

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”卫星测绘相机在轨几何定标

李晶, 王蓉, 朱雷鸣, 黄海乐

西安测绘研究所, 陕西 西安 710054

摘要: 卫星在空间环境运转过程中, 测绘相机的几何参数会发生不可预估的变化, 从而对摄影测量定位精度和数据处理精度产生影响。因此, 所有测绘卫星都对星载相机的几何参数进行在轨定标, 监测相机几何参数在轨运行状态下的变化情况。本文着重介绍了“天绘一号”卫星在轨几何定标的内容和采用的方法。

关键词: “天绘一号”卫星, 测绘相机, 几何定标

中图分类号: TP701 **文献标志码:** A

引用格式: 李晶, 王蓉, 朱雷鸣, 黄海乐. 2012. “天绘一号”卫星测绘相机在轨几何定标. 遥感学报, 16(增刊): 35-39
Li J, Wang R, Zhu L M and Huang H L. 2012. In-flight geometric calibration for Mapping Satellite-1 surveying and mapping camera. Journal of Remote Sensing, 16(增刊): 35-39

1 引言

随着对地观测遥感技术的发展, 传输型高分辨率遥感测绘成为对地观测遥感的重要组成部分。美国、俄罗斯、法国、印度、以色列、日本和韩国等国家都发射了具有大比例尺测绘能力的高分辨率光学遥感卫星, 指标日益提高, 实现了精细对地观测。其中, 以美国为代表, 在大比例尺、高精度遥感测绘的应用研究方面达到了很高的水平, IKONOS、QuickBird和GeoEye等高空间分辨率卫星在商业化运作方面均取得了很大成功。随着“天绘一号”的成功发射, 中国的星载三线阵CCD相机在摄影测量与遥感领域也进展到了实际应用阶段。“天绘一号”01星在轨运转将近两年以来, 已实现中国地区90%以上、全球陆地40%以上的覆盖。2012年5月02星成功发射, 进一步增强了中国获取全球影像的能力。

测绘遥感卫星地面系统经过几十年的发展, 逐渐形成了“站-场-网”的运行模式, 基于地面定标场的在轨几何定标和辐射定标已成为测绘遥感卫星地面数据处理的重要环节。尤其是立体测绘卫星, 几何定标结果对定位精度起到至关重要的作用。中国返回式摄影测量卫星的经验证明, 相机在空间运转过程中, 焦距变化

量最大达到20 μm 左右, 星地相机主光轴夹角的空间定标值与地面实验室定标值之间相差最多达2'多(王建荣等, 2002)。这种量级的内方位元素变化对目标定位精度有不可忽略的影响。在有地面控制点的卫星摄影测量中, 由相机内方位元素变化带来的误差大部分可以在使用地面控制点的处理过程消除, 但无地面控制点的卫星摄影测量中内方位元素变化的影响只能通过地面试验场检测方法加以改正(王任享和胡莘, 2004)。

三线阵相机属行中心成像, 其成像原理相较框幅式相机而言, 构像方程不够严密, 如果内方位元素发生变化, 可能导致摄影影像不符合成像模型, 从而使摄影测量处理的理论不再适用。因此, 更需要对三线阵相机的几何参数进行在轨定标(王任享, 2006)。本文基于中国测量型线阵成像系统的需要, 详细探讨了在轨动态检测的主要内容和检测方法, 并对“天绘一号”卫星在轨以来几何定标情况进行介绍(李松明等, 2013)。

2 三线阵LMCCD相机几何定标内容

2.1 相机实验室几何定标的内容

“天绘一号”卫星搭载了三线阵LMCCD(Line-

收稿日期: 2012-08-30; 修订日期: 2012-11-20

第一作者简介: 李晶(1967—), 女, 硕士, 高级工程师, 主要从事测量型相机几何定标和卫星数据摄影测量处理等方面的研究。E-mail: bertshao@sina.cn。

