热带海洋学报 JOURNAL OF TROPICAL OCEANOGRAPHY 2013 年 第 32 卷 第 5 期: 23–28
海洋水文学 doi:10.3969/j.issn.1009-5470.2013.05.004 http://www.jto.ac.cn

Aquarius/SAC-D 卫星盐度数据在中国南海的准确度评估

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. 国家海洋环境监测中心，辽宁 大连 116023

摘要: 采用 Argo 浮标表层数据评估了 Aquarius/SAC-D 卫星 L2 盐度数据在中国南海的准确度，并进行局地化影响因素分析。结果表明，匹配数据的线性关系并不显著，卫星数据在南海及其东北部海域的准确度分别为 0.62‰和 0.70‰。南海处于低纬度地区，海表温度较高，对结果影响较小，影响数据准确度的因素可能是该海域的强风场、降雨和陆地射频干扰(RFI)等。从分析结果可以看出盐度反演误差随风速增大而增大，风速大于 7m·s^{-1} 时，盐度反演误差会呈明显上升趋势，可见海表面粗糙度对数据准确度影响很大；同时，南海处在 RFI 高度污染地区，即使卫星数据产品修正了 RFI 的影响，但并没有完全消除，所以 RFI 可能也会影响卫星数据的准确度。

关键词: 卫星遥感；准确度评估；海表面盐度；射频干扰；海表粗糙度

中图分类号: TP722.6; P731 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-5470(2013)05-0023-06

Assessment of Aquarius/SAC-D salinity data accuracy in the South China Sea

WANG Xin-xin[1,2], YANG Jian-hong[2], ZHAO Dong-zhi[2], WANG Xiang[1,2], SUN Guang-lun[1,2]

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

Abstract: This study assesses the accuracy of Aquarius/SAC-D satellite sea surface salinity (SSS) data in the South China Sea using Argo buoy data, and analyzes the influencing factors. The results indicate that the linear relationship of co-located data is not significant. The SSS inversion accuracy in the South China Sea and northeastern waters is 0.62‰ and 0.70‰, respectively. Located at low latitude, the sea surface temperature (SST) in the South China Sea is high, which has a small effect on the accuracy. The factors that influence the SSS accuracy may be the strong breeze, rainfall and land radio frequency interference (RFI), etc. The results show that the SSS retrieval error increases with wind speed when the wind speed is greater than 7 m·s^{-1}, and that the error has a clear ascendant trend. Meanwhile, the South China Sea is seriously contaminated by the land RFI. Even if the Aquarius/SAC-D SSS product has corrected the land RFI in its new Version 1.3. The RFI is not eliminated, and may still have an influence on the accuracy.

Key words: satellite remote sensing; accuracy assessment; sea surface salinity; radio frequency interference; sea surface roughness

Aquarius/SAC-D 卫星是由美国宇航局(NASA)和阿根廷空间局(CONAE)共同开发的，卫星的科学目的是测定全球海表面盐度(SSS)，并且在考虑所有传感器和地球物理学的随机误差和偏差前提下，提供时空分辨率为 30d 和 150km 下的平均准确度为 0.2‰的月均海洋洋区表面盐度场的全球制图[1-3]。

Aquarius/SAC-D 卫星主要分为 Aquarius 和 SAC-D 两个部分。Aquarius 是由 NASA 开发研制，由

收稿日期：2012-05-03; 修订日期: 2013-01-21。孙淑杰编辑
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，满族，辽宁省盘锦市人，硕士研究生，主要研究方向为海洋表层盐度卫星微波遥感。E-mail: gulf5136@sina.com
通信作者：赵冬至(1964－)，男，辽宁省辽阳市人，博士，研究员，博士生导师，主要从事赤潮、溢油、水质、温盐和海洋生态环境的卫星遥感与 GIS 相关技术研究。E-mail: dzzhao@nmemc.gov.cn

