



普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材
高校建筑电气与智能化学科专业指导委员会
规划推荐教材

建筑供配电与照明

下册

郭福雁 黄民德◎主编
谢秀颖◎主审

 中国建筑工业出版社



普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材
高校建筑电气与智能化学科专业指导委员会
规划推荐教材

建筑供配电与照明

下册

郭福雁 黄民德 主编
谢秀颖 主审

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

建筑供配电与照明 下册/郭福雁, 黄民德主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2014. 2

普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材. 高校建筑电气与智能化学科专业指导委员会规划推荐教材

ISBN 978-7-112-16210-9

I. ①建… II. ①郭…②黄… III. ①房屋建筑设备-供电系统-高等学校-教材②房屋建筑设备-配电系统-高等学校-教材③房屋建筑设备-电气照明-高等学校-教材 IV. ①TU852②TU113. 8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 022334 号

建筑供配电与照明下册共分两篇。上篇系统地介绍了照明设计的内容及设计方法。包括照明的基本知识、照明电光源, 包括传统电光源和 LED 光源、照明灯具及其布置方式、室内照度计算与照明设计、室外照明设计、照明电气设计、智能照明控制与照明节能、应急照明设计、照明测量及照明电气设计软件的使用。

下篇主要讨论电气事故、供配电系统和建筑物的雷击防护等电气安全问题。重点围绕建筑电气环境的安全问题进行了阐述。包括电气安全的基本知识、建筑供配电系统的电气安全防护和建筑物的雷电防护等内容。

本书是建筑电气与智能化专业系列教材之一, 主要供建筑电气与智能化专业和电气工程专业的本科学生使用, 也可作为从事工业与民用建筑电气照明设计工作的工具书, 还可作为照明施工、安装、运行维护等相关专业的参考用书。

课件网络下载方法: 请进入 <http://www.cabp.com.cn> 网页, 输入本书书名查询, 点击“配套资源”进行下载。

责任编辑: 张健 王跃 齐庆梅

责任设计: 李志立

责任校对: 张颖 刘钰

普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材
高校建筑电气与智能化学科专业指导委员会规划推荐教材

建筑供配电与照明

下册

郭福雁 黄民德 主编

谢秀颖 主审

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京科地亚盟排版公司制版

北京市书林印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 22 $\frac{3}{4}$ 字数: 566 千字

2014 年 8 月第一版 2014 年 8 月第一次印刷

定价: 43.00 元(附网络下载)

ISBN 978-7-112-16210-9

(24968)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

教材编审委员会名单

主任：方潜生

副主任：寿大云 任庆昌

委员：（按姓氏笔画排序）

于军琪	于海鹰	王立光	王 娜	王晓丽	付保川
朱学莉	李界家	杨 宁	杨晓晴	肖 辉	汪小龙
张九根	张桂青	陈志新	范同顺	周玉国	郑晓芳
项新建	胡国文	段春丽	段培永	徐晓宁	徐殿国
黄民德	韩 宁	谢秀颖			

序

自 20 世纪 80 年代中期智能建筑概念与技术发端以来,智能建筑蓬勃发展而成为长久热点,其内涵不断创新丰富,外延不断扩展渗透,具有划时代、跨学科等特性,因之引起世界范围教育界与工业界高度瞩目与重点研究。进入 21 世纪,随着我国经济社会快速发展,现代化、信息化、城镇化迅速普及,智能建筑产业不但完成了“量”的积累,更是实现了“质”的飞跃,成为现代建筑业的“龙头”,赋予了节能、绿色、可持续发展的属性,延伸到建筑结构、建筑材料、建筑能源以及建筑全生命周期的运营服务等方面,更是促进了“绿色建筑”、“智慧城市”中建筑电气与智能化技术日新月异的发展。

坚持“节能降耗、生态环保”的可持续发展之路,是国家推进生态文明建设的重要举措,建筑电气与智能化专业承载着智能建筑人才培养重任,肩负现代建筑业的未来,且直接关乎建筑“节能环保”目标的实现,其重要性愈来愈突出!2012 年 9 月,建筑电气与智能化专业正式列入教育部《普通高等学校本科专业目录(2012 年)》(代码:081004),这是一件具有“里程碑”意义的事情,既是十几年来专业建设的成果,又预示着专业发展的新阶段。

