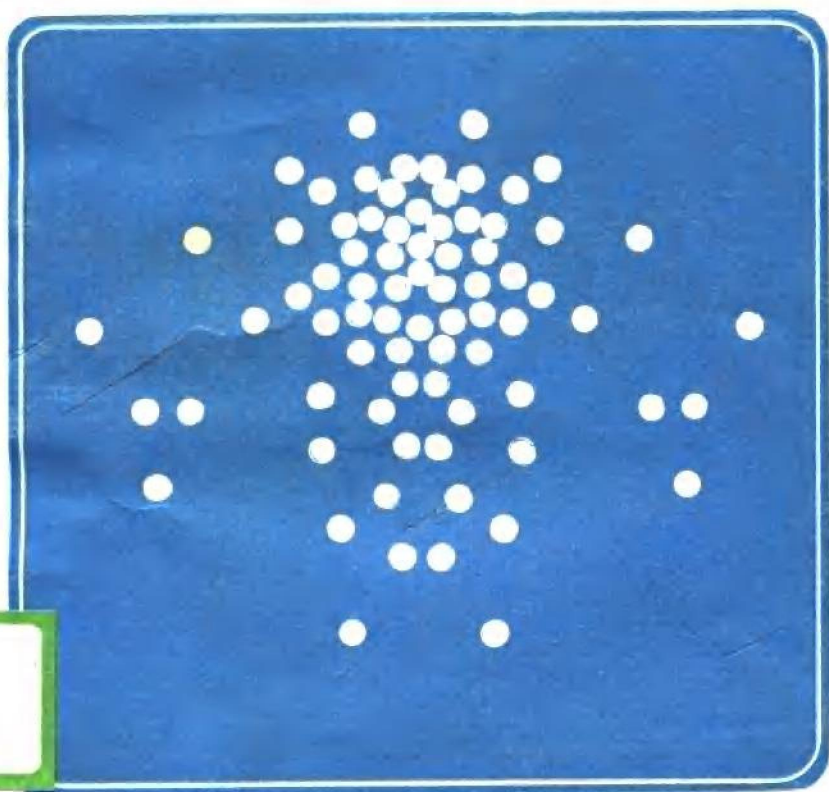


透镜设计技巧

[日] 近藤文雄 著

黄庚练 黄启新 译 姜子鑫 校



西安交通大学出版社

内 容 简 介

本书以象差理论为基础,以照相物镜设计为核心,结合大量设计实例,由简单到复杂就光学设计中经常遇到的一些难于处理的问题,进行了仔细地讨论,为光学设计者提供了许多分析处理具体问题的经验和技巧。

本书可供从事光学设计的工程技术人员及有关院校师生阅读。

透 镜 设 计 技 巧

(日) 近藤文雄 著

黄庚练 黄启新 译

责任编辑 孙文声

*

西安交通大学出版社出版

(西安市咸宁路28号)

西安交通大学出版社印刷厂印装

陕西省新华书店发行 各地新华书店经售

*

开本787×1092 1/32 印张 15.5 插页 1 字数: 324 千字

1989年1月第1版 1989年1月第1次印刷

印数: 1—2500

ISBN7-5605-0177-X/TH·6 定价: 3.10 元

前 言

透镜设计是一门非常实用的科学技术,已有悠久的历史。由于电子计算机技术引入本领域,使得人们从透镜设计工作的繁重劳动中解放出来,而且透镜设计的速度与精度均有很大的提高。尽管如此,一个透镜设计的好坏最终还是由人们来决定的。国际上曾有 23 名透镜设计工作者,使用 9 种不同的透镜设计程序,从同一个初始结构出发,设计同一要求的透镜。得到的结果差别很大,所花的机时也大不一样。从程序本身看,则没有明显的好坏之分。这一例子充分表明决定透镜设计质量好坏的是人们设计理论的掌握程度和设计技巧的熟练程度。

近藤文雄是一位经验丰富的透镜设计工作者,所著透镜设计技巧一书,深入浅出地讨论了设计技巧问题。本书有它独特的风格,使人读起来不是枯燥无味,而是有所兴趣。西安工业学院黄庚练,黄启新老师翻译了这本书,译文忠于原著,文笔流畅。与国内有关著作不同的地方则作过仔细的推敲与斟酌。本书可作为有关科技工作者参考,我想定会从中取得收益和启发。本书也可作为高等学校有关专业的教学参考书,及有关专业研究生的教材。我想对培养学生的思维分析能力以及透镜设计技巧的掌握是会有所帮助的。

