第 35 卷 第 5 期 海 洋 学 报 Vol. 35, No. 5
2013 年 9 月 ACTA OCEANOLOGICA SINICA September 2013

doi:10.3969/j.issn.0253-4193.2013.05.019

王新新,杨建洪,赵冬至,等. SMOS 卫星盐度数据在中国近岸海域的准确度评估[J]. 海洋学报,2013,35(5):169—176.

Wang Xinxin, Yang Jianhong, Zhao Dongzhi, et al. SMOS satellite salinity data accuracy assessment in the China coastal areas[J]. Acta Oceanologica Sinica(in Chinese), 2013, 35(5): 169—176.

SMOS 卫星盐度数据在中国近岸海域的准确度评估

王新新[1,2],杨建洪[2],赵冬至[2],王祥[1,2],孙广轮[1,2]

(1. 大连海事大学 环境科学与工程学院,辽宁 大连 116026;2. 国家海洋局 国家海洋环境监测中心,辽宁 大连 116023)

摘要:盐度是描述海洋的关键变量,对海表面盐度进行观测可以推进对全球水循环的理解。本文的主要目的是在中国近海海域对 SMOS 卫星盐度数据进行准确度评估。主要方法是将 SMOS 卫星 L2 海洋盐度数据产品(V317)与实测 ARGO 数据和走航数据进行匹配,并采用统计学的方法对 SMOS 卫星数据准确度进行评估。结果表明:匹配数据的线性关系不显著,SMOS 卫星盐度数据(V317)在南海和东海的均方根误差分别约为 1.2 和 0.7,应用海表面粗糙度修正模型得到的 3 组海表盐度数据准确度都相对较低,尤其在近岸强风场区域,海表盐度卫星数据相对于实测数据偏高,这可能是由于海表粗糙度和陆地射频干扰(RFI)作用影响的结果;SMOS 卫星数据在东海的均方根误差比南海高 0.5 左右,这可能是由于东海海域为相对开阔海域,受陆地 RFI 影响相对南海较小;在中国近岸海域,应用 SSS1 和 SSS3 模型得到的盐度数据准确度相对较高,可以对模型进行地球物理参数修正,进行局地化改进,预计可以提高近岸海域盐度反演的准确度。

关键词:卫星遥感;海表盐度;ARGO;粗糙度修正模型;近岸影响

中图分类号:TP722.6 **文献标志码**:A **文章编号**:0253-4193(2013)05-0169-08

1 引言

近年来,人类活动对全球的气候变化起到了重要的影响,人们对于气候变化的公众意识逐渐加强。极端的气候变化对全球水循环的影响越来越大,同时,全球水循环在缓和气候变化上也起到了重要的作用,海洋盐度作为监测和模拟海洋循环的关键变量,也越来越引起了人们的重视[1]。欧洲空间局(European Space Agency, ESA)开展的 SMOS(Soil Moisture and Ocean Salinity)卫星计划和美国宇航局(National Aeronautics and Space Administration, NASA)与阿根廷空间局[Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE; in English, National Space Activities Commission)]共同开展的 Aquarius/SAC-D 卫星计划得以顺利的开展和实施,评价和应用由卫星遥感获得的海表面盐度成为一个新的课题。

本文主要目的是评估验证 SMOS 卫星海表盐度数据在中国近海海域的准确度,重点选择东海和南海为研究海域,并且将两个研究海域的评估结果进行对比,分析主要影响因子对海表盐度反演准确度的影响,并通过分析结果比较三个海表面粗糙度修正模型的适用性。影响海表面盐度反演准确度的因子很多,

收稿日期:2012-03-13;修订日期:2013-02-25。

基金项目:海洋公益性行业科研专项经费项目(20090592)。

作者简介:王新新(1989—),男,辽宁省盘锦市人,硕士,从事海洋表层盐度卫星微波遥感研究。E-mail:gulf5136@sina.com

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

主要有太空(银河射电辐射、各种天体辐射)、电离层法拉第旋转、大气、海表面粗糙度等[2],在近岸海域,盐度反演准确度还严重受陆地 RFI 的影响。在中国近岸海域对三组 SMOS 卫星海表盐度数据(不同粗糙度修正模型)开展准确度评估,并通过评估结果对海表粗糙度修正模型进行局地化改进,预计可以大大提高近岸海域的盐度反演的准确度,具有重要意义。在实际反演过程中,要将卫星观测得到的亮温数据与辅助数据相结合,主要的辅助数据源是海表面状况(海表粗糙度、泡沫)、海表温度、盐度、风速等[1],辅助数据在反演过程中影响盐度反演精度,也是评估的重要内容。

