

视场亮度变化对视觉对比感受性的影响*

焦书兰 荆其诚 喻柏林

中国科学院心理研究所

前 言

人的视觉系统对一定视场亮度适应以后，视场亮度突然改变产生视觉的调整过程，表现为对比感受性的变化。这是生活实践中经常遇到的情形。比如，汽车司机突然从亮度较高的公路照明转向较暗的公路照明；仪表监视人员在看了暗的环境之后，突然阅读亮度高的仪表板；工厂的工人在注视了亮度高的对象之后，有时须将眼睛移向较暗的工作对象。所有上述情况对视觉感受性造成的影响，我们称为过渡适应效果。

工业实际照明条件常出现两种情况：

(1) 工作者在稳定注视较高亮度视场中的工作对象后，有时须将眼睛转向较低亮度视场中的工作对象，然后再返回观察较高亮度视场的工作对象。由于视场亮度不同，产生了过渡适应效果，而造成视觉感受性的降低。我们称这一过渡适应效果为亮——暗——亮视觉反应。

(2) 工作者在稳定注视较高亮度视场的对象后，有时需观察另一较低亮度视场的对象。我们称这一过渡适应效果为亮——暗视觉效应。

本研究是根据我国照明设计的具体情况，研究亮——暗——亮和亮——暗两种视觉效应所导致的视觉感受性的损失。目的在于找出在上述情况下保持良好视觉感受性的视场亮度比例关系。

实 验 方 法

实验在 $2.25 \times 5.58 \times 1.7$ 米木板制小室内进行，小室四面墙壁、地板均用白纸裱糊，并粉刷白色涂料，小室顶棚布置有不同功率 (100、60、20、15W) 的白炽灯共33支。在白炽灯下面距顶棚 35cm 处安装透明有机玻璃格栅，以使室内照明均匀。（见图1）照明电源由稳压装置控制。小室顶棚的一般照明，作为过渡适应视场亮度照明 (L_i)，小室的一侧墙壁上是被试观察的视场，视场正中距地面 1.2 米亮度是呈现刺激的快门。在小室内被试座位的左后侧安放一台功率为 300W 的幻灯机，投射到一面积为 $22\text{cm} \times 34\text{cm}$ 的白色视场上，作为辅助亮度 (ΔL_i) 照明，叠加在过渡适应视场上，而形成被试观察的固

* 本研究是国家建委主办工业企业照明标准编制组的研究项目之一，研究工作得到建筑科学研究院物理所的大力支持和帮助，特此致谢。

定视场亮度 ($L_i + \Delta L_i$)。辅助亮度 (ΔL_i) 照明由调压器控制，以改变视场的亮度比例。

本实验用两种固定的视场亮度 ($L_i + \Delta L_i$) 即 $326\text{cd}/\text{m}^2$ 和 $78\text{cd}/\text{m}^2$ ，分别配合以五种不同的过渡适应的视场亮度。

