

文章编号:1006-7329(2001)06-0030-03

视亮度及其应用

陈仲林, 刘 炜, 杨春宇

(重庆大学 建筑城规学院, 重庆 400045)

摘要:介绍了视亮度概念,并着重讨论了视亮度在照明工程科学和实际照明工程中应用。

关键词:亮度; 视亮度; 照明工程

中图分类号:TU113.1

文献标识码:A

影响人们看清楚的因素有很多,亮度、视角、亮度对比和色对比、眩光、识别时间、颜色、亮度适应和色适应、瞳孔大小与识别对象的形状、运动等,其中目标亮度、背景亮度和视角大小对明亮感觉起很大作用,并对视功能产生决定性影响。其中目标亮度大小、背景亮度大小和视角大小是影响人们明亮感觉的主要因素,即要影响人们对亮度的感受,也就是说对视亮度产生影响。

1 视亮度

所谓视亮度就是人眼知觉一个区域所发射光的多寡的视觉属性^[1],它没有量纲。当实验区域无彩色时,可以用下式表示

$$B = C_t(a)L_t^\beta - B_0(L_b, a) \tag{1}$$

其中: $B_0(L_b, a) = C_t(a)[S_0(a) + S_1(a)L_b^\beta]$ 。

式中: B 为视亮度; L_t 和 L_b 分别为目标和背景亮度; $C_t(a)$ 、 $S_0(a)$ 和 $S_1(a)$ 均是系数,且是视角 a 的函数,具体值见表 1^[2]; β 是指数,且为 0.31 ± 0.03 。

表 1 $C_t(a)$ 、 $S_0(a)$ 、 $S_1(a)$ 和 $C_t(a)S_0(a)$ 、 $C_t(a)S_1(a)$ 、 $C_t(a)[1 - S_1(a)]$ 值

a	$C_t(a)$	$S_0(a)$	$S_1(a)$	$C_t(a)S_0(a)$	$C_t(a)S_1(a)$	$C_t(a)[1 - S_1(a)]$
10'	30.747	0.273 08	0.398 42	8.396 4	12.250 2	18.496 8
20'	27.971	0.201 32	0.355 57	5.631 1	9.945 6	18.025 4
30'	26.235	0.179 75	0.318 88	4.715 7	8.365 8	17.869 2
60'	23.973	0.131 33	0.265 78	3.148 4	6.371 5	17.601 5
90'	23.415	0.108 68	0.252 65	2.544 7	5.915 8	17.499 2
100'	23.128	0.074 73	0.249 43	1.728 4	5.768 8	17.359 2
120'	22.969	0.071 86	0.244 81	1.650 6	5.623 0	17.346 0

从表 1 中看出,当视角 a 大于 2° 时,(1)式中系数 $C_t(a)$ 、 $C_t(a)S_0(a)$ 和 $C_t(a)[1 - S_1(a)]$ 的值逐渐趋于稳定。

当目标视场较大、目标和其背景不易区别,即认为目标亮度和背景亮度相等($L_t = L_b$)时,由(1)式可得

$$B = C_t(a)[1 - S_1(a)]L_t^\beta - C_t(a)S_0(a) \tag{2}$$

由于视角 a 较大,由前面分析可知,可取 $a = 120'$ 相应值代入(2)式后得

• 收稿日期:2001-08-07

基金项目:重庆市市政管理委员会资助项目

作者简介:陈仲林(1944-),男,上海市人,教授,主要从事建筑光学研究。

$$B = 17.346 0L_t^{\beta} - 1.650 6 \quad (3)$$

令 $K_1=17.346 0, K_2=1.650 6$, 上式即可化成

$$B = K_1L_t^{\beta} - K_2 \quad (4)$$

(4) 式与 Stevens 定律^[3]

$$\Psi = k(L_t - L_0)^{\beta_1} \quad (5)$$

类似, 式中视亮度 Ψ 用布日尔 (bril) 单位表示, 1 bril 表示在暗适应状态和 $3.18 \times 10^{-3} \text{ cd/m}^2$ 的亮度刺激条件下所能看见的视亮度; L_t 是目标亮度; k 是系数, 且随适应水平变化; 指数 β_1 和光感觉阈值 L_0 均随适应水平变化。

对于 $L_t=L_b \geq 10 \text{ cd/m}^2$ 时, 当忽略(3)式中常数项后, 可把(3)式近似写成

$$B \approx 17.346 0L_t^{\beta} \quad \text{或} \quad B \approx K_1L_t^{\beta} \quad (6)$$

(6) 式与 Stevens 最简单的视亮度公式^[4]接近。

2 视亮度应用

2.1 视亮度差

同一个恒定亮度的表面, 分别放在不同背景亮度中, 我们会感到放在较暗的环境的恒定亮度的表面比放在较亮环境中感觉要亮一些。

如果亮度较大的背景亮度为 L_{b2} , 亮度较小的背景亮度为 L_{b1} , 那末对于相同目标亮度(均为 L_t) 的视亮度差由(1)式得

$$\Delta B_{b12} = C_r(\alpha)S_1(\alpha)(L_{b2}^{\beta} - L_{b1}^{\beta}) \quad (7)$$

从上式看出, 因为 $L_{b2} > L_{b1}$, 所以 $\Delta B_{b12} = B_1 - B_2 > 0$, 即同一亮度(L_t) 表面放在较暗背景 L_{b1} 比放在较亮背景 L_{b2} 上要亮一些, 且感觉到的视亮度差为 ΔB_{b12} 。

2.2 相关视亮度差与亮度对比

当目标亮度 L_t 和背景亮度 L_b 相等时, 测试区域视亮度由(1)式得

$$B(L_t = L_b) = C_r(\alpha)[1 - S_1(\alpha)]L_b^{\beta} - C_r(\alpha)S_0(\alpha) \quad (8)$$

