

王幼生 廖瑞端 刘泉 甄兆忠 主编



MODERN OPTOMETRY

# 现代眼视光学

(全国优秀出版社) 广东科技出版社

# 现代眼视光学

王幼生 廖瑞端 刘 泉 甄兆忠 主 编

(全国优秀出版社)

广东科技出版社

---

— 广 州 —

## 图书在版编目 (CIP) 数据

现代眼视光学/王幼生, 廖瑞端编著. —广州: 广东  
科技出版社, 2004.10  
ISBN 7-5359-3744-6

I. 现… II. ①王…②廖… III. 眼科学  
IV. R77

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 089770 号

---

出版发行: 广东科技出版社

(广州市环市东路水荫路 11 号 邮码: 510075)

E - mail: gdkjzbb@21cn.com

h t t p: //www.gdstp.com.cn

经 销: 广东新华发行集团

排 版: 广东科电有限公司

印 刷: 广州市穗彩彩印厂

(广州市石溪富全街 18 号 邮码: 510288)

规 格: 889mm×1 194mm 1/16 印张 32.5 插页 4 字数 890 千

版 次: 2004 年 10 月第 1 版

2004 年 10 月第 1 次印刷

印 数: 1~1 000 册

定 价: 88.00 元

---

如发现因印装质量问题影响阅读, 请与承印厂联系调换

## 内 容 简 介

这是国内第一部全面、系统的眼视光学专著，主要内容有：光学基础与生理光学，屈光不正与眼视光学相关检查，眼的调节与集合，双眼视觉与斜视、弱视，眼镜学与隐形眼镜，屈光手术学与人工晶体屈光手术学，视光学与眼科临床，视光学与中医学等。书中有 300 多幅精美插图，并附有眼镜镜片国家标准等一批实用的珍贵的参考资料。

本书具有很强的专业性、先进性、实用性。可供眼科医师、视光师、眼镜技师作工具书之用；可供大专院校师生作教材之用；可供眼视光学科研人员作研究参考之用。

## 《现代眼视光学》编著人员

**主 编：**王幼生 廖瑞端 刘 泉 甄兆忠

**副主编：**梁 纳 钟兴武 吴健芳 彭耀崧

**编 委：**(按姓氏笔划为序)

马胜生 王 铮 邓宏伟 丘新兰 冯 波 冯光强

冯涓涓 朱文琿 刘 念 刘文彦 关国华 余敏斌

陈 翔 陈林兴 陈咏冲 邹 玲 杨 晓 杨文照

张国明 林振德 徐冬梅 钱 进 郭琳洁 黄 娟

黄小瑛 黄国富 黄静文 聂昊辉 龚向明 谢 昕

詹 敏

**主 审：**关征实 王仲均 何志远

# 序



基于种族和中国传统文化的特点，已公认中国是眼屈光不正多发的国家之一。据国内各地统计，其中近视眼的发病率大约在30%~60%之间，并有逐年增加的趋势，居青少年视力减退原因的首位，因而广受社会的关注和家长的深切忧虑。视力作为入学、就业和工种选择重要依据，使得人人关心视力保健问题，防治心切。

随着社会经济和科学技术的发展，国民文化素质的提高，人们对视力保健的重要和需求日益增加，而传统的从事眼屈光专业人员的素质和检测手段，远远不能满足人民视力保健工作的需要。

眼视光学学科与我们日常生活和工作的视觉活动紧密相关，人们每天从外界所获得的信息有80%来自视觉系统。眼睛的光学上或功能上的缺陷已成为影响人们的日常生活和就业工作的主要疾病之一。其中大部分眼球光学和功能缺陷可以通过视光学辅助器（广义上的眼镜如框架或隐形眼镜、人工晶体、人工角膜、助视器等）得到不同程度的矫正，以提高视力敏锐度。它们也是眼防护、劳保、美容的重要用品。但是我国由于历史背景、传统教育和科学技术等原因，眼镜专业与医学教育脱节，长期将眼镜作为一般轻工业的工艺技术课程培训，形成眼科医生不懂或懂得不多眼镜光学理论或验配技术的局面，而眼镜从业人员又不懂得或甚少眼科医学知识。随着医科教学的普及和医疗技术的进步，经济生活的改善和文化素质的提高，传统的眼镜验配已远远不能满足人们对视力保健的需求。社会的广泛需求，必然大大地促进眼视光学的发展。

