

共轴双反射光学天线系统的优化设计

邓 瑜

(西南技术物理研究所, 成都)

摘要: 本文介绍一个共轴光学天线系统的计算机自动优化设计软件, 此软件可使设计者方便、快速地设计各种优化的共轴双反射镜系统。

The optimum design of coaxial bi-reflective optical antenna systems

Den Yu

(Southwest Institute of Technical Physics)

Abstract: A software of the optimum design of coaxial bi-reflective optical antenna systems is introduced in this paper. This software is very convenient for designers to design and kinds of coaxial bi-reflective optical antenna system.

前 言

双反射式光学天线是激光通讯、激光遥感以及红外扫描领域中广泛采用的一种光学天线系统。一般的球面双反射系统存在许多缺点, 如视场小、球差大、体积大等, 采用非球面的双反射系统可以克服这些缺点。非球面双反射镜天线的设计计算量较大, 因此编制了计算机设计软件, 以便设计者方便、快速地设计各种优化的双反射镜光学系统。

一、编制软件所采用的算法简介

用本软件设计的共轴双反射镜光学天线系统包括: 一个较大的主镜和一个较小的次镜, 如图1所示。次镜为凸面镜的系统称为卡氏系统, 次镜为凹面镜的系统称为格氏系统。所编制的软件可方便地对这二种系统进行优化设计。

如图1, 设自主镜顶点 O_1 算起, 主镜 M_1 的顶点曲率半径为 r_{01} , 面间距为 d , 主镜顶点到系统总焦点的距离为 b (称为系统的后截距)。从次镜顶点 O_2 算起, 次镜 M_2 的顶

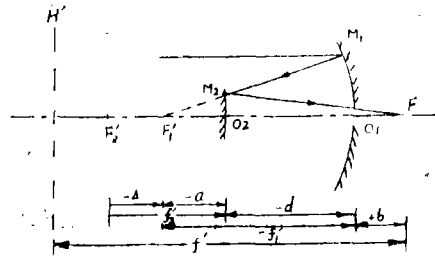


图1

点曲率半径为 r_{o_2} ，与主镜焦点 F_1 的距离为 a 。自系统后主面 H' 算起，整个系统的后焦距为 f' ，主镜焦点 F_1 与次镜焦点 F_2 的距离为 d ，次镜的横向放大率为 β 。由光学系统的近轴关系及图1中几何关系即可求出这些近轴量之间的关系如下^[1]：

$$\left. \begin{aligned} r_{o_1} &= 2f_1' = 2f' / \beta \\ r_{o_2} &= 2\beta(-f_1' + b) / (\beta^2 - 1) = 2(f' - \beta b) / (\beta^2 - 1) \\ d &= (\beta f_1' - b) / (\beta - 1) = (f' - b) / (\beta - 1) \\ a &= a / f_1' = (b - f_1') / [(\beta - 1)f_1'] = (\beta b - f') / [(\beta - 1)f'] \\ D_2 &= \alpha D_1 \\ D_3 &= D_2 b / (b - d) = D_1 \alpha b / (b - d) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

上式中， α 近似为主镜直径与次镜直径之比——遮拦比。 D_1 、 D_2 为主、次镜直径， D_3 为主镜上开孔直径。

系统的有效 F 数为系统焦距 f' 与主镜口径减去次镜口径所有的通光口径之比^[1]：

$$F_e = f' \{1 / [1 - (D_2 / D_1)^2]\}^{1/2} / D_1 \quad (2)$$

以上求出了双反射系统的部分参数，这些参数与非球面系数无关。若假设非球面为旋转对称的二次曲面，可用偏心率 e_1 、 e_2 来表示，这样，非球面方程可表示为^[1]：

$$y^2 = 2rx - (1 - e^2)x^2 \quad (3)$$

根据波象差理论可求出卡氏系统和格氏系统的初级象差系数 S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 、 S_5 的表示式为^[1]：

$$\left. \begin{aligned} S_1 &= \pm \left\{ \frac{-(\beta^2 - 1)(1 - \beta b / f') - \beta^3}{4} e_1^2 + \frac{\beta^3}{4} e_2^2 + \frac{(\beta + 1)^3 (1 - \beta b / f')}{4(\beta - 1)} e_2^2 \right\} \\ S_2 &= \frac{\beta^2 (1 - b / f') + (1 + b / f')}{4} - \frac{(\beta + 1)^3 (1 - b / f')}{4(\beta - 1)} e_2^2 \\ S_3 &= \pm \left\{ \frac{-\beta^2 (1 - b / f')^2 + (1 + b / f')^2 - 4\beta}{4(1 - \beta b / f')} + \frac{(\beta + 1)^3 (1 - b / f')^2}{4(\beta - 1)(1 - \beta b / f')} e_2^2 \right\} \\ S_4 &= \pm \left\{ \frac{\beta^2 (1 - b / f') + \beta - 1}{1 - \beta b / f'} \right\} \\ S_5 &= \frac{(\beta^2 - 1)(1 - b / f')(b^2 / f'^2 + 4b / f' + 3)}{4(1 - \beta b / f')^2} - \frac{(\beta + 1)^3 (1 - b / f')^3}{4(\beta - 1)(1 - \beta b / f')^2} e_2^2 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

上式中，取正号时为卡氏系统，取负号时为格氏系统。因此，适当地选择 e_1 、 e_2 的值即可满足系统的各种象差的不同要求。

二、计算框图及程序的运行

按照上述方法设计的计算程序框图如图2所示。

使用此软件设计卡氏系统或格氏系统时，可根据设计者的不同需要用两种方式进行输入，即输入 F_1 、 β 、 b 、 D_1 或输入 R_1 、 b 、 d 、 D_1 。输入所需要满足的结构参数后，计算机将进行一系列提问，最后计算并打印出设计好的光学系统的结构参数。整个程序的运行时间在1 min以内。

