

海洋二号扫描微波辐射计冷空定标和地球物理参数反演研究

周武¹, 林明森¹, 李延民², 王振占³, 黄磊¹

(1. 国家卫星海洋应用中心, 北京 100081; 2. 中国航天科工集团公司第五研究院西安分院, 西安 710100;

3. 中国科学院空间科学与应用研究中心, 北京 100190)

[摘要] 本文研究了海洋二号(HY-2A)扫描微波辐射计冷空定标方法和数据反演算法。针对HY-2A扫描微波辐射计对地观测和定标扫描的设计原理和观测几何, 基于微波辐射计的对地观测数据修正进入冷空反射器的地球信号, 建立地面观测亮温的冷空反射器权重系数矩阵修正冷空观测信号; 基于海面温度、海面风速、水汽含量和云液态含量的微波辐射计辐射传输模型, 计算HY-2A扫描微波辐射计不同条件下的各频率极化方式下的理论亮温, 建立线性回归模型, 拟合不同地球物理参数的反演系数, 采用多元线性回归算法反演HY-2A微波扫描辐射计地球物理参数, 对比国外成熟微波辐射计数据, 得到产品精度。

[关键词] 扫描微波辐射计; 多元线性回归; 星星交叉; 冷空定标

[中图分类号] V441 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2013)07-0075-06

1 前言

海洋二号(HY-2A)卫星上搭载的是一个五频率九通道多频段的微波辐射计, 目的是为了观测包括海面温度、海面风速、水汽含量和云液水含量等物理海洋环境参数。其频率设置为6.6 GHz、10.7 GHz、18.7 GHz、23.8 GHz和37 GHz, 除了23.8 GHz仅有垂直极化通道以外, 其他4个频率都有垂直和水平极化双通道。扫描微波辐射计使用了一个抛物面天线搭配两组馈源的设计, 6.6 GHz和10.7 GHz共用一组双频馈源, 其余的共用一组三频馈源。

天线主波束与天顶方向的夹角设置为40°, 地面入射角为47.7°, 扫描周期约为3.78 s, 在卫星前进方向上大约有±70°的前视方位角范围, 提供的扫描刈幅宽度约为1 600 km。扫描微波辐射计使用了高低端两点定标的设计, 其热源是恒温的辐射黑体, 冷源是冷空天线反射的宇宙背景辐射, 发射前在地

面也经过热真空罐定标试验, 其参数设置见表1。

表1 HY-2A扫描微波辐射计参数设置表
Table 1 HY-2A scanning microwave radiometer instrument parameters

| 参数 | 性能指标 | | | | |
|-----------|--------|------|------|------|------|
| | 6.6 | 10.7 | 18.7 | 23.8 | 37.0 |
| 频率/GHz | 6.6 | 10.7 | 18.7 | 23.8 | 37.0 |
| 极化方式 | V/H | V/H | V/H | V | V/H |
| 扫描刈幅宽度/km | <1 600 | | | | |
| 地面足印宽度/km | 100 | 70 | 40 | 35 | 25 |
| 灵敏度/K | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.8 |

注: V—垂直极化; H—水平极化

2 冷空定标

微波辐射计观测的设计流程是: 通过主反射器和馈源的同轴旋转, 馈源依次接收到主反射器反射的地球信号、冷空反射器反射的宇宙背景冷空信号

[收稿日期] 2013-04-22

[基金项目] 海洋公益项目(201105032, 201305032)

[作者简介] 周武(1982—), 男, 湖北云梦县人, 助理研究员, 从事海洋微波辐射计反演研究; E-mail: zhouwu@mail.nsoas.gov.cn

和热源直接进入馈源的信号,实现微波辐射计对地观测和星上在轨两点实时定标。受限于设计方法和结构,冷空反射器(300 mm)远小于主反射器(1 000 mm),因此在冷空观测过程中,由主反射器反射的地球信号不可避免地绕过冷空放射器进入馈源,对冷空观测带来一定影响,在轨情况下为保证观测精度,需对这种影响进行修正,扫描微波辐射计都存在此类问题,例如,国外的 WindSat 和 TMI 等扫描微波辐射计,它们都使用不同的方法对冷空污染问题进行了修正。