全国高等学校建筑电气与智能化学科专业指导委员会历来重视教材在人才培养中的基础性作用,下大气力紧抓教材建设,已取得了可喜成绩。为促进建筑电气与智能化专业的建设和发展,根据住房和城乡建设部《关于申报普通高等教育土建学科专业“十二五”部级规划教材的通知》(建人专函[2010]53号)要求,委员会依据专业规范,组织有关专家集思广益,确定编写建筑电气与智能化专业 12 本“十二五”规划教材,以适应和满足建筑电气与智能化专业教学和人才培养需要。望各位编者认真组织、出精品,不断夯实专业教材体系,为培养专业基础扎实、实践能力强、具有创新精神的高素质人才而不断努力。同时真诚希望使用本规划教材的广大读者多提宝贵意见,以便不断完善与优化教材内容。

全国高等学校建筑电气与智能化学科专业指导委员会

主任委员 方潜生

前 言

随着照明技术的迅速发展,照明设计已成为建筑设计的重要组成部分。目前无论照明设计理念还是照明设备都发生了很大的变化。新的设计思想强调以人为本的人性化设计,以满足人们提出的环境优美、亮度适宜、空间层次感舒适、立体感丰富等多个层面的要求,同时注重艺术性、文化品位和特色。照明全方位的发展,改变了人们以往的观念。而且随着电气技术的不断发展,《建筑照明设计标准》GB 50034—2013、《民用建筑电气设计规范》JGJ 16—2008和《建筑物防雷设计规范》GB 50057—2010均已修订,本书根据新的设计标准和设计规范,引入了新的技术、新光源和新灯具等内容。

在发达国家,社会对电气安全问题极为重视,尤其是对涉及用户人身安全和公共环境安全的问题,更是予以了严格的规范。在我国,过去由于观念和体制上的原因,对电气安全问题更多地侧重于电网本身的安全和生产过程的劳动保护,对一般民用场所的电气安全问题和电气环境安全问题较为忽视,以致电击伤害和电气火灾等事故的发生率长期居高不下,单位用电量的电击伤亡事故更是比发达国家高出数十倍。最近20年来,我国在学习国际先进技术、采用国际先进技术标准等方面作了大量工作,在电气安全的工程实践上有了很大的进展,但与发达国家相比,差距仍然很大。由于我国经济持续快速发展,我国城市居民家庭的电气化水平迅速提高,住宅和其他民用建筑的建设蓬勃发展,使得电气安全问题显得十分现实和迫切。因此,将电气安全问题作为电气工程一个重要的专业方向进行研究,消除长期以来对电气安全问题的模糊认识,以科学的态度去认识它,用工程的手段去应对它,是一项十分有意义的重要工作。

本书是建筑电气与智能化专业系列教材之一,主要供建筑电气与智能化专业和电气工程专业的本科学生使用,也可供相关专业的学生和工程技术人员参考。

全书共分两篇。上篇系统地介绍了照明设计的内容及设计方法。第1章~第3章由天津城建大学黄民德编写,第4章,第5章由天津城建大学郭福雁编写,第6章~第8章由天津城建大学建筑设计研究院季中工程师编写。

下篇主要讨论电气事故、供配电系统和建筑物的雷击防护等电气安全问题。重点围绕建筑电气环境的安全问题进行了阐述。第9章由天津城建大学胡林芳编写,第10章由天津城建大学陈建伟编写,第11章由天津城建大学王悦编写。全书由黄民德统稿。由于时间仓促,且编者水平有限,书中难免有不妥之处,希望各界同仁及广大读者批评和指正。

目 录

上篇 电气照明技术

第 1 章 照明的基本知识	1
1.1 照明系统的概念	1
1.2 照度标准	11
思考题	25
第 2 章 照明电光源	26
2.1 电光源的基本知识	26
2.2 白炽灯与卤钨灯	29
2.3 荧光灯	31
2.4 钠灯	35
2.5 金属卤化物灯	39
2.6 LED 光源	41
2.7 其他照明光源	51
2.8 照明光源的选择	52
2.9 光源主要附件	61
思考题	64
第 3 章 照明灯具及布置	66
3.1 照明灯具及其特性	66
3.2 室内灯具的布置	81
思考题	85
第 4 章 室内照度计算与照明设计	86
4.1 室内照度计算	86
4.2 眩光计算	105
4.3 室内照明设计概述	109
4.4 住宅照明设计	112
4.5 学校照明设计	114

