

PUTONG GAODENG XUEXIAO
JIANZHU HUANJING YU SHEBEI GONGCHENG
XILIE JIAOCAI



普通高等学校
建筑环境与设备工程系列教材

建筑电气

JIANZHU DIANQI

- 主 编 关光福
- 副主编 黄俊青 金 宁
- 主 审 马誌溪



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

JIANZHU HUANJING YU SHEBEI GONGCHENG

PUTONG GAODENG XUEXIAO
JIANZHU HUANJING YU SHEBEI GONGCHENG
XILIE JIAOCAI



普通高等学校
建筑环境与设备工程系列教材

建筑电气

JIANZHU DIANQI

- 主 编 关光福
- 副主编 黄俊青 金 宁
- 主 审 马诤溪



重庆大学出版社

内 容 提 要

本书以建筑电气学科的知识体系和结合解决民用建筑电气设计工程实际问题的思路、一般做法,以及理论要求,并针对建筑环境与设备工程等土木建筑类专业的发展趋势,在以往教材基础上与时俱进,来构思全书内容的安排。全书共分为10章,主要内容包括光学基本知识、电光源与灯具、照度计算、室内照明设计基础、变配电所、民用建筑供电、建筑电气安全技术、高层建筑供配电、课程设计指导和建筑电气施工图设计等。为配合教学,书中每章配有适量的复习与思考题。

本书可作为全国高校建筑环境与设备工程专业教学用书,也可供土木建筑类各专业(如土木工程、工程造价、给水排水工程、市政工程等)以及相近专业教学使用;同时,还可作为相关领域的广大工程技术和科研人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑电气/关光福主编. —重庆:重庆大学出版社,
2007.6

(普通高等学校建筑环境与设备工程系列教材)

ISBN 978-7-5624-4112-0

I. 建… II. 关… III. 房屋建筑设备:电气设备—高等
学校—教材 IV. TU85

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 057800 号

普通高等学校建筑环境与设备工程系列教材 建筑电气

主 编 关光福

副主编 黄俊青 金 宁

主 审 马志溪

责任编辑:陈红梅 郭一之 版式设计:陈红梅

责任校对:文 鹏 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街174号重庆大学(A区)内

邮编:400030

电话:(023)65102378 65105781

传真:(023)65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(市场营销部)

全国新华书店经销

重庆华林天美印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:16.25 字数:406千 插页:8开1页

2007年6月第1版 2007年6月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-4112-0 定价:24.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

特别鸣谢单位

(排名不分先后)

天津大学	重庆大学
广州大学	江苏大学
湖南大学	南华大学
东南大学	扬州大学
苏州大学	同济大学
西华大学	江苏科技大学
上海理工大学	中国矿业大学
南京工业大学	南京工程学院
华中科技大学	南京林业大学
武汉科技大学	武汉理工大学
山东科技大学	天津工业大学
河北工业大学	安徽工业大学
合肥工业大学	广东工业大学
重庆交通大学	福建工程学院
重庆科技学院	江苏制冷学会
西安交通大学	解放军后勤工程学院
西安建筑科技大学	新疆伊犁师范学院
安徽建筑工业学院	江苏省建委定额管理站

前 言

为适应新时期教学改革与发展的需要,并从当前社会对应用型人才的需求入手,按照全国高等学校土木建筑类相关专业指导委员会教学会议精神,在结合长期从事教学、科研和工程实践,以及充分吸收国内外本学科领域中最新科技成果的基础上,我们编写了《建筑电气》一书。

信息时代的到来,使传统的建筑行业发生了深刻变化,形成了信息技术与建筑的结合产物——智能建筑。这就要求具备建筑结构知识、建筑设备知识、供暖通风与空调知识的专业人才要掌握一定的强弱电知识和建筑设备自动化系统知识;同时,建筑类专业的人才还应具备一定的建筑照明知识。为此,本书针对土木建筑类专业,主要围绕电气照明技术、供电系统和建筑电气安全技术等内容而展开,最后归结到课程设计的导引和建筑电气施工图设计的系统阐述。全书内容深入浅出,既有理论知识,又与工程实际紧密结合,在内容上做到具有科学性、启发性和实用性。通过本教材的学习,将使建筑环境与设备工程专业的学生具有一定的应用电气技术知识于本专业的能力,今后可从事民用建筑工程的电气设计、施工、监理和管理等工作。本教材可作为土建类各工程专业或其他相近专业的教学用书,也可供相关领域的工程技术和科研人员参考使用。

