

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)
<b>院士特邀</b>	
“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)
<b>综述</b>	
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)
<b>相机技术</b>	
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)
<b>卫星技术</b>	
“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)
<b>地面处理技术</b>	
“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”传输型摄影测量与遥感卫星

李松明<sup>1</sup>, 李岩<sup>1</sup>, 李劲东<sup>2</sup>

1. 航天东方红卫星有限公司, 北京 100094;

2. 中国空间技术研究院, 北京 100094

**摘要:**介绍了“天绘一号”卫星的总体方案、技术特点、研制历程和应用概况,重点介绍了“天绘一号”卫星的技术特点和应用前景,以使用户了解、熟悉“天绘一号”卫星,更好使用其各种影像产品,更好发挥卫星的应用效能。

“天绘一号”卫星摄影定位与测图系统采用LMCCD(Line Matrix Charge Coupled Device)测绘体制,由前视、正视和后视3台全色CCD相机,3台星敏感器以及1台GPS接收机组成;其中正视相机焦平面上还设计有4个小面阵CCD器件,用于提高摄影定位的高程精度。卫星摄影测量基高比为1。卫星通过一个高强度、高刚度和高稳定度的测绘光学平台,将3台测绘相机、3台星敏感器和1台多光谱相机集成为一体,满足了测绘任务对星敏感器与相机间几何角度关系的高精度及高稳定度要求。在轨测试结果表明,卫星摄影定位精度优于任务指标要求,可满足无地面控制点条件下测制全球1:50000比例尺地图要求。

**关键词:**“天绘一号”卫星,总体方案,技术特点,研制历程,在轨影像

**中图分类号:** P231 **文献标志码:** A

引用格式:李松明,李岩,李劲东.2012.“天绘一号”传输型摄影测量与遥感卫星.遥感学报,16(增刊):10-16

Li S M, Li Y and Li J D. 2012. Mapping Satellite-1 transmission type photogrammetric and remote sensing satellite. Journal of Remote Sensing, 16(增刊): 10-16

## 1 引言

2010年8月24日,“天绘一号”卫星发射成功,实现了中国测绘卫星从返回式胶片型到CCD传输型的跨越发展。至2012年8月底,“天绘一号”01星已在轨稳定运行两年。“天绘一号”02星也已于2012年5月6日成功发射,在轨测试结束后将与01星组网运行,实现两星影像隔天拼接,可将影像地面覆盖宽度由60 km增加到约100 km,提高测绘效能。

“天绘一号”卫星可以快速获取全球地理空间信息,其特点在于可长期在轨运行,具备快速甚至实时获取3维地理信息的能力,克服了返回式卫星因受其携带的胶片数量限制而在轨寿命较短、获取情报的时效性差和不能直接形成数字影像等不足。

## 2 “天绘一号”卫星总体方案

“天绘一号”卫星采用(近)圆形太阳同步、回归、全球覆盖轨道,轨道高度约为500 km,降交点地方时为1:30PM。

卫星采用三舱设计方案:有效载荷舱、推进舱和公用设备舱。有效载荷舱采用开放式设计,以满足三线阵三视角摄影、测绘相机与3台星敏感器一体化设计等特殊测绘任务需求。卫星入轨后沿星体+X方向飞行,星体+Z方向对地,星体+Y方向为轨道面负法线方向。星体±Y侧安装两翼太阳电池阵,发射时呈收拢状态,入轨后太阳电池阵展开在星体的±Y两侧,并绕Y轴转动跟踪太阳。图1为“天绘一号”卫星模型图。该卫星由有效载荷和卫星公用舱两部分组成。

