

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)

“天绘一号”卫星在轨辐射定标方法

黄红莲^{1,2}, 易维宁¹, 乔延利¹, 杜丽丽¹

1. 中国科学院 安徽光学精密机械研究所光学遥感中心, 安徽 合肥 230031;

2. 中国科学技术大学 物理学院, 安徽 合肥 230022

摘要: 在轨辐射定标包括相对辐射定标和绝对辐射定标, 它是提高遥感数据量化精度的关键步骤和重要方法。本文阐述了基于均匀场地分区综合的相对辐射定标方法、基于反照率的绝对辐射定标方法及其基本原理, 并首次将其应用于“天绘一号”卫星上的高分辨、多光谱和三线阵相机的辐射定标中。研究表明, 相对辐射定标过程去除了卫星图像的条带噪声, 且保存了图像细节; 然后, 使用反照率基法, 通过在敦煌场地铺设灰阶靶标, 测量卫星过顶时的地物目标反射率光谱和大气信息, 对“天绘一号”卫星传感器进行了绝对辐射定标; 最后, 使用辐射定标结果来反演地物反射率, 与实测的地物反射率相比误差小于5%, 验证了在轨辐射定标系数的有效性。

关键词: “天绘一号”卫星, 均匀场, 相对辐射定标, 绝对辐射定标, 反照率基法

中图分类号: TP701 **文献标志码:** A

引用格式: 黄红莲, 易维宁, 乔延利, 杜丽丽. 2012. “天绘一号”卫星在轨辐射定标方法. 遥感学报, 16(增刊): 22-27
Huang H L, Yi W N, Qiao Y L and Du L L. 2012. On orbit radiometric calibration for Mapping Satellite-1 sensor. Journal of Remote Sensing, 16(增刊): 22-27

1 引言

随着遥感技术在各应用领域的逐步深入, 遥感数据的量化已成为遥感应用技术的发展趋势。遥感量化的基本前提和关键在于传感器的辐射定标, 即将传感器记录的数字值转换成对应像元地物的实际辐射亮度值, 辐射定标精度直接影响各种定量遥感产品的质量。对光学传感器而言, 按定标的阶段分为发射前定标、在轨星上定标和在轨替代定标3大类, 其中在轨替代定标包括场地定标法、场景定标法和交叉定标法(Robert和Howard, 1994; Howard, 1998)。由于卫星发射后, 星上传感器的状态与发射前有较大变化, 实验室辐射定标结果可能需要修正, 而“天绘一号”卫星没有放置星上定标器, 所以在轨场地辐射定标成为提高该卫星数据精确度和可靠性的有效手段。

在轨场地辐射定标按定标顺序分为: 相对辐射定标和绝对辐射定标。相对辐射定标又称为传感器探测元件的归一化处理, 是为了校正传感器中

各个探测元件响应度的差异而对卫星传感器测得的原始数字计数值(DN)进行“再”量化的一种处理过程。相对辐射定标的目的就是消除由于探测元件响应特性不一致引起的条带效应, 使这些条带的影响降低到最小程度或彻底去除(郭建宁等, 2005; 钟文等, 2002)。相对辐射定标一般包括均匀场法和统计法两大类。统计法包括均匀场统计、直方图均衡和直方图匹配等方法(Gadallah和Csillag, 2000; 牛生丽等, 2007; 陈劲松等, 2003)。传统的均匀场法需要在地表寻找大面积的均匀地物作为标定场(面积要求能够覆盖传感器所有探测元), 考虑到可能存在暗电流的影响, 应该选择至少两个具有较大反射率差别的均匀场地, 即要求卫星传感器以同一档位对高、低两个均匀场地成像才能计算出相对辐射定标系数。新发展的基于均匀场地分区综合的相对辐射定标方法无需覆盖所有探测元的均匀场地, 只需要分区域的幅宽较窄的均匀场地, 即可实现相对辐射定标。

收稿日期: 2012-08-16; 修订日期: 2012-11-18

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: 黄红莲(1980—), 女, 博士研究生, 从事定量遥感及辐射定标的理论和应用研究。E-mail: hlhuang@aiofm.ac.cn.

