

92.12/23

建筑物天然采光

〔苏联〕H·M·古雪夫 著

张 绍 纲 译

中国工业出版社

建築物天然采光

〔苏联〕H·M·古雪夫 著

張紹綱 譯

中国工业出版社

本书全面介绍了合理解决各种建筑物天然采光问题所必需的知识
和资料。内容包括基本概念、光气候及其在建筑设计中的计算、天然
采光的计算、天然采光标准的制订、天然采光设计、建筑日照、光照
技术的实验装置、光照技术材料、天然采光的管理等。书中附有大量
实验数据和图表。本书可作为大专院校有关专业师生的教学参考书，
同时也可供建筑设计人员和建筑科学研究人员参考。

Н.М.Гусев

ЕСТЕСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ ЗДАНИЙ

ГОССТРОЙИЗДАТ МОСКВА—1961

* * *

建筑物天然采光

张绍纲 译

*

建筑工程部图书编辑部编辑(北京西郊百万庄)

中国工业出版社出版(北京佟麟阁路丙10号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第110号

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $11^{1/4}$ ·插页5·字数167,000

1965年3月北京第一版·1965年3月北京第一次印刷

印数0001—5,770·定价(科六)1.90元

*

统一书号: 15165·3519(建工-415)

序 言（摘譯）

建筑光学是建筑物理的一个組成部分，它研究建筑物的光綫問題，其目的在为室内造成最良好的光照条件，以期最大限度地滿足视觉工作需要及卫生要求。

对利用实际上取之不尽用之不竭的天然光能資源加以改进，可以节约数以百万度計的照明用电。

在設計中采用先进的建筑物天然采光处理方法，其目的之一，是使节约照明用电具有可能性。

然而，合理解决房屋天然采光問題的作用和重大实际意义，决不限于它的經濟意义方面，还在于人最习惯于天然光綫，天然光綫的生理和卫生价值极高，同时，日光对人的心理状态也能产生强烈的影响。

天然光綫对建筑物和构筑物的建筑艺术的影响也很大。建筑物的建筑构图、形式、立面和内部的雕塑特征，以及色彩装修特征等的选择，在頗大程度上都取决于它們的天然采光条件。

因此不管是經濟和卫生方面的理由，还是建筑艺术方面的理由，均能大大促进建筑光学这門学科的发展。

在苏联，天然光能資源的合理利用，是一件重大的事情。遺憾的是，目前对这种能促进劳动生产率、进一步提高和保障苏联人民的健康的能量儲备，还利用得不多。

但是曾有人錯誤地认为，天然光綫是白給的，在建設和使用建筑物和构筑物时，并不需任何费用。实际上設置采光口的费用和采光口的维护费都是非常高的，并且此项费用与采光口的结构、大小，以及当地的气候特点、建筑物的用途等有关。

天然采光的經濟和卫生价值，既与室内的照度水平有关，又与采光方式、玻璃窗的构造及其污染程度等有关。

要建筑物的天然采光处理得合理，就必须考虑建設地区的光气候特点、房間用途和视觉工作特点等所提出的要求。

一方面由于苏联領土辽闊广大（从北极到亚热带地区），自然气候条件截然不同，另一方面由于到处已开展工业、居住及文化生活設施的建設，迫使在設計时，除考虑通常采用的气候指标（溫度、降雨量及风向等）外，还应考虑表示当地各季节年平均天然采光条件的光气候因素。

在工业厂房中正确地处理采光問題，不仅是一种大大提高劳动生产率的手段，而且也是一种改善产品质量、减少废品和职业病的手段。在居住和公共建筑中，合理的采光可以促进视觉及卫生条件的改善，从而保障劳动人民的健康。

将天然光能資源合理地用于建筑物的采光，同必須遵守采光标准是互相連系的，此标准能够滿足經濟、卫生及其他使用方面的要求。

天然采光标准規定了照度水平，在一些情况下又規定了通过采光口射入室内的光通量的质量及其分布。

IV

以普遍标准化为基础的建筑工业化，是建设发展的新阶段，此时设计者的责任也显著地加重了，因为让在设计时所容许的错误多次重复，将会给我国国民经济带来重大的损失。

应根据计算来进行天然采光设计，计算的目的是要找出所采用的采光口的型式、形状和尺寸的根据，并使采光口能符合天然采光标准的要求。

单凭最大限度地增加玻璃窗面积的方法，是不能使房间得到能满足最高要求的天然采光的。不久以前的经验表明，增加玻璃窗面积将使建筑造价和维护费用增加，并导致房间微气候的严重破坏，结果使劳动及生活条件恶化。只有在既有足够的照度水平、又能与光的方向性和光特性相配合的情况下，才能在室内形成良好的光照条件；这些都是通过对每一工艺过程的实际视工作条件作了考虑后获得。