本书由福建工程学院关光福担任主编,并承担5.5节,第6章,第9章和第10章的编写及全书的统稿工作;第1章,第2章,第3章,第4章,8.1和8.2节由福建工程学院黄俊青编写;5.1,5.2,5.3,5.4节,第7章,8.3,8.4节由上海理工大学金宁编写。全书由华侨大学马志溪教授担任主审。

本书在编写过程中参阅了大量文献资料,在此谨向被引用了各参考文献的作者表示最真诚的敬意和谢意。同时,本书编写中还得到了福建工大建筑设计院苏瑾、福建工程学院陈海、福建工大基础工程公司张乃康和郑清华,以及诸多生产厂家、施工单位的热情支持和帮助,在此也一并表示衷心感谢。

另外,若在教学中您需要本书第10章的工程图电子版(.dug文件),请直接与我们联系(ggf@fjut.edu.cn)。

由于编写时间仓促,书中难免存在不足之处,敬请使用本书的广大师生、读者批评指正。

编 者

2007年2月

目 录

1 光学基本知识	1
1.1 光的性质、度量	1
1.2 照度标准	3
1.3 颜色的特性、眩光	6
复习与思考题	8
2 电光源与灯具	9
2.1 电光源的分类及主要技术指标	9
2.2 常用电光源	12
2.3 照明器	23
复习与思考题	27
3 照度计算	28
3.1 利用系数法	28
3.2 单位容量法	33
复习与思考题	34
4 室内照明设计基础	35
4.1 照明方式、种类及质量	35
4.2 照明器的布置	39
4.3 各类建筑照明设计的特点	43
复习与思考题	46
5 变配电所	47
5.1 变配电所的形式和位置	47
5.2 变配电所的布置	48
5.3 变配电所的主接线和设备配置	51
5.4 高压开关与变压器的选择	58
5.5 变配电所对有关专业的要求	70
复习与思考题	76
6 民用建筑供电	77
6.1 电力系统简介	77
6.2 照明供配电系统	85
6.3 电力负荷分级与供电要求	91

6.4 电力负荷计算	94
6.5 常用的控制与保护电器	112
6.6 常用配电导线的选择	131
复习与思考题	139
7 建筑电气安全技术	141
7.1 接地与接零	141
7.2 低压配电系统的保护	146
7.3 雷电的产生及破坏作用	148
7.4 建筑物的防雷与接地	152
复习与思考题	157
8 高层建筑供配电	158
8.1 高层建筑的负荷特点与级别	158
8.2 高层建筑供电的网络结构	162
8.3 高层建筑的电力配电系统	164
8.4 综合布线系统	175
复习与思考题	182
9 课程设计指导	183
9.1 概述	183
9.2 设计资料收集	185
9.3 设计步骤	186
10 建筑电气施工图设计	188
10.1 设计基础知识	188
10.2 设计程序和深度	194
10.3 电气施工图设计实例	205
附录	229
附录1 照明计算用表	229
附录2 住宅户数与变压器容量的关系	236
附录3 照明负荷需要系数	237
附录4 常用导线载流量及截面选择	237
附录5 常用电气图形符号和标注文字符号	243
附录6 电气设计常用标准	248
附录7 电气设计常用标准图集	249
参考文献	251

1 光学基本知识

良好的照明环境是保证人们进行正常工作、学习和生活的必要条件。照明分为天然照明和人工照明,天然照明的主要光源是太阳,而人工照明是将电能转换为光能进行应用的。因此,通常将人工照明称为电气照明。它是一门综合性技术,不仅要应用光学和电学方面的技术,而且涉及建筑学、生理学等方面的内容。要学好电气照明技术,首先必须掌握一些光学基本知识。

