

文章编号:1005-3085(2003)05-0071-03

关于“车灯线光源的优化设计”问题的光学思路

唐 武

(上海市激光技术研究所, 上海 200233)

摘 要: 本文运用光源的朗白定律、光线反射定律的向量方程、照度分布和同心光束等光学方法, 并且对近似平行光束进行象散光束分析, 讨论了车灯线光源的优化设计问题的解题思路。

关键词: 线光源; 抛物面反射镜

分类号: AMS(2000) 49K35; 78A55

中图分类号: O224; O29; TM923.02

文献标识码: A

本题是一个光学问题, 宜用光学的思路来做。题目如图 1 所示, OQ 是抛物面反射镜, 且为镜面反射, PR 是在焦点 F 上的线光源, ABC 是测量照度的屏, 要求在满足所给的条件计算出线光源长度和屏上的照度分布, 并进行相关讨论。

问题中的光线传播可用图 1 属于几何光学的光线传播理论来讨论; 屏上的照度可用图 2 属于光度学的光束来讨论; 最后综合出答案。

光源沿某个方向上的发光强度除以其垂直方向上的面积称为光亮度, 本题的线光源上各点的同方向上的光亮度都假定相同。题目中的线光源应该和其他光源一样的是漫射发光面(或线), 那么它应遵循朗白定律(也称朗伯定律), 即它的发光强度 I 与其方位角 ϕ 的余弦成正比, $I = I_0 \cos \phi$, 如设 $\omega = \pi/2 - \phi$, 则 $I = I_0 \sin \omega$, ω 是 PR

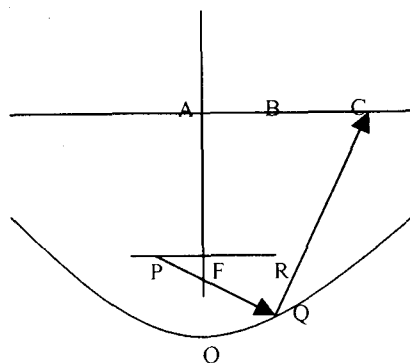


图 1 反射路线

与 PQ 的夹角。电灯的钨丝、日光灯、太阳等发出的光线都符合朗白定律, 所以不管从什么角度看起来亮度都均匀相同。如果把它们看成是由一个个点光源串成的一条直线, 且发光强度各个角度都相同, 那么, 例如, 在斜看日光灯时, 眼睛看上去的灯管长度就要比正面看时短一些, 为 $\cos \phi$ 倍; 而如果所有发光点进到眼睛里的光和正面看时一样的多, 结果就比正面看时要亮, 为 $1/\cos \phi$ 倍, 而太阳这个光球看起来也会边上比中间亮得多, 这些都是不符合实际的。因此本题屏上的照度公式应该都乘上 $\sin \omega$ 。另一方面, 经过理想化处理以后的问题总是与实际情况会有不少的出入, 光学、实际灯管、加工装配误差等都使其偏离理想情形。而本题主要是数学讨论, 所以 PR 线光源最好假定为实际生活中不存在的透明光源, 如果线光源挡光了, 在图 1 上的 B 和 C 点就会正好是处于整个屏面上照度突然小很多的一段线上, 使本题

要求的线光源长度与屏上的照度分布的关系有影响,不利于较好的数学讨论。

P 点向 Q 点发射的光束称同心光束,它遵循平方反比定律,即点光源关于垂直照射面上的照度与到该面的距离平方成反比。因此本题屏上的照度公式上应该乘以 $(PQ)^{-2}$, 它的反射光在反射点 Q 附近照度也应与此相同(见图 2)。

在反射点 Q 处用几何光学中关于光线反射定律的方程: $B = A - 2n(A \cdot n)$, 这里 A 为入射光向量, B 为反射光向量, n 为反射面上入射点处的单位法向量, $(A \cdot n)$ 为 A 与 n 的标积。用这个公式可以计算本题的光线传播问题。

Q 点向 C 点发射的光束是象散光束还是近似地作为平行光束要根据计算的结果来选取。当一个发光点 P 离开光轴 OA 距离很远时,它照到镜片上一般都会产生图 3 的情况,(为了使得图样线条变得清晰,图 3 用透镜来表示反射情形)。如果发光点 P 在光轴 OA 上,即 F 点,子午焦线和弧矢焦线就不分离,它们或者合成一个焦点,或者如本题目中所产生的平行光。如果发光点 P 很靠近光轴 OA , 结果或者是图 3 上的子午焦线和弧矢焦线会靠得很近,或者如本题中它们离光学系统都非常远,甚至近似为没有焦线的平行光束。本题的线光源端点离光轴 OA 的距离是半个线光源的长度,好在最远发光点离开光轴不远,因此可以从线光源的一端向抛物面反射镜边界作几条光线(如图 3),并计算出反射光线的相交情况,看两条焦线是否离开光学系统很远,或者几乎没有。如果是这样, Q 点向 C 点发射的光束就可以近似地作为平行光束,否则就是象散光束,就需要考虑屏上的光斑形状。

