

由图2看出,无机磷酸的释放和辐照剂量成线性相关。40—60krad的辐照,无机磷酸释放量为4.1—12.2%,仅在300krad以上,释放量才达到30%。这说明OH·的攻击直接从DNA分子上释放的无机磷酸是很少的,主要是来自不稳定磷酸脂的水解。

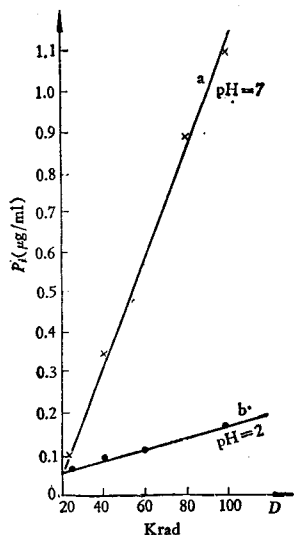
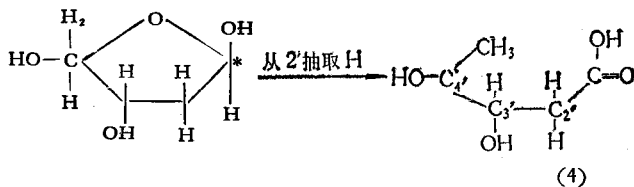


图2 无机磷酸释放和剂量的关系

4. 脱氧核糖的解离 10 krad 以下的低剂量辐照, DNA 溶液中检出有游离的脱氧核糖存在。超过这一剂量,由于解离下来的脱氧核糖受到 OH· 的攻击,脱氧核糖的数量逐渐减少。这是由下述反应引起的:



停照后,由于 DNA 分子的不不断水解,受照液中脱氧核糖的含量又有增加。

5. 屏蔽效应 由图3看出,当受照 DNA 溶液中含有四种脱氧核苷酸的混合物时(相同浓度混合),因为单体脱氧核苷酸比 DNA 分子本身辐射敏感性更大 γ 辐照后 DNA 分子的损伤明显减少。脱氧核苷酸的存在仿如一道屏障将 DNA 分子屏蔽起来。我们把它称之为“屏蔽效应”。

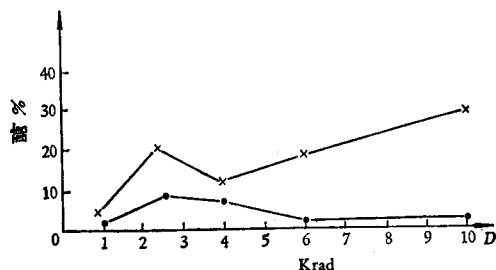


图3 脱氧核苷酸的屏蔽效应

(dAMP:dTMP:dGMP:dCMP = 1:1:1:1)

×—×—×: 对照组 ●—●—●: 四种核苷酸存在下

参考文献

- [1] Ward, J. F.: *Int. J. Rad. Biol.*, **23**, 6, 1973.
- [2] Bopp, A.: *Biochem. Biophys. Acta.*, **294**, 47, 1973.

[本文于1980年6月17日收到]

人的视觉系统颜色后效应与图形方位的关系

齐翔林 赵冠美 汪云九

(中国科学院生物物理研究所)

一、前言

在人的视觉系统可以感知图形的颜色、边缘朝向、曲率、空间频率、运动方向等各种刺激特性,而当眼睛对某种特性适应后便会产生相

应的后效应,诸如:颜色后效应^[1]、倾斜后效应^[2]、运动方向后效应^[3],等等。1965年 McCollough 首先提出对两种刺激特性同时进行适应,以便建立综合后效应^[4],即当受试者交替地对所呈现的蓝/黑水平栅条和橙/黑垂直栅条进行

