

# 动态光学目标模拟器的滤光片设计

吕 涛, 刘 杰

(中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033)

**摘 要:** 光学成像传感器是着陆器的重要组成部分, 其性能的好坏直接影响着陆器的安全性。动态光学目标模拟器主要用于对光学成像传感器的性能进行测试, 由于光学成像传感器接收的光谱条件苛刻, 因此对动态光学目标模拟器也提出了很高的要求。本文对动态光学目标模拟器的出射光光谱特性进行了测量和分析, 并设计了适当透过率的滤光片, 保证了光学成像传感器的功能实现。

**关键词:** 光学传感器; 模拟器; 光谱特性; 滤光片

**中图分类号:** V416.5 **文献标识码:** A

**DOI:** 10.3788/OMEI 20102711.0078

## Filter Design of Dynamic Optical Target Simulator

LV Tao, LIU Jie

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China)

**Abstract:** Optical imaging sensor plays an important role of the lander. Its function has direct influence on the lander's safety. Dynamic optical target simulator is the equipment for the function test of optical imaging sensor. Because of the hard condition on optical imaging sensor receiving spectra, the requirements of dynamic optical target simulator are advanced. The measurement and analysis on output ray spectral characteristics of the dynamic optical target simulator are carried out, while the appropriate transmittance filter is also designed.

**Keywords:** optical imaging sensor; simulator; spectral characteristics; filter

### 1 引 言

光学成像传感器是着陆器的重要组成部分, 主

要用于着陆器下方地形信息的获取, 其性能的好坏直接影响着陆器的安全性。动态光学目标模拟器是测试光学成像传感器性能的关键设备, 它将主控计

算机中的地形信息数字图像通过准直光学系统投射出去, 模拟产生无限远的景深, 从而供光学成像敏感器接收和使用。目前可以查阅到的动态目标模拟器多数用于导引头的半物理模型仿真<sup>[1-3]</sup>和卫星交会对接的半物理仿真<sup>[4-5]</sup>。

## 2 动态光学目标模拟器的光谱及能量要求

由于光学成像敏感器接收的光谱波段为 600~800 nm, 且光谱辐射亮度不低于  $8.12 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{Sr})$ , 因此, 对动态光学目标模拟器也提出了相应的技术要求。然而, 由于生产厂家没有提供投影设备的具体出射光光谱特性, 因此需要对投影机的出射光光谱特性进行测量和分析, 并设计添加适当透过率的滤光片, 以保证光学成像敏感器的能量要求。

## 3 动态光学目标模拟器出射光光谱特性测量

采用 SVC HR-1024 光谱辐照计对液晶投影机出射光的光谱特性进行测试, 图 1 为当投影机出射光为白光时, 345~2 500 nm 的全光谱辐射亮度, 图 2 为 600~800 nm 的光谱辐射亮度。

考虑到光学成像敏感器接收的光谱波段为 600~800 nm, 为此着重对出射光为红光时的光谱特性进行分析, 图 3 是投影机出射光为红光时全光谱的辐射亮度, 图 4 显示的是 600~800 nm 波段的光谱辐射特性。

