

· 光学设计 ·

用于短弧氙灯的光学调焦机构

孙利军

(光电信息控制和安全技术重点实验室, 河北 燕郊 065201)

摘要:设计了一种用于短弧氙灯汇聚光学系统的调焦机构,对周向及轴向的调焦方式分别进行了设计及计算:一方面通过细牙螺纹的结构实现轴向调焦;另一方面通过一组偏心轮装置完成周向调焦。最终实现了机构的三维连续调焦,在此基础上研制了调焦机构样机,经过多次试验验证了该调焦机构的可靠性,效果良好。

关键词:短弧氙灯;调焦机构

中图分类号:TN212;TH74

文献标识码:A

文章编号:1673-1255(2012)06-0026-03

Optical Focusing Mechanism for Short-arc Xenon Lamps

SUN Li-jun

(Science and Technology on Electro-Optical Information Security Control Laboratory, Yanjiao 065201, China)

Abstract: An optical focusing mechanism for short-arc xenon lamps is designed. The focusing control methods on axial focusing and lateral focusing are designed and calculated respectively. On one hand, axial focusing method is realized by the structure of fine thread. On the other hand, lateral focusing method is realized by a set of eccentric wheels. Three-dimensional and continuous focusing method of the mechanism is realized at last. Based on this, the structure sample of the focusing mechanism is developed. Its reliability is verified by many tests and good results are obtained.

Key words: short-arc xenon lamp; optical focusing mechanism

氙灯是利用高压、超高压惰性气体的放电产生辐射的一种高效率光源,能发射出叠加有少量线光谱的连续光谱。氙灯按电弧长短的不同,分为长弧氙灯和短弧氙灯,其中短弧氙灯是具有很高亮度的点光源,而且光色好、启动时间短,使用和控制都很方便,因此它在工业生产和科学研究等各个方面都有着广泛的应用^[1],它可用作标准白色光源、连续紫外辐射源也可以用作太阳模拟光源等。在实际应用中,如何使光源位于焦点处成为结构设计的重要内容,即是设计具体的调焦机构,它直接影响光学汇聚的效果。不同的光学系统,其调焦方式各不相同,常用的调焦方式主要有螺纹调节和凸轮调节等^[2]。以下提出了一种新的调焦方式,用于某种短弧氙灯,实现了三维连续调焦功能,可供光源汇聚系统的设计作参考。

1 光学汇聚系统组成

1.1 光学汇聚原理

反射镜的抛物面由方程 $y^2=2px$ 确定的抛物线绕X轴旋转一周形成,如图1所示,其中1为氙灯光源,2

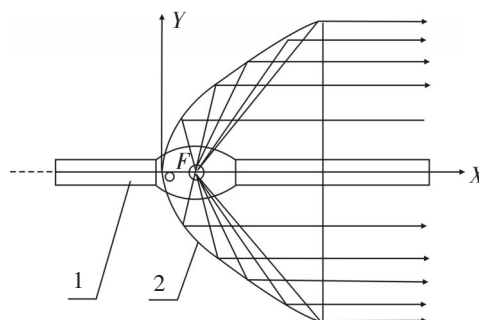


图1 调焦示意图

收稿日期:2011-09-24

作者简介:孙利军(1969-),女,内蒙古通辽人,硕士,高级工程师,研究方向为光电技术。

为抛物面反射镜,它的焦点 F 位于坐标 $(p/2,0)$ 上。

根据抛物面反射镜的光学性质,当光源中心位于反射镜的焦点 F 处时,光源在焦点发出的光线经反射镜反射后光线平行射出,在这种情况下,光能得到最大限度地汇聚。

若光源不在反射镜的焦点处,此时光源发出的光线经反射镜反射后向各个方向发散地射出,能量得不到汇聚。在实际系统中再小的光源也有一定的体积,可以将它看作是无数个点光源,分布在焦点区域,有一点在焦点,其他在焦点的上下左右,而且散布距离不同。光源体积越大,反射光斑就越虚^[3,4]。总之,点光源偏离焦点就会出现散射,越接近焦点,发散角越小。

为了避免这种现象的发生,必须设计调焦机构调节灯体或反射镜的位置,使它们能够连续在各个方向相对运动,目的是使光源的中心置于反射镜的焦点处,最终使光源处发出的光线经反射镜后近似平行地射出,能量得到最大限度地汇聚。

