

电工书架

陈家斌 陈 蕾 主编

Electrician shelves

电气照明 实用技术



 河南科学技术出版社

受 展 容 內

电 工 书 架

电气照明实用技术

陈家斌 陈蕾 主编

河南科学技术出版社

·郑州·

内 容 提 要

本书是以普及岗位实用技术为目的进行编写的,全书共9章,分别介绍了电气照明基本知识、电光源、照明灯具、照明供电系统及负荷计算、照明设计、照明电路及灯具的安装、照明装置的运行管理与维修、照明装置故障查找与修理实例、照明节电技术等内容。本书特收编了实际工作发生的照明装置事故排除实例,是广大电工的一本很好的岗位技能参考书。

本书可供工矿企业、市政建设、大专院校等从事电气照明设计、安装、运行管理的工程技术人员参考,还可作为广大电工的岗位培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

电气照明实用技术/陈家斌,陈蕾主编. —郑州:河南科学技术出版社,2008.6

(电工书架)

ISBN 978 - 7 - 5349 - 3903 - 7

I. 电… II. ①陈…②陈… III. 电气照明 - 基本知识 IV. TM923

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 023278 号

出版发行: 河南科学技术出版社

地址: 郑州市经五路 66 号 邮编: 450002

电话: (0371) 65737028

网址: www.hnstp.cn

策划编辑: 孙 彤

责任编辑: 张 鹏

责任校对: 王晓红 周立新

封面设计: 张 伟

版式设计: 栾亚平

印 刷: 河南第一新华印刷厂

经 销: 全国新华书店

幅面尺寸: 140mm × 202mm 印张: 14 字数: 359 千字

版 次: 2008 年 6 月第 1 版 2008 年 6 月第 1 次印刷

印 数: 1—4 000

定 价: 28.00 元

如发现印、装质量问题,影响阅读,请与出版社联系。

编写人员名单

主 编 陈家斌 陈 蕾

编 委 (按姓氏笔画为序)

雷 明 罗碧华 刘竞赛 马 雁

牛新平 王云皓 季 宏 郭宝明

郭 锐 殷竣河 张建村 张建乡

常 建 杨 巍 杨 光



随着时代的发展,人们生活、工作节奏的加快,住宅、工作、休闲场所的功能与内涵也由单一走向多元化,因此作为现代建筑配套的电气安装的内容也相应地更新换代,各种不同类型的照明器具在工业生产、各类高层建筑和人们的日常生活中大量使用,人们对这个领域内的知识和技术需求也日趋增长。为方便读者系统学习照明技术知识,特编写本书。

本书的特色,一是实用性强,以实际应用为出发点,注重实践性和可操作性。本书的内容侧重于介绍照明器具的选用和施工安装方法、运行维修技能,同时收编大量的照明装置实际工作中的事故处理实例,尤其是对初学者起到“一学就会,拿来就用”的效果。二是内容全面系统。本书以现行国家技术标准、规范进行编排,全书内容简明扼要,通俗易懂,既有专业理论知识,又有应知应会的岗位技能知识,便于广大电工自学和尽快胜任工作。

由于编者水平有限,书中不妥之处,恳请专家及广大读者指正。

编者

2008年1月



目 录

第一章 电气照明基本知识	(1)
第一节 光的性质和量度	(1)
第二节 照明质量	(13)
第三节 照度标准	(23)
第二章 电光源	(33)
第一节 电光源的分类及特性	(33)
第二节 白炽灯的结构及技术数据	(42)
第三节 卤钨灯的结构及技术数据	(46)
第四节 荧光灯的结构及技术数据	(49)
第五节 高压汞灯的结构及技术数据	(59)
第六节 金属卤化物灯的结构及技术数据	(62)
第七节 钠灯的结构及技术数据	(66)
第八节 其他照明光源	(73)
第九节 光源的应用	(77)
第三章 照明灯具	(80)
第一节 照明灯具的作用及分类	(80)
第二节 灯具的光学特性	(85)
第三节 照明附件及灯具的技术参数	(90)
第四节 照明灯具的安全要求及选择	(96)
第四章 照明供电系统及负荷计算	(110)