本书的用途限制了作者只能就实用上简便的建筑物天然采光的设计和计算方法加以阐述，和就有关合理维护天然采光的指示加以说明。

本书材料取自科学研究著作、设计机关的意见和国外在这项建筑科学领域内的经验。

所有的研究工作都是作者和在作者指导下的研究员集体，在苏联建筑科学院建筑光学实验室里进行的。研究员集体的成员有：П.И.赫洛希洛夫（Хорошилов）、Н.Н.基列耶夫（Киреев）、Е.К.鲁金娜（Рузина）、С.П.索洛维耶夫（Соловьев），作者谨向他们致以谢意。

目 录

序 言 (摘译)

第一章 建筑光学的基本概念	1
§ 1 光照技术的度量单位.....	1
§ 2 物体的光照性质.....	6
§ 3 天然照度系数.....	8
§ 4 建筑光学的基本定律.....	9
§ 5 球面和半球面天然照度系数.....	11
第二章 光气候及其在建筑设计中的计算	16
§ 1 天然采光的光源.....	16
§ 2 直射阳光.....	16
§ 3 天空扩散光.....	20
§ 4 天空的亮度分布.....	23
§ 5 光气候.....	24
第三章 天然采光的计算	33
§ 1 近似计算法.....	33
§ 2 反射光的计算.....	47
第四章 天然采光标准的制订	54
§ 1 建筑物天然采光标准的制订方法.....	54
§ 2 建筑物的天然采光标准.....	55
第五章 天然采光系统的設計	63
§ 1 工业建筑.....	63
§ 2 公共建筑.....	71
§ 3 展览大厅.....	81
§ 4 体育建筑.....	95
§ 5 医疗建筑.....	99
§ 6 中小学校和儿童机构.....	103
§ 7 居住建筑.....	110
第六章 建筑物的日照	115
第七章 光照技术研究的实验装置	127
§ 1 人工天穹.....	127
§ 2 人工太阳.....	132
第八章 光照技术材料	137
§ 1 玻璃及其制品.....	137
§ 2 新型透明围护结构.....	154
第九章 天然采光的管理	161
§ 1 天然采光的经济特征.....	161
§ 2 玻璃窗的维护方法.....	164

VI

附 录:

I. 计算天然照度系数用的 A.M. 达尼留克图表

II. 建筑师 B.A. 杜那耶夫的計算建筑物实际日照时间的图表

III. 建筑物日照时间的計算举例

IV. 室内天然采光的测量规程

参考文献.....173

第一章 建筑光学的基本概念

§ 1 光照技术的度量单位

建筑光学是关于利用天然辐射能的科学。按波长不同,辐射分为下列三种:波长为0.01~0.38微米的紫外线辐射、波长为0.38~0.77微米的可见辐射和波长为0.77~340微米的红外线辐射(表一,图1)。

上面指出的辐射光谱界限是有条件的,因为辐射能的特性还与一系列因素有关。例如列举的可见辐射波段,即产生光的生理感觉的辐射,是属于观测者的周围有高视野亮度的昼光照明;当黄昏降临之际,可见辐射的界限急剧地缩小。

辐射能的强度由单位时间内从光源发出的能量来决定。这个表示辐射能功率的数值,称为辐射通量,并以 F 表示。辐射通量的单位是瓦特(W)。

辐射通量有单色和多色之分,单色辐射通量由单一波长的辐射形成,而多色辐射通量则由数个不同波长的单色辐射通量组成。

天然光源辐射出的是具有连续光谱特性的多色辐射通量。昼光的多色通量是由无数个波长连续变化的单色辐射通量(F_λ)组成的[8]①。

光谱强度(φ_λ)表明辐射通量的光谱分布的特征。它用无限小段 $d\lambda$ 上的无限小通量 dF_λ 与此无限小段宽度的比值来表示,即:

$$\varphi_\lambda = \frac{dF_\lambda}{d\lambda}. \quad (1-1)$$

式中 λ ——辐射通量的波长;辐射通量的光谱强度用1微米波长有多少瓦特功率(瓦特·微米)来度量。

在一般情况下,当通量的光谱强度与波长间数学关系式为已知时,则通量值由下式决定:

$$F = \int_0^\infty \varphi_\lambda d\lambda. \quad (1-2)$$

辐射通量的光谱强度特征用实验方法来确定,并以相应的曲线或图表的形式来表示。投射到任意物体上的辐射能,一部分被物体反射,一部分透过物体,一部分被物体吸收。这时被物体吸收的那一部分辐射能转化为其他形式的能:热能、电能等。

