

科学出版社
出版
中国地理学会环境遥感分会
中国科学院遥感应用研究所
主办

JOURNAL OF
REMOTE
SENSING

遥感学报

2012年 Vol.16 第16卷 增刊

ISSN 1007-4619 CN11-3841/TP CODEN YXAUAB

“天绘一号” 卫星专刊



多光谱影像



高分辨率影像



融合后的影像

序言	(1)
院士特邀	
“天绘一号”卫星工程建设与应用..... 王任享, 胡莘, 王新义, 杨俊峰	(2)
综述	
无地面控制点条件下卫星摄影测量的发展与现状..... 尹明, 李晓燕	(6)
“天绘一号”传输型摄影测量与遥感卫星..... 李松明, 李岩, 李劲东	(10)
相机技术	
测绘用离轴三反光学系统技术..... 郭疆, 刘金国, 王国良, 朱磊, 龚大鹏, 齐洪宇	(17)
“天绘一号”卫星在轨辐射定标方法..... 黄红莲, 易维宁, 乔延利, 杜丽丽	(22)
多光谱相机基于灰阶靶标的在轨绝对辐射定标..... 陈洪耀, 李胜利, 司孝龙, 李晶, 徐伟伟, 王戟翔, 杨俊峰, 张黎明, 沈政国	(28)
“天绘一号”卫星测绘相机在轨几何定标..... 李晶, 王蓉, 朱雷鸣, 黄海乐	(35)
卫星技术	
“天绘一号”卫星在轨性能评估..... 李岩, 陶志刚, 李松明, 郭志胜, 史简, 高翠东	(40)
测绘卫星的姿态控制技术..... 王新民, 刘洁, 李洽, 张屹峰, 董筠	(48)
GPS高精度校时在卫星控制系统中的应用..... 李洽, 程砾瑜, 曹海宁, 李鹤, 董筠, 李松明	(52)
星传感器在轨测量误差分析..... 霍德聪, 黄琳, 李岩, 陶志刚, 李松明	(57)
“天绘一号”卫星热控设计及飞行验证..... 刘伟, 杨沪宁	(61)
数传通道遥测数据处理方法研究..... 李敬博, 马楠, 任光杰	(66)
“天绘一号”卫星镉镍蓄电池组及其在轨性能介绍..... 李焱, 谢守楹, 乔学荣, 郑智勇, 杨德智	(70)
“天绘一号”卫星星务分系统研究与实现..... 史简, 宋智, 李国军	(74)
地面处理技术	
“天绘一号”卫星地面应用系统设计与实现..... 胡莘, 王新义, 杨俊峰	(78)
“天绘一号”卫星三线阵影像条带式区域网平差..... 张永军, 郑茂腾, 王新义, 黄心蕙	(84)
“天绘一号”卫星星传感器精度分析..... 王兴涛, 李迎春, 李晓燕	(90)
“天绘一号”01星立体影像定位精度检测..... 付勇, 邹松柏, 刘会安	(94)
特征与错位拟合的CCD图像无缝拼接..... 王昱, 胡国军, 龙辉, 张廷涛	(98)
基于GeoSOT网络的“天绘一号”卫星影像数据组织..... 李世忠, 宋树华, 程承旗, 耿忠	(102)
“天绘一号”卫星基于摄影任务的轨道维持策略..... 冯宁, 元朝鹏, 官轶松, 黄显安, 邢坤	(108)
“天绘一号”卫星无地面控制点EFP多功能光束法平差..... 王建荣, 王任享	(112)

JOURNAL OF REMOTE SENSING

(Vol.16 Sup 2012)

CONTENTS

Academician's note

The construction and application of Mapping Satellite-1 engineering
..... *WANG Renxiang, HU Xin, WANG Xinyi, YANG Junfeng* (5)

Review

Development and present situation of satellite photogrammetry without control points *YIN Ming, LI Xiaoyan* (9)

Mapping Satellite-1 transmission type photogrammetric and remote sensing satellite *LI Songming, LI Yan, LI Jindong* (16)

Technology of camera

Technology of off-axis TMA aerospace mapping camera
..... *GUO Jiang, LIU Jinguo, WANG Guoliang, ZHU Lei, GONG Dapeng, QI Hongyu* (21)

On orbit radiometric calibration for Mapping Satellite-1 sensor
..... *HUANG Honglian, YI Weining, QIAO Yanli, DU Lili* (27)

Multispectral imager vicarious radiometric calibration based on gray-scale tarps *CHEN Hongyao, LI Shengli, SI Xiaolong, LI Jing, XU Weiwei, WANG Jixiang, YANG Junfeng, ZHANG Liming, SHEN Zhengguo* (34)

In-flight geometric calibration for Mapping Satellite-1 surveying and mapping camera
..... *LI Jing, WANG Rong, ZHU Leiming, HUANG Haile* (39)

Technology of satellite

Mapping Satellite-1 in-orbit performance evaluation
..... *LI Yan, TAO Zhigang, LI Songming, GUO Zhisheng, SHI Jian, GAO Cuidong* (47)

Attitude control technology of mapping satellite
..... *WANG Xinmin, LIU Jie, LI Han, ZHANG Yifeng, DONG Jun* (51)

