

建筑设计基本知识丛书

建筑采光和照明设计

(第二版)

重庆建筑工程学院 杨光曙 罗茂羲 编

中国建筑工业出版社

信请寄“重庆沙坪坝重庆建筑工程学院建筑系”，谢谢！

本书在第一版编写过程中，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，在此谨致谢意。

编者谨上

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, 颜色的基本)、概念和应用, 晴天采光计算和采光质量评价, 并通过中、小学教室、美术馆和商店设计实例, 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

(第二版)

重庆建筑工程学院 杨光璿 罗茂羲 编

*

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: 10字数: 225千字

1988年11月第二版 1988年11月第二次印刷

印数: 40,171—50,040册 定价: 2.80元

ISBN7-112-00462-4/TU·334

(5572)

第二版前言

本书出版五年多以来，著者陆续收到许多读者的来信，信中除鼓励外，还提出一些宝贵意见和要求，我们分别作了答复，在此表示衷心的感谢。我们决定趁这次再版的机会进行较大的修改和补充，以满足读者要求和适应飞速发展的国民经济建设的需要。我们对各章作了下列主要修改和补充：

第一章：除对原有三节内容作了一些修改补充外，增加了颜色一节，主要叙述了颜色的一些基本概念和应用的内容。

第二章：增加了晴天采光计算和采光质量评价方面的资料。

第三章：根据光源和灯具的新发展对第一、二节内容作了相应的修改，增加了一些计算方法和相应的资料。

第四章：除对原有的教室和展览馆采光、照明设计作了较多的补充外，还根据我国第三产业发展较快，急需商店照明方面资料，增加了商店照明一节，希望对此有所帮助。

第五章：随着新仪器、新的实测标准的出现，我们改写了部分内容。

附录：根据读者意见补充了一些光源和灯具的光电特性资料，以便不需另找参考书就能进行简单的设计和练习。

最后，本书内容虽作了上述补充和修改，但限于著者水平，一定还有不少欠妥之处，希读者继续提出宝贵意见。来

目 录

第二版前言

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	20
第三节 影响视度的因素	25
第四节 颜色	35
第二章 天然采光	60
第一节 光气候和采光标准	61
第二节 采光口	70
第三节 采光设计	90
第四节 采光计算	98
第三章 人工照明	114
第一节 光源	114
第二节 灯具	132
第三节 建筑艺术照明	146
第四节 室内照明设计	168
第五节 室内照明供电设计	194
第六节 电气照明设计举例	201
第四章 采光、照明设计实例	213
第一节 中小学教室采光照明设计	213
第二节 展览馆采光照明设计	231
第三节 商店照明设计	252
第五章 采光照明实测	268
第一节 测量仪器	268
第二节 采光实测	274
第三节 照明实测	282
附 录	287

