

实用照明设计

山东照明学会 组 编

谢秀颖 孙晓红 王克河 等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

实用照明设计

山东照明学会 组编

谢秀颖 孙晓红 王克河 裘皓杰 宫淑兰 编著



机械工业出版社

随着我国经济的飞速发展和城市化进程的不断加快,人们对光环境的要求越来越高,城市照明越来越引起从业人员和社会各界的高度重视和普遍关注,相应的照明设计已成为当今城市规划和建筑设计的重要组成部分。本书以“照明设计师国家职业标准”和“照明设计师职业培训大纲”所要求的知识和技能为主要内容,面向从事城市照明的规划、设计、施工、管理、科研、教学,以及建筑、园林、环境艺术与市政工程等方面的工程技术和管理人员,既可以作为必备的工具用书,也可以作为照明设计师职业培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

实用照明设计/谢秀颖等编著;山东照明学会组编. —北京:机械工业出版社, 2010. 10

ISBN 978-7-111-31762-3

I. ①实… II. ①谢…②山… III. ①建筑-照明设计 IV. ①TU113.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第173380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:范秋涛 责任编辑:范秋涛 版式设计:霍永明

责任校对:张晓蓉 姜婷 封面设计:武斌 责任印制:乔宇

三河市宏达印刷有限公司印刷

2011年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·27印张·666千字

标准书号:ISBN 978-7-111-31762-3

定价:77.80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

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者服务部:(010) 68993821 封面无防伪标均为盗版

编委会名单

编委会主任：吴恩远 曾广军

副主任：任锡智 李中诚 韩彦明 张桂青

编委会成员：

杨元亮 崔传庆 宫方礼 刘玉泉
赵海波

组编单位：山东照明学会

副组编单位：山东省智能建筑技术重点实验室
山东清华康利城市照明设计研究院
烟台太明灯饰有限公司
淄博中诚电子技术开发公司
济宁工大电力铁塔制造有限公司
邹城市辰升灯饰制造有限公司

前 言

随着我国经济的飞速发展和城市化进程的不断加快,人们对光环境的要求越来越高,城市照明越来越引起从业人员和社会各界的高度重视和普遍关注,相应的照明设计已成为当今城市规划和建筑设计的重要组成部分。

鉴于近年来涌现的现代照明设计与技术所涉及的学科和理念很广,行业特色突出,相应的产品更新换代也异常频繁,因此,从业人员的设计和管理能力的普及与提高显得更加迫切。为了提高从业人员的技能水平,引导城市照明朝着“高效、节能、环保、健康”的方向发展,经山东照明学会精心策划,照明学会各理事单位积极参与,组织电气、景观、艺术照明、建筑光学等专业各有所长的教师和长期从事照明工程具有丰富实践经验的设计师完成了《实用照明设计》一书的编写。

考虑到目前社会需求大量实用型照明设计人才,但开设照明设计专业的大专院校却很少,致使从业人员的来源复杂,多数为相关专业转型,他们入行培训学习时,往往需要翻阅大量的书籍才能包含所有必备的基础知识和专业技能,而现有的各类书籍中往往内容单一,彼此之间又有较多的重复内容,造成了大量的资源浪费。为了使从业人员得到系统的学习和提高,本书以“照明设计师国家职业标准”和“照明设计师职业培训大纲”所要求的知识和技能为主要内容,面向从事城市照明的规划、设计、施工、管理、科研、教学,以及建筑、园林、环境艺术与市政工程等方面的工程技术和管理人员,既可以作为必备的工具用书,也可以作为照明设计师职业培训教材。

本书在编写过程中力求做到:

1. 涵盖知识点的全面性。收录照明设计师应该了解的所有基础知识点,集电气、建筑、景观、艺术于一体,从技术和艺术两方面综合全面论述,详细讲解由技术设计、创意设计到施工验收的整个过程,可以让照明工程设计从业人员系统全面了解该行业的必备知识。

2. 包涵具体工程实践经验,体现实用性。收录大量实际工程案例,实用性强。强调工程实践经验,培养从业人员实际工作能力和解决问题的能力,并利于读者较有效理解、学习和借鉴书中的相关内容。

3. 内容反映了现行标准、规范的有关规定,体现时效性。内容反映了现行标准、规范,如《建筑照明设计标准》(GB 50034—2004)、《城市道路设计标准》(CJJ 45—2006)、《城市夜景照明设计规范》(JGJ/T 163—2008)等的有关规定,并展现新技术、新成果、新能源和新的设计理念。

