

高职高专“十五”规划教材

GAOZHI
GAOZHUAN
SHIWU
GUIHUA JIAOCAI

电气照明技术

夏国明 编著



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

高职高专“十五”规划教材

GAOZHI
GAOZHUAN
SHIWU
GUIHUA JIAOCAI

电气照明技术

夏国明 编著

冯玉栋 主审



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

全书共分八章,首先简要介绍了电气照明技术的基础知识,接着系统讲述了照明电光源及其原理性能、照明器的主要类型及其光学特性、照明光照计算方法、照明光照设计知识和照明电气设计知识,最后对电气照明设计实践的有关内容和照明光度量的测量知识进行了详尽的介绍。书末附录选入的常用技术图表资料,可供学生在平时学习及课程设计与毕业设计中随时查阅。为便于学生复习和自学,每章末还附有一定数量的思考练习题。

本教材可供普通高等学校高职高专电气技术、建筑电气、智能建筑与楼宇自动化专业以及相近专业使用,同时也适用于各类成人高等教育的相关专业,并可供同类专业的高校本科生和中等专业学生以及有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电气照明技术/夏国明编著. —北京:中国电力出版社, 2004

高职高专“十五”规划教材

ISBN 7-5083-2088-3

I. 电... II. 夏... III. 电气照明 - 高等学校: 技术学校 - 教材 IV. TM923

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 104903 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2004 年 10 月第一版 2006 年 3 月北京第二次印刷

787 毫米 × 1092 毫米 16 开本 17.25 印张 398 千字

印数 3001—6000 册 定价 26.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

序

随着新世纪的到来,我国进入全面建设小康社会、加快推进社会主义现代化的新的发展阶段。新世纪新阶段的新任务,对我国高等职业教育提出了新要求。我国加入世界贸易组织和经济全球化迅速发展的新形势,也要求高等职业教育必须开创新局面。

高职高专教材建设是高等职业教育的重要组成部分,是一项极具重要意义的基础性工作,对高等职业教育培养目标的实现起着举足轻重的作用。为贯彻落实《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》精神,进一步推动高等职业教育的发展,加强高职高专教材建设,根据教育部关于通过多层次的教材建设,逐步建立起多学科、多类型、多层次、多品种系列配套的教材体系的精神,中国电力教育协会会同中国高等职业技术教育研究会和中国电力出版社,组织有关专家对高职高专“十五”教材规划工作进行研究,在广泛征求各方面意见的基础上,制订了反映电力及相关行业特点、体现高等职业教育特色的高职高专“十五”教材规划。同时,为适应电力体制改革和电力高等职业教育发展的需要,中国电力教育协会筹备组建全国电力高等职业教育教材建设指导委员会,以便更好地推动新世纪电力高职高专教材的研究、规划与开发。

高职高专“十五”规划教材紧紧围绕培养高等技术应用性专门人才开展编写工作。基础课程教材注重体现以应用为目的,以必需、够用为度,以讲清概念、强化应用为教学重点;专业课程教材着重加强针对性和实用性。同时,“十五”规划教材不仅注重内容和体系的改革,还注重方法和手段的改革,以满足科技发展和生产实际的需求。此外,高职高专“十五”规划教材还着力推动高等职业教育人才培养模式改革,促进高等职业教育协调发展。相信通过我们的不断努力,一批内容新、体系新、方法新、手段新,在内容质量上和出版质量上有突破的高水平高职高专教材,很快就能陆续推出,力争尽快形成一纲多本、优化配套,适用于不同地区、不同学校、特色鲜明的高职高专教育教材体系。

在高职高专“十五”教材规划的组织实施过程中,得到了教育部、国家电力公司、中国电力企业联合会、中国高等职业技术教育研究会、中国电力出版社、有关院校和广大教师的大力支持,在此一并表示衷心的感谢。

教材建设是一项长期而艰巨的任务,不可能一蹴而就,需要不断完善。因此,在教材的使用过程中,请大家随时提出宝贵的意见和建议,以便今后修订或增补。(联系方式:100761北京市宣武区白广路二条1号综合楼9层 中国电力教育协会教材建设办公室 010-63416237)

中国电力教育协会

前 言

本书是根据教育部《关于“十五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》精神，由中国电力教育协会组织编写的高职高专“十五”规划教材。

本教材可供普通高等学校高职高专电气技术、建筑电气、智能建筑与楼宇自动化专业以及相近专业使用，同时也适用于各类成人高等教育的相关专业，并可供同类专业的高校本科学生和中等专业学生以及有关工程技术人员参考。教材内容可根据具体的专业要求和教学时数取舍。