眼镜不是一般的日用商品，而是医疗保健用品，与视力保护和眼睛保健密切相关，应成为眼视光学教育的重要内容，属于眼科学的范畴。

眼镜学涉及到医学、光学、化学、材料学、制造工艺等领域。眼镜的验配与眼

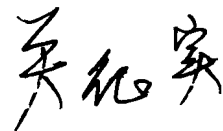
睛视觉光学、环境医学、眼病诊断学等密切相关，属于医疗行为，是一门综合性的科学、是眼科学重要组成部分。这也是西方视光学向眼科学靠拢，扩大医学领域的原因。

随着生命科学、基础医学、光学、显微手术学和各种高新技术的发展，眼视光学取得了前所未有的进步。全国眼视光学学术机构不断健全扩大，各种专业期刊先后涌现，内容日益丰富。多种形式的国内和国际学术交流、专题研讨会日渐频繁，学术气氛十分活跃。我国眼视光学的基础理论研究、临床医疗技术和整体学术水平迅速提高，已与国际接轨和同步发展。促进眼科的信息交流和知识更新，对临床实践具有重要指导意义。

本书集中了一大批在各自所从事视光学专业方面颇有建树的新老专家，特别是近年来活跃在眼科学术论坛上的一些中青年学者。他们不仅长期在临床第一线，积累了丰富的实践经验，而且十分注重整体研究和经验总结，在学术界具有一定影响。本书的特点是：在内容上既保持了传统经验的完整，又注重创新技术的吸收；在理论上既强调科学性，又突出其实用性。

近年来引进的最新眼视光学诊治技术，以及当今高科技成分的现代屈光手术技术，在这本书均有详细论述。相信本书的出版，对促进眼科学术发展和临床技术的提高，一定会起到良好的推动作用。借此机会，对《现代眼视光学》一书的出版谨致衷心的祝贺。

中山大学中山眼科中心教授  
广东省视光学学会名誉理事长



2004年8月18日



# 前言

眼视光学是研究光学与视觉功能之间相互关系的学科，是涉及医学、光学、心理物理学、生物工程学等领域的跨门类、多系统的边缘学科。随着科技和经济的发展，眼视光学的研究及其应用越来越受到重视。

在发达国家和地区，眼视光学已有近百年的历史，具备了较高的水平，并形成了一整套严格的、完整的教育、研究体系。西方国家的眼视光学教育和研究多设在工学院内，属于理工学范畴。在我国，长期以来没有眼视光学的概念，更没有眼视光学的专业教育。眼视光学相关的教育、研究和临床一直由眼科和眼镜两个行业分担。1988年，温州医学院在国内率先开办眼视光学专业，并相继建立眼视光医院和视光学研究所，对我国眼视光学的发展产生了重大的影响。1997年，中山医科大学成立眼视光学系，开办五年制本科眼视光学专业。同年，广东省视光学学会成立。其后，北京、上海、天津等著名的医科大学亦相继开办眼视光学专业，由此，我国的眼视光学步入了一个崭新的发展阶段。在我国，由于眼视光学的工作很大部分由眼科医师承担，以及公众对眼科医生的信任，因而使眼视光学的教育、研究与医学必然地产生联系，从而形成了一个具有中国特色的眼视光学体系。

