

文章编号:1007-1180(2011)12-0070-03

太阳模拟器中长方形光学积分器的应用与研究

付东辉

(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: 针对要求辐照面为长方形的太阳模拟器提出和应用了长方形光学积分器, 并对这种太阳模拟器的光学积分器系统进行了详细的阐述, 给出了不同长宽比情况下, 元素透镜的宽度归一化后元素透镜的分布和数目表格, 为以后长方形辐照面的太阳模拟器光学系统设计提供了参考。

关键词: 太阳模拟器; 光学积分器; 辐照面

中图分类号: V416.5 **文献标识码:** A

DOI: 10.3788/OMEI20112812.0070

Application and Research of Rectangle Optical Integrators in Solar Simulator

FU Dong-hui

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

Abstract: The rectangle optical integrators are advanced and applicated in solar simulators, which can produce the rectangle radiation surface. The optical integrator system is clearly elaborated. The tables of the element lens' arrangement and numbers are obtained when the element lens' width is normalized on different aspect radios. These tables are helpful to the solar simulator optical design.

Keywords: solar simulator; optical integrator; radiation surface

1 引言

早期太阳模拟器主要作为空间环境的地面模拟设备的必要分系统,模拟太空中的太阳光辐照,以太阳作为参照点控制空间飞行器姿态用器件在研发或实验室中的检测。在太阳光伏能源技术中、太阳能电池实验室检测及生产质量控制中,很早就用上了太阳模拟器,并制定了相关国际和国家标准。

随着某些新技术、新装备的研发,人们对于太阳辐照这个特殊环境要素的必要性和重要性更加重视。太阳模拟器的应用领域不断扩大。例如,远洋舰船、大飞机、特殊用途导弹等装备的研发,也都关注或购买太阳模拟器作为模拟实验设备。

某些在深空、太空、天空及临近空间层多次往返、高速运行的空、天器等的研发对大型高性能太阳模拟器设备的需求正在或将提到议程。

大长宽比长方形辐照面太阳模拟器的需求就是其中应用的一例。

大中型太阳模拟器光学系统一般由以下几个分系统组成^[1-2]:聚光系统;积分器系统;离轴准直系统。

2 光学积分器系统

光学积分器系统是满足辐照均匀度要求的关键分系统,它由场镜元素透镜阵列和投影镜元素透镜阵列组成。对称型光学积分器系统两个阵列中的元素透镜的数目和光学参数相同。元素透镜通光口径形状和要求的太阳模拟器辐照面形状为相似形,当辐照面为长方形时,太阳模拟器的光学积分器应当采用与辐照面长宽比一致的光学积分器,以达到最佳的匀光效果。

两个阵列中的各个元素透镜互相对应并且各在对方的焦面上,组成一个数目与每个阵列中元素透镜数目相同并且光轴互相平行的子光路(或光通量),场镜阵列主面与聚光系统第二参考面重合。

通过场镜阵列和投影镜阵列两个中心(垂直于

阵列面)的轴线称为光学积分器系统的主光轴。

光学积分器系统和前面聚光系统的主光轴互相重合。聚光系统在光学积分器场镜阵列通光口径内形成一个所期望的轴对称的辐照分布。这一辐照分布被场镜阵列各个元素透镜的较小通光口径分割为数目与其相同并且辐照分布梯度大为减小的小范围辐照分布。各个场镜阵列中的元素透镜连同它们通光口径内的辐照分布作为“物面”,被投影镜阵列光通道元素透镜成像到“无穷远”,再经其后准直系统成像到要求的位置上,形成一个场镜各元素透镜通光口径叠加、通光口径内辐照分布梯度对称补偿的均匀辐照面。

3 长方形辐照面光学积分器阵列中元素透镜的数目

太阳模拟器的辐照面形状与光学积分器场镜元素透镜通光口径也应该是相似形。在某些应用中要求辐照面长宽比比较大,但无论长宽比多大,都要求光学积分器元素透镜阵列的通光口径尽可能为正方形。

场镜阵列的口径外形尺寸确定后,元素透镜数目 $N(m)$ 取决于长方形元素透镜口径的长宽比 R 和元素透镜长度方向上一“列”中元素透镜数 $N(l)$,因此有: $N(m)=[N(l)]^2 \times R$,元素透镜宽度方向上一列中元素透镜数 $N(w)=N(l) \times R$,这里将元素透镜宽度的尺寸归一化,归一化后的有关数据见表1和表2。

当 R 为某一数值、 $N(w)$ 不是整数时可以近似取整,同时使元素透镜阵列宽度方向上的“行”的总

表1 R 为整数时积分器元素透镜的数目

R	2				3			
$N(l)$	2	3	4	5	2	3	4	5
$N(w)$	4	6	8	10	6	9	12	15
$N(m)$	8	18	32	50	12	27	48	75
R	4				5			
$N(l)$	2	3	4	5	2	3	4	5
$N(w)$	8	12	16	20	10	15	20	25
$N(m)$	16	36	64	100	20	45	80	125

表2 R 为非整数时积分器元素透镜的数目

R	1.5				2.5			
$N(l)$	2	4	6	8	2	4	6	8
$N(w)$	3	6	9	12	5	10	15	20
$N(m)$	6	24	54	96	10	40	90	160

宽 W 适当地大于长方向上“行”的总长度 L , $(W-L)/2$ 作为每列的上、下两侧增放“边缘补偿”的元素透镜。

边缘补偿元素透镜的宽度与每行中其他元素透镜相同, 而长度应小于每列中其他元素透镜长度的 $1/2$ 。边缘补偿透镜的作用是增加辐照面长度方向上

边缘的辐照度, 以改善辐照面内整体辐照均匀度。

4 结 论

本文针对辐照面要求为长方形的太阳模拟器设计采用了与辐照面具有相近长宽比的长方形光学积分器, 并对光学积分器系统中元素透镜的数目和分布进行了详细的阐述, 给出了相关的设计表格, 为要求辐照面为长方形的太阳模拟器的光学系统设计提供了帮助。

参考文献

- [1] 赵吉林, 仲跻功, 陈兴. TM-3000A1 太阳模拟器的研究[J]. 太阳能学报, 1981, 2(4): 147-424.
- [2] 仲跻功. 太阳模拟器光学系统的几个问题[J]. 太阳能学报, 1983, 4(2): 187-193.

作者简介: 付东辉 (1966-), 男, 吉林长春人, 高级实验师, 主要从事太阳、地球等外空间环境的模拟设备研究。

E-mail: fudonghui2009@sina.com