1.1 光的性质、度量

1.1.1 光的性质

光是能量的一种存在形式,具有波、粒二重性。光的波动性理论认为,光是一种能在空间传播的电磁波,在传播过程中不需要任何物质作为媒介,其能量传递方式为辐射,而光就是能引起人的视觉反映的辐射能。可见光的波长一般在 $380 \sim 780 \text{ nm}$,不同波长的光给人的颜色感觉是不同的。可见光从 $380 \sim 780 \text{ nm}$ 依次展开,将分别呈现紫、蓝、青、绿、黄、橙、红色。波长小于 380 nm 的有紫外线、 x 射线、 γ 射线和宇宙射线,波长大于 780 nm 的有红外线和无线电波等,它们是人眼看不见的,与可见光的性质不同。各种颜色光的波长不是截然分开的,而是一种颜色逐渐减少,另一种颜色逐渐增多的渐变过程。单一波长的光呈一种颜色,称单色光(如激光);而大多数的光(如日光和通常使用的灯光)都是由不同波长的光混合而成,称为复合光。

1.1.2 光的度量

在照明设计时经常需要对光进行定量分析和计算。光的度量方法主要有 2 种:一种是用辐射度学的物理方法来度量,称为辐射度量,它是纯粹的物理方法,不考虑人的视觉效果;另一种是用光度学的方法来度量,称为光度量,它是考虑了人的视觉效果的生理物理方法。辐射度量与光度量有着密切的关系,光度量是从辐射度量中引出的。电气照明设计着重于建筑空间光环境的创造,必须考虑人在空间的舒适度。因此,照明设计中通常采用的都是光度量。

1) 光通量

人眼对不同波长的可见光具有不同的灵敏度,即使光源辐射出的能量相同时,在人眼中的

亮度感觉也不同。由于光是一种电磁波,因此光可用光通的射线形式来描述,而人眼对光能量的感觉则用光通量来衡量。

光源在单位时间内,向周围空间辐射出的、使人眼产生光感觉的能量,称为光通量,用 ϕ 表示,单位为 lm 。

在照明工程中,光通量常用来说明光源的发光能力。例如:一只 $220\text{ V}, 100\text{ W}$ 的白炽灯发射的光通量为 $1\,250\text{ lm}$,而一只 $220\text{ V}, 36\text{ W}$ 的 T8 荧光灯发射的光通量为 $2\,400\text{ lm}$ 。因此,在相同空间内,分别用 2 只不同的光源来照明,会感觉到 36 W 的荧光灯比 100 W 的白炽灯在照明效果上更亮些。

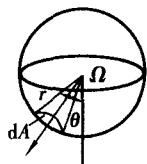
另外,光通量不仅与光辐射的强弱有关,而且与辐射的波长有关。人眼对可见光中波长为 555 nm 的黄绿色光最灵敏,波长离 555 nm 越远,人眼的灵敏度越低。

2) 发光强度

桌子上方有一盏白炽灯,加上灯罩后,就显得亮多了。同一盏灯加与不加灯罩,光源本身所发出的光通量都是一样的,只不过加上灯罩后光线经灯罩的反射,使光通量在空间各方向上的分布发生了变化,射向桌面的光通量增加了。因此,仅知道光源的光通量是不够的,还必须了解光通量在空间各个方向上的分布情况。

由于光源向空间各方向发出的光通量不均匀,大小也不相等,为了表示光源在不同方向上光通量的分布,故引入光源的发光强度概念。

光源在某一个特定方向上单位立体角 $\text{d}\Omega$ 内(每球面度)辐射的光通量,称为光源在该方向上的发光强度,简称光强,用 I 表示,单位为 cd ,见图 1.1。对于向各方向均匀辐射光通量的光源,各方向上的光强相等,即:



$$I_{\theta} = \frac{\text{d}\Phi}{\text{d}\Omega} \quad (1.1)$$

式中 $\text{d}\Phi$ ——光源在立体角元内所辐射出的总光通量, lm ;

$\text{d}\Omega$ ——光源发光范围的立体角元;