2 卫星概况与理论算法

2.1 SMOS 卫星概况

SMOS 卫星于 2009 年 11 月发射,其搭载的惟一的载荷"基于孔径综合技术的微波成像仪(MIRAS)"由欧洲防务集团西班牙公司研制,是 L 波段二维的合成孔径干涉辐射计,也是全球第一台采用该技术的星载微波遥感器[1]。MIRAS 是由 69 个接收单元构成的微波成像仪,能够探测地球表面 L 波段的微波辐射(1.400～1.427 GHz)。MIRAS 的 69 个接收单元理论上可以观测直径近 3 000 km 的区域,然而由于干涉测量原理、Y 字形的天线结构和各天线单元之间的间距等因素的混叠效应,观测范围限制在面积约 1 000 km宽的六角形范围内。在反演过程中,要将 MIRAS 测得的亮温数据与辅助数据相结合。在卫星运转期间,将提供分辨率为 200 km×200 km 的 10～30 d 平均的全球大洋盐度数据,精度预计达到 0.1 psu[3-5]。

2.2 理论算法

SMOS 卫星 level 2 产品反演算法的权重函数可以由两方面贡献构成:MIRAS 的测量值(通过第 i 次测量值的辐射精确度进行加权)和海表粗糙度(由原始数据和辅助数据方差的倒数进行加权)。一般形式[6-8]为:

$$\chi^2(P)=\sum_{i=1}^{N}\frac{[T_{Bi}^{meas}-T_{Bi}^{mod\,el}(\theta,P)]^2}{\sigma_i^2}+\sum\frac{[P_j-P_{jref}]^2}{\sigma_{P_j}^2} \quad (1)$$

式中,i 代表 SMOS 卫星测量值的个数(不同入射角度 θ);P 代表参数矢量海表面盐度(SSS,S_{ss})、海表温度(SST,T_{ss})、海表风速(U)或者有效波高(SWH,H_{SW});T_{Bi}^{meas} 代表卫星观测的海表亮温值;$T_{Bi}^{mod\,el}$ 代表模型模拟得到的海表亮温值;P_j 代表每个参数的先验值;P_{jref} 代表每个参数的参考值;σ_P^2 是参考值的期望误差的方差。

海表面粗糙度修正模型主要有 SSS1 模型,它由 Yueh 等[7]提出的双尺度模型(two-scale model,TSM)[6];SSS2 模型,它是由 Voronovich[9]提出的微扰法/小斜率近似模型(SPM/SSA);SSS3 模型,它是 Gabarró[8]通过大量数据提出的经验模型。根据不同粗糙度模型,P 所代表的参数也不同,P_j 的值在盐度反演的过程中要进行调整,而 P_{jref} 代表参考的辅助数据,由欧洲中期天气预报中心(European Centre For Mediumrange Weather Forecasts,ECMWF)提供。

SSS1 采用双尺度模型,该模型将海表面的波动分成两种:一种是波长较小的波动,即与辐射计频率对应的电磁波波长相当的波动,它对电磁波的作用主要是散射;另一种是波长较大的波动,即比电磁波波长大的波动,这种波动对电磁波的作用主要是反射,小波动叠加在大波动之上彼此相互作用,微波辐射计接收到的信号是两种尺度波动共同作用的产物[6]。SSS2 采用微扰法/小斜率近似模型(SPM/SSA),SPM 是建立在 Rayleigh 假设基础上的,仅适用于表面高度起伏远小于入射波长的情况,即小尺度情形,其优点是可以求解大入射角下的散射;SSA 适用于均方根斜率较小的粗糙面,而对表面的高度起伏没有限制,并且可以研究掠入射问题[9]。SSS3 是基于大量数据计算经验参数,然后将风速值、温度值等参数导入到公式中的经验模型。即使每种模型的区别不大,但是 Reul 和 Chapron 提出的理论证明 SPM/SSA 与适当的统计模型相结合对预测粗糙海表面的发射率效果最佳,然而双尺度模型(TSM)的结果也表现出很高的精确度[10]。

3 评估数据来源与方法

3.1 评估数据源

现场数据:3 个 SMOS 海洋盐度反演模型的评估采用的现场数据主要是 2011 年的 ARGO 数据和调查船走航数据。我国沿岸海域 ARGO 浮标主要集中在南海海域和东海第一岛链附近,ARGO 数据选择的水深范围为 0～5 m,调查船走航数据采用 2011 年调查船在南海海域、东海海域应用水质仪测量的温盐数据。

