

中国近海 ASCAT 风场反演结果验证分析

沈春^{1,2}, 项杰¹, 蒋国荣¹, 施伟来¹

(1.解放军理工大学气象海洋学院,江苏 南京 211101;2.河海大学港口海岸与近海工程学院,江苏 南京 210098)

摘 要:利用 NCEP 风场产品和 dropsonde 探测资料,对中国近海 ASCAT 全场和单点的风速反演精度进行验证分析。研究发现 ASCAT 反演风场与 NCEP 风场的风速、风向平均绝对偏差分别为 2.06 m/s 和 21.98°;均方根误差分别为 2.87 m/s 和 34.29°。两者风速反演精度较一致,风向误差相对偏大。ASCAT 反演风场与 dropsonde 探测资料的风速、风向平均绝对偏差分别为 1.55 m/s 和 3.43°;均方根误差分别为 1.73 m/s 和 4.15°。ASCAT 资料可以较好的反演台风风场。

关键词:风速;散射计;ASCAT;NCEP;dropsonde

中图分类号:P715.6 **文献标志码:**A **文章编号:**1003-0239(2013)04-0027-07

1 引言

风是重要的海洋和气象要素,评估运行海洋模式驱动场最重主要的要素之一就是海表面风(海面以上 10 m 处的风速),它将直接驱动海表面应力和湍流通量场。这意味着风场的误差将直接影响模式驱动并影响模式模拟结果^[1]。目前,风场资料主要有两类:一是卫星散射计反演产品,二是全球同化系统产品(比如 ECMWF, NCEP, NCAR 等);为了提高精度,再分析产品都已经用一些统计方法或谱分析方法对散射计反演风场做了修正^[2]。Weller 和 Anderson 在 COARE-IFA 实验中比较了浮标资料和分析风场,证明 ECMWF 资料在赤道太平洋附近低估了风速^[3]。相反, Weller 等比较了阿曼海岸 ECMWF 分析产品和站点观测资料证明分析产品给出的是真实风场^[4]。卫星产品的应用解决了观测站点少的问题,提供了全球覆盖并且有高时空分辨率的风场资料。但是卫星资料的精确度也需要确认^[5]。

多个研究表明散射计产品和浮标资料比较的 RMS 值基本符合卫星设计规范,风速误差 ± 2 m/s,风向误差为 $\pm 20^\circ$ ^[6-7]。QuikSCAT 的散射计获取的风场

已经在多个区域使用现场观测浮标或船测资料验证了它的有效性^[8-9]。Brennan 等指出用 QuikSCAT 资料得到风半径信息对于飞行器没有侦查到的台风来说非常重要,但比较台风场散射计风产品与站点资料的研究很少^[10]。

近年来“侵台台风之 GPS Dropsonde 飞机侦察观测实验”^[11]是西北太平洋最重要的台风下投式探空仪观测之一。该试验收集的 GPS Dropsonde 在西北太平洋观测了大量的台风海上探空观测向量,且该资料具有较好的垂直解析度和精确度,为台湾周边区域遥感探测资料的精度验证和校准提供了独特的资料^[12]。彭犁然等就利用了 GPS Dropsonde 资料对 2005 年第 19 号台风“龙王”的结构进行了研究^[13]。Chou 等利用 dropsonde 资料对 2003—2007 年台湾周边 QuikSCAT 风场精度做了验证,两种资料的均方根误差风速为 2.6 m/s,风向为 17°^[14]。

Metop-A 卫星搭载的 ASCAT 散射计的风场产品已经可以通过多家网站获取,其中产品比较及时的是荷兰皇家气象协会(KNMI)和 NOAA 的卫星应用研究中心的表面风研究组。QuikSCAT 退役后,ASCAT 产品被认为是目前比较理想的风场产品,对

收稿日期:2012-07-03

基金项目:国家自然科学基金(41276018)和(41275113)

