

基于亚马逊热带雨林的HY-2卫星微波散射计在轨测量性能分析

彭海龙,穆博,林明森,周武

(国家卫星海洋应用中心,北京 100081)

[摘要] 中国第一颗自主海洋动力环境卫星海洋二号(HY-2)卫星于2011年8月16日成功发射,其上搭载的Ku波段微波散射计可以提供海面风矢量信息。根据国际上对已发射星载微波散射计在亚马逊热带雨林的观测结果:散射计在该地理区域观测的后向散射系数随季节的变化在0.15 dB以内。本文对HY-2微波散射计2012—2013年的亚马逊热带雨林区域的观测数据进行了分析,结果表明HY-2卫星散射计在轨运行两年来的测量性能很稳定,其在亚马逊热带雨林的季节性变化特征与国际上的研究结果一致。

[关键词] 亚马逊热带雨林;HY-2;微波散射计;在轨测量性能

[中图分类号] TH776+.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2014)06-0033-06

1 前言

星载微波散射计已经被证明是一种非常重要的全球海洋风矢量观测手段,散射计的风矢量测量为间接测量技术,其直接测量地球表面后向散射功率,通过雷达方程,可由功率测量值计算得到归一化后向散射系数,然后通过地球物理模式函数来反演风场。后向散射系数测量值存在误差及不确定性,因此对散射计观测后向散射系数进行精密定标是保证风场反演精度达到 ± 2 m/s和 20° 精度指标的重要条件^[1,2]。中国第一颗海洋动力卫星海洋二号(HY-2)自2011年8月成功发射以后,其搭载的微波散射计已经利用海洋目标法进行了精密定标,从2011年12月8日至今散射计数据一直使用的定标系数为VV(V为垂直极化)极化-1.7 dB,HH(H为水平极化)极化-1.7 dB,保证了风矢量反演结果达到 ± 2 m/s和 20° 的要求,到目前为止已经提供了近3年高可靠的全球海洋风矢量测量产品,该产品

已经在我国海洋动力学预报模式中得到了应用。本文主要利用亚马逊热带雨林后向散射系数随季节变化很小的这一特点,采用2012—2013年两年的HY-2卫星散射计数据开展了仪器测量性能稳定性分析研究。所使用的研究数据为HY-2卫星微波散射计L1B级后向散射系数数据,时间范围为:2012年1月1日到2013年12月30日,共两年数据。该数据已经过辐射定标,定标系数为VV极化-1.7 dB,HH极化-1.7 dB。

2 分析方法

根据国际上对已发射散射计在亚马逊热带雨林的观测结果,发现散射计在该地理区域观测的后向散射随季节的变化很小,一般后向散射系数随季节的变化在0.15 dB以内^[3,4]。因此,利用散射计在定标检验区域的基本不随季节变化的特性,就可以识别出散射计不同时间周期仪器测量性能是否发生变化,进而得到散射计仪器在轨测量性能的稳定

[收稿日期] 2014-04-09

[基金项目] 国家高技术研究发展计划(863计划)“海洋动力环境微波遥感信息提取技术与应用”(2013AA09A505)

[作者简介] 彭海龙,1976年出生,男,新疆石河子市人,副研究员,研究方向为海洋卫星定标与真实性检验;E-mail: phl@mail.nsoas.gov.cn

性评价。图1为HY-2卫星散射计采用的亚马逊热带雨林定标检验地理区域图。

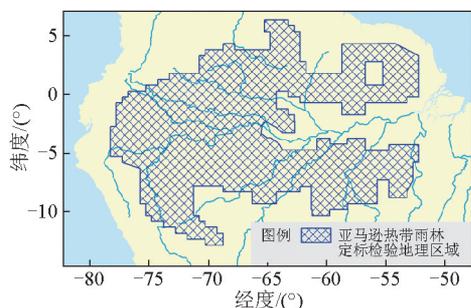


图1 HY-2卫星散射计采用亚马逊热带雨林的定标检验地理区域图

Fig. 1 The Amazon rainforest geographic area for HY-2 satellite scatterometer calibration and validation