卫星数据:评估采用 SMOS 卫星早期 L2 海洋盐

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

度数据产品(OSUDP2),数据版本为 V317。由于海表面并不是平坦的,海表面粗糙度对盐度数据处理影响很大,所以要使用 SSS1,SSS2,SSS3 粗糙度修正模型对反演的盐度数据进行计算处理[2]。OSUDP2 数据产品中包含很多参数,比如海表盐度(SSS)、海表温度(SST)、亮温(Tb)、风速(WS)等,其中 SST,WS 等参数作为辅助数据在盐度反演中起到了很大的作用,它们显示了某些海洋特征,影响数据反演的准确度,所以在评估过程中也要对其进行评估。

3.2　匹配方法

数据匹配最大时间间隔为 6 h,最大空间匹配半径为 56 km,国外相关评估研究所采用的数据匹配时间和空间范围分别为 2 d 和 56 km[11],与其相比,本次评估所筛选的数据更接近于实时数据,准确度相对较高,现场实测数据源不同,匹配方法也存在差异。

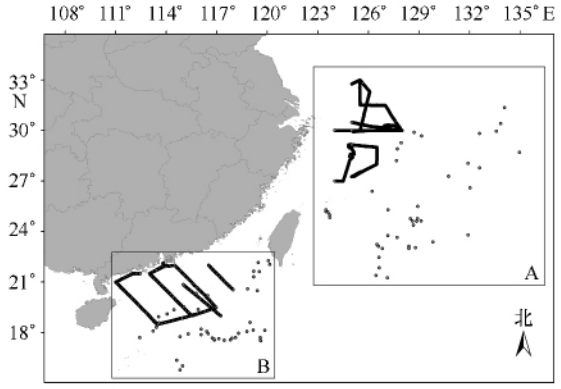

图 1　数据匹配海区以及实测数据空间分布图

点数据代表 ARGO 浮标点,线数据代表船舶走航数据

走航数据匹配:走航数据的主要特点是具有连续性,即走航数据不是一些离散的点,匹配方法是提取卫星图像一个像元范围内连续的走航数据,然后再与同步卫星数据进行匹配,最后形成匹配数据对。

ARGO 数据匹配:提取匹配半径内所有近似实时的 ARGO 浮标数据(离散的点数据),取平均值,同时提取该匹配半径内所有同步的卫星观测数据(连续数据),取平均值,最后将两者进行匹配,得到匹配数据对。

依据上述匹配标准,综合走航和 ARGO 匹配数据,得到南海海域可用匹配数据共有 57 对(走航有 8 对,ARGO 有 49 对);东海海域可用匹配数据共有 43 对(走航有 2 对,ARGO 有 41 对)。用于数据匹配的海区主要是东海海域以及第一岛链以东海域和南海海域。

3.3　评估方法

评估方法主要是采用线性最小二乘回归的方法,回归方程为 $S_{sat}=a+b*S_{In-situ}$。通过回归方程计算回归系数、相关系数 r 和判定系数 r^2,评估实测数据与卫星数据产品的相关性;计算每个粗糙度修正模型的标准误差,用来比较 3 个修正模型的适用性;从反演误差的正态概率分布图可以直观看出数据误差分布的区域范围;最后分析东海、南海匹配数据每月的平均值、平均绝对误差随月份的分布规律。

4　结果与讨论

4.1　评估结果

通过综合分析匹配数据对,应用线性最小二乘回归计算回归系数(斜率 b 和截距 a)、相关系数 r 和判定系数 r^2,结果如图 2,3,表 1。

在东海和南海匹配海域,海表温度(SST)辅助数据的匹配结果均显示出很高的相关性,相关系数 $r\approx 1$,可以认为是完全相关的,并且匹配温度数据均方根误差均在 0.5 左右。

从南海海域温度、盐度数据匹配的结果可以看出卫星反演盐度数据与实测数据之间存在线性相关,并且为正相关,对于 SSS1 来说,$r>0.5$,即两组数据之间的线性关系为显著相关;对于 SSS2 和 SSS3 来说,$0.3<r<0.5$,即两组数据之间的线性关系为低度相关。对于 3 个粗糙度模型,比较其判定系数的结果为 SSS1 大于 SSS3 大于 SSS2,即 SSS1 模型的线性回归拟合度最优,SSS2 的线性回归拟合度相对比较差一些。南海盐度反演的均方根误差在 1.20 左右,其中使用 SSS1 模型得到的均方根误差为 1.16,相对其他两个模型来说反演的盐度数据会相对可靠一些,但是此评估结果仅仅局限于南海海域,具有一定的参考价值,对于大尺度范围来说,需要进一步的验证评估。

