



建筑设计基本知识丛书

建筑采光和照明设计

重庆建筑工程学院 杨光璿 罗茂羲

中国建筑工业出版社

建筑设计基本知识丛书

建筑采光和照明设计

重庆建筑工程学院 杨光璿 罗茂羲

中国建筑工业出版社

这是一本介绍建筑采光和照明设计基本知识的通俗读物。书中阐述了有关的光学基本知识,采光和照明设计的基本原理,各种采光口、光源、灯具的光照特性,并通过中小学教室和美术馆设计实例,较系统地介绍了采光、照明的设计和计算方法。书中还对建筑艺术照明和室内照明供电设计作了概要的介绍。

本书可供基建部门、设计单位、工矿企业中新从事建筑设计工作的人员自学参考。

建筑设计基本知识丛书

建筑采光和照明设计

重庆建筑工程学院 杨光曙 罗茂羲

*

中国建筑工业出版社出版 (北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷 (北京阜外南礼士路)

开本: 787×1092毫米1/32 印张: 6 1/2 字数: 147千字

1980年2月第一版 1980年2月第一次印刷

印数: 1—40,170册 定价: 0.49元

统一书号: 15040·3619

037433

目 录

绪 言	1
第一章 基本知识	4
第一节 光的基本量	4
第二节 材料的光学性质	18
第三节 影响视度的因素	23
第二章 天然采光	32
第一节 光气候和采光标准	33
第二节 采光口	41
第三节 采光设计	58
第四节 采光计算	66
第三章 人工照明	79
第一节 光源	79
第二节 灯具	86
第三节 建筑艺术照明	96
第四节 室内照明设计	115
第五节 室内照明供电设计	130
第六节 电气照明设计举例	136
第四章 采光、照明设计实例	149
第一节 中小学教室采光照度设计	149
第二节 展览馆采光照度设计	162
第五章 采光照度实测	177
第一节 测量仪器	177
第二节 采光实测	182
第三节 照明实测	186
附 录	195

绪 言

人们为了在建筑物内进行工作、学习和生活，对建筑物提出了一系列要求，其中主要的一个要求就是：希望在室内有充分的、良好的光线。光线不足，会使工作效率降低，容易发生事故，废品增多，影响人的视力甚至身体健康。

有关资料表明：提高照度，不仅对减少视觉疲劳，而且对劳动生产率的提高起很大的作用。图1所示为一精密工作车间的照度由 $370lx$ 逐渐增加的过程中，劳动生产率随之增长，视觉疲劳逐渐下降。这种趋势在 $1200lx$ 以下很明显， $1200lx$ 以上虽继续增长，但速度已减缓。

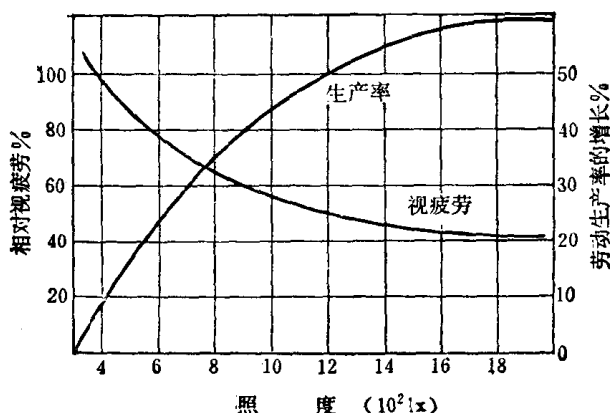


图1 劳动生产率、视觉疲劳与照度的关系

此外，工伤事故的数量也与工作地点的照度有关。有的

事故统计资料表明：事故产生的因素虽是多方面的，但照度不足则是一个很主要的因素。图 2 所示为事故次数和季节的关系。由于冬季（12、1、2 月）白天很短，室内经常采用人工照明，和天然光相比，人工照明的照度值较低，故在这一季度内事故次数最高。随着季节的改变，白昼时间长，天然光利用时数增多，室外照度比冬季高，室内照度也随之改善，事故数量就明显减少。

