

Code for Lighting

照明设计指南

註：此照明指南已有更新版，請往網頁www.cibse.org查看。參閱者需自行考慮是否適用。

翻译：

陈大华、刘洋、杨深、石挺

校对：

陈大华、刘洋、程雯婷、陈育明

前言	4
第1章 照明的视觉效应	5
1.1 介绍.....	5
1.2 昼光和电气照明.....	7
1.2.1 提供观察视野.....	8
1.2.2 提高室内光亮度.....	8
1.2.3 为视觉作业提供照明.....	9
1.3 照明的等级.....	10
1.3.1 视觉作业绩效.....	10
1.3.2 满意度.....	12
1.3.3 外观.....	14
1.4 照明中的变化.....	14
1.4.1 照度的变化：定义.....	14
1.4.2 工作场所的照度的空间变化.....	15
1.4.3 非作业场所的照度变化.....	15
1.4.4 照度、亮度及视亮度.....	16
1.4.5 视野中的亮度.....	16
1.4.6 视觉适应.....	17
1.5 眩光.....	18
1.5.1 失能眩光.....	19
1.5.2 源于电气照明的不舒适眩光.....	20
1.5.3 源自窗户的不舒适眩光.....	21
1.5.4 光幕反射.....	21
1.6 方向与造型.....	22
1.6.1 呈现形状.....	23
1.6.2 表现材质.....	25
1.6.3 展示照明.....	27
1.7 表面.....	29
1.7.1 表面反射率.....	29
1.7.2 表面颜色.....	30
1.7.3 物体颜色.....	31
1.8 光源辐射.....	32
1.8.1 辐射光的光色.....	32
1.8.2 显色性.....	33
1.9 光的波动.....	33
第2章 建议及推荐	35
2.1 介绍.....	35
2.2 昼光照明的建议.....	35
2.2.1 昼光照明作为一般室内照明.....	35
2.2.1.1 白天无电气照明补充的场合.....	36
2.2.1.2 白天有电气照明补充的场合.....	36
2.2.2 用昼光进行视觉作业照明.....	36
2.3 同时采用电气照明和昼光照明的建议.....	36
2.3.1 颜色.....	37

2.3.2 照度.....	37
2.3.3 照度变化.....	38
2.3.4 亮度和照度比例.....	40
2.3.5 室内表面.....	41
2.3.5.1 顶棚.....	41
2.3.5.3 地板和作业面.....	42
2.3.6 色表.....	43
2.3.7 显色性.....	43
2.3.8 造型和强调.....	43
2.3.9 眩光.....	45
2.3.9.1 遮挡眩光.....	45
2.3.10 带有显示设备工作空间的照明.....	45
2.3.10.1 灯具亮度限制.....	46
2.4 能效建议.....	46
2.4.1 功率和时间.....	47
2.4.2 节能设备.....	47
2.4.3 照明能耗目标.....	48
2.5 照明计划.....	50
第3章 照明设计.....	79
3.1 目标.....	79
3.1.1 安全.....	80
3.1.2 视觉作业.....	80
3.1.3 外观和特点.....	81
3.1.4 优先和限制.....	81
3.2 规范.....	81
3.3 整体规划.....	82
3.4 昼光.....	82
3.4.1 昼光数量的初步评估.....	82
3.4.2 昼光提高室内的一般视亮度.....	83
3.4.3 利用昼光为视觉作业提供照明.....	84
3.5 电气照明系统的选择.....	86
3.5.1 一般照明.....	86
3.5.2 局域照明.....	87
3.5.3 局部照明.....	88
3.6 光源和灯具的选择.....	89
3.6.1 光源特性的选择.....	90
3.6.2 灯具特性的选择.....	91
3.6.3 照度比图.....	91
3.7 能源管理.....	95
3.7.1 照明控制系统的选择.....	96
3.7.1.1 结合昼光.....	96
3.7.1.2 恒定照度.....	96
3.7.1.3 使用.....	96
3.7.1.4 自动控制.....	97

3.7.1.5	维护控制.....	97
3.7.2	人体工效.....	98
3.8	细节规划.....	98
3.8.1	费用和能耗.....	98
3.8.1.1	成本评估.....	98
3.8.1.2	能源和费用.....	99
3.8.1.3	能源使用.....	99
3.8.1.4	传统开关.....	100
3.8.1.5	光电控制.....	102
3.8.2	维护照度.....	103
3.8.2.1	灯流明维护系数和残存率（参见“LIF 灯指南”和“灯管更换”-见 CD）	104
3.8.2.2	灯具维护系数（LMF）（见 CD 中的“灯具清洁时间间隔”）	105
3.8.2.3	房间表面维护系数（RSMF）	106
3.8.3.1	利用系数.....	108
3.8.3.2	室形指数.....	109
3.8.3.3	有效反射率.....	110
3.8.3.4	最大距高比.....	112
3.8.3.5	计算步骤.....	113
3.8.4	照度变化的规范和说明.....	114
3.8.4.1	照度变化计算.....	115
3.8.5	不舒适眩光.....	116
3.8.6	应急照明.....	117
3.8.6.1	疏散照明要求.....	118
3.8.6.2	标明通道.....	118
3.8.6.3	照亮通道.....	118
3.8.6.4	其他重要因素.....	119
3.8.6.5	系统和计算.....	119
3.8.6.6	维护和测试.....	119
3.8.6.7	规划顺序.....	120
3.9	设计清单.....	120
3.10	陈述假设.....	122
第 4 章	词汇表.....	124

前言

本书修改说明。

本书是光和照明学会成立以来所出版的首版“规则”，其格式与 1994 年版本一致。

最新及即将出台的相关标准和法规十分注重高效节能，本版本的主要改动正源于此。此版书对“照明计划”一节的格式进行了重新安排，采用与欧洲标准“EN 12464 室内工作场所的照明”草案中 5.1 和 5.8 节中类似的格式。由于体育场照明已有专属标准“BS EN 12913: 1999”，因此删除了该章节与运动场照明相关的内容。本书中体育场照明的相关内容参照“CIBSE 照明指导 4：体育场照明及其附录”。

根据相关的欧洲标准，本书采用“同一眩光等级 (UGR)”代替以前的眩光指数，虽然 UGR 是在 CIE 而不是欧标的出版物中被提出来。但我们预期，未来将会有更多的厂家在其灯具产品中附带 UGR 的相关技术数据。根据定义计算，UGR 和 LGI 在数值上相差很小；但为了便于读者自行计算 UGR，本书在“规则”中给出了相关信息。

关于节能与照明的章节也做了修订，一方面对能耗提出了更严格限制，另一方面融入了 2001 年颁布的“建筑物规范”中 L2 章节关于非住宅建筑的部分规定（L1 章节主要涉及住宅建筑，与本“规则”适用的对象不同）。在苏格兰，与此规定极为相似的是“建筑物标准规范”中的 J 章节。“规则”中规定的能耗标准仍是极易达到的，因而潜在节能空间是非常巨大的，设计师应尽量实现节能目标而不仅仅是满足标准规定。

尽管“规则”一书的形式没有变化，但考虑照明相关技术和实践的变化，与照明设计相关的第三章的内容被大幅修订。其他章节形式虽未变化，但内容也都有所更新。

註：此指南已有一更新版，請往網頁www.cibse.org查看。

第1章 照明的视觉效应

1.1 介绍

在室内空间中，照明须满足以下三项功能：

- (a) 确保室内空间的人员安全（图 1.1）
- (b) 提高视觉任务绩效（图 1.2）
- (c) 营造宜人的视觉环境（图 1.3）

安全的重要性始终处于首位，而任务绩效和室内环境的重要性则因空间特点而异。例如，工厂工具库的照明须强调照亮作业区域，而不是体现整个室内空间的感观；而在宾馆的休息室里，则应反其道行之。以上例子并不意味着照明中我们只关注视觉作业或只关注室内空间。在绝大多数情况下，设计师必须兼顾这两个方面。

照明之所以会影响人员安全，视觉作业以及视觉环境，是因为它可以改变人们对室内空间的认知方式和认识程度。例如，将室内危险因素照亮可以确保人员安全；将目标细节更好呈现可以方便视觉作业；将室内空间不同物体和表面照亮可以改换视觉环境。照明能够以不同方式影响室内空间不同元素的外观。

“规则”的这一章节将就照明的各个方面分别展开讨论。但应注意，照明设计必须综合各个方面的因素，使其成为一个有机整体，以达到设计的目标。这一观点将在第 3 章“照明设计”中加以讨论。



图 1.1 确保室内人员的安全



图 1.2 使视觉作业顺利进行

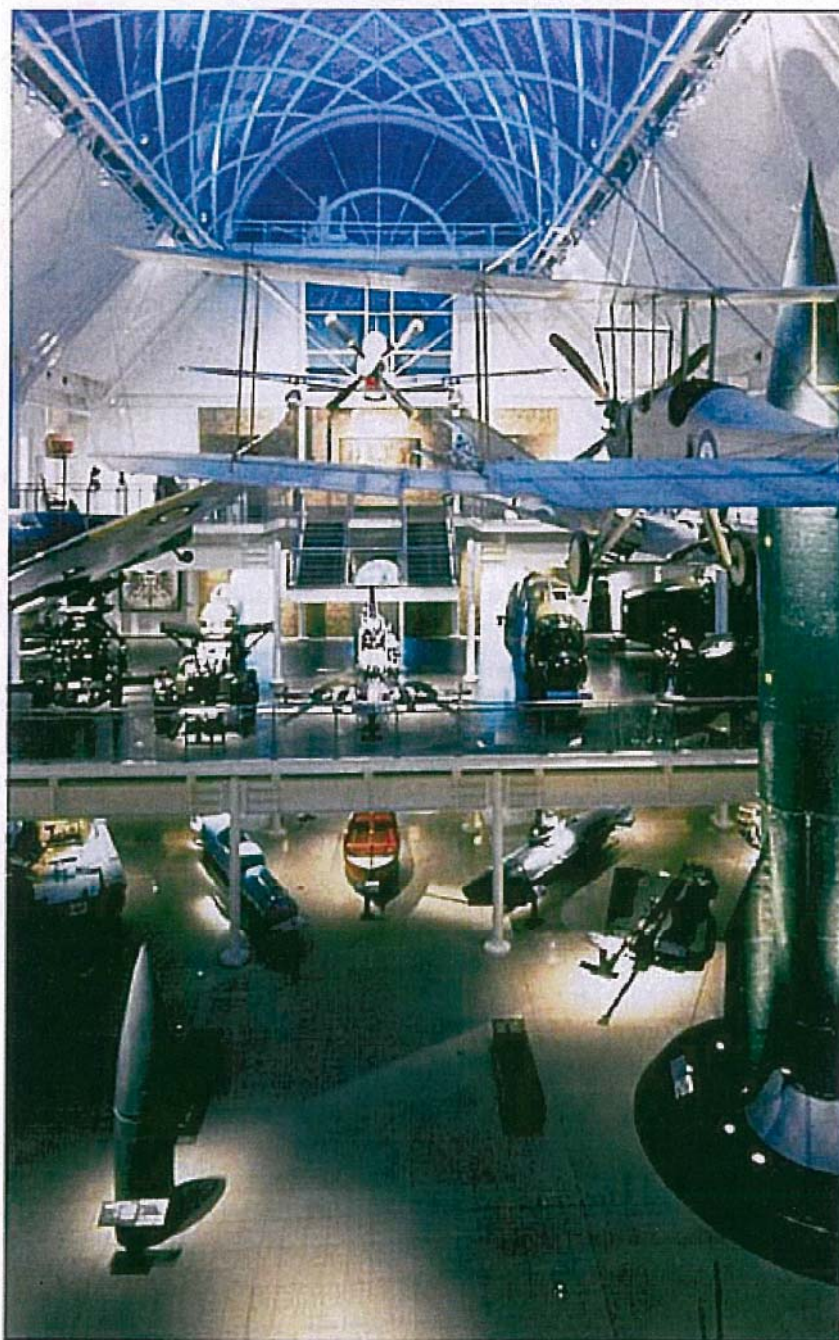


图 1.3 帮助营造宜人的视觉环境

1.2 昼光和电气照明

除去功用限制，人总是喜欢呆在有昼光的房间里，而不喜欢呆在没有窗户的房间里。实际上很少有没有窗户的建筑物，但我们也不否认在现代大多数建筑物中，人们即使在白天也持续地使用电气照明。昼光和电气照明应该形成互补。

在电气照明中充分利用昼光可以有效降低建筑物的能耗，令建筑用户受益，从而实现环保利民（图 1.4）。窗户或天窗可具备单一或多样的视觉功用，主要有以下三种：：提供观察

视野；提高室内整体亮度；为视觉作业提供照明。设计师须对这三项功用分开考虑。为一项功用设置的窗户或电气设备可能不足以满足另一项功用的需要。例如，一个视野很好的窗户可以为视觉作业提供很好的照明，但无助于提升整个室内空间的外观。

关于日光照明和补充电气照明的相关讨论可以参看“BS 8206”第二章。



图 1.4 昼光和电气照明相结合可以有效利用能源，创造高质量的照明。

1.2.1 提供观察视野

户外活动总是人们所向往的，所以如果没有窗户提供户外的观察视野，人处在室内空间会很舒适。因此，除非特定的活动需要隔绝昼光，否则房间中应有窗户提供观察视野。有时，观察视野是为了安保或监视的需要；但更多时候，室内的人需要变换一下视野内容来休息和放松。哪怕是很小的视野，也会提供很多功能。如果无法提供观察视野，应在室内提供类似的户外视野，如建筑物中庭里的装饰。如果室内环境是用于展示用途，或者出于安全考虑，有时也需要设置视野，让人从户外观察到室内情况，但更多时候室内环境有私密性的需求，在设计窗户、设置户外观察视野时务必考虑到这一点。

关于窗户的设计请参看“照明指导 10：昼光照明和窗户设计”。

1.2.2 提高室内光亮度

人们对房间性质的感知与房间内外所有可见表面的亮度和颜色有关。房间内的一般照明

与视觉作业照明应分开考虑，但二者具有同等的重要性。上述照明的实现可以借助昼光或电气照明或两者结合，但昼光自然变化所带来的照明效果是其他手段无法比拟的。尤其是侧窗，能够提升室内的建筑造型。其随时间的变化更能揭示天气以及一天内的不同时刻。

人们通常比较看重房间的光照是否自然。即使工作面的主要照明由电气光源提供，整个房间仍可以呈现昼光照明的效果。在室内引入高水平漫射昼光照明，并采用电气照明照亮顶棚和墙面，可以削弱室内外的对比度。另外，窗框的细节及周边设计也非常重要。

尽管直射日光照明会升高室内温度，加速材料老化，并可能引起视觉不舒适感，人们仍对它情有独钟，尤其是在白天使用时间较长的起居室中，以及对那些足不出户的人（如老年人）。但是，对日光的良好控制非常关键，特别是在室内工作场合，尤其是在室内工作场所。一般来说，日光不应直接照在视觉作业或正在工作的人身上。本书第 2.2 章“昼光照明的建议”给出了参考的窗户尺寸，以达到良好的一般照明效果。直射日光照明的详细描述请参看“照明指导 10：昼光照明和窗户设计”。

1.2.3 为视觉作业提供照明

视觉作业中，昼光照明设计与电气照明所考虑的因素是一样的，亦即在控制照明数量的同时将周边环境纳入考虑以保证照明质量。在作业照明方面，昼光照明有其如下独有的特点：

- (a) 视觉作业上的照度无法保持恒定。当天空变明亮时，室内照度会增加。即使调节天窗、百叶窗或采用其他手段，也无法避免作业面上的照度波动。相反地，在天气糟糕或傍晚的时候，需要采用电气照明来填补昼光的不足。
- (b) 窗户是位于工作者侧面的大型漫射光源，它可以很好地体现空间和物体的造型立体感。天窗照明则以下射光为主，在造型立体感方面的功能与大型的顶棚灯具类似。
- (c) 昼光的光谱分布一天内随时间发生显著变化，但其对颜色的还原却始终是非常好的。
- (d) 视觉任务与明亮的天空同时出现在视野内会引起失能眩光，可能会造成视觉绩效下降。作业表面上有窗户的镜像（例如挂在墙上的朝向窗户的图片），则会形成镜面反射，造成可见度下降。

在许多建筑物中，工作空间的视觉作业采用昼光照明是极其经济的，但照明的质量还取决于电气照明的控制。具体可以参看第 3.7 节“能源管理与照明控制”（见 CD）。

1.3 照明的等级

只有当表面、物体、人体表面有光反射出来时，人眼才能够识别它们。表面特性，反射率以及光的强弱和显色性决定了被照环境的表象。

虽然随着空间中的物理元素以及入射光线的变化，上述变量可以有非常多的变化；但在进行室内照明设计时，人们还是用单位面积上的光通量——照度（单位：lx）来定量描述照明的情况。照度可以分为平面照度，标量照度，柱面照度和矢量照度，其内容在本书其他章节有详细介绍（“照度计算的不同方法以及照明设备性能的验证”——见 CD）。常用的平面照度主要针对视觉作业在水平面、倾斜平面或垂直平面上的情况。这些平面被称为参考平面。我们通常假设许多关键的视觉作业都是在水平桌面或凳面上完成的，因此，水平参考面的高度被定为桌面或者凳面的高度。而这些参考平面也被我们称为作业面。

本书主要根据视觉作业的具体要求推荐相应的照度值，要求为各视觉作业提供合适的照明，无论在视觉作业上还是在空间中，都应避免照明的剧烈变化。与作业面紧邻的周边环境的照度应根据作业面照度设置，确保视野中的亮度分布达到良好的平衡。为简便起见，本书中的推荐都是针对整个工作面而言；但设计师应认识到许多视觉作业不是发生在水平面上的，因此应根据具体情况进行合理安排（参看第 1.3.2 节，“满意度”）。

照度测量非常重要，因为它影响了视觉环境的三个关键方面：视觉作业绩效，满意度以及外观。

1.3.1 视觉作业绩效

人眼对于物体细节的辨认能力取决于物体的大小，对比度以及观察者的视力。通过改善照明条件能有效提高视觉作业绩效。图 1.5 和图 1.6 展示了照明对视觉绩效的影响。

关于照明与视觉作业绩效，有三个要点须引起特别重视：

——随着照度升高，视觉绩效会提高，二者之间遵从边际效应递减规律；

——视觉绩效与照度关系的饱和点取决于视觉作业的难度，即视觉作业尺寸越小，对比度越低，视觉绩效饱和所需照度就越高。

——尽管提升照度可以提高视觉绩效，但仅提升照度并不能使困难视觉作业与简单视觉作业的视觉绩效达到相同水平。

the ceiling increase as on to its height, the ly upwards, and the tion is also small. In g which reaches the pies a substantial pr t the decoration sche has a constant storey in a colour of relativ will have only a smi ment would be unac

reflection is also small. In a large re ceiling which reaches the working occupies a substantial proportion affect the decoration scheme for a and has a constant storey height. l walls in a colour of relatively low r and will have only a small influ treatment would be unacceptable, strable.

Although indirect lighting is not (see Section 4.2.10) there may som reflectance should then be as high a

Walls. The significance of wall s size but in the opposite sense. In s of the visual field and affect to be co in the working plane. The colour

occupies a substantial proportion affect the decoration scheme f and has a constant storey height walls in a colour of relatively h and will have only a small in treatment would be unacceptable.

Although indirect lighting is (see Section 4.2.10) there may reflectance should then be as h

Walls. The significance of w size but in the opposite sense of the visual field and affect to in the working plane. The co important effect on the 'atmo to provide a given illuminance

图 1.5 照明对视觉绩效的影响取决于视觉作业关键细节的尺寸及其与背景的对比度

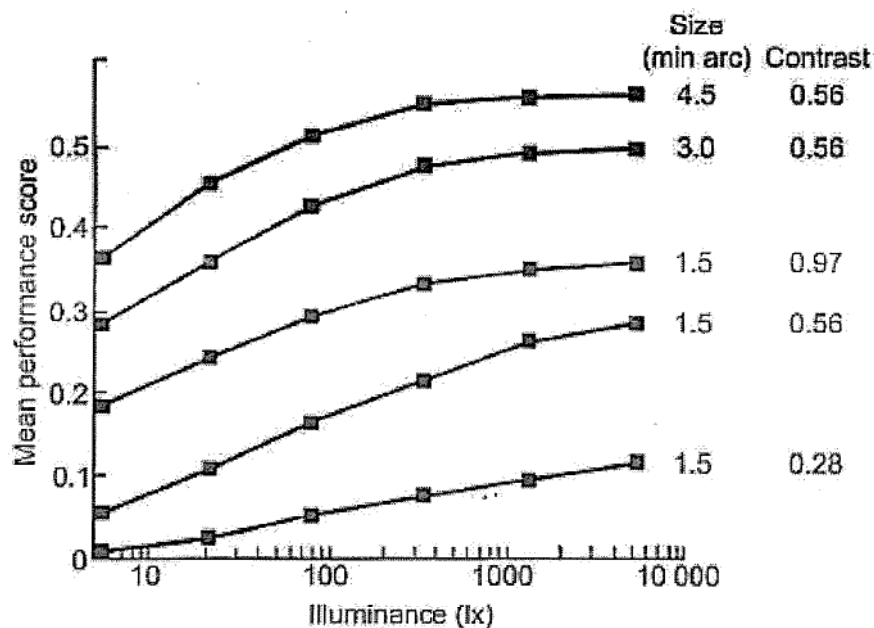


图 1.6 不同实验条件下照度对视觉绩效的影响

原则上,上述效应对于所有视觉作业都有效,但作业面照度与作业绩效之间的具体关系与视觉作业本身的性质密切相关。另一方面,这一关系还取决于视觉成分占总的作业绩效的比例。在视觉成分很小的作业里,例如录音打字,照度对整体视觉绩效的影响微乎其微;而

在视觉成分很大的作业里，例如复印打字，照度的影响就相当大了。

1.3.2 满意度

描述人对空间的主观反应的词汇有：“明亮的”、“阴暗的”、“阴沉的”、“照明不足的”、“照明良好的”等等。这些主观反应不仅仅取决于作业照度，还取决于光在空间的分布，特别是在垂直表面上的分布。空间分布还会对视觉适应产生影响（参看 1.4.6 节“适应”），进而影响视觉绩效。而作业、墙壁以及顶棚之间的亮度对比度则对满意度有非常大的影响（参看 2.3.4 “亮度与照度比例”；2.3.5 “房间表面”）。

图 1.7 所示为采用规则阵列灯具均匀照明的办公室的照明质量评价。提高桌面照度能够提高照明质量的评价值，但当照度达到 800 lx 时评价值达到饱和。这表明照度仅仅是影响人们对室内照明满意度的因素之一。

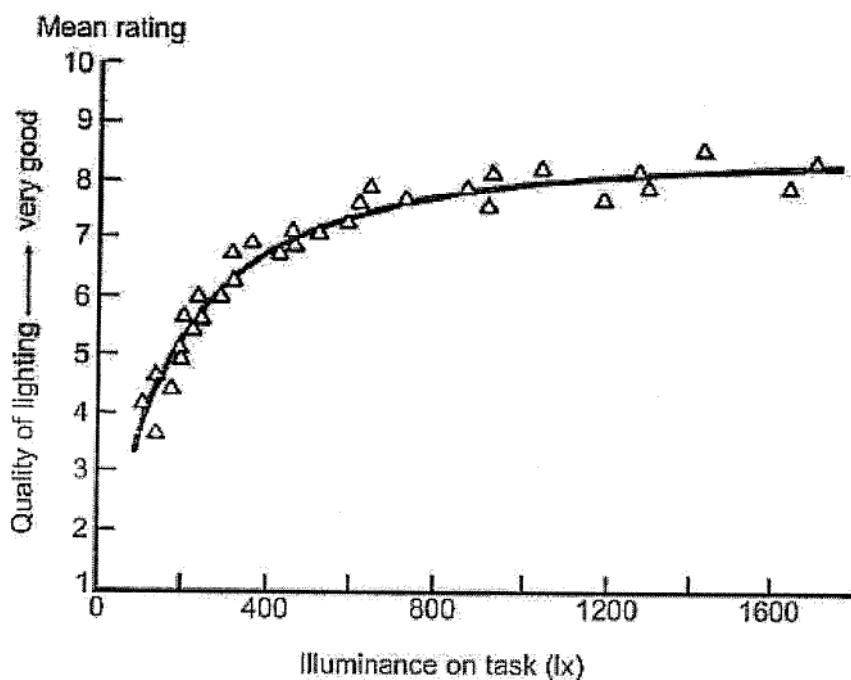


图 1.7 采用规则阵列灯具均匀照明的办公室的照明质量评价

照明效果的“好”与“坏”之间没有十分确切的界线。如图 1.7 所示，当照度从较小值开始上升时，照明质量的评价得分快速上升；但当照度继续增加时，照明质量的提升明显降低；一旦照度达到某个值后，照明质量的评价得分就不再上升了。因此，评价室内照明的质量好坏应确认照明是否提供了合适的照度。

第 2.5 节“照明计划”中给出了针对不同视觉作业，平面上所应达到的“标准维护照度”。

上述照度依据第 2.3.2 节“照度”中的内容被转换成为“设计维护照度”。

应当注意到，并不是所有的作业面都是水平的，图 1.8（a）所示为美术馆内垂直面的作业照明；图 1.8（b）所示为超市中垂直面的作业照明。



图 1.8（a）美术馆内垂直面的作业照明



图 1.8 (b) 超市中垂直面的作业照明

1.3.3 外观

任何空间都有多种呈现方式，具体的视觉效果应根据空间的用途来设置。有些时候，特别是在一些非工作环境中，照明并没有直接与作业相关的功能。这时的照明是用来表现建筑物结构，创造宜人氛围，突出重点照明对象，建立视觉上的和谐。要将这些非功能性照明完美地融入到整体照明当中来诠释整个建筑，设计师不应囿于工程上的单纯要求，还要充分考虑建筑物的外形、颜色、质地等因素。而为了让空间内光线随昼光、空间功能及情境变化，设计师则应在进行照明设计时对这些变化做好预先考虑，提供合适的解决方案。

1.4 照明中的变化

1.4.1 照度的变化：定义

在照明领域，“变化”一词既指参量随时间的变化，也指参量随空间的变化，其具体含

义如下:

- (a) 短期的变化: 一种是昼光自然变化引起的, 一种是照明设备引起的, 后者的变化可以通过接收昼光变化的信号而自动响应的, 也可以是手动控制的。
- (b) 长期的变化: 这是由于安装数月后, 光源的老化以及灰尘的积累造成灯的光输出下降。某些新型照明控制系统可以及时予以补偿。
- (c) 空间的变化: 视觉作业上或室内空间表面上照度的均匀度或变化度。这同时还包括表现材质和物体形状所用的渐变光线。

与(a)和(b)相关的内容可以参看第3章“照明设计”和CD上“照明设备”一节。空间的变化将在下面章节中进行详细讨论, 文中“均匀度”指作业面上照度变化情况, “变化度”指室内空间照度变化情况。

注意: 关于某些术语的更为规范的定义参看第4章“词汇表”。

1.4.2 工作场所的照度的空间变化

照度变化共涉及两个区域: 视觉作业上及其周围的区域和整个室内空间区域。视觉作业区域包括给定活动的目标及其细节, 还包括与视觉作业紧邻的空间(或背景)。如果视觉作业上的照度变化过快, 会导致人的注意力分散, 视觉适应发生变化, 最终降低视觉绩效。室内空间照度的快速变化则会导致瞬态适应问题, 从而影响舒适度和视觉绩效。通过设置合适的墙面-作业面亮度比例、顶棚-作业面亮度比例以及表面反射率(参看2.3.4节“亮度及照度比例”和2.3.5节“室内表面”), 上述问题可以有所改善。垂直照度的快速变化也会导致上述问题, 因此也必须引起重视(参看第2.3.3节“照度变化”)。

采用顶棚阵列式灯具进行一般照明, 根据生产商提供的距高比推荐值来排布顶棚灯具(参看第3.6.2节“灯具特性的选择”和3.8.3.4节“最大距高比(SHR_{max})”), 通常都可以在作业面上获得可以接受的均匀照明。

更多与局部照明和局域照明中障碍物或照度变化的影响相关的信息, 可以参看第2.3.3节“照度变化”和第3.8.4节“照度变化的规范和说明”以及“照明设备性能的核实”(见CD)。

1.4.3 非作业场所的照度变化

在许多应用场合中, 照明并不是长期为某一项视觉作业服务。在公共或者私人场合, 照明更多的是为身处其中的人们提供娱乐或刺激。在其他地方, 照明则为人们提供休闲、放松

或者沉思的环境。为达到上述目的，照明设计师应根据要求来安排照度的变化。详细的讨论可以参看 1.4.6 节“视觉适应”和 2.3.8 节“造型和强调”。尽管如此，设计师还应重视安全因素，为空间中的人们提供足够的照明。

1.4.4 照度、亮度及视亮度

绝大多数照明设计工作都是基于对空间内各个表面单位面积光通量的计算和测量，其原因主要是照度的计算和测量相对容易。但这种方法的缺点在于人眼视觉系统对视野范围内亮度分布所做出的是生理反应，而对图像的认知却并非此。观测者能够在区分表面颜色、表面反射率和表面的照明情况的基础上诠释图像的内容，该过程包含了视亮度及颜色恒常性现象。例如，当棕色墙面被从一侧发出的光照亮时，墙面会呈现出强烈的亮度变化；而在人眼看来，墙面的颜色和反射率并没有发生变化，只是其表面照度发生了变化。如果没有颜色恒常性起作用，人眼会感觉墙面颜色看上去发生了变化。

一个表面的亮度取决于照度和反射率。照度和亮度都是客观量，但它们与眼睛和大脑所“看见”的主观量“视亮度”都无直接联系（见图 1.9）。

尽管如此，亮度仍然为照度和表面的视亮度提供了客观的联系。

注意：对于某些词语的更为规范的定义可以参看第 4 章“词汇表”。

1.4.5 视野中的亮度

照明系统会在视觉作业、与作业紧邻的空间、以及视野周边提供不同的亮度分布。为了满足满意度、舒适度、视觉绩效的要求，视野中的亮度分布应当达到和谐和平衡。如果关键的视觉作业中用到了高反射率白纸，那么其周边的亮度过低会导致视觉不舒适。例如办公室桌面的反射率过低，就会遇到上述问题（见 2.3.5.3 节“地板和作业面”）。同样的，视觉作业周边亮度过高也会带来负面影响。例如在美术馆中，如果墙面反射率过高，会导致人眼分辨暗色绘画作品细节的能力下降。

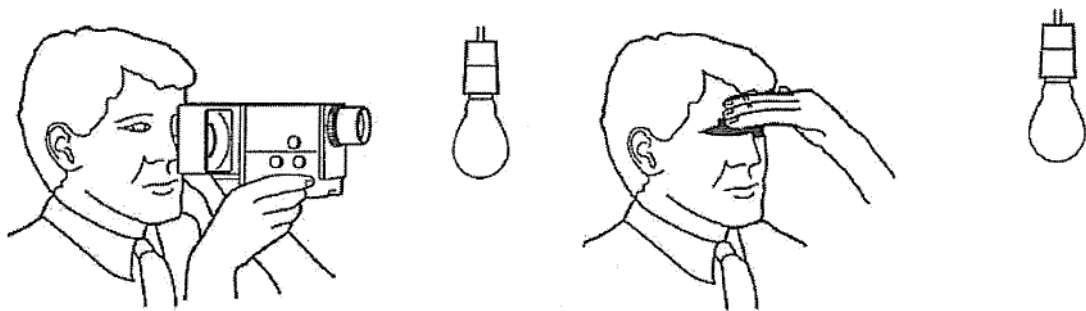


图 1.9 (a) 亮度是客观量; (b) 视亮度是主观感受。

流明法（参看 3.8.3 节“平均照度（流明法）”）主要通过计算地面或工作面上的平均照度来提供设计依据，还可以扩展到计算墙面和顶棚的平均照度。第 2.3.4 节“亮度和照度比例”给出了一般办公室工作空间中作业面上和墙面或顶棚上的照度比例关系。尽管如此，当设计的主要目标是照亮建筑物的结构时，上述照度比例不再适用。如果知道室内主要表面的平均反射率，就可以将平均照度转化为平均亮度。但这并不能提供空间内亮度分布的情况。如果已知所有表面和目标的反射特性，就可以逐点计算室内空间的亮度分布（参看“计算指导”，见 CD），从而更为详细的预测被照空间的亮度分布情况。当然，在分析空间亮度分布与其所营造的视觉感觉时，还必须考虑的一个视觉机制，就是视觉适应。

