

文章编号: 1007-4619(2003)06-0458-07

# 采用辐照度基法对FY-1C气象卫星可见近红外通道进行绝对辐射定标

胡秀清, 张玉香, 邱康睦

(中国气象局 国家卫星气象中心, 北京 100081)

**摘要:** 介绍另一种在轨卫星传感器绝对辐射定标——辐照度基法定标, 并利用敦煌辐射校正场对FY-1C卫星可见近红外通道进行定标。通常的反射率基法定标, 表观反射率计算的一个重要误差来源是对气溶胶散射的近似计算。辐照度基法定标采用实际测量的漫射与总辐射比来代替辐射传输计算的气溶胶散射。利用该方法对FY-1C卫星的5次定标结果表明, 大部分日期辐照度基法和反射率基法定标结果非常吻合, 肯定了辐照度基法的正确性, 但在气溶胶含量较大时, 辐照度基法提高定标精度的优点显现出来, 能够减少辐射传输模式对气溶胶散射计算带来的误差, 提高最终的绝对辐射定标精度。

**关键词:** 表观反射率; 漫射与总辐射比; 绝对辐射定标

**中图分类号:** TP722.5 **文献标识码:** A

## 1 引言

遥感卫星传感器绝对辐射定标采用最基本方法是反射率基法定标<sup>[1,2]</sup>, 这种方法是把测得的地表反射率和大气参数输入到辐射传输计算程序, 计算出大气层顶的表观辐亮度或表观反射率, 然后将表观辐亮度或表观反射率与卫星计数值相比较得到定标系数。这种方法的一个重要误差来源是对气溶胶散射的一些近似, 如对气溶胶模型的假设, 不同的气溶胶模型会对表观反射率的计算造成较大影响。为了减少因为气溶胶近似产生的系统误差, Slater等人又开发另一种定标模型——辐照度基法。辐照度基法定标法与反射率基法的唯一不同就是加入了漫射辐射与总辐射比测量, 这一比值包含了气溶胶的散射特征, 以实测的辐照度比代替了反射率基法中计算气溶胶散射的假定和反演, 它可以减少因气溶胶近似而产生的误差。Thome<sup>[3]</sup>等人的研究表明: 辐照度基法比反射率基法有1.7%的改进精度。

辐照度基法首先必须精确测量漫射辐射与总辐

射比, 我们采用OL754积分球接收光谱照度计测量漫射辐射与总辐射比。另外辐照度基法除了需要输入地面反射率、漫射辐射与总辐射比和气溶胶光学厚度之外, 还需要知道大气内反射率和球面反照率, 这两个参数要靠辐射传输程序来计算, 不过它们是两个相对小量, 而且大气反射率最初的差别部分被球面反照率的辐照度订正误差所抵消。

本文采用辐照度基法并借助敦煌辐射校正场, 对FY-1C气象卫星可见近红外6个通道(1, 2, 7, 8, 9, 10)进行绝对辐射定标, 并与反射率基法进行比较, 结果十分接近, 而且换用不同的气溶胶类型进行计算, 发现辐照度基法的确对气溶胶模型没有敏感性, 在气溶胶散射对最后表观反射率影响方面有较大改进。尤其在气溶胶含量较大的天气里, 辐照度基法提高定标精度的优越性更为突出。

## 2 辐照度基法定标

### 2.1 原理

卫星传感器从空间测量波长 $\lambda$ 处的辐亮度

收稿日期: 2001-06-04; 修订日期: 2002-11-04

基金项目: 本研究得到重点卫星应用项目“中国遥感卫星辐射校正场”资助。课题编号: Y96#08-01-04

作者简介: 胡秀清(1973—), 男, 助理研究员, 毕业于南京大学大气科学系大气物理与大气环境专业, 现主要从事研究领域有: 遥感卫星传感器绝对辐射定标方法研究; 大气光学特性观测分析研究; 辐射校正场野外观测试验和数据处理; 卫星遥感气溶胶算法研究和卫星遥感大气订正研究; 沙尘暴卫星遥感监测研究。发表的论文和技术报告约10余篇。

$L_\lambda(\theta_v, \theta_s, \varphi_v - \varphi_s)$ , 可以表示为表观反射率:

$$\rho^*(\theta_v, \theta_s, \varphi_v, \varphi_s) = \frac{\pi L_\lambda(\theta_v, \theta_s, \varphi_v - \varphi_s)}{E_{0\lambda} \mu_s} \quad (1)$$

