

# 从照明环境的视觉舒适性谈起

陈超中 施晓红

(上海市质量监督检验技术研究院、国家灯具质量监督检验中心、国家电光源质量监督检验中心(上海)、上海时代之光照明电器检测有限公司,上海 201114)

## 摘要

紧张的生活节奏唤起了人们对照明环境舒适度的关注。防眩光、适宜的亮度比是保证视觉舒适性的基本要素,应是办公室等各类环境照明需达到的基本要求。而具有上射光线、足够的功率、基本的高度和合理的摆放位置等,则是读写台灯提供舒适照明环境的要件。

关键词 眩光 亮度比 读写照明 办公室照明 教室照明

## Talking From Visual Comfort of Lighting Environment

Chen Chaozhong Shi Xiaohong

(Shanghai Institute of Quality Inspection and Technical Research (SQI), China National Luminaire Supervision Testing Center (CLTC), National Center of Supervision & Inspection on Electric Light Source Quality (Shanghai), Shanghai Alpha Lighting Equipment Testing Ltd. (SALT), Shanghai 201114)

**Abstract:** Tensional rhythmic life calls the attention for the visual comfort of lighting environment. The article considers that glare prevention, suitable brightness ratio and so on is the basic factor of visual comfort. It is applicable to office and many kinds of environment lighting design. Upward light-output ratio, sufficient wattage, fundamental height and reasonable position and so on is important for table lamps for paper task to provide visual comfort.

**Key words:** glare; brightness ratio; paper task lighting; office lighting; classroom lighting

## 引言

随着人们对视力保护越来越重视,市场上各种“护眼台灯”应运而生,老百姓十分关注什么样的灯能够保护视力。教室读写作业照明的好坏也成为社会大众关注的热点。此外,随着人们在计算机屏幕前的读写作业逐渐增多,与传统的读写作业相比,显示屏可能会带来新的视觉问题。

### 1 视觉舒适性的要素

#### 1.1 避免眩光

建立舒适的照明环境要避免各种眩光。产生眩光有两个原因:亮度太高和亮度比太高。

#### 1.1.1 亮度太高

由充足的阳光带来的过多的光常常会造成亮度太高。过多的光会使观察者做出眯眼、眨眼或远看等简单的避光响应。对此问题最适当的解决方案有:减少视网膜亮度,如通过佩戴边沿帽;对视场的明亮部分作遮挡处理,如戴墨镜,以降低整个视场的亮度。

#### 1.1.2 亮度比太大

如果视觉环境中的亮度值的范围太大的话,也会引起眩光,降低视觉功能。

#### 1.2 亮度限制

对使用直接照明灯具的设计来说,专门的亮度值限制是很重要的。图1中的几何关系显示了VDT

(视频显示终端)照明的眩光区域。眩光区域取决于眼睛-屏幕的几何关系,它可能位于天花板平面、墙或隔断上。而屏幕的弯曲可能放大或改变眩光区域的位置。



图1 VDT照明的眩光区域

用来描述特定角度灯具亮度的是一个计算值,被称作平均亮度。由于有些屏幕提供空间宽角度的反射,在敞开式平面布置的环境中,许多灯具都可能位于眩光区域。当纵向、横向或 $45^\circ$ 观察灯具时,应限制灯具的平均亮度。该参数的技术指标通常以 $5^\circ$ 或 $10^\circ$ 的增量提供。在光度实验室里测定给定角度的光强和在此角度灯具的投射表面积。不同大小的灯具的亮度值不同,即使在特定角度灯具的实际光强是相同的。表1给出了特定角度下的平均亮度的优选推荐值和最大值。以VDT作业为主的办公室应使用优选推荐值,它为光幕反射或反射眩光提供了最低的可能性;最大值为VDT上的光幕反射或反射眩光提供了较大的可能性,它适用于仅偶尔进行VDT作业、并且不是主要视觉任务的办公室。表1中的垂直角度如图2所示。

表1 VDT环境直接照明的灯具用优先推荐和最大平均亮度

垂直角度 ( $^\circ$ )	平均亮度 ( $\text{cd}/\text{m}^2$ )	
	优选值	最大值
55	850	—
65	350	850
75	175	350
$\geq 85$	175	175