随着我国建筑及建筑装饰业的飞速发展，人们对照明电光源、电气照明装置以及照明光环境的需求水平也越来越高。为此，笔者在总结多年教学经验及工程实践经验的基础上，依据国家近年来颁发的有关建筑电气设计标准和规程规范编著了本书。

全书共分八章，首先简要介绍了电气照明技术的基础知识，接着系统讲述了照明电光源及其原理性能、照明器的主要类型及其光学特性、照明光照计算方法、照明光照设计知识和照明电气设计知识，最后对电气照明设计实践的有关内容和照明光度量的测量知识进行了详尽的介绍。书末附录选入的技术图表资料可供学生在平时学习及课程设计与毕业设计中随时查阅。为便于学生复习和自学，每章末还附有一定数量的思考练习题。

全书经冯玉栋高级工程师审阅，特致谢忱。

由于时间仓促及编者水平所限，书中纰漏在所难免，诚望广大读者多提宝贵意见。

夏国明

二〇〇四年八月

目 录

序

前言

1 光照基础知识	1
1.1 光的基本概念	1
1.2 材料的光学性质	7
1.3 视觉与颜色	11
思考练习题	22
2 照明电光源	23
2.1 电光源及其光电特性	23
2.2 白炽灯	30
2.3 卤钨灯	34
2.4 荧光灯	37
2.5 高强度气体放电灯 (HID 灯)	42
2.6 其他电光源	49
2.7 电光源的选择应用	56
思考练习题	60
3 照明器	61
3.1 照明器的特性	61
3.2 照明器的分类	67
3.3 照明器的选用	74
思考练习题	76
4 照明光照计算	78
4.1 点光源直射照度计算	78
4.2 线光源直射照度计算	86
4.3 面光源直射照度计算	92
4.4 平均照度计算	96
4.5 亮度计算	105

4.6 眩光及限制措施	109
4.7 道路照明照度计算	116
思考练习题	119
5 照明光照设计基础	121
5.1 照明设计的内容与程序	121
5.2 照明的方式和种类	122
5.3 照明质量	125
5.4 照度标准	128
5.5 照明器的布置	132
思考练习题	135
6 照明电气设计	136
6.1 负荷分级与供电电压	136
6.2 照明供配电系统	138
6.3 照明负荷计算	146
6.4 线缆的选择与敷设	151
6.5 系统保护与电气安全	158
思考练习题	167
7 电气照明设计实践	169
7.1 电气照明施工图简述	169
7.2 室内电气照明设计	173
7.3 室外电气照明设计	192
7.4 现代照明技术简介	214
7.5 电气照明设计实例	220
思考练习题	227
8 照明光度量测量	229
8.1 照度计及测量原理	229
8.2 照度测量	233
8.3 亮度测量	236
思考练习题	237
附录	239
附表1 常用白炽灯的光电参数	239
附表2 常用卤钨灯的光电参数	240

附表 3	常用荧光灯的光电参数	240
附表 4	常用高强度气体放电灯的光电参数	241
附表 5	水平方位系数 AF	242
附表 6	垂直方位系数 af	244
附表 7	JXD5-2 型平圆形吸顶灯技术资料	245
附表 8	YG701-3 型嵌入式格栅荧光灯技术资料	247
附表 9	YG1-1 型筒式荧光灯技术资料	249
附表 10	YG2-1 型筒控式荧光灯技术资料	252
附表 11	由于等效地面反射比不等于 20% 时对利用系数的修正表	254
附表 12	平均照度单位容量计算表	255
附表 13	一般生产车间和作业场所工作面上的照度标准	256
附表 14	厂区露天作业场所和交通运输线的照度标准	257
附表 15	图书馆建筑照明的照度标准值	258
附表 16	办公楼建筑照明的照度标准值	258
附表 17	商店建筑照明的照度标准值	258
附表 18	影院剧场建筑照明的照度标准值	258
附表 19	旅馆建筑照明的照度标准值	259
附表 20	住宅建筑照明的照度标准值	260
附表 21	铁路旅客建筑照明的照度标准值	260
附表 22	港口旅客站建筑照明的照度标准值	260
附表 23	体育建筑照明的照度标准值	261
附表 24	运动场地彩电转播照明的照度标准值	261
附表 25	小康住宅建筑照明的照度标准推荐值	262
附表 26	民用建筑中常用照明负荷的分级	262
附表 27	导体在正常和短路时的最高允许温度及热稳定系数	263
附表 28	10kV 常用三芯电缆的允许载流量	263
附表 29	电缆在不同温度时的载流量校正系数	264
附表 30	电缆在不同土壤热阻系数时的载流量校正系数	264
附表 31	BV 型绝缘电线明敷及穿管时持续载流量	265
附表 32	BLV 型绝缘电线明敷及穿管时持续载流量	265
附表 33	RM10 型低压熔断器的主要技术数据和保护特性曲线	266
参考文献		267

