

国际187

《民用建筑照明设计标准》

编制组内部交流资料(10)

游 泳 池 照 明

CIE、TC—4.4

朱学梅 译

彭明元 校

本手册中引用的标准、规范仅作“参考资料”使用，如需采用，必须以现行有效版本的标准、规范为准。

院总工程师办公室 1997.10

中国建筑科学研究院物理所

1986年11月

第50

摘 要

这个报告探讨了室内游泳池和室外游泳池的天然采光和人工照明的问题。它主要强调了作为娱乐场以及训练场和比赛场用的长方形游泳池的设计。此文不适用于特殊的专用场和公共娱乐场。但一般的原则和推荐值也可推广使用，这对照明设计者来说，会有帮助作用的。这个报告还包括室内和室外游泳池彩色电视转播提出的特殊问题的有关资料。

各种照明技术问题要受建筑结构的制约，还需要天然采光和人工照明的平衡以及考虑安装和维护等问题的经济性和实际可能性。因此，照明工程师要与建筑师密切合作，提出最佳的解决问题的方法，以适应视功能的要求。这个报告就每个问题进行了讨论。

游泳池的照明

目 录

1、照明的基本原则

1 • 1 水面的反射光

1 • 2 水面的透射光

1 • 3 改善向水中观察条件的措施

2 采光

2 • 1 室内游泳池的要求

2 • 2 照明对建筑设计的影响

2 • 3 窗户和墙壁

2 • 4 采光的照度

2 • 5 天然光利用率

2 • 6 采光和人工照明的经济平衡

3 人工照明

3 • 1 照度

3 • 1 • 1 均匀度

3 • 1 • 2 光源的显色性

3 • 1 • 3 照明口

3 • 2 人工照明的原则

3 • 2 • 1 室外游泳池

3 • 2 • 2 室内游泳池

3 • 2 • 2 • 1 直接照明

3 • 2 • 2 • 2 间接照明

3 • 2 • 3 • 3 混合照明

3 • 2 • 3 水下照明

3 • 2 • 4 电视转播的要求

3 • 2 • 4 • 1 室外游泳池

3 • 2 • 4 • 2 室内游泳池——人工照明

3 • 2 • 4 • 3 室内游泳池——采光

这是一份关于作为教学、训练、比赛和娱乐用的一般的矩形游泳池的天然采光和人工照明问题的报告。它讲述了对游泳池运动员、跳水运动员、游泳池服务员、教练员和观众合理的照明分布的理论，当然在一些大的比赛场所，还有必要考虑彩色电视转播对光线的要求。

人工照明和天然采光必须作为补充因素来设计，它需要建筑设计师和电口工程师的密切合作，只有这样，才能确保游泳池的所有使用者视功能的满意要求，从而提供一个高质量，又具有一定的维护系数和符合经济费用要求的照明方案。

1、照明的基本原则

游泳池的照明中，最令人头痛的是，水面光幕反射的控制问题。水中的反射眩光，对游泳者来说并不碍事，但它却妨害了跳水运动员，当然对观众影响最大。因此，照明口的安装，在不影响看台观众视线的条件下，应该对观众提供最好的观看条件。良好的可见度对游泳池工作人员也是十分重要的，因为他们必须在运动员处于难以看清的情况下，尽可能看清他们。

天然光或人工光在水面上的反射光产生的亮度要比在水下产生的亮度高得多。在最坏的条件下是不可能看到水里的情形的，这对观众观看是不利的，更严重的是游泳池应该确保使用者的安全。

