



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

国家精品课程教材

工程光学

ENGINEERING OPTICS

第4版

天津大学 郁道银 主编
浙江大学 谈恒英



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材
国家精品课程教材

工 程 光 学

第 4 版

天津大学 郁道银 主编
浙江大学 谈恒英



机械工业出版社

本书是“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材，是根据高等教育规划教材的编写要求，以及更新教材内容、反映现代科技发展和应用的原则，在普通高等教育“十一五”国家级规划教材《工程光学（第3版）》基础上重新修订而成。本书编写一贯坚持注重基本理论的论述，加强理论与工程实际的结合，突出现代光学与光学技术发展的指导思想。本书修订后仍分为上、下两篇，上篇为几何光学与光学设计，下篇为物理光学。全书系统地介绍了工程光学的基本原理、方法和应用。

本书可作为高等学校光电信息科学与工程类、仪器仪表类及其相近专业的教材，亦可作为物理和光学类专业的选修课教材或参考书，也是从事光电信息科学与技术、仪器科学与技术等相关领域工作的工程技术人员的参考书。

欢迎选用本书作教材的老师登录 www.cmpedu.com 下载，或发邮件到 jinacmp@163.com 索取。

图书在版编目（CIP）数据

工程光学/郁道银，谈恒英主编. —4版. —北京：
机械工业出版社，2015.11
“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材 普通
高等教育“十一五”国家级规划教材 国家精品课程教材
ISBN 978-7-111-51962-1

I. ①工… II. ①郁…②谈… III. ①工程光学-高等
学校-教材 IV. ①TB133

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2015）第 254627 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）
策划编辑：吉玲 责任编辑：吉玲 王康
封面设计：路恩中 责任校对：刘秀丽 陈秀丽
责任印制：乔宇
北京京丰印刷厂印刷
2016 年 1 月第 4 版·第 1 次印刷
184mm×260mm·38.75 印张·964 千字
标准书号：ISBN 978-7-111-51962-1
定价：69.80 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
电话服务 网络服务

服务咨询热线：010-88379833

机工官网：www.cmpbook.com

读者购书热线：010-88379649

机工官博：weibo.com/cmp1952

教育服务网：www.cmpedu.com

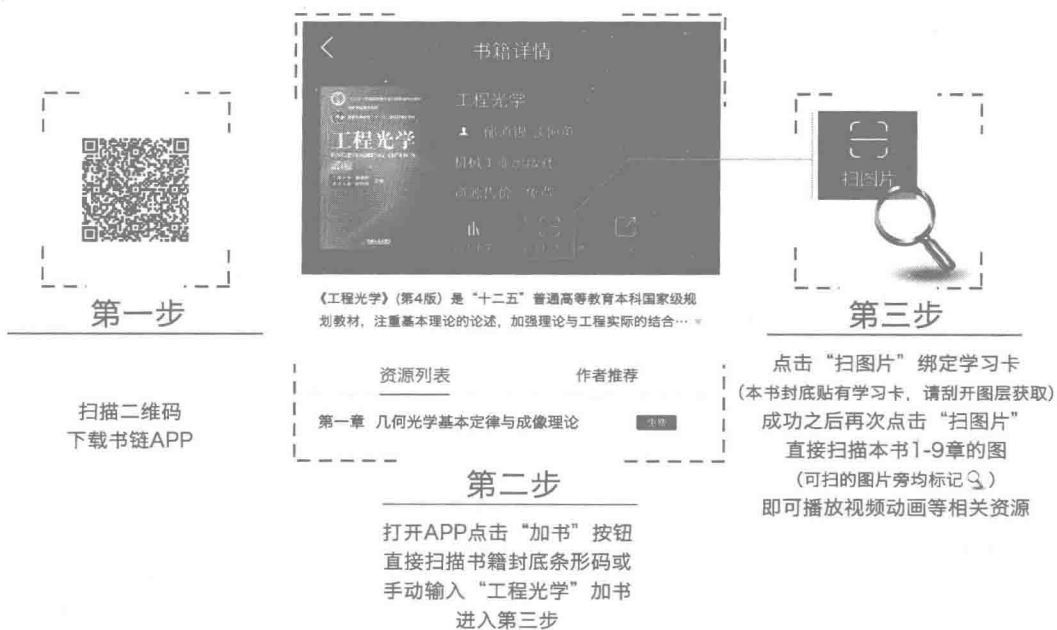
封面无防伪标均为盗版

金书网：www.golden-book.com

新版网络支持功能介绍

1999年,《工程光学》(第1版)正式出版。16年来,相继出版了第2版、第3版,众多学子已从学生时代成为社会中坚。今天,第4版以崭新面貌,迎来《工程光学》的17岁生日。

第4版得益于移动互联网新技术,使传统纸质书具有了网络支持功能。请大家按照以下步骤,通过手机等移动设备获得本书的图片动画演示、重要知识点讲解等数字化学习资源。



本书配套的网络支持功能,将会不断进行升级和扩展,对购买本书的读者是免费提供的。如果您在学习过程中,有任何问题或建议,都欢迎发邮件到 jincamp@163.com。