其中  $E_{0\lambda}$  是大气外界的太阳辐照度。 $\theta_v, \varphi_v, \theta_s$  和  $\varphi_s$  分别代表观测的和太阳的天顶角和方位角,  $\mu_s = \cos \theta_s$ 。

对于反射率为  $\rho$  的均匀的 Lambert 地表, 其表观反射率为:

$$\rho^*(\theta_v, \theta_s, \varphi_v - \varphi_s) = T_g(\mu_s, \mu_v) \times \left[ \rho_A(\theta_v, \theta_s, \varphi_v - \varphi_s) + \frac{\tau(\mu_s) \rho \tau(\mu_v)}{1 - \rho \cdot s} \right] \quad (2)$$

其中  $\tau$  是总的大气散射透过率,  $\rho_A$  是大气内反射率,  $S$  是大气的球面反照率。 $T_g$  是气体吸收透过率, 它降低可见光(如臭氧 Chappuis 吸收带)和短波

红外大气窗区的表观反射率, 吸收可以从散射过程中分离出来, 单独用吸收测量来确定。

太阳-目标路径总的散射透过率  $\tau$  可以表示为,

$$\tau(\mu_s) = e^{-\delta/\mu_s} + \frac{\int_0^{2\pi} \int_0^1 L^0(\mu_s, \mu_s, \varphi - \varphi_s) \mu_d \mu_d d\varphi}{\mu_s E_s} = e^{-\delta/\mu_s} + \frac{E_d^0}{\mu_s E_s} \quad (3)$$

其中  $L^0$  和  $E_d^0$  分别为到达地面仅由散射过程产生的辐亮度和辐照度, 图 1 就是这里描述的辐照度场图。我们定义漫射辐射与总辐射之比为

$$\alpha_s = \frac{E_d(\mu_s)}{E_s \mu_s e^{-\delta/\mu_s} + E_d(\mu_s)} \quad (4)$$

其中漫射辐照度项  $E_d(\mu_s)$  包括大气内的漫射辐照度  $E_d^0(\mu_s)$  以及大气和地面间对直射光束和漫射分

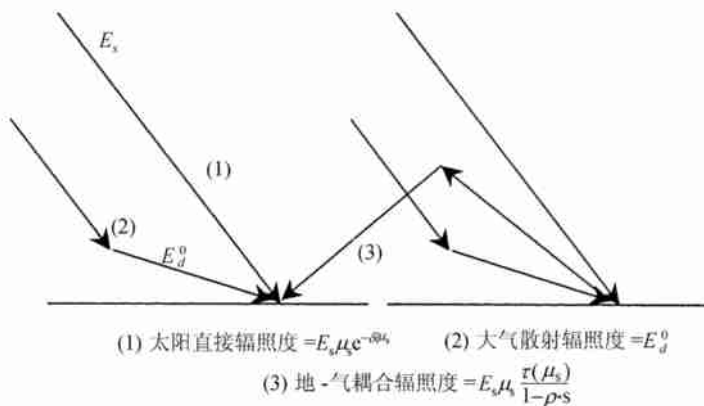


图 1 地面接收辐照度的分解

Fig.1 Irradiance decomposition at ground surface

量的耦合项。依 Vermote 等<sup>[4]</sup>所述, 有

$$E_d(\mu_s) = \frac{1}{1 - \rho_s} [E_d^0(\mu_s) + \mu_s E_s e^{-\delta/\mu_s} \cdot \rho_s] \quad (5)$$

利用(4), (5)式代入(3), 得

$$\tau(\mu_s) = \frac{(1 - \rho \cdot s) e^{-\delta/\mu_s}}{1 - \alpha_s} \quad (6)$$

按光路可逆原理,  $\tau(\mu_v)$  与  $\tau(\mu_s)$  具有同样的含义。

$$\tau(\mu_v) = \frac{(1 - \rho \cdot s) e^{-\delta/\mu_v}}{1 - \alpha_v} \quad (7)$$

