

文章编号: 1007-4619(2005)04-0349-08

利用 *EOS MODIS* 交叉定标 *FY1D VIRR* 可见光-近红外通道

童进军^{1,2,3}, 邱康睦¹, 李小文³, 杨忠东¹

(1. 国家卫星气象中心, 北京 100081; 2. 清华大学公共管理学院, 北京 100084

3. 北京师范大学地遥学院遥感与 GIS 中心, 北京 100875)

摘 要: 以 *EOS MODIS* 的星上定标结果为标准, 采用交叉定标方法标定 *FY1D VIRR* 的可见光-近红外通道。先获得两个传感器的配对通道, 然后利用 6S 模式计算出他们的匹配因子, 根据 *EOS MODIS* 的观测敦煌辐射校正场扫描计数值和星上定标结果以及它和 *FY1D VIRR* 的匹配因子计算出 *FY1D VIRR* 同时观测敦煌辐射校正场时的表观辐亮度和表观反射率, 最后将得到的表观辐亮度和表观反射率与 *FY1D VIRR* 观测敦煌辐射校正场的计数值进行比较, 就得到了 *FY1D VIRR* 通道的绝对定标系数。将本次定标结果与敦煌场地定标试验的定标结果比较, 定标结果一致性较好, 并可用于对发射前定标偏差进行校正。

关键词: 交叉定标; *FY1D VIRR*; 匹配因子

中图分类号: TP701 **文献标识码:** A

1 引 言

风云 1D (*FY1D*) 卫星于 2002-05-24 发射成功。其上带有可见光红外扫描辐射计 (*VIRR*), 它具有 7 个可见近红外波段和 3 个红外波段。遥感资料的定量应用以及考察发射前后仪器性能的变化, 都需要对遥感仪器进行辐射定标。传感器的辐射定标有多种方法^[1]: 例如发射前的实验室定标, 用星上的参考标准进行的在轨星上定标, 用地面的辐射校正场进行的在轨场地定标以及用标定好的其他传感器为标准的传感器之间的相对定标。这些方法都是互相独立的, 各种方法综合应用, 取长补短, 有利于提高辐射定标精度。*FY1D VIRR* 的场地定标试验于 2002 年 7 月完成。本文采用交叉定标的方法利用 *EOS MODIS* 对 *FY1D VIRR* 进行定标计算。如果一个标定好的卫星传感器和一个未标定的卫星传感器同时观测同一目标时, 就可以对比他们的测量值而对未标定传感器进行标定。交叉定标的关键是两个传感器通道的光谱响应的一致性, 两个传感器观测目标时几何状态的一致性, 观测目标的地表特性的

均匀性和稳定性。Teillet 和 Barker^[2] 利用交叉定标方法对 Landsat 7 ETM+ 进行了定标。*EOS MODIS* 具有完善的星上定标系统, 星上定标准确率达到 5%。而 *FY1D VIRR* 的 2, 7, 9, 10 通道与 *EOS MODIS* 的 2, 3, 4, 19 通道中心波长比较接近。本文将 *FY1D VIRR* 与 *EOS MODIS* 进行交叉定标来确定 *FY1D VIRR* 的定标系数, 与场地定标试验结果比较, 一致性较好, 并可用于对发射前定标偏差进行校正。

2 数 据

由于中国遥感卫星辐射校正场敦煌场区地表具有较均匀、稳定的光学特性^[3], 我们选择 *FY1D VIRR* 与 *EOS MODIS* 都能观察到敦煌场的的数据。同时, 还要求卫星过境时间相差较小以减小由于大气状况变化而引起的定标结果的差异, 以及卫星过境观测时天空晴朗无云。根据以上的要求及我们所得到的数据选出 2002-06-02 的图像数据作为定标数据。图 1 是 *FY1D VIRR* 与 *EOS MODIS* 的图像。

收稿日期: 2004-01-05 修订日期: 2004-12-24

基金项目: 气象卫星对地观测数据综合处理原型系统 (863 计划) (编号: 2001AA135060) 项目资助。

作者简介: 童进军 (1977—), 男, 北京师范大学遥感与 GIS 中心 2001 级博士, 现在清华大学公共管理学院进行博士后研究, 主要从事卫星传感器定标, 环境政策研究; 已发表论文 4 篇。