4.6	工厂照明设计	118
4.7	医院照明设计	122
4.8	旅馆照明设计	129
	思考题	141
第5章	照明电气设计	142
5.1	概述	142
5.2	照明供配电系统	142
5.3	照明负荷计算及导线的选择	150
5.4	照明设计施工图	166
	思考题	188
第6章	智能照明控制	190
6.1	智能照明控制系统原理	190
6.2	智能照明控制系统的设计	206
6.3	典型照明控制系统介绍	214
6.4	照明节能计算	219
	思考题	227
第7章	应急照明	228
7.1	应急照明的基本要求	228
7.2	应急照明设计	231
7.3	应急照明设备	234
	思考题	241
第8章	照明测量简述	242
8.1	常用测量仪器	242
8.2	不同场合的照度测量	244
8.3	反射比的测量	249
8.4	测量条件及测量方法	249
	思考题	250

下篇 电气安全技术

第9章	概论	251
9.1	电气事故	251
9.2	电流的人体效应和安全电压	258

9.3 电气绝缘	262
9.4 电气设备外壳的防护等级	269
思考题	271
第 10 章 供配电系统的电气安全防护	272
10.1 电气系统接地概述	272
10.2 低压系统电击防护	279
10.3 建筑物的电击防护	299
思考题	307
第 11 章 建筑物的雷击防护	308
11.1 概述	308
11.2 防雷设施	318
11.3 建筑物防雷	327
11.4 室内信息系统的雷电防护	331
思考题	343
附录 各种灯具的光度参数	344
参考文献	355

上篇 电气照明技术

第 1 章 照明的基本知识

1.1 照明系统的概念

电气照明是建筑物的重要组成部分。照明设计的优劣除了影响建筑物的功能外，还影响建筑艺术的效果。因此我们必须熟悉照明系统的基本概念和掌握基本的照明技术。

室内照明系统由照明装置及其电气部分组成。照明装置主要是灯具，照明装置的电气部分包括照明开关、照明线路及照明配电等。

照明装置的基本功能是创造一个良好的人工视觉环境。在一般情况下是以“明视条件”为主的功能性照明，这是本章重点介绍的内容。

1.1.1 光的基本概念

光是能量，能量的大小是由光子的频率决定的。很多能量转移过程中都有光子的产生，当光子的数目达到一定程度且频率在人能感受的范围中时，就成了生活中肉眼所见到的光。当光子的数目太少达不到规定的程度时，人的肉眼不能看见。紫外线、红外线频率在人眼感觉范围之外，人也不能见到。在图 1-1 中，波长范围约在红光的 $0.78\mu\text{m}$ 到紫光的 $0.38\mu\text{m}$ 之间的电磁波能使人的眼睛产生光感，这部分电磁波称为可见光。

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。

不同波长的可见光，引起人眼不同的颜色感觉，将可见光波长 $380\sim 780\text{nm}$ 依次展开，可分别呈现红、橙、黄、绿、靛、蓝、紫各色。各种颜色之间是连续变化的。发光物体的颜色，由它所发的光内所含波长而定。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成的复色光的颜色；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，因此它的颜色与照射光有关。通常所谓物体的颜色，是指它们在太阳光照射下所显示的颜色。光的颜色与相应的波段如表 1-1 所示。

1.1.2 光的度量

无论是建筑照明中的人工照明，还是自然采光，常用的度量单位通常是标准作为计数单元。而这些标准的制定通常由国际照明委员会（CIE）通过和确定。本书中所涉及的各种技术术语与标准，均依据国际与国内标准《建筑照明设计标准》GB 50034—2013。

