

GUANGXUESHEJI YU  
WEIXINGJISUANJI

# 光学设计与 微型计算机

王永仲 著

国防科技大学出版社

## 内 容 简 介

本书是国防科技大学应用物理系王永仲同志在长期科研实践的基础上，提炼总结而成的，有许多独到之处。

本书对光学系统设计和象质评价中各种计算过程都列出了可以直接在微机上运行的通用 FORTRAN 语言程序；介绍了各种计算所依据的基本原理；归纳了所用的数学公式；讨论了程序设计要点；画出了程序设计框图；并对所列程序作了详细解释。主要内容为：光学设计中十二个一般性计算问题，手工设计经验在计算机上再现；光学自动设计；点列图与渐晕计算；几何光学传递函数计算。还讨论了自动设计程序的使用和应用几何光学传递函数评价设计质量的问题；最后列举了各类光学系统的设计实例。

本书可供工厂、研究所从事这方面研究以及软件开发工作的专业人员使用，也可作为高等院校光学专业教材。

### 光学设计与微型计算机

王永仲 著

责任编辑 马立群

装帧设计 侯云

\*

国防科技大学出版社 出版

湖南省新华书店 发行

国防科技大学印刷厂 印装

\*

开本：787×1092 1/32 印张：16 14/32 字数：395千字

1986年5月第1版 1986年5月第1次印刷 印数：1—5,000册

统一书号：15415·010 定价：3.35元

## 序

电子计算机的应用是当代技术革命的显著标志。尤其是微计算机，它正在广泛深入地应用到各个领域，发展之快，超出了人们的预料。

光学仪器的发展，首先取决于光学设计，而光学设计中大量繁琐的计算工作耗费了人们的宝贵精力，并使设计周期拉得很长，设计质量也受到很大限制。运用电子计算机的光学自动设计，使光学设计技术产生了飞跃；光学传递函数为象质评价提供了新的手段，它在光学设计中的应用也离不开计算机。

迄今为止，有关光学设计的著作确实不少，阐述计算机程序设计的书籍为数更多。但在诸多的出版书目中，结合光学设计讨论程序编制的极少，跟不上当前技术革命形势的需要，不利于光学设计这一学科本身的发展。

这本《光学设计与微型计算机》是本好书。它以当前微计算机的普遍应用为背景，紧密联系实际，系统阐述了光学设计过程中各种计算问题的程序设计。有原理，有模型，有程序设计框图，有可以实际应用的程序；最后列举了多种光学系统的设计实例。理论结合实际，突出实用，是这本书的特色。当然，一本书不可能面面俱到，没有缺点，还必须虚心听取读者的意见。

我希望这本著作能受到广大读者的欢迎，为他们所使用，对他们的工作、学习有所帮助；同时也希望作者以本书的出版为新的起跑线，与广大读者一道，向着我们共同的目标，跑出新的水平！

中国光学学会理事 徐大雄  
北京邮电学院应用光学教授

1986年1月

## 前 言

当前,电子计算机的应用飞速发展。在科技书架上,介绍计算机语言和程序设计的书籍琳琅满目,内容丰富多采。

光学设计在本世纪已发展成为光学的一个专门学科,有关著述也已不少。它们或是侧重于光学设计理论的阐述,或是突出光学设计方法的研究——各自卓见成功。

尽管光学设计方面的著述已经不少,讨论程序设计的书刊则更是众多;但系统地在光学设计与程序编制的结合处下功夫的书目却不多见。

由于光学设计中的计算工作冗长繁琐,在科研、生产第一线从事光学设计工作的同行们,无不热切希望多出一方面这方面的书籍。尤其是现在,各种质优价廉的微型计算机和小型计算机正在迅速普及,使这种愿望更加迫切也更加现实。作者竭诚为此而尽微薄之力,于是冒昧成书,试图寥补现有书籍的上述不足。主观上虽想突出阐述光学设计的实际程序的编制,并力图方便和实用,但实际成败利钝还应恭听读者评说。