注:亮度测量沿着纵向、横向或 $45^\circ$ 水平面。

### 1.3 适宜的亮度比

对于邻近VDT屏幕的纸作业,在推荐的照度与亮度比之间可能产生矛盾。照到反射率为80%的白

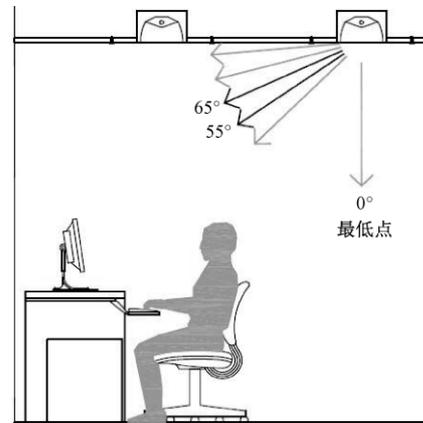


图2 亮度限制角度

色背景纸的照度为 $750 \text{ lx}$ 时,会产生约 $200 \text{ cd}/\text{m}^2$ 的亮度。如果VDT的平均亮度为 $50 \text{ cd}/\text{m}^2$ ,则纸作业面的亮度为VDT的4倍。纸作业面与邻近的VDT屏幕之间超过了推荐的3:1的亮度比。如果纸作业面因印刷字体小或反差小而要以较高的亮度水平取代的话,是允许超过推荐的亮度比的;相反,如果在屏幕上不能避免高亮度反射的话,则纸作业的亮度水平应该降低。

视觉舒适性主要是由亮度比决定的。舒适的亮度比取决于物体间(如纸作业面和放置纸的桌面)的亮度差。在高关注工作区域或安全很重要的区域,相对于邻近的背景表面的作业面的亮度比通常是较小的(3:1或更小)。对于短时间工作、或偶尔、或速度缓慢的短暂的情况,人们容许的亮度比高得多(40:1或更大)。

作业-背景亮度比取决于正常的作业面与背景工作面之间的亮度差。对于长期的纸面工作并改善视觉疲劳来说,中等亮的色调的亚光工作面(如图3)能提供柔和、舒适的背景。



图3 作业面与背景的亮度比较小

黑暗的工作面(如图4),第一印象引人注目,纸作业面与工作表面的背景之间形成强烈的亮度比,在

这种工作面上长期进行纸面作业很可能会产生视觉疲劳。



图4 作业面与背景的亮度比较大

有光泽的工作面(如图5)会将灯具、天花板和墙的亮度反射回使用者,可能产生光幕反射,带来的反射眩光会使人分心或感到讨厌。



图5 有光泽的工作面可产生光幕反射

亮度比表示的是一个区域相对另一区域的平均亮度比。在普通的视觉作业和工作场景中,如果需要准确、及时和舒适地完成工作的话,应限制作业面相对其背景的亮度比。表2给出了不同应用的适宜亮度比。正极屏幕和负极屏幕示意图见图6。

表2 推荐默认的亮度比

感兴趣的区域		最大的亮度比
纸作业面与 VDT 屏幕之比	纸作业面与 VDT 的负极屏幕之比	3:1
	纸作业面与 VDT 的正极屏幕之比	1:3
作业面与邻近背景表面之比		3:1
作业面与远背景之比	作业面与较暗的远背景之比	10:1
	作业面与较亮的远背景之比	1:10



图6 正极屏幕和负极屏幕示意图

## 2 读写作业照明环境的舒适性对策

### 2.1 家庭读写作业照明

#### 2.1.1 照明环境

首先,有一个作业面的照明面积要求,即:台灯需要照亮的区域面积。北美照明工程学会(Illuminating Engineering Society of North America, IESNA)规定此面积为 $360\text{mm} \times 310\text{mm}$ (如图7所示)。

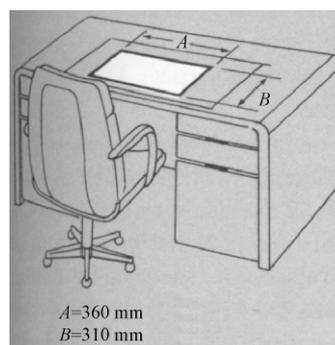


图7 家庭读写作业面的照亮面积示意图

家庭读写作业的视觉任务包括:阅读 VDT 屏幕、纸上书写的或印刷的信息,识别键盘上的键和字符,另外可能还需要阅读打印机和传真机的设定状态。对于偶尔阅读来说,速度和准确度可能是不重要的,但当持续性地阅读时,它们却是重要的。物品表面(除屏幕外)的反射率为 $30\% \sim 70\%$ 。