$\alpha_s$  是观测方向漫射辐射与总辐射的辐照度之比, (2)式可写为:

$$\rho^*(\theta_v, \theta_s, \varphi_v - \varphi_s) = T_g \left[ \rho_A(\theta_v, \theta_s, \varphi_v - \varphi_s) + \frac{e^{-\delta/\mu_s} \rho (1 - \rho \cdot s) e^{-\delta/\mu_v}}{1 - \alpha_s} \right] \quad (8)$$

用公式(2)计算表观反射率要用到辐射传输程序, 最重要的输入数据是从消光测量得到的光学厚

度。计算散射相矩阵需要气溶胶模式, 通过假定气溶胶的折射指数和粒子谱分布来选取, 对表观反射率的计算精度来说, 选取气溶胶模式时所做的假定比测量误差的影响要大。

辐照度基法是把辐照度的测量结果代入方程(8), 对气溶胶的假定只影响  $\rho_A$  和  $S$  的确定,  $S$  是用于对辐照度测值作地气耦合订正的那一项  $1 - \rho_s$ ,  $\rho_A$  在高反射率目标情况下, 其贡献相对来说是小的。这一方法的优点是降低了对气溶胶的完整和准确描述的要求, 并提高了定标的精度。对辐照度基法方程(8)使用测值  $\alpha_s$  和  $\alpha_v$ , 而  $\rho_A$  和  $S$  是把大陆模式和测量的气溶胶光学厚度输入到 6S 计算出来。

## 2.2 辐照度定标法流程图

图 2 表示的就是辐照度定标法的数据处理流程, 它主要包括地面和大气光学辐射参数处理、辐射传输

计算、星地光谱匹配、卫星数据提取和定标系数计算等。该定标方法的突出特点是加入了漫射与总辐射比测量结果,从而用实际测量代替辐射传输计算的散射部分,减少因模式中的一些假定带来的系统误差。

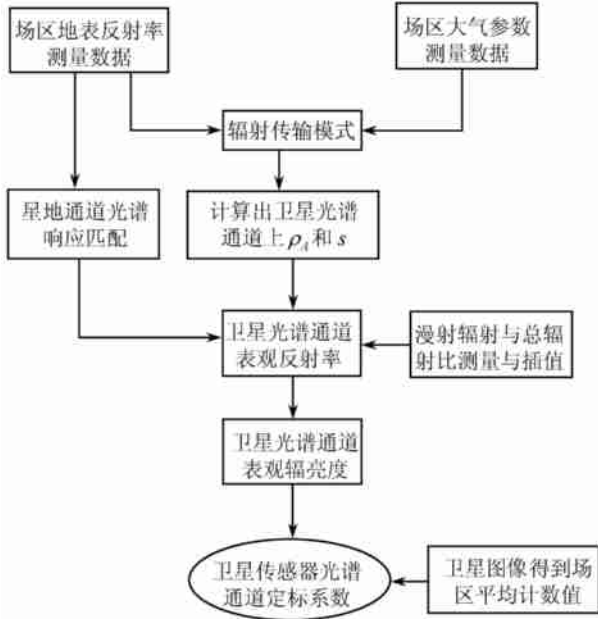


图 2 辐照度定标法流程图

Fig.2 Flow chart of Irradiance-based calibration method

### 3 漫射与总辐射比测量

辐照度法定标首要的关键参数就是漫射与总辐射比,我们利用 OL754 积分球光谱照度计在敦煌校正场测量漫射与总辐射比。OL754 光谱照度计是由美国 OPTRONIC LABORIES INC 公司制造,它是一个双光栅凹面全息分光便携式高精度光谱辐射计,它从紫外到短波红外分别配有 3 个光学头,这里用到其中一个可见近红外光学头(0.35—1.1 $\mu\text{m}$ ),光学头部的接收部分是内壁材料为 PTFE 的积分球,入口处配有半球玻璃圆顶余弦接收器,它的光谱分辨率最高达到 1nm。测量漫射时用支撑臂伸出的挡光球的影子挡住接收积分球的入口,移开挡光球即测得天空和太阳直射的总辐射。每组测量连续测量 3 次,图 3 是 OL754 测量时的现场照片。首先没有挡光球挡上测到的总辐照度为  $L_1$ ,然后将挡光球挡上太阳直射照射测到的辐照度为  $L_2$ ,最后将挡光球移开测得的总辐照度为  $L_3$ ,漫射与总辐射比计算公式如下:

$$\alpha_{ch} = \frac{2L_2}{L_1 + L_3} \quad (9)$$

测量从大气质量数为 6 测到正中午,间隔 10min 测

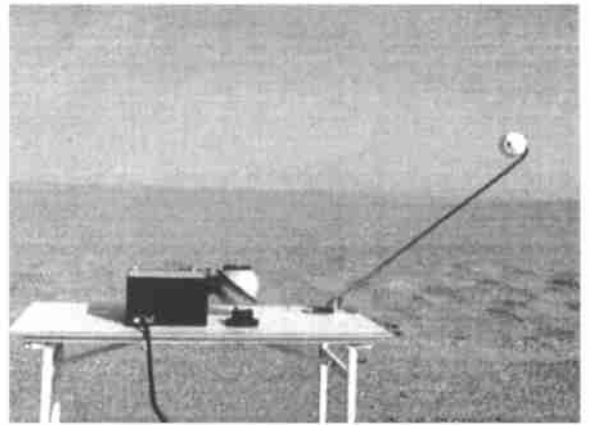


图 3 OL754 积分球照度计测量漫射与总辐射比

Fig.3 Diffuse/global irradiance Ratio measured by OL754 integrating sphere spectroradiometer

量一组。卫星过顶前后半小时加密观测,5min 一组。辐照度法定标需要的关键参数是卫星过顶时刻太阳天顶角和卫星观测天顶角方向的漫射与总辐射之比。但如果卫星过顶时刻地面漏测,或者卫星过顶时的观测天顶角很小,甚至为天地底观测,太阳的天顶角变化域根本就达不到。在这种情况下,我们需要把一系列测值内插或外推到所需要的实际角度。

图 4 为不同日期大气质量数为 1.5 时漫射与总辐射比光谱曲线,漫射与总辐射比随波长的增加基本呈下降趋势。卫星传感器是一个个相对较宽的通道,我们采用卫星通道光谱响应对漫射与总辐射比进行卷积,得到卫星通道上漫射与总辐射比,即

$$\alpha_{ch} = \frac{\int \alpha(\lambda) f(\lambda) d\lambda}{\int f(\lambda) d\lambda} \quad (10)$$

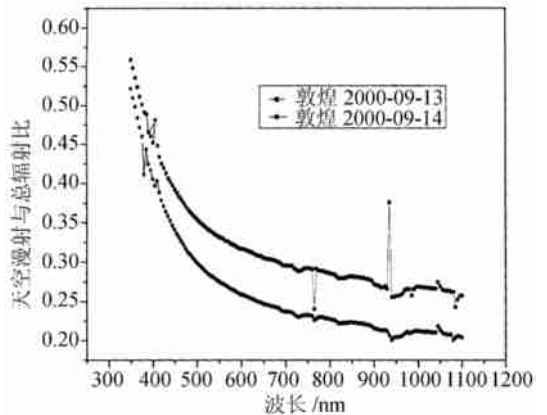


图 4 OL754 在敦煌测得不同日期漫射与总辐比光谱曲线 (大气质量数为 1.5)

Fig.4 Spectral ratio of diffuse to global irradiance by OL754 in Dunhuang (air mass = 1.5)

我们将同步观测前后不同时刻 OL754 测得漫射与总辐射比卷积到 FY-1C 星可见光近红外通道上,然后再内插或外推出卫星过顶时刻太阳天顶角和卫星观测天顶角方向的漫射与总辐射之比。图 5 显示 FY-1C 不同通道漫射与总辐射比随大气质量数变化情况,表 1 列出了 5d 的测量插值结果。实际测量中发现上午测量插值和下午测量插值有一定差别,说明上午和下午的天空散射状况有差别, FY-1C 卫星在北京时间 10:30 左右过顶,所以在辐照度基法定标时采用上午的插值结果。

天空漫射与总辐射比反映大气中的散射情况,比值越大表明大气散射越强,大气质量数相同时这个比值越大表明大气气溶胶含量越大,反之则越小。我们将测量的漫射与总辐射比跟太阳辐射计测量的气溶胶光学厚度比较,大小变化规律完全一致。