1.4.6 视觉适应

主观的视觉感受取决于视觉适应，而视觉适应则是由视野中各个元素的亮度、它们涵盖面积的大小以及它们在视野内的分布位置。当人眼在移动时，视觉适应水平也在不断发生变化。

人眼能够适应大范围的照明条件。例如，我们既可以在月光下（照度约为 0.2 lx ）读出报纸头条的标题，也可以在日光下（照度量级约为 1000000 lx ）做到。但实际上，人眼并不可能同时适应上述两种条件。在夜间，汽车前大灯发出的光线会使适应了黑暗条件的观测者感到眩晕；而在晴天的时候，人们可能根本察觉不到这些光线。在房间里，透过大型窗户入射的日光可以照亮室内几乎所有的表面和物体，创造舒适的视觉感受；但如果从窗外观察（由于人眼适应了明亮的条件），窗户会变得阴暗，从而看不见室内的物体和表面。

人眼总会关注视野中最亮的部分。因此，视觉作业区域的亮度通常是整个工作面上最高的。但在极端条件下，视亮度恒常性就失效了。在提供充足照度的同时如能确保颜色还原性和眩光控制，就可避免上述问题。设计时还应避免明显的阴影、亮度的大幅骤变以及过多的

强光。

一般来说，如果灯具分布均匀，室内主要表面具有中等或较高的反射率，室内亮度水平就可以达到满意的程度。反射率较高的顶棚和地面能确保大量光线在室内不断反射，从而消除暗角。

室内表面的反射率与室内氛围的营造密切相关。第 2.3.5 节“室内表面”给出了主要室内表面反射率的典型范围。

与电气照明相比，室内源自日光和昼光的亮度会发生大幅度的变化。在阴天天空光照射下，虽然外界照明条件会发生变化，但室内空间的亮度范围会保持相对恒定。然而当有直接日光照射时，情况则会有所不同。这时为了避免视觉适应的问题，就需要采取一定的控制手段，特别是对于工作区域内的情况。

在许多室内工作空间内，有专门休闲或者放松区域。为了达到一定的变化和提供视觉的刺激，通常需要在这些区域里提供变化范围较大的亮度。而来自日光或者显示照明的一些镜面反射光或局部的闪光会起到极好的效果。

1.5 眩光

当空间某部分的视亮度远高于整个空间的整体视亮度时，就会产生眩光。常见过量视亮度来源是直接或者反射所见的灯具和窗户。眩光有以下两种效应：影响视觉功能，此时称为失能眩光（图 1.10）；或带来不舒适的感觉，此时称为不舒适眩光（图 1.11）。失能眩光和不舒适眩光既可能同时发生，也可能单独发生。



图 1.10 明亮天空位于显示器（视觉显示终端，VDT）前，造成失能眩光，使人难以进行阅读工作



图 1.11 明亮灯具造成的不舒适眩光

1.5.1 失能眩光

失能眩光多发生在靠近视线的某一区域亮度远超视觉目标亮度的场合。此时，光在眼睛中的散射以及局部视觉适应的变化会导致人眼所见物体的对比度下降。这足以导致人眼无法看见视觉目标的某些重要细节，进而导致视觉绩效的下降。而且，如果人眼直视高亮度发光

源,会导致残像现象的发生。室内最常见的失能眩光源是透过窗户看见的太阳和天空(见前一章),还有直接或反射可见的电气照明光源(图 1.12)。在室内照明设计时,应采取一些诸如百叶窗之类的遮光措施,并避免采用高光泽度的表面,以避免失能眩光源的出现。

由于失能眩光由视野内过高的亮度引发,所以应使用具有较好遮光设计的灯具。表 1.1 给出了给定灯具的最小遮光角。



图 1.12 (a) 电气照明在 VDT 屏幕上导致的光幕反射;(b) 无光幕反射的 VDT 屏幕

表 1.1 灯具亮度及遮光

灯具亮度 (kcd/m^2)	最小遮光角 ($^{\circ}$)
1 到<20	10
20 到<50	15
50 到<500	20
≥ 500	30

1.5.2 源于电气照明的不舒适眩光

当室内某处的亮度远高于其他区域的亮度时,人眼通常立刻会有不舒适的感觉;有时不舒适感觉需长时间暴露在此条件下才会产生。不舒适程度取决于亮度大小,眩光源尺寸,背景亮度以及眩光源相对视线的位置。光源亮度越高、面积越大,背景亮度越低,光源距视线越近,不舒适眩光越严重。令人遗憾的是,在设计师所能控制的绝大多数条件里,每个因素都会导致与眩光相关的多个因素的变化。例如,降低灯具亮度同时会导致背景亮度的降低,二者的效果相互抵消,不舒适眩光并没有减弱。尽管如此,一般来说通过合理排布灯具,设

置朝向,采用高反射率顶棚和上部墙就可避免不舒适眩光。对于任一照明设备来讲,可以通过计算统一眩光等级(UGR)来估计不舒适眩光的情况(见 3.8.5 节“不舒适眩光”,也可参看“不舒适眩光的计算”,见 CD)。第 2.5 节“照明计划”中给出了特定应用场合中眩光等级限制的推荐值;第 2.3.5.1 节“顶棚”中给出了顶棚照明以及间接照明的推荐亮度。

1.5.3 源自窗户的不舒适眩光

当透过窗户直视太阳,或日光直射到紧邻视野的浅色表面上时,会造成严重的视觉不适感觉,同时还可能导致室内温度升高,引起不舒适感。在绝大多数建筑物中,需要对入射到室内的日光进行控制。为此,可以在建筑设计阶段调整建筑物的结构和朝向,或者在建筑外部采用遮光板、格栅和低透过率玻璃,也可以在室内采用百叶窗和窗帘。上述所有手段都可以降低入射到房间内光的强度,对此设计师必须予以充分考虑。

当透过窗户直视阴天天空时,也可能产生眩光;通过日光控制设备,或其他降低室内外对比度的手段可以缓解眩光。这些手段包括:采用八字窗提供中等视亮度,窗墙采用浅色墙面,使用电气照明提升窗墙亮度。

1.5.4 光幕反射

光幕反射是重叠在视觉作业细节上的高亮度反射图像(如图 1.13 所示),该反射既有可能具有清晰的轮廓,也有可能是模糊的。无论其外观如何,其最终的影响都是导致视觉绩效下降,造成视觉不舒适。光幕反射之所以会导致视觉绩效下降,是因为它降低了视觉作业的对比度,使视觉作业的细节难以辨别,并有可能造成不舒适感。

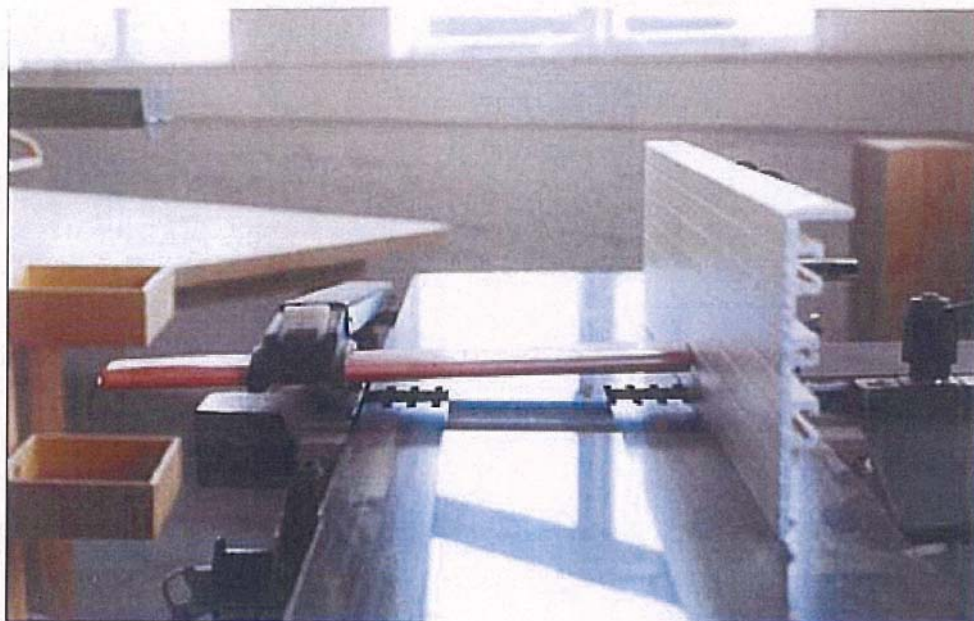


图 1.13 在某一工业视觉作业上的光幕反射

以下两项因素会导致光幕反射：

——视觉作业的细节或背景具有一定的光泽度，或以上二者均有

——室内空间中的“干扰区”具有较高亮度（“干扰区”向着观察者方向有镜面反射）

常见光幕反射的来源是窗户和灯具。一般来说，避免光幕反射的方法有：采用粗糙表面材料作为作业面；合理安排观测者位置，降低作业面上在“干扰区”方向形成的亮度；用窗帘或百叶窗帘遮挡窗户来降低日光亮度等。

另外还需注意的是，尽管光幕反射通常都会降低视觉绩效，但在某些场合下，它却是具有正面作用的。“照明指导 1：工业环境”中提到了高亮度反射可以用来作为检查手段（见 CD）。

1.6 方向与造型

空间内光线的方向和分布会对极大影响人们对空间及空间内人与物的认知。决定上述认知的因素既与空间内的照度有关，也与人们的主观因素有关，如对建筑物风格的理解，视觉重点等因素。优秀的照明设计是基于对被照表面特性以及光的表现手法的充分理解。实际上，被照表面的视觉效果与光源之间相互影响，相互关联。决定表面或物体外观的主要因素如下：

- (a) 被照表面或物体的颜色和反射率，是镜面反射或者漫反射，表面是光滑还是粗糙的，形状是平的还是弯曲的。任何表面都会反射部分光线而成为光源。根据光泽度、质地以及形状的不同，从不同角度观察过去，物体呈现的外观

是不同的。

- (b) 灯具、反射光源的空间排布及方向。如果灯具尺寸小、数量少,则造型效果差;增加灯具的尺寸和数量,则可使照明效果得到改善。光主要出射方向是决定被照物外观的基本因素,例如,物体采用顶部照明时的外观与采用侧方或底部照明时的外观截然不同。另外,光不仅具有不同空间分布和方向,还会存在颜色差异,这也是影响室内空间、表面及被照物外观的重要因素。因此,亮度的空间分配非常复杂,须考虑诸多因素,无法很细致地预测。

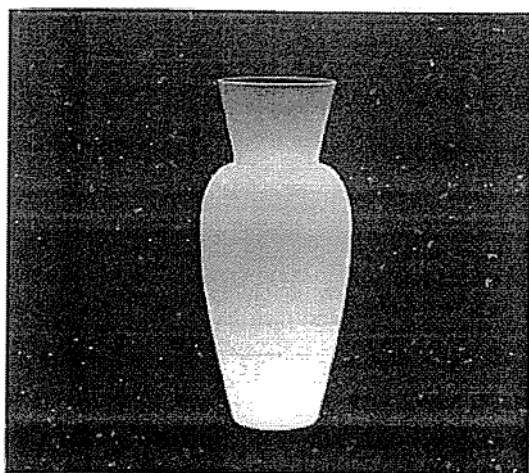
但是,如果能够遵循照明设计的基本准则,如限制眩光、对比度、光幕反射等,那么这些不可预知性还是可以接受的,甚至有时效果比较理想。在商业展示、展览以及氛围营造的场合,“造型”的重要性是显而易见的。如果照明设备无法使被照物或面呈现出合适的造型,人们就会感觉到平淡和乏味。事实上,照明设计若能充分考虑方向因素以及建筑物外形、质地和表面形态,必定可以改善空间环境。照明的造型效果可粗糙夸张,可细腻平实,设计师应合理设定空间内造型的目标效果。

1.6.1 呈现形状

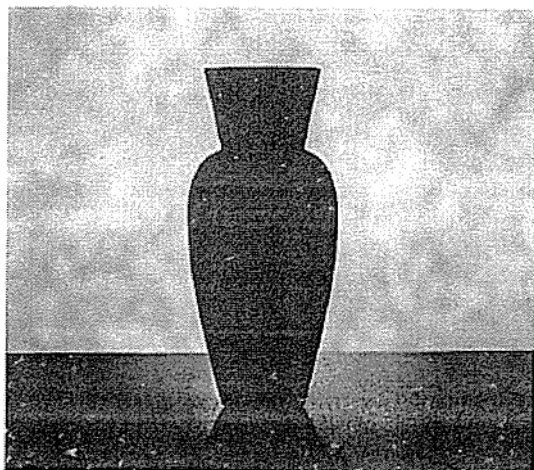
被照物或者结构所呈现的形状由入射光线的角度、强度以及观测者相对该被照物的位置,和该被照表面的特性及组成决定。

光对物体表面的呈现方式主要有三种:自发光、形成剪影和反射光线。图 1.14 (a) - (e) 展示了同一物体在三中呈现方式下的不同效果。自发光(图 1.14 (a))或剪影(图 1.14 (b))的方式几乎无法表现物体在三维空间内的形状。而通过反射方法(图 1.14 (c)),白色花瓶表面呈现出光线明暗的层次,使其具有很强的立体感。在光泽度很高的黑色花瓶上(图 1.14 (d))产生了高光效果,同样体现了其立体感。图 1.14 (e) 则展示了采用强烈尾部主光和稍弱前部辅光营造出的较为平衡的形态。

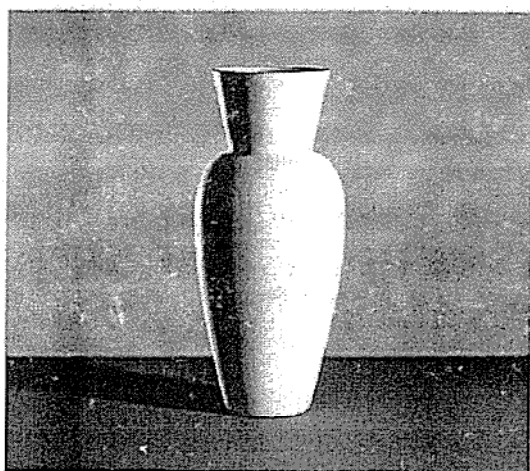
在某一空间内,重点照明具有极强的方向性,环境照明或一般照明则提供整体照度水平,前者的光强和后者的照度水平之间的关系非常关键。在昏暗环境中,较低强度的方向性照明就可以呈现被照物;而在明亮环境中,要想达到同样的效果则需要数倍的光强。在一般工作面或公共区域的照明中,通常采用柔和舒适的造型效果;如果对比度太强会将面部表情照射得夸张扭曲,特别是光从特殊的角度投射的时候。不过,某些场合上述效果却是相当理想的,例如表现建筑细部、雕塑、博物馆展品及某些零售商品时(参看 2.3.8 节“造型和强调”)。



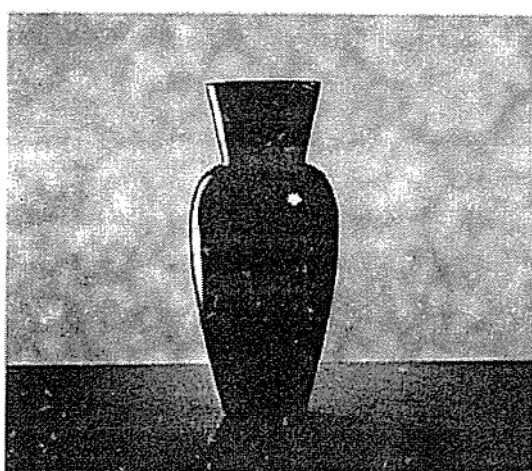
(a)



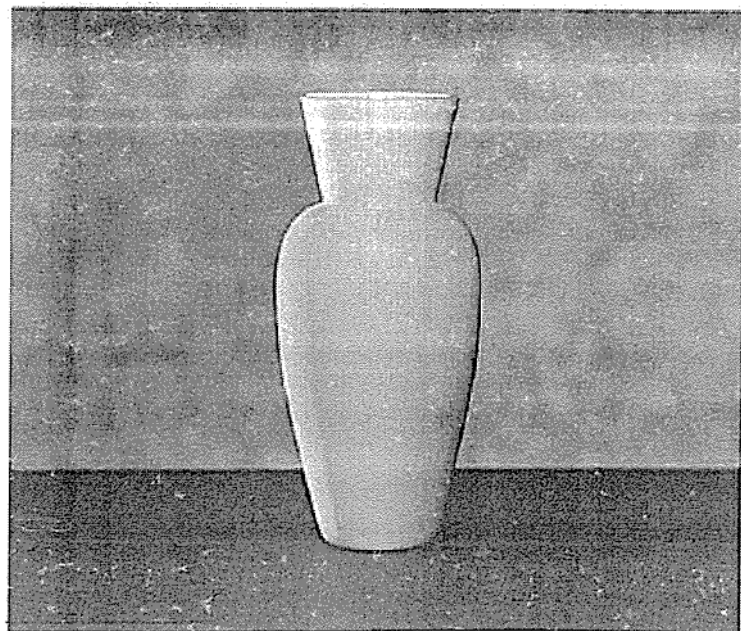
(b)



(c)



(d)



(e)

图 1.14 不同表面光泽度和不同照明条件对具有同一形状的花瓶的外观的影响：(a) 磨砂玻璃花瓶，从内部和底部照亮；(b) 粗糙表面黑色花瓶，在光亮背景衬托下的剪影；(c) 粗糙

表面白色花瓶从 45 度正上方照亮，同时还有左侧射来的后向光；(d) 光泽表面黑色花瓶，照明方式与 (c) 相同，但采用窄光束射灯照明；(e) 粗糙表面白色花瓶，照明方式与 (c) 相同，但后向光强度是 (c) 中的两倍，照明中还添加了漫射的前向光。

由于绝大多数电气照明的光都从顶棚方向辐射出来，所以应着重考虑占主导的垂直下射光与周边墙壁和地板的反射光两者之间的关系。如果反射光线不充足，会导致面部阴影暗淡。照明设计师应考虑墙壁的反射率和照度，以确保两类光线的平衡，从而实现满意的照明效果。

1.6.2 表现材质

材料质地的表现兼具艺术和功能的双重价值。图 1.15 所示为表现表面材质的一个实例。在斜射光线的照射下，混凝土墙表面类似百叶窗的结构形成某种建筑特色。由于刻意采用非均匀亮度分布，照明的视觉效果更加吸引人，同时也能兼顾整体的和谐感。如果采用射灯在靠近墙壁的垂直上方照明，或采用漫射光照明，则会显得缺乏活力与趣味。

通过合适角度的照明，材质既可以被掩饰，也可以被表现出来（图 1.15），而是否需要表现材质取决于建筑物本身的风格和外观。图 1.16 所示为出于功能需要而表现材质的案例，它是通过掠射角的光线揭示织物表面被拉扯的线头。

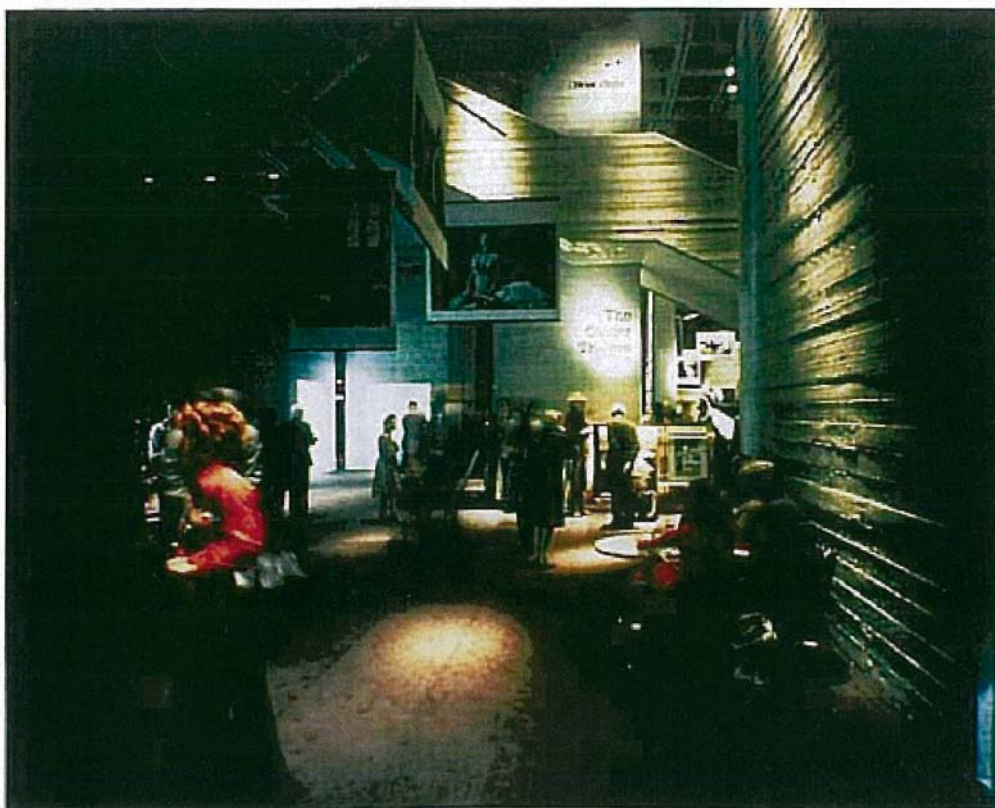


图 1.15 表现建筑物材质

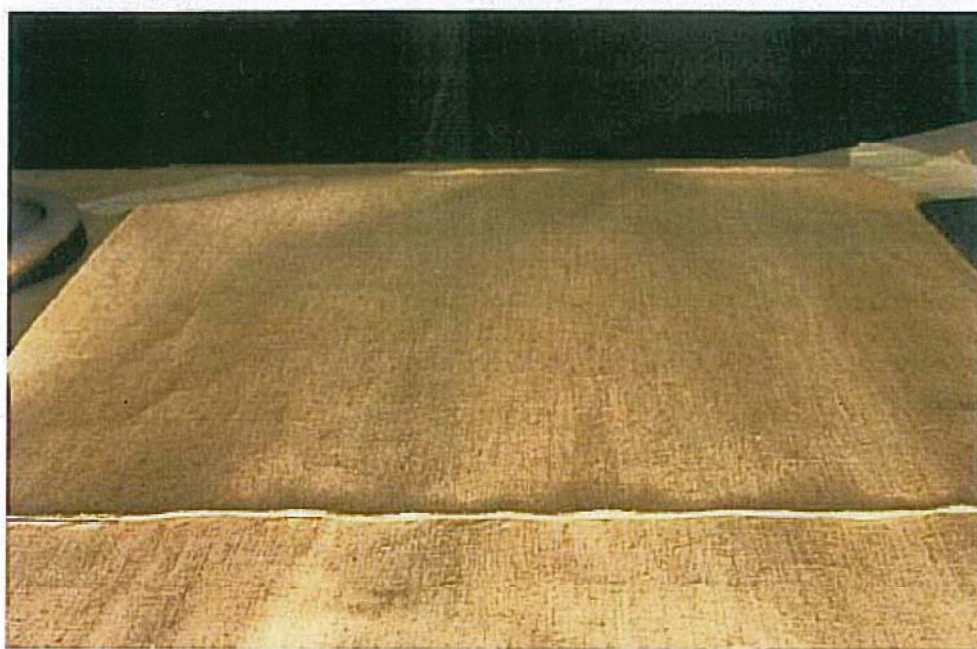


图 1.16 表现被拉扯的线头

但并非所有场合都需要表现材质。如果顶棚表面粗制滥造，上射光照明会表现出它的粗劣材质和起伏不平的形态，而其他方向上的光则会将其掩盖掉，这是一种常见的问题。阴影或高光会增强材质细节的展示，但这会导致视觉作业能见度下降。因此，某种材质的展示程

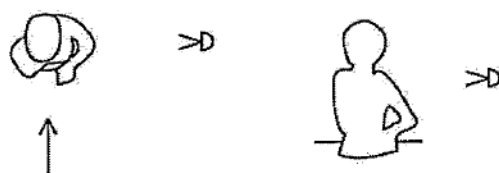
度应视不同的视觉作业的要求而定。

1.6.3 展示照明

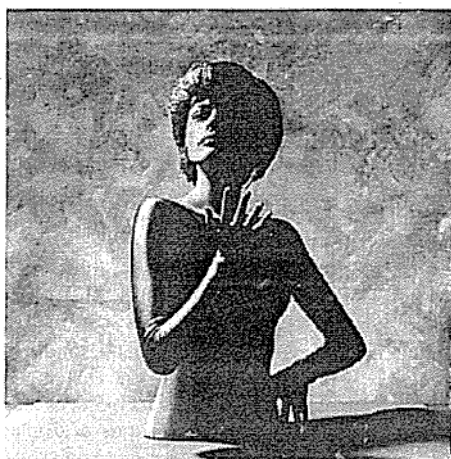
如上所述，照明的方向性对展示照明是极其重要的。表现被照物的形状、尺寸和材质是商业照明以及其他展示照明中所不可避免涉及的任务。另外，关于颜色的外观和还原也很关键。图 1.17 (a) - (f) 列举了几种基本技巧，塑造物体立体感，使其从某一角度观察时效果最佳。。图中列举了 6 种手法以及相应的最佳光线入射角度。在实际应用中，可以将这些技术组合应用，使物体达到所需的表演或强调程度（参看第 2.3.8 节“造型和强调”）。



(a) Low-level side lighting from the right



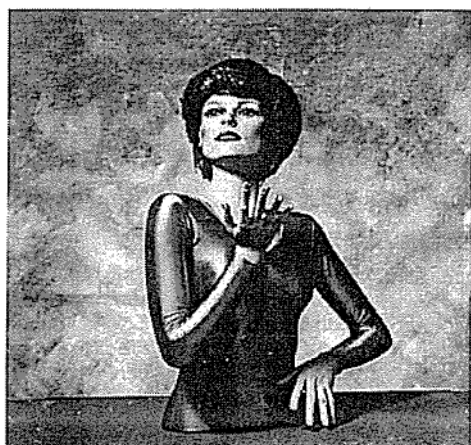
(a) 低水平面右侧光水平照明



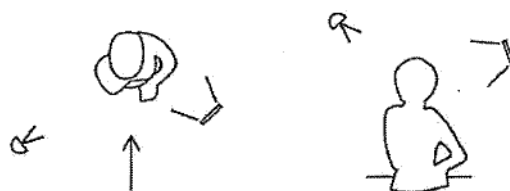
(b) High-level side lighting from the left at approximately 45°



(b) 高水平面左侧光约 45 度斜射照明



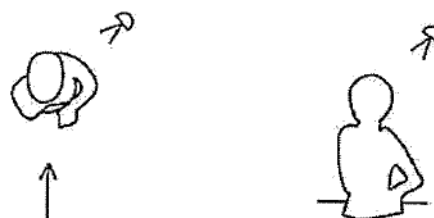
(c) Combination of high intensity 'key' lighting from the front left of the picture at about 40° and a diffused 'fill' light of lower intensity from the right



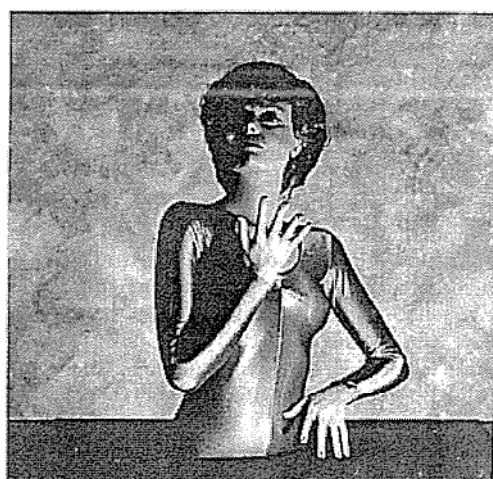
(c) 左侧角度约为 40 度高亮度主光照明和较低位置右侧漫射辅光照明的结合



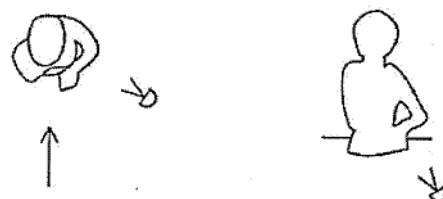
(d) 'Backlighting' from above and slightly to the right



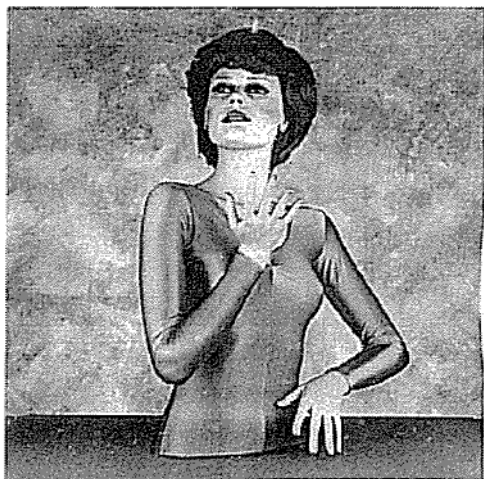
(d) 位于上方稍靠右侧的后射光照明



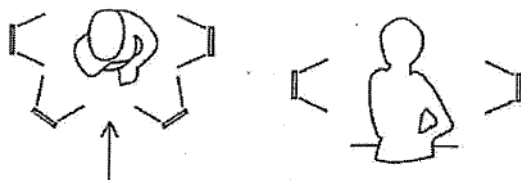
(e) Front lighting at a low angle from the right



(e) 前方低角度的前射光照明



(f) Diffused lighting from the front and sides



(f) 从前方和侧面的漫射光照明

图 1.17 几种基本展示照明技巧所达到的造型效果实例。这些实例所采用的背景照度相同，且仅适用于某一观测角度。每幅图右侧的图表展示了与其对应的照明的具体排布。

1.7 表面

由于空间内主要表面的特性对照明设备在室内营造效果具有极大影响，所以在照明设计工作的初期，设计师就应先了解清楚室内表面的粗糙程度。与室内外观相联系的室内表面的主要特性包括反射率和颜色。

1.7.1 表面反射率

对于被从顶棚方向射来光照亮的表面，室内面积越大，顶棚反射率对照明的影响就越大。在一个小房间里，顶棚的作用并不明显，它对作业面上照度的贡献通常较小。在一个大房间里，顶棚反射光线对作业面上的总照度的贡献通常很大，而且顶棚在视野中占据的比例也较高。为了使顶棚空间具有合适的反射率，顶棚颜色应采用白色或者接近白色的颜色。在小房间里，顶棚反射率低不会带来很大问题，这是因为房间内的照明主要来自侧窗入射的日光。当然在该条件下，房间会看上去较为阴暗。而如果采用非直接照明，则无论房间尺寸如何，都应采用白色或接近白色的顶棚。

如果房间尺寸较大，那么墙面的反射率一般不太重要，但靠墙的位置会受影响。墙面反射率过低会造成靠墙处的照度太低。而如果房间尺寸较小，那么墙面反射率就非常重要。增加墙面反射率可以提高作业面照度，并提高在室内各表面之间反射光的比例，从而提高照明的均匀度。如果房间主要采用的是侧窗日光照明，那么墙面反射率的重要性则更加突出。另外，无论在何种类型的房间里，如果窗墙没有涂覆高反射率的涂料，那么白天从窗户看进去

窗墙亮度和室内亮度的反差都会比较大,引起不舒适感。

尽管本书强烈推荐使用高反射率墙面涂料,但具体实施时还是要依据具体情况谨慎处理。大面积高反射率的墙面有可能会吸引原本该分配到视觉作业上的注意力,从而引起视觉疲劳和不舒适感。而且,如果采用带有光泽的油漆涂覆墙面来实现高反射率,则有可能会产生反射眩光。在不采用浅色百叶窗或窗帘的情况下,窗户会降低墙面涂料的有效反射率。深色的墙面挂饰、茶几以及其他作业面上的物品也会降低墙面的有效反射率。在人脸识别比较重要的场合,譬如演讲厅、会议室,墙面的亮度需要受到控制,因为它们会成为视觉作业目标的背景。

如果采用深色地板,会导致顶棚和墙面看上去较暗,特别是采用侧窗昼光进行照明的时候;但如果采用浅色地板,则又会带来维护的问题。关于室内空间表面反射率的建议可以参看 2.3.5 节“室内表面”;关于墙面反射率对照明设备负载的影响可以参看 2.4 节“能效建议”。

1.7.2 表面颜色

表面颜色可以通过颜色系统来定义和分类。在照明设计和计算中,都需要表面颜色反射率的相关信息。目前存在多种颜色系统,其中几种适用于反射的情况。常用颜色系统的详细信息可以参看“照明指导 11: 表面反射率及颜色”。例如,在孟赛尔系统中,每个颜色都可以用三个量来表示:色调(是指该颜色基本属于红色、黄色、绿色、蓝色还是紫色等)、明度(颜色的明亮程度,与反射率有关)、彩度(颜色饱和程度)。该系统为颜色对室内空间外观影响的讨论提供了便利的依据。

通过改变室内表面颜色的明度,可以强化或淡化照明产生的光影效果,,例如在窗墙对面的墙壁上采用高反射率(高明度)。

通过改变彩度能够实现某种强调效果。对于需要强烈突出的位置,可采用高彩度的颜色,但实际实施时需要谨慎。对于空间内某一形状十分奇特的区域,采用低彩度的颜色可能会使人们忽略其存在,而一旦采用高彩度颜色,则会显得欠雅观。另外,小区域的高彩度表面会带来吸引眼球的亮点,但面积太大就会画蛇添足,适得其反。