辐射能光谱的紫外线部分给予积极有效的生物和光化作用。

由于紫外线光谱长波部分的生物作用能使体内形成维生素D,改善血液成分和提高一般紧张度,因此显示出它对人体器官有良好的影响。紫外线光谱的短波部分的生物作用表现在它的杀菌性能。

通过瞳孔进入眼内的辐射能投射到视网膜之后,引起感光物质的分子分裂。此时产

① 此处及以后的方括号内的数字均为参考文献来源的编号,文献目录列于书末。

表 一
光的概念和量

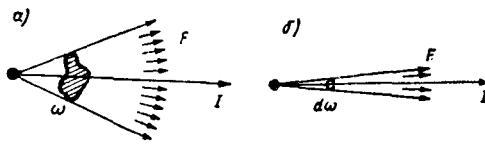
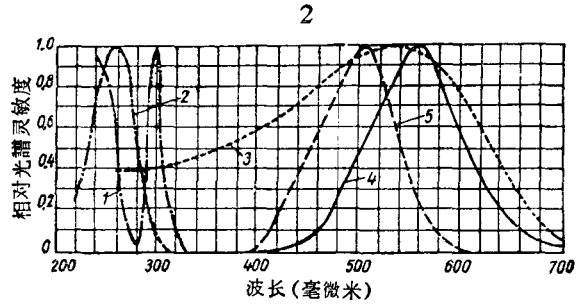
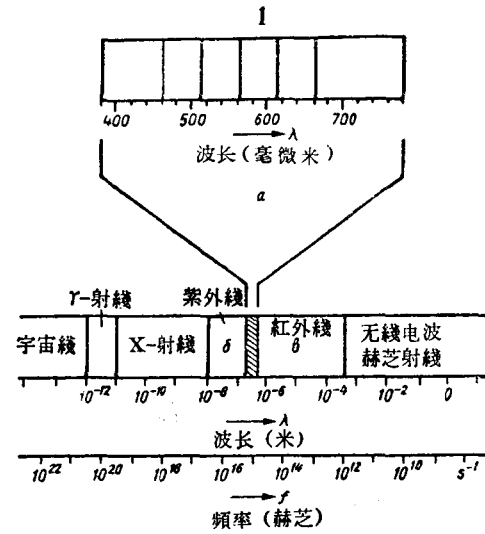


图 1 太阳辐射能的光谱

a—可见光部分; b—紫外线部分; c—红外线部分

图 2 各种辐射能接受器的相对光谱灵敏度

1—杀菌作用; 2—红斑作用; 3—铁硒光电池; 4—昼光照明时辐射通量的相对视见率曲线; 5—黄昏照明时辐射通量的相对视见率曲线

图 3 示意图

a—光强的定义; b—立体角的定义

图 4 照度定义的示意图

图 5 表面亮度定义的示意图

图 6 各向等亮度的表面 (光通量的漫反射)

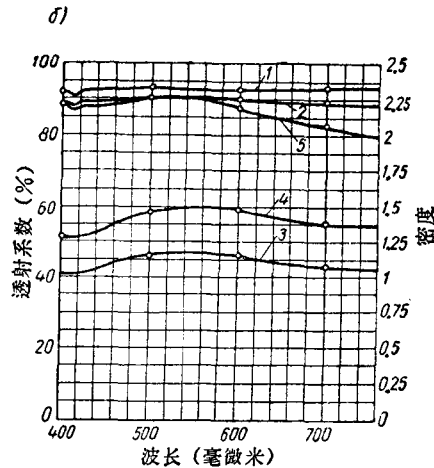
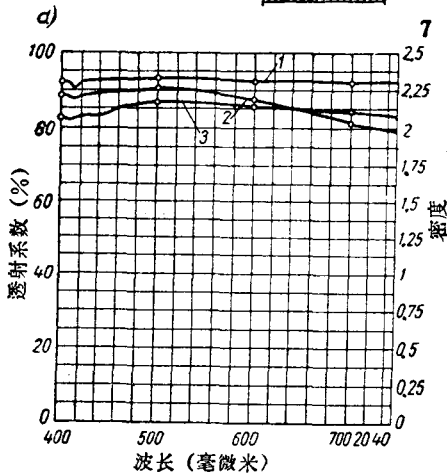


图 7 依波长而定的玻璃透光系数 (由分光光度计得出)

a: 1—3毫米厚的光学玻璃; 2—5.75毫米厚的镜面玻璃(捷尔仁斯基工厂出品); 3—空心玻璃砖(斯科平玻璃工厂出品); b: 1—3毫米厚光学玻璃; 2—5毫米厚非嵌丝波形玻璃; 3—5毫米厚嵌丝玻璃; 4—4.6毫米厚嵌丝平板玻璃; 5—7.6毫米厚的轧制玻璃(捷尔仁斯基工厂出品)

