



建筑电气专业系列教材

建筑电气照明



郭福雁 乔 蕾◎主编

哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

建筑电气专业系列教材

建筑电气照明

郭福雁 乔 蕾 主编

HEUP 哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

随着电气技术的不断发展,相关建筑照明技术标准均已制定并修订,本教材主要以新的设计标准为依据,系统地介绍了照明设计的内容及设计方法,并对LED照明的基础知识与应用进行了介绍。本书共7章,主要内容为电气照明的基本知识、照度计算、室内照明设计、室外照明设计、照明电气设计和应急照明,并对课程设计指导与实例等内容做了简要介绍。

本书是建筑电气专业系列教材之一,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人员的工具书,还可作为照明施工、安装、运行维护等相关专业的培训教材或参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑电气照明 / 郭福雁, 乔蕾主编. — 哈尔滨 :
哈尔滨工程大学出版社, 2018. 8
ISBN 978 - 7 - 5661 - 2079 - 3

I. ①建… II. ①郭… ②乔… III. ①房屋建筑设备
- 电气照明 - 教材 IV. ①TU113. 85

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 195426 号

选题策划 史大伟
责任编辑 张玮琪
封面设计 语墨弘源

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
地 址 哈尔滨市南岗区南通大街 145 号
邮政编码 150001
发行电话 0451 - 82519328
传 真 0451 - 82519699
经 销 新华书店
印 刷 哈尔滨市石桥印务有限公司
开 本 787mm × 1 092mm 1/16
印 张 17
字 数 421 千字
版 次 2018 年 8 月第 1 版
印 次 2018 年 8 月第 1 次印刷
定 价 45.00 元
<http://www.hrbeupress.com>
E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

前 言

随着我国经济迅速发展,科学技术显著进步,照明技术得到了快速发展,照明设计也已成为建筑设计的重要组成部分。电气技术的不断发展,以及《建筑照明设计标准》(GB 50034—2013)、《城市道路照明设计标准》(CJJ 45—2015)和《民用建筑电气设计规范》(JGJ 16—2016)等相关标准的修订,使得新型光源、新型灯具等照明器材发展较快,尤其是作为白炽灯、荧光灯后的第三代照明技术——LED照明,因其具有节能、环保、安全可靠等特点,引发了照明领域的革命,成为未来照明技术发展的趋势。

本书在编写过程中,引入了新技术、新光源和新灯具等内容,并突出介绍了照明节能的有关标准、计算、措施和产品,力求内容全面,技术数据准确、完善,简单实用,同时结合课程设计的要求对照明系统设计进行了详细的介绍。

全书系统地介绍了室内、外照明设计的内容及设计方法,并结合实际工程案例进行分析。第1,4,7章及附录部分由天津城建大学乔蕾编写;第2,3,5,6章由天津城建大学郭福雁编写。全书由郭福雁统稿。

本书由天津市天友建筑设计股份有限公司高级工程师、电气副总工程师韩帅及天津保利房地产(集团)股份有限公司高级工程师王佃瑞对本书内容进行了审阅,并提出了许多宝贵意见。本书在编写过程中还得到了王宁、郭蕊、王心怡等同志的帮助。此外,还得到了许多单位的大力支持,在此一并表示衷心的感谢。

由于时间仓促,以及编者水平有限,书中错误和不当之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

2018年8月

目 录

第1章 电气照明的基本知识	1
1.1 照明系统的概念	1
1.2 照明质量	9
1.3 电光源的基本知识	13
1.4 照明灯具	39
第2章 照度计算	60
2.1 平均照度计算	60
2.2 单位功率法	66
2.5 眩光计算	84
第3章 室内照明设计	89
3.1 室内照明设计概述	89
3.2 室内照明灯具的布置	91
3.3 照明节能计算	93
3.4 照明控制	99
3.5 室内照明设计	105
第4章 室外照明设计	114
4.1 道路照明	114
4.2 道路、隧道 LED 照明	124
4.3 道路照明节能	131
4.4 夜景照明	133
4.5 体育场照明	149
第5章 照明电气设计	159
5.1 概述	159
5.2 照明供电系统结构	159
5.3 低压配电系统及配电室设计	165
5.4 照明配电系统	170
5.5 照明负荷计算	172
5.6 导线的选择与敷设	177
5.7 照明线路的保护	188
5.8 照明设计施工图	193
第6章 应急照明	202
6.1 应急照明的基本要求	202

