



全国高职高专卫生部“十二五”规划教材
供眼视光技术专业用

眼镜 光学技术

主 编 朱世忠

副主编 余 红 滕 坚



人民卫生出版社
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE

全国高职高专卫生部“十二五”规划教材

供眼视光技术专业用

眼镜光学技术

主 编 朱世忠

副主编 余 红 滕 坚

编 者 (以姓氏笔画为序)

丰新胜(山东医学高等专科学校)

朱世忠(山东医学高等专科学校)

余 红(天津职业大学眼视光工程学院)

宋清焕(漯河医学高等专科学校)

滕 坚(深圳职业技术学院)

朱世忠(山东医学高等专科学校)

余 红(天津职业大学眼视光工程学院)

宋清焕(漯河医学高等专科学校)

滕 坚(深圳职业技术学院)

人民卫生出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

眼镜光学技术/朱世忠主编. —北京: 人民卫生出版社, 2012. 3

ISBN 978-7-117-15421-5

I. ①眼… II. ①朱… III. ①眼镜学: 光学-
高等职业教育-教材 IV. ①R778. 3-05

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 010317 号

门户网: www.pmph.com 出版物查询、网上书店
卫人网: www.ipmph.com 护士、医师、药师、中
医
师、卫生资格考试培训

版权所有, 侵权必究!

本书本印次封底贴有防伪标。请注意识别。

眼镜光学技术

主 编: 朱世忠

出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 010-59780011)

地 址: 北京市朝阳区潘家园南里 19 号

邮 编: 100021

E - mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010-67605754 010-65264830

010-59787586 010-59787592

印 刷: 北京市后沙峪印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 12

字 数: 289 千字

版 次: 2012 年 3 月第 1 版 2012 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-15421-5/R · 15422

定 价: 21.00 元

打击盗版举报电话: 010-59787491 E-mail: WQ@pmph.com

(凡属印装质量问题请与本社销售中心联系退换)

出版说明

全国高职高专眼视光技术专业用卫生部规划教材历时三年,经过深入调研、充分论证、精心编写、严格审稿,终于付梓并出版。

本套教材共 13 种。课程设置的课时数安排是以对我国高职高专眼视光技术专业的办学和教材应用现状的充分调研为基础,以教育部医学相关专业教育指导委员会的相关工作为借鉴,以“以岗定学”为出发点,旨在适应高职高专的教学特点并满足眼视光技术专业高素质高技能人才的培养需求。主编、副主编和编写团队经过严格遴选,均来自全国各地高职高专眼视光技术专业教学一线和多家富于教学经验的眼视光医院的专家学者,并吸纳国内知名眼镜企业的人员参加编写以彰显本专业“校企合作”的特点。本套教材的课程安排、编写团队和编写模式的确定注重融合医科院校和工科院校的教学和师资特点,以求顺应我国高职高专眼视光专业的发展方向。

本套教材在编写过程中严格遵守以下原则:①三基、五性、三特定:“三基”即基础理论、基本知识、基本技能;“五性”即思想性、科学性、先进性、启发性、适用性;“三特定”即特定的对象、特定的要求、特定的限制。②内容以“必需、够用”为度:体现眼视光技术专业的特色和人才培养模式的需求;与国家职业资格标准保持一致;紧扣高职高专教育培养目标的要求。③编写思路和结构安排做到“老师好教,学生好学”。遵循这样的原则,本套教材在编写体例上进行了尝试,《眼屈光检查》、《验光技术》、《眼镜定配技术》、《眼镜维修检测技术》和《眼视光技术综合实训》采用了“情境、任务”的形式编写,以呼应实际教学模式。