4. 图文并茂,艺术感强。通过大量精美的照明工程图片和未公开发表过的原创作品,图示知识,用实际工程案例来形象阐述理论,直观、通俗易懂,编排上艺术美感强。

本书由山东建筑大学谢秀颖、孙晓红、王克河、官淑兰以及山东广播电视大学袁皓杰等编著。其中谢秀颖、袁皓杰、官淑兰编写了第1、2、3、4、5章，王克河、谢竹君、焦莹莹、张岩编写了第6、7、8、9章，孙晓红、罗玉霞、崔琰、陈永敢编写了第10、11、12章。全书由谢秀颖、孙晓红通稿。

在本书的编写过程中，得到了山东照明学会资深专家吴恩远、曾广军、任锡智、李中诚、韩彦明、张桂青、官方礼、杨元亮、崔传庆的指导和帮助，得到了山东省智能建筑技术重点实验室、山东清华康利城市照明设计研究院、烟台太明灯饰有限公司、淄博中诚电子技术开发公司、济宁工大电力铁塔制造有限公司、邹城市辰升灯饰制造有限公司等会员单位的大力支持和协助，谨此致以诚挚的感谢！

因编者水平有限，书中难免有谬误、错漏之处，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第1章 照明设计基础 1

1.1 光学基础 1

1.1.1 光的基本特性 1

1.1.2 常用的光度量 4

1.1.3 材料的光学性质 6

1.2 视觉基础 12

1.2.1 视觉特性 12

1.2.2 眩光 13

1.2.3 视觉功效 13

1.3 光色的应用基础 15

1.3.1 颜色视觉 15

1.3.2 光源的颜色特性 17

1.3.3 彩色光的应用效果 18

1.4 建筑与采光基础 19

1.4.1 建筑结构与采光 20

1.4.2 计算点的确定 22

1.4.3 太阳光的利用 24

1.5 设计速写基础 25

1.5.1 设计速写的表现形式 26

1.5.2 设计速写的学习方法 30

1.5.3 透视法 30

1.6 摄影基础 35

1.6.1 数码照相器材的使用 35

1.6.2 数码相机的拍摄技巧 37

第2章 照明电光源 41

2.1 照明电光源的分类及性能

指标 41

2.1.1 电光源的分类 41

2.1.2 照明电光源的主要性能指标 42

2.1.3 光源型号命名 43

2.2 常用照明电光源 45

2.2.1 白炽灯 45

2.2.2 卤钨灯 47

2.2.3 荧光灯 49

2.2.4 高强度气体放电灯 (HID) 56

2.2.5 低压钠灯 63

2.2.6 场致发光灯和半导体灯 64

2.3 光源新技术 66

2.3.1 光纤照明 66

2.3.2 无极荧光灯 67

2.3.3 微波硫灯 69

2.3.4 光导照明 69

2.3.5 太阳能光伏照明 70

2.4 常用电光源的电器附件 73

2.4.1 灯用变压器 73

2.4.2 气体放电灯镇流器 73

2.4.3 气体放电灯起动器 76

2.4.4 气体放电灯电路中的电容器 77

第3章 照明灯具 79

3.1 灯具的光学特性 79

3.1.1 光强的空间分布特性 (配光特性) 79

3.1.2 亮度分布和保护角 84

3.1.3 灯具的效率 86

3.2 灯具的分类 86

3.2.1 按灯具出射光线的分布分类 86

3.2.2 按灯具的结构和功能分类 88

3.2.3 其他分类方法 90

3.3 灯具附件 91

3.3.1 折射器 91

3.3.2 反射器 91

3.3.3 遮光格栅 91

3.3.4 保护玻璃 92

3.3.5 灯具保护网 92

第4章 照明计算	93	6.3 照明负荷计算	194
4.1 建筑(室内)照明计算	93	6.3.1 照明负荷计算方法	194
4.1.1 平均照度计算	93	6.3.2 照明负荷计算内容	194
4.1.2 点照度计算	105	6.3.3 负荷计算实例	197
4.2 道路照明计算	118	6.4 导线和电缆的选择	199
4.2.1 计算公式	118	6.4.1 常用线缆类型	199
4.2.2 利用系数 U 的确定	119	6.4.2 线缆选择	201
4.2.3 维护系数 K 的确定	119	6.5 照明配电设备与配电线路	
4.2.4 计算举例	120	保护	211
4.3 建筑物立面照明计算	122	6.5.1 常用照明配电设备	211
4.3.1 光束照射的高度和宽度的		6.5.2 照明配电线路的保护要求	214
计算	122	6.5.3 配电设备的选择	220
4.3.2 投光灯台数的计算	122	6.6 照明控制方案选择	224
4.3.3 计算举例	123	6.6.1 常用照明控制设备	224
第5章 功能照明质量评价及设计		6.6.2 照明控制的原则	227
要求	125	6.6.3 应急照明控制	229
5.1 建筑照明质量评价及设计		6.7 照明系统的安全防护	230
要求	125	6.7.1 触电事故	230
5.1.1 照明质量评价指标	125	6.7.2 触电防护	231
5.1.2 建筑功能照明设计要求	142	6.7.3 其他安全措施	232
5.2 城市道路照明质量评价及		第7章 电气照明施工图	235
设计要求	157	7.1 电气照明施工图常识	235
5.2.1 照明质量评价及标准	158	7.1.1 施工图的格式	235
5.2.2 道路照明设计要求	162	7.1.2 图面的一般规定	236
5.3 城市夜景照明质量评价及		7.1.3 电气照明施工图图例、符号	
节能设计	170	及标注	237
5.3.1 照明质量评价及标准	171	7.2 建筑及其他相关专业施工图	
5.3.2 照明节能和光污染的限制	174	知识	242
第6章 照明配电、控制及安全		7.2.1 建筑施工图	242
防护	179	7.2.2 其他相关专业施工图知识	249
6.1 照明供电源及电压	179	7.3 电气照明施工图设计	253
6.1.1 照明负荷的分级	179	7.3.1 电气照明施工图设计程序	253
6.1.2 照明供电方式	182	7.3.2 电气照明施工图设计内容	256
6.1.3 照明电压	184	7.4 电气照明施工图的阅读和	
6.2 照明配电	186	分析	259
6.2.1 照明低压供电系统结构	186	7.4.1 读图要点	259
6.2.2 照明供电网络	190	7.4.2 读图步骤及方法	260
		7.4.3 常用照明基本线路	261