© 1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

被动式的 L 波段推扫式微波辐射计(1.413GHz)和主动式的 L 波段散射计(1.26GHz)组成，具有辐射分辨率更高、精度与稳定性更好的优点；SAC-D 是由 CONAE 开发的，是 SAC （Satellite for Scientific Applications）计划的第 4 颗空间服务平台[3]。同时卫星也搭载了检测和纠错设备，用于防止陆地射频干扰(RFI)对卫星的影响，提高近岸海域盐度遥感的准确度。该卫星每 7d 完成一次全球覆盖(103 个轨道)，即卫星轨道重复周期为 7d，卫星仪器的天线结构由一个偏移量为 2.5m 的抛物面反射器和 3 个喇叭馈源组成，3 个喇叭馈源的摆放形成在卫星星下点 20°—40°之间视角的交轨指向推扫方式，形成入射角分别为 25.8°、33.8°和 40.3°的 3 个固定波束，3 个波束在海面上形成的 3 个空间分辨率分别为 76km×94km、84km×120km、96km×156km，3 个波束刈幅为 390km[1,3-4]，因此，该卫星可从太空精确地跟踪测量海表面盐度，并监测其年际性和季节性变化，从而可以更好地研究全球水循环及其变化过程[2-6]。

本文主要目的是评估 Aquarius/SAC-D 卫星 SSS 数据在南海的准确度，并且将评估结果与其他近岸海域和全球海域评估结果进行对比。自卫星发射以来，国内外学者主要针对全球海域对卫星数据进行大尺度评估[7-9]，但是对于近岸海域的研究较少。中国近岸海域辽阔，并且受 RFI、海表面温度(SST)以及风场等因子影响，这些影响因子严重影响近岸盐度反演的准确度，这是近海域盐度遥感观测的主要问题。对这个问题的研究，对今后为南海 SSS 反演局地化改进工作提供理论基础具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 评估数据源

实测数据选择 2011 年 8 月—2012 年 9 月中国南海海域的 Argo (array for real-time geostrophic oceanography) 浮标表层数据。Argo 是专用于海洋次表层温、盐、深剖面测量的浮标。Argo 计划的观测目标是快速、准确、大范围地收集精度分别为 0.5 ℃和 0. 01‰的海水温盐资料[10-11]。从图 1 可以看出，浮标数据主要集中在南海北部和中东部海域，另外还有少数浮标数据分布在巴士海峡附近。

卫星数据采用 L2B _V1.3 数据产品，该产品是在 Level 1 数据产品的基础上，进行大气校正(修正法拉第旋转、天线辐射图、大气和天空的反射等影响因子)之后，再经过 SSS 定标和应用散射计数据修正海面粗糙度后得到的数据产品。V1.3 数据产品与之前版本的数据相比，修正了 RFI，所以该版本数据的准确度会相对较高[12]。

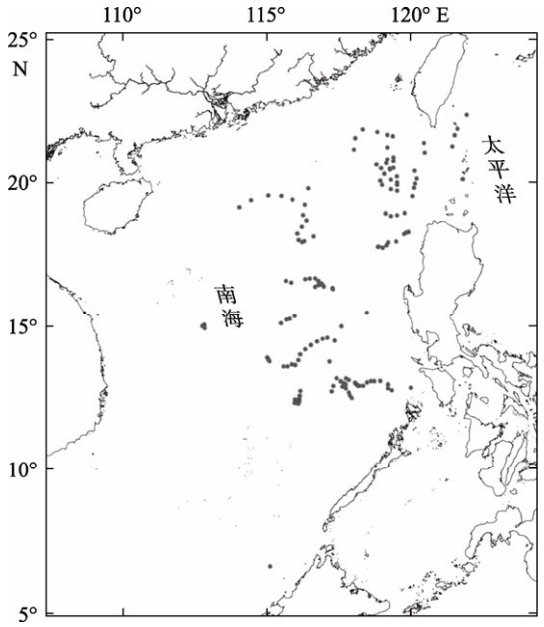

图 1 匹配海域 Argo 实测数据空间分布图

Fig. 1 Spatial distribution of Argo data in the study area

1.2 SSS 反演算法

根据 Wentz 等[12-13]提出的通过海表发射估算 SSS 的理论算法，其表示形式为:

$$S = s_0(\theta_i, t_s) + s_1(\theta_i, t_s)T_{BV,sur} + s_2(\theta_i, t_s)T_{BH,sur} + s_3(\theta_i, t_s)W \quad (1)$$

式中 S 为海表盐度；$T_{BV,sur}$ 和 $T_{BH,sur}$ 分别代表垂直极化和水平极化方向的海表面亮温(K)；t_s 代表海表温度(℃)；W 是海表面风速($m \cdot s^{-1}$)；θ_i 代表入射角(°)；系数 s_0—s_3 是 θ_i 和 t_s 的功能函数。

