

基于微波散射计观测的气候态海面风场和风应力场

蒋兴伟¹, 宋清涛¹

(1. 国家海洋局 国家卫星海洋应用中心, 北京 100081)

摘要: 收集了星载微波散射计 NSCAT, QuikSCAT 和 SeaWinds on ADOES-II 的全球海面风速和方向 L2B 数据, 数据涉及的时间序列长度为 11.5 a。通过对所收集数据的质量控制、Loess 低通空间滤波和统计处理, 构建了气候态的逐月全球海面风场、风应力场和风应力旋度场(简称为 SCAT), 其空间网格间距为 $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ 。SCAT 资料与其他有关资料相比, 包含了更丰富的海面风场中小尺度空间变化的信息, 可广泛应用于海洋、气候、海气相互作用等方面的研究, 特别适合应用于海洋中小尺度过程的研究。作为我国“海洋二号”(“HY-2”)卫星预研项目的成果之一, SCAT 资料将由国家海洋局国家卫星海洋应用中心提供给有关用户。

关键词: 散射计; 海面风场; 海面风应力场; 气候态资料

中图分类号: TP732.1; P425

文献标志码: A

文章编号: 0253-4193(2010)06-0083-08

1 引言

海洋表面风通过决定海气界面的动量和热量来影响海洋水体在各个时间和空间尺度的水平和垂直运动, 同时也是决定海洋向大气水汽输送过程的重要因子。海面风场和风应力场气候态资料(在各种时间尺度的多年平均, 如月平均或季节平均)不但是海洋近岸过程、大洋环流、温盐环流和经向翻转环流等物理海洋学研究的基础, 而且对全球水循环、能量循环、二氧化碳循环以及气候变化的研究和认识具有重要作用^[1]。

目前对海洋数值模式、气候变化和海气相互作用等方面的研究在很大程度上依赖于由船测资料构建的海面风场和风应力场气候态资料以及由全球业务化预报模式(NWP)再分析资料构建的气候态资料, 如基于全球海洋大气数据库(COADS)构建的 COADS 和 NOC 气候态风场、欧洲中期天气预报中心(ECMWF)的再分析风场和美国环境预报中心

(NCEP)的再分析风场^[2]。

COADS 风场数据主要来自航行于全世界大洋船只的自愿观测计划观测的数据, 同时也包括各种考察船和浮标的观测数据。由于航线的限制, 大部分 COADS 观测都局限在北半球中纬度区域, 在低纬度、高纬度和南半球的观测非常有限。例如, 在南大洋每个 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 网格海域, COADS 平均每个月不到两个观测记录^[3]。再分析风场是基于数值模式并将各种历史观测资料通过同化(如四维变分、Kalman 滤波等)而生成的数值产品。ECMWF 和 NCEP 风场和风应力场在海洋和气象的研究中得到了广泛应用, 但最近的研究发现 ECMWF 和 NCEP 风场资料在解析中小尺度的风场变化存在不足, 尤其在大洋西边界流、海洋锋和中小尺度海涡附近显得不足^[4-5]。

近年来研究者开始认识到中小尺度海面风场变化不但调制中小尺度海洋和大气相互作用过程, 而且影响海洋中尺度涡、大尺度海气相互作用过程、大

收稿日期: 2010-07-01; 修订日期: 2010-10-20。

基金项目: “HY-2”卫星型号预先研究项目; 国家“八六三”重点项目(2007AA092201)“大洋渔场环境与鱼情信息应用技术系统开发”; 人力资源和社会保障部留学人员重点项目“海洋微波遥感数据在海气耦合中的应用”。

作者简介: 蒋兴伟(1959—), 男, 山东省莒南县人, 研究员, 博士生导师, 主要从事海洋遥感应用研究。E-mail: xwjia@mail.nsoas.gov.cn

洋环流、温盐环流以及气候的变化^[1, 6-7]。我国近海常年存在众多的中尺度涡,海洋中尺度涡对动量、热量和营养盐的传输起着重要作用^[8]。近期研究表明,中小尺度风场变化是驱动海洋各种尺度环流和波动的直接动力强迫因子和间接热力强迫因子^[9]。因此,深入理解这些海洋和气候的关键问题对海面风场的观测质量以及风场和风应力场解析中小尺度结构的能力都提出了更高的要求。