光照基础知识

光与人类生活有着十分密切的关系，舒适的光线不仅可以提高人们的工作效率和产品质量，同时还有利于人们的身心健康。电气照明技术实际上是光的设计、控制与分配技术。因此，本章重点介绍光的性质与光度量、材料的光学性质、光与视觉以及光与颜色等基础知识，为后续内容的学习奠定基础。

1.1 光的基本概念

1.1.1 光的性质

光是一种能量存在的形式，光能可以在没有任何中间媒介的情况下向外发射和传播，这种向外发射和传播的过程称为光的辐射。光在一种介质中将以直线的形式向外传播，称之为光线。光的辐射具有二重性，即波动性和微粒性。光在传播过程中主要显示出波动性，而在与物质相互作用时则主要显示出微粒性。因此，光的理论也有两种，即光的电磁波理论和光的量子理论。

1. 光的电磁波理论

光的电磁波理论认为光是能在空间传播的一种电磁波。电磁波的传播形式可见图 1.1。所有电磁波在真空中传播时，传播速度均相同，约为 30 万 km/s，而在介质中传播时，其传播速度与波长、振动频率及介质的折射率有关。

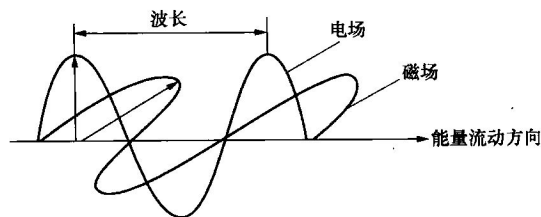


图 1.1 电磁波传播形式示意图

电磁波的波长范围很宽广，不同波长的电磁波，其特性也会有很大的差别，但相邻波段的电磁波并没有明显的界限，因为波长的较小变化不会引起特性的突变。将各电磁波按波长或频率依次排列，可画出图 1.2 所示的电磁波波谱图。

在图 1.2 中，波长范围在 380~780nm [1nm (纳米) = 10^{-9}m] 的电磁波能使人的眼睛产生光感，这部分电磁波称之为可见光。不同波长的可见光有着不同的颜色，从 380nm 到 780nm 依次呈现紫、蓝、青、绿、黄、橙、红七种颜色，不同颜色可见光之间并没有明显的界限，而是随波长逐渐变化的。只有单一波长的光才表现为一种颜色，称为单色光，全部可

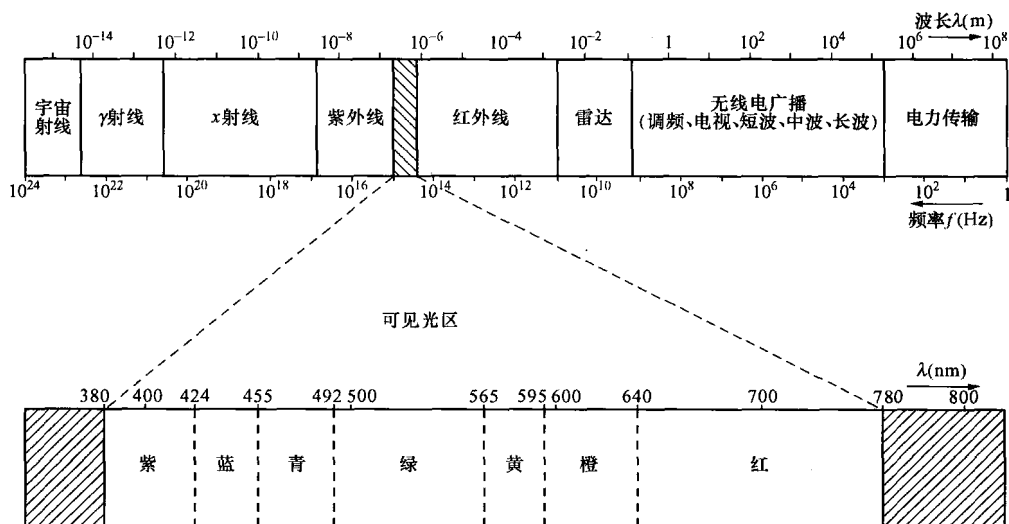


图 1.2 电磁波波谱图

见光波混在一起就形成了日光。波长约为 $1 \sim 380\text{nm}$ 的电磁波为紫外线；波长约为 $780\text{nm} \sim 1\text{mm}$ 的电磁波为红外线。紫外线和红外线虽然不能引起人的视觉，但其辐射特性与可见光极其相似，可用平面镜、透镜、棱镜等光学元件进行反射、成像或色散，故光学上通常把紫外线、红外线和可见光统称为光。太阳所辐射的电磁波中，波长大于 1400nm 的被低空大气层中的水蒸气和二氧化碳强烈吸收，波长小于 290nm 的被高空大气层中的臭氧所吸收，能达到地表面的电磁波，其波长正好与可见光相符。可见光谱的颜色实际上是连续光谱混合而成的，光的颜色与相应的波段如表 1.1 所示。