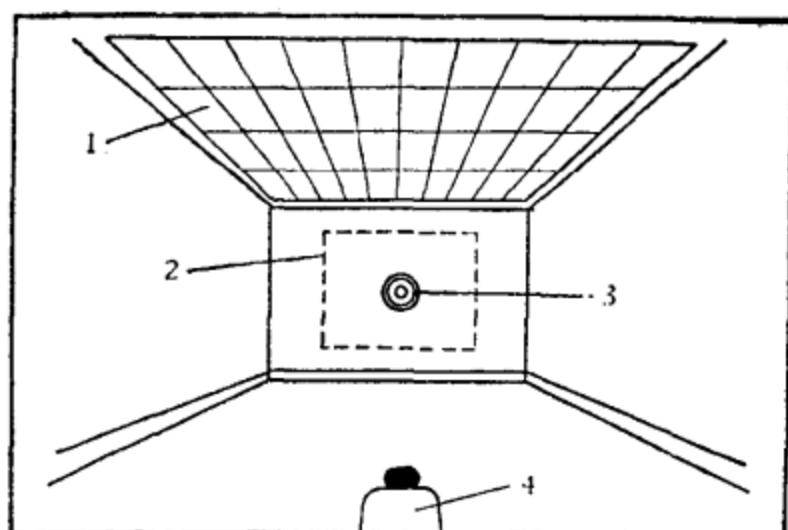


图 1 实验条件示意图

1——一般照明 (L) 2——混合照明视场 ($L_i + \Delta L_i$)
3——快门 4——被试观察位置

固定视场亮度 ($L_i + \Delta L_i$) cd/m^2	过渡适应的视场 亮度 Lcd/m^2	两种视场亮度 比例 ($L_i + \Delta L_i/L_i$)
326	326	1
	33	10
	16	20
	6.5	50
	3.4	100
78	78	1
	7.8	10
	4	20
	1.6	50
	0.8	100

主试在小室外面控制亮度比例，及呈现刺激物，被试者坐在小室内，眼睛距快门 80cm，眼睛与快门在同一水平线上。快门呈现时间 0.6 秒。刺激物为白背景 ($P = 0.82$) 上不同灰度的兰道环视标，兰道环与背景形成不同的对比值。兰道环开口与眼睛成 4 分视角。按下式计算对比值：

$$C = \frac{L_{\text{高}} - L_{\text{低}}}{L_{\text{高}}}$$

式中 C 为对比值， $L_{\text{高}}$ 为高亮度（背景亮度）， $L_{\text{低}}$ 为低亮度（兰道环亮度），兰道环与背景的对比如下：

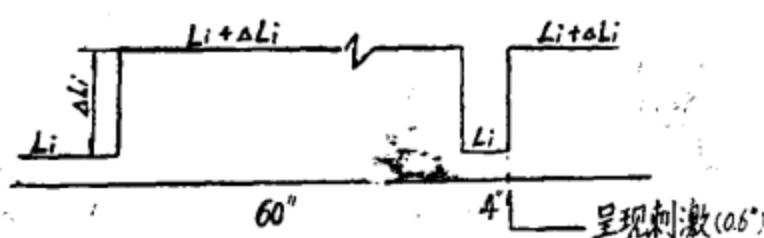
0.92	0.50	0.45	0.34	0.22	0.14
0.09	0.07	0.05	0.02		

共九名被试参加实验，年龄 20—30 岁，被试经过视力和色盲检查，单眼视力为 1.0—1.5，双眼视力 > 1.0，颜色视觉正常。被试是机械加工，印刷等行业工人，青年学生及干部。

实验步骤及结果

（一）亮—暗—亮视觉效应实验步骤及结果

实验是对每一被试单独进行的。实验前经过充分的练习和光适应。然后被试首先注视固定视场亮度 ($L_i + \Delta L_i$) 1 分钟，而后关闭辅助亮度 (ΔL_i) 照明，注视过渡适应视场亮度 (L_i) 4 秒钟，再开辅助亮度 (ΔL_i) 照明，使亮度恢复到 ($L_i + \Delta L_i$)，与此同时呈现视标 0.6 秒，如示意图：



这在实际照明条件下，相当于工作者由固定注视较高亮度视场转向较暗亮度视场，然后又返回观看较高亮度视场中的工作对象。

在实验中通过不同对比的视标检查过渡适应的影响。每一种对比的视标按上、下、左、右四个方向随机呈现12次，要求被试回答兰道环的开口方向。每种亮度比例的实验都以同样的步骤进行。

在每种亮度比例条件下，都以观察者对不同对比视标识别机率达到 $P = 100$ （即上、下、左、右四个方向全部辨认正确时作为能辨认的最小对比值。分别求出在两种固定视场亮度($326\text{cd}/\text{m}^2$, $78\text{cd}/\text{m}^2$)不同亮度比例下，九名观察者的平均最小对比值，见表1、2。将被试在注视固定视场亮度时（在表1和表2用亮度比例为1:1表示）所能辨认的最小对比值的倒数作为观察者的对比感受性，并把它定为100，而得出相对对比感受性，进而推导出在其他亮度比例条件下，相对对比感受性下降的百分数（见图1）。对图1进行单对数曲线的统计处理得出亮度比例(R)与相对对比感受性之间的简单函数关系：

$$R_{cs} = 97.4 - 31.8 \log R$$

式中 R_{cs} 代表相对对比感受性， R 代表亮度比例($L_i + \Delta L_i / L_i$)