因此控制从水面的天然光或人工光的反射，使其保证光线透射

到水里是很必要的。在水面上，光线的反射与透射的比例取决于光线入射的角度。见图 1 所示。

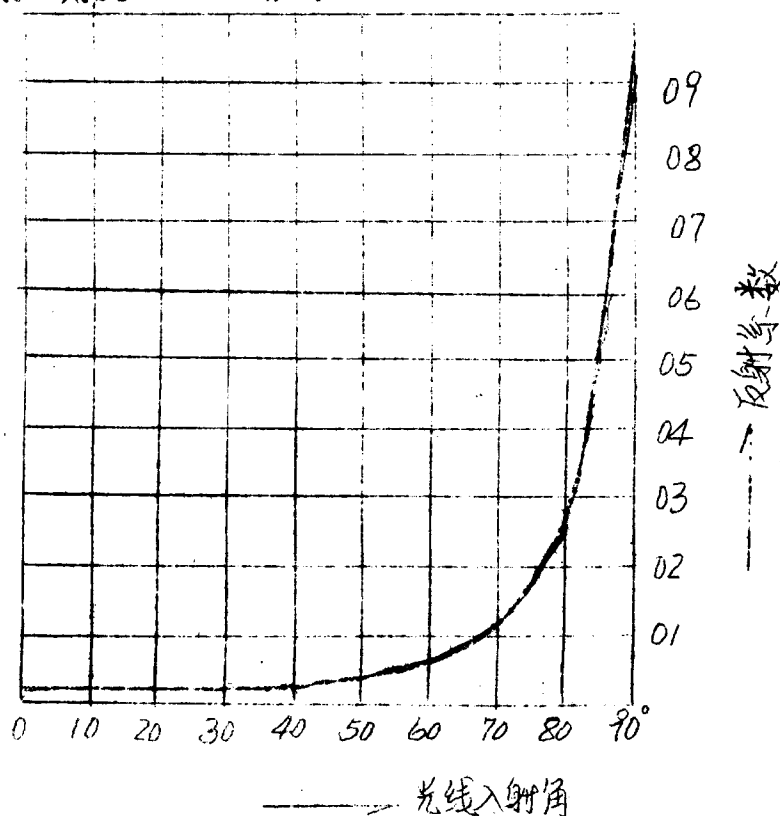
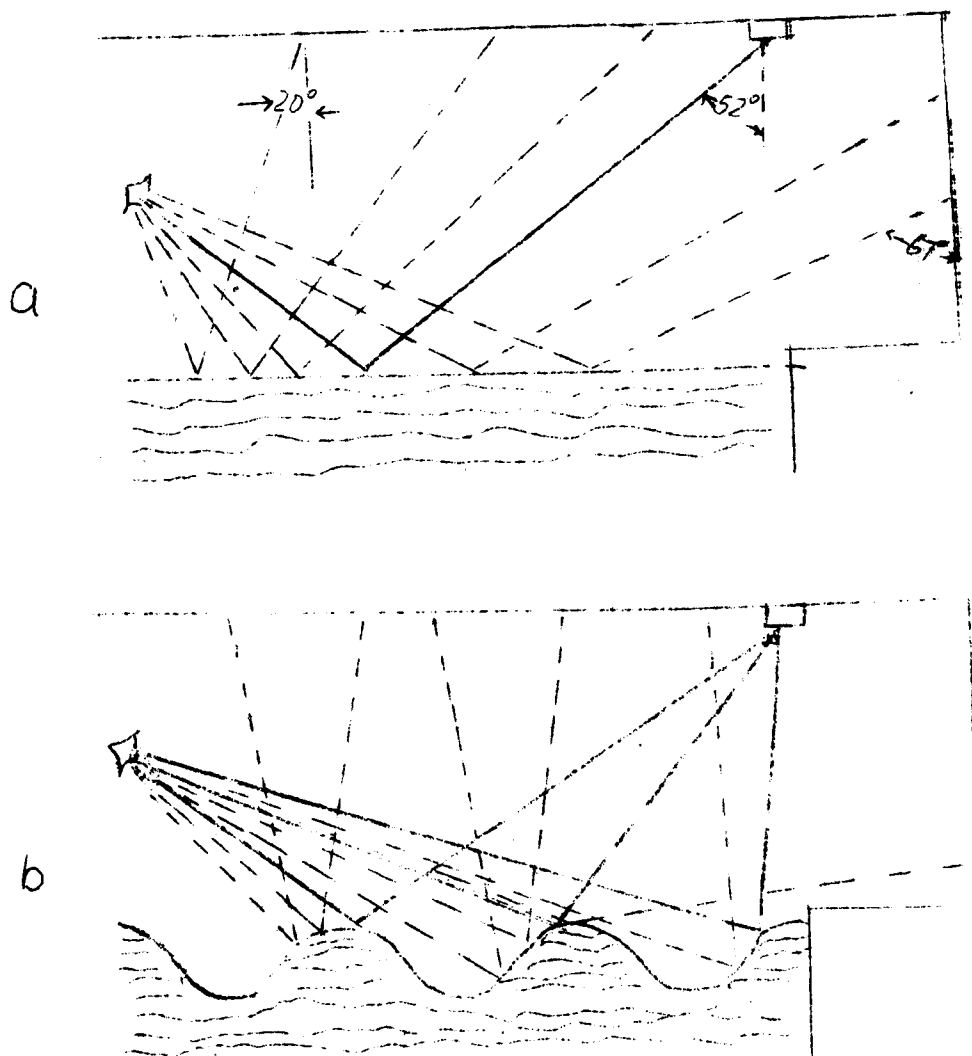