教材目录

眼科学基础	主 编	贾 松	崔 云
	副主编	王 锐	辛爱青
眼屈光检查	主 编	高雅萍	
验光技术	副主编	王会英	
	主 编	高富军	尹华玲
眼镜定配技术	副主编	王立书	金晨晖
	主 编	闫 伟	
接触镜验配技术	副主编	朱嫦娥	陈延雲
	主 编	谢培英	
眼镜光学技术	副主编	刘 钰	冯桂玲
	主 编	朱世忠	
眼镜维修检测技术	副主编	余 红	滕 坚
	主 编	武 红	
斜视与弱视临床技术	副主编	施国荣	杨砚儒
	主 编	陈 洁	
低视力助视技术	副主编	肖古月	陈丽萍
	主 编	亢晓丽	
眼镜营销实务	副主编	陈大复	
	主 编	张 荃	
眼镜店管理	副主编	刘科佑	
	主 编	李 捷	
眼视光常用仪器设备	副主编	薛 枫	金高云
	主 编	齐 备	
眼视光技术综合实训	副主编	叶佳意	
	主 编	郑 琦	
	副主编	王淮庆	戴臣侠

前 言

随着我国经济和社会事业的飞速发展,人们生活水平的不断提高,对眼睛医疗和视觉健康的重视度不断增加,对其内容和质量也有了更高的追求,从验光配镜的最低要求“看得见”发展到“看得清晰、舒适、持久”。眼镜的功能也从仅限于校正眼屈光不正的光学工具,发展为具有护眼防眩、提高视功能的医疗保健工具。高等教育顺应社会发展需求,眼视光学专业教育出现了群芳争艳的蓬勃发展局面。为适应眼视光医学教育人才培养的需求,积极推进高职高专课程和教材改革,卫生部教材办公室、人民卫生出版社组织全国有关专家、教授及从业一线人员编写了此套全国高职高专医学规划教材。

《眼镜光学技术》在眼视光学专业的教学中是一门重要的专业基础课。本课程主要结合眼视光学的特点,通过系统的学习眼镜光学知识和技术,使学生能够掌握眼镜光学中的一些基本成像概念、成像规律以及基本光学技术,并使学生能运用这些知识和技能来正确地进行一般的成像作图,了解眼镜的光学原理。通过本课程的学习,为后续课程打下一个良好的理论基础。

本教材理论以“必需、够用”为度,且以适应行业要求为准,注重实用,并与相应的国家职业资格标准衔接,体现职业教育的特色。教材的编写中,注意结合教学过程中积累的经验,存精拔萃、融会整编;注意反映本领域的新知识、新技术、新工艺、新方法;特别注意教材的系统性、科学性和适用性。

本教材共分五章,山东医学高等专科学校朱世忠教授编写了绪论及第一章光学基础;山东医学高等专科学校丰新胜副教授编写了第二章球面透镜光学技术;深圳职业技术学院滕坚副教授编写了第三章球柱面透镜光学技术;漯河医学高等专科学校宋清焕教授编写了第四章棱镜光学技术;天津职业大学余红副教授编写了第五章特殊镜片光学技术。

在教材编写中,山东医学高等专科学校、天津职业大学、深圳职业技术学院、漯河医学高等专科学校给予了全力的支持,编写秘书丰新胜老师在文字校对整理、插图绘制整理及全书编排安排方面做了大量工作,上海依视路光学有限公司张朋、山东医学高等专科学校附属眼科医院验光师胡静也提供了帮助,在此谨致以诚挚的感谢。虽然全体编委工作兢兢业业,认真负责,但难免存有疏漏不妥之处,恳请同道和读者斧正。

朱世忠
2011年10月

目 录

绪论	1
一、眼镜的发展与应用	1
二、眼镜光学技术的学习意义	2
三、眼镜光学技术的学习方法	2
第一章 光学基础	3
第一节 光的基础知识	3
一、光的本质	3
二、光度学基础	5
三、色度学基础	9
第二节 几何光学	12
一、几何光学的基本概念和定律	12
二、单球面成像	16
三、共轴球面系统	19
四、理想光学系统	20
五、几何像差	28
六、焦距的测量	34
第三节 波动光学	36
一、光的干涉	36
二、光的衍射	39
三、光的偏振	42
四、光的散射与眩光	44
第二章 球面透镜光学技术	46
第一节 球面透镜	46
一、球面透镜的结构和分类	46