生的脉冲电流，在达到大脑皮层的相应部位后，产生光及颜色的感觉。

辐射能对各种接受器（眼睛、光电池、皮肤等）的作用取决于辐射通量的大小和波长长短。接受器对于任何一个波长的单色辐射通量的敏感性，称为接受器的光谱灵敏度。在一定波长下，各种接受器有一最大光谱灵敏度值。眼睛的光谱灵敏度是表示各种波长的可见辐射对标准人眼的①作用程度之值。此值等于此单色辐射的光通量与此辐射的辐射通量之比。

眼睛的相对光谱灵敏度，是表示标准人眼对于某一单色辐射的光谱灵敏度的光谱分布与眼睛的最大光谱灵敏度之比值。在表一，图2中示出各种辐射光能接受器的相对灵敏度。曲线4表示在昼光照明条件下正常人眼的相对光谱灵敏度，称为辐射通量的相对视见率曲线。显然，人眼的灵敏度的最大值，几乎同太阳辐射的最大值一致。

在黄昏照明条件下，即当视野内的亮度显著降低时，人眼的相对光谱灵敏度的最大值移向蓝绿色辐射方面（曲线5）。这种现象称为Я.Э.普尔金涅(Пуркине)效应②。

例如，在白天和黄昏时观看红樱栗和矢车菊时，就可观察到普尔金涅效应。白天它们的亮度很相近，而黄昏时红樱栗颜色的亮度与矢车菊颜色的亮度截然不同。这个例子证明了我们的眼睛在黄昏照明条件下丧失了清楚分辨颜色的能力。

为了测量各种辐射的参数，在光照技术中，采用了一些量及单位系统，它的基础是建立于由辐射能引起的人眼对光的感受。

原始的和基本的量是光通量(F)。光通量是光辐射的功率，此功率用所引起的光感觉来评价。光能是光辐射带来的能量，它等于光通量及光通量作用时间的乘积。

当为 λ 波长的单色光通量时，光通量值由下式确定：

$$F_{\lambda} = a k_{\lambda} F_{\lambda} \quad (1-3)$$

式中 k_{λ} ——波长为 λ 时的单色辐射通量的相对视见率；

a ——测量辐射通量和光通量用的系数，它取决于采用的单位。

在表1列举了在白日视觉条件下，国际照明学会所采用的可见光谱的相对视见率值。

辐射通量可见光谱的相对视见率 k_{λ}

表 1

$\lambda(\mu)$	k_{λ}	$\lambda(\mu)$	k_{λ}	$\lambda(\mu)$	k_{λ}
0.38	0.00004	0.56	0.995	0.67	0.03200
0.39	0.00012				
0.40	0.00040				
0.43	0.01160	0.58	0.870	0.70	0.00410
0.47	0.09100	0.60	0.631	0.72	0.00105
0.50	0.32300	0.62	0.381	0.74	0.00025
0.53	0.86200	0.65	0.107	0.76	0.00006

光通量的单位是流明($лм$)。在铂的凝固温度③条件下，从面积为 5305×10^{-10} 平方米的绝对黑体上辐射出来的光通量值为1流明。

关于流明的绝对值可由下列资料来断定：夏季曇天时投射到每一平方厘米地表面上的

① 标准人眼是这样一种眼睛，在给定的条件下，它具有规定的灵敏度值。全苏标准(ОСТ) 8485规定了在白日视觉情况下标准人眼的光谱灵敏度。

② Я.Э.普尔金涅(Пуркине1787—1869)是捷克斯洛伐克的生物学家，视觉生理问题经典著作的作者(编者注)。

③ 铂的凝固温度为 2042° (根据克里文的资料)(Кельвин)。

光通量为 1 流明，当阳光照射时约为 10 流明。

由某一光源发射出的光通量在空间分布通常是不均匀的。光源的使用效果取决于光源的尺寸、远近和光通量的方向等。

在设计建筑物的照明时，为了评价其使用质量，在照明技术中采用下面的基本量，它们均是光通量这个基本量的诱导量。

光强 (I)——光强是光源由一定方向发出的光通量的空间密度 (角密度)，它由光通量 dF 与分布光通量的立体角 $d\omega$ 的比值来决定 (表一，图 3)：

$$I = \frac{dF}{d\omega}. \quad (1-4)$$

在立体角 ω 界限内，光强的平均值用以下比值表示：

$$I_{\omega} = \frac{F_{\omega}}{\omega}.$$

顺便指出，当光通量均匀分布于立体角 ω 内时，则平均光强同此立体角内的任意方向的光强相等。

立体角 ω 是在以立体角顶部为球心的球面上所截的面积 S 与此球半径 r 的平方之比

$$\omega = \frac{S}{r^2}.$$

立体角的单位是立体弧度；立体弧度是这样的立体角，它在球表面上所截下的一部分的面积，等于球半径的平方，这一点可由求 ω 的公式看出。

光强的单位是烛光 (cd)。烛光是点光源在其辐射光通量方向发射出 1 流明光通量，并且均匀分布在一立体弧度立体角内的光强 (光源尺寸比从光源至被照面的距离小的光源称为点光源)。