当键盘接近于水平面时,终端屏幕通常是直立的,接近垂直面。纸的作业面可以在从水平到垂直的任何面上。打印机和传真机的放置状态通常接近水平面。

应限制终端屏幕、纸的作业面、物品与周围表面的亮度比。应控制灯具、天花板和窗户的亮度,以避免其在屏幕上和物品的定向反射面的反光。推荐的亮度比见表2。

家庭中与读写作业相关的灯具通常的位置是:对书面作业和键盘作业,使用台灯或落地灯;对周围和作业照明,在桌子的前面或侧面使用直接或间接照明的壁灯;采用低亮度天花板安装式灯具。

#### 2.1.2 有利于保护视力的台灯要素和台灯位置

2.1.2.1 台灯的光线分布应如图8所示:有相当数量的上射光线来照明四周的环境,使工作台四周空间变亮,提高周围环境中的亮度;台灯的侧面适当透光,亮度不大于 $510\text{cd}/\text{m}^2$ ;有约一半的光通量下射到桌

面和键盘上,部分光线照到周围环境中,以免造成亮处太亮、暗处太暗。光线应形成亮暗的平缓过渡,以利于视觉舒适性,不易产生视觉疲劳。

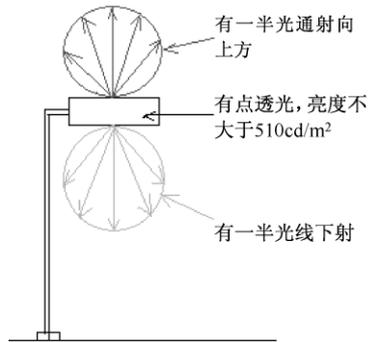


图8 台灯的光线分布示意图

2.1.2.2 在作业面上应有满足照度要求的光通量和相应的光分布。

(1) 照度要求:对于长期读写和困难作业,IESNA规定:主要作业面的照度应至少达到500 lx,主要作业面最大照度与最小照度之比不应大于3;次要作业面的照度应达到主要作业面的二分之一,且不小于200 lx;

(2) 灯具的功率不能太低;

(3) 照亮的面积:IESNA规定主要作业面的面积是360mm×310mm。

2.1.2.3 台灯的侧面应透光,形成亮暗的平缓过渡。从任何正常使用和坐着的位置上看灯具表面的亮度应在170~510cd/m<sup>2</sup>之间。台灯侧面透光和不透光的例子见图9。



图9 台灯侧面透光性举例

2.1.2.4 台灯高度应大于40cm,最好可调。VDT作业用的台灯高度应在50cm或以上,才能得到一个较为明亮的光环境。从图10可见,当台灯高度为40cm时,视觉范围内的暗区较为明显,感觉比较不舒服;从图11能够看出,当台灯高度为60cm时,视觉范围内的暗区不明显,感觉较舒服。



图10 台灯高40cm时视觉环境较暗



图11 台灯高60cm时视觉环境较亮

2.1.2.5 台灯的摆放位置,应注意不能放在人的正前方,以免它在纸上产生反射眩光;还应注意摆放位置要避开手的遮影,如右手写字,台灯宜放在左侧。

使用台灯的桌面应采用反射比在30%~70%的淡色无光泽材料制成(桌面颜色不宜用黑色或深色,且不宜有光泽)。

## 2.2 办公室读写作业照明

VDT是今天办公室内的主要元素,也使设计团队面临特殊的问题。在创建成功的照明设计的时候,就必然的视场亮度而言,必须控制直接眩光和反射眩光。

### 2.2.1 照明环境

#### 2.2.1.1 VDT屏幕的倾斜是重要的

VDT离观察者的角度范围从垂直到与垂直成45°,而且许多VDT提供垂直调节,因此角度可能是不固定的。人机工程学通常推荐VDT的倾斜角度为离垂直线5°~15°,对该数值似乎形成了相当普遍的共识。沿着眼睛高度与屏幕高度的倾斜角度,确定了几何图形和可产生反射眩光亮度区域的位置。