二、球面透镜的光学性质	47
三、球面透镜的屈光力	49
四、球面透镜的视觉像移	55
五、球面透镜的转换和联合	56
六、球面透镜的识别	59
第二节 球面透镜的矫正原理	59
一、眼睛的光学结构	59
二、模型眼和简约眼	62
三、球面透镜矫正眼睛屈光不正	64
四、镜眼距对矫正视力的影响	66
五、球面透镜双面的曲度调配	70
第三节 矫正眼镜的放大倍率	71
一、眼视网膜上像的大小	71
二、伽利略望远镜	72
三、矫正眼镜的放大倍率	74
四、矫正眼镜的相对放大倍率	76
第四节 球面透镜的测量	80
一、球面透镜屈光力的临床测量法	80
二、球面透镜的识别	84
三、眼镜片的边缘厚度和中心厚度	84
第三章 球柱面透镜光学技术	89
第一节 圆柱面透镜	89
一、柱面透镜的结构与分类	89
二、柱面透镜的光学性质	90
三、柱面透镜的屈光力和轴向标示	92
第二节 球柱面透镜与环曲面透镜	96
一、球柱面透镜的概述	96
二、球柱面透镜的光学性质	97
三、球柱面透镜的联合	98
四、Jackson 正交交叉柱镜	102
五、球柱面透镜的转换	103
六、环曲面透镜	105
第三节 散光透镜的矫正原理	110
一、散光眼	110
二、散光透镜的成像	111

三、散光光束中各参数的计算·····	112
四、散光眼的矫正·····	113
五、散光眼的等效球镜屈光力·····	114
第四节 散光镜片的视物变形 ·····	115
一、散光镜片的放大率·····	115
二、变形率·····	115
三、改善散光镜片视物变形的几种方法·····	119
第五节 散光镜片的测量 ·····	122
一、散光镜片的识别与中和·····	122
二、用镜度表测量散光镜片屈光力·····	123
三、用焦度计测量散光镜片·····	124
第四章 棱镜光学技术 ·····	126
第一节 棱镜 ·····	126
一、棱镜的基本结构·····	126
二、棱镜的光学性质·····	127
三、棱镜屈光力与棱镜底向标示·····	128
四、棱镜合成与分解·····	132
五、棱镜的厚薄差·····	135
六、棱镜度的测量·····	136
第二节 眼镜片的棱镜效果 ·····	137
一、球面透镜的棱镜效果·····	137
二、球柱面透镜的棱镜效果·····	140
三、眼镜片的棱镜效果现象·····	142
第五章 特殊镜片光学技术 ·····	147
第一节 老视眼和多焦镜片 ·····	147
一、老视眼·····	147
二、双焦镜片·····	152
三、三焦镜片·····	158
第二节 非球面镜片 ·····	159
一、非球面镜片·····	159
二、渐变焦镜片·····	160
三、缩径镜片·····	164
四、薄膜镜片·····	166
五、目测法识别非球面镜片·····	167

第三节 等像镜片	168
一、影响镜片放大倍率的因素	168
二、设计等像镜片	168
第四节 镀膜镜片	170
一、加硬膜	170
二、减反射膜	171
三、清洁膜	174
第五节 偏光镜片	175
一、偏振光特性	175
二、偏光镜片的应用	176
主要参考书目	177
中英文词汇对照	178

绪 论

“眼镜光学技术”在眼视光专业的教学中是一门重要的专业基础课。眼镜是矫正眼球屈光、保护眼睛健康和提高视觉功能的一种特殊的医疗器械。“眼镜光学技术”结合眼睛光学的特点,系统地学习与眼镜相关的光学基础知识,并针对不同的眼镜片的原理和技术做了详细的阐述。使学生能够运用这些知识和技能来正确地理解眼镜的光学设计,并进行简单的光学检查。通过本课程的学习,也为进一步学习《眼镜定配技术》、《隐形眼镜验配技术》等后续课程中出现的光学技术打下一个良好的基础。