从东海海域温度、盐度数据匹配的结果可以看出卫星反演盐度数据与实测数据之间也存在正线性相关关系,对于 3 个模型来说,$0.3<r<0.5$,即低度相关。判定系数比较结果为 SSS3 大于 SSS2 大于 SSS1,从均方根误差来看,东海盐度反演的均方根误差在 0.70 左右,其中 SSS3 模型标准误差为 0.63,会相对可靠一些。

虽然东海和南海统计分析参数中的相关系数和判定系数很小,但是与其他近岸海域的研究结果(表 2)相比大体一致,都会表现出线性关系不显著。南海

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

和东海的均方根误差分别约为 1.2 和 0.7，这与国外研究者在全球海域和大西洋海域研究结果相比，误差相对较大，因为东海和南海的盐度变化范围并不大。如图 2 所示，南海实测盐度的变化范围不到 3.00，虽然南海盐度反演的均方根误差在 1.15～1.25，但是相对于变化范围的误差为 38.3%～41.6%；图 3 显示实测盐度的变化范围不到 1.00，这样对应于东海盐度均方根误差在 0.60～0.70 之间，则相对于变化范围的误差为 60%～70%，这主要是因为南海海域属于陆缘海，所选海区受陆地径流和季风影响，盐度随时间和空间变化梯度较大，并且强风场和陆地射频干扰严重影响盐度反演的准确度；东海海域选择第一岛链附近的 ARGO 数据进行评估，海域东接太平洋，相对比较开阔，并且受陆地径流影响较小，盐度梯度变化较小，并且该评估区域受陆地射频干扰影响较小，所以匹配数据均方根误差会相对较小。