图 1 光的入射角与反射率的关系

注意：任何一个入射角度，除去反射光量，其余都穿透水表面为池底提供照明。

1.1 水面的反射光

图 2 显示的从照明口、天花板和墙壁上的反射光。图中(a)是静止水面，(b)是波动水面。每一点的反射光减少的比例正如图 1 所示取决于入射光与观察点的位置的夹角。因此在天花板上最接近点 (20°) 的反射率是 2%，光源亮度在 52° 角减少了 4%，在墙



图二 在水表面上，墙壁和天花板的
光源的反射光

- (a) —— 静止的水面
(b) —— 波动的水面

壁上最低点 (67°) 光源亮度减少了 10 %。

图 2 所示的是有比较高的观察角，可以认为是观众看台上的一个观察位置。如果考虑较低观察角，相当于游泳池边上的场地服务人员观察，（如图 3），入射角一般较大，反射率也较高。

图 3 b 是波动的水面，表示完美的镜面的静止的水变成了经常不断扰动的水，各个点都有无规则的不同的反射亮度。例如，图中光源可以看作在水表面上三个单独的波纹出射的三个高亮度亮斑。

提出一个静止的水面是为了帮助理解光在水表面的反射原理，实际上静止水面的条件是没有意义的，使用中的游泳池，水面是波动的。图 3 b 夸大了图例，便于帮助理解。事实上，任一时刻水面波动的最大程度都大于远离水平面 $\pm 20^\circ$ 。（见图 3 b）