一、眼镜的发展与应用

我们能够看到客观世界中五彩缤纷、瞬息万变的景象,是因为我们眼睛接受了物体发射、反射或散射的光。据统计,人类感官所接收到外界的总信息量中,至少有 90% 以上通过眼睛。而随着眼睛疾病的发生,眼镜作为一种特殊的医疗器械,逐步进入人们的日常生活中去。随着科学的发展和人们对视觉要求的提高,理想的眼镜不仅应带来清晰的视觉,还应让戴镜者获得舒适的感觉、持久的近距离阅读和高品位的外观。

回顾眼镜的发展历史,可以追溯到我国春秋末年,齐国的工业技术官书《考工论》就有用凹球面镜取火的记载,当时记载的是镜片的概念。真正将眼镜片用于矫正人眼的屈光不正可能还是在中国,据考证,中国南宋时已经发明了眼镜。根据 Duke-Elder 所著的眼科全书介绍,马可·波罗于 1270 年到北京时,看到元朝官员佩戴凸透镜阅读文件,并将其带到威尼斯,由工匠设法仿制,因而使眼镜传入欧洲。

眼镜片的设计从最原始的球面镜片发展到现在的非球面、消像差功能等镜片。从屈光矫正的临床研究发现,球面或球柱面镜片作为放置在眼外的镜片与眼球共同组合成光学系统后,也会产生另一些光学问题,如像差等,从而影响了成像效果。随着多学科研究的交叉、融合,使得非球面设计更优化,不仅在成像质量方面解决许多光学问题,在重量、镜片厚度等方面也达到了良好的效果,眼镜的新技术、新成果近年来一直层出不穷。

眼镜片设计的另一个突出的例子就是矫正老视的镜片,虽然最早的眼镜是从矫正老视开始的,但老视矫正一直沿用了阅读附加的方式,这方面突破性的进展是出现了第一副双光镜片,随之出现能看远、看中距离和看近的三光镜片,20 世纪 50 年代出现了渐进多焦点镜片(又称渐变镜),即一片能满足不同距离注视要求的镜片,虽然最初的设计存在诸如周面变形等许多问题,但随着电脑技术发展、临床经验积累和对眼球运动、调节和集合等方面的认识进一步深入,一代比一代符合眼睛视觉生理的渐变镜已应运而生。

眼镜的发展还包括镜片材料、镀膜技术、镜框材料和镜框设计。眼镜在安全、轻巧、舒适、时尚等方面都在不断进步,成为既具备视觉矫正功能、符合眼部和脸部生理,同时又具备时尚美学的特殊医疗器具,从而孕育了巨大的市场发展潜力。

二、眼镜光学技术的学习意义

(一)眼镜光学技术是光学矫正的基本技术

眼科治疗的基本手段包括手术、药物和光学矫正,随着人们对健康概念的认识,越来越多的人都通过眼保健服务的方式在早期发现视觉问题,并且通过眼镜的光学矫正获得良好的视功能效果。因此,光学矫正已成为眼视光学医疗服务中的主要手段之一,被称为“光学药物”。眼镜的光学矫正主要利用眼镜光学技术进行调整成像位置和成像质量,从而达到屈光矫正的目的。只有掌握了眼镜光学技术,才能更好地达到眼保健效果,实现恢复和拥有良好视觉功能。因此眼镜光学技术是光学矫正的基本技术。

(二)眼镜光学技术是眼视光学相关方法与技术的基础

眼镜光学技术围绕着光学基础和镜片光学特性进行了科学的阐述,它实际上还是眼视光学领域其他相关技术方面的基础,如眼镜定配技术、角膜接触镜验配技术等。眼视光学临床三大成熟屈光矫正方式:框架眼镜、角膜接触镜和屈光手术,虽然它们在生理方面的作用不同,但其光学原理和设计特征完全以眼睛光学技术为基础,作为本专业的学生,掌握眼镜光学技术的理论与技术将为进一步学习其他视光学专业课程打下基础。

无论是眼镜片、角膜接触镜还是人工晶状体,就其光学原理都是相同的,以眼镜光学技术为基础。在光学设计上可以是球面镜或柱面镜、可以是球面设计或非球面设计、可以是单焦点或多焦点,这些光学特性的理解以及应用,都可以从眼镜光学技术中学到。