第一节	供电负荷及电压质量	(110)
第二节	照明供电系统	(113)
第三节	照明线路的敷设方法及保护	(121)
第四节	照明负荷计算	(132)
第五节	照明供电线路的导线选择	(137)
第六节	电力无功补偿	(148)
第五章	照明设计	(151)
第一节	照明设计要素及程序	(151)
第二节	照度和亮度计算及测定	(162)
(1) 第三节	住宅照明设计	(170)
(1) 第四节	办公室照明设计	(177)
(1) 第五节	工厂照明设计	(183)
(1) 第六节	道路照明设计	(190)
(1) 第七节	建筑物装饰照明设计	(199)
(1) 第八节	园林美化照明设计	(211)
第六章	照明电路及灯具的安装	(222)
(1) 第一节	安装前的准备工作	(222)
(1) 第二节	室内照明线路的安装	(224)
(1) 第三节	照明灯具的安装	(242)
(1) 第四节	照明电路的测试及送电	(272)
第七章	照明装置的运行管理与维修	(286)
(1) 第一节	照明装置的运行管理	(286)
(1) 第二节	电气照明防火	(296)
(1) 第三节	电气照明灯具故障检修	(312)
(1) 第四节	照明电路的检修	(337)
第八章	照明装置故障查找与修理实例	(349)
(1) 第一节	照明线路故障查找与修理实例	(349)
(1) 第二节	照明灯具故障查找与修理实例	(359)
(1) 第三节	开关、插座故障查找与修理实例	(375)

第四节	照明灯的其他故障查找与修理实例	(382)
第九章	照明节电技术	(392)
第一节	照明节电的原则及技术措施	(392)
第二节	科学选用高效光源节电	(396)
第三节	合理选用灯具节电	(401)
第四节	科学控制照明节电	(406)
第五节	照明节电的其他措施	(414)
附 录	照明技术词语解释	(425)

第一章 电气照明基本知识

第一节 光的性质和量度

人们的生活、生产照明可分为天然照明和人工照明两大类。天然照明受自然条件的限制，光线不能根据人们的要求保持随时可用，明暗可调，光线稳定。在夜晚或天然光线不足的地方，都要采用人工照明。人工照明主要是用电光源来实现的，它由电光源、灯具、室内外空间、建筑内表面和工作面组成。学习及运用电气照明，必须掌握一些电光源、灯具、照明方式、照度标准、照度质量及照明计算等相关知识。

随着人们生活水平的提高，照明的质量相应地得到提高。良好的照明条件是实现安全生产，提高劳动生产率，提高产品质量和保障职工视力健康的前提和保证。因此，合理地进行照明设计和加强对照明装置的运行维护工作，对工农业生产和职工的安全健康具有十分重要的意义。

一、可见光

光现象实质上是一种电磁现象。图 1-1 是电磁波光谱图。从图 1-1 中可以看出，在电磁波谱中其波长在 $3.80 \times 10^{-7} \sim 7.80 \times 10^{-7} \text{ m}$ 的范围内能引起人们的视觉，这部分电磁波称为可

见光，在电磁波谱中的这一段光谱称为可见光谱。不同波长的可见光能使人们产生不同颜色的感觉。在光谱中，波长从 $3.80 \times 10^{-7} \text{ m}$ 向 $7.80 \times 10^{-7} \text{ m}$ 递增时，可见光的颜色是从紫色开始按紫、蓝、绿、青、黄、橙、红的顺序逐渐变到红色。大于 $1.0 \times 10^{-7} \text{ m}$ 且小于 $3.80 \times 10^{-7} \text{ m}$ 波长的电磁波称为紫外线，大于 $7.80 \times 10^{-7} \text{ m}$ 且小于 $10.5 \times 10^{-7} \text{ m}$ 波长的电磁波称为红外线，不能引起人们的视觉。