本研究针对传统上使用的海面风场和风应力场气候态资料在解析中小尺度风场变化的不足,利用总计 11.5 a 的高质量多源星载微波散射计 10 m 高度海面矢量风观测数据来构建一个用于海洋、海气相互作用、气候研究和应用的 $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ 全球高分辨气候态风场、风应力场和风应力旋度场(简称 SCAT)。

2 数据和方法

卫星遥感技术为海面风场的全球观测提供了一种有效的技术手段。主动式微波散射计是向海面发射微波频段能量的雷达系统,它通过雷达接收回波信号的强弱并通过不同角度的回波信号反演出 10 m 高度海面风速和风向^[10]。星载散射计具有大面积、准同步、多次测量和全天候的观测能力,不受日照影响和基本不受天气系统的影响^[11]。

2.1 NSCAT

1996 年 8 月搭载在日本地球观测系统卫星“ADEOS-I”上的美国航空航天局(NASA)散射计 NSCAT 成功发射。完成在轨测试后,从 1996 年 9 月 15 日到 1997 年 6 月 29 日约 9 个月的时间里,NSCAT 提供了全球网格间距为 25 km 的 10 m 海面高度风矢量观测。NSCAT 是太阳同步极轨星载散射计,工作在 Ku 波段,有效双刈幅宽度为 1 200 km,具有 1 d 观测 77% 和 2 d 观测 87% 全球海洋的覆盖能力。Freilich 等^[12]利用浮标数据对 NSCAT 海面风观测进行了详细评估,确定了 NSCAT 的测量精度为 1.8 m/s 和 17° 。尽管由于太阳能电池故障只工作了不到 1 a 的时间,但获得的风矢量观测在覆盖全球海洋面积、空间分辨率及测量精度方面都超过了以往星载微波散射计的设计标准,在物理海洋学、海洋气象数值预报和台风监测等方面发挥了重要的作用。

2.2 QuikSCAT

作为迅速恢复 NSCAT 的观测计划,美国于

1999 年 6 月发射了主动式微波散射计 SeaWinds 的专用卫星“QuikSCAT”,以便弥补由于卫星电源失效而造成的 NSCAT 观测海面风场的空缺。QuikSCAT 取得了巨大的成功,从 1999 年 7 月到 2009 年 11 月,它提供了超过 10 a 的准实时全球海面风场数据。在太阳同步轨道运行的 SeaWinds 散射计的刈幅宽度为 1 800 km,可以在 1 d 之内覆盖 90% 的全球海洋。SeaWinds 工作在 Ku 波段,测得风速和风向的精度要稍优于 1.7 m/s 和 14° ^[13]。

2.3 SeaWinds 散射计

作为 NSCAT 的后续计划,日本地球观测卫星“ADEOS-II”于 2002 年 12 月成功发射,其上搭载 SeaWinds 散射计。SeaWinds 散射计与 QuikSCAT 的设计标准相同。为了避免混淆,海洋遥感界通常把 SeaWinds on QuikSCAT 简称为 QuikSCAT,把 SeaWinds on “ADEOS-II”简称为 SeaWinds。SeaWinds 采用了和 QuikSCAT 一前一后观测海洋的方式,有效提高了双星观测在时间和空间的采样频率。SeaWinds 散射计的测风精度和 QuikSCAT 相同,为 1.7 m/s 和 14° 。由于“ADEOS-II”卫星电池故障,SeaWinds 在 2003 年 10 月与地面控制系统失去联系,从 2003 年 4 月 10 日到 10 月 24 日提供了 6 个多月的全球海面矢量风观测数据。

值得指出的是作为验证全极化微波辐射可以获取海面矢量风的试验型被动式散射计,美国在 2003 年 1 月成功发射了 WindSAT,并由它获取了大量的风场数据。为了提高海面自然微波辐射的信噪比和降低海面降水对自然微波传输的影响,WindSAT 观测海面风场的时间采样率最终不到 QuikSCAT 的一半。利用太平洋东部的浮标测风数据进行验证和利用 QuikSCAT 交叉验证,Freilich 等^[14]发现 WindSAT 对大于 20 m/s 风速产生饱和,对小于 10 m/s 风速观测风向的误差较大。2006 年 10 月搭载在欧洲气象卫星中心(EUMETSAT)的全球观测卫星“MetOp-A”上的 ASCAT 散射计发射成功。ASCAT 是工作在 C 波段的主动式散射计,在中风速范围内测风精度与 QuikSCAT 的相当,但是在解析中小尺度海面风场的空间变化率方面要远低于 QuikSCAT 的。