全书大致以光学设计的全过程为梗概,以ADTF通用多功能光学设计程序为实例,阐述如何设计实用的程序以解决光学设计中的各种问题。内容共七章,各章主题是:

### ADTF 综合光学设计程序简介

光学设计中若干计算过程的程序设计及程序实例

传统设计手段在计算机上的再现

光学自动设计程序及其中主要技术问题的处理

点列图、通光孔径和渐晕的计算程序

## 几何光学传递函数的应用及其计算程序

### 各类光学系统的设计实例及其说明

为帮助初学此类程序设计的读者迅速入门，书中对光学设计中所涉及的程序设计问题都有较详尽的讨论。这种讨论大致是按以下思路展开的：

基本原理——数学公式——程序设计要点——程序设计框图——实用程序——程序解释——计算实例

为避免枯燥和加深对程序的理解，对一些较难的过程还列举了计算机上的现场打印记录。

考虑到多数在科研生产第一线工作的同事们难得有时间去钻研程序设计，他们希望得到拿来即能使用的实际程序。因而，书中对光学设计中的各种计算问题都列出 ADTF 程序的相应部分作为示例。这些程序段都可直接在目前一般中高档微机（例如 IBM/PC 机、86/330 机、VICTOR 机等）上实际采用。这是几个兄弟单位的实践证实了的。在第一章还扼要介绍了 ADTF 程序中所用到的 FORTRAN 语言知识。这种介绍虽不完备，但对设计此类程序而言已基本够用，也免得读者为查阅大本的 FORTRAN 手册而费时间。在第二章分十二个专题介绍了光学设计中一般性计算过程的程序设计及程序实例。第四章是全书的重点，它系统地阐述了自动设计程序中各种技术问题的程序处理；并讨论了正确使用自动设计程序的问题；最后全文列出了 ADTF 程序的自动设计子程序，并有框图和注释。第六章介绍了几何光学传递函数及离焦传递函数的计算、精度及程序，还讨论了如何用以评价设计质量的问题。第七章则结合望远镜物镜、显微镜物镜、目镜、照相物镜和折反射系统的设计实例，具体说明了自动设计中的有关技术问题，并根据自己的体会谈了一些可供参考的认识。

作者深知，在这方面，国内有不少高超的同类程序；更有许

多造诣极深的学者权威。本书旨在作为引玉之砖，以求得更多的向他们学习的机会。

这里，首先应该感谢陈晃明副教授。ADTF程序的基础就是作者在他的指导下所做的工作。还要感谢丁汉章、袁旭沧两位副教授，本书中许多东西是他们传授的。我向他们及母校——北京工业学院工程光学系的领导和其它老师致以崇高的敬意！

中国光学学会理事、北京邮电学院应用光学教授徐大雄为指导本书的写作付出了辛勤的劳动，并在百忙中为书作序，使本书蓬荪生辉。

在本书的撰稿和试讲过程中，中国光学学会理事、湖南省光学学会理事长邓飞帆教授、本校军用光学专业点博士指导教师高伯龙教授曾给予热情支持和指导。书中大部内容曾在湖南省光学学会专题学习班讲授，省光学学会理事张怀俊、冯振德、陈人选及李介宗、刘垂瑤等同志提出过宝贵意见，在此一并致谢！

感谢本校应用物理系领导和同志们的支持！

王永仲 1985年8月于国防科技大学

# 目 录

## 序

## 前言

## 第一章 通用多功能光学设计程序 (ADTF)

|       |                                 |    |
|-------|---------------------------------|----|
| § 1.1 | 引言 .....                        | 1  |
| § 1.2 | 程序功能 .....                      | 3  |
| § 1.3 | 程序特点 .....                      | 8  |
| § 1.4 | 程序结构与技术参数 .....                 | 12 |
| § 1.5 | ADTF 程序的主程序 .....               | 15 |
| § 1.6 | ADTF 程序所用的主要 FORTRAN 语言知识 ..... | 30 |
| § 1.7 | 使用 ADTF 程序时的数据书写 .....          | 56 |