第8章 照明测量	264	10.1.3 构成	293
8.1 常用测量仪器	264	10.1.4 最基本的形象构成	294
8.1.1 照度计	264	10.1.5 形式美法则	299
8.1.2 亮度计	266	10.1.6 构成形式	302
8.2 照明测量内容	267	10.2 色彩构成	306
8.2.1 照明空间照度测量方法	267	10.2.1 色彩的属性	307
8.2.2 照明的照度测量	268	10.2.2 影响色彩的其他因素	310
8.3 照明测量的条件、方法及 记录	274	10.2.3 色彩的表示	311
8.3.1 测量条件	274	10.2.4 色彩的知觉	314
8.3.2 测量方法	274	10.2.5 色彩的表现功能	316
8.3.3 记录内容	274	10.2.6 色彩的调和	319
第9章 照明设计工程实践	276	10.2.7 色彩的对比	325
9.1 前期调研踏勘和资料分析	276	10.3 造型设计	331
9.1.1 调研踏勘的内容	277	10.3.1 立体构成的概念	331
9.1.2 调研踏勘的方法	277	10.3.2 立体的构成特点	332
9.1.3 资料整理和分析	277	10.3.3 立体的基本构成形式	333
9.2 图纸会审	278	10.3.4 立体构成的美感要素	335
9.2.1 图纸会审的目的	278	10.3.5 立体构成的创作方法	339
9.2.2 图纸会审的内容	278	第11章 城市夜景照明设计	344
9.2.3 会审纪要编制	279	11.1 城市夜景照明规划和设计 原则	344
9.3 工程招标投标	279	11.1.1 城市夜景照明规划	344
9.3.1 招标投标的目的	279	11.1.2 城市夜景照明规划的指导 思想	346
9.3.2 招标投标的程序	279	11.1.3 城市照明规划的基本原则	346
9.3.3 投标书的主要内容	280	11.1.4 城市照明规划的要求	347
9.4 技术交底	280	11.1.5 城市照明规划的作用	348
9.4.1 技术交底的目的	280	11.1.6 城市夜景照明设计原则	349
9.4.2 技术交底的分类	281	11.2 建筑物夜景照明设计	349
9.4.3 技术交底的内容	281	11.2.1 建筑物夜景照明设计要求	349
9.5 工程施工	282	11.2.2 泛光照明	350
9.5.1 保护管及桥架施工	282	11.2.3 内透光照明	352
9.5.2 电线电缆敷设	283	11.2.4 轮廓照明	353
9.6 竣工验收	285	11.2.5 重点照明	354
第10章 艺术设计基础	288	11.2.6 特种照明	354
10.1 图案构成	288	11.2.7 照明功率密度值 (LPD)	355
10.1.1 图案	288	11.2.8 建筑立面亮度标准	355
10.1.2 图案在照明上应用实例	291	11.3 建筑物夜景照明设计案例	

赏析	356	11.4.4 城墙照明设计要求	380
11.3.1 国家体育场鸟巢夜景照明	356	11.4.5 商业步行街照明设计要求	382
11.3.2 水立方夜景照明	358	11.4.6 广场照明设计要求	384
11.3.3 悉尼歌剧院夜景照明	360	11.4.7 公园照明设计要求	386
11.3.4 英国伦敦眼夜景照明	362	11.4.8 广告与标识照明设计要求	395
11.3.5 古今金字塔照明方式对比	364	11.5 照明创意概念设计	396
11.3.6 中国当代建筑夜景照明	365		
11.3.7 中国古建筑夜景照明	366	第 12 章 照明设计方案表现	404
11.3.8 照明工程案例	367	12.1 文字材料表述	404
11.4 景观元素夜景照明设计	369	12.2 夜景照明效果图表现	406
11.4.1 桥梁照明设计要求	369	12.3 照明效果图欣赏	410
11.4.2 雕塑照明设计要求	377		
11.4.3 塔照明设计要求	380	参考文献	420