鉴于 WindSAT 测风的精度问题和 ASCAT 在解析中小尺度风场的不足,本研究使用了星载微波散射计 NSCAT, QuikSCAT 和 SeaWinds 共计 11.5 a 的所有轨道数据来构建全球高分辨海面风场

和风力场气候态资料。这三个散射计提供了全球风场的高质量观测数据,在风速和风向方面具有相似的准确度。

2.4 处理方法

2.4.1 海面矢量风质量控制

在主动式微波散射计风场反演过程中,首先根据雷达回波强度确定海面分辨单元的后向散射系数,并获得不同视角上天线对同一分辨单元的观测,然后利用风矢量与海面散射系数的关系(地球物理模型函数)通过查找表的方式来推知风速和风向。在这个处理过程中有三个主要因素影响海面矢量风的观测质量:第一个问题是反演过程中得到的多个可能的风矢量解问题;第二个是降雨对后向散射系数的污染而降低了风矢量的质量;第三个是散射计星下点和刈幅边缘的风的质量降低^[15]。尽管各国研究人员采用了多种方法尝试消除这些问题对反演风矢量的影响,但是由于目前微波散射计的观测物理特性和仪器设计,这些问题不可能得到最终解决^[11]。因此,本研究在构建海面风场气候态资料的

过程中对 NSCAT, QuikSCAT 和 SeaWinds 的单轨 L2B 测风数据进行了严格的质量控制:(1)去除了降雨条件下反演的轨道数据;(2)去除了风向模糊数据;(3)去除了星下点 50 km 内和刈幅两侧边缘各 100 km 的数据。该处理过程保留了高质量的散射计 10 m 海面高度风场观测,图 1 是 11.5 a 散射计观测数目在 $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ 全球网格上的单月平均值。在每一月份,每个网格点的观测数目平均约为 500 个。由于极轨卫星的观测特性,卫星观测呈现在高纬地区覆盖率高和在低纬地区覆盖率低的分布特征。在北美洲哈德孙湾和南极洲冰盖边缘,由于海冰的季节性变化,观测数目低于临近经度无冰海区。在赤道辐合带(ITCZ)和太平洋西部暖池的低采样数目是由于频繁降水导致微波散射计无法获取高质量的风场数据。O'Neil 等^[16]和 Song 等^[5]发现对 50 个观测数的等权平均足以弱化天气系统对月平均海面风场的影响,因此由 11 a 多的散射计观测构建的风场能够合理地描述海面风场分布的月平均状态。

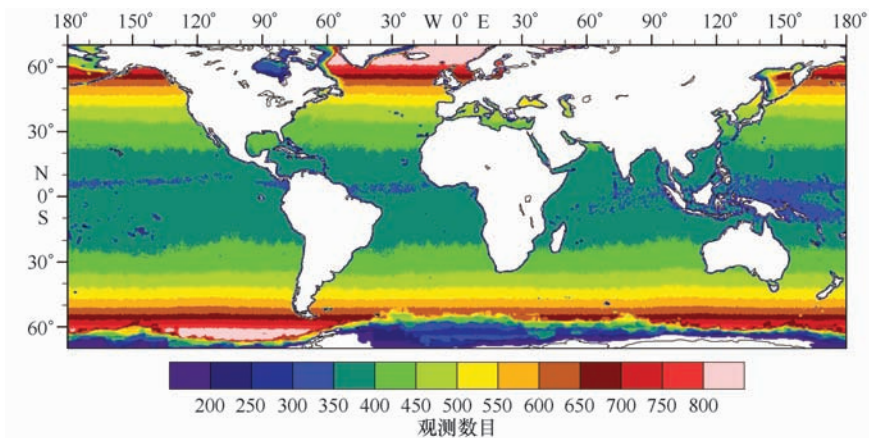


图1 NSCAT, QuikSCAT 和 SeaWinds on “ADEOS-II”所有风场观测数目在 $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ 网格上的月份平均数

