

虚拟光学系统的制作和使用^{*}

傅思镜, 余锡权, 郑均诺, 王嘉辉, 王惠

(中山大学物理科学与工程技术学院, 广东 广州 510275)

摘要: 介绍了用计算机和矩阵光学方法, 虚拟可视的光线光学和偏振态变换光学系统。从而简便快捷地实现对一个实际光学系统的各种模拟处理、计算及对光学系统特性参数进行分析。

关键词: 光线光学; 虚拟; 光学系统; 软件

中图分类号: O435; O436.3; TP271 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2004) S1-0014-03

一般光学系统是由许多光学面组成的, 光线通过光学系统时都可以根据经典的光线光学(或称几何光学)方法来追迹。为了求得该系统最终所成像的位置和状态, 必须计算每个面所成像的位置, 再将这个面所成的像作为下一个面的物依次计算下去。随着光学系统的复杂和光学元件的增加, 这样逐面地分析计算十分困难和繁琐。应用矩阵方法来处理就变得简洁方便了, 即只要用一个矩阵式子就能表示该系统的输入与输出的全部关系, 而且特别适用于计算机追迹。虚拟光学系统特性参数分析软件采用 Delphi 4.0 及 C++ Builder 3.0 两种计算机语言^[1,2]混合编程, 运行于中文 Windows 2000 (或 XP 等) 平台下。Delphi 融合了近年出现的许多革命性的技术, 如面向对象技术、程序可视化技术、基于应用程序框架的开发技术等, 极大地简化了在图形界面下程序的开发方法, 提高了开发效率和软件的可重用性。一个完全可视化、智能化的软件, 使用者通过直观生动的界面和简单的操作便可计算出结果, 分析光学系统的特性参数。本软件可供大学物理类、光学类本科专业实验教学或科研参考使用。特别在信息光学、二元光学、集成光学蓬勃发展的今天, 帮助学生、有关教师或研究人员快速掌握好这方面的知识和技能具有重要的现实意义。

1 虚拟光学系统(软件)的工作原理

软件分为两部分: 一个是界面程序, 另一个是动态链接库 (optic.dll)。界面程序是一个完全可视化的程序, 它负责用户所能看到的一切东西。从菜单、按钮到窗体、文件控件都是可视的。它还负责接受各元件参数数值、接收计算结果、显示系统参

数或绘制曲线图等。但它并不对输入的数据作任何的处理。数据的计算处理由动态链接库完成。

动态链接库是虚拟光学系统(软件)的核心。它的理论依据是矩阵光学。由矩阵光学^[3]可知, 每一个透镜或者透镜系统都可以用一个 2×2 的矩阵 $T_i = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix}$ 表示。系统出射光线可以由下式算出:

$$\begin{bmatrix} x' \\ n' \sin \alpha' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ n \sin \alpha \end{bmatrix} \quad (1)$$

其中 $\begin{bmatrix} x \\ n \sin \alpha \end{bmatrix}$ 是入射光线, $\begin{bmatrix} x' \\ n' \sin \alpha' \end{bmatrix}$ 是出射光线。 x, x' 是光线离开光轴的垂直高度, α, α' 是光线与水平轴的夹角, n, n' 是光学面间的介质折射率。因此只要知道系统中每个光学元件的矩阵, 就可以循环使用(1)式, (即, $T = T_m T_{m-1} \cdots T_1$, $T_1, T_2, \cdots, T_m$ 分别为光线顺序穿过 m 个光学元件组成的光学系统时的变换矩阵) 得出最后的系统矩阵和出射光线状态。再用高斯常数及其它相关的公式^[4-9], 就可分析出光学系统的主点、焦点、焦距、孔径光阑、光瞳、光窗、象距、物象关系, 及非近轴的光线出射点、纵向球差、横向球差等。显然, 在计算非近轴光线时, 其折射矩阵和平移矩阵的元素就要作相应的修正。

对由偏振片和波片等元件组成的光学系统用类似的方法, 只不过用琼斯列矢、琼斯矩阵、斯托克斯矩阵等来表示偏振态及相应元件而已。

具体说来, 每次计算之前, 当前的光学系统便会将它所包含的元件的各个参数转换为预先规定的接口格式的数组, 然后将存放这些数据的数组地址

^{*} 收稿日期: 2004-02-01

基金项目: 广东省自然科学基金资助项目 (021705)