I_{θ} ——光源在 θ 方向上的发光强度, cd 。

图 1.1 光强的概念

球面上某部分与其球心所对应的空间,叫做立体角,单位为 sr 。立体角 Ω 等于与之相对应的球面面积与球半径 r 的平方的比值,即:

$$\Omega = \frac{A}{r^2} \quad (1.2)$$

光强这一概念仅应用于点光源。在光源的最大尺寸与研究该光源性质时所取的距离的比值较小时,此光源可看作点光源。另外,整个空间的立体角为 4π 球面度。

发光强度常用于说明光源和灯具发出的光通量在选定方向上的分布密度。例如:一只 $220\text{ V}, 40\text{ W}$ 的白炽灯平均光强为 28 cd ;如果在灯泡上方加一白色搪瓷灯罩,则灯的正下方光强可提高到 73 cd 左右。

3) 照度

光通量和光强主要用以表明光源或发光体发射光的强弱,而照度则是用来表明被照面上

接收到的光的强弱。

被照面上的光通密度称为照度。它是射入单位面积的光通量,用 E 表示,单位为 lx ($1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$)。

$$E = \frac{d\Phi}{dA} \quad (1.3)$$

式中 $d\Phi$ ——被照面面积元的光通量, lm ;

dA ——被照面面积元。

在进行照明设计时,如空间存在多个光源时,工作面上照度的计算可采用叠加法。

4) 光出射度

如果光源是一个面光源,则发光面面积元出射的光通量称光出射度,以 M 表示,单位为 rlx 。

$$M = \frac{d\Phi}{dA} \quad (1.4)$$

比较光出射度与照度可知,它们是相同的物理量,只是所描述的对象不同。

5) 亮度

亮度是描述发光面或反光面上光的明亮程度的物理量。由于光的出射度没有辐射方向,所以不能表示发光面在不同方向上的光学特性。因此,将发光体在某一视线方向单位投影面积上的发光强度,称为该发光体在这一方向上的亮度(图 1.2),用 L 表示,单位为 nt 。

$$L_{\theta} = \frac{I_{\theta}}{A \cos \theta} \quad (1.5)$$

式中 $A \cos \theta$ ——发光体在某视线方向上的投影面积;

L_{θ}, I_{θ} ——发光体沿 θ 方向的表面亮度及发光强度。

式(1.5)表明,亮度不仅与被视为物体的发光强度有关,还与发光面的视面积大小有关。例如:相同照度下的 2 个并排放置的物体,偏白的物体看上去要亮些,而偏黑的物体看上去要暗些,这是因为反射回人眼的光强发生了变化。

常见光源的表面亮度:太阳的表面亮度为 $1.6 \times 10^9 \text{ cd/m}^2$;钨丝灯为 $(2.0 \sim 20) \times 10^6 \text{ cd/m}^2$;40 W 荧光灯约为 7000 cd/m^2 。

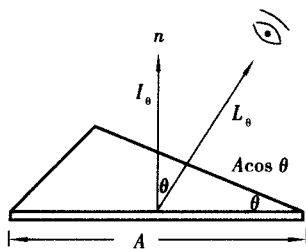


图 1.2 亮度的概念

1.2 照度标准

人在环境中能否看清周围物体,一方面取决于被视为物体的尺寸大小,另一方面取决于物体与周围环境的亮度对比,被视为物体的尺寸越小,要求的照度水平越高。在选用相同灯具时,照度水平越高意味着耗电量也高。因此,照度水平受国家经济发展水平的制约;而视力还与亮度对比有关,特别是物体尺寸较小情况下,亮度对比对视力的影响更显著。照度标准制订的依据主要考虑视觉功效特性、视疲劳性、经济性。

影响人的视力的因素主要有:生理因素、背景亮度、亮度对比及年龄。为了在各类建筑的照明设计中贯彻执行国家的有关技术经济政策,使设计符合建筑功能和保护人们视力健康的要求,提高产品质量和劳动生产率,做到节约能源、技术先进、经济合理、使用安全和维修方便,国家制订和颁布了照明标准。目前,我国采用的照度标准为《建筑照明设计标准》(GB 50034—2004),该标准具有以下特点:

- ①工业与民用照明标准合并,标准值唯一,不再分高、中、低等级。
- ②标准值的制定参考了国际标准而有较大提高。
- ③与 90 版、92 版规范相同,照度值为工作面上的平均照度值,需要考虑维护系数。一般情况下,工作面的参考高度仍为 0.75 m。
- ④照度值计算的允许偏差控制在 -10% ~ +10%。灯具数量在 10 只以下时,可允许超过此范围。
- ⑤增设了医院、学校、博物馆、展览馆的照度标准。

照度标准的分级如下:0.5,1,3,5,10,15,20,30,50,75,100,150,200,300,500,750,1 000,1 500,2 000,3 000,5 000 lx,共 21 级。部分建筑的照明设计标准,见表 1.1 ~ 表 1.5。

表 1.1 居住建筑照明标准值

房间或场所		参考平面及其高度/m	照度标准值/lx	Ra
起居室	一般活动	0.75(水平面)	100	80
	书写、阅读		300 *	
卧室	一般活动	0.75(水平面)	75	80
	床头阅读		150 *	
餐 厅		0.75(水平面)	150	80
厨房	一般活动	0.75(水平面)	100	80
	操作台	台面	150 *	
卫生间		0.75(水平面)	100	80

注: * 宜用混合照明;Ra 为显色指数。

表 1.2 办公建筑照明标准值

房间或场所	参考平面及其高度/m	照度标准值/lx	UGR	Ra
普通办公室	0.75(水平面)	300	19	80
高档办公室	0.75(水平面)	500	19	80
会议室	0.75(水平面)	300	19	80
接待室、前台	0.75(水平面)	300		80
营业厅	0.75(水平面)	300	22	80
设计室	实际工作面	500	19	80
文件整理、复印、发行室	0.75(水平面)	300		80
资料、档案室	0.75(水平面)	200		80

表 1.3 商业建筑照明标准值

房间或场所	参考平面及其高度/m	照度标准值/lx	UGR	Ra
一般商店营业厅	0.75(水平面)	300	22	80
高档商店营业厅	0.75(水平面)	500	22	80
一般超市营业厅	0.75(水平面)	300	22	80
高档超市营业厅	0.75(水平面)	500	22	80
收款台	台 面	500	—	80

表 1.4 学校建筑照明标准值

房间或场所	参考平面及其高度/m	照度标准值/lx	UGR	Ra
教室	课桌面	300	19	80
实验室	实验桌面	300	19	80
美术教室	桌面	500	19	90
多媒体教室	0.75 m(水平面)	300	19	80
教室黑板	黑板面	500	—	80

表 1.5 公用场所

房间或场所		参考平面	照度标准值/lx	UGR	Ra
门厅	普通	地面	100	—	60
	高档	地面	200	—	80
走廊、流动区域	普通	地面	50	—	60
	高档	地面	100	—	80
楼梯、平台	普通	地面	30	—	60
	高档	地面	75	—	80
自动扶梯		地面	150	—	60
厕所、盥洗室、浴室	普通	地面	—	—	60
	高档	地面	—	—	80
电梯前厅	普通	地面	—	—	60
	高档	地面	—	—	80
休息室		地面	100	22	80
储藏室、仓库		地面	100	—	60
车库	停车间	地面	75	28	60
	检修间	地面	200	25	60

1.3 颜色的特性、眩光

1.3.1 颜色的形成

颜色来源于光,波长不同的单色光,会使人有不同的色觉。发光体发出的光所产生的颜色,称为光源色,它取决于光的波长成分。如果发光体发出的是单色光,那么它的光色将完全取决于单色光的波长;如果波长不同,则单色光的颜色也不同。当发光体发出的是复合光,那么它的光色将取决于它的光谱能量分布。

1.3.2 颜色的基本性质

颜色可分为彩色和非彩色(非彩色是指黑色、白色和介于二者之间的深浅不同的灰色,称黑白系列或无色系列)。根据光的波长也可依次排成一个系列,称为彩色系列。

颜色有3个基本属性:色调、彩度、明度。

①人们用色调来表明颜色的不同,通常把各种光谱色归纳成有限种色调,例如:红、橙、黄、绿、青、蓝、紫等。由于可见光的波长范围较广,相应颜色的色调就有许多,但实际上相近波长的单色光用人眼很难区分它们的颜色差别。