作者简介:沈春(1981-),男,讲师,主要从事海洋水文保障研究工作。E-mail:jimmyshenchun@163.com

其风场反演精确性,特别是高风速风场的精确性进行验证十分必要。

2 资料与方法

2.1 ASCAT 风场数据

用于比较验证的 ASCAT 数据来源于荷兰皇家气象协会(KNMI)网站提供的卫星沿轨产品(http://www.knmi.nl/scatterometer/ascatsi_12_prod/)。该产品是通过欧洲气象卫星组织(EUMETSAT)的卫星应用分支机构(SAF, Satellite Application Facilities)收集资料后经过质量控制^[15],再由地球物理模型函数(GMF, geophysical model function):CMOD5.n^[16]和最大似然估计(MLE, maximum-likelihood estimator)方法^[17]反演风速,使用二维变分方法(2D-VAR, two dimensional variational ambiguity removal)^[18]实施风向模糊去除得到风场产品。研究使用的是分辨率为 12.5 km 的产品。

研究重点比较的是有台风场的 ASCAT 风场产品反演精度情况,通过比对 2006 年—2010 年 8 个台风现场观测 Dropsonde 资料,找到三个时次的 ASCAT 产品与现场观测资料匹配:区域是中国近海(12°—40°N, 107°—143°E),时间是 2009 年 8 月 6 日 1:01—1:10 UTC, 2009 年 10 月 3 日 1:00—1:09 UTC 和 2009 年 10 月 20 日 1:49—1:58 UTC(见图 1)。

2.2 NCEP 风场数据

用于验证的 NCEP 数据来源于 UCAR 的计算与信息系统实验室(CISL, Computational & Information Systems Laboratory)提供的产品(<http://dss.ucar.edu/datasets/ds083.2/>),该 NCEP 业务化全球分析资料是全球资料同化系统的产品。资料产品的空间分辨率是 1°×1°,时间分辨率是 6 h。

2.3 Dropsonde 资料

Dropsonde 资料指的是 NCAR GPS dropwindsonde 观测的台风风速资料^[11]。研究使用的 Dropsonde 资料来自于台湾国会资助的“侵台台风之 GPS Dropsonde 飞机侦察观测实验”(DOTSTAR, Dropsonde Observations for Typhoon Surveillance near the Taiwan Region)(代号:追风计划)提供的资料。自 2003 年起, DOTSTAR 观测试验在西北太平洋展开,针对即将影响我国的台风,侦察飞机以每架次约 5 h 直接飞到台风外围距台风中心约 250—300 km、高度约 200 hPa 投掷 Dropsonde,在掉落过程中每隔 0.5 s 测量一次大气环境的压力、温度、湿度,每个探空仪的观测过程历时约 15—20 min^[13]。Dropsonde 在对流层底部的观测垂直分辨率大约是 5 m^[14],观测误差大约为 0.5—2.0 m/s^[11]。本文使用的数据是 DOTSTAR 针对 2009 年第 8 号台风“莫拉克”(Morakot)、2009 年第 17 号台风“芭玛”(Parma)、

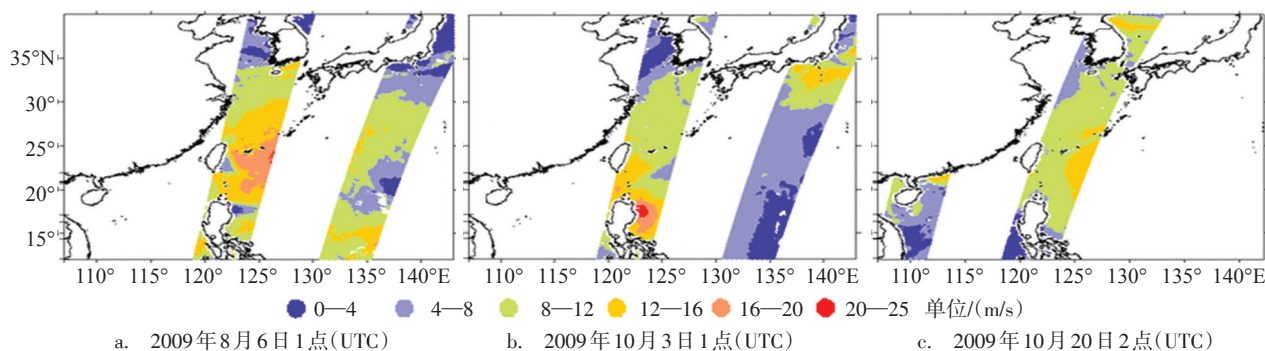


图 1 用于比较的三个时次的 ASCAT 风速场

2009 年第 20 号台风“卢碧”(Lupit)的观测资料。

2.4 资料预处理

NCEP 资料是 1°×1°的格点资料, ASCAT 沿轨资料是分辨率为 12.5 km 的不规则网格资料。NCEP 资料给出的是风速分量 u 、 v , ASCAT 资料给出的是