Usage of high accuracy GPS time calibration in satellite onboard control system
..... *LI Han, CHENG Liyu, CAO Haining, LI He, DONG Jun, LI Songming* (56)

An analytical method of star tracker measurement errors
..... *HUO Decong, HUANG Lin, LI Yan, TAO Zhigang, LI Songming* (60)

Mapping Satellite-1 thermal design and flight validation *LIU Wei, YANG Huning* (65)

Processing on telemetry data of data transmission channel *LI Jingbo, MA Nan, REN Guangjie* (69)

The introduction of Ni-Cd battery of Mapping Satellite-1 and its on-orbit performance
..... *LI Yao, XIE Shouyun, QIAO Xuerong, ZHENG Zhiyong, YANG Dezhi* (73)

Implementation of Mapping Satellite-1's house keeping system *SHI Jian, SONG Zhi, LI Guojun* (77)

Ground processing technology

Design and implementation of ground application system for Mapping Satellite-1
..... *HU Xin, WANG Xinyi, Yang Junfeng* (83)

Strip-based bundle adjustment of Mapping Satellite-1 three-line array imagery
..... *ZHANG Yongjun, ZHENG Maoteng, WANG Xinyi, HUANG Xinhui* (89)

Mapping Satellite-1 star sensor accuracy analysis *WANG Xingtao, LI Yingchun, LI Xiaoyan* (93)

Evaluation of the location accuracy of the Mapping Satellite-1 stereo image *FU Yong, ZOU Songbai, LIU Hui'an* (97)

CCD image seamless mosaic on characteristic and dislocation fitting
..... *WANG Yu, HU Guojun, LONG Hui, ZHANG Tingtao* (101)

Mapping Satellite-1 remote sensing data organization based on GeoSOT
..... *LI Shizhong, SONG Shuhua, CHENG Chengqi, GENG Zhong* (107)

Strategy of Mapping Satellite-1 orbit maintenance based on photographic mission
..... *FENG Ning, YUAN Zhaopeng, GONG Yisong, HUANG Xian'an, XING Kun* (111)

EFP multi-functional bundle adjustment of Mapping Satellite-1 without ground control points
..... *WANG Jianrong, WANG Renxiang* (115)

多光谱相机基于灰阶靶标的在轨绝对辐射定标

陈洪耀¹, 李胜利², 司孝龙¹, 李晶², 徐伟伟¹, 王戟翔¹,
杨俊峰², 张黎明¹, 沈政国¹

1. 中国科学院安徽光学精密机械研究所 通用光学定标与表征技术重点实验室, 安徽 合肥 230031;

2. 西安测绘研究所, 陕西 西安 710054

摘要: 多光谱相机在轨绝对辐射定标是其遥感数据量化应用的关键环节。高空间分辨率多光谱相机基于大面积灰阶靶标的在轨辐射定标, 以灰阶靶标BRDF、漫射/总辐射比和大气光学厚度等参数的地面测量为主, 通过目标反射辐射与大气程辐射、周围环境辐射的分离, 消除了对气溶胶散射的假设, 简化了定标流程, 突破了基于大面积均匀场定标受到的地理位置和天气状态等条件限制, 该方法有望实现高空间分辨率多光谱相机全动态范围内的高频次、高精度业务化在轨辐射定标。不确定度分析表明, 目前该辐射定标方法可实现4.7%的不确定度, 将来有望提高到3%—4%的水平。对天绘一号多光谱相机进行了基于大面积灰阶靶标的定标试验, 通过两次过顶时刻地面总辐照度变化的比较及靶标观测值的回归分析, 初步判断两次定标时间内多光谱相机波段3的性能发生了变化。

关键词: 辐射定标, 定量遥感, 高空间分辨率遥感器, 大气光学厚度, 灰阶靶标, “天绘一号”

中图分类号: TP701 **文献标志码:** A

引用格式: 陈洪耀, 李胜利, 司孝龙, 李晶, 徐伟伟, 王戟翔, 杨俊峰, 张黎明, 沈政国. 2012. 多光谱相机基于灰阶靶标的在轨绝对辐射定标. 遥感学报, 16(增刊): 28-34
Chen H Y, Li S L, Si X L, Li J, Xu W W, Wang J X, Yang J F, Zhang L M and Shen Z G. 2012. Multispectral imager vicarious radiometric calibration based on gray-scale tarps. Journal of Remote Sensing, 16(增刊): 28-34

1 引言

高空间分辨率光学遥感在国土资源调查、测绘制图、城市规划以及军事侦察等领域有重要的应用意义(沈琪和马金辉, 2006; 蔡宏等, 2006; 唐伟等, 2008)。观测目标的生物物理参数等遥感数据产品和遥感器的辐射响应有直接关系, 因此遥感器运行期间的绝对辐射定标的精确度直接影响着其遥感数据应用的广度和深度(乔延利等, 2006)。

光学遥感器发射前的实验室定标是最全面、精确度最高的, 然而发射时的剧烈振动、外太空恶劣的环境以及光学元件的老化等原因, 仪器的辐射响应等性能会发生变化。部分光学遥感器虽然搭载了灯或者漫