令

$$B_b = B(L_t = L_b) \quad (9)$$

于是相关视亮度差 ΔB 可由(1)式和上式得

$$\Delta B = B - B_b = C_r(\alpha)(L_t - L_b) \quad (10)$$

众所周知, 视野中目标亮度 L_t 与背景亮度 L_b 的亮度对比为

$$c = \frac{L_t - L_b}{L_b} \quad (11)$$

则可得

$$\Delta B = C_r(\alpha)L_b^{\beta}[(1 + C)^{\beta} - 1] \quad (12)$$

当目标和背景的相关视亮度差 $\Delta B=0$ 和背景亮度不为 0 时, 由(12)式算得 $C=0$, 即 $L_t=L_b$, 所以导致目标和背景的视看明亮感觉一样, 因此, (12)式是符合客观实际视看情况的。

2.3 视觉评价

如何对视觉感觉进行直接评价呢? 虽然评价方法有很多, 但是采用视亮度比值是其中可直接将视觉量化的一种好方法。

如果把 B 等于零定义成黑暗水平 (black level), 对应的亮度为 $L_t(\text{cd/m}^2)$, 那末由(1)式可得:

$$L_t = L_n = [S_0(\alpha) + S_1(\alpha)L_b^{\beta}]^{1/\beta} \quad (13)$$

在不同的背景亮度 L_b 时, 预计的黑暗水平 L_t (如图 1^[5]所示) 与实测的黑暗水平非常吻合。

图 1 中 L_{DC} 是不舒适眩光极限, 它由下式^[7]确定

$$L_{DC} = 205L_b^{0.57} \quad (14)$$

把 $L_{DC}=L_t$ 代入(1)式中, 即可得到不舒适眩光极限对应的视亮度值 B_{DC} 。

对于光环境的视亮度值而言,应使之处在 $B > 0$ 至 $B < B_{LC}$ 范围内,此时,设某一场景的视亮度 B_1 是另一场景的视亮度 B_2 的两倍,即

$$B_1/B_2 = 2$$

那么某一场景的视觉明亮感觉就是另一场景的两倍。如果亮度之比(L_1/L_2)为2时,那么视觉亮度感觉之比并不是两倍,如表2所示,表2中视亮度由(1)式和表1算得。

从表2中看出,虽然在上述两例中目标亮度的比值相同,但是由于背景亮度的差别,导致了视亮度计算值及其比值的差别。

表2 不同亮度时视亮度比

L_1 (cd/m ²)	L_2 (cd/m ²)	L_1/L_2	L_{a1} (cd/m ²)	L_{a2} (cd/m ²)	B_1	B_2	B_1/B_2
200	100	2	50	50	98	75	1.3
200	100	2	200	100	88	71	1.2

当目标亮度和背景亮度均为 300 cd/m² 时,取 $\beta = 0.31$,则在 2° 视场中由(1)式算得视亮度为 100。

据对办公室和工业企业照明调查表明,感到满意的照度约在 1 000 Lx ~ 3 000 Lx 之间,中间值为 2 000 Lx。如果一般粉刷墙面光反射比取 $\rho = 0.5$ 考虑,则可估算出感到满意的亮度值约为 159 cd/m² ~ 477 cd/m²,中间值约为 300 cd/m²。当 $L_1 = L_2$ 时,由(3)式算得对应的视亮度值约为 82 ~ 116。由上可见,在上述场景条件下,人们感到满意的视亮度值约为 100 ± 20 范围内。

3 小结

视亮度比亮度更能正确地预测人们的明亮感觉效果,而且利用视亮度概念还可以定义亮度对比等,因此,视亮度是一个重要的概念,在实际中有广泛的应用前景。

参考文献:

- [1] JGJ/T 119—98,建筑照明术语标准·8[S].
- [2] H—W Bodmann Dipl Phys Dr Rer Nat. Elements of Photometry, Brightness and Visibility[J]. Lighting Research and Technology, 1992, 24(1): 29—42.
- [3] 日本照明学会编. 照明手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1985.
- [4] Peter Y. Ngai. The Relationship Between Luminance Uniformity and Brightness Perception[J]. Journal of Illuminating Engineering Society, 2000.
- [5] H—W Bodmann and M La Toison. Predicted Brightness—Luminance Phenomena[J]. Lighting Research and Technology, 1994, 26(3): 135—143.

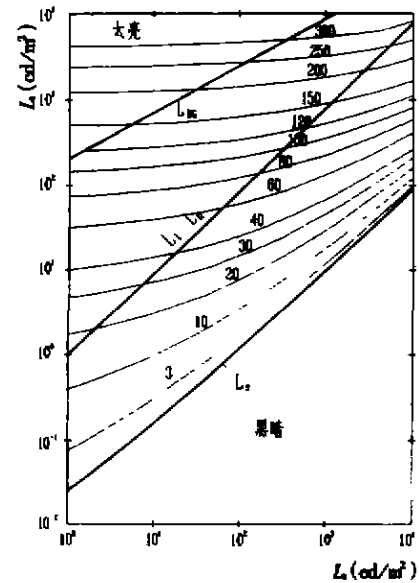


图1 在 2° 中等视亮度曲线

Brightness and Its Application

CHEN Zhong-lin, LIU Wei, YANG Chun-yu

(Faculty of Architecture and Urban Planning, Chongqing University, Chongqing 400045, China)

Abstract: This paper provides a conception of brightness and puts stress upon application of brightness to science of illuminating engineering and actual illuminating engineering.

Keywords: luminance; brightness; illuminating engineering