

·光电器件与材料·

氙灯抛物面反射器的优化设计

杨海波,王柏林,杜智明

(光电系统信息控制技术国家级实验室,河北 三河 065201)

摘要:抛物面反射器是一种较为理想的氙灯反射器.根据抛物面反射器的特点,分析了反射器焦距、口径、轴向离焦等与反射器包容角的关系,同时还分析了轴向离焦对反射器包容角、全发光距离的影响.

关键词:氙灯;反射器;抛物面

中图分类号: TN820.8⁺4

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2009)01-0043-03

Optimization Design of Xenon Lamp Parabolic Reflector

YANG Hai-bo, WANG Bai-lin, DU Zhi-ming

(National Laboratory of Electro-Optic System Technology, Sanhe 065201, China)

Abstract: The parabolic reflector is an ideal xenon lamp reflector. According to the features of the parabolic reflector, the relationship among the focal length, diameter, axial defocus and the wrap angle of reflector are analyzed. The influence axial defocusing on the wrap angle and the distance of complete flash is also discussed.

Key words: xenon lamp; reflector; parabola

抛物面反射器是一个轴对称二次曲面反射镜,它对于无限远轴上物点是等光程的,可用作氙灯的反射器.通过推导得出了抛物面反射器焦距、口径等与反射器包容角的关系,同时还对氙灯轴向离焦对反射器包容角、全发光距离等影响进行了初步分析,从而设计了一个氙灯抛物面反射器.

1 反射器面型选择

反射器的作用是控制光辐射方向,并根据需求分布辐射强度.反射器一般以一条曲线为母线绕轴旋转一周而产生,母线不同,反射光束情况也各不相同.如图1a中的抛物面反射器,当光源位于焦点处时,光源发出的光线,经反射器反射得到平行光束;而在图1b的椭球反射器中,从第一焦点位置发出的光通过反射器反射后会经过第二焦点,并形成发散光束.

显然,将氙灯光源置于抛物面反射器焦点位置

时,大部分反射光束平行于光轴,这样经反射器反射后,可以获得较小发散角的反射光束,进而得到较高的照射功率密度,因此,选择抛物面反射器作为氙灯反射器.

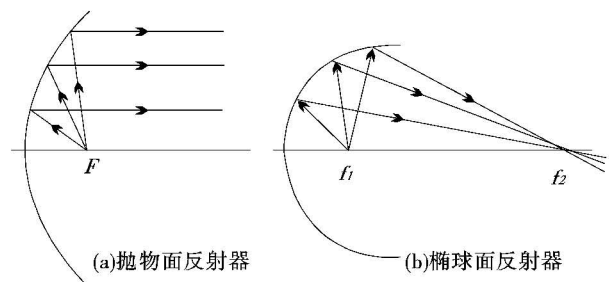


图1 反射器的基本曲面

2 反射器的设计

一个好的反射器,首要的就是尽可能多地收集光源辐射能量并将其投射到远场.通常,反射器收集

光源辐射能量的能力与光源在反射器中的包容角有关,反射器包容角越大,则光源利用率越高,投射到远场的能量也就越高。

对于抛物面反射器,由于受到抛物面反射器深度和焦距的限制,反射器只能反射集中在包容角 φ 内的辐射能量而形成有效辐射光束,其余辐射能量直接射出,如图 2 所示。

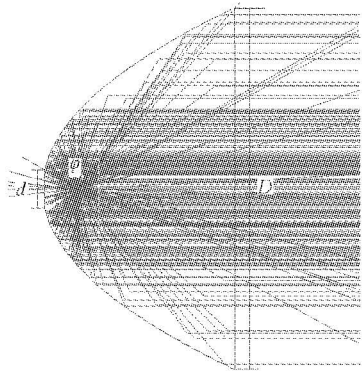


图 2 抛物面反射器包容角

由图 2 可知,抛物面反射器包容角与反射器的焦距、口径及中心孔直径有关。氙灯反射器中使用短弧氙灯,其发光体为球形电弧,大小约为 2 mm 左右,远小于反射器口径,为方便起见,将其视为点光源。根据抛物面的性质,可得到抛物面反射器包容角 φ 与反射器的焦距、口径及中心孔直径关系为

$$\tan \varphi = \frac{4pd \cdot D^2 - 4p(d^2 - 4p^2) \cdot D - 16p^3d}{(d^2 - 4p^2) \cdot D^2 - 16p^2d \cdot D - 4p^2(d^2 - 4p^2)} \quad (1)$$