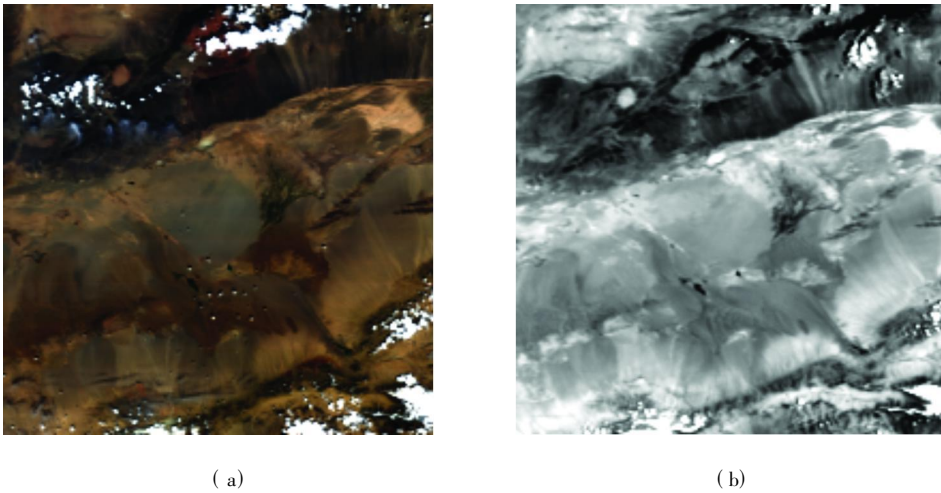


图 1 2002-06-02 FY1D NIRR 与 EOS MODIS 观测敦煌地区图像

(a) EOS MODIS 第 1, 4, 3 通道合成; (b) FY1D NIRR 第 1 通道

Fig 1 The images of EOS MODIS and FY1D NIRR when they view Dunhuang on 2nd June 2002

(a) The synthesized image of EOS MODIS 1st 4th 3rd channels (b) The image of FY1D NIRR 1st channel

表 1 给出了过境时间及传感器的扫描几何状态。

表 1 FY1D NIRR 和 EOS MODIS 过敦煌时的
过境时间和扫描几何状态

Table 1 The time and scan geometry states when
FY1D NIRR and EOS MODIS overpassed Dunhuang

	过境时间 (北京时间)	太阳天 顶角 ($^{\circ}$)	观测天 顶角 ($^{\circ}$)	观测方 位角 ($^{\circ}$)
FY1D NIRR	10:39	40.4	21.8	102.9
EOS MODIS	12:32	18.4	12.3	296.9

从两幅图像中看出, 图像中心区(敦煌辐射校正场)上空无云。同时卫星观测天顶角在 30° 以内, 适合做交叉定标。

3 交叉定标方法

利用 2002-06-02 的图像对 FY1D NIRR 与 EOS MODIS 进行交叉定标的基本算法和重要问题分析如下:

3.1 定标公式

交叉定标以 EOS MODIS 为在轨定标参考标准, 当其观测敦煌辐射校正场时, 第 i 通道计数值为 DN_{mi} 。根据 EOS MODIS 的在轨星上定标结果, 就可以通过公式 (1)、(2)^[4] 分别算出第 i 通道大气层顶的辐亮度 L_{mi} ($W/(m^2 \cdot \mu m \cdot sr)$) 和反射率 R_{mi} 。

$$L_{mi} = a_i * (DN_{mi} - b_i) \quad (1)$$

$$R_{mi} \mu_s = c_i * (DN_{mi} - d_i) \quad (2)$$

其中 a_i, b_i, c_i, d_i 分别为 i 通道的辐亮度和反射率定

标系数。 μ_s 为太阳天顶角 θ_s 的余弦。

对于 FY1D NIRR, 当其观测敦煌辐射校正场时, 第 j 通道的计数值为 DN_{fj} 。而其入瞳辐亮度 L_{fj} ($W/(m^2 \cdot \mu m \cdot sr)$) 形式上可以表示为:

$$L_{fj} = K * L_{mi} \quad (3)$$

K 为 FY1D NIRR 和 EOS MODIS 相匹配通道的通道匹配因子。由于卫星计数值与入瞳辐亮度成线性响应关系^[5], 那么对于 FY1D NIRR 第 j 通道:

$$L_{fj} = K * L_{mi} = G_j * DN_{fj} + F_j \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \rho_{fj} \mu_s &= K * \rho_{mi} \mu_s = (G_j * DN_{fj} + F_j) * \frac{\pi d^2}{E_s} \\ &= G_j' * DN_{fj} + F_j' \end{aligned}$$

G_j, F_j 和 G_j', F_j' 分别为 FY1D NIRR 第 j 通道的辐亮度定标增益 ($W/(m^2 \cdot \mu m \cdot sr) DN$) 和截距 ($W/(m^2 \cdot \mu m \cdot sr)$) 以及反射率定标增益 ($W/(m^2 \cdot \mu m \cdot sr) DN$) 和截距 ($W/(m^2 \cdot \mu m \cdot sr)$), μ_s 为太阳天顶角 θ_s 的余弦。要得到 G, F 还必须知道另一个点的值。采用空间的计数值作为 L_{fj} 为 0 的点, 有了这两个点的计数值和入瞳辐亮度就可以根据 (4) 式计算出传感器的定标系数。