2.4.2 Loess 低通滤波

对于 NSCAT, QuikSCAT 和 SeaWinds 单轨数据,利用半功率宽度为 $70 \text{ km} \times 70 \text{ km}$ 的 loess 滤波对风场进行低通滤波并插值到间距为 25 km 的全球网格上。Loess 滤波是一种非参数形式的局地加权滤波技术,它可以很好地描述变量之间关系的细微变化。假定在任意观测位置 x_1, x_2, \dots, x_n 存在 n 个观测值 y_1, y_2, \dots, y_n , 经过 loess 滤波后新的数据 z 在 x_0 点可以表示为

$$z = \sum_{j=1}^n a_j(x_0) y_j, \quad (1)$$

式中, $a_j(x_0)$ 是滤波函数,其表示式为

$$a_j(x_0) = [1 - |(x_0 - x_j)/d|^3]^3, \quad (2)$$

其中, d 是谱空间的半功率宽度^[17]。Loess 滤波最初在统计经济学和生物医学等领域得到广泛应用,最近在卫星遥感数据处理方面发挥重要作用,其优势是它真实保留了观测信号在高频部分的能量^[18]。通过对散射计轨道数据进行 70 km 的 Loess 滤波,

可以有效地去除反演过程中带来的奇异值,并保留了插值到规则网格点的数据在中小尺度的信息^[19]。

对所有的微波散射计轨道数据(11 a 6 个月)经过滤波插值,然后按照每个月份进行等权平均得到逐月的海面风场气候态资料 SCAT。

2.4.3 海面风应力和旋度的计算

主动式微波散射计观测的实际上是海面粗糙度,它与风应力直接相关。传统上的散射计产品是假定中性大气层结情况下订正到 10 m 海面高度的风矢量,因此可以不考虑大气层结由散射计风场直接计算得出风应力场^[20]:

$$\vec{\tau} = \rho_a C_d |U_{10}| \vec{U}_{10},$$

式中, $\vec{\tau}$ 是风应力矢量,其方向与 10 m 海面高度风矢量 \vec{U}_{10} 一致; ρ_a 是海面空气密度 (1.223 kg/m^3); 中性层结条件下的海表面拖曳系数 C_d 通常由风速决定。在对拖曳系数的多种参数化方案中^[21-22], COARE 3.0 的参数化方案在物理海洋学科得到了广泛应用,因此本文使用了 COARE3.0 方案来计算散射计矢量风和海面风应力场^[23]。在对单轨数据进行计算得到海面风应力场之后,采用同样的 Lo-ess 滤波插值和等权平均的方法得到 SCAT 海面风应力场气候态资料。

对每轨数据,我们计算了风应力旋度 $\nabla \times \vec{\tau}$ 。由

于旋度是水平空间的一阶小量,单轨计算保留了旋度的空间变化,避免了利用插值后的网格数据计算旋度带来的偏差。最后对风应力旋度进行低通 Lo-ess 滤波,并按月份等权平均得到逐月的海面风应力旋度场气候态资料。

3 结果

3.1 SCAT 海面风场

图 2 是我国近海及临近大洋区域 1 月和 7 月 10 m 海面高度风速和风向的分布。在冬季 SCAT 显示在日本以东黑潮延伸体 (Kuroshio extension) 附近的强风区、强西边界流黑潮 (流经台湾东北部向北) 附近的高风区以及台湾岛南部和南海北部的东北季风影响的高风区 (图 2a)。在北半球的秋冬季节,蒙古地区形成强大的大陆冷高压,在压强梯度力和科氏力的共同作用下,在渤海、黄海地区风向是西北,在东海北部地区转为正北,在东海以南转为东北,在南海地区完全受东北季风控制。在夏季大部分南海地区受西南季风控制,平均风速约为 6 m/s ,仅为冬季风速的一半 (图 2a)。由于太平洋副热带高压对西南季风的隔断作用,在黄海、渤海盛行吹向蒙古的夏季低压的东南风。