风速、风向。为了便于比较对 ASCAT 数据做预处理,将 ASCAT 资料先转换成风速分量 u 、 v ,再用克里金(Kriging)插值方法插值到 NCEP 网格点上,搜索指定半径为 0.5°。

ASCAT 的风场资料给出的是海面 10 m 出的风速, Dropsonde 投放过程中在接近海面处大约每隔

5 m 给出一个观测值,与 ASCAT 比较时选取的 Dropsonde 资料是 5—15 m 高度处一个与 10 m 高度最接近的值进行比较,如果该高度区间没有观测值,则不使用该次观测资料。与 Dropsonde 比较的 ASCAT 资料从沿轨资料中选取,选取比较的点是距离 Dropsonde 位置最近的一个点的反演的风速。

文章比较所用的三种资料 ASCAT 资料使用的是协调世界时(UTC),NCEP 资料使用的也是协调世界时(UTC),dropsonde 资料使用的是格林尼治标准

时间(GMT)。UTC 和 GMT,这两者几乎是同一概念,区别在于前者是一个天文上的概念,而后者是基于一个原子钟。这两种时间相差只有几秒,所以文中不考虑这两个时间之间的差异。

3 结果与分析

3.1 ASCAT 风场与 NCEP 风场比较结果

格点化后的 ASCAT 风速和风向与 NCEP 资料的风速风向见图 2,3。从图中可看出 ASCAT 资料反

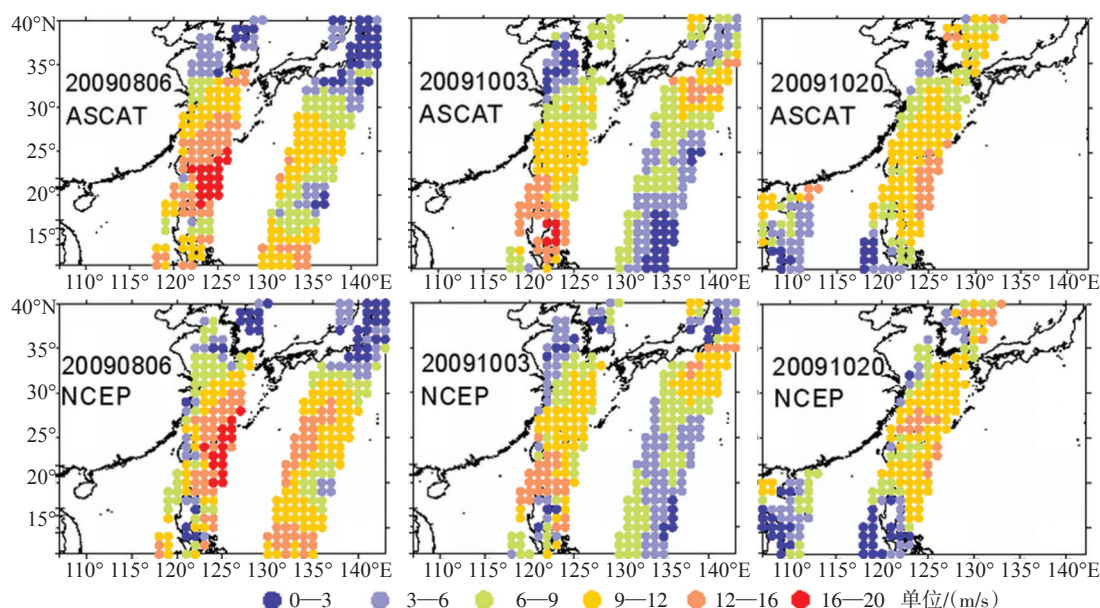


图2 网格化 ASCAT 风速场和 NCEP 风速场

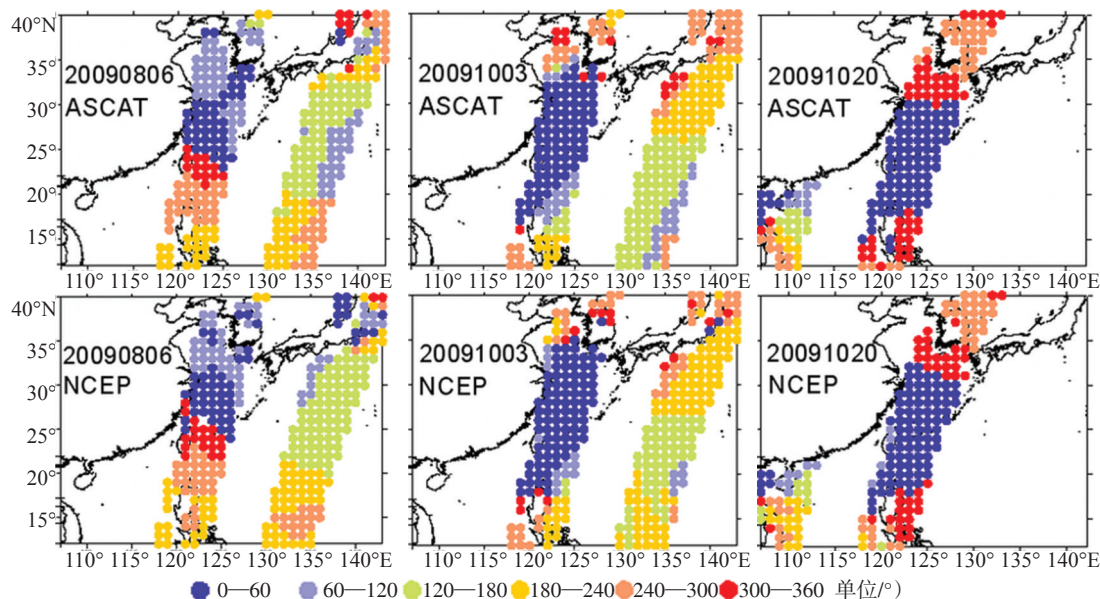


图3 网格化 ASCAT 风向速和 NCEP 风向场

表1 ASCAT与NCEP资料风速、风向比较