6.2 应急照明设计	207
6.3 应急照明设备	211
第7章 课程设计指导与实例	221
7.1 课程设计指导	221
7.2 照明设计程序	223
7.3 实例分析	227
附录1 照明标准值	235
附录2 各种灯具的光度参数	253
参考文献	263

第1章 电气照明的基本知识

1.1 照明系统的概念

照明在人们的日常生活和工作中扮演着重要角色,它对人的视觉、视觉心理都起到重要的作用。照明工程设计是建筑电气设计中不可缺少的重要组成部分,照明设计质量的好坏,对节约能源、保护环境,提高照明品质,有着十分重要的作用。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及照明环境的要求也随之提高。因此,我们必须熟悉和掌握照明系统的基本知识。

1.1.1 光的基本概念

光是具有刺激视觉器官特性的辐射。国际上一般规定可见光谱的波长范围在 380 nm ~ 780 nm 之间。我们遇到的光仅在很少情况下是近似单一波长的,在绝大多数情况下是属于可见光区域的各种波长合成的光,如图 1-1 所示。光辐射对视觉器官的刺激强度是由眼睛对各种波长的光的灵敏感觉程度决定的。若光的组成中包含红外线和紫外线,但没有可见光,即使它们有很大的能量,也完全不能引起视觉;相反,由对眼睛极为敏感的光波组成的光线,虽然能量很小,也能引起很强的视觉响应。

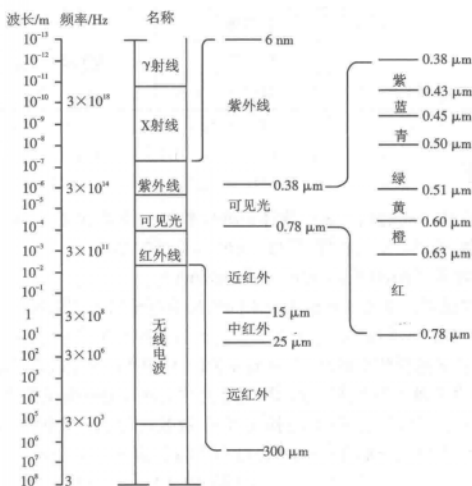


图 1-1 电磁波谱

表 1-1 表示光的颜色与相应的波段,波长从 380 nm ~ 780 nm 增加时,光的颜色从紫色开始,按蓝、青、绿、黄、橙、红的顺序逐渐变化。紫外线波谱的波长在 100 nm ~ 380 nm 之间,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 nm ~ 1 mm 之间,红外线也是人眼看不见的,太阳是天然的红外线发射源。白炽灯一般可以发射波长在 5 000 nm 以内的红外线。发射近红外线的特制灯可以用于理疗和工业设施。紫外线、红外线两个波段的辐射与可见光一样,可用平面镜、透镜或棱镜等光学元件进行发射、成像或色散,故通常把紫外线、可见光、红外线统称为光辐射。

表 1-1 光的颜色与相应的波长范围

波长区域/nm	性质	区域名称		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 ~ 1 500		近红外	红外光	—
1 500 ~ 10 000		中红外		—
10 000 ~ 100 000		远红外		—

1.1.2 光的度量

不同的光度单元从不同的侧面表达物体的光学特性。下面主要介绍六个光的度量,分别是光通量、光谱光(视)效率、发光强度、照度、亮度和发光效率。

1. 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。不同波长的光在人眼中产生光感觉的灵敏度不同。人眼对波长 555 nm 的黄绿色光感受效率最高,对其他波长的光感受效率比较低。故称 555 nm 为峰值波长,以 λ_m 表示;用来度量辐射能所引起的视觉能力的量称为光谱光视效能, $K_m = 683 \text{ lm/W}$ 。

光谱光(视)效率也可以用公式(1-1)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 $V(\lambda)$,即

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

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,单位是流明每瓦特,符号为 lm/W ;

K_m ——最大光谱光效能, lm/W 。

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 $10^{-3} \text{ cd}/\text{m}^2$ 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)效率曲线,如图 1-2 所示。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 555 nm 的黄绿色光最敏感,其相对光谱光(视)效率为 1;波长偏离 555 nm 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 510 nm 的绿色光最敏感。

