

文章编号: 1672-8785(2017)10-0020-05

中温面源黑体设计及性能参数测试

韩顺利* 李立功 韩清瑶 王瑞霞 胡为良

(中国电子科技集团公司第四十一研究所, 山东 青岛 266555)

摘 要: 中温面源黑体是一种宽带红外参考源, 其波长范围覆盖了从近红外到远红外的波段, 辐射面的温度具有很高的精度。作为高辐射强度的参考源, 中温面源黑体已被广泛应用于红外传感器如辐射温度计、红外热像仪的校准以及样品辐射率或透过率的测量。用基于大辐射面和坚实结构的面源黑体在实验室内或野外测试中对无准直仪时的红外传感器进行了标定。为了提供红外系统性能测试的解决方案, 本文对中温面源黑体进行了设计和性能参数测试。结果表明, 其主要参数能满足高稳定性和高精度的要求。

关键词: 面源黑体; 性能参数; 升温时间; 稳定度测试

中图分类号: TN212 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2017.10.004

Design and Performance Parameter Test of Intermediate Temperature Extended Area Blackbody

HAN Shun-li *, LI Li-gong, HAN Qing-yao, WANG Rui-xia, HU Wei-liang

(The 41st Research Institute of China Electronics Technology Group Corporation, Qingdao 266555, China)

Abstract: The intermediate temperature extended area blackbody is a wide spectral bandwidth infrared reference source. Its wavelength range covers near infrared to far infrared. As a reference source with high radiation intensity, it has been widely used in the calibration of infrared sensors such as radiation thermometers and infrared thermal imagers and in the measurement of the emissivity or transmission of samples. An extended area blackbody based on a robust structure with large emitting area is used to calibrate infrared sensors without collimators in laboratory or in the fields. To provide a solution for the performance test of infrared systems, an extended area blackbody is designed and its performance parameters are tested. The results show that the main parameters can meet the requirements of high stability and high precision.

Key words: extended area blackbody; performance parameter; warm-up time; stabilization measurement

0 引言

黑体是基于基尔霍夫定义的理想化物理模型, 是理想的漫反射体, 在科学研究、航空、航天、工业生产等方面有广泛的应用。作为宽带红

外辐射源, 高稳定中温面源黑体的波长范围覆盖了从近红外到远红外的波段, 是辐射理论分析和辐射测量的基础, 在红外光学系统及测试设备的绝对校准、物体辐射特性测量、红外探测器

收稿日期: 2017-08-22

基金项目: 国防技术基础项目 (JSJL2016210A001)

作者简介: 韩顺利 (1982-), 男, 山东日照人, 高工, 博士, 主要从事光电测量仪器及红外技术研究。

E-mail: eiqd@ei41.com

定标及红外目标模拟的测试和整体性能评价方面, 应用越来越广^[1,2]。

在国外, 对面源黑体的研究可以追溯到上个世纪 70 年代。一些红外技术公司、军用计量部门等相继建造了高性能的面源黑体辐射源, 如美国 EO 公司推出了 LES 系列、CES 系列面源黑体; 法国 HGH 公司推出了 ECN100 扩展面源系列黑体; 以色列 CI 公司推出了 SR 系列黑体; 美国 ISDC 公司推出了 IR-2100 系列黑体; 俄罗斯全俄光学物理测量研究院推出了 BB 系列黑体; 德国 DIAS 红外公司推出了 CS 系列黑体等。国内, 中科院上海技术物理研究所、昆明物理研究所、中国空空导弹研究院等单位也开展过相应的研究^[3], 但在控温精度、稳定性和有效发射率方面还有待提高。

面源黑体可作为红外目标源应用于红外系统的探测、识别和定位; 可作为辐射源背景用于干扰红外系统的探测; 也可作为校准辐射源用于黑体的辐射定标, 因此对辐射面的温度稳定性和辐射精度有很高的要求。本文对中温面源黑体进行了结构优化和控温电路温度校准设计, 旨在提高面源黑体温度的准确度和稳定性。

1 原理及装置

面源黑体红外辐射源的原理如图 1 所示, 主

机主要包括电源模块、温度控制模块、面源辐射头模块和嵌入式计算机控制模块。面源黑体辐射源实现温度控制的基本过程是, 首先在仪器通电时检测硬件参数及状态, 通过系统自检以保证系统正常工作; 通过温度设定部分设置面源黑体的目标温度; 提供温度测量部分实时测量面源黑体当前的温度值。仪器根据用户预设的目标温度对绕制在辐射体背后的加热丝进行加热, 使辐射体升温, 或利用轴流风机进行散热使辐射体降温; 通过测量温度与预设温度的比较, 判断升温或降温。同时利用温度控制模块中的单相交流调压和交流电压负反馈部分, 采用 Fuzzy 和 PID 复合控制的方案找出调节量, 对面源黑体辐射板进行温控, 通过不断调整加热丝的控温功率, 实现对黑体温度的稳定控制。