图1描述了获得的地面特性与冷空计数值变化关系,图1中冷空观测基于地面特性的描述,分为逻辑高和逻辑低两种,其中逻辑高代表陆地或者冰川,逻辑低代表海洋。从图1中可以看出冷空观测计数值的变化与地面特性有严格的对应关系,可以充分证明冷空观测计数值波动是由于地面特性的变化引起的。

微波辐射计分系统冷空观测主要受到地面景物的影响,冷空观测结果可按照下述公式描述:

$$T_c = T_{\text{cos}} + \eta \times T_e \quad (1)$$

式(1)中, T_c 为实际冷空观测结果; T_{cos} 为冷空背景温度,取 2.7 K; η 为冷空受地面目标的影响的系数; T_e 为地面目标亮温。因此要得到 T_c , 需要得到地面

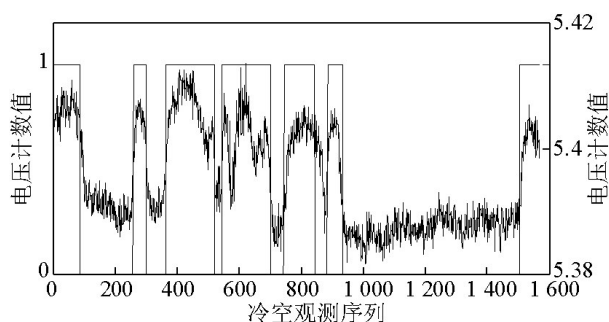


图1 冷空观测值电压计数值序列图

Fig.1 Voltage value of cold sky observation sequence

目标亮温和冷空受地面目标的影响的系数。

由于进入冷空反射器的地面信号是通过主反射器反射的,并且这种多余的信号在冷空反射器反射之前,也必然曾经进入过主反射器,只要在历史数据中找到这些信号,就可以确定它的大小,也就是说可以利用对地观测亮温修正冷空观测亮温 T_e 。通过研究发现,进入冷空反射器的大地面信号的中心的位置与前54个扫描周期第133观测点的位置完全一致,可以用前54个扫描线的第133观测点附近区域的观测计数值进行修正,通过大量的试验数据分析,采用 23×11 的权矩阵进行修正最为有效,权矩阵分布见表2、图2。

表2 冷空受地面目标的影响修正系数权矩阵表

Table 2 The correction coefficient matrix table of cold sky observation influenced by ground targets signal

| 序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 |
| 2 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 |
| 3 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.005 3 | 0.003 5 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 |
| 4 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.005 3 | 0.003 5 | 0.017 5 | 0.017 5 | 0.017 5 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 |
| 5 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.005 3 | 0.003 5 | 0.017 5 | 0.017 5 | 0.017 5 | 0.003 5 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 |
| 6 | 0.000 0 | 0.003 5 | 0.005 3 | 0.003 5 | 0.017 5 | 0.017 5 | 0.017 5 | 0.003 5 | 0.003 5 | 0.000 0 | 0.000 0 |
| 7 | 0.000 0 | 0.003 5 | 0.005 3 | 0.003 5 | 0.017 5 | 0.017 5 | 0.017 5 | 0.003 5 | 0.003 5 | 0.000 0 | 0.000 0 |
| 8 | 0.001 8 | 0.003 5 | 0.005 3 | 0.003 5 | 0.017 5 | 0.017 5 | 0.017 5 | 0.003 5 | 0.003 5 | 0.001 8 | 0.000 0 |
| 9 | 0.001 8 | 0.003 5 | 0.005 3 | 0.003 5 | 0.014 0 | 0.014 0 | 0.014 0 | 0.003 5 | 0.003 5 | 0.001 8 | 0.000 0 |
| 10 | 0.001 8 | 0.003 5 | 0.005 3 | 0.003 5 | 0.014 0 | 0.014 0 | 0.014 0 | 0.003 5 | 0.003 5 | 0.001 8 | 0.000 0 |
| 11 | 0.000 0 | 0.003 5 | 0.005 3 | 0.003 5 | 0.014 0 | 0.014 0 | 0.014 0 | 0.003 5 | 0.003 5 | 0.001 8 | 0.000 0 |
| 12 | 0.000 0 | 0.003 5 | 0.005 3 | 0.003 5 | 0.014 0 | 0.014 0 | 0.014 0 | 0.003 5 | 0.003 5 | 0.001 8 | 0.000 4 |
| 13 | 0.000 0 | 0.003 5 | 0.005 3 | 0.003 5 | 0.010 5 | 0.010 5 | 0.010 5 | 0.003 5 | 0.003 5 | 0.001 8 | 0.000 4 |
| 14 | 0.000 0 | 0.003 5 | 0.005 3 | 0.003 5 | 0.010 5 | 0.010 5 | 0.010 5 | 0.003 5 | 0.003 5 | 0.001 8 | 0.000 4 |
| 15 | 0.000 0 | 0.003 5 | 0.005 3 | 0.003 5 | 0.010 5 | 0.010 5 | 0.010 5 | 0.003 5 | 0.003 5 | 0.001 8 | 0.000 4 |
| 16 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.005 3 | 0.003 5 | 0.010 5 | 0.010 5 | 0.010 5 | 0.003 5 | 0.003 5 | 0.001 8 | 0.000 4 |
| 17 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.005 3 | 0.003 5 | 0.007 0 | 0.007 0 | 0.007 0 | 0.003 5 | 0.003 5 | 0.001 8 | 0.000 4 |

