

照度变化对视觉辨认的影响*

喻柏林 焦书兰 荆其诚 陈永明

中国科学院心理研究所

前言

近年来,关于工业企业和民用照明视觉功能的探讨逐渐多起来,这方面的研究对于制定照度标准和保护视力有着现实意义。我国过去的研究虽获得不少有益结果,但大多是在一般照明环境中、照度一般在几百勒克斯以下,以阅读视力表作为视觉功能指标。本研究是在比较严格控制的近似等效球照度的实验条件下,在1.7—2160 Lux 照度范围内,控制观察时间,探讨照度变化对视觉辨认的影响。此外,我们还研究了两种背景(亮和暗)对视觉辨认的影响。

实验一 照度对视敏度的影响

(一) 实验方法

1. 仪器与实验条件 实验在 $2.25 \times 2.58 \times 1.7M$ 木制小室内进行^[1]。小室的六面屋壁均为白色。在小室的一面屋壁上,距地面 1.2 M 是一个直径为 4.2 cm 的呈现视标的快门,快门的扇片是白色。小屋顶棚布置 31 支不同功率的白炽灯。照明电源用稳压装置,照度可在 1—2500 Lux 范围内用开关灯的盏数来调节。在照明器的下部安装透明塑料格栅,以使室内照度均匀。实验用照度等级为 1.7、10、60、360 和 2160 Lux。在观察视场中心、呈现视标处测量照度值。使用 AEG/UMZ 型照度计测量照度。照度计有颜色校正和余弦校正装置。

实验者在小室外边,控制小室内照度、呈现视标和记录观察者的报告。

2. 视标 视标是用照相放大方法洗印在无光泽纸片上的蓝道环。蓝道环开口尺寸对眼睛形成 8 种视角: 0.5、0.67、0.83、1.00、1.25、2.00、4.00 和 10.00 分。视标的亮度对比分为两种情况: 大对比视标(黑环/白背景)环反射率 $\rho = 6.2\%$, 白背景 $\rho = 82\%$, 对比值 $C = 0.92$; 小对比视标(灰环/白背景)灰环 ρ 在 70.5% 至 73% 范围内变化,白背景 $\rho = 82\%$, 对比值 $C = 0.11—0.14$ 。对比值计算公式一律采用:

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

式中 C 为对比, L 为亮度。

* 本研究是“全国工业企业采光和照明标准”编制组工作的一部分,曾得到建筑科学研究院物理所光学室大力协助,深表感谢。

3. 实验步骤 对每一观察者单独进行实验。每次实验前,观察者在小室内的实验照度下适应 15 分钟。实验时观察者坐在小室内,下颚托在支架上,眼睛距快门 1 M,双眼观察经由快门呈现的视标。呈现时间定为 0.6 秒。实验者按事先安排的上、下、左、右四个开口方向随机呈现视标。每一方向呈现 3 次,共 12 次。每次呈现后要求观察者报告环的开口方向。每一观察者试验 5 种照度下的 8 种视角的视标。

共 20 名观察者参加实验。男女各半。年龄 20—35 岁。观察者经过视力和色盲检查。单眼视力 1.0—1.5, 双眼视力 > 1.0。颜色视觉正常。观察者是机械加工、工艺美术、印刷、纺织等工业的工人。

(二) 实验结果

由于观察者在反应过程中,在四个开口方向中有 1/4 正确反应的偶然性,所以处理结果时采用如下计算式对偶然机率作了校正:

$$\frac{\text{正确反应次数} - 3}{12 - 3} \times 100 = \text{正确反应机率}(\%)$$

采用 100% 辨认机率作为正确辨认标准。统计每一观察者在每一实验照度下、100% 正确辨认的视角值。然后取 20 人平均视角值。大对比的实验结果见表 1、图 1。再取视角的倒数变换为视敏度,见图 2。从图 2 可知,视敏度随着照度的增加而提高,视敏度是照度的函数。小对比实验结果见表 2、图 3。从图 1 和图 3 视角与照度关系曲线来看,无论在大对比或小对比情况下,两者有着共同的变化趋势。视角愈大,要求的照度愈低;视角