眼视光学（Optometry）一词来源于古希腊词 *optos* 和 *metron*，分别是“看”和“测量”的意思。由此，人们将眼视光学定义为“确定正常人眼的视觉状态或通过眼镜来矫正异常状况的科学”，更有把眼视光学等同于眼镜学。然而，随着现代科技的发展以及人类对现代健康生活的追求，眼视光学的含义已远不止此。基于这一观点，我们编写了这本《现代眼视光学》，从光学基础、眼的视觉生理以及眼视光学临床的各方面问题进行系统、全面的论述，并力图将眼视光学在近年来的研究进展奉献给读者，希望能从全书中获得眼视光学完整的概念和体系。其中，关于视觉生理、视觉认知、眼视光学与眼科临床、眼视光学与中医学等章节，是过去相关书籍中少有涉及的。屈光不正是眼球的一种光学缺陷。在现代眼视光学中有镜片和手术两种矫治方法，手术，完全区别于镜片矫正的手术，主要是指角膜屈光手术。由于近年来发展较快，形成了眼视光学的一个分支，我们把它独立成章。光学矫正的镜片，又分为框架眼镜、隐形眼镜、人工晶体。这三个内容我们仍按习惯分章介绍。此外，我们还将一些对临床有一定指导意义的文件作为附录推荐给读者，以供在临床工作和教学科研中参考。

在本书的编写过程中，一直得到老一辈眼视光学专家关征实教授、王仲均主任医师、何志远主任医师的指导，得到褚仁远教授的关心和支持，得到中山大学中山眼科中心麦光焕教授、天津眼科医院专家郭新、李丽华的帮助，得到广东省视光学学会、中山大学眼视光学系、广州中医药大学第一附属医院眼科、中山大学附属第一医院眼科、广州市红十字会医院眼科、深圳市眼科医院、广州市第一商业学校等单位的大力支持，在此一并致谢。



# 目 录

<b>第一章 光学基础</b> .....	1	六、对比敏感度检查	54
第一节 光的性质	1	七、视网膜视力检查	57
第二节 几何光学基础	3	八、伪盲的检查	58
一、光的传播	3	第二节 屈光状态检查	59
二、光度学	4	一、客观验光	59
三、光的反射	6	二、综合验光仪	65
四、光的折射	10	三、主观验光	67
第三节 物理光学基础	14	四、调节的检查与老视的验配	76
一、波动光学	14	五、配镜处方	79
二、量子光学	20	六、医学验光	80
<b>第二章 生理光学</b> .....	23	七、摄影验光法	80
第一节 眼的屈光系统	23	八、儿童的验光配镜	82
一、眼球的屈光介质	23	九、配镜原则	84
二、眼的光学常数	24	第三节 屈光介质检查	85
三、简略眼和模型眼	27	一、角膜检查	85
四、视网膜成像	28	二、晶状体、玻璃体检查	91
第二节 视觉生理学	29	第四节 视光学相关特殊检查	92
一、形觉	29	一、眼底镜检查	92
二、光觉	36	二、视野检查	94
三、色觉	44	三、视觉电生理检查	101
四、双眼视觉	48	四、高敏视力检查	111
<b>第三章 眼视光学相关检查</b> .....	49	五、色觉检查	117
第一节 视敏度检查	49	六、暗适应	119
一、视力与视力表	49	七、OCT 检查	120
二、远视力检查法	51	八、影像学检查	124
三、近视力检查法	52	<b>第四章 屈光不正</b> .....	131
四、视力检查的意义	52	第一节 近视眼	131
五、婴幼儿视功能检查方法	53	一、近视眼的发病率	131
		二、近视眼的发病原因	132

