

建筑供配电与照明

下册 照明与电气安全

黄民德 郭福雁 编



人民交通出版社

China Communications Press

要 容 内

高等学校智能建筑技术系列教材

Jianzhu Gongpeidian Yu Zhaoming

建筑供配电与照明

下册

照明与电气安全

黄民德 郭福雁 编

人民交通出版社

内 容 提 要

本书共分两册。上册主要介绍建筑供配电的有关内容,共分8章。第一章绪论,第二章主要介绍负荷计算的有关内容,第三章主要讨论了供配电系统一次接线,第四章介绍短路电流及其计算,第五章主要讨论电气设备及导线、电缆的选择,第六章主要介绍供配电系统电能质量,第七章主要介绍了供配电系统的保护,第八章主要介绍供电系统的自动监控。

下册分两篇。上篇系统地介绍了照明设计的内容及设计方法。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。

本书是智能建筑系列教材之一,主要供电气工程专业和建筑电气与智能化专业的本科学生使用,也可作为从事工业与民用建筑供配电、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。

图书在版编目(CIP)数据

建筑供配电与照明. 下册,照明与电气安全/黄民德,郭福雁编. —北京:人民交通出版社,2008. 6

ISBN 978-7-114-07082-2

I. 建… II. ①黄…②郭… III. ①房屋建筑设备—供电②房屋建筑设备—配电系统③房屋建筑设备—电气照明④房屋建筑设备:电气设备—安全技术
IV. TU852 TU113.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 047698 号

书 名: 建筑供配电与照明(下册 照明与电气安全)

著 作 者: 黄民德 郭福雁

责任编辑: 刘永芬

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpress.com.cn>

销售电话: (010)85285838, 85285995

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京宝莲鸿图科技有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 16.5

字 数: 400千

版 次: 2008年6月 第1版

印 次: 2008年6月 第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-07082-2

印 数: 0001~3000册

定 价: 30.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书,由本社负责调换)

高等学校智能建筑技术系列教材

编审委员会成员

名誉主任:赵义堂

主任:裴立德

副主任:寿大云 任庆昌 苏 曙

委员:(以姓氏笔画为序)

王可崇	王 娜	王晓丽	王 波	方潜生	马海武
白 莉	齐保良	乔世军	刘 玮	刘国林	刘永芬
仲嘉霖	何仁平	杨国清	张志荣	骆德民	段培永
赵三元	原 野	黄民德	黄琦兰	韩 宁	彭 玲
焦 敏	覃 考	蒋 中	谭克艰	薛立军	

秘书长:寿大云(兼)

序言

XUYAN

高等学校智能建筑技术系列教材是根据 1999 年 12 月在北京召开的有 15 所高等学校参加的“智能建筑系列课程内容体系改革的研究与实践”课题研讨会的精神,由高等学校教学指导委员会智能建筑技术系列教材编审委员会组织编写的。

本系列教材以适应和满足高等学校电气信息类专业教学和科研的需要、培养智能建筑技术人才为主要目标,同时也面向从事智能建筑建设的科研、设计、施工、运行及管理单位,提供智能建筑技术标准、规范以及必备的基础理论知识。

智能建设技术是一门跨专业的新兴学科,我们真诚地希望使用本系列教材的广大读者提出宝贵意见,以便不断完善教材的内容,改进我们的工作。

本系列教材主编赵义堂,副主编寿大云等,主审王谦甫。

高等学校智能建筑技术系列教材编审委员会

2000 年 8 月

前言

QIANYAN

众所周知,电能是现代工业生产的主要能源和动力。电能既易于由其他形式的能量转换而来,也易于转换为其他形式的能量以供应用。电能的输送和分配既简单经济,又便于控制、调节和测量,有利于实现生产过程自动化,而且现代社会的信息技术和其他高新技术无一不是建立在电能应用的基础之上的。因此,电能在现代工业生产及整个国民经济生活中应用极为广泛。

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,有关建筑照明技术标准均已修订,本书根据新的设计标准(GB 50034—2004),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、等效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的发展,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。

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

全书共有两册,上册为供配电系统,共分 8 章,第一、二、三章由吉林建筑工程学院王晓丽编写,第五、七、八章由江苏大学孙宇新编写,第四、六章由上海师范大学沈明元编写。

下册分两篇。上篇系统地介绍了照明设计的内容及设计方法。第一章至第三章由郭福雁

编写,第四章至第七章由黄民德编写。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。第八章由陈冰编写,第九章由胡林芳编写,第十章由郭福雁编写。

全书由黄民德和王晓丽统稿。天津建筑设计院王东林总工程师对本书进行主审,天津大学吴爱国教授、王萍教授对本书的内容提出了宝贵意见。在书稿编写过程中还得到了何雨、吴火军、余晓金、韩晓瑞等同志的大力支持,在此一并表示感谢。