#### 2.2.1.2 VDT屏幕的位置是重要的

对敞开式平面布置的办公室,应假定VDT可放置在空间内的任何地方,照明条件超出规定的工作室,可能影响VDT屏幕的能见度。板和隔断可减轻

屏幕反光。屏幕前方的隔断可限制来自灯具和窗户的直接眩光。窗户是最难处理的问题。窗帘或百叶窗通常都是需要的。屏幕的方向垂直于窗户可以限制反射眩光和光幕反射。在单人办公室内,天花板灯具通常直接安装在头顶上,以正常的观察角度,很少可能产生直接或反射眩光。

### 2.2.1.3 VDT 屏幕的特性也是重要的

屏幕可以显示正对比字符(暗背景上的亮字母)或负对比字符(亮背景上的暗字母),后者对于光幕反射的最小化是更好的。屏幕表面可以是镜面或者是漫射面,后者对于减少反射眩光要好得多。事实上,最现代的屏幕都使用漫反射表面。表面还可以具有不同的形状。凸的宽角度的屏幕更可能反射来自窗户和灯具的光,产生反射眩光。

### 2.2.2 舒适照明的对策

#### 2.2.2.1 保持相对低的一般照明

在有 VDT 屏幕的办公室内,特别是在敞开式平面布置的环境中,保持相对低的一般照明是合适的。低的照度水平会减少低亮度的反射,因此,对屏幕对比度的影响较小。水平工作面的平均维持照度水平应不超过 500 lx。尽管在 VDT 占支配地位时照度不应超过该值,但如果反射的影像亮度仍然高的话,提供更低的照度水平可能是适当的。窗户可能是与反射亮度有关的一个专门的问题。如果进行纸作业而要求更高照度的话,对于作业照明的质量应特别予以关注。视场内的其他亮度不应超过推荐的为办公环境设立的亮度比(见图 12)。

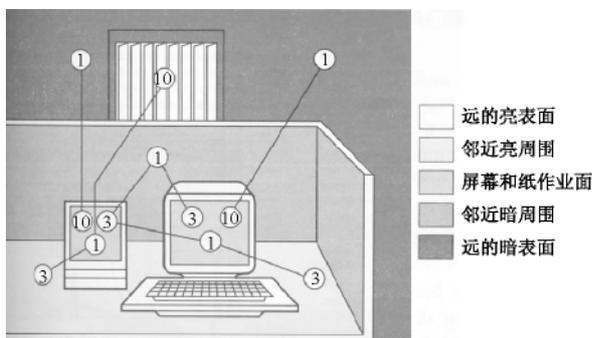


图 12 VDT 工作室推荐的最大亮度比

(各表面之间用线条连接的数值表示推荐的最大亮度比)

#### 2.2.2.2 保持适宜的亮度比

VDT 视觉作业不同于传统的纸作业。通常完成纸作业是在水平向下看;而完成 VDT 视觉作业时

平视屏幕的位置,正因为如此,在大的敞开式平面布置的办公室内,天花板的一部分可能在视场范围内。所以,限制天花板的亮度是很重要的。来自间接照明的天花板的亮度可能会产生问题。天花板的最大亮度不应超过 VDT 屏幕亮度的 10 倍,并且要保持标准的亮度比(图 13)。窗户也可能再次成为专门的问题,对直接照明灯具视觉舒适度的概率计算可提供有用的信息,但实际上,在特定角度处灯具的平均亮度值更有用。

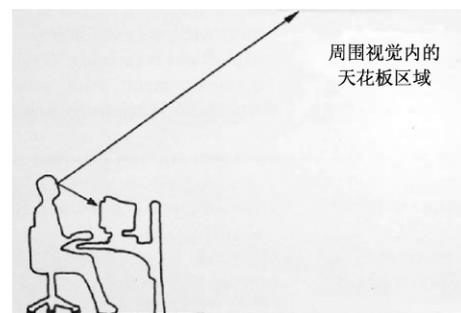


图 13 观看 VDT 通常需接近水平线观察,天花板大区域在周围视觉范围内

### 2.3 教室读写作业照明

#### 2.3.1 照明环境

在通常的视场内,各种表面的亮度必须保持在允许的限值范围内。当眼睛注视在作业面上时,会建立适应水平。当眼睛从一种亮度(如一本书)移到另一种亮度时(如黑板),必须适应新的水平。如果两个水平之间的差异较大的话,眼睛调节到新亮度会需要一段时间,它可能需要建立新的适应;如果两种亮度水平相差很大的话,眼睛可能要承受不舒适和疲劳。