3.2 匹配因子 K 的分析和确定

当 FY1D NIRR 和 EOS MODIS 观测敦煌辐射校正场时, 匹配因子 K 受到以下几个方面的影响: A 是由于传感器光谱响应不同而产生的差异; B 是由于两个传感器的观测角度不同而引起的差异; C 是两个传感器观测地表时大气条件不同而引起的差异; D 是两个传

传感器观测地表时地表特性不同引起的差异。本节将讨论这几个方面对本次交叉定标匹配因子的影响。

3 2 1 辐射传输模型

将观测的大气和地表参数输入 6S 辐射传输模型, 计算得到卫星高度传感器入瞳处各光谱通道的表观反射率^[5]。对于反射率基法, 表观反射率表示为:

$$\rho^* = \rho_a + \frac{\rho}{1 - \rho_S} \tau(\theta_s) \tau(\theta_v) \quad (5)$$

式中: ρ^* 为表观反射率; ρ 为目标反射率; ρ_a 为大气反射率; S 为大气球面反照率; $\tau(\theta_s)$, $\tau(\theta_v)$ 分别为太阳光入射方向和观测方向的大气总透过率。 θ_s 和 θ_v 分别为太阳天顶角和观测天顶角。得到了传感器入瞳处的表观发射率后, 利用下面的公式 (6) 可计算出传感器入瞳处的辐亮度。

$$L = \frac{\mu_s E_s \rho^*}{\pi d^2} \quad (6)$$

式中: E_s 为大气顶层的太阳辐射; d 为日地距离因子; μ_s 为太阳天顶角 θ_s 的余弦。

3 2 2 匹配因子模拟分析

A 为由于传感器通道的光谱响应不同而产生的差异。Teillet^[2]指出光谱响应的不同对传感器通道入瞳辐亮度有很大的影响。为了比较 FY1D NIRR 与 EOS MODIS 相匹配的光谱通道, 先根据 (7) 式计算各通道的中心波长^[6]:

$$\lambda_i = \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \lambda F(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} F(\lambda) d\lambda} \quad (7)$$

其中 $F(\lambda)$ 是通道的光谱响应函数。因为 EOS / MODIS 的通道最小宽度大约为 20nm 左右, 因此将 FY1D NIRR 与 EOS MODIS 的中心波长差的绝对值小于 20nm 的通道选为交叉定标的配对通道。表 2 给出了配对通道的中心波长以及中心波长差的绝对值。图 2 给出了 FY1D NIRR 和 EOS MODIS 配对通道的光谱响应曲线。

表 2 EOS MODIS 和 FY1D NIRR 匹配通道的中心波长以及中心波长差的绝对值

Table 2 The center wave length of the matched bands of FY1D NIRR and EOS MODIS and the absolute value of center wave length difference

EOS MODIS		FY1D NIRR		中心波长差绝对值
通道	中心波长 /nm	通道	中心波长 /nm	
2	856.48	2	874.8545	18.3745
3	465.74	7	454.5589	11.1811
4	553.74	9	557.7738	4.0338
19	936.27	10	922.9179	13.3521

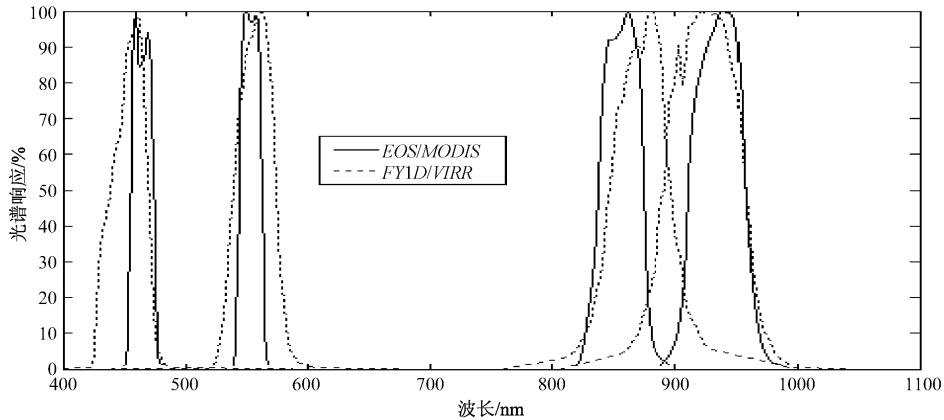


图 2 FY1D NIRR 和 EOS MODIS 匹配通道的光谱响应

Fig 2 Spectral response of matched bands of FY1D NIRR and EOS MODIS

从表 2 和图 2 可以看出: FY1D NIRR 的通道比 EOS MODIS 的通道宽, EOS MODIS 第 4 通道与 FY1D NIRR 第 9 通道匹配最好。为了考察光谱响应对表观辐亮度和表观反射率的影响, 用 6S 模拟了在其他条件不变的情况下, EOS MODIS 和 FY1D / NIRR 匹配通道的表观辐亮度和表观反射率, 水汽采用敦煌气象站 2002-06-02 的探空数据, 臭氧采用