## 第二章 光学设计中若干计算过程的程序设计及程序实例

|        |                               |     |
|--------|-------------------------------|-----|
| § 2.1  | 近轴光线计算程序 .....                | 62  |
| § 2.2  | 系统焦距、顶焦距计算程序 .....            | 65  |
| § 2.3  | 近轴瞳孔位置的计算程序 .....             | 68  |
| § 2.4  | 透镜元件的焦距及顶焦距计算程序 .....         | 71  |
| § 2.5  | 矢量法光路计算程序 .....               | 74  |
| § 2.6  | 轴上点的象差计算程序 .....              | 83  |
| § 2.7  | 光阑追迹与主光线及垂轴色差计算程序 .....       | 89  |
| § 2.8  | 子午光束象差计算程序 .....              | 98  |
| § 2.9  | 弧矢光束象差计算程序 .....              | 108 |
| § 2.10 | 高级象差的估值计算 .....               | 112 |
| § 2.11 | 既定渐晕系数的边界光线追迹及子午光线的补充计算 ..... | 121 |
| § 2.12 | 子午垂轴象差曲线面积的计算与规化 .....        | 126 |

## 第三章 传统设计手段在计算机上的再现

|       |                |     |
|-------|----------------|-----|
| § 3.1 | 概述 .....       | 129 |
| § 3.2 | 焦距缩放 .....     | 129 |
| § 3.3 | 光焦度交换 .....    | 132 |
| § 3.4 | 透镜弯曲 .....     | 138 |
| § 3.5 | 分段设计或计算 .....  | 142 |
| § 3.6 | 象差差分表的作法 ..... | 144 |

## 第四章 光学自动设计及其程序编制

|       |                 |     |
|-------|-----------------|-----|
| § 4.1 | 概述 .....        | 147 |
| § 4.2 | 象差特征与自动设计 ..... | 148 |
| § 4.3 | 自动设计的数学思想 ..... | 152 |
| § 4.4 | 关于优化指标的选择 ..... | 158 |

|        |                   |     |
|--------|-------------------|-----|
| § 4.5  | 变量类型与边界条件 .....   | 164 |
| § 4.6  | 象差有限差分取代偏导数 ..... | 166 |
| § 4.7  | 变步长迭代与非线性处理 ..... | 170 |
| § 4.8  | 一种新型优化指标 .....    | 183 |
| § 4.9  | 程序中的病态处理 .....    | 189 |
| § 4.10 | 程序的嵌套循环结构 .....   | 191 |
| § 4.11 | 光学玻璃的自动优选 .....   | 193 |
| § 4.12 | 关于光阑位置的优化 .....   | 208 |
| § 4.13 | 自动设计过程 .....      | 209 |
| § 4.14 | 排除相关与加快收敛 .....   | 220 |
| § 4.15 | 自动设计程序的使用 .....   | 227 |
| § 4.16 | 自动设计程序例 .....     | 239 |

## 第五章 光线分布点列图与渐晕的计算

|       |                     |     |
|-------|---------------------|-----|
| § 5.1 | 概述 .....            | 265 |
| § 5.2 | 点列图的计算过程 .....      | 266 |
| § 5.3 | 渐晕计算 .....          | 270 |
| § 5.4 | 点列图计算程序的设计与框图 ..... | 274 |
| § 5.5 | 程序示例与注释 .....       | 280 |
| § 5.6 | 点列图图例 .....         | 287 |