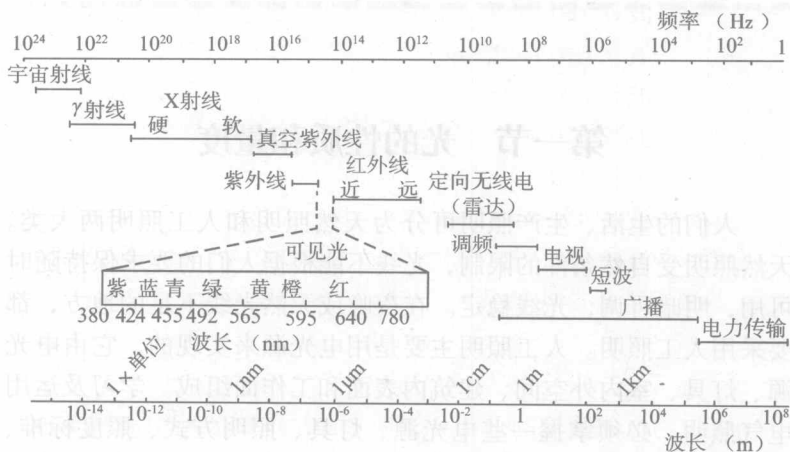


图 1-1 电磁波光谱

人们的视觉对不同波长的可见光有不同的灵敏度，即不同波长的可见光能量相同，人眼感觉到的明暗程度不同。在明亮条件下，人眼对黄色、绿色的光的视觉灵敏度最高，对橙色、青色、蓝色的光次之，对红色和紫色光的视觉灵敏度最差。图 1-1 是人眼视觉的相对灵敏度曲线图，图 1-1 中实线是在明亮条件下，人眼对各种颜色（即对于可见光的各种波长）的所谓明视觉相对灵敏度曲线。人眼明视觉灵敏度又称人眼的光谱光效率。图 1-1 中把绿色光（波长为 555 nm）对人眼产生的视觉定为 1，而其他颜色的光对人眼产生的视觉都小于 1。图 1-1 中虚线是在黑

暗条件下的暗视觉曲线。暗视觉对短波长较灵敏,而对长波长的红色光部分几乎不感光,因而曲线向短波长方向移动,峰值也由明视觉的 555 nm 移至 507 nm。

光源发出的光波波长越接近 555 nm,其光效率就越高;光源发出的光波波谱越宽,其光色就越接近于日光。不同波长的可见光,在人眼中又产生不同颜色感觉。由图 1-1 中可知,可见光谱又可分为:

- 红——波长 780 ~ 640 nm;
- 橙——波长 640 ~ 600 nm;
- 黄——波长 600 ~ 570 nm;
- 绿——波长 570 ~ 490 nm;
- 青——波长 490 ~ 450 nm;
- 蓝——波长 450 ~ 430 nm;
- 紫——波长 430 ~ 380 nm。

全部可见光波混合在一起就形成了日光(白色光)。

二、相对光谱效率

光作为电磁能量的一部分,用来衡量电磁波所引起视觉能量的量,称为光谱光效能。任一波长可见光的光谱光效能与 555 nm 可见光的光谱效能之比,称为该波长的相对光谱效率 $V(\lambda)$ 。图 1-1 中实线所示是明视觉的相对光谱效率曲线。

光谱光效率用以衡量各种波长单色光的主观感觉量,又称为单色光的相对视度。例如,在图 1-1 中可查得蓝光波长(440 nm)、黄绿光波长(555 nm)、红光波长(650 nm)的 $V(\lambda)$ 值分别是 0.06、1、0.107。这表明要想在人眼引起相同的主观视觉,应使蓝光和红光的辐射功率分别是黄绿光的 16.6 倍和 8.35 倍。

三、光的度量及关系

1. 光通量 光源在单位时间内向周围空间辐射出去的,并

使人眼产生光感的能量,称光通量,符号为 Φ ,单位为lm(流明)。

光通量是指用人眼评定的照明效果,是衡量人眼视觉的光量参数。由于人眼对黄绿光最敏感,在光学中以它为基准作出如下的规定:当发出波长为555 nm黄绿色的单色光源,其辐射功率为1 W时,则它所发出的光通量为680 lm,因此,可求出某一波长的光源的光通量如下:

$$\Phi_{\lambda} = 680 V(\lambda) P_{\lambda} \quad (1-1)$$

式中 Φ_{λ} ——波长为 λ 的光通量(lm);