式中, D 为抛物面反射器口径; d 为抛物面反射器中心孔直径; p 为抛物面母线方程焦点到准线间的距离,其大小为 2 倍的焦距。

从式(1)可以看出,在抛物面反射器中心孔直径大小确定时,抛物面反射器的包容角只与口径和焦距有关:当口径取适当值时,反射器包容角随着焦距变长呈现先增大然后变小的趋势;而当焦距一定时,随着口径增大,反射器包容角也越大,如图 3 所示。

3 反射器的离焦分析

当氙灯光源中心与抛物面反射器焦点不重合沿光轴方向产生前后位移时,即产生离焦,这时反射器的包容角和全发光距离发生变化,从而影响氙灯远

场辐射强度。

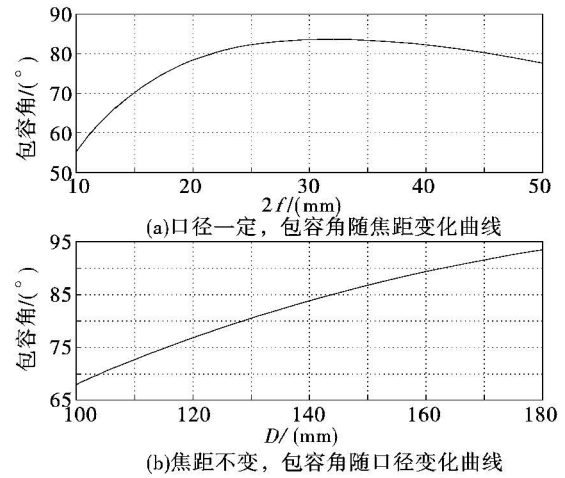


图 3 抛物面反射器包容角与焦距、口径的关系

3.1 离焦对包容角的影响

设氙灯轴向离焦量为 Δf ,则抛物面反射器包容角与离焦量关系可表示为

$$\tan \varphi = \frac{4pd(D^2 - 4p^2 - 8p\Delta f) - 4pD(d^2 - 4p^2 - 8p\Delta f)}{(d^2 - 4p^2 - 8p\Delta f) \cdot (D^2 - 4p^2 - 8p\Delta f) + 16p^2d \cdot D} \quad (2)$$

式中, D 为抛物面反射器口径; d 为抛物面反射器中心孔直径; p 为抛物面母线方程焦点到准线间的距离,其大小为 2 倍的焦距。

分析式(2)可知,随着氙灯从焦后位置到焦前位置的连续调焦,抛物面反射器的包容角出现逐渐变大的趋势,如图 4 所示。

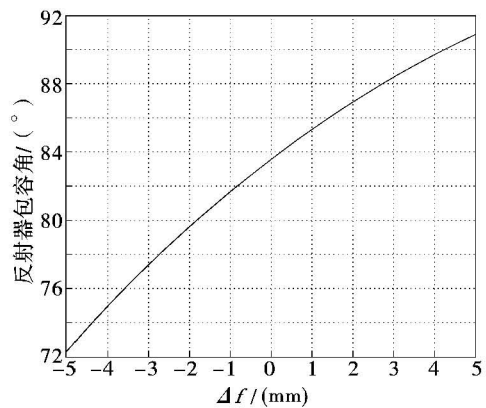


图 4 不同离焦量时反射器的包容角

从图 4 可以看出,仅从反射器包容角角度来看,在焦前位置放置光源,有利于增大抛物面反射器的包容角,提高反射器的利用率。

3.2 离焦对全发光距离的影响

在全发光距离区域外,都可以接收到来自反射器各点的反射光线.全发光距离与光源的大小及安装位置有关.在光源大小一定时,当光源沿轴向移动,由于光源不在反射器焦点上,则光源中心到反射器上反射点的距离也随之增大或减小,全发光距离则随着光源在反射器焦点前后位置的不同而变化。