表 1 亮-暗-亮视觉效应实验结果数据

	$L_i + \Delta L_i / L_i$	1:1	10:1	20:1	50:1	100:1
最小对比值 被试	$L_i^{(1)}$	326	33	16	6.5	3.4
1	0.02	0.07	0.09	0.09	0.09	
2	0.05	0.05	0.07	0.09	0.14	
3	0.05	0.07	0.09	0.09	0.14	
4	0.05	0.07	0.14	0.14	0.14	
5	0.05	0.07	0.09	0.14	0.14	
6	0.05	0.07	0.09	0.09	0.09	
7	0.05	0.05	0.09	0.09	0.14	
8	0.05	0.09	0.14	0.14	0.09	
9	0.05	0.09	0.09	0.09	0.14	
ΣX	0.42	0.63	0.89	0.96	1.11	
平均最小对比值	0.047	0.07	0.099	0.107	0.123	
相对对比感受性	100%	67%	47%	44%	38%	

¹⁾ L_i 改为 $L_i(\text{cd}/\text{m}^2)$

表 2 亮-暗-亮视觉效应实验结果数据

最小对比值 被试	$Li + \Delta Li / Li$	1:1	10:1	20:1	50:1	100:1
		78	7.8	4	1.6	0.8 cd/m ²
1	0.05	0.07	0.09	0.14	0.14	
2	0.05	0.07	0.07	0.09	0.09	
3	0.05	0.07	0.09	0.09	0.09	
4	0.05	0.14	0.14	0.22	0.22	
5	0.05	0.09	0.14	0.14	0.14	
6	0.05	0.05	0.07	0.07	0.09	
7	0.05	0.05	0.07	0.14	0.14	
8	0.07	0.07	0.09	0.14	0.14	
9	0.07	0.09	0.14	0.14	0.14	
ΣX	0.49	0.70	0.90	1.17	1.19	
平均最小对比值	0.054	0.078	0.10	0.13	0.13	
相对对比感受性	100%	69%	54%	41.5%	41.5%	

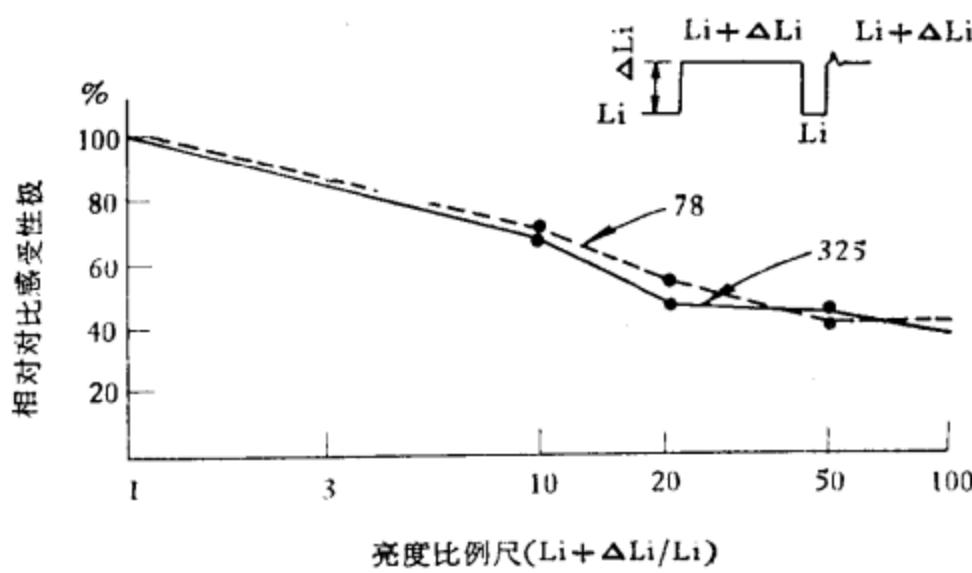
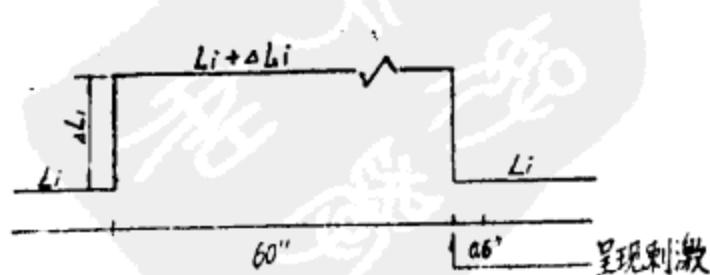
① Li 改为 Li(cd/m²)