(续表)

| 序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 18 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.003 5 | 0.007 0 | 0.007 0 | 0.007 0 | 0.003 5 | 0.003 5 | 0.001 8 | 0.000 4 |
| 19 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.003 5 | 0.007 0 | 0.007 0 | 0.007 0 | 0.003 5 | 0.003 5 | 0.001 8 | 0.000 4 |
| 20 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.007 0 | 0.007 0 | 0.007 0 | 0.003 5 | 0.003 5 | 0.001 8 | 0.000 4 |
| 21 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.003 5 | 0.003 5 | 0.003 5 | 0.003 5 | 0.001 8 | 0.000 4 |
| 22 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.003 5 | 0.003 5 | 0.003 5 | 0.003 5 | 0.001 8 | 0.000 4 |
| 23 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.003 5 | 0.003 5 | 0.003 5 | 0.001 8 | 0.000 4 |

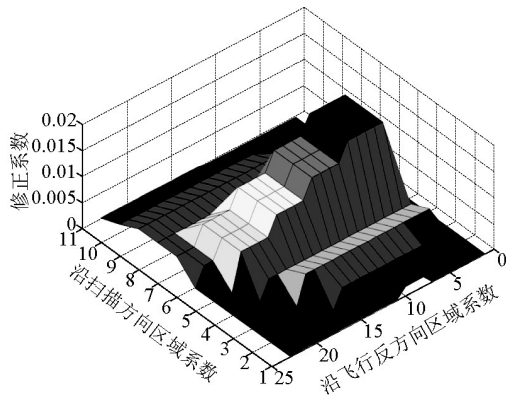


图2 冷空受地面目标的影响修正系数权矩阵图

Table 2 The correction coefficient matrix figure of cold sky observation influenced by ground targets signal

采用这种算法进行修正,并且利用没有受到地球信号污染的热源信号进行参考比对,可以判断修正的效果。修正后结果显示只有极小部分的区域略有明显差异,修正的效果比较理想,两者趋势保持一致,见图3,上线条为冷空值、下线条为热源值。

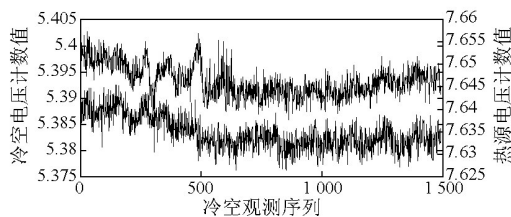


图3 冷空观测电压计数值和热源观测计数值比较图

Fig.3 The comparison figure of corrected cold sky observations voltage value and heat source observations voltage value

