

文章编号:1008-5521(1999)06-029-03

# 照明光学系统的 CAD

安连生 王自强

(北京理工大学光电工程系)

**摘要** 照明光学系统的设计与成像光学系统的设计不同,随着计算机的发展,目前已有许多光学设计的软件包出现,但它们都是针对成像光学系统设计的,对于照明系统还是空白。本文针对照明光学系统的计算机辅助设计中要重点解决的问题,按系统结构分成几部分(光源、光学系统、照明面)进行讨论、研究。这些研究将为以后照明系统的设计打下基础。

**关键词** 照明系统 CAD

**中图分类号** TM923.01 **文献标识码** A

## 1 引言

通常我们所提到的光学系统大多数属于成像光学系统,其设计方法已十分成熟,形成了较为完善的理论。从八十年代以来,伴随着计算机的发展,也相继出现了一些了光学设计方面软件包,如北京理工大学研制的 SOD88、SOD4.0、GOLD 及国外的 CODEV 等。这些软件使用起来十分方便、有效,大大提高了设计的效率与质量。但它们大多都是针对成像光学系统设计研制的,即它们仅适用于成像光学系统。而照明光学系统属于另一大类光学系统,是非成像光学系统,虽然它采用了许多类似于传统光学系统的设计方法,但它与成像光学系统确实存在大量的不同之处。例如成像光学系统的设计中一般不考虑物方空间的亮度分布,而照明光学系统则必须考虑光源(如灯丝)的形状及其亮度分布特性。成像光学系统在像方一般是成一个平面像,而照明光学系统需要照亮的往往是一个立体空间。成像光学系统的物像空间有点对

应点的共轭关系,故可以在视场中心和边缘选取几个抽样点,追迹光线到相应的像点,用垂轴像差、点列图或光学传递函数对系统的成像质量进行评价。而照明光学系统没有物象共轭关系,照明区域中任意一点的照度都是由光源上许多点发出的光能,通过照明系统分配后叠加形成的,故而无法套用成像系统的分析和评价方法。

另外,成像光学系统虽然可能非常复杂,但绝大多数情况下可以把其中各光学面有序排列,所有光线均按此顺序逐一通过各面。照明光学系统的形成却多种多样,如汽车前照灯的配光镜,通常是由许多面型大小各不相同的柱面镜组合起来的。这些柱面镜构成了一组非顺序面,对非顺序面的数学处理和光线追迹则要复杂得多。

简单地讲,照明光学系统可以大致分为三个部分:光源、光学系统、照明平面。我们以下依次讨论。

## 2 光源

在日常生活和科学研究中,光源的种类很多。而在照明光学系统中,经常使用的光源却有一些特殊的要求。由于我们把计算机引入照明光学系统设计过程,因此,必须把照明光学系统的各部分在计算机中实现。对于光源部分来说,也就是寻找各种光源的简单有效的描述方法,而且能充分反映光源的发光特性,即模拟光源。目前,模拟光源常使用的方法有三种,第一种是把光源简单地看作大量点的聚集物。第二种是认为光源是由一系列位于不同轴向位置的圆盘组成,其中每一个圆盘都是由相等数量空间点光源的一系列同心圆环组成。第三种方法是把光源看成是用圆锥或圆柱联结起来的直径可能不等的两个半球。球光源则可以看作是第三种情况的特殊情况,这时第三种情况中的两个半球直径相同,而且球心之间的距离为零。我们可以采用类似于切割橙子的方法来分割球光源。

通过这样的操作,我们就得到一定数量的表面分区。在确定琥珀球光源的强度分布时,对于每一个分区的权重因子是统一的,而对于每一条出射的光线的权重因子却是光线方向矢量和光线与光轴夹角正弦的乘积。

光源的这种处理方法仅仅考虑了光源特性的表面分布,且属于定性的考虑。事实上,每个光源都有其特定的位置和方向,而且有其特殊形状,包括点状、矩形、椭圆形、球状、圆柱状等等。

我们知道每种光源都有自己的发光特性,用公式可表示为:

$$R(X, Y, A, B) = R_{\max} \times R_1(X, Y) \times R_2(A, B)$$

其中  $R_{\max}$  表示光源的最大发光强度;  $R_1$

表示光源上的不同空间位置辐射变化,  $R_2$  表示了辐射的角度分布,该表达式可用于描述某些光源,对于具体不同光源,对其进行描述,实际主要是建立关于  $R_1, R_2$  的表达式。

## 3 光学系统

光学系统在整个照明光学系统中占有很大的比重,它的构成直接影响照明面的照度分布。目前已经使用的照明光学系统也很多,包括投影系统、光纤系统、弧光反射器和尾灯等,每一种系统都有其特殊的光学系统部分。对于绝大多数的照明系统来说,其目标就是把光源发出的光线通过光学系统后在照明面上产生特定分布。由此可见,实际使用中用户提出的对照明面的特定要求是由光学系统的相应特定结构来实现的。

照明系统的光学系统部分和普通成像系统有相似之外,但是有些在成像系统中不常见的情况,却在照明系统中频繁出现,这些主要表现在以下几个方面:

1) 各光学表面组成了一组非顺序面,也就是说一条给定光线并不按顺序通过各光学面,而是通过系统中光学面的一部分或全部。而在成像光学系统中光线是按顺序逐一通过各光学面的。