射板等天上定标系统, 但定标系统自身可能会发生衰变(有的具有稳定性监视系统), 并且这些系统大多只能实现部分孔径或部分光路的定标(顾名澧, 2000)。光学遥感器在轨运行期间, 以大面积均匀场或人工目标为场景, 通过地面光谱反射率、大气光学参数测量结合辐射传输计算的场地替代定标方式, 物理量直接溯源至大气外太阳常数, 因此可实现光学遥感器工作状态下绝对辐射定标(Slater等, 1995)。

反射率法、辐亮度法以及辐照度法是3种常用的场地替代定标方式, 其中辐照度法与反射率法唯一不同的是增加了地面的漫射/总辐射比测量, 从而减小了反射率法中对气溶胶散射的假设带来的不确定度(Biggar, 1988; Thome等, 2008; Slater等,

收稿日期: 2012-08-16; 修订日期: 2012-11-19

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863计划)(编号: 2008AA121203)

第一作者简介: 陈洪耀(1980—), 男, 助理研究员, 现从事光学遥感器在轨定标、光谱辐射测量和高光谱遥感定量化应用等研究。E-mail: hychen@aiofm.ac.cn。

1987)。基于大面积均匀场的场地替代定标对场地的条件(如海拔高度、地表反射率等)要求较高,并且仅能实现单点定标(单一辐亮度)。满足定标要求的大面积均匀场数量有限,并且中国的辐射定标场反射率较低(马晓红等,2011;王志民等,1999),难以满足光学遥感器全动态范围内高精度、高频业务化定标的需要。

光学遥感器空间分辨率的提高,使得基于具备光谱平坦、空间均匀、近似朗伯体特性的人工靶标的高精度、高频次的在轨绝对辐射定标成为可能。美国南达科他州立大学(South Dakota State University)实现了光学遥感器基于人工靶标的全动态范围内的多级辐射定标(Naughton等,2011),然而传统的以辐射传输计算为核心的辐射定标方法需要对气溶胶特性、周围环境反射率等进行假设,在复杂背景情况下,实际情况和假设难以相符。在遥感器响应线性的前提下,提出了高空间分辨率多光谱相机基于大面积灰阶靶标的在轨绝对辐射定标方法。本文详细介绍了定标的原理方法,针对“天绘一号”多光谱相机进行了两次在轨定标试验,对定标的不确定度及定标结果进行了分析讨论。

2 原理方法

光学遥感器入瞳的辐射信息如图1所示,主要有大气程辐射、目标反射辐射和周围环境漫射辐射3部分构成(傅俏燕等,2006;巩慧等,2010)。

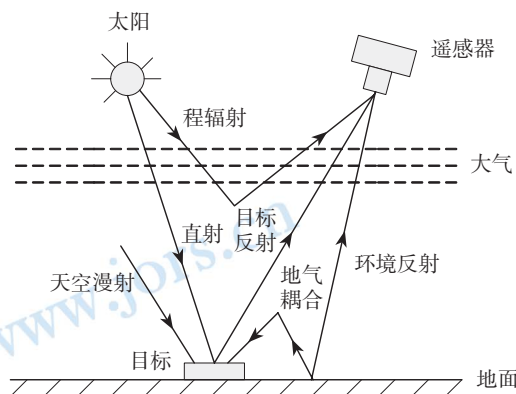


图1 太阳辐射-地面-传感器相互作用示意图

根据辐射传输模型,复杂环境下光学遥感器入瞳辐亮度可表示为:

$$L = \frac{E_s \mu_s T_{\text{gas}}(\theta_s, \theta_v)}{\pi} \left[\rho_a + \frac{e^{-\tau/\mu_s} + t_d(\theta_s)}{1 - S \rho_B} (\rho_t e^{-\tau/\mu_v} + \rho_B t'_d(\theta_v)) \right] \quad (1)$$

式中, E_s 为大气外光谱辐照度, μ_s 为太阳天顶角的余弦, $T_{\text{gas}}(\theta_s, \theta_v)$ 为吸收气体透过率, ρ_a 为大气固有反射率, τ 为大气光学厚度, S 为大气球面反照率, $t_d(\theta_s)$ 为太阳-地面漫射透过率, ρ_B 为周围环境反射率, ρ_t 为目标反射率, $t'_d(\theta_v)$ 为光学遥感器-地面漫射透过率。

假设定标场靶标布设区域的周围环境反射率为常数,则靶标区域的地面总照度保持不变,不同反射率靶标上空的大气固有辐射与地-气耦合辐射是相同的,将漫总比 α 代入式(1)后得到:

$$L = \frac{E_s \mu_s T_{\text{gas}}(\theta_s, \theta_v)}{\pi} \left[\rho_a + \frac{e^{-\tau/\mu_s}}{1 - \alpha} (\rho_t e^{-\tau/\mu_v} + \rho_B t'_d(\theta_v)) \right] \quad (2)$$

由式(2)可知,光学遥感器入瞳辐亮度与目标反射率(BRDF)成正比,根据大面积灰阶靶标反射率(BRDF)测量、大气光学厚度测量、漫射/总辐射比测量,结合气象参数及太阳几何参数,经简化的辐射传输计算,可得到目标的入瞳辐亮度。