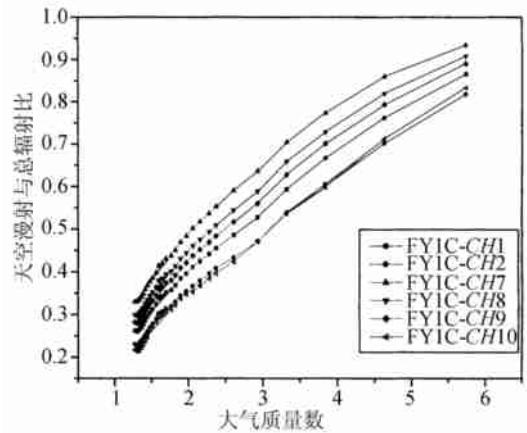


图 5 OL754 测得漫射与总辐射比随大气质量数变化 (2000-09-13 敦煌)

Fig.5 Diffuse to global irradiance ratio depend on air mass in Dunhuang Sep., 2000

表 1 OL754 照度计测量外推或内插到 FY-1C 气象卫星过顶时刻太阳天顶角和卫星观测天顶角方向漫射与总辐射比

Table 1 Diffuse-to-global ratio at solar zenith angle and viewing zenith angle by OL754 spectroradiometer when FY-1C satellite overpass Dunhuang

日期	方向	漫射/总辐射					
		2BCH1	2BCH2	2BCH7	2BCH8	2BCH9	2BCH10
1999-07-07	太阳方向	0.1125	0.0772	0.2080	0.1648	0.1397	0.0695
	卫星方向	0.0955	0.0676	0.1696	0.1361	0.1168	0.0598
1999-07-16	太阳方向	0.1611	0.1119	0.2662	0.2212	0.1935	0.0987
	卫星方向	0.1286	0.0877	0.2115	0.1764	0.1548	0.0770
1999-07-17	太阳方向	0.1533	0.0948	0.2700	0.2210	0.1901	0.0824
	卫星方向	0.1262	0.0792	0.2143	0.1778	0.1546	0.0663
2000-09-13	太阳方向	0.3951	0.3505	0.4862	0.4451	0.4215	0.3437
	卫星方向	0.1897	0.1695	0.2332	0.2125	0.2017	0.1490
2000-09-14	太阳方向	0.3297	0.2841	0.4370	0.3879	0.3603	0.2768
	卫星方向	0.2106	0.1811	0.2673	0.2431	0.2254	0.1711

### 4 结果分析

辐照度基法定标的所有测量除漫射与总辐射比之外,其它测量都是反射率基法例行测量的部分,包括在敦煌场利用 CE313 通道式辐射计和 ASD 野外光谱仪测量地面反射率<sup>[5]</sup>,利用 CE318 自动跟踪太阳辐射计测量气溶胶光学厚度和大气柱总水汽量<sup>[6,7]</sup>,以及气象要素和探空测量,这里不详细描

述。输入卫星过顶时的大气参数和几何条件,运行 6S 模式,计算出大气内反射率、球面反照率和气体吸收透过率。这些参数与测量得到的地面反射率、气溶胶光学厚度、卫星过顶时刻太阳天顶角和卫星观测天顶角方向的漫射与总辐射之比,同时代入(8)式,计算出卫星过顶时刻各通道的表观反射率。计算大气内反射率、球面反照率和气体吸收透过率 3 个参数时采用的是沙漠气溶胶模式。气溶胶模式的假设只对大气内反射率和球面反照率产生影响。

表 2 给出了 FY-1C 卫星观测几何条件和气溶胶光学厚度 Junge 斜率  $\nu$ 。表 3 列出了各通道两种方法得到的表观反射率,并给出了辐照度基法与反射率基法相对插值。它们在天空非常晴朗条件下结果十分接近,差别在 3%以内,肯定了辐照度基法的正确性。但 2000-09-13 两种方法得到表观反射率差别较大,相差在 15%左右,为了进一步证实哪一种方法得到的表观反射率更接近真值,我们比较了两种方法在 2000 年 9 月 13 日和 14 日最终的定标系数。表 4 列出了这两天的两种方法得到的定标系数。

表 2 卫星观测几何条件、气溶胶光学厚度和用于气溶胶特性的 Junge 斜率  $\nu$

Table 2 Geometrical condition of observation, aerosol optical depth, and Junge slope  $\nu$  used for the aerosol characterization

