

遥感测绘中的光学系统设计

龚 顿

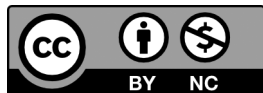
中国地质大学地理与信息工程学院, 武汉

摘 要 | 将遥感技术应用到测绘当中是现代地质测绘技术的发展趋势, 随着光学载荷分辨率的不断提高, 遥感测绘已经成为社会发展和国民经济发展的保障。光学载荷决定了测绘空间遥感器的分辨率、测绘精度、卫星平台体积与重量, 是遥感器的核心部分。本文对高成像质量透射光学系统、同轴三反光学系统、离轴三反系统等常用的空间遥感测绘光学系统的结构形式和光学性能分别进行了介绍, 并对处于研发阶段的新型空间反射光学系统的结构形式和光学性能进行了展望。分析认为, 根据不同的应用环境和技术指标, 合理选用不同种类的遥感测绘光学系统, 可以最大程度利用平台资源, 满足遥感测绘需求。

关键词 | 遥感测绘; 光学系统设计; 传递函数; 相对畸变

Copyright © 2021 by author (s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



1 引言

随着科学技术的发展和自然环境的变化, 人们越来越重视自然资源和太空资源的开发和利用。遥感技术能够全面、快速地探测资源的实际分布状况, 为合理的资源开发提供必要依据, 可满足人们对资源探测的需求。航天遥感是指通过飞船、卫星等现代航天设备从大气层外对地球表面进行观

测, 人们的日常生活和国家安全保障等多方面因素都离不开航天遥感。高分辨率的光学遥感主要应用于地理测绘、抗震减灾、土地规划、气象观测, 资源调查、环境监测、空间摄影测量、侦察和预警、行星恒星等空间物理现象观测以及空间目标搜索等科研领域。将遥感技术应用到测绘当中是现代地质测绘技术的发展趋势, 遥感技术能够直接贯穿于整个地质测绘工作的全过程, 具有信息量大、宏观性强、时效性好等许多优点。早期的遥感测绘受到光学载荷分辨率的限制, 还不能完全拟合实际地质信息。近年来, 随着光学载荷分辨率的不断提高, 遥感测绘精度已经可以完全满足地理探测与绘图的要求, 成为国民经济和社会发展的重要保障。在地质测绘的过程中, 遥感技术起到了至关重要的作用, 在地质制图和大比例尺地质测绘时, 遥感技术能够对实际地质情况进行真实的反映, 提供真实、准确的地理环境信息与坐标, 实现地址测绘的同时还可以确保一些不可再生资源的可持续发展。高质量的遥感测绘使信息获取更加准确, 能够大幅度提升地图的精确程度。为了获得高精度的测绘图像, 提高地图测绘精度, 需要在现有的侦查型遥感卫星平台基础上增强卫星的姿态控制稳定度, 提高星敏感器、陀螺仪等姿态获取传感器的定位精度等一系列性能指标, 其中, 高质量的光学载荷是获得高精度图像的基础, 是遥感测绘卫星的核心组成部分, 只有不断提升遥感测绘光学系统的性能指标才能从根本上提高遥感测绘的图像精度。光学载荷决定了测绘型空间遥感器的分辨率、测绘精度、平台体积与重量, 是遥感器的核心部分。随着光学设计与制造技术的不断更新, 发展出了多种多样的空间遥感测绘光学系统。常用的遥感测绘光学系统可以分为透射式和全反射式两类, 其中全反射式又可以分为同轴反射式和离轴反射式。本文分别介绍了对称式、匹兹瓦式和亚对称式高成像质量透射光学系统、视场离轴型和非视场离轴性两种同轴三反光学系统、离轴三反光学系统等常用的空间遥感测绘光学系统的结构形式和光学性能, 并对处于研发阶段的几种新型空间反射光学系统的结构形式和光学性能进行了展望。根据不同的应用环境和技术指标, 合理选用不同种类的遥感测绘光学系统, 可以最大程度地利用平台资源, 满足遥感测绘需求。

2 遥感测绘光学系统的特点

从20世纪90年代至今,美国、法国等先进国家相继发射了多颗遥感测绘卫星;我国也在近几年发射了以“天绘”为代表的新型遥感测绘卫星。随着技术的进步,当代遥感测绘主要呈以下发展趋势:从单线阵到多线阵,从低分辨率到高分辨率,从小幅宽到大幅宽,从有地面控制点到无地面控制点,从重访周期长到重访周期短。要实现高质量的遥感测绘就要进一步提高光学相机的光学性能,遥感测绘光学系统需要具备分辨率高、成像质量好和畸变小的特点。其中分辨率由光学系统的焦距和像元尺寸决定;成像质量由光学系统的传递函数决定;而畸变则取决于光学系统的结构和像差校正。因为要同时具备以上多条优点,遥感测绘光学系统的设计难度一般都比较大大。像方远心光路是指通过光学系统的各视场出射光束主光线与光轴平行,出瞳位于无限远处。空间遥感测绘应用的光学系统可能会小幅度地移动像面进行调焦。像方远心光学系统由于各视场出射光束主光线与光轴平行,各视场像点的质心不会随像面的移动而产生变化,在移动像面调焦时不会引起像高的测量误差。因此,遥感测绘应用的光学系统要尽可能设计为像方远心光路。随着技术指标的提高,遥感测绘光学系统也呈现出了一定的发展趋势:最传统的透射系统为了增长焦距发展为同轴三反系统,为了在长焦距基础上增大幅宽又发展为离轴三反系统;为了进一步提升性能指标,一些新型光学系统也进入了研究阶段。