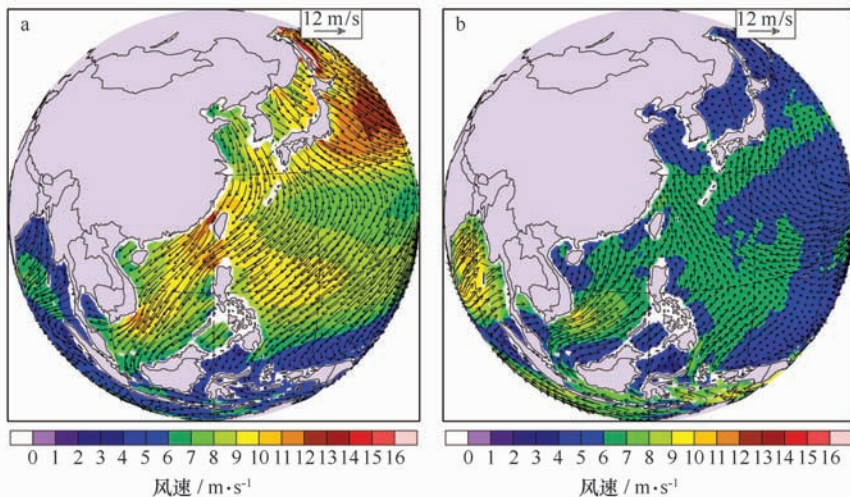


图 2 我国近海及大洋区域 1 月份(a)和 7 月份(b) 10 m 高度 SCAT 海面风速和方向

3.2 SCAT 风应力和风应力旋度场

风对海洋的驱动主要是通过作用在海面的水平切向力(风应力)来实现。作为国家海洋局国家卫星海洋应用中心 SCAT 气候态资料的一个重要

部分,高分辨的气候态风应力场保留了大量的中小尺度风场能量,结合卫星观测的海气界面热通量^[24],在利用海洋数值模式来研究各种尺度海洋过程将起到重要的作用。我国地处太平洋西岸的

欧亚大陆,海面风应力场呈现明显的季节变化。在冬季受东北季风影响,较大的风应力场分布在我国近海及太平洋北部(图 3a)。由于受到闽南山地和台湾岛山地对东北季风流场的作用,在台湾海峡和南海北部有一个强风应力区,此区的风应力最高达到约 0.25 N/m^2 ;在临近台湾岛西南部的背风区存在一个低风应力区,此区的风应力最

低为 0.08 N/m^2 。在 4 月份处于南北季风转换的时期,我国临海的风应力强度明显减弱。在夏季我国近海受西南季风和副热带高压低风区的影响,在南海有较强的风应力,在东海和北太平洋风应力强度达到最低(图 3c)。进入 10 月份位于蒙古的冷高压逐渐形成,东北季风在我国临海区域处于形成和加强阶段。