日 期	过顶时间	$\theta_s$	$\theta_v$	$\tau_a(550\text{nm})$	$\nu$
1999-07-07	10:31	44.57	23.53	0.0866	2.393
1999-07-16	10:46	42.64	0.32	0.1217	2.643
1999-07-17	10:36	44.63	15.00	0.1067	3.097
2000-09-13	10:08	59.07	25.98	0.3710	2.221
2000-09-14	9:57	61.48	37.63	0.2170	2.266

表 3 FY-1C 气象卫星可见近红外通道 1999 和 2000 年 5 次定标表观反射率(沙漠气溶胶模式)

Table 3 Apparent reflectance in five times calibration for FY-1C's VIS and NIR channels in 1999 and 2000(desert aerosol model)

日 期		2BCH1	2BCH2	2BCH7	2BCH8	2BCH9	2BCH10
1999-07-07	反射率基法	0.2404	0.2239	0.2314	0.2262	0.2312	0.1558
	辐照度基法	0.2334	0.2207	0.2261	0.2193	0.2239	0.1505
	相对差/%	-2.9	-1.4	-2.3	-3.0	-3.2	-3.4
1999-07-16	反射率基法	0.2053	0.1969	0.1906	0.1881	0.1960	0.1193
	辐照度基法	0.2070	0.1977	0.1947	0.1909	0.1986	0.1161
	相对差/%	0.8	0.4	2.1	1.4	1.3	-2.6
1999-07-17	反射率基法	0.2130	0.2021	0.2076	0.2014	0.2056	0.1266
	辐照度基法	0.2187	0.2080	0.2119	0.2057	0.2106	0.1263
	相对差/%	2.6	2.9	2.0	2.1	2.4	-0.2
2000-09-13	反射率基法	0.2331	0.2299	0.2566	0.2397	0.2333	0.1526
	辐照度基法	0.1925	0.1843	0.2278	0.2062	0.1961	0.1160
	相对差/%	-17.4	-19.8	-11.2	-14.0	-15.9	-23.9
2000-09-14	反射率基法	0.2513	0.2356	0.2890	0.2661	0.2538	0.1623
	辐照度基法	0.2523	0.2322	0.2881	0.2649	0.2538	0.1547
	相对差/%	0.4	-1.4	-0.3	-0.4	0	-4.7

分析表 4 中结果,可以看出 9 月 13 日反射率基法与辐照度基法定标系数差别较大,但是 9 月 14 日两种定标方法结果比较相近,而且辐照度基法在 9 月 13 日与 9 月 14 日定标系数结果也比较相近。我们知道 EY-1C 卫星通道在这连续两天里没有突变衰减情况发生,按照常理这两天得到的定标系数应该比较接近,辐照度法定标结果能够证实这一点,而且辐照度法与反射率基法 9 月 14 日的定标系数基本一致。由此得出结论,9 月 13 日辐照度基法得到的定标系数更为可信。对参与定标计算的各个参数

进行分析,发现 9 月 13 日气溶胶光学厚度(0.371)较大,此时利用反射率基法进行在轨辐射定标产生了较大的误差,这一天大气散射较强,6S 模式在气溶胶光学厚度较大时计算大气散射的误差较大,而利用漫射与总辐射比的实际测量取代模式计算,大大提高定标精度。所以辐照度基法对辐射传输计算中计算散射部分所需用的气溶胶模式的假设得到了改进。而 9 月 14 日气溶胶消光较小的情况下,利用反射率基法和辐照度基法均能获得比较一致的结果。

表 4 2000 年 9 月 13、14 日辐照度基法和反射率基法得到 FY-1C 卫星通道的定标系数 ( $a$ 、 $b$  为斜率和截距)

Table 4 FY-1C's calibration coefficient used by irradiance-based and reflectance-based method Sep. 13 and 14, 2000

( $a$  is slope,  $b$  is intercept)