表 1.1

光的颜色与相应的波长范围

波长区域 (nm)	中心波长 (nm)	区域名称	性质
1 ~ 200		真空紫外	光辐射
200 ~ 300		远紫外	
300 ~ 380		近紫外	
380 ~ 424	402	紫	
424 ~ 455	440	蓝	
455 ~ 492	474	青	
492 ~ 565	529	绿	
565 ~ 595	580	黄	
595 ~ 640	618	橙	
640 ~ 780	710	红	
780 ~ 1500		近红外	
1500 ~ 10000		中红外	
10000 ~ 100000		远红外	

2. 光的量子理论

光的量子理论认为光是由辐射源发射的微粒流。光的这种微粒是光的最小存在单位，称为光子，简称光子。光子具有一定的能量和动量，在空间占有一定的位置，并作为一个整体以光速在空间移动。光子与其他实物粒子不同，它没有静止的质量。

光的电磁波理论和量子理论是一致的，都是解释一种物理现象。光的电磁波理论可以解释光在传播过程中出现的物理现象，如光的干涉、衍射、偏振和色散等；光的量子理论可以解释光的吸收、散射和光电效应等。

1.1.2 常用光度量

1. 光谱光视效率

人眼对于不同波长的光感受是不同的，这不仅表现在光的颜色上，而且也表现在光的亮度上。不同波长的可见光尽管辐射的能量一样，但人看起来其明暗程度会有所不同，这说明人眼对不同波长的可见光有不同的主观感觉量。光谱光视效率用来评价人眼对不同波长光的灵敏度。在辐射能量相同的各色光中，白天或在光线充足的地方，人眼对波长 555nm 的黄绿色光最敏感，波长偏离 555nm 愈远，人眼对其感光的灵敏度就愈低；而在黄昏昏暗的环境中，人眼对波长为 507nm 的绿色光最敏感。

用来衡量电磁波所引起视觉能力的量，称为光谱光效能。任一波长可见光的光谱光效能 $K(\lambda)$ 与最大光谱光效能 K_m 之比，称为该波长的光谱光视效率 $V(\lambda)$ ，即

$$V(\lambda) = \frac{K(\lambda)}{K_m} \quad (1.1)$$

最大光谱光效能是指波长为 555nm（明视觉）或 507nm（暗视觉）可见光的光谱光效能，其值为 683lm/W。

国际照明委员会（CIE）根据各国测试和研究的结果，提出了 CIE 光度标准观察者光谱光视效率曲线，如图 1.3 所示。

2. 光通量

光源在单位时间内向周围空间辐射并能使人眼产生光感的能量，称为光通量，用符号 Φ 表示，单位为 lm（流明）。实际上，光通量是人眼在单位时间内所能感觉到的光源辐射的能量，是人眼的主观感觉量，并不等于光源全部的辐射功率。

由最大光谱光效能可知，人眼可感受到波长为 555nm 的黄绿光的光谱光效能为 683lm/W，当其光源的辐射功率为 1W 时，其光通量应为 683lm。由此可得出某一波长的光源的光通量计算式为

$$\Phi(\lambda) = K_m V(\lambda) \Phi_{e\lambda} \quad (1.2)$$

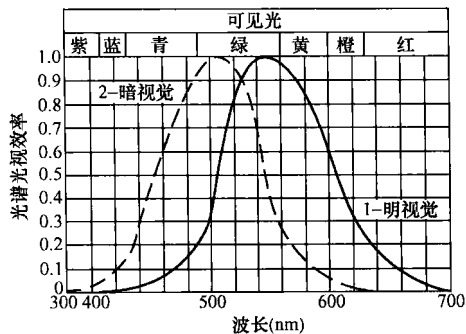


图 1.3 光谱光视效率曲线图

式中 $\Phi(\lambda)$ ——波长为 λ 的光通量 (lm);
 $V(\lambda)$ ——波长为 λ 的光的光谱光视效率;
 $\Phi_{e\lambda}$ ——波长为 λ 的光源的辐射功率 (W);
 K_m ——最大光谱光效能, $K_m = 683 \text{ lm/W}$ 。