②彩度是指颜色的深浅程度。如果某种颜色的彩度高,说明这种颜色深。反之,如果彩度低,说明颜色浅。彩度反映光的波长范围的大小。波长范围越小,说明颜色越纯,彩度越高。也可以把任意颜色看成是光谱色与白色的混合,颜色中白色成分越少,则颜色越纯,彩度越高,色彩越深;反之,颜色中白色成分越多,则颜色纯度越低,彩度越低,色彩也就越浅。

③明度是指颜色的明暗程度。物体表面色的明度由物体表面的发射比来决定,发射比越低,颜色越暗,发射比较高时,则颜色明亮。

1.3.3 颜色的表示

1) 孟塞尔表色系统

在现代照明技术中,对颜色效果的要求越来越高。为了能准确地说明相近颜色之间的细小差别,孟塞尔创立了比较完整的、采用颜色图册的表色系统,如按颜色的3个属性进行分类,并以它们的各种组合来表示。

(1)色调 H 孟塞尔将颜色按红(5R)、黄红(5YR)、黄(5Y)、黄绿(5GY)、绿(5G)、蓝绿(5BG)、蓝(5B)、蓝紫(5PB)、紫(5P)、红紫(5RP)分成10个色调,每个色调又各自分成从0~10的感觉上的等距指标。

(2)明度 V 对同一色调的颜色来说,明暗程度也不一定相同,物体表面颜色的明度取决于物体表面的反射比,反射比高的看上去明亮些,反射比低的颜色看上去就比较阴暗。因此,将白色的明度定为10,将黑色的明度定为0。在黑白之间,按感觉上的等距指标分成10等分来表示其明度值。

对光源的明度主要是反映光的强弱,光线越强则明度越高,光线越弱则明度越低。

(3)彩度 C 对相同明度的色彩来说,又有鲜艳和阴沉之分,色彩鲜艳的程度称为彩度。凡是彩度高的颜色,它的纯度也就高,也越鲜艳。可以认为,彩度是色调的表现程度,它可以反映光线波长范围的大小。波长范围越窄,说明颜色越纯,彩度越高。在不同色调中所分的等级也不同。例如:蓝色为1~6级,红色为1~16级。同一色系内,数字大的彩度就高。

孟塞尔表色系统用数字和符号表示颜色的方法是:先写色调,其次写明度,最后在斜线下写出彩度,即 HV/C 。

例如:某颜色样品的孟塞尔表达式为 $5YR8/3$,表示该颜色的孟塞尔色调为5 YR,即黄红色;明度 $V=8$,表示颜色较亮;彩度 $C=3$,表示彩度不高,不够鲜艳。

对于非彩色的黑白系列,只需标注颜色的明度,一般用符号 N 表示,再加上明度值($N5$ 即为明度 $V=5$ 的中灰色)。

孟塞尔表色系统是目前国际上应用较广的一种物体表面色的表色系统。在实际使用中,可预先制作孟塞尔颜色标号的样品,将待测颜色与样品比较,判断颜色的孟塞尔颜色标号。目前,孟塞尔表色系统可提供颜色样品多达5 000多种,其优点是比较直观,但只适用于物体表面色的表示,不能用来做颜色的计算。

2) CIE 表色系统

CIE 表色系统是国际电工照明委员会采用的表色系统,其原理是任何一种颜色都可以由三原色(指红(R)、绿(G)、蓝(B))按不同比例混合而成。它的颜色表达公式为:

$$[C] = r[R] + g[G] + b[B] \quad (1.6)$$

3) 光源的颜色

光源的颜色取决于光源的光谱能量分布,即不同频率能量的组合。它主要包含色表和显色性2方面。

(1)光源的色表 光源的色表系指光源的表现颜色,是人眼观看到光源所发出的光的颜色。在照明应用方面,光源的色表可用色温或相关色温来表示。

当黑体(能吸收全部光能的物体)被加热到某一温度,它所发出的光的颜色与标准光源所发出的光的颜色相同时,这一温度就称为该光源的颜色温度,简称色温, K 。

黑体是特殊形式的热辐射体,能把投射到它上面的辐射全部吸收,当它被加热到高温时又会产生辐射。黑体辐射的光谱功率分布完全取决于被加热的温度。在 $800 \sim 900 K$ 时呈红色, $2\,100 \sim 2\,900 K$ 时为红黄色, $3\,300 K$ 左右时为黄白色, $3\,500 K$ 时为白色, $5\,500 K$ 时为冷白色, $8\,000 K$ 以上时为浅蓝色。

(2)光源的显色性 光源所发出的光照射到物体上,对物体颜色显示的真实程度,称为光源的显色性。在电气照明技术中,光源的显色性一般以 R_a 来表示。

人类由于长期生活在日光下,习惯以日光为标准来分辨颜色。所以,在显色性测定中,将日光或与日光很接近的人工标准光源的显色指数定为100。对于同一物体,在被测光源的光照射下呈现的颜色,与在标准光源的光照射下呈现的颜色的一致程度越高, R_a 就越大,显色性越好;反之, R_a 就越小,显色性越差。

1.3.4 眩光

表明眼睛能看清细小物体程度的尺度,称为视力,它随周围环境的亮度水平显著变化。一般亮度下,视力随亮度增加而提高。当被观察物体的周围亮度与中心亮度相等或周围稍暗时,视力最好;反之,则视力显著下降。

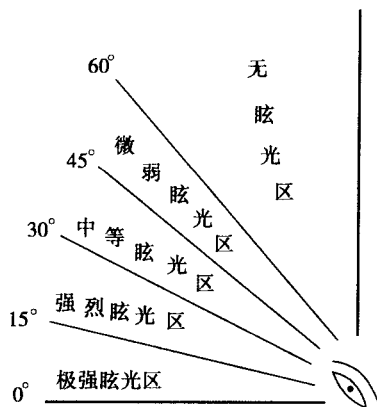


图 1.3 眩光与视线角度的关系

视觉内存在强烈亮度对比或过高的亮度,引起人眼产生不舒适的感觉或视力下降,这种现象称为眩光。例如:白天看太阳,感到不能睁开眼睛,这是由于太阳表面亮度太高所形成的眩光;晚上,走在道路两侧,迎面有汽车开来,同样会感到刺眼,这是由于漆黑的夜空与明亮的车灯之间亮度对比太强而形成的眩光。

根据眩光对视觉的影响程度,可分为失能眩光和不舒适眩光。失能眩光系指光线过强造成对人眼的伤害,且不易恢复,能造成视觉可见度下降,直接影响视觉功能,也称为减视眩光,严重时将造成失明。不舒适眩光仅造成人眼的不适,但不会对人眼结构产生本质上的影响。不舒适眩光一般不会降低视觉可见度,但会造成人们不

舒适的感觉。

直射眩光与人的视线角度有很大的关系,见图 1.3。

眩光对人的生理和心理都有明显的危害,并且会对劳动效率产生较大影响。特别是失能眩光,能引起人的视觉损伤。因此,在照明质量中应强调对眩光的控制。

复习与思考题

- 1.1 光的本质是什么? 光的度量有哪些方法?
- 1.2 试简述光通量、发光强度、照度及亮度的定义和单位。
- 1.3 颜色有哪些基本属性? 什么是孟塞尔表色系统?
- 1.4 写出下列颜色的色调、明度和彩度: 5Y6/3; 3H5/10; 6P3/2; N5。
- 1.5 光源的光色有哪些含义? 可分别用什么指标来说明?
- 1.6 什么是色表、色温、显色性和显色指数?
- 1.7 什么是眩光? 眩光的种类有哪些?