绝对辐射定标旨在建立遥感器测量的数字信号与对应的辐射能量之间的数量关系,将图像数字值转换为物理量,确定一个能对地物做出直接判断和比对的标准,进行遥感数据的量化分析,更好地识别地物。目前,在轨场地绝对辐射定标方法主要有反射率基法、辐亮度基法和辐照度基法等(胡秀清等,2003;黄妙芬等,2009;Slater等,2001)。其中,辐照度基法是反射率基法的改进,其与反射率基法相比,辐射传输计算程序所用的输入量除地物目标反射率和气溶胶光学厚度外,增加了向下到达地面的漫射辐射与总辐射之比(可以由辐照度计同步测量得到)。这一比值包含了气溶胶的散射特征,以实测的地面漫射辐照度与直射辐照度比值(漫总比)代替反射率基法中计算气溶胶散射的假定,可以减少因气溶胶模型近似而产生的误差。

2 原理与方法

2.1 相对辐射定标方法

基于均匀场地分区综合的相对辐射定标中区域内定标原理与均匀场地两点定标法的定标原理相同,但分区综合定标法的定标过程要分为以下三步:先将传感器划分为若千的区域,利用区域内均匀一致的高辐亮度及低辐亮度地物景观计算区域内探测元的相对定标系数,并进行相对校正;再根据校正后的图像利用区域间的重合,计算相邻区域之间的相对定标系数;最后结合区域内部相对定标系数、区域之间相对定标系数将相机的全体探测元相对校正到一致(赵燕等,2009)。图1显示了该方法的实现过程。

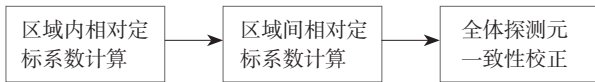


图1 基于均匀场地分区综合的相对辐射定标过程示意图

2.2 绝对辐射定标方法

基于反照率基法的绝对辐射定标是当“天绘一号”卫星飞越辐射定标场上空时,在地面进行地物目标反射率以及大气光学厚度、地面漫射辐照度与总辐照度比值等大气信息;然后对地面观测数据进行处理、星-地光谱响应匹配,将获得的地面观测数据输入大气辐射传输计算程序,计算出大气层顶的表观辐亮度或表观反射率,同时在卫星影像上提取观测目标区

的平均计数值,将表观辐亮度或表观反射率与图像的平均计数值相比较得到传感器各通道辐射定标系数。

对于反射率为 ρ 的均匀朗伯地面,其卫星传感器入瞳处的表观反射率可表示为:

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

式中, θ_v 、 φ_v 分别为观测天顶角和方位角, θ_s 、 φ_s 分别为太阳天顶角和方位角, T 为总的大气散射通过率, T_g 为气体吸收通过率, ρ_A 为大气内反射率, S 是大气球面反照率。其中入射方向(太阳-目标路径)总的散射透过率可以表示为:

$$T(\mu_s) = e^{-\delta/\mu_s} + \frac{E_d^0}{\mu_s E_s} \quad (2)$$

定义漫射辐照度与总辐射辐照度比值为:

$$a_s = \frac{E_d(\mu_s)}{E_s \mu_s e^{-\delta/\mu_s} + E_d(\mu_s)} \quad (3)$$

式中,漫射辐照度 $E_d(\mu_s)$ 包括大气散射辐照度 E_d^0 和地气耦合辐照度,如下式所示:

$$E_d(\mu_s) = \frac{1}{1 - \rho \cdot S} [E_d^0(\mu_s) + E_s \mu_s e^{-\delta/\mu_s} \cdot \rho \cdot S] \quad (4)$$