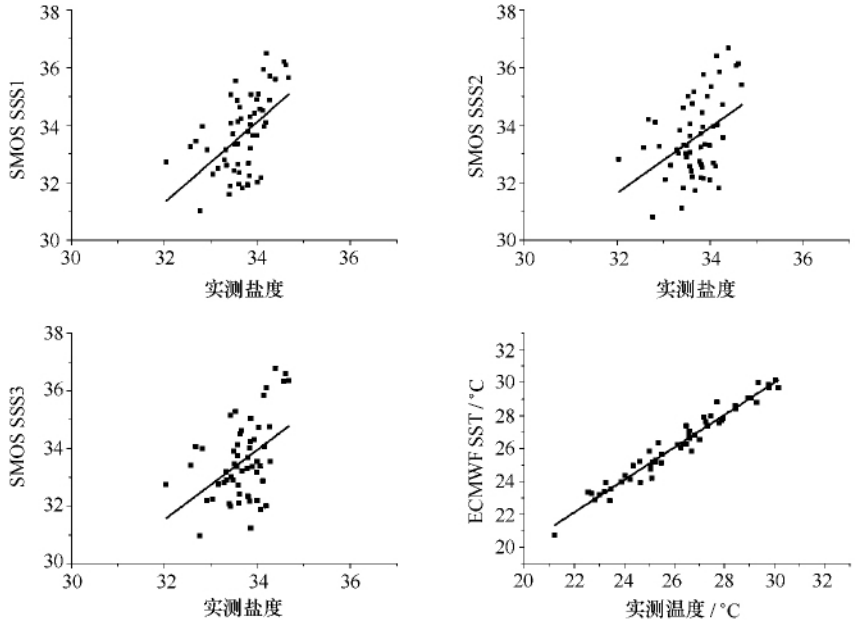

图 2 南海海域 SMOS 卫星盐度反演数据、辅助温度数据与实测数据（ARGO 数据、走航数据）的对比

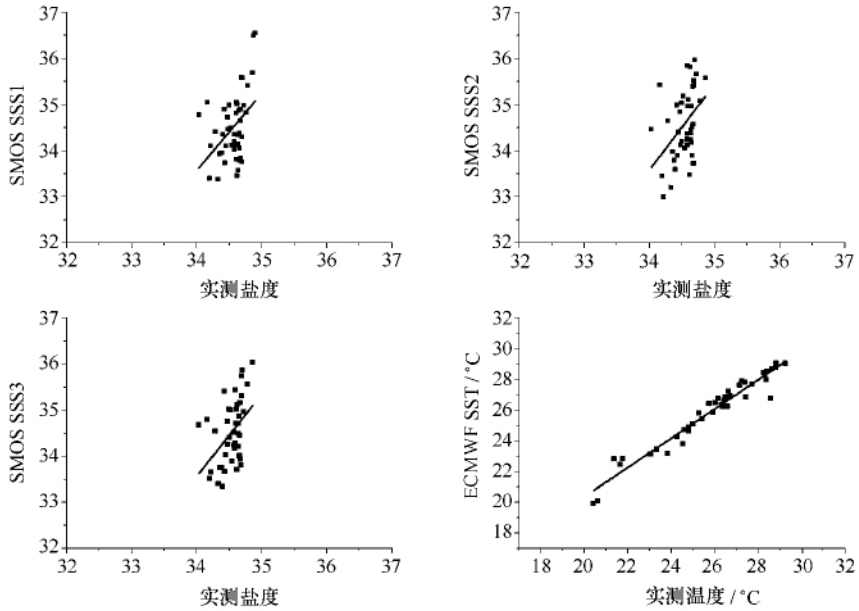

图 3 东海海域 SMOS 卫星盐度反演数据、辅助温度数据与实测数据（ARGO 数据、走行数据）的对比

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 1　3 种粗糙度修正模型线性关系统计分析表

		b		a		r	r^2	均方根误差
		值	标准偏差	值	标准偏差			
南海	SSS1	1.41	0.30	−13.71	10.18	0.53	0.27	1.16
	SSS2	1.14	0.32	−4.85	10.88	0.43	0.17	1.24
	SSS3	1.21	0.32	−7.28	10.65	0.46	0.20	1.21
	SST	0.99	0.03	0.39	0.73	0.98	0.96	0.45
东海	SSS1	1.68	0.53	−23.41	18.36	0.43	0.17	0.67
	SSS2	1.86	0.61	−29.77	21.01	0.43	0.17	0.69
	SSS3	1.78	0.56	−27.10	19.27	0.45	0.18	0.63
	SST	0.95	0.04	1.36	0.92	0.97	0.94	0.53

表 2　国外研究者在全球海域和大西洋海域对 SMOS 卫星研究评估结果

	均方根误差	r	r^2
大西洋近岸海域[11]	—	0.45	0.20
北大西洋亚热带海域[12]	0.50	—	—
大西洋热带海域[13]	≤0.40	—	—
全球尺度[13]	<0.30	—	—

从误差的正态分布图(图 4)可以看出,数据分布中心并没有偏离中心点,并且反演误差遵循高斯分布规律。匹配数据中的相关系数和判定系数相当小,线性关系不显著,并没有达到显著性要求,这就意味着我国近海海域海洋盐度卫星遥感不确定性比较显著。对于我国近岸来说,线性关系不显著不能完全归因于粗糙度修正模型,它还受近岸的陆地射频干扰因素的限制,然而在该因素参数相同的情况下,偏差的差异却与盐度反演模型有关[11]。整体评估结果表明,SMOS 卫星在我国近岸海域卫星数据准确度相对较小,不能直接使用,需要对卫星数据进行重新分析和处理,调整相关参数,对于我国近岸海域来说,调整粗糙度模型参数和陆地射频干扰参数后预计可以提高数据产品的准确度[14]。

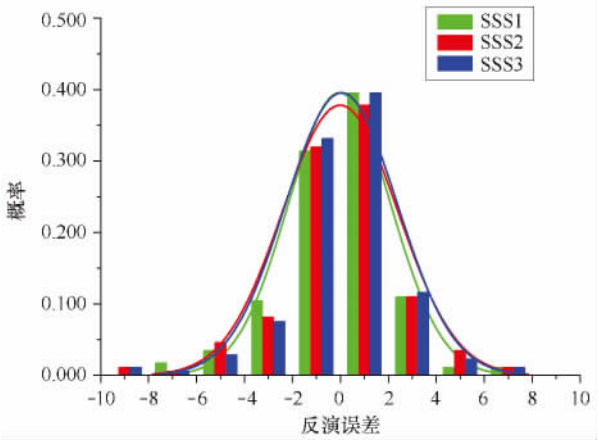

图 4　反演误差的正态概率分布图

4.2　影响因素分析

图 5 为 2011 年东海和南海的匹配数据平均值和平均误差月变化规律,其中 AS 代表 ARGO 盐度值、AT 代表 ARGO 温度值。从图 5 可以看出,两个海域的 ARGO 盐度数据平均值在 33.00～35.00 之间,由于南海属于热带海洋性季风气候,年平均气温要比东海高一些。从南海的平均误差分析结果来看,2—4 和 11—12 月份盐度反演的误差比较大,大约在 2.00,而对其他月份反演误差比较小,温度平均误差在 0.5℃以内。

