

太阳辐射和天然光的有效利用

Sirri Aydinli

(联邦德国)

摘 要

为了有效地利用太阳能以及作好建筑物室内天然采光、采暖与致冷设计,必须对不同天空条件充分地预测由太阳辐射在斜面上产生的辐照度和光照度。

本文以二种数学模型为基础,介绍有关辐照度和光照度的预测和计算方法以及其精确度,并阐述在不同场所的应用。

引 言

在过去的几年中随着矿物能源的短缺和能源价格的迅速上升,使室内天然采光和开发利用太阳能资源的重要性日趋提高。

在过去,良好的室内采光设计是以阴天的天空条件为基础的,而现在的设计则是着重考虑通过窗户扩大人们对外部视野的范围和提供室内的合理亮度环境。这主要是考虑到电气照明时夏天的致冷负荷和冬天的散热量问题,扩大天然采光的工作区,这对减少费用支出和节约能源均是十分重要的。

由于斜面上的辐照度和光照度的每月的日平均值和小时平均值必须很好地进行预测和设计。这些数据的预测和设计不仅要考虑阴天和晴天的情况,而且还要考虑在正常天气时的情况,其中更重要的是应考虑当地多年的气象因数,特别是大气混浊度和相对的日照时间概率因数。

光气候的天文和地理参数

太阳辐射的主要参数是太阳位置,太阳的地平纬度 γ_s 和太阳的地平经度 α_s 。这参数决定于某一场所的地理位置、时间、太阳偏角和时差。它们的具体计算参阅[1.2]。

光气候的气象参数

在斜面上的太阳辐射和天然光照度,主要取决于当地的气象参数和每个季节中的时间变化情况。这就是大气的混浊度,云状和时间。当然这些参数也决定着天气的形势。

大气混浊度

太阳辐射达到地面之前,它已被大气中不同的影响因素所减弱(开始时并无云彩)。这些就是空气分子引起的散射(瑞利散射)。在悬浮的大气微粒中产生的散射和吸收以及在大气和水蒸汽中的吸收对太阳辐射的一般影响称为大气混浊度。

Ångström的混浊度系数 β 和Schüepp的十年混浊度系数 B 是表示大气层中悬浮微粒状况的特征量。Link的混浊度因子 T 表示大气层中悬浮微粒和水蒸汽状况的参量 W , T 是 β 或 B ; W 的一个函数,并取决于相对的 m 值(译注:大气气候质量)及太阳的地平纬度。

为此,Dogniaux^[3]和Valko^[4]给出两个相互独立的公式,他们的计算结果几乎完全相同,而且Dogniaux的公式还给出了不同位置和气象观测点的大气水蒸汽和悬浮微粒的分类,它的年平均值是正确的。

最初的数学模型^[2]可用于热气候和不同地区的台站(山区,农村城市和工业区)的Linke混浊因子的月平均值参阅Schulze^[5]和Steinhauser^[6]。

日照时间和云状

云状和日照时间都是表述天气特征的参数。它们之间有相似的关系。由于通过目视来观察云量有不同程度不足,这样似乎有理由用日照时间来描述天气特征更为适宜,而且遍及全球的很多气象台站有日照时间的记载。

日照时间取决于测点的位置、观测季节和当天的时间。日照时间的季节性变化也是取

决于天气条件、测点的海拔高度和地理位置。在全天过程中,日照时间的对称部分是由云彩引起,其原因是由于太阳在低地平纬度时,云彩使日照时间迅速减少。在一年中对称部分是不相同的,并且是由于太阳对于云和地面的辐射的差异程度引起的。

为了在平均天空条件下对斜面辐照度和光照度的计算,必须知道每月日照概率的小时平均值 σ_h 。可是许多气象站只有月日照概率的日平均值 σ_m 。所以就需要把 σ_m 换算成 σ_h 。只有在这种情况下才考虑对称部分,即对每一气象站来说,对称部分是不同的,而且不能进行数学计算和应用。

因此可用以下公式。这个公式是由语言程序导出并经联邦德国13个气象站从

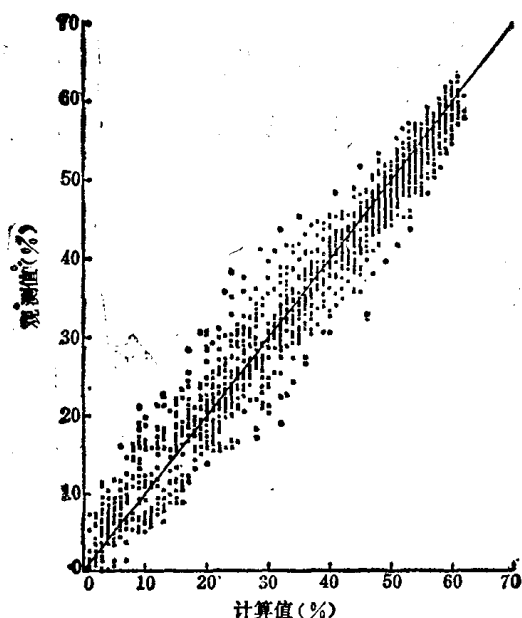


图1 联邦德国13个气象台1951年~1970年日照概率的观测和计算值的比较

1951年~1970年^[7]的测量数据逐次近似修正得到的。

$$\sigma_h = \sigma_m t_d \sigma_{rel} / \sum_{t_r}^{t_s} \sigma_{rel} \Delta t \quad (1)$$

式中 σ_{rel} 是相对于太阳地平纬度 90° 时的相对日照概率,它是 γ_s 的函数并给出如下计算公式:

$$\begin{aligned} \sigma_{rel} &= 1 - \frac{0.1}{\lg \gamma_s} & \gamma_s &\geq 10^\circ \\ \sigma_{rel} &= 2.5 \lg \gamma_s & \gamma_s &< 10^\circ \end{aligned}$$

t_d 是白天的长度, t_r 和 t_s 是日出和日落时间。

在图1中给出 σ_h 的计算值和观察值的相互关系。这些值的分布首先是由在全天过程中日照的非对称因素来解释。

天空条件

室内天然光的冷却和升温,在不同区域中天空条件的重要性是不同的。对于极端的天空条件(均匀阴天天空和完全的晴天天空)的辐射和天然光数据已完全掌握并有一部分已标准化了。对于平均天空条件的数据可由考虑当地气象数据和极端天空条件的数据推导出来。