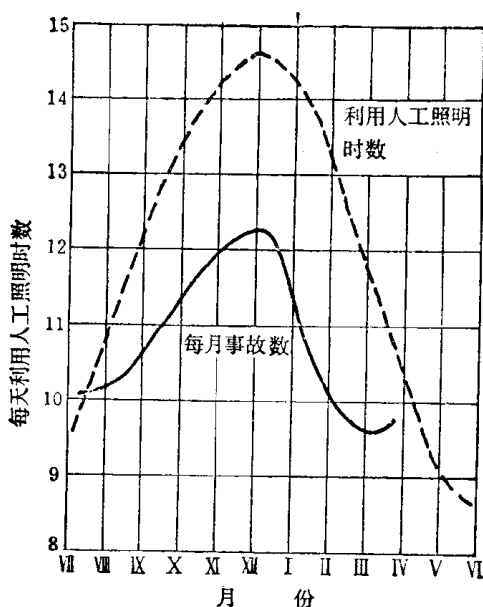


图 2 事故数量和室内照度的关系

照度对人们的身体健康特别是视力健康也有直接关系。光线不足造成工人视力迅速减退，近视眼或别的眼疾增加。尤其是学龄儿童，由于他们的身体正处于发育时期，照度不足对他们的视力影响特别大。

由上所述可见，在进行建筑设计时，务必对采光和照明效果给予较大的注意。为此，在建筑设计中，一般都要进行采光和照明设计，以保证室内具有最良好的光照条件。

采光设计的目的，在于充分利用天然光这一丰富天然资源，设计出合理的窗口形式，适量的窗口面积，及其恰当的位置，使室内获得一个良好的采光环境。既有充足的光线，而且在光的方向、亮度分布上都能满足工作、学习和生活的要求。

照明设计的目的，是根据室内需要的照度，在尽可能节约照明用电的前提下，正确选择光源品种和灯具，确定合理的照明形式和布置方案，以在室内造出一个光亮环境，使我们能象白天一样地工作、学习和生活。

目前一些大型建筑的照明设计，一般是由电气照明专业设计人员来作的，但如果没有建筑设计人员的很好配合，往往给他们在设计中造成许多不必要的麻烦，以致花费大量资金，还不能满足建筑上和生产上的要求。因此，每一个建筑设计人员，都应具备一定的电照知识，在进行建筑设计时就能考虑到电照问题，为电照设计创造必要的条件。这样，才能设计出一个不但在白天，而且在晚上，不仅在功能上，而且在艺术上都能满足要求的，适宜于人们进行各种活动的光照场所。

本书试图简要地介绍有关的光学基本知识，采光、照明设计的基本原理，设计和计算方法，以供新从事建筑设计工作的同志自学参考。

本书在编写过程中，曾得到中国建筑科学研究院建筑物理研究所、清华大学、天津大学等兄弟单位的热情帮助，提供了许多宝贵资料和意见，在此谨致感谢。

第一章 基 本 知 识

第一节 光 的 基 本 量

一、眼睛特性

人们通过眼睛观察，在头脑中反映出它们的大小、形状、颜色等特征，使人们能区别外界存在的不同事物。但眼睛的这种功能必须在一定的光线照射下才能发挥。例如在晚上，没有一点光亮，我们睁大眼睛还是什么也看不见。有一点月光时，虽然光线很弱，我们已能看出近旁物体的轮廓，区别出近水、远山和天空。随着黎明的到来，升起了太阳，大地愈来愈亮，周围的一切愈来愈清楚地呈现在我们面前，而且由单一的灰色逐渐“改变”成鲜艳的各种颜色。这一切并不意味着周围在变，而是由于我们眼睛在不同的光照条件下具有不同的能力。这种变化过程说明：人眼只在有光的条件下才能看见物体，光线愈强看的愈清楚，而且要相当亮时才有分辨颜色的能力。

从普通物理学中我们知道，任何物体的温度只要高于绝对温度零度（摄氏温度 -273°C ），就会发出不同波长的电磁波，利用不同的器官或仪器就能感觉出它的存在，甚至测量出其能量的大小。如火炉上放的水壶，用眼睛远远地看，就无法觉察它的冷热，而用手一摸就能感到它的冷热。这说明水壶由于有温度，本身就产生一定的电磁波，我们皮肤能感觉它的存在，而眼睛却无法看到。但火炉中的燃煤，我们不