## 第六章 几何光学传递函数的计算与应用

|        |                            |     |
|--------|----------------------------|-----|
| § 6.1  | 概述 .....                   | 295 |
| § 6.2  | 光学传递函数 调制传递函数 相位传递函数 ..... | 297 |
| § 6.3  | 几何光学传递函数及其计算 .....         | 300 |
| § 6.4  | 三角公式在几何光学传递函数计算中的应用 .....  | 310 |
| § 6.5  | 多色几何光学传递函数的计算 .....        | 312 |
| § 6.6  | 离焦几何光学传递函数的计算 .....        | 318 |
| § 6.7  | 几何光学传递函数的精度 .....          | 321 |
| § 6.8  | 程序设计 .....                 | 323 |
| § 6.9  | 用 MTF 做质量评价 .....          | 331 |
| § 6.10 | 几何光学传递函数计算程序示例 .....       | 342 |

## 第七章 设计实例\*

|       |             |     |
|-------|-------------|-----|
| § 7.1 | 概述 .....    | 356 |
| § 7.2 | 望远镜物镜 ..... | 357 |
| § 7.3 | 显微镜物镜 ..... | 392 |
| § 7.4 | 目镜 .....    | 406 |
| § 7.5 | 照相物镜 .....  | 434 |
| § 7.6 | 折反射系统 ..... | 500 |

|            |     |
|------------|-----|
| 参考文献 ..... | 515 |
|------------|-----|



# 第一章 通用多功能光学 设计程序 (ADTF)

## § 1.1 引 言

大家知道, 光学设计过程中大量繁琐冗长的计算工作, 曾迫使从事光学设计的人们把许多宝贵的精力耗费在烦人的简单重复劳动中。电子计算机的问世为解决这一问题带来了福音。可以说, 光学设计领域是最早应用电子计算机的科技领域之一。起初, 人们用电子计算机代替手工进行光路计算, 使平均约十分钟一个光线面的速度提高到每分钟十个光线面。尽管那时的计算机还有许多缺陷, 但它不仅使光路计算速度提高了近百倍, 而且使设计者开始摆脱繁琐的重复劳动, 能更好地集中精力考虑象差的校正。这期间, 还出现了适于计算机编排程序使用的光路计算向量公式, 它们与本书将在第二章引用的公式相差无几。一般可以认为, 这是光学设计领域应用电子计算机的第一阶段, 主要是解决计算速度问题。继而则进一步发展到用计算机计算象差有限差分, 借以考察诸象差对各结构参数变化的“响应”敏感程度, 以便分析哪些象差容易控制? 用哪几个变量改善哪些影响较甚的象差最为有效? 这实际上就已经开始了用计算机帮助人们拟定合理的象差校正方案和指导象差校正的工作。就是说, 这时计算机已被用来着手解决提高设计质量的问题。这是电子计算机应用于光学设计的第二阶段。第三

阶段，则在上述基础上进一步发展为由计算机自动建立象差线组，求解结构参数，自动修改初始结构以改善象差并处理边界违背，优化出达到预期要求的结果——即实现了象差的自动校正或称为光学自动设计。自然，发展到这一阶段，计算机为我们提供的就不仅是设计的高速度，而且是设计的高质量。过去手工设计需要好几个月才能完成的设计任务，现在借助于光学自动设计程序使用计算机可以在几个小时内完成，而且可以达到更高的象差质量和更好的工艺性能。

光学传递函数的应用，为我们科学地评价象质揭示了正确途径。但是，在设计阶段，怎样在不大量增加计算量的条件下，就可方便地使用光学传递函数比较准确地评定系统的设计质量？怎样通过高级语言程序把自动设计过程与传递函数评价有机地结合起来，以便随时了解自动优化过程的进展？怎样方便地把传统的象质评价指标（如单项几何象差、垂轴象差、点列图等）同光学传递函数这种新指标同时展现，以利分析比较？这些都是很值得研究的新课题。尤其是当今，电子计算机的应用迅速普及，来势之猛超出人们的想象。在这种新形势下，从事光学设计的人们自然渴求发展综合通用语言程序，借以通过计算机完成除拟定初始结构之外的整个设计过程。我们编制的ADTF光学设计FORTRAN语言程序，则正是为把这种愿望变成现实而做的一种努力。它参考了国内外有关文献，力图学习同类程序的长处，旨在“方便”和“实用”。把我们目前理解到的光学设计过程中各种计算工作全都编入程序，交由机器为我们代劳，试图把设计人员从简单的重复劳动中解放出来。经过几次改进和实用考核，已收到了较好的实用效果。