式 (1.2) 是单色光的光通量计算公式, 对大多数光源来说都含有多种波长的单色光, 其光源的光通量计算式为

$$\Phi(\lambda) = K_m \int_{380}^{780} \Phi_{e\lambda} V(\lambda) \Delta\lambda \quad (1.3)$$

光通量是表明光源发光能力的一个基本参数。例如, 一只 220V、40W 的普通白炽灯的光通量为 350lm。而一只 220V、36W 的荧光灯的光通量为 2500lm, 约为白炽灯的 7 倍。

3. 发光强度

由于辐射发光体在空间发出的光通量不均匀, 大小也不同, 故为了表示辐射体在不同方向上光通量的分布特性, 引入了光通量的角密度概念, 即发光强度。定义光源在空间某一特定方向上单位立方体角内发出的光通量称为光源在这一方向上的发光强度, 简称为光强, 以符号 I_θ 表示, 单位为 cd (坎德拉)。

由数学理论得知, 球面上某块面积 A 对球心所形成的角称为立体角, 以符号 ω 表示, 立体角的单位为 sr (球面度)。以圆锥顶为球心、 r 为半径作一个球体, 若锥面在球上截出的面积 A 等于 r^2 , 则该立体角称为 1sr。立体角的表达式为

$$\omega = A/r^2$$

因此, 一个球体的球面度为 $\omega = A/r^2 = 4\pi r^2/r^2 = 4\pi$ 。

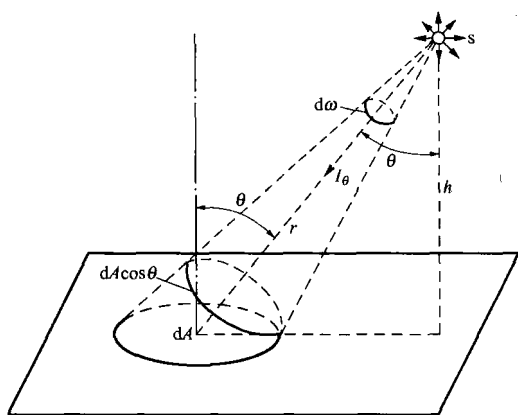


图 1.4 点光源的发光强度

在图 1.4 中, s 为点状发光体 (点光源), 它向各个方向辐射光通量。若在某一方向上取微小立体角 $d\omega$, 在此立体角内所发出的光通量为 $d\Phi$, 则两者的比值即为此方向上的光强。其表达式为

$$I_\theta = \frac{d\Phi}{d\omega} \quad (1.4)$$

若光源辐射的光通量是均匀的, 则在该立体角内的平均光强为

$$I_\theta = \frac{\Phi}{\omega} \quad (1.5)$$

根据上述公式, 当 $A = 1 \text{ m}^2$, $r = 1 \text{ m}$, 则 $\omega = 1 \text{ sr}$, 若对应的 $\Phi = 1 \text{ lm}$, 则 $I_\theta = 1 \text{ cd}$, 即 1cd 表示在 1sr 内, 均匀发出 1lm 的光通量。

量。

发光强度常用于说明光源和灯具发出的光通量在空间各方向或在选定方向上的分布密度。在日常生活中, 人们为了改变光源光通量在空间的分布情况, 采用了各种不同形式的灯

罩进行配光。例如,一只 220V、40W 的白炽灯发射的光通量为 350lm, 它的平均光强为 $(350/4\pi) \text{ cd} = 28\text{cd}$ 。若在该灯泡上面装一盏白色搪瓷平盘灯罩, 那么灯的正下方发光强度可提高到 70~80cd; 如果配上一个聚焦合适的镜面反射罩, 那么灯下方的发光强度可以高达数百坎德拉。然而, 在后两种情况下, 灯泡发出的光通量并没有变化, 只是改变了光通量在空间的分布, 从而使灯下方的发光强度提高了。

4. 照度

照度表征的是被照面被照射的程度, 通常用单位面积内所接受的光通量来表示, 符号为 E , 单位为 lx (勒克斯), $1\text{lx} = 1\text{lm}/\text{m}^2$ 。取微小面积元 dA , 设其所接受的光通量为 $d\Phi$, 则该处的照度为

$$E = \frac{d\Phi}{dA} \quad (1.6)$$

当光通量 Φ 均匀分布在被照面 A 上时, 此被照面的照度为

$$E = \frac{\Phi}{A} \quad (1.7)$$

为了对照度有一个实际了解, 现举例说明: 在 40W 白炽灯下 1m 处的照度约为 30lx; 夏季阴天中午室外照度为 8000~20000lx; 晴天中午在阳光下的室外照度可高达 80000~120000lx; 晴朗的满月夜地面照度约为 0.2lx; 白天采光良好的室内照度为 100~500lx。