阴天

对于阴天的计算方法的基础是以水平面的光照度 E_e ^[8]作为太阳地平纬度的函数以及阴天条件下CIE的标准亮度分布^[9]。

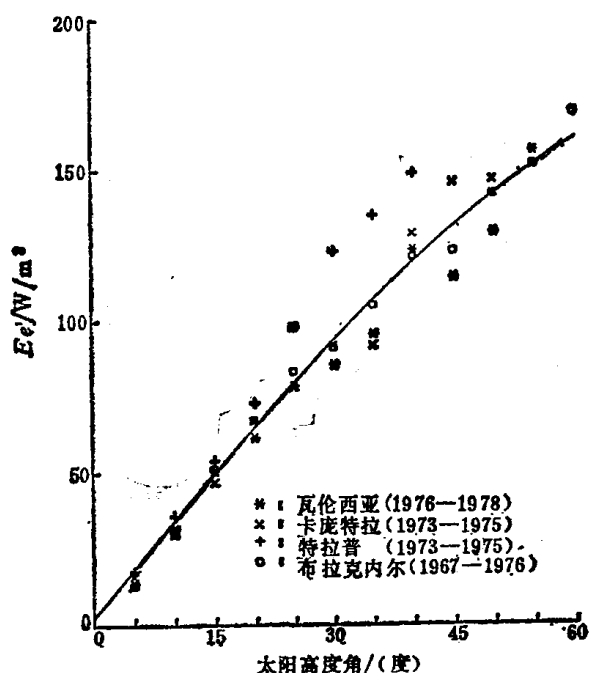


图2 不同台站阴天天空的水平辐照度

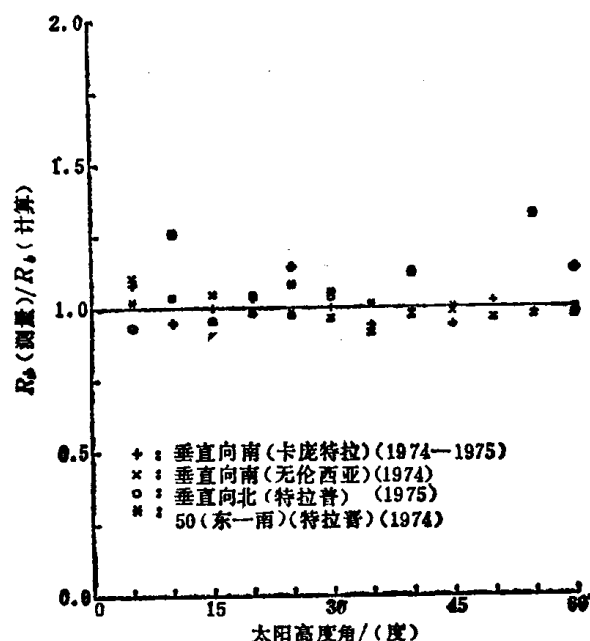


图3 不同倾斜面 R_s 值的测量和计算结果的比较

$$E_e = 300 + 21000 \sin \gamma_s (\text{lx}) \quad (2)$$

$$L_s / L_o = (1 + 2 \cos e) / 3 \quad (3)$$

其中 L_o 是天顶亮度, L_s 是阴天亮度。当天顶亮度为 e 时,在斜面上的光照度 $E_{e,F}$ 从相对

亮度分布而得。

$$R_b = E_{aF}/E_a = 0.182[1.178(1 + \cos\gamma_F) + (\pi - \gamma_F) \cos\gamma_F + \sin\gamma_F] \quad (4)$$

其中 γ_F 是表面斜度，单位为弧度。从地面的反射光对于斜面的光照度 E_{aFr} 为：

$$E_{aFr} = E_a \rho (1 - \cos\gamma_F)/2 \quad (5)$$

其中 ρ 是地面的反射系数，一般地面可设为0.2。对于水平面及斜面的辐照度 E_s ， E_{sF} ， E_{aFr} 可由发光效率 $K = E_s/E_e = 115 \text{lm/W}^{[8]}$ 计算。这样3-5式也可用于斜面辐照度的计算。

对于不同场所的水平面和斜面辐照度的研究表明其特殊值引起较大偏差。但可以此法计算主要值，因为此法计算的主要值的近似性很好（图2和图3）。

晴天天空条件

太阳

对于水平面太阳的辐照度，按照Schulze^[5]有如下公式：

$$E_{ss} = E_{so} \exp(-\bar{a}_R m_a T) \sin\gamma_s \quad (6)$$

其中 E_{so} 是太阳常数 1367W/m^2 ， $\bar{a}_R$ 是光线通过大气层时的辐射衰减系数， m 是气候质量，根据Kasten^[12]可得下式：

$$m = 1/[\sin\gamma_s + 0.15(\gamma_s + 3.885)^{-1.253}] \quad (7)$$

$$\bar{a}_R = 1/(0.9m_a + 9.4) \quad (8)$$

$$m_a = m(1 - 0.1H) \quad (9)$$

其中 γ_s 的单位是度。对于该海拔高（ H 的单位为 km ）的修正用公式（9）

根据辐照度及发光效率 K_s 可导出阳光对水平面的光照度 E_{ss} ：

$$E_{ss} = E_{es} K_s \quad (10)$$

$$K_s = \sum_{i=0}^5 a_i \gamma_s^i \quad (11)$$

其中 γ_s 单位是度

$$\begin{aligned} a_0 &= 17.46 & a_3 &= 7.2865 \times 10^{-4} \\ a_1 &= 4.393 & a_4 &= -2.1352 \times 10^{-6} \\ a_2 &= -8.6281 \times 10^{-2} & a_5 &= -8.29 \times 10^{-10} \end{aligned}$$

可由水平面的辐照度及光照度 E_s 得出太阳对倾斜面的辐照度及光照度 E_{sF} 。

$$E_{sF} = E_s (\cos\gamma_F + \tan^{-1}\gamma_s \sin\gamma_F \cos\alpha_F) \quad (12)$$

$\alpha_F = |\alpha_s - \alpha_k|$ ，其中 α_k 是倾斜面的方位角。

晴天天空

根据公式Schulze^[5]可用于对于小平面晴天辐照度的计算式为 F_s ：

$$E_{sF} = 0.5 E_{so} [q_s^* - \exp(-\bar{a}_R m T)] \sin\gamma_s \quad (13)$$

其中 q_s^* 是通过大气层时的吸收因子，它由下式给出：

$$q_s^* = \left(\sum_{i=0}^5 a_i \gamma_s^i \right) (a + bT) \quad (14)$$

其中 γ_s 的单位是度。

$$\begin{aligned} a_0 &= 1.294 & a_3 &= 3.8034 \times 10^{-6} \\ a_1 &= 2.4417 \times 10^{-2} & a_4 &= -2.2145 \times 10^{-8} \\ a_2 &= -3.973 \times 10^{-4} & a_5 &= 5.8332 \times 10^{-11} \\ a &= 0.506 & b &= -1.0788 \times 10^{-2} \end{aligned}$$

根据辐照度及发光效率 $K_h = 125.4 \text{ lm/W}^{[1]}$, 可得水平面的光照度 E_{ah} 如下:

$$E_{ah} = E_{eh} K_h \quad (15)$$

晴天时倾斜面辐照度和光照度 E_{hF} 可由小平面的辐照度和光照度及晴天的相对辐射率或亮度分布求得。把从晴天时不同的辐射率和亮度分布求得的 $R = E_{hF}/E_h$ 值作比较表明, 根据Kittler的CIE标准亮度分布可用于对晴天时倾斜面的辐照度和光照度的计算。

平均天空条件

平均天空条件意味着长期辐射和考虑长期当地气象数据的水平面和倾斜面上的天然光数据。

根据极端天气, 晴天和阴天的辐照度及当地日照概率可得到平均天空条件时的水平面和倾斜面上的辐照度。

文献[1]的研究表明, 不能够从晴天天空条件下简单地使用日照概率的概念来预测直射光照度。其主要原因是在低日照概率时, 用自动绘图记录仪对日照量估计不足和在高日照概率时估计过高所造成的。不仅如此, 文献[1]的研究也表明, 在晴天天空条件下的扩散辐射度比在完全的晴天和完全的阴天时的大得多。