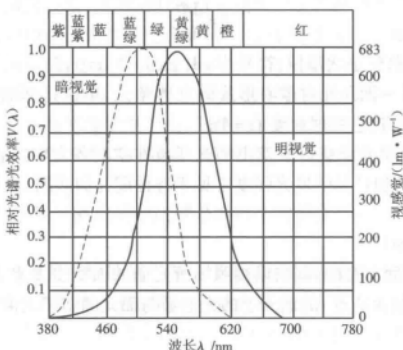


图 1-2 CIE 光度标准观察者光谱光(视)效率曲线图

2. 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,即能使人眼睛有光明感觉的光源辐射的部分能量与时间的比值。光通量用符号 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 $\frac{d\Phi_e(\lambda)}{d\lambda}$ ——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,单位为 lm/W 。在单色辐射时,明视觉条件下的 K_m 值为 683 lm/W ($\lambda = 555 \text{ nm}$ 时),如图 1-2 所示。

在照明工程中,光通量是说明光源发光能力的基本量。例如 220 V/40 W 普通白炽灯的光通量为 350 lm ,而 220 V/40 W 荧光灯的光通量大于 2 000 lm ,是白炽灯的几倍,简单说光源光通量越大,人们就会感觉周围环境越亮。

光通量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, 光通量为零。

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的量, 不同的发光体具有不同的能量。

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 $1/683$ 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 ($1 \text{ cd} = 1 \text{ lm/sr}$);

$d\Omega$ ——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 $\Omega = 4\pi$ 。

发光强度常用于说明光源或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。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)

照度用来表示被照面上光的强弱, 以被照场所光通的面积密度来表示。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, 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。勒克斯也是国际单位制单位, 1 lm 光通量均匀分布在 1 m^2 面积上所产生的照度为 1 lx , 即 $1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$ 。

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。

表 1-2 照度对比

各种情况照度对比	照度/lx
夏季阴天中午室外	8 000 ~ 20 000
晴天中午阳光下室外	80 000 ~ 120 000
40 W 白炽灯 1 m 处	30

照度并不是人眼直接感受到的光度量。除了与被照射表面上的照度有关外,表面的明亮程度还与其反射特性有关。根据光线照射表面的不同,照度可分为水平照度、垂直照度、柱面照度、半柱面照度等;根据照明系统维护需要可分为初始照度、维持照度、使用照度。在《建筑照明设计标准》(GB 50034—2013)中给出的室内照明场所,除体育建筑外大多给出的是平面维持照度。

(1) 平均照度(Average Illuminance)

规定表面上各点的照度平均值。

(2) 维持平均照度(Maintained Average Illuminance)

维持平均照度是指照明系统整个寿命周期内在规定表面上的平均照度的最低值,它是在必须换灯或清洗灯具和房间表面,或者同时进行上述维护工作时所得到的受照面的平均照度。任何照明装置在使用过程中由于光源的光通衰减和灯具及房间内表面上污染折减,导致规定表面上的照度值都将逐渐降低,也就是说,维持照度一定低于初始照度,两者相差的多少取决于照明维护制度和维护周期。国际上大多数国家的照明标准及《建筑照明设计标准》(GB 50034—2013)规定的都是平均照度的维持值,即维持平均照度。其目的是规定照明设施或装置(光源、灯具及附件等)在规矩要求时间内(进行维修前),表面上的平均照度不得低于标准规定的维持平均照度。

在照明设计计算时,照明计算出的照度就是维持平均照度。

5. 亮度

亮度是用来表示发光表面光特性的量值。发光表面可以由物体独立发光(炽热物体、气体放电、磷光体等),还可以由物体发射或散射其他光源发光。

(1) 表面上一点在给定方向上的亮度,是包含这点的面积元在该方向的发光强度 dI 与面积元在垂直于给定方向上的正投影面积 $dA \cos \theta$ 之商,亮度定义如图 1-3 所示。亮度以 L 表示,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,单位是度,符号为 $(^\circ)$ 。

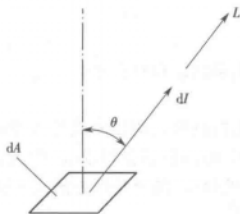


图 1-3 亮度定义图示

(2)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:

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

(3)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;