被照屏 ABC 上的照度与 QC 光线入射角(屏面的垂线 OA 与 QC 的夹角) β 的余弦成正比,这是照度的余弦法则(称为布给定律)。因此本题屏上的照度公式应该乘以 $\cos \beta$ 。另外,屏上的照度应遵循照度叠加原理,即,在屏面上得到的总照度为各个分照度的和。最后,可以将这些总和叠加,把具有相同照度的点连成曲线,称为等照度线。

至于 PR 线光源直接射到屏上的光在这里可忽略不计,因为直射光与反射光在屏上的照度之比 $(PQ/FA)^2 \approx 10^{-6}$, 太小了。另外,如果在屏上的照度的公式上乘 $(PQ)^{-2}$, 就是将抛物面反射镜看成漫射反光面,与镜面反射的题意不符。

解题基本的方法是先算出从一点 P 到一点 Q ,再到一点 C 的屏上照度的关系。然后再对所有的 P 和 Q 计算成总照度。这种方法具有通用性,但是只有最终的结果,不好做出阶段性的正误判断。

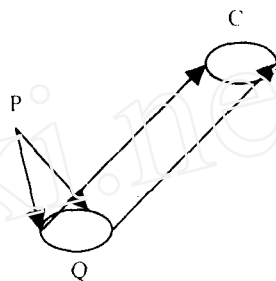


图2 光束反射

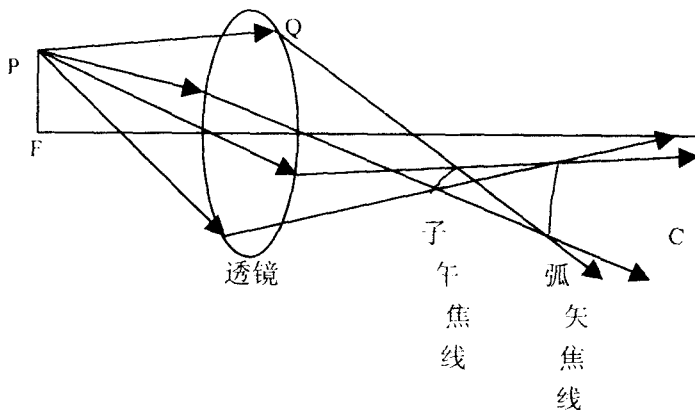


图3 几条光线反射图

利用本题的特点,也可以先从一点 P 出发,经过抛物面反射镜上所有可能的 Q 点,到达屏上 C 点,再对相应的照度进行叠加,组成分照度。然后,再把对所有 P 点所对应的分照度叠加。这种方法的好处是在计算分照度时就可以知道是否有大的差错。比如对应于 F 点,在屏上的分照度所显示的光斑的半径应该是抛物面反射镜开口半径 36 毫米,对于其他的 P 点也不应该有大的出入,如果差得很大,则计算错了。按照这种设想,可以直接得到照射到 C 点时所需要的线光源粗略长度 L ,得到 $L \approx 3.12$ 毫米,即 $L/FG = 2 * AC/AO$ 。因为线光源上一点发的光被抛物面反射镜反射时,会象探照灯一样的把基本上是平行的光照射到另一边的屏上,而屏上光斑的半径如果与 36 毫米差不太多的话,则比起 AC 的 2600 毫米要小得多,所以取这样的近似是合理的,如果最终得到的 L 与此差得很多则是计算错了。

当然如果先对一点 Q ,并对所有 P 点进行计算,再对所有 Q 进行计算,如果计算的结果是正確的,方法如果能够做到较方便一些,则也是一个方法。

参考文献:

- [1] 王之江. 光学技术手册(上册). 机械工业出版社, 1994, p1 ~ 3, p23 ~ 25, p32 ~ 33, p511 ~ 519, p586 ~ 648, p796

An Optical Thinking About the Problem of "Optimal Design for Linear Headlight Source"

TANG Wu

(Shanghai Institute of Laser Technology, Shanghai 200233)

Abstract: In this paper, the thinking to solve the problem of optimal design for linear headlight source is discussed by using optical methods that contain Lambert's (cosine) law of light source, the vector equation of ray reflection law, the illumination distribution, the homocentric beam and the astigmatic beam analysis of approximate parallel beam etc.

Keywords: Linear light source; paraboloidal mirror.

(上接 93 页)

The Optimum Design on Lottery Schemes

XI Yue, DOU Wen, GAO Yun-qing

Advisor: ZHANG Zhi-qiang

(Southeast University, Nanjing 210096)

Abstract: The probability of each prize item and the setting of the prize item and the prize were researched, and the effects on rationality of the lottery scheme caused by lottery attraction for lottery fans were also discussed. Two problems were analyzed. In first problem, the 29 schemes were given. Rationality of each scheme was numbered by faint general method and was measured by giving the coefficients to effect on the rational factors, and the result showed that the schemes 26 and 27 are the best schemes, which their rational factor are 0.5300 and 0.6414. Then the stability of the model was analyzed. In secondary problem, about 29 schemes in the first problem, the rationality of each scheme was computed by linear optimization, which their best rational factor and setting of best prize item were computed by Lingo software. In the final, the other factors about the model were more discussed, and some kind advice was brought forward to management and lottery fan.

Keywords: probability; distribution and setting of the bonus; the attraction; the rationality of the Lottery schemes; Fuzzy Evaluation.