2) 照明光学系统中经常出现表面旋转和平移。

3) 非旋转对称和多面体表面是常见现象。

由于这些情况的存在,我们必须采用一些相应的措施去克服这些问题。这里提出的一种方法就是定义一个球坐标系统。照明系统中的每一个光学面,以其表面顶点为原点,建立一个局部球坐标系统,则表面的所有其它特性,如表达式,口径等都定义在其中。

针对第二个问题,即出现了非共轴现象,由于我们在编制程序是常使用的光线追迹公

式也是针对共轴系统而言的。因此,必须对全球坐标进行平移、旋转,以适应该公式。另外,为了克服表面顺序的局限(第一个问题),确定光线经过表面的顺序,我们不必先去研究在给定面上的任意光线与其它表面中任一表面相交的可能性,而确定一个合理的表面系列的矩阵才是最重要的部分。

在照明光学系统中,同样要用到光线追迹,关于这一点,从照明系统的目的和原理可知。因此,掌握一条给定光线在整个光学系统中如何进行十分关键,即上面提到的表面顺序问题。根据照明光学系统的特殊性来看,一条光线在通过一给定的光学面后,这条光线可能与几个表面中的任一个相交。如果实际上它与这些表面中的某一个相交,那么这一个表面就被定为是给定表面的下一个表面。另外一种情况就是对当前表面后的所有被允许的表面都进行测试,其中通过路程长度最短的就认为是该给定表面的下一个表面。对于具体情况可选择使用。

众所周知,简单地光学系统是由多个球面组成,但是随着科技的发展,用户对光学系统的要求也越来越高。在成像光学系统中,为了满足要求,往往使用二次、三次或更高次的表面取代球面。而在照明光学系统中,由于对像差的要求并不太高,一般只需校正球差,所以光学系统多由球面组成,但是从目前看来,非球面也逐渐应用于照明系统中,一般情况下是把最后一个表面设计成非球面,以减少和校正系统像差。

#### 4 照明平面

照明平面是用户最关心的部分,用户常常是对照明平面提出一定的要求,而设计者就是通过光源的选定和光学系统的设计来达到这个要求。这应是一个反复与要求相比,反

复修改系统结构的过程。幸而有计算机的存在,使得该过程变得不再繁琐。

对绝大多数照明光学系统来说,用户提出的照明面的目标与要求,多是照度要求。因此,我们首先要做的就是计算光源发出的光线通过光学系统后在目标面上产生的照度分布。然后与用户要求的照度分布相对照,再根据比较结果来修改光学系统。关于计算照度的方法很多,常用的方法是,用一个二维阵列把目标面分成许多小的区域,光线(一大束)从光源的不同点发射出来。通过光学系统后投射到目标面上(其实这就是一个光线追迹的过程)于是在每一个小区域内都能接收到一定数量的光线,我们通过每个区域内光线数目的多少来确定整个照明面上的照度分布。但是对于该方法,为了达到一定的精度,必须追迹相当大量的光线。例如目标面若用  $10 \times 10$  的阵列来分割,则整个照明面被分成了 100 个小的区域,这时追迹 10000 条光线,显然每个小区域中的平均光线数应为 100 条,该情况下误差的数量级应是其平方根,即小区域中光线数目的不确定度应为 10%。很显然,追迹的光线数目越大,则精度越高。

在分析照明面时,可用一维、二维、三维图形表示照度分布的状况。

#### 5 结束语

在照明光学系统实际的设计中,还有许多具体的问题要解决,这一方面要在设计过程中不停的总结、归纳。另一方面就是多参阅其它资料,取众家之长,并能时刻跟上世界的发展趋势。

#### 参 考 文 献

1. Thomas P. Vogl, et. al. Semiautomatic Design of illuminating Systems, Applied Optics, 1972, 11(5).
2. Lan Powell, Amanda Brewsher, Software development for design of illumination systems, Optical Engineering, 1994, 33(5).

# 照明光学系统的CAD

作者: [安连生](#), [王自强](#)  
作者单位: [北京理工大学光电工程系](#)  
刊名: [灯与照明](#)  
英文刊名: [LIGHT & LIGHTING](#)  
年, 卷(期): 1999, 23 (6)  
被引用次数: 6次

## 参考文献(2条)

1. Lan Powell; Amanda Brewsher [Software development for design of illumination systems](#) 1994(05)
2. Thomas P Vogl [Semiautomatic Design of illuminating Systems](#) 1972

## 引证文献(6条)

1. [闫春光](#), [檀柏梅](#), [袁景玉](#), [牛萍娟](#) [基于ASAP软件的LED光学特性模拟](#)[期刊论文]-[现代显示](#) 2008(9)
2. [张杰](#), [萧泽新](#), [韩文峰](#) [临界照明光学系统设计新方法的研究及应用](#)[期刊论文]-[光学技术](#) 2008(z1)
3. [张芸](#), [刘铁根](#), [张学敏](#), [纪迎平](#), [方素香](#) [LED路灯光强模拟分布及实验验证](#)[期刊论文]-[光学仪器](#) 2008(1)
4. [肖华鹏](#), [黄金龙](#), [萧泽新](#) [基于VB的照明专用CAD软件设计](#)[期刊论文]-[光学技术](#) 2006(z1)
5. [黄金龙](#), [肖华鹏](#), [萧泽新](#) [照明系统中点光源的光照度分布分析](#)[期刊论文]-[光学技术](#) 2006(z1)
6. [蒋伯林](#) [车灯反射镜配光性能仿真计算软件的研制](#)[学位论文]硕士 2002

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_dyzm199906010.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_dyzm199906010.aspx)