依据散射计亚马逊热带雨林定标检验地理区域,提取HY-2卫星散射计在该定标检验区域地理范围内的观测数据,同时对数据进行升降轨划分。早上由于受到植被表面露珠影响,造成早上观测(升轨)比下午观测(降轨)的后向散射系数偏大,约为0.5 dB^[3-5],同时测量结果的标准差也偏大,不利于仪器测量性能稳定性检验计算,因此需要对升降轨数据分别进行直方图检验分析。最后,分别计算不同周期的稳定性检验参数,一般为该时间周期内测量后向散射系数的平均值,通过分析不同周期之间的检验参数,查看其随时间的变化趋势,并计算其标准差,就可以分析出散射计在不同观测周期之间仪器测量性能的稳定性。国际上研究表明一般散射计测量后向散射系数随季节的变化在0.15 dB以内。HY-2卫星散射计仪器测量稳定性检验的数据处理流程图如图2所示。

3 频率分布直方图分析

采用HY-2卫星微波散射计L1B级数据的时间范围为2012年1月1日到2013年12月30日,通过每28天(两个轨道重复周期)分析一次升轨和降轨观测数据,得到随季节变化的结果。图3和图4为HY-2散射计在2012年度HH和VV极化升轨在雨林检验地理区域的直方图分布检验结果,图5和图6为HY-2散射计在2013年度HH和VV极化升轨在雨林检验地理区域的直方图分布检验结果。

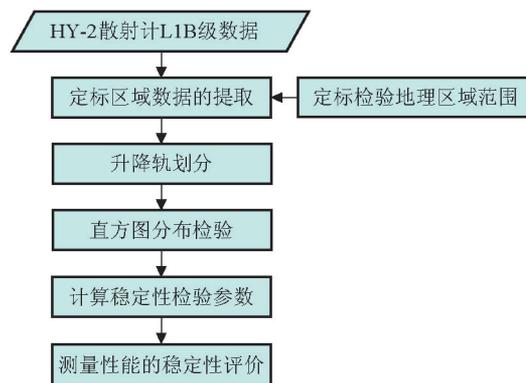


图2 HY-2卫星散射计仪器测量稳定性检验的数据处理流程图

Fig. 2 Data processing flow chart about HY-2 satellite scatterometer measurement stability verification

根据QuikSCAT和ASCAT散射计在亚马逊热带雨林定标检验地理区域的观测结果,散射计测量后向散射系数的直方图分布呈近似正态分布,且呈尖峰状^[6]。从图3到图6可以看出,除了极个别周期VV和HH极化数据直方图分布异常之外(2012年9月9日到10月6日期间,平均值偏小、标准差太大),其他时间段的直方图分布良好,没有明显异常。

4 测量性能稳定性分析

采用微波散射计后向散射系数的平均值作为仪器测量性能稳定性检验的分析参数,经过2倍标准差的数据剔除之后,采用长时间序列分析方法来监控在轨测量性能的稳定性。图7和图8是HY-2卫星散射计HH极化和VV极化在升轨(下午)观测数据随季节的变化图,图9和图10是HY-2卫星散射计HH极化和VV极化在降轨(早上)观测数据随季节的变化图。

从图7可以看出,对于2012年和2013年的升轨观测,HH和VV极化观测随季节的变化趋势基本一致,说明仪器两个极化的测量性能变化趋势一致,两者之间没有异常;同时,每个极化在单年的变化都在偏离其均值的 ± 0.15 dB以内,与国际上研究亚马逊热带雨林的季节变化特性在0.15 dB以内的结果一致,说明仪器的测量性能是稳定的;2012年和2013年之间存在约0.1 dB的系统偏差,这一现象在降轨数据的分析结果中更明显,目前还不足以说明仪器发生跳变,有可能是亚马逊热带雨林的年纪变化引起的,需要进一步分析其原因。