1.3 数据匹配方法

卫星观测数据与现场实测数据之间在时间和空间位置上会存在一定的差异[14]，这是数据匹配要考虑的问题。首先提取匹配海域近似实时的 Argo 浮标表层数据信息(观测时间、浮标经纬度)和同步的卫星观测数据进行匹配，采用 Busalacchi 等[7]针对 Aquarius/SAC-D 卫星提出的匹配原则，最大时间间隔为 1d，最大空间匹配半径为 1°，即在时间上和空间上都采用最近点(closet point of approach, CPA)原则与实测数据进行匹配。依据上述匹配标准，得到有效匹配数据 242 对。

1.4 评估方法

本文评估方法主要是采用 Aquarius/SAC-D 卫星数据验证系统(aquarius validation data segment, AVDS)所采用的评估验证方法，即应用统计学中线

© 1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

性最小二乘回归的方法，回归方程为[8]:

$$S_{\text{sat}} = a + b \cdot S_{\text{in-situ}} \tag{2}$$

式中, S_{sat} 代表卫星数据(盐度、温度); $S_{\text{in-situ}}$ 代表实测数据(盐度、温度)。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，并计算匹配数据的偏差(bias)和均方根误差(RMS error, RMSE)，在中国南海海域对卫星数据进行适用性评估。均方根误差对一组测量值中的特大或特小误差反应非常敏感，用均方根误差衡量观测值与真值之间的偏差，能够很好地反映出测量的准确度,可以作为衡量匹配数据准确度的指标，均方根误差 RMSE 定义如下[8]:

$$\text{RMSE} = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n} (S_{\text{sat}} - S_{\text{in-situ}})^2 \right]^{1/2} \tag{3}$$

2 结果与讨论

2.1 数据评估结果

Aquarius/SAC-D 卫星数据处理过程中需要很多辅助海表面参数数据，该卫星所采用的 SST 和海表风速等数据从美国国家环境预报中心(NCEP)获得，辅助数据的准确度会影响 SSS 反演的准确度，所以也要对辅助数据进行评估，本文主要对 SST 数据进行评估。

在南海对 SST 和 SSS 匹配数据拟合结果见图 2、表 1。从匹配结果中可以看出，辅助 SST 数据与实测数据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；Aquarius/SAC-D 卫星数据与实测数据之间存在线性相关，且为正相关，从相关系数 R 和判定系数 R^2 来看，两组数据之间的线性关系并不显著，从表 1 中可以看出, Aquarius/SAC-D 卫星辅助 SST 数据和 SSS 数据的准确度分别为 0.47℃和 0.62‰。

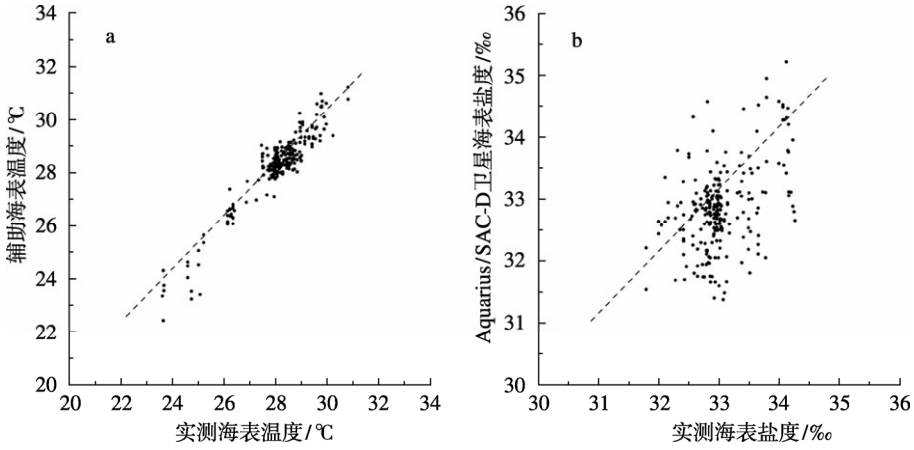

图 2 南海海域卫星产品数据与现场实测数据匹配结果

a. SST; b. SSS (V1.3)

Fig. 2 Co-located results of Aquarius/SAC-D data and in situ data in the South China Sea. a) SST; and b) SSS (V1.3)

表 1 卫星产品数据与现场实测数据匹配统计分析表

Tab. 1 Statistical results of satellite data and in situ data

评估参数	R	R^2	RMSE
NCEP SST	0.94	0.89	0.47
Aquarius/SAC-D SSS (V1.3)	0.46	0.21	0.62

2.2 南海与其他海域对比

Lagerloef 等[9]通过计算得到 Aquarius/SAC-D 卫星 SSS 数据在全球尺度下的准确度为 0.66‰; Busalacchi 等[7]分别选择 30°N—30°S 之间的印度洋、太平洋、大西洋 3 个热带洋区进行数据匹配，卫星数据选择 2011 年 8—12 月的 Aquarius/SAC-D 卫星 SSS 数据(V1.1、V1.2)，得到卫星数据与现场实测数据的散点图，求出 R、RMSE 和偏差，结果如表 2。