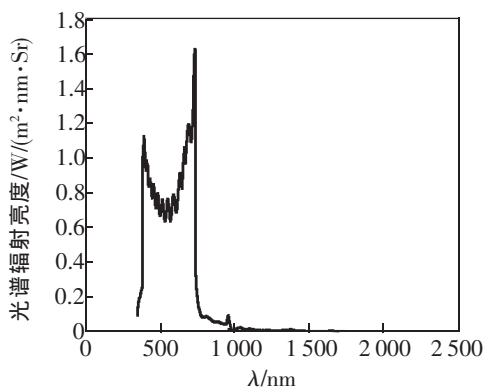


图 1 出射光为白光时的全光谱辐射亮度

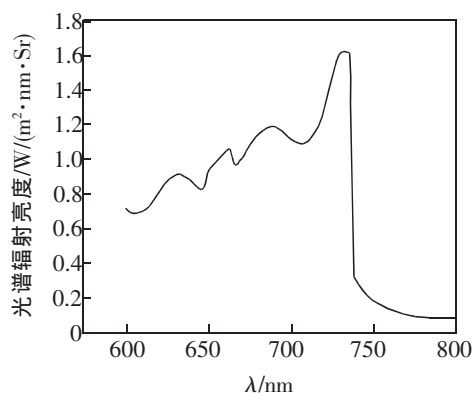


图 2 600~800 nm 的光谱辐射亮度

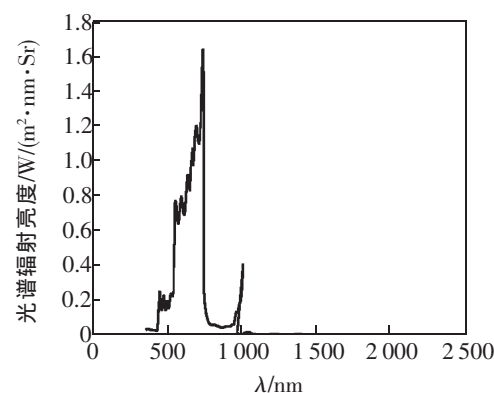


图 3 出射光为红光时的全光谱辐射亮度

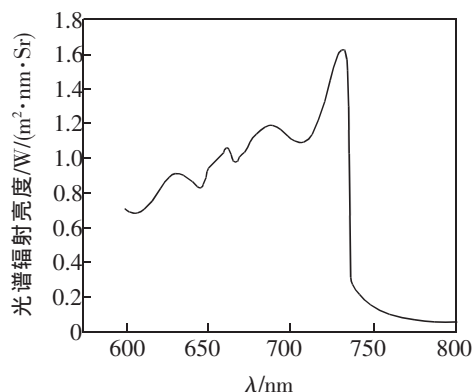


图 4 600~800 nm 波段的光谱辐射亮度

## 4 测试结论

通过对图 1 和图 3 全光谱辐射特性的分析, 可以得到如下结论:

(1) 350~550 nm 波段对于不同颜色的光具有不同的辐射亮度, 白光时这一波段的光谱辐射亮度呈先上升后整体下降趋势, 而红光时这一波段的光谱辐射亮度呈基本平稳趋势;

(2) 550~950 nm 波段对不同出射光都有稳定不变的光谱辐射亮度;

(3) 波长>950 nm 的光谱辐射亮度很小, 几乎为 0;

(4) 投影机的出射光为不同颜色光时, 总的光谱辐射能量也不相同, 出射光为白光时的光谱辐射亮度约为  $346.278 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{Sr})$ , 出射光为红光时的光谱辐射亮度为  $227.525 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{Sr})$ 。

通过对图 2 和图 4 的分析比较, 可以看到无论投影机的出射光为白光还是红光, 其 600~800 nm 波段的光谱辐射亮度曲线是一致的, 该谱段总的辐射亮度为  $148.42 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{Sr})$ 。

## 5 滤光片设计

从光谱曲线可以看出, 投影机在波段为 350~750 nm 时, 具有很高的能量, 如果不加入滤光片, 很可能使接收该能量的光学成像敏感器出现饱和。试验结果也表明, 当不使用滤光片时, 无论是模拟式 CCD 相机还是数字式 CCD 相机, 都出现了饱和, 因此必须设计适当的滤光片以保证所需的技术指标, 同时不能使相机出现饱和。

取投影机出射光为红光时的全光谱辐射亮度曲线为分析对象, 截取 350~750 nm 的辐射亮度曲线, 如图 5 所示, 该谱段总的积分辐射亮度为  $211.42 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{Sr})$ , 设计滤光片在该谱段的透过率为 5%, 则对应出射

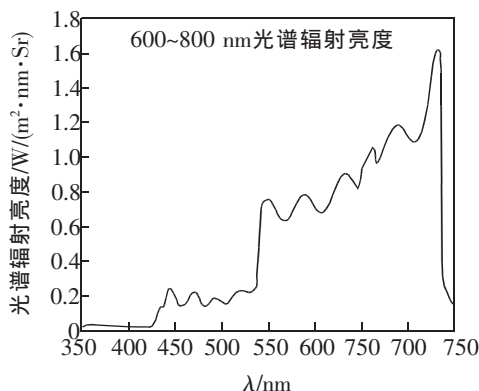


图 5 350~750 nm 的光谱辐射亮度

光辐射亮度为  $211.42 \times 0.05 = 10.57 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{Sr})$ , 而波段为 600~750 nm 的辐射亮度为  $144.56 \times 0.05 = 7.23 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{Sr})$ , 波段为 750~800 nm 的辐射亮度为  $3.86 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{Sr})$ , 因此, 当在 350~750 nm 波段添加 5% 透过率的滤光片后, 投影机的出射光在 600~800 nm 的辐射亮度为  $11.09 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{Sr})$ , 达到设计的技术指标要求。

## 6 结 论

动态光学目标模拟器的投影机出射光亮度远远超过了设计的指标要求, 本文总结了投影机出射光的光谱特性, 并针对该光谱特性设计了适当透过率的滤光片, 达到了技术指标要求, 同时保证了光学成像敏感器不会出现饱和现象。试验证明, 加入滤光片后, 光学成像敏感器获得了清晰的图像。

## 参考文献

- [1] 吕俊杰. 红外成像制导系统目标模拟器的研究[J]. 系统仿真学报, 1993, 6(3): 9-15
- [2] 虞红. 目标/星空背景光学特性仿真方法研究[J]. 红外与激光工程, 2006, 35(4): 468-471
- [3] 虞红, 何秋茹, 陶渝辉. 用目标模拟器仿真真实目标能量的计算方法[J]. 红外与激光工程, 2006, 35(z1): 323-326.
- [4] 刘晓军, 倪国强, 卢欣, 等. 空间交会对接 CCD 光学成像敏感器光学特性[J]. 中国空间科学技术, 2006(5): 57-63.
- [5] 王一凡, 卢欣. 空间交会对接光学敏感器测量的实验研究[J]. 航天控制, 1996(2): 57-62

作者简介: 吕涛 (1984-), 男, 汉族, 河南济源人, 硕士, 实习研究员, 2009 年于北京航空航天大学获得硕士学位, 主要从事太阳、地球等外空间环境的地面模拟设备研究。E-mail: lvtao1984@gmail.com