将式(3)和式(4)代入式(2)得:

$$T(\mu_s) = \frac{(1 - \rho \cdot S) e^{-\delta/\mu_s}}{1 - a_s} \quad (5)$$

根据光路可逆原理,观测方向(目标-观测点路径)总的散射透过率可以表示为:

$$T(\mu_v) = \frac{(1 - \rho \cdot S) e^{-\delta/\mu_v}}{1 - a_v} \quad (6)$$

式中, a_v 为观测方向漫射辐射与总辐射的辐照度之比,由此,式(1)可写为:

$$\rho^*(\theta_v, \theta_s, \varphi_v - \varphi_s) = T_g(\mu_s, \mu_v) \times [\rho_A(\theta_v, \theta_s, \varphi_v - \varphi_s) + \frac{e^{-\delta/\mu_s}}{1 - a_s} \rho (1 - \rho \cdot S) \frac{e^{-\delta/\mu_v}}{1 - a_v}] \quad (7)$$

式(7)为辐照度基法计算传感器入瞳处表观反射率的公式。可以看出, T_g 、 ρ_A 和 S 通过气溶胶模型假设,使用大气辐射传输模型计算得到,散射通过率 T 使用测量值 a_v 和 a_s 代替,降低了对气溶胶模型近似产生的误差,提高了定标精度。

传感器入瞳处的反射率与表观辐亮度的关系为:

$$\rho^* = \frac{\pi L_e}{\mu_s E_s} \quad (8)$$

式中, L_e 为入瞳反射率, L_e 与遥感器对应输出信号的

数字量化值DN之间的定量关系呈如下线性关系:

$$DN = K \times L_c + B \quad (9)$$

式中, K 与 B 为要获得的绝对辐射定标系数。

按照上述辐照度基法, 在轨绝对辐射定标方法流程图如图2所示。

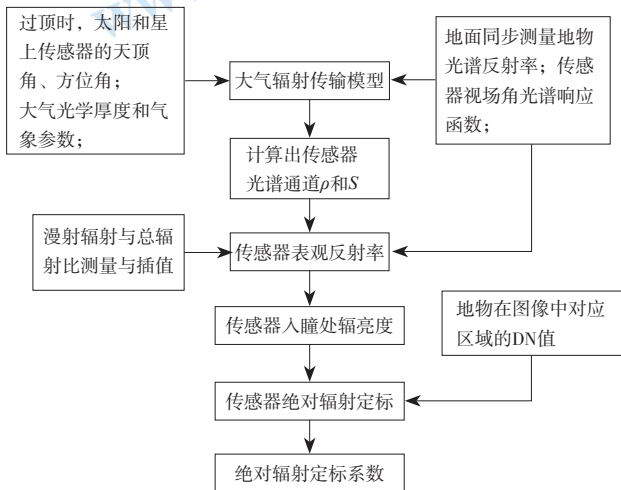


图2 在轨绝对辐射定标流程图

3 数据处理与分析

3.1 相对辐射定标结果分析

对于基于均匀场地的分区综合的相对辐射定标方法来说, 亮、暗两个灰度级上均匀地物的选择是保证定标精度的关键。使用第二部分的算法, 以海洋为暗场、阿尔及利亚的沙漠为亮场, 对“天绘一号”卫星搭载的高分辨相机、多光谱相机、三线阵相机的相对辐射定标系数进行了计算。根据所得的相对辐射定标系数, 分别对相应传感器、相应档位、级数的卫星影像数据进行了相对辐射校正。

图3给出了“天绘一号”卫星多光谱相机影像数据相对辐射校正前后的两幅图像。为了突出图像细节, 选择了整幅图像的一块区域(200×220像元), 且使用红、绿、蓝3个波段合成了彩色图。从中可以看出, 相对辐射校正前有较多的纵向条带, 而校正后图像中的纵向条带被有效地去除, 且原有图像的细节更为明显。图4给出了“天绘一号”卫星高分辨相机影像数据相对辐射校正前后的两幅图像, 图像的尺寸为32000×32000像元。“天绘一号”卫星高分辨相机是8块CCD拼接而成的, 为了看出校正效果, 对校正后的图像进行了CCD块间的错位调整。图5为“天绘一号”卫星三线阵相机影像数据相对辐射校正前后的对比, 图像的尺寸为12000×12000像元。