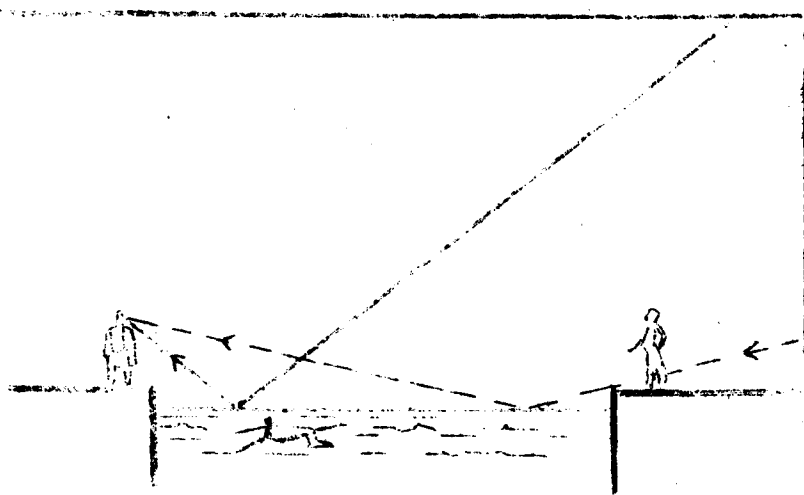


图 3 (a) 干扰反射引起视功能的减少

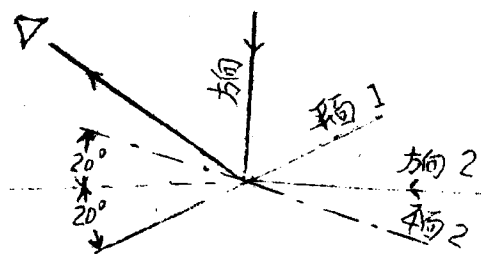


图 3 (b) 干扰反射引起视功能的减少

(a) ——静止的水面

墙壁上（或天花板上）任何一个限定的点光源在观察者的位置上形成耀眼的光斑（图 a 中实线）。

任何一个大光源（例如墙面、天花板或窗子）在水表面形成的干扰光幕（在图 a 中实线和虚线之间的表面）。

(b) ——扰动的水面

观察者可以在墙面上、天花板或窗子上看到散射的各个点像（在图 b 中方向 1 和方向 2 上）。

注意：背向窗子的观察者在水表面上看不到窗子的反射像。

1.2 水面的透射光

图 1 给出的结果是游泳池水面入射光的特性，其透射光随入射角的增加而减少。这一透射光通考虑了传输能量的损失和游泳池底的反射之后，提供了从游泳池泳道上可以看到的亮度。这种情况实

水上与水面条件是静止的还是波动无关，池底和水下游泳运动员的可见度，随着水面照度的增加而减少。

进入水中总光通量的多少，确定了游泳池底的亮度，取决于游泳池泳道的面积，灯具的光分布，灯具布置与梁和墙壁、天花板的反射系数。但是游泳池水面的平均亮度还取决于观察者的位置。游泳池的场地服务员的基本责任之一是确保游泳者的安全，因此游泳池照明口的设计安装应对他们的观察提供最好的观察条件。为保证站在游泳池周围的人向水中看时有良好的可见度，其水面的平均亮度就不能比池底的平均亮度高得太多。

由于大的角度入射光线，得到较大的反射光和较小的透射光，在边缘照明和侧向采光的情况下，从游泳池边缘向水中看时效果最差。白天，由于玻璃窗面积很大，阴天或晴天的昼光和直射阳光进入不加遮挡的窗户或天窗会产生较高的亮度，所以问题比较大。

1.3 改善向水中观察 条件的措施

1、可以经过有可调节的百叶窗或固定在外面的“半截窗帘”来降低 50° 角范围内入射光的亮度。

2、利用窗帘，卷帘百叶窗或有色玻璃来减少进入游泳池泳道的天然光。

注意：采用“半截窗帘”和有色玻璃来减弱天然光线，当采用天然光时需考虑使全年任何时候都可以提供满意的照度。

3、尽可能限制天花板照明口在垂直面 50° 角的范围内的亮度，但又不能过多地影响照明口的效率。

4、保证游泳池底和四壁有尽可能高的反射系数（最小为70%）。

5、对于直接照明系统（见3·2·2·1），墙面和天花板的反射系数应在0·4~0·6范围内。对于间接照明系统（见3·2·2·2），天花板必须有很高的反射系数，如果照明系统的效率不会受到不利影响的话，但是有作用的天花板不能延伸超出游泳区，另外要控制间接照明口的溢光，以保持墙面很低的亮度。

6、要提高游泳池底的亮度，可以采用水下人工照明系统，来改善向水下看的视觉能力。可是，水下照明并不能抵消由窗子采光在水表面的反射光，因此就不能作为纠正不良的人工照明设计的推荐方案。

