

文章编号 1004-924X(2008)11-2060-05

LED 的光谱分布可调光源的设计

陈 风,袁银麟,郑小兵,吴浩宇

(中国科学院 安徽光学精密机械研究所 遥感研究室,安徽 合肥 230031)

摘要:介绍了一种光谱分布可调光源的设计,该光源由积分球和大量不同颜色的 LED 组成。在可见波段,这种光源能产生不同光谱曲线,可以模拟很多不同光源的光谱分布。该项设计通过仿真使光源的光谱分布模拟目标光源的光谱分布,并设计了电源控制箱精确地控制每个 LED 模块。光源的面非均匀性为 0.53%,角度特性在 $\pm 10^\circ$ 以内,最大偏差为 0.77%。这种新型光源在光辐射测量中可以作为一种传递标准。

关键词:发光二极管;可调光源;光辐射测量;光谱分布

中图分类号:TN312.8 **文献标识码:**A

Design of spectral tunable LED light source

CHEN Feng, YUAN Yin-lin, ZHENG Xiao-bing, WU Hao-yu

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

Abstract: A design of spectral tunable Light Emitting Diode(LED) light source composed of an integrating sphere and a large number of LEDs was described. The source was designed to produce different spectral distributions in the visible region, and it could simulate the spectral distributions for various light sources. A series of simulations were conducted to predict the performance of spectral distribution of the designed tunable source and a power control box in the source was designed to control every LED module accurately. Experimental results show that the uniformity of the source is 0.53%, and the performance of the angle is 0.77% in $\pm 10^\circ$. This new type of source can be used as a transfer standard for radiometric application.

Key words: Light Emitting Diode(LED); tunable source; radiometry; spectral distribution

1 引 言

光谱辐射观测是光学遥感的最重要手段之一。在指定的波段内精确测量目标的辐射信息,并结合数值算法模型,可以得到目标的物理参数。

近年来的对地观测实践中,针对大气、海洋、陆地、植被等目标的观测都广泛采用了光谱辐射观测手段,其数据的准确程度将在很大程度上影响天气预报、气候研究和环境监测等领域的应用效果。根据光谱带宽的不同,光学遥感器^[1]的种类包括了全色、多光谱、高光谱,乃至近年发展迅速的超

电流的大小控制光源的光谱分布曲线,使模拟光谱与目标光谱相似,从而达到设计要求。

这里介绍了一种评价光谱模拟效果的方法,即求目标光谱与模拟光谱之间差值的绝对值与目标光谱的比,其表达式如下:

$$p = \frac{\sum_{380}^{780} |S_T(\lambda) - \sum_{i=1}^n K_i \cdot S_i(\lambda)|}{\sum_{380}^{780} S_T(\lambda)} \quad (2)$$

通过参数 p 可以评估光源模拟光谱的效果, p 值越小,两条光谱的相似度越高。

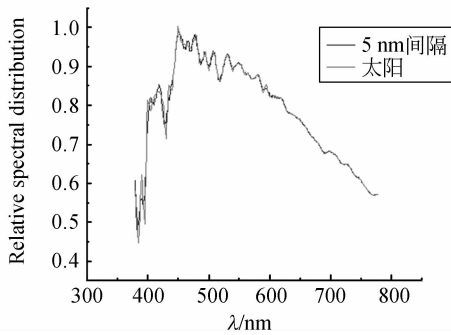


图 2 太阳光谱和光源光谱(LED 间隔 5 nm)

Fig. 2 Sun spectral distribution and source spectral distribution(5 nm LED intervals)

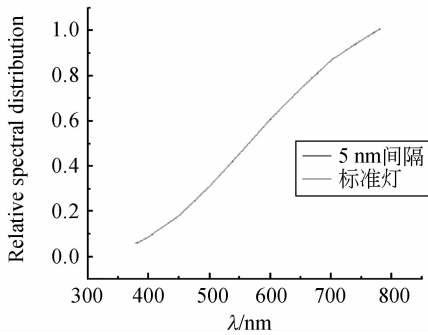


图 3 标准灯光谱和光源光谱(LED 间隔 5 nm)