2 电光源与灯具

2.1 电光源的分类及主要技术指标

2.1.1 电光源的分类

凡是可以将其他形式能量转换成光能,从而提供光通量的设备;称为光源;将电能转换成光源能的设备,称为电光源。现代照明用的光源除日光外,大部分都是电光源。常用的电光源按其工作原理可分为热辐射光源和气体放电光源 2 大类。

1) 热辐射光源

热辐射光源是利用电流把具有耐高温、低挥发性的灯丝加热到白炽程度而产生可见光。常见的有白炽灯、卤钨灯等,它们都是以钨丝为辐射体的。

2) 气体放电光源

气体放电光源是利用电流通过灯管中气体时,激发气体电离和放电而产生可见光。常见的有荧光灯、荧光高压汞灯、高压钠灯、金属卤化物灯、氙灯等。气体放电光源具有光效高、寿命长的优点,按其放电形式又分为辉光放电灯和弧光放电灯。

2.1.2 电光源的主要技术指标

电光源的主要技术指标由电学指标和光学指标组成。

1) 电学指标(略)

2) 光学指标

(1) 额定光通 额定光通是指灯泡在额定工作情况下发出的光通量,一般以额定光通表示光源的发光能力。光源的光通量输出受许多因素影响,主要与光源的寿命有关,一般表示光源的额定光通有 2 种方式:一种是以光源的初始光通量作为额定光通,用于在整个使用过程中光通量衰减不大的光源;另一种是以光源使用了 100 h 后的光通量作为额定光通,用于光源在使用过程中衰减较大的光源。另外,同一种光源的电功率越大,光通量就越大,但并非呈简单

的正比关系。

(2) 发光效率 灯泡的发光效率即为光源的能量转换效率,也指电光源每消耗 1 W 电功率所发出的光通量,简称光效,单位为 lm/W 。常用光源的光效见表 2.1。

表 2.1 常用光源的光效

光 源	光效/ $(\text{lm} \cdot \text{W}^{-1})$	光 源	光效/ $(\text{lm} \cdot \text{W}^{-1})$
白炽灯	6 ~ 12	金属卤化物灯	
卤钨灯	21 ~ 34	钠 - 铊 - 铟灯	75 ~ 80
荧光灯	65 ~ 78	镝 灯	80
高压汞灯	40 ~ 60	卤化锡灯	50 ~ 60
氙 灯	22 ~ 50	高压钠灯	130

(3) 寿命 电光源的寿命是电光源的重要性能指标,以累计使用时间表示,分为全寿命、有效寿命和平均寿命。

全寿命是指电光源从开始使用直到完全不能使用为止的全部时间。电光源在使用过程中,光通量将随使用时间的增加而逐渐衰减,有些电光源的光通量衰减在它全寿命中相当显著,当光源的光通量衰减到一定程度时,虽然光源尚未损坏,但它的光效明显下降,继续使用很不经济。因此,通常将电光源的光通量衰减到初始值的 70% 时所使用的时间称为有效寿命;同一批电光源虽然同时使用,却不会同时损坏,通常将每批抽样试品有效寿命的平均值称为平均寿命。光源的寿命通常是指平均寿命。

(4) 光谱能量分布曲线 表示电光源所辐射各种波长的光的成分和相对强度的分布状况,称为光谱能量分布曲线。这种按不同波长所对应的相对强度绘制的曲线,称为电光源相对光谱能量分布曲线。

(5) 光色 电光源的光色有 2 方面的含义,即色表和显色性。

色表是人眼观看到的光源所发出的颜色,可用色温指标来表示。色温是当黑体被加热到某一温度时,发出的光的颜色与光源所发出的光的颜色相同,就将黑体被加热的温度称为该光源的颜色温度,简称色温。色表与色温的相应关系,见表 2.2。

表 2.2 色表与色温的相应关系

色温/K	色 表	色温/K	色 表
2 000	橙 色	4 000	白中偏黄
2 500	浅橙色	4 500 ~ 7 500	白 色
3 000	橙白色	6 000 ~ 6 500	日光色

色温能够恰当地表示热辐射光源的颜色。当光源的色温小于 3 300 K 时,给人的感觉是温暖的,称为暖色光;当色温大于 5 000 K 时,给人的感觉是冷的,称为冷色光。

光源的显色性是表征光源所发出的光对物体颜色呈现的真实程度。常用电光源的显色指数,见表 2.3。