		通道 1	通道 2	通道 7	通道 8	通道 9	通道 10	
2000-09-13	反射率基法	$a$	0.1326	0.0959	0.0798	0.0727	0.0982	0.0910
		$b$	-1.5917	-1.0553	-1.1173	-0.8002	-1.2763	-1.0916
	辐照度基法	$a$	0.1198	0.0887	0.0722	0.0615	0.0814	0.0822
		$b$	-1.4378	-0.9761	-1.0110	-0.6770	-1.0578	-0.9868
2000-09-14	辐照度基法	$a$	0.1156	0.0800	0.0657	0.0607	0.0815	0.0802
		$b$	-1.3874	-0.8800	-0.9197	-0.6677	-1.0594	-0.9629
	反射率基法	$a$	0.1152	0.0812	0.0659	0.0610	0.0815	0.0842
		$b$	-1.3819	-0.8929	-0.9226	-0.6707	-1.0594	-1.0102

为了研究气溶胶模式对最终表观反射率影响,笔者采用不同的气溶胶模式进行表观反射率计算,并对比了辐照度基法和反射率基法对气溶胶模型的敏感程度,结果发现:气溶胶模型对辐照度基法几乎不产生影响,不同模型的表观反射率的差别在 0.3%左右,而反射率基法对气溶胶模型敏感性较强,不同气溶胶模型差别超过 1%。

在辐照度基法定标中,有两个参数量——球面反照率和大气内反射率由辐射传输模式计算得来,因此不同的气溶胶模型选择只对这两个相对小量产生影响,所以辐照度基法能够改进因气溶胶模型的假设或不精确而产生的误差。从图 6 能直观地看出 1999-07-07 辐照度基法和反射率基法对于选择不同气溶胶模式的敏感性。

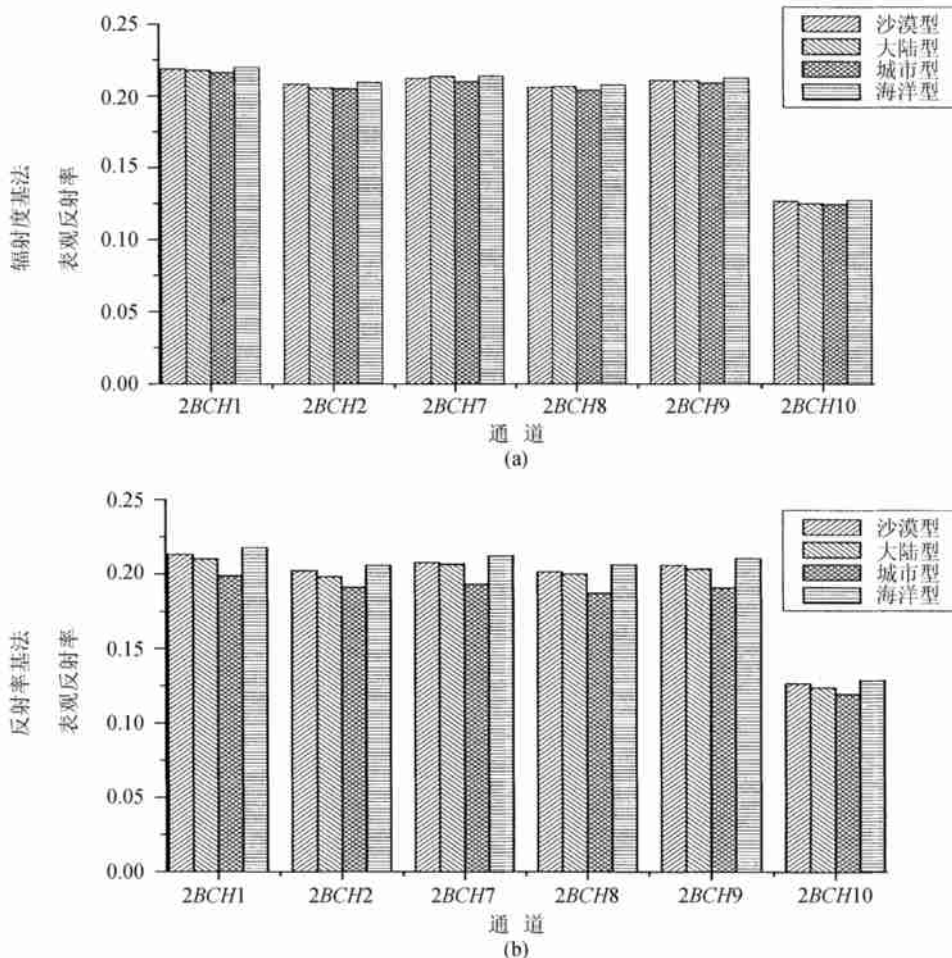


图 6 辐照度基法和反射率基法对于选择不同气溶胶模式的敏感性

Fig.5 Sensitivity of aerosol model for irradiance-based and reflectance-based method