7、保证游泳池四周和观众看台的照明不产生干扰视线的反射。任何一个用玻璃墙隔开的同主厅相邻的区域，其照明设计也要避免附加的反射。

2 采光

2·1 室内游泳池的要求

主要的目标是通过为每一个游泳池使用人员提供良好的视觉条件，以确保安全。因此采光设计所应满足的要求是提供满意的照度

水平，良好的光线进入水中的透射条件。

有这样几个问题：

——确保在游泳池上任何一点的最小水平照度，譬如说250勒克斯。随季节变化，保证这一照度每天有一定的小时数。

——确保向水下的透射光。

——避免眩光：在波动的水面上反射的直射阳光和天空光产生的眩光，或用窗户和其四周对比过高而产生的眩光。

2.2 照明对建筑设计的影响

应设法充分利用昼光。在露天游泳池。选择场地时，最好的位置是周围建筑物的阴影不要投到游泳池上，同时，观众和跳水板上的运动员不能面向太阳。一般来说，运动员应背向阳光或侧向阳光。

在室内游泳池用昼光照明的情况下，或者采用滑顶情况下，如果可能，建筑物的朝向应加以选择使人们可以直接看到外部环境，进而确保阳光射入和昼光的变化，以加强总的气氛。

游泳池泳道的光线设计应尽可能多地采用天然光，并使每天的自然光做为唯一光源的利用时间尽可能地长。

为了提供丰富的娱乐设施，室内游泳池或滑顶游泳池可以有一些其它的场地，如露天游泳池和阳光浴场。在小城市里有时把现有的公园和运动场地作为新建游泳池的地址总是比较合适的。

2.3 窗户和墙壁

为了得到最大程度的采光并增加愉快的气氛，在建筑物的一个侧面安装玻璃，有时不能达到足以满意的照度水平。因此往往有必要在一个或两个端墙上安装附加的玻璃窗，或者通过安装用漫射材料或隔棚制成的滑顶来减弱直射阳光。

太阳的辐射当然会提高建筑物内部的温度，有时可以利用这一效应的优点。另一方面，还要避免和减少由于温度的提高对室内人们产生的不舒适感，特别是长期在游泳池场地内的工作人员。在不需要阳光直接照射的那些地方，把窗户安在背阳面是一种很好的办法。

在冬天，大面积的玻璃面会造成过度的热量损失，要减少热量的损失，避免“冷墙效应”，确保室内人员的舒适感，窗上应加双层或三层玻璃。

正如在1.2节所讨论的那样，低窗可以提供视觉同外界的联系，但决不是使光线进入水中的最好位置，所以多半成了一个在地面反射的高亮度光源。

可以利用外部遮挡和着色玻璃，来避免直接看到太阳和过高的亮度对比。室内卷帘或可调百叶窗也可以获得同样的结果。尽管室内使用卷帘和可调百叶窗存在维护问题，但还是有助于晚上因它比玻璃反射率低而损失光少。这样，当游泳馆只用人工照明时，就能提供更好的亮度比。若窗子开设在相对观察位置水池的另一边时，

可以感到水面的眩光。如果在教练员和场地服务员处于有利的位置（见图3），同样，也可以考虑给观众席背光，当然实际上很难做到。

用顶部天窗采光来补充侧窗采光，从而增加了向水下透射的光通量。

对游泳池采光设计问题的评价，还应适应彩色电视转播的要求。见3·2·4。

2·4 天然光照度

建筑物内部的天然光照度的多少，是随不同时间、季节和建筑物的方位、天气的变化而改变的。要想预测，比较困难。

采光设计方法的原则在CIE第16号出版物上有介绍。对有顶棚的游泳池，要达到的采光照度水平，窗户的朝向及天花板的亮度已经由采光系数决定，并满足设计要求。这一计算是按照建筑物方位关系从而获得天然采光和人工照明之间的经济平衡关系。（例如，游泳池每天上午九点到下午五点开放，可以有80%的时间利用天然光）。