色调的选择一方面取决于流行趋势,另一方面取决于所需营造的氛围。空间中的主色调能够营造出或冷酷或温暖、或悠闲或活跃的氛围。图 1.18 所示为公共空间以及室内商业照明所采的不同色调的表面颜色。图 1.18 (a) 所示的图书馆儿童房间内,室内装饰采用了强烈的色调,以营造一种鲜艳的,有活力的感觉。而图 1.18 (b) 所示的室内商业照明则与之形成鲜明对比,主要采用蓝色和红色,以营造一种宁静和成熟的感觉。



图 1.18 (a) 在儿童游乐区域内, 运用色彩改善室内效果; (b) 在商业空间内, 运用色彩改善室内效果 (广告公司会议室)

由于房间内通常都会存在多种色彩, 颜色的协调是一个很重要的问题。关于色彩协调有一系列的鲜为人知的规则。尽管如此, 人们还是相信影响色彩间协调的主要因素还是两种颜色间明度的差别; 明度差别越大, 则两种色彩协调搭配的可能性越大。彩度的差别也有类似的作用; 即两种色彩彩度相差越大, 越有可能令人感到舒服。对于色调的差别, 没有可靠的规律可循, 无论采用相同色调、相关色调还是互补色调进行颜色搭配, 给人印象的好坏都不可一概而论。

上述经验告诫我们, 在选择室内颜色时首要考虑因素是明度, 其次是彩度, 最后是色调。不过, 一旦确定了不同表面的明度和彩度, 形成了特定的光影分布和突出重点, 那么留给人们挑选色调的余地就十分有限了。例如, 如果某表面同时需要较高的明度和彩度, 那么不可避免的需要挑选带有黄色色调的颜色。相反的, 当一个表面需要低明度、高彩度时, 通常就需要在色调圈上红色到蓝色的范围来选择颜色。随着彩度的逐渐降低, 可用颜色的范围就能逐渐扩大。

高彩度表面的反射光线也是彩色的, 而且它有可能对其他表面的颜色造成影响。最常见的情况是用照明设备不直射顶棚, 而是照亮颜色鲜艳的地面, 此时顶棚会被地面的反射光照亮, 因此, 顶棚也会带上与地面类似的颜色。

1.7.3 物体颜色

物体颜色对室内空间外观有着显著的影响。在对空间表面以及室内设施进行配色时，应当使二者的颜色能够形成整体，以满足视觉上的协调。挑选不同色彩来营造和谐的色彩组合可能是照明设计所遇到的最难处理的问题之一；至今，也没有一个广为人们所接受的设计步骤来解决这一难题。

在空间中，某些物体的颜色选择受到限制。这是因为根据某些法律法规的规定，空间中的一些物体具有特定用途或存在潜在危险，需要使用特定颜色标注。关于特定用途的条例须遵守“BS 1710”，设计时应严格按照规定执行，出口、交叉以及阀门等位置必须加以强调。潜在危险物体的规定参看“BS 5378”。值得注意的是不要将“BS 5378”中关于危险警告所使用的颜色与“BS 1710”中特殊表示所使用的颜色以及室内空间其他的颜色所混淆。照明不应使上述表示危险或特殊用途的颜色出现色偏差，以免造成人们的误解。

1.8 光源辐射

本书涉及的光源辐射是波长 400nm 到波长 780nm 之间的电磁辐射，这是人眼能够感受到的光和颜色的范围。尽管如此，很多光源还会辐射不可见的短波紫外线以及长波红外线，这些辐射会造成某些有益或者有害的生理效应。尽管灯具的最基本功能是控制可见辐射，但它也可以聚集、漫射或者减弱非可见辐射。因此，设计师在设计时应充分考虑所有辐射所产生的影响。

光有两种颜色属性：光源直接辐射出的光色和光源对被照表面颜色的显示。后一种属性叫做显色性。

1.8.1 辐射光的光色

近白色光源所辐射出的光色可以用相关色温表示。每种光源都有其各自的相关色温来表征光色特性。实际应用中，国际照明学会（CIE）将相关色温分成如下三个等级，见表 1.2。

表 1.2 色表和色温

色表	相关色温
暖色	小于 3300K
中性	3300-5300K
冷色	高于 5300K

室内光源色表的选择很大程度上取决于房间的功能，这与颜色对人的心理影响有关，例如要营造一种温暖，放松，明亮的感觉；另外，要考虑室内的外观颜色与昼光匹配，不要在夜间呈现出白色。

注意：对某些术语的更为规范的定义可参看第4章，“词汇表”。

1.8.2 显色性

一种光源还原色彩的能力可用 CIE 定义的一般显色指数来度量。这一指数是基于待测光源对于一组测试颜色的还原能力与标准光源对这些颜色还原能力的对比，当待测光源的色彩还原能力与标准光源的一致时，一般显色指数值是 100。尽管 CIE 一般显色指数具有一些局限，但它仍然是目前最为广泛认可的衡量光源显色性的指标。

在人们长期工作或起居的室内，不应使用显色指数低于 80 的灯。某些场合或活动例外（例如高棚照明），但使用时仍应采取其他措施，以确保人员密集的工作场所具有较高的显色指数，另外还要确保安全标识的颜色能够被识别。

关于显色指数的建议可以参看第 2.5 节“照明计划”。

注意：对于相关术语的更为规范的定义请参看第 4 章，“词汇表”。

1.9 光的波动

交流电源（如在欧洲，频率是 50Hz）驱动下灯的光输出会呈周期性变化，其周期是电源频率的两倍（图 1.19（a）所示）。随着灯的老化，在电源波动的频率周期内，绝大多数气体放电灯发光会存在另外一个变化的分量（如图 1.19（b）所示）。绝大多数人感觉不到光线在以 100Hz 频率波动，他们会觉得光输出是稳定的。白炽灯因热惯性，其辐射光波动幅度较小；而气体放电灯的波动范围则在 17%-100%之间。

在有高速转动机器的场合，如果光输出变化频率与机器转动的频率相同，那么机器的运动部分会看似静止。该现象成为频闪照相效应，它是非常危险的（参看第 3.6.1 节，“光源特性的选择”）。

50Hz 左右或更低频率的光线的波动能够被绝大多数人所察觉，这称作频闪。它会分散人的注意力，并造成不舒适的感觉，有时甚至会导致某些人的癫痫发作。不同人对频闪的敏感度不同。人们对频闪的感受也受到光闪烁的频率、幅度以及视野内发光面积大小的影响。对于给定环境变量，当变化频率升高到一定程度时，人眼不再感受到光波动，这一频率就被称为融合频率。低频光波动的发光面积越大，振幅越大，人们的不舒适感越强。人眼对视野

边缘的频闪最敏感，因此位于头部上方的可见频闪是不舒适感觉的重要来源之一。

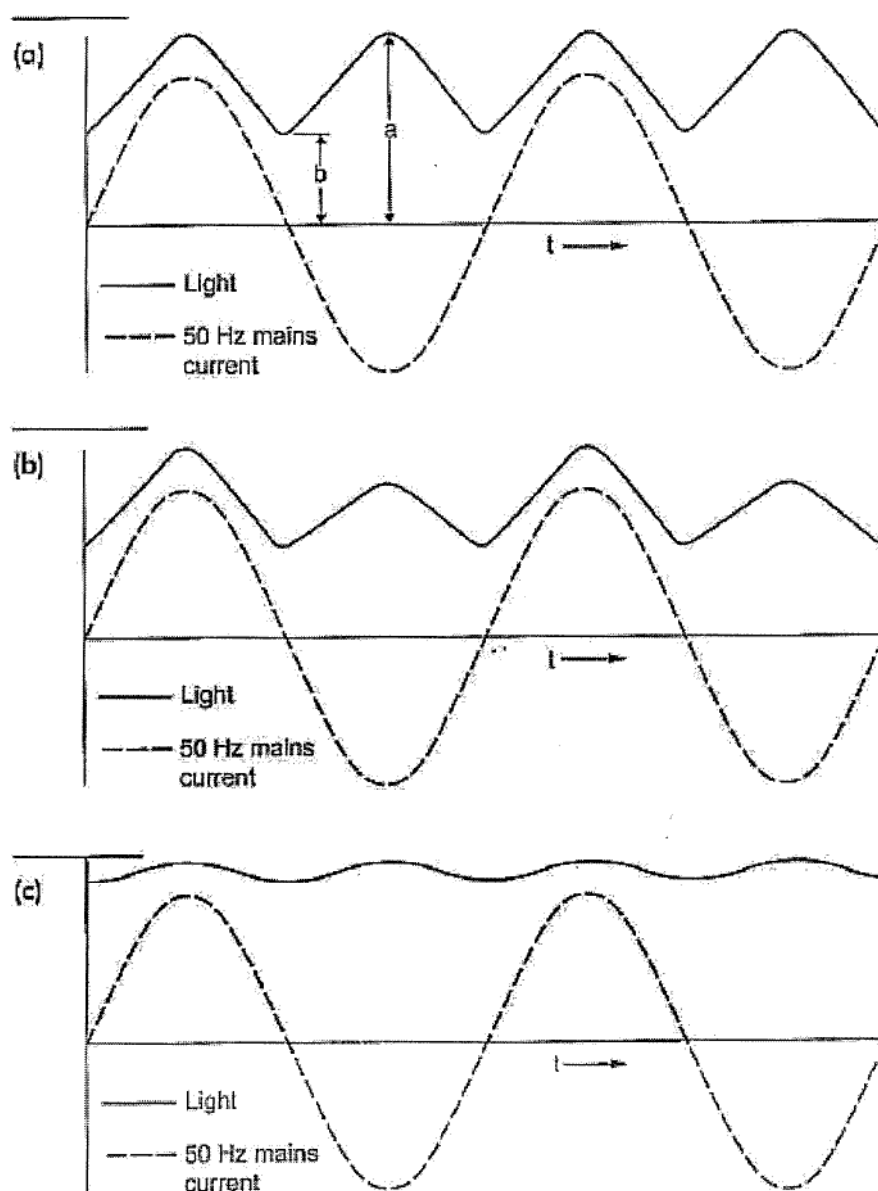


图 1.19 光的波动。(a) 采用电感镇流器的典型的直管荧光灯的 100Hz 光输出波形；(b) 寿命末期的电极属性的变化会导致 100Hz 变化波形上叠加一个 50Hz 的纹波；(c) 用 50Hz 市电驱动，采用电子镇流器燃点的 100Hz 的变化波形，波动深度为 7%，图中并未给出高频电流的波形。

采用高频电源驱动的灯（例如 35kHz）消除了低于 100Hz 以下的光波动，所以能克服上述问题。尽管 100Hz 大幅波动的光确会给一小部分人带来不舒适的感觉，但如果采用设计良好的电子镇流器点灯，光线的波动情况会改善得与白炽灯情况类似。

注意：对于某些术语的更为规范的定义请参看第 4 章，“词汇表”。

第2章 建议及推荐

2.1 介绍

对于优秀的照明设计而言，除了要提供所需的照度之外，还应满足其他各方面的需求，这一点尤为重要。这些需求或可量化，或不可量化，主要分为以下三类基本需求：

——视觉舒适的需求；为用户提供舒适的感觉，同时能间接提升工作效率

——视觉绩效的需求；保障即使在视觉任务难度较大或持续时间较长的情况下，用户也可以顺利进行视觉作业

——安全的需求。

而决定光环境的主要因素有：

——亮度分布

——照度

——眩光

——光的方向

——光源的显色性和色表

——频闪

——昼光。

照度、不舒适眩光以及显色性等相关值参看第 2.5 节，“照明计划”。

下面的章节将针对上述参数以及能耗指标给出相关信息及建议。

2.2 昼光照明的建议

2.2.1 昼光照明作为一般室内照明

在绝大多数类型的建筑物里，用户都希望房间在白天呈现出昼光照明的效果。即使电气照明在室内占主导，只要在墙面或其他表面上能够清楚地看到昼光的变化，就可以达到这一效果。另外，室内表面的视亮度应达到足够高的值，避免与天空对比太大形成眩光。为了避免来自窗户的眩光，可以在适当的位置设置遮挡物。

在需要呈现出昼光照明效果的场合，可以参考以下建议：

2.2.1.1 白天无电气照明补充的场所

如果白天基本上不采用电气照明，那么室内平均采光系数不应低于5%。

室内内部反射以及窗户位置的设计应确保光在室内有较强的反射，且反射光应均匀分布。如果因为房间格局的原因造成反射光线分布不均（例如房间内有较大面积位于无天空线之后-参见第3.4.1节，“昼光数量的初步估计”），那么还是有必要采取电气照明进行补充。

2.2.1.2 白天有电气照明补充的场所

如果在白天采用电气照明，那么室内平均采光系数不应低于2%。

如果房间内的平均采光系数显著低于2%，那么房间整体将呈现出电气照明的效果，掩盖了昼光照明。这时，即便窗户可以提供非常好的视野，但只有在非常接近窗户的位置，室内表面才会有昼光照明的效果。

2.2.2 用昼光进行视觉作业照明

在单独采用昼光进行视觉作业照明时，照度不应低于“照明计划”（第2.5节）中所给出的建议值。虽然在室内不同区域昼光的照明水平不尽相同，但在紧邻作业面的区域，单独采用昼光照明所达到的照度均匀度应当与电气照明所达到的效果相同（见第2.3.3节，“照度变化”）。

2.3 同时采用电气照明和昼光照明的建议

配合昼光照明使用的电气照明主要有两个作用：提升房间内整体的视亮度；为视觉作业补充照度（参看第3.8.1.4节，“传统开关”和第3.8.1.5节，“光电控制”）。

如果室内昼光充足（平均采光系数大于等于2%），那么有可能需要采用电气照明来降低室内空间表面与室外景观的亮度对比度。电气照明的光应主要落在窗墙或其他与窗户紧邻的位置。室外景观越亮，紧邻窗户的空间所需要的亮度就越高。同时，室内远离窗户的区域也需要电气照明来提供一般照明，对昼光照明不足的作业面需要电气照明提供不低于300 lx的照度。在流通区域里，如果电气照明的照度过低，窗口附近会与其他地方有明显的明暗对比，窗口附近的光线过于刺眼，而其他区域则给人阴暗的感觉。

应该尽量避免电气照明掩盖工作面上昼光的自然变化以及昼光随天气、季节等的变化。

当室内昼光强度很低时，必须采用电气照明为室内空间的各个表面提供一般照明。有时临近窗户的空间仍然需要特定的照明，例如当强烈的昼光透过雕花窗穿透进来的时候。

当同时采用昼光和电气照明为作业面提供照明时,总的照度值应当满足“照明计划”(第 2.5 节)中所给出的标准。昼光的方向性有利于创造良好的造型,电气照明则用以提升室内表面阴影区域的亮度。在采用昼光照明时,应尽量避免人眼在观察视觉作业时正对着天空或室内空间内极亮的表面(参看图 1.10);如无法做到这点,则应合理设置背景亮度,以使作业和背景之间有足够的视亮度对比度(参看第 2.3.4 节,“亮度和照度比例”)。

2.3.1 颜色

天空的颜色会随时间、天体方位以及海拔高度而发生变化,这一变化是十分显著的,没有任何电光源的光色能够与天空颜色的连续变化相匹配。尽管目前有些设备能够模拟昼光的光色变化,但人们极少采用它们来照明。对于房间内的一般照明来说,采用中性色温(3300-5300K)的灯,并采用不透明格栅替代半透明漫射器使人眼无法直视到光源,可以减弱昼光与人工光之间的差异。

如果视觉作业对物体表面颜色分辨的要求较高,则应采用全电气照明视觉作业所推荐使用的光源(参看第 1.8.2 节,显色性)。另外,还要告知用户,视觉作业应采用电气照明为主还是昼光照明为主。

2.3.2 照度

作业面和其周边区域的照度及其分布情况对人们感受的灵敏性、安全感、舒适感以及视觉作业的开展有极大的影响。

“照明计划”(第 2.5 节)中给出的照度值是水平、垂直或倾斜参考平面上视觉作业面的维持照度。无论照明设备新旧如何,工作状态如何,实际达到的照度值都不应低于“照明计划”中给出的各视觉作业的推荐值。这些推荐值在普通视觉条件下有效,并考虑如下的因素:

- 生理心理效应,如视觉舒适度,健康安乐感。
- 视觉作业的要求
- 视觉功效学
- 实际经验
- 安全性
- 经济性

如果视觉条件超出了普通的要求,那么可根据下述照度范围对照度进行一档或多档调

整。

相邻两档照度的差别约在 1.5 倍左右，该差别恰好能被人感受到。在普通照明条件下，识别人脸特征所需的最小照度在 20 lx 左右，因此，照度范围的起点就设为 20 lx。所推荐的照度范围是（单位：lx）：

20-30-50-75-100-150-200-300-500-750-1000-1500-2000-3000-5000

在以下情况下，维持照度应有所增加：

- 视觉作业重要性较高
- 错误所导致损失较大
- 准确率或工作效率的要求较高
- 进行视觉作业的人的视觉能力低于正常水平
- 视觉作业细节的尺寸或对比度非常小
- 视觉作业持续相当长的时间

在以下情况下，维持照度应有所减小：

- 视觉作业细节的尺寸或对比度非常大
- 视觉作业持续非常短的时间

对进行作业的人，一般假设他们具有正常的视觉功能。如果在一个照明场所中，有相当数量的用户存在视觉缺陷，那么维持照度的水平应有所提高。随着年纪的增长，人眼的调焦能力会下降，对光的透射率会下降，而光在眼睛中的散射会增加。佩戴眼镜或隐形眼镜可以弥补调焦能力的不足；提升照度则有助于补偿眼睛的透射率下降，从而提高视觉的灵敏度。要达到同样的视觉绩效，一个 70 岁老人所需的照度约是一个 20 岁年轻人所需照度的 3 倍。“照明计划”（第 2.5 节）一般针对 40-50 岁年龄的人群给出照明设计的建议。

尽管对于绝大多数视觉有缺陷的人来说，提升照度和降低眩光是有益的；但对一些严重的视觉疾病（例如白内障），提升照度是有害的。因此，设计时还应充分考虑视觉缺陷与照明条件之间的关系。

“照明计划”一节所做的建议并未考虑视觉残疾人士。

2.3.3 照度变化

作业面及其周边平面上的照度均匀度是非常重要的。一般来说，作业面只是工作空间的一部分。例如，对于一张书桌而言，工作面积可能仅有一本记事本大小；但在一间画室里，视觉作业面的大小则可能是整块画板的面积。在工业界，从微电子元件组装生产线到汽车车

体生产线，视觉作业面尺寸变化的范围还要大。如果不知道作业面的具体面积，则可以以观测者面前的书桌或工作面上 0.5 米×0.5 米大小的面积作为参考进行照明计算。

任何作业面上，照度均匀度（最小照度除以平均照度）都不应低于 0.7（第 3.8.4 节，“照度变化的规范及说明”；以及“照度变化的测量”，见 CD）；作业面上的平均照度值应当符合“照明计划”（第 2.5 节）中针对不同视觉作业而给出的推荐值。如果作业面可以位于房间内的任何区域，那么房间内所有可能成为作业面的区域都应依照上述推荐进行照明设计。至于整个房间的照度均匀度则不必完全采纳上述建议。

与作业面紧邻区域的照度与作业面上的照度是密切相关的，它应在视野中提供较为平衡的亮度分布。与作业面紧邻的区域一般规定为作业面周边宽度最小为 0.5 米的范围。

作业面附近的照度变化过大会导致视觉疲劳和不舒适。

与作业面紧邻区域的照度可以低于表 2.1 给出的值，但这一区域的照度均匀度不应低于 0.5。

表 2.1 作业面与紧邻作业面的区域的照度关系

作业面照度 (lx)	紧邻作业面区域的照度 (lx)
≥750	500
500	300
300	200
≤200	E_{task}

绝大多数空间里都存在着不同种类不同难易程度的视觉作业。如果完全采用一般照明（第 3.5.1 节，“一般照明”），尽管开展视觉作业的位置可灵活设置，但是该照明的平均照度需根据要求最高的视觉作业来设置。这样在所有作业面上都设置同等照度的方法会浪费能源，因此通常采用非均匀照明的方法，即局部照明或局域照明（参看第 3.5.2 节，“局域照明”和 3.5.3 节，“局部照明”）。如果采用了控制系统（第 3.7.1 节，“照明控制系统的选择”；以及“照明控制”——见 CD），人们就可单独调节自己所需的作业照明水平，如果还采用来人探测系统，就可以关掉无人区域的照明设备。无论采用何种照明设备，都应避免室内空间的水平照度的过度变化；照度变化度的值定义为室内“核心区域”内最大照度和最小照度之比，该值不得超过 5:1。所谓“核心区域”是指从工作平面开始覆盖到距离墙面 0.5 米处的整个区域（“平均照度”，见 CD）。

根据流明法（参看第 3.8.3 节，“平均照度（流明法）”）设计并遵循传统空间排布规则安装的顶棚灯具阵列通常都可以满足均匀度的要求。一般来说，采用上述方式照明，其工作面平均照度会远大于周边区域的水平照度，尤其在墙面反射率低的房间里更是如此（正因如此，照度变化度仅针对“核心区域”而言，而非整个空间）。大型的家具或设备的遮挡可能会在作业面上形成阴影，也会导致局部照度的降低。如果在这些区域以及上面提到的周边区域需要从事重要的视觉作业，则应采用局部或者局域照明的方法来提供补充照明。

在局域照明或者局部照明中，一般的设计方法是首先在作业面上实现作业要求推荐照度的最大值，然后在周边区域（可能面积要大于视觉作业面的面积）设置约为上述照度值三分之一的照度或根据非视觉作业区域的要求设置相应的照度。这样，利用局域照明或者局部照明，就可以达到作业面上所需要的照度水平；同时设计时还应牢记，作业面上的照度均匀度也应符合要求（计算方法在“计算指导”中给出，见 CD）。

2.3.4 亮度和照度比例

视野中亮度分布决定了人眼的视觉适应水平，从而影响视觉作业的能见度。

之所以需要均衡的视觉适应亮度是为了提高：

- 视锐度（视觉的敏锐程度）
- 对比敏感度（区分细微亮度对比度的能力）
- 视觉功能的效率（例如视觉调节、聚焦、瞳孔收缩和眼动等）。

视野内的亮度分布同时也会影响视觉舒适度，因此，以下情况需要避免：

- 过高的亮度，可能会引起眩光
- 亮度对比度过大，会导致人眼不断进行视觉适应调整，从而导致视觉疲劳
- 亮度和亮度对比度过低，会使工作环境显得阴暗、无活力。

亮度的差别可以用一个亮度与其他亮度的比例来标定和衡量。其设计的目标为：作业与紧邻空间的亮度比为 3:1；作业与一般背景照明亮度比为 10:1。

室内表面的反射率和照度决定了室内表面的亮度。

室内主要表面的有效反射率范围参看表 2.2：

表 2.2 有效反射率范围

室内表面	反射率范围	相对照度
顶棚	0.6-0.9	0.3-0.9

墙面	0.3-0.8	0.5-0.6
工作面	0.2-0.6	1.0
地板	0.1-0.5	-

由于照明设计中多采用照度，所以为了方便起见，通常将亮度比例称作“相对照度”。表 2.2 给出了典型办公室中顶棚安装下射灯具用作一般照明时的相对照度范围。所给出的值源于科学研究，并基于实际设计应用和经验进行了修改。

2.3.5 室内表面

照明系统的作用之一是表现建筑物内表面特性，并在可能的条件下使用昼光，以达到节能的目的。正如第 1.6 节“方向与造型”，第 1.7 节“表面”和第 3.6.3 节“照度比图”中所阐述，通过合理选择配光和光色可实现对空间特性、氛围和视觉观感的强化。

室内空间主要表面的反射率及光泽度在光的运用中具有重要的作用。高反射率表面会提高光在室内空间内的反射，因此应在室内照明中充分利用。但只要经过谨慎的选择，有时也可使用彩色或者低反射率的物体作为部分装饰物，以起到引起视觉兴趣的作用。

采用粗糙墙面可以防止镜面反射或遮掩表面的缺陷。

2.3.5.1 顶棚

在大面积房间内，视野中相当大一部分是顶棚，而在小房间内则不是。因此顶棚空间（如图 3.15 所示）在小房间内的作用不如大房间内那么明显。

对于主要是下射光分布的一般照明来讲，顶棚平均照度与水平作业面平均照度比例最好在 0.3-0.9 之间。

一般来说，顶棚空间的反射率应尽可能高，至少达到 0.6。与之对应的墙面涂料的反射率就应该达到 0.8 左右（参看第 3.8.3.3 节，“有效反射率”）。

在要求 UGR 值小于 19 的房间内，一般不宜采用大面积漫射面构造的明亮顶棚。任何情况下，这种明亮顶棚的平均亮度不应超过 500 cd/m^2 。

对于间接照明来讲，构成顶棚空间所有表面的平均亮度不应超过 500 cd/m^2 。不过只要避免亮度由高到低过于剧烈的变化，某些小面积上的亮度达到 1500 cd/m^2 也是可以接受的（“上射光照明设计”-见 CD）。

2.3.5.2 墙面

高反射率的墙面以及隔断表面可以提升室内明亮感觉。窗墙就是一个典型例子，由于白天透过窗户看到的室外景观亮度较高，所以窗墙表面反射率不应低于 0.6，以降低与景观之间的亮度对比度；而在夜晚时，窗户会形成一个暗的镜面，应当用窗帘或百叶窗将其遮起来。采用截止角明显的下射灯具或洗墙灯时，会在墙面上形成明暗间隔明显的图案（扇贝状图案），从而破坏墙面亮度一致性，扰乱墙面的视觉连续性。

墙面平均照度与水平作业面平均照度比值与该空间内平均垂直照度有关。在办公室照明里，上述关系与视觉满意程度有密切联系。

任何墙面或主要隔断表面的平均照度与水平作业面平均照度的推荐比值在 0.5-0.8 之间。

一般来说，主要墙面的有效反射率应当在 0.3 和 0.7 之间，窗墙表面反射率最少应为 0.6。

2.3.5.3 地板和作业面

地板空间对室内空间的外观具有十分重要的影响。对绝大多数室内照明来讲，照亮顶棚的部分光线来自地板空间的反射。如果地板空间反射不足，同时又没有其他直接照明灯具，室内空间的亮度平衡就会发生变化，从而影响照明效果的满意程度。然而，尽管地板空间是室内最大的空间之一，但其亮度不宜过高，不应主导室内场景的外观。因此，地板空间的平均反射率不应低于 0.20 或高于 0.40。

地板空间由一系列表面组成：地面，靠近地面的墙面（例如低于作业面的墙面），办公桌或板凳的顶面或侧面，其他家具或设备的表面。上述这些表面都有其各自的反射率，它们对平均反射率的影响与其暴露在光线下的表面积成比例。我们需要注意的是，在实际应用中，地板空间完全不被家具或机器遮挡的情况是几乎不存在的，所以在计算地板空间的平均反射率时应充分考虑这一点（见表 3.8）。一般而言，应避免使用台面反射率较低的板凳或办公桌，因为它们会影响地板空间的平均反射率，并在视觉作业周围形成暗背景。

虽然地板空间的平均反射率一般不应超过 0.40 或低于 0.20，但在某些欠清洁的工业场合或被大面积遮挡的区域，0.20 的平均反射率值还是很难达到的。在这种情况下，应避免使用暗色的家具，努力确保作业面和其他表面干净，以便平均反射率可以维持在 0.10 或更高。

作业面紧邻表面的反射率通常不应低于作业本身反射率的三分之一。在办公室作业中，如果视觉作业包含白纸，那么桌面的平均反射率应在 0.30 以上。

2.3.6 色表

光源的“色表”是指光源发出光的颜色，并用相关色温（ T_{CP} ）进行表征。（关于光源色表的更多介绍参看第 1.8.1 节，“辐射光的光色”）

色表的选择取决于心理、审美等因素。光源色表的选取可依照以下原则进行：

——对于照度不超过 300 lx 的房间，优先采用暖色或中性颜色的光；低照度条件下，冷色光会造成阴暗的感觉

——在与昼光混合照明时，应当采用中性色温的光源

——不宜在同一房间内随意使用辐射不同颜色光的光源。

如光源具有优良的显色指数，相关色温（CCT）与人们的主观偏好之间并无简单的直接联系。

2.3.7 显色性

出于视觉绩效和舒适感的需要，照明应让被照物体和人的皮肤颜色自然、真实的还原出来，使人看上去健康和有活力。

根据 ISO3864 的规定，安全指示标识的颜色必须被正确还原出来。

为了客观评价光源的显色性，引入了一般显色指数 Ra。Ra 的最大值是 100，其值随着显色性的变差而降低。显色指数低于 80 的光源不应被用在人们工作或长时间起居的室内。尽管有例外的情况（例如高棚照明），但设计师仍应考虑采取其他手段来保证连续分布的固定工作面上有较高的显色指数，以确保安全标识的颜色能够被识别。关于不同类型室内空间，不同类型视觉作业和活动所需的最低显色指数参看第 2.5 节，“照明计划”。

2.3.8 造型和强调

定向照明可用来突出物体，表现质地，改善空间内被照人的外观。这些功能可用“造型”一词来概括。一项视觉作业的定向照明还会影响其能见度。

造型取决于漫射光和定向光之间的平衡，它几乎是衡量所有室内照明质量的有效标准。当室内空间的结构特点以及空间中的人和物体的外形、材质都能被清晰、适宜的展现时，室内空间的外观就会得到提升。为达到上述效果，需使光主要从某一方向射来，以便使造型所需的阴影清晰的呈现出来。

应再强调下，照明光不应太具有方向性，否则就会出现刺目的暗影；但也不可太过漫射，否则就没有造型的效果，使光环境显得乏味。

定向光强度与漫射照度之间可以用矢量/标量比例来衡量（参看第 3.6.3 节，“照度比例表”）。这一比例是衡量定向照明与非定向照明或反射照明的有效标准。在脸部识别较为重要的场合，一般照明的矢量/标量比例在 1.2 到 1.8 之间就可以达到满意的效果了。此时，人脸会看上去较为匀称和自然。

展示照明需要更多的震撼力和强调效果。表 2.3 给出了由“细腻”到“宏大”（图 2.1）效果所需展示照度比例（DIR）的推荐值。展示照度比例是室内一般水平照度与被展示物所在平面局部照度的比值。如要获得突出的强调效果，可适当降低一般漫射照明，从而避免局部展示照明的过度需求。

表 2.3 直接照明比例

展示效果	客观展示照度比例（DIR）	主观表观亮度比例
细微的	5:1	2.5:1
中等的	15:1	5:1
强烈的	30:1	7:1
宏大的	50:1	10:1

从表 2.3 可见，由于视觉适应的作用，被展示物体与其周边环境表观亮度的差别小于测量得到的照度差别。

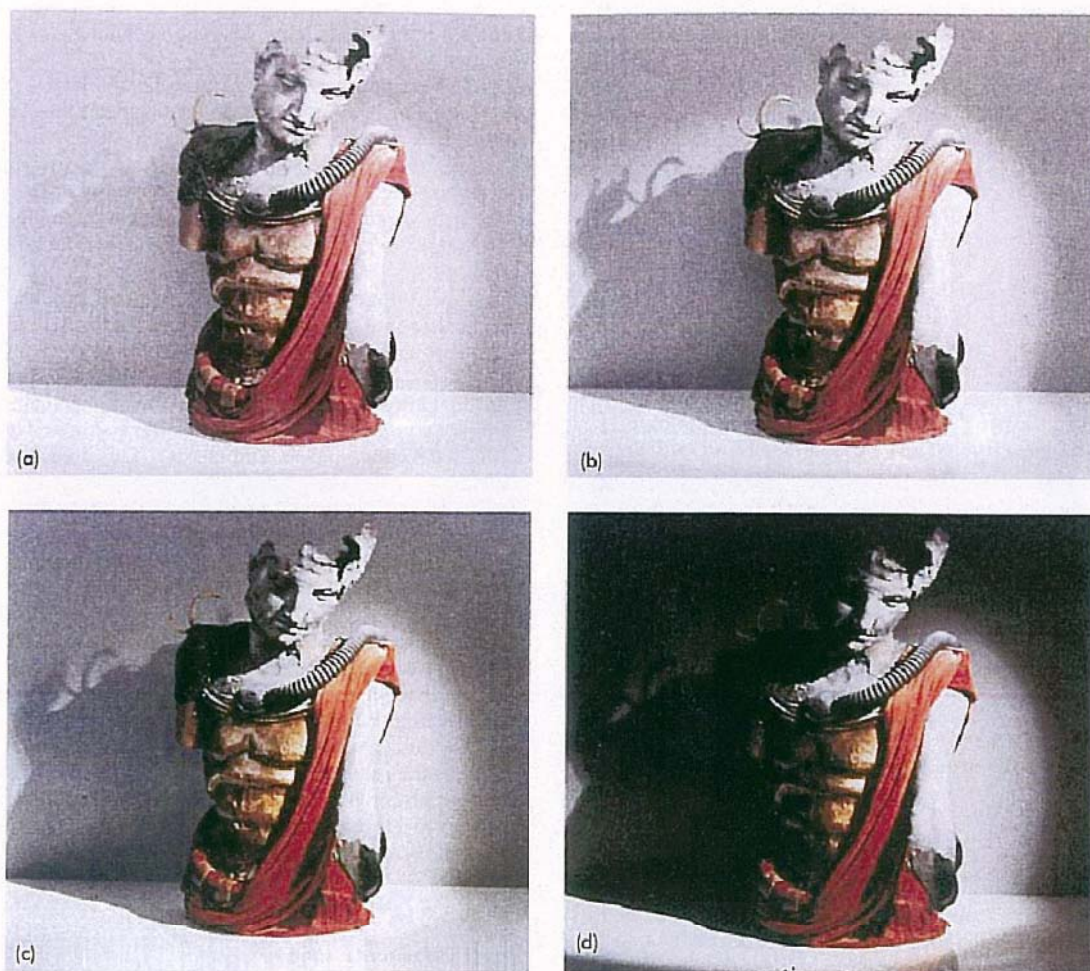


图 2.1 展示照度比例 (DIR): (a) 细微的, DIR 约为 5:1; (b) 中等的, DIR 约为 15:1; (c) 强烈的, DIR 约为 30:1; (d) 宏大的, DIR 约为 50:1