Fig. 3 Lamp spectral distribution and source spectral distribution(5 nm LED intervals)

图 2,图 4,图 6 显示了用光源模拟可见波段的太阳光谱分布,它们分别是峰值波长间隔 5, 10, 20 nm 时光谱模拟的效果。图 3,图 5,图 7 显示了用光源模拟标准灯的光谱分布。它们也分别是峰值波长间隔 5, 10, 20 nm 时光谱模拟的效果。根据公式(2)计算可以得到用 80 个 LED 模拟太阳和标准灯的光谱分布时,参数 p 的值等于

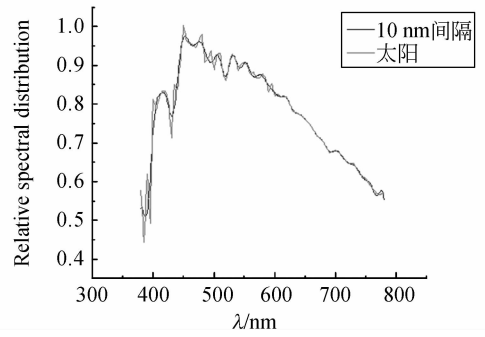


图 4 太阳光谱和光源光谱(LED 间隔 10 nm)

Fig. 4 Sun spectral distribution and source spectral distribution(10 nm LED intervals)

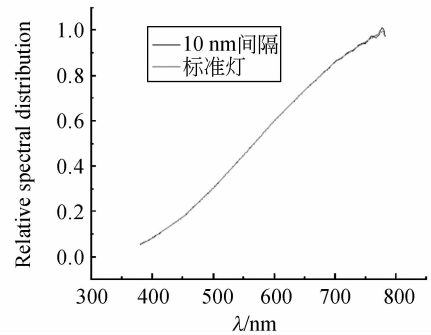


图 5 标准灯光谱和光源光谱(LED 间隔 10 nm)

Fig. 5 Lamp spectral distribution and source spectral distribution(10 nm LED intervals)

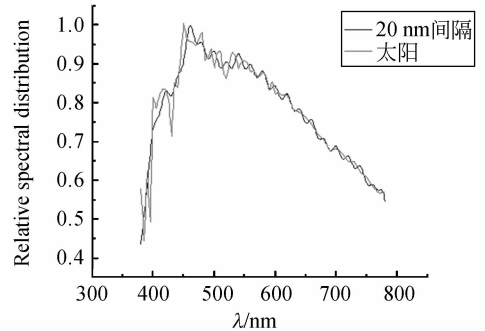


图 6 太阳光谱和光源光谱(LED 间隔 20 nm)

Fig. 6 Sun spectral distribution and source spectral distribution(20 nm LED intervals)

6.3×10^{-5} , 40 个 LED 模拟太阳和标准灯的光谱分布时,参数 p 的值等于 1.4×10^{-4} , 20 个 LED 模拟太阳和标准灯的光谱分布时,参数 p 的值等于 3.1×10^{-4} 。通过上图以及计算结构可以看出,LED 种类越多,峰值波长间隔越小,光谱模拟的相似度越高。

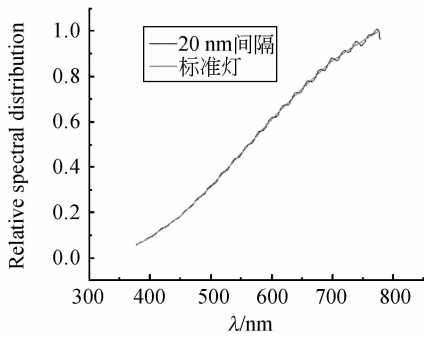


图 7 标准灯光谱和光源光谱(LED 间隔 20 nm)