在提供合理的初始结构之后，使用本程序可以完成光学系统设计的全过程，包括象差计算、自动设计、点列图、渐晕计算、几何光学传递函数计算及一般出图计算等等。

本程序用 FORTRAN 高级语言编成，因而能通用于装备有 FORTRAN 语言系统的计算机。并且，兄弟单位和我们的实践都已表明，该程序可在一般微机上运行实用。

## § 1.2 程序功能

ADTF 程序具备下列主要功能：

### 1. 象差计算

程序依据矢量法光路计算公式和近轴光线有关公式计算以下内容：

系统的垂轴放大率  $\beta$ ，前后焦距  $f$ 、 $f'$ ，前后顶焦距  $l_F$ 、 $l'_F$ ，高斯象面距离  $l'$ ；

五个光线高度（相对高度 1，0.85，0.707，0.5，0.3）对应的实际象面距离  $L'$ 、球差  $\delta L'$ 、垂轴球差，两种辅助波长象面离开主波长高斯象面的距离  $\delta L'_F$ 、 $\delta L'_C$  以及轴向色差  $\angle L'_{FC}$ ；

分五个视场点（取点常数同上）计算主光线的实际高度（象高） $Y'_Z$ 、畸变  $\delta Y'_Z$ ，两辅助波长主光线的畸变  $\delta Y'_{ZF}$ 、 $\delta Y'_{ZC}$  及垂轴色差  $\angle Y'_{FC}$ ，细光束子午和弧矢场曲  $x'_t$ 、 $x'_s$ ，细光束象散  $x'_{ts}$ ，宽光束子午场曲  $X_{TM}$ （最大孔径）、 $X'_{T0.7}$ （0.707 孔径）、 $X'_{T0.3}$ （0.3 孔径）及轴外子午球差  $\delta L'_{TM}$ （ $X'_{TM} - x'_t$ ），三种孔径对应的子午彗差  $K'_{TM}$ 、 $K'_{T0.7H}$ 、 $K'_{T0.3H}$ ，三种孔径对应的宽光束弧矢场曲  $X'_{Sm}$ 、 $X'_{S0.7}$ 、 $X'_{S0.3}$  及轴外弧矢球差  $\delta L'_{Sm}$ （ $X'_{Sm} - x'_s$ ），弧矢彗差  $K'_{Sm}$ 、 $K'_{S0.7h}$ 、 $K'_{S0.3h}$ ；

五个视场对应的实际入瞳、出瞳距离及近轴入瞳、出瞳距离；

按五个视场对（ $\pm 1h$ ）、（ $\pm 0.707h$ ）、（ $\pm 0.3h$ ）三对光线及主光线计算出射会聚角正切（ $\tan U'$ ）和对应的垂轴象差（ $\delta Y'$ ），基此可以作垂轴象差曲线；

对轴上点边缘光线和视场边缘指定渐晕系数的上下光线计

算其在各表面的投射高度、在前后两面间的几何路程，还计算视场边缘主光线及 $(\pm 1h)$ 、 $(\pm 0.707h)$ 的光线在各表面的投射高度；

估值计算的孔径高级球差 $\delta L'_{sn}$ 、视场高级球差 $\delta L'_{Ty}$ ，孔径高级子午彗差 $K'_{Tsnh}$ 、视场高级子午彗差 $K'_{Tsn y}$ ，高级细光束子午场曲和弧矢场曲 $x'_{t sn}$ 、 $x'_{s sn}$ 、色球差 $\delta L'_{Fc}$ 、色畸变 $\Delta Y'_{Fcsn}$ ；

