



“十三五”普通高等教育本科规划教材

建筑电气照明 设计与应用

郭喜峰 主 编

侯 静 片锦香 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



“十三五”普通高等教育本科规划教材

建筑电气照明 设计与应用

主 编	郭喜峰				
副主编	侯 静	片锦香			
编 写	胡 楠	郑 迪	刘美菊	刘 剑	
	张 锐	孙 伟	许 崇	马 健	
	刘 新	李宏伟	宫 巍	刘 涛	
主 审	许 可				



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书共分为9章,包括基础和应用两大部分。基础部分主要介绍光度学、材料的光学性质、视觉特性、颜色特性、光源和照明器的选用、照明计算方法等;应用部分结合现代建筑、照明技术和城市夜景的规划与设计等新内容,集中介绍照明设计要点和设计方法,并介绍了照明工程的施工要求与相关技术。

本书可作为普通高等院校建筑电气与智能化专业及电气类、自动化类专业教材,也可作为高职高专院校相关专业教材,还可作为培养照明设计师的培训教材及有关工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑电气照明设计与应用/郭喜峰主编. —北京:中国电力出版社,2018.12

“十三五”普通高等教育本科规划教材

ISBN 978-7-5198-2767-0

I. ①建… II. ①郭… III. ①房屋建筑设备—电气照明—照明设计—高等学校—教材
IV. ①TU113.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第291183号

出版发行:中国电力出版社

地 址:北京市东城区北京站西街19号(邮政编码100005)

网 址:<http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑:孙 静

责任校对:黄 蓓

装帧设计:张俊霞 郝晓燕

责任印制:钱兴根

印 刷:三河市百盛印装有限公司

版 次:2018年12月第1版

印 次:2018年12月北京第一次印刷

开 本:787毫米×1092毫米 16开本

印 张:19.75

字 数:483千字

定 价:58.00元

版权专有 侵权必究

本书如有印装质量问题,我社营销中心负责退换

前 言

建筑电气照明与人类的生产、工作和生活有着十分密切的关系，随着我国建筑业、装饰业的蓬勃发展，人们对照明光源、照明设备技术的更新以及照明光环境的要求就更高了。为了满足高等院校建筑电气类和电气技术专业教学的需要，我们在多年教学及工程实践的基础上编写了该教材。

本教材编写的指导思想是着重建筑电气照明技术基本概念和应用。本书共分9章，包括基础和应用两大部分。基础部分主要介绍光度学、材料的光学性质、视觉特性、颜色特性、光源和照明器的选用、照明计算方法等；应用部分结合现代建筑、照明技术和城市夜景的规划与设计等新内容，集中介绍其照明设计要点和设计方法，并介绍了照明工程的施工要求与相关技术。教材在编写过程中，将最新的建筑电气设计规范与施工规范的内容，以及新兴的照明技术进行了介绍，与照明工程的发展趋势相契合。

本书在内容上力求深入浅出、简明扼要、层次清楚、语言透彻，尤其注重理论联系实际，增加大量的翔实的工程实例向读者阐述了电气照明设计应用的完整理念。为了配合教学与工程实践的需要，书中为每章重点内容还编入了相应的思考题。

本书适用于高等院校建筑电气与智能化专业及电气类、自动化类专业以及高职高专等不同层次的教学，也可作为培养照明设计师的培训教材及有关工程技术人员的参考书。

本书由沈阳建筑大学郭喜峰任主编，侯静、片锦香任副主编。全书共分9章，其中第1章由沈阳建筑大学的片锦香编写；第2、3章由沈阳建筑大学的张锐、胡楠编写；第4章由沈阳建筑大学的郭喜峰、刘美菊编写；第5章由郭喜峰、侯静编写；第6章由沈阳科技学院的刘涛编写；第7章由沈阳城市建设学院孙伟编写；第8章由沈阳建筑大学刘剑、郑迪编写；第9章由侯静、片锦香编写。参与编写的还有沈阳建筑大学的许崇、宫巍、李宏伟、马健、刘新。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中不妥和遗漏之处难免，恳请专家和读者批评指正。

