

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”卫星星务分系统研究与实现

史简, 宋智, 李国军

航天东方红卫星股份有限公司, 北京 100094

**摘要:** 在对星务分系统基本功能和测绘任务相关功能分析的基础上, 提出了“天绘一号”星务分系统设计方案, 并对总线设计、时间系统设计以及星务数据存储模块设计思想进行了详细的阐述。

**关键词:** 星务分系统, CAN总线, 时间管理, 存储模块

**中图分类号:** V443      **文献标志码:** A

引用格式: 史简, 宋智, 李国军. 2012. “天绘一号”卫星星务分系统研究与实现. 遥感学报, 16(增刊): 74-77

Shi J, Song Z and Li G J. 2012. Implementation of Mapping Satellite-1's house keeping system. Journal of Remote Sensing, 16(增刊): 74-77

## 1 引言

星务分系统是小卫星信息系统核心, 负责卫星的任务调度和综合信息处理工作。分系统采用分布式的网络体系结构(李孝同, 2001), 把复杂的管理和控制任务分配给连接在网络上的各个计算机单元, 并行地完成卫星信息采集和处理任务。

“天绘一号”卫星星务分系统在继承以往小卫星星务分系统设计基础上, 增加了星务数据存储模块、高精度时间系统、两级CAN总线等设计。卫星发射两年以来, 星务分系统在轨稳定运行, 各项指标满足测绘任务需求。

## 2 星务分系统功能研究

### 2.1 分系统基本功能

星务分系统实现星上信息交换, 对各任务模块的运行进行管理和控制, 监视全星状态, 完成载荷设备的控制和参数设置, 以实现预定的功能和任务要求。星务分系统基本功能包括遥控、遥测、星上网络管理、时间管理、程控和相对时间程控、整星安全模式管理、载荷管理、平台热控管理以及在轨程序注入管理等功能(李志刚等, 2009)。

### 2.2 测绘任务相关功能分析

为配合载荷设备完成测绘任务, 星务分系统在完成基本功能的同时还需实现以下功能:

#### (1) 高精度时间同步

“天绘一号”卫星要求与测绘任务相关的设备以GPS时间作为时间基准, 且与GPS时间的同步精度有较高的要求, 而以往小卫星使用UTC时间, 且时间同步精度不能满足测绘任务的需求, 需要重新设计星上时间系统, 在满足测绘任务需求的同时与其他大系统接口保持不变。

#### (2) GPS原始测量数据存储和发送

为提高图像定位精度, 需将全天时GPS原始测量数据下传地面后进行二次定轨, 但卫星S波段测控通道遥测码速率有限, 且测控弧段较短, 无法通过测控通道下传, 而数传固存又不处于常加电状态, 因此需要设计长加电存储设备实时存储GPS原始测量数据, 在数传分系统工作时, 通过X波段数传通道传输到地面。

此外, 由于星上设备较多, 卫星遥测量较以往显著增加, 受制于测控通道遥测码速率, “天绘一号”卫星延时遥测压缩比数倍于以往卫星, 仅通过延时遥测已无法反映卫星境外的运行状态, 需要设计新的遥

测传输方法以监控卫星的在轨状态。

### 3 星务分系统实现

根据“天绘一号”卫星任务需求,结合以往小卫星星务分系统设计,设计人员提出了以星务中心计算机为核心,辅以遥控单元、有效载荷管理单元、热控下位机和时钟单元的“天绘一号”卫星星务分系统。

为实现GPS原始测量数据和整星遥测数据的存储和下传,设计了星务数据存储模块,内嵌于有效载荷管理单元中。设计了基于GPS的高精度时间系统,以满足星上时间同步的需求。

#### 3.1 星务分系统架构

“天绘一号”星务分系统基本架构以及各模块主要功能如图1所示。

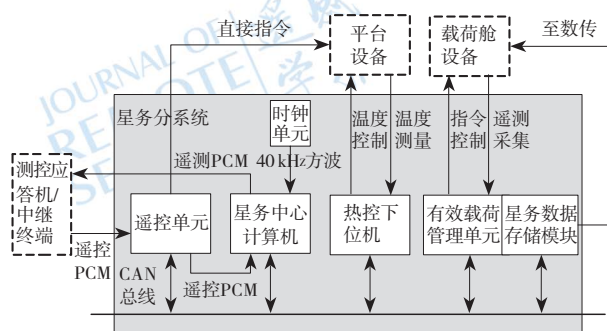


图1 “天绘一号”卫星星务分系统基本架构

##### (1)星务中心计算机

星务中心计算机是星务分系统的核心,完成遥控数据解析和分发、遥测数据采集和下传、星上网络管理、平台时间管理、程控和相对时间程控、整星安全模式管理等功能,并具备在轨程序注入的能力。