一般情况下, 当光源的大小比其到被照面的距离小得多时, 可将光源视为点光源。根据光强和立体角的公式, 可得

$$E = \frac{\Phi}{A} = \frac{\omega I_{\theta}}{A} = \frac{AI_{\theta}}{Ar^2} = \frac{I_{\theta}}{r^2}$$

上式说明照度 E 与光源在这个方向上的光强成正比, 与它至光源距离的平方成反比。因此, 在照明设计中, 为了提高局部照度, 在光源不变的情况下, 可通过改变灯具的配光特性和安装高度来实现。

5. 光出射度

光出射度又称面发光度, 是用来表征发光体表面上发光强弱的一个物理量, 通常用单位面积发出的光通量来表示, 符号为 M , 单位是 lx (辐射勒克斯)。在发光体表面上取一微小面积元 dA , 如果它发出的光通量为 $d\Phi$, 则该面积的平均光出射度为

$$M = \frac{d\Phi}{dA} \quad (1.8)$$

对于任意大小的发光表面 A , 若发射的光通量为 Φ , 则表面 A 的平均光出射度 M 为

$$M = \frac{\Phi}{A} \quad (1.9)$$

光出射度和照度的区别在于: 光出射度表示的是发光体发出的光通量表面密度, 而照度表示的是被照物体所接受的光通量面密度。

6. 亮度

光出射度只表示单位面积上所发出的光通量, 并没有考虑光辐射的方向, 因此, 它不能

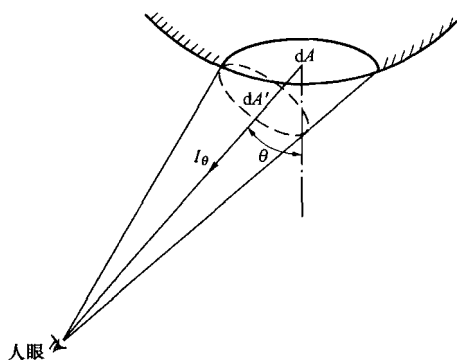


图 1.5 广光源一个单元面积上的亮度

表征发光面在不同方向上的光学特性。如图 1.5 所示, 在一个广光源上取一个单元面积 dA , 从与表面法线成 θ 角的方向上去观察, 在这个方向上的光强与人眼所“见到”的光源面积之比, 定义为光源在这个方向的亮度, 即被视物体发光面在视线方向上的发光强度与发光面在垂直于该方向上的投影面积的比值, 称为发光面的表面亮度, 以符号 L 表示, 单位为 cd/m^2 (坎德拉每平方米) 或 nt (尼特)。在数量上, $1\text{nt} = 1\text{cd}/\text{m}^2$ 。

由图中可以得出, 能够看到的光源面积 dA' 及亮度 L_θ 分别为

$$dA' = dA \cos \theta$$

$$L_\theta = \frac{I_\theta}{dA'} = \frac{I_\theta}{dA \cos \theta} \quad (1.10)$$

式中 dA ——发光体的单元面积 (m^2);

θ ——视线与受照表面法线之间的夹角 ($^\circ$);

I_θ ——与法线成 θ 角的给定方向上的光强 (cd)。

如果 dA 是一个理想的漫射发光体或具有漫反射表面的二次发光体, 它的光强将遵守朗伯余弦定律, 即 $I_\theta = I_0 \cos \theta$, 如图 1.6 所示。

将 $I_\theta = I_0 \cos \theta$ 代入式 (1.10) 得

$$L_\theta = \frac{I_0 \cos \theta}{dA \cos \theta} = \frac{I_0}{dA} = L_0 \quad (1.11)$$

式中 I_0 ——发光体表面法线方向的光强 (cd)。

上式表明发光体的亮度 L_θ 与方向无关, 即从任意方向看, 亮度都是一样的。部分光源的亮度如表 1.2 所示。

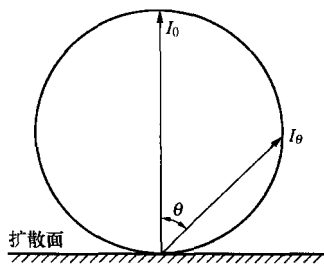


图 1.6 理想漫反射面的光强分布

表 1.2 部分光源的亮度

光 源	亮 度 ($\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$)	光 源	亮 度 ($\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$)
太 阳	1.6×10^9 以上	蜡 烛	$(0.5 \sim 1.0) \times 10^4$
钨丝灯	$(2.0 \sim 20) \times 10^6$	蓝 天	0.8×10^4
荧光灯	$(0.5 \sim 15) \times 10^4$	电视屏幕	$(1.7 \sim 3.5) \times 10^2$