适应后,再看由黑/白水平和垂直栅条组成的检验图形时,则受试者报告,在水平栅条部分呈现淡橙色,而在垂直栅条部分呈现淡蓝色(图 1)。McCollough 提出这种颜色后效应是附随于栅条方位的,并称之为附随后效应 (Contingent Aftereffect CAE) 或称之为 McCollough 后效应 (ME)。她还把这种后效应的产生作为在人的视觉系统中存在着“边缘朝向检测器”的心理物理证据。为了进一步研究 ME 效应如何随适应图和检验图的栅条的相对方位而改变。我们测定了 ME 效应随栅条相对方位改变的存在和消失的阈限,找出了 ME 效应的存在域和消失域。

二、实验方法

实验分两步进行,第一步是对受试者进行适应实验,以便产生 ME 效应。在暗室条件下,对同时具有正常视力(或经矫正具有正常视力)和正常色觉的受试者进行实验。受试者正坐在距屏幕 350 厘米处,注视屏幕所呈现的图形。适应图为黑/红垂直栅条和黑/绿水平栅条(图 2 (a))。图形尺寸为 30.5 厘米×30.5 厘米,张角为 4.98° ,空间频率为 5.01 周/度。两种适应图交替呈现在屏幕上,每幅呈现 10 秒,共适应 10 分钟。适应后受试者眼睛休息 15 秒,然后注视屏幕上所呈现无色检验图(图 2(b))。17 位受

试者均报告在检验图的两部分呈现出明显的色差,在水平栅条部分呈现淡粉色,在垂直栅条部分呈现淡绿色,也就是产生了补色后效应。

第二步实验要求受试者继续注视屏幕上所呈现的检验图,当检验图依顺时针方向或逆时针方向做缓慢的均匀旋转时(图 3),受试者要仔细观察检验图两部分所发生的色差变化;当色差开始消失或开始出现时要立即报告给主试人,记录此时栅条相对方位的角度。

