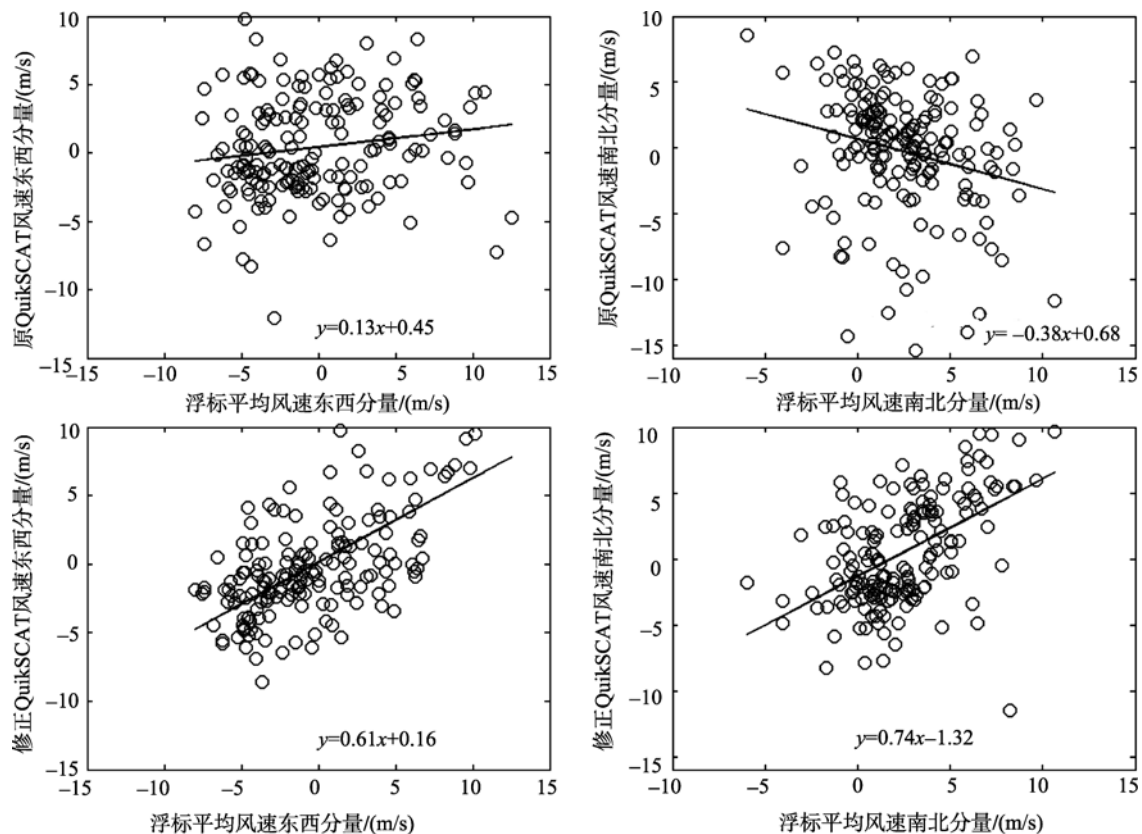


图 7 修正前后 QuikSCAT 风速和浮标风速的散点比较

Fig. 7 The comparisons between QuikSCAT wind data and buoy data before and after the correction