因此, 在平均天空条件下对晴天和阴天的辐射数据的计算有二次修正。

从极端天气条件下的辐射数据再考虑到本地的日照概率, 就可以计算出平均天空条件下水平面和倾斜面上的辐照度 E_{emF} 。

$$E_{emF} = E'_{sF} \sigma_h R_s + [E'_{hF} \sigma_h + E'_{eF} (1 - \sigma_h)] R_h \quad (16)$$

式中 E'_{sF} , E'_{hF} 和 E'_{eF} 是考虑了地面反射的辐射。在太阳光下及晴天条件下的倾斜面的辐照度可由以下公式计算出:

$$E'_{sF} = E_{sF} + E_{es} \rho (1 - \cos \gamma_F) / 2 \quad (17)$$

$$E'_{hF} = E_{hF} + E_{eh} \rho (1 - \cos \gamma_F) / 2 \quad (18)$$

$$E'_{eF} = E_{eF} + E_e \rho (1 - \cos \gamma_F) / 2 \quad (19)$$

R_s 和 R_h 是对平均天空条件的修正函数, 它是从汉堡的10年的辐射观察经验中得出的。它们作为日照概率的函数, 可用图4来加以说明。

$$R_s, R_h = \sum_{i=0}^3 a_i \sigma_h^i \quad (20)$$

	R_s	R_h
a_0	1.48	1.0
a_1	-4.066	2.54
a_2	6.924	-2.98
a_3	-3.341	0.44

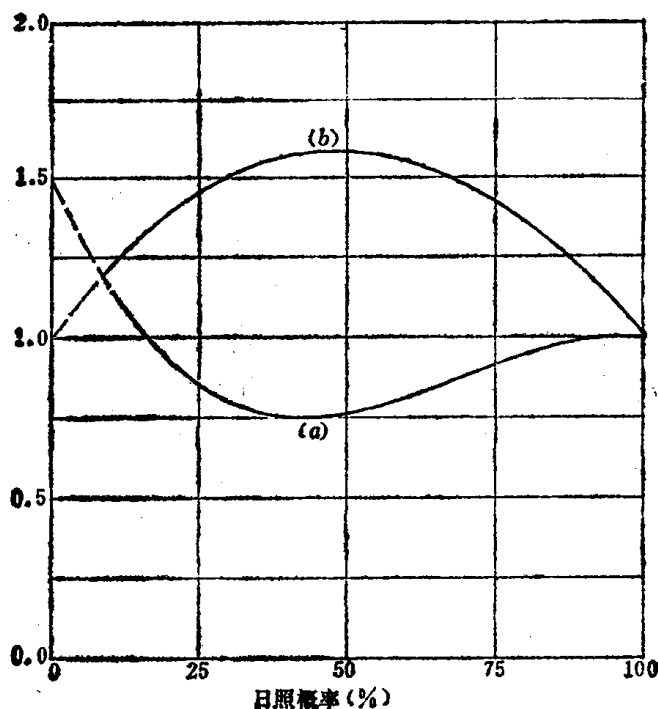


图 4 平均天空条件下的修正函数
(a) R_s 阳光辐射; (b) R_h 天空辐射

在柏林, 对于进行光照度检验的公式 (16) 的研究表明, 这个公式也可用于对光照度的计算, 只是把极端天气条件下的辐照度代替光照度就可以了。

方法的精度及适用范围

此法已被欧洲的很多观测点及不同倾斜面的数据所检验, 其结果表明, 此法在平均天空条件下的精度在 $\pm 10\%$ 范围内。此法也被世界其他地区的观测点检验。比如在新加坡^[17], 此法对于新加坡的数据的精度也同样是误差小于 $\pm 10\%$ 。

根据此法与不同观测点和不同倾斜面的观测结果作对比。我们说此法可以在世界范围内应用。

参 考 文 献

- [1] S. Aydinli: Über die Berechnung der zur Verfügung stehenden Solarenergie und des Tageslichtes. Fortschrittsberichte der VDI Zeitschriften. Reihe 6, No. 79 (1981)
- [2] S. Aydinli: 1st Draft for a CIE technical report on the availability of solar radiation and daylight.

- Institut für Lichttechnik
der TU Berlin 1981.
- /3/ R. Dogniaux: Representations analytiques des composantes du rayonnement lumineux solaire. Institut Royal Meteorologique de Belgique Publication-Serie A, No. 83.
 - /4/ P. Valko : Über den Zusammenhang zwischen Trübungsfaktor und Trübungskoeffizient Arch. Met. Geoph. Biol. B, 15(1967)
 - /5/ R.W. Schulze : Strahlenklima der Erde Steinkopff Verlag, Darmstadt (1970)
 - /6/ F. Steinhauser: Die mittlere Trübung der Luft an verschiedenen Orten. Geophysik 42(1934)
 - /7/ S. Aydinli : Über den Tagesgang der Sonnenscheinwahrscheinlichkeit und der Globalstrahlung. Licht-Forschung 5(1983) Nr. 1.
 - /8/ J. Krochmann : Neuere vom Tageslicht in Innenräumen. Lichttechnik 16 (1964)
 - /9/ CIE committee E-3:2. 13th session, Paris(1955)
 - /10/ S. Aydinli : Statistical analysis of the the irradiances on overcast days. EEC Solar Energy Programm. Institut für Lichttechnik der TU-Berlin (1981)
J. Krochmann
R. Rattunde
 - /11/ S. Aydinli : Untersuchungen über die Bestrahlungsstärken auf horizontalen und geneigten Flächen an Sonnenscheinloser Tagen. Licht-Forschung 4(1982) Nr. 1
 - /12/ F. Kasten : A simple parameterization of the pyrheliometric formula for determining the Linke turbidity factor Meteorl. Rdsch. 33 (1980)
 - /13/ : Standardization of luminance distribution on clear skies. Publication CIE No. 22(TC-4.2) 1973
 - /14/ T. Nagata : Luminance distribution on clear skies. Trans. A.I.S.(185, 186) 1971
 - /15/ C. Liebelt : Leuchtdichte- und Strahldichte-Verteilung des wolkenfreien Himmels Lichttechnische Gemeinschaftstagung 1978, Amsterdam.
 - /16/ R. Rattunde : Optimierung der Tageslichtbeleuchtung großer Räume durch Oberlichter unter Berücksichtigung des zur

Verfügung stehenden Tageslichtes. Diss. 1980 Berlin
717/S.Aydinli : Calculation of the irradiances on Slopes for the Optimal Utilization of Solar Energy.
Proceedings of the 4th International Solar Forum Berlin (1982).