以上介绍了常用的几个光度量单位。其中, 光通量表征的是发光体的发光能力; 光强表明了光源辐射光通量在空间的分布状况; 照度表示被照面接受光通量的面密度, 用来衡量被照面的照射程度; 光出射度是表示发光体所发出光通量的面密度; 亮度则表明了直接发光体和间接发光体在视线方向上单位面积的发光强度, 即物体表面的明亮程度。

1.2 材料的光学性质

1.2.1 透射比、反射比和吸收比

光在均匀的同一种介质中沿直线传播,如果在行进过程中遇到新的介质,则会出现反射、透射和吸收现象,一部分光被介质表面反射,一部分透过介质,余下的一部分则被介质吸收,如图 1.7 所示。材料对光的这种性质在数值上可用光的透射比、反射比和吸收比来表示。

$$\text{反射比} \quad \rho = \frac{\Phi_p}{\Phi_i} \quad (1.12)$$

$$\text{透射比} \quad \tau = \frac{\Phi_\tau}{\Phi_i} \quad (1.13)$$

$$\text{吸收比} \quad \alpha = \frac{\Phi_a}{\Phi_i} \quad (1.14)$$

式中 Φ_i ——入射到介质表面的光通量;
 Φ_p ——被介质表面反射的光通量;
 Φ_τ ——穿透该介质的光通量;
 Φ_a ——被介质吸收的光通量。

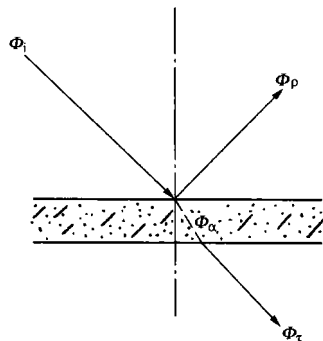


图 1.7 光的透射、反射和吸收

光投射到介质时可能同时发生介质对光的吸收、反射和透射现象,根据能量守恒定律,投射光通量应等于上述三部分光通量之和,即

$$\Phi_i = \Phi_p + \Phi_\tau + \Phi_a \quad (1.15)$$

$$\text{或} \quad \rho + \tau + \alpha = 1 \quad (1.16)$$

影响材料反射的主要因素是材料本身的性质,其中最主要的是材料表面的光滑程度、颜色和透明度,材料表面越光滑、颜色越浅、透明度越小,反射比就越大。另外,光的入射方式和光的波长等也影响物质的反射比。

影响材料透射的因素主要是物质的性质和厚度,材料的透明度越高,透射比越大,非透明材料透射比为零;同一种材料厚度越大,透射比就越小。入射方式和光的波长等也影响物质的透射比。

影响材料吸收的主要因素是材料的性质和光程。例如透明材料对光的吸收作用小;非透明材料且表面粗糙、颜色较深,对光的吸收作用大;光程越长,吸收越大。

从照明角度来看,反射比或透射比高的材料使用价值比较高。我们应该深入了解各种材料反射光或透射光的性能,以求在光环境设计中恰当运用各种材料。各种材料的反射比和吸收比参见表 1.3。

1.2.2 光的反射

当光线投射到非透明物体表面时,大部分光被反射,小部分光被吸收。反射光虽然改变了光的方向,但光的波长成分并没有变化。光线在镜面和扩散面上的反射状态有以下四种。

1. 定向反射

在研磨很光的镜面上,光的入射角等于反射角,反射光线总是在入射光线和法线所决定

的平面内,并与入射光分处在法线两侧,此规则称为“反射定律”,如图 1.8 所示。在反射角以外,人眼看不到反射光,这种反射称为定向反射,亦称规则反射或镜面反射。它常用来控制光束的方向,灯具的反射灯罩就是利用这一原理制作的。

表 1.3 部分材料的反射比和吸收比

材 料 类 型		反 射 比	吸 收 比
规则反射	银	0.92	0.08
	铬	0.65	0.35
	铝(普通)	60~73	40~27
	铝(电解抛光)	0.75~0.84(光泽)	0.25~0.16(光泽)
		0.62~0.70(无光)	0.38~0.30(无光)
	镍	0.55	0.45
漫反射	玻璃镜	0.82~0.88	0.18~0.12
	硫酸钡	0.95	0.05
	氧化镁	0.975	0.025
	碳酸镁	0.94	0.06
	氧化亚铅	0.87	0.13
	石膏	0.87	0.13
	无光铝	0.62	0.38
	率喷漆	0.35~0.40	0.65~0.60
建筑材料	木材(白木)	0.40~0.60	0.60~0.40
	抹灰、白灰粉刷墙壁	0.75	0.25
	红砖墙	0.30	0.70
	灰砖墙	0.24	0.76
	混凝土	0.25	0.75
	白色瓷砖	0.65~0.80	0.35~0.20
	透明无色玻璃(1~3mm)	0.08~0.10	0.01~0.03