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。

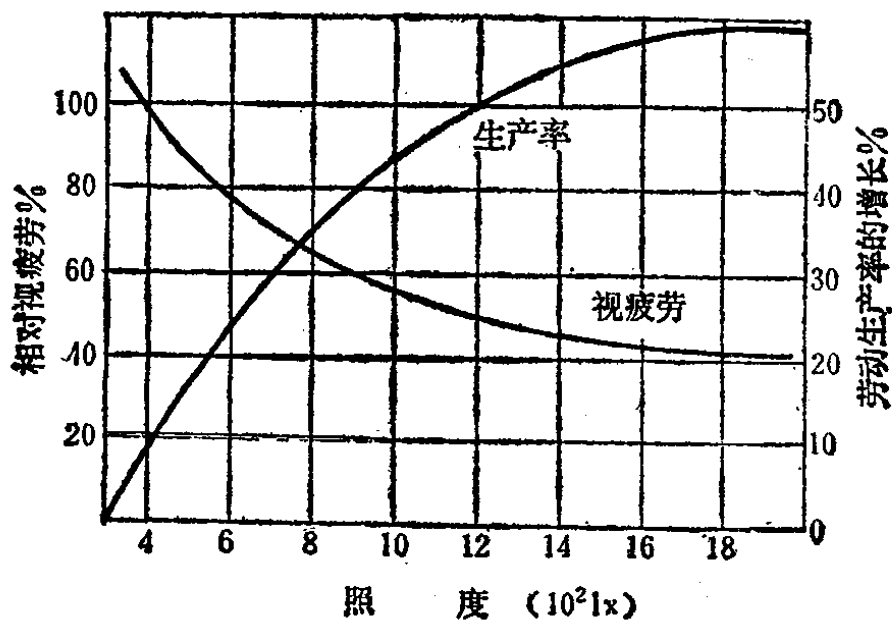


图 1 劳动生产率、视觉疲劳与照度的关系

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。

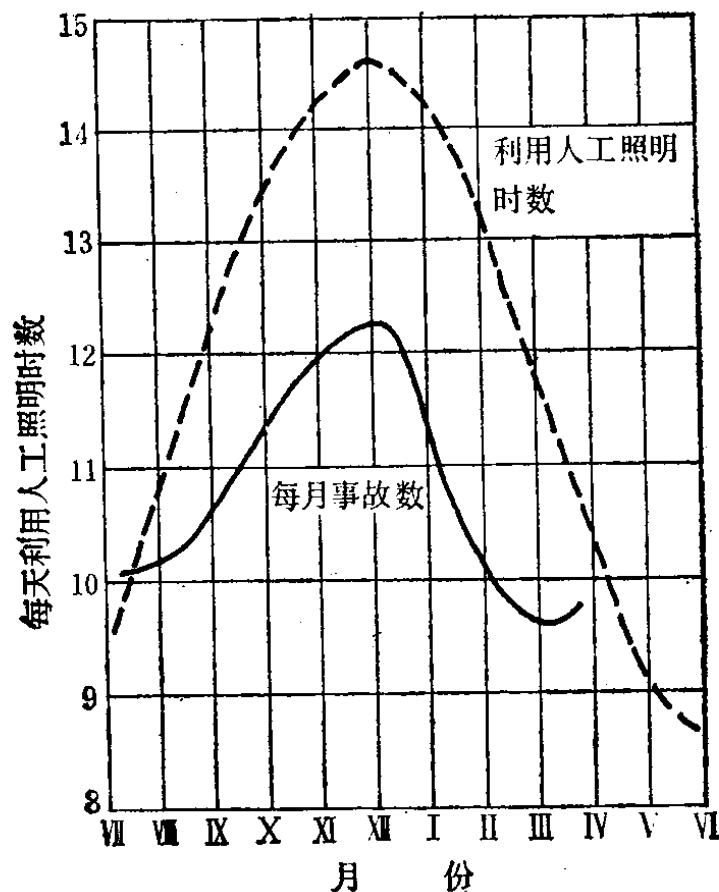


图 2 事故数量和室内照度的关系

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。

第一章 基 本 知 识

第一节 光 的 基 本 量

一、眼睛特性

人们通过眼睛观察周围环境，在头脑中反映出它们的大小、形状和颜色等特征，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表现出不同的能力。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 -273.16°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380~780纳米(1纳米为 10^{-9} 米，即十亿分之一米，常用符号为nm)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780nm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380~780nm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。各种颜色的波长及范围见表1-1。