编 者
2018.11

目 录

前言	
第1章 光的基本知识	1
1.1 光的基本概念	1
1.1.1 光辐射	1
1.1.2 光的本质	2
1.1.3 光的辐射特性	3
1.2 常用的光度量	4
1.2.1 光通量	4
1.2.2 发光强度	5
1.2.3 照度	5
1.2.4 光出射度	5
1.2.5 亮度	6
1.2.6 发光效率	6
1.3 材料的光学性质	7
1.3.1 反射比、透射比和吸收比	7
1.3.2 光的反射	7
1.3.3 光的透射	9
1.3.4 材料的光谱特征	10
1.4 视觉与颜色	11
1.4.1 光与视觉	11
1.4.2 光与颜色	16
思考题	24
第2章 照明光源与附件	25
2.1 光源分类及光源型号命名	25
2.1.1 电光源分类	25
2.1.2 电光源型号命名	26
2.1.3 电光源型号命名示例	29
2.2 白炽灯与卤钨灯	30
2.2.1 白炽灯	30
2.2.2 卤钨灯	30
2.3 荧光灯	31
2.3.1 荧光灯的工作原理	31
2.3.2 荧光灯的工作特性	32

2.3.3	荧光灯的分类	34
2.3.4	荧光灯的特点及选用原则	35
2.4	金属卤化物灯	36
2.4.1	金属卤化物灯的工作原理	36
2.4.2	金属卤化物灯的分类	37
2.4.3	金属卤化物灯的特点及应用	38
2.5	高压钠灯与低压钠灯	38
2.5.1	高压钠灯的工作原理	38
2.5.2	高压钠灯的分类与应用	39
2.5.3	低压钠灯	39
2.6	高压汞灯	40
2.7	LED光源	41
2.7.1	概述	41
2.7.2	LED的原理及其结构	42
2.7.3	LED光源的优点	42
2.7.4	LED光源存在的不足	43
2.7.5	选择LED灯的技术要求	43
2.8	光源的主要附件	44
2.8.1	镇流器	44
2.8.2	触发器	48
2.8.3	补偿电容器	49
2.8.4	超级电容器	50
2.9	光源的性能比较与选用	51
2.9.1	电光源性能比较	51
2.9.2	电光源的选用	52
2.9.3	常用光源的应用场所及选择光源的一般原则	53
	思考题	54
第3章	照明灯具	55
3.1	照明灯具的特性	55
3.1.1	照明灯具的配光曲线	55
3.1.2	照明灯具的遮光角与亮度分布	58
3.1.3	照明灯具的效率	61
3.1.4	照明灯具的利用系数与最大允许距高比	62
3.2	照明灯具的分类	62
3.2.1	按使用的光源分类	62
3.2.2	按防触电保护方式分类	62
3.2.3	按防尘防水等分类	63
3.2.4	按光学特性或功能进行分类	64
3.2.5	按特殊场所使用环境分类	67

3.2.6 按安装方式分类	68
3.3 照明灯具的选择	68
3.3.1 按配光特性选择	68
3.3.2 按使用环境选择	69
3.3.3 按经济效果选择	70
思考题	71
第4章 照明质量及照度计算	72
4.1 照明质量	72
4.1.1 照度水平	72
4.1.2 亮度分布	73
4.1.3 灯光的颜色品质	73
4.1.4 眩光	75
4.1.5 阴影和造型立体感	77
4.2 照度标准	77
4.2.1 居住建筑的照度标准	77
4.2.2 公共建筑照明标准值	78
4.2.3 工业建筑照明标准值	81
4.2.4 通用房间或场所照明标准值	83
4.3 照度计算方法	85
4.3.1 平均照度的计算	85
4.3.2 单位容量法计算	90
4.3.3 点光源的点照度计算	94
4.3.4 线光源的点照度计算	98
4.3.5 面光源的点照度计算	107
4.3.6 平均球面照度与平均柱面照度的计算	110
4.3.7 投光灯照度的计算	114
思考题	116
第5章 照明电气设计	117
5.1 照明种类	117
5.1.1 按照明的使用情况分类	117
5.1.2 按照明的目的分类	119
5.2 照明方式与灯具布置	119
5.2.1 照明方式	119
5.2.2 灯具布置	120
5.3 照明电气设计概述	122
5.3.1 照明设计的主要内容	122
5.3.2 照明设计程序	122
5.3.3 照明设计应注意的事项	127
5.4 电气设计基础	127