3 数据反演

一般来讲,扫描微波辐射计有3种海洋参数反演算法:多元线性回归算法、非线性叠代算法和发射后现场回归算法^[1]。前两种算法是用辐射传输理

论推导出的物理算法,第三种算法完全是统计方法,不考虑其中的物理意义。本文采用多元回归算法对HY-2A卫星扫描微波辐射计进行产品反演,反演产品包括海面温度、海面风速、大气水汽含量和云液水含量。产品对比WindSat卫星反演数据后,分析产品反演的精度。

3.1 多元线性回归反演算法

考虑一个列向量 X 作为一组输入,列向量 Y 作为一组输出的线形过程,这个过程通过矩阵 A 把 Y 和 X 联系起来。

$$Y = AX \quad (2)$$

Y 的测量值通常包括噪声,表示为

$$Y' = Y + \varepsilon = AX + \varepsilon \quad (3)$$

反演就是用给定的 Y' 来估算 X 。估算 X 最常使用的方法是找到 X 的值,使得 Y 和 Y' 之间的方差最小。通常使用最小二乘法解决这个问题:

$$\hat{X} = (A^T \Xi A)^{-1} A^T \Xi Y' \quad (4)$$

式(4)中, Ξ 是误差向量的相关矩阵。如果误差是不相关的,那么 Ξ 就是对角矩阵。

对于遥感应应用而言,系统输入向量 X 是一系列地物参数 P ,输出向量 Y 是一系列 T_b 测量值。注意到 X 和 Y 是 P 和 T_b 的非线性函数,不违反 X 和 Y 之间线性度的要求。例如, T_b 和大气参数 V, L 可以近似表示为

$$T_b \approx T_e \{1 - R \exp[-2 \sec \theta_i (A_o + a_v V + a_l L)]\} \quad (5)$$

式(5)中, T_e 是海洋-大气系统的有效温度,是一个相对常量,那么

$$\ln(T_e - T_b) = \ln(R T_e) - 2 \sec \theta_i (A_o + a_v V + a_l L) \quad (6)$$

从此可以看出,通过把 $Y = T_b$ 变形为 $Y = \ln(T_e - T_b)$ 就可以把 T_b 和 V, L 之间的关系线性化。令 $T_e = 280$ K,当进一步展开时, Y 就会包括高次项如 T_b^2 等^[2]。

同理,输入 X 也可以成为地物参数 P 的非线性转化。例如, T_b 对风速的变化量随着风速增加而增加。这种关系可用下面的多个线性关系表示^[3]:

$$W' = W \quad W < W_1 \quad (7)$$

$$W' = W + M_1(W - W_1)^2 \quad W_1 \leq W \leq W_2 \quad (8)$$

$$W' = M_2W - M_3 \quad W > W_2 \quad (9)$$

这样,线性度的要求在形式上就有所改变,一个总的线性统计回归算法可以表示为:

$$P_j = \Re \left[c_{0j} + \sum_{i=1}^4 c_{ij} \Re(T_{Bi}) \right] \quad (10)$$

式(10)中, \Re 和 \Re 是线性函数,为辐射计的通道; j 为要反演的参数; i 为辐射计的通道(1表示海温,2表示风速,3表示水汽含量,4表示云液水含量)。

从原理上讲,如果给出矩阵 A 和误差相关矩阵,系数 c_{ij} 就可以从式(10)得出。然而,就算使用线性化的函数之后, Y 和 X 之间还不是严格的线性关系,矩阵 A 的元素还不是常数,而是随 P 变化的变量。当然可以导出一个 Y 与 X 的近似线性关系式,然后再用式(10)导出系数 c_{ij} 。最好使用直接的方法先计算各种环境情况下的亮温,然后用多元线性回归导出系数 c_{ij} ^[4]。

3.2 物理参数反演

HY-2A 扫描微波辐射计的产品算法是基于物理辐射传输模型(RTM)^[5,6],包括了大气氧气、水汽和云液水吸收模型^[3]及海面温度、海水盐度和海面风速风向的海面发射率模型^[7-10]。微波辐射计的观测能量通常表达成亮温(TB)的形式^[11,12],通过RTM模型,亮温表达为如下形式:

$$T_{Bu \uparrow} = T_{Bu} + \tau[E \times T_s + (1 - E)(T_{BD} + \tau T_{BC})] \quad (11)$$

