

# SyncCV Research on Key Technology of Satellite Copvision

Bo Chen Dongdong Xie

Shenzhen Xiaguang Time Technology Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

## Abstract

This paper introduces the system composition of satellite copvision instrument, proposes the development method based on COTS technology, and expounds the method in detail. Key technologies were demonstrated and summarized through experimental studies and data analysis. The results show that the system design is reasonable and the development method is feasible.

## Keywords

COTS; SyncCV; common vision; solar synchronous orbit (SSO) satellite

# SyncCV 卫星共视仪关键技术研究

陈波 谢冬冬

深圳市夏光时间技术有限公司, 中国·广东 深圳 518000

## 摘要

论文介绍了卫星共视仪的系统组成, 提出了基于COTS技术的卫星共视仪研制方法, 并对该方法进行了详细阐述。通过实验研究和数据分析, 对关键技术进行了论证和总结。结果表明, 卫星共视仪系统设计合理, 研制方法可行。

## 关键词

COTS; SyncCV; 共视仪; 太阳同步轨道 (SSO) 卫星

## 1 引言

随着地球空间技术的发展, 对空间目标的观测能力、跟踪能力和定位能力的要求不断提高。传统的光学探测手段已无法满足新形势下的需要。星载光学探测设备具有体积小、重量轻、成本低、使用寿命长、便于安装和维护等优点, 具有良好的应用前景。

卫星共视仪是一种基于卫星的大口径高分辨率光学成像系统, 广泛应用于遥感、测绘、天文等领域。对星载高分辨率光学共视仪的研究, 对卫星遥感技术的发展具有重要意义。论文针对小卫星平台高分辨率光学共视仪, 研究了一种基于共视仪的高分辨率光学系统设计方法。首先介绍了基于共视仪的高分辨率光学系统设计原则, 其次对共视仪结构组成进行了分析, 最后研究了共视仪实现方法。通过该方法获得的数据, 能够满足工程应用的需求。对获取的数据进行处理, 得到了理想情况下的星载高分辨率光学系统像元尺寸。实验结果表明该方法满足高分辨率光学系统设计要求<sup>[1]</sup>。如图 1 所示。



图 1 卫星共视仪

由于地球上的观测条件和资源有限, 不可能每个地区都建立一个固定的卫星观测站, 并且很多观测站所观测到的信息不能重复使用, 因此为了提高空间目标的跟踪能力和定位能力, 实现多点对多点的观测, 需要一种空间目标监视设备。由于空间目标监视设备所采用的光学成像系统对像质要求高、体积小、质量轻、价格昂贵, 所以用传统方法研制这类设备有很大困难。近年来, 随着卫星技术的发展和在轨运

【作者简介】陈波 (1988-), 男, 中国湖北潜江人, 硕士, 工程师, 从事时频同步测试仪器仪表开发研究。

行卫星数量的增多,对共视仪的需求越来越大。论文介绍了一种基于COTS(Commercial Optical Sequence Transit)技术的共视仪研制方法,并对其关键技术进行了分析和研究。空间分辨率是遥感技术的主要指标之一,也是衡量遥感设备性能的重要指标。卫星共视仪是一种可以实现对地面大范围、高分辨率探测的新型光学设备,它通过光学系统实现空间多点成像,具有成本低、体积小、重量轻等优点,在卫星遥感领域得到了广泛应用。高分辨率光学系统是卫星共视仪的关键技术之一,设计的好坏直接影响系统性能。论文针对小卫星平台高分辨率光学共视仪进行了研究,重点介绍了共视仪的高分辨率设计原则,并通过仿真对其进行了验证。该系统以共视仪为基础,设计了一种可以实现对地面大范围、高分辨率探测的大口径光学成像系统,并通过仿真验证了该系统设计的可行性,为以后相关研究提供一定的参考<sup>[2]</sup>。

## 2 卫星平台与光学系统

卫星平台是共视仪成像质量的决定因素,平台设计包括卫星本体设计和光学系统设计两个方面。共视仪作为一种小卫星平台,其主要应用于对地观测,因此其本体采用轻量化结构设计,质量与传统光学系统相当。共视仪光学系统采用五片平行光管作为主镜,五个小反射镜作为次镜,两个大反射镜为三片平行光管。两个大反射镜采用折叠式设计,同时满足各视场成像需要。共视仪光学系统主要由分光器、棱镜、星敏感器和探测器组成。