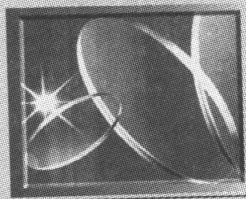
三、近视眼的屈光状态 .....	132	第二节 老视 .....	170
四、近视眼的分类 .....	133	一、老视的定义 .....	170
五、单纯性近视眼的临床表现 .....	134	二、年龄与调节 .....	170
六、病理性近视眼 .....	135	三、老视的发病机制 .....	170
七、近视眼的治疗 .....	138	四、老视的临床表现 .....	171
八、近视眼的预防 .....	139	五、老视眼的治疗 .....	171
九、近视眼研究进展 .....	140	第三节 视疲劳 .....	173
第二节 远视眼 .....	143	一、视疲劳的定义 .....	173
一、远视眼的原因与分类 .....	143	二、视疲劳的原因与分类 .....	173
二、远视眼的屈光状态 .....	144	三、视疲劳的临床表现与检查 .....	176
三、远视眼的调节 .....	144	四、视疲劳的治疗 .....	176
四、远视眼的病理变化 .....	145	五、电脑终端与视疲劳 .....	176
五、远视眼的临床表现 .....	146	<b>第六章 双眼视觉</b> .....	180
六、远视眼的治疗 .....	146	第一节 双眼视觉与斜视 .....	180
第三节 散光眼 .....	147	一、双眼视觉的定义及其发育 .....	180
一、散光眼的原因 .....	147	二、双眼视觉的相关概念及临床意义 .....	181
二、散光眼的屈光状态 .....	147	三、双眼视觉产生与维持的条件 .....	191
三、散光眼的分类 .....	148	四、双眼视觉异常 .....	192
四、散光眼的临床表现 .....	149	五、双眼视觉的临床检查 .....	202
五、散光眼的治疗 .....	149	第二节 弱视 .....	210
第四节 屈光参差 .....	150	一、弱视的定义 .....	210
一、屈光参差的原因 .....	150	二、视觉发育与弱视的发病机制 .....	210
二、屈光参差的分类 .....	150	三、弱视的分类 .....	211
三、屈光参差的临床表现 .....	151	四、弱视的程度 .....	212
四、屈光参差的治疗 .....	151	五、弱视的临床表现 .....	212
<b>第五章 眼的调节与集合</b> .....	153	六、弱视的临床检查 .....	213
第一节 调节与集合 .....	153	七、弱视的治疗 .....	214
一、调节 .....	153	八、弱视的预防和早期筛查 .....	219
二、集合 .....	161	九、弱视研究的最新进展和存在问题	
三、调节与集合的关系 .....	165		

.....	219	六、斜轴相交棱镜的分解 .....	277
第三节 双眼视觉与视觉认知 .....	220	七、镜架的测量 .....	277
一、视觉形成的中枢机制 .....	222	八、移心的测量 .....	279
二、视觉认知的相关因素 .....	226	九、棱镜的厚度差 .....	281
三、视觉发育与视觉剥夺 .....	229	十、旋转棱镜 .....	281
四、展望 .....	231	十一、fresnel press-on 棱镜 .....	282
附录一：低视力 .....	232	第六节 眼镜光学——像差和镜片设计 .....	283
附录二：眼球震颤 .....	238	一、像差 .....	283
<b>第七章 眼镜学</b> .....	243	二、镜片设计原理 .....	285
第一节 眼镜史 .....	243	三、非球面镜片 .....	287
一、眼镜之初 .....	243	第七节 镜片的吸收和镀膜 .....	288
二、眼镜设计的发展 .....	243	一、滤光镜 .....	288
三、我国镜片材料的发展 .....	244	二、镜片镀膜 .....	289
第二节 镜片材料 .....	244	第八节 多焦点镜片 .....	290
一、玻璃镜片 .....	245	一、多焦点镜片的历史 .....	290
二、树脂镜片 .....	247	二、双光镜的性能特点 .....	291
第三节 光学镜片的特性 .....	248	三、双光镜临床验配的考虑因素 .....	295
一、物理特性 .....	248	四、渐进镜的设计 .....	296
二、光学特性 .....	255	五、渐进镜的优点和缺点 .....	298
第四节 屈光度的概念和测量 .....	259	六、渐进镜的验配 .....	299
一、屈光度 .....	259	七、青少年渐进镜 .....	302
二、屈光度的测量 .....	262	第九节 镜架的设计与眼镜加工装配 .....	303
三、镜片厚度和镜片屈光度之间的关系 .....	265	一、现代镜架的材料简介 .....	303
第五节 光学棱镜和移心 .....	268	二、眼镜架的制作工艺 .....	304
一、棱镜的术语 .....	268	三、镜架的设计 .....	305
二、棱镜对眼的效果 .....	271	四、镜架的选择 .....	306
三、Prentice's 规则 .....	272	五、镜片的加工 .....	307
四、差异棱镜效果 .....	275	六、眼镜的装配 .....	308
五、棱镜的合成与分解 .....	276	<b>第八章 隐形眼镜</b> .....	310