TOMS 数据, 能见度采用 20km, 地表反射率采用 2002-07-23 的观测数据。图 3 给出了模拟结果。

从模拟结果看出: EOS MODIS 第 4 通道与 FY1D NIRR 第 9 通道匹配最好, EOS MODIS 第 19 通道与 FY1D NIRR 第 10 通道匹配的表观辐亮度和表观反射率受光谱响应的影响较大。

B 为由于两个传感器的观测角度不同而产生的

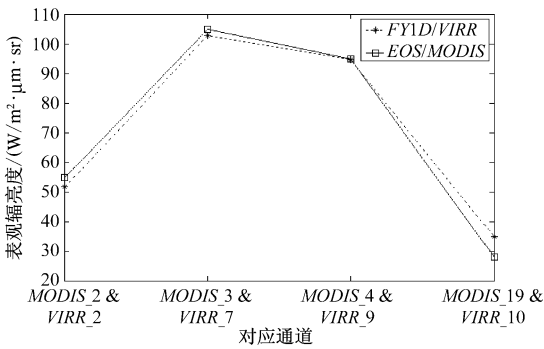


图 3 6S 模拟的表观反射率(辐亮度)随光谱响应变化

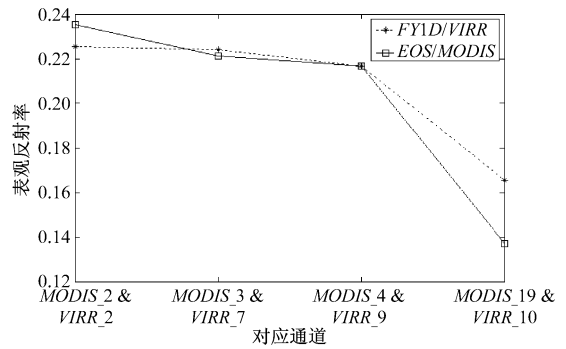


Fig 3 The change of apparent reflectance(radiance) along with the change of spectral response simulated by 6S code

差异。由于敦煌辐射校正场在观测天顶角小于 30° 时可以看作朗伯面^[3], 因此在这次交叉定标中不考虑场地 BRDF 的影响, 但是由于大气路径长度不同而引起的大气影响的差异不能忽略。图 4 给出了在其他条

件不变, 只改变扫描天顶角时的 6S 模拟的表观辐亮度和表观反射率的变化。水汽采用敦煌气象站 2002-06-02 的探空数据, 臭氧采用 TOMS 数据, 能见度采用 20km, 地表反射率采用 2002 07-23 的观测数据。

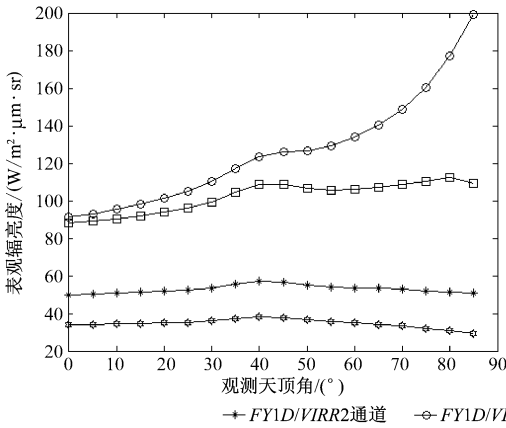


图 4 6S 模拟的表观反射率(辐亮度)随卫星观测天顶角变化

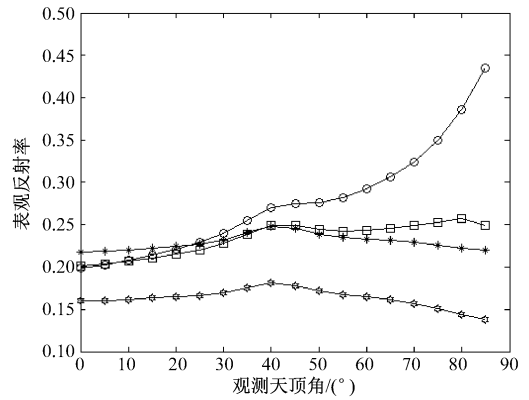


Fig 4 The change of apparent reflectance(radiance) along with the change of satellite view zenith angle simulated by 6S code