表 1 大对比实验结果(黑环/白背景视标,观察者 20 人)

辨认结果 \ 照度 Lux	1.7	10	60	360	2160
平均视角(分)	1.42	0.81	0.69	0.58	0.53
(标准误差)	0.11	0.03	0.02	0.02	0.01
视敏度	(0.70)	(1.23)	(1.45)	(1.72)	(1.89)

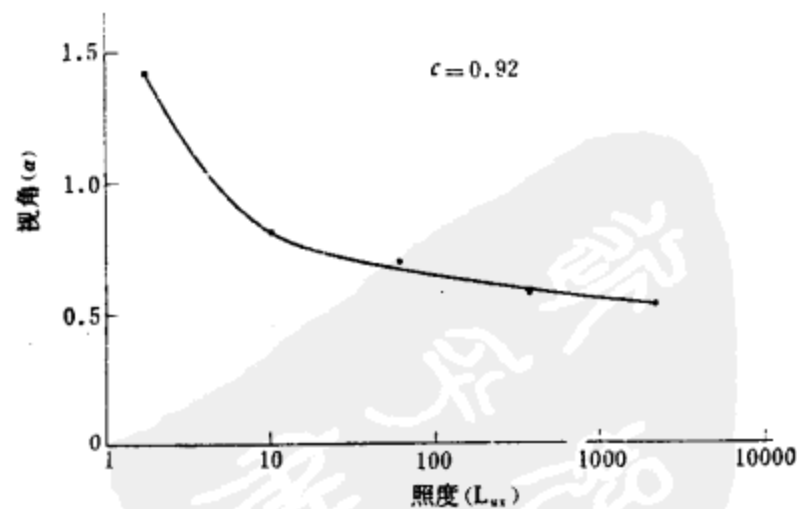


图 1 视角与照度关系图

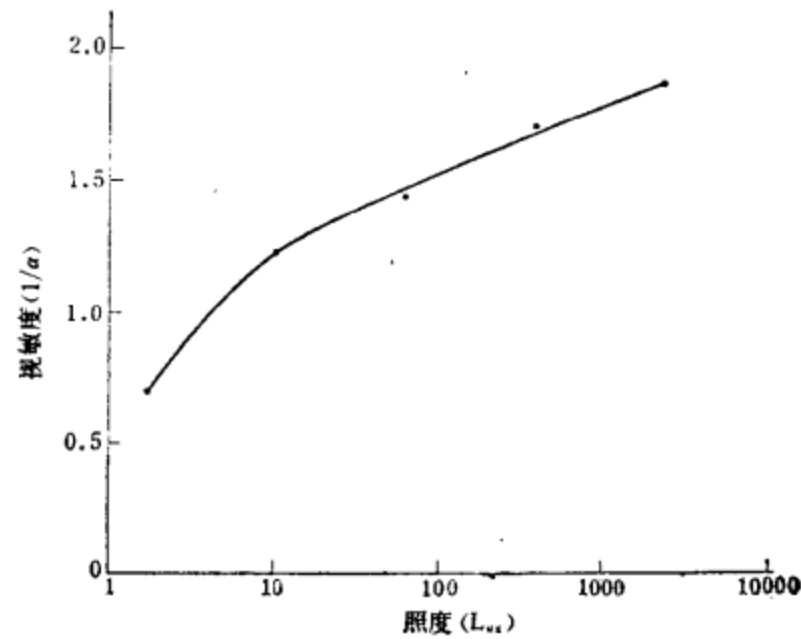


图 2 视敏度与照度关系图

表 2 小对比实验结果(灰环/白背景视标, 观察者 20 人)

照度 Lux	1.7	10	60	360	2160
辨认结果					
平均视角(分)	9.10	3.80	2.70	1.32	0.93
(标准误差)	(0.48)	(0.13)	(0.28)	(0.21)	(0.06)