Matrix CCD, 线面结合CCD)相机作为主要测绘相机(如图1、2所示)。三线阵相机有前视、正视和后视3个镜筒,在正视线阵的两侧,安置了4个小面阵,小面阵像元数为 640×480 。结构复杂,在设计和生产过程中,严格遵循了测量型相机的指标要求。主要对以下参数进行了定标:

(1)前视、正视、后视3个相机的主点位置,定义为过投影中心的直线与CCD线阵的垂直交点。

(2)前视、正视、后视3个相机的主距,定义为镜头投影中心到主点之间的距离。

(3)正视相机与前视相机、正视相机与后视相机的交会角。

(4)前视、正视和后视3个相机的视轴平行性。

(5)前视、正视和后视相机畸变。

(6)4个小面阵与正视线阵的安装关系。

(7)各相机在测绘基座和卫星本体坐标系中的安装矩阵。

(8)星敏感器在卫星本体坐标系中的安装矩阵。

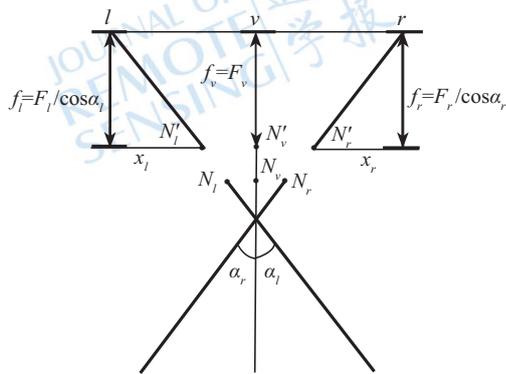


图1 三镜头三线阵相机内方位元素

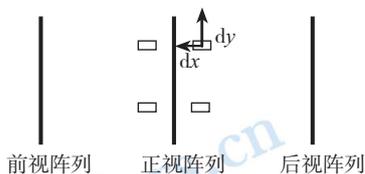


图2 小面阵与正视阵列的安装关系

“天绘一号”三线阵CCD相机实验室定标由中科院长春光学精密机械与物理完成。实验室几何定标结果是在轨定标的重要初始值,定标精度非常重要,如果实验室定标结果精度较低,会影响在轨几何定标计算精度。

2.2 相机在轨几何定标的内容

在轨状态下,主要对以下参数进行了几何定标:

(1)前视、正视和后视3个相机的主距。

(2)前视、正视和后视3个相机的主点。

(3)正视相机与前视相机、正视相机与后视相机的交会角,并计算前视相机与后视相机的夹角。

(4)正视相机与星敏感器角元素转换参数。

3 几何定标原理

“天绘一号”卫星在轨几何定标以实验室定标结果、卫星精密定轨定姿数据、地面试验场卫星影像像点坐标和控制点空间坐标为主要输入数据,采用等效框幅像片EFP(Equivalent Frame Photo)光束法空中三角测量进行数据处理,解算出三线阵相机的内方位元素、交会角和星地相机夹角等参数的变化值。

3.1 EFP光束法空中三角测量

传统光束法空中三角测量是基于摄影测量地面点、像点和摄站三点共线条件,列出每个像点的共线方程,从而求解内外方位元素的方法(王之卓,1979)。在解算过程中,采用摄影测量后方交会与前方交会交替解算、逐渐趋近的思路,修正内外方位元素和待定点坐标,直至变化值小于某一阈值为止。

三线阵CCD相机由前视、正视和后视三个线阵组成,其瞬间获取的三线阵影像在几何上等同于相同参数的框幅像片上的3条影像,这种结构的影像提供了利用影像本身构建空中三角测量网的可能性。EFP光束法空中三角测量基于三线阵CCD影像的特点,在一条摄影基线长度范围的条带模型中选定10个EFP时刻,将条带模型离散化,将与EFP时刻相近的像点坐标通过投影变换为EFP像片上的框幅像坐标(王任享,2005),然后沿用传统光束法平差方法,按共线方程组成未知数误差方程式迭代计算,得到内外方位元素检测值。