原始数据亦连同以上内容一并输出。

对一些简单的系统，设计者可选择以简表形式打印输出，即只打印常用的各种象差和估值计算的高级象差。在自动设计过程中，由于系统还在被不断优化，亦可采用简表形式输出，以节省时间和打印篇幅，待设计完成时改用全表。总之，输出格式可由设计者选择。

## 2. 光阑追迹

光阑在系统前方时，程序可以准确计算各视场对应的实际出瞳位置；当光阑在系统中间时，程序可追踪各视场对应的实际入瞳、出瞳位置；光阑在系统后方时，亦能追踪各视场相应的入瞳位置；若光阑中心位于玻璃介质中（例如在棱镜中或透镜中），则可通过模拟追踪真实入瞳、出瞳位置。在光学自动设计中，可以优化出最佳光阑位置（见第四章）。

## 3. 焦距缩放

本程序可按设计者的意图以两种方式对全系统进行焦距缩放：其一，只令曲率半径 $r$ 按所需要的焦距进行缩放；其二，曲率半径 $r$ 和厚度间隔 $d$ 都进行缩放。缩放后按新结构进行象差和其它指定的计算，连同缩放后的结构参数一起输出。

## 4. 光焦度交换

在指定的两表面（第 $i$ 面和第 $j$ 面）之间进行光焦度的交换，这种交换被自动设计过程引用时，是使第 $i$ 面的曲率 $C_i$ 按

规定的曲率增量  $\delta C$  变为  $C^*$ ，并相应改变  $C_i$  为  $C_i^*$ ；光焦度交换被其它过程引用时，是使  $C_i$  直接取目标值，同时相应计算出  $C_i^*$ ，并输出光焦度交换后形成的新结构参数和象差。

### 5. 成组弯曲

成组弯曲是将指定的两表面之间的所有曲率增加同样的曲率增量。这一功能若被自动设计过程引用，则随着优化过程的进展，弯曲亦不断地进行；即把弯曲作为一类特殊变量，直至该自动设计信息规定的任务完成为止。其它场合引用这一功能时，则弯曲是一次性地按规定的曲率增量进行。弯曲完成后要进行象差计算，并连同弯曲后的结构参数一起输出。

上述焦距缩放、光焦度交换、成组弯曲三项是手工设计时期常用的手段，我们将其以高级 FORTRAN 语言形式再现于电子计算机，以便应用，特别是使之在自动设计中仍能发挥作用，不致埋没。而且，我们通过实践证明，它们在自动设计中仍然是大有用处的。关于这一点，请阅第四章。

### 6. 修改参数

修改参数的功能是 ADTF 程序的辅助功能。它使程序的计算范围得到扩展。其修改内容包括三个方面：光学特性参数；结构参数；系统总面数及打印格式。

上述修改可以单项或成批进行，并按修改后的数据进行指定的计算和输出；

修改结构参数，可计算各结构参数增量对应的象差有限差分，以便作出象差差分表，考察系统的象差特性，指导象差的校正；

入瞳半径和视场半角的修改，可算得任意孔径高度和任意视场分点对应的象差，可增加对任意孔径下任意视场点对应的几何光学传递函数计算；

离焦量的修改可以计算若干象面位置对应的垂轴象差和离

焦传递函数，以展示系统的离焦性能或确定最佳象面位置；

系统总面数的修改可以实现组合系统的分段计算和分段设计。

## 7. 自动设计

本程序以适应法为基础，并移植了阻尼最小二乘法的评价函数思想。它是通过把进行了一定数学处理的子午垂轴象差曲线面积构成一种新型优化指标 $S_T$ 实现这种移植的。因此，本自动设计程序不仅能按一般适应法的思想，通过传统的单项几何象差直接控制校正过程；而且可以运用阻尼最小二乘法的思想，通过单一的 $S_T$ 的优化诱导迭代过程实现系统的优化；还可以用 $S_T$ 与一般几何象差共同控制系统的优化；也可以把两种优化过程交叉进行。