感谢天津大学的谢洪波老师,制作了本书上篇相关章节的图形动画,感谢天津大学的蔡怀宇老师为本书配套了教师授课课件。

机械工业出版社

第4版前言

《工程光学（第4版）》是“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材。根据高等教育国家级规划教材的编写要求，以及改进教学方法、更新教学内容、突出现代光学技术发展和应用的指导思想，在《工程光学（第3版）》的基础上修订而成。

《工程光学（第4版）》修订的主要思路仍然是坚持既注重基本理论和概念的论述，又注重光学理论与工程实际的结合，并强调现代光学技术的发展和應用。

本书修订后仍分上、下两篇，上篇为几何光学与光学设计，下篇为物理光学。

上篇主要修改内容为：在第三章光学材料一节中，增加了光学塑料和光学晶体材料的特性介绍。在第五章中增加了第十一节颜色测量。在第七章第七节投影系统，增加了数字光学投影系统，即基于DMD的投影光学系统和DMD空间光调制器的相关内容。在第八章第一节激光光学系统，增加了高斯光束的整形以及LD光束特性及其整形的内容，在第五节红外光学系统一节中，增加了主动式和被动式红外光学扫描系统的结构实例。在第十章中，删除了He-Ne激光光束聚焦物镜优化设计内容，增加了第十节三片数码相机物镜优化设计实例和第十一节双高斯物镜优化设计实例。

下篇主要修改内容为：除对相关章节的文字描述做适当的修改和补充外，在第十二章光的干涉和干涉系统一章中，补充了白光干涉的实际应用例子。在第十三章光的衍射一章中，增加了二元光学的应用实例。在第十五章光的偏振和晶体光学基础一章中，引入了近年来由于激光技术发展而备受关注的径向偏振光的概念。

本书由天津大学郁道银（上篇）和浙江大学谈恒英（下篇）主编，上海理工大学庄松林院士（上篇）和广州大学梁铨廷教授（下篇）主审。参加编写的有天津大学郁道银、谢洪波（第八、九章），田学飞、葛宝臻（第五章），清华大学毛文炜（第二、四章、第十章七至十二节），武汉大学何平安（第一、三章、第十章一至六节），长春理工大学王文生（第六、七章），浙江大学谈恒英（第十一、十五章），清华大学何庆声、孙立群（第十三、十四章、附录），上海理工大学曹俊卿（第十二章），南京理工大学赵琦（第十六、十七章）。此外，天津大学的汪毅等为本书的文字整理及校对工作付出了许多辛劳，在此一并感谢。

本书可作为高等学校光电信息科学与工程类、仪器仪表类及其相近专业的教材，亦可作为物理和光学类专业的选修课教材或参考书，也是从事光电信息科学与技术、仪器科学与技术等相关领域工作的工程技术人员的参考书。

书中的不足之处望广大读者指正。

编者
2015年11月

第3版前言

《工程光学（第3版）》是普通高等教育“十一五”国家级规划教材，是根据高等教育规划教材的编写要求，以及更新教材内容、反映现代科技发展和应用的原则，在普通高等教育“十五”国家级规划教材《工程光学（第2版）》的基础上重新修订而成的。

本次修订的指导思想仍然是坚持注重基本理论的论述，加强理论与工程实际的结合，突出现代光学与光学技术的发展。

本书修订后仍分为上、下两篇，上篇为几何光学与光学设计，下篇为物理光学。

上篇主要修改内容为：在现代光学系统一章，将阶跃型光纤与梯度折射率光纤合并为一节，并省略了梯度折射率光纤中的部分指导公式；增加了第五节红外光学系统和第六节特殊面型及特殊结构光学系统；在红外光学系统一节中，主要介绍红外光学材料、红外光学系统的结构形式以及红外光学系统的冷阑效率与无热化设计；在特殊面型及特殊结构光学系统一节，主要介绍自由曲面光学系统、折/衍混合光学系统、离轴反射式光学系统以及自适应光学系统等。在光学系统的像质评价一章，增加了近年来光学设计软件中出现的新成像质量评价方法，如方均根统计评价方法、光程差曲线与光线差曲线、照度分析与光谱分析等。在光学设计一章，增加了光学系统的像差校正方法一节，主要介绍各种手工校正像差的方法，使读者对像差理论有更进一步的理解；将第八节更改为 $-5\times$ 显微物镜的优化设计，与第五节的 $-5\times$ 显微物镜初始结构设计相呼应，使读者全面了解一个显微物镜设计的全过程；此外，还增加了非球面镜头优化设计一节，介绍非球面成像的基本概念与两种非球面物镜的优化设计实例。

