

文章编号: 1672 - 058X(2009)06 - 0593 - 03

视觉亮度理论及其图像特性研究

刘 沁¹, 张乘风¹, 刘启能²

(1. 南京林业大学 设计艺术学院, 南京 210037; 2 重庆工商大学 计算机科学与信息工程学院, 重庆 400067)

摘 要:利用图像法研究了视觉亮度随目标亮度和背景亮度变化的规律, 得出了视觉亮度随目标亮度变化图像以及视觉亮度随背景亮度的变化图像及其特征, 为照明系统定量设计提供了理论依据。

关键词:视觉亮度; 目标亮度; 背景亮度; 图像法

中图分类号: TU113. 1

文献标志码: A

视觉亮度是人眼对视场中物体发光强弱的一种心理刺激感觉量, 它是人眼判断所视物体是否明亮和清晰的主要依据。由于视觉亮度是心理刺激量, 因此影响视觉亮度的因素很多并且复杂, 如亮度、亮度对比度、颜色、视角、目标物体的形状以及运动速度等都会对视觉亮度产生影响。在文献^[1-7]都涉及到对视觉亮度的研究, 但仍有一些主要问题有待进一步研究。在影响视觉亮度的诸多因素中目标物体的亮度和背景的亮度是影响视觉亮度最主要的因素。将利用解析法和图像法对视觉亮度随目标亮度和背景亮度的变化规律作深入研究, 并将得出一些对照明系统定量设计有重要理论价值的结论。

1 视觉亮度理论

在视场区域无彩色的情况下, 视觉亮度 B 与目标亮度 L_t 和背景亮度 L_b 的关系可以表示为^[1]:

$$B = C_t(\theta) [L_t - S_1(\theta) L_b - S_0(\theta)] \quad (1)$$

其中: $C_t(\theta)$ 、 $S_0(\theta)$ 、 $S_1(\theta)$ 为与视角 θ 有关的系数, $n=0.31$ 为指数。式 (1) 中目标亮度 L_t 和背景亮度 L_b 的单位为 cd/m^2 , 视觉亮度 B 没有量纲。人们感到满意的办公室视觉亮度在 $B=100 \pm 20$ 范围内。由式 (1) 可知视觉亮度 B 与目标亮度 L_t 和背景亮度 L_b 以及视角 θ 有关, 利用式 (1) 可以研究视觉亮度随目标亮度和背景亮度的变化规律。

当目标视场较大时 (多数视场属于这种情况), 视角 $\theta > 2$ 后, $C_t(\theta)$ 、 $S_0(\theta)$ 、 $S_1(\theta)$ 3 个系数随视角 θ 变化很小, 可以近似取 $C_t(\theta) = 22.969$ 、 $S_0(\theta) = 0.07186$ 、 $S_1(\theta) = 0.24481$ 。这种情况下式 (1) 可以简化为:

$$B = 22.969L_t^{0.31} - 5.62304L_b^{0.31} - 1.65055 \quad (2)$$

式 (2) 为目标视场较大情况下的视觉亮度公式。

当目标视场较大并且目标亮度和背景亮度差别不大时, 可以取 $L_t = L_b$, 式 (2) 进一步化简为:

$$B = 17.346L_t^{0.31} - 1.65055 \quad (3)$$

由式 (3) 可知, 这种情况下目标的视觉亮度就由目标亮度唯一决定。目标亮度是描述目标发光强弱的客观物理量, 而视觉亮度是人眼对目标发光强弱的心理刺激感觉量, 人眼对目标物体的亮度感觉正比于目标物体的视觉亮度, 而不是正比于目标物体的亮度。它们既有因果联系又有本质区别, 而式 (3) 反映出它们之间的联系。

收稿日期: 2009 - 09 - 04; 修回日期: 2009 - 10 - 24。

作者简介: 刘沁 (1983 -), 女, 四川省泸州市人, 硕士研究生, 从事室内照明设计研究。

为了对视觉亮度有一个量的认识,利用式(3)由常见物体的亮度^[1,6]计算出它们的视觉亮度,见表1。

表 1 视觉亮度

物 体	人工照明下阅读的纸面	钨丝白炽灯	太阳下的洁净雪面	办公室满意亮度
亮度 / (cd/m ²)	10	(0.5 - 1.5) × 10 ⁷	3 × 10 ⁴	159 ~ 477
视觉亮度	34	2 068 ~ 2 907	422	82 ~ 116