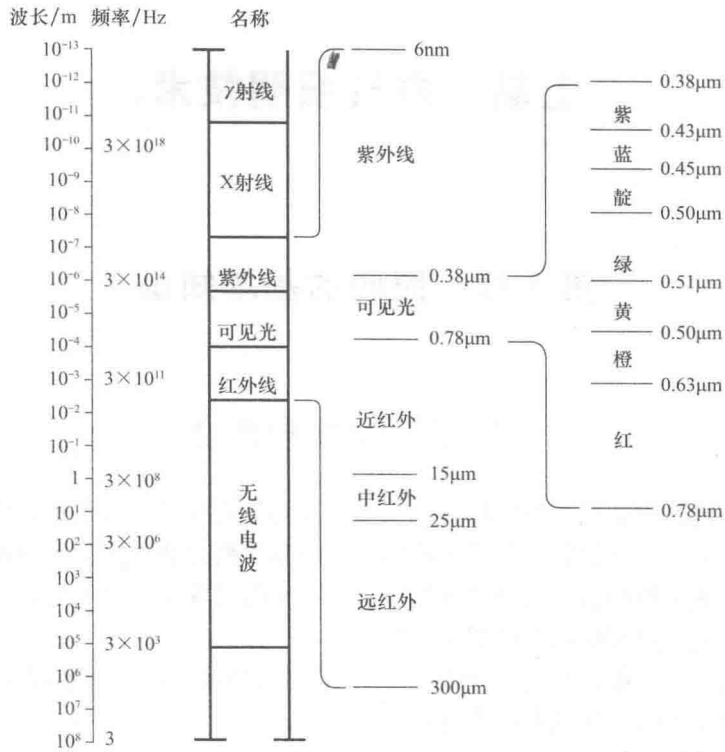


图 1-1 电磁波谱

光的颜色与相应的波长范围

表 1-1

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

1. 光通量 (luminous flux)

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，即能使人的眼睛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

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

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

λ ——波长；

$V(\lambda)$ ——波长的光谱光（视）效率；

K_m ——最大光谱光效能，单位是流明每瓦特，符号为 lm/W。在单色辐射时，明视觉条件下的 K_m 值为 683lm/W ($\lambda=555\text{nm}$ 时)，见图 1-2。

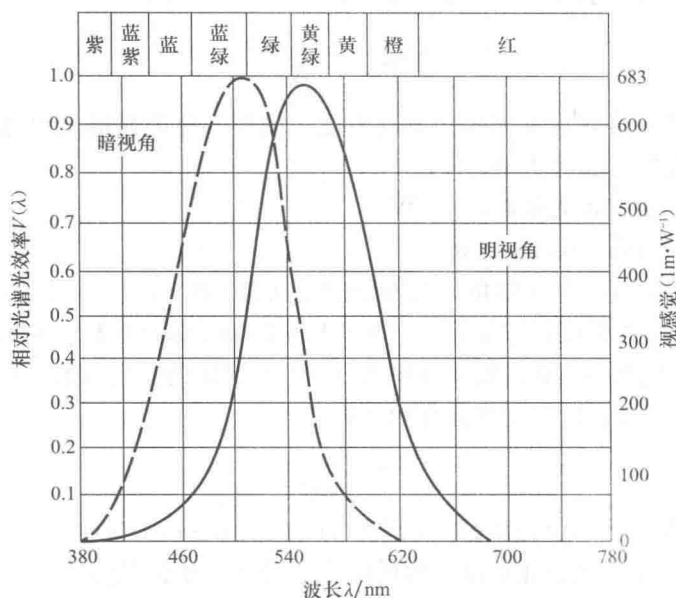


图 1-2 CIE 光度标准观察者光谱光（视）效率曲线图

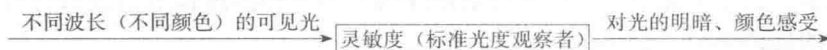
光通量是光源的一个基本参数，是说明光源发光能力的基本量。例如 220V/40W 普通白炽灯的光通量为 350lm，而 220V/36W 荧光灯的光通量大于 3000lm，是白炽灯的几倍。简单说，光源光通量越大，人们对周围环境的感受越亮。

光通量是可以用来判断可见光谱范围内光谱功率所能引起的主观感觉的强弱。所有可见光外的光谱的 $V(\lambda)=0$ ，不会引起视觉。

总之，光通量是针对光源而言的，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。

2. 光谱光（视）效率（spectral luminous efficiency）

光谱光（视）效率是指标准光度观察者对不同波长单色辐射的相对灵敏度，是用来评价人眼对不同波长光的灵敏度的一项指标。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、色彩方面，光谱光（视）效率则是针对标准光度观察者对光的明暗感受、颜色感受而建立的指标。如下面框图所示。