图 1 亮-暗-亮视觉效应实验

(二) 亮-暗视觉效应实验步骤和结果

实验前的准备工作与(一)相同。被试先注视较高亮度的视场 ($Li + \Delta Li$) 1 分钟, 然后关闭辅助亮度 (ΔLi) 照明, 只留下过渡适应视场亮度 (Li) 照明, 与此同时呈现视标 0.6 秒, 见示意图:



此实验条件, 相当在实际照明环境中, 工作者注视较高亮度的对象后, 转看具有较低亮度的对象。实验同样是通过视标检查过渡适应的影响, 方法同实验(一), 实验结果见表 3, 4, 图 2。

表 3 亮-暗视觉效应实验结果数据

最小对比值 被试	$Li + \Delta Li / Li$	1:1	10:1	20:1	50:1	100:1
	Li ¹⁾	326	33	16	6.5	3.4
1	0.02	0.05	0.05	0.07	0.09	
2	0.05	0.05	0.05	0.07	0.14	
3	0.05	0.05	0.09	0.14	0.14	
4	0.05	0.09	0.14	0.14	0.14	
5	0.05	0.07	0.09	0.09	0.14	
6	0.05	0.05	0.05	0.09	0.09	
7	0.05	0.05	0.07	0.14	0.14	
8	0.05	0.07	0.09	0.09	0.14	
9	0.05	0.05	0.09	0.14	0.14	
ΣX	0.42	0.53	0.72	0.97	1.16	
平均最小对比值	0.047	0.059	0.08	0.108	0.129	
相对对比感受性	100%	79.7%	58.8%	43.5%	36.4%	

表 4 亮-暗视觉效应实验结果数据

最小对比值 被试	$Li + \Delta Li / Li$	1:1	10:1	20:1	50:1	100:1
	Li ¹⁾	78	7.8	4	1.6	0.8
1	0.05	0.07	0.07	0.14	0.22	
2	0.05	0.07	0.14	0.14	0.14	
3	0.05	0.09	0.14	0.14	0.22	
4	0.14	0.14	0.22	0.34	0.45	
5	0.05	0.09	0.14	0.14	0.22	
6	0.05	0.07	0.14	0.14	0.14	
7	0.05	0.14	0.09	0.14	0.22	
8	0.07	0.14	0.14	0.22	0.34	
9	0.07	0.09	0.14	0.14	0.14	
ΣX	0.58	0.90	1.22	1.54	2.09	
平均最小对比值	0.064	0.10	0.14	0.17	0.23	
相对对比感受性	100%	64%	46%	38%	28%	