5.4.1	初始资料收集	127
5.4.2	照明供电	127
5.4.3	照明负荷计算	137
5.5	照明线路与设备的选择	140
5.5.1	照明线路的计算与选择	140
5.5.2	照明线路的保护	149
5.5.3	照明装置的电气安全	154
	思考题	155
第6章	应急照明	156
6.1	应急照明的基本要求	156
6.1.1	应急照明照度	156
6.1.2	设置场所和部位	157
6.1.3	备用电源连续供电时间及转换时间	158
6.2	应急照明设计	159
6.2.1	疏散照明设计	159
6.2.2	备用照明设计	160
6.2.3	安全照明设计	161
6.2.4	应急照明的供电设计	161
6.3	应急照明设备	162
6.3.1	光源	162
6.3.2	灯具	163
6.3.3	应急照明配电箱及应急照明分配电装置	165
6.3.4	集中型应急电源 (简称 EPS)	166
6.3.5	蓄光型疏散标志	167
6.3.6	集中控制型消防应急系统	167
	思考题	168
第7章	照明与节能	170
7.1	照明控制	170
7.1.1	照明控制策略	170
7.1.2	照明控制方式	171
7.1.3	照明控制系统	173
7.1.4	照明控制的发展	173
7.2	天然光的利用	179
7.2.1	天然光照明技术	180
7.2.2	天然光和人工照明的优化控制	185
7.3	照明节能	187
7.3.1	绿色照明	187
7.3.2	照明节能的主要技术措施	189
7.3.3	各类建筑的照明节能指标	193

思考题	199
第 8 章 照明设计与应用	200
8.1 室内照明	200
8.1.1 居住建筑照明	200
8.1.2 教育建筑照明	203
8.1.3 商场照明	211
8.1.4 办公照明	217
8.1.5 工厂照明	222
8.2 室外照明	235
8.2.1 体育场照明	235
8.2.2 道路照明	242
8.2.3 景观照明	250
思考题	254
第 9 章 电气照明施工图与工程施工	255
9.1 电气照明施工图	255
9.1.1 电气照明施工图概述	255
9.1.2 电气照明施工图的读图	260
9.2 电气照明工程施工	274
9.2.1 导线、电缆的选择与敷设	274
9.2.2 照明灯具的安装	276
9.2.3 照明电路中设备的安装	287
思考题	290
附录 A 照明设计基本术语	291
附录 B 常用电气图形符号	295
参考文献	303

第 1 章 光的基本知识

无论白天还是黑夜，人们都离不开光，舒适的光线不但能提高使用者的工作效率，还有利于身心健康。电气照明设计实际上是对光的设计和控制。本章主要介绍光的本质以及光的辐射特性、常用的光度量参数、材料的光学性质以及视觉与颜色的关系。

1.1 光的基本概念

光是能量的一种形态，这种能量能从一个物体传播到另一个物体，在传播过程中无需任何物质作为媒介，这种能量的传递方式称为辐射。辐射是指能量从能源出发沿直线向四面八方传播，尽管实际上它并不总是沿直线方向传播的，特别在通过物质时，其方向会有所改变。光一度被认为是粒子束，后来经实践证明，光线的方向也是波传播的方向。约一百年前，人们已证实了光的本质是电磁波，在波长极其宽阔的电磁波范围中，可见光波仅占很小的一部分。