作者简介: 傅思镜 (1945年生), 男, 副教授, 硕士生导师, 通讯联系人, 王惠, E-mail: stfsj@zsu.edu.cn

和一个专门储存结果的数组的地址传递给动态链接库 (optic. dll) 进行处理。在 optic. dll 中包含了处理各种光学系统的输出函数, 分析光学系统特性参数的算法也由这些函数来实现。处理完数据后, optic. dll 指针直接将结果写入结果数组, 然后再由界面程序对得到的结果进行处理: 或直接显示; 或多次调用 optic. dll 绘制曲线 (给出系统中某元件的任一参数与系统的另任一参数的关系曲线) 等。

2 虚拟光学系统 (软件) 结构

软件主要结构如图 1 所示, 有主窗口、子窗口、参数设定窗、参数选定窗、函数显示窗等 6 个窗体和一个动态链接库 (optic. dll), 除子窗口外, 其它基本上每个窗一个模块。子窗口包含了光学系统及光学元件两个模块。

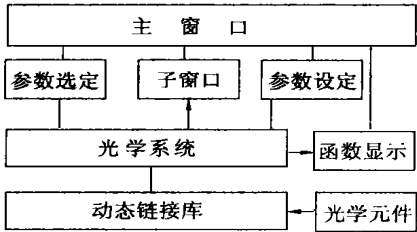


图 1 程序主要结构示意图

Fig 1 The main structural scheme of program

根据面向对象程序设计的思想, 经过对现实中真正的光学系统的认真思考、抽象、建模, 分成上述的几个模块给予考虑。另一方面是因为将每个模块封装后, 在保证它们的对接处接口不变的情况下, 它们内部具体的实现手段可以不同, 从而简化了代码的维护。这样, 就可以集中精力对各个模块逐个编写相应的代码, 这就是化整为零, 分而治之的编程思想。

考虑到用户经常要进行多个光学系统的比较, 所以软件采用流行的多文档窗口 (MDI , 主窗口), 可同时打开多个文件 (子窗口), 并支持文件间的数据拷贝。一个子窗口包含一个光学系统, 由于每个光学系统都要使用到参数设定窗、参数选定窗、函数显示窗, 故将这三个窗体设为公有, 归主窗口所有, 这样就节省了资源的开销。

optic. dll 的链接方式采用静态引入方式, 程序开始运行时便在内存中为该库分配了内存。由于传递的参数较多, 为避免运算的缓慢, 参数的传递采用按地址传递的方式, 从而使 optic. dll 的返回结果也可以不止一个。

3 虚拟光学系统软件的特点

快速、直观的建立一个光学系统, 能简单方便的修改其中元件的参数是本软件最主要的特点之一。本软件与其它同类 (或类似) 软件相比, 其独特之处主要体现在以下几个方面:

(1) 容易上手: 软件运行于 Windows2000 或 WindowsXP 平台下, 如图 2 所示, 有良好、通用的用户操作界面;

(2) 操作方便: 全面实现鼠标的点击拖拽功能, 通过鼠标的左键单击选取、双击修改、右击弹出快捷菜单、左右键不同的拖拽操作可快速的建立、修改光学系统, 所有操作均通过鼠标实现;

(3) 齐全的计算功能: 基本上可计算出光线光学系统的所有重要参数和偏振态变换光学系统的出射琼斯列矢和斯托克斯矩阵等。

(4) 良好的绘图功能: 可绘出系统中任意元件的任意一个参数与系统结果的任意一个参数的二维函数曲线关系图, 支持曲线的任意放大、平移及数据点在线上的定位;

(5) 较强的自动功能: 在输入参数时能自动纠错, 会随不同的操作自动改变相邻元件的各相应参数;