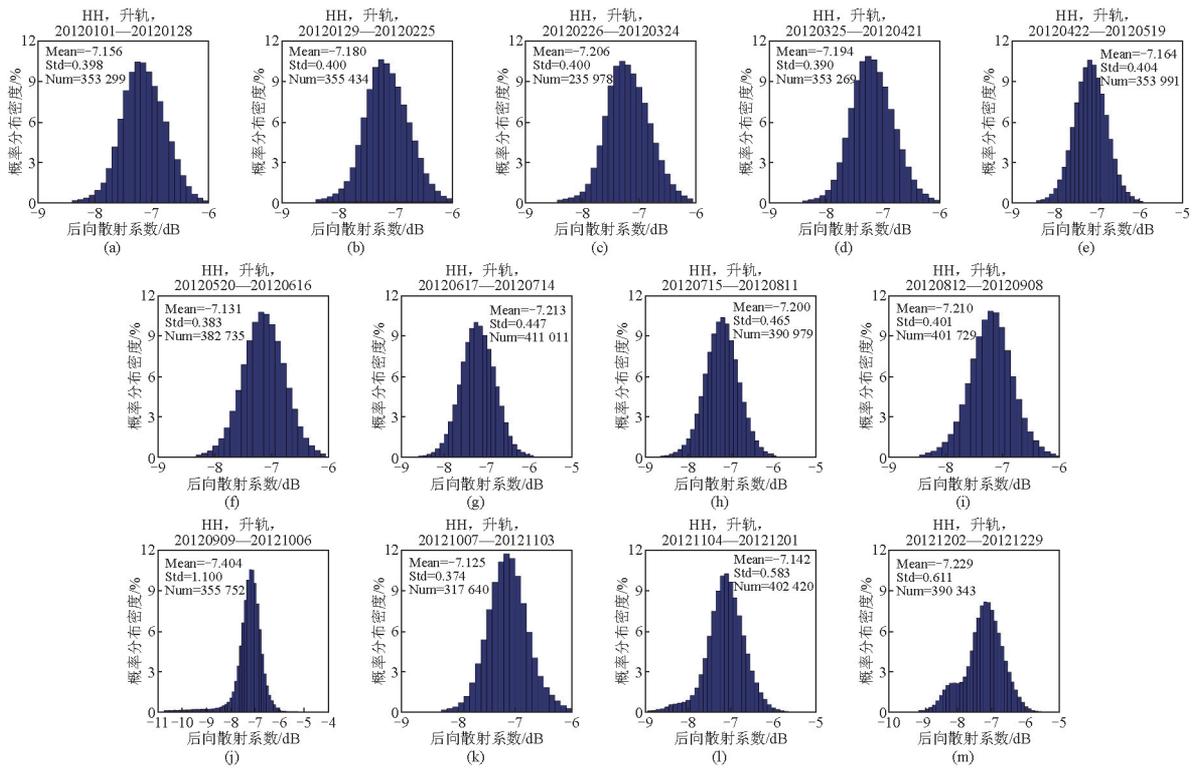


图3 HY-2卫星微波散射计HH极化升轨后向散射系数的频率分布直方图(2012年)

Fig. 3 The frequency distribution histogram of the backscatter coefficient about HH polarization at ascending passes for HY-2 satellite microwave scatterometer in the year of 2012