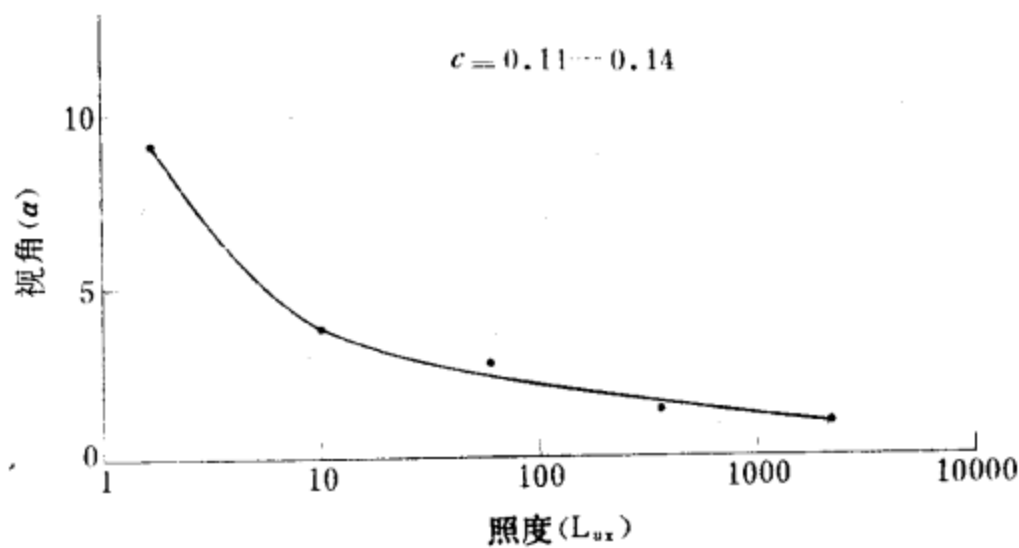


图 3 视角与照度关系图

愈小,要求的照度愈高。视角递减时,照度发生递增变化。而且,视角递减速度低于照度递增速度。换言之,照度一个大的正增量才对应视角一个小的负增量;而且,小视角和大视角在纵坐标上若发生同样变化,则照度在横坐标上分别引起的增量相差甚大,前者大大高于后者。此现象可称为照明“收效递减律”。

实验二 黑白背景对视觉辨认的影响

(一) 实验方法

本实验方法与实验一的基本相同,只是所用视标不同。仅用实验一的五种视角:0.67、1.00、2.00、4.00和10.00分。视标改为白蓝道环黑背景。白环反射率仍为82%,黑背景反射率仍为6.2%,所以对比值 C 仍为0.92。

呈现这种黑背景白环时,用一块52.5 cm × 70 cm黑纸贴在小室呈现刺激的屋壁上,构成(30° × 40°)视角的黑色背景视场。在黑色视场中心是一黑色快门。

观察者是实验一中的18名。

(二) 实验结果

处理结果的方法与实验一的相同。将本实验18名观察者的黑背景结果与他们参加实验一的白背景结果作比较。见表3和图4。实验结果表明,在相同照度、相同对比情况

表3 白黑背景视标实验结果(观察者18人)

照度 Lux	1.7		10		60		360		2160	
	黑环/白背景	白环/黑背景	黑环/白背景	白环/黑背景	黑环/白背景	白环/黑背景	黑环/白背景	白环/黑背景	黑环/白背景	白环/黑背景
平均视角(分)	1.47	1.72	0.81	0.95	0.69	0.77	0.58	0.63	0.53	0.58
(标准误差)	(0.11)	(0.21)	(0.03)	(0.06)	(0.02)	(0.03)	(0.02)	(0.04)	(0.02)	(0.02)
视敏度	0.70	0.60	1.23	1.05	1.45	1.30	1.72	1.59	1.89	1.72