但感到热，而且还能看见它的红焰。这些现象说明：只有一部分电磁波能为人眼所感觉。根据试验找出：波长为380～760毫微米（1毫微米为 10^{-9} 米，即十亿分之一米，常用符号为nm，以前为 $m\mu$ ）的电磁波人眼才能感觉到，这部分波长范围的电磁波称为可见光。波长大于760nm的红外线、无线电波；或波长短于380nm的紫外线、X射线等都不能引起人眼的视觉反应。而380～760nm范围内的不同波长，在人眼中又产生不同的颜色感觉。图1—1表示不同波长的可见光对人眼引起的不同颜色感觉，从图1—1中可看出，各种颜色的波长范围大致如下：

380～450nm紫色；580～595nm黄色；

450～480nm蓝色；595～620nm橙色；

480～580nm绿色；620～760nm红色。

当然，各种颜色的波长范围不是截然分开的，而是由一个颜色逐渐减少，另一个颜色逐渐增多地渐变到另一种颜色。

一般光源都包含多种波长的电磁波，称为多色光。如太阳光就是从红到紫的各种色光的混合。我们利用三棱镜对不同波长的光具有不同折射率的特性，可以将太阳光分成从紫到红的全部颜色的光带。而一张红纸所以被看成红的，就是因为它只反射出700nm左右的光，而将其它波长的光吸收，故引起红色感觉。这种单一波长的光称为单色光。

眼睛的另一特点是它的视看范围有限。当我们看一较大物体时就会发现，视线正中的一部分看的很清楚，其周围就逐渐模糊，再向外扩展就看不见了。看得见的这部分范围称为双眼视野范围。根据实验室测量，人们双眼不动时的视野范围为：在水平方向约 100° ，垂直方向，向上为 60° ，向下为

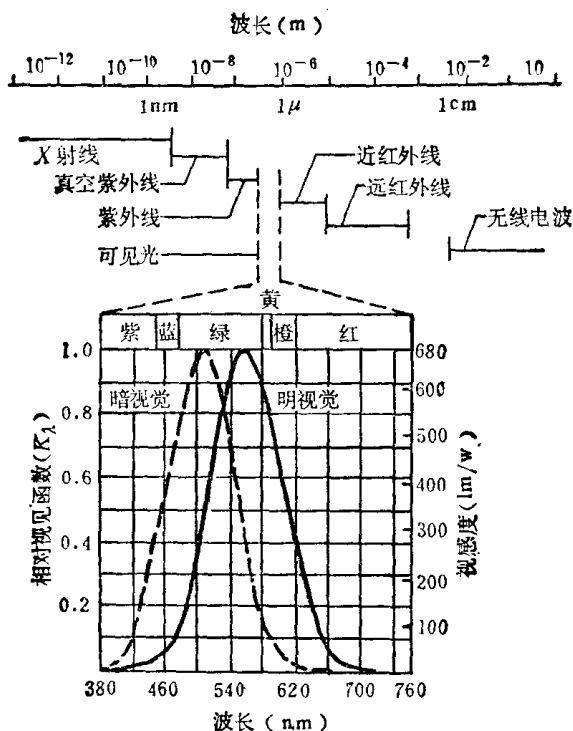


图 1-1 光的视觉函数及颜色感觉

70°。看得最清楚的范围仅1.5°左右的圆环范围。眼睛视看范围有限这一特点，因眼球和头部的转动而得到弥补，利用眼球和头部的转动就可使一个大的观看对象的各部分，轮流地处于视线中心处。由于眼球的转动速度快，虽然观看对象大大超过1.5°，还能获得整个物体的清晰形象。