下篇主要修改内容为：在光的电磁理论基础一章，对波函数的复数表示、复振幅、波的叠加原理等内容作了补充描述与讨论，对光的吸收、色散和散射现象做了补充描述。在光的干涉和干涉系统一章，以复数形式的矢量波叠加对光波干涉条件进行了分析，补充了白光干涉及其应用的内容，增加了现代干涉技术及系统一节。在光的衍射一章，侧重于从波动光学的角度讨论光波场的衍射分布。在傅里叶光学一章，增加了复杂光波的复振幅分布与分解和光波衍射的傅里叶分析方法两节，以便加深对傅里叶分析方法处理光学问题的理解。在光的偏振和晶体光学基础一章，增加了若干偏振器件的介绍，并补充了液晶的双折射特性和各种电光效应特性的描述。

本书由天津大学郁道银（上篇）和浙江大学谈恒英（下篇）主编，上海理工大学庄松林院士（上篇）和广州大学梁铨廷教授（下篇）主审。参加编写的有天津大学郁道银、谢洪波（第八、九章），田学飞（第五章），清华大学毛文炜（第二、四章、第十章七至十一节），武汉大学何平安（第一、三章、第十章一至六节），长春理工大学王文生（第六、七章），浙江大学谈恒英（第十一、十五章），清华大学何庆声、孙立群（第十三、十四章、附录），上海理工大学曹俊卿（第十二章），南京理工大学赵琦（第十六、十七章）。此外，天津大学的陈晓冬，汪毅和雷湧等为本书的文字整理及校对工作付出了许多辛劳，在此一并感谢。

本书可作为高等学校光电信息科学与工程类、仪器仪表类及其相近专业的教材，亦可作为物理和光学类专业的选修课教材或参考书，也是从事光电信息科学与技术、仪器科学与技术等相关领域工作的工程技术人员的参考书。

书中的不足之处望广大读者指正。

编者

2011年6月

第2版前言

《工程光学第2版》是“十五”国家级规划教材。为适应21世纪高等学校教学改革需要，使工程光学的教学内容和课程体系更适用于仪器仪表类及其相近专业的教学要求，对《工程光学第1版》进行了重新编写与修订。

重新编写与修订的指导思想仍然是既注重论述光学的基本原理，又更加紧密联系工程实际，并努力反映现代光学的发展和应用。

本书修订后仍分为上、下两篇，上篇为几何光学与光学设计，下篇为物理光学。

上篇在光学系统中的光束限制一章，单独介绍了光阑、出、入瞳和出、入窗的概念；在像差理论一章，补充了相关的像差特征曲线及其分析内容；在典型光学系统一章增加了变焦距光学系统的高斯光学成像原理；在像质评价一章，增加了现代光学设计软件中各种像质评价方法；上篇增加了第十章光学设计，主要介绍光学镜头的初始结构参数求解方法（PW法）和光学镜头的优化设计方法，并列举了多种光学镜头的优化设计过程。

下篇在光的电磁理论基础一章，补充了光传播时光的吸收、色散和散射的内容；在光的偏振和晶体光学基础一章，增加了液晶的内容；导波光学基础一章的叙述将更为简明易懂；下篇删去了光的量子性和激光基础一章，新增作为光子技术理论基础的光子学基础一章，主要介绍电磁场的量子化和光子特性，并指出光子学的广泛应用前景。下篇还增加了近场光学、二元光学、光调制、光存储、光子通信、光子晶体和激光器等相关内容。

本书由天津大学郁道银（上篇）和浙江大学谈恒英（下篇）主编，上海理工大学庄松林院士（上篇）和广州大学梁铨廷教授（下篇）主审。参加编写的有天津大学郁道银、谢洪波（第八、九章），田学飞（第五章），清华大学毛文炜（第二、四章、第十章6~10节），武汉大学何平安（第一、三章、第十章1~5节），长春理工大学王文生（第六、七章），浙江大学谈恒英（第十一、十五章），清华大学何庆生（第十三、十四章、附录），上海理工大学曹俊卿（第十二章），南京理工大学赵琦（第十六、十七章）。此外天津大学张以谟教授审阅了上篇的修改内容，并提出了许多宝贵意见，葛宝臻、陈晓冬为本书的校对及文字工作付出辛劳，在此一并致谢。

本书可作为高等学校仪器仪表类、光电信息科学与工程及其相近专业的教材，亦可作为物理和光学专业的选修教材或参考书，也是从事光电信息技术科学、仪器科学与技术等工程技术人员的参考书。

希望广大读者对书中的不足给予指正。

编者
2005年10月

第1版前言

本书是根据国家教育部确定的国家级重点教材和原机械部确定的部级重点教材精神,并根据拓宽专业口径的原则而编写的。

本教材充分体现了高等学校教学改革对教学内容和课程体系改革的需要,在注重论述光学基本原理的同时,紧密结合工程实际,列举了大量的实际应用例子,有利于读者较全面地掌握光学基本理论和实际应用。在内容安排上,既包含有传统的光学理论和光学系统,又涉及现代光学的发展及其应用,努力反映光学的现代面貌。为了配合教学改革的要求,本教材拟配备多媒体教学光盘,以达到更新教学手段,增加课堂信息量,提高教学质量的目的。