式(11)中, T_{Bu} 为上行大气辐射; T_{BD} 为下行大气辐射; τ 为从表面到大气顶部总路径的透过率。在低于100 GHz的微波波段,它们受到氧气、大气水汽和云液水含量的共同作用的影响。 E 为海表发射率,主要受到海面温度、海面风速风向和海水盐度的共同影响^[13,14]。 T_s 为海面温度, T_{BC} 为冷空背景辐射。

海洋产品反演算法是一种基于上述物理模型的计算亮温值和不同海洋大气物理参数的经验关系,利用RTM模型进行经验回归得到的^[1]。

首先,根据全球的经验数据库,得到全球不同区域和时期的海水盐度、海面温度、海面风速、风向、水汽含量和液水含量的组合,利用RTM模型计算9个通道的亮温值,然后根据最小二乘回归找到反演参量和物理模型计算亮温的线性经验方程的系数^[2],线性经验方程如下:

$$P = \sum_{i=1}^9 c_i F_i + c_{10} \quad (12)$$

$$F_i = TB_i - 150 \quad i \neq 7 \quad (13)$$

$$F_i = -\log(290 - TB_i) \quad i = 7 \quad (14)$$

式(12)~(14)中, P 为产品海面温度(SST)、海面风速(SSW)、大气水汽含量(WV)和云液水含量(CLW); c_i 为线性经验方程的系数; F_i 为线性经验方程, i 为扫描微波辐射计不同的通道。(1=6.6V、2=6.6H、3=10.7V、4=10.7H、5=18.7V、6=18.7H、7=23.8V、8=37.0V、9=37.0H)。反演系数表见表3。

表3 反演系数表

Table 3 The retrieval coefficient table

| 产品 | c_1 | c_2 | c_3 | c_4 | c_5 | c_6 | c_7 | c_9 | c_{10} | c_{11} |
|-----|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| 海温 | 3.023 83 | -2.035 8 | 0.546 15 | -0.493 08 | -0.507 95 | 0.138 24 | 18.673 8 | -1.102 4 | 0.662 81 | 297.8 |
| 风速 | -0.331 1 | 0.680 17 | 0.245 75 | -0.336 91 | 0.258 64 | -0.074 98 | -7.980 2 | -1.530 11 | 0.945 13 | 65.140 |
| 水汽 | 0.151 14 | 0.062 06 | -0.272 75 | 0.119 93 | -0.478 68 | -0.598 82 | 130.737 | -0.702 02 | 0.395 08 | 647.746 |
| 液态水 | -0.003 06 | 0.002 93 | 0.000 99 | -0.002 22 | 0.000 23 | 0.001 25 | -0.071 78 | -0.003 47 | 0.002 68 | 0.000 68 |

3.3 精度检验

匹配经纬度误差 0.25°, 经纬度范围为 -88°~88°, -180°~180°, 匹配时间误差为 0.5 h, 时间范围 2012 年 1 月 1 日 00:00:00 至 2012 年 1 月 31 日 23:59:59。数据剔除标准为大于 3 倍标准偏差的数据剔除, 离岸 150 km 之内的数据剔除, 云液水大于

100 g/m², 即降雨情况下的反演的数据剔除。

HY-2A 和 WindSat 海面温度比对结果如图 4 所示, 总共匹配点数 49 042 个, 相关性很好, 达到 0.98, 二者匹配的样本集存在 -0.066 °C 的偏差, 均方根误差为 1.45 °C。

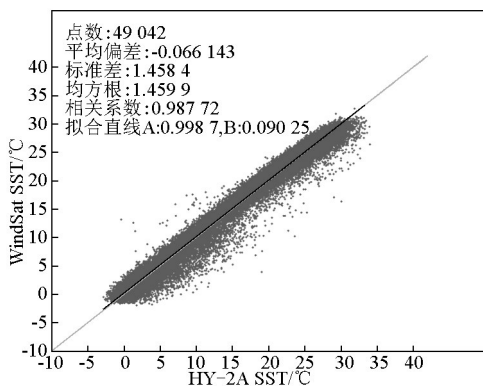


图4 2012年1月HY-2A和WindSat海温产品比对散点图
Fig.4 The scatter diagram of HY-2A and WindSat sea surface temperature product comparison in January 2012