(6) 界面美观: 各元件的形状符合日常习惯、计算出系统参数后, 用示意图的形式显示结果, 易于理解。

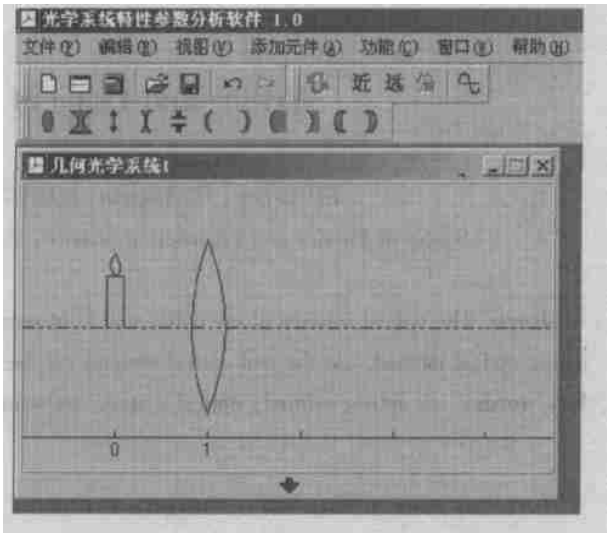


图 2 软件界面

Fig 2 Software interface

4 操作步骤

本软件的操作非常简单, 如图 2 所示。

首先, 打开或新建一个光学系统;

其次，根据具体情况添加、修改、插入、删除元件，建立一个光学系统；

然后，选择功能菜单中的功能选项进行相应计算，不同的光学系统有不同的功能菜单，计算完毕后，自动显示运算结果，也可选择“显示结果”菜单项显示，如图 3 所示。

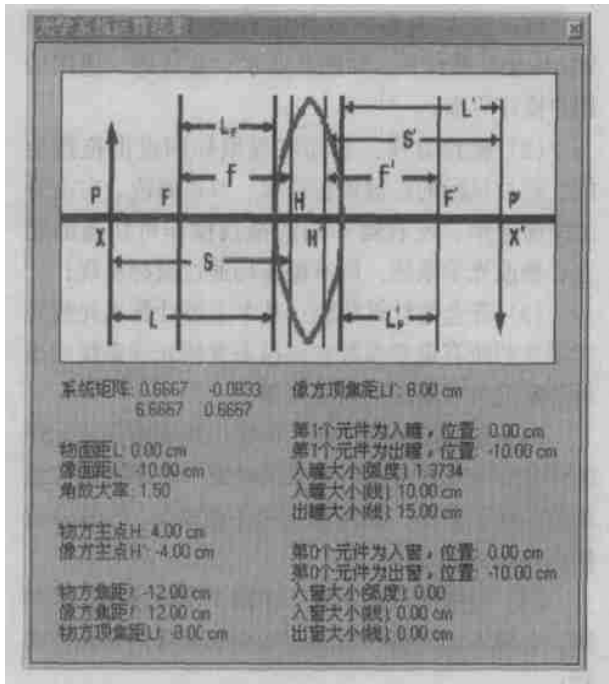


图 3 运算结果显示
Fig 3 Calculating result display

接下来，若要作图，则选择一对参数，然后便可以察看两者的函数关系了；最后，可以选择存盘保存数据或打印计算结果。

5 总 结

虚拟光学系统的制作是精心研究矩阵光学方法和先进的可视化计算机语言的结晶。开发的这一教学和科研辅助软件，为学生快速掌握矩阵光学、光线光学知识提供方便；又是教师制作多门课程（如《光学》、《矩阵光学》或《普通物理》类课程的光线光学有关章节内容等）习题及其解答库的好帮手；也可供科技研究人员进行光学仪器设计时作参考使用等。

参考文献:

[1] 徐新华. IDE 和 Object Pascal 语言[M]. 北京: 人民邮电出版社, 1998.

[2] [美] REISDORPH K. 希望图书创作室译. Borland C++ Builder3.0 自学培训教程[M]. 北京: 北京希望电脑公司.

[3] 卢亚雄, 吕百达. 矩阵光学[M]. 大连: 大连理工大学出版社, 1989.

[4] 赵凯华, 钟锡华. 光学(上册)[M]. 北京: 北京大学出版社, 1984: 1—120.

[5] 朱自强, 王仕, 苏显渝. 现代光学教程[M]. 成都: 四川大学出版社, 1990: 364—412.

Writing and Using of Virtual Optical Systems

FU Si jing, YU Xi quan, ZHENG Jun ruo, WANG Jia hui, WANG Hui

(School of Physics and Engineering Science, Sun Yat sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: The optical systems of ray optics and light polarization state transfer are simulated by personal computer with matrix optical method. So the real optical systems can be quickly and easily computed and analyzed.

Key words: ray optics; virtual; optical system; software