在整个视场范围提供低亮度比的一般方法是限制灯具和窗户的亮度,增加教室内各内部表面的亮度。增加表面亮度的两种途径是:增加表面的反射率和增加照在表面上光的数量。

#### 2.3.2 舒适性对策

为了有良好的视觉性能和舒适性,通常直接观看的任何表面的亮度不应大于作业面亮度的 5 倍,而无论各种区域在房间中的位置,应没有大的区域的亮度小于作业面亮度的 1/3,如图 14 所示。根据视觉舒适性和视觉性能,直接邻近视觉作业面的表面亮度要比视觉周边的更远表面的亮度更加关键。直接邻近视觉作业面的表面(如课桌)的亮度不应超过作业面(下转第 20 页)

表4 某LED照明产品的输出电流随环境温度的变化

环境温度 $T_a$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	IC管壳温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	热敏电阻管壳温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	输出电流 $I_o$ (mA)
18.0	120.8	103.7	635
24.6	117.6	104.4	599

#### 4 采用过温保护功能的LED照明产品的热测试<sup>[2]</sup>

对于具有温度保护功能的LED照明产品,产品内元器件的温度与环境温度之间不存在线性相关关系,所以,该产品只能在所有要求的环境温度(如 $0^{\circ}\text{C}$ 、 $15^{\circ}\text{C}$ 、 $25^{\circ}\text{C}$ 、 $40^{\circ}\text{C}$ 等)下进行热测试。

当需要进行热测试的环境温度与当时的室温有差别时,就需要某种恒温设备提供需要的环境温度,例如用恒温箱等。但是一般恒温箱在加热时,箱内会自发地产生空气对流,从而影响热测试结果。所以对于该类产品的热测试,最好提供一个较大的可调温的恒温室,在恒温室内放置一个自然对流测试箱<sup>[3]</sup>,在自然对流箱内对LED照明产品进行热测试。

#### 5 结束语

LED照明产品因具有节能、环保、长寿命等优点而得到迅速发展,市场份额逐渐增加。但是LED照明产品也因其对温度的要求较严格而与传统照明产品有较大不同,尤其是对于驱动器内置的LED照明产品,驱动器内元器件的温度成了影响产品寿命的关键因素。所以,采用过温保护电路防止LED照明产品在正常或异常使用时出现电子元器件温度偏高的问题,成为LED照明产品设计中必要的措施和方式之一。

#### 参考文献

- [1] 杨世铭,陶文铨. 传热学[M]. 4版. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [2] 何国安. LED照明产品的热测试[J]. 照明, 2012(2): 64-67.
- [3] IEC 60598-1: 2008 Luminaires-Part1: General requirements and tests[S].

(上接第15页)

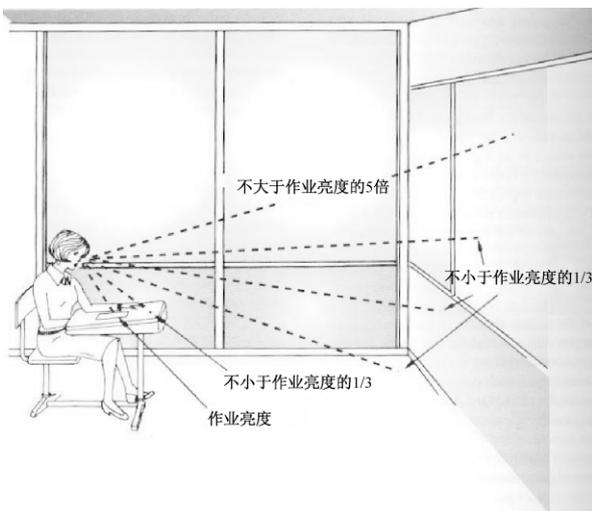


图14 教室中重要表面的亮度与视觉作业的亮度关系

亮度,但应至少有作业面亮度的 $1/3$ 。在视觉周边,邻近表面之间的亮度差应保持尽可能小。

#### 3 总结

提供视觉舒适的照明环境是重要的。主要作业面与背景的亮度比对于提供视觉舒适的照明环境是至关重要的。无论是家庭、办公室,还是教室照明,必须关注主要作业面与背景的亮度比。

#### 参考文献

- [1] Illuminating Engineering Society. THE IESNA LIGHTING HANDBOOK. 9th ed. & 10th ed.
- [2] 陈超中,韩冰. 关注教室黑板与课桌面亮度比[J]. 照明工程学报, 2012, 23(2).