当光学遥感器对大面积灰阶靶标观测时,由于靶标上空的大气程辐射与周围环境辐射为常数,将其与遥感器暗电流等合并,则

$$DN_t = AL_t + DN_0 \quad (3)$$

$$L_t = \rho_t \mu_s \int \frac{E_s T_{\text{gas}}(\theta_s, \theta_v) e^{-\tau(1/\mu_s + 1/\mu_v)} R(\lambda) d\lambda}{\pi(1 - \alpha)} \Big/ \int R(\lambda) d\lambda \quad (4)$$

式中, $R(\lambda)$ 为光学遥感器的光谱响应函数。根据(3)式,代入测量数据与简化的辐射传输结果,结合光学遥感器对不同反射率大面积灰阶靶标观测DN值,以最小二乘法计算得到光学遥感器的辐射定标系数 A 。辐射定标计算流程如图2所示,其中MODTRAN辐射传输计算过程中通过不断改变大气模式、气溶胶类型等使得计算得到太阳-目标路径大气光谱透过率和太阳辐射计测量的440 nm、670 nm、870 nm和1020 nm通道的透过率逼近,从而得到太阳-目标路径大气光谱透过率,然后改变几何位置因子,得到遥感器-目标路径大气光谱透过率。

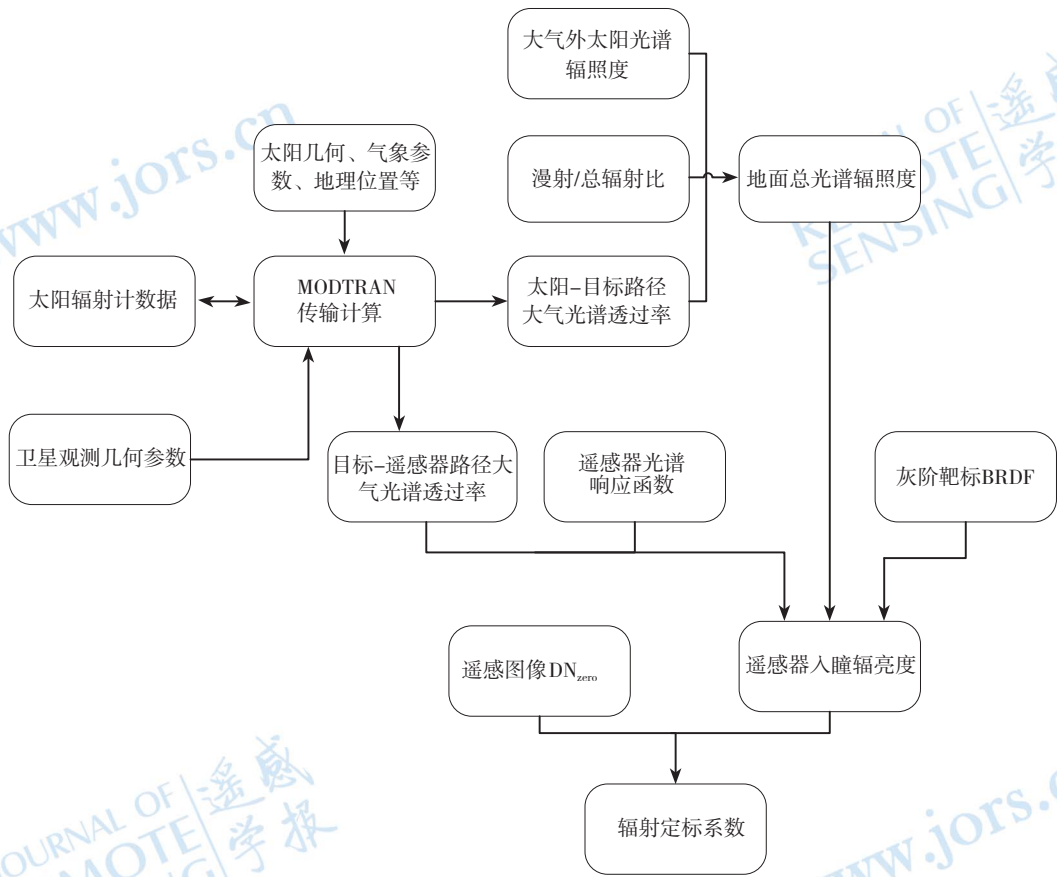


图2 大面积灰阶靶标的绝对辐射定标流程

3 试验与结果

分别于2011年7月25日与8月3日对“天绘一号”多光谱相机进行了在轨绝对辐射定标试验，定标试验场东部为山区(有工业污染源)，北部为城市，西(北)部为农业区，南部为戈壁滩为主，地形地貌及其地表覆盖类型比较复杂。

3.1 地面同步测量

(1)灰阶靶标光谱反射率测量

卫星过顶前后一小时进行了大面积灰阶靶标光谱反射率测量，测量时分别在每个灰阶靶标上均匀选择6个位置进行测量，对于每个位置，测量5条数据，首先测量一次漫反射标准参照体，然后测量该位置处靶标的5个不同点，最后再测量一次漫反射标准参照体，在计算反射率时，利用靶标5个点的平均值/白板平均值，这样可以降低随机噪声，测量得到灰阶靶标