##### (2)遥控单元

遥控单元接收应答机或中继终端的上行信号并译码,对于直接指令生成指令脉冲驱动指令用户,对于间接指令和上注数据,去伪随机化后发送到星务中心计算机。

##### (3)有效载荷管理单元

有效载荷管理单元包括有效载荷管理下位机和星务数据存储模块,分别完成以下功能:一是有效载荷管理下位机,采集载荷状态参数,对星上一级总线与二级总线进行协议转换,完成载荷遥控指令、上行数

据以及遥测数据的转发,对载荷舱温度进行采集。二是星务数据存储模块完成GPS原始测量数据与整星遥测数据的存储,根据指令将存储的数据通过LVDS接口发送到数传分系统。

##### (4)热控下位机

采集卫星平台舱的热敏电阻参数,根据测温参数进行温度控制,接收间接指令和遥控数据块改变温控模式并完成平台控温回路的控制。

##### (5)时钟单元

时钟单元为星务中心计算机提供40 kHz的方波信号,保证时间的准确性和稳定度,减少地面对卫星时间的修正。

#### 3.2 星上总线设计

“天绘一号”卫星采用CAN总线作为星上网络数据传输总线,设计了两级CAN总线网络,平台设备连接在一级总线上,载荷设备连接在二级总线上,一、二级总线通过有效载荷管理单元进行协议转换。通过设置两级CAN总线,实现了平台和载荷设备总线的隔离,避免了总线故障的扩散。星上总线架构如图2所示。

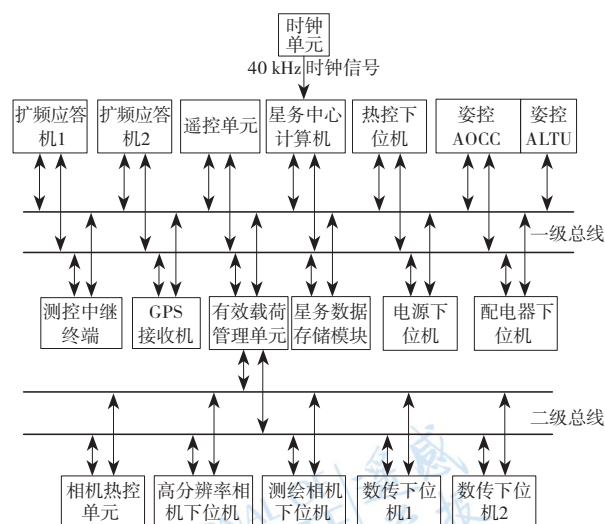


图2 星上总线架构

为适应高精度时间系统设计,星上一级总线采用有限多主通信方式,即星务中心计算机为主节点,GPS接收机可以主节点方式发出整秒时间数据,其他通信均由主节点发起,各从节点根据主节点轮询或指令进行应答。二级总线采用主从式通信方式,即有效载荷管理单元为主节点,其他下位机



为从节点。

### 3.3 星上时间系统设计

为满足测绘任务要求, 卫星平台对外接口保持不变, “天绘一号”卫星设计了两套时间系统, 一是卫星平台时间系统, 以UTC时间为基准; 二是卫星有效载荷时间系统, 或称为高精度时间系统, 以GPS时间为基准。

#### 3.3.1 平台时间系统设计

平台时间以星务中心计算机内部时钟或时钟单元为基准累加形成, 星务中心计算机加电或接收到星箭分离信号时, 星时清零, 卫星正常运行后, 给卫星授当前UTC时间。

星务中心计算机以广播的方式通过总线分发平台时间, 各分系统将星务广播的星时加载到各自计时器中, 以此为基准计时。

#### 3.3.2 高精度时间系统设计

高精度时间系统(如图3所示)以GPS时间为基准, 在整秒时刻, GPS接收机向测绘任务相关分系统发出一个秒脉冲, 同时以主节点方式通过总线发送和秒脉冲时刻对应的整秒时间。