本书作为高等学校的专业课教材,希望使用的教师提出宝贵意见,希望读者不吝批评和指正。

作者

2008年4月

目录

MULU

上篇 电气照明技术

第一章 照明的基本知识	3
第一节 照明系统的概念	3
第二节 照度标准	13
思考题	21
第二章 光源与灯具	23
第一节 照明电光源	23
第二节 照明灯具及其特性	52
思考题	62
第三章 室内灯具的布置与计算	63
第一节 室内灯具的布置	63
第二节 室内照度计算	67
第三节 眩光计算	85
思考题	90
第四章 室内照明设计	91
第一节 概述	91
第二节 住宅照明设计	94
第三节 学校照明设计	95
第四节 工厂照明设计	99
思考题	104
第五章 室外照明设计	105
第一节 道路照明	105
第二节 夜景照明	113
思考题	125
第六章 照明电气设计	126
第一节 概述	126
第二节 照明供配电系统	126
第三节 照明电气设计注意事项	136
思考题	137

第七章 照明节能	138
第一节 节能光源	138
第二节 节能灯具	144
第三节 合理照明控制	147
第四节 照明节能计算	153
思考题	159

下篇 电气安全技术

第八章 概论	163
第一节 电气事故	163
第二节 电流的人体效应和安全电压	168
第三节 电气绝缘	172
第四节 电气设备外壳的防护等级	179
思考题	181
第九章 供配电系统的电气安全防护	182
第一节 电气系统接地概述	182
第二节 低压系统电击防护	186
第三节 建筑物的电击防护	203
思考题	209
第十章 建筑物的雷击防护	211
第一节 概述	211
第二节 防雷设施	221
第三节 建筑物防雷	229
第四节 室内信息系统的雷电防护	233
思考题	244
附录	245
附录 1 统一眩光值(UGR)	245
附录 2 部分灯具的利用系数表($P_d=20\%$)	249
附录 3 部分灯具的最小照度系数 Z 值表	250
习题答案	251
参考文献	253

上篇

电气照明技术

第一章

照明的基本知识

第一节 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。

一、光的基本概念

光一般是指能引起视觉的电磁波,这部分的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。它在电磁波中的位置如图 1-1 所示。

图 1-1 光的电磁波谱图描述了光的波动性。波长在 $0.78\mu\text{m}$ 以上到 $1\,000\mu\text{m}$ 左右的电磁波称“红外线”,在 $0.38\mu\text{m}$ 以下称“紫外线”。红外线和紫外线不能引起视觉,但可以用光学仪器或摄影来察觉发现这种光线的物体,所以在光学上光也包括红外线和紫外线。

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。各色波长范围大致划分见表 1-1。

可见光颜色的波长范围

表 1-1

颜 色	波长范围(nm)	颜 色	波长范围(nm)
红	622~780	橙	597~622
黄	577~597	绿	492~577
蓝、靛	455~492	紫	380~455

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,因此它的颜色与照射光有关。

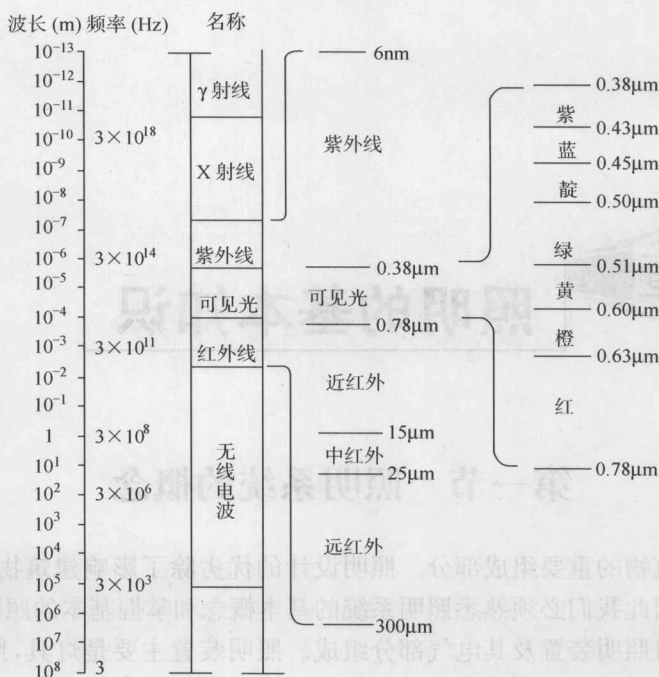


图 1-1 电磁波谱

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。

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。

二、常用光度量及其单位

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。

国内有关建筑照明的标准,则是在广泛的调查研究基础上,认真总结了我国工业与民用建筑照明设计的实践经验,参考了有关国际标准和国外先进标准,最终由建设部会同各部门确定。因此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—2004)。

1. 光谱光(视)效率

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。如图 1-3 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 cd/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 $10^{-3} \text{cd}/\text{m}^2$ 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。