$V(\lambda)$ ——波长为 λ 的光的相对光谱光效率;

P_{λ} ——波长为 λ 的光源的辐射功率(W)。

只含有单一波长的光称为单色光。大多数光源都含有多种波长的单色光,称为多色光。多色光光源的光通量为它所含的各单色光的光通量之和,即

$$\Phi = \Phi_{\lambda_1} + \Phi_{\lambda_2} + \cdots + \Phi_{\lambda_n} = \sum [680V(\lambda)P_{\lambda}]$$

2. 发光强度 桌子上方有一盏无罩的白炽灯,在加上灯罩后,桌面显得亮多了。同一盏灯泡不加灯罩与加上灯罩,它所发生的光通量是一样的,只不过在加上灯罩后,光线经灯罩的反射,使光通量在空间分布的状况发生了变化,射向桌面的光通量比没加灯罩时增多了。因此,在电气照明技术中,只知道光源所发生的总光通量是不够的,还必须了解光通量在空间各个方向上的分布情况。

光源在空间某一方向上的光通量的辐射强度,称为光源在这一方向上的发光强度,符号为 I ,单位为坎德拉(cd)。

对于向各个方向均匀辐射光通量的光源,各个方向的光强均相同,因此,必须用立体角度作为空间光束的量度单位计算光通量的密度。

图1-2所示是一个球体,其半径为 r_0 。球面上的某块面积 A 对球心形成的角称为立体角,以符号 ω 表示,且

$$\omega = \frac{A}{r^2} \quad (1-2)$$

立体角的单位是球面度 (sr)。当 $A = r^2$ 时, $\omega = 1 \text{ sr}$, 整个圆球面所对应的立体角为

$$\omega = \frac{4\pi r^2}{r^2} = 4\pi \text{ (sr)}$$

若光源辐射的光通量是均匀的, 参照图 1-3, 发光强度定义为

$$I_{\theta} = \frac{\Phi}{\omega} \quad (1-3)$$

式中 I_{θ} ——光源在 θ 方向上的光强 (cd);

Φ ——球面 A 所接受的光通量 (lm);

ω ——球面所对应的立体角 (sr)。

可见, 1 cd 表示在 1 sr 内, 均匀发出 1 lm 的光通量, 即

$$1 \text{ cd} = \frac{1 \text{ lm}}{1 \text{ sr}}$$

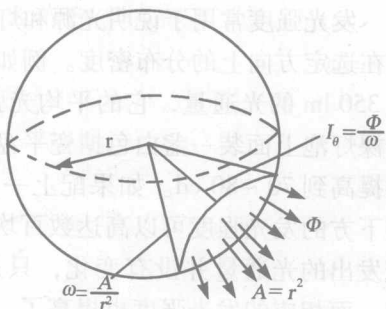


图 1-2 发光强度

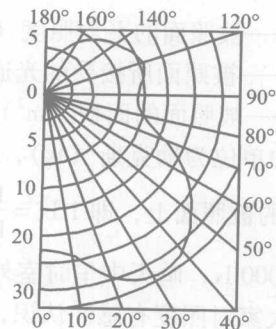
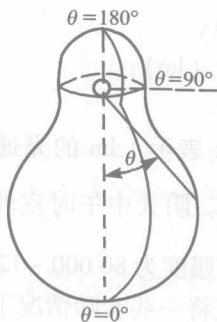


图 1-3 发光强度在空间分布的情况和配光曲线

发光强度常用于说明光源和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。例如,一只 220 V、40 W 白炽灯发出 350 lm 的光通量,它的平均光强为 $350/4\pi = 28$ (cd),若在该裸灯泡上面装一盏白色搪瓷平盘灯罩,则灯的正下方发光强度能提高到 70 ~ 80 cd。如果配上一个聚焦合适的镜面反射罩,则灯下方的发光强度可以高达数百坎德拉。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,而相应的发光强度也提高了。