2.3.9 眩光

眩光是视野内过于明亮区域造成的感觉,它可能是不舒适眩光,也可能是失能眩光(更多信息参看第 1.5 节,“眩光”)。

为了控制不舒适眩光,“照明计划”(第 2.5 节)中给出了 UGR 的限制值。计算 UGR 时所有假设情况均应在方案文档中列出。

2.3.9.1 遮挡眩光

明亮的光源会造成眩光,影响视觉功能。采取合适的灯具遮光手段,或给窗户安装百叶窗,都可不同程度减弱或消除眩光(参看第 1.5 节,“眩光”)。

2.3.10 带有显示设备工作空间的照明

带有显示设备的工作空间的照明设计应考虑所有可能进行的视觉作业,例如阅读屏幕上或打印的文字,手写文章以及其他与键盘相关的工作。

在这些区域里,照明的标准与照明系统应按“照明计划”(第 2.5 节)中给出的活动区域,作业种类,空间特性等因素进行选择。

显示设备和某些场合下的键盘会反射光线,造成失能或不舒适眩光。因此,需选择合适的灯具,进行合理定位和排布,以避免出现明亮反射,从而导致眩光的形成。

2.3.10.1 灯具亮度限制

表 2.4 给出了灯具从其垂直下方向上 65° 参考角范围内,显示器(屏幕表面垂直或向上倾斜 15°)上平均亮度的限定值。

注意:对于某些特殊场合,例如触摸屏或角度可调的屏幕,应注意表格中所给出亮度限定值是针对较小参考角(例如 55°)的情况。

表 2.4 视觉终端分类及最大灯具亮度

基于 BS EN ISO9241-7 的显示器分类	采用负极性信号时的最大亮度 (cd/m ²)
类型 I 和 II, 良好或一般的屏幕处理	1000
类型 III, 屏幕没有经过处理	500

对于只采用正极性信号的 I 型或 II 型显示,其亮度限制可以放宽到 1500 cd/m²;对于只采用正极性信号的 III 型显示器,亮度限制可以放宽到 500 cd/m²。

2.4 能效建议

照明应在给定空间内创建合适的视觉环境,亦即为不同类型的视觉作业提供合适且充足的照明,为空间创造人们期盼的外观等。上述目标的实现应建立在节能的基础上,但单纯为降低能耗而牺牲照明效果的做法也是不足取的。在绝大多数情况下,尽管照明能耗的花费比较大,但在与建筑物内活动相关的总成本中,它只占据很小的比例。例如,在工厂或办公室里,因视觉条件恶劣导致工作质量和工作效率下降,所付出的成本远远高于照明能源的成本(人工成本约是照明能耗成本的 100 倍)。同样的,在商场里,因恰当展示商品而获得的销售收入远比照明能耗花费高得多。因此,通过降低照明效能来达到节能目的并不是真正的节

约。

当然,从另一个角度来说,滥用和浪费能源会带来经济上和环境上的负担,照明设计应避免照明能耗的不合理浪费。关于光源对环境的影响可以参看“LIF 光源指导”中关于光源和环境的章节。

下文给出的建议主要针对照明设备的节能,其前提假设是照明采用了现代化设备并已经达到很好的设计效果。新的照明设计通常都应达到这样的水准。这些建议还可用于考量现存照明设备的节能情况,从而进一步决定是否需要一些补救措施来改进其能源利用率。

“建筑规则 第 L 章”中也有关于能耗的规定,其中如下两个文件自 2002 年 4 月起已批准生效,它们是:

——L1-居住场所内燃料和能源的保护

——L2-居住场所以外的建筑物内燃料和能源的保护。

“(苏格兰)建筑标准规定”中的第 J 章也包含了类似的要求。以下三个章节将就此给出详细的指导。

2.4.1 功率和时间

照明设备的能耗(kW/h)取决于功率(kW)和时间(h)。通常可通过以下方式实现节能:

——采用优质节能照明设备(参看 CD-“照明设备”)来实现所需的照明方案,即在达到照明设计效果的同时将其用电负载(kW)控制在极低

——通过有效的控制手段,在不需要的时候切断照明,即将照明设备运转的时间(h)控制在极低。

虽然照明设计师能在设计中限制照明设备的功率和能耗,但最终实现节能还得依赖照明系统的使用者。

2.4.2 节能设备

“照明设备”(见 CD)一节中给出了关于光源和灯具节能的相关信息。虽然在建筑物内不同部位的照明需要不同的光源和灯具,但室内位置固定的照明设备平均初始系统光效不应低于 65 lm/W。应急照明和非固定设备(例如轨道灯)不在此列。这样,人们可在某些区域采用低光效设备(例如卤素射灯),而在另一些区域采用高光效设备(例如采用高效电子镇流器的荧光灯)。以上建议可作为设计阶段的指导,但其并未包含如何使用能源。

实际上,绝大多数能源浪费发生在非工作时段,一些不必要的照明设备依然处于工作状态,虽然其中小部分仅为清洁或安全提供些辅助作用。在夜间可采用优先控制器,提供必要的应急照明。同样,如室内日光充足或人员稀少,电气照明可通过控制系统自动关闭。室内应安装足够多的照明控制器,使用户能仅在所需时间和位置获得照明。照明控制系统应当足够灵活,能够提供适宜水平的照明,及时关掉不需要的照明。我们可通过以下手段达到上述目的:

- 实现局域开关,在多处设置开关,而不是将开关全部设置在入口处
- 实现定时开关,能按时间表自动开关光源
- 根据光电传感器测量的昼光水平和人员多少实行自动开关和调光

关于控制系统的更多细节可以参看第 3.7 节,“能源管理”;第 3.8.1 节,“费用及能耗”;以及“照明控制”(见 CD)。

照明的理想目标是在获得所需照明条件的同时将能耗尽可能降低。即便设备配置负载较高,但如果控制系统设置得当,其节能效果要优于配置负载较低但控制系统较差的情况。因此,设计时必须同时考虑两方面的因素。

2.4.3 照明能耗目标

表 2.5 给出在具有特定视觉作业照度的不同应用场合中,一般照明平均功率密度的目标值。每个应用场合中平均安装功率密度数值是参照目前质量较好的节能光源及灯具,在合理安装使用的情况下给出的;当然,这些数字仍然有提升的空间。上述目标适用于平均尺寸大小的空间(室形指数为 2.5),同时要求室内表面反射率高(顶棚反射率为 0.7,墙面反射率为 0.5,地板反射率为 0.2),照明设备维护良好等条件。室内空间某一特定作业照度水平所对应的功率密度的单位是 W/m^2 。

表 2.5 照明能耗目标

光源种类	CIE 一般显色指数 (Ra)	作业照度 (lx)	平均安装功率密度 (W/m ²)
商业及其他类似应用场合，例如办公室，商店和学校*			
三基色荧光灯	80-90	300	7
		500	11
		750	17
紧凑型荧光灯	80-90	300	8
		500	14
		750	21
金属卤化物灯	60-90	300	11
		500	18
		750	27
工业及生产场合			
三基色荧光灯	80-90	300	6
		500	10
		750	14
		1000	19
紧凑型荧光灯	60-90	300	7
		500	12
		750	17
		1000	23
金属卤化物灯	40-80	300	6
		500	11
		750	16
		1000	21

*不包含展示照明的能耗

2.5 照明计划

本节将基于以下参数给出各种场合的推荐照明：

维护照度 (lx)：平面上的维护照度，单位：lx。维护照度可以根据特定视觉作业进行调整（见第 2.3.2 节，“照度”）。照度平均度的介绍见第 2.3.3 节，“照度变化”。关于维护系数的更多信息见第 3.8.2 节，“维护照度”。

限定眩光等级：限定眩光等级规定了一个给定应用场合所允许的最大不舒适眩光，用 UGR 表征。用表格计算某一照明设备的 UGR 值可参考 CD 中的内容（用标准表格进行抽样眩光等级的计算）。

最低显色指数 (Ra)：照明设备所用光源的最低显色指数（详见第 2.3.7 节，“显色性”）。

本节将针对以下各类区域给出照明的相关建议：

农业	43	医疗保健-重症监护	51
机场	44	医疗保健-实验室及药剂室	52
面包店	44	医疗保健-手术室	52
水泥，水泥制品，混凝土，砖块	44	医疗保健-扫描室	52
陶瓷，瓷砖，玻璃制品	45	医疗保健-治疗室	53
化工、塑料、橡胶工业	45	医疗保健-病房	53
控制室	46	医疗处所-普通房间	53
教学楼	46	旅馆和饭店	54
电器工业	47	珠宝生产	54
食品以及高档食品加工业	48	洗衣店	54
铸砂及金属铸件	48	皮具皮货加工	55
美发	49	图书馆	55
医疗保健-解剖室和太平间	49	通行区域的照明建议	55
医疗保健-消毒室	49	金属处理及加工	56
医疗保健-产房	50	托儿所和幼儿园	56
医疗保健-牙科病房	50	办公室	57
医疗保健-耳科检查室	50	造纸及纸制品加工	57
医疗保健-检查室	51	公众聚会场所-一般区域	57
医疗保健-眼科检查室	51	发电厂	58

打印店	58
室内公共停车场	59
火车站	59
休息室, 卫生室, 急救室	59
零售场所	60
轧钢厂, 钢铁加工	60
仓库, 冷藏	61
纺织生产及处理	61
剧院, 音乐厅, 电影院	62
贸易展会和展示厅	62
汽车装配	62
木材加工处理	63

农业

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 Ra	备注
装货，处理货物，操作设备和机器	200	25	80	
牲畜舍	50	-	40	
患病牲畜区；牲畜分娩区	200	25	80	1
喂养准备；挤奶区；器具清洗	200	25	80	2

备注：

1. 无人时照度可以降低
2. 某些区域须采用防水灯具

照度值可能随环境变化而调整，具体可以参看第 2.3.2 ，“照度”。

机场

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
起飞大厅, 行李提取	200	22	80	1
连接区域, 扶梯, 自动人行道	150	22	80	
问讯处, 登记处	500	19	80	2
海关及护照查验	500	19	80	3
等待区	200	22	80	
行李存放室	200	25	80	
安检区域	300	19	80	2
航空管制塔	500	16	80	2, 4, 5, 6
测试及修理机库	500	22	80	1
引擎测试区域	500	22	80	1
机库中的测量区域	500	22	80	1

备注:

1. 如采用高棚照明, 并采取手段确保持续工作区域的显色指数较高, 那么其他区域显色指数的要求可有所降低。
2. 参看第 2.3.10 节, “带有显示设备工作空间的照明”。
3. 垂直照度非常重要。
4. 应采取可调光照明。
5. 应避免昼光带来的眩光。
6. 避免窗户的反射, 特别是在夜间。

照度值可能随环境变化而调整, 具体详见第 2.3.2, “照度”。

面包店

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)
准备区和烘焙区	300	22	80
精加工, 上光, 装饰区	500	22	80

照度值可能随环境变化而调整, 具体详见第 2.3.2, “照度”。

水泥，水泥制品，混凝土，砖块

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
染色	50	28	20	1
混料及窑烧的准 备工作	200	28	40	
一般机械加工	300	25	80	2
粗成形	300	25	80	2

备注：

总则：光源和灯具有可能在肮脏和高温的环境中工作。如在原材料加工成半成品的车间，需要采用防尘等级较高（IP5X）或其他维护特性较高的灯具。

1. 安全标识的颜色应被如实还原。
2. 如采用高棚照明，并采取手段确保持续工作区域的显色指数较高，那么其他区域显色指数的要求可有所降低。

照度值可能随环境变化而调整，具体详见第 2.3.2，“照度”。

陶瓷，瓷砖，玻璃制品

	维 护 照 度 (lx)	限定眩光等级	最 低 显 色 指 数 (Ra)	备注
染色	50	28	20	1
准备，一般机械加工	300	25	80	2
上釉，碾压，压制，塑形， 简单制件，上光，吹玻璃	300	25	80	2
研磨，雕刻，玻璃抛光，精 细制件，制造玻璃器具	750	19	80	2
光学玻璃及水晶研磨，手磨 及手刻	750	16	80	
精细加工，例如装饰性研磨， 手绘	1000	16	90	3

加工合成贵重宝石	1500	16	90	3
----------	------	----	----	---

备注:

总则: 光源和灯具有可能极肮脏和高温环境中工作。在原材料加工成半成品的车间, 需要采用防尘等级较高 (IP5X) 或其他维护特性较高的灯具。

1. 安全标识的颜色应被如实还原。
2. 如采用高棚照明, 并采取手段确保持续工作区域的显色指数较高, 那么其他区域显色指数的要求可有所降低。
3. 光源色温应在 4000K 以上。

照度值可随环境变化而调整, 具体详见第 2.3.2, “照度”。

化工、塑料、橡胶工业

	维护照度(lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
远程操作加工设备	50	-	20	1, 2
有限手动干预的加工	150	28	40	
加工设备的人工操作区	300	25	80	
精细测量室, 实验室	500	19	80	
药剂生产	500	22	80	
轮胎生产	500	22	80	
颜色检查	1000	16	90	3
切割, 精加工及检验	750	19	80	

备注:

1. 安全标识的颜色应被如实还原。
2. 维护作业时可能需要补充局部照明。
3. 光源色温应在 4000K 以上。

照度值可随环境变化而调整, 具体详见第 2.3.2, “照度”。

控制室

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
--	-----------	--------	-------------	----

工作间, 开关室	200	25	60	1
电报, 邮递, 电话总机	500	19	80	2

备注:

1. 应为控制显示和控制台提供适宜的局域照明, 并避免在设备及显示终端上出现阴影及光幕反射。
2. 在电话总机房, 应避免来自控制器的光幕反射, 过高照度可能会导致信号灯的可见度下降。另外, 在使用电话簿处应提供补充的局部照明。

照度值可随环境变化而调整, 具体详见第 2.3.2, “照度”。

教学楼

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
教室, 辅导室	300	19	80	1
夜校及成人教育教室	500	19	80	1
演讲厅	500	19	80	1
黑板	500	19	80	2
演示台	500	19	80	3
美术教室	500	19	80	
美术学校的美术教室	750	19	90	4
机械制图室	750	16	80	
实习教室, 实验室	500	19	80	
劳作教室	500	19	80	
教学讲习班	500	19	80	
音乐教室	300	19	80	
计算机教室	300	19	80	5
语言实验室	300	19	80	
准备室及车间	500	22	80	
入口大厅	200	22	80	
流通区域, 走廊	100	25	80	
楼梯	150	25	80	

学生休息室及礼堂	200	22	80	6
教师办公室	300	19	80	
教学材料仓库	100	25	80	
体育馆, 健身房, 游泳池	300	22	80	
学校食堂	200	22	80	
厨房	500	22	80	

备注:

1. 照明应是可控的。
2. 应防止镜面反射。
3. 在演讲厅中, 维护照度应为 750 lx。
4. 光源色温应在 5000K 以上。
5. 参看第 2.3.10 节, “带有显示设备工作空间的照明”。
6. 参看 “CIBSE 照明指导 4: 体育照明”。

照度值可随环境变化而调整, 具体详见第 2.3.2, “照度”。

电器工业

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
电缆与导线生产	300	25	80	1, 2
绕线:				
——大型线圈	300	25	80	1, 2
——中型线圈	500	22	80	1
——小型线圈	750	19	80	1
线圈浸渍	300	25	80	1, 2
镀锌	300	25	80	1, 2
装配:				
——粗糙 (大型变压器)	300	25	80	1, 2
——中等 (控制板)	500	22	80	1, 3
——细致 (电话)	750	19	80	1, 3
——精细 (测量仪器)	1000	16	80	1, 3

电子车间, 测试, 调整	1500	16	80	3
印刷电路板:				
——印刷	500	22	80	
——手动插件	750	19	80	3, 4
——焊接	750	19	80	3, 4
——检查	1000	16	80	3, 4

备注:

1. 如采用高棚照明, 并采取手段确保持续工作区域的显色指数较高, 那么其他区域显色指数的要求可有所降低。
2. 某些大型设备会遮挡光线, 此时需增加便携式照明或局部照明。
3. 采用局部照明较为适宜。
4. 在处理某些敏感元件时, 须采用紫外/蓝色可见光滤光套筒 (280-450 nm)。
5. 头顶上方大面积低照度灯有助于创造印刷电路板检测所需的镜面反射条件。

照度值可随环境变化而调整, 具体详见第 2.3.2, “照度”。

食品以及高档食品加工业

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
工作区域:				
——酿造, 发芽床, 清洗, 装筒, 清洁, 筛选, 剥皮	200	25	80	
——蜜饯及巧克力工厂的烹调	-	-	-	
——生烟草的干燥和发酵, 发酵地窖	-	-	-	
产品分类及清洗, 混磨, 打包	300	25	80	
屠宰场, 牛奶场, 磨坊, 白糖精炼厂的过滤床	500	25	80	1, 2
水果及蔬菜的切割和分	300	25	80	

类				
熟食生产, 厨房烹饪, 雪	500	22	80	
茄及香烟生产				
杯瓶检验, 产品控制, 裁	500	22	80	
剪, 分类, 装饰				
实验室	500	19	80	
颜色检查	1000	16	90	3

备注:

总则: 灯具结构应确保无任何零件会落入食品中, 即便在更换光源的时候。所使用灯具应可被水冲洗。在某些食品存储区域, 光源应能在较低温度下工作。而在另一些区域, 光源和灯具应能在高温潮湿环境下工作。

1. 某些区域有粉尘爆炸的潜在危险, 这些区域照明应采用合适的灯具。
2. 灯具可能会工作在潮湿环境下, 也有可能被水直接冲洗。对于肉类检查的场合, 法定的最低照度是 540 lx (50lm/ft²), 最低的显色指数是 90。
3. 所采用的光源色温应在 4000K 以上。

照度值可随环境变化而调整, 具体详见第 2.3.2, “照度”。

铸砂及金属铸件

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
与人体大小近似的地下	50	-	20	1
通道, 地窖等				
平台	100	25	40	
备砂	200	25	80	2, 3
更衣室	200	25	80	2
熔铁炉及搅拌器的工位	200	25	80	2
浇铸区	200	25	80	2
落砂区	200	25	80	2, 3
机械铸造	200	25	80	2, 3
手工压膜和组芯铸型	300	25	80	2, 4

拉模铸造	300	25	80	2
建模	500	25	80	2, 4

备注:

总则: 光源和灯具有可能在肮脏和高温的环境中工作。如在原材料加工成半成品的车间, 需要采用防尘等级较高 (IP5X) 或其他维护特性较高的灯具。

1. 安全标识的颜色应被如实还原。
2. 如采用高棚照明, 并采取手段确保持续工作区域的显色指数较高, 那么其他区域显色指数的要求可有所降低。
3. 如果采用喷抛清理, 灯具应置于工作区域以外的地方。在用砂轮和砂带清洁金属铸件的区域, 产生的灰尘有可能会产生爆炸, 因此应选择合适的灯具进行照明。
4. 对于深度较大的铸模, 应采用漫射和灵活的配光, 以确保良好的照明效果。

照度值可随环境变化而调整, 具体详见第 2.3.2, “照度”。

美发

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)
美发	500	19	90

照度值可随环境变化而调整, 具体详见第 2.3.2, “照度”。

医疗保健-解剖室和太平间

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
一般照明	500	19	90	1
解剖台	5000	-	90	2, 3

备注:

1. 灯具有可能经受严酷的清洗。
2. 需有能为专门检测功能服务的灯具。
3. 有时需要高于 5000 lx 的照度。

照度值可随环境变化而调整, 具体详见第 2.3.2, “照度”。

医疗保健-消毒室

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
杀菌室	300	22	80	1
消毒室	300	22	80	1

备注:

1. 灯具可能工作在高湿度和高温条件下, 并可能经受严酷的清洗。

照度值可随环境变化而调整, 具体详见第 2.3.2, “照度”。

医疗保健-产房

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
一般照明	300	19	80	
检查和治疗	1000	19	80	1

备注:

1. 需有能为专门检测功能服务的灯具。

照度值可随环境变化而调整, 具体详见第 2.3.2, “照度”。

医疗保健-牙科病房

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
一般照明	500	19	90	1
病人的位置	1000	-	90	
口腔操作	5000	-	90	2, 3
牙白匹配	5000	-	90	4

备注:

1. 照明不应使病人感受到眩光。

2. 有时需要高于 5000 lx 的照度。

3. 需有能为专门检测功能服务的灯具。

4. 所用光源色温应高于 6000K。

照度值可随环境变化而调整, 具体详见第 2.3.2, “照度”。

医疗保健-耳科检查室

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
一般照明	300	19	80	
耳朵检查	1000	-	90	1

备注:

1. 需有能为专门检测功能服务的灯具。

照度值可随环境变化而调整, 具体详见第 2.3.2, “照度”。

医疗保健-检查室

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
一般照明	500	19	90	
检查和治疗	1000	19	90	1

备注:

1. 需有能为专门检测功能服务的灯具。

照度值可随环境变化而调整, 具体详见第 2.3.2, “照度”。

医疗保健-眼科检查室

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
一般照明	300	19	80	
外眼检查	1000	-	90	1
用视力表进行阅读和色 彩测试	500	16	90	1

备注:

1. 需有能为专门检测功能服务的灯具。

照度值可随环境变化而调整, 具体详见第 2.3.2, “照度”。

医疗保健-重症监护

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
一般照明	100	19	90	1

简单检查	300	19	90	2
检查和治疗	1000	19	90	2
夜间观察	20	19	90	1

备注:

1. 地面照度。

2. 床面照度。

照度值可随环境变化而调整，具体详见第 2.3.2，“照度”。

医疗保健-实验室及药剂室

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
一般照明	500	19	80	
颜色检查	1000	19	90	1

备注:

1. 所用光源色温应高于 6000K。

照度值可随环境变化而调整，具体详见第 2.3.2，“照度”。

医疗保健-手术室

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
术前准备和术后恢复室	500	19	90	
手术室	1000	19	90	
手术腔部	-	-	-	1

备注:

1. 需专用手术灯具，照度在 10000-100000 lx 之间。

照度值可随环境变化而调整，具体详见第 2.3.2，“照度”。

医疗保健-扫描室

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
一般照明	300	19	80	
带有图像增强器和显示	50	19	80	1

设备的扫描仪

备注:

1. 参看第 2.3.10, “带有显示设备工作空间的照明”。

照度值可随环境变化而调整, 具体详见第 2.3.2, “照度”。

医疗保健-治疗室

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
透析	500	19	80	1
皮肤科	500	19	90	
内窥镜	300	19	80	
石膏室	500	19	80	
药浴	300	19	80	
按摩和放疗	300	19	80	

备注:

1. 照明须是可控的。

照度值可随环境变化而调整, 具体详见第 2.3.2, “照度”。

医疗保健-病房

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
一般照明	100	19	80	1, 2
阅读照明	300	19	80	2, 3
简单检查	300	19	80	2
检查和治疗	1000	19	80	
夜间照明, 观察照明	5	-	80	2
病人浴室及厕所照明	200	22	80	

备注:

1. 地面照度。

2. 应避免病人视野中出现过高亮度。

3. 需采用局部照明。

照度值可随环境变化而调整，具体详见第 2.3.2，“照度”。

医疗处所-普通房间

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
等待室	200	22	80	1
走廊：白天	200	22	80	1
走廊：夜间	50	22	80	1
休息室	200	22	80	1
办公室	500	19	80	
教研室	300	19	80	

备注：

1. 地面照度。

照度值可随环境变化而调整，具体详见第 2.3.2，“照度”。

旅馆和饭店

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
前台/收银，服务处	300	22	80	1
厨房	500	22	80	2
饭店，餐厅，多功能厅	-	-	80	3
自助餐厅	200	22	80	
快餐厅	300	22	80	
会议室	500	19	80	4
走廊	100	25	80	5

备注：

1. 采用局域照明较为适宜。
2. 厨房和餐厅之间应有一个过渡区域。
3. 照明应当营造适宜的氛围。
4. 照明应当是可控的。
5. 傍晚可采用较低水平的照明，深夜可采用手动控制或来人探测照明模式。

照度值可随环境变化而调整，具体详见第 2.3.2，“照度”。

珠宝生产

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
名贵宝石加工	1500	16	90	1
珠宝生产	1000	16	90	
手表制作 (手工)	1000	16	80	
手表制作 (自动)	500	19	80	

备注:

1. 色温应在 4000K 以上。

照度值可随环境变化而调整，具体详见第 2.3.2，“照度”。

洗衣店

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
脏衣收集, 标记, 分类	300	25	80	
水洗和干洗	300	25	80	
熨烫, 叠压	300	25	80	
检查和修理	750	19	80	

备注:

总则: 灯具须能够在温暖潮湿环境中运行。

照度值可随环境变化而调整，具体详见第 2.3.2，“照度”。

皮具皮货加工

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
与瓮, 筒, 池相关的作业	200	25	40	
真皮的刮肉, 切片, 拓印,	300	25	80	
转鼓涂漆				
马具, 皮鞋生产: 缝纫,	500	22	80	
抛光, 成形, 切割, 穿孔				

分类	500	22	90	1
皮革染色（机染）	500	22	80	
质量控制	1000	19	80	
颜色检查	1000	16	90	1
皮鞋制作	500	22	80	
手套制作	500	22	80	

备注：

1. 光源色温应在 4000K 以上。

照度值可随环境变化而调整，具体详见第 2.3.2，“照度”。

图书馆

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
书架	200	19	80	1
阅读区域	500	19	80	2
柜台	500	19	80	2

备注：

1. 应在书架底部提供垂直面的照明。

2. 采用局部或局域照明较为适宜。

照度值可随环境变化而调整，具体详见第 2.3.2，“照度”。

通行区域的照明建议

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
流通区域及走廊	100	28	40	1,2,3,4
楼梯，扶梯，自动人行道	150	25	40	2,5,6,7
装载坡台/进料台	150	25	40	8

备注：

1. 表格中所指照度为地面测得的照度。

2. Ra 和眩光水平应与周边区域接近，同时需为出口和入口之间的照明提供一个过渡区域，避免出现方向的突然转换。

3. 如流通区域的路上有车辆行驶，照度需要提高到 150 lx；在医院中，流通区域指所有走廊。
4. 如流通区域在居住区域，照度可以减小到 20 lx。在深夜可配合手动控制或来人探测照明模式来降低照明水平。
5. 照明须使楼梯梯面和梯级板呈现出明显的对比度。应防止在梯面上形成镜面反射。最好在梯面和梯级板交接的地方设置彩色的提示，以提高安全性。
6. 对扶梯通行区域，脚下的照明一般就足以使人分辨梯面和梯级板了。
7. 扶梯或自动人行道的入口和出口可能需要更高一些的照度。
8. 应避免车辆驾驶员在接近装料台时看到眩光。在照亮装料台的同时也应清楚的指示出装料台的边缘。

照度值可随环境变化而调整，具体详见第 2.3.2，“照度”。

金属处理及加工

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
自由锻	200	25	60	
落锤锻造	300	25	60	
焊接	300	25	60	1
粗加工和中等加工：误差 ≥0.1 mm	300	22	60	2
精细加工及打磨：误差： <0.1 mm	500	19	60	2
雕合，检查	750	19	60	3
拔线拔管车间，冷成型	300	25	60	
平板加工：厚度 ≥5 mm	200	25	60	2
板金工加工：厚度 <5mm	300	22	60	2
工具制作：切割设备生产	750	19	60	
装配：				
——粗糙	200	25	80	2， 4
——中等	300	25	80	2， 4

——细致	500	22	80	2, 4
——精细	750	19	80	4
电镀	300	25	80	4
表面准备及喷漆	750	25	80	4
工具、模板、夹具制作,	1000	19	80	
精细修理, 微修理				

备注:

1. 须确保眼睛和皮肤不暴露在强光辐射下。应使用电焊遮光罩, 但会造成较大的遮挡效应, 可采用便携式照明作为辅助。
2. 为应对可能出现一些阻挡效应, 应采取措施尽可能将转动设备的频闪效应降低。
3. 应采取措施避免多重阴影。
4. 如采用高棚照明, 并采取手段确保持续工作区域的显色指数较高, 那么其他区域显色指数的要求可有所降低。

照度值可随环境变化而调整, 具体详见第 2.3.2, “照度”。

托儿所和幼儿园

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
儿童游戏室	300	19	80	
托儿所	300	19	80	
劳作教室	300	19	80	

照度值可随环境变化而调整, 具体详见第 2.3.2, “照度”。

办公室

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
文件归档, 复印等	300	19	80	1
书写, 打字, 阅读, 数据处理	500	19	80	2
机械制图	750	16	80	
CAD 工作区域	500	19	80	2

会议厅和会议室	500	19	80	3
接待处	300	22	80	
档案馆	200	25	80	1

备注:

1. 对于文件归档来讲,垂直面照度尤为重要。
2. 参看第 2.3.10 节,“带有显示设备工作空间的照明”。
3. 照明应当是可控的。

照度值可随环境变化而调整,具体详见第 2.3.2,“照度”。

造纸及纸制品加工

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
碾磨机, 纸浆厂	200	25	80	1
纸张生产及处理, 造纸机	300	25	80	1
和波纹机, 硬纸板生产				
标准装订作业, 例如, 折	500	22	80	
叠, 分类, 涂胶, 切割,				
压纹, 缝制				

备注:

总则: 灯具可能工作在温暖潮湿的环境中。

1. 如采用高棚照明, 并采取手段确保持续工作区域的显色指数较高, 那么其他区域显色指数的要求可有所降低。

照度值可随环境变化而调整,具体详见第 2.3.2,“照度”。

公众聚会场所-一般区域

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
入口大厅	100	22	80	1
衣帽间	200	25	80	
休息室	200	22	80	
售票处	300	22	80	

备注:

1. 根据可行条件, 仅采用 UGR 作为设计依据。

照度值可随环境变化而调整, 具体详见第 2.3.2, “照度”。

发电厂

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
燃料供给车间	50	-	20	1
锅炉房	100	28	40	1
主机室	200	25	80	2, 3
边房, 例如, 泵房, 凝 室等, 以及电话总机室 (建筑内部的)	200	25	60	4
控制室	500	16	80	5
室外交换机	20	-	20	1

备注:

1. 安全标识的颜色应被如实还原。
2. 如采用高棚照明, 并采取手段确保持续工作区域的显色指数较高, 那么其他区域显色指数的要求可有所降低。
3. 某些设备和检查点可能需要额外的局部照明。
4. 在某些区域, 例如粉尘处理车间, 沉降坑和电池间, 有可能存在腐蚀性和危险的环境。
5. 控制板通常是垂直的, 因此可能需要可调光照明。另外, 有时也会使用显示设备, 所以须采用高角亮度较小的灯具。

照度值可随环境变化而调整, 具体详见第 2.3.2, “照度”。

打印店

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
切割, 镀金, 压花, 大块 雕版, 石材及滚筒处理, 打印, 字模制作	500	19	80	

纸张分类, 手工印花	500	19	80	
排字, 手修, 平版印刷	1000	19	80	1, 2
彩色打印的色彩检查	1500	16	90	3
铁板及铜板雕刻	2000	16	80	4

备注:

1. 应采用大面积低亮度灯具。
2. 采用局部照明较为适宜。
3. 光源色温应大于 4000K。
4. 定向照明有助于揭示视觉作业细节。

照度值可随环境变化而调整, 具体详见第 2.3.2, “照度”。

室内公共停车场

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
进/出口斜坡 (白天)	300	25	20	1, 2
进/出口斜坡 (晚上)	75	25	20	1, 2
通车车道	75	25	20	1, 2
停车区域	75	-	20	1, 2, 3
售票处	300	19	80	4, 5