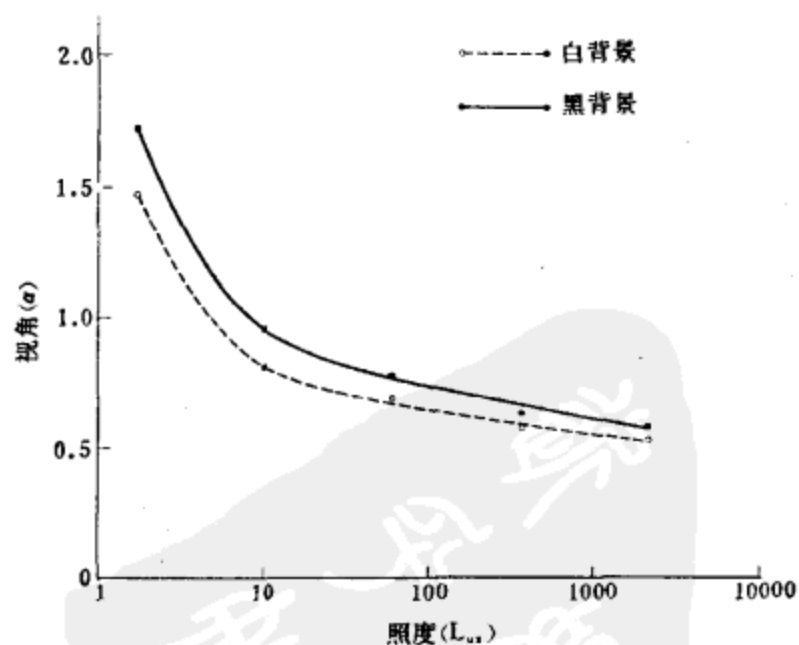


图4 不同背景对视角辨认的影响

下, 辨认黑背景的视角要大于辨认白背景的视角, 说明深色背景对视觉辨认有不利影响。两者差别显著, $F_{(1,17)} = 15.8, P < 0.001$ 。

讨 论

1. 实验一所揭示的照明“收效递减律”对于制定照度标准有实际意义。制定照度标准时, 可以按物件细节的尺寸(视角)划分视觉工作等级, 并依此规定不同的照度。因为物件细节尺寸代表加工对象的精细程度, 愈精细的视觉工作要求的照度愈高。根据照明“收效递减律”, 在物件细节的分级上, 小尺寸分级应较细; 大尺寸的分级应较粗。采取这样的分级方法便于针对不同尺寸的视觉工作规定合理的照度。

2. 为了与国内外相近对比的同类研究^[1,2,5]作比较, 我们绘制出视敏度与照度关系图, 见图 5。本研究所得视敏度曲线在照度为 75Lux 时, 视敏度是 1.5; 照度为 2160Lux 时, 视敏度达 1.89, 此时曲线仍有上升的趋势, 也就是说, 随着照度的继续增高, 视敏度还可提高。从图 5 可知, 本研究的结果高于同类研究的结果。造成这种情况的原因可能是本实