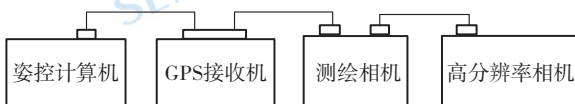


图3 高精度时间系统设备连接图

相关分系统在每个GPS校时脉冲的下降沿, 秒时间计数器加1, 微秒时间计数器清零, 同时根据总线接收GPS发送的整秒时间, 与秒时间计数器值进行比对和校正工作。

#### 3.3.3 平台时间系统与高精度时间系统关系

高精度时间系统作为和测绘任务相关分系统的工作时间基准, 平台时间系统主要作为星务中心计算机工作的时间基准, 同时作为高精度时间系统的降级备份使用。在GPS出现故障, 无法提供主动校时秒脉冲时, 测绘任务相关分系统能够通过CAN总线接收星务主机发送的主机时间广播, 校准本系统的时间, 生成相关测绘数据的时标。

### 3.4 星务数据存储模块设计

为实现全天时GPS原始测量数据的存储与下传, 星务分系统设计了星务数据存储模块, 该模块集成在

有效载荷管理单元中, 通过总线接收GPS原始测量数据, 按规定格式存储, 并根据指令将存储的数据发送到数传分系统。

在实现全天时GPS原始测量数据的存储与下传的同时, 设计人员利用该模块接收和存储星务中心计算机发出的整星遥测数据, 实现了全轨遥测数据的存储和下传。此外, 该模块还可以根据实际需求存储和发送其他各种类型的数据。

#### 3.4.1 数据存储设计

星务数据存储模块设计了双冗余的FLASH芯片存储数据, 主备芯片可以通过指令切换。每个芯片存储空间为128 MB, 其中96 MB作为数据存储区, 32 MB作为备用存储空间使用。在星务数据存储模块SRAM中设置多片存储缓冲区, 将接收到的各种数据按格式存储在数据缓冲区中, 当数据缓冲区存储满后写入相应的FLASH存储空间中。数据的写操作顺序循环执行, 当写完96 MB存储空间后, 返回存储区首地址写入。

#### 3.4.2 数据发送设计

星务数据存储模块的数据发送功能可分为顺序发送和数据重发两种模式, 发送模式可根据遥控指令进行切换。

顺序发送每次从上次顺序发送结束地址起进行数据发送, 直到接收到“停止发送”指令或发送完新存储的数据后, 停止本次数据顺序发送过程。数据重发模式则根据指令中的发送起始地址和发送数据长度进行数据发送, 直到接收到“停止发送”指令或发送完规定长度的数据后, 停止本次发送过程。

#### 3.4.3 数据存储区管理

星务数据存储模块建立了存储区映射表对数据存储区进行管理, 存储区中每个块都有其对应的地址。为应对因空间环境或其他原因产生的FLASH存储区坏块, 星务数据存储模块设计了坏块识别和剔除功能, 出现坏块后利用备用空间中的数据块替代, 同时调整映射表使存储空间地址连续。对存储区映射表等重要数据, 采取了三取二等保护措施。

## 4 结论

“天绘一号”卫星星务分系统在继承以往小卫星星务分系统设计的基础上提出了星务数据存储模块、

高精度时间系统以及两级CAN总线等设计，首次实现了小卫星全天时GPS原始测量数据和整星遥测数据的存储和下传，提高了载荷图像定位精度和卫星在轨故障分析定位能力。经过两年飞行验证，分系统运行稳定，各项指标满足测绘任务需求。

### 参考文献(References)

- 李孝同. 2001. 小卫星星务管理技术. 中国空间科学技术, 21(1): 29-36
- 李志刚, 伍保峰, 冯永. 2009. 环境减灾-1A、1B卫星星务分系统技术. 航天器工程, 18(9): 76-80

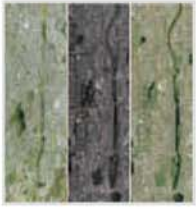
## Implementation of Mapping Satellite-1's house keeping system

SHI Jian, SONG Zhi, LI Guojun

*DFH Satellite Co., Ltd, Beijing 100094, China*

**Abstract:** This paper introduces the demand and design of Mapping Satellite-1's housekeeping system. After introducing the framework of the system, can bus management, time management and storage module are discussed.

**Key words:** housekeeping system, can bus, time management, storage module



## 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

