

光 学 机 械

(双月刊)

1987年 第4、5期 总第97、98期

总 目 录

专集技术报告

计算机辅助光学设计CAOD软件系统.....翁志成 孙国良 (1)

如何在 IBM PC 微机上进行计算机辅助光学设计
.....孙国良 翁志成 施卫芙 (11)

BM PC FORTRAN绘图软件系统.....施卫芙 翁志成 孙国良 (194)

光 学 机 械

吉林省期刊登记证第35号

一九八七年四、五期 (总第九十七、九十八期)

一九八七年 十月出版

编辑者 《光学机械》编辑委员会
(长春1024邮政信箱)

出版者 中国科学院长春光机所
发行者 长春光机所情报研究室
印刷者 长春新华印刷厂

计算机辅助光学设计CAOD 软件系统

翁 志 成

(中国科学院长春光机所)

孙 国 良

(中国科学院光电技术研究所)

摘要: 本文概要地介绍了计算机辅助光学设计CAOD 软件系统的设计思想、总体结构、功能描述、详细地阐述了镜头目录数据库结构及管理系统, 具体地介绍了层次菜单驱动与人机图形会话、默认值的考虑。最后, 对今后 CAOD 的发展提出了近期计划和远期设想。

一、前 言

在电子计算机上进行光学设计和像差优化的工作, 已有30多年的历史。1963年、1966年和1975年召开的三次国际光学会议上, 专门讨论和交流了用计算机进行光学设计的算法及其实现的展望。十几年过去了, 现在国际上不少的大型“计算机辅助光学设计软件系统”都已商品化, 其功能相当完善, 适用范围相当广阔。可以计算各种面型, 如轴对称曲面、超环面、柱面、旋转对称样条面、合成非球面、非对称样条面、旋转三棱镜、菲涅尔透镜面、衍射光栅和全息元件等。可以处理各种类型的系统, 如同轴、偏轴、折/反、多重结构、梯度折射率、阵列元件系统等。可以使用多种评价函数, 包括用户自定像差及组建评价函数。可以进行多种像质评价的计算, 如几何评价中的点列图、径向能量分布、刀口分布、几何 OTF 等, 衍射评价中的波差图、切趾、渐晕孔径、物理传函以及部分相干系统模拟成像计算等。可以进行加工制造的辅助计算, 如光学系统公差估算、成本估算、自动配样板等。可以进行物理性能分析, 如鬼像、杂光计算、分光透过率和色度计算、外界环境对光学系统像质影响分析等。可以表格输出、图形输出。可以检索光学数据库, 如玻璃库、样板库、镜头库等。

尽管这些软件包的功能相当完善, 但仍然离不开有经验的光学设计工作者的干预。如在1980年召开的第三次镜头设计国际会议上, 曾发表了23个人利用9个不同的光学设计软件, 从同一起始结构数据出发, 设计一个大孔径中等视场的镜头和一个小孔径大视场的镜头的结果对比。实际情况表明, 不同的人使用同一个程序得到的结果差异很大, 花费的机时也大不一样; 但是, 从不同程序看, 又没有明显好坏之分。这就足以说明, 光学设计软件只是工具, 而如何使用这组工具达到预期的设计效果, 还是脱离不开使用工具的人们。

我们研制的CAOD软件运行环境是IBM—PC机, 这是因为除了国内目前IBM—PC机较普及、内存和速度基本能满足大多数常规设计之外, 更主要的原因就是考虑到用户可以随时监控、干预设计过程, 节约设计费用, 缩短设计周期。

二、研制CAOD的出发点

光学设计从狭义上讲可以理解为镜头系统的设计。整个设计过程大致如下(参见图1)。

1. 根据使用要求决定镜头性能参数。如 f , D/f , Mag , $Feild$, 像质分光透过率, 重量, 价格等。
2. 根据性能参数选择和建立合适的初始结构。
3. 分析结构参数与像差的关系并校正像差。
4. 评价校正后的光学系统。

