

赖-加压素 半胱-酪-苯丙-谷酰-门酰-半胱-脯-赖-甘-NH₂
 精-加压素 半胱-酪-苯丙-谷酰-门酰-半胱-脯-精-甘-NH₂
 催产素 半胱-酪-异亮-谷酰-门酰-半胱-脯-亮-甘-NH₂
 避暗素 (Scotophobin) 丝-门冬-门酰-门酰-谷酰-谷酰-甘-赖-丝-丙-谷酰-谷酰-甘-甘-酪-NH₂
 Ameletin 焦谷-丙-甘-酪-丝-赖-OH
 DSIP 色-丙-甘-甘-门冬-丙-丝-甘-谷
 亮-脑啡肽 酪-甘-甘-苯丙-亮-OH
 甲硫-脑啡肽 酪-甘-甘-苯丙-甲硫-OH
 β -内啡肽 酪-甘-甘-苯丙-甲硫-苏-丝-谷-赖-丝-谷酰-苏-脯-亮-缬-苏-亮-苯丙-赖-门酰-丙-异亮-赖-门酰-丙-酪-赖-赖-甘-谷-OH

参 考 文 献

- [1] Hökfelt, T.: *Brain Res.*, 22, 147, 1970.
- [2] von Euler, U. S. and Gaddum, J. H.: *J. Physiol.*, 72, 74, 1931.
- [3] Gainer, H. (Ed.): *Peptides in Neurobiology*, Plenum Press, N. Y. 1977.
- [4] Plotnikoff, N. P. and Kastin, A. J.: *Biochem. Pharmac.*, 25, 363, 1976.
- [5] Schaeffer, J. M. et al.: *Proc. Nat. Acad. Sci. U. S. A.*, 74, 3579, 1977.
- [6] Pearse, A. G. E.: *Nature*, 262, 92, 1976.
- [7] Jessell, T. M. et al.: *Nature*, 268, 549, 1977.

- [8] Carraway, R. and Leeman, S.: in *Peptides: Chemistry, Structure & Biology*, P. 679, Ed. Walter R. and Meinhof, J., Ann. Arbor Sci. Publishers, 1975.
- [9] Uhl, G. R. et al.: *Proc. Nat. Acad. Sci. U. S. A.*, 74, 4059, 1977.
- [10] de Wied, D. et al.: in *Peptides. Chemistry, Structure and Biology*, P. 635.
- [11] Ungar, G. et al.: in *Peptides: Chemistry, Structure & Biology*, P. 673.
- [12] Pappenheimer, J. R. et al.: *J. Neurophysiol.*, 38, 1299, 1975.
- [13] Schoenenberger, G. A. and Monnier, M.: *Proc. Nat. Acad. Sci. U. S. A.*, 74, 1282, 1977.
- [14] Uchizono, K. et al.: *Proc. Japan Acad.*, 59, 141, 1974.
- [15] Pert, C. B. and Snyder, S. H.: *Science*, 179, 1011, 1973.
- [16] Hughes, J. et al.: *Nature*, 258, 577, 1975.
- [17] Guillemin, R. et al.: *Science*, 197, 1367, 1977.
- [18] Martin, W. R. et al.: *J. Pharmac. Exp. Ther.*, 197, 517, 1976.
- [19] Lord, J. A. H. et al.: *Nature*, 267, 495, 1977.
- [20] Reichelt, K. L. et al.: *Acta Pharmac. Tox.*, 41, Suppl. IV, 27, 1977.
- [21] Frontali, N. and Gainer, H.: in *Peptides in Neurobiology*, P. 259.