第 1 章 照明设计基础

1.1 光学基础

不论是天然光环境，还是人工光环境，都是以“光”为基础的。因此，进行照明设计，首先应掌握与之有关的光学知识。

1.1.1 光的基本特性

光是能量的一种存在形式，它通过电磁辐射方式从一个物体传播到另一个物体。因而，光的本质是一种电磁波（电磁辐射）。

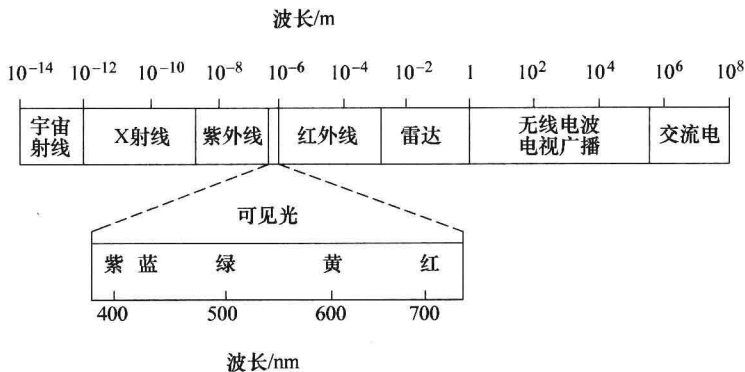


图 1-1 电磁波谱及可见光谱

电磁辐射的波长范围是极其广泛的，波长不同的电磁波，其特性有很大的差别，一般而论，这些波段不同的电磁波是由不同的辐射源产生的，它们对物质的作用不同，因而有不同的应用和测量方法。但是，相邻波段之间实际上是没有明显界线的，因为波长的较小差别不会引起特性的突变。若将各种电磁波按波长依次排列可以得到电磁波谱，如图 1-1 所示。

1. 可见光

在电磁波谱中，波长为 380 ~ 780nm ($1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$) 的电磁波，作用于人的视觉器官能够产生视觉，这部分电磁波叫可见光（或称为可见辐射）。在可见光谱中，某一确定波长的光有着特定的颜色（称这种光为单色光），当可见光的波长从 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。

由于实际光源所产生的光往往是至少要占据很窄的一段波长的复合光，所以严格意义上的单色光几乎是不存在的，加之人的视觉器官感觉能力的局限性，肉眼很难区分相邻波长的光其颜色的变化，即人眼是分辨不出单色光的。在实际应用中，往往是借助于自然界的一些常用的颜色来表述光的色彩，如紫、蓝、绿、黄、橙、红等，每一种颜色是由连续不断的光谱混合而形成，即每一种颜色都占据着一个波长范围（见表 1-1），任何两种相邻颜色光之间不会有颜色的突然变化。

表 1-1 各种颜色光的波长范围

颜色	紫色	蓝色	绿色	黄色	橙色	红色
波长/nm	380 ~ 450	450 ~ 490	490 ~ 560	560 ~ 600	600 ~ 640	640 ~ 780

2. 紫外辐射和红外辐射

波长超出可见光的紫色和红色两端的电磁辐射，分别称为紫外辐射和红外辐射。紫外辐射的波长在 100 ~ 380nm 之间，红外辐射的波长在 780nm ~ 1mm 之间。红外辐射和紫外辐射不能引起视觉，但可以用光学仪器或通过摄影来察觉发现这种光线的物体，如都能用平面镜、透镜或棱镜等光学元件进行反射、成像或色散。所以在光学上，把紫外辐射、可见光和红外辐射统称为光。

在照明应用中，除了专门利用紫外辐射和红外辐射的特性制成紫外灯和红外灯进行特殊照明以外，在普通照明中，都是利用可见光部分，而在绝大部分场所内，紫外辐射和红外辐射都是要尽量避免的负面因素。

3. 光的辐射特性

(1) 辐射通量 可见光作为电磁辐射的一部分，可以用辐射通量度量。光源在单位时间内辐射出去的总能量称为光源的辐射通量。辐射通量也称为辐射功率，用符号 Φ_e 表示，单位为 W。

(2) 光谱辐射通量 为了研究各种波长的光分别所辐射的能量，可以用光谱辐射通量度量。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，用符号 Φ_λ 表示，其基本单位为 W/m。