(肖辉乾 译)

天然光随建筑方位的变化研究

J.D.Kendrick

(南澳大利亚)

摘 要

不按最低或平均天空情况的设计方法,而按天然光动态情况的设计方法,对该方法的进一步研究和发展的讨论最近有所进展。由得到的数据表明,对于澳大利亚情况最普通的天然光的利用来说,天气状态既不是晴天也不是阴天,而大多数情况是部分云天和多变的天气。考虑这一变化情况,寻找一个新的天然光设计途径作为发展的目标,作者介绍了一黑白模型房间中,不同方位的天然光利用试验研究的详细情况。这项研究表明,在无遮挡的水平面上的地面光照度的利用和在模型房间内按东,南,西,北四个朝向进行测量之间的关系,从黑白装修的模型试验数据比较来看,显然室内天然光的相互反射分量和方位的影响,对住宅区的采光都是很重要的因素。

引 言

16mm的有声电影和作者早期的论文[1、2、3],推进了天然采光的研究和发展,这就是天然采光的动态设计方法,而不是只对天然光因素的最低的、静止的阴天或瞬时晴天的一般采光设计方法的研究。

作者通过天然采光文献资料的分析提出的看法^[1],有人认为这一看法是在过去的基础上发展起来的。这种看法(现在还流行着)在今天对于天然光的条件的分析和一种更合理的采光设计方法的发展已起阻碍作用,并且也不能满足那些敏感的设计者的需要。设计者企图创造出令人满意的合理的天然光空间,而且就像真实的天然光在建筑物中合理照射那样,并不需要提供某种计算方法来使人们理解天然光的能量的含义。

几十年来人们一直按阴天来进行采光设计,这种方法已在设计者的脑海中扎了根,也就是说,他们在进行所谓的天然采光设计,其实也就是通常按光通考虑的照明设计。这种设计不外乎是一种练习,并不考虑实际的天然光情况。可是天然光和光的空间影响又确实发生在室内和建筑物中发生,并对人们的工作和居民生活产生作用。

最初的天然采光设计方法是从简便的逻辑要求考虑的,而不是从设计和人对环境要求得出的。最近各种各样的“平均天空条件”概念的发展是基于辐照度,光照度或其他参量。如果认为它可以帮助敏感的设计者的话,就和过去最初设计情况相类同。

从对天然光气候国际比较和标准化角度来看,各种不同的“平均天空条件”方法,如Kittler建议的方法,它提供出“理想的结果和科学地发展了世界光气候的标准化……,并能相互检查,检查我们对基本光气候因数以及现行天然光情况的理解情况”^[5]。但是“平均天空条件”不会对理解实际发生在室内的天然光影响有什么帮助,事实上,它仅改进

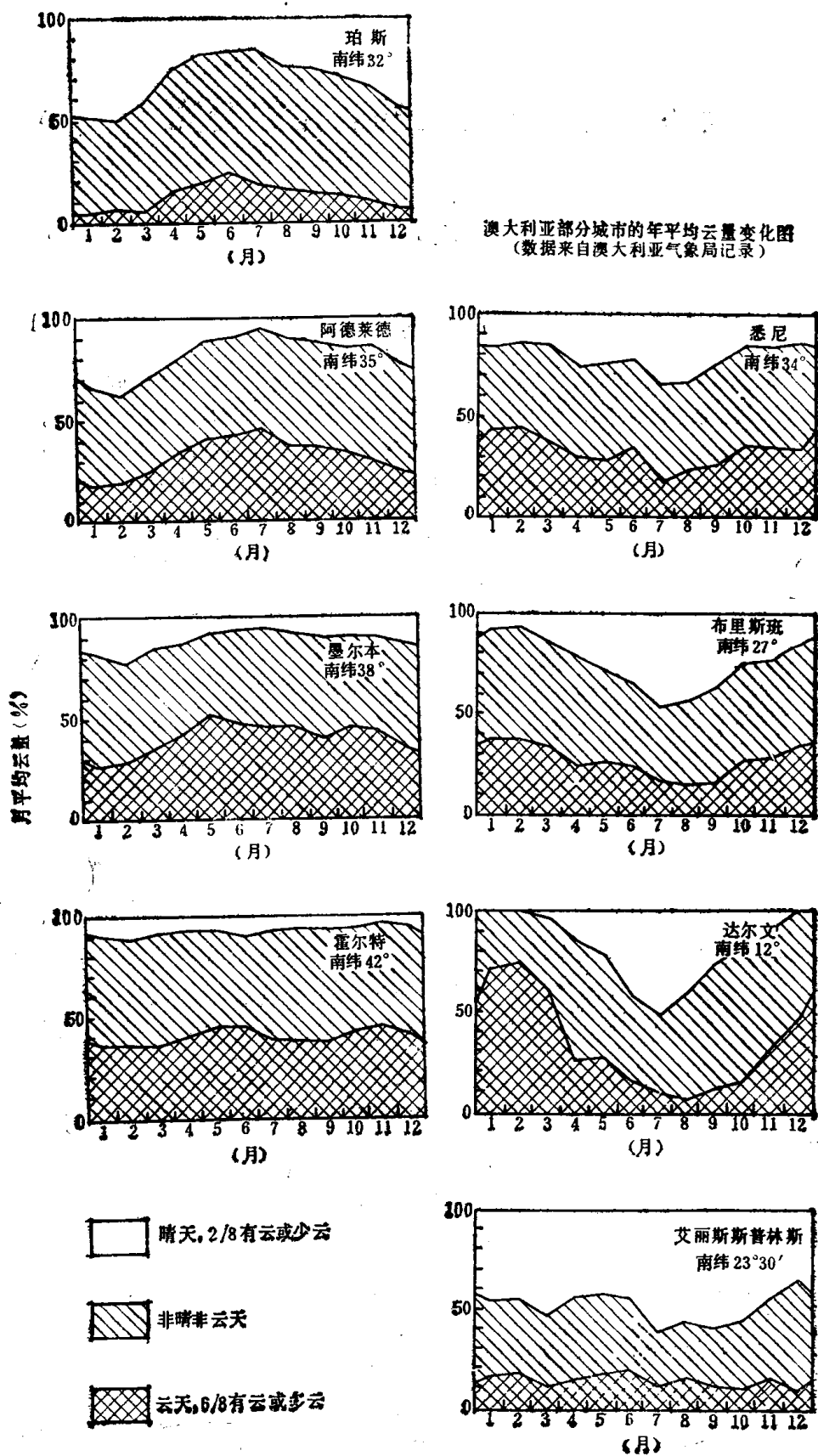


图 1

了我们早期的一种看法，早期看法在很多年来一直影响到天然光研究和实践的正常发展。这些平均概念，不管根据是什么，只不过是思路更宽广一点而已。可是，实际上就是那些具体的设计因素影响建筑物和它的居住者。

从搞好设计工作的观点出发，天然光作为照明光源的领域和天然光在采光中的应用（带能量含义）的领域，既要联系起来考虑也要分别予以研究，而前者的研究不必满足后者的要求。

相应地说，本文并不大关心对“平均情况”的检查，而注意开始检查位于南澳大利亚南纬35°的Adelaide的实际天空的具体影响和结果，这是为了加强对天然采光设计的理解。

做为第一步，不管怎样的检查“平均情况”的记录总是有用的，在缺乏长期的光气候（光照度）的测量数据的情况下，澳大利亚气象局提供了在该国各主要大城市每年云量的平均状况的记录（见图1）。图1清楚表明在澳大利亚的一般的天然光情况既不是晴天也不是多云天而是介于两者之间，在这种条件下，天然光的作用和影响是什么样子还完全是个未知数，也未被充分重视，在采光设计中也不考虑。这样有必要进行观测和实验工作。