表 2 南海海域与 3 个热带洋区统计分析结果对比

Tab. 2 Contrast of statistical results of the South China Sea with those of the three tropical ocean areas (30°S–30°N)

参数	数据版本	R	RMSE	偏差
印度洋	V1.1	0.80	0.91	0.13
	V1.2	0.80	0.95	–0.42
太平洋	V1.1	0.85	0.80	0.07
	V1.2	0.86	0.91	–0.48
大西洋	V1.1	0.79	0.71	0.33
	V1.2	0.81	0.64	–0.29
南海	V1.3	0.46	0.62	–0.35

通过上述对比可以看出，在南海海域的卫星数据评估结果与 Lagerloef 等[9]得到的全球尺度下的结

© 1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

果大致相同，准确度在 0.65‰左右，但是与 Busalacchi 等人得到的三大洋的评估结果相比，其准确度相对较高，这可能是因为大洋海域内存在降雨量很大的区域(南太平洋辐合带和热带辐合带)、靠近主要河流(亚马逊河等)的径流区域和季节性变化较大的区域，这些区域会影响到大洋整体的评估结果；同时，从表 2 也可以看出，在南海选用的卫星数据版本是 V1.3，该版本数据修正了陆地 RFI 的影响，理论上认为其准确度会比之前的版本高，Lagerloef 等[15]通过大量的对比研究也证实了这一结论。

2.3 影响因素分析

影响盐度反演精确度的因素主要有海表粗糙度、SST、太空(宇宙背景辐射、银河射电辐射、太阳辐射等)、大气(强降雨等)、陆地以及电离层法拉第旋转等，从表 3 中可以看出，最主要的影响因素是海表粗糙度，Lagerloef 等[2]得到结果也表明误差源海表粗糙度对盐度反演影响最大。

表 3 Aquarius/SAC-D 卫星盐度反演误差源均方根误差

Tab. 3 RMSE error sources of Aquarius/SAC-D salinity retrieval

误差源	辐射计	天线	粗糙度	太阳辐射	银河辐射	降雨	电离层	大气	SST	函数模型	天线增益
RMSE	0.15	0.08	0.28	0.05	0.05	0.02	0.06	0.05	0.10	0.08	0.10

南海处于低纬度地区，温度对卫星数据的影响相对较小[8]；风的作用促使海面粗糙度增大，并且增大了白帽和泡沫的覆盖面积，这导致了观测的微波亮温值升高，致使盐度反演误差增大[16-20]。目前用于修正风场影响的算法模型主要有 Yueh[21]提出的双尺度模型(TSM)和 Reul 等[22]基于微扰理论提出的小斜率近似(SSA)模型等。相关研究表明，风速大于 6m·s^{-1} 时海浪开始破碎并形成泡沫，泡沫对海表发射率有非常大的影响，从而影响 SSS 反演准确度[16,23]。

南海属于热带海洋性季风气候，亚洲夏季风最早爆发的地区出现在南海北部，同时亚洲冬季风也会强烈影响南海海域，SSS 结构受季风的活动会表现出一系列的响应。8—12 月海表风场强度较大，尤其在 11—12 月，南海东北部海峡中心风值会达到 11m·s^{-1}[24-25]。从评估结果可以看出，Aquarius/SAC-D 卫星在南海海域 SSS 数据的准确度为 0.62，相对于海表面盐度变化范围，准确度相对较低。提取匹配数据对中分布于南海东北部的数据，线性拟合得到卫星数据的准确度为 0.70‰，相比南海整体海域，准确度偏低，这很可能与该海域冬季的强风场有一定的关系，强风场可能致使南海海域 SSS 反演准确度偏低。根据匹配数据对中的风速数据，绘制盐度反演误差随风速变化的趋势图，误差棒代表每组数据的标准偏差。图 3 表明，SSS 反演误差随风速增大而增大，并且在 7m·s^{-1} 后有明显增大的趋势，其他风速影响区别不明显，比较平缓。从整体上来看，风速对 SSS 反演的准确度影响很大。