由于光源发出的各种波长的光谱辐射通量一般是不同的，因此，取微小的波长间隔 $d\lambda$ ，若在 $\lambda \sim (\lambda + d\lambda)$ 间隔内的辐射通量是 $d\Phi_e(\lambda)$ ，那么该波长处的光谱辐射通量为

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

(3) 光谱能量分布 由式 (1-1) 可以看出，光谱辐射通量是波长的函数。在照明应用中，将光源的辐射能量随波长而变化的规律称为辐射通量的光谱分布，通常称为光谱能量（功率）分布，可以用曲线来表示。通常情况下，依据光源发出的复合光中各种波长的辐射通量的分布情况，将其分为具有线光谱的复合光（只包含有限几种波长）和具有连续光谱的复合光（包含无限多种波长），因而，光源的光谱能量分布曲线也有线光谱和连续光谱之分。图 1-2 所示的是具有连续光谱成分的光谱能量分布，即光源在宽广的波长范围内具有不间断能量分布。图 1-3 则表示具有线光谱成分的光谱能量分布，即光源的能量分布只出现在有限的几个波长上。图 1-3a 表示的是理想线光谱成分的光谱能量分布，即每一个线光谱成分具有良好的单色性。但实际光源的线光谱成分往往是不理想的，即在其波长附近一定波长范围内均有一定的辐射，如图 1-3b 所示。在实际测量时，一般不可能，也没有必要对每一波长的辐射都测量其辐射通量，而是分成若干个波长段，测量其每一波长段的辐射通量。在照明工程中，一般取 5nm 或 10nm 作为一个波长段。经过处理的具有线光谱成分的光谱能量分布如图 1-3c 所示。

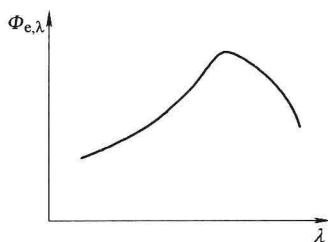


图 1-2 具有连续光谱成分的光谱能量分布

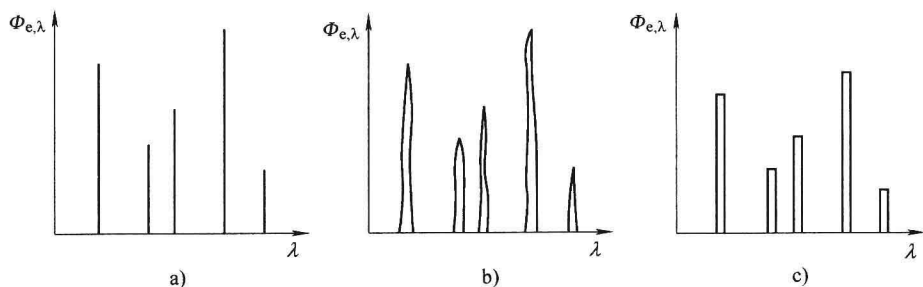


图 1-3 具有线光谱成分的光谱能量分布

- a) 理想线光谱成分的光谱能量分布 b) 实际线光谱成分的光谱能量分布
c) 经过处理的具有线光谱成分的光谱能量分布

(4) 光谱光(视)效率 人的视觉器官受到光的刺激就会产生视觉。经验和实验都证明,不同波长的可见光在人眼中引起的光感是不均匀的,即不同波长的可见光尽管辐射的能量一样,但看起来明暗程度有所不同,这说明人眼对不同波长的可见光有不同的主观感觉量。在照明技术中,用光谱光(视)效能来度量由辐射能所引起视觉能力的量,符号为 $K(\lambda)$,量纲为流明每瓦 (lm/W);用光谱光(视)效率来评价人眼对不同波长光的灵敏度,符号为 $V(\lambda)$ 。

人眼对不同波长的可见光有不同的光感受,这种光感受主要表现在明暗、颜色方面。

通常把这种对光的明暗、颜色的感受分为两种情况,一种是在明视觉条件下(白天或亮度约为 10cd/m^2 以上的地方),另一种是在暗视觉条件下(黄昏或亮度小于 10^{-2}cd/m^2 以下的地方)。国际照明委员会(Commission Internationale de L'Eclairage, 简称 CIE)给出了 CIE 光度标准观察者光谱光(视)效率曲线,如图 1-4 所示。图中实线为明视觉光谱