下面由式(2)和式(3)分析视觉亮度随目标亮度和背景亮度的变化规律。

2 图像特性

2.1 亮度阈值

亮度阈值是指零视觉亮度($B = 0$)对应的黑暗水平下目标物体的亮度,也是人眼无光感的黑暗水平对应的目标亮度。由于在零视觉亮度情况下目标亮度和背景亮度没有区别,所以可以利用式(3)计算出零视觉亮度时的目标亮度,即亮度阈值 L_0 。亮度阈值 L_0 满足下式:

$$17.346L_0^{0.31} - 1.65055 = 0 \quad (4)$$

由式(4)解出亮度阈值为:

$$L_0 = 0.00051 \text{ cd/m}^2 \quad 0$$

由此可见,零视觉亮度时对应的目标亮度也近似为0。

2.2 目标亮度对视觉亮度的影响

为了更清楚地反映出目标亮度对视觉亮度的影响作用,将式(3)中的视觉亮度 B 对目标亮度 L_t 求一阶导数,得

$$\frac{dB}{dL_t} = 5.37726L_t^{-0.69} \quad (5)$$

式(5)反映了视觉亮度的变化率随目标亮度的变化规律,它更能反映目标亮度对视觉亮度变化速度的影响。为了直观地观察视觉亮度随目标亮度的变化特征,由式(3)和式(5)绘出视觉亮度随目标亮度的变化曲线和视觉亮度的变化率随目标亮度的变化曲线,如图1和图2。

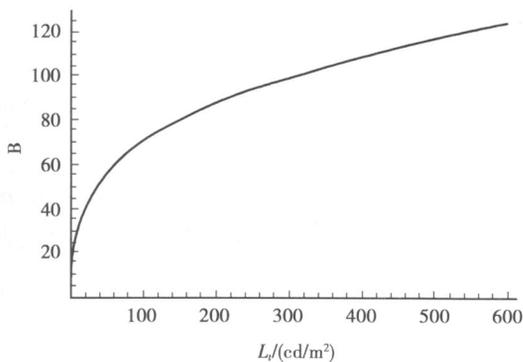


图 1 视觉亮度随目标亮度的变化曲线

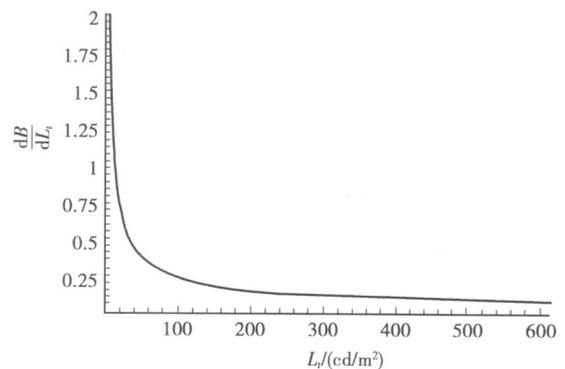


图 2 视觉亮度的变化率随目标亮度的变化曲线

由图1和图2可知:

由于 $dB/dL_t > 0$,由此视觉亮度随目标亮度的增加而单调增加。

在 $0 < L_t < 11.45 \text{ cd/m}^2$ 范围内, $dB/dL_t > 1$,视觉亮度随目标亮度的增加而迅速增加,即视觉亮度的增加量大于目标亮度的增加量。由此可见在暗光环境下增加目标亮度可以明显增大视觉亮度。

在 $L_t > 11.45 \text{ cd/m}^2$ 范围内, $dB/dL_t < 1$,视觉亮度随目标亮度的增加而缓慢增大,即视觉亮度的增加量小于目标亮度的增加量。特别是在 $L_t > 100 \text{ cd/m}^2$ 范围内, $dB/dL_t < 0.224$,视觉亮度随目标亮度的增加而更为缓慢。由此可见在亮光环境下目标亮度增大对视觉亮度影响较小。