由于南海属于陆缘海，卫星在该海域受 RFI 影响严重。从南海与其他海域评估结果的对比可以看出，修正陆地 RFI 后的卫星数据准确度较高，但是由于技术的限制，还不能完全消除陆地 RFI 的影响。Wentz[26]曾提出针对陆地 RFI 污染误差的修正公式，虽然从全球大尺度上来看卫星数据的准确度已经相对较高，但是近岸陆地 RFI 对卫星的影响却有待于解决。目前国外正在研究其他可以剔除陆地 RFI 污染的算法，以提高微波盐度卫星在近岸的准确度。从图 3 可以看出，散点主要集中在对角线以下的区域，这表明 Aquarius/SAC-D 卫星盐度值要比实测值小，这可能与热带地区的强降雨和海表面分层有关，具体原因需要进一步的研究。

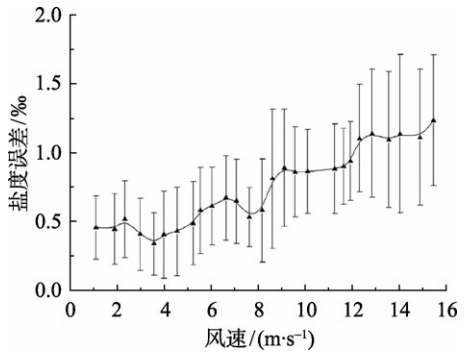

图 3 海表盐度反演误差随风速变化趋势图

Fig. 3 Diagram of salinity retrieval error with respect to wind speed

2.4 讨论

从图 3 中可以看出，南海实测盐度的变化范围为 2.5‰左右，而南海海域卫星数据的均方根误差为 0.62，计算均方根误差与变化范围的比值得到标准化均方根误差为 24.8%，误差相对较大，这主要是因为南海海域属于陆缘海，所选海区受季风和陆地 RFI 因素影响；同时受陆地径流和降水等因素影响，

© 1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

SSS 随时间和空间变化梯度较大，这些因素也可能会严重影响 SSS 反演的准确度[27-28]。有必要对卫星算法进行局地化改进，以提高卫星数据准确度。

3 结论

总体评估结果表明，在南海海域，采用实测 Argo 数据与 Aquarius/SAC-D 卫星 SSS 数据进行匹配，其线性关系并不显著，得到卫星数据的准确度为 0.62‰，相对于南海 SSS 变化范围来说，卫星数据的准确度偏低，这可能是海表粗糙度、强降雨和 RFI 等因素对卫星影响的结果。南海东北部海域冬季受风场影响严重，当风速大于 $7m\cdot s^{-1}$ 时，海表面粗糙度明显增大，导致微波辐射计接收到的辐射亮温增大，从而导致 SSS 反演误差增大，最终导致南海局部海域 SSS 数据准确度偏低，其值为 0.70‰左右。通过修正算法，在南海海域进行局地化改进，调整相关参数，预计能得到更高准确度的 SSS 数据。

通过综合分析影响因子对反演误差的影响，尤其是海表粗糙度、SST 和 RFI 的影响，在南海海域进行局地化算法改进，提高盐度反演精度，得到南海海域盐度产品图，对于南海生产力评估、碳通量变化研究、海流分析等都有重要意义。

参考文献

[1] 杨斌利. 用于海洋盐度观测的主被动联合遥感器[J]. 空间电子技术, 2010, 2: 49–54.

[2] LAGERLOEF G, COLOMB F R, LEVINE D M, et al. The Aquarius/SAC-D mission: Designed to meet the salinity remote sensing challenge[J]. Oceanography, 2008, 21(1): 68–81.

[3] LEVINE D M, LAGERLOEF G, COLOMB F R, et al. Aquarius: An instrument to monitor sea surface salinity from space[J]. IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, 2007, 45(7): 2040–2050.

[4] GUNN J, LAGERLOEF G. The Aquarius salinity satellite/in-situ data comparison processing system—A Demonstration[C/OL]//Proceedings of OceanObs'09: Sustained Ocean Observations and Information for Society (Annex). Paris: ESA Publications Division, 2010[2013-06-10]. http://www.oceanobs09.net/proceedings/ac/.

[5] 王新新,赵冬至,杨建洪,等.海表面盐度卫星微波遥感研究进展[J]. 遥感技术与应用, 2012,27 (5): 671–679.

[6] YUEH S H, RICHARD W, WILLIAM J W, et al. Error sources and feasibility for microwave remote sensing of ocean surface salinity[J].IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, 2001, 39(5): 1049–1060.