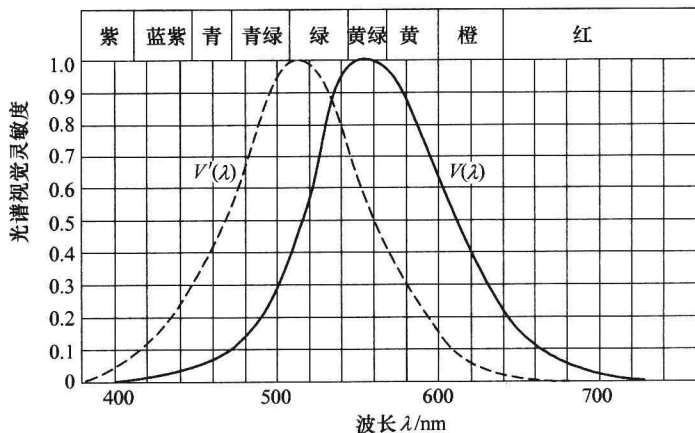


图 1-4 CIE 光度标准观察者光谱光(视)效率曲线

光(视)效率曲线,虚线为暗视觉光谱光(视)效率曲线。在明视觉条件下,人眼对于波长为 555nm 的黄绿色光最敏感,也就是这种波长的辐射能引起人眼最大的视觉,而越偏离 555nm 的辐射,可见度越小,故称 555nm 为峰值波长,以 λ_m 表示,并将其光谱光(视)效能 $K(\lambda)$ 定义为峰值(最大)光谱光(视)效能 K_m 。而在暗视觉条件下,人眼对于波长为 507nm (或 510nm) 的绿色光最敏感。

为了便于分析,光谱光(视)效率也可以用式(1-2)描述:光谱光(视)效率 $V(\lambda)$ 等于其他波长 λ 的光谱光(视)效能 $K(\lambda)$ 与最大光谱光(视)效能 K_m 之比,即

$$V(\lambda) = \frac{K(\lambda)}{K_m} \quad (1-2)$$

式中 $K(\lambda)$ ——任意波长 λ 的光谱光(视)效能 (lm/W);

K_m ——最大光谱光（视）效能（lm/W）。在单色辐射时，明视觉条件下的值为 683lm/W（ $\lambda_m = 555\text{nm}$ 时）。

式（1-2）表明，当波长在 λ_m 时， $V(\lambda_m) = 1$ ；在其他波长 λ 时， $V(\lambda) < 1$ 。

另外，需要说明的是：明视觉光谱光（视）效率曲线的最大值与太阳散射光能量分布（按波长）曲线的最大值相近，这是人类眼睛在长期进化过程中最好地适应与感受太阳散射光刺激的结果。曲线在靠近红外线和紫外线两端逐渐趋向于零。照明技术几乎均与较高的亮度有关，所以应特别重视明视觉条件，在未明确说明的情况下，均指明视觉条件。

1.1.2 常用的光度量

光是能量的一种存在形式，光对物质的作用是光能量的转化相关的。因而，在光的应用技术中，一般是以能量这个纯物理量来对光进行定量的测量和研究。而在照明技术中，由于光作用于人的眼睛所产生的视觉强度，不仅与光能量的大小有关，还与光的波长有关，且照明效果最终是以人眼来评定的，所以仅用能量参数来描述光的特性往往是不能满足要求的，还必须引入基于人眼视觉的光量参数——光度量来衡量。常用的光度量有光通量、发光强度、亮度和照度。

1. 光通量

光通量是在 380 ~ 780nm 之间的可见光范围内，与辐射通量相联系的人眼视觉的光谱辐射能力，是根据辐射对 CIE 标准观察者的作用导出的光度量，其定义为光源单位时间内发出的光量，用符号 Φ 表示。对于明视觉有

$$\Phi = K_m \int_0^{\infty} \frac{d\Phi_e(\lambda)}{d\lambda} V(\lambda) d\lambda \quad (1-3)$$

式中 Φ ——光通量（lm）；

K_m ——最大光谱光（视）效能，为一常数 683lm/W（ $\lambda_m = 555\text{nm}$ ）；

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

$V(\lambda)$ ——明视觉的光谱光（视）效率。

光通量的单位是流明（lm），在国际单位制中，光度学的基本单位是发光强度单位坎德拉（cd），流明是一个导出单位，即具有均匀光强度 1cd 的点光源在单位立体角 1sr（球面度）内发出的光通量为 1lm， $1\text{lm} = 1\text{cd} \times 1\text{sr}$ 。

光源的光通量是衡量光源发光能力的重要指标。例如：一只 220V、40W 的普通白炽灯发出的光通量约为 330lm，而一只 220V、36W、6200K 的 T8 荧光灯发出的光通量约为 3200lm，为普通白炽灯的 9.7 倍。

2. 发光强度（光强）

发光强度简称光强，它表示光源向空间某一方向辐射的光通量的空间密度。光源（发光体）在给定方向上的发光强度是该发光体在该方向的立体角元 $d\omega$ 内传输的光通量 $d\Phi$ 除以该立体角元所得之商，即光源在单位立体角内所发出的光通量，用符号 I 表示，其公式为