1.1.1 光辐射

1666 年，牛顿使一束自然光线通过棱镜，从而发现光束中包含组成彩虹的全部颜色。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。可见光的波长从 380nm 向 780nm 增加时，光的颜色从紫色开始，按蓝、绿、黄、橙、红的顺序逐渐变化。任何物体发射或反射足够数量合适波长的辐射能，作用于人眼睛的感受器官，就可看见该物体。各种颜色之间是连续变化的，发光物体的颜色由其所发光内所含波长而定。单一波长的光表现为一种颜色，称为单色光；多种波长的光组合在一起，在人眼中引起色光复合而形成复色光的感觉；全部可见光混合在一起，就形成了日光。非发光物体的颜色主要取决于它对外来照射光的吸收（光的粒子性）和反射（光的波动性）情况，其颜色与照射光有关。通常所说的物体颜色是指它们在太阳光照射下所显示的颜色。

表 1-1 光的各个波长区域

波长区域 (nm)	区域名称		性质
100~200	真空紫外	紫外光	光辐射
200~300	远紫外		
300~380	近紫外		
380~450	紫	可见光	
450~490	蓝		
490~560	绿		
560~600	黄		
600~640	橙		
640~780	红		

续表

波长区域 (nm)	区域名称		性质
780~1500	近红外	红外光	光辐射
1500~10000	中红外		
10000~100000	远红外		

在太阳辐射的电磁波中，大于可见光波长的部分被大气层中的水蒸气和二氧化碳强烈吸收，小于可见光波长的部分被大气层中的臭氧吸收，到达地面的太阳光，其波长正好与可见光相同。

紫外线波谱的波长在 100~380nm，紫外线是人眼看不见的。太阳是近紫外线发射源；人造发射源可以产生整个紫外线波谱。

红外线波谱的波长在 780~1mm，红外线也是人眼看不见的。太阳也是天然的红外线发射源；白炽灯一般可发射波长在 5000nm 以内的红外线；发射近红外线的特制灯可用于医疗和工业设施。

紫外线、红外线两个波段的辐射能与可见光一样，可用平面镜、透镜或棱镜等光学元件进行反射、成像或色散。因而，将紫外线、可见光、红外线统称为光辐射。

1.1.2 光的本质

关于光的本质，很多科学家开展了研究，提出了光的两种学说，即牛顿微粒学说和惠更斯波动学说。

牛顿微粒学说：牛顿认为光是发光物体发出的遵循力学规律做等速运动的粒子流。微粒学说可以解释光的直线传播以及光的反射和折射规律，并认为光在水中的传播速度比空气中的速度大。

惠更斯波动学说：惠更斯认为光是一种机械波，它依靠所谓的弹性介质“以太”来传播。波动说能够解释光的反射和折射规律，并能说明双折射现象，但是认为光在水中的传播速度比空气中的速度小。

目前，科学家们常采用“电磁波理论”和“量子论”来阐述光的本质。

1. 电磁波理论

英国物理学家麦克斯韦从他的电磁场理论预言了电磁波的存在，并认为光就是一种电磁波，之后赫兹从实验上证实了麦克斯韦电磁场理论的正确性，从而形成了以电磁理论为基础的波动光学。麦克斯韦提出：发光体以辐射能的形式发射光，而辐射能又以电磁波形式向外传输，电磁波作用在人眼上就产生光的感觉。光在空间运动可以用“电磁波理论”圆满地加以解释。

2. 量子论

光的波动理论无法解释黑体辐射、光电效应和原子线状光谱等问题，普朗克提出辐射的量子理论，随后爱因斯坦提出光量子理论，并解释了光电效应实验，说明光具有粒子性，并具有能量、动量等。量子论认为发光体以分立的“波束”形式发射辐射能，这些波束沿直线发射出来，作用在人眼上而产生光的感觉。光对物体的效应可用“量子论”圆满地加以解释。因此，光的本质是具有波粒二象性的，即光的传输过程体现了光的波动性，而光与物质的相互作用过程体现的是光的粒子性。

对于照明工程师有着重要意义的光特性，量子论和电磁波论都做了一一说明。无论光被认为是波动性质还是光子性质，更确切地说，都属于电子运动过程产生的辐射，譬如，在气体放电中，被激励的电子返回到原子中较为稳定的位置时，将放射能量进而产生辐射。