的光谱反射率(图3)。

(2)大气光学参数测量

试验当天用太阳辐射计CE317、光谱照度计分别进行了大气光学厚度及漫射/总辐射比测量。大气中氧气、臭氧和水汽等吸收气体的透过率根据试验场区海拔高度、气象资料及环境等因素，选择合适的大气模式，通过Modtran辐射传输计算得到，其中8月3日过顶时刻太阳辐射计测量440 nm、670 nm、870 nm

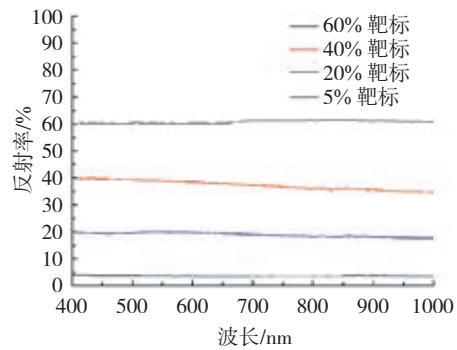


图3 灰阶靶标的光谱反射率

和1020 nm通道的透过率和辐射传输计算得到的大气光谱透过率如图4所示。

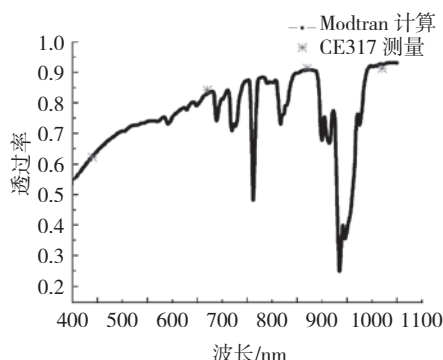


图4 测量和计算的太阳-目标路径大气透过率

3.2 辐射计算

(1)地面直射光谱辐照度

太阳光经大气直接入射到地面，这部分能量为：

$$E_{dir} = E_s \mu_s \exp(-\tau / \mu_s) \quad (5)$$

式中， E_s 为大气外太阳光谱辐照度， θ_s 是太阳天顶角， $\mu_s = \cos\theta_s$ ， τ 为大气光学厚度。计算得到过顶时刻地面直射光谱辐照度如图5所示。

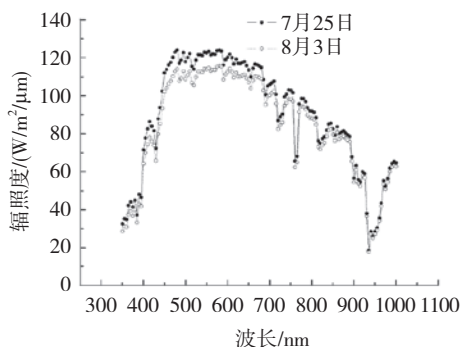


图5 地面直射光谱辐照度

(2)灰阶靶标反射产生的光谱辐亮度

入射在灰阶靶标的辐射反射经大气透射后进入光学传感器入瞳，这部分能量可表示为：

$$L_{sensor}(\lambda) = \frac{E_{dir}(\lambda)}{1 - \alpha} \cdot T_{sensor-tgt}(\lambda) \cdot BRDF_{tgt}(\lambda) \quad (6)$$

计算后得到，当灰阶靶标的BRDF为 $1/\pi$ 时产生的光谱辐亮度如图6所示。

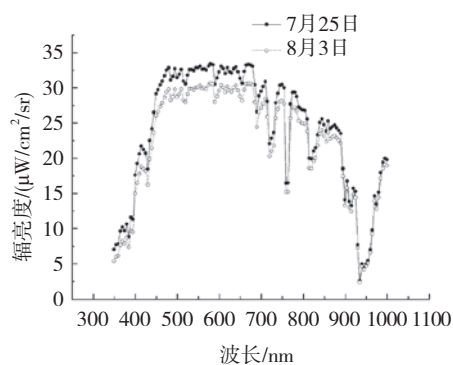


图6 灰阶靶标反射产生的光谱辐亮度(BRDF=1/π)

3.3 辐射定标系数计算

(1)大气程辐射、周围环境辐射与目标反射辐射分离

根据灰阶靶标反射率及其对应的遥感图像DN值，通过最小二乘法拟合可得到遥感图像DN值与多灰阶靶标反射率的关系曲线，如图7所示。根据前面原理方法所述，直线的截距 DN_0 表示大气程辐射与周围环境辐射引入的响应， $DN - DN_0$ 为目标反射辐射部分。