备注:

1. 须是地板平面照度。
2. 安全标识原色应被很好的还原出来。
3. 较高的垂直照度有助于人脸识别, 增加安全感。
4. 应避免窗户反光。
5. 应防止来自外界的眩光。

照度值可随环境变化而调整, 具体详见第 2.3.2, “照度”。

火车站

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
有顶棚站台, 地下过道	50	28	40	1

露天展台	10	-	-	1
售票大厅和广场	200	28	40	
售票处和行李柜台	300	19	80	
候车室	200	22	80	

备注:

1. 照明时应注意辐射光能确保站台边缘能被看清。

照度值可随环境变化而调整，具体详见第 2.3.2，“照度”。

休息室，卫生室，急救室

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
食堂，储藏室	200	22	80	1, 2
休息室	100	22	80	3
体育活动室	300	22	80	
衣帽间、盥洗室、浴室、	200	25	80	4
厕所				
医务室	500	19	80	
医疗室	500	16	90	5

备注:

1. 照明应着重营造一种轻松和愉快的氛围。
2. 在食品储藏区域，灯具应能直接被水冲洗。
3. 照明风格应与工作区域的风格不同。
4. 在浴室里，灯具必须能在极其潮湿的环境中工作。
5. 色温应在 4000K 以上。

照度值可随环境变化而调整，具体详见第 2.3.2，“照度”。

零售场所

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
销售区	300	22	80	1
收银区	500	19	80	

包装台	500	19	80
-----	-----	----	----

备注:

1. 照度和 UGR 的要求应视具体商店的种类而定。

照度值可随环境变化而调整，具体详见第 2.3.2，“照度”。

轧钢厂，钢铁加工

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
无手工生产车间	50	-	20	1, 2
较少手工生产车间	150	28	40	2
持续手工生产车间	200	25	80	3
厚板仓库	50	-	20	1
熔炉	200	25	20	1
轧机机组；卷线器；截割极	300	25	40	
控制台：控制面板	300	22	80	
测试，测量，检查	500	22	80	
大型地下通道，传送带区域，地窖	50	-	20	1, 2

备注:

总则：光源和灯具有可能在肮脏和高温的环境中工作，如在原材料加工成半成品的车间，需要采用防尘等级较高（IP5X）或其他维护特性较高的灯具。

1. 安全标识的颜色应被如实还原。
2. 维护工作可能需要补充照明。
3. 如采用高棚照明，并采取手段确保持续工作区域的显色指数较高，那么其他区域显色指数的要求可有所降低。

照度值可随环境变化而调整，具体详见第 2.3.2，“照度”。

仓库，冷藏

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
--	-----------	--------	-------------	----

仓库和储藏室	100	25	60	1, 2
发送包裹处置区	300	25	60	
自动高货架仓库-无人驾	20	-	40	3, 4
驶舷梯				
自动高货架仓库-有人驾	150	22	60	4
驶舷梯				
自动高货架仓库-控制室	150	22	60	5

备注:

1. 如持续工作, 照度须达到 200 lx。
2. 如存储肉眼难以看清的小型货物, 照度需要达到 300 lx, 并在必要时提供局部照明作为补充。
3. 维护工作可能需要补充照明。
4. 地板平面照度。
5. 可考虑采用局部照明, 以避免操作员感受到眩光。

在冷藏室里的所有光源须能在-30℃条件下稳定启动。

照度值可随环境变化而调整, 具体详见第 2.3.2, “照度”。

纺织生产及处理

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
浸泡区和开包区	200	25	60	
梳理, 清洗, 熨烫, 扯碎,	300	22	80	
机械加工, 绘图, 梳毛,				
胶料, 切卡片, 预纺纱,				
麻纺				
纺纱, 合股, 矫直, 络纱	500	22	80	1
拖拽, 织造, 编织, 编结	500	22	80	1
缝纫, 细编, 缝合	750	22	80	
手工设计, 绘制图案	750	22	90	2
收尾, 染色	500	22	80	

干燥室	100	28	60	
自动印花	500	25	80	
修补, 挑选, 裁剪	1000	19	80	
颜色检查, 织物控制	1000	16	90	2
隐形修补	1500	19	90	2
制帽	500	22	80	

备注:

1. 应采取措施将转动设备的频闪效应尽可能降低。
2. 光源色温应在 4000K 以上。

照度值可随环境变化而调整, 具体详见第 2.3.2, “照度”。

剧院, 音乐厅, 电影院

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
排练室, 化妆间	300	22	80	1
休息室	200	-	-	
售票处	300	22	80	2
观众席	100	-	-	3
放映室	150	22	40	4

备注:

1. 化妆镜的照明须防止眩光出现。
2. 采用局部或局域照明较为适宜。
3. 须采用调光设备。
4. 照明仅对放映机的操作位一侧, 不应让杂散光进入观众席。若必要可采用调光设备。

照度值可随环境变化而调整, 具体详见第 2.3.2, “照度”。

贸易展会和展示厅

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
一般照明	300	22	80	

照度值可随环境变化而调整, 具体详见第 2.3.2, “照度”。

汽车装配

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
车体加工和装配	500	22	80	
上色, 喷漆室, 抛光室	750	22	80	
上色: 润色, 检查	1000	19	90	1
车内家具生产 (人工)	1000	19	80	
最终检查	1000	19	80	

备注:

1. 光源色温应高于 4000K。

照度值可随环境变化而调整, 具体详见第 2.3.2, “照度”。

木材加工处理

	维护照度 (lx)	限定眩光等级	最低显色指数 (Ra)	备注
自动处理 (例如, 干燥, 胶合板生产)	50	28	40	1
蒸汽炉	150	28	60	2
锯框	300	25	80	
木工车床, 胶合, 组装	300	25	80	
抛光, 上漆, 细木工	750	22	80	1
木工机械操作 (例如, 铰制, 刻槽, 装饰, 钝化, 槽舌连接, 切割, 锯切, 挖凿)	500	19	80	1, 2
镶嵌木材选择	750	22	90	3
镶嵌细工, 镶嵌木工	750	22	90	3
质量控制, 检查	1000	19	90	3

备注:

1. 砂纸打磨以及类似工艺所产生的粉尘有可能导致爆炸; 应选择适宜的防爆灯具。

2. 应采取措施将转动设备的频闪效应尽可能降低。

3. 光源色温应高于 4000K。

照度值可随环境变化而调整，具体详见第 2.3.2 ，“照度”。

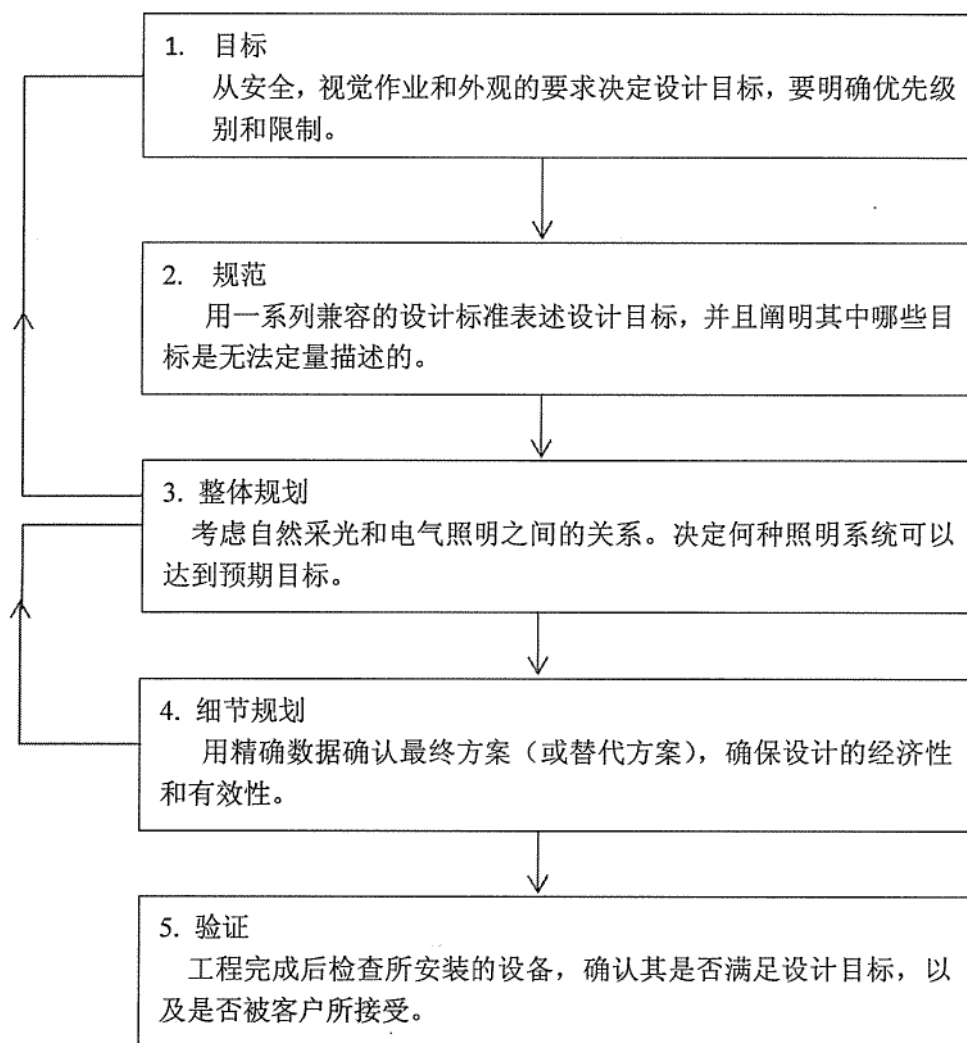
第3章 照明设计

流程图 3.1 列举了一种设计方法，该方法基于照明工程的实际经验，用以阐述本书各章节与照明设计相关的原则、建议和技术。设计师可利用此图，并结合自身经验，创造出适合不同需要的照明解决方案。尽管这里只提到了“照明设计师”，但这并不意味着照明设计工作仅是由照明设计师独立完成的。所有成功的照明设计都需要照明设计师和建筑设计团队良好沟通，密切合作，以诠释客户的需求。至于本章节的主要目的，则是介绍照明设计师对于整个设计过程应有的贡献和责任。

设计过程的细节将在以下章节详述。

3.1 目标

设计计划的第一步是建立照明设计的目标，以便为设计工作其他阶段提供指导。此时应决定照明工程的实施目的和服务对象，而不仅仅是参考照明计划中给出的建议。目标的内容可分为三部分，它们相互之间必须平衡，并应优先考虑给定视觉作业的限制。



3.1.1 安全

照明设备必须确保用电和机械安全，并确保空间内用户正常活动的安全。这不仅是最基本的目标也是法律义务。因此，必须标明任何潜在的危险，同时还应了解何处需要应急照明（见 3.8.6 节，应急照明）。

3.1.2 视觉作业

室内的工作类型决定了视觉作业的性质和种类。分析视觉作业的尺寸、对比度、持续时间和颜色分辨要求（空间中通常存在不止一项视觉作业）对于明确照明的数量和质量，营造符合需求的视觉条件是十分关键的。

在一间“普通”的办公室里，视觉作业有可能是接听电话（非常简单的任务）；也有可能是誊写文档，用铅笔写字或使用终端显示器。这呈现了一个相当复杂的视觉作业的组合。

在照明设计时,除了需要考虑视觉作业自身的属性,还必须考虑视觉作业所处的位置和平面。上述因素对提供与视觉作业匹配的照明来讲都是必要的。

3.1.3 外观和特点

设计师应当考虑需要营造何种情绪和氛围。这不只适用于办公室、娱乐场所等,而是适用于所有的设计,即便在某些场合下这些要求并非十分重要。

3.1.4 优先和限制

上述这些目标的权重是不同的,有些是必须满足的,而另一些仅是期望被满足的。目标的权重大小主要取决于客户或应用场合所需的某些优先和限制条件。

通常最常见的限制条件是成本。客户不会愿意花费过多成本来实现他们的想法和目标。不同客户会根据他们对结果的估计为不同目标分配资金。这会改变不同目标的重要性,但须反对客户仅考虑成本而罔顾设计方案所应满足的基本要求的做法。

为使项目成本尽可能优化,投资费用和运行成本都应加以考虑。但实际情况并不总是如此,因为二级预算控制系统仅考虑运行成本;因此,应尽量避免采用类似不符合要求的想法。为了尽可能压低总投资额,应同时投资费用和运行成本的影响(见CD,“财务分析”)。

其他影响设计目标的限制有:

- 能耗
- 出于环境污染和负担的考虑(可能会限制灯具的选择范围)
- 影响设备安装的具体条件限制
- 维护的难易程度

这些限制必须在设立目标时就予以考虑。

3.2 规范

设计师应考虑法律规定对照明条件的要求,有责任保证照明不会对使用者的健康造成伤害,清醒认识到劣质照明可能会导致事故发生或工作条件恶化。

再则,照明目标需用合适的方式来表述。尽管目标里很多内容都可以用物理量来表示,但能预知所有相关物理量的设计技术要么不存在,要么过于复杂。例如遮挡损失(参看第3.8.4节,“照度变化的规范和说明”)和对比显现因数就是两个很难准确计算和预估的量。而且,并不是所有的设计目标都可表达成可测量的参量。例如,我们无法定量表述一个环境

的‘肃穆’‘高效’或者‘变化’的程度。此时，应用体验和判断代替数字的计算，而不是忽略这些目标。。

设计师可以根据本书第2章给出的规范，再结合设计目标，制定出所需的规范。

3.3 整体规划

下一步的设计步骤就是把设计规范转化为最佳的解决方案，以实现最初的目标。规范仅仅是一块敲门砖；如果证明所安装的设备很难满足设计规范，那么就应重新评估最初的目标。

在整体规划阶段，设计师需考虑最初的设计目标是否可行，何种设计能够满足要求，这一点与细节规划（参看第3.8节，“细节规划”）有所不同。在照明设备整体规划最初阶段，设计师需考察被照室内的表面，查看其尺寸，空间内的摆设以及是否可以采用昼光照明。其中首先要考虑以下两个因素：

——昼光

——电气照明系统的选择

3.4 昼光

同时采用昼光和电气照明可实现初级能源的有效利用，并可增加用户的满意度。昼光照明要求的规定详见“BS 8206”第二章；窗户设计可参看“CIBSE 照明指导 10：昼光照明和窗户设计”。

昼光照明所节省的能源可由平均采光系数计算得到。能耗的分析参看第2.4节，“能效建议”；结合昼光照明的电气照明控制系统的相关信息可参看“照明控制”（见CD）和第3.7节，“能源管理”。

在对现有建筑，或窗户设计已完成的新建筑进行照明设备整体规划时，设计师应遵循以下步骤：

- （1）检查是否需要任何形式的遮光器件或百叶窗，用以控制日光的入射。
- （2）分析能利用多少昼光来提供室内一般照明或者作业面照明。
- （3）设计电气照明在白天和晚上的工作时间。
- （4）选择控制设备以确保电气照明的有效利用。

3.4.1 昼光数量的初步评估

昼光穿透的程度可以根据如下指导原则进行初步估计：

(a) 如果在室内的某一点不能直接看到天空,那么该点的自然采光就很小。无太阳直射光界线 (no-sky line) (房间里不能直接看到天空区域的边界) 给出了昼光对室内一般照明没有贡献的区域。不过,窗户对该区域仍然很重要,因为它可以为远离窗墙的室内区域提供外部视野。

(b) 对于毗邻侧窗的室内区域,昼光能够为作业照明提供重要贡献,其从窗户延伸的距离是窗户上沿高于工作面高度的两倍(没有明显的外部遮挡,窗玻璃清晰光亮,而且窗台不能比工作面高很多)。

3.4.2 昼光提高室内的一般视亮度

采用昼光进行一般室内照明的内容已在第 1.2 节,“昼光和电气照明”和第 2.2 节,“昼光照明的建议”中有所介绍。窗户呈现昼光色表的程度,以及为室内提供必要整体视亮度的程度可由平均采光系数来计算。其结果可以与第 2.2.1 节,“昼光照明作为一般室内照明”中给出的结果进行比较。

平均采光系数可由下式计算得到:

$$D = \frac{TA_w \theta}{A(1-R^2)}$$

其中 T 是窗镶嵌玻璃的扩散投射比,考虑灰尘,百叶窗,窗帘及其它障碍物或覆盖物的效应; A_w 是窗镶嵌玻璃的有效面积 (m^2), θ (角度值) 是可视线所对的垂直角 (其值是从窗户参考点在玻璃法向平面内测得的,见图 3.2 和 3.3); A 是室内表面的总面积——顶棚,墙面,窗户,地板; R 是室内表面的面积加权平均反射率 (初算时,对白色顶棚和中等反射率的墙面来说,其值取 0.5)。

在外部遮挡不能用单一仰角表达时,例如窗户朝向院子,上述方程是不适用的。至于更复杂的情况,可选其它替代方法。

如房间内所有窗户具有相同的反射率和遮挡角,那么令 A_w 等于总玻璃面积就可以得到平均采光系数。否则就应按照每扇窗户进行计算,并把最终结果求和。

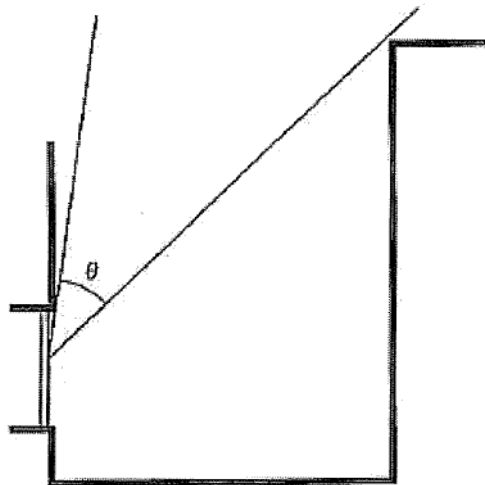


图 3.2 与天空垂直的竖平面所包含的角度； θ 是与窗户垂直的竖平面内窗户中心看到天空所包含的角度

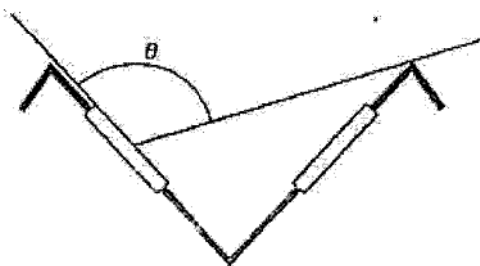


图 3.3 与天窗垂直的竖平面所包含的角度； θ 是与天窗垂直的竖平面内天窗中心看到天空所包含的角度

3.4.3 利用昼光为视觉作业提供照明

室内某一点的昼光照度可以用以下公式估算：

$$E_{in} = E_h f_0 D$$

其中 E_h 为外部无遮挡的水平照度，单位是 lx（见图 3.4 和 3.5）； f_0 是窗户的方向因子（考虑窗户的方向效应——见表 3.1）； D 是室内某点的采光系数，用百分比值除以 100 的分数表示。

表 3.1 工作日的漫射方向因子, 09:00 到 17:00

方向	方向因子 (f_0)
北	0.97
东	1.15
南	1.55
西	1.21
水平线	1.00

漫射照度 (E_h , klx) 适用于爱丁堡

计算某点采光因子的方法可查阅“BRE Digest 303: 计算建筑中的昼光照明”和 CIBSE 出版的“照明指导 10: 昼光照明和窗户设计”。

其他朝向的方向因子可用插值方法得到。如一天内工作结束的时间在 16:00 到 19:00 之间 (见图 3.4 和 3.5), 则该因子有着合理的准确性。

图 3.4 和 3.5 给出了伦敦市和爱丁堡市在不同工作时长条件下昼光的适用性。其中, 伦敦的图适用于英格兰南部和中部的地区; 爱丁堡的图适用于苏格兰, 北英格兰和北爱尔兰地区。

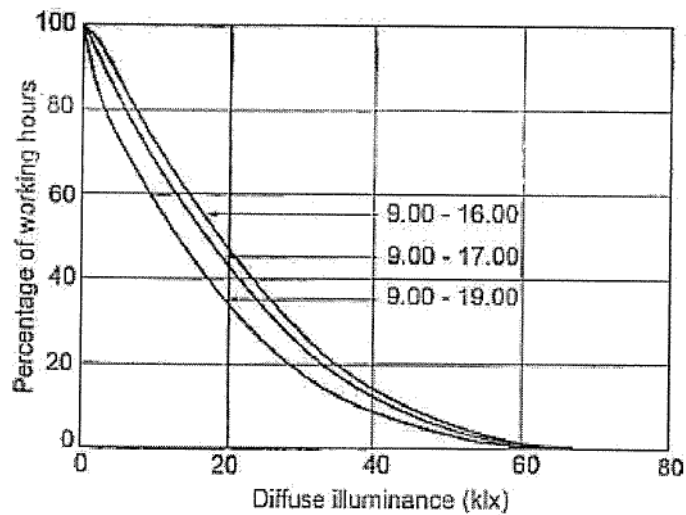


图 3.4 在伦敦测得的漫射照度 (E_h , klx)

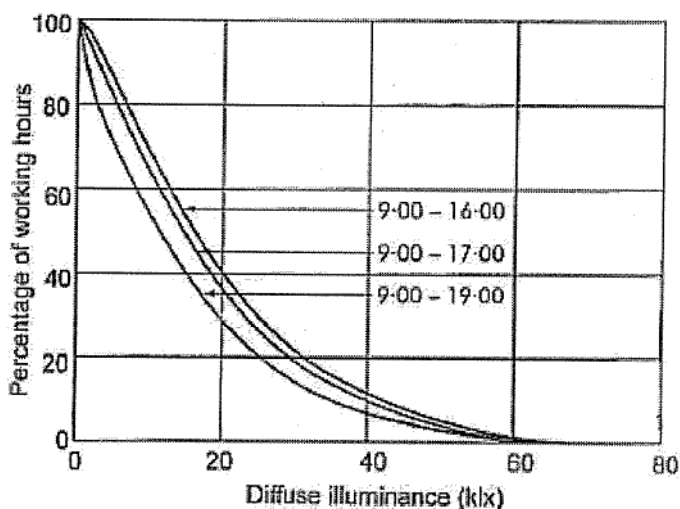


图 3.5 在爱丁堡测得的漫射照度 (E_h , klx)

例如:

对于一个工作时间为 8:00-17:00 的情况, 桌面需要平均照度为 500 lx。对于一个建筑物位于英格兰南部的面向东方的窗户, 桌面的采光因子为 0.015, 或者 1.5%。

该情况下, 取向因子是 1.15, 为了使桌面照度达到 500 lx, 外部照度应为 $500 / (1.15 \times 0.015) = 28986$ lx, 约为 29 klx。从伦敦的图 (图 3.4) 中可以看出, 这个水平占到了工作小时的 28%。

3.5 电气照明系统的选择

3.5.1 一般照明

能给整个工作面提供接近均匀照度的照明系统被称为一般照明系统 (见图 3.6)。该系统所用灯具通常均匀排布, 整体显得较为整洁, 但缺乏生气。一般照明可根据流明法 (参看第 3.5.3 节, “平均照度 (流明法)”) 的估算结果进行设计, 无需考虑作业区域的具体要求, 其最大优点是允许灵活选择视觉作业的位置。

如设计时假设顶棚和工作面之间空无一物, 那么一旦实际空间中存在较多的遮挡, 或者被划分成若干小区域, 那么最终就很难实现所需的均匀度。如果障碍物遮挡工作面的程度比较严重, 或安装了办公隔断, 那么可能需增加灯具的数量。这会对最终的能耗和运行成本产生较大影响, 尤其在需要大量低功率灯具时。

一般照明主要缺点在于, 如使整个空间照明状况都达到关键视觉作业的要求, 那么能源

肯定会被浪费。因此,为了实现节能,可以在工作区域提供所需的照度,而在交际区域和其他非重要工作面提供相对较低的环境照度水平。



(a)



(b)

图 3.6 (a) 和 (b) 采用规则排布的灯具作为一般照明系统, 为整个作业面提供均匀照度

3.5.2 局域照明

局域照明系统(见图 3.7)的目的是在工作面提供所需的维护照度,而在其他区域则提供较低的照度。其他区域的平均照度不得低于工作面照度的三分之一。(参看第 1.4 节,“照明中的变化”和第 2.3.4 节,“亮度和照度比例”)。

照明布局必须与工作面的位置和朝向相协调。因为照明系统的位置一般是固定的,所以关于家具和设备的布局信息在设计阶段是非常重要的。如工作布局发生改变,尽管上射灯和其他容易移动的灯具,以及能源管理控制系统(第 3.7 节,“能源管理”)能够发挥一些作用,

但局域照明的效果还是会受到很大影响。

如果作业面在空间中占据的比例不高,那么局域照明系统将比一般照明系统消耗更少的能量,节能的具体数字需通过计算来确认。局域照明系统的维护比一般照明系统更为关键。



(a)



(b)

图 3.7 (a) 和 (b) 利用工作位置附近的灯具实现局域照明, 提供作业所需的照度。如需要, 周边区域所需的环境照度可以由额外的灯具提供。

3.5.3 局部照明

局部照明只提供视觉作业占据区域以及与其紧邻小区域的照明 (见图 3.8), 而流通区域和非关键作业的照明则依赖一般照明系统。局部照明系统为作业面提供一般照明以外的补充照明, 以达到设计的维护照度。一般来说, 周边环境的平均照度应不小于工作面平均照度的三分之一 (参看第 1.4 节, “照明中的变化” 和第 2.3.4 节, “亮度和照度比例”)。局部照明是为工作面提供足够照度非常有效的方法, 尤其在照度需求很高或需灵活定向照明的场

合。办公室和工厂经常在工作区域安装灯具以提供局部照明。

局部照明的安装位置应确保阴影、光幕反射和眩光尽可能小。尽管局部照明灯具可有效利用出射光，但这类灯具所用的低功率电路效率较低，而且灯具价格昂贵。多数局部照明系统容易接近并且可调光，但这会增加灯的损耗，导致维护成本升高。可在系统中设置单灯控制，以满足人们的不同需求。

局域照明和局部照明都能实现单个灯具的开关；因此，可在空闲时关掉其中一部分灯。但在任何时候，环境照度必须始终保持充足。



(a)



(b)

图 3.8 (a) 和 (b) 与一般照明布局类似的局部照明，用来为主要区域提供所需的环境照度；在工作位置附近设置额外的灯具，提供作业所需的照度

3.6 光源和灯具的选择

光源的选择会影响灯具的选择范围，反之亦然。因此，选择时不能仅考虑一个因素，而

应二者综合考虑。一种设计方法是在起始阶段不对光源和灯具的组合设限制，而是排除那些不合适的组合。按照这种方法，余下的组合都是可接受的方案，只需通过比较做出最终选择即可；如果所有可选组合都被排除了，这表明原定的一个或者多个目标可能是无法实现的。通过这一程序后，剩下所有未排除的灯具和光源的组合都是可以接受的，可从中挑选尽可能高效、经济、符合建筑条件的方案。

3.6.1 光源特性的选择

在排除不满足设计目标的光源后，设计师可以列出一份合适光源的清单。相关的指导可参看“光源”（见 CD）。当然，在做最终选择时，也应考虑厂商提供的最新技术数据。

除了低气压荧光灯，其他所有气体放电光源的启动时间都过长，难以满足瞬时照明的需要，除非采用额外的钨丝灯或荧光灯提供辅助照明。

光源的显色性须满足特定应用场合的要求。如果视觉作业要求对颜色要有较好的区分，那么照明必须有很好的显色性。或者，如果要营造某种特殊的外观或提升舒适度（例如，在办公室，商场或休闲场所），照明也必须具有很好的显色性。设计师还可利用不同的色表来营造合适的“氛围”，例如在非正式场合选择暖色调，而在正式场合选择冷色调。尽管上述选择完全出于主观判断，但从实际应用的要求而言，相邻区域照明的色表不应有太大差异，除非为了实现某些特殊的效果。

为确保维护计划可行且经济，必须考虑光源的寿命和维护特性。

在使用动作机械设备的场合，必须避免频闪效应。这一效应源于所有交流供电光源的光输出都会呈现一定程度的周期变化，这种现象在不涂荧光粉的气体放电灯中尤为突出。为了解决这一问题，可以为不同行列的灯具提供不同相位的供电，并确保各相位供电的灯在关键区域形成的照度基本相同；或用高频电子镇流器驱动一些灯；另外，也可用局部照明灯具（不会产生频闪效应的灯具）的灯光掩盖一般照明的灯光。

另外一个可能限制某些光源或电路使用的问题是最小启动温度。这在使用直管荧光灯的场合尤为常见；另外，灯具设计也会对此有所影响。

在选择合适光源范围时，设计师必须考虑可选光源的类型，光的可控程度以及所需要的光输出。相比于小面积光源，大面积光源更难精准控制；但前者的亮度更高（光输出相同时），更容易导致眩光。

3.6.2 灯具特性的选择

除了安全性以外,灯具还应能承受不同的物理条件的限制,例如,震动,潮湿,灰尘,环境温度和人为破坏。而且,灯具的外观,安装以及所在位置必须和室内建筑风格相一致。灯具特性的一般指导可查阅索尼 CD 的“灯具”一章。

采用符合相关标准的设备能够确保安全,这些相关标准在“灯具标准和标识”以及“灯具质量系统和认证标识”给出(见 CD)。

灯具的可靠性和寿命会直接影响照明方案的经济性;而灯具安装和维护的简易程度也会影响方案的经济性和方便性。例如,可拆卸灯具或分离式镇流器的灯具就可很容易地通过远程操作进行维护。

灯具不仅要承受一般环境条件,还要能在恶劣的地方工作,例如精炼厂,矿场或者类似的环境里。在这些情况下,需特殊灯具,以符合安全要求。这部分内容可参看“CIBSE 照明指导:恶劣环境下的照明”。

灯具光分布会影响亮度的分布,其方向效应也可借此实现。“灯具特性”(见 CD)以及第 3.6.3 节“照度比图”中给出了照度比的概念,可以用不同的方法计算得到一系列规则排布灯具的照度比图。目前最常用的方法在“CIBSE 技术备忘 5”中给出,虽然“技术备忘 5”即将被替代。

灯具利用系数法(UF)是一种计算工作面照度的有效方法(见第 3.8.3 节,“平均照度(流明法)”)。

对于给定空间和环境条件,光源,电路和灯具的性能会影响照明系统的安装功率。设计时,应该将各方案的能耗密度(W/m^2)与第 2.4.3 节“照明能耗目标”所给出的范围进行对比。尽管如此,如果用别的类型的光源可以实现更强的能耗管理控制系统,就不一定只用最低安装负载来实现最低能耗(参看第 3.7 节,“能源管理”)。

除了要考虑灯具实际照明效果,还应考虑它的外观。从最为简朴的,例如完全嵌入式、低亮度下射光灯具,到饰度精美的枝形吊灯都要考虑。灯具风格以及设计表达程度的选择都会受到建筑和室内设计条件的制约。选择符合美学标准且安全高效的灯具需要技巧和细心。

3.6.3 照度比图

“CIBSE(IES) TR15”颁布了照度比图,它可帮助设计师了解室形指数,表面反射率,灯具的直接出光比(DR),照度比中的光通量部分比(FFR)对照度比例以及照明方向性的影响。

照度比图一般成对给出，分别针对不同顶棚、墙面、地板反射率组合和不同室形指数的情况。反射率用 L, M, D 三个程度来区分，它们分别代表明亮，中等和阴暗（见表 3.2）。

表 3.2 房间表面的反射率

	L	M	D
顶棚空间	0.70	0.50	0.30
墙面	0.50	0.30	0.10
地板空间	0.30	0.20	0.10

图 3.9 给出了一组典型的照度比图。每个室形指数的照度比图的安排都是一样的，只是图中的等照度比曲线会有所变动。在每种情况下，水平轴代表安装的灯具直接出光比（DR），垂直轴代表光通量部分比（FFR）。这样，就可以根据灯具的 FFR 和 DR 在图表上将其标出。DR 可由适用于某一室形指数（RI）的灯具在作业面或地面的分布因子（DF_F），以及灯具下射光输出比（DLOR）计算得到：

$$DR = \frac{DF_F}{DLOR}$$

当反射率为 0 时，DF_F 的值就等于所选灯具的利用系数（UF）。等照度比曲线出现在照度比图的左半部分，等平均矢量/标量比图出现在照度比图的右半部分（“照度矢量”，和“标量照度”——见 CD）。

照度比图的使用方法主要有两种。其一，可以将灯具在图表上标出，以确定规则排列的灯具所实现的照度比和平均矢量/标量比是否符合要求。或者，在整体规划阶段，利用照度比图来确定能够满足所需条件的反射率和灯具的范围，进而用 DR 和 FFR 来筛选可接受的灯具的范围。在照度比图或在其上叠加的透明幻灯片上标注出不同的灯具，对筛选工作是非常有帮助的。