1.1.3 光的辐射特性

为了研究光源辐射现象的规律，测定供给光源能量（比如说电能）转换成辐射能效率的高低，通常用下面的一些基本参量来描述光源的辐射特性。

1. 辐射量

(1) 辐射能量 Q_e 。

光源辐射出来的光（包括红外线、可见光和紫外线）的能量称为光源的辐射能量。当这些能量被物质吸收时，可以转换成其他形式的能量。辐射能量 Q_e 的单位为 J。

(2) 辐射通量 Φ_e 。

光源在单位时间内辐射出去的总能量称之为光源的辐射通量，辐射通量也可称为辐射功率。辐射通量 Φ_e 的单位为 W。

(3) 辐射出射度 M_e 。

如果光源表面上的一个发光面积 A 在各个方向（在半个空间内）的辐射通量为 Φ_e ，则该发光面的辐射出射度为

$$M_e = \frac{\Phi_e}{A} \quad (1-1)$$

辐射出射度 M_e 的单位为 W/m^2 。由于一般光源发光面上各处的辐射出射度是不均匀的，因此，发光面上某一微小面积 dA 的辐射出射度应该是该发光面向所有方向（在半个空间内）发出的辐射通量 $d\Phi_e$ 与面积 dA 之比，即

$$M_e = \frac{d\Phi_e}{dA} \quad (1-2)$$

2. 光谱辐射量

光源发出的光往往由许多波长的光所组成，为了研究各种波长的光分别辐射的能量还需对单一波长的光辐射作相应规定。

(1) 光谱辐射通量 Φ_λ 。

光源发出的光在单位波长间隔内的辐射通量称为光谱辐射通量 Φ_λ ，即

$$\Phi_\lambda = \frac{\Delta\Phi_e}{\Delta\lambda} \quad (1-3)$$

若波长 λ 单位为 m（为了方便，有时被描述为 nm），则光谱辐射通量 Φ_λ 的单位为 W/m 。由于光源发出的各种波长的光谱辐射通量 Φ_λ 一般是不同的，因此应取微小的波长间隔 $d\lambda$ 。在 λ 到 $(\lambda + d\lambda)$ 间隔内的辐射通量是 $d\Phi_e(\lambda)$ ，那么该波长 λ 处的光谱辐射通量为

$$\Phi_\lambda = \frac{d\Phi_e}{d\lambda} \quad (1-4)$$

(2) 光谱辐射出射度 M_λ 。

光源发出的光在单位波长间隔内的辐射出射度称为光谱辐射出射度 M_λ ：

$$M_\lambda = \frac{dM_e}{d\lambda} \quad (1-5)$$

光谱辐射出射度 M_λ 的单位为 $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{m})$ 。

(3) 光谱光视效能 $K(\lambda)$ 。

光谱光视效能是用来度量由辐射能所引起的视觉能力。光谱光视效能 $K(\lambda)$ 的量纲为流明每瓦 (lm/W)。

(4) 光谱光视效率 $V(\lambda)$ 。

人眼在可见光谱范围内的视觉灵敏度是不均匀的,它随波长而变化。人眼对波长为 555nm 的黄绿光的感受效率最高,而对其他波长光的感受效率却较低,故称 555nm 为峰值波长,以 λ_m 表示,并将其光谱光视效能 $K(\lambda_m)$ (该值等于 $683\text{lm}/\text{W}$) 定义为峰值光视效能 K_m 。