图3示意了前视、正视、后视CCD像点摄影及逆投影得EFP像点的原理。

EFP的像点 a 坐标是由 l 在正视、前视交会和正视、后视交会平均高程面 \bar{Z} 为基准面上的坐标逆投影的结果,其坐标作为观测值参与平差计算。在EFP平差中,EFP像点坐标只是过渡性数值,每次迭代都在改变之中,三线阵CCD影像像点坐标显示的左右视差和上下视差,将随着投影坐标逆投影到EFP像坐标中,通过光束法改正外方位元素而不断变小,作为迭

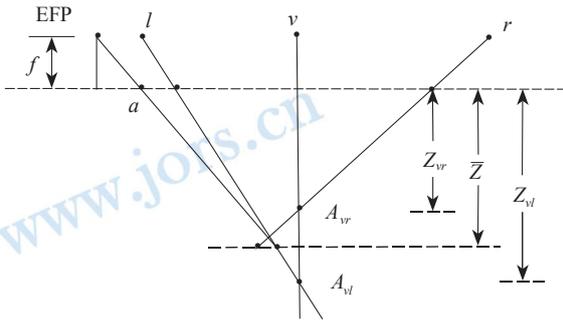


图3 EFP像点生成原理图

代结束的阈值(王任享, 2006)。

三线阵影像成像共线方程如式(1)所示, 前方交会和后方交会在共线方程基础上列出误差方程式, 进行迭代平差计算。

$$\begin{cases} x = -f \frac{a_1(X_j - X_{si}) + b_1(Y_j - Y_{si}) + c_1(Z_j - Z_{si})}{a_3(X_j - X_{si}) + b_3(Y_j - Y_{si}) + c_3(Z_j - Z_{si})} \\ y = -f \frac{a_2(X_j - X_{si}) + b_2(Y_j - Y_{si}) + c_2(Z_j - Z_{si})}{a_3(X_j - X_{si}) + b_3(Y_j - Y_{si}) + c_3(Z_j - Z_{si})} \end{cases} \quad (1)$$

式中, x 为 CCD 影像上沿卫星飞行方向的像点坐标, y 为沿卫星飞行方向的像点坐标。对于三线阵 CCD 影像, x 坐标是固定值。前视线阵影像中 $x = f \tan \alpha$; 后视线阵影像中 $x = -f \tan \alpha$; 正视线阵影像 $x = 0$ 。 X_s, Y_s, Z_s 为摄影时刻摄站坐标; a_{ij} 为由角元素组成的方向余弦, $i=1, 3; j=1, 3$; α, α 为正视相机与前、后视相机的夹角; f 为正视相机主距。

3.2 附加条件方程

为保证解算的稳定性和可靠性, 增加了外方位元素连续约束条件方程和虚拟误差方程作为附加方程, 共同参加平差计算。卫星摄影测量外方位元素变化平稳, 同类外方位元素二阶差分等零条件对线元素和角元素都成立, 有以下条件方程:

$$V_k = \delta_{k+1} - 2\delta_k + \delta_{k-1} - l_k, \quad k=1, \dots, n-1 \quad (2)$$

式中: $V_k = (V_{X_{S_k}} \ V_{Y_{S_k}} \ V_{Z_{S_k}} \ V_{\phi_k} \ V_{\omega_k} \ V_{\kappa_k})^T$, 为外方位元素误差列矩阵; $\delta_k = (\delta_{X_{S_k}} \ \delta_{Y_{S_k}} \ \delta_{Z_{S_k}} \ \delta_{\phi_k} \ \delta_{\omega_k} \ \delta_{\kappa_k})^T$, 为外方位元素改正数, $\delta_{k+1}, \delta_{k-1}$ 为 δ_k 相邻时刻外方位元素改正数;

$$l_k = \dot{P}_{k+1} - 2\dot{P}_k + \dot{P}_{k-1} \quad (3)$$

式中, $\dot{P}_k = (\dot{X}_{S_k} \ \dot{Y}_{S_k} \ \dot{Z}_{S_k} \ \dot{\phi}_k \ \dot{\omega}_k \ \dot{\kappa}_k)^T$, 为外方位元素起始近似值或迭代逼近值。