实验方法

考虑这是试验性的研究，为了得到有关基金部门对研究工作在经费方面的支持，本项目试图用东，南，西，北向的模型对实际天然光的作用加以检验。

试验1

试验用的两个室模型，一个的内表面涂以无光白色，另一个则涂无光黑色。每个模型配有三个25mm并经余弦校正的硒光电池作为光接收器和电压质量调整的分压器与三个书写记录笔相连，而每只记录笔又与两个Rika-Denki图象记录器相连接。

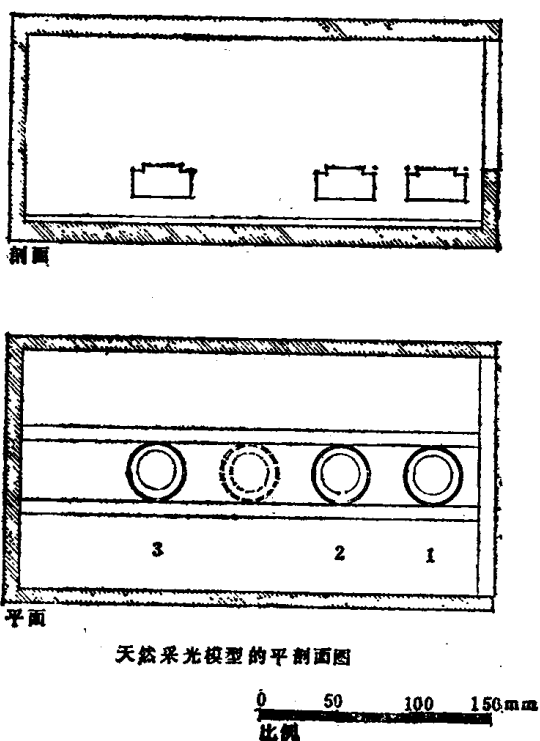


图2 天然采光模型的平剖面图

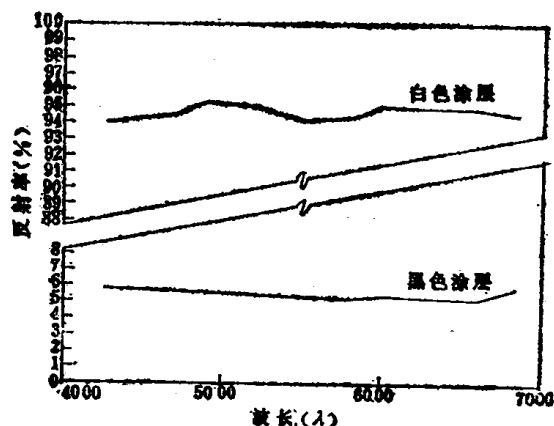


图3 模型内表面使用涂层的反射特性

图2表示模型的室内空间细节及设计特征。图3表示室内表面涂层的反射特性情况。在阿德莱德市(Adelaide)的晴天或部分云天时，测量天然光数据是可能的。但是在阴

天时就很困难,因为阴天天气在这里是不经常出现的,就是出现也是经常变化的。Ruck 在一份对全澳大利亚天然光利用的分析报告中指出:“澳大利亚天空的云量极不稳定,特别是沿海地区表现尤为突出”。

图 4 (a), 4 (b), 4 (c) 表示三个光电接收器的读数是在三个连续晴天情况下得到的,试验的黑白模型室分别朝南、东和北面(在阿德莱德市,澳大利亚气象局天气预报的准确率一般是75%,这也就帮助了我们的试验工作)。从这三个晴天比较,在当年11月那个时候在黑白模型室产生的各种不同条件下的钢笔记录,可得出以下结论:

(1) 对于基本朝向(北、南、东和西)的天然光的变化情况是日和年的时间函数,并且对于每个参数都存在显著的差异,而西面大约是东面的镜像。

(2) 室内天然光变化情况是随着窗洞的距离的增加而减小,随对天空所张立体角的增加而提高。(注:天空亮度随太阳的位置的不同而变化,这是晴天情况的主要技术参量。)^[7]

(3) 天然光变化情况的显著差别出现在黑白模型室的同一时间,这说明室内表面用高反射涂层的优越性。

进而假设1982年11月21, 22, 23 日这三个晴天非常相似(这假设是有根据的),那么很明显,在这种情况下的大部分时间内,没有天然光达到室内深处,这就和在水平面测光情况一样。由经验和实验可知,在这种情况下是很需要人工照明的,然而对于高反射的内表面构成的内部空间,则可降低辅助人工照明;并且在其他天气条件下,室内使用浅色陈设的建筑物,天然光照明的潜力不大。

因此,应鼓励建筑师重新考虑室内表面使用深色涂饰的手法,改用淡色而使室内获得内反射所得到的增益。这些想法和有关细节已经由Julian论述过了^[8]。

由于用晒光电池和笔式记录器是有限的,故上述实验的缺点之一是不能同时记录地面反射和漫射光照度。为克服这一不足而进行下面一些修正实验。

然而在结束试验1之前,我们还可从其他有用的天气条件中得到黑白模型室的一系列的比较数据。特别是图5所示的1982年11月29日朝北的黑白模型室的试验结果。这一天是一个不断变化的有多斑状的动态非均匀云彩的天气。这天从阴暗的灰云变成白云。(在Adelaide,这是一个比在欧洲等地普遍得多的阴天型天气。但是根据Moon和Spencer的C.I.E 非均匀天空亮度的标准天空分析,这样的天气在美国、欧洲、英国的阴天型天气也不常见。)

以上无规律的变化情况与朝北的黑白模型室的晴天变化(见图4(c))相比,说明对于这样完全不同的日子的结果存在明显的差异。(从下面图6所示的图形还可以得出除北向以外的其他朝向的一些结论)。

试验2

本试验是4个白色模型室,在选定的基本朝向,安有光电接收器,在接收器1位置上(见图2),一个光电接收器记录地面光照度,另一个在阴影环下记录漫射光照度,该环仅用于比较的试验研究。在1982年12月4日下午,相对来说是一个晴天。这与1982年12月5日也属晴天天空所测得的两个结果一同表示,目的是为了对晴天六个光电接收器的读数进行比较。1982年12月6日的天气表示出Adelaide典型的动态天气特征^[2,3]。