本教材分为上、下两篇,上篇为几何光学与成像理论,下篇为物理光学。

上篇共分九章,系统地介绍了几何光学的基本定律与成像理论、理想光学系统的光学参数与成像特性、平面与平面镜成像系统、光学系统中的成像光束限制、光度学和色度学的基本原理、光学系统的光线光路计算和像差基本理论、典型光学系统和现代光学系统的成像特性和设计要求、光学系统的像质评价和像差公差。与以往教材不同的是增加了现代光学系统原理一章,简要地介绍了激光光学系统、傅里叶变换光学系统、扫描光学系统、阶跃型光纤光学系统、梯度折射率光纤光学系统和光电光学系统的光学成像特性及其应用。这些新型的光学系统与经典光学系统相比,其光学成像特性与设计要求等方面均有较大差异,且近年来在光电仪器和光电系统中经常应用。

下篇共分七章,详细地阐述了光的电磁性质、光在各向同性介质界面上的传播规律和光波的叠加与分析、光波的干涉和典型干涉装置与应用、光波的衍射和傅里叶光学的基本原理、光的偏振及其在晶体中的传播、光的量子性和激光、光纤和导波光学。除了传统内容之外,进一步充实了傅里叶光学、全息术、光学信息处理、光学传递函数和晶体光学的内容。考虑到现代光学的发展及其应用,增加了二元光学、光调制、半导体激光、导波光学和光子学方面的基本概念。

本书由天津大学郁道银(上篇)和浙江大学谈恒英(下篇)主编,上海理工大学庄松林院士(上篇)和广州师范学院梁铨廷教授(下篇)主审。参加编写的有天津大学郁道银(八、九章)、田学飞(五章),清华大学毛文炜(二、四章),武汉测绘科学大学何平安(一、三章),长春光机学院王文生(六、七章),浙江大学谈恒英(十、十四章),清华大学何庆声(十二、十三章、附录),上海理工大学曹俊卿(十一章),南京理工大学赵琦(十五、十六章)。本书上篇由郁道银定稿,下篇由谈恒英定稿。此外,天津大学的张以谟教授、胡鸿章教授审阅了本书,并提出了许多宝贵意见,毛义和于为为本书的绘图及校对工作付出了辛劳,在此一并致谢。

本书可作为高等学校仪器仪表类、测控技术及仪器、光电信息工程和其他相近专业的教材,亦可作为物理和光学专业的选修课教材或参考书,也是从事光学和光电技术、仪器仪表技术和精密计量及检测技术的工程技术人员的参考书。