¹⁾ Li 改为 $Li (cd/m^2)$

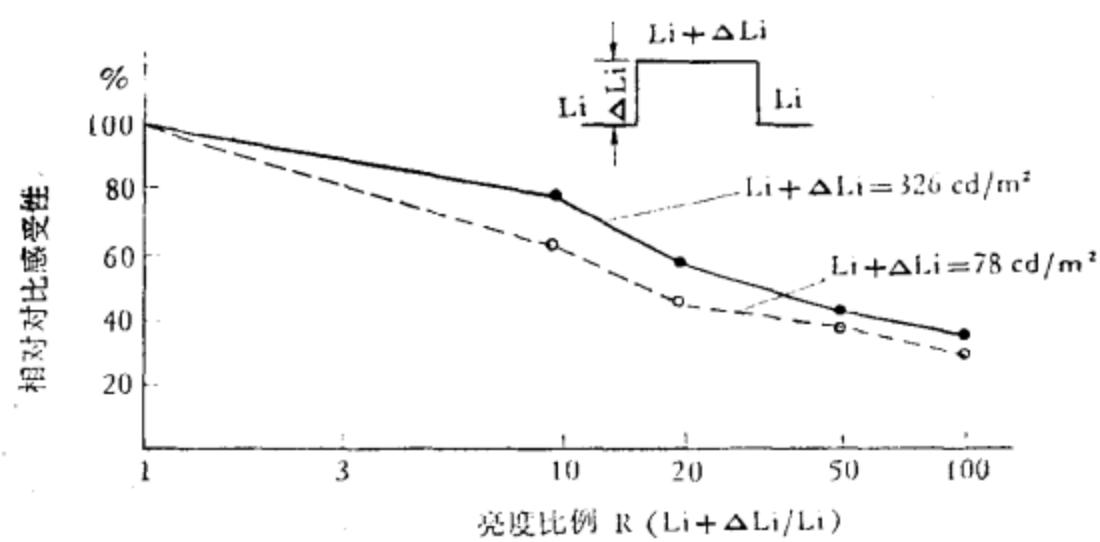


图 2 亮-暗视觉效应实验

为了进一步分析注视较高亮度视场后，转看较低亮度视场的工作对象，对对比感受性的影响。我们先测出分别适应四种亮度水平 (L_1, L_2, L_3, L_4) 10—15分钟之后，九名被试的平均最小对比值。然后测量被试者在注视较高亮度视场 ($Li + \Delta Li$) 一分钟后，再分别转向 L_1, L_2, L_3, L_4 亮度水平时的平均最小对比值，这两种实验条件下最小对比值的提高，则为亮—暗过渡适应所造成的对比感受性的降低。本实验结果见表 5，图 3。

表 5 亮-暗视觉效应实验结果数据

被试	最小对比值 Li ^a	$Li + \Delta Li / Li$					100:1 ↓ 0.8
		10:1 ↓ 7.8	20:1 ↓ 4	50:1 ↓ 1.6	100:1 ↓ 0.8		
1	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.14	0.14
2	0.05	0.07	0.09	0.14	0.09	0.14	0.09
3	0.05	0.09	0.09	0.14	0.14	0.14	0.14
4	0.14	0.14	0.14	0.22	0.14	0.34	0.14
5	0.07	0.09	0.09	0.14	0.09	0.14	0.14
6	0.05	0.07	0.07	0.14	0.09	0.14	0.09
7	0.07	0.14	0.09	0.09	0.09	0.14	0.14
8	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.22	0.34
9	0.07	0.09	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
ΣX	0.71	0.90	0.92	1.22	0.99	1.54	1.24
平均最小对比值	0.079	0.10	0.10	0.14	0.11	0.17	0.14
对比感受性	12.5	10	10	7	9	6	4