2·5 天然光的可利用率

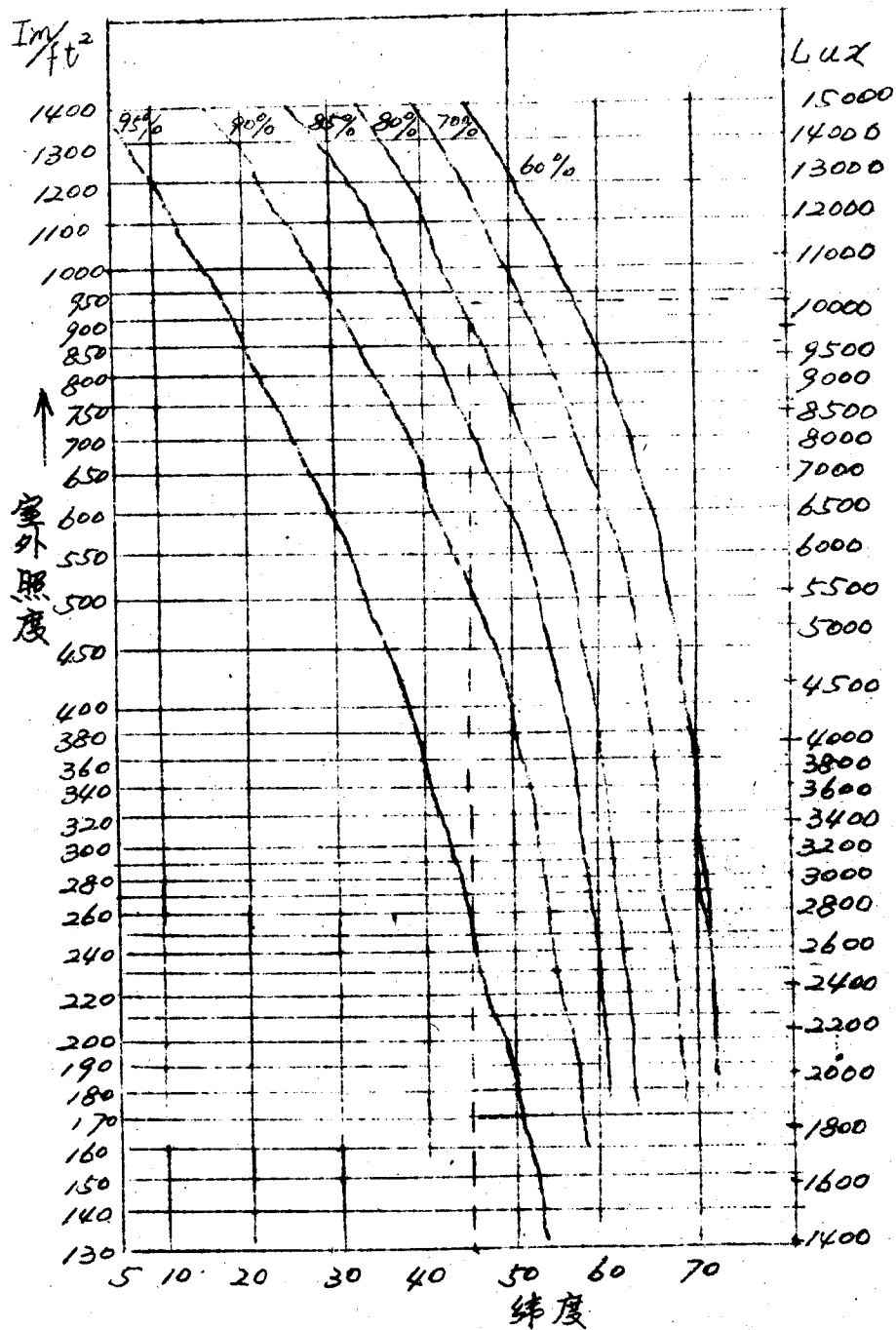
CIE第16号出版物给出了确定室外整个天空照度的参考值的必要的资料。在给定南北纬度 5° 到 70° 范围内给出天然光利