收稿日期:2012-08-10;修订日期:2012-11-20

第一作者简介:李松明(1963—),男,博士,研究员,“天绘一号”02星总师,主要从事卫星总体设计工作。E-mail: ttomli@163.com。

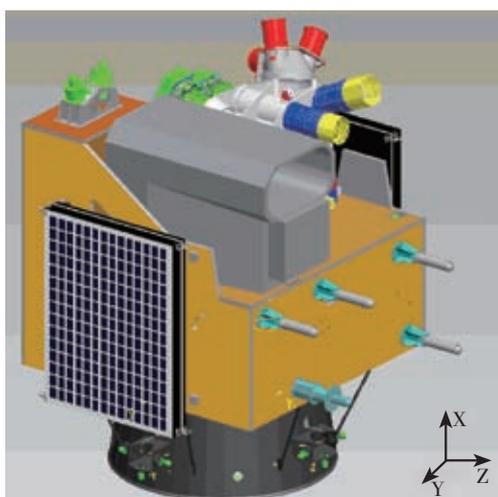


图1 “天绘一号”卫星

## 2.1 有效载荷

“天绘一号”卫星有效载荷部分包括摄影定位与测图系统、多光谱相机、高分辨率相机和数据处理与传输系统。

摄影定位与测图系统由前视、正视、后视3台全色线阵CCD相机、3台星敏感器和1台GPS接收机组成,可提供地面像元分辨率优于5 m、幅宽60 km,且带有高精度外方位角/线元素信息、高精度时标信息的全色3维立体地物影像。多光谱相机可提供地面像元分辨率优于10 m、幅宽为60 km的蓝、绿、红和近红外4波段多光谱地物影像。高分辨率相机可提供地面像元分辨率优于2 m、幅宽为60 km的全色地物影像。

数据传输采用双通道、X波段数据传输系统,总数据码速率为190 Mbps  $\times$  2, 星上固态存储器容量128 Gbits  $\times$  2。

## 2.2 公用舱

“天绘一号”卫星公用舱包括6个部分:结构和机构、热控、姿轨控、星务管理、测控和供配电。

卫星公用舱以被动热控为主、辅以主动热控,实现一体化、等温化设计,保证舱内设备在各种环境条件和工作模式下均保持在其需要的温度范围内。测绘相机、星敏感器及将二者集成为一体的测绘光学平台进行一体化热控设计,以主动热控为主、被动热控为辅,保证各光学镜头的温度水平、轴向温差、径向温差满足设计要求,星、地相机及测绘光学平台等温且温度稳定,确保影像清晰、质量稳定,相关几何角度关系稳定。

卫星姿轨控采用三轴稳定、对地定向、整星零动

量,单组元肼推进技术方案。为满足用户地面对星敏数据内插及星敏感器、陀螺联合定姿等需求,星敏和陀螺的原始测量数据作为影像辅助数据经数传通道下传到地面。

星务管理采用分布式、两级CAN总线星上计算机网络结构,将遍布整星的各相关设备互联,实现整星信息交换和共享,实时完成整星运行管理、控制和任务调度,具有开放性、可扩展、可重构和智能化特点,以及一定的自主探测、隔离和修复故障的能力。

星地测控采用S波段非相干扩频测控体制。02星增添了S波段扩频中继测控能力。

卫星采用分散供配电体制。电源采用太阳能电池阵与蓄电池组联合供电方案,太阳能电池阵采用高效三结砷化镓(GaInP<sub>2</sub>/GaAs/Ge)太阳光电电池。镉镍蓄电池组容量为55 Ah。

## 3 “天绘一号”卫星技术特点

### 3.1 功能密度高

“天绘一号”卫星装有5台、4种相机,共16片CCD,19个独立影像信息源;装有3台星敏感器和两台测量型GPS接收机(互为冷备份),是目前中国最复杂、功能密度最高的小卫星。有效载荷约占卫星干重的50%。

在1个1000 kg左右的小卫星上,集成了3台5 m分辨率全色测绘相机,1台10 m分辨率4波段多光谱相机,1台2 m分辨率全色高分辨率相机,既能获取3维地理信息,建立全球摄影测量控制网,实施目标定位,测制1:5万比例尺地图,又能获取蓝、绿、红和近红外4波段多光谱影像,定量反演地物的物理属性,提高地图测制的现势性;同时,通过多光谱影像与全色影像的融合处理,可以生成彩色正射影像产品。还可以获取2 m分辨率全色地物影像,提高地图信息的完整性,增强对地物目标的详细、快速、准确判读能力,配合完成1:5万比例尺地图测制和1:2.5万比例尺地图的修测工作。