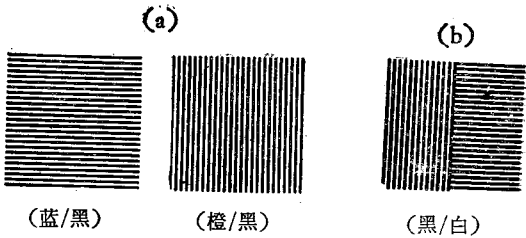


图 1 1965 年 McCollough 使用的适应图对和检验图
a. 适应图 b. 检验图

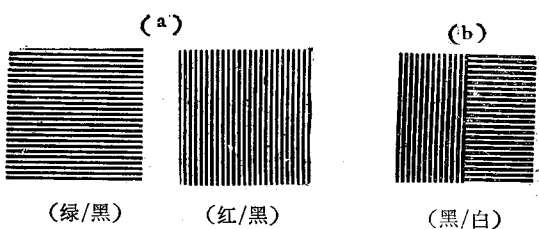


图 2 本实验所采用的适应图对和检验图
a. 适应图 b. 检验图

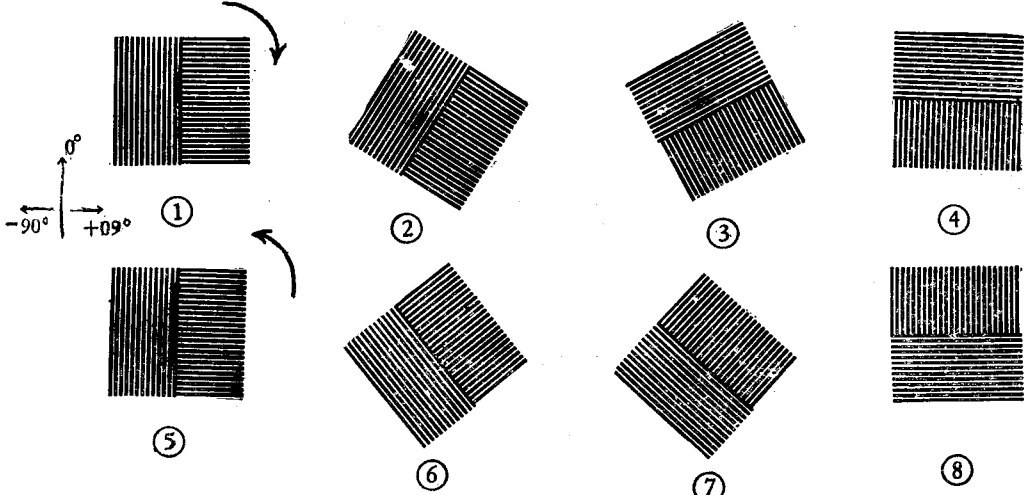


图 3 检验图连续旋转时几个特定方位的示意图
(1) 相对方位为 0° , (2) $0^\circ \rightarrow +90^\circ$ 相对方位为 30° , (3) $0^\circ \rightarrow +90^\circ$ 相对方位为 60° , (4) $0^\circ \rightarrow +90^\circ$ 相对方位为 90° , (5) 相对方位为 0° , (6) $0^\circ \rightarrow -90^\circ$ 相对方位为 30° , (7) $0^\circ \rightarrow -90^\circ$ 相对方位为 60° , (8) $0^\circ \rightarrow -90^\circ$ 相对方位为 90° 。

三、实验结果

当检验图依顺时针方向或逆时针方向旋转时；受试者均看到检验图两部分色差逐渐地减弱，直至完全消失，或从完全消失至开始呈现，并渐渐地加强，此时两部份颜色也完全反转。

图形栅条旋转在各相对方位上 ME 效应变化结果为：

当图形处于 0° 轴时(图 3)，右半部的水平栅条处呈淡粉色，左半部垂直栅条处呈淡绿色，此时色差最为明显。

当图形从 0° 轴始依顺时针方向缓慢地作均匀旋转时，其图形两部分色差逐渐减弱，直至色差完全消失，且把刚刚使色差消失的图形的相对方位作为 ME 效应的第一阈上值，记作 0°→+90°(消失)。当图形继续依顺时针方向旋转时，则又从无色差到开始出现色差，而且两部分颜色发生了反转，把这时图形的相对方位作为第二阈下值，记作 0°→+90°(呈现)。当图形继续依顺时针方向旋转时，则色差渐趋明显。当旋至+90°时(图 3)，色差最为明显，且图形上半部分呈淡粉色，下半部分呈淡绿色。

当图形从+90°始依逆时针方向旋转时，把刚出现色差消失时的相对方位作为第二阈上值，记作+90°→0°(消失)。继续按逆时针方向旋转，把刚刚出现色差，且两部分颜色发生反转时的相对方位作为第一阈下值，记作+90°→0°(呈现)。

当图形从 0° 始作逆时针旋转和从-90°开始作顺时针旋转时仍存在色差消失，呈现、反转的现象，并把 0°→-90°(消失)作为第三阈上值，把 0°→-90°(呈现)作为第四阈下值，把-90°→0°(消失)作为第四阈上值，把-90°→0°(呈现)作为第三阈下值。

现将各阈上、阈下值列于表 1。

将各组阈上和阈下值分别进行成组比较，结果列于表 2。

经成组比较各阈上、阈下值均无差异，故可以看成是一个阈值，得到第一至第四阈值，见表 3。

把第二和第四阈值分别化成相对于+90°轴和-90°轴的角度，即第二阈值为 38.64°，第四阈值为 39.21°。再将四个阈值进行比较，结果见表 4。

表 1 (n = 17 d_f = 16 t_{0.05,16} = 2.12)

	0°→90°		90°→0°	
	消失(第一阈上值)	呈现(第二阈下值)	消失(第二阈上值)	呈现(第一阈下值)
相对方位平均值(度)	35.08	51.04	51.69	35.85
标准误差 (M. E.)	0.99	1.12	1.34	1.24
95%的置信域	35.08±2.1	51.04±2.37	51.69±2.84	35.85±2.63
	0°→-90°		-90°→0°	
	消失(第三阈上值)	呈现(第四阈下值)	消失(第四阈上值)	呈现(第三阈下值)
相对方位平均值(度)	33.85	50.68	50.89	33.39
标准误差 (M. E.)	1.16	1.22	1.46	1.26
95%的置信域	3385±2.46	5068±2.59	5089±3.1	33.39±2.67

表 2 (t_{0.05,32} = 2.04)