从图 4 可以看出在其他条件不变的情况下, 扫描天顶角从 0° 到 40° 变化时, 表观辐亮度和表观反射率都随角度增大而增大。由于在选择扫描角时, 都考虑小于 30° , 因此, 在观测天顶角小于 30° 时, 角度每变化 5° , 表观辐亮度和表观反射率相对增加值为 $3\% - 5\%$ 。

度变化大约为 $1.5W/(m^2 \cdot \mu m \cdot sr)$ 。这主要是这个通道位于水汽吸收波段。而对于其它通道, 表观辐亮度和表观反射率随水汽变化几乎没有改变。

C 为两个传感器在观测时大气条件不同而引起的差异。同样用 6S 分别模拟了水汽和能见度的变化对表观辐亮度和表观反射率的影响。臭氧采用 TOMS 数据, 地表反射率采用 2002-07-23 的观测数据。图 5 给出了水汽变化的模拟结果, 图 6 给出了能见度变化的模拟结果。

从图 6 的模拟结果看出, 当能见度小于 6km 时, 表观辐亮度和表观反射率随能见度的减小迅速增加。而当能见度大于 6km 时, 表观辐亮度和表观反射率随能见度变化缓慢。因此当能见度大于 10km 以后, 在定标过程中忽略能见度变化的影响。查阅了敦煌气象站的观测资料, 2002-06-02 10 时到 12 时的能见度变化很小, 能见度为 20km。由于两个传感器的观测时间比较接近, 我们可以假设大气状况变化较小^[3], 忽略大气状况不同的影响。

从模拟结果分析: 对于第 10 通道, 表观辐亮度和表观反射率随水汽变化较大, 在水汽含量增加 $0.5g/m^2$ 时, 表观反射率变化大约为 0.01, 表观辐亮

D 为两个传感器在观测时地表特性随时间不同引起的差异。由于两个传感器的观测时间比较接近, 敦煌辐射校正场的地表光学特性变化不大^[3],

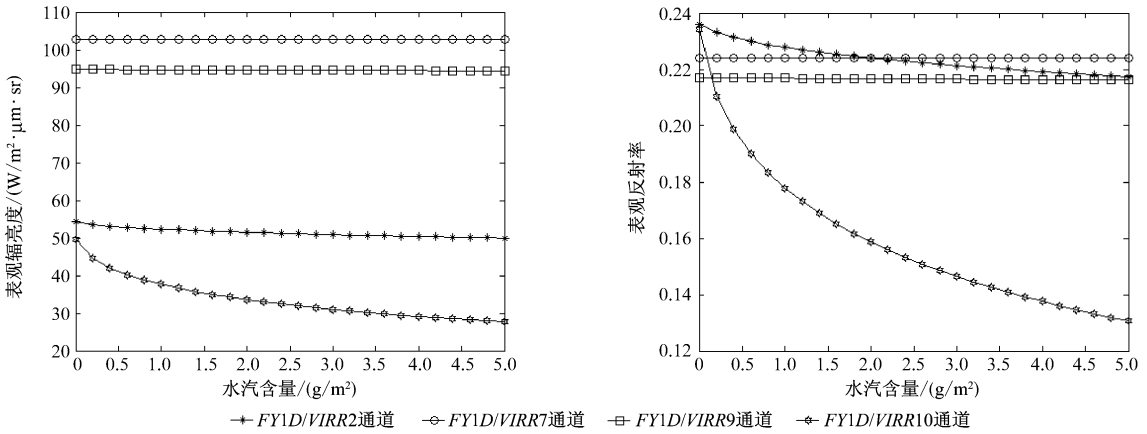


图 5 6S 模拟的表现反射率(辐亮度)随水汽变化

Fig 5 The change of apparent reflectance(radiance) along with the change of water vapor content simulated by 6S code