HY-2A和WindSat海面风速比对结果如图5所示,总共匹配点数61 090个,相关性很好,达到0.91,二者匹配的样本集存在-0.07 m/s的偏差,均方根误差为1.34 m/s。

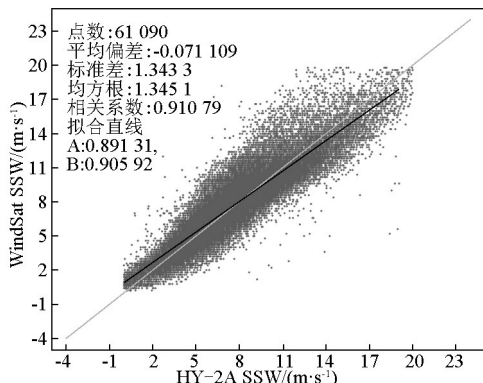


图5 2012年1月HY-2A和WindSat海面风速产品比对散点图

Fig.5 The scatter diagram of HY-2A and WindSat sea surface wind product comparison in January 2012

HY-2A和WindSat大气水汽含量比对结果如图6所示,总共匹配点数61 090个,相关性很好,达到0.99,二者匹配的样本集存在-0.003 mm的偏差,均方根误差为1.13 mm。

HY-2A和WindSat云液水含量比对结果如图7所示,总共匹配点数66 178个,相关性较好,达到0.76,二者匹配的样本集存在4.63 g/m²的偏差,均方根误差为31.57 g/m²(或3.157 mm)。

4 结语

如果不对冷空观测进行修正,将会使得星上亮

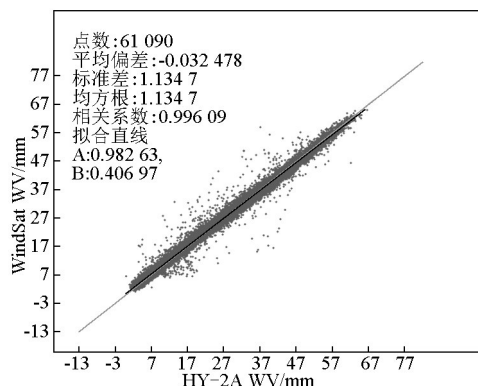


图6 2012年1月HY-2A和WindSat水汽含量产品比对散点图

Fig.6 The scatter diagram of HY-2A and WindSat water vapor product comparison in January 2012

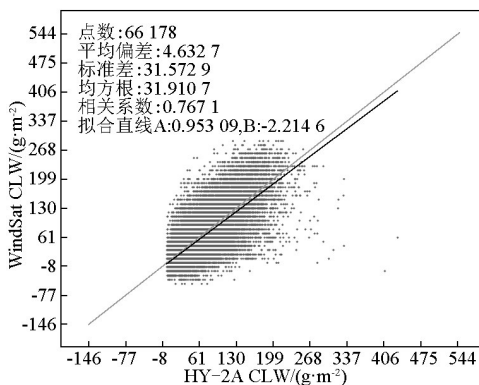


图7 2012年1月HY-2A和WindSat云液水含量产品比对散点图

Fig.7 The scatter diagram of HY-2A and WindSat cloud liquid water product comparison in January 2012

点定标不准确,导致对地观测的精度受到较大影响,进而影响反演的精度。目前采用的这种修正方法很好地避免了纯粹使用亮温计算模型修正带来的误差,虽然这种方法也无法完全修正地球信号对冷空观测的污染,并且还有其他次要污染源也需要进行修正才能提高定标的精度,但是这种污染信号必须首先有效地去除,显然这种方法非常简便而且有效。

采用RTM微波辐射计辐射传输模型,计算HY-2A扫描微波辐射计不同条件下的各频率极化方式下的理论亮温,模型具有较好的精度,而且由于可以使用海面温度、海面风速、水汽含量和云液水含量模拟亮温,因此可以直接建立4个地球物理模型和亮温之间的线性回归模型,拟合反演系数。使用多元线性回归算法反演HY-2A微波扫描辐射