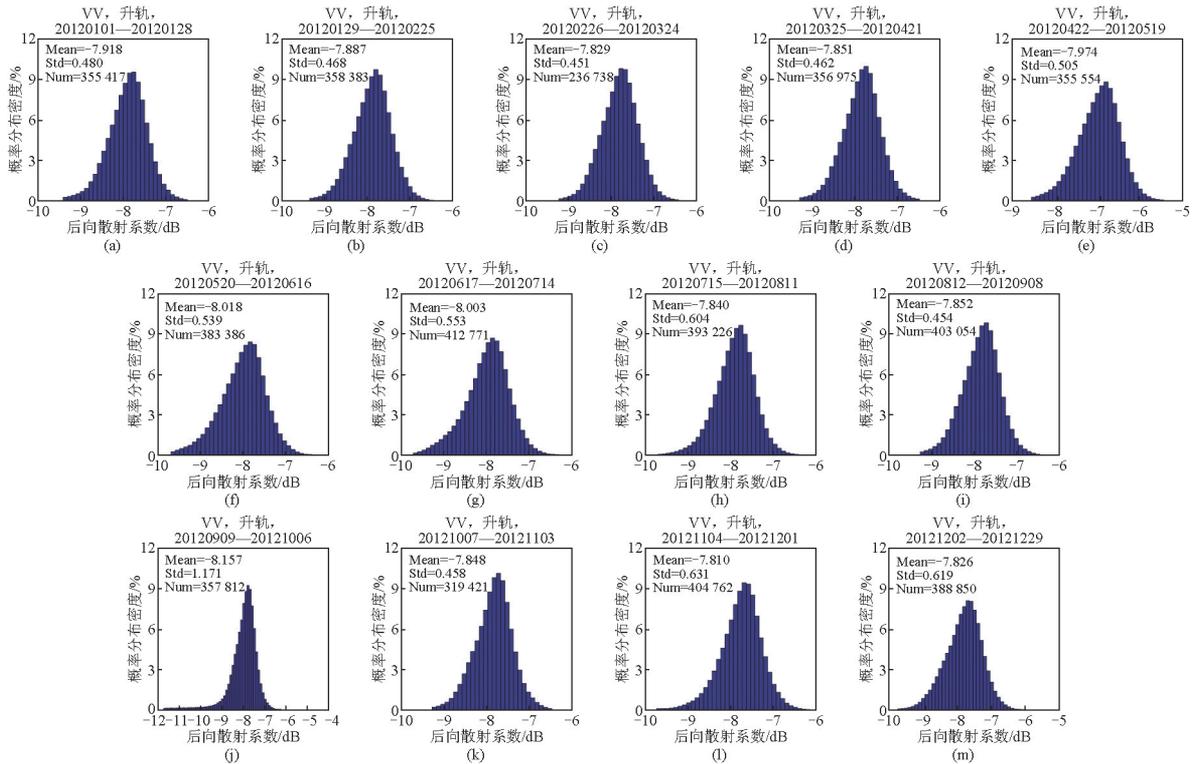


图4 HY-2卫星微波散射计VV极化升轨后向散射系数的直方图分布(2012年)

Fig. 4 The frequency distribution histogram of the backscatter coefficient about VV polarization at ascending passes for HY-2 satellite microwave scatterometer in the year of 2012