π ——常数, $\pi = 3.1416$;

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照度,才能使人感觉出物体的亮度。式(1-5)说明发光面积上直接射入人眼的光强部分才能反映物体的明亮程度,式(1-6)和式(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。目前部分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,是光源发出的光通量除以光源功率所得之商,单位为流明每瓦特(lm/W)。就光源而言,光效是一个经典指标,光源光效越高,说明单位功率发出的光能越多,在照明应用时越节约照明用电。在光源中尤其以气体放电光源光效为高。在照明工程中,首先应选用光效高的电光源。

1.1.3 光与颜色

颜色起源于光。波长不同的单色光会使人有不同的色觉,即具有不同的颜色。

1. 颜色的形成

(1)光源色。因发光体发出的光而引起人们色觉的颜色称为光源色。我们日常见到的光源都是由各种不同波长的单色光辐射混合而成的复合光,它们的表现颜色由复合光中各种波长的单色辐射功率分布(光谱能量分布)决定。

(2)物体色。材料对光源中各种波长的单色辐射有选择性地反射或者透射后呈现的视觉效果称为物体色。物体色既取决于物体表面的光谱反射比或材料的光谱透射比,也取决于光源的光谱能量分布。

2. 颜色的基本特性

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。

(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。

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)

可见光谱不同波长的光在视觉上的表现称为色相,又称色调。可见光谱不同波长的辐射,在视觉上表现为各种色调,如红、橙、黄、绿、青、蓝、紫等。各种单双色光在白色背景上呈现的颜色,就是光谱的色相。色相是有彩色的最大特征。

(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。含有色成分的比例越大,则色彩的纯度越高;含有色成分的比例越小,则色彩的纯度也越低。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、白或其他色彩时,纯度就产生变化。掺入的色彩达到很大的比例时,在肉眼看来,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。光源色的明度反映的是光的强弱,光线越强,则明度越高;光线越弱,则明度越低。物体颜色的明度则反映为光反射比的变化,反射比大的颜色明度高,反之明度低。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。

各种颜色都可以用上述三个特性来表示,但只有彩色系列具有完整的三个特性,黑白系列只有明度,纯度为零,没有色相。

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。绝对黑体吸收辐射的本领是一切物体中最大的,加热时它的辐射本领也最大。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2 000 K的光源发出的光呈橙色,3 000 K左右呈橙白色,4 500~7 000 K近似呈白色。

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,其色度不一定与黑体加热时的色度完全接近。所以只能用光源的色度与最接近的黑体的色度的色温来确定光源的色温,这样确定的色温叫作相对色温。

表1-3、表1-4列出了一些常见的光源色温,其中表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中全阴天室外光色温为6 500 K,就是说黑体加热到6 500 K时发出的光的颜色与全阴天室外光的颜色相同。

表1-3 天然光源色温表

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

表 1-3(续)

光源	色温/K	光源	色温/K
昼光色	6 500	月光	4 100

表 1-4 常见人工光源色温表

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(40 W)	2 700	荧光灯	3 000 ~ 7 500
碳弧灯	3 700 ~ 3 800	氙灯	5 600
碳精灯	5 500 ~ 6 500		

光源既有颜色,又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 3 300 K 时产生温暖感,大于 5 300 K 时产生冷感,3 300 K 至 5 300 K 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

由照明光源确定被照物体颜色感来说明光源的颜色性质,称为光源的显色性。光源的显色性是照明光源的重要特性之一,它是从另一个方面来反映光源的颜色特性,与光源的色度、色温相结合,才能全面反映出光源的颜色特性。国际照明委员会(CIE)制定了一种评价光源显色性的方法,它是用“显色指数”表示光源的显色性。光源的显色性由光源的光谱能量分布决定,不同光源光谱能量分布如图 1-4 所示。