计地球物理参数,经过星星交叉对比 WindSat 微波辐射计数据,可以看到:冷空修正和反演获得了很好的效果,反演模型的精度很高,而且反演产品的精度也较好,特别是水汽含量均达到了非常好的指标,这与亮温和水汽非线性关系能非常好地通过这个模型描述有关,当然也和水汽通道的观测精度较高有直接关系。

参考文献

- [1] Ian S Robinson. Measuring the Oceans from Space, the Principles and Methods of Satellite Oceanography[M]. UK:Praxis Publishing Chichester,2004.
- [2] Frank J Wentz. Measurements of oceanic wind vector using satellite microwave radiometers[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1992, 30(5):960-972.
- [3] Frank J Wentz. A model function for ocean microwave brightness temperature[J]. Journal of Geophysical, 1993,88(C3):1892-1908.
- [4] Frank J Wentz. A two-scale scattering model for foam-free sea microwave brightness temperatures[J]. Journal of Geophysical Research, 1975, 80(24):3441-3446.
- [5] Wu S T, Fung A K. A noncoherent model for microwave emissions and backscattering from the sea surface[J]. J Geophy Res, 1972, 77(30): 5917-5929.
- [6] Nordberg W, Conaway J, Ross Duncan B, et al. Measurements of microwave emission from a foam-covered wind driven sea[J]. Journal of Atmospheric Sciences, 1971, 28(3): 429-435.
- [7] Johnson J T, Zhang M. Theoretical study of the small slope approximation for ocean polarimetric thermal emission[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1999, 37 (2) : 2305-2316 .
- [8] Irisov V G. Azimuthal variations of the microwave radiation from a slightly non- Gaussian sea surface[J]. Radio Science, 2000, 35(1): 65-82.
- [9] 魏恩泊,刘志亮. 海浪破碎对海面微波后向散射系数的影响[J]. 中国科学, 2001, 31(4): 342-352.
- [10] Frederick G Williams. Microwave emissivity measurements of bubbles and foam[J]. IEEE Transactions on Geoscience Electronics, 1971, 9(4): 221-224.
- [11] Yueh S H. Modeling of wind direction signals in polarimetric sea surface brightness temperatures[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1997, 35(1): 1400-1418.
- [12] 金亚秋,黄兴忠,殷杰羿.具有泡沫白帽的粗糙海面的后向散射[J].海洋学报, 1994, 16(4): 63-72.
- [13] Hollinger J P. Passive microwave measurements of sea surface roughness[J]. IEEE Transactions on Geoscience Electronics, 1971, GE-9:165-169.
- [14] Yueh S H, Wilson W J, Fuk K Li, et al. Polarimetric brightness temperatures of sea surfaces measured with aircraft K- and Ka-band radiometers[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1997, 35(5): 1177-1187.

Study of cold sky calibration and geophysical parameters retrieval for HY-2A satellite scanning microwave radiometer

Zhou Wu¹, Lin Mingsen¹, Li Yanmin², Wang Zhenzhan³, Huang Lei¹

(1. National Satellite Ocean Application Service, Beijing 100081, China; 2. The Fifth Institute Xi'an Branch of China Aerospace Science and Industry Corporation, Xi'an 710100, China; 3. Center for Space Science and Applied Research, Beijing 100190, China)

[Abstract] HY-2A scanning microwave radiometer cold sky calibration method and Geophysical parameters retrieval algorithm were studied. According to HY-2A satellite scanning microwave radiometer on observation and scanning design principle and observation geometry, the earth's signal into cold reflector based on the earth observation data of microwave radiometer was corrected, and cold sky reflector weight coefficient matrix by the ground observation brightness temperature to correction cold sky observation signal was established. Based on the sea surface temperature, sea surface wind speed, moisture content and cloud liquid content and microwave radiometer radiative transfer model, HY-2A scanning microwave radiometer model theory brightness temperature under different conditions of each frequency and polarization was calculated, and a linear regression model was established to fit different geophysical parameters retrieval coefficient, using multiple linear regression algorithm retrieving HY-2A microwave scanning radiometer geophysical parameters, compared to international microwave radiometer data, and the product accuracy was obtained.

[Key words] scanning microwave radiometer; multiple linear regression; multi satellites cross over; cold sky calibration