[7] BUSALACCHI A, ALORY G, ARKIN P, et al. Satellite sea surface salinity error in the Tropics[C/OL] //2011 American Geophysical Union (AGU) Fall Meeting. College Park: Earth System Science Interdisciplinary Center, 2011[2013-0610]. http://essic.umd.edu/joom2/index.php/publications/posters-2.

[8] WERDELL P J. Aquarius Validation Data Segment (AVDS) to Aquarius Data Processing Segment (ADPS) interface control document (Revision 1.1)[R]. Greenbelt: Goddard Space Flight Center (GSFC), 2011: 1–11.

[9] LAGERLOEF G, TORRUSIO S, LEVINE D, et al. Salinity and water cycle: Aquarius/SAC-D satellite mission early results[C]//World Climate Research Programme Open Science Conference. Geneva: World Meteorological Organization, 2011[2013-06-10]. http://www.wcrp-climate.org/conference2011/posters/C14/C14_Lagerloef_T23A.pdf.

[10] 刘增宏, 许建平, 朱伯康. 一个 Argo 剖面浮标的观测过程及其资料应用探讨[J].热带海洋学报, 2008, 27(4): 66–72.

[11] 童明荣, 刘增宏, 孙朝辉, 等. ARGO 剖面浮标数据质量控制过程剖析[J].海洋技术, 2003, 22(4): 79–84.

[12] WENTZ F J, LEVINE D. Algorithm theoretical basis document Aquarius Level-2 radiometer algorithm: Revision 1[R]//(RSS Technical Report 012208). Santa Rosa: Remote Sensing Systems, 2008: 1–14.

[13] WENTZ F J, LEVINE D. Algorithm Theoretical Basis Document Aquarius Salinity Retrieval Algorithm: Final Pre-Launch Version[R]// RSS Technical Report 011811. Santa Rosa: Remote Sensing Systems, 2011: 14–20.

[14] LAGERLOEF G, BOUTIN J CHAO YI, et al. Resolving the global surface salinity field and variation by blending satellite and in situ observation[C/OL]//Proceedings of OceanObs'09: Sustained Ocean Observations and Information for Society (Vol. 2). Paris: ESA Publications Division, 2010[2013-06-10]. http://www.oceanobs09.net/proceedings/cwp/cwp51/.

[15] LAGERLOEF G, KAO H Y, YUEH S, et al. Aquarius satellite salinity measurements assessment[C/OL]//7th Aquarius/SAC-D Science Meeting. Buenos Aires: CONAE, 2012[2013-06-10]. http://www.conae.gov.ar/prensa/Eventos/Day2MORNING1/KAO.pdf.

[16] 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.

[17] REUL N, CHAPRON B.A model of sea-foam thickness distribution for passive microwave remote sensing applications[J]. Journal of Geophysical Research, 108(C10),

© 1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2003: 1–12.

[18] 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 EuroSTARRS, WISE, LOSAC Campaigns. Toulouse: Center for the Study of the Biosphere from Space (CESBIO), 2003: 163–171.

[19] 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: 26–39.

[20] 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[C]//European Geosciences Union General Assembly. Vienna: European Geosciences Union, 2011: XY632.

[21] YUEH S. Modeling of wind direction signals in polarimetric sea surface brightness temperatures[J]. IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, 1997, 35(6): 1400–1418.

[22] REUL N, CHAPRON B. SMOS-salinity data processing study: Improvements in emissivity models[R]//(IFREMER Technical Report-WP 1100. Paris: ESA Publications Division, 2001: 37–87.

[23] BISWAS S. Brightness temperature calibration of SAC-D/ Aquarius microwave radiometer[D]. Orlando: University of Central Florida, 2012: 59–113

[24] 李秀珍，梁卫，温之平，等. 南海盐度对南海夏季风响应的初步分析[J]. 热带海洋学报, 2011, 30(1): 29–34.

[25] 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(Supp1): 107–117.

[26] WENTZ F J. The estimation of TOA TB from Aquarius observations[R]// (RSS Technical Report). Santa Rosa: Remote Sensing Systems, 2006: 1–21.

[27] 曾丽丽，陈举，施平. 夏季降雨过程对南海上层盐度的可能影响[J]. 热带海洋学报, 2007, 25(3): 11–17.

[28] 庄伟，胡建宇，贺志刚，等.2000 年 7—8 月台湾海峡南部至珠江口附近海域表层温、盐度分析[J]. 热带海洋学报, 2003, 22(4): 68–76.

© 1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net