设氙灯轴向离焦量为 Δf ,根据全发光距离与光源中心到反射点距离关系,可得到全发光距离与离焦量的关系为

$$L_0 = \frac{R^2}{r \sin(\arctan(4fR / (R^2 - 4f^2 - 4f\Delta f)))} \quad (3)$$

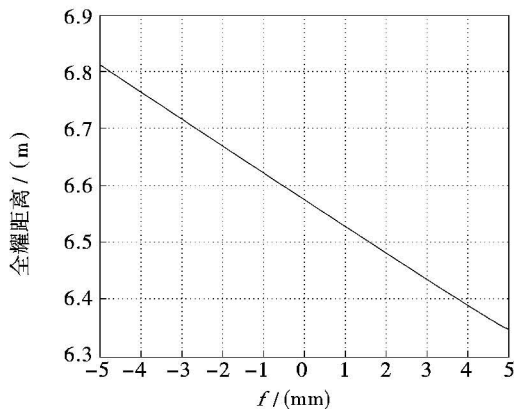


图 5 不同离焦量时反射器的全发光距离

式中, R 为抛物面反射器孔径半径; f 为抛物面反射器焦距; r 为球形光源半径。

分析式(3)可知,随着光源从抛物面反射器从焦前位置向焦后位置的移动,全发光距离在逐渐增大,如图 5 所示.因此在只考虑离焦量对全发光距离影响的条件下,将光源放置在焦后位置,有利于增大反射器的全发光距离。

4 结 论

在分析抛物面反射器参数与反射器包容角关系后,设计了一个口径 $D = 140 \text{ mm}$ 、中心孔直径 $d = 28 \text{ mm}$ 、焦距 $f = 15.65 \text{ mm}$ 的氙灯抛物面反射器.经过测试,该反射器可以得到发散角优于 1° 的氙灯光束,同时,根据对抛物面反射镜离焦的分析结果可知,为了增加反射器的包容角提高光源利用率,可将光源置于反射器焦前位置,但同时全发光距离变短.因此,在实际使用中,需要综合考虑离焦位置,以便获得更好的效果。

参考文献

- [1] 张北宁.非相干辐射源的发展与应用[J].光电技术应用,2004,19(2):15-16.
- [2] 周天明.光源原理与设计[M].上海:复旦大学出版社,1993.
- [3] 张以谟.应用光学[M].北京:机械工业出版社,1982.

(上接第 28 页)

- [1] 的分析[J].光电技术应用,2005,20(1):21-23.
- [2] 柴宏亮,孙晓泉.高重频激光干扰参数分析[J].光电子技术与信息,2005,18(6):26-28.
- [3] 徐代升,王建宇.高重频激光压制干扰与激光制导系统相互作用效应研究[J].量子电子学报,2006,23(2):209-211.
- [4] 童忠诚,孙晓泉,杨希伟.基于弹道仿真的激光高重频干扰技术探讨[J].电光与控制,2008,15(3):15-17.
- [5] 邢辉,丁振东,雷萍,等.光电干扰对激光制导炸弹攻击效果的影响分析[J].电光与控制,2007,14(6):51

- 54.

- [6] 巨养锋,马宝强,姚梅,等.激光制导信号的编码和干扰技术[J].电光与控制,2007,14(1):85-86.
- [7] 吴建军,王金玉.一种激光导引头抗高重频干扰的方法[J].激光与红外,2007,37(10):1081-1084.
- [8] 申会庭,柴金华.抗高重频激光有源干扰的方案研究[J].量子电子学报,2007,24(3):202-205.
- [9] 薛建国,陈勇.高重频激光对激光导引头的干扰研究[J].航空兵器,2006,6:30-32.
- [10] 邓仁亮.光学制导技术[M].北京:国防工业出版社,1994.