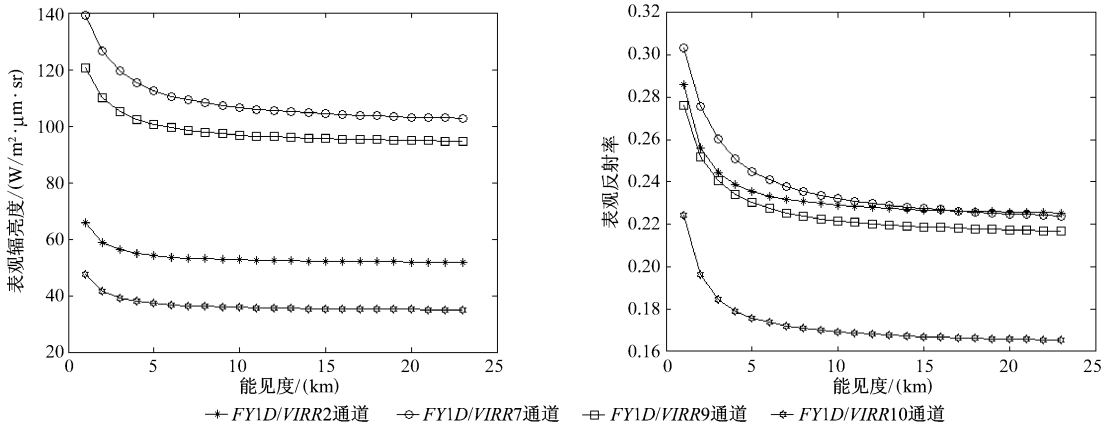


图 6 6S 模拟的表现反射率(辐亮度)随能见度变化

Fig 6 The change of apparent reflectance(radiance) along with the change of visibility simulated by 6S code

因此忽略地表特性变化的影响。

通过前面的分析, 我们可以在本次交叉定标的研究中仅考虑传感器的观测角度不同和相匹配通道的光谱响应不同所引起的表现辐亮度和表现反射率的差异。

3.2.3 匹配因子确定

为了考虑通道光谱响应不同以及观测几何不同对表现辐亮度和表现反射率的影响, 应用 6S 模式来进行模拟得出不同条件下对应通道的表现辐亮度 L_{fy} , L_{modis} 和表现反射率 ρ_{fy} , ρ_{modis} 。表现辐亮度和表现反射率的匹配因子 M_l , M_ρ 分别由公式 (8), (9) 得到。

$$M_l = L_{modis} / L_{fy} \quad (8)$$

$$M_\rho = \rho_{modis} / \rho_{fy} \quad (9)$$

M_l , M_ρ 包含了 A 和 B 的贡献。在进行 6S 模拟计算时, 水汽采用敦煌气象站 2002-06-02 的探空数据。臭氧采用 TOMS 数据。能见度采用 20km。地表反射率采用 2002-07-23 的观测数据。

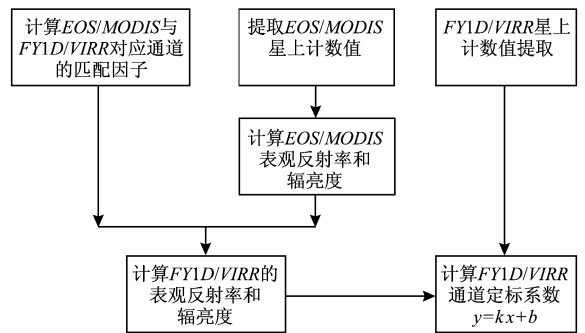


图 7 利用 EOS MODIS 标定 FY1D VIRR 流程图

Fig 7 Flow chart of cross calibration of FY1D VIRR and EOS MODIS

3.3 几何视场匹配

EOS MODIS 的星下点分辨率为 1km, 而 FY1D / VIRR 的星下点分辨率为 1.1km。因为敦煌辐射校正场的地表光学特性均匀性很好, 采取较大区域的

平均值进行星上计数值的匹配。因此,在本次研究中分别取以 $40^{\circ}14'N$, $94^{\circ}32'E$ 为中心点的 10×10 个像元的区域的平均值进行匹配。

3.4 定标流程图

根据以上的讨论,利用 *EOS MODIS* 标定 *FY1D VRR* 的流程图如图 7。

4 定标结果及讨论

在获得了匹配因子和星上计数值后,采用(4)式就可以得出 *FY1D VRR* 的通道定标系数。表 3 给出了定标结果。

表 3 *FY1D VRR* 第 2 7 9 10 通道定标系数

Table 3 The calibration coefficients of 2nd 7th 9th 10th bands of *FY1D VRR*

通道	辐亮度定标系数		反射率定标系数	
	增益 ($W \cdot m^{-2} \cdot \mu m^{-1} \cdot sr^{-1} \cdot DN^{-1}$)	截距 ($W \cdot m^{-2} \cdot \mu m^{-1} \cdot sr^{-1}$)	增益	截距
2	0.3473	-4.2633	0.1134	-1.3916
7	0.322	-4.219	0.0512	-0.6715
9	0.5359	-6.6924	0.0919	-1.1473
10	0.2505	-3.4482	0.088	-1.2107

本次 *FY1D VRR* 定标是以 *EOS MODIS* 的实际测量值为参考标准,那么对本次定标结果确定性影响最大的就是 *EOS MODIS* 的定标确定性,而 *EOS MODIS* 的定标确定性可以达到 5%,为交叉定标获得较高精度提供了良好条件。其次影响交叉定标精度的重要因素是光谱响应以及几何匹配的精度。加之在本次 *FY1D VRR* 的定标中,进行了一些假设,从而加大了定标的不确定性。我们假设了在 *FY1D VRR* 和 *EOS MODIS* 过敦煌的时间里,水汽含量和大气状况都没有改变。