3.2 绝对辐射定标结果分析

为对“天绘一号”卫星进行在轨绝对辐射定标, 于2010年10月在新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市附近的辐射定标场进行了外场实验。在辐射场地面铺设了灰阶靶标, 并于2010-10-14 16:05“天绘一号”卫星过顶时同步采集了灰阶靶标及周边地物的反射率和大气参数等信息。

3.2.1 靶标反射率及BRDF测量

使用野外光谱辐射计ASD, 在“天绘一号”卫星过顶前后一小时进行了灰阶靶标及周围背景的光谱反射率测量。对采集的光谱反射率进行统计计算, 结果如图6所示。从图中可以看到, 大面积灰阶靶标的反射率曲线比较平缓, 靶标的均匀性较好, 有利于提高



(a) 原始图像



(b) 校正后图像

图3 多光谱相机相对辐射校正前后对比图

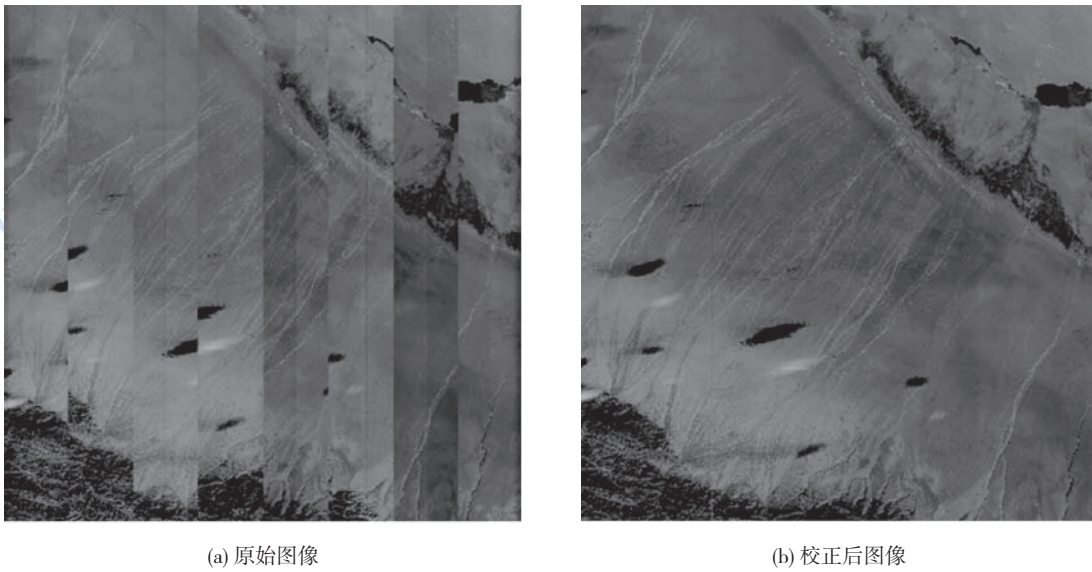