准分子激光角膜屈光手术,虽然是应用激光技术对角膜组织进行准确切削达到屈光矫正目的,但其原理还是相当于将矫正镜片“做”到了角膜上,激光在角膜上的切削模型和计算实际上还是基于眼镜光学技术中的光学原理。

三、眼镜光学技术的学习方法

在眼镜光学技术的学习过程中要注意建立镜片、眼睛与人的整体观点。我们应该认识到,戴在眼睛前的镜片不再是单纯的镜片,而是与眼球组成的新的眼球光学系统。眼睛虽然是完美的光学器具,但是由于各种因素的变化,如角膜过陡过平、眼轴过长或过短、眼睛调节问题等综合因素,使得外界所要注视的物体不能清晰成像在视网膜上,从而视物不清。通过眼外放置各种镜片,弥补眼球光学方面的缺陷,从而使外界物体成像在视网膜上。该光学镜片和眼球相当于重新组成了理想的光学系统,而此时的光学镜片就成为眼的重要部分。理想成像仅仅是完成视觉任务的第一步,从生理角度看,视网膜清晰像必须通过视神经到达视皮质,并加工成视觉信息而为人所感受。因此学习眼睛光学技术时,必须考虑眼睛和人的存在,必须考虑眼镜、眼睛和人之间的相互依存关系。

眼睛光学技术是一门多学科交叉的课程,它以几何光学为基础,融合了数学、眼科学、视光学等学科。同时它又是一门实践型课程。眼镜光学技术利用几何光学理论为基础,掌握各种镜片的光学特性,理解镜片的矫正原理,实现镜片的光学检测,因此在学习过程中应注重理论与实践的结合,用理论解释实践问题,利用实践证明理论依据,实现相互巩固、相互提高的学习方法。

第一章 光学基础

学习要点

1. 掌握单球面成像和理想光学系统成像规律,光的干涉、衍射和偏振的概念
2. 熟悉光的本质,光度学基础,几何光学的基本概念和定律,焦距的测量
3. 了解色度学基础,光的散射和眩光

眼睛的成像、屈光不正的校正以及眼镜技术都是建立在光学的理论基础上,因此要想学好眼镜技术,首先要把基础打好,掌握相关光学基础理论,才能更好地理解眼镜的相关技术。光学可以分为几何光学和波动光学。几何光学(geometrical optics)就是不考虑光的波长、相位、振幅等,把光看成沿直线传播,并可用几何作图的方法来处理光的反射、折射及成像的问题。波动光学(wave optics)以波动理论研究光的传播及光与物质的相互作用。

本章首先由光的本质出发,介绍了光的基本度量,包括光度学基础和色度学基础;然后在几何光学中引入了单球面成像、理想光学系统的成像规律;在波动光学中引入了光的干涉、衍射、偏振、散射和眩光等现象。本章以“必需、够用”为度,介绍了与眼镜技术相关的光学基础,为下一步的眼镜光学技术的学习打下坚实基础。

第一节 光的基础知识

光学是研究光与视觉的一门学科。也正是光的刺激使人产生视觉,人依赖光认知世界,如果没有光就没有人类的活动。数百年来,人们一直不断探索、不断深化对光的认识,逐步形成光的波粒二象性理论,并在可见光波段内,考虑到人眼的主观因素后对光进行相应的计量。

一、光的本质

光的本质问题很早就引起了人们的注意。到了17世纪开始对光的本质进行不断地研究,从微粒说发展到波动说、电磁说、量子说,历经长时间的辩证认知过程。

(一)光的微粒说

很久以来人们普遍认为光是一种微粒流。牛顿在其《光学》一书中提出的微粒说认为:光是从发光体发出的而且以一定速度向空间各个方向直线传播的微粒。微粒可以通过透明物体,可以自物体表面反射,微粒进入人眼内引起视觉。

微粒说很容易解释光的直线传播、影的形成。然而,在解释光的衍射、偏振、干涉等现象均得不到满意的解释。直到 1887 年德国科学家赫兹发现了光电效应,证实了光的确具有粒子性。