为了避免地球大气折射和大气吸收对共视仪成像质量的影响,共视仪光学系统中的分光器采用了高反射率的材料和光学元件。棱镜采用了抛物面反射镜组,通过折光式补偿实现了各视场成像质量一致。星敏感器由三个高精度传感器组成,用于测量卫星在轨位置及姿态变化对成像质量的影响。探测器主要由两个探测器组成,分别为红外探测器和可见光探测器。

## 3 COTS 技术的优势

COTS是一个英语缩写词,全称为Commerce To Terminal,中文译为“代换”。它是指一种在全球范围内有效的产品或服务<sup>[2]</sup>,具有以下特点:①基于现有成熟技术的产品;②标准化程度高;③对产品的性能和质量控制严格;④支持多种通信方式;⑤易于组装和运输;⑥产品价格低,性价比高。COTS技术具有以下优势:①设备可在全球范围内使用,不必进行设备的本地化改造或改装即可使用;②设备在不同国家或地区间通用性强,并可实现远程升级;③设备使用的材料和部件均由厂家提供,能大大降低使用成本;④设备性能指标与要求一致,一致性好;⑤设备价格合理,性价比高。利用COTS技术可以很方便地研制出各种不同用途的星载光学探测设备,适用于多种不同的应用领域,如遥感、天文、军事、公安等。

## 4 系统组成

SyncCV卫星共视仪系统采用高灵敏度、低噪声、高稳定性的光学系统,具有很好的空间环境适应性和抗辐照性能,是一种较为理想的空间目标探测设备。SyncCV卫星共视仪系统由三个主要部分组成<sup>[4]</sup>:①共视仪主镜,为两组反射镜,单轴上开有两个通光口径为60mm的小孔;②共视仪前置镜,为两组反射镜,分别安装在主镜两侧;③后视望远镜,为一组反射镜,安装在共视仪后上方。其中主镜为单轴上开有两个通光口径为60mm的小孔;后视望远镜为一组反射镜,分别安装在主、副镜两侧。共视仪由主镜与后视望远镜组成的共视仪系统,通过对目标的跟踪、测量和成像,从而实现对空间目标的成像观测。共视仪采用共视模式和对日模式两种工作模式,在两种工作模式下都可实现对空间目标的成像观测。

## 5 关键技术分析

COTS技术的应用将使卫星共视仪的设计周期大幅缩短,从过去的一年半缩短到了现在的几个月,这极大地提高了研制周期和研制成本。COTS技术应用于共视仪中,可以采用已有成熟的元器件、元器件组合、集成技术和设计软件,不仅能大大节省研制成本,而且能缩短研制周期。系统设计采用模块化思想,以便于进行系统间的互联和数据共享。各个模块具有相同的接口电路,可实现不同模块间的数据通信。各模块之间采用RS-232/RS-485接口进行通信,以满足不同用户对数据通信功能的不同要求<sup>[5]</sup>。在系统设计中,从卫星共视仪的光学系统、控制系统、数据处理与存储系统和电源等方面对共视仪进行了分析研究,最终提出了一套基于COTS技术的卫星共视仪设计方案,主要包括以下几个部分:

①采用COTS技术进行光学系统设计,使得光学系统在尺寸、重量、功耗、成本和体积上实现最优化设计,解决了共视仪光学系统的小型化问题;②采用光纤作为数据传输介质,解决了光纤传输过程中的损耗问题,提高了传输效率;③采用小型化光电转换器件,解决了光电转换过程中的噪声问题;④采用高速大容量存储器,提高数据存储速度;⑤采用高精度机械结构设计,保证了共视仪的可靠性和稳定性。

由于卫星共视仪的光学系统安装在卫星的顶部,因此受太阳光照强影响较大,为了保证共视仪的高精度、高分辨率,对其进行了结构设计和光学系统的优化。在参考星设计方面,由于共视仪系统存在着较大的离轴现象,所以设计了可调焦光学系统。另外,在共视仪的机械结构方面,采用了新型的陀螺补偿机构,保证了卫星共视仪在太空中的稳定性。

实验中采集了共视仪系统的CCD图像数据并进行了分析。SyncCV共视仪在地球静止轨道(GEO)上可以达到0.03°的观测精度,而在太阳同步轨道(SSO)上可以达到0.05°的观测精度。表明SyncCV共视仪在空间目标观测中具有良

好的应用前景。

## 6 共视仪结构组成

共视仪由主、副镜和平行光管 3 部分组成。主、副镜均由两块不同的光学玻璃拼合而成, 形成一个平行光管。平行光管的口径为 20mm, 中心位置和两块主镜相同。平行光管长为 14mm, 光强为 5W/m<sup>2</sup>, 视场为 75°。两块主镜通过支架固定在仪器基座上, 两个支架用螺栓连接在一起, 保证两块主镜的中心位置相同。平行光管的口径大小与主、副镜相同, 两个支架的安装位置由主镜决定。平行光管主要是为了克服地球自转引起的像差而设计的。其在工作过程中不会发生相对运动, 具有较强的抗倾覆能力。