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega} \quad (1-4)$$

式中 I ——发光强度（cd）；

$d\omega$ ——球面上某一面积元对球心形成的立体角元，球面度（sr）。整个球面对应的立

体角 $\omega = 4\pi \text{sr}$ 。

发光强度的单位是坎德拉 (cd)，1cd 表示在 1 单位立体角 (sr) 内发出 1lm 的光通量，即 $1\text{cd} = 1\text{lm}/1\text{sr}$ 。

发光强度是用来描述光源发出的光通量在空间给定方向上的分布情况的。当光源发出的光通量一定时，光强的大小只与光源的光通量在空间的分布密度有关。例如：桌上有一盏 220V、40W 白炽灯，其发出的光通量为 350lm，该裸灯的平均光强为 $350/4\pi = 28\text{cd}$ 。若在该灯上面装上一盏不透光的平盘型灯罩之后，桌面看上去要比没有灯罩时亮许多。在此情形下，灯泡发出的光通量并没有变化，但加了灯罩之后，光通量经灯罩反射后更为集中地分布在灯的下方，向下的光通量增加了，相应的光强提高了，亮度也就增加了。工程上，常用各种配光曲线表示光源或照明器 (灯具) 在空间各个方向上发光强度的分布情况。

3. 亮度

亮度是描述发光面或反光 (透光) 面上光的明亮程度的光度量。它表示在人眼的观察方向上，面积元 dA 上的发光强度 dI 与投影面积 $dA\cos\theta$ 的比值 (如图 1-5 所示)，即发光体在视线方向单位投影面积上的发光强度。亮度用符号 L 表示，则视线方向的亮度为

$$L_{\theta} = \frac{dI_{\theta}}{dA'} = \frac{dI_{\theta}}{dA\cos\theta} \quad (1-5)$$

式中 L_{θ} ——视线方向亮度 (cd/m^2)；

dI_{θ} ——发光体沿视线方向的发光强度 (cd)；

$dA\cos\theta$ ——发光体在视线方向上的投影面积 (m^2)。

若扩散面是一个理想的漫射发光面或漫反射表面 (漫透射表面)，它的光强将遵守郎伯余弦定律，即 $I_{\theta} = I_0\cos\theta$ ，如图 1-6 所示，则

$$L_{\theta} = \frac{I_0\cos\theta}{dA\cos\theta} = \frac{I_0}{dA} = L_0 \quad (1-6)$$

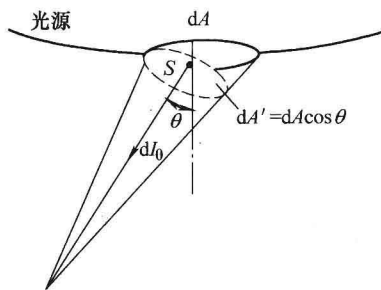


图 1-5 人眼看到光源亮度的示意图

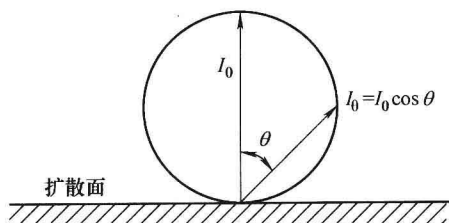


图 1-6 理想漫反射表面的光强分布

上式表明，漫射体的亮度是一个常数 L_0 ，与方向无关。其特点是：从任意方向观看该漫射体的表面时，亮度都是一样的。

亮度的国际单位制单位是坎德拉/平方米 (cd/m^2)。若 1m^2 发光面沿其法线方向发出 1cd 光强时，该发光面在其法线方向上呈现的亮度为 $1\text{cd}/\text{m}^2$ 。

亮度的定义对于一次光源 (发光体) 和被照物体是同等适用的，光源表面的亮度主要与光源本身的结构和灯具设计有关，而被照物体表面的亮度则是由光源产生光的照射及在其表面上所产生的反射等多种因素决定的。表 1-2 列出一些常见辐射源的表面亮度。

表 1-2 一些常见辐射源的表面亮度

辐 射 源	亮度/(cd/m ²)	辐 射 源	亮度/(cd/m ²)
太阳表面	1.47×10^9	晴天天空	$(0.5 \sim 2) \times 10^4$
白炽灯灯丝	$(3 \sim 1.4) \times 10^6$	阳光直射的白色表面	3×10^4
荧光灯灯管表面	$(6 \sim 9) \times 10^3$	月亮表面	250

4. 照度

当光源的光通量投射到物体表面时,即可把物体表面照亮。那么,对于被照物体而言,常用照度来衡量落在它表面上的光通量的多少,即照度是描述被照面被照射程度的光度量,通常称被照物体表面上的单位面积内所接收的光通量的大小为该物体表面的照度,即照度等于被照面上单位面积入射的光通量。照度用符号 E 表示,其表达式为

$$E = \frac{d\Phi}{dA} \quad (1-7)$$

式中 E ——照度 (lx);