第一节 隐形眼镜的材料和生产工艺 … 310	三、角膜塑型镜的验配 …………… 334
一、隐形眼镜的材料 …………… 310	四、角膜塑型镜的护理 …………… 335
二、隐形眼镜的生产工艺 …………… 312	五、镜片配适不良与解决方法 …………… 337
三、隐形眼镜的设计 …………… 313	六、角膜塑型镜的并发症与处理 …………… 338
第二节 隐形眼镜的规范验配 …………… 314	第八节 隐形眼镜配戴的眼部并发症 … 340
一、隐形眼镜的适应证与非适应证 … 314	
二、隐形眼镜的规范验配 …………… 315	<b>第九章 屈光手术学</b> …………… 345
第三节 隐形眼镜的配戴和保养 …………… 318	第一节 概论 …………… 345
一、隐形眼镜的配戴 …………… 318	第二节 术前检查 …………… 346
二、隐形眼镜的护理和保养 …………… 319	一、屈光状态 …………… 347
第四节 散光隐形眼镜的设计原理及验配	二、角膜地形图 …………… 347
…………… 323	三、波阵面像差 …………… 349
一、散光的概述 …………… 323	四、其他相关检查 …………… 351
二、球面隐形眼镜矫正散光 …………… 323	第三节 角膜屈光手术 …………… 353
三、复曲面隐形眼镜矫正散光 …………… 324	一、准分子激光原位角膜磨镶术(LASIK)
四、镜片标志的运用 …………… 325	与准分子激光角膜切削术(PRK) ……
五、镜片的配适评估 …………… 326	…………… 353
第五节 治疗性软性隐形眼镜 …………… 326	二、PRK 或 LASIK 术后偏中心的处理
一、适应证 …………… 326	…………… 357
二、治疗应用的镜片选择 …………… 328	三、近视或远视散光矫正的交叉柱镜切削
三、治疗性软性隐形眼镜的配戴要点	…………… 358
…………… 328	四、波阵面像差或角膜地形图引导的个体
第六节 硬性透气性隐形眼镜 …………… 329	化切削方案 …………… 358
一、硬性透气性隐形眼镜的材料 …… 329	五、飞秒激光角膜板层切削术 …… 360
二、硬性透气性隐形眼镜的验配方法	六、准分子激光治疗性角膜切削术 … 361
…………… 330	七、准分子激光上皮瓣下角膜磨镶术
三、硬性透气性隐形眼镜配适评估 … 331	…………… 364
第七节 角膜塑型镜(OK镜) …………… 332	八、角膜基质环植入术 …………… 365
一、角膜塑型镜的发展与镜片设计原理	第四节 屈光性人工晶体植入术 …… 368
…………… 332	一、有晶状体眼人工晶体植入术 …… 369
二、角膜塑型镜的优点与适应证 …… 333	二、消像差人工晶体 …………… 376

第五节 远视眼屈光手术 .....	377	四、人工晶体边缘的设计 .....	408
第六节 巩膜手术 .....	378	五、可调节人工晶体的设计及特性 ..	409
一、后巩膜加固术 .....	378	第七节 人工晶体手术与屈光不正 .....	411
二、巩膜扩张术 .....	382	一、手术后屈光状态与拟达到的屈光状态	
三、激光巩膜部分切开术 .....	383	差别 .....	411
第七节 屈光手术展望 .....	384	二、双眼术后出现屈光参差 .....	412
<b>第十章 人工晶体屈光手术学</b> .....	387	三、角膜散光 .....	412
第一节 无晶状体眼的光学矫正 .....	387	四、人工晶体屈光异常的矫正 .....	415
第二节 人工晶体的发展历史 .....	389	五、矫正手术后角膜散光 .....	416
第三节 人工晶体的光学性质 .....	390	<b>第十一章 视光学与眼科临床</b> .....	420
一、材料的选择及其特性 .....	390	第一节 屈光不正与眼表疾病 .....	420
二、人工晶体分辨力 .....	392	一、泪膜病对屈光系统的影响 .....	420
第四节 人工晶体屈光度计算 .....	392	二、屈光不正与角膜病 .....	421
一、人眼晶状体的屈光度 .....	392	第二节 视光学与白内障 .....	425
二、人工晶体屈光度确定的方法 .....	393	一、白内障的屈光变化 .....	425
三、人工晶体的理想屈光度 .....	394	二、晶状体异常的屈光变化 .....	428
四、人工晶体屈光度的计算原理 .....	394	第三节 视光学与青光眼 .....	428
五、人工晶体屈光度计算及其公式推导		一、青光眼与屈光不正的关系 .....	429
.....	395	二、青光眼合并屈光不正的诊断与治疗	
六、影响人工晶体屈光度计算准确性的因		.....	430
素 .....	398	三、青光眼治疗对屈光系统的影响	
第五节 人工晶体放大率及等视像计算法		.....	433
.....	403	四、青光眼的屈光矫正 .....	434
一、人工晶体的放大率 .....	403	第四节 眼底病 .....	434
二、人工晶体的等视像计算法 .....	403	一、眼底病变对眼屈光的影响 .....	435
第六节 新型人工晶体的设计及光学性质		二、巩膜扣带术对屈光的影响 .....	435
.....	404	三、玻璃体视网膜手术对屈光的影响 ..	
一、人工晶体光学表面的设计 .....	404	.....	436
二、单焦点人工晶体 .....	406	第五节 视光学与眼外伤 .....	438
三、多焦点人工晶体 .....	407	一、外伤性角膜散光 .....	438