辐射头部分如图 2 所示。在高发射率微棱锥体设计制造的过程中, 首先采用蒙特卡洛方法建立红外辐射随机模型^[4], 对微棱锥体面源黑体的辐射特性进行统计和模拟仿真; 对黑体辐射面表面进行发黑和喷涂黑漆处理, 利用辐射面上形成的一个个相间的小黑体辐射腔产生的微腔效应, 提高黑体辐射面的有效发射率, 设计并制造满足发射率要求的面源黑体辐射头。

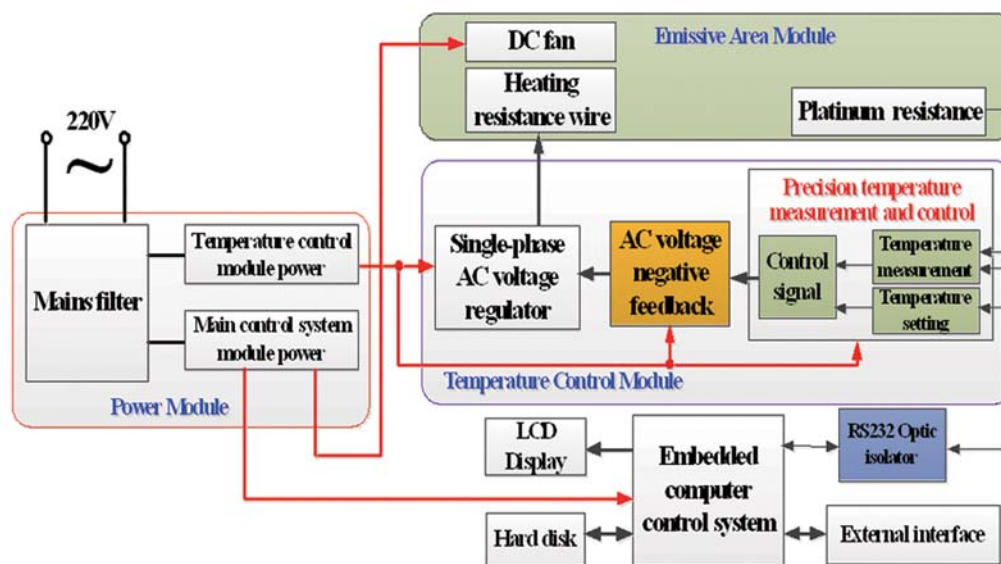


图 1 中温面源黑体原理框图

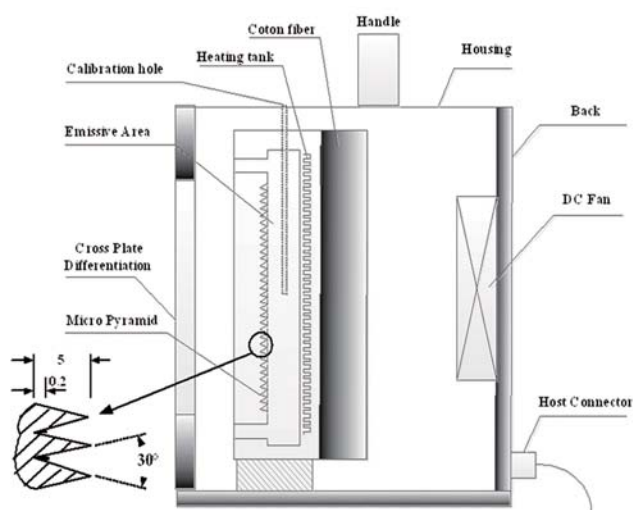


图2 面源黑体辐射头的结构框图

系统应用程序设计了温度数据采集处理显示、参数设定和温度校正等功能。除了使用仪器面板上的按键外,用户也可用外接鼠标键盘进行操作;外部接口支持用户通过 RS232 对仪器进行远程控制,整机如图 3 所示。

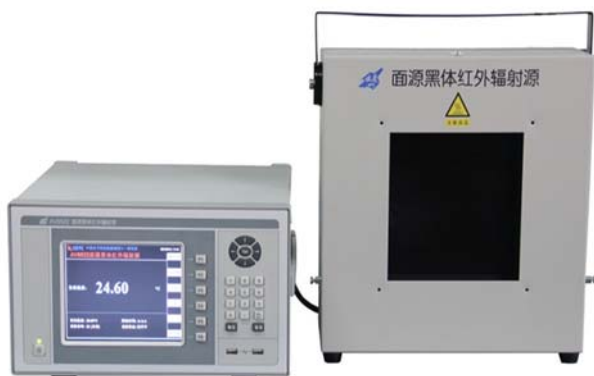


图3 中温面源黑体的整机外观图

2 黑体的性能参数测试

面源黑体红外辐射源通过温度控制电路精密控制特殊设计的辐射板,在辐射板上获得高温均匀性和高发射率,从而实现大面积、宽波段的红外辐射输出。在用面源黑体作为宽波段红外辐射源的过程中,对面源黑体的辐射温度范围、温度稳定性、温度均匀性及升降温时间等主要性能参数有较高的要求^[5,6]。