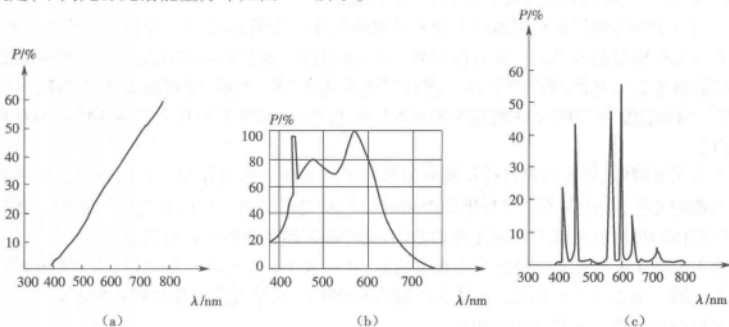


图 1-4 不同光源光谱能量分布图

(a) 白炽灯;(b) 荧光灯(白光色);(c) 荧光高压汞灯

显色指数(Color Rendering Index)是指被在测光源和标准光源照明下,在适当考虑色温适应状态下,物体的心理物理色符合程度的数量。显色指数分为一般显色指数 R_a 和特殊显色指数 R_i 两种。一般人工照明光源用 R_a 作为评价显色性的指标。光源的显色指数越高,其显色

性就越好。与参照光源完全相同的显色性,其显色指数为100。一般认为 R_a 值为100~80时,显色优良;79~50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。

1.2 照明质量

优良的照明质量主要由五个要素构成:适当的照度水平;舒适的亮度分布;宜人的光色和良好的显色性;没有眩光干扰;正确的投光方向与完美的造型立体感。

1.2.1 照度水平

1. 照度

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、经济水平和能源的有效利用。视觉功效是人借助视觉器官完成作业的效能,通常用工作的速度和精度来表示。增加作业面照度(或亮度),视觉功效随之提高,但达到一定的亮度以后,视觉功效的改善就不明显了。在非工作区,不能用视觉功效来确定照度水平,而采用视觉满意程度,创造愉悦和舒适的视觉环境。无论根据视觉功效还是视觉满意程度来选择照度,都要受经济条件和能源供应的制约,所以要综合考虑,选择适当的标准。

照度标准是为各类场所制定的人工照明的照度值,其数值一般均指水平照度,即工作面上的平均值;也有些场所为垂直照度、倾斜照度或球面照度、柱面照度等。

照度的正确选择与计算是电气照明设计的重要任务。因此在照明工程中,对照度设计计算应按照国家标准进行。目前我国的照明设计标准是《建筑照明设计标准》(GB 50034—2013),详细规定了我国居住建筑及各类公共建筑、工业建筑不同房间或场所的照度标准值,比以前的标准大幅度提高了照度水平,基本上与国际接轨,其中照明节能部分为强制性条文,必须严格执行。各类建筑照明标准详见附录1。

照度等级的级差大体分为1.5倍数,我国建筑照明照度标准值均按以下系列分级:0.5 lx、1 lx、2 lx、3 lx、5 lx、10 lx、15 lx、20 lx、30 lx、50 lx、75 lx、100 lx、150 lx、200 lx、300 lx、500 lx、750 lx、1 000 lx、1 500 lx、2 000 lx、3 000 lx和5 000 lx。

2. 照度均匀度

要选择适当的亮度分布,既不能使亮度分布不当损害视觉功效,又不能使亮度差别过大而产生不适眩光。照度均匀度应满足以下要求。

(1)室内照明并非越均匀越好,适当的照度变化能形成比较活跃的气氛,但是工作岗位密集的房间应保持一定的照度均匀度。

(2)室内照明的照度均匀度通常以一般照明系统在工作面上产生的最小照度与平均照度之比表示,不同的场所要求不同,一般作业不应小于0.6。

(3)工作房间中非工作区的平均照度不应低于工作区临近周围平均照度的1/3。

(4)直接连通的两个相邻的工作房间的平均照度差别也不应大于5:1。

公共建筑和工业建筑常用房间或场所的一般照明照度均匀度不应低于《建筑照明设计标准》GB 50034—2013中的有关规定。因照明均匀度在某种程度上关系到照明的节能,在

不影响视觉需求的前提下,强调工作区域和作业区域内的均匀度,而不要求整个房间的均匀度。

1.2.2 亮度分布

室内的亮度分布是由照度分布和表面反射比决定的。视野内的亮度分布不适当会损害视觉功效,过大的亮度差别会产生不舒适眩光。

(1)作业区的亮度比。与作业贴邻的环境亮度可以低于作业亮度,但不应小于作业亮度的2/3。此外,为作业区提供良好的颜色对比有助于改善视觉功效,但应避免作业区的反射眩光。