为便于分析,将其他波长 λ 的光谱光视效能 $K(\lambda)$ 与 K_m 之比定义为光谱光视效率(又称视见函数或人眼的视觉灵敏度),即

$$V(\lambda) = \frac{K(\lambda)}{K_m} \quad (1-6)$$

也就是说,当波长在峰值波长 λ_m 时, $V(\lambda_m) = 1$; 在其他波长 λ 时, $V(\lambda) < 1$ 。

1.2 常用的光度量

除了特殊用处的光源外,大量的光源均作为照明使用,而照明的效果最终是以人眼来评定的,仅用没有考虑人眼作用的能量参数来表达是不够的,因此,照明光源的光学特性还应考虑用基于人眼视觉的光度量参数来描述。常用来描述光度量的参数包括光通量、发光强度、照度、光的出射强度以及亮度等。这些参数从不同的侧面表达了物体的光学特征。光通量是针对光源而言,是表征发光体辐射光能的多少,不同的发光体具有不同的能量;发光效率也是针对光源而言,表示光源发光的质量和效率,根据这个参数可以判别光源是否节能;发光强度也是针对光源而言,表明光通量在空间的分布状况,工程上用配光曲线图加以描述;照度是针对被照物而言,表示被照面接受光通量的面密度,用来鉴定被照面的照明情况;亮度则表示发光体在视线方向上单位面积的发光强度,它表明物体的明亮程度。

1.2.1 光通量

光源以辐射形式发射、传播出去并能使标准光度观察者产生光感的能量称为光通量,即能使人眼有光明感觉的光源辐射的部分能量与时间的比值,用符号 Φ 表示,单位是流明 (lm)。流明是国际单位制单位, 1lm 等于一个具有均匀分布 1cd (坎德拉) 发光强度的点光源在一球面度(单位为 sr) 立体角内发射的光通量。其公式为

$$\Phi = K_m \int_0^{\infty} \frac{d\Phi_e(\lambda)}{d\lambda} V(\lambda) d\lambda \quad (1-7)$$

式中 $d\Phi_e(\lambda)/d\lambda$ ——辐射通量的光谱分布。

$V(\lambda)$ ——光谱光(视)效率。

K_m ——辐射的光谱(视)效能的最大值,单位为流明每瓦特 (lm/W)。在单色辐射时,明视觉条件下的 K_m 值为 $683\text{lm}/\text{W}$ ($\lambda = 555\text{nm}$ 时)。

光通量是光源的一个基本参数,是说明光源发光能力的基本量。通常该参数在产品出厂的技术参数表中给定。例如 $220\text{V}/40\text{W}$ 普通白炽灯的光通量为 350lm ,而 $220\text{V}/40\text{W}$ 荧光

灯的光通量大于 2000lm，是白炽灯的几倍，简单说光源光通量越大，人们对周围环境的感觉越亮。

1.2.2 发光强度

一个光源在给定方向立体角元内发射的光通量 $d\Phi$ 与该立体角元 $d\Omega$ 之比，称为光源在这一方向上的发光强度，以 I 表示，单位为坎德拉，符号为 cd。坎德拉是国际单位制单位，定义为一光源在给定方向上的发光强度。该光源发光频率为 540×10^{12} Hz 的单色辐射，且在此方向上的辐射强度为 1/683W 每球面度。发光强度计算公式为

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega} \quad (1-8)$$

式中 I ——发光强度，单位是坎德拉，符号为 cd (1cd=1lm/1sr)。

$d\Omega$ ——球面上某一面积元对球心形成的立体角元，单位是球面度，符号为 sr。对于整个球体而言，它的球面度 $\Omega=4\pi\text{sr}$ 。

光源的光通量是固定的，但是不同的灯具光强有可能不同。一只 220V/40W 的白炽灯发射的光通量为 350lm，则它的平均光强为 $350\text{lm}/4\pi\text{sr}=28\text{cd}$ 。若在该裸灯泡上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，只是光通量在空间的分布更为集中，相应的光强也就提高了。