5. 进行公差估算并制定公差。从图1可见, 上述这些步骤, 有的需反复多次才能获得满足要求的结果。作为计算机辅助光学设计的软件来讲, 目前, 无论是国内国外, 还几乎没有解决完全用计算机代替设计者进行第1、2步的工作, 就是对其余的几步, 如在前言中所述, 也不能完全摆脱设计者的干预, 所以, 用“自动光学设计”来命名光学软件是不大贴切的。我们用CAOD命名现在所开发的软件, 其用意正是强调计算机“辅助”设计工作者进行光学设计, 而不是包办代替。目前的光学设计软件主要是承担第3、4、5步中的大部分工作。

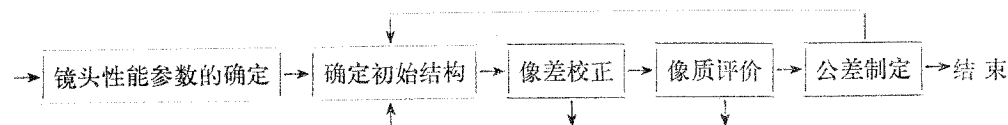


图1

研制 CAOD 的出发点是:

1. 便于设计者自始至终(指上述第3、4、5步)监控设计过程。为此, 具有直观的图形人机会话功能、图形显示功能、容错和修改功能、在像差优化过程中具有人工中断功能、反悔功能以及多种选项功能等。
2. 尽可能多地帮助设计者选择和塑造出一个有希望成功的初始结构。为此, 具有一个小型镜头目录数据库管理系统, 具有一个修改和用积木式方法搭制初始结构的功能块。
3. 力求解决经常遇到的常规的镜头设计工作, 而不去追求面面俱到, 反而实用价值不高。
4. 为节省时间, 在本软件控制之下可以运行DOS的全部命令。
5. 整个软件具有可扩充性, 版本更新时的兼容性。

三、CAOD的总体结构和功能

从易于发展、扩充和维护出发, CAOD采用大模块结构, 各模块之间是一个有机联系的整体, 构成了CAOD系统, 同时各模块又有相对独立性, 各自承担专门的功能。(见图2)

从方便用户掌握使用出发, 在各功能块内部又采用多层次的菜单驱动结构, 免去用户记忆大量命令之苦, 只需键入简单的序号, 即可执行相应的功能, 更具特色的是采用图形菜单, 立即可显示图形和数据, 从而获得定性和定量的结果。

从加快运动速度出发, 整个软件的计算部分采用FORTRAN高级语言编写, 绘图部分



图2

采用宏汇编语言编写。

从节省内存出发, 能在512K内存的环境下, 运行长达1兆字节以上的CAOD, 采用以主控程序连接和调用各功能模块。

从把要输入的数据量降至最低的要求出发, 镜头数据采用积木式的拼接结构。以镜头结构数据为基本数据块, 接上“像差优化”专用数据块, 就构成了像差优化的初始数据; 接上设置光线专用数据块, 就构成了计算传函的数据, 等等, 从而只使用一个公共的镜头数据文件就可以进行各种功能的计算。

CAOD的主要功能如下:

1. 建立和修改数据文件。
2. 对数据文件进行编辑: 插入一面或几面, 删除一面或几面, 镜头缩放, 镜头各面倒排序, 两个系统对接, 以及角度解等。并具有全屏幕编辑功能。
3. 提供设定光线的三种方式, 即正常方式, 相对方式和自动生成方式。
4. 赛德像差计算。
5. 光路追迹, 用户可以设置色光总数, 选择带光线、带视场、离焦量, 特别是可以设置光线的边界。计算结果包括几何像差和波差。
6. 像差曲线图的输出, 可以自动设置画图的比例尺, 也可以由用户调整。
7. 像差分析。给出各面对各种像差贡献的数值结果。
8. 像差优化设计。用户可调节和设定权因子、目标值, 设置变量结组, 自动调节阻尼因子并控制轴上间隔、边缘厚度及后工作距离等机械尺寸。可以人工中断, 返回到历史上任意一次迭代并重新开始。
9. 自相关积分法计算OTF, 输出曲线图、点列图。自动设置且用户可以调整积分点数、最高空间频率、空间频率个数, 以及离焦量、焦面位置的增量。
10. 二次傅里叶变换法计算OTF, 输出曲线图、MTF和点扩散函数立体图。自动设置且用户可以调整最高空间频率和离焦量。
13. 显示波差等值线图。
14. 光学镜头的公差估算, 包括估算半径、厚度、折射率和色散的公差, 偏心公差, 自动设置且用户可以调整像差容差, 并给出像差恶化的灵敏度表。
15. 人机图形会话, 对初始数据的检索、创建、编辑修改等, 均立即显示出系统结构剖面图。
16. 具有比较完整的光学玻璃数据库, 包括国产玻璃、Schott、Ohara、Hoya等生产的玻璃牌号目录及计算折射率的常数, 总共近800种。
17. 具有一个小型的镜头目录数据库管理子系统。共有10个数据库文件。