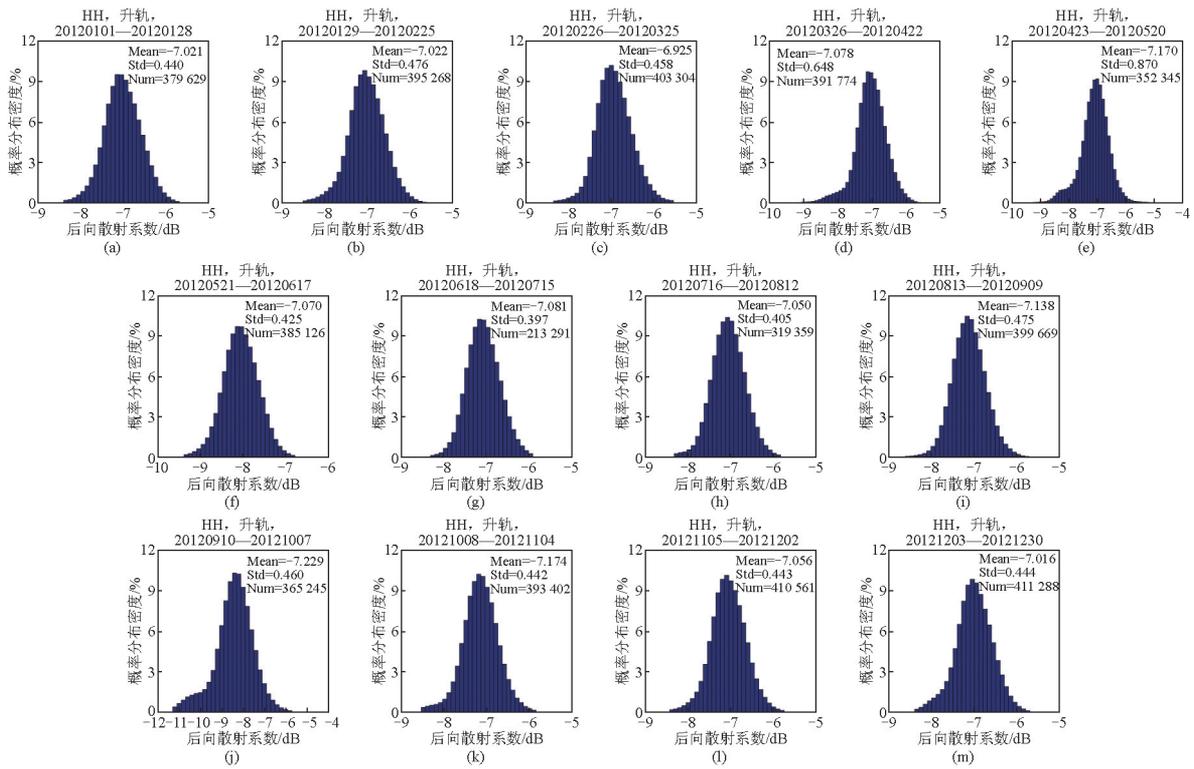


图5 HY-2卫星微波散射计HH极化升轨后向散射系数的直方图分布(2013年)

Fig. 5 The frequency distribution histogram of the backscatter coefficient about HH polarization at ascending passes for HY-2 satellite microwave scatterometer in the year of 2013