用极坐标来表示光源各个方向上发光强度的曲线,称为该光源的配光曲线。图 1-3 是某光源的配光曲线。由图 1-3 可见,光源在各个方向上的光强是不同的,在 30° 处 $I_{30} = 35$ cd,在 120° 处 $I_{120} = 10$ cd。

3. 照度

(1) 照度定义:是指受照物体表面单位面积上所投射的光通量,符号为 E ,单位为勒克斯 (lx)。

如果光通量 Φ 均匀地投射在面积为 A 的表面上,则该表面的平均照度值为

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

式中 E ——被照面的平均照度 (lx);

Φ ——被照面所接受的光通量 (lm);

A ——被照面的面积 (m^2)。

照度的单位为勒克斯 (lx),1 lx 表示 1 lm 的光通量均匀分布在 1 m^2 的被照面上,即 $1 \text{ lx} = \frac{1 \text{ lm}}{1 \text{ m}^2}$ 。阴天中午时室外的照度为 8 000 ~ 20 000 lx;晴天中午时室外的照度为 80 000 ~ 120 000 lx。

为使大家对照度有感性的认识,现将一些实际情况下的光强度值列在表 1-1 中。

表 1-1 实际情况下的光照度值

情 况	照度值 (lx)
夜间在地面上产生的光照度	3×10^{-4}
满月在地面上产生的光照度	0.2
工作场地必需的光照度	20 ~ 100
晴朗的夏日在采光良好的室内的光照度	100 ~ 500
太阳不直接照到的露天地面的光照度	$10^3 \sim 10^4$
中午露天地面的光照度	10^5

(2) 发光强度与照度的关系：当光源的直径小于被照面距离的 $1/5$ 时，则可把该光源视为点光源。

图 1-4 (a) 中，面 A_1 、 A_2 、 A_3 与点光源 O 的距离分别为 r 、 $2r$ 、 $3r$ ，这三块面在光源处形成的立体角相同，则 A_1 、 A_2 、 A_3 的面积比等于它们与光源的距离之平方比 $1:2^2:3^2$ ，即 $1:4:9$ 。若点光源在图示方向的发光强度为 I ，因三块面对应的立体角相同，落在这三块面上的光通量也相同，但由于它们的面积不同，故它们的照度不同。下面推导点光源的发光强度与照度的一般关系。

由式 (1-4) 可知，照度 $E = \Phi/A$ ，由式 (1-3) 得光强 $I_\theta = \Phi/\omega$ ，立体角 $\omega = A/r^2$ 。则

$$E = \Phi/A = \frac{I_\theta \omega}{A} = \frac{I_\theta A/r^2}{A} = \frac{I_\theta}{r^2} \quad (1-5)$$

由式 (1-5) 表明，某表面照度 E 与点光源在这个方向上的光强 I_θ 成正比，与它至光源的距离 r 的平方成反比，这个计算点光源产生照度的基本公式，称为距离平方反比定律。

当光线的入射角不等于零时，如图 1-4(b) 的面 A_2 ，它的法线与光线成 θ 角（入射角为 θ ），而面 A_1 的法线与光线重合（光线垂直入射，入射角为零），由图可见