(2)统筹策划反射比和照度比。因为亮度与两者的乘积成正比,所以它们的数值可以调整互补。工作房间环境亮度的控制范围参见表1-5。

表1-5 工作房间的表面反射比与照度比

工作房间的表面	反射比	照度比 ^①
顶棚	0.60~0.90	0.60~0.90
墙	0.30~0.80	0.40~0.80
地面	0.10~0.50	0.70~1.00
工作面	0.20~0.60	1.00

①给定表面照度与工作面照度之比。

非工作房间,特别是装修标准高的公共建筑厅堂的亮度分布,往往根据室内环境创意决定,其目的是突出空间或结构的形象特征,渲染环境气氛或是强调某种装饰效果。这类光环境亮度水平的选择和亮度图式的设计也要考虑视觉舒适感,但不受上述亮度比的约束。

1.2.3 灯光的颜色品质

灯光的颜色品质包含光源的表现颜色、光源的显色性能、灯光颜色一致性及稳定性等几个方面。

(1)光源的表现颜色。即色表,可以用色温或相关色温描述。光源色表的选择取决于光环境所要形成的氛围,例如,含红光成分多的“暖”色灯光(低色温)接近日暮黄昏的情调,能在室内形成亲切轻松的气氛,适用于休息和娱乐场所的照明。而需要紧张、精神振奋地进行工作的房间则采用较高色温的灯光为好。我国按照CIE的建议,就光源的光色给出了典型的应用场所,见表1-6。

表1-6 光源的色表类别

色表分组	色表特征	相关色温/K	适用场所举例
I	暖	<3 300	客房、卧室、病房、酒吧
II	中间	3 300~5 300	办公室、教室、阅览室、商场、诊室、检验室、实验室、控制室、机加工车间、仪表装配、车间

表 1-6(续)

色表分组	色表特征	相关色温/K	适用场所举例
Ⅲ	冷	>5 300	热加工车间、高照度场所

人对光色的爱好还与照度水平有相应的关系,表 1-7 给出了各种照度水平下不同色表的荧光灯照明所产生的一般印象。

表 1-7 各种照度下灯光色表给人的不同印象

照度/lx	灯光色表		
	暖	中间	冷
<500	舒适	中性	冷
500~1 000	↑	↑	↑
1 000~2 000	刺激	舒适	中性
2 000~3 000	↑	↑	↑
>3 000	不自然	刺激	舒适

(2)光源的显色性能。长期工作或停留的房间或场所,照明光源的显色指数(R_a)不应小于 80。在灯具安装高度大于 8 m 的工业建筑场所, R_a 可低于 80,但必须能够辨别安全色。常用房间或场所的显色指数最小允许值应符合《建筑照明设计标准》(GB 50034—2013)中的有关规定。常用各种光源的显色指数见表 1-8。

表 1-8 各种光源的显色指数(R_a)

光源种类	显色指数(R_a)	光源种类	显色指数(R_a)
普通照明用白炽灯	95~100	高压汞灯	35~40
普通荧光灯	60~70	金属卤化物灯	65~92
稀土三基色荧光灯	80~98	普通高压钠灯	23~25

可见,在经常有人的工作或停留房间、场所,不应采用卤粉制成的荧光灯,而应采用稀土三基色荧光灯才能满足《建筑照明设计标准》(GB 50034—2013)的规定,执行该标准有助于照明质量本质上的提高,同时大大提高了光效,有利节约能源,降低成本和维护费用。随着 LED 灯的普及应用,人们对 LED 灯的颜色品质也日益重视。因为当前普遍使用的白色 LED 灯大多是蓝光激发黄色荧光粉发出白光,其红色光谱成分薄弱,显色性不好,所以《建筑照明设计标准》(GB 50034—2013)规定室内工作场所应用 LED 灯的 R_a 不应小于 80,并且 R_a (特殊显色指数,饱和的红色)应大于零。从视觉舒适感和生物安全性考虑,LED 灯の色温也不宜高于 4 000 K。

(3)灯光颜色一致性及稳定性。LED 灯的颜色一致性和颜色漂移是应用 LED 灯照明需要特别注意的问题。《建筑照明设计标准》(GB 50034—2013)规定:选用同类光源的色容差不应大于 5 SDCM。在寿命期内,LED 灯的色品坐标与初始值的偏差在《均匀色空间和色差公式》