Φ ——光通量 (lm);

A ——面积 (m²)。

照度的国际单位制单位是勒克斯 (lx)。1lx 表示在 1m² 面积上均匀分布 1lm 光通量的照度值,即 $1\text{lx} = 1\text{lm}/\text{m}^2$ 。

若不考虑人们视觉条件的不同,在适当的范围内,照度值的大小可以说明看清物体的程度,所以,照度值是照明工程中最常用的术语和重要的物理量之一,在照明设计标准中将照度值作为衡量照明质量的重要技术指标之一,为使用者提供了非常方便而具体的遵循依据。为了对照度有一个大概的概念,下面举几个常见的例子:

- 1) 在 40W 白炽灯下 1m 远处的照度约为 30lx,加搪瓷伞形白色灯罩后可增加为 70lx。
- 2) 满月晴朗的月光下为 0.2lx。
- 3) 晴朗的白天室内为 100 ~ 500lx。

一般情况下,1lx 的照度仅能辨别物体的轮廓;照度为 5 ~ 10lx 时,看一般书籍比较困难;短时阅读的照度不应低于 50lx。

1.1.3 材料的光学性质

在日常生活中,人们所看到的光,大多数是经过物体透射或材料表面反射的光。例如,粉白墙壁反射出明亮的光线;宽大透明玻璃窗透入大量的光线;乳白玻璃罩使室内照明光线柔和均匀。这表明材料对光线都具有透射、反射等作用,而且不同的材料会产生不同的效果,通常用材料的光学性质来描述材料对光环境的影响。在照明设计中,只有了解各种常用材料的光学性质,才能根据它们的特点合理应用,以创造一个良好的光环境。

1. 材料的反射系数、透射系数和吸收系数

光在传播过程中,遇到材料(如玻璃、石膏、墙体等)时,辐射能量中的一部分被材料吸收,一部分以光的形式被材料表面所反射,一部分则穿过材料而透射出去。根据能量守恒定律,投射到材料表面的光通量等于这三部分的光通量之和,即

$$\Phi_i = \Phi_p + \Phi_r + \Phi_a \quad (1-8)$$

式中 Φ_i ——投射到材料表面的光通量 (lm);

Φ_p —— Φ_i 中被材料反射的光通量 (lm);

Φ_τ —— Φ_i 中被材料透射的光通量 (lm);

Φ_α —— Φ_i 中被材料吸收的光通量 (lm)。

不同材料其 Φ_p 、 Φ_τ 、 Φ_α 值不同, 材料对光的反射、透射和吸收性质可用相应的反射系数 (或称反射比) ρ 、透射系数 (或称透射比) τ 和吸收系数 (或称吸收比) α 表示

$$\rho = \frac{\Phi_p}{\Phi_i} \quad (1-9)$$

$$\tau = \frac{\Phi_\tau}{\Phi_i} \quad (1-10)$$

$$\alpha = \frac{\Phi_\alpha}{\Phi_i} \quad (1-11)$$

可以看出, 反射系数、透射系数和吸收系数都是小于 1 的数, 且 $\rho + \tau + \alpha = 1$ 。照明工程中, 人们比较关心的是反射系数和透射系数, 表 1-3 是常用材料的反射系数和透射系数推荐值。

表 1-3 常用材料的反射系数和透射系数推荐值

材料名称	反射系数 ρ	透射系数 τ	备 注
透明的无色玻璃	0.2 ~ 0.8	0.89 ~ 0.91	材料厚度: 1 ~ 3cm
透明的无色玻璃	0.8	0.78 ~ 0.8	材料厚度: 3 ~ 6cm
磨砂玻璃	0.26 ~ 0.34	0.54 ~ 0.61	材料厚度: 6cm 以下
乳白色玻璃	0.16 左右	0.65 左右	材料厚度: 1cm 以下
压花玻璃	0.14 左右	0.58 ~ 0.72	材料厚度: 3cm 以下
有机玻璃	0.13 左右	0.86	材料厚度: 6cm 以下
光学镀膜玻璃	0.8 ~ 0.9		
石膏板 (白色)	0.87 ~ 0.9		表面基本光滑
塑料扣板 (白色)	0.5		
塑料扣板 (灰色、乳黄)	0.3 ~ 0.4		
塑料扣板 (花色)	0.2 ~ 0.3		
抛光铝板	0.6 ~ 0.7		
光学镀膜铝板	0.7 ~ 0.9		
金属板 (不锈钢)	0.5 ~ 0.7		
木材版白板	0.6 ~ 0.7		
木材素板	0.5 ~ 0.65		
木材花板	0.4 ~ 0.55		
乳胶漆料	0.84		
浅色调合漆	0.75 ~ 0.85		
白色粉刷面	0.76		
水泥砂浆粉刷面	0.45		