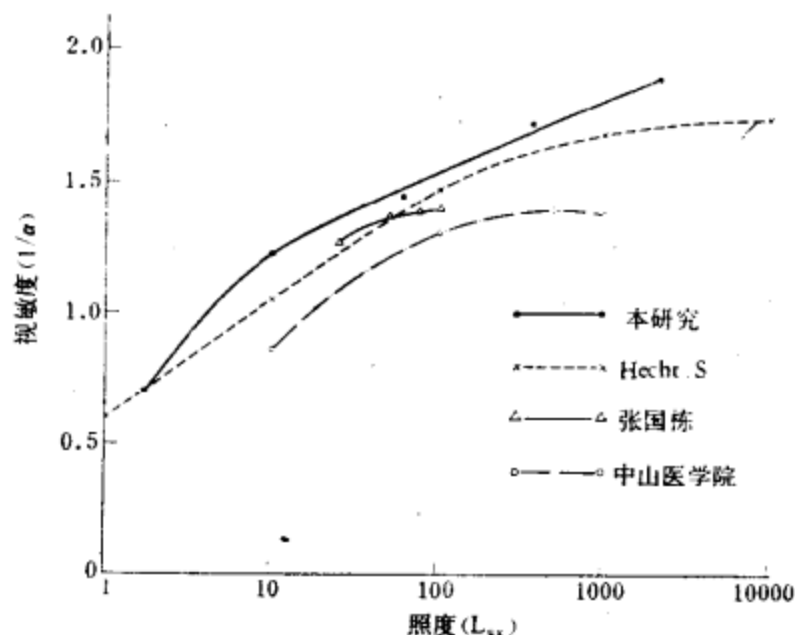


图 5 视敏度与照度关系图

验观察者年龄偏低(20—30岁), 视力都高于 1.0, 少数观察者甚至高于 1.5。此外, 本实验小室的照明条件近似积分球内的均匀扩散光。视标对比也较大。

3. 实验二研究了亮背景和暗背景对视觉辨认的影响。在亮(白)背景上的暗刺激物, 视觉研究中也称正对比; 在暗(黑)背景上的亮刺激物也称反对比。前人^[3]对于正对比和反对比的优劣问题没有定论, 随观察条件而变化。我们的研究表明, 在相同照度、相同高对比下, 黑背景的视觉效果不如白背景。本实验所用深色背景面积较小($30^\circ \times 40^\circ$ 视角), 它已表现出对视觉效果的不利影响。可以设想, 在较大面积的低亮度环境下, 其不利影响可能还会更显著一些。因而在规定照度标准时, 对于低反射率的工作场所应酌情提高照度。

4. 当我们把实验二的白黑背景都考虑为均匀漫射表面时, 它们的背景亮度分别为:

$$L_{\text{白}} = \rho_{\text{白}} \cdot E$$

$$L_{\text{黑}} = \rho_{\text{黑}} \cdot E$$

在这里照度 E 是相等的。那么, $L_{\text{白}}/\rho_{\text{白}} = L_{\text{黑}}/\rho_{\text{黑}}$

$$\text{即} \quad \frac{L_{\text{白}}}{L_{\text{黑}}} = \frac{\rho_{\text{白}}}{\rho_{\text{黑}}} = \frac{0.82}{0.062} = 13.23 \doteq 13$$

也就是, 白黑背景的亮度之比为 13:1。白背景的亮度高于黑背景的十三倍之多! 这可能是白背景视标视觉效果优于黑背景的一个原因。但是两种背景视标的视觉效果之差, 若以表 3 中的视敏度为指标, 白背景视标与黑背景视标之比为 1.11¹⁾:1。两者视觉效果所表现的差异远远小于它们背景亮度之差。可见, 人眼对不同背景图形的辨认能力虽受背景亮度的影响, 但这种影响还是有限的。在这里高对比可能起着补偿低背景亮度的不利作用。因为黑背景视标与白背景视标有同样的高对比, 尽管黑背景视标的背景亮度低于白背景十三倍, 但由于高对比这个有利条件, 使黑背景的视觉效果并不低于白背景十三倍。是否可以认为, 人眼对不同背景图形的辨认能力不完全取决于背景亮度的绝对值, 而是与背景和图形的亮度对比有很密切关系。这一问题尚可继续研究。

小 结

1. 无论在大对比或小对比情况下, 视角是照度的函数。随着照度的增高, 视觉的改善渐趋减少——照明“收效递减律”。此规律应用于制定照度标准的视觉工作分级时, 对小尺寸视觉工作分级应较细; 大尺寸分级应较粗。这样有利于提高精细工作的照度和节约用电。

2. 在相同照度和相同高对比情况下, 暗背景视标的视觉效果不如亮背景视标。因而, 在规定照度标准时, 对于低反射率工作场所应酌情提高照度。

参 考 文 献

- [1] 中山医学院物理教研组光学研究小组: 照度、对比、检距对用两种视力表检查视力的影响, 中华眼科杂志, 11卷, 2期, 1964
- [2] 张国栋、任少珍: 自然光、荧光灯和白炽灯在不同照度下对学生视觉功能影响的研究, 中华卫生杂志, 9卷, 4期, 1964
- [3] 洛莫夫: 工程心理学概论, 科学出版社, 1965
- [4] 焦书兰、喻柏林、荆其诚: 视场亮度变化对视觉对比感受性的影响, 心理学报, 1期, 1979
- [5] Hecht, S.; Vision II. The nature of the photoreceptor process. Handbook of General Experimental Psychology. C. Murchison, ed., 704—828, Clark Univ. Press, 1934