由正视线阵成像特性列出虚拟误差方程:

$$\delta x_v = 0 \quad (4)$$

式中, δx_v 为正视 CCD 影像像点坐标测量误差。

3.3 EFP法在轨几何定标原理

三线阵 CCD 相机的实验室几何定标, 以正视相机为基准归算 3 个线阵相机的参数, 而在轨几何定标是将空间运转过程中参数发生了变化的 3 个相机重组为等效框幅相机, 采用框幅像片的数学模型按反解空中三角测量原理进行, 即通常的空中三角测量是已知外方位元素和内方位元素解算地面点坐标, 而在轨几何定标是利用外方位元素观测值和地面点坐标解算内方位元素。定标参数包括 3 个主点坐标、3 个相机主距以及星地相机 3 个角元素转换参数的改正值, 共 12 个参数, 其中有 11 个独立待解参数。利用 LMCCD 影像作空中三角测量的过程中, 由于采用小面阵像点和地面点坐标, 使航线模型没有系统变形, 绝对定向只有 7 个未知数, 所以在轨几何定标的空中三角测量共有 18 个待解参数, 有 6 个分布合理的地面控制点便可求解, 在控制点的选择和解的精度上有优势。

3.4 精密定轨定姿计算

在几何定标数据处理中, 对星载 GPS 和星敏感器下传的数据进行精密定轨和精密定姿计算, 作为外方位元素的初值。精密定轨采用星载 GPS 伪距观测量和 GPS 卫星星历计算观测时刻的卫星位置, 通过动力学平滑方法计算卫星轨道, 再通过轨道内插输出摄影时刻的卫星位置。

精密定姿采用星敏感器数据、星敏感器之间夹角关系、星敏感器与正视相机安装关系等进行联合定姿, 解算摄影时刻的姿态角。

3.5 地面试验场的建立

EFP 光束法空中三角测量要求控制点均匀分布在两条基线长度的地面范围内, 这对地面试验场提出了较高要求, 需满足以下条件:

(1) 在卫星飞行方向的长度大于两条基线, 宽度考虑轨道飘移, 大于摄影幅宽。

(2) 试验场地形有一定高差, 最好为丘陵地区。

(3)年晴天数较多。

(4)分布在中国不同经纬度地区,最好有3个。

地面试验场为摄影测量参数检测提供控制点基础数据。试验场控制点的获取方法有地面布标、全野外量测、空中三角测量加密和地图选点等,其精度依次降低。地面布标虽然精度很高,但对人力财力要求很高;全野外量测控制点精度较高,较为经济,但所需时间较长。直接在地图上选点,精度太低,不能满足要求。“天绘一号”卫星兼顾精度、数据获取速度和成本等方面的因素,采用对航空影像进行空三加密建立数字化试验场。数字化试验场建设的过程包括试验场选择、航空摄影、空三加密、数据更新和成果管理等内容。

4 在轨几何定标流程与试验

“天绘一号”卫星01星在轨运转近两年来,采用面积为 $600 \times 100 \text{ km}^2$ 的数字化地面试验场,共进行了6次几何定标,本文仅列出2011年底前的4次定标结果。

在轨几何定标采用试验数据情况:分别采用4次两条基线以上长度、覆盖试验场区域的1A级影像。在卫星影像前视、正视、后视和小面阵1A级影像上量测按一定规则排列的定向点和连接点同名像点坐标,像点数量一般为123个,量测精度为0.5像元。选择卫星影像像点在数字化试验场航片上的同名点,建立平差工程,用已知点数据解算像点的空间坐标,作为EFP光束法平差中的连接点地面坐标,精度为2 m。

采用了三线阵相机实验室几何定标数据,作为几何定标相关参数的初始值。

采用全轨道GPS和星敏感器数据计算摄影时刻摄站坐标和地相机姿态,作为外方位元素初值。几何定标的作业流程如图4所示。在轨几何定标数据与实验室定标结果的较差值如表1所示。