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(白天或亮度为几个坎德拉每平方米以上的地方),另一种是在暗视觉条件下(黄昏或亮度小于 10^{-3} cd/m²的地方)。国际照明委员会提出了CIE光度标准观察者光谱光(视)曲线,见图1-2。图中虚线为暗视觉曲线,实线为明视觉曲线。在明视觉条件下,人眼对波长555nm的黄绿色最敏感,其相对光谱光(视)效率为1,波长偏离555nm越远,人眼感光的灵敏度就越低,相对光谱光(视)效率也逐渐变小。在暗视觉条件下,人眼对波长为510nm的绿色光最敏感。

光谱光(视)效率也可以用公式(1-2)描述,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 $V(\lambda)$ 。

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

式中 $K(\lambda)$ ——任一波长可见光所引起视觉能力的量,称为光谱光效能,单位是流明每瓦特,符号为 lm/W;

K_m ——最大光谱光效能, lm/W。

3. 发光强度 (luminous intensity)

一个光源在给定方向上立体角元内发射的光通量 $d\Phi$ 与该立体角元 $d\Omega$ 之商,称为光源在这一方向上的发光强度,以 I 表示。坎德拉是国际单位制单位,它的定义是一光源在给定方向上的发光强度,该光源发出频率为 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。发光强度的计算公式为

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega} \quad (1-3)$$

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 $\Omega=4\pi$ 。

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。

4. 照度 (illuminance)

表面上一点的照度等于入射到该表面包含这点的面积元上的光通量与面积元之商。照度以 E 表示。勒克斯也是国际单位制单位,1lm光通量均匀分布在1m²面积上所产生的照度为1lx,即1lx=1lm/m²。计算公式为

$$E = \frac{d\Phi}{dA} \quad (1-4)$$

式中 E ——照度,单位是勒克斯,符号为 lx;

Φ ——光通量;

A ——面积,单位是平方米,符号为 m²。

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。对照度的感性认识可参见表1-2的照度对比。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。

照度对比

表 1-2

各种情况照度对比	照度 (lx)
夏季阴天中午室外	8000~20000
晴天中午阳光下室外	80000~120000
40W 白炽灯 1m 处	30

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 $dA\cos\theta$ 之商。亮度以 L 表示，亮度定义图示见图 1-3。计算公式为

$$L = \frac{dI}{dA\cos\theta} \quad (1-5)$$

式中 L ——亮度，单位是坎德拉每平方米，符号为 cd/m^2 ；

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，单位为度。

对于均匀漫反射表面，其表面亮度 L 与表面照度 E 有以下关系

$$L = \frac{\rho E}{\pi} \quad (1-6)$$

对于均匀漫透射表面，其表面亮度与表面照度则有

$$L = \frac{\tau E}{\pi} \quad (1-7)$$

式中 L ——表面亮度，单位为 cd/m^2 ；

ρ ——表面反射比；

τ ——表面透射比；

E ——表面照度，单位为 lx 。

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 (1-5) 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 (1-6) 和公式 (1-7) 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。

6. 发光效率 (luminous efficiency)

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 $7.1\sim 17\text{lm}/\text{W}$ ，荧光灯的发光效率约为 $25\sim 67\text{lm}/\text{W}$ ，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可以使用功率小的光源，即可以节约电能。

以上介绍了 6 个常用的光度单位，它们从不同的侧面表达了物体的光学特征。光谱光

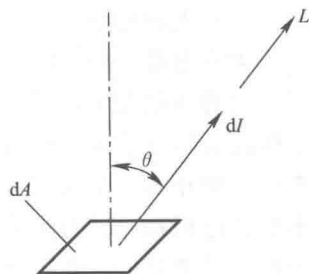


图 1-3 亮度定义图示

(视)效率用来评价人眼对不同波长的光的灵敏度;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。

1.1.3 光与颜色

美国光学学会把颜色定义为:颜色是除了空间的和时间的不均匀性以外的光的一种特性,即光的辐射能刺激视网膜而引起观察者通过视觉而获得的景象。国家标准中,颜色的定义为:色是光作用于人眼引起除形象以外的视觉特性。根据这一定义,色是一种物理刺激作用于人眼的视觉特性,而人的视觉特性是受大脑支配的,也是一种心理反映。所以,色彩感觉不仅与物体本来的颜色特性有关,而且还受时间、空间、外表状态以及该物体的周围环境的影响,同时还受个人的经历、记忆力、看法和视觉灵敏度等各种因素的影响。