[本文于 1978 年 12 月 13 日收到]

研究视觉特征察觉的生理学的和行为的途径

奥弗·瑞*

(澳大利 亚拉特洛布大学)

摘 要

视觉空间知觉的许多方面似乎与视皮层细胞的感受性、调谐和其它一些反应特性紧密联系。这些细胞在皮层中起着描述外界空间的察觉器(detector)或滤波器(filter)的作用。在人类和非人类的视觉系统中,对于诸如方位、空间频率、图象运动和双眼视差等特征敏感的察觉器,可以用心理物理学方法确认出来。为着这个目的,特别地使用了如视锐度(acuity),后效和掩蔽等一些测量。从心理物理学的途径所获得的关于脑功能的信息是与微电极直接记录皮层所

确立的编码原则一致的。例如,在早期经验中,异常刺激对视觉的有害影响与由它引起的脑功能的改组是相配合的。在视觉系统中,生理学的研究和行为的研究相辅相成。把二者结合起来比单独进行研究对于信息从眼到脑的传递规律要揭露得更为透彻。

自从 Hubel 和 Wiesel 发现在猫的视皮层里,用边条(edge)要比用点或漫射光更能激发

* 奥弗·瑞是在中国科学院心理研究所短期工作的澳籍专家,此文是他送在本刊发表的一篇学术演讲摘要,原为英文,现译出发表。

单细胞以来,现在已有廿余年了。为了激发一个细胞,用作刺激的边条需要处在视野中的适当位置上。事实上,每个细胞可能报告的是在外界空间狭缝般的部位上所发生的事情,并且当边条在其感受野内满足相当严格的空 间要求时,该细胞才能作出最大的反应。在猫的视皮层中,大多数的细胞对于边条的方位 (orientation) 是有选择性的:当边条刺激处于一种倾斜方位时,这些细胞作最好的反应,但是,当边条偏离这个最佳方位时,它们的反应就较差了。一些细胞最适宜垂直方位,另些细胞则更喜欢水平方位。一些细胞更偏好对这种角度作反应,其它一些细胞则更愿意对那种角度作反应。偏离最佳方位 10 到 20 度,反应率就下降到一半的强度。由此,人们常把 10—20 度作为方位察觉器的带宽或调谐宽度的估计数。

Hubel 和 Wiesel 证明了对边条方位调谐的细胞,也表现出对图象运动方向的偏好。许多细胞表明有单一方位的选择性;当刺激边条向着某一方位运动时(例如向上),它们可以被激发起来,但是当运动朝着相反方位时,这些细胞就不活动。

虽然,Hubel 和 Wiesel 指出皮层细胞大多数是双眼的,亦即可以刺激双眼激活起来,但是,直至很久以后研究者们才得以确认双眼细胞的实际编码功能。因为双眼是在水平方向分开的,它们接收着外界空间的不同视象。双眼视差的方向(交叉和非交叉)以及程度,是与客体在三度空间中相对于注视点的位置相关联的。微电极的研究,已经证明双眼细胞是通过对于两眼中视象差异进行选择反应来对空间中的深度进行编码的。普遍都相信视差察觉器构成了立体深度知觉的生物学基础。

从 Hubel 和 Wiesel 开始的传统说法认为边条是视皮层进行分析的最基本空间单元。与此相反,Campbell 和他的同事们提出皮层是通过类似傅利叶(Fourier)分析的运算来描述外界空间的。用这种术语来说,当眼睛看复杂的显示器时,那些对不同空间频率调谐的细胞群,通过兴奋的模式可能把网膜上不规则的亮度轮

廓报告给皮层。事实上,微电极的研究已经证明许多细胞对于特定空间频率在亮度上的周期性变化(一个正弦波栅条(grating))有着最好的反应,同时也证明空间频率的最佳值变化一个或一个以上的倍频程(octave)时,细胞的反应就下降。