^a Li 改为 $Li(\text{cd}/\text{m}^2)$

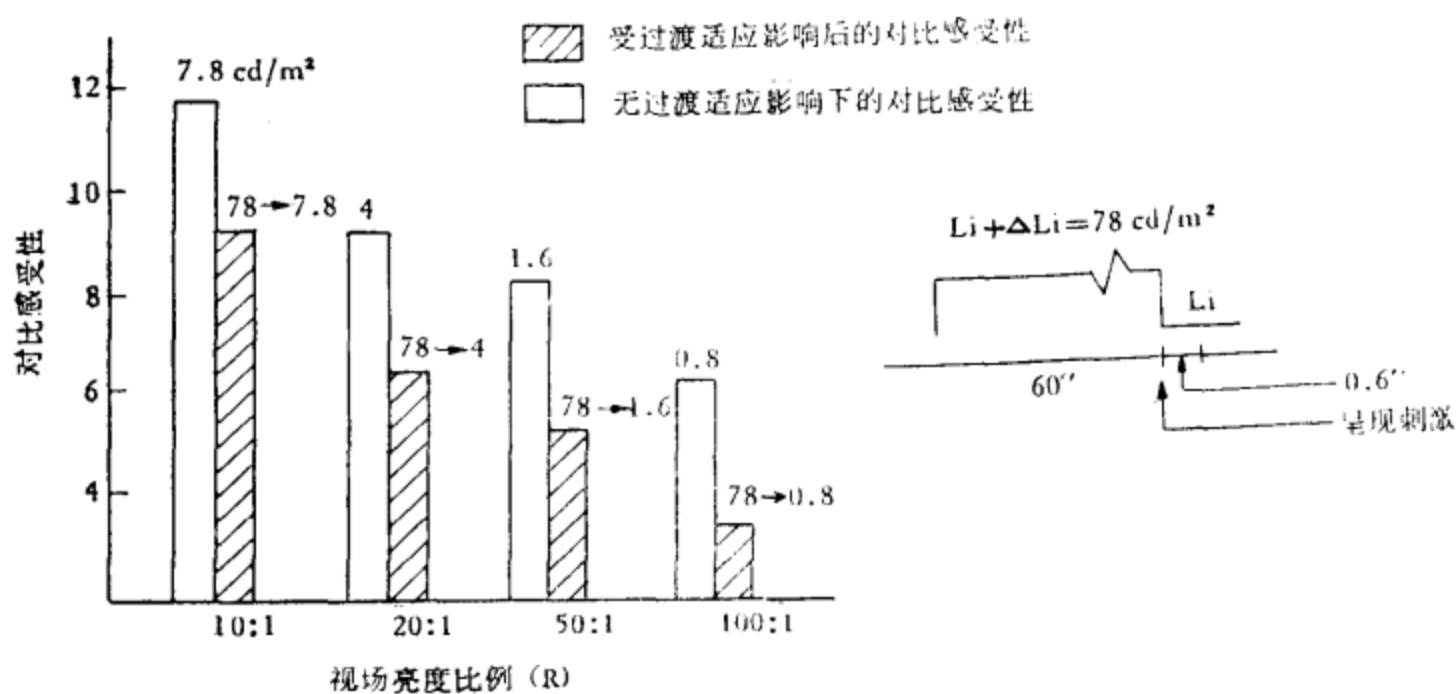


图3 亮-暗过渡适应所造成的对比感受性的降低

讨 论

在亮一暗一亮和亮一暗视觉效应实验中，当照明条件对被试所观察的不同视场提供相同亮度水平时，(不同视场的亮度比例为1:1)没有过渡适应的影响。因此，视觉效果最好。图1表明，若以不同视场亮度比例为1:1时的相对对比感受性作为100，随着亮度比例的增大，由于过渡适应效果影响，相对对比感受性逐步下降。在两种固定注视的视场亮度($326\text{cd}/\text{m}^2$, $78\text{cd}/\text{m}^2$)条件下，亮度比例为10:1时，相对对比感受性约为亮度比例1:1的70%左右；20:1时，约近似于50%。根据视功能实验结果⁽¹⁾，对比感受性(视功能)每增加一倍，能见度也增加一倍($\times 2$)。若相对对比感受性等于100%时，能见度为2(辨别机率 $p = 95\text{--}100\%$)；相对对比感受性等于50%时，能见度为1(辨别机率 $p = 50\%$)，即视觉辨认阈限，因此在确定不同视场的亮度比例时，不能使相对对比感受性低于50%。

因此，根据亮一暗一亮和亮一暗视觉效应实验，我们可得出几点结论：

1. 根据图1、2可看出，注视的固定视场亮度为($326\text{cd}/\text{m}^2$)和($78\text{cd}/\text{m}^2$)两种条件下，视场亮度无论是从高到低或从低到高变化，不同视场的亮度比例均不应大于20:1。
2. 同时从图1亮一暗一亮视觉效应实验可看出，对比感受性的降低程度，并不依赖于绝对亮度值，而依赖于亮度比例。随着亮度比例的增大逐渐下降。
3. 从表5，图3亮一暗视觉效应的实验结果表明，在两种情况下，(一种情况，眼睛只在 L_i 亮度下进行辨认；另一种情况，眼睛先注视 $(L_i + \Delta L_i)$ 的视场亮度，然后在同一 L_i 亮度水平下进行辨认)同一亮度水平辨认不同对比兰道环时，由于眼睛对亮度的预先适应状态不同，而造成在上述两种情况下，无过渡适应影响下的对比感受性与受过渡适应影响后的对比感受性相比较，后者有显著的下降。这更有力的证明了过渡适应本身的影响。