鉴于上述，乐于将此书推荐给同行以及有关专业的师生们阅读。

薛 鸣 球

1988年3月7日

序 文

随着电子计算机的不断发展，透镜的设计取得了显著的进步。由于计算机的计算能力大，准确度高而大大缩短了计算时间，并使自动设计成为可能。但是，现在又出现了一种新的呼声，要求从另一个角度重新认识光学设计。由于信息量过大难于处理，使得后面的设计方向难于把握；加之有的人对计算机的功能块部分觉得靠不住，而产生了各种各样的看法。

另一方面，由于对象差理论的深入研究，解开了象差的分类和高次象差方面的一些问题，有关透镜设计的基本解析也取得了进展。以上，如果利用电子计算机的话，就可以很容易地求出这些数值。

透镜设计的价格性能比，已进入了一个再也没有比现在要求更严格的时代了。另外，应当满足要求的时间也明显地缩短了。要完全满足包括成本在内的所有要求是极为困难的。但至少应使设计从计算机中的诸多未知因素中解放出来，作出适合于电子工程师和系统工程师所要求的答案来。

本书以3级象差的处理为基础，并添加了若干对高级象差校正而构成的物镜系统。由于是试行的新的设计方法，所以，我相信，在实际设计上是能充分发挥其作用的。

搞物镜设计离不开理论和经验，而且也需要有广泛的思考领域。如果读者认为这是一本实用价值较高的书的话，我

将感到无上的荣幸。

本书所收集的内容，得到了东京光学机械（株）的中村泰博先生等各方面的大力协助。

从事本书内容审核的有：中村泰博先生，冈田洋光先生，白石昭先生，布川和夫先生等；从事数据整理的有：松本久子小姐，小岛荣小姐，嵩村久美子小姐等。

在此谨向为本书提供出版机会的光学工业技术研究会以及为编辑本书而作出贡献的优见敏行先生们致意。

近藤文雄
1978年

再版说明

本书自 1978 年出版以来,已经 4 年了,由于初版中有的部分不够完善,应补充的内容很多,为此今日再版。新版本较初版本变化和补充的部分有以下几点:

1. 光学材料部分,把肖特公司目录中增加的内容补充了进去。

2. 详细地叙述了减小 2 级光谱的方法,并且还增添了若干有用的附表。

3. 列举了 2 片和 3 片薄透镜的解法和实例。

4. 叙述了把单薄透镜分离为 2 片、3 片后,如何减小球差的问题。

5. 增加了由 3 级象差的一般公式导出本书中公式的方法。

6. 增加了波面象差和几何象差的内容。

7. 给出了照相物镜残留球差的容限。

8. 增加了消球差方面的说明。

9. 对 MTF 作了简单的介绍。

10. 补充了 15 种新的参考文献。

由于补充了这些内容,使得本书更加容易理解,希望它在透镜设计中起到应有的作用。

借今日再版之际,对以增山正幸先生,中村泰博先生,小宫康治先生,白石昭先生为首的东京光学机械(株)社技

术部的各位先生的帮助，表示衷心的感谢！

通过这次的修订，如果对学习光学设计的各位读者有所帮助的话，那将是作者的最大荣幸。

1982年12月14日 东京光学机械(株)

近藤文雄

符号对照表

			Berek	松居	近藤
$t=0$	面上的系数	球差(S.A)	A	$\mathcal{A}$	S
		慧差(C.M)	B	$\mathfrak{B}$	C
		象散(A.S)	F		A
		珀兹伐和	P	p	P
		畸变(Dist)	$\square$		D
$t \neq 0$	赛德系数和	S.A	I	I	S
		C.M	II	II	B
		象散(子午 Meridia)	III	$2 \text{ III} + \text{IV}$	$3 Z + P$
		象散(弧矢 Sagittal)	IV	IV	$Z + P$
		Dist	V	V	$\bar{D}$
	系数的相互变换	S.A	I	I	S
		C.M	II	II	B
		A.S	$\frac{\text{III} - \text{IV}}{2}$	III	Z
		珀兹伐和	$\frac{-\text{III} + 3 \text{ IV}}{2}$	$\text{IV} - \text{III}$	P
		Dist	V	V	$\bar{D}$

目 录

第一章 光学系统的设计

1.1 光学系统设计基础.....	(1)
A 光学系统的结构和应该校正的象差.....	(2)
B 光学设计工作者的任务.....	(9)
1.2 光学玻璃材料.....	(11)
A 光学玻璃材料的性质.....	(11)
B 光学玻璃的折射率和色散.....	(14)
C 光学玻璃的折射率和 ν 值的图表.....	(15)
D 光学玻璃以及其它光学材料的折射率...	(16)
E 玻璃表面上的光反射.....	(23)
F 玻璃内部的光吸收.....	(23)