3 高成像质量透射光学系统

不同类型的光学系统都有各自固有的优势与不足。透射光学系统体积小、结构简单、稳定性好,有利于结构设计,充分利用卫星平台资源。透射光学系统像差校正自由度多,可以设计为较大的视场,并保持较小的畸变,提高遥感测绘幅宽的同时保证了较高的测绘精度。并且,透射光学系统一般都采用传统的加工、装调方案,技术成熟,有利于缩短项目周期,提高载荷可靠性。透射光学系统的不足也很明显,一般的透射光学系统温度、气压适应性差,

需要良好的温控环境与气压校正手段。受二级光谱和透镜口径限制,透射光学系统的焦距都较短,不能满足极高分辨率的遥感测绘需求。为了增加像差优化自由度,需要较多的透镜元件,透镜元件的装调调整环节较多,公差要求较高。

4 同轴三反光学系统

同轴三反系统是最先得到应用的全反射遥感测绘光学系统,美国近几年发射的 Worldview 系列和 Geoeye 系列一体化遥感卫星都是采用同轴三反结构。相比于透射系统,反射系统的温度适应性更好,更有利于空间遥感应用;由于不受二级光谱等色差的影响,并且反射元件口径更大,因此可以实现更长的焦距。同轴三反系统为全反射光学系统,不受色差影响,近轴像差校正能力强,焦距可以达到 10m 以上。光学系统筒长短、体积小,结构紧凑,以利于平台、载荷一体化设计。所有反射镜都是旋转对称曲面,加工、装调难度小。但同轴三反系统轴外像差校正能力弱,视场较小,不能满足大幅宽要求。系统中有中心遮拦,降低了系统传递函数,为了实现较高成像质量往往需要增大反射镜口径。为了满足长焦距要求并校正轴外像差,同轴三反光学系统结构比较固定,系统较难实现远心光路。

5 结束语

当技术指标分辨率较低、幅宽较大时,透射光学系统体积小、结构紧凑、技术成熟,仍然具有较高的实用性;分辨率较高、幅宽较小时,为了减小系统体积,节约平台资源,实现星载一体化设计,可以采用同轴三反光学系统;分辨率较高、幅宽较大时,离轴三反系统具有明显性能优势,是最佳的空间遥感测绘光学系统结构形式;新型光学系统相比于传统结构在某些方面提高了光学性能,具有更广阔的应用前景,同时也还有需要解决的科学问题,尚待进一步分析和研究。根据光学性能、结构尺寸的不同,在不同的应用环境选择多种结构形式的遥感测绘光学系统,对卫星平台资源进行合理的分配和组合,在有限的平台资源下实现更高的系统技术指标。

本文详细阐述了空间遥感测绘光学系统的发展趋势、技术指标中的特殊要求，以及遥感测绘光学系统的设计难点。分别介绍了高成像质量透射光学系统、同轴三反光学系统、离轴三反系统等常用的空间遥感测绘光学系统的结构形式和光学性能，并对处于研发阶段的新型空间反射光学系统的结构形式和光学性能进行了展望，对遥感测绘光学系统的设计与不同应用环境光学系统的选择具有重要的指导意义。

参考文献

- [1] 黄宇民, 范一大, 马骏, 等. 中国遥感卫星系统灾害监测能力研究 [J]. 航天器工程, 2014, 23 (6): 7-12.
- [2] 王敏彦, 赵坤. 遥感图像中农用地与人工建筑自动分割技术研究 [J]. 现代电子技术, 2015, 38 (6): 105-107.
- [3] 尤政, 王翀, 邢飞, 等. 空间遥感智能载荷及其关键技术 [J]. 航天返回与遥感, 2013, 34 (1): 34-43.

Optical System Design in Remote Sensing Mapping

Gong Dun

*School of Geography and Information Engineering, China University of
Geosciences, Wuhan*

Abstract: Applying remote sensing technology to surveying and mapping is the development trend of modern geological surveying and mapping technology. With the continuous improvement of optical load resolution,

remote sensing surveying and mapping has become an important guarantee for social development and national economic development. Optical load determines the resolution, precision, volume and weight of the surveying and mapping space remote sensor, and is the core part of the remote sensor. In this paper, the structure form and optical properties of common space remote sensing surveying and mapping optical systems, such as high imaging quality transmission optical system, coaxial three reflectors optical system and off-axis three reflectors optical system, are introduced respectively, and the structure form and optical properties of new space reflective optical systems in the research and development stage are prospected. The analysis shows that according to different application environment and technical index, the reasonable selection of different kinds of optical system of remote sensing surveying and mapping can maximize the utilization of platform resources and meet the demand of remote sensing surveying and mapping.

Key words: Remote sensing surveying and mapping; Optical system design; Transfer function; The relative distortion