可接受的照度比和标量/矢量比范围在照度比图中用无阴影部分表示。这些数值并非绝对不可违背，因为总能找到一些能让设计师愿意偏离这些数据的原因。例如，明亮的墙面可以让房子看上去更大，也更加宽敞；而黑暗的墙面可以让它看上去显得狭小，或者压抑，或者让人感到害怕。明亮的顶棚和灰暗的墙壁可能给人以严肃紧张的感觉，反之则创造出随意和放松，或者适合社交的气氛。这些并不单纯是一些硬性的规定，而是得到实验结果支持的一些规则。图 3.10 在典型的 IR 图上给出了与之相关的描述。

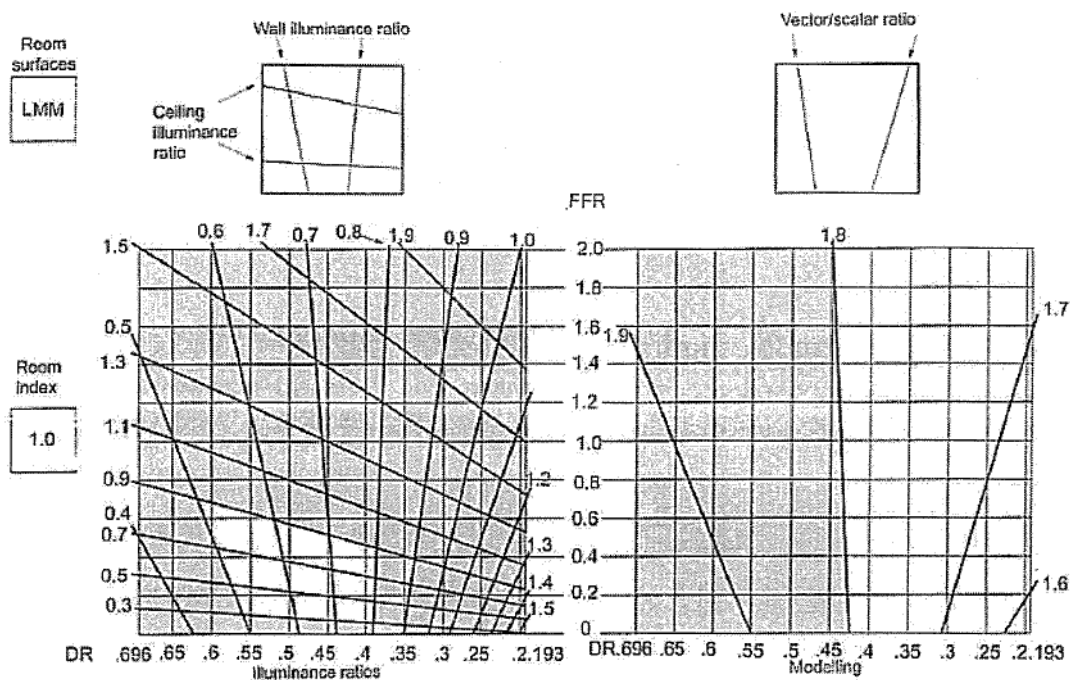


图 3.9 照度比图

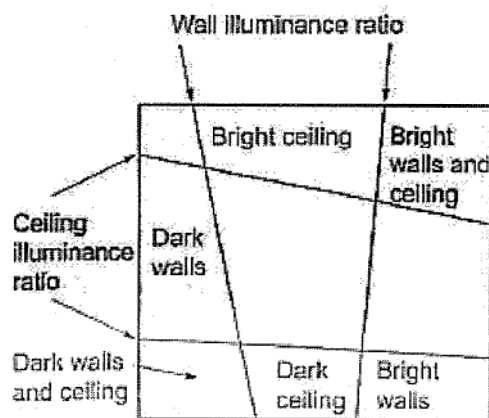


图 3.10 照度比对空间外观的影响

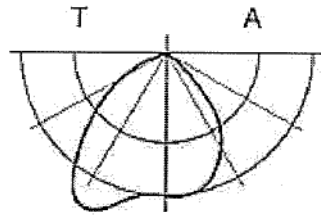
通常，不改变反射率难以同时获得所需的照度对比和矢量/标量比，有时即使改变反射率也无法获得。设计时，可用洗墙灯增加墙面-作业面的照度比。IR 图表明在大多数情况下，灯具需要一部分上射光以实现顶棚-作业面的合适照度比。表 3.3 给出了一个典型的利用系数表。

表 3.3 典型的利用系数表和性能数据

最低点光强	302cd/1000lm			
SHR _{MAX} (矩形)	1.36			
SHR _{MAX tr} (连续阵列)	1.75			
ULOR	0.00			
DLOR	0.64			
LOR	0.64			
修正因子				
	36W	58W	32W	50W
长度因子	1.00	1.00	1.00	1.00
HF 因子	-	-	1.01	1.01

T

A



对应于 SHR_{nom} 值为 1.25 的利用系数 (UF_F)

室内反射率			室形指数 (K)								
C	W	F	0.75	1.00	1.25	1.50	2.00	2.50	3.00	4.00	5.00
70	50	20	0.45	0.51	0.56	0.58	0.62	0.64	0.66	0.68	0.69
	30		0.41	0.48	0.52	0.55	0.59	0.62	0.64	0.66	0.68
	10		0.38	0.45	0.49	0.53	0.57	0.60	0.62	0.65	0.66
50	50	20	0.44	0.50	0.54	0.57	0.60	0.62	0.64	0.65	0.67
	30		0.40	0.47	0.51	0.54	0.58	0.60	0.62	0.64	0.65
	10		0.38	0.44	0.49	0.52	0.56	0.58	0.60	0.63	0.64
30	50	20	0.43	0.49	0.53	0.55	0.58	0.60	0.62	0.63	0.64
	30		0.40	0.46	0.50	0.53	0.56	0.59	0.60	0.62	0.63
	10		0.37	0.44	0.48	0.51	0.53	0.57	0.59	0.61	0.62
0	0	0	0.36	0.43	0.47	0.49	0.53	0.55	0.56	0.58	0.59

利用以下的光学数据：DLOR=0.64，DF_F=0.43 (室形指数 K=1.0)，可得 DR=0.67。由 ULOR=0%，可得出 FFR=0。

把这些数据标记在反射率为 LMM，K=1.0 的照度比图上，可以看出对应的照度比和矢量/标量比在“安全区域范围”以外。这说明，在小房间里安装这类灯具会导致墙面和顶棚显得

较为灰暗。

注意：TR15 中的图表是基于英国地方标准，图表已按直接比例调整过，可用以下图表制作透明幻灯片，用在最新版 TR15 里的 IR 图上。

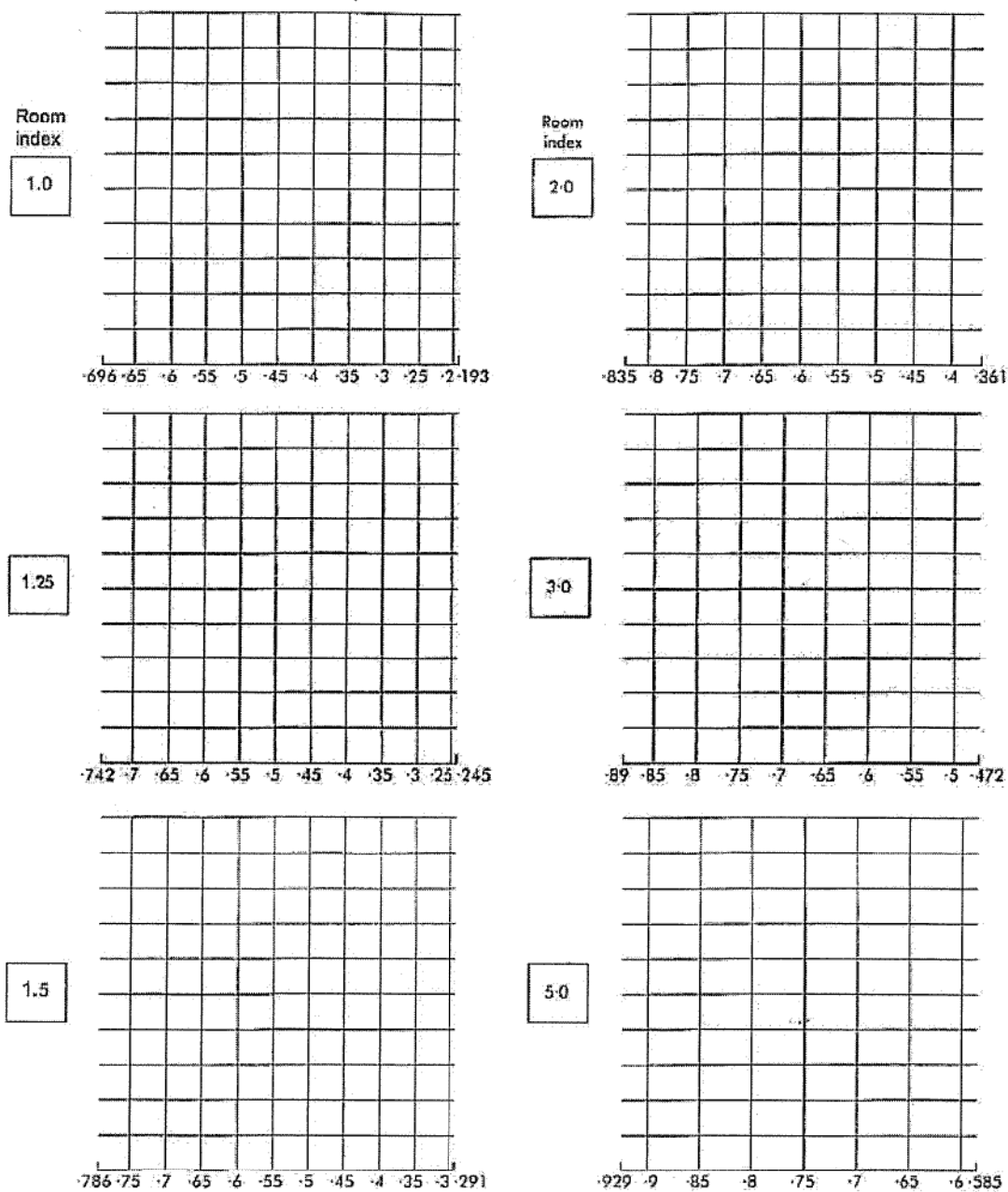


图 3.11 在“IES 技术报告 15”中最先发表的图表，可用来制作与 IR 图表配合使用的透明幻灯片表格

3.7 能源管理

照明系统必须精心设计和管理，以实现能耗的理想控制。这在工作时间内外都是极其重

要的。

3.7.1 照明控制系统的选择

影响照明控制规范的因素有使用者，使用类型，自然采光，照明类型（可否调光？），期望的控制复杂程度，当然还有成本。

控制系统的安装成本需要和传统的硬线安装成本进行比较，也应与二者能耗差别进行比较。尤其在新建筑中，成本的差别可能会很小。对于现有照明设备，控制系统的选择会受到当前布线情况的限制。如采用电网载波的方式输运信号，则可以削弱上述限制，并允许在不改变现有布线的情况下安装中央控制系统。不过必须确保其与其他强电和弱电电路的兼容性。当然，也可安装简单的重置开关，以避免对现有布线产生过大影响。

另外，使用具有传感器的一体化灯具，可能比中央控制更为可行和经济，只是这种方式难以完成中央控制的某些功能。

如下因素可以予以考虑。

3.7.1.1 结合昼光

可利用安装在室内或室外的光电池来监测日光变化，并通过开关或调光方式来控制靠近窗户的灯具阵列的光输出情况（见第3.4.1节，“昼光数量的初步评估”）。

3.7.1.2 恒定照度

维护照度设计是考虑照明工程在初始运行阶段，光源和灯具都是新的，房间表面也相当干净，实际照度肯定会比设计值高很多。高的程度取决于灯具特性以及使用者所采用的维护计划。

如将光电元件与可调光高频荧光灯系统配合使用，则可将实际照度控制在设计的维护照度水平。随着系统老化，控制系统自动增加灯的功率；直到最终，灯只有工作在满负荷状态时，才能满足设计的维护照度。在此之后，维护工作就应该展开了。

在使用情况发生改变时，相同控制系统依然可以适用。如果一个区域的功能发生改变，仅需较低的作业照度，系统可以更改该区域的照明水平。

3.7.1.3 使用

当照明与使用者，或确切的说，与使用类型相结合时，节能的效果就会相当明显。

关于来人探测的一个例子是当探头识别到叉车接近的时候，控制系统会自动开启仓库走

廊的照明。当然还应设置适当的延时，以避免照明的频繁开关，缩短灯的寿命。

只要充分考虑光源的启动及再启动特性，诸多类型的光源都可采用上述方式进行控制（光源，见 CD 中的“LIF 光源指导”）。

3.7.1.4 自动控制

自动控制可以有多种形式。

时间控制系统可根据预设的时间开关整个照明系统，或在每天特定的时间（例如午饭时）发送信号关掉已选择的灯具。如自然采光很充足，或在没有人的区域，系统可让灯保持关闭状态直到下次需要时再打开。在早上大多数员工没来或者晚上清洁与安全维护期间，系统会降低照明水平。在此种以及其他类型的控制系统中，设置局部区域优先手动开关是必须的。当然，出于安全考虑，还需设置一般优先控制，以应对夜间的紧急情况。

来人探测器能检测到是否有人存在，从而对照明进行控制。探测可依靠声音，红外线，微波或者其它手段。通常还需在系统中建立延迟环节，以避免误开关或频繁开关。

考虑到被照明区域的大小以及人员的数量，需要提供一些单独控制以方便个人选择照明环境。在分格式办公室中，可用由电位计或合适的红外传感器控制的高频电子镇流器来实现照明水平的选择或增减。在一些较大的办公室，局部控制不应应对临近区域的照明及视觉条件产生显著影响。（见第 3.5.2 节，“局域照明”以及第 3.5.3 节，“局部照明”）。

管理控制系统可给每个灯具分配地址，以便为单独区域安排合适的照明。这个系统的主要优点是可以很方便的改变办公室的照明环境；当办公室布局发生变化时，通过电脑就可以完成对照明的调整。结合局部的优先控制，无需花费大量成本重新布灯和重新设置开关，就可完成照明的调整。

也可通过接口程序，将建筑的能耗管理系统（BEMS）和照明能耗管理系统（LEMS）结合起来，这样就可从 BEMS 系统发出某些指令对照明进行管理和控制。一般来说，用 BEMS 对不同区域的局域照明或单个灯具进行控制，并不是十分经济的，它一般只用来实现限电或者区域开关。

3.7.1.5 维护控制

通过 LEMS 可以检查常用照明和应急照明的状况，它会在预设的时间自动检查所有灯具的工作状态。

3.7.2 人体工效

如果控制系统设置不当（见第 3.8.1.5 节，“光电控制”），那它不仅会降低工作效率，更有可能招致人为破坏。因此，通常优先考虑使用可调光系统。另外，光电探测和其它传感器电路必须设置延迟以避免误开关，但当然还应对正常开关响应迅速。

任何控制系统都必须保证，在使用期间内为用户提供合理的照明环境。同时，安全，效率和舒适的需求更须优于节能加以满足。

照明工业联盟出版了“应用指南”一书，详细介绍了有关细节。

3.8 细节规划

当整体设计被初步确定后，需通过具体计算来确定灯具数目、眩光指数和最终成本等参数。当设计完成后，还需检查最初的目标是否如期达到。如设计在某些方面不尽如人意，那只能修改设计直到找到合理的方案。这种重复过程是正常设计过程的一部分。

设计过程中可能涉及的主要内容将在后文中详细加以叙述：

- 费用和能耗
- 维护照度
- 平均照度
- 照度变化的规定和说明
- 不舒适眩光
- 应急照明

3.8.1 费用和能耗

对任何设计来说，最主要的限制都来自于成本——一个方案需要多少费用来安装和运行？

开始时必须先要制定与设计目标相称且可行的经济和能耗预算。然后，在设计每个阶段，投资费用和运行成本都必须仔细检查和控制。整个照明系统的能耗应考虑在建筑物总体能耗中。

3.8.1.1 成本评估

设计师采用的成本评估方法必须是客户可以接受的。补助政策、税收优惠、费用、记账方法和其他因素的变动会在这方面造成一些困难。

当前的设计方案经常会与已有或备选设计方案进行比较。为使这种比较有意义,设计方案都应采用同样的标准。诸多成本评估方法的准则在“成本评估”章节有详细叙述(详见CD)。

3.8.1.2 能源和费用

虽然众多用户能和电力公司进行价格协商,但更多用户还是依据地区电力公司(RECs)公布的价目表付费。常见的商业和工业支付系统分为两种:按季度支付和按月份支付。

按季度支付适用于大多数家庭、商业和小企业用户。该价目表收费构成相对简单,包括一项固定收费和一种或者多种单位电价。除了标准价目表,用户还有另一种选择,即白天/夜晚价目表,其中白天和夜晚的单位电价不同,但固定收费更高。

按月支付的价目表更加复杂,一般适用于耗电量特别大的企业。应用最广的是最大需求价目表(MD),其中包括了一项固定收费,一项与供电量大小相关的收费,冬季最大需求收费和一种或两种单位电价。另外,还提供了季节性的价目表(STOD),其中包括最多六种单位电价,但是不设最大需求收费。地区电力公司会为用户挑选合适电价目表提供建议。

通过开关或调光来控制照明负荷,可节省多余的照明,从而节约用电量。用电高峰常出现在中午,此时正值昼光充裕,如合理利用昼光可减少照明负荷,从而节约尽可能多的照明用电费用。与白天情况相反,夜间可增加通宵安全照明,这不会增加白天用电高峰的负担,而且也不会为此支付过多电费。

3.8.1.3 能源使用

设计师的设计应尽可能不浪费能源。不过,对能源消耗最重要的考虑主要是关于成本方面的。因为没有使用者愿花费额外投资来节省能源,除非节能可对该项投资有合理的回报。

如需要创造特定条件来实现设计的能耗目标,那就应提供这样的条件。否则,即使设计方案可以节能,但最终却无法实现。

第2.4节“能效建议”中给出了不同应用场合适宜的安装功率密度。这些建议能有效制约安装负荷,但还需其他途径来控制能源使用并提高运作效率。

对于某个时段而言,照明设备的负荷系数是实际消耗功率与所设计消耗功率的比值。因此,如在整个工作日中,照明设备平均25%的照明被关掉,那么负荷系数就是0.75。多数照明设备的负荷系数取决于照明控制系统根据昼光调控照明的能力。为比较不同控制系统的效率,设计师需估计照明系统一年当中的使用情况。

3.8.1.4 传统开关

关于开关使用的调研表明,采用传统开关的电气照明通常处于全开或全关状态。开关操作几乎只局限于房间使用的开始或结束阶段。当人进屋时可能会打开开关,但离开时很少关掉开关,一般直到所有人都离开房间才会关闭开关。一年中,人们进屋时会打开开关的概率取决于该时刻在一天中所处时段,窗户朝向和工作面上的最小方向加权采光系数(见图 3.12)。采光系数计算在第 3.4 节“昼光”和“BRE 文摘 303:评估建筑物中的昼光”内有详述。当需要使用图 3.12 时,应采用如下方向加权系数:

——朝北窗户: 0.77

——朝东窗户: 1.04

——朝南窗户: 1.2

——朝西窗户: 1.00。

举例来说,如果最小方向加权采光系数为 0.6%,且工作在早上 9:00 开始,那么从图 3.12 可以看出房间中的灯有 56%的几率被点亮。从图中还可看出,如房间被持续使用,灯在工作日中任何时刻亮着的几率是 56%,即便是在午餐时段。因此,对于负载为 3 千瓦的照明设备来讲,如一年的工作天数为 260 天,每天工作 8 小时,那么每年的总能耗为:

$$260 \times (8 \times 0.56) \times 3 = 3494 kWh$$

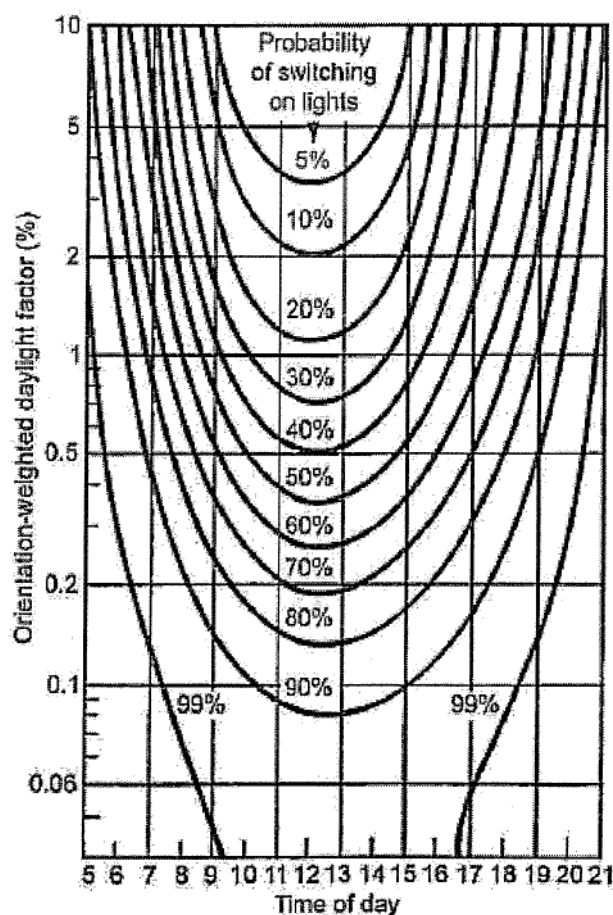


图 3.12 光源被点亮的几率

在午餐时无人的房间内，照明可能被最后离开的人关掉。因此，将午餐前和午餐后这两个时段分开考虑更为合理。在上面的例子中，如午餐在下午 13:30 结束，在午餐后灯被点亮的概率是 37%，在午餐时被点亮的概率是 0%，在早上被点亮的概率是 56%（与之前所述吻合）。因此，如果假设早上四个小时，午餐时间一小时，下午工作时间三小时，那么每年的电力消耗为：

$$260 \times [(4 \times 0.56) + (3 \times 0.37)] \times 3 = 2613 \text{ kWh}$$

相比于没有午餐时间关断功能的照明设备，这种设备每年可以节省 881kWh 的电量。

如根据天然采光的分布情况来布灯，并使用传统拉线开关，每个区域将被视为一个独立的房间。这样，区域和区域之间的开关概率将会不同，取决于每个区域里的最小方向加权采光系数。在此情况下，图 3.12 仍然适用，但是最小方向加权采光系数以及最终节省的电量必须分区域评估。

间歇使用的房间也可进行类似处理，但必须对房间空置时段做出假设。

3.8.1.5 光电控制

开/关转换 (图 3.13)

光电控制通系统常分布在各个区域, 以充分利用昼光。图 3.13 给出正常工作一年内灯具处于关掉状态的概率, 该概率是方向加权采光系数 (见第 3.4.3 节, “利用昼光为视觉作业提供照明”) 和灯具开关时的照度, 即触发照度的函数。这些曲线假设“开”和“关”的操作发生在相同的照度下。但如灯具关掉时的照度明显大于灯具点亮时的照度, 那么这两个照度的平均值将被作为触发照度。

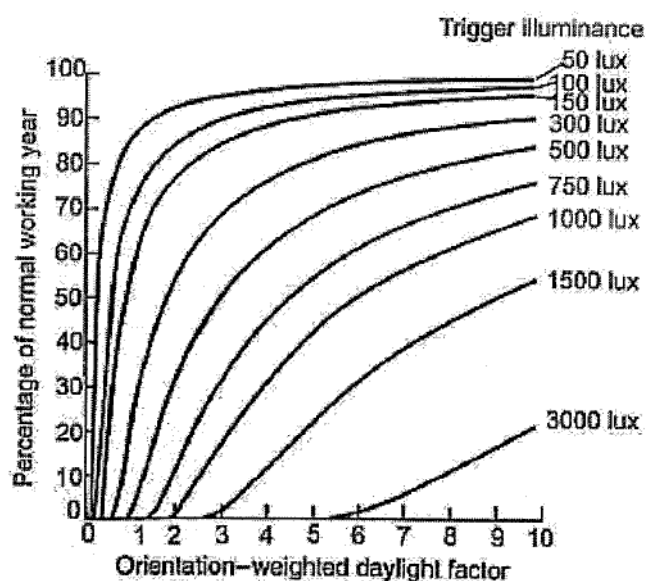


图 3.13 由光电开关控制的开/关转换

“加满”调光 (图 3.14)

当灯被调暗时, 照明设备的光效逐渐降低, 所以估计连续调光的节能效果是非常复杂的。对于设计良好的直管荧光灯调光电路, 阴极加热器将消耗 12% 的额定功耗, 剩余的功率则大致正比于光输出。基于此条件做图 3.14。图中给出了正常工作一年中, 采用传统开关控制系统, 如要达到与连续光电调光同样节能效果所需关断的灯具的百分比。当然, 该图也适用于能将光输出调低至 10% 或更低的调光系统。

当照明设备是新的时, 可以设置调光系统, 使灯的光输出在 100% 以下, 从而使维护照度在系统寿命周期内维持在一个定值 (见第 3.4 节 “昼光” 和第 3.8.2 节 “维护照度”)。举例来说, 如果维护系数 (MF) 是 0.5, 那么新安装的光源将工作在 50% 的光输出 (即将 1000 lx 的初始照度调低至 500 lx 的维护照度), 其后随着光损失的逐渐增加逐步提高输入功率。即使不考虑昼光, 这种方法就可以节省可观的能量。在灯寿命内, 相对于无调光满负荷运行

的照明设备的节省能量百分比 S_m 大约为:

$$S_m = [(1 - MF) / 2] \times 100\%$$

维护系数的影响在于扩大调光范围。在上述案例中,如果新灯的有效调光范围是从 50% 到 10% (对应的维护照度从 500 lx 到 100 lx); 那么在灯有效寿命的末期,即当电路满负载工作时,调光范围扩大为从 100% 到 10%, 对应的照度范围从 500 lx 到 50 lx。

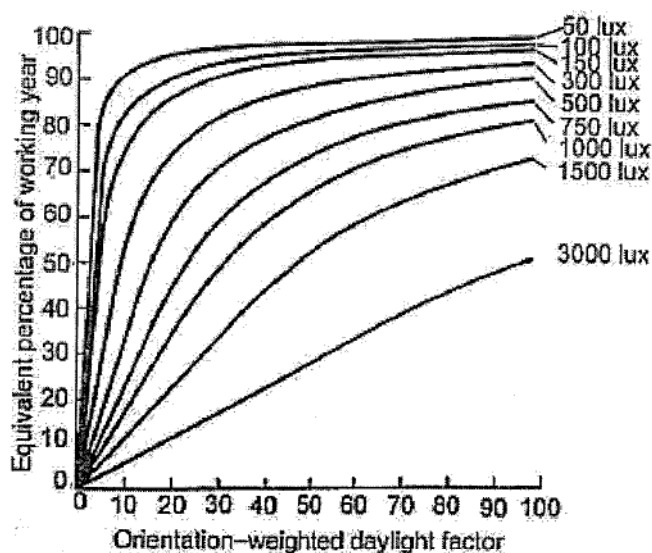


图 3.14 光电控制的“加满”调光

如要使照明的开关转换不易被用户察觉,那么电气照明在整个工作照度中所占的比例不应该超过 20%。在上述案例中,只要触发照度设置在 500 lx 以上,那么使用调光来补偿维护系数不会影响触发照度具体值的选择。

3.8.2 维护照度

参见“照明设备的维护”(见 CD)。

维护照度 (E_m) 的定义是指在需通过更换灯管或清洗照明装置和房屋表面来实现维护的时段内,所参考表面的平均照度。

在英国,1994 年之前版本的“规则”中,维护系数只考虑灰尘在灯、灯具和房屋表面沉积所造成的损失,并不包括灯的流明维护和灯损坏所造成的影响。维护系数新的定义是维护照度和初始照度的比值,即需考虑包括灯流明维护在内的所有损失(关于各种术语的定义见第 4 章“词汇表”)。

维护系数 MF 的计算如下式所示:

$$MF = LLMF \times LSF \times LMF \times RSMF$$

其中,LLMF 是灯流明维护系数,LSF 是灯的残存率(只适用于不实行单灯更换的情况),LMF 是灯具维护系数,RSMF 是房间表面维护系数。

各定义的详述见以下章节。

3.8.2.1 灯流明维护系数和残存率(参见“LIF 灯指南”和“灯管更换”-见 CD)

灯流明(光通量)维护系数(LLMF)

随着工作时间的增加,所有类型灯的流明输出都会下降。下降的速率因灯而异,必要时可查阅制造商提供的数据。从这些数据可得出具体工作时间后的灯流明维护系数。灯流明维护系数是额定工作时间后,其光输出与初始光输出的比值。对流明输出匀速下降的情况,灯流明维护系数以每千工作小时下降百分比来表示。

厂商提供的数据一般基于英国标准的测试程序,该程序指定了测试时灯周围的环境温度,加在灯两端的电压,以及配用的基准镇流器。如测试条件有任何异常,如环境温度高、振动、开关周期、工作海拔等,都应通知厂商。如果这些异常情况影响灯的寿命或光输出,厂商可以提出建议。

灯的残存率(LSF)

与灯流明维护系数相似,有必要查阅厂商的数据来获得灯的残存率。这些数据会给出额定工作时间后灯失效的百分数,不过只适用于成批换灯的情况,并不适用于单灯更换的情况。当然,上述这些数据与开关周期、驱动电压和镇流器等因素有关。厂商应了解这些因素,如它们影响灯的寿命或失效,则应提出建议。典型的流明维护和残存率数据如表 3.4 所示。

表 3.4 典型的流明维护和残存率数据

LLMF 和 LSF 的典型值												
		工作时间(1000 小时)										
		0.1	0.5	1.0	1.5	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0
多/三基色荧光粉 荧光灯	LLMF	1	0.98	0.96	0.95	0.94	0.91	0.87	0.86	0.85	0.84	0.83
	LSF	1	1		1	1	1	0.99	0.95	0.85	0.75	0.64
卤粉荧光	LLMF	1	0.97	0.94	0.91	0.89	0.83	0.80	0.78	0.76	0.74	0.72

灯	LSF	1	1	1	1	1	1	0.99	0.95	0.85	0.75	0.64
汞灯	LLMF	1	0.99	0.97	0.95	0.93	0.87	0.80	0.76	0.72	0.68	0.64
	LSF	1	1	1	1	0.99	0.98	0.97	0.95	0.92	0.88	0.84
高压钠灯	LLMF	1	1	0.98	0.97	0.96	0.93	0.91	0.89	0.88	0.87	0.86
	LSF	1	1	1	1	0.99	0.98	0.96	0.94	0.92	0.89	0.85
显色性改善的高压钠灯	LLMF	1	0.99	0.97	0.95	0.94	0.89	0.84	0.81	0.79	0.78	-
	LSF	1	1	1	0.99	0.98	0.96	0.9	0.79	0.65	0.50	-

3.8.2.2 灯具维护系数 (LMF) (见 CD 中的“灯具清洁时间间隔”)

灰尘沉积在灯具表面或内部都会导致光输出减小。灰尘沉积的速率取决于灯具的构造,以及特定环境中灰尘的种类。表 3.5 给出了一系列灯具种类以及具有不同环境状况的典型地点。

表 3.6 显示了在一系列灯具及环境种类中灰尘沉积对灯具光输出的典型影响。

表 3.5 灯具种类以及具有不同环境状况的典型地点

灯具种类	描述
A	裸灯板条
B	顶端开口反射器 (自清洁通风)
C	顶端封闭反射器 (无通风)
D	封闭 (IP2X)
E	防尘 (IP5X)
F	向上照射间接照明
环境	典型地点
清洁 (C)	清洁房间, 电脑中心, 电子装配间, 医院
一般 (N)	办公室, 商店, 学校, 实验室, 宾馆, 仓库, 装配车间
肮脏 (D)	炼钢厂, 化工厂, 铸造厂, 焊接室, 抛光室, 木工工作间

表 3.6 灯具及特定环境中灰尘沉积对灯具光输出的典型影响

清洁间隔 时间(年)	0.5			1.0			1.5		
环境	C	N	D	C	N	D	C	N	D
灯具种类									
A	0.95	0.92	0.88	0.93	0.89	0.83	0.91	0.87	0.80
B	0.95	0.91	0.88	0.90	0.86	0.83	0.87	0.83	0.79
C	0.93	0.89	0.83	0.89	0.81	0.72	0.84	0.74	0.64
D	0.92	0.87	0.83	0.88	0.82	0.77	0.85	0.79	0.73
E	0.96	0.93	0.91	0.94	0.90	0.86	0.92	0.88	0.83
F	0.92	0.89	0.85	0.86	0.81	0.74	0.81	0.73	0.65
清洁间隔 时间(年)	2.0			2.5			3.0		
环境	C	N	D	C	N	D	C	N	D
灯具种类									
A	0.89	0.84	0.78	0.97	0.82	0.75	0.85	0.79	0.80
B	0.84	0.80	0.75	0.82	0.76	0.71	0.79	0.74	0.79
C	0.80	0.69	0.59	0.77	0.64	0.54	0.74	0.61	0.64
D	0.83	0.77	0.71	0.81	0.75	0.68	0.79	0.73	0.73
E	0.91	0.86	0.81	0.90	0.85	0.80	0.90	0.84	0.83
F	0.77	0.66	0.57	0.73	0.60	0.51	0.70	0.55	0.65