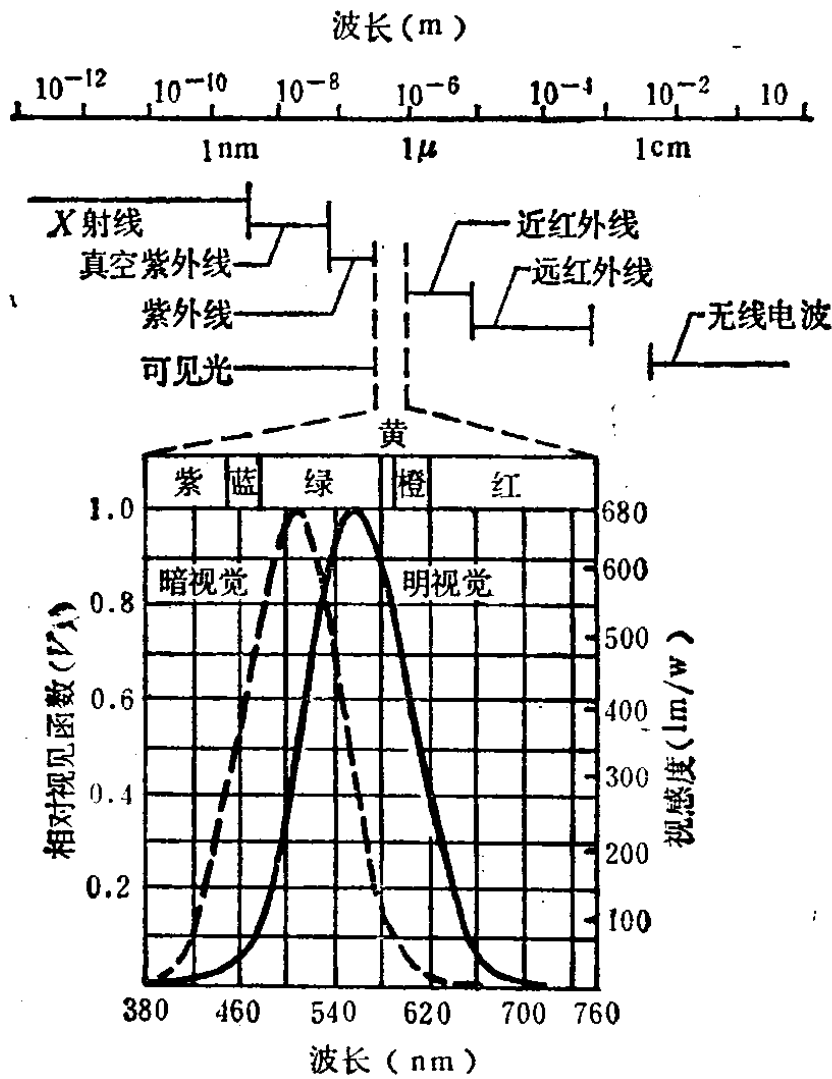


图 1-1 光的视见函数及颜色感觉

光谱颜色波长及范围

表 1-1

颜 色	波 长(nm)	范 围(nm)
红	700	640~750
橙	620	600~640
黄	580	550~600
绿	510	480~550
蓝	470	450~480
紫	420	400~450

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，就是因为它主要反射出700nm左右的光，而将其它波长的光吸收较多，故引起红色感觉。这种单一波长的光称为单色光，如激光。

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见图1-2。从图中可见人的视野范围在水平方向约100°，垂直方向，向上为60°，向下为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。

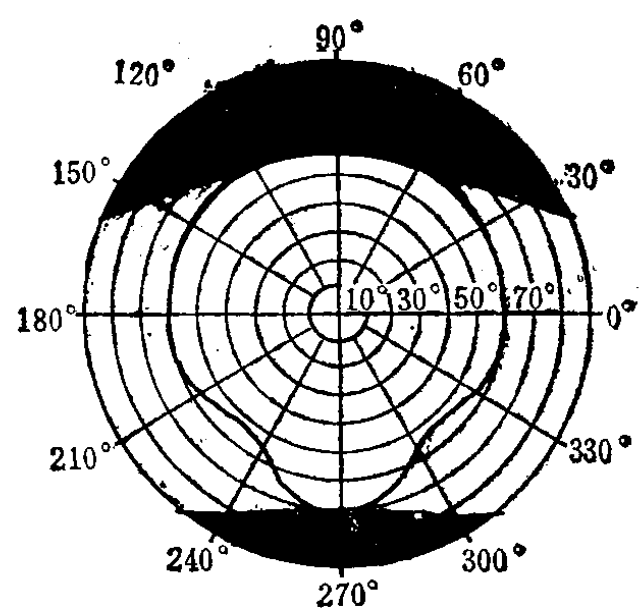


图 1-2 人眼视野范围

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通量相同的光时，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 感觉量归化为 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（ V_{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：

$$F_{\lambda} = V_{\lambda} P_{\lambda} \quad (1-1)$$

式中 F_{λ} ——波长为 λ 的光通量（光瓦）；

V_{λ} ——波长为 λ 的相对視见函数，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

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

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=683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，它是相对視见函数乘上683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100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

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1-3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 对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

$$\omega = \frac{S}{r^2} \tag{1-3}$$

立体角的单位为球面度（符号为 sr ）。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

$$I_a = \frac{F}{\omega} \tag{1-4}$$

公式（1-4）表示单位立体角内的光通量数量，其单位为坎德拉光（简称坎，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。

$$1 \text{ 坎德拉} = \frac{1 \text{ 流明}}{1 \text{ 球面度}}$$

40瓦白炽灯泡正下方具有30坎的发光强度。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。如加上一个不透明的搪瓷铁灯罩。