第二章 简单透镜的设计

2.1 单片透镜的设计.....	(25)
A 单片透镜的用途.....	(25)
B 单片透镜校正象差的自由度.....	(26)
C 单片透镜的球差.....	(27)
D 单片透镜的象散.....	(35)
E 单片透镜的色差.....	(39)
F 单片透镜的设计.....	(39)
2.2 双片透镜的设计.....	(45)
A 双片透镜的消色差.....	(45)

B	双片透镜的弯曲消色差.....	(46)
C	双片透镜的玻璃组合(消色差和象面平坦化)	(47)
D	双片透镜的玻璃组合(消色差和色差贡献)	(49)
E	双片透镜的球差和彗差.....	(50)
F	双片透镜的用途.....	(51)
G	双片透镜的设计.....	(51)
H	2 级光谱的减少.....	(70)
I	2 片以及 3 片透镜构成的物镜求解方法举例	(94)

第三章 三片型物镜(Triplet)的设计

3.1	三片型物镜的构成.....	(105)
3.2	三片型物镜的设计.....	(112)
A	透镜光焦度和入射高度的分配.....	(112)
B	玻璃的选择和珀兹伐和的校正.....	(114)
C	根据赛德系数的计算来校正各象差系数.....	(115)
D	球差和正弦条件(彗差)的校正.....	(120)
E	象面象差.....	(124)
3.3	三片型物镜设计举例.....	(125)

第四章 普通照相物镜的构成方法

4.1	普通照相物镜的构成.....	(139)
4.2	各透镜光焦度的分配和入射高度的确定...	(141)
4.3	位置色差和倍率色差的校正.....	(145)
4.4	珀兹伐和.....	(155)

4.5 曲率、空气间隔、折射率的变化对珀	
兹伐和的贡献.....	(165)
4.6 根据消色差和珀兹伐和选择玻璃.....	(165)
4.7 物镜系统的构成方法 (总结).....	(169)
第五章 根据 3 级象差系数校正象差	
5.1 赛德系数 (3 级象差的校正).....	(171)
5.2 赛德系数的残留量.....	(172)
5.3 3 级象差系数和光线追迹象差间的关系...	(179)
A 球差.....	(179)
B 弧矢象面弯曲.....	(184)
C 象散.....	(187)
D 畸变.....	(195)
E 纵向象差的总结.....	(197)
5.4 轴外光束的成象 (彗差和象面弯曲).....	(199)
A 子午象面的弯曲.....	(202)
B 横向象差公式.....	(203)
C 横向象差中的原点.....	(204)
D 彗差和象面弯曲.....	(212)
E 彗差和象面弯曲的考虑方法.....	(215)
F 3 级象差系数目标值的归纳.....	(216)
G 入瞳的位置.....	(219)
5.5 用 3 级象差系数进行光学系统设计.....	(220)
A 孔径与视场角的象差量之间的平衡.....	(221)
B 波象差和几何象差.....	(229)
C 球差的绝对值.....	(231)
D 残留球差和 MTF 值的关系.....	(234)

E	残留球差的允许值.....	(236)
F	第 1 凸透镜组光焦度的确定.....	(237)
G	第 2 凹透镜组(薄透镜)入射高度的确定	(241)
H	消色差.....	(243)
I	入瞳.....	(247)
J	不晕点.....	(248)
K	分辨率和弥散斑.....	(252)
L	畸变.....	(253)
M	尺寸限制.....	(253)
N	边缘光通量.....	(254)
O	入射窗, 重影.....	(254)
5.6	在设计过程中应该注意的问题.....	(255)
A	决定 r 时所用的局部规则.....	(255)
B	薄透镜系统向厚透镜系统的过渡.....	(257)
C	象差系数变化的线性性.....	(257)
第六章 用 3 级象差系数设计物镜方法的总结		
6.1	3 级象差系数和设计标准化.....	(262)
6.2	初始设计的步骤(三片型物镜).....	(264)
6.3	天塞型物镜的设计实例.....	(274)
A	设计要求.....	(274)
B	起始数据的拟定.....	(275)
C	编制 5% 的弯曲校正表.....	(280)
D	片间弯曲的应用.....	(284)
E	色差的校正.....	(284)
F	光栏位置的校正.....	(284)
G	根据光线追迹表进行校正.....	(284)