3.8.2.3 房间表面维护系数 (RSMF)

灰尘沉积引起的房屋表面反射率的变化会改变室内照度,其改变幅度取决于灰尘沉积的程度和内反射对室内照度的重要性。内反射与灯具的配光曲线和室形指数(K)密切相关。对于下射光强烈的灯具,如直接照明灯具,内反射对水平作业面上的照度影响不大;相反地,间接照明则完全依赖于内反射。而大多数灯具介于这两个极端之间,它们在相当程度上还是依赖于内反射。

表 3.7 给出了在清洁、一般和肮脏的环境里，由直接照明、半直接照明和间接照明灯具所照亮的小、中、大房间内，因灰尘沉积在房屋表面而导致的照明设备输出照度随时间的典型变化情况。从该表中可选出与环境相称的房间表面维护系数。具有清洁、一般和肮脏环境的地点已在表 3.5 中列出。

表 3.7 因灰尘沉积在房间表面导致的照明设备输出照度随时间的典型变化情况

清洁间隔 时间 (年)		0.5			1.0			1.5		
房间尺寸 (K)	灯具配光 曲线	C	N	D	C	N	D	C	N	D
小 (K=0.7)	直接	0.9 7	0.96	0.95	0.97	0.94	0.93	0.96	0.94	0.92
	直接/间接	0.9 4	0.88	0.84	0.90	0.86	0.82	0.89	0.83	0.80
	间接	0.9 0	0.84	0.80	0.85	0.78	0.73	0.83	0.75	0.69
中-大 (K=2.5-5.0)	直接	0.9 8	0.97	0.96	0.98	0.96	0.95	0.97	0.96	0.95
	直接/间接	0.9 5	0.90	0.86	0.92	0.88	0.85	0.90	0.86	0.83
	间接	0.9 2	0.87	0.83	0.88	0.82	0.77	0.86	0.79	0.74
清洁间隔 时间 (年)		2.0			2.5			3.0		
房间尺寸 (K)	灯具配光 曲线	C	N	D	C	N	D	C	N	D
小 (K=0.7)	直接	0.9 5	0.93	0.90	0.94	0.92	0.89	0.94	0.92	0.88
	直接/间接	0.8	0.82	0.78	0.85	0.80	0.75	0.84	0.79	0.74

		7								
	间接	0.8	0.73	0.66	0.77	0.70	0.62	0.75	0.68	0.59
		1								
中-大 (K=2.5-5.0)	直接	0.9	0.95	0.94	0.96	0.95	0.94	0.96	0.95	0.94
		6								
	直接/间接	0.8	0.85	0.81	0.87	0.84	0.79	0.86	0.82	0.78
		9								
	间接	0.8	0.77	0.70	0.81	0.74	0.67	0.78	0.72	0.64
		4								

3.8.3 平均照度（流明法）

室内照明设计维护照度值的建议可参阅第 2.5 节“照明计划”和第 2.3.2 节“照度”。当使用一般照明设备来实现该照度值时，可通过利用系数法计算额定平均照度所需的灯具数量。

运用这种方法的详述见以下章节：

- 利用系数
- 室形指数
- 有效反射率
- 最大距高比
- 计算步骤

3.8.3.1 利用系数

照明设备的利用系数 UF_S 的定义是指参考面 S 接收的总光通量与照明设备中灯发出的总光通量之比。所以，参考面的平均照度 E_S 可通过“流明法”方程计算得到，其具体形式如下：

$$E_S = \frac{F \times n \times N \times MF \times UF_S}{A_S}$$

其中 F 是裸灯的初始光通量（单位：lm）；n 是每个灯具中光源的数目；N 是灯具数目；MF 是维护系数（见第 3.8.2 节，“维护照度”）； UF_S 是参考面的利用系数； A_S 是参考面 S 的

面积（单位：m²）。

也可用此公式计算达到指定照度所需灯具数（见第 3.8.3.5 节，“计算过程”）。

任何表面或灯具布局的利用系数都可通过计算得出，但实际使用中只计算灯具规律排布的一般照明系统，以及房间内三个主要空间表面——顶棚空间，墙壁和地板空间或者水平参考平面（见图 3.15）的利用系数。上述数值分别用 UF_C 、 UF_W 和 UF_F 来表示。“CIBSE TM5”中给出了计算这些数值的方法。

虽然利用系数可由照明设计师计算得到，但大多数厂商还是提供其灯具在标准条件下的利用系数。“CIBSE TM5”给出了提供利用系数的标准方法，以及计算这些数据所应遵循的假设。表 3.2 是上述标准方法的一个实例（见第 3.8.3.4 节，“最大距高比 SHR_{max} ”）。需注意，上述利用系数 UF 的计算假定在空房间内；房间内诸如家具和设备等物体对光的吸收会导致工作面上照度降低。

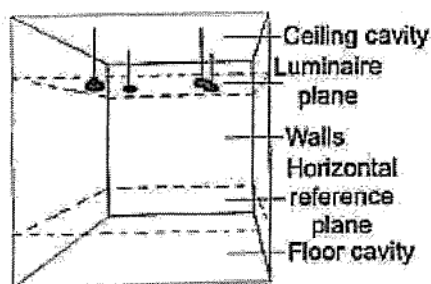


Figure 3.15 Room surfaces

图 3.15 房间表面

3.8.3.2 室形指数

在使用利用系数表时，还需知道室形指数（K）和主要空间的表面反射率。

室形指数反映了房间构造的比例（见图 3.15）。对于矩形房间来说，室形指数为：

$$K \{(L \times W)/(L+W)h_m\}$$

其中 L 是房间的长度； W 是房间的宽度； h_m 是灯具平面距水平参考面的高度；只有当灯具嵌入顶棚内且工作面为地板时， h_m 才是地板到顶棚的高度。

计算结果可取整，以逼近利用系数表内最接近的值。若房间形状有凹陷（如 L 型），那么必须将房间分割为两个或者多个无凹陷的区域并分别计算其室形指数。

当大区域被屏幕、隔墙、结构元素、家具或机器分割时，通常建议计算较小有界区域内的室形指数 K （见第 1.4 节“照明中的变化”和第 3.8.4 节“照度变化的规范和说明”）。

3.8.3.3 有效反射率

为了正确使用利用系数表，必须计算出顶棚空间、墙壁和地板空间的有效反射率。

对于顶棚空间和地板空间，必须计算其空间指数 CI_C 和 CI_F 。空间指数 (CI) 在概念上类似于室形指数，由下式给出定义：

$$CI = (\text{顶棚空间面积} + \text{地板空间面积}) / \text{墙面积}$$

对于矩形房间：

$$CI_C \text{ 或 } CI_F = LW / (L + W)h = (K \times h_m) / h$$

其中 h 是空间的高度。

空间 X 的有效反射率 RE_X 可由表 3.8 确定，或由精确度稍欠的以下简化方程获得：

$$RE_X = (CI_X + RA_X) / \{CI_X + 2(1 - RA_X)\}$$

其中 RA_X 是空间 X 以面积为权重的平均反射率， CI_X 是空间 X 的腔体指数。

反射率分别为 RS_n ，面积分别为 A_1 到 A_n 的一系列表面 S_1 到 S_n ，其平均反射率 RA_X 由下式给出：

$$RA_X = \frac{\sum_{y=1}^n R(S_y) A(y)}{\sum_{y=1}^n A(y)}$$

需注意，为计算有效反射率，并不需要知道表面的颜色，只需知道其反射率（见 SLL 出版的“照明指南 11：表面反射率与颜色”）。

表格 3.8 空间指数

反射率		空间指数									
墙面	地板	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.1	0.100	0.037	0.056	0.067	0.073	0.078	0.081	0.083	0.085	0.087	0.088
	0.200	0.056	0.098	0.122	0.137	0.148	0.155	0.161	0.165	0.168	0.171
	0.300	0.075	0.140	0.178	0.201	0.218	0.229	0.238	0.245	0.250	0.255
	0.400	0.094	0.182	0.234	0.266	0.288	0.303	0.315	0.325	0.332	0.338
	0.500	0.113	0.224	0.289	0.330	0.358	0.378	0.393	0.404	0.414	0.422
	0.600	0.132	0.267	0.345	0.395	0.428	0.452	0.470	0.484	0.496	0.505
	0.700	0.151	0.309	0.401	0.459	0.498	0.527	0.548	0.565	0.578	0.589
	0.800	0.171	0.352	0.458	0.524	0.569	0.601	0.629	0.645	0.660	0.673
墙面	地板	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.2	0.100	0.058	0.073	0.080	0.084	0.087	0.089	0.090	0.092	0.092	0.093
	0.200	0.079	0.117	0.137	0.150	0.158	0.164	0.169	0.172	0.175	0.177
	0.300	0.100	0.161	0.195	0.216	0.230	0.240	0.247	0.253	0.258	0.262

		0.400	0.121	0.206	0.253	0.282	0.301	0.316	0.326	0.334	0.341	0.346
		0.500	0.142	0.250	0.311	0.348	0.373	0.391	0.405	0.416	0.424	0.431
		0.600	0.163	0.296	0.369	0.415	0.446	0.468	0.484	0.497	0.507	0.516
		0.700	0.185	0.341	0.428	0.482	0.518	0.544	0.563	0.579	0.591	0.601
		0.800	0.207	0.386	0.487	0.549	0.591	0.620	0.643	0.660	0.674	0.686
墙面	地板	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	0.100	0.082	0.091	0.094	0.095	0.096	0.097	0.098	0.098	0.098	0.098	
	0.200	0.105	0.137	0.153	0.163	0.169	0.174	0.177	0.180	0.182	0.184	
	0.300	0.128	0.184	0.213	0.231	0.242	0.251	0.257	0.262	0.266	0.269	
0.3	0.400	0.151	0.231	0.273	0.299	0.316	0.328	0.337	0.344	0.350	0.355	
	0.500	0.175	0.278	0.334	0.367	0.390	0.406	0.418	0.427	0.434	0.440	
	0.600	0.199	0.326	0.395	0.436	0.464	0.484	0.498	0.510	0.519	0.526	
	0.700	0.223	0.375	0.456	0.506	0.539	0.562	0.579	0.593	0.604	0.613	
	0.800	0.248	0.424	0.518	0.575	0.613	0.641	0.661	0.676	0.689	0.699	
墙面	地板	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	0.100	0.107	0.109	0.108	0.107	0.106	0.105	0.105	0.104	0.104	0.104	
	0.200	0.133	0.158	0.170	0.176	0.181	0.184	0.186	0.187	0.189	0.190	
	0.300	0.159	0.208	0.232	0.246	0.255	0.262	0.267	0.271	0.274	0.276	
0.4	0.400	0.185	0.258	0.295	0.316	0.331	0.341	0.349	0.354	0.359	0.363	
	0.500	0.211	0.308	0.358	0.387	0.407	0.420	0.431	0.439	0.445	0.450	
	0.600	0.239	0.360	0.422	0.459	0.483	0.500	0.513	0.523	0.531	0.537	
	0.700	0.266	0.412	0.486	0.531	0.560	0.581	0.596	0.608	0.617	0.625	
	0.800	0.294	0.464	0.552	0.603	0.637	0.661	0.679	0.693	0.704	0.713	
墙面	地板	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	0.100	0.136	0.129	0.123	0.119	0.116	0.114	0.112	0.111	0.110	0.109	
	0.200	0.164	0.181	0.187	0.190	0.192	0.194	0.195	0.195	0.196	0.196	
	0.300	0.193	0.233	0.252	0.262	0.269	0.274	0.277	0.280	0.282	0.284	
0.5	0.400	0.233	0.287	0.317	0.335	0.346	0.354	0.360	0.365	0.369	0.372	
	0.500	0.253	0.341	0.383	0.408	0.424	0.436	0.444	0.450	0.456	0.460	
	0.600	0.284	0.396	0.450	0.482	0.503	0.517	0.528	0.537	0.543	0.548	
	0.700	0.316	0.452	0.518	0.557	0.582	0.600	0.613	0.623	0.631	0.637	
	0.800	0.384	0.509	0.587	0.633	0.662	0.683	0.698	0.710	0.719	0.727	
墙面	地板	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	0.100	0.168	0.151	0.139	0.131	0.126	0.123	0.120	0.118	0.116	0.115	
	0.200	0.200	0.205	0.205	0.205	0.204	0.204	0.204	0.203	0.203	0.203	
	0.300	0.232	0.261	0.273	0.279	0.283	0.286	0.288	0.289	0.290	0.291	
0.6	0.400	0.266	0.318	0.341	0.354	0.362	0.368	0.372	0.376	0.378	0.380	
	0.500	0.301	0.376	0.410	0.430	0.443	0.451	0.458	0.463	0.467	0.470	
	0.600	0.336	0.435	0.481	0.507	0.524	0.535	0.544	0.550	0.556	0.560	
	0.700	0.373	0.496	0.552	0.585	0.605	0.620	0.630	0.639	0.645	0.650	
	0.800	0.411	0.557	0.625	0.663	0.688	0.705	0.718	0.727	0.735	0.741	
墙面	地板	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

0.7	0.100	0.204	0.173	0.155	0.144	0.137	0.132	0.128	0.125	0.122	0.120
	0.200	0.240	0.231	0.224	0.220	0.217	0.215	0.213	0.211	0.210	0.210
	0.300	0.277	0.291	0.295	0.296	0.297	0.298	0.298	0.299	0.299	0.299
	0.400	0.315	0.352	0.366	0.374	0.379	0.382	0.385	0.387	0.388	0.389
	0.500	0.355	0.414	0.439	0.453	0.461	0.468	0.472	0.475	0.478	0.480
	0.600	0.397	0.478	0.513	0.533	0.545	0.554	0.560	0.565	0.568	0.571
	0.700	0.440	0.543	0.589	0.614	0.630	0.641	0.649	0.655	0.660	0.663
	0.800	0.485	0.611	0.666	0.696	0.715	0.728	0.738	0.745	0.751	0.756
墙面	地板	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.8	0.100	0.245	0.198	0.173	0.158	0.148	0.141	0.136	0.132	0.129	0.126
	0.200	0.285	0.260	0.245	0.236	0.230	0.225	0.222	0.220	0.218	0.216
	0.300	0.328	0.323	0.318	0.315	0.312	0.311	0.309	0.308	0.308	0.307
	0.400	0.373	0.388	0.393	0.395	0.396	0.397	0.398	0.398	0.398	0.399
	0.500	0.419	0.456	0.469	0.477	0.481	0.484	0.487	0.488	0.490	0.491
	0.600	0.468	0.525	0.548	0.560	0.567	0.573	0.576	0.579	0.582	0.583
	0.700	0.519	0.596	0.627	0.644	0.655	0.662	0.667	0.671	0.674	0.677
	0.800	0.573	0.670	0.709	0.730	0.743	0.752	0.759	0.764	0.768	0.771

3.8.3.4 最大距高比

如要使一般照明的照度均匀度令人满意,灯具中心的最大间距与水平参考面以上安装高度的比值不能超过最大距高比 (SHR_{max})。灯具的最大距高比可由“CIBSE TM5”中叙述的方法计算得到。利用系数表适用于名义距高比 (SHR_{nom}), 即一系列距高比数列, 如 0.5、0.75、1.0 等, 但最大值不应超过最大距高比 SHR_{max} 。对具有常规光强分布的长条形灯具, 若其首尾连接成线, 则最大距高比 SHR_{max} 可以由最大横向距高比 ($SHR_{max\ tr}$) 来补充。

轴向距高比 (SHR_{ax}) 不能超过最大距高比 SHR_{max} , 而横向距高比也不能超过最大横向距高比 $SHR_{max\ tr}$ 。另外, SHR_{ax} 和 SHR_{tr} 的乘积也不能超过 $(SHR_{max})^2$, 即

$$SHR_{ax}SHR_{tr} \leq (SHR_{max})^2, \text{ 且}$$

$$SHR_{ax} \leq SHR_{max}, \text{ 且}$$

$$SHR_{tr} \leq SHR_{max\ tr}$$

对某些灯具, 特别是那些光强分布有急剧变化的灯具, 还需给出额外的距高比资料。可通过图片给出可接受轴向与横向间距组合。

一个 4×4 的灯具阵列的中间区域是指四个角分别位于中央四个灯具中心正下方的水平面上的矩形 (或正方形) 区域。中间区域比例 (MAR) 是中间区域中最小直接照度和最大

直接照度的比值，其值可通过计算均匀排布的 9×9 网格上每个点的直接照度得到。该网格的四个角点分别位于中央区域的四个角点上，即中心四个灯具的正下方。这是“TM5”中介绍的一般方法，现在更倾向于运用更简便的中间点比例法（MPR），这在“TM5”中也有叙述。

上述布灯法则为设计工作提供了一般性指导，并给出大致的建议。若有条件使用电脑程序，可用这些法则来检查工作区域是否达到应有的照度均匀度。

SHR 数据和大多数照明程序并不考虑遮挡带来的光线损失。设计师不应在未考虑阴影、遮挡以及灯失效或局部开关的情况下，盲目的将照明设备的间距设置为可选的最大值。

注意：只有在灯具均匀排布时才能运用 SHR 来控制照度均匀度。

3.8.3.5 计算步骤

下文给出了用流明法计算水平参考面获得指定平均照度时所需灯具数目的计算步骤。

- (a) 计算室形指数 K，地板空间指数 CI_F 和顶棚空间指数 CI_C （见第 3.8.3.2 节“室形指数”和第 3.8.3.3 节“有效反射率”）。
- (b) 计算顶棚空间、墙壁和地板空间的有效反射率。在计算地板空间有效反射率的时候要考虑桌子或机器的影响（见第 3.8.3.3 节，“有效反射率”）。
- (c) 根据厂商提供的灯具资料，用上述计算得到的室形指数和有效反射率确定利用系数值，并用与灯具型号或安装位置对应的修正系数（在利用系数表中给出）来修订利用系数（UF）值。
- (d) 确定维护系数（见第 3.8.2 节，“维护照度”）。
- (e) 在流明法方程中代入恰当的变量来获得所需灯具数：

$$N = \frac{E_F \times A_F}{F \times n \times MF \times UF_F}$$

其中 E_F 是在工作面上所要提供的平均照度（单位：lx）； A_F 是工作面的面积（单位： m^2 ）； F 是裸灯的初始光通量（单位：lm）； n 是每个灯具中所含光源的数目； MF 是维护系数； UF_F 是平面的利用系数； F 指水平参考平面。

- (f) 确定合理的灯具布局。
- (g) 确认灯具距高比的几何平均值落在利用系数表限定的名义距高比范围内，即

$$\sqrt{SHR_{ax} \times SHR_{ir}} = SHR_{nom} \pm 0.5$$

如不符合，那么可用“TM5”中提供的方法重新计算实际空间的利用系数 UF。“TM5”中既给出了针对灯具间半间距的修正，还给出了针对灯具到墙间距的修正。

(h) 确认所设计的灯具布局的距高比不超过最大距高比（见第 3.8.3.4 节，“最大距高比”）。

(i) 计算所能达到的照度（见第 3.8.3.1 节，“利用系数”）。

3.8.4 照度变化的规范和说明

照度变化可用一系列数值或平面上代表变化强度的图形来表示。本书主要用‘均匀度’来描述视觉作业及其周边环境的照度情况；用‘变化度’来表达一个较大空间中照度的变化情况。这两个值都可通过表面网格的离散照度值来计算或测得（见图 3.16 以及“实地调查”中的图片（见 CD））。

工作面上作业区域的照度状况可由该区域和周边环境上的网格点来表示。如存在多个作业区域，那么应确定每个作业区域的均匀度，并取其中最差均匀度作为照明设备均匀度限制值。因此，均匀度的概念并不适用于整个工作面，而是适用于工作上的各个作业区域。在计算照度变化度时，可忽略距离墙壁或大型固定障碍物 0.5m 以内范围内的网格点（见图 3.17）。其原因在于，在房间边缘或靠近大型阻挡物，如隔墙或大型结构支柱处，平面照度通常会因它们的投影而下降。

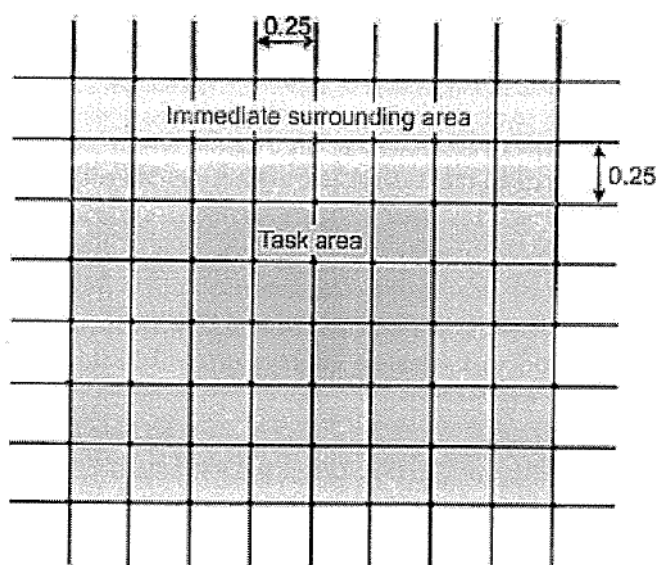


图 3.16 用于测量和计算作业区域和周边环境照度均匀度的网格

因此，计算或测量这些位置的照度没有实际意义。特别要注意在用电脑生成照度网格时，不应选择房间边缘或是紧邻阻挡物物的网格点来衡量房间内的照度变化情况（见第 1.4 节，

“照明中的变化”)。

变化度表征出特定平面,一般是水平工作面上,照明的变化情况。其目的在于限制空间中人眼所见照明水平的峰值和谷值。如果照度范围或变化度过大,那么空间会给人不安的感觉或使人分心;如果照度范围过小,那空间看上去将过于平淡或缺乏吸引力。变化度是房间或空间中主要区域作业面上的最小照度与最大照度之比,其值不应超过 1:5。

3.8.4.1 照度变化计算

没有任何照明设计方法能够确保,所选定设计方案给出的全部照度均匀度和变化度的组合都能实现最优。

目前,人们广泛运用电脑程序对安装方案的照度状况进行详细分析。大多数程序都能计算工作面上网格点的照度,个别情况下还能计算房间其他表面的情况。照度变化量值常作为这种程序输出结果的一部分。

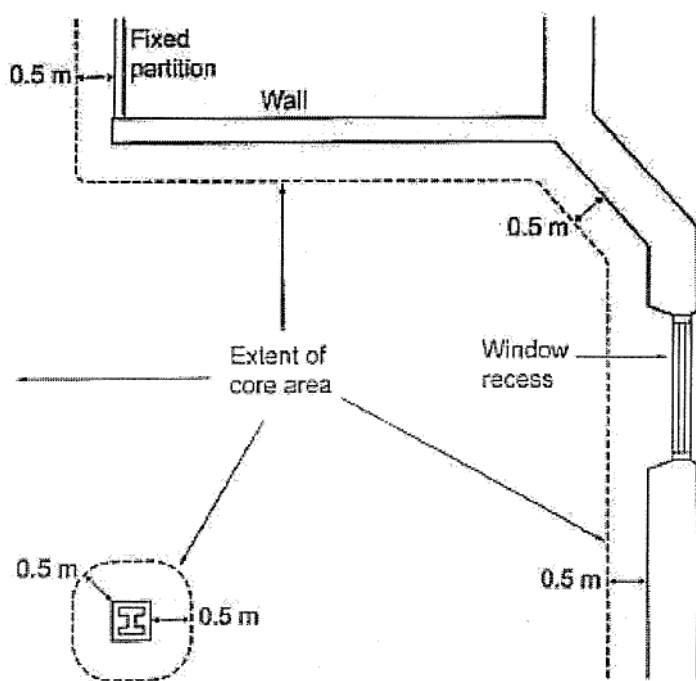


图 3.17 核心办公室空间

本章目的是解释如何计算不同的照度变化标准,从而确认设计目标是否达到。为了计算照度变化度,必须先计算作业面核心区域中对称分布网格点上的照度值。若顶棚高度为 5 米,由均匀排布的吸顶灯提供照明,那么网格点间距一般设为 1 米。对于其他安装类型,网格点间距应视情况而变。在更大的室内空间里,如由柔和及中等配光到宽配光的灯具提供照

明,而且安装高度超过5米,那么计算网格点的间距将要增加。此情况下计算网格点的总数目应参考“实地考察”(见CD)中的表格来确定。另一方面,如工作面上照度有急剧变化,如使用蝙蝠翼配光或窄光束灯具的情况,则计算网格点间距应小于1米。设计时须注意确保灯具网格点和计算网格点不能重合,这要求对计算网格点间距做出微小调整。每个计算网格点的照度值都必须包括来自光源的直接照射照度以及房间表面的间接反射照度(见CD中的“计算指南”)。照度变化度可根据工作面核心区域中的最大照度和最小照度计算得到,计算时可忽略距离障碍物0.5米范围内的网格点(见第1.4节,“照明中的变化”)。

对工作面上作业区域的尺寸和位置的了解程度会使均匀度的计算过程有所不同。如作业区域位置确定,那么应该用 0.25m^2 的网格来计算工作区域和周边区域上的照度。如作业区域位置未知,它可能处于工作面上任意位置,那么应采用数量合适的评估照度变化度时所用的网格点。这些网格点应该包含粗网格中具有最大与最小照度值的网格点。在此例中,工作区域可以设定为边长为0.5米的正方形区域,其中一角与粗网格点重合。照度可在间距为0.25米的九个网格点上计算得到。上述工作区域周边0.5米范围内的网格点可用来检查周边区域的照度值是否达到表2.1给出的最低水平。作业区域的均匀度由单个中心作业区域里各点的面积加权算术平均值以及每个区域的最小照度值来评估。在各个潜在或实际位置上计算得到的作业均匀度的最小值,可作为整套照明安装方案的均匀度(见第1.4节,“照明中的变化”)。

任何离散网格点(用于计算或测量的)都不一定能捕捉到一个区域里最小或最大的照度值。在某些情况下,网格无法反映照度的突然变化。因此,用网格表示照度情况只是一种近似,其逼近程度取决于位置选择和网格尺寸。所以,建议采用两种网格:在作业区域用一系列精细网格而在工作面核心区域用粗网格(见CD中“实地调查”的图片)。

3.8.5 不舒适眩光

眩光造成不舒适感程度的高低是评价照明质量的重要标准。照明设备产生的眩光会使人感到不适、烦躁或暴躁,这是由于人眼视觉感受到亮度分布失调,某些区域(眩光源)的亮度超出当前人眼视觉适应范围,并导致复杂生理和心理效应的后果。

实验表明,影响不舒适眩光的主要因素有光源的亮度、表观尺寸、在视野中的位置以及总体环境亮度等。可用公式将这些因素综合考虑,以确定不舒适眩光的程度,亦即用统一眩光等级(UGR)来表示。尽管可用UGR来评价给定环境中的眩光刺激,但人们对眩光的实际感受还是各不相同的。可计算某一特定室内环境和照明系统的眩光指数,并与本书中给出的限制值进行比较。在一个环境中被认为是不舒适的照明在另一个环境中或许可以令人接

受。我们可从经验和实际中确定出眩光的等级，使其符合在给定场所进行给定作业的大多数人的舒适标准。如计算值大于建议值，那就需调整照明系统或室内装修。

在“计算指南”中（见 CD），根据基本公式给出了计算照明设备 UGR 值的建议。该方法具有普适性，适用于任何眩光源和任何观察者位置。上述建议还给出了公式中每个参量的确定方法。用此方法计算空间中不同点的眩光等级，可帮助了解空间中眩光的分布变化情况。

“照明计划”（见第 2.5 节）中给出了基于标准条件计算出的 UGR 限制值。

“计算指南”（见 CD）给出了特定灯具 UGR 标准表的准备方法，并介绍了如何确定公式中的各个参数。该方法仅适用于从某一固定位置，观测其头顶上方规则排列的灯具的情况。

用户期望灯具厂商能将这些数据整理成表并作为灯具光学数据的一部分发布出来。设计时，可将这些数据转换成描述光输出情况的术语予以应用。

“不舒适眩光的举例计算”（见 CD）给出了如何计算标准眩光表，并用该表计算样本房间内的眩光。

3.8.6 应急照明

应急照明是在主照明因故失效时所提供的照明。应急照明分为以下两种：疏散照明和备用照明。

疏散照明

1971 年颁布的“火灾预防措施条例”以及 1974 年颁布的“健康安全工作条例”规定，所有工作及公共场所必须提供充分的逃生手段。其中，应急照明是必不可少的一部分。另外，“BS 5266 建筑物应急照明实行章程”规定了应急照明装置设计、安装及验收的最低标准。

疏散照明用来确保建筑物内的人员在特殊情况下可以安全有效疏散。它必须具有以下功能：

- 清晰明确地指示出疏散通道
- 照亮疏散通道以确保人们能安全通往出口
- 确保在疏散通道上的火灾报警按钮和消防设施能被识别

更多关于紧急与疏散照明的信息可参见 CD。

备用照明

在一些建筑里，当发生紧急情况或停电时，不可能或不需立即疏散人员。如在医院手术室，这涉及正在进行手术病人的生命安全；或是在一些必须实行安全关闭步骤的化学工厂。而在商店和办公室内，先判断紧急状况的性质再决定是否疏散更为明智。若因简单的电力中

断而疏散大型商场中的人员，势必造成恐慌，甚至造成商品失窃。在这类情况下，都需采用备用照明，以确保人们可以采取适当措施或继续活动。备用照明的水平取决于活动性质、持续时间以及可能遭受的危险，它应根据环境需要输出 50~100% 的维护照度。

备用照明可被认为是常规照明的一种特例，应能基本满足常规照明的要求。疏散照明则需要不同的对待。

本章应急照明内容可分列如下：

- 疏散照明要求
- 标明通道
- 照亮通道
- 其他重要因素
- 系统和计算
- 维护和测试
- 规划顺序

3.8.6.1 疏散照明要求

“建筑章程规定文件 B——消防安全”定义了需要应急照明的建筑物和建筑物内区域的类型，该文件以“BS 5266”中的要求作为疏散照明系统的安装标准。

另外，1971 年颁布的“火灾预防条例”文件赋予地方消防单位特定权力，以允许它们实行比“BS 5266”更为严格的标准。当设计应急照明系统时，设计师应核实消防单位的相关要求。

对于特定场合，如电影院、剧院、讲堂和照相暗室等，应急照明维护照度的水平以及指示标志的亮度不应影响该空间的主要功能。

“BS 5266”中的第七部分包含了“欧洲应急照明标准 EN 1838”中的所有要求。

3.8.6.2 标明通道

所有出口和紧急出口都必须有明显的标志。在那些无法直接看到出口或易迷失方向的地方，则需要增加指示标志。这些标志应遵从“安全标志指令”（92/58EEC），并采用象形图案。一些消防单位还可根据“BS 5499”要求补充标志。

3.8.6.3 照亮通道

“BS 5266”第一部分明确要求，永久畅通的疏散通道中心线向外 2 米宽地板的照度至

少达到 0.2 lx，最好能达到 1.0 lx。另外，上述 2 米宽范围地板中 50% 的区域至少应有 0.1 lx 的照度。

在疏散线路并无明确规定的更大区域内，应在开阔场地提供“防止恐慌”的照明，详见“BS 5266”第七部分。

3.8.6.4 其他重要因素

启动速度：应急照明应在主照明系统失效后 5 秒内启动。如建筑物内的用户对建筑物熟悉，那么经主管部门同意后，启动时间可延长到 15 秒。

眩光：为了限制失能眩光，灯具应安装在离地面至少 2 米以上的高度。应急照明的光强应符合“BS 5266”第七部分表 1 中的要求，在疏散通道上照射光控制在垂直向下 60-90° 范围之内；对于其他区域则可以是所有角度。

出口和转向：灯具应安装在靠近每个出口门和紧急出口门的地方，还应安装在其他有必要强调所在位置存在潜在危险的地方，诸如转向处、楼梯、地面高度变化等处。

消防器材：在关键时刻，沿疏散通道的消防器材和火灾报警按钮都应得到充分照明。

电梯和自动扶梯：尽管电梯在紧急状况下不可使用，但它们仍应被照亮。应急照明需安装在所有电梯舱内；为防止事故，自动扶梯也需被照亮到与疏散通道相同的水平。

特殊区域：控制室和机房内都需安装应急照明。对面积超过 8m² 的盥洗室、大厅以及厕所（或者面积小于 8m² 但没有采光的上述场所），都需假定其为疏散通道的一部分而提供疏散照明。

高危工作区域照明：在某些场所中会进行特定的作业，如操作高速运转的机器或是用裸露的火焰进行加热。在这类场所中，若一般照明失效，操作人员或是靠近作业区域的人员将处于高危状态。对这些区域，“BS 5266”第七部分要求应急照明维护照度水平至少为通常提供的工作照度的 10%，最小为 15 lx。

3.8.6.5 系统和计算

传统应急照明系统的设计规定详见“CIBSE 技术备忘 12：应急照明”。

3.8.6.6 维护和测试

应急照明设备需定期维护以保证正常运行。发电机主马达应定期保养，中央电池需做电解液测试，密封电池需做电容损失检查，灯具需检查是否正常运行以及光输出情况。

维护和测试时间表需根据设备厂商的建议,以及“BS 5266”的规定和主管部门的要求来制定。

如果使用中央电池系统,那么应符合“BS EN 50171 (201)——中央电力系统”的规定。

3.8.6.7 规划顺序

在设计应急照明系统时,以下顺序可提供帮助。

- (a) 确定出口和紧急出口的位置。
- (b) 标明疏散通道。
- (c) 标出任何问题区域,例如那些容纳对建筑物不熟悉人员的区域、机房、自动扶梯、火警按钮、消防设备等。
- (d) 标明出口标识的位置,这些标志应能自发光或被邻近应急照明单元照亮。在设计里应标明这些标识。
- (e) 在需要方向标识的地方,应标明这些标识并提供必要的照明。
- (f) 标出标识照明所能照亮的疏散通道的范围。
- (g) 添加额外灯具来完成疏散通道剩余区域的照明,特别注意楼梯和其他危险区域。还应注意消除被照区域中由障碍物或通道弯曲所造成的阴影。
- (h) 添加额外灯具来满足(c)中提到的问题区域的需要。确保建筑物外的照明也能满足安全疏散的需要。
- (i) 制定所有设备定期维护及检查的时间表,并确保楼主和物业人员熟悉这些要求。

3.9 设计清单

设计师需系统地检查设计方案,以确保照明系统设计的所有要素都已经被妥善考虑。下文给出了照明设计所需考虑的最常见问题,在具体情况中可能还存在其他需要考虑的问题。

目标

——安全要求:需清楚认识到存在何种危险,需何种形式的应急照明,是否会出现频闪效应?