2.1 升降温时间及温度稳定性测试

升温时间是面源黑体的辐射温度从环境温度上升到最大设定温度并达到温度稳定性指标所需要的时间。升温的快慢表征了黑体温度控制器的控温能力。

降温时间是面源黑体的辐射温度从最大设定温度下降到环境温度所需要的时间。面源黑体在使用完毕后,需要冷却至室温再断电关闭,否则会影响使用寿命。为保障降温时间,利用轴流风机散热,使辐射体降温。

在室温下将面源黑体的辐射温度设为 310℃。稳定一段时间后,将黑体温度设定为 45℃,升降温时间的测量结果如图 4 所示。升温时间约为 35 min,降温时间约为 60 min,可看出辐射温度范围满足 45℃~310℃的设计要求。

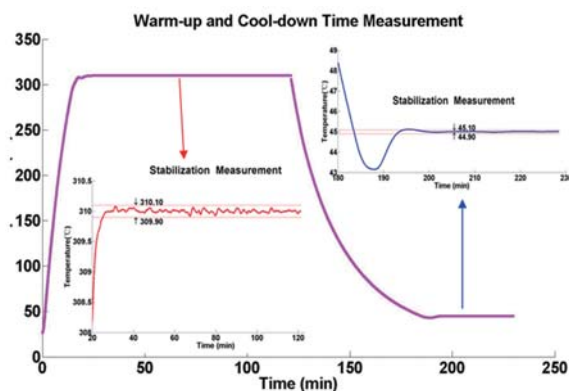


图4 中温面源黑体的升降温时间测试曲线

温度稳定性表征黑体温度随时间变化的幅度,一般指当面源黑体的温度稳定后,在测量条件不变的情况下,多次测量辐射温度之间的最大偏差。实际测量过程中,温度稳定性有时会以基于贝塞尔公式计算的标准偏差来定义,这样测量的稳定性会更好。

选择 45℃、100℃和 310℃为温度测量点,其中 45℃和 310℃的稳定性测量如图 4 所示,100℃的稳定性测试如图 5 所示。由图 4 和图 5 的测试曲线可知,在所有测试的温度点中,中温面源黑体的温度稳定性均小于 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ 。