表1 在轨几何定标与实验室定标较差值

摄影日期	主距较差值/ μm			前视、后视相机 交会角变化量/($^{\circ}$)
	前视 主距	正视 主距	后视 主距	
2010-10-12	2	-1	1	12.9
2011-03-03	2	-2	0	9.4
2012-04-03	2	-1	0	9.5
2011-10-07	1	-1	1	8.3
平均值	2	-2	1	10.5

续表

摄影日期	星地相机夹角改正数/($^{\circ}$)		
	$\delta\phi$	$\delta\omega$	$\delta\kappa$
2010.10.12	-19.8	-66.1	-22.5
2011.03.03	-23.2	-67.3	-20.7
2012.04.03	-25.7	-69.3	-29.8
2011.10.07	-21.6	-66.5	-30.2
平均值	-22.3	-67.3	-25.8

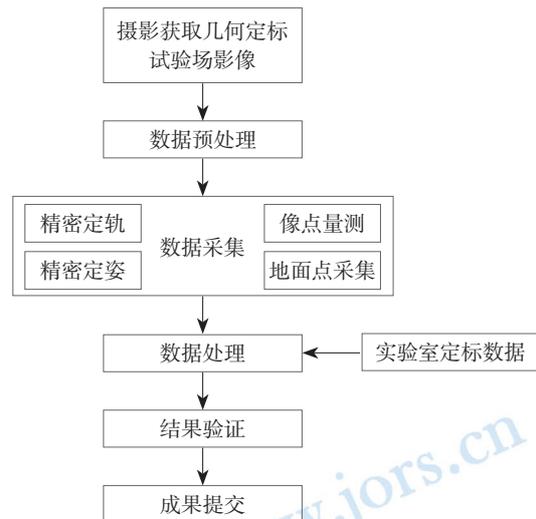


图4 几何定标作业流程

从表1列出的平均值可看出:在轨定标相机主距与实验室定标提供的数据相差较小,在 $1-2 \mu\text{m}$ 量级;前视、后视相机交会角的变化值偏离平均值在 3° 之内;星地相机夹角改正数偏离平均值最大达到 $4^{\circ}-5^{\circ}$ 。将4组定标结果的平均值用于多个地区的精度检测,有效消除了系统误差,表明定标方法正确,适用性和普遍性强。

5 结论

采用LMCCD影像EFP光束法平差作为在轨几何定标的技术方法,沿用了严格的框幅式影像平差理论,有效控制了航线系统变形。几何定标结果的使用,有效保障了测绘产品的精度,在生产实践中发挥了重要作用。

参考文献(References)

- 李松明,李岩,李劲东. 2013. “天绘一号”传输型摄影测量与遥感卫星,遥感学报, 17(3): 9-15
- 王任享. 2005. 无地面控制点卫星摄影测量. 河南理工大学学报自然

科学版, 24(5): 329-336
王任享, 胡莘. 2004. 无地面控制点卫星摄影测量的技术难点. 测绘科学, 29(3): 3-5
王任享. 2006. 三线阵CCD影像卫星摄影测量原理. 北京: 测绘出版社

王之卓. 1979. 摄影测量原理. 北京: 测绘出版社
王建荣, 杨俊峰, 胡莘, 李晶. 2002. 空间后方交会法在航天相机检定中的应用. 测绘学院学报, 19(2): 119-121, 127

In-flight geometric calibration for Mapping Satellite-1 surveying and mapping camera

LI Jing, WANG Rong, ZHU Leiming, HUANG Haile

Xi'an Research Institute of Surveying and Mapping, Xi'an 710054, China

Abstract: In space environment, it will reduce the precision of the object location and data processing that the unpredictable changes of the surveying camera geometric parameters. For predominating the movement quantity, the in-flight calibration is actualized in most surveying and mapping satellite. In this paper, we primary produce the content and method of the in-flight calibration of Mapping Satellite-1.

Key words: Mapping Satellite-1, surveying and mapping camera, geometric calibration



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