从风场对盐度反演的影响来分析,相关结果表明,南海 1 月份盛行东北风,最大风速会达到 9 m/s,直至到 3 月份,最大风速依然会在 9 m/s 左右;在 11—12 月份,尤其在 12 月份,在南海东北部海峡中心风速达到 11 m/s,在南海中南部中心最大风速达到 10 m/s,在其他月份风速会维持在 4 m/s 左右[15]。由于风速会影响海表面的粗糙度,故风的作用导致海表面粗糙度增大,并且可以导致白帽和泡沫的覆盖面积增大,从而引起卫星观测的亮温值升高,使盐度反演

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

误差增大[16-19]。图 6 为 2011 年南海匹配海域盐度反演误差随风速变化趋势图，从图 6 可以看出由于风的作用，故卫星观测的亮温增大，从而反演的海表盐度 S_{ss} 值偏高，盐度反演的算术平均偏差（非绝对值）以及均方根误差会随风速增大。

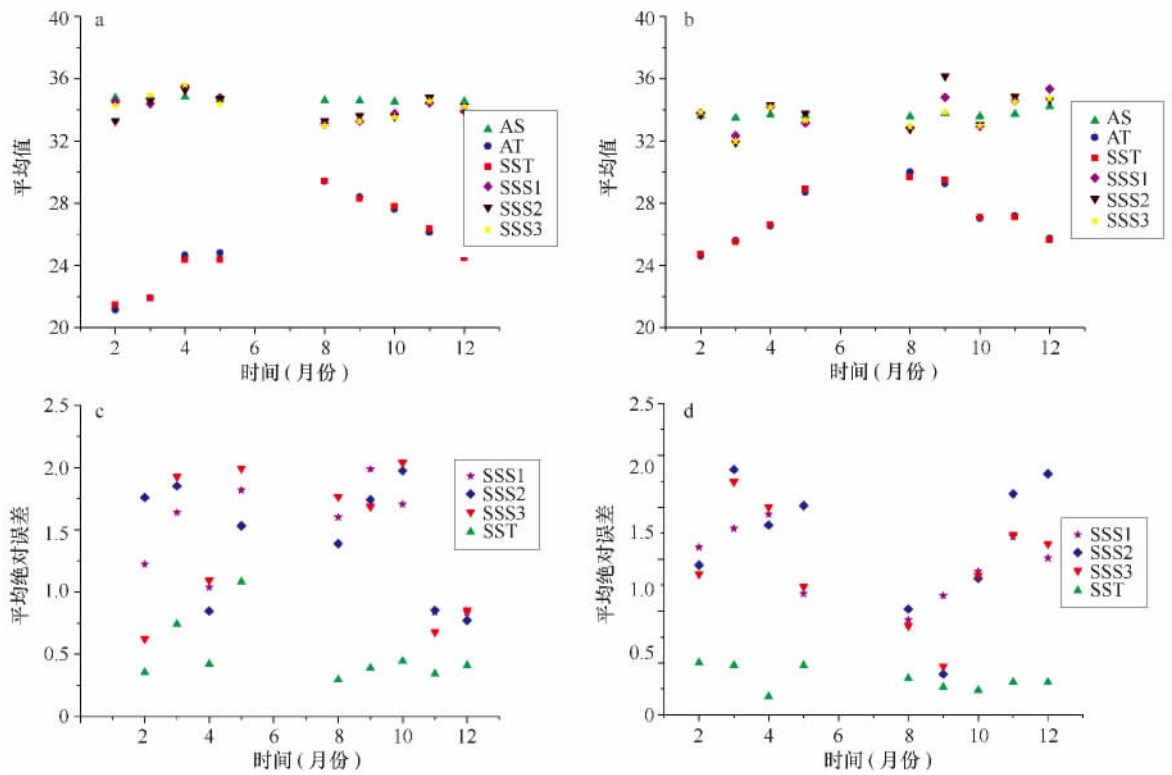

图 5 匹配数据平均值、平均绝对误差随月份分布

a 和 c. 东海，b 和 d. 南海

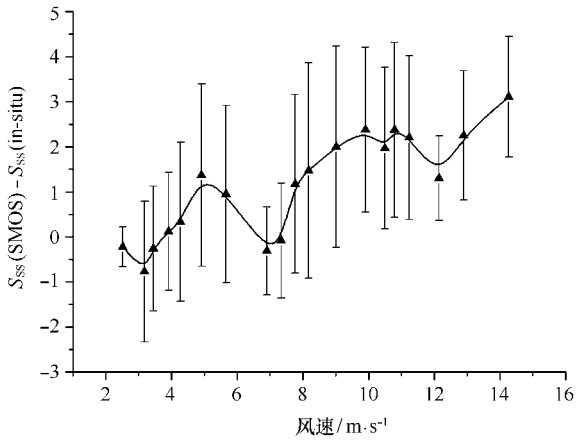

图 6 2011 年南海海域盐度反演误差随风速变化的趋势

根据上述分析，从图 5c 和 d 中可以看出，对 2—3，11—12 月份南海海域反演盐度的平均误差会很大，最大会达到 2.5，并且 SSS2 模型反演精度较低，SSS1 模型精度比较高。但是从东海的平均误差分析结果来看，平均误差随风速变化规律并不明显，其原因可能是选择用于评估东海海域的范围比较大，但是从图 5a 和 b 可以看出在温度平均误差大的月份，盐度平均误差也会比较大，这说明温度作为辅助数据在盐度反演过程中同样起到了重要作用。

由于 SMOS 卫星 L2 海洋盐度数据产品（OSUDP2）从 2011 年 10 月中旬开始数据版本更新为 V500，该版本数据在一定程度上修正了陆地射频干扰的影响，大大提高了卫星数据反演的准确度，所以可以看出东海海域 11～12 月份的平均误差相对较低，在 0.5～1.0 之间，但是南海海域 11—12 月份受强风场的影响，并且所选海域受陆地射频干扰严重，并没有完全剔除其影响，所以其平均绝对误差会相对较高。

5 结论

上述结果表明，南海和东海的均方根误差分别约

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

为 1.2 和 0.7。应用 3 个模型分别对海表面粗糙度修正后得到的 3 组盐度数据准确度都相对较小，尤其在近岸强风场区域出现了卫星数据高估的结果。从整体的评估结果来看，东海的盐度均方根误差要比南海小 0.5 左右，这主要是因为东海匹配区域为开阔海域，陆地射频干扰对盐度反演的影响相对较小，而南海匹配区域距离陆地较近，受陆地影响较大，并且南海春冬两季的风速很大[15]，导致海表面粗糙度增大，并且白帽和泡沫的覆盖面积增大，这样会导致微波辐射计观测的亮温值增大，从而导致盐度反演误差增大，有的区域误差会达 6 左右[20]。同时海表温度也是影响盐度反演精度的重要参数，海表温度作为辅助数据，其精度与盐度反演精度密切相关[21－22]。

对 3 个盐度修正模型进行比较后发现，在中国南海和东海海域，分别应用 SSS1 和 SSS3 模型修正海表面粗糙度后得到的盐度值准确度较高，但是，由于实测数据空间分布、评估时间段选取及匹配数据量等条件的限制，评估结果会有所差异，所以此评估结果仅仅局限于南海和东海海域，具有一定的参考价值。从每个月的匹配数据平均误差的分布情况分析，盐度反演的平均绝对误差随月份波动很大，可以通过改进各模型中的地球物理参数，提高模型的准确度。上述结果表明，对 SMOS 卫星各粗糙度修正模型进行局地化改进，预计可能会提高 SMOS 卫星在中国近岸海域盐度数据的准确度，这对于中国近岸海域盐度监测具有重要意义，将是下一步工作的重点研究方向。