### 3.2 测绘体制新

测绘体制是传输型光学摄影测量卫星实现全球无地面控制点高精度摄影定位。测制全球1:5万比例尺地图任务目标的关键。“天绘一号”卫星采用国际首例的LMCCD测绘体制、中国自主研发的传输型CCD

测绘相机, 三线阵、三视角摄影为主, 辅以小面阵成像, 巧妙解决了三线阵测绘相机动态摄影测量中的航线立体模型扭曲、高程精度差问题, 打破了传输型光学摄影测量卫星难以实现无地面控制点的高精度摄影测量的传统。使得传输型摄影测量卫星的测绘产品性能达到了参数相当的胶片型框幅式摄影测量卫星的测绘产品水平。

### 3.3 测绘相机

测绘相机由前视、正视和后视3台相机组成, 前视、后视相机与正视相机交会角均为 $25^\circ$ , 摄影测量基高比为1, 是国际同类摄影测量系统中基高比最大的系统之一, 为提高目标定位精度, 特别是高程精度奠定了基础。

相机采用透射式、准像方远心光学系统, 实现了宽视场( $7^\circ$ )、高传函(0.23, 771 p/mm, 整机)、极低畸变(0.003%)的测绘任务目标。

为提高目标定位的高程精度, 正视相机焦平面上设计集成了5片独立的CCD器件(1个线阵和4个面阵), 彼此之间的几何位置关系要求严格, 且在经历相应的力学、热学等环境后能保持稳定。另外, 为提高较暗地物目标的图像信噪比, “天绘一号”卫星采用电子学控制方法, 在航天产品中首次实现了面阵CCD的TDI成像技术。

### 3.4 高分辨率、宽视场

高分辨率相机采用离轴三反Cook-TMA光学系统, 既克服了卡塞格林全反式光学系统、折反式光学系统视场小之不足, 又克服了同轴三反光学系统中心遮拦大, 影响进入光学系统的能量, 降低光学系统传函之缺憾; 成功解决了高地面像元分辨与宽地面覆盖宽度需求之间的矛盾; 在500 km轨道上, 实现了2 m的高地面像元分辨率、单台相机地面覆盖宽度达60 km。

### 3.5 单相机、多波段、宽视场

要在单台相机上实现蓝、绿、红和近红外4波段成像, 各波段都有较高的传递函数, 且大视场, 需要精心选择、设计光学系统。德国的MOMS-02相机用两台折射式中分辨率相机实现了4波段多光谱摄影。“天绘一号”卫星上的多光谱相机, 采用离轴三反、无中心遮拦、无中间像的Cook-TMA全反式光学系统, 无色差, 特别适合宽光谱成像, 且视场大。单台相机实现

了4波段成像遥感, 且在500 km轨道上, 实现了10 m地面像元分辨率、地面覆盖宽度60 km的任务目标。

### 3.6 高精度外方位角元素

为满足高精度目标定位的需求, 需要高精度确定摄影时刻测绘相机坐标系3轴指向。单个星敏感器无法满足这一要求, 至少需要两个星敏感器联合定姿。也就是说, 测绘任务要求至少两个星敏感器在3年寿命期内长期联合使用, 当其中一个出现问题, 如故障、见月亮、接近太阳、或无合适星座等, 而无法给出高精度姿态信息时, 必须有第3个星敏感器替代它。考虑测绘任务的上述特殊要求, “天绘一号”卫星配置有3台引进中等精度星敏感器, 以满足测绘任务高可靠、长期、三轴高精度指向确定需求。

同时, 测绘任务对星敏与测绘相机间几何角度关系的力学、热学等稳定性要求严格。“天绘一号”卫星在国内首次设计实现了高强度、高刚度、高稳定度的测绘光学平台, 成功将3台测绘相机、3台星敏感器和1台多光谱相机集成为一体, 为测绘任务对星敏与相机间几何角度关系的高精度及高稳定度要求提供了保证, 为高精度测绘奠定了基础。