自动设计子程序将按设计者的意图分别将各受控象差校正到目标值或控制在公差范围内，自动处理优化过程中可能出现的边界条件违背，并打印信号和输出处理结果，然后继续进行自动优化。

上述自动设计过程可以对组合系统分段实施，即进行分段设计。分段设计完成后又可接着进行全系统的整体设计，中途不必停顿。

## 8. 点列图的计算与打印

按给定的网格比（子午面内光线在入瞳上投射点间隔与入瞳半径之比）在入瞳面上布列光线穿过点，并依此对各视场追踪光线，以各光线的垂轴象差（ $\delta Y'$ ， $\delta Z'$ ）标定其在象平面上的位置，依程序计算的比例分三种波长按五个视场分点把各自对应的光线分布反映为点列图印出。这一方面可供象质分析之用，另一方面为考虑拦截少数弥散很甚的光线提供依据。

## 9. 通光孔径和渐晕计算

计算点列图时的大量光线追踪，是计算轴外斜光束渐晕和

确定各面通光孔径的可靠依据。凡发现有越出规定的通光范围的光线，程序将指明是哪条光线被第几面所阻截，并印出该光线在入瞳面上的坐标。这样便可考虑各表面应具有多大的通光孔径，也可真实了解各视场对应的渐晕瞳孔形状。

#### 10. 光学传递函数 (OTF) 计算

程序以点列图为点扩展函数的实际图样，求得子午方向和弧矢方向的线扩展函数，施行付里叶变换便得到相应的调制传递函数  $MTF_t$  和  $MTF_s$ ，分五个视场按给定的频率范围以十个频率分点输出。输出分两大项，一是主波长对应的单色值（理论值和实际值）；二是经过混合处理的多色实际值和与之对应的理论值。至于相位传递函数 PTF，则是经混合处理的多色值。

#### 11. 离焦 OTF 计算

为减少内存用量和压缩源程序，我们没有专门的离焦 OTF 计算子程序。而是通过离焦量的填写与 OTF 计算的结合来完成离焦 OTF 的计算，用户可按需要给定不同的离焦量，以展示系统的离焦 OTF 情况。

#### 12. 透镜焦距和顶焦距计算

本程序可依光线行进方向逐一计算系统中各单透镜和双胶透镜的前后焦距和顶焦距。其作用之一是便于了解系统中的光焦度分配，作用之二是设计完成后用于正式图纸的焦距、顶焦距尺寸标注。

说明一点，因为点列图计算要追踪大量光线，很费时间，故而对处于设计过程中的系统一般不作此项计算。但为了一般性地确定各面通光孔径和透镜最小厚度，本程序贮存了轴上点边缘光线和视场边缘既定渐晕系数的上、下光线在系统各个表面的投射高度及它们在前后两表面间的斜厚度，并连同象差一起输出。在自动设计中，程序将以它们的斜厚度为根据判明和

查处有关厚度方面的边界违背。

### § 1.3 程 序 特 点

(1) 本程序的结构和功能, 为用户有效地运用手工设计经验和象差理论知识提供了方便。例如, 选定一个现有结构设计双高斯物镜, 可按框图 1—1 安排设计过程。

实践证明, 手工设计经验在自动设计中的应用, 象差的逐步校正与综合校正在自动设计中的连环配合, 常常可以加快优化过程的进展, 收到良好的效果。

(2) 本程序在自动设计子程序中融合了适应法和阻尼最小二乘法的优化思想, 使这两种优化方法能在同一个程序中互相补充, 扬长避短, 因而在实用方面有一定特色。例如, 初始结构较差的系统, 若要求受控的象差较多, 投入自动设计时常因象差相关而使优化过程辗转不前。这时可借助前面所述的新型优化指标  $S_T$  作先行优化, 再转入对其它诸象差的校正, 往往能实现快速而稳定的收敛。在第四章还将列举实例说明这一点。