工程上，光源或光源加灯具的发光强度常见于各种配光曲线图，表示了空间各个方向上光强的分布情况。

1.2.3 照度

表面上一点的照度等于入射到该表面包含这点的面元上的光通量与面元面积之比，照度以 E 表示，单位为勒克斯，1lm 光通量均匀分布在 1m^2 面积上所产生的照度为 1lx，即 $1\text{lx}=1\text{lm}/\text{m}^2$ 。计算公式为

$$E = \frac{d\Phi}{dA} \quad (1-9)$$

式中 E ——照度，lx；

Φ ——光通量，lm；

A ——面积， m^2 。

照度是工程设计中的常见量，说明了被照面或工作面上被照射的程度，即单位面积上的光通量的大小。下面通过几个例子对照度有个感性认识，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；阴天室内照度为 5~50lx；晴天室外太阳散射光（非直射）下的地面照度约为 1000lx；中午太阳光照射下的地面照度可达 100 000lx。在照明工程的设计中，常常要根据技术参数中的光通量以及国家标准给定的各种照度标准值进行各种灯具样式、位置、数量的选择。

1.2.4 光出射度

具有一定面积的发光体，其表面上不同点的发光强弱可能不一致，为表示这个辐射光通量的密度，可在表面上任取一个微小的单元面积 dA ，如果它发出的光通量为 $d\Phi$ ，则该单位面积的光出射度 M 为

$$M = \frac{d\Phi}{dA} \quad (1-10)$$

光出射度就是单位面积发出的光通量，单位为辐射勒克斯 (rlx)，1rlx 等于 1lm/m²。

光出射度 M 与照度 E 具有相同的量纲；光出射度表示发光体发出的光通量表面密度，而照度则表示被照物体所接受的光通量表面密度。

对于因反射或透射而发光的二次发光表面，光出射度分别为

$$\text{反射发光} \quad M = \rho E \quad (1-11)$$

$$\text{透射发光} \quad M = \tau E \quad (1-12)$$

式中 ρ ——表面反射比；

τ ——表面透射比；

E ——二次发光面上被照射的照度。

1.2.5 亮度

表面上一点在给定方向上的亮度，是包含这点的面元在该方向的发光强度 dI 与面元在垂直于给定方向上的正投影面积 $dA \cos\theta$ 之比。亮度以 L 表示，公式为

$$L = \frac{dI}{dA \cos\theta} \quad (1-13)$$

式中 L ——亮度；

I ——发光强度；

A ——发光面积；

θ ——表面法线与给定方向之间的夹角。

对于均匀漫反射表面，其表面亮度与表面照度有以下关系

$$L = \frac{\rho E}{\pi} \quad (1-14)$$

对于均匀漫透射表面，其表面亮度与表面照度则有

$$L = \frac{\tau E}{\pi} \quad (1-15)$$

式中 L ——表面亮度；

ρ ——表面反射比；

τ ——表面透射比；

E ——表面照度。

一个物体的明亮程度不能用照度来描述，因为被照物体表面的照度不能直接表达人眼的视觉感觉。只有眼睛的视网膜上形成的照度才能感觉出物体的亮度，公式 (1-13) 说明发光面积上直接射入人眼的光强部分才能反应物体的明亮程度，公式 (1-14) 和公式 (1-15) 则反映被照物体经过对光的折射、反射、透射等作用后，进入人眼部分的照度，令人感觉出物体的明亮程度。目前有些国家将亮度作为照明设计的内容之一。

1.2.6 发光效率

光源的发光效率通常简称为光效，或光谱光效能，即前面讨论光谱光（视）效率和光通量两个参数中出现的光谱光效能 $K(\lambda)$ 和最大光谱光效能 K_m ，若针对照明灯而言，它是指光源发出的总光通量与灯具消耗电功率的比值，也就是单位功率的光通量。例如，一般白炽灯的发光效率约为 7.1~17lm/W，荧光灯的发光效率约为 25~67lm/W，荧光灯的发光效率比白炽灯高，发光效率越高，说明在同样的亮度下使用功率小的光源即可节约电能。

1.3 材料的光学性质

光线未遇到物体时,总是以直线方向进行传播;当遇到某种物体时,光线可能被反射,或者被吸收、被透射。光投射到非透明的物体时,光通量的大部分被反射,小部分被吸收;光投射到透明物体时,光通量除被反射与吸收一部分外,大部分则被透射。因此,材料不同,所反映出来的光学性质也不同。