2. 散反射

光线从某一方向入射到经散射处理的铝板、经涂刷处理的金属板或毛面白漆涂层时,反射光向各个不同方向散开,但其总的方向是一致的,其光束的轴线方向仍遵守反射定律。这种光的反射称之为“散反射”,如图 1.9 所示。

3. 漫反射

光线从某一方向入射到粗糙表面或涂有无光泽的镀层时,反射光被分散在各个方向,即不存在规则反射,这种光的反射称为“漫反射”。若反射遵守朗伯余弦定律时,则从反射面的各个方向看去,其亮度均相同,这种光的反射则称为各向同性漫反射或完全漫反射,如图 1.10 所示。

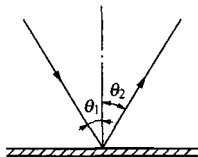


图 1.8 定向反射

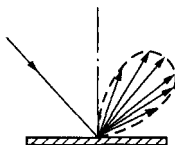


图 1.9 散反射

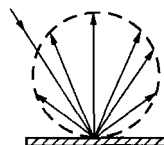


图 1.10 完全漫反射

4. 混合反射

光线从某一方向入射到瓷釉或带有高光泽度的漆层上时,其反射特性介于规则反射与漫反射(或散反射)之间,则称之为“混合反射”,如图 1.11 所示。图 1.11 (a) 为漫反射与

规则反射的混合；图 1.11 (b) 表示的是散反射与漫反射的混合；图 1.11 (c) 表示的是散反射与规则反射的混合。在规则反射方向上的发光强度比其他方向要大得多，且有最大亮度，而在其他方向上也有一定数量的反射光，但亮度分布不均匀。

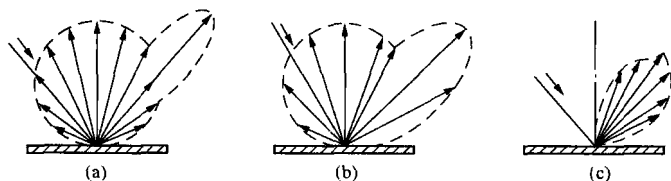


图 1.11 混合反射

灯具采用反射材料的目的在于把光源的光反射到需要照明的方向。为了提高效率，一般宜采用反射比较高的材料，此时反射面就成了二次发光面。

1.2.3 光的折射和透射

1. 光的折射

当光从一种介质射入另一种介质时，由于两种介质的密度不同而造成光线方向改变的现象称为折射，如图 1.12 所示。光的折射符合折射定律：

(1) 入射角、折射角与分界面的法线同处于一个平面内，且分居于法线的两侧。

(2) 入射角正弦和折射角正弦的比值对确定的两种介质来说是一个常数，即

$$\frac{\sin i}{\sin \gamma} = \frac{n_2}{n_1}$$

式中 n_1 , n_2 ——分别为两种介质的折射率；

i , γ ——分别为入射角和折射角。

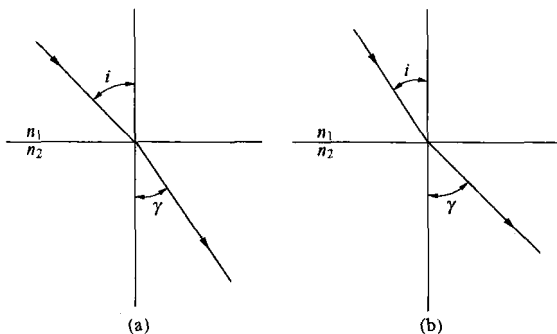


图 1.12 光的折射

(a) $n_2 > n_1$, $\gamma < i$; (b) $n_2 < n_1$, $\gamma > i$

我们常常利用折射能改变光线方向的原理，制成能精确地控制光分布的折光玻璃砖、各种棱镜灯罩等。此外，当一束白光通过折射棱镜时，由于组成白光的单色光频率不同，则因折射而分离成各种颜色，这种现象称作色散。

2. 光的透射

光线入射到透明或半透明材料表面时，部分被反射、吸收，而大部分可以透射过去。譬如，光在玻璃表面垂直入射时，入射光在第一面（入射面）反射 4%，在第二面（透过面）反射 3%~4%，被吸收 2%~8%，透射率为 80%~90%。透射可分为以下四种状态。

(1) 定向透射。当光线照射到透明材料上时，透射光将按照几何光学的定律进行透射，这就是定向透射，又称规则透射，如图 1.13 所示。其中，图 1.13 (a) 为平行透光材料（如