(二)光的波动说

17 世纪,荷兰物理学家惠更斯(Huygens)首先提出光的波动说,认为光是一种机械波,以波的形式在一种假想的弹性介质“以太”中传播,波面上的各点本身就是引起媒质振动的波源。光波由光源发射后,向外推进,形成连续的波面,称为波阵面(wave front)。其传播方式像水面上丢下石块所形成的水波。波阵面上各点都可视为发射次波的新波源,即引起介质振动的波源。

光的波动说在解释光的直线传播和影子的形成原因时也遇到困难,因为人们知道波能够绕过障碍物,不会像光那样在物体的后面留下清晰的影子。随着光学的发展,托马斯·杨的双缝干涉实验、布儒斯特研究的光的偏振现象及菲涅尔的干涉实验等等证实了光是一种波。在 19 世纪得到普遍承认。

(三)光的电磁说

19 世纪后期,麦克斯韦(Maxwell)提出一种新的波动说,认为光是由交流电磁波构成,无线电波、紫外线、X 射线等均是光波性质相同的电磁波。只是波长与光波不同而已。光的电磁说将光的波动说与电和磁结合为一体,于是光的反射与折射、干涉与衍射、偏振等现象全部得到满意的解释。

图 1-1-1 列出的电磁波谱中,光波的波长范围约为 $10 \sim 10^6$ nm,其中能对人眼视觉神经产生光亮感觉的电磁波的波长范围为 $380 \sim 760$ nm,这段波长范围叫做可见光谱,仅占全部光谱的极小部分,是具有特殊性质的电磁波。在可见光谱内,光波的波长不同,光的颜色不同。单一波长且具有特定颜色的光,称为“单色光”。由几种单色光相混合后产生的光称为“复合光”。通过三棱镜对白光的色散可以证实白光是一种复合光。表 1-1-1 示波长与颜色的关系。

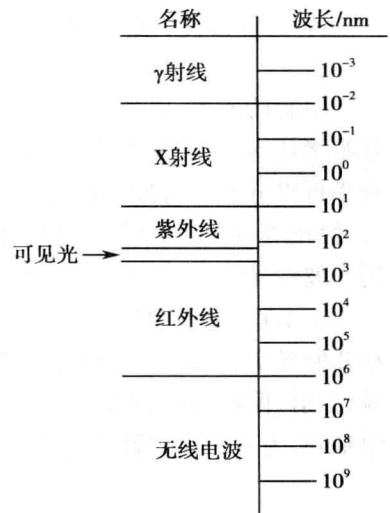


图 1-1-1 电磁波谱

表 1-1-1 波长与颜色

波长范围(nm)	大致波长(nm)	颜色
723~647	700	红
647~585	616	橙
585~575	580	黄
575~492	510	绿
492~455	470	青
455~424	440	蓝
424~397	420	紫

不同波长的电磁波在真空中的传播速度是相同的,均为 $3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ 。光波在不同介质中的传播速度不同。而光波在空气中的传播速度要比上述值低万分之三,两者相差甚微,故一般情况下可用真空中的光速作为空气中的光速。

(四)光的量子说

20 世纪初,普朗克(Planck)和爱因斯坦提出了光的量子说。普朗克首先发现能量的发射和吸收不是连续的,而是以确定的极小单位量子(quantum)间断性地进行发射或吸收。爱因斯坦则将此扩展到光学方面即形成光的量子说。量子说认为发光过程并不是连续的波动过程,而是不连续的光子辐射,每个光子都具有一定的能量,光子在空间运动时,其能量仍保持密集于一处。光的量子说是把光的双重性质——波动性和微粒性联系在一起,即动量和能量是光的粒子性的描述,而频率和波长则是波的特性。这样光就具有微粒和波动的双重性质,被称为光的波粒二象性(wave-particle dualism)。