根据国家标准 (ГОСТ) 7932-56，一烛光等于面积为 1.6667 平方毫米的绝对黑体平面、在温度为 2042°K 时、在平面的法线方向的光强，同时应在发射体的面积大小可以忽略的距离内测量光强。

根据国家标准 (ГОСТ) 7937-56，完全辐射体 (绝对黑体) 是光的正基准；按照国际规程，对基准规定了一定的亮度，其值等于 60 万尼脱 (见下面)。

照度 (E) 是投到某一表面上的光通量的表面密度。照度由光通量 (dF) 与其所照射的表面的面积 dS 之比来决定：

$$E = \frac{dF}{dS}, \quad (1-5)$$

任意尺寸表面的平均照度等于

$$E = \frac{F}{S}.$$

照度的单位是勒克斯 (lx)。1 勒克斯是投射在一平方米的受照面上均匀分布 1 流明光通量时的表面照度。

为使对 1 勒克斯照度有明晰的概念，现举出下列水平面上的照度值：月圆时为 0.2 勒克斯，列宁格勒的白夜为 2~3 勒克斯，莫斯科主要街道上的照度约为 1 勒克斯。

点光源 (表一，图 4) 在表面上所造成的照度由下式决定：

$$E = \frac{I \cos \beta}{d^2}, \quad (1-6)$$

式中 E ——照度 (勒克斯);

I ——光强 (烛光);

d ——光源至被照面的距离 (米);

β ——受照面的法线与光强方向所夹的角。

亮度 (B) 是一个既表示在光强方向的光通量的角密度, 又表示发光表面所辐射出的光通量的表面密度的量。亮度是我们眼睛直接感受的量。由发光面所引起的光感觉, 由瞳孔面积、向着眼睛方向的光强和此发光面在垂直于观测方向的平面上的投影面积来决定 (表一, 图 5)。亮度是由发光面上的无限小面积单元上的光强 (向观测者方向的) 与此小面积单元在垂直于视线方向的平面上的投影之比来决定的:

$$B = \frac{dI}{dS \cos \alpha}. \quad (1-7)$$

任意大小表面的平均亮度等于

$$B = \frac{I}{S \cos \alpha}.$$

在解决建筑物的天然采光问题时, 利用下面的亮度公式是非常方便的:

$$B = \frac{dE_{\perp}}{d\omega}, \quad (1-8)$$

式中 $dE_{\perp}$ ——垂直于立体角轴线的表面的照度;

$d\omega$ ——视线与发光面所形成的立体角。

亮度的单位是尼脱 (lm)。从一平方米发光平面, 向垂直于此发光面方向发射出一烛光光强的均匀发光平面, 具有一尼脱的亮度。

从下面的资料可得知尼脱的概念: 中等云量天空的亮度为 1600 尼脱; 南方地区的晴朗天空的亮度为 1600 尼脱; 被太阳照射的云的亮度为 3200 尼脱; 雪山顶的亮度为 27000 尼脱; 月亮的亮度为 2500 尼脱等。

表面上各点的亮度通常是不相同的。但是对于许多建筑装修材料 (抹灰、不刷釉的陶土面砖、非磨光的天然石等) 说来, 其表面上各点的亮度可以近似地认为在所有方向均相同。这些表面称为各向等亮度表面或称漫射表面 (表一, 图 6)。

用下式表示的余弦定律适用于这些表面:

$$B = \frac{I_{\alpha}}{S \cos \alpha} = \frac{I_{\text{max}}}{S} = \text{const.} \quad (1-9)$$

面发光度 (R) 是由表面发射出的辐射光通量 (透过表面的及由表面反射出的) 的表面密度。面发光度由表面发射出的光通量 dF 与此表面的面积 dS 之比来决定, 即

$$R = \frac{dF}{dS}. \quad (1-10)$$

任意大小表面的平均面发光度等于

$$R = \frac{F}{S}.$$

根据国家标准 (ГОСТ) 7932-56, 面发光度的单位等于完全辐射体 (绝对黑体) 的面发光度的 5305×10^{-10} 分之一, 这是这样发光面的发光度, 即在此发光表面上各点向一面发