EFFECT OF CHANGE OF ILLUMINATION ON VISUAL DISCRIMINATION

Yü Bo-lin, Jiao Shu-lan, Ching Chi-cheng, Chen Yong-ming
(Institute of Psychology, Academia Sinica)

20 subjects were tested with Landolt ring tasks under condition similar to equivalent sphere illumination. The sizes of the rings were 0.5'—10.0' in eight steps of

1) 1.11 是两者在同一照度下视敏度之比的平均值。

visual angle, illumination range was 1.7—2160 lux. It was found that visual angle for correct discrimination is a function of illumination and that with further increase in illumination there is a slowing down in improvement in visual acuity which follows the "law of diminishing returns". This law may be applied to classification of illumination levels in specifying standards of illumination.

The present study also compared visual effects of positive and negative contrasts. It proved that with the same illumination and same high contrast tasks the visual effect of dark (black) background is better than that of light (white) background. This implies that for lower reflectance areas a higher illumination should be prescribed.



动物在学习时海马与皮层的电活动变化

邬勤娥 匡培梓

中国科学院心理研究所

从实验动物材料和人的临床研究早已提出颞叶,特别是它的深部核团和结构——杏仁核和海马,对情绪和行为的控制起重要作用^[1,2]。廿多年来已广泛地研究了海马的 θ 节律和其他电活动,提出了一些与行为相关的大脑电活动理论。有人认为,海马的慢同步活动可能与神经系统“经验”的“记录”有关。这个假设是基于这些节律在学习的早期可以被观察到,随着反应的巩固而减弱或消失的这个事实。继后,有人补充了这种观点,认为海马的 θ 节律与信息的贮存和再现过程有关。他们主张慢节律在某些方面对于一些信息进入贮存器以及从贮存器提取并复现为信息是重要的^[3]。又有人认为海马慢节律活动与朝向、注视等行为活动有关^[4]。并有人证明,在自由活动小鼠的海马背侧有两个 θ 节律的发生器,一个定位于齿状回的背叶,另一个在海马的 CA_1 区的锥体细胞上^[5]。然而,目前对海马的作用和意义尚未阐明。

本文探讨动物在学习时皮层和海马电活动变化,为阐明皮层、海马与学习记忆的关系提供一些依据。

实 验 方 法

实验动物为兔,14只,体重2—2.5公斤。实验前进行埋藏电极手术。手术时用戊巴比妥钠麻醉,40—50毫克/公斤体重。电极取用32号针灸针并加以绝缘。以脑定位仪固定兔头部施行埋植电极手术,将四枚电极分别插入两侧皮层的体感区和视区,另四枚插入双侧海马背部相对称的各两点。其部位按J.布瑞希等图谱定点(AP_4 , L_{25} , H_5 ; AP_4 , $L_{3.5}$, $H_{5.5}$)。电极插入后用牙托粉固定。三天后进行皮层电图(ECoG)描记。

皮层电图系用13导程4113型脑电仪描记。进行实验时动物有布兜悬吊着。海马和皮层电极分别用双极和单极法导出,由双耳无关电极接地。在动物安静时进行描记。

实验用250周,1—2db纯音作为阳性条件刺激;电击动物左后腿为无条件刺激。电刺激为单相方波电脉冲,强度为1—3.5毫安,作用6秒。实验时250周纯音单独作用2秒后以电刺激强化并重合4秒,建立声—电条件反射,条件反应的指标为脑电波的变化。每个实验日条件与无条件刺激共结合20次,间隔不等约1分钟左右。条件反射形成后,进行分化实验,以125周,1—2db纯音为阴性刺激,其作用时不予以电刺激强化。每个实验日20次,阳性与阴性刺激交替呈现各10次。分化形成后,进行消退实验。

实验全部结束后,海马电极通以直流电,并立即取脑,浸入含有亚铁氰化钾的10%甲醛溶液中固定,24小时后鉴定电极部位。