18. 具有命令方式, 在 CAOD 控制之下可以运行DOS的全部命令, 提供了分页打印输出功能。

所有这些功能都由若干组子程序构成, 更详细地描述请参看《如何在IBM PC上进行计算机辅助光学设计》一文。

四、镜头目录数据库系统

CAOD 具备一个镜头目录数据库子系统, 它包括两部分内容, 一是数据库管理系统, 二是镜头目录数据库。

镜头目录数据库管理系统提供了对镜头数据的定义、建立、添加、检索、删除、浏览等操作, 它起着某一个用户的具体应用与总体数据库之间的桥梁作用。各用户通过数据库管理系统可以对数据库中的数据进行加工处理。这样, 随着时间的推移, 用户自己可以不断地丰富数据的内容, 这对于充分利用前人的或用户自己曾经设计过的结果, 无疑是提供了极大的方便。

镜头目录数据库管理系统的主要处理对象是以表格形式组织起来的镜头性能参数数据, 这种表格均以文件的形式存放在数据库中, 即镜头目录数据库文件。在 CAOD 中, 目前共有10个数据库文件, 它们的名字均已由CAOD规定好了, 即

- TELESCOP · DT 1
- TELESCOP · DT 2
- MICROSCP · DT 1
- MICROSCP · DT 2
- PHOTLENS · DT 1
- PHOTLENS · DT 2
- EYEPIECE · DT 1
- EYEPIECE · DT 2
- LITHOGRA · DT 1
- LITHOGRA · DT 2

各数据库文件的用途是: TELESCOP存放望远镜镜头目录, MICROSCP存放显微镜镜头目录, PHOTLENS存放照相物镜镜头目录, EYEPIECE存放目镜镜头目录, LITHOGRA存放制版及其它镜头目录。凡扩展名为 DT 1 者均按视场大小排序, 凡扩展名为DT 2 者均按数值孔径大小排序。所有这10个数据库文件的结构, 即表格的格式都是一样的。每张表格都由 9 个栏目组成, 各栏目的标题分别是: 序号NO. 镜头类型TYPE, 视场FIELD, 数值孔径F.NO. 或N.A., 放大倍率MAG, 焦距FOCAL, 镜头结构数据所在的文件名FILENAME, 该文件所在的磁盘编号D: No. 以及备注栏COMMENT。这种数据结构用户不能更改。其中类型名也是规定好了的, 只能取上述10个名字之一。各栏目的宽度一般均足够用了。只是有一点要说明, 镜头结构数据所在文件名FILENAME, 显示时只能显示12个字符, 但实际长度可为64个字符, 为的是在文件名的前面可以冠以盘符和路径名。

各数据库文件的内容就是表格中所填入的数据。表格以行为单位, 每行填有一个镜头的各项性能参数, 它们是一个整体, 叫作一个记录。

CAOD镜头目录数据库管理系统提供了五种最基本的数据库操作:

1. 创建镜头目录数据库。

当且仅当尚未建立镜头目录数据库时才能去重新建立。

2. 数据库数据的输入。

当选定好镜头类型之后, 即可问答式地向各栏目填入数据。当填好一个记录的数据之后, 立即调用快速排序算法, 将库中新老内容分别按视场大小和数值孔径大小进行排序。这项操作既可以对以前只有结构而没有数据的空数据库中输入数据, 又可以在已有一些数据的数据库中插入一些新的数据。