测绘光学平台选用铸钛合金ZTC4材料, 用精密熔模铸造, 高压离心浇注钛合金材料实现成型, 具有良好的静力学特性和动力学特性。安装基准和检测基准部位进行精密机械冷加工辅以人工研磨, 确保测绘任务对几何角度的高精度要求。

### 3.7 高精度外方位线元素

为了满足测绘任务对高精度外方位线元素的需求, 卫星配置有测量型GPS接收机, 几何与轨道动力学定位方法相结合, 实现高精度实时定轨; 同时将GPS原始测量数据经数传通道下传到地面用户, 实现地面二次定轨, 进一步提高定轨精度。

### 3.8 高速、多源数据复接技术

“天绘一号”卫星共有16片CCD, 19个独立的影像信息源, 还有1个GPS原始测量数据非影像信息源, 总原始数据率高达1.62 Gbit/s。高码速率、多数数据源、各数据源速率互不相同且差别很大是“天绘一号”卫星数传任务的鲜明特点。测绘数传通道数据处理(AOS1)设6个虚拟信道, 实现三线阵测绘相机3路压缩影像数据、多光谱相机1路压缩影像数据、

4个小面阵的1路非压缩影像数据、GPS原始测量数据/整星遥测数据1路非压缩、非影像数据的复接、传输。高分辨率相机数传通道数据处理器(AOS2)设8个虚拟信道,实现高分辨率相机的8路压缩影像数据的复接、传输。

### 3.9 多压缩比影像压缩技术

为最大限度降低影像压缩对影像质量的影响,根据不同相机在测绘任务中的重要程度,采用不同的压缩倍率进行影像压缩:三线阵测绘相机影像采用4:1压缩;4个小面阵影像不压缩,尽量减小影像压缩对测绘任务的影响;多光谱相机影像采用4.5:1压缩;高分辨率相机影像采用6:1压缩。

### 3.10 高精度时间同步技术

为满足测绘任务对相关信息的高时间精度要求,“天绘一号”卫星增设高精度有效载荷时间系统。GPS接收机提供高精度的硬件秒脉冲信号,同时通过总线广播对应上述秒脉冲的GPS整秒时间。与测绘任务相关的各信息源,包括三线阵测绘相机、3台星敏感器、陀螺和GPS接收机等,均以此GPS秒脉冲信号作为计时基准,生成各自的高精度时标,最终确保各相关信息的时标和GPS时间同步精度优于0.1 ms。

### 3.11 高精度几何标定技术

三线阵测绘相机内方位元素、畸变,前视、正视和后视相机之间的交会角,视轴平行性等高精度几何标定,是实现高精度测绘的基础。为此,研制了7.5 m平行光管和0.5"高精度2维转台,实现了相机内方位元素主点位置的标定精度优于0.2像元、主距标定精度优于20  $\mu\text{m}$ 、相机交会角标定精度优于2"的高精度几何标定。

## 4 研制历程

“天绘一号”01星经历了方案、初样和正样3个研制阶段,历时4年6个月。

在研制过程中先后解决了影像高精度时标的采集与插入,前视、正视和后视线阵相机同步摄影控制,正视相机线阵与4个面阵的同步摄影控制,正视相机线、面阵CCD协同工作、正视相机焦平面线、面CCD器件的高精度拼接,正视测绘相机焦面组件

线、面阵CCD器件几何位置关系力学试验前后的稳定保持,测绘相机内方位元素高精度标定、畸变检测、开放式载荷舱与两台红外地球敏感器构型布局之间的矛盾等大量技术难题。

特别值得一提的是,摄影定位与测图系统的一体化构型布局,一体化力、热设计,仿真分析验证,加工实现以及试验验证等大量工作,为航天三线阵无地面控制点摄影定位走向应用奠定了坚实基础。