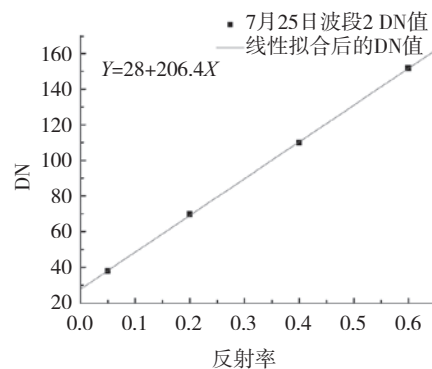


图7 遥感器图像DN值与靶标反射率之间的关系

(2)辐射定标系数

按照上述辐射定标原理方法，计算得到两天的绝对辐射定标系数的相对差异如表1所示。

表1 7月25日和8月3日绝对辐射定标系数的相对差异

波段	波段1(红)	波段2(绿)	波段3(蓝)	波段4(近红外)
相对差异/%	-0.41	-4.94	-8.45	0.24

可以看出，波段1、波段4的两天定标系数差异均小于0.5%，波段2的差异为4.96%，而波段3的差异则达到了近8.5%。产生差异的原因有两种可能，一是由定标不确定度产生的，再一个就是传感器确实发生

了变化。

4 分析讨论

4.1 不确定度分析

根据辐射定标原理方法可知,影响定标不确定度的因素主要有:漫射/总辐射比测量、靶标的BRDF测量、大气光学厚度测量、大气透过率计算以及几何因子等。

漫射/总辐射比测量采用遮挡太阳直射的方法,遮挡太阳直射的同时也挡掉了一部分天空漫射辐射,这项测量引入的不确定度约为3%。

靶标BRDF测量采用和漫反射标准参照体比对的方法,目前漫反射标准参照体BRDF尚缺少国家基准,是通过方向-半球反射比因子(DHRF)推导得到的,标准传递链路较长,存在一些假设,测量不确定度约为2%,因此靶标BRDF测量不确定度约为2.5%左右。

大气光学厚度测量不确定度主要来自太阳辐射计的定标,测量不确定度在2%的水平。大气吸收透过率主要受氧气、臭氧和水汽等吸收气体的影响,需根据试验场区海拔高度、气象资料及环境等因素,选择合适的大气模式,通过计算得到,其中氧气吸收可以精确计算,水汽含量可通过太阳辐射计测量数据通过改进的朗利法反演得到(胡秀清等,2001)。虽然臭氧的浓度估计可能存在偏差,但是在该波段它是弱吸收,故综合考虑该项的不确定度为1.5%。

综上所述,基于大面积灰阶靶标的辐射定标方法由于采用了以地面测量为主的方式,其综合不确定度为4.7%,不确定度分配如表2所示,其中括号内不确定度大小为我们预期可以实现的水平。

表2 大面积灰阶靶标的辐射定标不确定度

不确定因素	相对不确定度大小/%
漫射/总辐射照度测量	3.0(2.0)
靶标BRDF测量	2.5(2.0)
大气光学厚度测量	2.0(1.0)
大气透过率计算	1.5(1.0)
其他(几何因子等)	1.0(1.0)
综合不确定度	4.7(3.3)

4.2 定标结果分析

为验证两天定标时刻计算得到的传感器入瞳辐亮

度(目标反射部分)精密度,分别进行了地面总辐照度变化及灰阶靶标反射率变化比较。

(1)地面总辐照度变化比较

两次计算地面总辐照度的相对差别与两次过顶时刻光谱照度计测量的地面总辐照度的DN值之间的相对差别做了比较(分别与传感器光谱响应函数卷积),结果如表3所示。

表3 两次定标时刻光谱照度计测量值相对差别与

辐射计算总辐照度相对差别的比较					/%
相对差别	波段1(红)	波段2(绿)	波段3(蓝)	波段4(近红外)	
光谱照度计测量值	2.52	2.89	3.32	2.13	
辐射计算总辐照度	1.97	2.18	2.50	1.95	
两种方法之间差别	0.55	0.71	0.82	0.18	

由于光谱照度计两次测量地面总辐照度的DN值精密度很高(两次的仪器响应度、太阳天顶角基本保持不变),仪器DN值的相对差别可作为两天地面总辐照度实际相对差别的参考值。从结果可以看出波段1、2、4两天辐射计算得到的地面总辐照度的相对差别与参考值之间的差别小于1%,而波段3差别仅为0.82%,因此,辐射计算能较准确的反映两次过顶时刻地面总辐照度的变化。

(2)灰阶靶标反射率变化比较

为分析两次定标时刻灰阶靶标BRDF是否发生了变化,对灰阶靶标遥感图像DN值进行了回归分析(以2011年7月25日图像DN值为变量,8月3日图像DN值为因变量),如表4所示。结果表明,两次观测的相关性非常高,除波段4外,其余3个波段都达到了0.9999以上。4个灰阶靶标在4个波段发生同样变化的概率很小,因此可以判定灰阶靶标的反射率未发生变化。

从表4还可以看出,8月3日波段3的斜率(辐射定标系数与入瞳辐亮度乘积的比值)是增加的,波段2的基本保持不变,假设两次的定标系数不变,这与8月3日波段3的辐亮度较小相矛盾。

通过数据分析,可以初步判定传感器的波段3在两次定标时间内发生了变化,这有可能是传感器响应发生变化,也有可能是其他原因导致的(如相对校正等),因此,需要进一步的研究分析。