1.2 光源

所采用的短弧氙灯具有较好的稳定性,技术较成熟,光源发光点小,效率高。将这种稳定发光的短弧氙灯近似看作点光源。

1.3 反射镜

由光学系统设计制造了具体的抛物面反射镜^[5],实现对灯源发光能量的汇聚。

2 调焦机构的结构设计

2.1 调焦方式的选择

考虑到反射镜的制造加工成本高,高温容易变形等特点,最终选择反射镜固定,灯体移动的调节方式,达到调焦的目的。由于对整体体积的要求,又考虑到该机构经调节好焦距后用于系统中,在工作中不需要经常调焦,所以最终确定为手动调节方式,以后随着方案的改进,应该考虑电动或者自动调焦的方式^[6-9]。

2.2 调焦机构的结构设计

为了达到较小发散角的指标要求,设计该调焦机构的轴向调焦量为0~5 mm,圆周方向最大调焦量

$h=2$ mm。经设计的调焦机构的结构如图2所示。

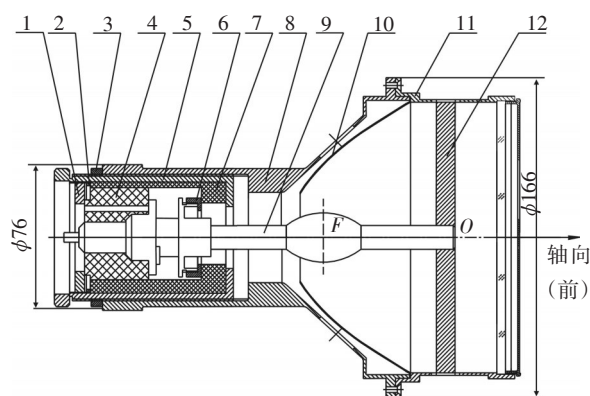


图2 调焦机构设计简图

反射镜10设计为在前灯罩11和后灯罩8之间的螺钉固定连接的结构形式,通过调节灯体9的移动,达到调焦的目的。

2.3 轴向调焦原理

图2显示的结构形式为,后端的偏心轮4、偏心轮7、锁紧螺母1、锁紧螺母2、挡环6、灯体9和调节腔体5形成固定连接在一起。灯体9的前端在连接套12的中心孔内连接配合,尺寸公差为 $\phi 18H7/g6$,这样灯体9不仅在连接套12中有非常小的间隙,保证了灯体的径向定位,而且灯体9能够在连接套12中轴向移动。调节腔体5与后灯罩8之间设计有细牙螺纹连接,旋转调节腔体5后端的旋钮就会形成与后灯罩8之间的相对运动,从而带动灯体沿轴向移动,从而达到轴向调焦的目的。轴向调焦完成后用锁紧螺母3锁紧。调节腔体与后灯罩之间留有8 mm的空隙,满足了轴向调焦0~5 mm的要求。轴向调焦后用锁紧螺母3加止动垫圈锁紧,实现灯体的轴向定位。

2.4 周向调焦原理及分析设计

灯体的前端通过支撑套12实现圆周方向的定位并与前灯罩11固定连接,灯体的后端与偏心轮4的中心孔与设计有较小的间隙配合,保证了灯体的周向定位^[9]。偏心轮4和偏心轮7的轴心与调焦机构的中心设计有一定的偏心量,这样通过调节偏心轮4和偏心轮7就能带动灯体以 O 为支点沿圆周方向转动,实现周向调焦。考虑到调焦机构周围的结构空间较小,在偏心套4和偏心套7的后端面上分别设计有两个窄槽,配合设计的专用调焦工具使用,就能够方便、快捷地实现机构的周向调焦功能。调整后分别

用锁紧螺母1和锁紧螺母2加止动垫圈来锁紧。周向调焦量分析如图3所示。

在图3中,设两个偏心轮的偏心量为 e , AB 为灯

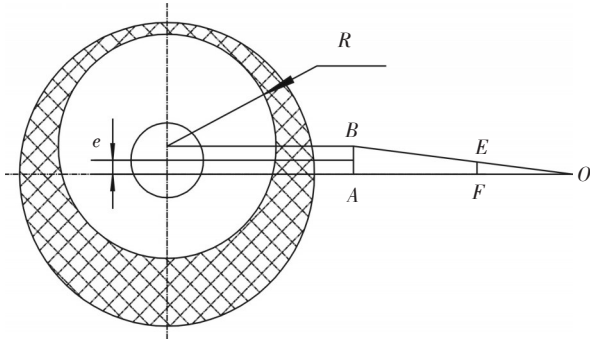


图3 周向调焦分析放大图

体后端偏心轮轴向中点处的最大圆周跳动量,即是 $AB=2e$ 。灯体与支撑套中心 O 点设为支点,光源 F 点的周向调焦量 $EF=h=2\text{ mm}$ 。