由于作者水平有限,衷心希望广大读者对书中的不足之处给予批评指正。

编者

1998年11月

目 录

新版网络支持功能介绍

第4版前言

第3版前言

第2版前言

第1版前言

上篇 几何光学与光学设计

第一章 几何光学基本定律与成像

概念 1

第一节 几何光学的基本定律和原理 1

一、光波与光线 1

二、几何光学的基本定律 2

三、费马原理 5

四、马吕斯定律 6

第二节 成像的基本概念与完善成像

条件 6

一、光学系统与成像概念 6

二、完善成像条件 6

三、物、像的虚实 7

第三节 光路计算与近轴光学系统 7

一、基本概念与符号规则 7

二、实际光线的光路计算 8

三、近轴光线的光路计算 9

第四节 球面光学成像系统 10

一、单个折射面成像 10

二、球面反射镜成像 11

三、共轴球面系统 12

习题 14

第二章 理想光学系统 16

第一节 理想光学系统与共线成像

理论 16

第二节 理想光学系统的基点与基面 18

一、无限远的轴上物点对应的像点 F' 18

二、无限远轴上像点对应的物点 F 19

三、物方主平面与像方主平面间的关系，

理想光学系统的基点和基面 19

四、实际光学系统的基点位置和焦

距的计算 20

第三节 理想光学系统的物像关系 21

一、图解法求像 21

二、解析法求像 22

三、由多个光组组成的理想光学系

统的成像 24

四、理想光学系统两焦距之间的

关系 25

第四节 理想光学系统的放大率 26

一、轴向放大率 26

二、角放大率 27

三、光学系统的节点 27

四、用平行光管测定焦距的依据 28

第五节 理想光学系统的组合 28

一、两个光组组合分析 29

二、多光组组合计算 31

三、举例 32

第六节 透镜 35

习题 37

第三章 平面与平面系统 39

第一节 平面镜成像 39

一、平面镜成像原理 39

二、平面镜旋转特性 40

三、双平面镜成像 40

第二节 平行平板 41

一、平行平板的成像特性 42

二、平行平板的等效光学系统	42	三、单一介质元光管内光亮度的传递	81
第三节 反射棱镜	43	四、光束经界面反射和折射后的亮度	81
一、反射棱镜的类型	43	五、余弦辐射体	83
二、棱镜系统的成像方向判断	47	第三节 成像系统像面的光照度	84
三、反射棱镜的等效作用与展开	48	一、轴上像点的光照度	84
第四节 折射棱镜与光楔	50	二、轴外像点的光照度	84
一、折射棱镜的偏向角	50	三、光通过光学系统时的能量损失	85
二、光楔及其应用	52	四、光学系统的总透射比	87
三、棱镜色散	52	第四节 颜色的分类及颜色的表观特征	87
第五节 光学材料	53	一、颜色及其分类	87
一、透射材料的光学特性	53	二、颜色的表观特征	87
二、反射光学材料的光学特性	56	第五节 颜色混合及格拉斯曼颜色混合定律	88
习题	56	一、颜色混合	88
第四章 光学系统中的光阑与光束限制	59	二、格拉斯曼颜色混合定律	88
第一节 光阑	59	第六节 颜色匹配	89
一、孔径光阑	59	一、颜色匹配和颜色匹配实验	89
二、视场光阑	62	二、颜色方程式	90
第二节 照相系统中的光阑	62	三、颜色匹配实验的结论	90
第三节 望远镜系统中成像光束的选择	64	第七节 色度学中的几个概念	90
第四节 显微镜系统中的光束限制与分析	66	一、颜色刺激	90
一、简单显微镜系统中的光束限制	66	二、三原色	90
二、远心光路	67	三、三刺激值	90
三、场镜的应用	67	四、光谱三刺激值或颜色匹配函数	91
第五节 光学系统的景深	68	五、色品坐标及色品图	91
一、光学系统的空间像	68	六、色度学中常用的光度学概念	91
二、光学系统的景深	69	第八节 颜色相加原理及光源色和物体色的三刺激值	93
第六节 数码照相机镜头的景深	73	一、颜色相加原理	93
习题	74	二、光源色和物体色的三刺激值	93
第五章 光度学和色度学基础	77	第九节 CIE 标准色度学系统	94
第一节 辐射量和光学量及其单位	77	一、CIE1931 标准色度学系统	94
一、辐射量	77	二、CIE1964 补充标准色度学系统	100
二、光学量	78	三、CIE 标准照明体和标准光源	101
三、光学量和辐射量间的关系	79	四、CIE 关于照明和观察条件的规定	102
第二节 光传播过程中光学量的变化规律	80	五、CIE 色度学系统表示颜色的方法	102
一、点光源在与之距离为 r 处的表面上形成的照度	80	第十节 均匀颜色空间及色差公式	103
二、面光源在与之距离为 r 处的表面上形成的照度	81	一、 (x, y, Y) 颜色空间是非均匀颜色空间	103
		二、均匀颜色空间及相应的色差公式	104

第十一节 颜色测量	105	第二节 放大镜	142
一、颜色测量原理	105	一、视觉放大率	142
二、颜色测量方法分类	106	二、光束限制和线视场	143
三、颜色测量方法	106	第三节 显微镜系统	144
习题	107	一、显微镜的视觉放大率	144
第六章 光线的光路计算及像差		二、显微镜的线视场	145
理论	108	三、显微镜的出瞳直径	145
第一节 概述	108	四、显微镜的分辨率和有效放大率	145
一、基本概念	108	五、显微镜的景深	146
二、像差计算的谱线选择	109	六、显微镜的照明方法	147
第二节 光线的光路计算	109	七、显微镜的物镜	149
一、子午面内的光线光路计算	110	第四节 望远镜系统	149
二、沿轴外点主光线细光束的光路 计算	112	一、望远系统的分辨率及工作放 大率	150
三、计算举例	113	二、望远镜的视场	151
第三节 轴上点的球差	114	第五节 目镜	152
一、球差的定义和表示方法	114	第六节 摄影系统	155
二、球差的校正	116	一、摄影物镜的光学特性	155
第四节 正弦差和彗差	118	二、摄影物镜的景深	157
一、正弦差	118	三、摄影物镜的类型	157
二、彗差	120	四、数码相机 (digital camera)	159
第五节 场曲和像散	121	第七节 投影系统	160
一、场曲与轴外球差	121	一、基本参数	160
二、像散	123	二、投影物镜的结构型式	161
第六节 畸变	124	三、照明系统	162
第七节 色差	126	四、基于 DMD 的投影光学系统	162
一、位置色差、色球差和二级光谱	126	五、DMD 空间光调制器	163
二、倍率色差	128	第八节 变焦距光学系统	164
第八节 像差特征曲线与分析	129	一、变焦距光学系统的原理	164
一、像差特征曲线	129	二、变焦距系统的变焦方程	166
二、像差特征曲线分析	130	三、机械补偿变焦系统	169
第九节 波像差	132	第九节 光学系统的外形尺寸计算	171
习题	134	一、转像系统和场镜	171
第七章 典型光学系统	137	二、带有对称透镜转像系统的望 远镜	172
第一节 眼睛及其光学系统	137	习题	175
一、眼睛的结构——成像光学系统	137	第八章 现代光学系统	179
二、眼睛的调节及校正	137	第一节 激光光学系统	179
三、眼睛——辐射接收器	139	一、高斯光束的特性	179
四、眼睛的分辨率	139	二、高斯光束的传播	179
五、眼睛的对准精度	140	三、高斯光束的透镜变换	181
六、眼睛的景深	140	四、高斯光束的聚焦和准直	183
七、双目立体视觉	141	五、高斯光束的整形	184