光的波动性与粒子性之间的联系为:光的波动性与粒子性是光子本性在不同的条件下的表现。波动性突出表现在其传播过程中,粒子性则突出表现在物体的电磁辐射与吸收、光子与物质之间的相互作用中。一般地说,频率越高、波长越短、能量越大的光子其粒子性越显著;而波长越长、能量越低的光子则波动性越显著。光波又可认为是一种概率波,大量光子产生的效果往往显示出波动性;而个别光子产生的效果往往显示出粒子性。

以一个简单的例子可以演示光具有波粒二象性:用微弱的光照射双缝,并使光通过两缝到达光屏(感光胶片),在照射时间不长的情况下,胶片上的点迹是随机散落而且是毫无规律的。这个事实说明了光是“一份一份”的粒子。对于随机散落的光子,随着时间的延长,胶片上的痕迹表现出光在某一区域分布较多,而在另一些区域分布较少的规律性分布。该分布情况与用强光照射形成干涉条纹的情况相吻合,这种规律性与波动的规律一致,所以光是一种波。

二、光度学基础

可见光的波长在 $380 \sim 760 \text{ nm}$ 范围内,能够引起人眼光亮感觉并对人的视觉形成刺激的电磁辐射。可见光的能量度量可以分为两类,一类为物理量,称为辐射度学量;另一类是生理量,称为光度学量。辐射度学量是描述可见光的辐射能量的大小,而光度学量则结合人眼对辐射能的灵敏度描述可见光强度的大小。这种考虑到人眼的主观因素后的相应计量学科称为光度学(photometry)。

(一)视觉光度测量基础

光对眼睛产生的视觉,因波长及强度的不同而不同。在可见光谱中,不同波长产生不同色觉,同时,不同波长所引起的视觉反应程度即光谱灵敏度也不同。人眼的这种光谱灵敏度即为视见函数 $V(\lambda)$,视见函数与外界照明条件有关。

在标准亮度下,人们把对人眼最敏感的波长 $\lambda = 555 \text{ nm}$ 的视见函数规定为 1,即 $V(555) = 1$,其他波长 λ 的视见函数与 $V(555)$ 之比,作为该波长 λ 的视见函数 $V(\lambda)$,显然, $V(\lambda) \leq 1$ 。如图 1-1-2 为标准亮度下的视见函数曲线。

在暗适应状态下和标准亮度下视见函数会出现差异,如在暗适应状态下最大视见函数对应的波长为 507 nm ,即 $V'(507) = 1$,其余的 $V'(\lambda)$ 值均小于 1,这就是暗视觉视见函数。表 1-1-2 列出了由国际照明委员会(简称 CIE)确认的明视觉和暗视觉两种条件下的视见函

数。从表中还可以看出,对于可见光谱区以外的辐射,不管其辐射通量有多大,也不能引起人眼的光刺激反应,即 $V(\lambda)$ 值为零。

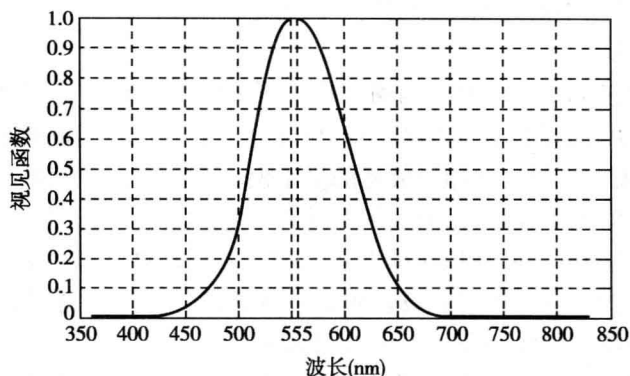


图 1-1-2 标准亮度下的视见函数曲线

表 1-1-2 明视觉和暗视觉两种条件下的视见函数

波长 nm	$V(\lambda)$	$V'(\lambda)$	波长 nm	$V(\lambda)$	$V'(\lambda)$
380	0.0000	.0006	560	.995	.3288
390	.0001	.0022	570	.952	.2076
400	.0004	.0093	580	.870	.1212
410	.0012	.0348	590	.757	.0656
420	.0040	.0966	600	.631	.0332
430	.0116	.1998	610	.503	.0159
440	.023	.3281	620	.381	.0074
450	.038	.455	630	.265	.0033
460	.060	.567	640	.175	.0015
470	.091	.676	650	.107	.0007
480	.139	.793	660	.061	.0003
490	.208	.904	670	.032	.0001
500	.323	.982	680	.017	.00007
507	—	1.000	690	.0082	.00004
510	.503	.997	700	.0041	.00002
520	.710	.935	710	.0021	.00001
530	.862	.811	720	.0010	.00000
540	.954	.650	730	.0005	.00000
550	.995	.481	740	.0002	.00000
555	1	—	750	.0001	.00000