二、虹膜、睫状体外伤及瞳孔异常对屈光的影响 .....	438	三、近视、远视的辩证论治 .....	461
三、晶状体外伤对屈光的影响 .....	439	四、中医对近视眼的近期研究 .....	461
四、挫伤性屈光不正 .....	440	第三节 中医对斜视、弱视的认识和治疗 .....	465
第六节 视光学与中毒性眼病 .....	440	一、通睛 .....	465
一、无机物和有机物中毒对视功能的损害 .....	441	二、风牵偏视 .....	466
二、药物中毒对视功能的损害 .....	443	三、弱视 .....	468
三、植物性毒素对视功能的损害 .....	443	附录 1 眼镜镜片的国家标准 .....	471
第七节 视光学与其他眼病 .....	444	附录 2 配装眼镜的国家标准 .....	477
一、眼睑异常与屈光不正 .....	444	附录 3 眼镜验配的要求及程序 .....	481
二、与屈光不正有关的眼部综合征 .....	445	1. 眼镜验配企业验光要求及操作程序 .....	481
<b>第十二章 视光学与中医学</b> .....	450	2. 隐形眼镜验配要求及操作程序 .....	483
第一节 中医对视觉的认识 .....	450	附录 4 有关光学的符号、单位以及换算 .....	484
一、历史源流 .....	450	1. 光及有关电磁辐射的量和单位 .....	484
二、脏腑功能及其与眼的关系 .....	451	2. 光的单位换算表 .....	488
三、视觉与脏腑的关系 .....	455	附录 5 视光学重要科研单位的相关网址 .....	489
四、眼与脏腑关系的现代研究 .....	456	1. 国内网址 .....	489
五、经络与眼及视觉的关系 .....	457	2. 国外网址 .....	489
六、气血津液与眼以及视觉的关系 .....	458	附录 6 专业名词索引 .....	491
第二节 中医对近视、远视的认识和治疗 .....	460	1. 中一英索引 .....	491
一、概述 .....	460	2. 英一中索引 .....	498
二、对于病因病机的认识 .....	460		



## 第一章

# 光学基础

## 第一节 光的性质

光学是物理学的重要分支，人们很早就开始研究那些能够引起视觉反应的现象，这种能引起视觉反应的物质就称为光。

能发光的物体，我们叫它做发光体或光源 (light)。有天然光源和人工光源之分。

太阳系中太阳是最重要的天然光源。地球的年龄大约为 45 亿年，从几十亿年前开始，太阳就一直照耀着大地，生物在这样的环境下进化到人，并分化出完善的视觉器官。

火把、油灯、烛光，电灯等等是人类制造的人工光源。人类早在四五十万年前便学会了使用火，以后，用自己的智慧不断的创造发明而制造出许多人工光源，使人类的生活更丰富多彩，美丽灿烂。