## 5 在轨影像及其应用情况

至2012年5月底,“天绘一号”01星已完成2830余次摄影,累计摄影331 h,获取全球区域立体影像15万余景,覆盖全球陆地面积5300余万 $\text{km}^2$ ,入库数据255 TB,为各类用户提供各级、各类影像13300余景,面积达3800余万 $\text{km}^2$ 。这些数据已在以下方面应用案例中发挥重要作用:

(1)利用“天绘一号”卫星2 m高分全色影像和10 m多光谱影像,经融合处理可生成数字正射彩色影像如图2、图3所示。



图2 金三角地区正射彩色影像(2 m与10 m融合)



图3 香港机场正射彩色影像(2 m与10 m融合)

(2)利用“天绘一号”卫星前视、正视和后视相机5 m全色影像可制作红绿立体图,如图4所示;由2 m高分全色影像与10 m多光谱影像生成的正射彩色影像,加入来自三线阵测绘相机的数字高程信息,可制作立体彩色影像,如图5、图6所示。

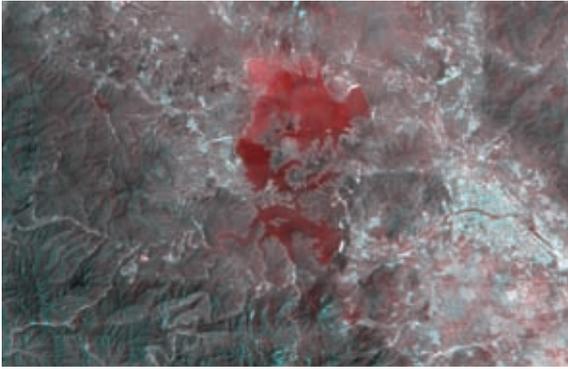


图4 北京市密云水库三线阵(5 m)红绿立体图



图5 香港地区立体彩色影像(2 m、5 m和10 m融合)



图6 洞庭湖地区立体彩色影像(2 m、5 m与10 m融合)

(3)利用“天绘一号”卫星轨道回归特性,及相邻影像之间的有一定重叠率的特点,可以在较短周期内对同一地区重复摄影,实施变化监测。广泛应用于城市规划、土地规划、景观规划、道路设计;环境污染监测、农作物病虫害监测、自然灾害监测、应急救援以及灾后重建等方面。如图7、图8所示。



图7 天津河口地区正射彩色影像(2 m与10 m融合)



图8 天津河口地区土地利用遥感分类图

(4)利用“天绘一号”卫星高分辨率全色和多光谱数据,经几何校正、配准、融合,结合地面实测数据,选取样区进行分类学习后,可绘制森林资源分布图。如图9、图10所示。



图9 贵阳市修文县古堡乡森林区域正射彩色影像(2 m和10 m融合)

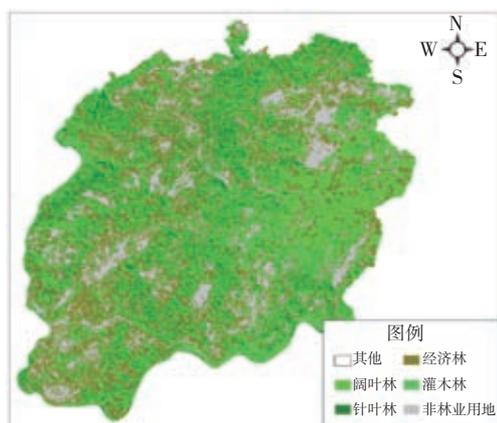


图10 贵阳市修文县古堡乡森林资源分布图

(5)多光谱影像信息的应用可更加精细、广阔。利用多光谱信息可以增强反欺骗与抗伪装能力,如鉴别真假植被等。还可以通过林木的光谱反射率特征定量反演林木的叶面积指数、叶绿素含量、氮含量和冠层高度等信息,完成树种识别、树林健康状态监视和林地类型的分类等。图11是利用“天绘一号”卫星多光谱影像信息绘制的林相图。