为了相互进行比较,把图6(a)至图6(h)编排在一起,并将1982年12月4、5

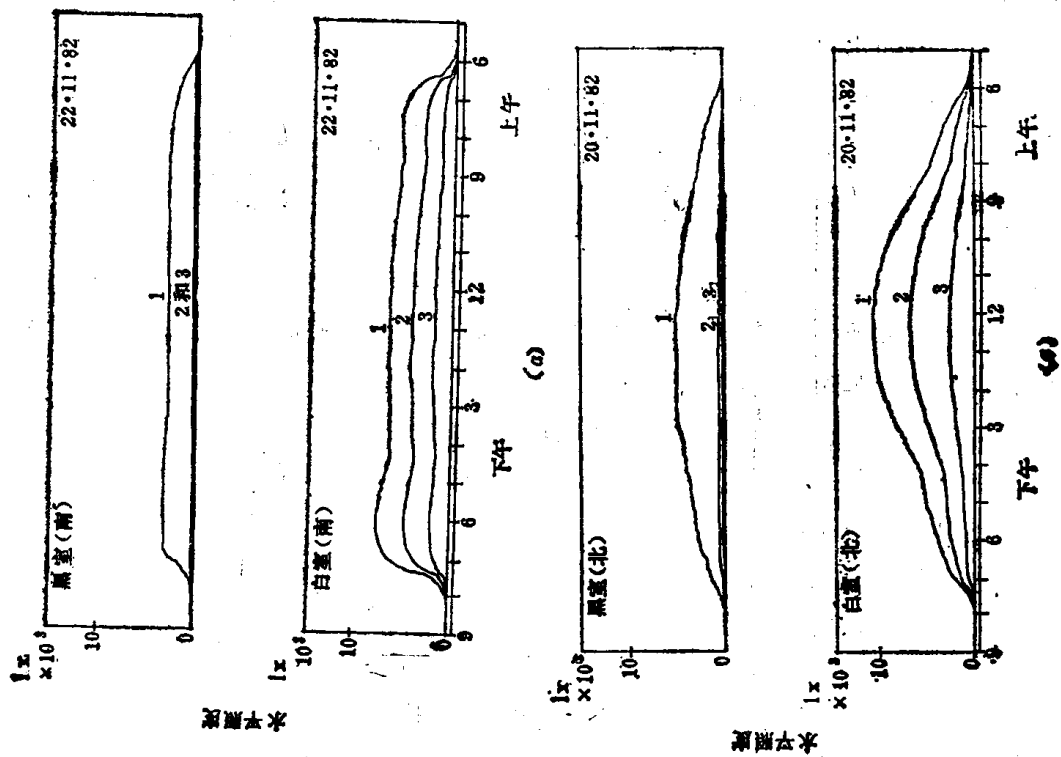
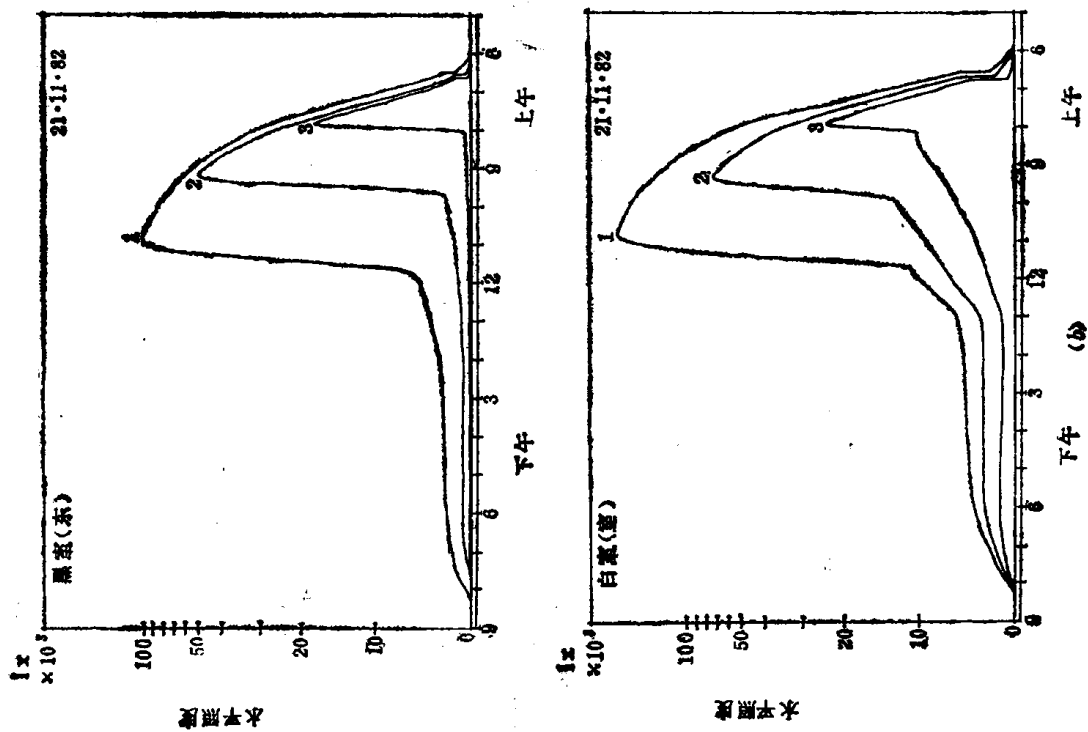


图 4

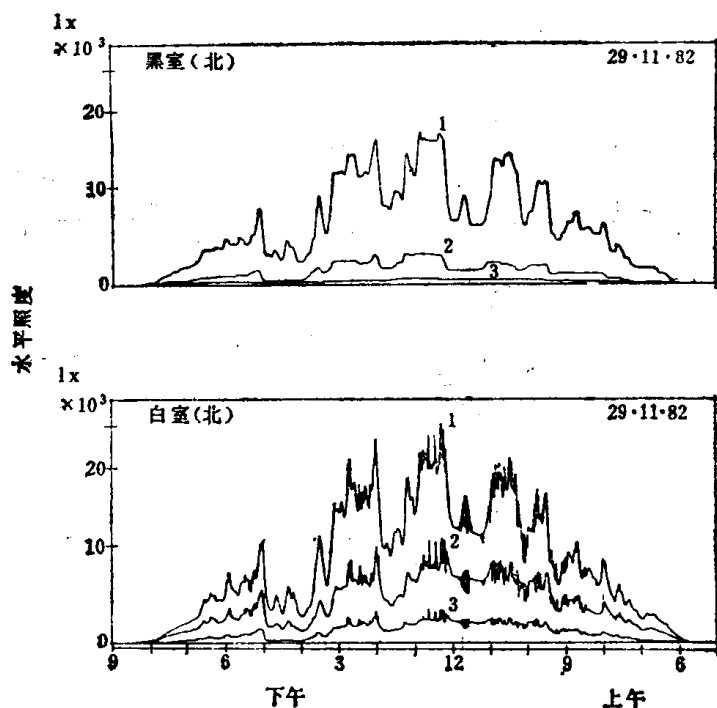


图 5

两天(晴天)和12月6日(非晴非云天)的情况表示出来。这样可由此图进行在所选时间内的测量结果的瞬时效果比较。

天然光的利用和变化特性的许多重要结论以及天然采光的设计均可按图6从以下几条具体的分析研究中得到:

(1) 在无遮挡的水平面上, 动态天然光照度的变化反映出: 在特种云天情况下的水平照度比晴天和太阳光条件下的值要大得多(见图7的位置“A”), 而在其他云天情况下(见图7中位置“B”)的水平照度比晴天和太阳光条件下的值要小些。

图7表示把图6(a)和图6(b)中得到的地面照度叠加起的情况, 这些是为了对效果进行比较。

作者问:

对辐照度和光照度值(在晴天和阳光天为数更多)的许多暂时波动是否可以用有关采光或能量计算的数学模型来解释?