光源发出的光，直接的如荧光屏的光，或间接的如通过被照物体反射、散射的光进入我们的眼睛，引起明亮的感觉和色彩的感觉。这种不同的物体引起不同的感觉，使我们看到它们的真实形象，这就是视觉。

人类的视觉首先是和天然光源相适应的，同时，人类的视觉又和人工光源相适应的。因此，“光”带给人类美好的生活。

人类对“光”的研究使人们对物质世界，包括分子世界内物质的组成和构造，以及医学生物学的视觉的分子生理学和视觉光学才有了深刻的认识。

对于光的性质的认识，从牛顿的微粒说发展到惠更斯的波动说、麦克斯韦的电磁说，更发展到爱因斯坦的光子说，经历了一个长时间的辩证过程。



## 1. 光的微粒说

牛顿 (Newton) 认为光源所发射的是遵循力学规律作等速运动的微粒, 其最重要的实验根据, 就是光的直线传播规律和反射、折射现象。认为发光体发射出光的微粒, 像一个一个的小球样, 以某种速度在空气或物体中沿直线运动。一束光线是一群光的微粒流。

## 2. 光的波动说

该学说为荷兰物理学家惠更斯 (Huygens) 所倡导。他认为光是一种机械波, 例如石子投入平静的水池中, 会激起一个水波, 石子投入的地方成为振动的中心, 带动周围的水粒子作相似的运动, 以越来越大的圆圈传播出去。只要区分水波的运动与水粒子的运动, 可以发现水波以四面散开的方式传播出去, 而水粒子只作上下往返的运动。浮在水面的一块小木板的运动情况可以表明了这一点。由此可见, 振动在媒质中传播就产生波, 波是物质的一种运动形态, 它把振动发出的能量由近及远地以波动的方式传递出去。

波动传到各点, 不论在同一波阵面 (wave front) 或不同波阵面上的每一点, 都可以看作是发射次波 (wavelet) 的新波源, 这些次波以一定的波速从新波源向四面八方传播, 下一时刻的波阵面就是原波阵面上各点发出的次波所形成的包络面, 波的传播方向就是这个新波面的垂直方向。

## 3. 光的电磁说

麦克斯韦 (J. C. Maxwell) 和赫芝 (H. Herrz) 成功地证明了光是以光频振荡的电磁波 (electromagnetic wave)。他们发现电磁波的存在以及它的类同光波的特性——它们都是被物质反射、折射和吸收, 而且传播速度也完全一样。

物质系由原子、分子所组成, 原子、分子中的带电粒子的运动都产生电磁波, 也就是光波。反之, 当电磁波射到物质上时, 这些带电粒子被激发, 受迫发生运动, 也能发出光束。

## 4. 光的光子说

光子 (photon) 是一种基本粒子 (fundamental particle), 也称光量子 (light quantum)。爱因斯坦 (Einstein) 在解释光电效应 (photoelectric effect) 时提出了光量子理论 (light quantum theory) 认为光是由一群光子组成。

光子学的建立和发展, 对传统的光学与光学技术等有很大的促进作用 (如激光器的理论和探测器、装置的理论; 光子和电子或其他微观粒子之间的相互作用等)。

目前认为光是属于一定波长范围内的一种电磁辐射, 发光体就是一个电磁辐射源。光波具有能量, 光辐射过程就是能量的传播过程。

电磁辐射的波长范围很广, 可以说在自然界中存在着一切可能波长辐射线, 从无穷大开始直到无穷小。最短的如宇宙射线, 其波长只有  $10^{-14} \sim 10^{-15} \text{m}$ , 最长的如交流电, 其波长可达数千公里。在电磁辐射范围, 习惯上把波长范围从几纳米 (nm) ( $1 \text{nm} = 10^{-9} \text{m}$ ) 到 1 毫米 (mm) 的电磁波称为光。

能够引起人眼视觉神经产生光亮感觉的电磁波的波长范围在 380nm 至 780nm 之间, 这段波长叫做可见光谱 (visible spectrum)。可见光谱只占电磁波谱中非常窄的一小段波段, 是具有特殊性质的电磁波, 它能引起人的心理和生理反应。