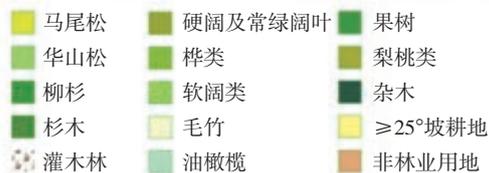


图11 贵州省清镇市百花湖乡林相图

## 6 结论与展望

“天绘一号”卫星采用国际首创的LMCCD测绘体制,成功实现了中国摄影测量卫星由返回式胶片型到CCD传输型的跨越发展;使中国的传输型摄影测量卫星在国际同类产品中处于世界领先水平;填补了中国在航天传输型光学摄影测量领域的空白,有着广阔的应用前景。

中国依靠自身的空间工程技术力量,成功研制出的“天绘一号”摄影测量与遥感卫星,可以向境内外用户提供幅宽60 km、地面像元分辨率2 m的高分辨率影像;地面像元分辨率为5 m的三线阵立体影像以及地面像元分辨率为10 m的4波段多光谱影像;无地面控制点条件下,经地面处理后,还可以配套提供3维几何定位中误差优于15 m,其中高程中误差为5.8 m的星测地面控制点,供测制全球1:50000比例尺地图、地球科学研究及遥感等应用。为中国国防、国民经济建设和社会信息化发展做出应有的贡献。另外,根据境外用户的需求,“天绘一号”也可作为商业卫星出口。

“天绘一号”卫星的成功发射和应用,是中国测绘航天装备体系建设的重大突破。其长期在轨稳定运行,必将为目标精确定位、基础地理信息获取等提供有力的测绘保障;同时也必将为“数字中国”地理信息系统建设提供及时、相关、准确、现势、长期稳定的地理空间信息服务;为中国国民经济建设、社会信息化发展做出应有的贡献。

### 参考文献(References)

- 刘金国,李杰,郝志航. 2004. 三线阵CCD相机亚像元精度几何标定方法研究. 光电工程, 31(1): 36-39
- 王任享,胡莘,杨俊峰,王新义. 2004. 卫星摄影测量LMCCD相机的建议. 测绘学报, 33(2): 116-120
- 王任享,王建荣,胡莘. 2011. 在轨卫星无地面控制点摄影测量探讨. 武汉大学学报:信息科学版, 36(11): 1261-1264
- 王任享,王建荣,王新义,杨俊峰. 2004. LMCCD相机卫星摄影测量的特性. 测绘科学, 29(4): 10-12

## Mapping Satellite-1 transmission type photogrammetric and remote sensing satellite

LI Songming<sup>1</sup>, LI Yan<sup>1</sup>, LI Jindong<sup>2</sup>

1. DFH Satellite CO., LTD, Beijing 100094, China

2. China Academy of Space Technology, Beijing 100094, China

**Abstract:** Mapping Satellite-1, designed and developed with the heritage of small satellite CAST 2000 by DFH Satellite Co.LTD, is the first new-generation transmission type photogrammetric satellite of China. Its photogrammetric positioning and mapping system uses LMCCD(Line Matrix Charge Coupled Device)surveying and mapping structure, consisting of three independent panchromatic mapping CCD cameras for forward, nadir and backward looking, three star sensors and one GPS receivers. On the focal plane of the nadir-looking camera, beside one linear array CCD, there are four area array CCDs to improve elevation accuracy. The nominal B/H ratio for stereo is 1.0. By a optical bench of high strength ,high rigidity, high stability, the three mapping cameras, three star sensors and a multispectral CCD camera are integrated together as an organic whole, satisfying well high precision and high stability missions requirements of the geometrical angle relations between the cameras. In-flight test results show that the photogrammetric positioning accuracy is better than mission requirements, and Mapping Satellite-1 satisfies global mapping requirements of 1 : 50000 scale without ground control points. The General design, technical features, course of development and in-flight images of Mapping Satellite-1 are mainly presented in this article, especially the technical characteristics and the application perspective are emphatically described in order for different users to utilize all kinds of products of the satellite better, improving its application efficiency.

**Key words:** Mapping Satellite-1, system design, technical feature, course of development, in-flight image



## 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