比较项目	比较时次	偏差	平均绝对偏差	均方根误差	比较的点数
风速 /(m/s)	20090806 0:00UTC	-0.28	2.13	2.84	321
	20091003 0:00UTC	0.33	1.81	2.90	319
	20091020 0:00UTC	0.94	2.25	2.88	205
风向 /°	20090806 0:00UTC	5.40	23.72	35.49	321
	20091003 0:00UTC	-5.31	22.49	34.93	319
	20091020 0:00UTC	-0.26	19.74	32.45	205

演的风场无论是风速还是风向与NCEP风场的一致性都较好。但是从风速图可看出高风速部分ASCAT反演的结果比NCEP资料相比更高风速区域更大。

比较ASCAT反演风场与NCEP风场风速风向的偏差,平均绝对偏差和均方根误差(见表1)。综合三个时次的轨道资料,风速的平均绝对偏差为2.06 m/s,风向的平均绝对偏差为21.98°;风速的均方根误差为2.87 m/s,风向的均方根误差为34.29°。可见ASCAT风场的风速反演精度与NCEP风场较为一致,而风向场误差相对偏大。

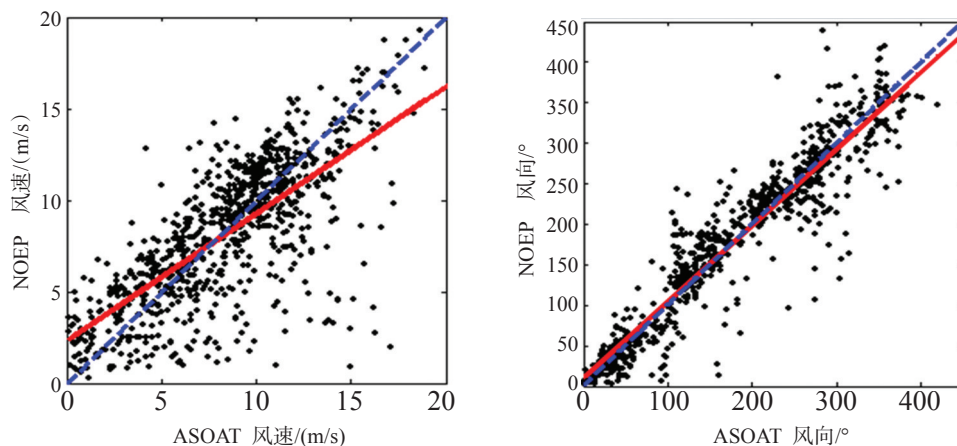
风向场偏差较大有两个原因:一是台风风场是风速变化较为快速的风场,研究选取的ASCAT资料的轨道扫描时间与NCEP风场预报时间之间有时间差,时间差有一个多小时,这期间风速风向都会有一定变化,尤其是风向的变化会比较明显。二是两种资料的空间分辨率不一样,ASCAT风场的分辨率明显高于NCEP,比较时是通过空间平均的方法得到与NCEP同分辨率的ASCAT风场,台风空间尺度

