

多角度偏振辐射计星上定标光源

王 羿, 洪 津, 杨伟锋, 张运杰, 骆冬根

(中国科学院安徽光学精密机械研究所, 安徽 合肥 230031)

摘 要: 多角度偏振辐射计是一种对地观测的辐射偏振测量仪器。仪器提供的多波段、多角度、全偏振信息主要用于环境大气监测、气候变迁研究、大气科学研究、地球辐射收支平衡研究和遥感数据高精度大气校正, 为确定气溶胶对气候的驱动作用和区域大气气溶胶状态及其变化提供高精度数据。针对这一需求, 提出了多角度偏振辐射计星上定标器的设计方案。首先介绍了多角度偏振辐射计的研制背景、星上定标技术的产生原因以及国外星上定标器的设计方案。重点阐述了多角度偏振辐射计星上定标器的设计, 包括光学设计、机械设计和电路设计, 解释说明了各部分的功能和作用以及相关参数。最后对提高星上定标精度提出了几点建议。

关键词: 辐射定标; 偏振测量; 航天遥感

中图分类号: V474.2 文献标志码: A 文章编号: 1007-2276(2011)12-2480-04

Light resource of on-board calibration for multi-angle polarized radiometer

Wang Yi, Hong Jin, Yang Weifeng, Zhang Yunjie, Luo Donggen

(Anhui Institute of Optics and Fine Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031, China)

Abstract: The multi-angle polarized radiometer is a measurement instrument for earth observation. It was applied to the polarization measurement. The instrument is intended to provide multi-spectrum, multi-angle and full polarized information. The applications of the instrument include environmental atmosphere monitoring, research on climate variations, on atmospheric sciences, on global radiance balance and high accuracy atmospheric correction. It can supply the high accuracy data, which will help to study of the relationship between aerosols and climate, and the variation of aerosols. Compared with the ground calibration, the technique of on-board calibration has the advantages of improving the measurement accuracy. Aiming at this requirement, the design scheme of multi-angle polarized radiometer was proposed. Firstly, the research background of multi-angle polarized radiometer, the cause of on-board calibration technique and the foreign design scheme of on-board calibrator were introduced. Then, the design of optics, mechanics, and electric were emphasized particularly, and the functions, roles and related parameters of all parts of the system were explained. Finally, some suggests for improving the calibration accuracy were given.

Key words: calibration; polarization detecting; remote sensing

收稿日期: 2011-04-10; 修订日期: 2011-05-20

基金项目: 国家自然科学基金(60778023, 40671135)

作者简介: 王羿(1985-), 男, 硕士, 主要从事光电信息获取技术的研究。Email: angle263wy@163.com

0 引言

地球表面和大气中的任何目标在反射、散射、透射、吸收和发射电磁波的过程中会产生由其自身特性所决定的特殊偏振信息,某些物质的偏振特性差异明显。与常规方法相比,通过检测目标光辐射的偏振特性和光谱特性,可获得目标的更多细节,实现目标识别和分类^[1-2];此外,还可用于大气遥感的研究^[3]和土壤含水量测量^[4]等,从而可以更准确地实现目标的识别和分类。多角度偏振辐射(以下简称辐射计)计是用来获取目标多角度偏振信息的遥感测量仪器。

辐射计在发射前必须经过辐射定标才能保证该仪器运行时测量的数据真实可信。众所周知,仪器的性能通常随着光学元件和电子元件的老化以及空间环境的变化而变化,所以,发射前定标不是一劳永逸的。辐射计存在性能稳定问题,而且地面定标设备不能完全模拟空间环境的情况,所以星上定标,即在飞行中对辐射计的输出数据进行定量化校准是十分必要的。

光学仪器的辐射定标需要有一个具有适当亮度的稳定光源。光学仪器的定标技术分为绝对定标和相对定标。前者是指利用太阳作为标准光源实现仪器的定标;后者是指利用人造的适当亮度的稳定光源对仪器定标,包括辐照度标准灯定标、漫反射板定标和积分球定标 3 种。近年来,利用内置卤钨灯的积分球进行辐亮度定标的新方法被提出,它消除了漫反射板的影响,极大地降低了定标的不确定度。美国国家航空与航天管理局(NASA)发射的地球观测系统(EOS)中的地球观测扫描偏振计(EOSP)采用积分球定标技术^[5]将一个稳定性优于 2% 的灯放入积分球内,对该仪器定标,偏振定标的绝对精度优于 0.2%。NASA 发射的其他偏振计,如气溶胶偏光传感器(APS)及其机载类型——研究型扫描偏光计(RSP)均采用积分球定标技术^[6]。文中介绍的多角度偏振辐射计的定标也是基于该技术。