(很可惜, 由于Hagner光照度计不能记录更高的读数, 只显示了高于100000 lx的读数, 据估计在适当条件下可以记录高达150000~180000 lx之间的读数。)

从图6中还得出以下结论:

(2) 在同一时间的某一瞬间, 在无遮挡的水平面上与在基本朝向的室内水平面上测量的天然光的关系是复杂的(由此可推断出其他方向的天然光数据。)

对面向东方和西方的有直射阳光的房子来说, 在水平面上测定遮挡和不遮挡的阳光时, 云层运动产生的槽形效应的半径与峰值, 而同时在白色模型室的水平面上测量该值时却增加了二到三倍。(见图8, 它表示出图6(b)和图6(d)的对比部分, 分别在早晨和东向, 下午和西向。图8表示以相应的字母顺序排列的峰状和槽形对比记录。)

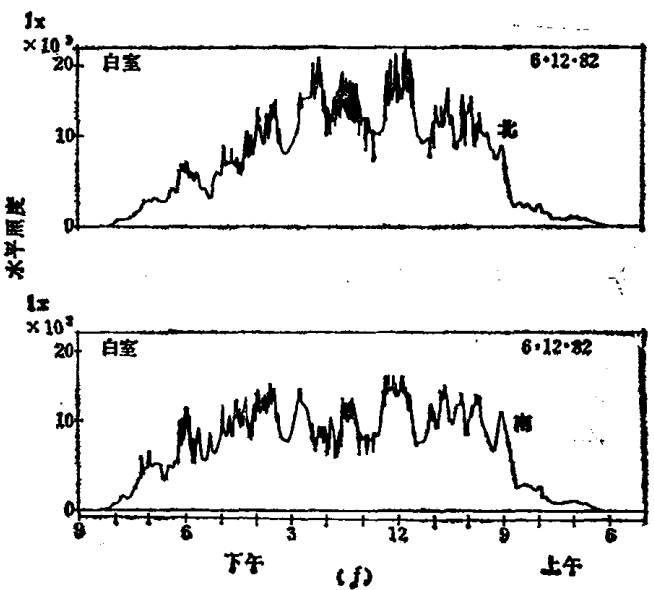
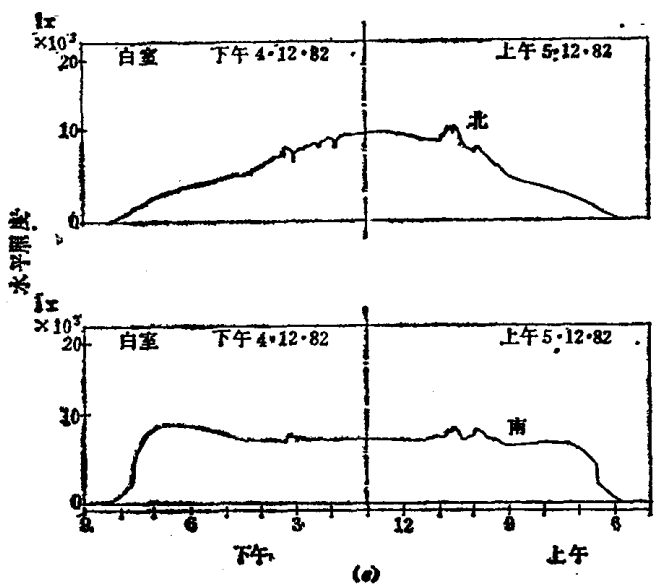
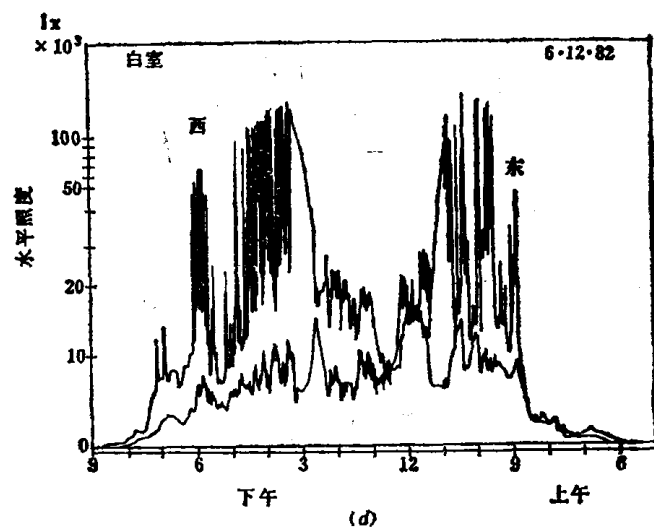
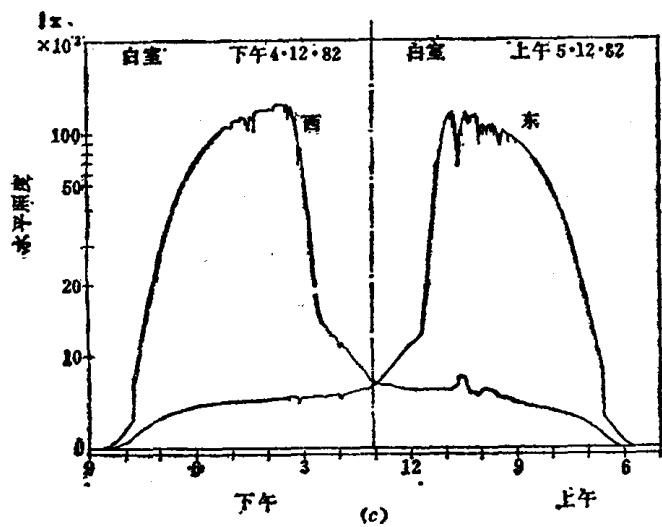
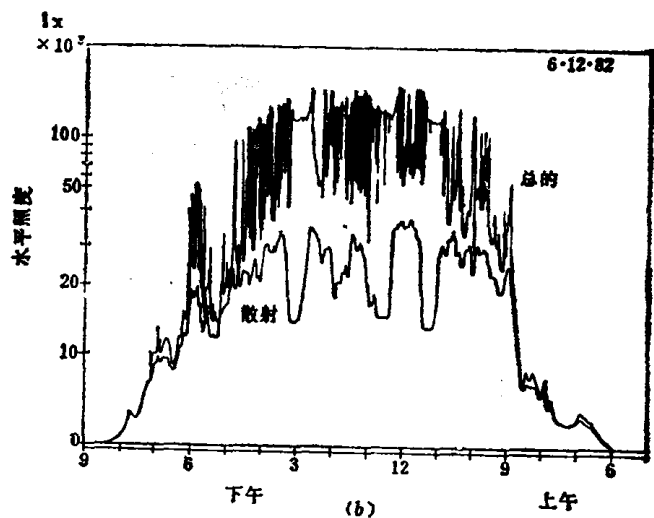
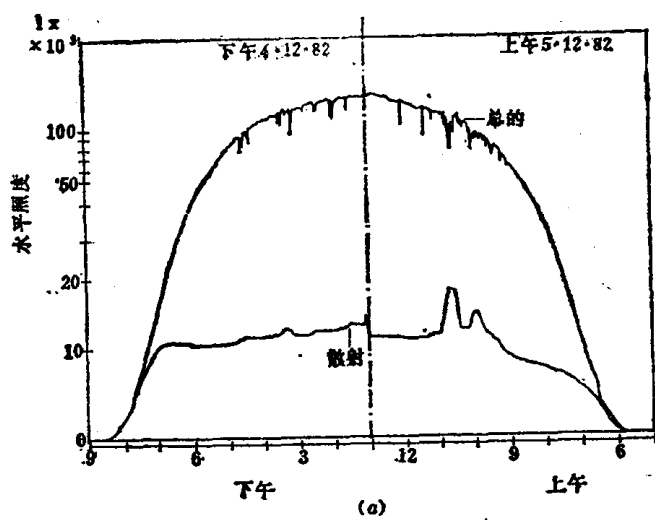