对于 *FY1D VRR* 第 7 通道和第 9 通道,由于它们不处在水汽吸收带,水汽的变化对表观辐亮度和表观反射率几乎没有影响,6S 的数值模拟结果也证明了这一点。而对于 *FY1D VRR* 第 10 通道,它处于水汽吸收带,水汽的变化对表观辐亮度和表观反射率有影响。从 6S 的数值模拟结果分析,当以水汽含量 $1.6g \cdot m^{-2}$ 为基础时,水汽含量变化 $0.2g \cdot m^{-2}$ 时,它的表观辐亮度和表观反射率相对变化值为 2%;水汽含量变化 $0.4g \cdot m^{-2}$ 时,它的表观辐亮度和表观反射率相对变化值为 4%。对于 *FY1D VRR* 第 2 通

道,它处在水汽吸收带的边缘,水汽的变化对表观辐亮度和表观反射率的影响很小,当以水汽含量 $1.6g \cdot m^{-2}$ 为基础时,水汽含量变化 $0.2g \cdot m^{-2}$ 时,它的表观辐亮度和表观反射率相对变化值为 0.3%;水汽含量变化 $0.4g \cdot m^{-2}$ 时,它的表观辐亮度和表观反射率相对变化值为 0.6%。同时,我们用 6S 模拟了表观辐亮度和表观反射率随能见度变化的情况,在能见度从 1km 变化到 10km 时,表观辐亮度和表观反射率相对变化值为 20%—30%,但当能见度从 10km 变化到 23km 时,表观辐亮度和表观反射率相对变化值为 1.5%—2.5%,而根据当地气象站的气象观测,2002-06-02 的水汽含量为 $1.5g \cdot m^{-2}$,能见度大约为 20km。因此在本次定标计算中,在 *FY1D VRR* 和 *EOS MODIS* 过敦煌的时间里,水汽含量和大气状况都没有改变的假设大约带来 1% 左右的定标不确定性。另外,6S 模式本身也有一定的误差。

从以上的分析可以看出影响交叉定标精度的主要因素有:(1)标准传感器的定标精度;(2)匹配因子的准确度,而匹配因子的准确度又受到光谱响应,地面特性和大气特性等的影响。Brien 和 Mitchell^[7] 指出:BRDF 不是影响交叉定标精度的主要误差源;对于非水汽通道,交叉定标的主要误差源是观察目标的空间不均匀性。我们将本次定标结果与 2002-07-07 的敦煌场地定标试验的反射率基定标结果和发射前定标结果比较。独立方法结果的比较可以排除由于系统误差带来的影响。图 8 给出了反射率定标结果的斜率和截距。同时,还根据这 3 种定标结果分别计算了 2002-06-02 *FY1D VRR* 观测敦煌辐射校正场时的通道表观反射率,结果在表 4 中给出。

表 4 场地定标结果、发射前定标结果、交叉定标结果分别计算的表观反射率

Table 4 The apparent reflectance resulted in site calibration pre launch calibration and cross calibration

<i>FY1D VRR</i> 定标系数	通道表观反射率			
	通道 2	通道 7	通道 9	通道 10
交叉定标	0.274	0.268	0.261	0.165
外定标	0.243	0.222	0.232	0.167
发射前	0.239	0.275	0.149	0.177

从三次结果的比较看,发射前第 9 通道定标结果存在较大偏差,可利用相对定标和场地定标进行校正。其他通道定标结果比较一致,表观反射率定标误差小于 5%,说明本次交叉定标的方法和结果都是合理的。