$$\Phi = A_1 E_1 = A_2 E_2 \text{ 且 } A_2 = \frac{A_1}{\cos \theta}$$

故

$$E_2 = E_1 \cos \theta$$

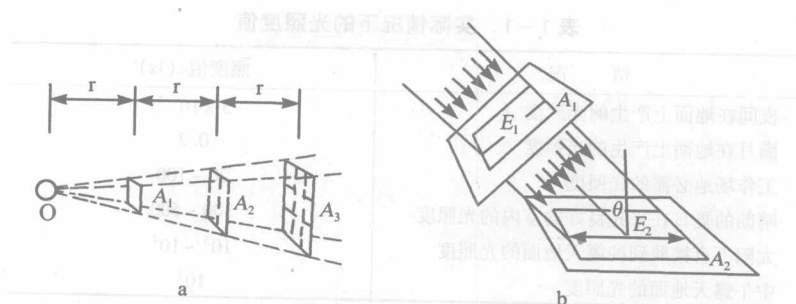


图 1-4 点光源的发光强度与照度的关系

a. 光线垂直入射到被照面上；b. 光线倾斜入射到被照面上

由式 (1-5) 得知 $E_1 = \frac{I_\theta}{r^2}$ ，则

$$E_2 = \frac{I_\theta}{r^2} \cos\theta \quad (1-6)$$

式 (1-6) 表明，被照面的照度与光源在这个方向上的光强 I_θ 和入射角 θ 的余弦成正比；与它至光源的距离 r 的平方成反比。

4. 亮度 亮度是指发光体（不只是电源，其他受照物体对人眼来说也可看作间接发光体）在人眼视线方向单位投影面积上的发光强度，称为该发光体的表面亮度，以符号 L 表示，单位为坎德拉/米² (cd/m²)。该发光体表面法线方向的光强为 I ，而人眼视线与发光体表面法线交 θ 角参看图 1-5，因此视线方向的光强 $I_\theta = I \cos\theta$ 。而视线方向发光体的投影面 $A_0 = A \cos\theta$ ，其中 A 为发光体面积，因此可得发光体在视线方向的亮度为

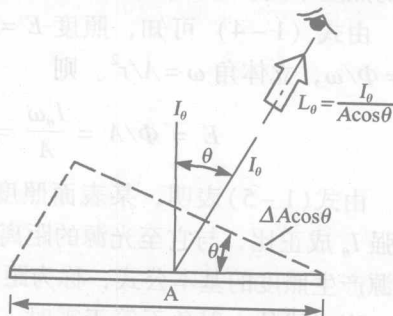


图 1-5 表面亮度的定义

$$L_{\theta} = \frac{I_{\theta}}{A_{\theta}} = \frac{I \cos \theta}{A \cos \theta} = \frac{I}{A} \quad (1-7)$$

式中 L_{θ} ——发光体沿 θ 方向的表面亮度 (cd/m^2);

I_{θ} ——发光体沿 θ 方向的发光强度 (cd);

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

上式说明, 发光体的亮度值实际上与人眼的视线方向无关。

亮度的概念对于一次光源和被照物体是同等适用的, 亮度是一个客观量, 但它直接影响人眼的主观感觉。晴天天空的亮度为 $0.5 \times 10^4 \sim 2 \times 10^4 \text{ cd}/\text{m}^2$; 白炽灯灯丝的亮度为 $300 \times 10^4 \sim 1400 \times 10^4 \text{ cd}/\text{m}^2$; 荧光灯管的表面亮度为 $0.6 \times 10^4 \sim 0.9 \times 10^4 \text{ cd}/\text{m}^2$ 。

以上介绍了 4 个常用的光度单位, 光通量说明发光体发出的光能数量; 发光强度是发光体在某方向发出的光通量密度, 它表明了光通量在空间的分布状况; 照度表示被照面接受的光通量密度, 用来鉴定被照面的照明情况; 亮度则表示发光体单位表面积上的发光强度, 它表明了一个物体的明亮程度。它们从不同的角度表达了物体光学特征。现将它们综合列表 1-2, 以便比较。将光通量、发光强度、照度、亮度 4 个光度单位之间关系表达于图 1-6。

表 1-2 光度单位和定义

名称	符号	定义式	单位
光通量	Φ	$\Phi = \sum [680V(\lambda)P_{\lambda}]$	流明 (lm)
发光强度	I	$I = \Phi/\omega$	坎德拉 (cd)
照度	E	$E = \Phi/A; E = \frac{I_{\theta}}{r^2} \cos \theta$	勒克斯 (lx)
亮度	L	$L = I/A$	坎德拉/ m^2 (cd/m^2)

5. 各个光度量之间的关系

(1) 光通量 Φ 与发光强度 I 的关系: 如一个光源在各个方向的发光强度都是均匀的, 那么任一方向的发光强度就等于光通量除以 4π 。即