——作业要求:作业在室内何位置进行?使用者会占用哪个平面?照明的哪些方面对作业的执行起重要作用?是否需要光学辅助?

——外观:照明需达到何种效果?

限制

——法令：法规对照明系统有何要求？

——成本：允许的预算是多少？投资费用和包含维护费用在内的运行成本的重要性如何？

——物理：所处环境是否恶劣？周围环境是否有可能出现高温或低温？控制装置发出的噪声是否会成为问题？安装位置是否受限？灯具尺寸是否有限制？

——历史：设备选择是否受到现存设备兼容性限制？

规范

——建议来源：采用的照明建议来源何处？该来源具有怎样的权威性？

——建议种类：是否以下所有的照明因素都要考虑，如设计维护照度、均匀度、照度比、表面反射率和颜色、光源颜色、显色性、限制眩光指数、顶棚反射率等等？

——定性要求：设计中无法被量化的方面是否被认真考虑？

总体规划

——昼光和电气照明：这两种照明之间的关系如何？是否可能或者是否需要提供控制系统对电气照明和昼光进行匹配？

——避免阳光眩光和热量增益：窗户是否能限制阳光眩光以及建筑物从外界获得热量？窗户是否有合理的反射率？

——电气照明系统的选择：一般照明、局域照明或局部照明对工作或展示来说是否十分合适？由于遮挡，是否有必要采取某些形式的局部照明？

——灯和灯具的选择：光源是否具备所需的流明输出、光效、颜色特性、流明维护、寿命、启动和再启动特性？提议的灯和灯具对应用来说是否恰当？空调热回收是否恰当？在环境条件中灯具是否安全？灯具是否能承受环境条件？灯具是否具有合适的维护特性和安装设备？灯具是否符合“BS 4533/BS EN 60598-1”或其他合适的标准？灯具是否具有恰当的外观以及是否能产生需要的效果？能否得到可靠的光学数据？

——维护：维护时间表是否已通过？是否已通过该时间表估算出实际维护系数？如果不是，那么用于推导维护系数的假设是否被清楚记录？设备是否防灰尘沉积？设备是否容易维护，是否容易接近，以及更换部件是否容易购得？

——控制系统：将照明运行与昼光 and 用户类型进行匹配的控制系统是否合适？是否需要调光设备？是否提供自动开关或局部优先控制设备，它们是否容易接近，它们与照明设备的关系是否容易理解？

——互相作用：照明设备是否会影响到其他建筑设施？回收灯所产生的热量是否值得？如果值得，那么气流速度与灯工作效率的关系是否明确？

具体规划

——布局: 安装布局是否符合目标及物理限制? 是否允许建筑物结构或诸如机器和家具的遮挡? 是否考虑了出现高亮度镜面反射的可能性? 布局是否符合距高比标准?

——安装和电力供应: 灯具如何固定在建筑物上? 采用哪种系统的电力供应? 电力设备是否符合最新版本的“IEE 电力设备要求”(BS 7671)?

——计算: 是否对恰当的平面进行了设计维护照度和均匀度计算? 有没有对可接受的维护程序做详细说明? 有没有采用最合理的计算方法? 有没有计算眩光指数? 有没有获得灯和灯具在整个寿命内最新和准确的光度学数据?

——核实: 提议的安装是否能满足照明状况的具体要求? 是否在成本预算之内? 功率密度是否在建议的范围之内? 安装是否达到设计目标?

3.10 陈述假设

当提交一份设计提案给客户时, 通常有必要提供如下标题中相关的信息:

——设计的具体要求, 例如照明系统的类型、设计的维护照度、照度变化、维护程序、眩光指数、灯颜色特性、墙壁与工作面照度比、顶棚与工作面照度比和其他应用标准

——使用的设备, 例如灯、灯具、控制系统

——设备布局

——以恰当形式给出的成本

——如实行维护程序所能达到的照明状态

——计算及测量误差(见 CD)

——设备的功率密度和工作效率

——设计中所提出的所有假设

上述议题应涵盖范围的大小取决于商业判断。应避免给客户提供有歧义的信息, 特别是关于要达到的照明状况, 维护的要求和设计中的假设。如果客户想公平的比较不同设计提案, 最好让客户(或是客户顾问)提出主要的设计标准和假设。在任何情况下, 设计师都应对设计中不同照明条件下的假设予以解释。表 3.9 列举了一般照明设备通常会涉及的假设。如采用局域照明, 需陈述每个区域的照度情况, 并分别给出每个区域的细节。如采用局部照明, 则需详细列出一般周边区域和作业区域的照度情况。作业区域的照度来自局部照明灯具和一般周边区域照明的贡献。在某些特定情况下的额外的假设也应加以陈述。

表 3.9 由一般照明设备提供照明时应详述的假设（其内容可由设计师提出；或由客户提出，并通过具体要求的形式提供给设计师）

照明状况	需要陈述的假设
初始照度	室形指数，顶棚空间、墙壁及地板空间的有效反射率（用于利用系数的推导），灯初始光通量，驱动电压，周围温度，遮挡损失等
特定时间的照度	初始照度加上该时间点所经历的工作时间以及维护系数（见下）
眩光指数（UGR）	计算方法和观察位置
墙壁与工作面照度比	初始照度和维护照度
顶棚与工作面照度比	初始照度和维护照度
矢量/标量比	初始照度和维护照度
维护系数	该时间点所经历的工作时间，环境状况，灯流明维护系数，灯残存率，灯工作时间，灯具维护系数和灯具清洗时间表，房间表面维护系数和房间清洗及粉刷时间表
功率密度	维护系数
工作效率	最长运行时间和负荷因子计算中假设的等效全负荷运行时间

第4章 词汇表

本词汇表包含了照明专业领域所需的常用术语和标准的定义。这些定义与“CEN 标准照明应用草案——照明所需的基本术语与标准”保持一致。

吸收率 (Absorptance α): 物体吸收光通量与入射光通量的比值。

注意: 一般来说, 吸收率与入射光的角度、光谱能量分布以及被照物体表面光泽度有关。

视觉调节 (Accommodation): 人眼通过调节晶状体的放大倍数以完成对投射在视网膜上的图像对焦的过程。

学术定义: 人眼调节晶状体的屈光度, 使某一距离外的物体在视网膜上所呈的像聚焦。

视觉适应 (Adaptation): 视觉系统适应亮度和颜色的过程, 或这一过程达到的最终状态。

学术定义: 视觉系统的状态随不同亮度, 不同光谱分布, 不同角度的外界刺激变化的过程或这一过程达到的最终状态。

注意: (1) 有时也使用“亮适应”和“暗适应”的概念; 前者所涉及的亮度最少在若干 cd/m^2 , 后者则小于百分之几 cd/m^2 。(2) 适应的概念同样也包含了对特定空间频率、方向、尺寸等因素的适应。

平均照度 (Average illuminance): 在特定受照面上照度的平均值。单位: lx 。

注意: 实际应用中, 可将入射到受照面上的总光通量除以其总面积计算得到平均照度, 也可通过受照面上一系列测量点上照度的平均值得到。

平均亮度 (Average luminance) (L_{av}): 从特定出光面或特定立体角出射的平均亮度值。单位: cd/m^2 。

镇流器 (Ballast): 连接电源和一个或多个放电光源的电气装置, 主要作用是将电流限至光源所需的值。

注意: 镇流器还可变换供电电压及修正功率因数, 并可独立或与启辉器一起, 为灯提供所需

的启动条件。

镇流器流明系数 (Ballast lumen factor): 分别应用待测镇流器和参考镇流器工作时, 同一光源出射的光通量之比。

视亮度 (Brightness): (人眼知觉一个区域所发射光的多寡的视觉属性称为视亮度。) 给定区域出射光使人眼产生的视觉感受。视亮度是与亮度 (luminance) 相关的主观量。

学术定义为明度 (Luminosity) (旧称): 用于衡量某区域出射光多寡的视觉感受特性。

视亮度对比度 (Brightness contrast): 同时或依次观察两个或多个表面时, 对其视亮度差异的主观评价。

色度 (Chromaticity): 颜色刺激特性, 可由色坐标表征, 或由主波长或互补色波长以及饱和度共同表征。

色坐标 (Chromaticity coordinates): 光的三刺激值中每个刺激值与三刺激值总和之比。

注意: (1) 由于色坐标中的三个值之和为 1, 所以只要用色坐标中的两个值, 就可以表示彩色光的色度; (2) CIE 标准色坐标系统中, 色坐标表示为 x, y, z 和 x_{10}, y_{10}, z_{10} 。

色度计 (Colorimeter): 用于测量颜色三刺激值等色度值的仪器。

颜色对比度 (Colour contrast): 同时或依次观察两个或多个表面时, 对其颜色差异的主观评价。

(光源) 显色性 (Colour rendering): 与参考光源下的色表相比较, 一个待测光源对于被照物体的色表产生的效果。确切定义为, 将物体在待测照明体和参考照明体下的色表进行意识上或潜意识上的比较, 待测照明体对其色表产生的效果。

颜色刺激 (Colour stimulus): 彩色或非彩色的可见光辐射进入人眼并产生颜色感觉。

色温 (Colour temperature) (T_c): 待测光源与黑体在某一温度下辐射的颜色相同时, 黑体的这个温度就称为该光源的色温。单位: K。

注意: 有时也采用色温的倒数, 单位: K^{-1} 。

对比度 (Contrast): (1) 从感知角度来说, 是指同时或依次观察两个或多个表面后, 对其差异的主观评价 (即: 视亮度对比度、明度对比度、颜色对比度、同时对比度、连续对比度等等); (2) 从物理角度来说, 是指与感知的视亮度对比度相关联的物理量, 定义公式均涉及光刺激的亮度, 但形式不尽相同。例如阈值附近的对比度采用 ΔU_L , 阈上的对比度则采用 L_1/L_2 。

相关色温 (Correlated colour temperature) (T_{cc}): 在特定的观察条件及相同视亮度下的, 待测光源颜色与黑体在某一温度下辐射的颜色最接近, 黑体的该温度就称为该光源的相关色温。单位: K

注意: (1) 计算待测光源相关色温的推荐方法为, 在色度图上确定黑体轨迹与待测光源所在的等色温线的交点, 该交点所对应的色温即是该光源的相关色温; (2) 在适用相关色温的场合, 通常使用相关色温的倒数而不是使用相关色温。

余弦修正 (Cosine correction): 对入射光到探测器的入射角度所带来的影响进行的修正。

注意: 对于理想探测器来讲, 测量得到的照度与光线入射方向与探测器法线所成的角度的余弦成正比。

截止 (Cut-off): 遮住光源和高亮度表面使其不被人眼直接看见, 从而减小眩光。

注意: 在公共照明中, 灯具可以分为完全截止灯具、半截止灯具和非截止灯具。

截止角 (灯具截止角) (Cut-off angle): 从灯具出光面一测量起, 灯具纵轴与人眼刚好看不见灯具光源或高亮度表面视线的夹角。

柱面照度 (某点的垂直照度) (Cylindrical illuminance E_z): 落在放置在某点处的非常小的圆柱体的弯曲表面的光通量与该弯曲表面的面积的比值。除另外说明, 该圆柱体的轴线应竖直。

学术定义: 柱面照度公式:

$$E_z = \frac{1}{\pi} \int_{4\pi sr} L \sin \varepsilon d\Omega$$

其中， $d\Omega$ 表示通过给定点的每条基本光束的立体角， L 表示该给定点的亮度， ε 表示上述基本光束与给定方向之间的夹角。

昼光 (Daylight): 太阳辐射中的可见光谱部分。

注意: 在考虑光化学效应时, 该定义涵盖的光谱区域会超过可见区域。

采光系数 (Daylight factor D): 在室内给定平面上的一点, 由假定和已知天空亮度分布的天空漫射光直接或间接产生的照度与同一时刻该天空半球在室外无遮挡水平面上产生的天空漫射光照度之比, 其中, 日光直接照射所产生的照度应从上述两个照度中剔除。

注意: (1) 需考虑玻璃窗及灰尘的影响; (2) 在计算内部照明的时候, 日光直接照射的贡献应分开考虑。

漫天空辐射 (Diffuse sky radiation): 太阳辐射穿过地球大气层时, 受大气层中空气分子、水汽及尘埃散射后到达地表面的那部分辐射。

漫射光照明 (Diffused lighting): 主要由非某特定方向射来的光对工作面或物体的照明。

直接照明 (Direct Lighting): 具有某光强分布的灯具所发出光通量的 90%-100% 直接、无限制的投射到工作面上的照明。

直接太阳辐射 (Direct solar radiation): 太阳直射的经过地球表面选择性衰减后到达的地表的太阳辐射。

定向照明 (Directional lighting): 主要由特定方向射来的光对工作面或物体的照明。

失能眩光 (Disability glare): 使视觉认知受到损害但不一定带来不舒适感觉的眩光。

注意: 光线的直射和反射都有可能造成失能眩光。

说明: 失能眩光有多种衡量方式。如采用阈值增量法, 则 TI 应采用以下值: 5%、10%、15%、

20%、25%、30%。如果采用眩光等级法，则 GR 应采用以下值：10，20，30，40，45，50，55，60，70，80，90。

不舒适眩光（Discomfort glare）：带来不舒适感觉而不影响视觉认知的眩光。

注意：光线的直射和反射都有可能造成不舒适眩光。

说明：如果采用统一眩光等级来衡量不舒适眩光，那么 UGR 的取值应为 10，13，16，19，21，25，28。

下射光输出比（灯具下射光输出比）（Downward light output ratio）：在相同的使用条件下，灯具发射到灯具水平面以下的光通量与灯具中全部光源发出的总光通量之比。

注意：对于使用白炽灯光源的灯具来说，光学光输出比与光输出比实际上是相同的。

应急照明（Emergency lighting）：正常照明失效时所采用的照明。

频闪（Flicker）：光刺激的亮度或光谱分布随时间波动，从而给视觉感知带来的不稳定的感觉。

泛光照明（Floodlighting）：采用投光灯照射，使室外的目标或场地比周围环境明亮的照明。

停闪频率/临界频闪频率（某给定条件下的停闪频率/临界频闪频率）（Fusion frequency/critical flicker frequency）：刺激的变化快速到不能被感知时所对应的频率。

一般显色指数（光源的一般显色指数）（Ra）：反应物体被光源照射时所表现出来的颜色与其在参考光源照射时所表现出来的颜色符合的程度。

注意：Ra 由八个标准颜色样本的显色指数计算得来。Ra 的最大值为 100，表明光源的光谱分布与参考光源高度一致。

说明：在设计时，显色性要求通常用一般显色指数 Ra 表征，其取值为 20，40，60，80，90。

一般漫射照明（General diffused lighting）：具有某光强分布的灯具发出的光通量中的 40-60% 直接无限制照射到工作面的照明。

一般照明 (General lighting): 一个区域内的不考虑局部特殊需要的均匀照明。

眩光 (Glare): 由分布不适宜的亮度或极端对比度所导致的视觉不舒适以及辨识物体及细节能力下降的状态。可以参考: 失能眩光和不舒适眩光。

太阳总辐射 (Global solar radiation): 直接太阳辐射与漫天空辐射的总和。

(某一点上的)半柱面照度 (Hemispherical illuminance (at a point)): 在给定的一点上, 落在一个很小的圆柱体曲面的总光通量除以圆柱体曲面的面积。除有特别说明, 圆柱体底面默认为水平面。单位: lx

(某一点或某一表面的)照度 (Illuminance): 微小的面积 dA 上光通量 $d\Phi_v$ 除以面积 dA 的商。

等效定义: 公式 $L \cdot \cos \theta \cdot d\Omega$ 自某一给定点开始的半球面上的积分, 其中 L 表示立体角 $d\Omega$ 内各个方向入射的单位光线所产生的亮度, θ 表示这些光线与给定点所在平面的法线所夹的角度。单位: lx (lx) = lm/m²。

注意: 根据表面的方面, 例如水平或垂直, 照度可分为水平照度或垂直照度。

规范: 照度特指维持照度, 其取值应为以下所列值的某个: 1.0×10^N lx, 1.5×10^N lx, 2.0×10^N lx, 3.0×10^N lx, 5.0×10^N lx, 7.5×10^N lx (N 为整数)。计算或测量照度时所涉及的面

积也应该指定。

照度均匀度 (Illuminance uniformity): 某表面上的最小照度与平均照度之比

注意: 有时也采用最小照度与最大照度之比, 此时需特别说明。

间接照明 (Indirect lighting): 出射光通量中直接到达工作面 (假设工作面无限大) 的比例为 0 至 10%, 采用这种配光曲线灯具的照明设计为间接照明。

初始照度 (Initial illuminance): 灯具全新时的平均照度。单位: lx。

初始亮度 (Initial luminance): 灯具全新时的平均亮度。

注意: 需在合适的相关标准中明确该亮度的测量点

装置负荷 (Installed loading): 照明设备在单位面积 (室内或室外区域) 或单位距离 (道路照明) 上的功率。单位: W/m^2 (区域), 或 kW/km (道路照明)。

光源 (Lamp): 产生光辐射的源, 通常指可见光。

注意: 有时也指某些类型的灯具 (luminaire)

光源光通维持率 (lamp lumen maintenance factor) 光源在寿命期间内, 工作特定时间后的光通量与该光源的初始光通量之比。

光源残存率 (lamp survival factor): 在工作一段特定时间后, 在规定条件和开关转换频率下能继续工作的灯与总灯数的比例。

照明装置寿命 (Life of lighting installation): 照明装置从开始工作到因不可恢复的恶化而无法继续满足所需性能的时间间隔。

(灯具的) 光输出比 (Light output ratio): 在规定使用条件下, 灯具使用它自己的光源和设备所测得的光通量与相同光源在灯具外的规定条件下使用相同的设备得到的单独光源光通量之和的比值。

注意: 对于仅使用白炽灯的灯具, 光学光输出比和光输出比基本一致。

(灯具的) 有效光输出比 (η_w) (Light output ratio working): 在规定使用条件下, 灯具使用它自己的光源和设备时测得的光通量与相同光源在灯具外的基准条件下使用基准镇流器得到的单独光源光通量之和的比值。

局部照明 (Local lighting): 专为某一视觉作业所提供的照明, 用来补充一般照明, 其控制

独立于一般照明。

局域照明照明 (Localized lighting): 为某一特定位置的某一区域提供更高照度的照明, 例如某些开展作业的区域。

灯具 (Luminaire): 凡是能分配、透出或转变一个或多个光源发出光线的一种装置, 除光源外, 其组成还包括支承、固定和保护光源必需的所有部件, 必需的电路辅助装置和与电源连接的装置。

注意: 灯具与“照明装置”并不完全等同。

灯具维护系数 (Luminaire maintenance factor): 灯具在燃点某一段时间后的光输出与初始光输出的比值。

亮度 (L) (Luminance): 经过某一给定点, 沿着给定方向传播的基本光束, 其单位立体角内的光通量与经过上述给定点的该基本光束的横截面积的比值。亮度还可以定义为:

——光源表面的某一点面元在一给定方向上的发光强度与该面元在垂直于该方向的平面上的正射投影面积之比。

——光线在被照面上产生的照度与光线的横截面积和从被照面看过去光源与被照面所成立体角的比值。

亮度是表示明亮程度的物理量。单位: cd/m^2 。

学术定义: 亮度通过如下公式计算: $L = d\Phi / (dA \cdot \cos \theta \cdot d\Omega)$, 其中 $d\Phi$ 表示经过某一给定点在给定方向成 $d\Omega$ 立体角的基本光束的光通量, dA 表示经过该给定点的截面面积, θ 表示上述截面法线与光线传播方向的夹角。

规范: 亮度特指维持亮度, 其取值应为以下所列值的某个: $1.0 \times 10^N \text{cd}/\text{m}^2$, $1.5 \times 10^N \text{cd}/\text{m}^2$, $2.0 \times 10^N \text{cd}/\text{m}^2$, $3.0 \times 10^N \text{cd}/\text{m}^2$, $5.0 \times 10^N \text{cd}/\text{m}^2$, $7.5 \times 10^N \text{cd}/\text{m}^2$ (N 是整数)。计算或测量亮度时所涉及的面也应该指定。

亮度对比度 (Luminance contrast): 用来表示明亮程度对比度的物理量, 通常由一个包含一系列亮度的公式定义, (参见“对比度”)。

注意：亮度对比度可以被定义为亮度的比值， $C_1 = L_2 / L_1$ （用于连续亮度），或

$C_2 = (L_2 - L_1) / L_1$ （用于可以被同时看见的表面）。当具有不同亮度的表面大小相近时，通常采用平均亮度来计算亮度对比度， $C_3 = (L_2 - L_1) / 0.5(L_1 + L_2)$ ，其中 L_1 表示背景亮度（或视野内最大面积部分的亮度）， L_2 表示目标的亮度。

亮度计（Luminance meter）：用来测量亮度的仪器。

亮度均匀度（Luminance uniformity）：最小亮度与平均亮度的比值。

注意：有时也用最小亮度与最大亮度的比值（须明确声明）。

光源光效 η （Luminous efficacy of a source）：光源发出的光通量与其消耗的功率的比值。单位：lm/W。

注意：（1）须注明光源所消耗的功率是否包含其他辅助设备（如镇流器等）所消耗的功率。

（2）除另作声明，测试条件应根据 IEC 的相关标准进行（参考“额定光通量”）。

光环境（Luminous environment）：考虑生理和心理效应的照明条件。

光通量（ Φ ）（Luminous flux）：从辐射通量（辐射功率）与人眼（以 CIE 标准光度学观测者为定义）的光谱灵敏度所引申出来的物理量。它表示光源发出的或某一表面接收到的光的功率。单位：lm。

注意：（1）在该定义里，CIE 标准光度学观察者所涉及的光谱灵敏度取值来自光谱光视效率函数 $V(\lambda)$ ；（2）参看 IEC 50(845) 和 CIE 17.4；845-01-22：光谱光视效率的定义、845-01-23：CIE 标准光度学观测者的定义、845-01-56：辐射的光效的定义。还可参看 ISO/CIE 10527。

学术定义：

$$\Phi = K_m \int_{-\infty}^{+\infty} (d\Phi_e(\lambda) / d\lambda) v(\lambda) d(\lambda)$$

其中， $d\Phi_e(\lambda) / d\lambda$ 表示辐射通量的光谱分布， $v(\lambda)$ 表示光谱光视效率。

（某一点光源在某一给定方向上的）光强度（I）（Luminous intensity）：某一方向上单位立

体角内的光通量,即某一面积元上的光通量与该面积元与光源所成的立体角之间的比值。单位: $\text{cd}=\text{lm}/\text{球面度}(\text{sr})$ 。

学术定义: 离开光源的光通量 $d\Phi$ 与给定方向上单位立体角 $d\Omega$ 之间的比值, 即

$$I = d\Phi / d\Omega。$$

维护照度 (Maintained illuminance): 某给定面积上所必须维持的最低照度。当照度低于此照度时, 就应开始维护工作。单位: lx 。

维护周期 (Maintained cycle): 光源更换、灯具清洁、室内表面清扫等维护工作的时间间隔。

维护系数 (Maintenance factor): 照明装置在使用一定时间后, 在规定表面上的平均照度与该装置在相同条件下新装时在同一表面上所得到的平均照度之比。

注意: (1) 以前所采用的“光衰系数”反应了与“维护系数”相反的情况; (2) 照明设备的维护系数取决于光源的流明维持系数, 光源的寿命, 灯具的维护系数以及室内表面的维护系数 (室内照明设备)。

维护计划 (Maintenance schedule): 规定了维护周期和维护工序的计划。

最大照度 (Maximum illuminance): 在规定表面上任一相关点上的最高照度。单位: lx 。

注意: 相关点的确定须参照相应的应用标准。

最大亮度 ($L_{\max}$): 在规定表面上任一相关点上的最高亮度。单位: cd/m^2 。

注意: 相关点的确定须参照相应的应用标准。

(光度计的) 测量范围 (Measurement field): 朝向探测器的接受面, 并且包含了目标空间的所有待测点的面。

最小照度 (Minimum illuminance): 在规定表面上任一相关点上的最低照度。单位: lx 。

注意: 相关点的确定须参照相应的应用标准。

光度计 (Photometer): 用来测量光度学参量的仪器。

光度学 (Photometry): 基于人眼灵敏度 (CIE 标准光度学观测者) 辐射量的计量学科。

注意: (1) 常用的 CIE 标准光度学观测者光谱灵敏度是光谱光视效率函数 $V(\lambda)$; (2) 参看“光通量”中关于光谱光视效率的定义。

(某种光源的) 额定光通量 (Rated luminous flux): 厂商或零售商标称的在规定燃点条件下某种光源的初始光通量。单位: lm。

注意: (1) 对于大多数光源来说, 规定燃点条件是在 25°C 的环境温度, 自由悬挂在空间中的某个规定位置, 与基准镇流器匹配工作; 至于特殊光源须参考 IEC 标准; (2) 根据相关标准规定, 额定光通量是在经过一小段老化之后的初始光通量; (3) 额定光通量有时直接会标注在光源上。

基准镇流器 (Reference ballast): 一种特殊的感性镇流器, 用来为测试镇流器, 筛选参考光源, 测试光源产品性能提供参考的基准。

参考光源 (Reference lamp): 与基准镇流器匹配工作的一种气体放电灯, 它在特定条件下的电参数与相关规范非常吻合, 可用于测试镇流器。

参考表面 (Reference surface): 测量或规定照度时所涉及的表面。

反射率 (ρ) (Reflectance): 从某一表面上反射的光通量与入射光通量之间的比值。

注意: 反射率一般与入射光线的光谱分布和偏振情况有关, 还与表面的粗糙程度以及入射光线和反射光线的形状有关。

反射计 (Reflectometer): 用来测量与光反射相关特性的仪器。

室表面维护系数 (Room surface maintenance factor): 工作一段时间后的室表面反射率与其初始值之间的比值。

(某一点的)半柱面照度 (E_{sz}) (Semi-cylindrical illuminance): 落在放置在某点处的非常小的圆柱体的弯曲表面的光通量与该弯曲表面的面积的比值。除另外说明, 该圆柱体的轴线应竖直。该弯曲表面的方向也应注明。单位: lx。

半直接照明 (Semi-direct lighting): 具有一定光强分布的灯具, 它所发出光通量的 60%-90% 直接、无限制投射到工作面上的照明。

半间接照明 (Semi-indirect lighting): 具有一定光强分布的灯具, 它所发出光通量的 10%-40% 直接、无限制的投射到工作面上的照明。

太阳辐射 (Solar radiation): 太阳发出的电磁辐射。

(照明设备的) 间距 (Spacing): 相邻灯具的光心之间的距离。

距高比 (Space-to-height ratio): 灯具几何中心的间距与其相对参考面高度的比值。

注意: 在室内照明中, 参考面通常指水平作业面; 在室外照明中, 参考面通常指地面。

(灯具或光源的) 光强 (空间) 分布 (Spatial distribution of luminous intensity): 通过曲线或图标所列出的发光体发出的光强值在空间中不同方向的变化情况。

(某一点的) 球面照度 (E_0) (Spherical illuminance): 落在放置在某点处的非常小的球体表面的光通量与该球体面积的比值。单位: lx。

学术定义:

$$E_0 = \int_{4\pi sr} L d\Omega$$

其中, $d\Omega$ 表示通过给定点的每条基本光束的立体角, L 表示给定点的亮度

重点照明 (Spotlighting): 为某一特定区域或特定目标提供远高于环境照度的非漫射型照明。

频闪效应 (Stroboscopic effect): 当使用强度不断变化的光线照射物体时, 所呈现出物体运

动或出现的效果。

注意：为使光线呈现固定的运动状态，物体的运动和光线的变化都应是周期性的，而且二者之间应存在某种关系。上述现象只有在光线变化的程度超过某一界限时才会被观察到，该物体运动可以是转动或平动。

日光 (Sunlight)：直接太阳辐射的可见光部分。

注意：在光化学领域，日光涵盖的波长范围通常比可见光范围要广。

透过率 (τ) (Transmittance)：穿过某一物体光通量与入射光通量的比值。

注意：透过率与入射光的方向，偏振情况，光谱分布以及物体表面的粗糙程度等条件有关。

(某种颜色刺激的) 三刺激值 (Tristimulus values)：某种颜色刺激在某一给定三基色系统中所代表的三种参考颜色的刺激值。

注意：在 CIE 标准色度学空间里，三刺激值通常用 X , Y , Z 和 X_{10} , Y_{10} 和 Z_{10} 表示。

统一眩光等级 (Unified glare rating)：参看失能眩光。

(灯具的) 上射光通输出比 (Upward light output ratio)：在相同的使用条件下，灯具发射到灯具水平面以下的光通量与灯具中全部光源发出的总光通量之比。

注意：对于使用白炽灯光源的灯具来说，光学光输出比与光输出比实际上是相同的。

利用系数 (Utilization factor)：参考面所接受到的光通量与灯具所发出的总光通量的比值。

$V(\lambda)$ 修正 ($V(\lambda)$ correction)：对探测器的光谱响应所做的修正，以使其与人眼的光谱敏感度一致。

光幕反射 (Veiling reflections)：被观测物体表面发生的镜面反射，能部分或完全妨碍人眼对于该物体细节的识别。

视锐度 (Visual acuity)：能分辨对人眼呈极小角弦的视标的能力。

注意：从数量上来讲，视锐度等于人眼恰好能够分辨的视标末端相对人眼瞳孔入口处所成角

度（以分为单位）的倒数。

学术定义：（1）定性来讲，人眼能够分辨分开角度很小的视标的能力；（2）定量来讲，可以是任意与空间分辨相关的量，比如人眼刚好能分辨的两个相邻目标（点或线或其他目标）对人眼所成的角度（以分为单位）的倒数。

视觉舒适度（Visual comfort）：由视觉环境所营造的舒适的视觉体验。

视野（Visual field）：人眼位于某一特定位置，视线朝向特定方向时，所能看到的物理空间的面积或范围。

注意：视野可以是单眼视野也可以双眼视野。

视觉绩效（Visual performance）：以视觉作业完成的速度和准确度来衡量的视觉系统的表现。

復旦大學

尊敬的陆永椿主席

感谢您的帮助, 由我们翻译的“Code for Lighting” (译名《照明设计指南》) 附信附上, 请您多多指教!

顺祝身体健康, 工作顺利!

复旦大学电光源研究所

刘洋

2012年11月28日



復旦大學

刘洋

200433

上海市邯郸路220号

复旦大学电光源研究所

电话: 021-6564-2491

手机: 13611764896

传真: 021-6564-6818

E-mail: ly@fudan.edu.cn