上述视觉亮度随目标亮度的变化规律可以普遍运用于室内及室外的照明设计中,对于设计节能环保的

照明系统具有理论指导意义。

2.3 背景亮度对视觉亮度的影响

为了更清楚地反映背景亮度对视觉亮度的影响,利用式(2)绘出背景亮度 L_b (分别取 $L_b = 0, L_b = 50, L_b = L_t$ 时视觉亮度随目标亮度的变化曲线)如图 3。在图 3 内粗线、中粗线、细线分别对应 $L_b = 0, L_b = 50, L_b = L_t$ 的情况。由图 3 可知:

当目标亮度 $L_t = 100$ 时,背景亮度 $L_b = 0, L_b = 50, L_b = L_t$ 对应的视觉亮度分别为 $B = 92, B = 75, B = 70$ 。由此可见当目标亮度一定时,视觉亮度随背景亮度的增大而变小,并且随着背景亮度的增加,它对视觉亮的影响逐渐减弱。

当视觉亮度 $B = 92$ 时,背景亮度 $L_b = 0, L_b = 50, L_b = L_t$ 对应的目标亮度分别为 $L_t = 100, L_t = 165, L_t = 230$ 。因此可见如想获得相同视觉亮度,背景亮度的水平提高会明显增加对目标亮度的要求。

上述背景亮度对视觉亮度的影响规律,在对照度有严格控制的展示空间的照明设计中具有重要意义,可以将凭经验数据的设计提升到量化设计。

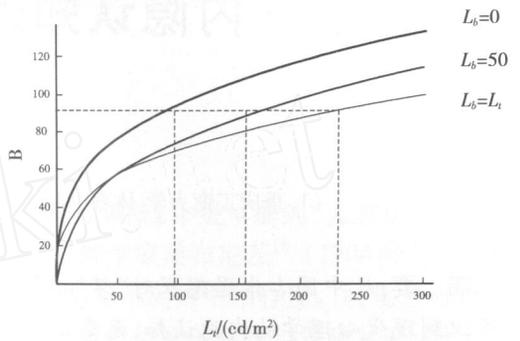


图 3 背景亮度对视觉亮度的影响

3 结 论

上面利用图像法研究了视觉亮度随目标亮度和背景亮度的变化规律。得出:在暗光环境下增加目标亮度可以明显增大视觉亮度,在亮光环境下视觉亮度随目标亮度增大而缓慢增加;当目标亮度一定时,视觉亮度随背景亮度的增大而变小,并且随着背景亮度的增加,它对视觉亮的影响逐渐减弱。这些结论对定量研究照明设计具有理论指导意义。

参考文献:

- [1] 陈仲林,刘伟,杨春宇. 视亮度及其运用 [J]. 重庆建筑大学学报, 2001, 23(6): 30-32
- [2] 孙立晔,马剑,贾连光. 低亮度下光环境影响因素分析 [J]. 沈阳建筑大学学报, 2007, 23(2): 239-242
- [3] 陈仲林,翁季,胡英奎,等. 照明工程中定性与定量之间的转换研究 [J]. 重庆建筑大学学报, 2006, 28(4): 1-3
- [4] 陈启高,马贯中,丁小中,等. 广义的韦伯-费昔勒定律 [J]. 重庆建筑工程学院学报, 1991, 14(4): 17-21
- [5] 日本照明学会. 照明手册 [M]. 北京:中国建筑工业出版社, 1985
- [6] 李景镇,苏世学,赵俊民. 光学手册 [M]. 西安:陕西科学技术出版社, 1986
- [7] 杨公侠. 视觉与视觉环境 [M]. 上海:同济大学出版社, 2002
- [8] 陈忠华,肖蕙蕙,魏之貌,等. 交通灯控系统的一种模糊算法 [J]. 重庆工学院学报, 2008(9): 173

Research into visual brightness theory and its image characteristics

LIU Qin¹, ZHANG Cheng-feng¹, LIU Qineng²

(1. School of Art Design, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037; 2 School of Computer Science and Information Engineering, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China)

Abstract: The image processing method is used to study the law of visual brightness with the changing of target brightness and background brightness, and the images of background brightness and their characteristics are obtained, which provides theoretical basis for quantitative design of lighting system.

Key words: visual brightness; target brightness; background brightness; image processing method

责任编辑:田 静