六、LD 光束特性及其整形	186	Function)	218
第二节 傅里叶 (Fourier) 变换光学系统	187	第四节 星点检测法与点列图	218
一、相干光学处理系统	187	一、星点检测法 (Star Test)	218
二、傅里叶变换物镜的光学设计要求及结构型式	188	二、点列图 (Spot Diagram)	219
第三节 扫描光学系统	189	第五节 光学传递函数评价成像质量	220
一、扫描方程式	190	一、利用 MTF 曲线来评价成像质量	221
二、常用光学扫描形式	190	二、利用 MTF 曲线的积分值来评价成像质量	221
三、扫描物镜—— $f\theta$ 物镜	191	第六节 其他像质评价方法	222
第四节 光纤光学系统	193	一、方均根 (Root-Mean-Square, RMS) 统计评价	222
一、阶跃型光纤的基本原理	193	二、光程差曲线与光线差曲线	223
二、梯度折射率光纤	194	三、照度分析与光谱分析	224
三、光纤束的传光、传像特性	197	四、杂散光分析	225
四、光纤光学系统	200	第七节 光学系统的像差公差	226
五、光纤面板与光锥	201	一、望远物镜和显微物镜的像差公差	226
第五节 红外光学系统	201	二、望远目镜和显微目镜的像差公差	227
一、红外光学材料	202	三、照相物镜的像差公差	228
二、红外光学系统的结构型式	204	习题	228
三、红外光学系统的冷阑与冷阑效率	206	第十章 光学设计	229
四、红外光学系统的无热化设计	206	第一节 PW 形式的初级像差系数	229
第六节 特殊面型及特殊结构光学系统	207	一、 PW 的定义及 PW 形式的初级像差系数	229
一、自由曲面光学系统	207	二、薄透镜系统初级像差的 PW 表示式	231
二、折/衍混合成像光学系统	209	第二节 薄透镜系统的基本像差参量	231
三、离轴反射式光学系统	210	一、对像差参量 P 、 W 进行规化	232
四、微透镜及微透镜阵列	211	二、对物体位置进行规化	232
五、共形光学系统	211	三、规化色差系数 C_1	233
六、自适应光学系统	212	四、用规化像差参量 \bar{P} 、 \bar{W} 表示的初级像差系数	234
习题	213	第三节 双胶合薄透镜组的基本像差参量与结构参数的关系	234
第九章 光学系统的像质评价	214	一、双胶合薄透镜组的独立结构参数	234
第一节 瑞利判断与波前图	214	二、基本像差参量 \bar{P}^∞ 、 \bar{W}^∞ 和 \bar{C}_1 与结构参数的关系	235
一、瑞利判断 (Rayleigh Judgement)	214	三、 \bar{P}^∞ 、 \bar{W}^∞ 与玻璃材料的关系	236
二、波前图 (Wavefront Map)	215	四、求解双胶合薄透镜组结构参数的步骤	237
第二节 中心点亮度与能量包容图	215	第四节 单薄透镜的 \bar{P}^∞ 、 \bar{W}^∞ 和 \bar{C}_1 与结构	
一、中心点亮度 (Brightness of Center Disk)	215		
二、能量包容图 (Encircled Energy)	215		
第三节 分辨率与点扩散函数	216		
一、分辨率 (Resolving Power)	216		
二、点扩散函数 (Point Spread			