1 原理与设计

1.1 工作原理

辐射计星上定标器由光机和电路两部分构成。

光机部分由积分球及其附属部件构成,包括外壳、朗伯发射器、光源等结构;电路由电源、控制电路、恒流源电路和反馈电路 4 个部分构成。星上定标器组成框图示见图 1。

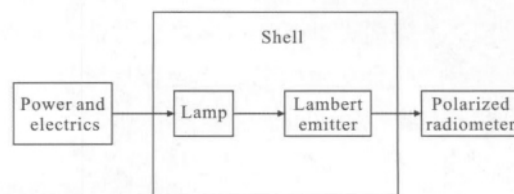


图 1 星上定标器组成框图

Fig.1 Block diagram of on-board calibrator

1.2 光机部分的设计

星上定标器的光机部分由外壳、朗伯发射器和光源构成。外壳用于朗伯发射器和光源的固定与防护,朗伯发射器和光源是定标器的主要功能部件,光源安装在朗伯发射器内。光源发光时,光线经过朗伯发射器内表面的多次反射,在出射口形成均匀的辐亮度面光源。出射辐亮度为 0.2~0.3 太阳常数(550 nm),开口亮度均匀性达到 95%。

朗伯发射器为内腔空心的球形结构,球壁上开口,用于光源输出。由于电光源含有一定的偏振光,这就要求朗伯发射器所使用的漫反射材料具有一定的解偏能力,使得出射光非偏振。不同的材料解偏能力不同,因此在设计时应选择解偏能力强的漫反射材料。此设计中的朗伯发射器内壁选用聚四氟乙烯材料制作,其使用波段范围的反射率达到 97%。聚四氟乙烯具有解偏能力好、反射率高、朗伯性好等特点,同时满足航空航天仪器的设计要求。根据解偏及均匀性、一致性要求,积分球内直径设计为 138 mm,光源位于前半球的 45° 位置,设计的朗伯发射器如图 2 所示。

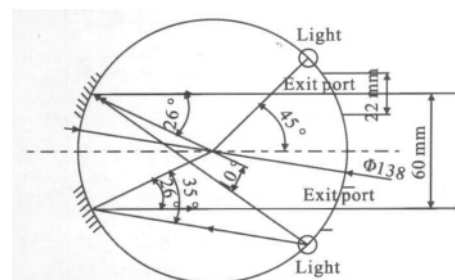


图 2 朗伯发射器结构示意图

Fig.2 Sketch of Lambert emitter

光源使用石英卤钨灯光源组件。该组件具有稳

定性好、寿命长、光谱覆盖范围宽的特点。卤钨灯额定电压为 12 V, 功率为 20 W。

外壳为朗伯发射器、光源组件与偏振辐射计之间提供可靠连接, 同时起到防护的作用。在保证强度的前提下, 外壳的设计采取了轻量化的薄壁结构, 同时选用高强度、轻质量的铝或钛合金材料。

1.3 电路部分的设计

电路部分包括电源、控制电路、恒流源电路和反馈电路 4 个部分。电路部分用于提供辐射计星上定标器中积分球内光源卤钨灯的驱动电流、功能控制以及状态反馈功能, 其整体框图如图 3 所示。

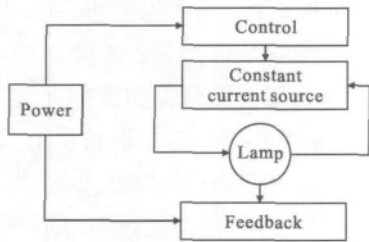


图 3 电路部分框图

Fig.3 Block diagram of circuit section

当辐射计主控模块发出打开卤钨灯命令后, 该控制电路使继电器导通, 给恒流源电路供电, 恒流源开始为卤钨灯提供电流, 使其发光。同时, 状态反馈电路提供反馈信号给辐射计的主控系统, 用来检测卤钨灯的状态。当主控系统发出关闭卤钨灯命令后, 控制电路使继电器断开, 卤钨灯关闭。为了保证系统的可靠性, 星上定标器使用两盏卤钨灯, 一盏作为正式灯, 另一盏用于备份。当发出打开正式灯的命令且状态反馈信号正式指示灯未打开时表示灯已损坏, 主控模块通过发出打开备用灯的命令使定标器继续工作。

电路部分中, 使用辐射计电源模块提供的直流电源为卤钨灯和整个电路部分提供能量。电源电压为 15 V, 功率为 30 W。

控制电路用于接收和执行辐射计主控模块发出的命令, 控制继电器导通和断开, 打开和关闭为卤钨灯提供电流的恒流源。控制电路设计时充分考虑了可靠性, 保证正式灯和用于备份的卤钨灯不会同时打开, 即使由于主控模块的误操作或电磁干扰, 发出同时打开正式灯和备份灯的命令, 控制电路也不会同时使两盏灯打开。

恒流源电路为卤钨灯提供恒定电流, 保证卤钨灯发光强度稳定, 是电路部分的核心。为了保证长期使用的可靠性, 设定卤钨灯在满功率状态的 90% 下工作, 同时, 为了避免瞬间的开关对灯所造成的冲击等不利影响, 采用缓冲启动的控制方式, 其电路原理如图 4 所示。控制部分使继电器导通后, 恒流源电路通电, 电阻网络给电容充电, 此时运放的同向输入端