比较组别	第一阈上值与阈下值	第二阈上值与阈下值	第三阈上值与阈下值	第四阈上值与阈下值
t 值	0.48	0.37	0.27	0.11
与 t _{0.05} 比较	< t _{0.05}	< t _{0.05}	< t _{0.05}	< t _{0.05}
检验结果	无差异	无差异	无差异	无差异

表 3 ($n = 34$ $d_f = 33$, $t_{0.05} = 2.03$)

	第一阈值	第二阈值	第三阈值	第四阈值
相对方位平均值(度)	35.47	51.36	33.62	50.79
标准误差 (M. E.)	0.79	0.86	0.84	0.94
95%置信域	35.47 ± 1.60	51.36 ± 1.75	33.62 ± 1.71	50.79 ± 1.91

表 4

比较组别	第一阈值 与第二阈值	第一阈值 与第三阈值	第一阈值 与第四阈值	第二阈值 与第三阈值	第二阈值 与第四阈值	第三阈值 与第四阈值
t 值	2.71 $> t_{0.01}$	1.60 $< t_{0.05}$	3.05 $> t_{0.01}$	4.18 $> t_{0.001}$	0.45 $< t_{0.05}$	4.43 $> t_{0.001}$
检验结果	有显著性差异	无差异	有显著性差异	有显著性差异	无差异	有显著性差异

由表 4 可以看出第一、三阈值,第二、四阈值没有明显的差异,可以分别作为一个阈值,由此可以看出在图形的旋转的相对方位上,ME 效应的阈限有明显的对称性(图 4),并将阈限列于表 5。图形从 0° 始,无论依顺或逆时针旋转一周,均存在着四个 ME 效应存在域和消失域,且具有明显的对称性(图 5)。

表 5 ($n = 68$ $d_f = 67$ $t_{0.05,67} = 2.00$)

	以 0° 轴为准的阈值	以 0° 为基准的阈值
相对方位的平均值	34.55°	51.08°
标准误差 (M. E.)	0.58	0.63
95%置信域	$34.55^\circ \pm 1.16^\circ$	$51.08^\circ \pm 1.26^\circ$

四、讨 论

McCollough 把这种颜色后效应归因于人的视觉系统中存在着对颜色敏感的边缘方位检测器,而且引证了某些感受细胞在网膜一级对特定的方位敏感的神经生理学证据^[5]。Hubel 等和 Dow Gauras 已在灵长类中观察到了对颜色和方位敏感性单元^[6,7]。我们的实验结果也证实了这一点:ME 效应的强弱完全随着检验图和适应图栅条方位的改变而改变,当栅条朝向完全一致时则产生最大的 ME 效应,即余补色后效应最为明显,颜色最深。若栅条相对方位 $35^\circ - 51^\circ$ 区域内,色差消失。图形不论依顺时还是逆时针方向旋转,其 ME 效应的强弱变化是相同的,无论对垂直轴还是水平轴来说它的变化是对称的,在图形的相对方位上存在着明显的存在区域和消失区域。这些结果支持了 McCollough 的“边缘朝向检测器”的假设。