表4 靶标测量信号的回归分析

波段	日期	5%靶标	20%靶标	40%靶标	60%靶标	相关系数	斜率
Band1 (红)	0725	32.721	60.056	98.972	133.548	0.999935	0.959
	0803	34.375	60.750	97.139	131.381		
Band2 (绿)	0725	38.124	69.806	110.333	150.095	0.999976	1.001
	0803	40.375	72.306	113.333	152.381		
Band3 (蓝)	0725	60.440	90.750	128.306	164.762	0.999966	1.022
	0803	64.556	95.861	134.639	171.048		
Band4 (近红外)	0725	35.231	69.000	120.278	160.643	0.999845	0.971
	0803	35.344	67.417	116.139	157.476		

5 结论与展望

高空间分辨率多光谱相机的大面积灰阶靶标在轨绝对辐射定标方法, 以灰阶靶标BRDF、漫射/总辐射比以及大气透过率等参数的实际地面测量取代了辐射传输计算中对气溶胶散射特性的假设, 通过周围环境辐射、程辐射与目标反射信号的分离简化了定标流程, 从而使得高空间分辨率多光谱相机在轨辐射定标可以突破大面积均匀场受到的地理位置、天气状态、后勤保障等条件限制, 有望实现光学遥感器的高频次、高精度业务化在轨辐射定标。

不确定度分析表明, 影响该辐射定标不确定度的因素主要有靶标BRDF测量、大气光学厚度测量、大气透过率计算和漫射/总辐射照度比测量等, 综合不确定度为4.7%。下一步的工作中, 通过高精度BRDF绝对测量装置的建立及高光谱大气光学厚度测量的研究, 有望使中国高空间分辨率光学遥感器的大面积灰阶靶标在轨绝对辐射定标不确定度减低到3%—4%的水平。

针对“天绘一号”多光谱相机进行了两次基于大面积灰阶靶标的在轨辐射定标试验, 通过两次过顶时刻地面总辐照度变化的比较及靶标观测值的回归分析, 初步判定多光谱相机的波段3通道在两次定标时间内发生了变化。因此, 为实现高精度的在轨绝对辐射定标还需要进行光学遥感器光谱响应函数的在轨检校。

志 谢 野外实验的数据获取得到了中国科学院通用光学定标与表征技术重点实验室李秀举、刘镇海、刘强、袁银麟、杨宝云、张运杰, 李鑫等老师和同学的协助, 在此表示衷心的感谢!

参考文献(References)

- Biggar S F. 1988. Absolute Calibration of the In-Flight Remote Sensing. Arizona: University of Arizona
- 蔡宏, 李俊, 刘敬. 2006. 高分辨率遥感在城市发展动态监测中的应用. 云南地理环境研究, 18(1): 105–109
- 傅俏燕, 闵祥军, 李杏朝, 沙崇漠, 李小英, 马国强, 潘志强, 郭毅, 李启明, 刘国栋. 2006. 敦煌场地CBERS-02 CCD传感器在轨绝对辐射定标研究. 遥感学报, 10(4): 433–439
- 巩慧, 田国良, 余涛, 顾行发, 高海亮, 李小英. 2010. CBERS02B卫星CCD相机在轨辐射定标与真实性检验. 遥感学报, 14(1): 7–12
- 顾名澧. 2000. 星载遥感器在飞行时的绝对辐射定标方法. 航天返回与遥感, 21(1): 16–25
- 胡秀清, 张玉香, 黄意玢, 张广顺. 2001. 利用太阳辐射计940 nm通道反演大气柱水汽总量 // 中国遥感卫星辐射校正场科研成果论文选编. 北京: 海洋出版社. 229–235
- 马晓红, 余涛, 高海亮, 陈兴峰, 谢玉娟, 韩杰. 2011. 内蒙古辐射校正场特性评价与应用潜力分析. 国土资源遥感, 23(4): 31–36
- Naughton D, Brunn A, Czaplá-Myers J, Douglass S, Thiele M, Weichelt H and Oxford M. 2011. Absolute radiometric calibration of the RapidEye multispectral imager using the reflectance-based vicarious calibration method. Journal of Applied Remote Sensing, 5(1): 053544 [DOI: 10.1117/1.3613950]
- 乔延利, 郑小兵, 王先华, 张黎明, 易维宁, 王乐意. 2006. 卫星光学传感器全过程辐射定标. 遥感学报, 10(5): 616–623
- 王志民. 1999. 中国资源卫星绝对辐射校正场. 国土资源遥感, 41(3): 40–45
- 沈琪, 马金辉. 2006. 高分辨率遥感数据在现代城市规划中的应用. 甘肃科学学报, 18(1): 44–48
- Slater P N, Biggar S F, Palmer J M and Thome K J. 1995. Unified approach to pre- and in-flight satellite-sensor absolute radiometric calibration. SPIE, 2583: 130–141 [DOI: 10.1117/12.228558]
- Slater P N, Biggar S F, Holm R G, Jackson R D, Mao Y, Moran M S, Palmer J M and Yuan B. 1987. Reflectance-and radiance-based methods for the in-flight absolute calibration of multispectral sensors. Remote Sensing of Environment, 22(1): 11–37 [DOI: 10.1016/0034-4257(87)90026-5]