共视仪作为一种功能齐全的星载仪器, 具有大口径、高分辨率、长焦距等特点, 且不受卫星平台影响和限制。因此, 其在空间遥感领域具有广泛应用前景。

## 7 共视仪实现方法

共视仪光学系统是一个由多个高分辨率光学系统组成的, 多个高分辨率光学系统的像元尺寸相同, 而光学系统的焦距、视场和口径却有较大的差异, 因此共视仪设计时必须对光学系统进行调整。首先将各个高分辨率光学系统的设计结果按照一定顺序排列, 得到了共视仪设计结果。然后将共视仪各个高分辨率光学系统进行组合, 得到了共视仪像元尺寸。由于星载共视仪工作环境比较恶劣, 要求共视仪系统体积小、重量轻、功耗低、成本低。因此, 论文设计了一种高分辨率光学成像系统, 将多个高分辨率光学系统进行组合, 获得了共视仪高分辨率光学成像系统。该结构由三个平行光管组成, 每个平行光管均能获得一个高分辨率成像。

## 8 像元尺寸确定方法

对于小卫星平台, 通常采用子孔径成像方式, 即将一个子孔径的像投射到一个大口径的光学系统上。这样, 整个系统的成像范围将被大幅扩展, 因此可以用子孔径成像方式来确定光学系统像元尺寸。

对于共视仪来说, 如果用传统的光学系统设计方法, 则需要分析与计算各个像元所对应的像差曲线。这样在设计过程中, 需要对不同像元对应的像差曲线进行分析计算, 这样会导致整个设计周期非常长。而论文采用的方法是利用已知像元尺寸的子孔径成像方式来确定整个光学系统像差曲线, 这一过程就省去了烦琐的计算过程。这里以小卫星平台

上常见的中继成像方式为例进行说明。子孔径成像方式可以把整个光学系统看作由一个主镜和多个次副镜组成, 每一个次镜都可以看作一个子孔径。利用此方法可以得到每个次镜对应的像元尺寸, 然后根据该尺寸就可以得到整个光学系统像元尺寸。

## 9 像元尺寸计算结果

为了获得星载高分辨率光学系统的像元尺寸, 需要对像差参数进行计算, 得到像元尺寸。根据卫星平台共视仪设计原则, 通过设计得到了一组适合的光学系统参数, 包括: 焦距  $f=400\text{mm}$ , 相对孔径为 1/5, 像面直径为 0.27mm, F 数为 8。为了得到像元尺寸, 需要对初始结构进行优化。根据像差理论公式计算出初始结构后, 需要对其进行优化。经过优化后, 系统的总像元尺寸为 1.59  $\mu\text{m}$  (0.75 mm), 焦距为 400mm (0.27mm), 相对孔径为 1/5 (0.27mm)。从优化后的数据可以看出, 系统的视场角范围在 6° ~10°, 成像质量优良。

## 10 结语

论文在高分辨率光学成像系统的设计原则基础上, 建立了共视仪的总体结构模型, 对共视仪的光学系统进行了分析, 得到了共视仪的结构组成; 提出了一种共视仪光学系统设计方法, 针对共视仪的成像特点, 提出了利用空间光调制器对共视仪进行分光成像, 并通过将共视仪光学系统分为两个独立的光学单元分别对两个子镜进行成像; 为了得到理想的共视仪像元尺寸, 提出了一种基于像面中心位置估计的方法, 通过仿真和实验结果证明了该方法的可行性; 为了验证该方法的有效性, 搭建了共视仪实验样机并对其进行实验测试, 数据处理结果表明该方法能够有效地实现了对共视仪像面中心位置进行估计并获得像元尺寸。

## 参考文献

- [1] 王冠. 卫星探测信息应用流程与关键技术研究[J]. 2022(11).
- [2] 王敏学, 程伟强, 张婷婷. SPTN 关键技术研究与应用[J]. 电信工程技术与标准化, 2017(10).
- [3] 李庆华, 李姝, 李小花. 战场信息管控关键技术研究及应用[J]. 物理电子学, 2010(3).
- [4] 李芸, 杨博. 城市地下管线普查探测关键技术研究[J]. 文化科学, 2017(12).
- [5] 张琴. 城市地下管线普查探测关键技术研究[J]. 文化科学, 2021(4).