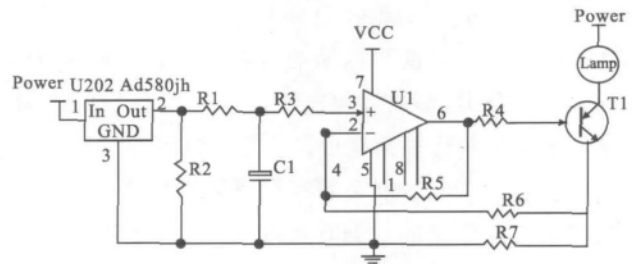


图 4 恒流源部分电路设计

Fig.4 Schematic of constant current resource

电压缓慢升高, 输出端电压亦同步升高, 晶体管的输出电流即流过卤钨灯的电流也随之增大, 实现了卤钨灯的缓冲启动。电流上升时间曲线是典型的 RC 充电曲线, 约 3 s 达到额定输出的一半, 10 s 达到额定输出的 9/10, 60 s 达到稳定状态。随着对电容的充电达到平衡, 放大器同向输入端的电压将不再变动, 从而使流过卤钨灯的电流维持在一个恒定值, 当电流产生波动时, 晶体管发射极的采样电阻电压发生变化, 运放反向输入端电压亦变化, 运放输出端随之作相反变化, 使该电流维持原来的恒定值, 电流稳定性在 300 h 内优于 99%。恒流源电路中, 晶体管是提供恒定电流的主要元件, 必须保证其处于导通状态。同时, 由于流过晶体管和采样电阻的电流很大, 热设计中, 将两者通过散热片连接到机箱外壳上散热。

反馈部分的作用是将卤钨灯状态反馈给辐射计主控模块。将卤钨灯引脚电压值和某一电压基准相比得到灯的状态信号。为了简化设计, 将两盏灯各自的状态进行逻辑“或”运算, 使反馈信号线减少到一个条。反馈信号仅反映灯的好坏, 可通过查询开灯命令来区分正式灯或备份灯。

2 结论

遥感数据的可信度在很大程度上取决于星上定标的定标精度, 星上定标精度的高低是衡量航天光

学遥感器水平高低的一个重要指标。文中所介绍的多角度偏振辐射计星上定标器使用积分球对在轨飞行的辐射计进行星上定标,提高了辐射计的测量精度,与其他定标器相比,具有性能稳定、结构简单、质量轻、易于操作、测试方便等优点。

但是,由于这种星上定标器没有考虑遥感器与观测目标之间的大气,在某种程度上限制了其星上定标精度。为了获得理想的精度,需要将星上定标与发射前的地面定标及飞行中的地面靶场定标有机地结合起来,使得遥感器飞行中的定标更加完善。

参考文献:

- [1] Zhang Chaoyang, Cheng Haifeng, Chen Zhaohui, et al. Polarimetric imaging of camouflage screen in visible and infrared wave band [J]. *Infrared and Laser Engineering*, 2009, 38(3): 424-427. (in Chinese)
- [2] Talmage D A, Curran P J. Remote sensing using partially polarized light [J]. *Remote Sensing*, 1986, 7(1): 47-64.
- [3] Zhao Yiming, Jiang Yuesong, Lu Xiaomei. Theory analysis of polarization characteristic of the light scattered by the aerosol [J]. *Infrared and Laser Engineering*, 2007, 36(6): 862-865. (in Chinese)
- [4] Sun Xiaobing, Hong Jin, Qiao Yanli. Measurements of multi-angle polarization properties of the water-bearing yellow brown soil using multi-band polarimetric imagery in the laboratory [C]//SPIE, 2008, 7160: 71600V-1-11.
- [5] Hansen J, Rossow W, Carlson B, et al. Low-cost long-term monitoring of global climate forcings and feedbacks [J]. *Climatic Change*, 1995, 31: 247-271.
- [6] Cairns B, Russell E E, Travis L D. Research scanning polarimeter: calibration and ground-based measurements [C]//SPIE, 1999, 3754: 186-196.

下期预览

640×512 制冷探测器积分时间与 SNR 分析

刘 宁 陈 钱 顾国华 隋修宝

(南京理工大学 光电工程国防重点实验室,江苏 南京 210094)

摘 要:对国产 640×512 中波凝视型制冷焦平面探测器的积分时间与信噪比(SNR)之间的关系进行了研究,以积分时间与探测器输出信号和噪声关系的原理为基础,分别对探测器正常工作时的输出信号以及输出噪声情况做了分析。研究了随着积分时间的增加,实际探测器输出信号和噪声信号各自的增长关系,并通过大量的数据和图表印证了该关系的正确性,最终得出了积分时间对探测器信噪比的影响程度,给出了最佳工作积分时间。