Fig. 7 Lamp spectral distribution and source spectral distribution(20 nm LED intervals)

4 结构设计

光谱可调光源的结构设计主要由积分球设计和 LED 光学模块设计两部分组成。

4.1 积分球设计

光谱可调光源主要用于遥感器的定标, 遥感器大多以太阳或反射太阳光作为工作时的光源, 因此设计光源输出光谱辐亮度接近大气层外一个太阳常数。根据辐亮度传递公式, 可以计算出积分球的尺寸:

$$L = \frac{\Phi}{\pi A} \cdot \frac{\rho}{1 - \rho(1 - f)}, \quad (3)$$

其中, A 为积分球内表面积; f 为积分球的开口比; ρ 为积分球反射率。根据计算, 选择了直径为 250 mm 的积分球, 其出口直径为 100 mm。积分球的结构如图 8 所示:

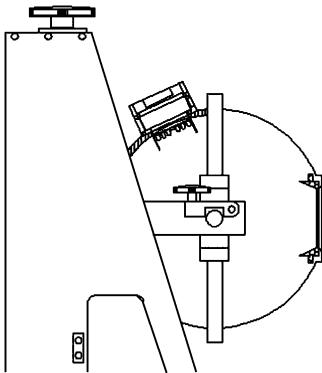


图 8 积分球结构图

Fig. 8 Mechanical structure of integrating sphere

4.2 LED 光学模块设计

LED 光学模块设计是光源结构设计的重要组成部分。几组光学模块安装了从紫色到红色很多种类型的 LED, 这些色彩丰富的 LED 可以使模拟光谱分布更接近目标光谱分布。光学模块的设计要求 LED 可以方便地拆卸和安装。如图 9 所示, LED 光学模块采用了圆形设计, 光学模块上 LED 安装孔呈圆形放射状分布。由于积分球内部没有安装挡板, 光学模块外沿高出 LED 的安装位置, 这样的设计就好像积分球中安装了挡板, 可以使得 LED 发出的光不能直接照射到积分球出光口, 避免对测量的结果产生影响。

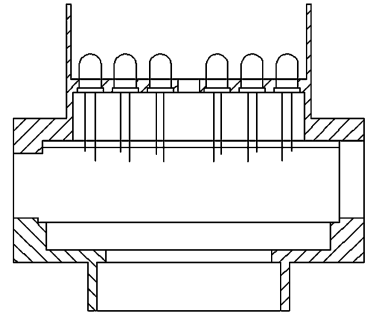


图 9 LED 光学模块结构图

Fig. 9 Mechanical structure of LED optical head

5 电源控制箱的设计

电源控制箱^[9]是光源重要的组成部分, 它可以给每一路 LED 模块提供稳定的电流, 并可以精确地调节每一路电流的大小。电源控制箱通过上位机控制, 上位机控制 DA 输出卡, 输出的电压经过 V/I 转换电路转化成电流并稳定输出给每一路 LED 模块, 使它能够稳定发光, 上位机可以通过 IO 开关控制实现每一路 LED 的自动开关。为了保证每一路上电流的准确性, 在电路中加入 AD 采集电路, 通过 AD 采集可以实时监测每一路 LED 模块的电流情况, 另外还有一组稳压电源给 V/I 转换电路供电, 以保证其正常的工作。电路设计原理图如图 10 所示:

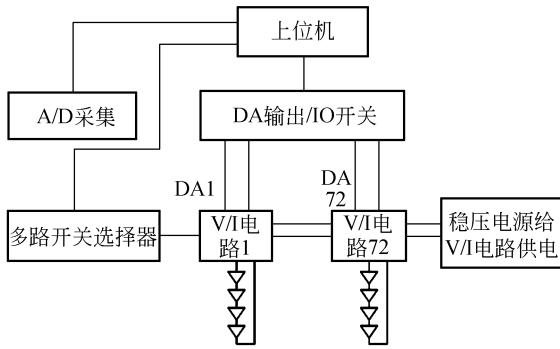


图 10 电源控制箱原理图

Fig. 10 Principle of power control box

6 结 论

这种光谱分布可调的光源设计采用了新型的发光二极管作为发光介质,通过多种 LED 发光光谱组合成不同的光谱分布。建立了光源的数学模拟算法,通过模拟仿真,证实了光源设计的正确性。设计了电源控制箱,采用自动控制,精确调节 LED 模块上电流的大小,并通过监测电路实时监测光源电流。这种光源通过精确控制每一个 LED 模块的电流使光源产生不同光谱分布,可以模拟很多不同光源的光谱分布。在光辐射测量中,这种光谱分布可调的光源会成为更为有效,便捷的光源。

参考文献:

- [1] 任建伟,万志,李宪圣,等. 空间光学遥感器的辐射传递特性与校正方法[J]. 光学精密工程,2007,15(8):1186-1190.
REN J W, WAN ZH, LI X SH, *et al.*. Radiation transfer characteristic and calibrating method for space optical remote sensor[J]. *Opt. Precision Eng.*, 2007,15(8):1186-1190. (in Chinese)
- [2] 张以谟. 应用光学[M]. 北京:机械工业出版社,1988.
ZHANG Y M. *Applied Optics* [M]. Beijing: China Machine Press, 1988. (in Chinese)
- [3] 陈凤,郑小兵. 光谱非匹配对于光学遥感器定标精度影响的分析[J]. 光学精密工程,2008,16(3):415-419.
CHEN F, ZHENG X B. Influence of remote sensor calibration precision by source has different spectrum[J]. *Opt. Precision Eng.*, 2008,16(3):415-419. (in Chinese)
- [4] 王淑荣,刑进,李福田. 利用积分球光源定标空间紫外遥感光谱辐射计[J]. 光学精密工程,2006,14(2):185-190.
WANG SH R, XING J, LI F T. Spectral radiance responsivity calibration of ultraviolet remote sensing spectroradiometer in space using integrating sphere[J]. *Opt. Precision Eng.*, 2006, 14(2):185-190. (in Chinese)
- [5] BROWN S W, SANTANA C, EPELDAUER G P. Development of a tunable LED-based colorimetric source[J]. *J. Res. Natl. Inst. Stand. Technol.*, 2002,107(4): 363-371.
- [6] FRYC I, BROWN S W, OHNO Y. Spectral matching with an LED-based spectrally tunable source[J]. *SPIE*, 2005,5941:594111. 1-594111. 9.
- [7] FRYC I, BROWN S W, EPELDAUER G P. LED-based spectrally tunable source for radiometric, photometric and colorimetric applications[J]. *Opt. Eng.*, 2005,44(11):111309-111316.
- [8] 许文海,赵欢,芦永军. LED阵列式紫外固化光源光学系统设计[J]. 光学精密工程,2007,15(7):1032-1037.
XU W H, ZHAO H, LU Y J. Design of an optical system for UV curing source with LED array[J]. *Opt. Precision Eng.*, 2007,15(7):1032-1037. (in Chinese)
- [9] FRYC I, BROWN S, OHNO Y. Development of a spectrally tunable calibration source for display colorimeters[J]. *Lightmetry*, 2004(4):20-22.

作者简介:陈 凤(1977—),男,博士研究生,主要从事光学精确测量的先进方法与仪器、卫星光学传感器的高精度定标等方面的研究。E-mail:fchen@aiofm.ac.cn

导师简介:郑小兵(1969—),男,博士,研究员,主要从事光辐射测量的先进方法与仪器、卫星光学传感器的高精度定标、光学遥感和光学海洋学等方面的研究。E-mail:xbzheng@aiofm.ac.cn