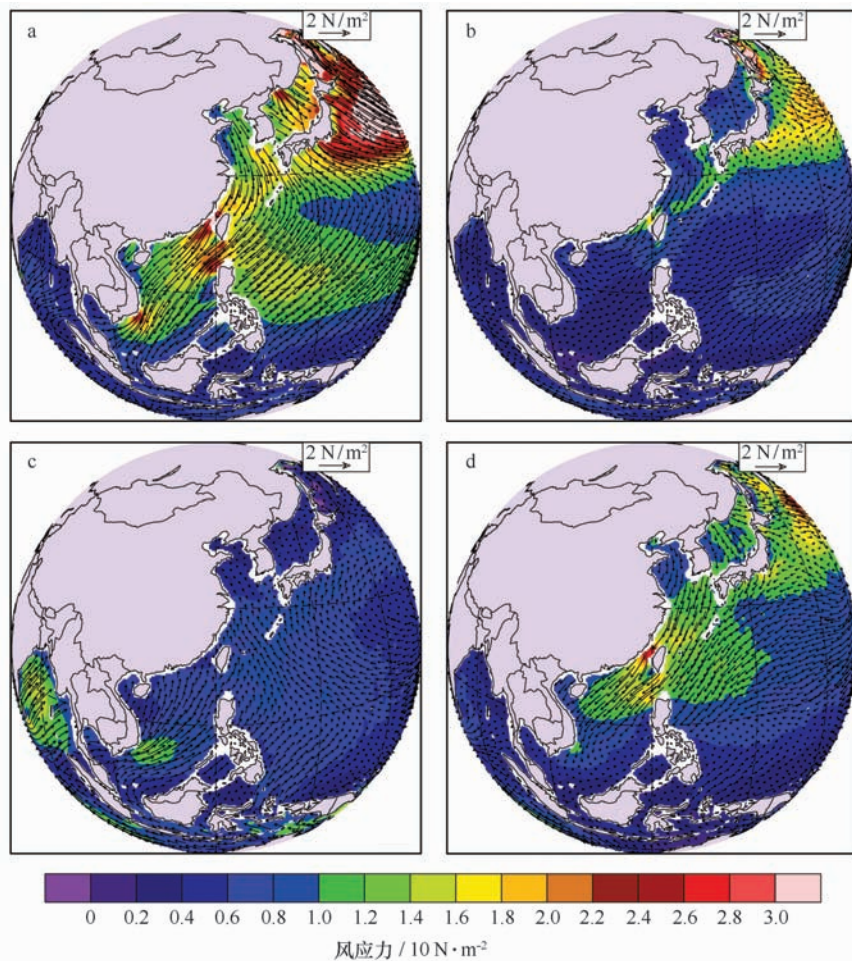


图 3 我国近海及大洋区域 1 月份(a)、4 月份(b)、7 月份(c)和 10 月份(d)的 SCAT 气候态海面风应力大小和方向

很多百千米尺度风应力场的变化更清晰地体现在 SCAT 风应力旋度场上,中小尺度风应力旋度是驱动各种尺度海洋环流的重要动力强迫因子(见图 4)。在日本海、我国东海黑潮地区附近、南海北部、北部湾附近以及南海南部,SCAT 气候态资料揭示了风应力旋度的空间和季节变化,风应力旋度的变化不但对我国临海的三维海洋环流产生影响,而且通过埃克曼抽吸过程,将近海海底的营养盐向上输

送,这些营养盐促进浮游生物生长,形成海洋生态食物链的基础。目前关于风应力旋度对我国近海海洋生态以及我国近海渔区形成的作用还没有量化的描述。

4 结论与讨论

本研究利用 NSCAT, QuikSCAT 和 SeaWinds 共计 11.5 a 的 10 m 海面高度风场观测,经过数据

质量控制和滤波,构建了 $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ 月平均气候态风场资料 SCAT。SCAT 包括风场、风应力场和风应力旋度场,以满足海洋和气候等研究领域的不同需要。国家海洋局国家卫星海洋应用中心的 SCAT 是目前世界上利用星载微波散射计观测数据构建的在时间和空间采样频率最高的气候态资料,平均每个月单点观测值超过 500 个。SCAT

风场保留了中小尺度海面风场的能量,对研究海洋中小尺度运动和大尺度环流提供了较真实的风应力强迫。初步研究表明 SCAT 气候态风场在解析中小尺度风场变化方面优于目前的 ECMWF 和 NCEP 再分析风场。SCAT 风场与 ECMWF 和 NCEP 再分析风场的详细对比分析将在另外一篇文章阐述。