1. 色彩的种类

丰富多样的颜色可以分成两个大类,即无彩色系和有彩色系。

(1) 无彩色系

无彩色系是指白色、黑色和由白色、黑色调和形成的各种深浅不同的灰色。无彩色按照一定的变化规律,可以排成一个系列,由白色渐变到浅灰、中灰、深灰到黑色,色度学上称此为黑白系列。纯白是理想的完全反射的物体,纯黑是理想的完全吸收的物体,在现实生活中并不存在纯白与纯黑的物体。无彩色系的颜色只有一种基本性质——明度。它们不具备色相和纯度的性质,也就是说它们的色相与纯度在理论上都等于零。色彩的明度可用黑白度来表示,愈接近白色,明度愈高;愈接近黑色,明度愈低。

(2) 有彩色系

彩色是指红、橙、黄、绿、青、蓝、紫等颜色。不同明度和纯度的红、橙、黄、绿、青、蓝、紫色调都属于有彩色系。

2. 色彩的基本特性

有彩色系的颜色具有三个基本特性:色相、纯度(也称彩度、饱和度)、明度。在色彩学上也称为色彩的三大要素或色彩的三属性。

(1) 色相(色调或色别)

色相是有彩色的最大特征。所谓色相是指能够比较确切地表示某种颜色色别的名称。如玫瑰红、桔黄、柠檬黄、钴蓝、群青、翠绿等。从光学物理上讲,各种色相是由射入人眼的光线的光谱成分决定的。例如,用白光——由红(700nm)、蓝(546.1nm)、绿(435.8nm)三原色光组成,照射某一物体表面,若该物体表面将绿光和蓝光吸收,将红光反射,这一物体表面将呈现红色。

(2) 纯度(彩度、饱和度)

色彩的纯度是指色彩的纯净程度,它表示颜色中所含有色成分的比例。含有色彩成分的比例愈大,则色彩的纯度愈高,含有色成分的比例愈小,则色彩的纯度也愈低。可见光谱的各种单色光是最纯的颜色,为极限纯度。当一种颜色掺入黑、白或其他彩色时,纯度就产生变化。掺入的色彩达到很大的比例时,在眼睛看来,原来的颜色将失去本来的光

彩，而变成混合色。

(3) 明度

明度是指色彩的明亮程度。由于各种有色物体反射光量的区别而产生颜色的明暗强弱。色彩的明度有两种情况。一是同一色相不同明度。如同一颜色在强光照射下显得明亮，弱光照射下显得较灰暗模糊；同一颜色加黑或加白掺和以后也能产生各种不同的明暗层次。二是各种颜色的不同明度。每一种纯色都有与其相应的明度。黄色明度最高，蓝、紫色明度最低，红、绿色为中间明度。色彩的明度变化往往会影响到纯度，如红色加入黑色以后明度降低了，同时纯度也降低了；如果红色加白则明度提高了，纯度却降低了。

有彩色的色相、纯度和明度三个特征是不可分割的，应用时必须同时考虑这三个因素。

3. 光源色温

不同的光源，由于发光物质不同，其光谱能量分布也不相同。一定的光谱能量分布表现为一定的光色，对光源的光色变化，我们用色温来描述。

如果一个物体能够在任何温度下全部吸收任何波长的辐射，那么这个物体称为绝对黑体。绝对黑体的吸收本领是一切物体中最大的，加热时它辐射本领也最大。

因此，色温是以温度的数值来表示光源颜色的特征。色温用绝对温度“K”表示，绝对温度等于摄氏温度加 273。例如，温度为 2000K 的光源发出的光呈橙色，3000K 左右呈橙白色，4500~7000K 近似白色。

在人工光源中，只有白炽灯灯丝通电加热与黑体加热的情况相似。对白炽灯以外的其他人工光源的光色，其色度不一定准确地与黑体加热时的色度相同。所以只能用光源的色度与最相接近的黑体的色度的色温来确定光源的色温，这样确定的色温叫相对色温。

表 1-3、表 1-4 列出了一些常见的光源色温，表 1-3 为天然光源色温，表 1-4 为常见人工光源色温。如表 1-3 中全阴天室外光具有色温为 6500K，就是说黑体加热到 6500K 时发出的光的颜色与全阴天室外光的颜色相同。

天然光源色温表

表 1-3

光源	色温 (K)	光源	色温 (K)
晴天室外光	13000	全阴天室外光	6500
白天直射日光	5550	45°斜射日光	4800
昼光色	6500	月光	4100