参数的关系	238	数 ϕ	251
第五节 用 PW 方法求解初始结构参数实例	239	四、边界条件	253
一、双胶合物镜的初始结构设计	239	五、小结	254
二、双分离物镜的初始结构设计	244	第八节 $-5\times$ 显微镜的优化设计实例	254
第六节 光学系统的像差校正方法	246	一、方法 1	254
一、系统中各光组 (以至各面) 的像差分布合理, 尽量减小高级像差	247	二、方法 2	255
二、系统的像差具有合理的匹配	247	第九节 激光扫描物镜优化设计实例	259
三、改变单个面的曲率半径	247	一、设计要求	259
四、整体弯曲	247	二、优化设计过程与结果	259
五、利用特殊位置的透镜或透镜组的像差特性	247	第十节 三片数码相机物镜优化设计实例	266
六、利用对称型结构的像差特性, 成对地修改结构参数	248	一、三片数码相机物镜的光学特性和像质要求	266
七、增加胶合面, 校正色差或单色像差	248	二、初始结构	266
八、更换玻璃, 校正色差或单色像差	248	三、加厚镜片的过程	268
九、加入无光焦度校正板	248	四、优化	269
十、移动光阑至合适的位置	248	第十一节 双高斯物镜优化设计实例	275
十一、通过拦光, 改善轴外点成像质量	248	一、设计背景概述	275
十二、加入非球面	248	二、双高斯物镜的初始结构	276
第七节 光学系统的优化设计	248	三、优化	277
一、概述	248	第十二节 非球面镜头优化设计实例	285
二、光学镜头设计中常用优化方法的数学原理	250	一、概述	285
三、阻尼因子 p 、权因子 μ_j 和评价函		二、非球面激光聚焦物镜优化设计实例	288
		三、孔径角 $U' = 61^\circ$ 、后工作距 $l' \geq 20\text{mm}$ 的非球面聚光镜的优化设计	292
		习题	297
		上篇习题部分参考答案	299
		上篇主要参考文献	303

下篇 物理光学

第十一章 光的电磁理论基础	305	和折射定律	315
第一节 光的电磁波性质	305	三、菲涅耳公式	316
一、电磁场的波动性	305	四、反射和折射时的振幅关系	318
二、平面电磁波及其性质	308	五、相位变化	319
三、球面波和柱面波	311	六、反射比和透射比	320
四、光波的辐射和辐射能	312	七、反射和折射时的偏振特性	321
第二节 光在电介质界面上的反射和折射	314	八、全反射	323
一、电磁场的连续条件	314	第三节 光在金属表面的反射和透射	327
二、光在两电介质分界面上的反射定律		一、金属中的光波	327
		二、金属表面的反射	328

第四节 光的吸收、色散和散射	330	习题	387
一、光的吸收	330	第十三章 光的衍射	391
二、光的色散	332	第一节 光波衍射的基本理论	391
三、光的散射	335	一、光的衍射现象	391
第五节 光波的叠加	337	二、惠更斯-菲涅耳原理	392
一、波的叠加原理	337	三、菲涅耳-基尔霍夫衍射公式	393
二、两个频率相同、振动方向相同的单色光波的叠加	338	四、巴比涅原理	394
三、驻波	340	五、基尔霍夫衍射公式的近似	395
四、两个频率相同、振动方向互相垂直的单色光波的叠加	341	第二节 菲涅耳衍射	397
五、两个不同频率的单色光波的叠加	343	一、菲涅耳波带法	397
第六节 光波的傅里叶分析	343	二、菲涅耳圆孔衍射	399
一、非简谐周期波的傅里叶级数表示	346	三、菲涅耳圆屏衍射	399
二、非周期波的傅里叶积分表示	348	四、菲涅耳波带片(菲涅耳透镜)	399
三、实际光源发出的光波的分析	349	五、泰伯(Talbot)效应	402
习题	351	第三节 典型孔径的夫琅和费衍射	403
第十二章 光的干涉和干涉系统	354	一、夫琅和费衍射公式的意义	404
第一节 光波干涉的条件	354	二、矩孔衍射	405
第二节 杨氏干涉实验	356	三、单缝衍射	407
一、杨氏干涉条纹的分析	356	四、圆孔的夫琅和费衍射	408
二、两个单色相干点源在空间形成的干涉场	358	第四节 光学成像系统的衍射和分辨本领	410
第三节 干涉条纹的可见度	358	一、成像系统的衍射现象	410
一、干涉条纹可见度的定义	359	二、在像面观察的夫琅和费衍射	411
二、影响条纹可见度的因素	359	三、光学成像系统的分辨率	412
第四节 平板的双光束干涉	363	第五节 多缝的夫琅和费衍射	414
一、干涉条纹的定域	363	一、多缝衍射的强度分布公式	414
二、平行平板产生的等倾干涉	363	二、多缝衍射图样的特征	415
三、楔形平板产生的等厚干涉	366	第六节 衍射光栅	416
四、斐索干涉仪和迈克耳逊干涉仪	367	一、光栅的分光性能	417
第五节 平行平板的多光束干涉及其应用	371	二、正弦(振幅)光栅	419
一、平行平板的多光束干涉	371	三、闪耀光栅	421
二、法布里-珀罗干涉仪	373	四、阶梯光栅	422
三、光学薄膜与干涉滤光片	376	五、体光栅	423
第六节 现代干涉技术和干涉系统	381	第七节 二元光学元件	425
一、外差干涉和泰曼-格林系统	382	一、二元光学概述	425
二、剪切干涉和马赫-曾德系统	383	二、二元光学元件的结构、特性与制造	425
三、傅里叶变换光谱仪	385	三、二元光学元件应用举例	429
四、用于制作光学元件的干涉系统	386	习题	431
		第十四章 傅里叶光学	435
		第一节 平面波的复振幅分布和空间频率	435
		一、光场中任一平面上的复振幅	