射每一平方米面积 1 流明的光通量。

由于没有百分之百反光的材料，因此任意表面的面发光度这个量，在数值上永远小于同一表面上的照度。

如果取表面的反射系数等于 ρ ，则因反射光而形成的发光表面的面发光度为

$$R = \rho E. \quad (1-11)$$

取材料（如玻璃）或介质的透射系数等于 τ ，我们将得到此材料或介质发光表面的面发光度为

$$R = \tau E. \quad (1-12)$$

按照国家标准 (ГОСТ) 7932-56，现将光照技术的基本度量单位列于表 2。

光照技术的基本度量单位

表 2

指 标 名 称	公 式	度 量 单 位	度量单位的公式
光 通 量	$F = \int_{0.38}^{0.77} \varphi_{\lambda} d\lambda$	流明 (лм)	—
光 强	$I = \frac{dF}{d\omega}$	烛光 (св)	$1 \text{ св} = \frac{1 \text{ лм}}{1 \text{ 立体弧度}}$
照 度	$E = \frac{dF}{dS}$	勒克斯 (лк)	$1 \text{ лк} = \frac{1 \text{ лм}}{1 \text{ м}^2}$
亮 度	$B = \frac{dI}{dS \cos \alpha}$	尼脱 (нт)	$1 \text{ нт} = \frac{1 \text{ св}}{1 \text{ м}^2}$
面 发 光 度	$R = \frac{dF}{dS}$	лк/м ²	$\frac{1 \text{ лм}}{1 \text{ м}^2}$

§ 2 物体的光照性质

物体及建筑材料的光照性质用下列特征来表示：

- 材料对投于其上的光通量有反射、吸收、透射和折射的不同性能；
- 在透射和反射光通量时，光的光谱组成的变化；
- 透射的光通量和反射的光通量在室内的分布。

物体的反光性能，在数值上用反射系数 ρ 来评价，它等于物体（材料）所反射的光通量值 (F_{ρ}) 与投射其上的光通量值 (F_i) 之比，即

$$\rho = \frac{F_{\rho}}{F_i}. \quad (1-13)$$

物体吸收光的性能用吸收系数 α 来评价。吸收系数等于被物体（材料）吸收的光通量值 (F_{α}) 与投射其上的光通量值 (F_i) 之比，即

$$\alpha = \frac{F_{\alpha}}{F_i}. \quad (1-14)$$

物体的透光性能用透射系数 τ 来评价。透射系数等于透过物体的光通量值 (F_{τ}) 与投射其上的光通量值 (F_i) 之比，即

$$\tau = \frac{F_{\tau}}{F_i}. \quad (1-15)$$

根据能量守恒定律, 得出

$$F_i = F_\rho + F_\alpha + F_\tau.$$

将此方程式两边除以 F_i , 得:

$$\rho + \alpha + \tau = 1. \quad (1-16)$$

公式 (1-16) 适用于透明材料; 对于不透明的材料, 公式为以下形式:

$$\rho + \alpha = 1. \quad (1-17)$$

各种材料的反光和透光形式分以下三种:

1) 定向反射 (透射): 当光通量投射到镜面上时, 可观察到定向反射 (镜面反射); 但当光透过普通的平板玻璃时, 可观察到定向透射。

2) 漫反射 (透射): 当光线投射到抹灰的表面或用胶质涂料装修的表面上时, 以及当光透过乳白玻璃时, 可观察到漫反射 (透射)。

3) 定向漫反射 (透射): 当半无光泽的围护结构表面, 例如用油质涂料装修的表面反射时, 以及当光透过磨砂玻璃、空心玻璃砖及波形玻璃时, 可观察到定向漫反射 (透射)。

定向反射时, 反射角等于入射角, 同时传播入射辐射及反射辐射的立体角亦相等。当为定向透射辐射时, 传播投射在介质上的辐射的立体角和透过介质的辐射的立体角相等, 而且二立体角的轴相互平行。

漫反射的特点是不以投射于表面 (介质) 上的辐射的方向为转移, 各个方向的亮度均相等。定向漫反射 (透射) 的特点是传播反射 (透射) 辐射的立体角比传播投射于表面 (介质) 上的辐射的立体角扩大了。

在漫反射时, 亮度在各个方向的分布用亮度系数 r_B 来表示。顺便指出, 对于实际上向各个方向均匀反射 (透射) 光的表面来说, $r_B = \rho$, 即亮度系数在所有方向均相同, 并等于表面的反射系数。

通常亮度系数等于某一表面的亮度 (B) 与此表面具有同样照射条件、并且反射系数等于 1 的粗糙表面的亮度 (B_0) 之比, 即

$$r_B = \frac{B}{B_0}. \quad (1-18)$$

当已知表面的某一方向的亮度系数及表面的照度值时, 根据公式 (18) 可求出此方向的表面亮度:

$$B = r_B B_0.$$

对于按照余弦定律 (19) 反射光的表面, 可得:

$$I_{\text{max}} = \frac{F_\rho}{\pi} = \frac{\rho F_i}{\pi} = \frac{\rho ES}{\pi}.$$