本实验仅对垂直或水平栅条的适应图和检验图进行了测定。至于当栅条有某种倾斜,且两种适应栅条仍保持正交或不正交时,对 ME 效应存在区域和消失区域影响的问题,尚有待

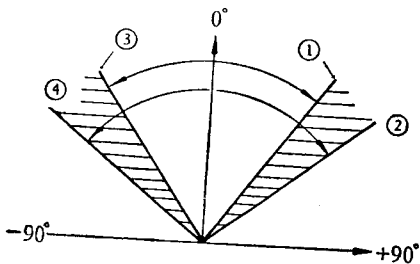


图 4 图形相对方位所对应的 ME 存在和消失阈限
阴影部分表示 ME 消失区域,其余部分为存在区域。

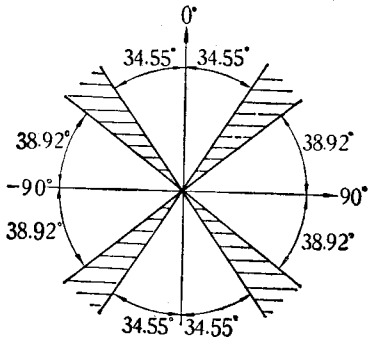


图 5 在检验图旋转一周时,栅条相对方位
所对应的 ME 存在和消失区域
阴影部分为 ME 消失区域,其余部分为存在区域。

进一步实验作出回答。

参 考 文 献

- [1] Harry, J. W.: *Vision Res.*, 14, 1185, 1973.
[2] Gibson, J. J. et al.: *J. Exp. Psychol.*, 20, 453, 1937.
[3] 同[1]。

- [4] McCollough, C. et al.: *Science*, N. Y., 149, 1115, 1965.
[5] Hubel, D. H. et al.: *J. Physiol. Lond.*, 148, 574, 1959.
[6] Hubel, D. H. et al.: *J. Physiol. Lond.*, 195, 215, 1968.
[7] Dow, B. M. et al.: *J. Neurophysiol.*, 36, 79, 1973.

[本文于 1980 年 9 月 23 日收到]

双眼立体视觉融合时人为噪音的耐受能力

张 成 秀 郑 竺 英

(中国科学院生物物理研究所)

在长期的进化过程中,人和高等动物的视觉、听觉系统得到了很好的发展,不仅灵敏度高(即阈值低),而且选择性好(即信噪比高、抗干扰能力强)。人和高等动物的眼睛和耳朵都是成对的,这不仅能增加感受信息的可靠性和通道容量,而且通过两侧感受信息的比较分析综合,能够反映客观物体的空间特性和随时间的变化。例如用两只耳朵感受声音在时间上的差异,可以分辨声源来自何方,具有定向功能;利用两眼的视差作用能够判断所见目标的距离,具有立体感。这些生物学上的优点在工程技术上已得到广泛应用。大自然的启示使人们受惠不小。而在抗干扰、增加可靠性、使信息传输不失真等方面,视觉和听觉也给予人们很多启发。视觉系统有抗噪音干扰的能力。例如, Julesz^[2,3] 将两张随机点立体图对,一张图分别加上不同类型的噪音:散焦,有规律的改变 20% 的图象元素,面积大小改变 10% 以上,而另一张图保持不变,当双眼观察时,立体图形还可感知。这说明双眼视觉的信噪比较高,如果能弄清其原理,并将之应用于工程技术和医学等方面,将是十分有益的。为此我们开展了这方面的研究。

方 法

为适应我们实验的要求,我们选择了凸出的波浪图形为试验图形,并用黑白随机点为质

地,波浪图形的方程为: $Z = 15 \sin [\omega(X + Y)]$ 其中 Z 为深度轴坐标, X, Y 分别为横,纵两坐标, ω 为频率,即 $2\pi/T$ (在这里 T 取为 20)。示意于图 1 上。

根据视差原理,在计算机上产生波浪形立体图对上各点所在位置的数据,再根据数据绘制成图。用 TQ-16 型电子数字计算机,采用 ALGOL 60 算法语言编制程序^[4]。

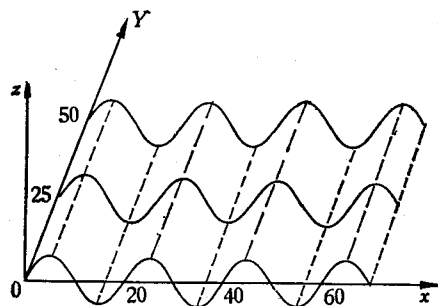


图 1 波浪图形的示意图

首先产生随机点,即图上每一点是黑还是白色的,应当是随机的,在编制程序后由计算机自动给出。同时根据视差,由计算机将某一点在立体图对的左图或右图上的位置算出。再根据计算机数据将每一点按照是黑或白准确地画在两张图对的一定位置上,由此得到图 2,当左眼看左图,右眼看右图时,就能融合成一个有立体感觉的波浪图形。

假设这样做成的立体图对是没有噪音的