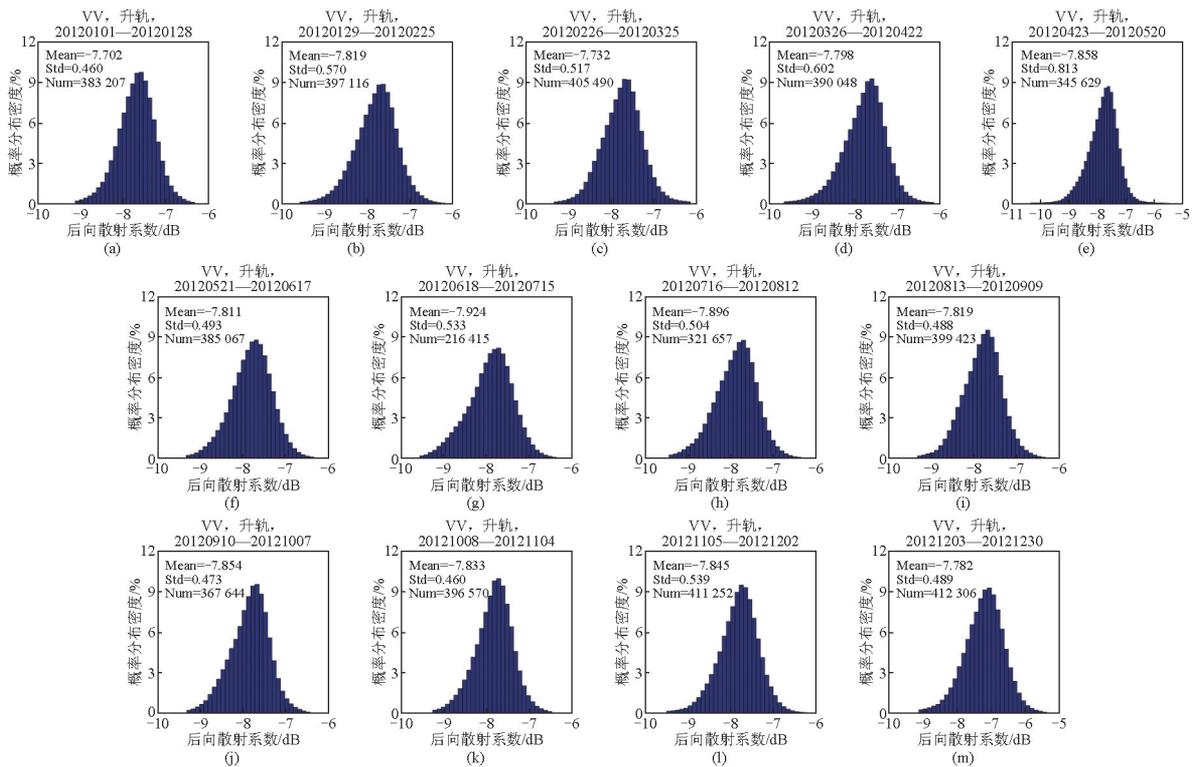


图6 HY-2卫星微波散射计VV极化升轨后向散射系数的直方图分布(2013年)

Fig. 6 The frequency distribution histogram of the backscatter coefficient about VV polarization at ascending passes for HY-2 satellite microwave scatterometer in the year of 2013

从图9可以看出,与升轨观测结果相比,两者的变化特征还是基本一致的,每个极化在单年的变化也都在偏离均值的 ± 0.15 dB以内,说明仪器的测量性能很稳定。

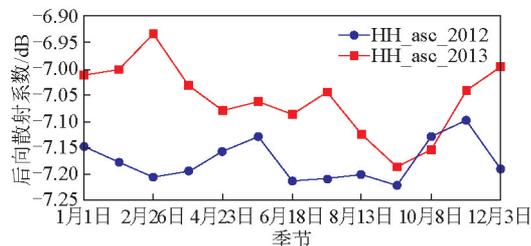


图7 HY-2卫星微波散射计HH极化下午升轨测量后向散射系数随季节的变化

Fig. 7 Seasonal variations about HH polarization of HY-2 satellite microwave scatterometer backscattering coefficient for ascending passes measurements in the afternoon

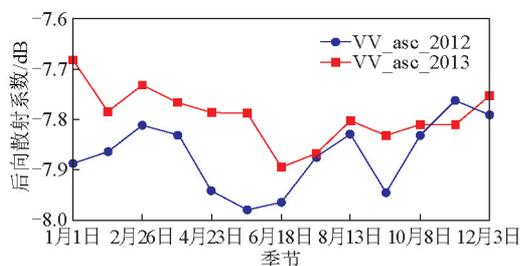


图8 HY-2卫星微波散射计VV极化下午升轨测量后向散射系数随季节的变化

Fig. 8 Seasonal variations about VV polarization of HY-2 satellite microwave scatterometer backscattering coefficient for ascending passes measurements in the afternoon

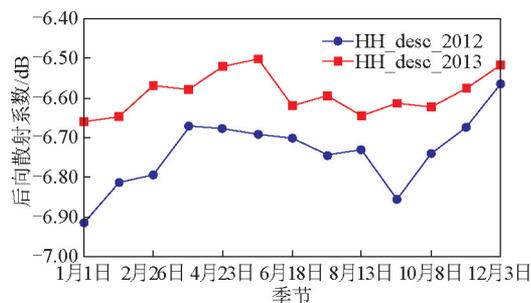


图9 HY-2卫星微波散射计HH极化早上降轨测量后向散射系数随季节的变化

Fig. 9 Seasonal variations about HH polarization of HY-2 satellite microwave scatterometer backscattering coefficient for descending passes measurements in the morning