二、光通量

人眼对不同波长的电磁波产生不同的颜色感觉，而且具

有不同的灵敏度，如对黄绿光（波长555nm）最敏感。人们比较几种波长不同而辐射量相同的光时，就感到黄绿光最亮，波长较长的红光和波长较短的紫光都暗得多。为了便于比较这种主观感觉量，国际上把555nm黄绿光的感覺量定为1，其余波长的感觉量都小于1。眼睛这一视看特性称为光谱相对视见函数（ k_λ ）。它的值是随波长不同而改变，具体值见图1-1左侧数字。图中实线为白天的数据，由此曲线可见，555nm的黄绿光具有最大的数值，即为1。虚线为黄昏时情况（即光线很弱时），它与白天相比，最灵敏处向短波方向移动，处于绿光范围，也就是说，相同辐射量的光，在黄昏时我们感觉绿光最亮。

由于人眼的这一特点，我们就不能直接用光源的辐射功率（瓦）来衡量光能的大小，必须采用以人眼对光的感覺量为基准的单位，称为光通量，常用 F 或 Φ 等符号表示，单位为光瓦。1光瓦等于辐射通量为1瓦、波长为555nm黄绿光所产生的光感覺量。由于人眼对黄绿光最敏感，故其它波长的光要达到1光瓦的感覚量，其辐射通量必须高于1瓦。其关系式如下：

$$F_\lambda = k_\lambda P_\lambda \quad (1-1)$$

式中 F_λ ——波长为 λ 的光通量（光瓦）；

k_λ ——波长为 λ 的相对视见函数，具体值见图1-1左侧数值；

P_λ ——波长为 λ 的辐射通量（瓦）。

如为多色光，其光通量为各单色光的总和，即

$$F = F_{\lambda_1} + F_{\lambda_2} + \dots = \sum k_\lambda P_\lambda \quad (1-2)$$

实用中光瓦这一单位太大，一个普通40瓦白炽灯发出的光通量仅0.5瓦，故常用另一较小单位流明（符号为lm），1

光瓦 = 680流明。图1-1右侧尺度即表明不同波长的光，每瓦辐射通量产生的光通量流明数，它是相对视见函数乘上 680 的换算值。100瓦普通白炽灯发出1250流明的光通量，40瓦日光色荧光灯发出2400流明的光通量。

三、发光强度

以上谈到的光通量是说明某一光源向四周发射出的光能总量。而不同光源发出的光通量在空间分布是不同的。例如，吊在桌上的一个40瓦白炽灯，它发出1250流明光通量，但用不同灯罩，对桌面的光线来说就不一样。在两种情况下，灯泡发出的光通量没有变，只是加了灯罩后，向下的光通量增加了，因此我们就感到桌面上亮一些。这例子说明只知道光源发出光通量的总能力还不够，还需要了解表征它空间分布状况的单位，即光通量的空间密度，称为发光强度（常用符号 I 来表示）。

图1-2表示一球体，球心 O 处放一光源，它向球表面 $ABCD$ 所包的面积 S 上发出 F 流明的光通量。而面积 S 在球心形成的角称为立体角 (ω)，它是以 S 的面积和球的半径平方之比来衡量，即