参考文献：

[1] Talone M, Camps A, Sabia R, et al. Towards a coherent Sea Surface Salinity product from SMOS radiometric measurements and ARGO buoys [C]//Proceeding of International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Barcelona, Spain, 2007. Piscataway: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2007: 3959－3962.

[2] Zine S, Boutin J, Font J, et al. Overview of the SMOS sea surface salinity prototype processor[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2008, 46(3): 621－644.

[3] Kerr Y H, Waldteufel P, Wigneron J P, et al. soil moisture retrieval from space: the soil moisture and ocean salinity (SMOS) mission[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2001, 39(8): 1729－1735.

[4] Sonia Z, Jacqueline B, Philippe W, et al. Issues about retrieving Sea Surface Salinity in coastal areas from SMOS data[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2007, 45(7): 2061－2072.

[5] Marco T. Contribution to the improvement of the soil moisture and ocean salinity (SMOS) mission sea surface salinity retrieval algorithm[D]. Barcelona: Universitat Politecnica de Catalunya (UPC), 2010.

[6] Talone M, Sabia R, Gourrion J. Simulated SMOS Levels 2 and 3 products: the effect of introducing ARGO data in the processing chain and its impact on the error induced by the vicinity of the coast[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2009, 47(9): 3041－3049.

[7] Yueh S, Wilson W, Li F. Modeling of wind direction signals in polarimetric Sea Surface Brightness Temperatures[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1997, 35(6): 1400－1418.