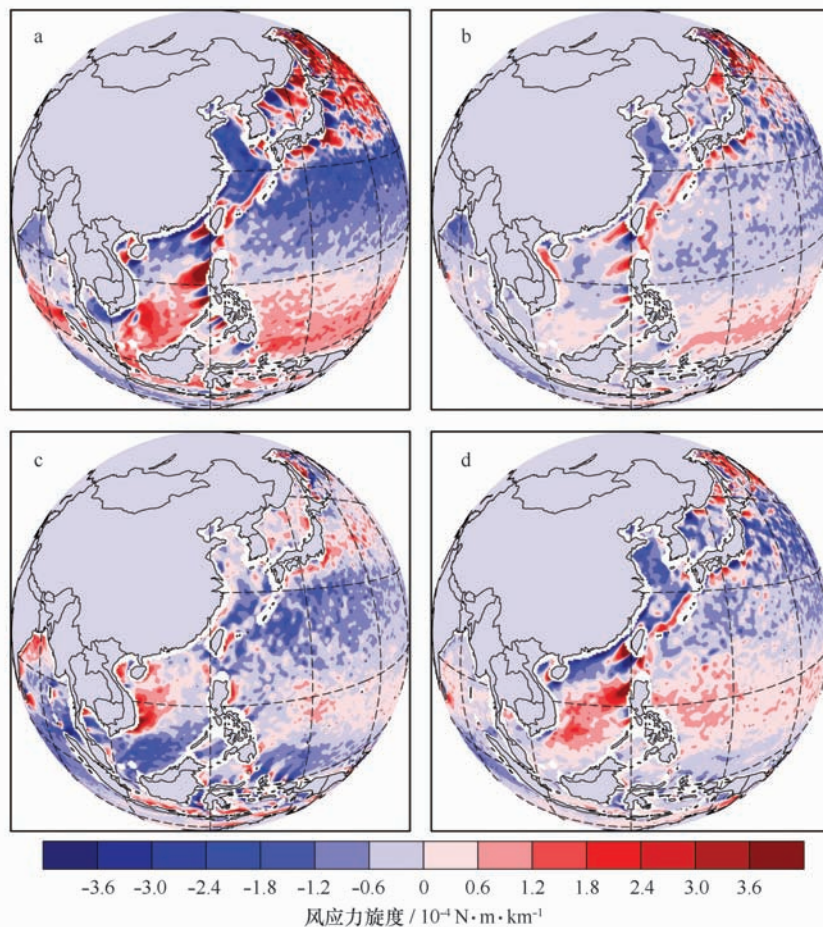


图 4 我国近海及大洋区域 1 月份(a)、4 月份(b)、7 月份(c)和 10 月份(d)的 SCAT 气候态海面风应力旋度

SCAT 资料包括全球月平均气候态 10 m 海面高度风速和风向、风应力大小和方向以及风应力旋度场,以 NetCDF 格式发布,用户可以从国家海洋局国家卫星海洋应用中心网站 www.nsoas.gov.cn 下载数据和使用说明。

短期和长期气候变化研究不但要求持续的散射计海面风场观测计划,而且后续散射计的测风精度至少应该与 QuikSCAT 接近。我国计划 2010 年发射的“海洋二号”(“HY-2”)散射计的设计标准和测

风精度指标都与 QuikSCAT 相当^[25-26],在提高全球海面风场数据在空间和时间的采样频率将起到重要作用^[11],同时也将纳入 SCAT 数据计划,更准确地描述全球海面风场和应力场的时空变化特征。

感谢余宙文教授在本研究过程中的有益讨论。NSCAT, QuikSCAT 和 SeaWinds 散射计数据是通过 OpeneNDAP 从美国航空航天局获取的。

参考文献:

- [1] WUNSCH, C. What is the thermohaline circulation[J]. *Science*, 2002, 298: 1180—1181.
- [2] KALNAY E, KANAMITSU M, KISTLER R, et al. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project[J]. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 1996, 77: 437—471.
- [3] CARDONE V J, GREENWOOD J G, CANE M A. On trends in historical marine wind data[J]. *Journal of Climate*, 1990, 3: 113—127.
- [4] CHELTON D B, SCHLAX M G, FREILICH M H, et al. Satellite measurements reveal persistent small-scale features in ocean winds [J]. *Science*, 2004, 303: 978—983.
- [5] SONG Q, CHELTON D B, ESBENSEN S K, et al. Coupling between sea surface temperature and low-level winds in mesoscale numerical models[J]. *Journal of Climate*, 2009, 22: 146—164.
- [6] SONG Q, HARA T, CORNILLON P, et al. A comparison between observations and MM5 simulations of the marine atmospheric boundary layer across a temperature front[J]. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 2004, 21: 170—178.
- [7] CHELTON D B, SCHLAX M G, SAMELSON R M, et al. Global observations of large oceanic eddies[J]. *Geophys Res Lett*, 2007, 34: doi:10.1029/2007GL030812.
- [8] 程旭华, 齐义泉, 王卫强. 南海中尺度涡的季节和年纪变化特征分析[J]. *热带海洋学报*, 2005, 24: 51—59.
- [9] SPALL M A. Midlatitude wind stress-sea surface temperature coupling in the vicinity of oceanic fronts[J]. *Journal of Climate*, 2007, 20: 2785—3801.
- [10] MARTIN S 海洋遥感导论[M]. 蒋兴伟译. 北京: 海洋出版社, 2008.
- [11] 蒋兴伟, 宋清涛. 海洋卫星微波遥感技术发展现状与展望[J]. *科技导报*, 2010, 28(3): 105—111.
- [12] FREILICH M, DUNBAR R S. The accuracy of the NSCAT1 vector winds: comparisons with National Data Buoy Center buoys[J]. *Journal of Geophysical Research*, 1999, 104: 11231—11246.
- [13] 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 Wea Rev*, 2005, 133: 409—429.
- [14] FREILICH M H, VANHOFF B. The accuracy of preliminary WindSat vector wind measurements: comparisons with NDBC buoys and QuikSCAT[J]. *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions*, 2005, 44(3): 622—637.
- [15] Jet Propulsion Laboratory. QuikSCAT Science Data Product User's Manual: Overview and Geophysical Data Products[K]. Publ D-18053, Pasadena, Calif, 2001.
- [16] O'NEILL L W, CHELTON D B, ESBENSEN S K, et al. High-resolution satellite measurements of the atmospheric boundary layer response to SST variations along the Agulhas Return Current[J]. *J Climate*, 2005, 18: 2706—2723.
- [17] CLEVELAND W S. Robust locally weighted regression and smoothing scatterplots[J]. *Journal of the American Statistical Association*, 1979, 83: 596—610.
- [18] SCHLAX M G, CHELTON D B, FREILICH M H. Sampling errors in wind fields constructed from single and tandem scatterometer datasets[J]. *J Atmos Oceanic Technol*, 2001, 18: 1014—1036.
- [19] RISIEN C M, CHELTON D B. A satellite-derived climatology of global ocean winds[J]. *Remote Sensing Environment*, 2006, 105: 221—236.
- [20] LIU W T, TANG W. Equivalent neutral wind[R]. JPL Publication. Pasadena, CA. 1996: 96—17.
- [21] LARGE W G, POND S. Sensible and latent heat flux measurements over the ocean[J]. *J Phys Oceanogr*, 1982, 12: 464—482.
- [22] ANDERSON R J. A study of wind stress and heat flux over the open ocean by the inertial-dissipation method[J]. *Journal of Physical Oceanography*, 1993, 23: 2154—2161.
- [23] KARA A B, HURLBURT H E, WALLCRAFT A J. Stability dependent exchange coefficients for air-sea fluxes[J]. *J Atmos Oceanic Technol*, 2005, 22: 1080—1094.
- [24] 陈锦年, 伍玉梅, 何宜军. 中国近海海气界面热通量的反演[J]. *海洋学报*, 2006, 28(4): 26—35.
- [25] 蒋兴伟, 林明森, 刘建强. 我国卫星海洋空间探测[J]. *中国工程科学*, 2008, 10(6): 56—62.
- [26] 蒋兴伟, 林明森. HY-2 卫星微波散射计海面风矢量场反演技术研究[J]. *中国工程科学*, 2009, 11(10): 86—95.

A climatology of sea surface wind speed and wind stress fields constructed from scatterometer observations

JIANG Xing-wei¹, SONG Qing-tao¹

(1. *National Satellite Ocean Application Service, State Oceanic Administration, Beijing 100081, China*)

Abstract: A climatology of surface wind speed, wind stress and wind stress curl fields on a global $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ grid (named SCAT) is constructed using 11.5 a surface wind observations from scatterometers NSCAT, QuikSCAT and SeaWinds on ADEOS-II. The L2B swath observations from each sensor were processed with quality control procedure, spatially low-pass filtered to remove spurious points, and then averaged as monthly fields. The SCAT is entirely based on satellite observations with the highest temporal and spatial sampling frequencies to date. The SCAT stress and stress curl fields reveal many mesoscale and small-scale features near the coastal regions of China that are of great importance to oceanography, climate studies, marine meteorology, fishery and ocean engineering. As a preliminary study of China's ocean satellite mission "HY-2", The SCAT data can be obtained from the National Satellite Ocean Applications Service, the State Oceanic Administration.

Key words: scatterometer; sea surface winds; wind stress; climatology