用的百分数，图4的参考值就可以得出最低的室外照度值。图4给出的曲线适用于在09.00~17.00时间范围内天然光利用各种百分比率。(95, 90, 85, 70和60%)。例如，纬度45°天然光利用率是80%，外部天空照度的参考值是10000勒克斯，要维持建筑物内250勒克斯的最小值，那么建筑物最低的采光系数应该是：

$$\frac{250 \times 100}{10000} = 2.5\%$$

全阴天情况下，水平面的照度是以太阳的高度与水平面的夹角 γ° 的函数关系在图5中给出的。

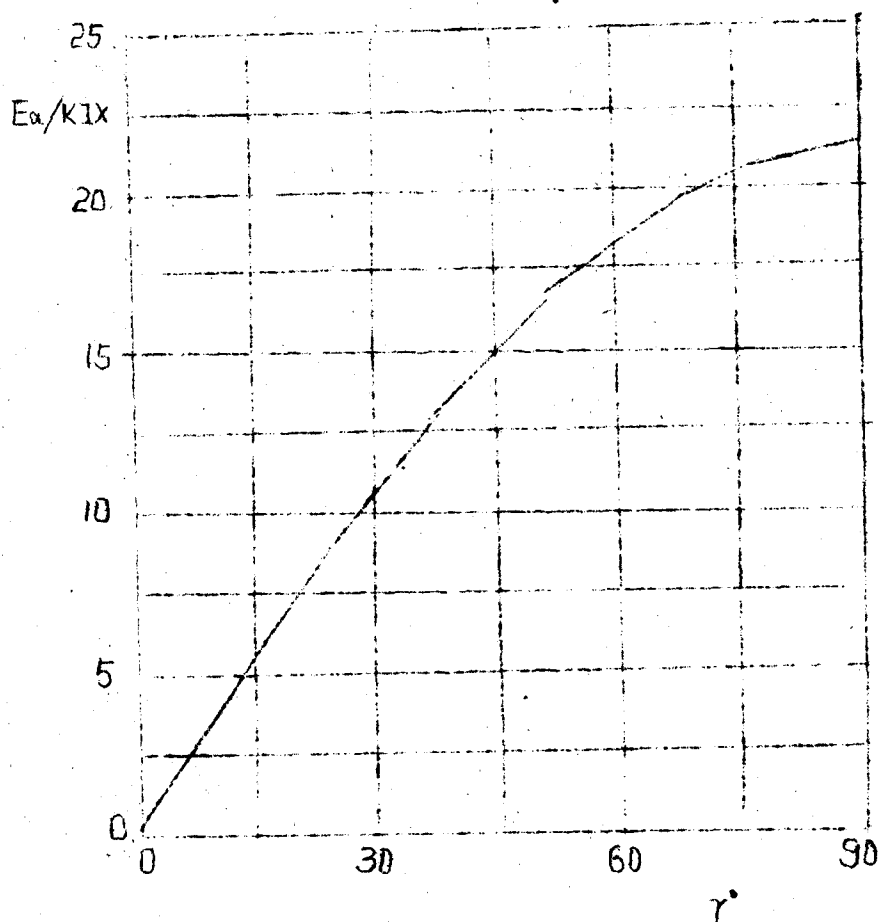
全晴天的情况下，照度的计算问题，请参考CIE第22号发表物，新的CIE规范正准备补充全晴天情况的采光计算。它将包含计算采光的程序资料，用于处理更复杂或单一的采光问题。



图四 摘自CIE第16号出版物：天然采光

这些曲线也可应用于09.00~17.00使用时间周期之外的时间内，只是它们需要从新标出新的百分比数值来，下列表格

给出了一些变化的使用时间的百分比数值。



图五 在无遮挡全阴天空下，水平面照度值随太阳高度与水平面的夹角 γ° 变化的情况。

2.6 天然采光和人工照明的经济平衡

游泳池的天然采光和人工照明的经济平衡问题包括：