图 6

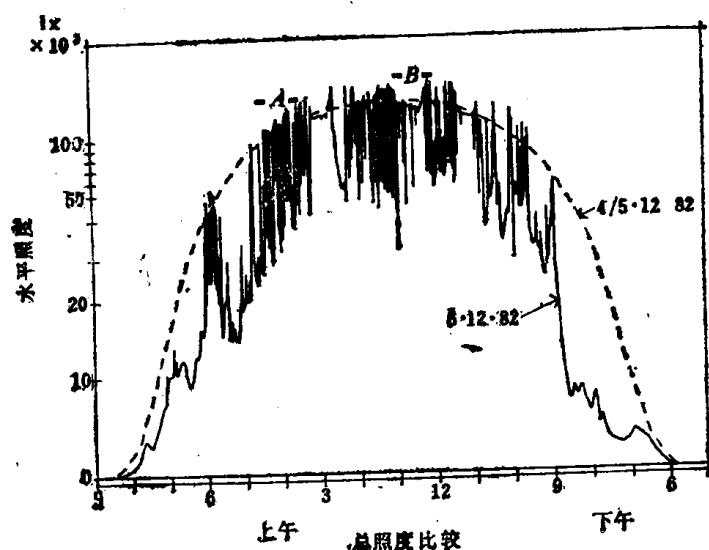


图 7 总照度比较

这一差异的影响主要是由于从模型室内对天空的视域有所限制，而直射阳光和地面日辐射值对室内光接收器和地面光接收器是共同的。若室内反射率较大时，则产生增强效应。Kittler在他最近的一篇论文中阐述了这个效应。他说，“各种各样的天空亮度形式对垂直面上或任意倾斜面上的天空光照度影响很大，但对来自整个天空的外部水平光照度的影响则并不那么显著。”接着Kittler试图导出一个数学公式来处理“部分有云的日照天空”^[9]。

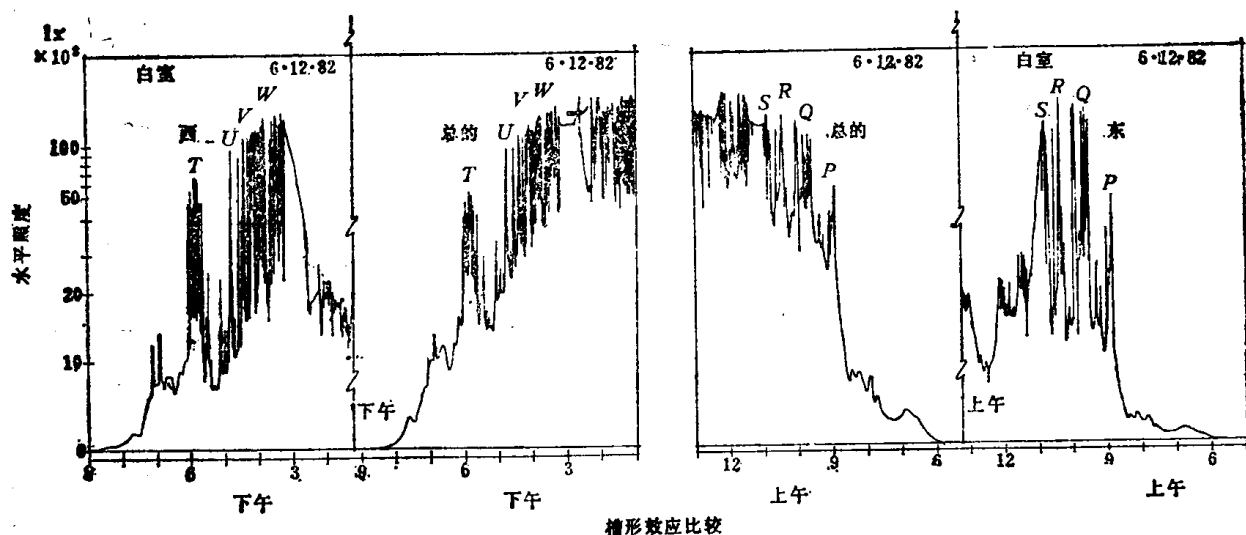


图 8 槽形效应比较

从图 6 还可进一步得出如下结论：

(3) 天然光波动性在所有的室内都存在，随着房间的变化有或大或小影响，当远离窗户时这一影响变小。

(4) 具有高反射率的房间同低反射率的房间相比具有较大的波动或可变现象。

以上结论与无光滑的垂直平面有关的，需做进一步的工作，对一定条件下的平面的形

状和位置进行考察,条件是用光滑和无光滑平面,并把它们分别放在无光滑和光滑斜面上进行研究的。

讨 论 和 结 语

显然,本文所阐述的简单模型实验情况,对当前采光设计方法提出疑义的想法,给人们提供了许多思考材料,它有力地说明我起初所关心的一些问题是有根据的。

对于所有房间的方位,特别是东向和西向,地面照度和室内水平照度之间的关系复杂,而不是目前采光设计中所用方法,即仅用天然采光系数就能表示的简单关系。Hopkinson等在1966年发表文章指出:“在阳光和天空条件下……天然采光系数不再起任何有利的作用”^[10],可是目前又没有一个在国际上为人们所接受的设计方法能反映出这些实验记录情况。

在Adelaide一年中,春末夏初这段时间内的实验数据是有限的,但可作出合理的假设,而且也表明天然光的变化和全年情况是相似的。不但Adelaide如此,其他地方也一样。

如果推断东向的天然光变化,我们有可能获得良好的结果。在南方从秋天到春天,尤其是清晨和黄昏,由于不能得到直射阳光,故天然光的变化只取决于云层和天然光照度的状况。我们可以假设,北方的天然光在不断增加,冬天就是这样,而夏天的变化很小。

这项开创性富有生气的研究工作引起了人们的关注,但是只有我们在完成各试验测量后才能对天然光的变化规律做出完整的描述。目前已从采光设计的需要出发初步得到了一些天然采光概算和能量估算的定量方法。

参 考 文 献

- 1 Kendrick, J.D., "Dynamic Lighting", paper presented to Illuminating Engineering Society of New South Wales, Sydney, 2 May 1974. Department of Architecture, The University of Adelaide 1974.
- 2 Kendrick, J.D., and Skinner, S., "Dynamic Aspects of Daylight", Proceedings of Symposium on "Daylight: Physical and Psychological and Architectural Aspects", July 1980, West Berlin, pp 238 - 252
- 3 Kendrick, J.D., Harfield, S., and Docherty, M.J., "Film: Dynamic Aspects of Daylight", Proceedings of Symposium on "Daylight: Physical, Psychological and Architectural Aspects", July 1980, West Berlin, pp 253 - 262. / Shortened Version of the paper included in Proceedings of 1983 International Daylighting Conference, Phoenix, Arizona, U.S.A., February 1983 /
- 4 Kendrick, J.D., "Variability Aspects of Daylight", paper presented to Australian National Committee on Illumination, Melbourne, 25 March 1980. (To be published as ANCL Technical Report)