唐伟, 赵书河, 王培法. 2008. 面向对象的高空间分辨率遥感影像道路信息的提取. 地球信息科学, 10(2): 257–262
Thome K J, Arai K, Tsuchida S and Biggar S F. 2008. Vicarious calibration

of ASTER via the reflectance-based approach. IEEE Transactions on GeoScience and Remote Sensing, 46(10): 3285–3295
[DOI: 10.1109/TGRS.2008.928730]

Multispectral imager vicarious radiometric calibration based on gray-scale tarps

CHEN Hongyao¹, LI Shengli², SI Xiaolong¹, LI Jing², XU Weiwei¹, WANG Jixiang¹,
YANG Junfeng², ZHANG Liming¹, SHEN Zhengguo¹

1. Key Laboratory of Optical Calibration and Characterization Anhui Institute of Optics and Fine Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031, China;
2. Xi'an Research Institute of Surveying and Mapping, Xi'an 710054, China

Abstract: In-flight absolute radiometric calibration is one of the critical techniques for quantitative remote sensing. High spatial resolution remote sensor based on large area of gray-scale tarps vicarious calibration method relies on tarps BRDF, diffuse global ratio and atmospheric optical thickness measurement, the calibration approach could isolated the DN signal created by the tarps from the response produced by background radiance sources, which simplify the calibration process and eliminating the assumption of aerosol scattering. Uncertainty analysis showed that the calibration uncertainty is 4.7% at present, and could improve to 3%—4% in the near future. We describe the rationale, methods, and results of a large area gray-scale tarps based vicarious calibration campaign that was conducted between July and August, 2011. Through regression analysis of the observed values of the target and total irradiance of the two days, initially to determine the performance of band 3 might changed.

Key words: radiometric calibration, quantitative remote sensing, high spatial resolution remote sensor, atmospheric optical thickness, remote sensing, Mapping Satellite-1



封面说明

About the Cover

“天绘一号”卫星获取的吉林省长春市影像数据

The image acquired by Mapping Satellite-1 for the city of Changchun, Jilin

“天绘一号”卫星是中国第一颗传输型立体测绘卫星。封面图片为“天绘一号”卫星获取的吉林省长春市影像数据，左图为红、绿、蓝、近红外4个波段的10 m分辨率多光谱影像，中间为2 m分辨率全色影像，右图为生成的融合影像。“天绘一号”卫星既能进行高精度地形地貌立体测绘，又能进行地物判绘、资源调查和遥感定量分析，可广泛应用于国土测绘、城市规划、农林普查、土地利用详查、水利电力、交通运输、灾害监测和矿产资源分析等领域。

The Mapping Satellite-1 is the first stereo mapping satellite of China. The cover shows the data captured by this Satellite for the city of Changchun, Jilin province, northern China. The left side is a multispectral image that consists of red, green, blue, and near infrared bands at 10 m resolution. The middle is panchromatic image with 2 m resolution, and the right shows the fusion image. These data are important for three dimensional topography and landform surveying and high precision mapping, object interpretation and editing, resources investigation and remote sensing quantitative analysis. They are also expected to play a significant role in national land surveying and mapping, city planning, agriculture and forests survey, land usage investigation, water reservation and electric power, transportation, disaster forecast and mineral resources analysis.

遥感学报

JOURNAL OF REMOTE SENSING

YAOGAN XUEBAO (双月刊 1997年创刊)

第16卷 增刊 2012年12月26日

(Bimonthly, Started in 1997)

Vol.16 Sup December 26, 2012

主 管 中国科学院	Superintended	by	Chinese Academy of Sciences
主 办 中国科学院遥感应用研究所 中国地理学会环境遥感分会	Sponsored	by	Institute of Remote Sensing Applications, CAS. The Associate on Environment Remote Sensing of China
主 编 顾行发	Editor-in-Chief		GU Xing-fa
编 辑 《遥感学报》编委会 北京市安外大屯路中国科学院遥感应用研究所 邮编：100101 电话：86-10-64806643 http://www.jors.cn E-mail:jrs@irsa.ac.cn	Edited	by	Editorial Board of Journal of Remote Sensing Add: P.O.Box 9718, Beijing 100101, China Tel: 86-10-64806643 http://www.jors.cn E-mail: jrs@irsa.ac.cn
出 版 科 学 出 版 社	Published	by	Science Press
印刷装订 北京科信印刷有限公司	Printed	by	Beijing Kexin Printing Co. Ltd.
总 发 行 科 学 出 版 社 北京东黄城根北街16号 邮政编码：100717 电话：86-10-64017032 E-mail:sales_journal@mail.sciencep.com	Distributed	by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: 86-10-64017032 E-mail: sales_journal@mail.sciencep.com
国外发行 中国国际图书贸易总公司 北京 399 信箱 邮政编码：100044	Overseas distributed	by	China International Book Trading Corporation Add: P.O.Box 399, Beijing 100044, China

中国标准连续出版物号：ISSN 1007-4619
CN 11-3841/TP
CODEN YXAUAB

国内邮发代号：82-324
国外发行代号：BM 1002

定价：70.00元

ISSN 1007-4619

国内外公开发行