3. 数据库的检索。

数据库的基本操作之一就是检索数据。即从数据库中取出满足要求的镜头数据文件名和它所在的盘号。

首先由用户指定某种类型的数据库文件。接着要用户指定视场范围、F 数或物方数值孔径范围, 若二者均给定, 则查出同时满足这两个条件的镜头数据文件名和它所在的盘号; 若二者只给出其一, 则查出满足这一个条件的所有镜头数据文件名和它所在的盘号。最后, 再从中找出满足放大率、焦距要求的那些记录。在查找视场范围、F 数或物方数值孔径范围时, 采用二分法查找法。对放大率、焦距范围, 由于数据已大为缩减, 故采用了顺序查找法。

4. 数据的浏览

即列出全部数据库的全部内容, 供用户浏览全貌, 列出时, 可按视场大小次序列出, 也可按数值孔径大小列出。

5. 删除记录

首先指定数据库文件, 然后敲入要删除的记录号, 与此同时, 也删除该记录所指出的数据结构文件, 如果它存在的话。

有了这五项基本功能, 用户就可以对它进行各种加工处理了。

五、层次菜单驱动与人机图形会话

在CAOD中, “菜单”一词是“功能目录”。在DOS命令级, 键入CAOD之后显示的那张蓝底白字绿边框的功能目录(图3)叫做“主功能目录”或“主菜单”。当选择好某一项功能

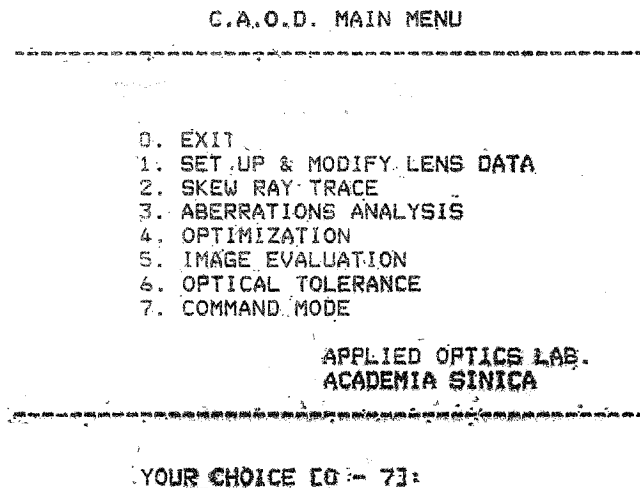


图 3

之后，一般说来，又显示一幅新的“子功能目录”，或“子菜单”，如此等等，从而形成了多层次的菜单结构，具有操作简便、使用灵活的特点。

在所有菜单中，第一项功能，它的编号总是0，都是返回到它的上一级菜单上去，特别是当处于主菜单之下时，选择功能号0，就返回DOS操作系统。

菜单有两种方式。一种方式是完全由文字表达（图3），另一种方式是图文并存，如图4。从而实现了人机图形会话。在这种形式的菜单中，把整个屏幕画面划分成三个区域。首先是占整个画面绝大部分的图形显示区，透镜系统结构上的变化一目了然；其次是屏幕右

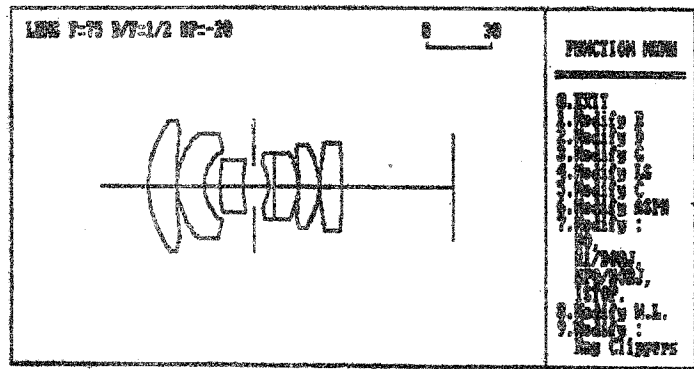


图 4

图 4

侧一细长条的信息区，或是显示功能目录，或是表明当前的工作状态，或是给出某种提示；最后是屏幕下方的人机对话区，所发生的信息交换全在这个区域内向上作局部滚动，而对图形本身不发生任何影响。如果是只使用过通常数字式人机会话的用户，再来使用 CAOD 的人机图形会话，会更深刻地体会到后者的优越性。这一优点对 CAOD 的应用推广无疑是有重要意义的。