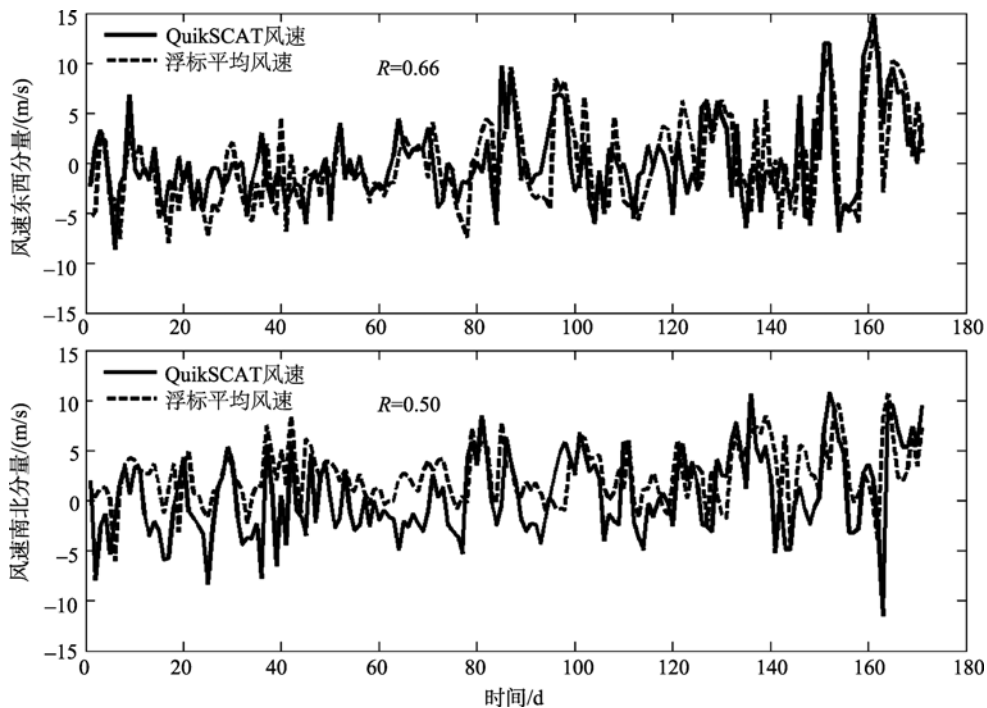


图 8 两次修正后 QuikSCAT 风速与浮标平均风速的时间序列对比

Fig. 8 The comparisons between time series of corrected QuikSCAT wind and buoy data

在对两种风速数据风向比对结果进行分析后,本文在 Pensieri 等^[6]风向修正方案的基础上,再经过一次简单易行的修正, QuikSCAT 卫星风向与浮标实测风向平均偏差减小至 20.44°, 两种风速数据已能较好地吻合。这说明本文的修正方案在该海域非常有效,且实施简单,为更准确地使用该卫星资料提供了较好的途径。

致谢:感谢中国科学院海洋研究所近海观测浮标网络平台建设项目提供浮标风速资料。

参考文献:

- [1] 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: 107-117.
- [2] 李江南,王安宇,杨兆礼,等. 用 QuikSCAT 资料分析“黄蜂”登陆前后近地层风场的分布特征[J]. 热带气象学报, 2003, 26: 88-96.
- [3] 吴晓京,陈云浩,郑新江,等. 洋面风场的 QuikSCAT/SeaWinds 遥感探测[J]. 自然灾害学报, 2007, 16(2): 7-15.
- [4] 王亮,张云,臧增亮,等. 非对称 Bogus 台风与 QuikSCAT 风场资料的三维变分同化应用对台风数值模拟影响研究[J]. 热带气象学报, 2009, 25: 59-68.
- [5] 周嘉陵,沈树勤,曾明剑,等. QuikSCAT 风矢量资料在黄海洋面的真实性检验及应用[J]. 科学技术与工程, 2010, 35(10): 8670-8675.
- [6] Pensieri S, Bozzano R, Schiano M E, et al. Comparison between QuikSCAT and buoy wind data in the Ligurian Sea[J]. Journal of Marine Systems, 2010, 81: 286-296.
- [7] Dickinson S, Kelly K A, Caruso M J, et al. Comparisons between the TAO buoy and NASA scatterometer wind vectors[J]. J Atmos Oceanic Technol, 2001, 18: 799-806.

Comparison between QuikSCAT and buoy wind data in the north Yellow Sea

LIU Zhi-liang^{1,2}, SONG Li-na^{1,2,3}, WANG Fan^{1,2}, BAI Hong^{1,2}

(1. Institute of Oceanology, the Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. Key Laboratory of Ocean Circulation and Waves, the Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 3. Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Received: Oct.,28,2011

Key words: QuikSCAT; the buoy; the Yellow Sea; wind data

Abstract: We compared the wind data obtained from QuikSCAT satellite with that measured in situ in the north Yellow Sea at an offshore buoy deployed by Institute of Oceanology, the Chinese Academy of Sciences. The bias between QuikSCAT wind speed data and the buoy-measured data satisfied the accuracy requirement. The mean bias for wind speed was about 0.26 m/s and the correlation between the two data was 0.74. However, the bias with mean of 117.52° for wind direction between the two wind data was too large. A correction method for QuikSCAT wind direction was proposed on the basis of the comparison. The mean bias for wind direction was about 20.44° after the correction.

(本文编辑:刘珊珊)