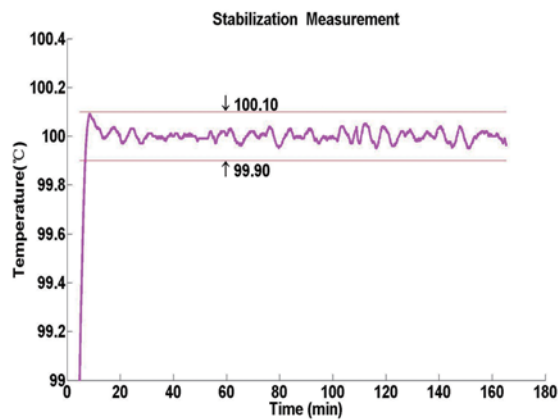


图 5 中温面源黑体温度的稳定性测试曲线

2.2 温度均匀性测试

面源黑体辐射面的温度均匀性是指在面源黑体稳定后被测辐射面上所有采样点辐射温度的实验标准偏差。为了保证温度均匀性的高精密测量,需用标准辐射源对红外辐射探测器进行

实时校准,实现辐射测量温度的实时高精度校正^[7,8]。

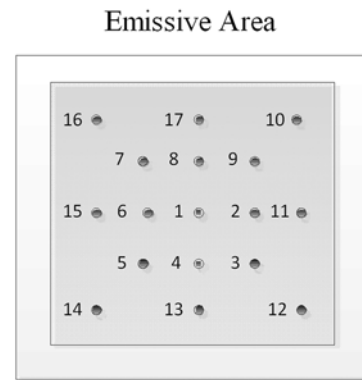


图 6 面源黑体温度测量点的示意图

在充分考虑测量点位置布局的情况下,在辐射面上选取了如图 6 所示的 17 个测试点。各测量点的温度均匀性的测量结果见表 1。

表 1 辐射面温度的测量结果

位置	测试温度 (°C)			
	50	100	200	310
1	50.0	100.1	199.8	311.2
2	49.9	100.1	199.7	310.9
3	49.9	99.9	199.4	310.3
4	49.9	99.8	199.5	310.0
5	49.8	99.6	199.6	309.9
6	49.9	99.8	199.4	310.0
7	49.9	99.9	199.9	310.1
8	50.1	99.9	199.8	310.2
9	50.1	100.1	200.3	310.7
10	50.1	100.1	200.5	311.3
11	50.2	100.0	200.5	311.0
12	50.1	99.9	200.6	310.2
13	50.2	99.8	200.3	309.8
14	50.1	99.8	200.1	309.8
15	50.1	99.5	200.4	309.0
16	50.2	99.2	200.6	310.0
17	50.2	99.4	200.6	309.9
温度均匀性 (°C)	0.13	0.26	0.45	0.59

3 结论

设计并研制出了一种中温面源黑体辐射源。通过温度控制电路可精密控制微棱锥体状辐射板的温度,实现大面积、宽波段的红外辐射输出。对该黑体辐射源的主要性能参数进行了测试。结果表明,该辐射源的有效辐射面积为 $150\text{ mm}\times 150\text{ mm}$,温度范围为 $45\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 310\text{ }^{\circ}\text{C}$,温度稳定性为 $\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$,温度均匀性为 $\pm 0.26\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时),升温时间小于或等于 40 min 。在相同有效辐射面和类似温度范围的黑体辐射源中,中温面源黑体辐射源的温度准确度和稳定性均较高,能够满足红外光电系统在研制与生产中的产品测试、性能检测、效能评估、标定等需求。

参考文献

- [1] Persello C. Advanced Techniques for the Classification of Very High Resolution and Hyperspectral Remote Sensing Images [D]. Trento: DISI University of Trento, 2010.
- [2] 杨智慧,郭聚光,佟惠原,等. 平行光管杂散辐射对红外辐射定标影响的分析 [J]. 红外与激光工程, 2014, 43(10): 3219-3204.
- [3] 岳文龙. 黑体辐射源校准技术研究 [D]. 西安: 西安工业大学, 2007.
- [4] 张鹏,胡为良,韩顺利,等. 基于蒙特卡罗方法仿真黑体辐射 [J]. 光学学报, 2013, 33(12): 106-109.
- [5] 钱婧,孙胜利,于胜云,等. 大型红外辐射面源的设计 [J]. 红外与激光工程, 2013, 42(1): 31-34.
- [6] 刘保麟,张鹏,孙付仲,等. 大口径倍频晶体高精度温控装置的研制 [J]. 红外与激光工程, 2017, 46(4): 104-110.
- [7] 韩顺利,罗文健,胡为良,等. 面源黑体红外辐射面均匀性测量研究 [J]. 光学学报, 2013, 33(12): 128-130.
- [8] 李云红,孙晓刚,廉继红. 红外热像系统性能测试研究 [J]. 红外与激光工程, 2008, 37(2): 458-462.

新闻动态 News

法国 Sofradir 公司产 Tropomi 探测器 搭载 Sentinel-5P 卫星升空

据 www.sofradir.com 网站报道,作为目前全球最大的环境监测计划——欧洲“哥白尼”计划的一部分, Sentinel-5P 卫星(即 Sentinel-5 先驱星)于 2017 年 10 月 13 日从俄罗斯普列谢茨克航天发射场发射升空。该卫星主要用于对空气质量、气候作用力、臭氧和紫外辐射等方面进行高(时空)分辨率测量。

在投入业务运行之后, Sentinel-5P 卫星上搭载的对流层监测仪(TROPOMI)将每天以 $7\text{ km}\times 3.5\text{ km}$ 的分辨率对地球大气进行测绘。在此分辨率下,人们便可对全球城市上空的空气污染进行探测。

法国 Sofradir 公司为这台推帚式成像光谱仪提供了与其同名的 Tropomi 探测器。该公司从 2011 年开始参与 Sentinel-5P 任务,他们负责研制 1024×256 元 Saturn 型碲镉汞短波红外探测器。为了提高使用寿命,这些探测器采用被动制冷装置以及最优化的热界面设计。其飞行模

型于 2012 年交付,可在 $140\sim 150\text{ K}$ 的温度范围内采集 $2305\sim 2385\text{ nm}$ 波段的光谱数据。这款新的空间用大规格短波红外探测器在性能上超越了 Sofradir 公司此前为各项航天任务所提供的 Neptune 探测器,其像元数是后者的两倍。作为首个基于 Saturn 型红外探测器的空间应用, Tropomi 探测器使 Sofradir 公司在轨红外探测器的数量增至 36 个。另外,许多其他的 Saturn 型红外探测器也将在不久的将来搭载 HYSUI(日本高光谱观测卫星)和 PRISMA(意大利高光谱观测卫星)等航天任务升空。



□ 岳桢千