六、默认值

在 CAOD 中，凡是能采用默认值的地方，都采用默认值，从而大大减少了用户的输入劳动量。所谓默认值是指当进入到某个层次的菜单之后，对一些本来应输入的一些初始数据量，CAOD 都准备了具体数值，这些数值或由计算得来，或由日常经验得来，如果同意，或者叫默认，就不必重新输入。而且只要不退出这一层次的菜单，它就永远记住它，除非是在某个时刻改变了这些默认值，那么它将记住最近一次修改过的值。这体现在文件名的默认，光线设置的默认，计算传函时有关数据的默认，以及显示曲线图形时作图比例尺的默认等等。特别是文件名的默认，即使你退出 CAOD，切断电源，下一次开机时，它仍然记住最近一次引用的文件名，这对于接续的设计工作肯定是非常方便的。

七、CAOD今后的发展

今后，CAOD将在两个大的方面继续发展。

首先是功能的进一步扩展。目前 CAOD 所具有的功能只能处理常规的基本的光学

设计问题，具体说来，只是对于定焦距共轴光学系统，包括旋转对称非球面进行各种功能的计算和处理，对于像差优化，非球面系数尚未作为可控变数，能处理的面型也还太少。所以，CAOD 的下一版本主要集中精力解决变焦系统，非球面，同时对其它现有功能在使用方便性上将会有所改进。所有这些，均保持原有的结构风格，保证版本的兼容。在此期间作出的改动均在长春光机所出版的学术刊物《光学机械》上予以公布。

其次，将像差理论以及光学设计者的工作经验进一步纳入 CAOD 的设计思想中去，建立功能更强的 CAOD 系统，同时，要建立知识库，包括处理常规镜头设计的知识，处理各种异常情况的的知识，以及怎样使用那时的 CAOD 系统的知识和学习积累专家们设计镜头的经验的能力等。这就是带有一定智能色彩的光学设计专家系统。

这项工作是在中国科学院的资助下由长春光机所和成都光电技术研究所两家共同完成的。在研制过程中得到中国科学院及两所的大力支持，两所的有关技术人员提出了许多有益的建议。在此，向这些同志表示感谢。

A Computer Aided Optical Design(CAOD) Software System

Weng Zhicheng Sun Guoliang

Abstract

In this paper the design thought, general structure and functions of the CAOD software system are introduced briefly; the lens data base management system are explained in detail; the technique of interactive graphics and the menu-driven method are described.

Finally, the short-term plan and the Long-term considerations on CAOD are proposed.

如何在IBM PC微机上进行计算机辅助光学设计

目 录

一、引 言	(12)
1 什么是 CAOD	(12)
2 CAOD 的历史	(12)
3 CAOD 的组成	(13)
4 如何将 CAOD 装入硬盘	(14)
5 如何启动 CAOD	(17)
二、基本概念	(19)
1 菜 单	(19)
2 问与答	(22)
3 坐标系和符号规则	(23)
4 非球面	(24)
5 光学玻璃数据库	(24)
6 出错处理	(25)
三、如何建立和修改数据文件	(25)
1 如何进入“建立和修改透镜数据”子菜单	(25)
2 如何建立数据文件——方法 1	(26)
(1) 镜头目录数据库	(26)
(2) 镜头目录数据库管理子系统	(28)
(3) 建立数据文件	(32)
3 如何建立数据文件——方法 2	(34)
4 如何编辑数据文件	(39)
(1) 对数据进行个别修改	(41)
(2) 在光学系统中插入一面或几面	(52)
(3) 从光学系统中删除一面或几面	(55)
(4) 对光学系统进行按比例缩放	(56)
(5) 将给定的光学系统倒排序	(58)
(6) 将两个光学系统对接	(59)
(7) 角度解	(62)
5 光线的设定和修改	(63)
(1) 正常方式	(63)
(2) 相对方式	(65)
(3) 自动生成方式	(66)
(4) 光线的修改	(68)
6 计算赛德像差	(69)