H	近距离时的设计.....	(292)
第七章 光路追迹公式和象差曲线的绘制		
7.1	光路追迹公式.....	(296)
A	近轴光线的追迹公式.....	(297)
B	一般光线的追迹公式.....	(300)
C	细光束子午光线的追迹公式.....	(301)
D	细光束弧矢光线的追迹公式.....	(305)
E	象散的计算.....	(306)
7.2	象差计算的步骤.....	(312)
7.3	象质评价用的各种图表的绘制.....	(313)
第八章 象差平衡采用的方法		
8.1	照相物镜象差平衡采用的方法.....	(315)
A	球差的校正.....	(315)
B	色球差.....	(316)
C	高级球差的校正(控制面的采用).....	(317)
D	轴上象点的位置和由于光栏产生的象面 移动.....	(321)
E	小视场角时的彗差校正(正弦条件)...	(322)
F	高级彗差的校正.....	(322)
G	色彗差.....	(324)
H	彗差对分辨率和弥散斑的影响.....	(325)
I	子午象面和弧矢象面.....	(325)
J	平均象面和象散的校正.....	(327)
K	畸变的校正.....	(328)
8.2	象差平衡的校正.....	(330)
A	一般光学系统的象差校正.....	(330)

B	照相物镜的象差校正.....	(331)
C	近距离变化时的图 象.....	(331)
D	等倍率成象.....	(333)
E	用作立体象的照相物镜.....	(333)
8.3	关于高级象差.....	(334)
A	双分离物镜空气间隔两侧表面的弯曲...	(334)
B	珀兹伐型物镜的球差校正.....	(342)
C	松纳型物镜中的控制 面.....	(342)
第九章 光学系统的象的构成与模糊		
9.1	光学系统的象的构成.....	(354)
A	存在球差时的象的结构 (几何光学的 分析方法, 光强连续分布时).....	(354)
B	存在球差时的象的结构 (几何光学的 分析方法, 光强不连续分布时)...	(356)
C	轴外象差的结构.....	(363)
D	边缘响应函数.....	(366)
9.2	根据边缘响应函数的分析.....	(371)
9.3	照相物镜的模糊.....	(376)
A	发光源的模糊.....	(376)
B	具有不连续特征的被摄物体的模糊.....	(376)
C	连续的立体象的模 糊.....	(385)
第十章 物镜系统的试制		
10.1	试制前的准备工作.....	(391)
A	金属零部件的设计资料.....	(392)
B	透镜外径和镜框的公差.....	(392)
C	透镜周边的形状.....	(392)

D	r 、 d 、 n 、 ν 等参数的允许值·····	(393)
E	样板的准备·····	(396)
F	各个面上的镀膜·····	(396)
G	光学性能的评价·····	(396)
H	用 MTF 进行评价·····	(401)
I	杂散光·····	(408)
J	成本方面的资料·····	(408)
第十一章 物镜系统的高级象差分析		
11.1	根据象差多项式的近似·····	(411)
11.2	球差·····	(411)
A	能用数学模型 $\delta S = a_2 h^2 + a_4 h^4 + a_6 h^6$ 近 似的情况·····	(411)
B	球差 δS 取 $\delta S = a_2 h^2 + a_4 h^4 + a_6 h^6$ 的模型 不能近似的场合·····	(419)
11.3	象面象差·····	(427)
A	弧矢象面·····	(427)
B	子午象面·····	(430)
11.4	畸变·····	(432)
11.5	彗差·····	(435)
11.6	高级象差影响的总结·····	(439)
第十二章 光路图		
12.1	光路图的用途和表示方法·····	(442)
12.2	光路图的种类·····	(443)
12.3	光路图上光线所表示的意义·····	(443)
12.4	光路图的应用举例·····	(444)
A	光栏位置和光学系统·····	(444)

B	远摄物镜和反远距型广角物镜.....	(446)
C	小口径物镜的例子.....	(450)
D	物镜和目镜.....	(450)
E	望远镜、显微镜、照相物镜中光束使用 方法的区别.....	(452)
F	等倍率照相物镜.....	(455)
G	变焦距物镜的光路图.....	(456)
H	远心光路系统.....	(456)
I	反射式物镜的例子.....	(458)
J	使用棱镜的光学系统的光路图.....	(460)
K	照明系统.....	(460)
L	用光线代表细光束以此来表示光的密度	(463)
附录 1	把 1 片透镜分解成 3 片透镜时的球差量	(464)
附录 2	由文献 (2) 的透镜象差理论导出本 书的公式.....	(465)
附录 3	有关符号的意义.....	(469)
	参考文献.....	(473)