[8] Gabarró C. Study of salinity retrieval errors for the SMOS mission[D]. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, 2004: 103－136.

[9] Voronovich A. Small-slope approximation for electromagnetic wave scattering at a rough surface of two dielectric half spaces[J]. Waves in Random Media, 1994, 4: 337－367.

[10] Reul N, Chapron B. A model of sea－foam thickness distribution for passive microwave remote sensing applications[J]. Journal of Geophysical Research, 2003, 108(C10): 1－14.

[11] Burrage D, Wang D, Wesson J, et al. SMOS observations of the Gulf of Mexico and Caribbean Sea: evaluating Surface Salinity retrieval and roughness correction performance[G]//Vienna: European Geosciences Union General Assembly, 2011.

[12] Banks C, Gommenginger C, Srokosz M, et al. Validating SMOS ocean surface salinity in the Atlantic with Argo and operational ocean model data [J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2012, 50(5): 1688－1702.

[13] Boutin J, Reul N, Font J. Sea Surface Salinity from SMOS satellite: complementarity to In Situ observations[C/OL]// World Climate Research Programme Open Science Conference－Climate Research in Service to Society. Geneva: World Meteorological Organization, 2011. http://conference2011.wcrp－climate.org/posters/C14/C14_boutin_T25A.pdf

[14] Yueh S, West R, William W, et al. Error sources and feasibility for microwave remote sensing of ocean surface salinity[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2001, 39(5): 1049－1060.

[15] 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.

[16] Gabarró C, Cames A, Font J. Retrieved Sea Surface Salinity and Wind Speed from L－band measurements for WISE and EuroSTARRS Campaigns[C]//Proceedings of the First Results Workshop on Euro STARRS, WISE, LOSAC Campaigns. Toulouse: Center for the Study of the Bi-

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

osphere from Space (CESBIO), 2003: 163－171.

[17] 王杰, 矫玉田, 曹勇, 等. 海表面盐度遥感技术的发展与应用[J]. 海洋技术, 2006, 36(10): 968－976.

[18] Sabia R. Impact on Sea surface salinity retrieval of different auxiliary data within the SMOS mission[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2006, 44(10): 2769－2778.

[19] Biswas S, Jones L, Khan S. MWR and WindSat inter－satellite radiometric calibration plan[C]// Proceeding of 11 th Specialist Meeting on Microwave Radiometry and Remote Sensing of the Environment (MicroRad), Washington DC, USA, 2010. Piscataway: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2010 : 266－271.

[20] Hollinger J P. Passive microwave measurements of sea surface roughness[J]. IEEE Transactions on Geoscience Electronics, GE－9(3): 1971, 165－169.

[21] 王杰. 微波遥感海水盐度的算法和影响因素分析[D]. 青岛: 国家海洋局第一海洋研究所, 2007.

[22] 殷晓斌. 海面风矢量、温度和盐度的被动微波遥感及风对温盐遥感的影响研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2007.

SMOS satellite salinity data accuracy assessment in the China coastal areas

WANG Xinxin[1,2], YANG Jianhong[2], ZHAO Dongzhi[2], WANG Xiang[1,2], SUN Guanglun[1,2]

(1. *College of Environmental Science and Engineering, Dalian Maritime University, Dalian* 116026, *China*; 2. *National Marine Environmental Monitoring Center, State Oceanic Administration, Dalian* 116023, *China*)

Abstract: The ocean salinity is a key variable to describe the ocean. Observing sea surface salinity (SSS) can promote the understanding of global water cycle. This paper main aims to carry out the accuracy assessment of SMOS satellite SSS data in the coastal waters of China. The main methods of this paper is that matching SMOS satellite L2 ocean salinity data products (V317) with the in-situ ARGO data and navigation data, evaluating SMOS satellite data using statistics method. The results show that the linear relationship of the matched data is not significant, and the RMSE of the SMOS SSS in South China Sea and East China Sea are 1.2 and 0.7 respectively. The three sets of SSS data, which are acquired applying three models in correcting the sea surface roughness are all with relatively low accuracy, especially in coastal strong wind areas, the SSS value observed by satellite is overestimated, and SMOS SSS retrieve may be seriously influenced by the sea surface roughness and land radio frequency. The RMSE of SMOS SSS data in South China Sea is higher than the East China Sea around 0.5, the degree of accuracy of salinity data using SSS1 and SSS3 are relatively high in the China seas. In further application, higher accuracy can be purchased by amending geophysical parametersand applying local improvement in China seas.

Key words: satellite remote sensing; sea surface salinity; ARGO; roughness correction model; coastal effect

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net