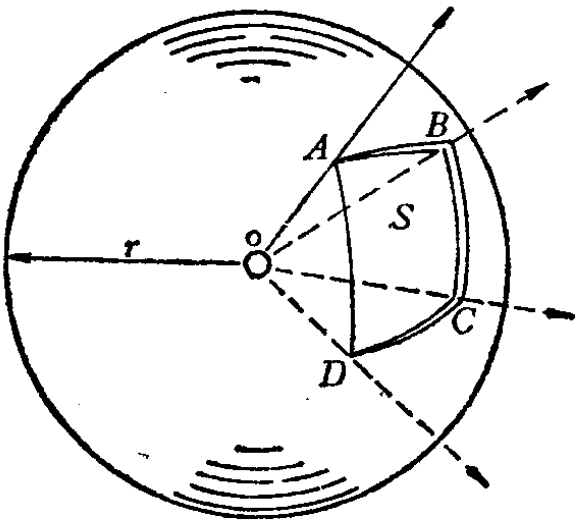


图 1-3 发光强度概念

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坎

增加到73坎。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 $I_0 = 30$ 坎，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（简称勒，符号为lx），它等于1流明的光通量均匀分布在1平方米的被照面上。

$$1 \text{ 勒克斯} = \frac{1 \text{ 流明}}{1 \text{ 平方米}}$$

还有另一英制照度单位为英尺烛光(fe)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平方米 = 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。

平面照度只说明光通量在某一平面上的密度，不能反映照度在整个空间的分布情况。如一房间具有暗色墙壁和天棚

(表面反射系数很低)，即使水平面照度很高，我们进到这房间仍会感到很暗，仿佛照度不足似的。因此，就出现下列一些照度形式：

1. 照度矢量 $\vec{E}$ 某一点的照度矢量是以该点为中心的微元圆盘两侧的照度最大值，而在这个最大值的法线方向就是矢量照度的方向。因此可见，照度矢量不仅有量的概念，而且带有方向性。这对说明阴影状况更为有利（见图1-4a）。

2. 平均球面照度 E_s （又称标量照度） 为了求得空间一点的被照射量，可用此点上一小球表面上的平均照度 E_s 来表示。它给出照度的无方向量。较接近立体物件的视感（图1-4b）。

3. 平均柱面照度 E_c 。由于人们在水平方向上接受光的感受比垂直方向强些，故用平均柱面照度更接近对室内照明丰满度的主观感觉。它表示室内一个小垂直圆柱体表面上的平均照度（图1-4c）。

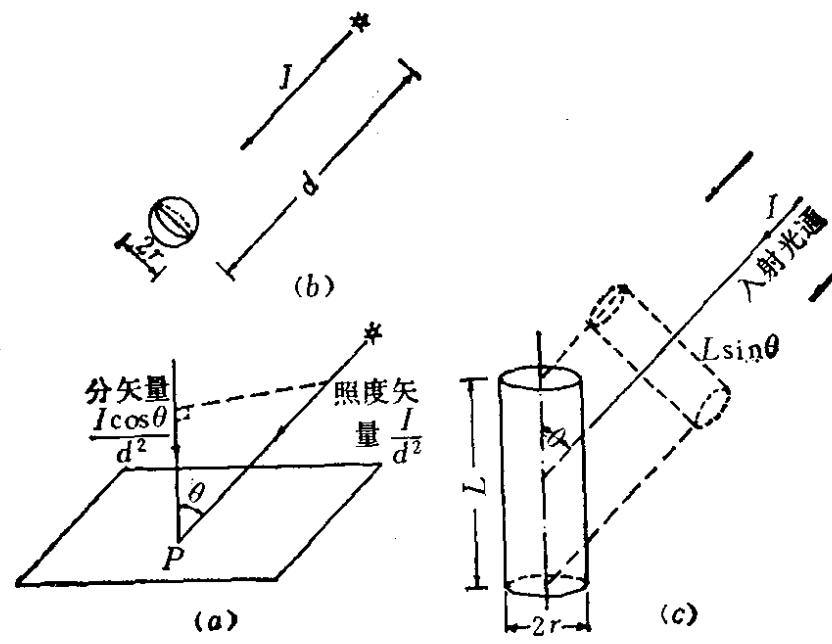


图 1-4 几种照度概念

平均球面照度和平均柱面照度均可用特殊的照度计测得。

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1-5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1/5时，可将它视为点光源，其计算误差约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（即球的半径）垂直。图1-5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， $S' = S \cos \theta$ ，故 S 面在 O 点形成的立体角应为：

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

已知光源在 α 角方向上的发光强度为

$$I_{\alpha} = \frac{F}{\omega}$$

则 $F = I_{\alpha} \omega$

将它代入照度定义式(1-5)中

$$E = \frac{F}{S} = \frac{I_{\alpha} \omega}{S}$$

将 ω 值代入上式，则

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

公式(1-6)称为平方反比定律。它表明某表面的照度是