小,风向变化快,这种空间平均对于台风场误差较大,会影响比较结果。

绘制散点图综合比较三个时次风场(845个点)的风速风向(见图4)。ASCAT风速和NCEP风速的一元线性回归拟合函数为 $Speed_{NCEP} = 0.695 \cdot Speed_{ASCAT} + 2.325$,这表明,风速小于7.6 m/s时,ASCAT反演风速小于NCEP风速;风速大于7.6 m/s时,ASCAT反演风速大于NCEP风速。ASCAT风速与NCEP风速的相关系数为0.72。QuikSCAT风场产品在风速反演中有反演不足的现象^[4],ASCAT散射计在这一点上做了很大改善。ASCAT风向和NCEP风向的一元线性回归拟合函数为 $Direction_{NCEP} = 0.946 \cdot Direction_{ASCAT} + 9.112$,一阶多项式系数为0.946,可见ASCAT反演风向与NCEP风向整体较为一致,ASCAT风向与NCEP风向的相关系数为0.95。

3.2 ASCAT风场单点数据与Dropsonde观测资料比较结果

选取7个有ASCAT沿轨资料的dropsonde投放



红实线是一阶直线拟合结果,蓝虚线是ASCAT与NCEP风速风向相等的线

图4 ASCAT和NCEP的风速风向散点图

表2 ASCAT 与 Dropsonde 资料风速、风向比较

位置	ASCAT 探测位置	ASCAT 探测时间	Dropsonde 探测位置	Dropsonde 探测时间	比较项目	ASCAT 探测数值	Dropsonde 探测数值	探测数值 偏差
1	125.62°E	20090806	125.7°E	20090806	风速/(m/s)	13.72	16.3	-2.58
	29.18°N	01:05UTC	29.2°N	00:59:24GMT	风向/°	60.0	58.5	1.5
2	124.57°E	20090806	124.5°E	20090806	风速/(m/s)	14.05	14.0	0.05
	27.88°N	01:05UTC	27.9°N	01:14:48GMT	风向/°	40.0	32.5	7.5
3	125.23°E	20090806	125.2°E	20090806	风速/(m/s)	14.47	16.3	-1.93
	26.74°N	01:05UTC	26.7°N	01:27:55GMT	风向/°	48.1	50.2	-2.1
4	126.45°E	20091003	127.8°E	20091003	风速/(m/s)	9.21	8.2	1.01
	24.80°N	01:06UTC	24.6°N	01:10:50GMT	风向/°	55.8	51.6	4.2
5	124.11°E	20091003	124.1°E	20091003	风速/(m/s)	8.76	10.6	-1.84
	20.89°N	01:07UTC	20.9°N	00:12:00GMT	风向/°	87.5	85.0	2.5
6	124.45°E	20091003	124.5°E	20091003	风速/(m/s)	10.45	12.45	-2.00
	22.54°N	01:06UTC	22.5°N	00:26:57GMT	风向/°	42.6	36.8	5.8
7	124.08°E	20091020	124.1°E	20091020	风速/(m/s)	11.34	12.9	-1.56
	26.04°N	01:54UTC	26.1°N	01:03:04GMT	风向/°	38.3	38.7	-0.4

资料与 ASCAT 反演风速对比,选族的7个点分布位置见图5。从 ASCAT 沿轨资料中选取与 dropsonde 投放点最接近的一个点的风速风向与 dropsonde 资料相比较(见表2),选取的点与 dropsonde 位置相距约 20 km,两者比较风速和风向的偏差见表2。风速偏差为-1.25 m/s,风向偏差为 2.71°;风速的平均绝对偏差为 1.55 m/s,风向平均绝对偏差为 3.43°;风速的均方根误差为 1.73 m/s,风向的均方根误差为