当反射系数 $\rho = 1$ 时, 粗糙表面的亮度为

$$B_0 = \frac{I_{\text{max}}}{S} = \frac{E}{\pi}.$$

当 ρ 为任意值时, 亮度值按下式决定:

$$B = \frac{E\rho}{\pi}, \quad (1-19)$$

式中 B ——表面的亮度 (尼脱);

E ——表面的照度（勒克斯）；

ρ ——表面的反射系数。

对于建筑工作者来说，非常重要的光照特征是光的反射系数和透射系数。建筑物或房间的围护结构是有选择地反射光线或透射光线的，即对于不同的波长，它们的反射及透射系数不同。因此围护结构表面所反射的或者透过围护结构的光通量的光谱组成，与投射到围护结构上光通量的光谱组成不同。这样一来，观众所看到的表面颜色，不仅与投射到表面上的光线的光谱组成有关，而且还与表面反射（透射）各种波长的光的性能有关。

光谱反射系数 ρ_{λ} 是表面的反射系数对于某一波长的特征，光谱反射系数是被表面反射的单色光通量之值 $F_{\lambda, \rho}$ 与投射到表面上的单色光通量值（ $F_{\lambda, i}$ ）之比，即：

$$\rho_{\lambda} = \frac{F_{\lambda, \rho}}{F_{\lambda, i}}.$$

光谱透射系数 τ_{λ} 是透明材料的光谱特征，光谱透射系数是透过材料的单色光通量（ $F_{\lambda, \tau}$ ）与投射到材料上的单色光通量（ $F_{\lambda, i}$ ）之比，即：

$$\tau_{\lambda} = \frac{F_{\lambda, \tau}}{F_{\lambda, i}}.$$

透明材料的总透射系数（表一，图7），以及总反射系数，是透射（或反射）的光通量的光谱组成曲线的纵座标值（每隔10~20毫微米标一值）之和，与投射其上的光通量的光谱组成曲线纵座标值之和之比。

§3 天然照度系数

由于室内的天然采光随时间变化不定，因此必须规定室内的最低照度，此照度值是用采光口装置来维持的。由于天然采光的周期性作用和多变性，以及某些苏联地区在冬季不能保证规定的最低照度值，所以用勒克斯来规定最低照度值是不方便的。因此为了定出天然采光值，便采用了无因次的以百分比表示的度量单位，即天然照度系数（简称为 $\kappa.e.o.$ ）。

室内某一点 M 的天然照度系数（ e_M ），是此点的照度（ E_M ）与同一时间被整个天空扩散光所照射时的室外露天水平面上的照度（ E_n ）之比。

因此，以百分比表示的天然照度系数的公式为以下的形式：

$$e_M = \frac{E_M}{E_n} \cdot 100, \quad (1-20)$$

即 $\kappa.e.o.$ 表示在天空扩散光情况下，室内所研究的点的照度值为同一时间的露天水平面照度的百分之几。

由公式（1-20）得：

$$E_M = \frac{E_n e_M}{100}. \quad (1-21)$$

因此，用室外照度乘以该点的 $\kappa.e.o.$ 值（以%表示）的方法可求出室内任意点的照度。

公式（1-21）表示，要求出任意时间的室内照度值，就必须知道与其同一时间的室外照度值；室外照度值可由代表建设地点气候特征的室外照度曲线来确定①。

① 见第二章。

§4 建筑光学的基本定律

立体角投影定律

根据理论光度学的方法求 $\kappa.e.o.$ 。

为了引出立体角投影定律的基本公式，现在我们来研究在实践中最常見的情况，即当工作面为水平时的情况。

取需求照度的点 M ，并以此点为圆心，划一等亮度 B 的半球，同时取半球的半径为1（表二，图1）。先求 M 点的照度，此照度是由极小的天空部分 ΔS 所形成的，并将此极小部分 ΔS 当做点光源。由此极小部分所辐射出的光强由下式确定，

$$\Delta I = B \Delta S.$$

M 点的照度由公式（1-6）求出，

$$\Delta E_M = \frac{\Delta I \cos \alpha}{d^2}.$$

当 $d = r = 1$ 时，以亮度代替 ΔI ，得

$$\Delta E_M = B \Delta S \cos \alpha,$$

但是， $\Delta S \cos \alpha = \Delta \sigma$ ，即此极小部分 ΔS 在水平面上的投影面积。因此

$$\Delta E_M = B \Delta \sigma,$$

而等亮度的天空部分在 M 点所形成的照度为：

$$E_M = B \sigma. \quad (1-22)$$

这样一来，均匀发光表面所形成的照度，等于它的亮度乘以那个立体角所截表面在被照平面上的投影的面积 σ ，在此立体角内由求照度之点可看见此发光表面。此关系式称为立体角投影定律（表二，图2）。