辐照度基法定标中,主要的误差来源有:漫射与总辐射比测量、消光光学厚度测量、上下两个路径透过率、地面反射率测量、球面反照率和大气内反射率计算等,其中最大的误差来源是漫射与总辐射比测量。漫射与总辐射比的误差包括测量误差和计算误差,测量漫射时挡光球不仅挡掉太阳直接辐射,同时也挡掉部分漫射光。在内插或外推卫星过顶时刻太阳天顶角和卫星观测天顶角方向的漫射与总辐射之比时,必然产生计算误差,而且太阳天顶角和卫星观测天顶角的计算也会有误差。至于各部分误差的精确估计,我们将专门进行深入研究。

## 5 结论与讨论

本文通过利用辐照度基法来对FY-1C气象卫星可见近红外通道进行绝对辐射定标,结果表明辐照度基法的确在气溶胶散射对最后表现反射率影响有较大改进,尤其在气溶胶光学厚度比较大,大气散射贡献比较强的天气里,辐照度基法提高定标精度的优点体现出来。漫射和总辐射比值包含了气溶胶散射的主要信息,用实测量代替对气溶胶假设是这一方法成功的关键之一。这里我们初步试验了辐照度基法的可行性,并与反射率基法进行比较,结果十分

接近,并发现辐照度基法对气溶胶模型的假设没有敏感性,表明辐照度基法作为遥感卫星传感器的绝对辐射定标是有效可行的,并在气溶胶散射方面有较大改进。但是辐照度基法的各部分的误差影响,特别是漫射和总辐射比测量对最后结果的影响是这一方法深入讨论研究的课题。

## 参 考 文 献 (References)

- [1] Biggar S F. In-flight Methods for Satellite Sensor Absolute Radiometric Calibration[D]. The Dissertation of PhD. The University of Arizona, Tucson, US, 1990
- [2] Slater P N, Biggar S F, Thome K J, et al. Vicarious Radiometric Calibrations of EOS Sensors [J]. *J. of Atmospheric and Oceanic Technology*, 1996, 13(2): 349—359
- [3] Kurtis J Thome. Validation Plan for MODIS Level 1 At-Sensor Radiance. from [http://modis.gsfc.nasa.gov/MODIS/\[R\]](http://modis.gsfc.nasa.gov/MODIS/[R]), 1999
- [4] Vermote E, Tanre D, Deuze J L, et al. Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum (6S) [M]. User Guide Version 2, 1997
- [5] Zhang YX, Zhang GS, Huang YB, Qiu KM, Hu XQ, Rong Zh G, et al. Inflight Vicarious Radiometric Calibration for VIS—NIR Channels of FY-1C Satellite Sensor [J]. *Acta Meteorologica SINICA*, 2002, 60(6): 740—747 [张玉香, 张广顺, 黄意玟, 邱康睦, 胡秀清, 戎志国等. FY-1C 遥感器可见—近红外通道在轨辐射定标[J]. *气象学报*, 2002, 60(6): 740—747]

# In-flight Radiometric Calibration for VIR Channels of FY-1C Satellite Sensor by Using Irradiance-based Method

HU Xiu-qing, ZHANG Yu-xiang, QIU Kang-mu

(National Meteorological Satellite Center, Beijing 100081, China)

**Abstract:** This paper describes another in-flight method for satellite sensor absolute radiometric calibration, named irradiance-based method which was used to calibrate the VIR channels of FY-1C with Dunhuang site. The inaccuracies of apparent reflectance computed by usual reflectance-based method can be dependent on the aerosol scattering by assuming aerosol model. Irradiance-based method substitute the measured ratio of diffusion to global irradiance to the aerosol scatter computed by radiance transfer code. Calibration results in five times show that the very good agreement with the reflectance-based method for most dates confirm the validity of the irradiance-based method. But the higher accuracy of the irradiance-based method appears in the day when there is high aerosol.

**Key words:** apparent reflectance; diffuse-to-global ratio; absolute radiometric calibration