例题 1-1-1 在标准亮度下,人眼同时观察距离相同且在观察方向上辐射强度相同的两个辐射体 A(600nm)和辐射体 B(500nm)。问两辐射体对人眼的视觉强度的关系。

解:由标准亮度下的视见函数曲线可知, $V(600) = 0.631$, $V(500) = 0.323$,即辐射体 A 在标准亮度下对人眼产生的视觉强度大约为辐射体 B 的 2 倍。

(二)光通量

光能量的表达可以分为两种,一种是物理量,我们称之为辐射通量(radiant flux),即表示单位时间内经过单位面积的辐射能量,用 $d\Phi_e$ 表示;一种是生理量,我们称之为光通量(luminous flux),用 $d\Phi_v$ 表示。光通量是标度可见光对人眼的视觉刺激程度的量,是依据人眼视觉效应的强度来度量辐射通量。根据视见函数的意义,人眼的视觉强度与辐射通量和视见函数成正比关系。即

$$d\Phi_v = CV(\lambda)d\Phi_e \quad (1-1-1)$$

式(1-1-1)中 C 表示单位换算常量; $d\Phi_e$ 表示辐射通量,单位和功率单位相同, $d\Phi_v$ 表示光通量,单位常用流明(lumen, lm)。

由于视见函数中紫外线和红外线均为零,因此在光通量里面的光辐射通常指可见光,不包括紫外线和红外线。

(三)发光强度

发光强度(luminous intensity)是光源在某一方向范围内所辐射的光通量,是光度学基本量。如图 1-1-3 所示。

我们通常用立体角表示光源在某一方向的范围,即表示一个任意形状的封闭锥面所包含的空间角,用 Ω 表示,如图 1-1-4 所示,立体角的单位为球面度(sr),即以锥顶为中心,以 r 为半径作一圆球,如锥面在球面上所截面积为 r^2 ,该立体角为一个球面度。

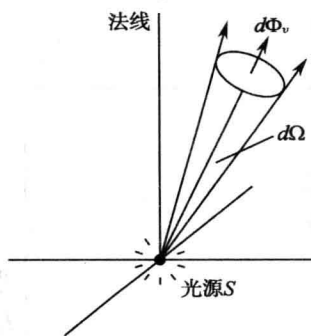


图 1-1-3 发光强度的意义

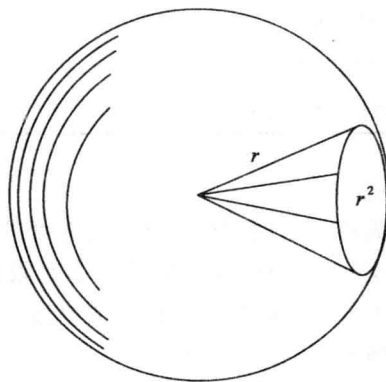


图 1-1-4 立体角

根据发光强度的定义得:

$$I_v = \frac{d\Phi_v}{d\Omega} \quad (1-1-2)$$

式(1-1-2)中 I_v 表示发光强度,单位坎德拉(candela, cd)。1948 年国际度量衡会议定义,1cd 等于液体铂金在熔点温度时,每立方厘米发射出来的 1/60 光强度。由式(1-1-2)关系可以得到:1 坎德拉表示点光源在一个单位立体角内具有 1 流明的光通量。即为 1 坎德拉=1 流明/球面度。

同理流明可定义为:发光强度为 1 坎德拉的点光源在单位立体角内发出的光通量为 1