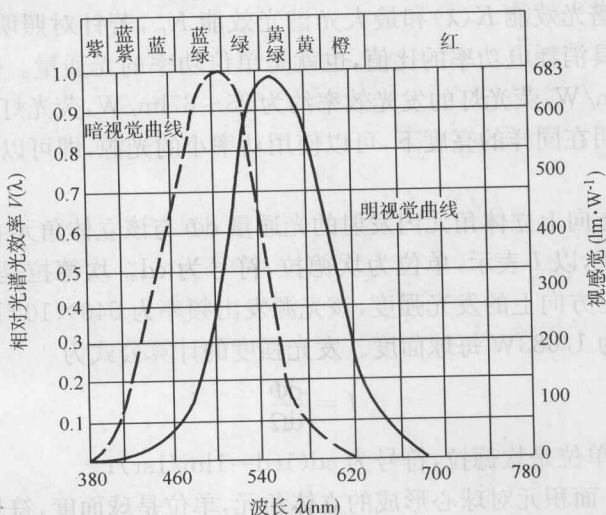


图 1-2 CIE 光度标准观察者光谱光(视)效率曲线图

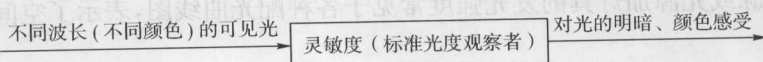


图 1-3

光谱光(视)效率也可以用一公式描述,如公式(1-1),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 $V(\lambda)$ 。

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

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/瓦特,符号为 lm/W ;

K_m ——最大光谱光效能,单位是流明/瓦特,符号为 lm/W 。

在单色辐射时,明视觉条件下的 K_m 值为 $683 \text{ lm/w} (\lambda = 555 \text{ nm})$,见图 1-2。

2. 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,符号为 lm 。流明是国际单位制单位,1 lm 等于一个具有均匀分布 1 cd (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

$$\Phi = K_m \int_0^\infty \frac{d\Phi_e(\lambda)}{d\lambda} \times V(\lambda) \times d\lambda \quad (1-2)$$

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

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 350 lm ,而 220V/40W 荧光灯的光通量大于 2000 lm ,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。

3. 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 $7.1\sim 17\text{lm/W}$,荧光灯的发光效率约为 $25\sim 67\text{lm/W}$,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。

4. 发光强度

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,单位为坎德拉,符号为 cd 。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 $540\times 10^{12}\text{Hz}$ 的单色辐射,且在此方向上的辐射强度为 $1/683\text{W}$ 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 ($1\text{cd}=1\text{lm}/1\text{sr}$);

$d\Omega$ ——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。

5. 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的面积之商。照度以 E 表示,单位是勒克斯,符号为 lx 。勒克斯也是国际单位制单位, 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

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

式中: E ——照度,单位是勒克斯,符号为 lx ;

Φ ——光通量,单位是流明,符号为 lm ;

A ——面积,单位是平方米,符号为 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。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)	各种情况照度对比	照度(lx)
夏季阴天中午室外	8 000~20 000	40W 白炽灯 1m 处	30
晴天中午阳光下室外	80 000~120 000		

6. 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,单位是坎德拉每平方米,符号为 cd/m^2 。亮度定义图示见图 1-4。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,单位是坎德拉,符号为 cd ;

A ——发光面积,单位是平方米,符号为 m^2 ;

θ ——表面法线与给定方向之间的夹角,单位为度。

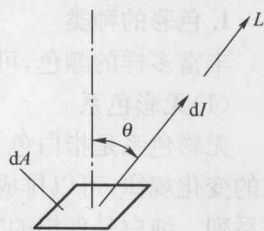


图 1-4 亮度定义图示

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 ;

π ——常数, $\pi = 3.1416$ 。

一个物体的亮暗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。

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(视)效率用来评价人眼对不同波长光的灵敏度,即不同生物对不同波长的光具有不同的灵敏度;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。

三、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,也是一种心理反应。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



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 2 000K 的光源发出的光呈橙色,3 000K 左右呈橙白色,4 500~7 000K 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 6 500K,就是说黑体加热到 6 500K 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	13 000	全阴天室外光	6 500
白天直射日光	5 550	45°斜射日光	4 800
昼光色	6 500	月光	4 100

常见人工光源色温表

表 1-4

光 源	色温(K)	光 源	色温(K)
蜡烛	1 900~1 950	高压钠灯	2 000
白炽灯(40W)	2 700	荧光灯	3 000~7 500
碳弧灯	3 700~3 800	氙灯	5 600
炭精灯	5 500~6 500		

光源既有颜色,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 3 300K 时产生温暖感,大于 5 000K 时产生冷感,3 300K 至 5 000K 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,这就涉及到光源的显色性问题。

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 1-5a) 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 的橘红光以