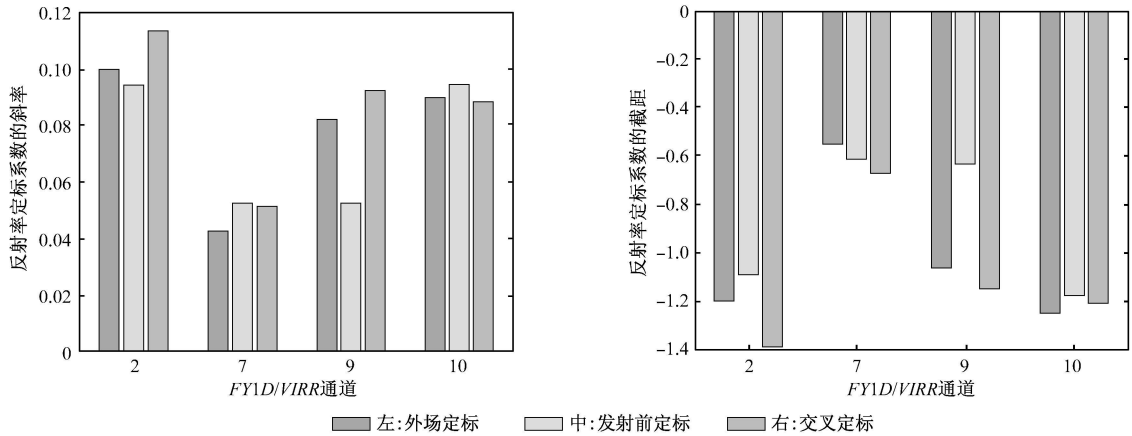


图 8 场地定标、发射前定标和交叉定标的反射率定标系数的斜率和截距

Fig. 8 Slopes and offsets of the reflectance calibration coefficients of the site test calibration pre launch calibration and cross calibration

5 结 论

本文利用 EOS MODIS 为参考来对 FY1D VIRR 进行定标, 作为交叉定标参考标准的 EOS MODIS 有较高的定标精度是确保交叉定标质量的重要条件。交叉定标中除了要求作为参考标准的卫星传感器有较高的定标精度外, 匹配因子的合理确定和计算精度也是影响交叉定标精度最重要的因素。从数值模拟以及定标的结果来看, 由于敦煌辐射校正场区大气干洁、试验期间大气较稳定, 假设在 EOS / MODIS 与 FY1D VIRR 过敦煌的时间里, 水汽含量和大气条件以及地表特性保持不变是可行的。但是, 为了进一步提高交叉定标精度, 关于 EOS / MODIS 和 FY1D VIRR 的通道匹配因子的计算方法还需要进一步的研究。

参 考 文 献 (References)

[1] Dingirala M, Slater P N. Calibration of Space multispectral Imaging Sensors: A Review [J]. *Remote Sensing of Environment* 1999, 68(3): 194—205

[2] Teillet P M, Barker J L, Markham B L, et al. Radiometric Cross calibration of the Landsat 7 ETM + and Landsat 5 TM Sensors Based on Tandem Data Sets [J]. *Remote Sensing of Environment* 2001, 78: 39—54.

[3] Qiu K M. The Results of Construction and Scientific Research and the Application Prospects of China Radiometric Calibration Site for Remote Sensing Satellite [A]. The Scientific Research Papers about China Radiometric Calibration Site for Remote Sensing Satellite [C]. Beijing: Ocean Press, 2001. [邱康睦. 中国遥感卫星辐射校正场建设和科研成果及其应用前景 [A]. 中国遥感卫星辐射校正场科研成果论文选编 [C]. 北京: 海洋出版社, 2001]

[4] The user guide of EOS MODIS LIB data

[5] Biggar S F. In flight Methods for Satellite Sensor Absolute Radiometric Calibration [D]. Ph. D dissertation [D]. University of Arizona, 1990

[6] Patrick Minnis, Louis Nguyen. Rapid Calibration of Operational and Research Meteorological Satellite Images Part II: Comparison of Infrared Channels [J]. *J. Atmos Oceanic Technol.*, 2002, 19: 1250—1266.

[7] Brien D M O', Mitchell R M. An Error Budget for Cross Calibration of AVHRR Shortwave Channels against ATSR 2 [J]. *Remote Sensing of Environment* 2001, 75: 216—229

Radiometric Cross calibration of the *FY1D NIR* and *EOS MODIS* in the Visible and Near infrared Spectral Bands

TONG Jin jun^{1,2,3}, QU Kang mu¹, LI Xiao wen³, YANG Zhong dong¹

(1 National Satellite Meteorological Center CMA Beijing 100081 China

2 School of Public Policy and Management Tsinghua University Beijing 100084 China

3 Research Center for Remote Sensing and GIS Department of Geography Beijing Normal University Beijing 100875 China)

Abstract In this paper the visible and near infrared spectral bands of *FY1D NIR* were calibrated using cross calibration methods based on the *EOS MODIS*. First the match bands of the two sensors were obtained. Then the 6S code was run to calculate their band match factor and the apparent radiance and reflectance of the *FY1D NIR* were gained according to the digital numbers of the *EOS MODIS* when the satellite over passed the Dunhuang Radiometric Calibration Site onboard calibration results and match factors. After comparing the apparent radiance and reflectance to the digital numbers of the *FY1D NIR* when *FY1D* over passed the Dunhuang Radiometric Calibration Site at the same time the calibration coefficients were obtained. The consistency between the results of this cross calibration and those of site test was good. The method could be used to validate the pre-launch calibration results.

Key words cross calibration; *FY1D NIR*; match factor