因为光学的内容和范围广泛, 为了研究方便起见, 一般分为几何光学 (也叫做光线光学)、波动光学和量子光学 3 大部分。也有把波动光学和量子光学一起归入物理光学。即以光的波动性为基础的物理光学, 称为波动光学; 以光的粒子性为基础的物理光学称为量子光学。几何光学以光的直线传播为基础, 讨论光的一些基本现象和光通过光学系统成像的原理以及它们的应用; 波动光学根据光的波动原理, 研究光的干涉、衍射、偏振和色散现象以及它们在科学和技术上的应用; 量子光学是根据光的微粒性研究光和物质相互作用时所产生的光电效应、荧光和激光等现象。

## 第二节 几何光学基础

人们通过实际观察和实验得知，光线在均匀的透明媒质中是沿着直线向前传播的，即光的直线传播定律 (law of rectilinear propagation of light)。以此为基础，研究在透明媒质中传播问题的光学，称为几何光学 (geometrical optics)。

由于光不但具有粒子性，而且具有波动性，因此，光的直线传播性对于光的实际行动具有近似的意义。所以，几何光学只能应用于有限的范围和给出近似的结果。在其研究对象中 (例如一定大小的透镜或面镜来研究物距和像距)，若其几何尺寸远远大于作用光的波长时，则用几何光学可以获得与实际基本相符的结果。而当研究对象的尺寸可以和光的波长相比拟时 (例如透镜或面镜非常小，或者虽然透镜或面镜有一定的大小，但研究的问题是“像点”的细微结构)，则由几何光学所获得的结果将与实际有显著的差别，甚至相反，这时就必须按以光的波动性质为基础的波动光学来研究。

尽管如此，由于几何光学在应用上的简便，所以它仍是研究光传播问题的有力工具。

### 一、光的传播

#### 1. 光的直线传播

光在同一均匀媒质里是沿着直线方向传播的。表示光进行方向的直线叫做光线 (light ray)。当光源的几何线度比观察点到光源的距离小得多时，此光源叫做点光源 (point source)。许多光线围绕着一个轴线分布的，叫做光束 (light beam)。假使光束内的光线会聚于一点，这一点叫做光束的焦点 (focus of light beam)。

光束有发散的同心光束 (divergent concentric beam)、会聚的同心光束 (convergent concentric beam) 和像散光束 (astigmatic beam)。见图 1-1。

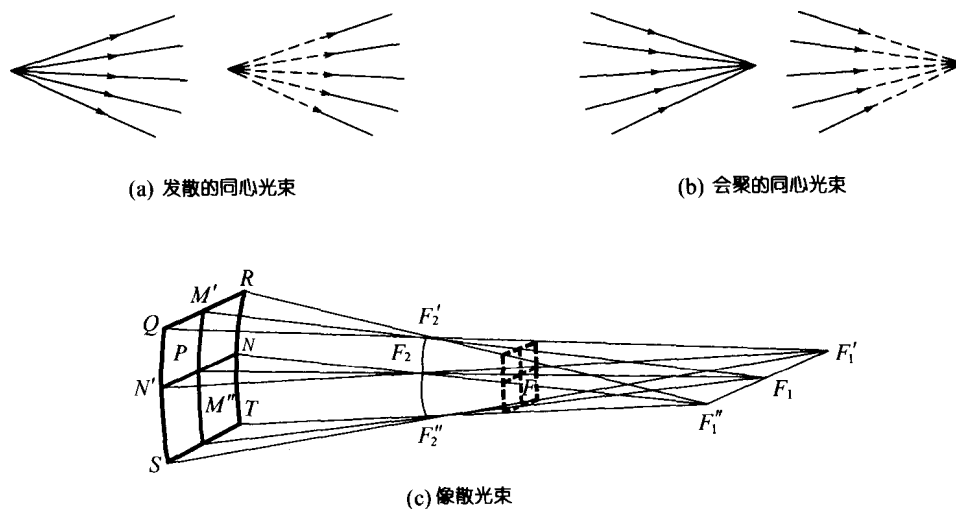


图 1-1 光 束