现在我们将找出，当 M 点位于露天的情况下并被整个等亮度的天空照射时的室外照度与亮度间的关系。这时，发光天穹在水平面上的投影等于 πr^2 ，当 $r = 1$ ，得，

$$E_H = B \pi$$

而 $\kappa.e.o.$ 等于，

$$e_M = \frac{E_M}{E_H} = \frac{B \sigma}{B \pi} = \frac{\sigma}{\pi}. \quad (1-23)$$

这样一来，任意点 M 的 $\kappa.e.o.$ 值为由此点所看见的天空部分在被照面上的投影面积与 π 之比。

利用此定律很容易确定通过侧窗及天窗采光时，空间内各种工作面上的照度的相对值。为了举例说明，在表二，图3中给出了水平面上与倾斜面上的照度的比较，而在图4中给出了在建筑檐脚表面上的照度的比较。

根据立体角投影定律，不难看出，露天垂直面上的照度，比水平面上的照度小一半。顺便指出，这点对于靠近建筑物并具有低反射系数的地区才是正确的。实际上裸露土地的反射系数在0.15~0.30内变化。因此，建筑物和构筑物立面的实际照度，在漫射光照明情况下，有高于50%的 $\kappa.e.o.$ 值。

表 二
光照技术的基本定律

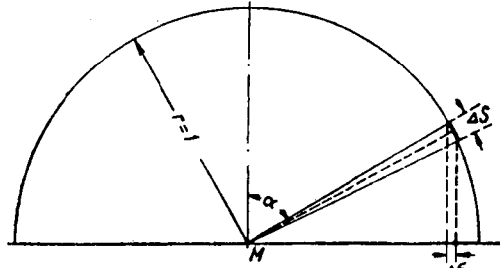


图 1 引出立体角投影定律的示意图

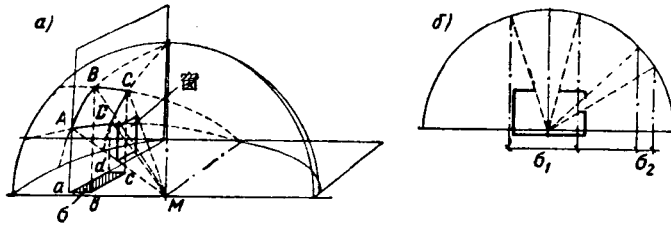


图 2 根据立体角投影定律确定室内任意点M的照度

a — 在空间内; δ — 在垂直面上

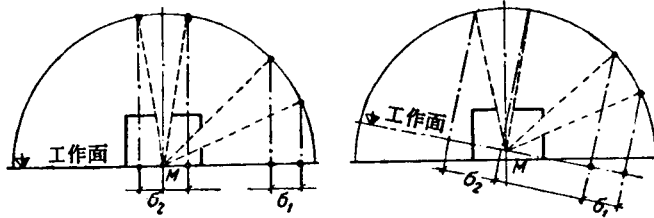


图 3 各种表面上相对照度的比较

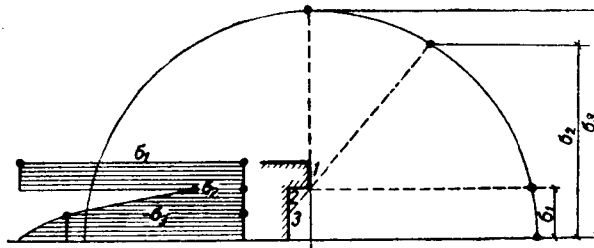


图 4 在建筑线脚的表面上的相对照度比较

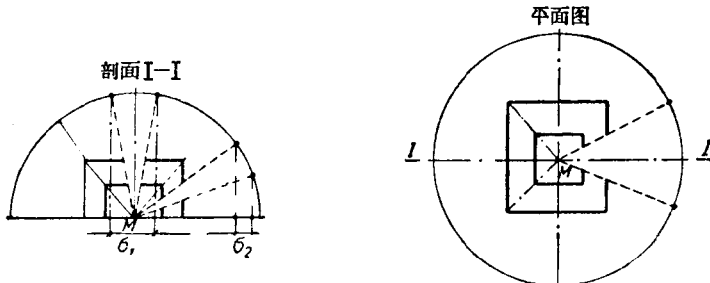


图 5 引出光照技术相似定律的示意图

剖面 I-I 和平面图