(3) 本程序把自动设计与传递函数计算结合在同一程序中, 较之那些使二者分离的程序更为方便和实用, 起码是不必在不同程序间辗转反侧, 既省时间, 又可少出差错。

(4) 自动设计中可以区别情况自动排除相关象差, 并具有逐步收缩象差的功能, 以便把难于校正的高级象差或者其它难于控制的优化指标尽可能改善, 充分挖掘系统的优化潜力和最大限度地提高设计质量。

(5) 本程序各功能可按任意顺序首尾相接, 实行连环配合, 并且可以从任一环节起步, 也可终止在任一环节; 每一功能都可以原始结构或前一组结构为基础实施多种方案。例如, 采用两种不同的优化方案改进一个三片型照相物镜按图 1-2:



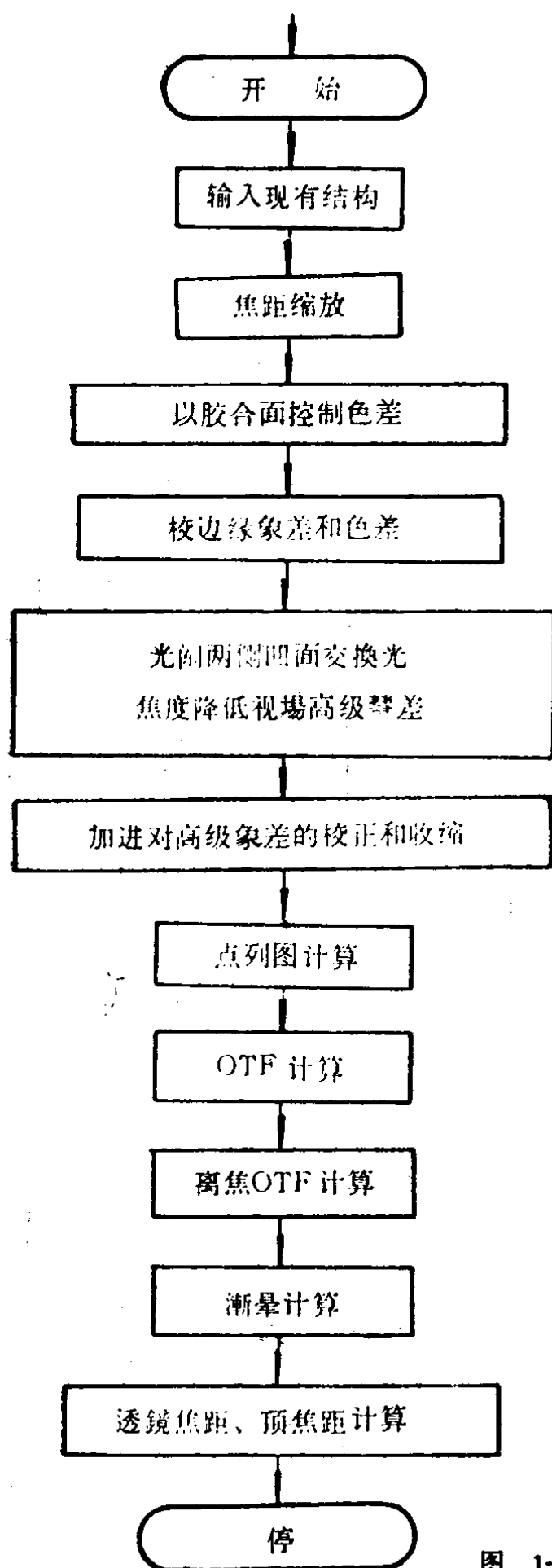


图 1-1