$$\omega = \frac{S}{r^2} \quad (1-3)$$

立体角的单位为球面度。即当 $S = r^2$ 时， $\omega = 1$ 球面度。所以某光源在某方向上的发光强度为

$$I_s = \frac{F}{\omega} \quad (1-4)$$

公式(1-4)表示单位立体角内的光通量数量，其单位为烛光（常用符号为 cd ），它表示在1球面度立体角内均匀发射

1 流明的光通量。

$$1 \text{ 烛光} = \frac{1 \text{ 流明}}{1 \text{ 球面度}}$$

40瓦白炽灯泡正下方具有30烛光的发光强度。而在它的正上方，由于有灯头和灯座的遮挡，在这方向上没有光通量射出，故其发光强度为零。如加上一个不

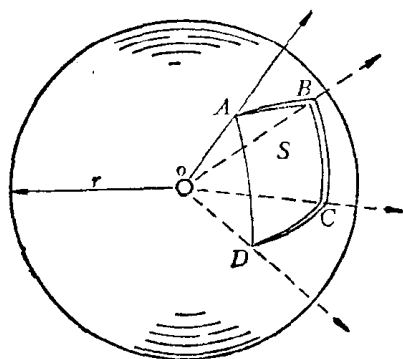


图 1-2 发光强度概念

透明的搪瓷铁灯罩。向上的光通量除少数被吸收外，都被灯罩朝下反射，因而向下的光通量增加，就是空间密度加大，发光强度由30烛光增加到73烛光。为了区别不同的部位，故在发光强度符号 I 的右下角标注一角度数字，如40瓦白炽灯在光轴线处即正下方的发光强度表示为 $I_0 = 30$ 烛光，而 $I_{180} = 0$ ，则表示沿光轴往上转 180° 即正上方处的发光强度。用这些数字可清楚地表明光源向四周空间发射的光通量分布情况。

四、照度

对于被照面，常用落在它上面的光通量多少来衡量它被照射的程度，这就是常用的照度 (E)。它表示被照面上的光通量密度，是被照面单位面积 S 上所接受的光通量数值，即

$$E = \frac{F}{S} \quad (1-5)$$

照度的常用单位为勒克斯 (lx)，它等于1流明的光通量均匀分布在1平米的被照面上。

$$1 \text{ 勒克斯} = \frac{1 \text{ 流明}}{1 \text{ 平米}}$$

还有另一英制照度单位为英尺烛光，它等于 1 流明的光通量均匀分布在 1 平方英尺的表面上，即

$$1 \text{ 英尺烛光} = \frac{1 \text{ 流明}}{1 \text{ 平方英尺}}$$

由于 1 平米 = 10.76 平方英尺，所以 1 英尺烛光 = 10.76 勒克斯。

为了对照度有一实际概念，下面举一些常见的照度数字。在 40 瓦白炽灯下 1 米处的照度约 30lx；加一搪瓷铁伞形灯罩就增加为 73lx；阴天室外照度约 8000~12000lx；正午在阳光下的室外照度可高达 80000~90000lx。

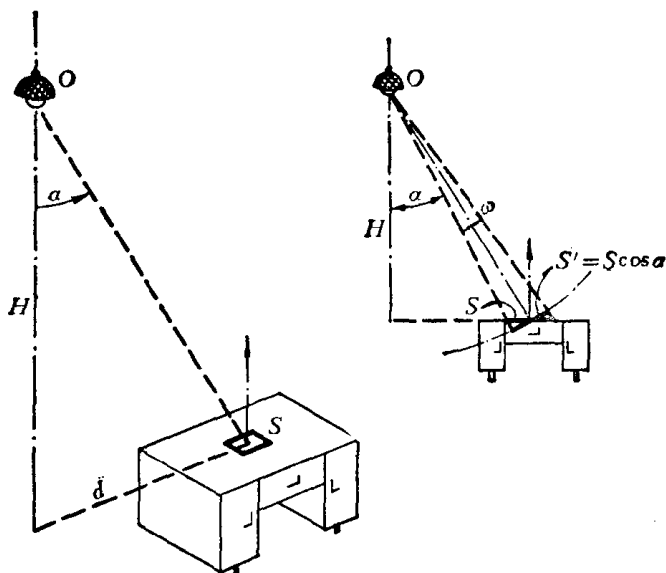


图 1-3 点光源产生的照度概念

现在来看一个光源和被照面间的关系，就是发光强度和照度这两个基本量之间的关系。如图1-3所示，一个40瓦白炽灯泡加上搪瓷伞形罩放置在办公桌侧上方，由于灯的尺寸比它到被照面（桌上的书）的距离小得多，故可视为点光源（一般若灯的直径为计算高的1/4时，可将它视为点光源，其误差约2%）。桌上的书，其面积为 S ，它对应于灯泡 O 点的立体角为 ω 。根据立体角含意，立体角是指球表面对球心形成的角，这时球表面必定与球心的连线（即圆的半径）垂直。图1-3中球心为光源 O ，它与 S 表面中心的连线并不垂直于 S 表面，故在计算立体角时 S 面应由垂直于光源 O 的另一表面 S' 代替。由三角函数关系知道， $S' = S \cos \alpha$ ，故 S 面在 O 点形成的立体角应为：

$$\omega = \frac{S'}{r^2} = \frac{S \cos \alpha}{r^2}$$

已知光源在 α 角方向上的发光强度为

$$I_a = \frac{F}{\omega}$$

则 $F = I_a \omega$

将它代入照度定义式(1-5)中

$$E = \frac{F}{S} = \frac{I_a \omega}{S}$$

将 ω 值代入上式，则

$$E = \frac{\frac{I_a S \cos \alpha}{r^2}}{S} = \frac{I_a \cos \alpha}{r^2} \quad (1-6)$$