图4 高分辨相机相对辐射校正前后对比图

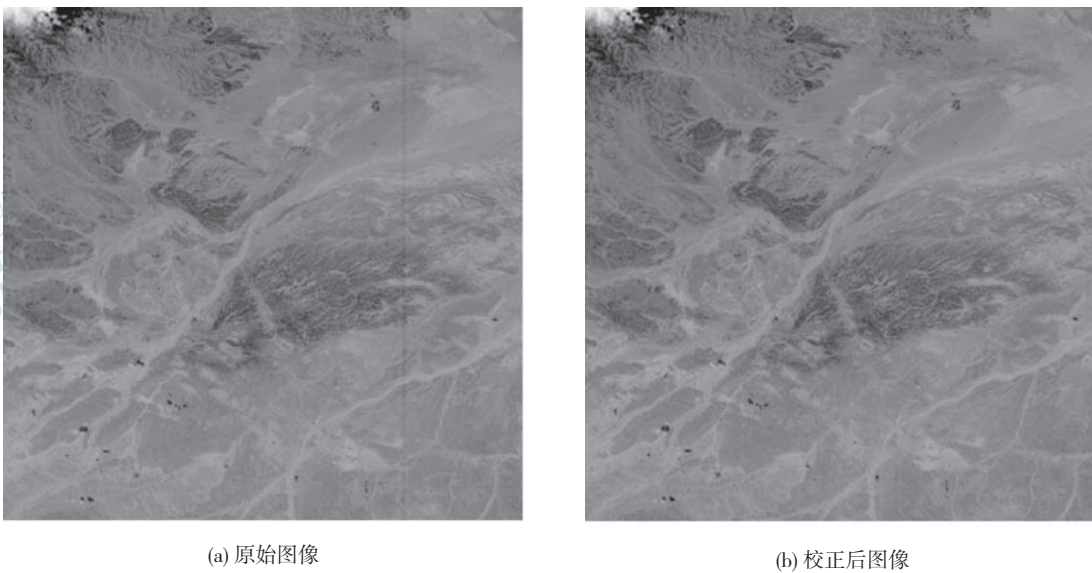


图5 三线阵相机相对辐射校正前后对比图

绝对辐射定标系数计算精度。

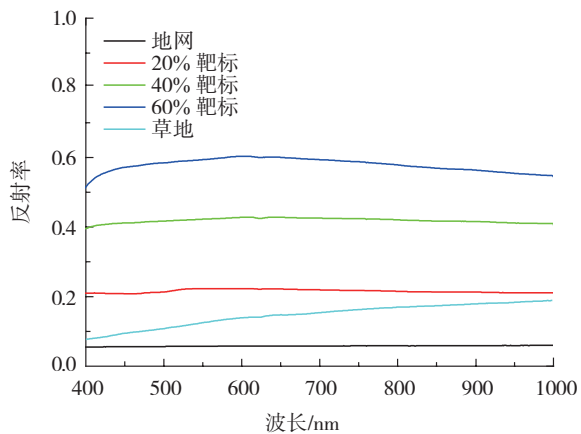


图6 光谱反射率统计结果

3.2.2 大气特性测量

在靶标附近可代表卫星过顶区域大气平均特性的地点，通过架设太阳辐射计CE317、光谱照度计VIF981，进行了太阳直射测量和地面漫总比值的测量。图7为550 nm、440 nm、670 nm、870 nm和1020 nm 5个通道的大气气溶胶光学厚度，图8为红、绿、蓝和近红外4个典型波段上，地面漫射辐照度与总辐照度比值随时间的变化曲线。从图7和图8中可以看出，2010年10月14日550 nm波段的气溶胶光学厚度不大于0.3，且气溶胶光学厚度和地面漫总比随时间变化平稳，说明“天绘卫星”过顶当天大气条件稳定，适合进行在轨绝对辐射定标。