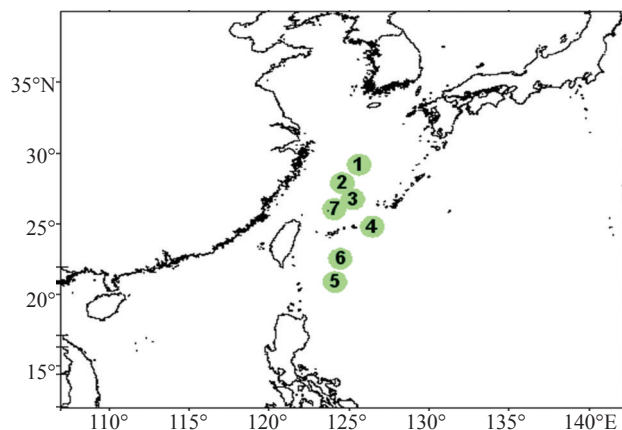


图5 Dropsonde 投放位置图

4.15°。这个结果比 Chou 等^[14]给出的 QuikSCAT 风场与 dropsonde 比较的结果(风速的平均绝对偏差为 1.9m/s,风向平均绝对偏差为 11.3°)要好。可见 ASCAT 风场的反演结果,尤其是对台风场的反演结果比较理想。

由于台湾的 dropsonde 投放地点只在台风外围,没有深入到台风眼的里面,且本文用于与 ASCAT 风场比较的实际观测资料数量也有限,所得结果不能代表 ASCAT 全场的探测结果。但台风外围的探测结果与 QuikSCAT 比较结果^[14]可见受云雨影响较小的 C 波段微波散射计(ASCAT)反演的风场比 Ku 波段微波散射计(QuikSCAT 的 SeaWinds)探测的风场对台风的探测更具优势。

4 结论

本文通过对 ASCAT 三个沿轨资料反演的海面风速进行分析比较,发现其精度整体情况如下:

ASCAT 反演风场与 NCEP 风场的风速的平均绝对偏差为 2.06 m/s,风向的平均绝对偏差为 21.98°;风速的均方根误差为 2.87 m/s,风向的均方根误差

为 34.29° 。两者风速反演精度较一致,风向场误差相对偏大。主要原因是两种资料给出的风场时间有差别;且空间分辨率不一样,对台风场平均过程中带来较大误差。通过一元线性拟合发现低风速时 ASCAT 反演风速小于 NCEP 风速,中高风速时 ASCAT 反演风速大于 NCEP 风速。

ASCAT 反演风场与 dropsonde 探测资料的风速平均绝对偏差为 1.55 m/s ,风向平均绝对偏差为 3.43° ;风速的均方根误差为 1.73 m/s ,风向的均方根误差为 4.15° 。该比较结果代表了较高的反演精度,但由于台湾的 dropsonde 投放地点受限,且资料数量较少该所得结果不能代表 ASCAT 全场的探测结果。但台风外围的探测结果可看出可见受云雨影响较小的 C 波段微波散射计反演的风场比 Ku 波段微波散射计探测的风场对台风的探测更具优势。

参考文献:

- [1] Myers P G, Haines K, Josey S. On the importance of the choice of wind stress forcing to the modeling of the Mediterranean Sea circulation[J]. *J Geophys Res*, 1998, 103:15729-15749.
- [2] Paolo M R, Salvatore M, Fabrizio D, et al. Comparison of analyzed and measured wind speeds in the perspective of oceanic simulations over the Mediterranean basin: Analyses, QuikSCAT and buoy data[J]. *Journal of Marine Systems*, 2008, 70:33-48.
- [3] Weller R A, Anderson S P. Surface meteorology and air-sea fluxes in the western equatorial pacific warm pool during TOGA coupled ocean-atmosphere response experiment[J]. *J Climate*, 1996, 9: 1959-1990.
- [4] Weller R A, Baumgartner M F, Josey S A, et al. Atmospheric forcing in the Arabian Sea during 1994-1995: observations and comparisons with climatology and models[J]. *Deep-Sea Res*, 1998, Part II 45: 1961-1999.
- [5] Mears C, Smith D, Wentz F J. Comparison of SSM/I and buoy-measured wind speeds from 1987-1997[J]. *J Geophys. Res*, 2001, 106(C6):11719-11729.
- [6] Ebuchi N, Graber H C, Caruso M J. Evaluation of wind vectors observed by QuikSCAT/SeaWinds using ocean buoy data[J]. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 2002, 19:2049-2062.
- [7] Pickett M H, Tang W, Rosenfeld L K, et al. QuikSCAT satellite comparison with nearshore buoy wind data off the U.S. west coast[J]. *J Atmos Oceanic Technol*, 2003, 20:1869-1879.
- [8] Draper D W, Long D G. An assessment of SeaWinds on QuikSCAT wind retrieval[J]. *J Geophys Res*, 2002, 107C: 3212. doi: 10.1029/2002JC001330.
- [9] Chelton D B, Freilich M H. Scatterometer-based assessment of 10-m wind analyses from the operational ECMWF and NCEP numerical weather prediction models[J]. *Mon Weather Rev*, 2005, 2: 409-429.
- [10] Brennan M J, Hennon C C, Knabb R D. The operational use of QuikSCAT ocean surface vector winds at the National Hurricane Center[J]. *Weather Forecasting*, 2009, 24:621-645.
- [11] Hock T F, Franklin J L. The NCAR GPS dropwindsonde[J]. *Bull Amer Meteor Soc*, 1999, 80(3): 407-420.
- [12] Chou K H, Wu C C. Development of the typhoon initialization in a mesoscale model: Combination of the bogus vortex with the dropwind sonde data in DOTSTAR[J]. *Mon Weather Rev*, 2008, 136:865-879.
- [13] 彭犁然,舒守娟. 利用 GPS Dropsonde 资料研究“龙王”台风的结构特征[J]. *热带气象学报*, 2010, 26(1): 13-21.
- [14] Chou K H, Wu C C, Lin P H, et al. Validation of QuikSCAT wind vectors by dropwindsonde data from Dropwindsonde observations for Typhoon Surveillance Near the Taiwan Region (DOTSTAE)[J]. *J Geophys Res*, 2010, 115, D02109. doi:10.1029/2009JD012131.
- [15] Portabella M, Stoffelen A, Verhoef A, et al. A new method for improving ASCAT wind quality control accepted[J]. *IEEE Gosci. Remote Sensing Letters*, 2012, accepted.
- [16] Verspeek J A, Stoffelen A, Portabella M, et al. Validation and calibration of ASCAT using CMOD5.n[J]. *Geoscience and Remote Sensing*, 2010, 48(1): 386-395.
- [17] Verspeek J A, Portabella M, Stoffelen, et al. Calibration and Validation of ASCAT Winds[R]. OSI SAF Technical Report SAF/OSI/KNMI/TEC/TN/163, 2011.
- [18] Vogelzang J, Stoffelen A, Verhoef A, et al. Validation of two-dimensional variational ambiguity removal on SeaWinds scatterometer data[J]. *J Atm Oceanic Technol*, 2009, 26: 1229-1245.

Validation of ASCAT wind vectors in the China Sea

SHEN Chun^{1,2}, JIANG Guo-rong¹, XIANG Jie¹, SHI Wei-lai¹

(1. Institute of Meteorology and Oceanography, PLA University of Science and Technology, Nanjing 211101 China; 2. College of Harbour, Coastal and Offshore Engineering, Hohai University, Nanjing, 210098 China)

Abstract: Based on NCEP wind data and dropsonde observational data, the accuracy of ASCAT wind products in the China Sea is validated. The results indicates that the mean absolute differences between ASCAT and NCEP data were 2.06 m/s (wind speed) and 21.98°(wind direction) based on the 845 matching samples. Meanwhile, the root-mean-square differences were 2.87 m/s (wind speed) and 34.29°(wind direction). The wind speed retrieval accuracy from ASCAT is close to NCEP while the wind direction difference is relatively large. The mean absolute differences between ASCAT and dropsonde data were 1.55 m/s (wind speed) and 3.43°(wind direction) on the basis of 7 matching samples. The root-mean-square differences between them were 1.73 m/s (wind speed) and 4.15°(wind direction). Hence, the ASCAT wind products well retrieval the tropical cyclones wind field.

Key words: sea surface wind; scatterometer; ASCAT; NCEP; dropsonde