常见人工光源色温表

表 1-4

光源	色温 (K)	光源	色温 (K)
蜡烛	1900~1950	高压钠灯	2000
白炽灯 (40W)	2700	荧光灯	3000~7500
碳弧灯	3700~3800	氙灯	5600
炭精灯	5500~6500		

光源既然有颜色，就会带给人们冷暖感觉，这种感觉可由光源的色温高低确定。通常色温小于 3300K 时产生温暖感，大于 5300K 时产生冷感，3300K 至 5300K 时产生爽快感。所以在照明设计安装时，可根据不同的使用场合，采用具有不同色温的光源，使人们

身在其中时获得最佳舒适感。

4. 光源的显色性

人们发现在不同的灯光下，物体的颜色会发生不同的变化，或在某些光源下观察到的颜色与日光下看到的颜色是不同的，这就涉及光源的显色性问题。

同一个颜色样品在不同的光源下可能使人眼产生不同的色彩感觉，而在日光下物体显现的颜色是最准确的，因此可以将日光作为标准的参照光源。将人工待测光源的颜色同参照光源下的颜色相比较，显示同色能力的强弱定义为该人工光源的显色性，用符号 R_a 表示。显色性指数最高为 100。显色性指数的高低表示物体在待测光源下变色和失真的程度。光源的显色性由光源的光谱能量分布决定。日光、白炽灯具有连续光谱，连续光谱的光源均有较好的显色性。白炽灯光谱能量分布如图 1-4 (a) 所示。

通过对新光源的研究发现，除连续光谱的光源具有较好的显色性外，由几个特定波长色光组成的混合光源也有很好的显色效果。如 450nm 的蓝光、540nm 的绿光、610nm 的桔红光以适当比例混合所产生的白光（见图 1-4b），虽然为高度不连续光谱，但却具有良好的显色性。用这样的白光去照明各色物体，都能得到很好的显色效果。光源的显色性一般以显色性指数 R_a 值区分， R_a 值为 80~100 时，显色优良；50~79 表示显色一般；50 以下则说明显色性较差。

光源显色性和色温是光源的两个重要的颜色指标，色温是衡量光源色的指标，而显色性是衡量光源视觉质量的指标。

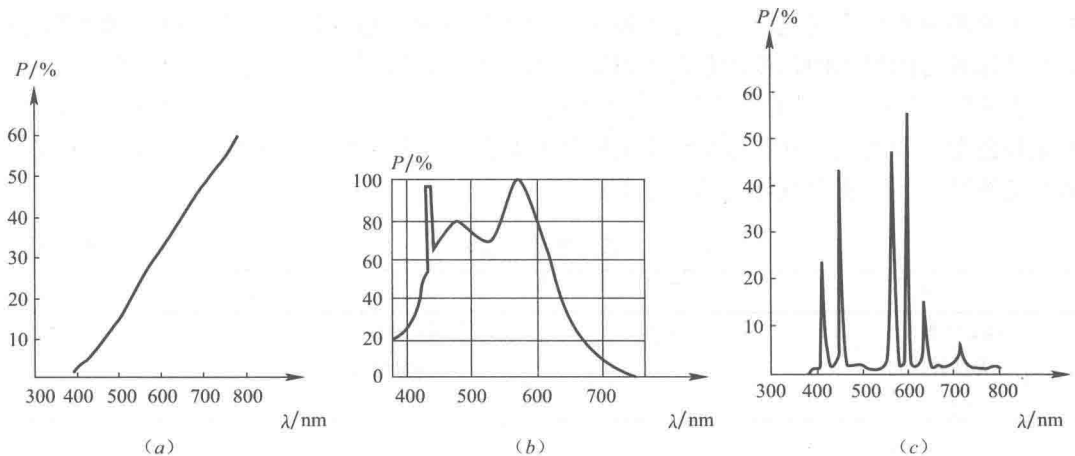


图 1-4 不同光源光谱能量分布图

(a) 白炽灯；(b) 荧光灯（白光色）；(c) 荧光灯高压汞灯

1.1.4 照明质量

优良的照明质量主要由以下五个要素构成：一是适当的照度水平；二是舒适的亮度分布；三是宜人的光色和良好的显色性；四是没有眩光干扰；五是正确的投光方向与完美的造型立体感。

1. 照度水平

在为特定的用途选择照度水平时，要考虑视觉功效、视觉满意程度、经济水平和能源