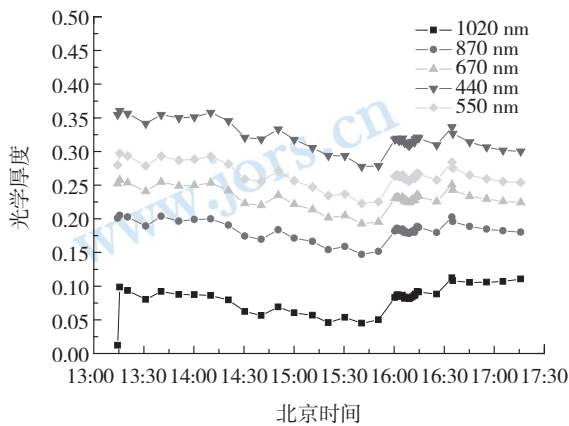


图7 大气气溶胶光学厚度随时间变化曲线

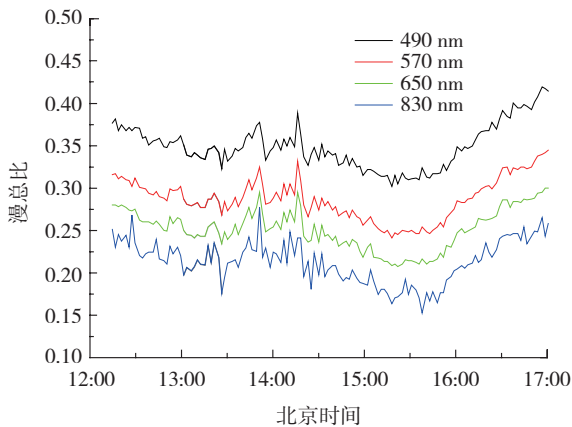


图8 地面漫总比随时间变化曲线

3.2.3 绝对辐射定标系数计算

根据第2节的绝对辐射定标方法,将上述处理过的地面测量数据和传感器几何条件作为大气辐射传输软件6S的输入,计算出传感器入瞳处表观辐亮度。然后,在相对辐射校正后的卫星影像上提取灰阶靶标区域的平均计数值,将表观辐亮度与图像的平均计数值相比较获取“天绘一号”卫星传感器的在轨绝对辐射定标系数。表1列出了“天绘一号”卫星搭载的高分辨相机、多光谱相机和三线阵相机在轨绝对辐射定标系数,其中 K 代表斜率, B 代表截距。

表1 “天绘一号”卫星传感器在轨绝对辐射定标系数

相机代号	绝对辐射定标系数	
	K	B
高分辨相机GFB	0.964	12.671
三线阵前视相机SXZ-1	3.377	64.274
三线阵正视相机SXZ-2	3.635	48.358
三线阵后视相机SXZ-3	3.864	54.909
多光谱相机红波段DGP-1	0.554	18.416

续表

相机代号	绝对辐射定标系数	
	K	B
多光谱相机绿波段DGP-2	0.506	15.584
多光谱相机蓝波段DGP-3	0.528	13.728
多光谱相机近红外波段DGP-4	0.764	22.354

注: K 的单位为 $\text{DN}/(\text{w}/\text{m}^2/\text{sr})$

3.3 在轨辐射定标结果分析

为对“天绘一号”卫星传感器在轨辐射定标结果的精度进行分析,选取了外场实验中靶标附件的典型地物草地,利用3.2.3节计算得到的绝对辐射定标系数、卫星影像数据及辐射定标场的大气参数信息,对草地进行反射率反演,将反演结果与实测结果进行比较,如表2所示。可以看到,草地的反演反射率与实测反射率的误差小于5%,验证了在轨辐射定标结果的有效性。

表2 草地反射率反演及精度评价结果

输入	灰度值: 279.00(三线阵正视图像) 斜率: 3.63489 截距: 48.35847 波段范围: 0.51—0.69 μm 大气光学厚度: 0.265
中间计算值	入瞳辐亮度: 63.452($\text{w}/\text{m}^2/\text{sr}$) 地面辐照度: 743.039 大气透过率: 0.90582 程辐射: 14.722
反演反射率	16.3136%
实测反射率	17.1%
误差	4.82%