参 考 文 献

- (1) Marsden, A. M. Visual performance CIE style. Light and Lighting, April, 1972
- (2) Boynton, R. M. Visibility losses produced by transient adaptational changes in the range from 0.4 to 4000 foot lanberts. Illuminating Engineering 64, 217—227, 1969
- (3) A unified framework of methods for evaluating visual performance aspects of lighting. CIE Publication No.19 (TC-3.1), 1972

CHANGES IN LUMINANCE OF VISUAL FIELD AND CONTRAST SENSITIVITY

JIAO SHU-IAN CHING CHI-CHENG YU BO-LIN

After prolonged observation of a visual task visual performance is affected by sudden changes in luminance level of the visual field. Contrast sensitivity decreases with increase in the ratio of the two luminance levels and is independent of their absolute values. The experiment used 5 ratios of luminance changes of the visual field: 1:1, 1:10, 1:20, 1:50 and 1:100. Contrast sensitivity is greatest when the ratio is 1:1, and falling to 50% of the original when the ratio reaches 1:20. If the former is arbitrarily set to be 100% seeing probability, then the latter would be 50% seeing probability which is the threshold for visual discrimination. It is recommended that in designing actual lighting environments changes in luminance ratio of the visual field should not exceed 1:20.



触摸方式与触觉长度知觉*

王更生

北京大学心理学系

问 题

触觉长度知觉是触觉的重要空间功能，它在大小知觉中是一个基本因素。触觉长度知觉和面积、体积知觉等一样，经常通过不同方式的触摸动作而实现，主要属于主动触觉。在现实生活中，这些常见的触摸方式有：①以手掌或手指沿着物体表面从一端摸到另一端；②用拇指和食指或中指夹住物体两侧并触摸；③将短小的物体放在手心，合拢手指加以辨别；④用手指作为尺子（指尺）来丈量，等等。这些不同的触摸方式显示出触摸动作的多样性。

在实验研究中，长期以来通常采用上述前两种触摸方式。在一般触觉长度辨别实验中较多地采用上述第二种方式（如 Langfeld⁽¹⁾、Gaydos⁽⁸⁾、Stevens 和 Stone⁽¹³⁾、Dietze⁽⁵⁾等）。在研究影响触觉长度知觉的因素（速度、方位等）时较多地采用上述第一种方式（如 Abel⁽²⁾、Sckramlik⁽¹²⁾、Reid⁽¹¹⁾、Cheng⁽³⁾等）。这种触摸动作的差别逐渐引起研究者的注意。Dietze 曾经指出，由于实验方法不同而带来的触摸动作的差异，可以导致长度辨别的不同的实验结果，并达到统计学的显著水平。Hohmuth 等⁽⁹⁾发现，在长度辨别实验中，分别以上述前两种触摸方式感知标准长度，而都用视觉来选取与之相等的长度，实验结果是不一致的，在第二种触摸方式下选取的长度小于第一种触摸方式。不同的触摸方式为什么能导致不同的结果，触摸方式对触觉长度知觉究竟起什么作用以及如何起作用的，这些问题都还没有得到研究。

应当指出，在一些触摸方式之间是存在着根本差别的，例如，上述第一种触摸方式是平面上的度量，甚至可用一个手指来进行；第二种触摸方式是立体上的度量，必须以两个手指来进行。因此，我们设想，触摸方式影响到长度知觉信息的接收和编码，从而影响到整个长度知觉过程。从这个角度来看，触摸方式在触觉长度知觉中的作用是研究触觉长度知觉的出发点，对揭露触觉长度知觉的机制和进行触觉的模拟都是重要的。

本文初步探讨不同的触摸方式作为标准刺激和变异刺激的呈现方式对触觉长度知觉的作用及其与一些因素的关系，以求进一步了解触觉长度知觉的机制。

* 严康慧、韩凯同志参加本工作，王福江同志帮助制作实验仪器。