分布	435	四、全息术的应用	478
二、复振幅分布的空间频率及物理意义	436	习题	481
第二节 复杂复振幅分布及其分解	437	第十五章 光的偏振和晶体光学	
一、单色波场中复杂的复振幅分布	437	基础	484
二、复杂复振幅分布的分解	439	第一节 偏振光概述	484
第三节 光波衍射的傅里叶分析方法	439	一、偏振光和自然光	484
一、夫琅和费衍射与傅里叶变换的关系	440	二、产生线偏振光的方法	484
二、夫琅和费衍射图样的特点	441	三、马吕斯定律和消光比	486
三、夫琅和费衍射的傅里叶变换处理实例	442	四、径向偏振光	486
四、菲涅耳衍射的傅里叶变换处理	447	第二节 光在晶体中的传播	488
第四节 透镜的傅里叶变换性质和成像性质	447	一、晶体的双折射现象	488
一、透镜的透射函数	448	二、晶体的各向异性 and 介电张量	489
二、透镜的傅里叶变换性质	448	三、单色平面波在晶体中的传播	490
三、透镜的成像性质	450	第三节 晶体光学性质的几何表示	493
第五节 相干成像系统分析及相干传递函数	451	一、折射率椭球	493
一、成像系统的普遍模型	452	二、法线面、光线面和波矢面	494
二、成像系统的线性和空间不变性	452	三、单轴晶体光学性质的几何表示	496
三、扩展物体的成像	453	第四节 光波在晶体表面的折射和反射	499
四、相干传递函数 (CTF)	453	一、光在晶体表面的折射定律和反射定律	499
第六节 非相干成像系统分析及光学传递函数	456	二、光在单轴晶体中传播方向的确定	499
一、非相干系统的成像	456	第五节 晶体偏振器件	504
二、光学传递函数 (OTF)	457	一、偏振棱镜	504
三、OTF 与 CTF 的关系	458	二、波片	506
四、衍射受限系统的 OTF	459	三、补偿器	507
第七节 阿贝成像理论与波特实验	461	四、退偏器	508
一、阿贝成像理论	461	第六节 偏振的矩阵表示	509
二、波特实验	463	一、偏振光的琼斯矢量表示	509
第八节 光学信息处理	465	二、正交偏振	511
一、相干光学信息处理	466	三、偏振器件的琼斯矩阵表示	511
二、非相干光学处理	470	第七节 偏振光的变换和测定	514
三、白光信息处理	472	一、偏振光的变换	514
第九节 全息术	473	二、偏振光的测定	515
一、全息术的原理	473	第八节 偏振光的干涉	517
二、基元全息图	475	一、平行偏振光的干涉	518
三、全息术的特点	477	二、会聚偏振光的干涉	521
		三、偏光干涉仪	522
		第九节 磁光、电光和声光效应	524
		一、旋光现象和磁致旋光效应	525
		二、电光效应	529
		三、声光效应	535

第十节 液晶	538	四、光子的偏振	571
一、液晶的光学各向异性性质	538	五、光子的自旋	572
二、液晶的电光效应	540	第四节 光子流	572
三、液晶的应用	542	一、光子简并度	572
习题	544	二、平均光子通量	573
第十六章 导波光学基础	548	三、光子通量的随机性	574
第一节 光在平板波导中的传播	548	四、光子数的统计分布	574
一、平板光波导的射线理论	548	第五节 光的量子态	576
二、平板光波导的波动理论	551	一、光的量子态及其描述	576
三、耦合模理论	553	二、相干态光	578
第二节 光在光纤中的传播	555	三、压缩态光	578
一、光纤的结构特性	555	第六节 应用举例	580
二、阶跃光纤的射线理论	556	一、量子保密通信	580
三、阶跃光纤的模式理论	558	二、光子晶体激光器和光子晶体滤波器	581
四、光纤的传输损耗与色散	560	三、光子学的应用前景	582
第三节 导波光学的应用	561	习题	583
一、导波光学的典型器件与应用	561	下篇附录	584
二、光纤的应用	562	附录 A 矢量分析及场论的主要公式	584
习题	564	附录 B 二维傅里叶变换关系及其基本定理	585
第十七章 光子学基础	565	附录 C 几个常用函数的定义及傅里叶变换	586
第一节 光的量子性	565	附录 D 卷积和相关	588
一、光电效应与爱因斯坦光子学说	565	附录 E δ 函数	589
二、光的波粒二象性	567	附录 F 贝塞尔函数	592
第二节 光谱谐振腔的辐射模	567	附录 G 矩阵	594
一、谐振腔及其特性	567	下篇习题部分参考答案	597
二、腔模	568	下篇主要参考文献	603
第三节 光子的特性	570		
一、光子的能量	570		
二、光子的定位	570		
三、光子的动量	571		