4 结论

将基于均匀场地分区综合的相对辐射定标方法应用在“天绘一号”卫星的多光谱相机、三线阵相机和高分辨率相机上,可有效去除图像中的纵向条带,且保留了原有图像的细节;在此基础上,使用敦煌实验场的实验数据,采用反照率基法获得了“天绘一号”卫星的多光谱相机、三线阵相机和高分辨率相机的在轨绝对辐射定标系数;最后反演草地反射率,将结果与实测的草地反射率相比较,其误差小于5%,验证了在轨辐射定标结果的有效性。目前基于均匀场地分区综合的相对辐射定标方法和基于反照率基法的绝对辐射定标方法均实现了软件工程化,并纳入了“天绘一号”业务化数据处理的流程中,对提高图像及定量化产品的质量具有重要作用。

参考文献(References)

- 陈劲松, 邵芸, 朱博勤. 2003. 一种改进的矩匹配方法在CMODIS数据条带去除中的应用. 遥感技术与应用, 18 (5): 313-316
- Gadallah F L, Csillag F. 2000. Destriping Multisensor Imagery with Moment Matching. *Int J. Remote Sensing*, 21(12): 2505-2511
- 郭建宁, 于晋, 曾湧. 2005. CBERS-01/02卫星CCD图像相对辐射校正研究. 中国科学E辑: 信息科学, 35(s1): 11-25
- 黄妙芬, 邢旭峰, 宋庆君, 王晓梅, 侯汝彪, 张敏慧. 2009. 反射率基法获取北京一号小卫星多光谱CCD辐射定标系数. 资源科学, 31(3): 509-514
- Howard R G. 1998. In-orbit calibration strategy of ocean color sensors. *Remote Sensing of Environment*, 63:265-278
- 胡秀清, 张玉香, 邱康睦. 2003. 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. 遥感学报, 7(6): 458-464
- 牛生丽, 唐军武, 蒋兴伟, 郭茂华, 宋庆君. 2007. HY-1A卫星COCTS数据条带消除的两种定量化方法比较. 遥感学报, 11(6): 860-867
- Robert H E, Howard R G. 1994. CZCS—system calibration: A retrospective examination. *Journal of Geophysical Research-Oceans*, 99(C4): 7293-7307
- Slater P N, Biggar S F, Holm R G, Jackson R D, Mao Y, Moran M S, Palmer J M, Yuan B. 2001. Reflectance-and Radiance-based methods for the In-flight absolute calibration of multispectral sensors. *Remote Sensing of Environment*, 78: 39-54
- 钟文, 梁钦, 徐锋, 朱近, 夏德深. 2002. CBERS-1卫星CCD相机零级图像处理研究. 航天返回与遥感, 23(12): 41-46
- 赵燕, 易维宁, 杜丽丽, 黄红莲. 2009. 基于均匀场地的遥感图像相对校正算法研究. 大气与环境光学学报, 4(2): 130-135

On orbit radiometric calibration for Mapping Satellite-1 sensor

HUANG Honglian^{1,2}, YI Weining¹, QIAO Yanli¹, DU Lili¹

1. Anhui Institute of Optics and Fine Mechanics, the Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031, China;

2. School of Physical Sciences, University of Science and Technology of China, Hefei 230022, China

Abstract: On orbit radiometric calibration means relative radiometric calibration and absolute radiometric calibration, it is a critical process and important method for improving the resolution of quantitative study of remote sensing data. In this paper, methods and principles of regional synthesized uniform field based relative radiometric calibration and albedo based absolute radiometric calibration, are introduced. It is the first time to use the above methods for the calibration of the three cameras such as high resolution camera, high multispectral camera and triplet linear array camera on Mapping Satellite-1. Results show that, the braid noise is removed effectively by the process of relative radiometric calibration. Then, the absolute radiometric calibration for Mapping Satellite-1 sensors are also performed through Dunhuang field radiation target, the atmospheric parameters and the ground object spectral reflectivity. Results show that, the difference between the reflectivity of ground object obtained by the satellite sensors and that of field measured value is less than 5%, which demonstrated the effectiveness of on orbit radiometric calibration coefficient.

Key words: Mapping Satellite-1, uniform field, relative radiometric calibration, absolute radiometric calibration, irradiance-based method



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