下面以 $R_1 = -1500$ ， $b = 1603.8$ ， $d = -675$ ， $D_1 = 200$ 的卡塞格林光学天线的设计为例进一步说明程序的运行过程：

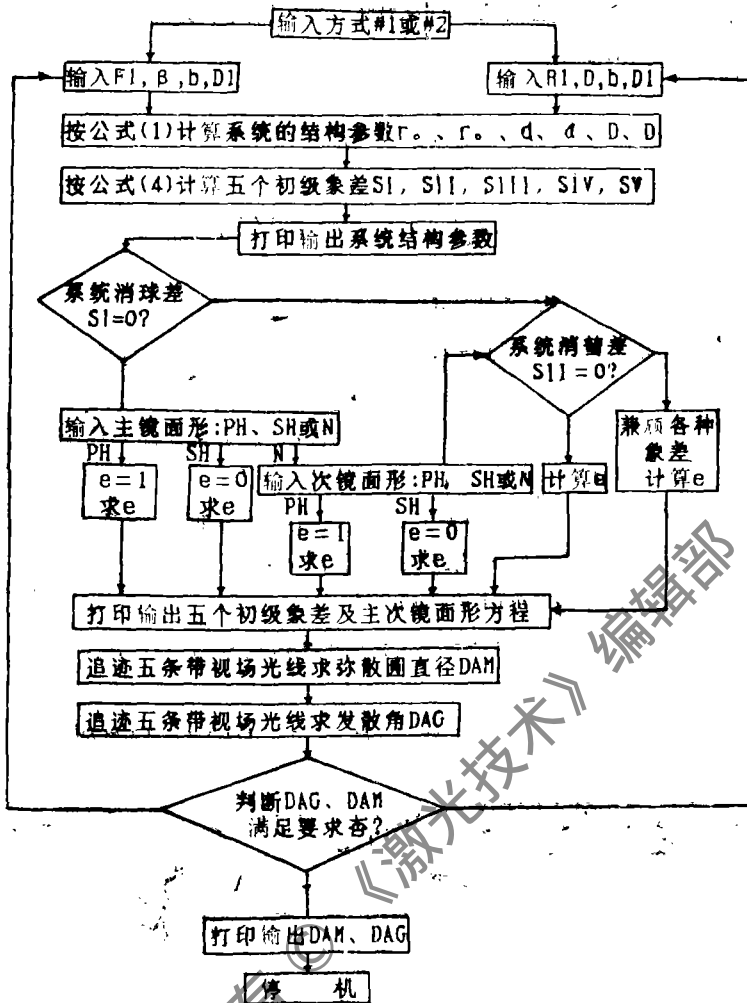


图2

RUN

卡氏系统或格氏系统 (K/G)? K

输入方式1或2? 2

输入方式2: 请输入 R_1 , b , d 和 D_1

$R_1 = ?$ -1500

$b = ?$ 1603.8

$d = ?$ -675

$D_1 = ?$ 200

系统消球差 ($S_1 = 0$) (Y/N)? Y

输入主镜面形: 抛物面 (PH), 球面 (SH) 或都不是 (N)? PH

$f = 22788$	$\beta = -30.38399$	$b = 1603.8$	$\alpha = 0.1$
$R_{01} = -1500$	$R_{02} = -155.1049$	$c_1 = 1$	$c_2 = 1.140761$
$d = -675$	$D_1 = 200$	$D_2 = 20.00001$	$D_3 = 14.07583$
$S_1 = 0$	$S_2 = 0.5$	$S_3 = 9.703792$	$S_4 = 263.4559$
$S_5 = 52.70741$		$f_e = 114.514$	

主镜面形方程 : $Y \wedge 2 = -3000 * X - (0) * X \wedge 2$
次镜面形方程 : $Y \wedge 2 = -310.2098 * X - (-0.1407613) * X \wedge 2$
主、次镜间隔 : -675
主镜口径 : 200
次镜口径 : 20.00001
主镜上开孔直径: 14.07583
出射光束发散角: 7.45mrad
弥散圆直径 : 0.2548643
计算完了吗 (Y/N) ? Y
OK

结 论

本文介绍的计算机软件可方便地对卡氏系统和格氏系统进行优化设计。

参 考 文 献

- [1] 张幼文著,《红外光学工程》,上海科学出版社,1984年。
- [2] 袁旭沧著,《光学设计》,科学出版社,1983年。
- [3] Appl.Opt.,1979, Vol.18, No.24, P.4182.
- [4] 邓瑜,用于GaAs激光射击模拟器的光学天线的初步探索以及CO₂激光大气通信机的光学天线的优化设计,1987年3月。

作者简介: 邓瑜,女,1964年3月19日出生。硕士研究生。现从事电视跟踪器模拟工作。

收稿日期: 1989年10月27日。

· 简 讯 ·

有机材料漫反射泵浦腔已申请专利

北京理工大学工程光学系研究成功的有机材料漫反射泵浦腔在连续和重复频率(特别是高重复频率)YAG激光器中使用,由于不用金、不用银、不用介质膜、不用陶瓷和玻璃,泵浦均匀、效率高、不污染、不炸裂、寿命长、成本低,因而取得了良好的效果。该项技术已于1989年9月申请中国专利。

(邓仁亮 供稿)