根据机构的实际尺寸, $OF=92\text{ mm}$, $OA=173\text{ mm}$ 。在 $\triangle OAB$ 与 $\triangle OEF$ 中: $EF/AB=OF/OA$ 。

计算得: $e=1.88\text{ mm}$

因此偏心轮4与偏心轮7的偏心量设计为 2 mm ,就能够满足光源圆周方向最大调焦量 $h=2\text{ mm}$ 的要求。

3 试验验证

将调焦机构固定安装在一个光学测试转台上,调焦机构与测试靶面之间的距离 L 需大于或等于 30 m ,试验装置^[11]如图4所示。

开始试验之前首先要调节光学转台,使之水平,

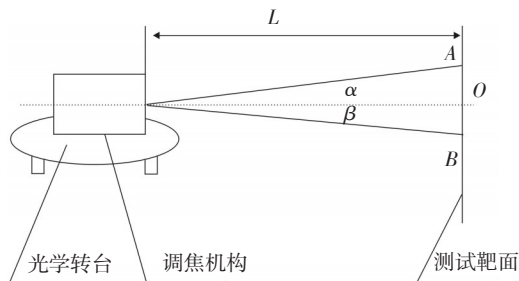


图4 测试装置示意图

然后将调焦机构置于光学转台的中心位置。试验开始时等待氙灯光源正常工作后,分别调节机构的周向及轴向焦距,参考测试靶面上的光斑情况,调好后一定要用锁紧方式锁紧。第一步,转动光学转台,观察测试靶面的光斑情况,同时用能量辐射仪测试光

斑的辐射能量,找到光斑的能量中心 O 点,记下此时光学转台的位置角度 θ 。第二步,向左转动光学转台,观察测试靶面的光斑情况,用能量辐射仪测试光斑的辐射能量,找到光斑的能量衰减为中心 O 点能量的50%的位置 A 点,记下此时光学转台的位置角度 α 。第三步,向右转动光学转台,观察测试靶面的光斑情况,同样地,用能量辐射仪找到光斑的能量衰减为中心 O 点能量的50%的位置 B 点,记下此时光学转台的位置角度 β 。该系统最终的发散角为 α 与 β 两个角度之和。在试验中还需要保证能量辐射仪符合GB6360的要求。根据上述测试方案,进行了多次的试验测试,由试验数据计算得出的发散角,小于该项目的发散角设计要求,试验验证了调焦机构的合理性。

4 结论

设计了一种调焦机构,实现了某种短弧氙灯汇聚系统的三维连续调焦功能,在此基础上研制的机构样机,结构设计紧凑,调节过程方便、快捷。经过多次试验验证了调焦机构达到了设计要求,具有很好的可靠性。

参考文献

- [1] 周天明. 光源原理与设计[M]. 上海:复旦大学出版社, 1993:284-293.
- [2] 张继超,丁亚林,张洪文. 一种航空画幅遥感相机调焦机构的设计[J]. 光学仪器, 2007, 29(2):50-53.
- [3] 章志鸣. 光学[M]. 北京:高等教育出版社, 1988:380-420.
- [4] (美)Warren J Smith. 现代光学工程[M]. 北京:化学工业出版社, 2011:180-201.
- [5] 胡明勇,刘文清,张权,等. 超大相对孔径抛物面反射镜的补偿检验[J]. 量子电子学报, 2006(2):29-32.
- [6] 熬志伟,李亦君. 基于DSP的红外双视场调焦系统设计[J]. 现代电子技术, 2009(9):140-142.
- [7] 柴方茂,樊延超. 一种新型调焦机构设计[J]. 光机电信息, 2010(6):16-19.
- [8] 张新洁,颜昌翔,谢涛. 星载光学传感器调焦机构的设计[J]. 光学精密工程, 2009, 17(11):135-139.
- [9] 徐淮安. 电影经纬仪自动调焦机构的结构设计[J]. 光学精密工程, 1996, 4(3):46-51.
- [10] 高泽远. 机械设计[M]. 沈阳:东北大学出版社, 1988:83-120.
- [11] 王洪岳,李桂才,尤振明. 大功率短弧氙灯寿命的探讨[J]. 光学精密工程, 1994, 2(3):36-40.