公式(1-6)称为平方反比定律。它表明某表面的照度是与光源在这方向的发光强度 I_a 和入射角的余弦成正比；与

光源至此表面的距离的平方成反比。这一公式说明，被照面离灯愈近，它的照度愈高，而且是按平方增长。正因为如此，我们在日常生活中，为了增加工作面的照度，常采取将灯放低一些，并且尽可能将它放在工作面的正上方，这种做法就是为了缩短距离，减小入射角。

下面通过实例说明如何应用平方反比定律求工作面上的照度值。

【例1-1】 见图1-3，如O处吊有40瓦白炽灯，灯至工作面S的高度 $H = 2$ 米，S面到O点的垂足距离 $d = 1$ 米，求S面上的照度。

【解】 首先由三角函数知道：

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{d}{H} = \frac{1}{2} \quad \alpha = 26^{\circ} 30'$$

再从照明设计手册中查知用搪瓷伞形罩的40瓦白炽灯在 $26^{\circ} 30'$ 处的发光强度为67烛光，则S面上的照度为

$$E = \frac{I_n \cos \alpha}{r^2} = \frac{67 \times 0.895}{2^2 + 1^2} = 12 \text{ lx}$$

如将S面移至灯下，则上式中 $d = 0$ ， $\alpha = 0$ 则 $\cos \alpha = 1$ ，发光强度没变，照度由12lx增加到16.8lx，增加约40%。如将S面向上抬高1米（或将灯下降1米），则照度又由16.8lx增加到67lx，即增长了三倍。由此说明，增加照度的措施中，以缩短灯至工作面距离的效果最为显著。

五、亮度

在房间内同一位置，放上黑、白色的两个物体，虽然它们的照度相同，但在人眼中却引起不同的视觉感觉，看起来白色物体亮得多，这说明物体表面照度并不能直接表明人眼对它的视觉感觉。我们就从视觉感觉过程来考查这一现象。

一个发光（或反光）物体在眼睛的视网膜上成像，视感和这像的照度成正比。像的照度愈大，我们觉得被看的发光

(或反光)物体愈亮。图1-4为这一过程简图,图中, S 为一发光(反光)表面,它在视网膜上形成像 σ ,表面积 S 和它在视网膜上形成的像 σ 的面积,与距离平方成反比,即

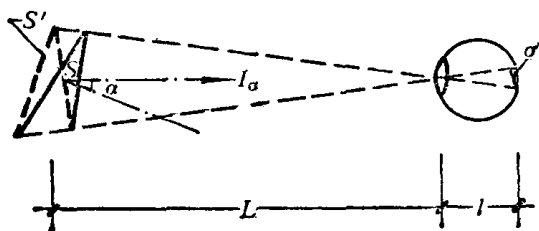


图 1-4 亮度概念

$$\frac{S \cos \alpha}{L^2} = \frac{\sigma}{l^2}$$

这里 $S \cos \alpha$ 为物体 S 在垂直于视线的平面上的投影面积。由上式得出

$$\sigma = \frac{S \cos \alpha l^2}{L^2}$$

该物体在视网膜上形成像的照度($E\sigma$)为落在视网膜上的光通量 F 与视网膜面积 σ 之比

$$E = \frac{F}{\sigma}$$

这里的光通量 F 应为物体 S 在瞳孔上形成的照度(E_t)和瞳孔面积(q),眼球的透光系数(τ)的乘积

$$F = E_t \times q \times \tau$$

而瞳孔的照度(E_t)为

$$E = \frac{I_a}{L^2}$$