1.3.1 反射比、透射比和吸收比

材料对光的反射、吸收和透射性质可用相应的系数表示,即材料的反射比、透射比和吸收比参数。

$$\text{反射比} \quad \rho = \frac{\Phi_{\rho}}{\Phi_i} \quad (1-16)$$

$$\text{透射比} \quad \tau = \frac{\Phi_{\tau}}{\Phi_i} \quad (1-17)$$

$$\text{吸收比} \quad \alpha = \frac{\Phi_{\alpha}}{\Phi_i} \quad (1-18)$$

式中 Φ_i ——投射到物体材料表面的光通量;

Φ_{ρ} —— Φ_i 之中被物体材料反射的光通量;

Φ_{τ} —— Φ_i 之中被物体材料透射的光通量;

Φ_{α} —— Φ_i 之中被物体材料吸收的光通量。

根据能量守恒定律,则有

$$\rho + \tau + \alpha = 1 \quad (1-19)$$

1.3.2 光的反射

当光线遇到非透明物体表面时,大部分光被反射,小部分光被吸收。光线在镜面和扩散面上的反射状态有规则反射、散反射、漫反射、混合反射四种。

1. 规则反射

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,称为反射定律,如图 1-1 所示。在反射角以外,人眼是看不到反射光的,这种反射称为规则反射 (regular reflection),亦称镜面反射 (specular reflection)。它常用来控制光束的方向,灯具的反射罩就是利用这一原理制作的,但一般由比较复杂的曲面构成。

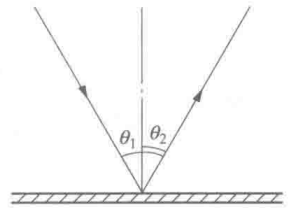


图 1-1 规则反射

2. 散反射

当光线从某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,如图 1-2,其光束的轴线方向仍遵守反射定律。这种光的反射称为散反射 (spread reflection)。

3. 漫反射

光线从某方向入射到粗糙表面或涂有无光泽镀层的表层时,光线被分散在许多方向,在宏观上不存在规则反射,这种光的反射称为漫反射 (diffuse reflection)。当反射遵守朗伯余

弦定律，即向任意方向的光强 I_0 与该反射面的法线方向的光强 I_0 所成的角度 μ 的余弦成比例，而与光的入射方向无关，从反射面的各个方向看去，其亮度均相同，这种光的反射称为各向同性漫反射，如图 1-3 所示。

4. 混合反射

光线从某一方向入射到瓷釉或带有高度光泽的漆层上时，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（Mixed reflection），如图 1-4 所示。混合反射又分为漫反射与规则反射的混合；散反射与漫反射的混合以及散反射与规则反射的混合。第三种混合反射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。

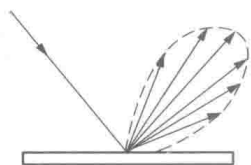


图 1-2 散反射

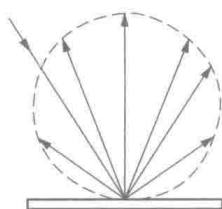


图 1-3 各向同性漫反射

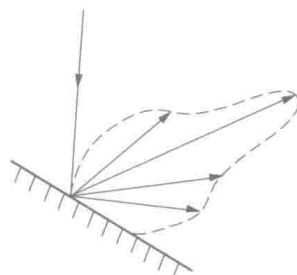


图 1-4 混合反射

灯具采用反射材料制作的目的是把光源的光反射到需要照明的方向，这样反射面就成为二次发光面，为提高效率，一般宜采用反射比较高的材料。表 1-2 为各种材料的反射比与吸收比。

表 1-2

各种材料的反射比与吸收比

	材料	反射比	吸收比
规则反射	银	0.92	0.08
	铬	0.65	0.35
	铝（普通）	0.60~0.73	0.27~0.40
	铝（电解抛光）	0.75~0.84（光泽）0.62~0.70（无光）	
	镍	0.55	0.45
	玻璃镜	0.82~0.88	0.12~0.18
漫反射	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
	喷漆铝	0.35~0.40	0.65~0.60