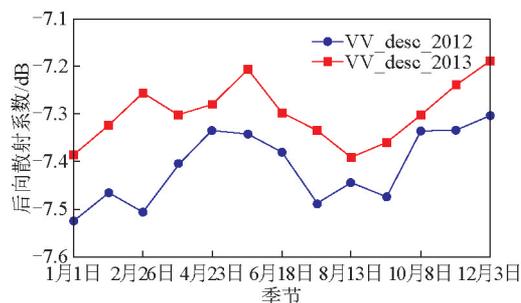


图10 HY-2卫星微波散射计VV极化早上降轨测量后向散射系数随季节的变化

Fig. 10 Seasonal variations about VV polarization of HY-2 satellite microwave scatterometer backscattering coefficient for descending passes measurements in the morning

5 结语

HY-2卫星是中国第一颗海洋动力环境监测试验卫星,微波散射计作为其主要载荷之一,其观测数据是海面风场的数值预报同化重要的数据源之一,因此,长期连续稳定的观测资料对数据发挥好的定量化应用效果至关重要。本文利用亚马逊热带雨林这一大面积且均匀稳定的面目标,展示了HY-2卫星发射两年来散射计仪器在轨测量性能的变化趋势,从2012年和2013年观测的分析结果,可以看出HY-2卫星散射计在此期间的在轨测量性能是稳定的,且在亚马逊热带雨林的季节性变化特征与国际上的研究结果一致。

参考文献

- [1] 蒋兴伟,林明森,宋清涛. 海洋二号卫星被动微波遥感探测技术研究[J]. 中国工程科学, 2013, 15(7): 4-11.
- [2] 王小宁,刘丽霞,陈文新. 海洋二号卫星微波散射计系统设计与应用[J]. 中国工程科学, 2013, 15(7): 33-38.
- [3] Long D G, Skouson G B. Calibration of spaceborne scatterometers using tropical rain forests[J]. IEEE Transactions Geoscience Remote Sensing, 1996, 34(2): 413-424.
- [4] Kunz L B, Long D G. Calibrating SeaWinds and QuikSCAT scatterometers using natural land targets[J]. IEEE Geoscience Remote Sensing Letters, 2005, 2(2): 182-186.
- [5] Zec J, Jones W L, Long D G. SeaWinds beam and slice balance using data over Amazonian rainforest[J]. IGARSS, 2000, 5: 2215-2217.
- [6] Figa-Saldaña J, Buhler Y. ASCAT Calibration and Validation Plan[R]. European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites, 2004.

Performance analysis of the HY-2 satellite microwave scatterometer measurements based on tropical rainforests

Peng Hailong, Mu Bo, Lin Mingsen, Zhou Wu

(Nation Satellite Ocean Application Service, Beijing 100081, China)

[Abstract] The first Chinese dynamic environment satellites HY-2 satellite was successfully launched on August 16, 2011, with a Ku-band microwave scatterometer which can provide wind vector information of global ocean surface. The research results for all launched scatterometer in the Amazon rainforest region by the global scientists showed the variance of scatterometer backscatter coefficient measurements was less than 0.15 dB with the season. According to this results, the analysis on HY-2 microwave scatterometer measurement data of the Amazon rainforest region in 2012—2013 have been finished, the results showed that HY-2 satellite scatterometer measurement performance onboard in 2012—2013 is very stable, which is consistent with the international research results that seasonal variation characteristic of HY-2 scatterometer measurements in the Amazon rainforest is less than 0.15 dB.

[Key words] Amazon rainforest; HY-2; microwave scatterometer; in-orbit measurement performance