新近的研究表明有两类刺激是在平行的亚系统中进行编码的。这两类刺激是高空间频率,低时间频率;另一类是低空间频率,高时间频率。当今的几种细胞分类方案(例如,象 X 或 Y,象持久的(sustained)或短暂的(transient))是以下述一些指标为基础的:诸如细胞对静止的,而不是对动的、闪光的显示发生反应,反应潜伏期,空间总合的线性性质,色编码和在视野里的位置等。持久的察觉器(X-细胞)主要在中央凹分布,有较长的潜伏期和直线性的中心总合;它们比较喜欢不变的显示和在较高的空间频率范围内作反应,它们作颜色编码,以及在网膜—膝状体—纹状皮层系统内投射。相反,短暂察觉器(Y-细胞)主要是在黄斑外分布,有较短的潜伏期,并且非线性的中心总合;它们喜欢较大面积的活动显示,缺乏色的调谐,并且投射到上丘和纹状皮层。上述区别表明猫的视皮层上某些细胞主要调谐于形状知觉所需要的模式刺激,而另外一些细胞,则对视觉环境中的动态特点反应性更强。

继 Hubel 和 Wiesel 之后,生理学家们假定在视皮层中具有空间调谐的细胞,其功能是在神经系统内起描述外界的察觉器、滤波器或通道的作用。并且假定特征察觉是形状知觉和图形知觉的基础。就这一点来说,我们有可能建立通过直接手段和通过间接手段所确定的特征选择性之间的相关。前者是使用生理学技术,后者是通过对于知觉与行为的测量。由于微电极的记录会使组织蒙受不可逆的伤害,实际上要研究人类视觉系统中的特征察觉,就必须依靠行为的技术。以猫和猴来说,用行为测量得到的关于特征察觉的主张是可以 通过生理学的途径来证实的。下面我的目的是讨论几种广泛用于研究人类和其它动物的特征察觉的行为途

径。

对于视觉阈限的测量是受到广泛信赖的。阈限是可见刺激的最低能量级。这一研究途径所依据的基本原理，可以用空间频率作为例子来加以解说。视锐度可以测量被试可分辨的最高空间频率来确定。小猫的这个值（通称截止频率）是使用立跃技术来确定的。每次试验都给小猫呈现一个栅条和一个空间上平均亮度相等的空白视野。强制小猫跳。它跳到栅条上是安全的，但是，空白视野支撑不住它的重量。很快小猫就学会跳到栅条，而不跳到空白视野上了。如此继续下去，直至栅条的空间频率达到分辨（resolution）的极限。这种方法得出小猫的截止频率从 23 天的 0.3 周/度增长到 33 天的 1.0 周/度，最后到三个月时增到一个大约 5 至 6 周/度的渐近值。这种由行为的技术所确定的视锐度的改善与由生理学的记录所指明的小猫视皮层在一生中头三个月发生的广泛变动是一致的。

人类婴儿和成人的截止频率，也可以被确定出来。婴儿花费更多的时间去看栅条，而不是看空白视野。这个事实使人们能够用确定空间频率的方法去测量视锐度。作法是以吸引注意的时间长短作为标准，确定出某一栅条在它与空白视野吸引注意的时间同样长时的空间频率。一个月的婴儿，其空间分辨力大约只有每度 0.7 周，到三个月时，很快就改善到每度 4 周。2—3 岁的孩子便达到了成人的视锐度水平，大约每度 35 周。

生理学的和行为的研究，曾经表明小猫皮层的空间分辨力，可以由于动物早期经验中的视觉活动受到限制，而急剧地下降。如果小猫在初生中头三个月里被剥夺了模式刺激，那么，皮层就不能获得精细的调谐；若在这段敏感期中，只给动物呈现一个有限范围内的刺激，那么，特征察觉就出现偏向。然而，可能由环境刺激诱发的神经改组是有极限的。猫皮层的发展，似乎既依赖于发生学的特异性，也依赖于后天的影响。相反，兔子的视觉发展反映了内部程序化的成熟变化，因为其视力是随年龄改善，

而与经验无关的。人类婴儿期视锐度的显著改善，是反映成熟？经验？还是两者都有？这仍然不清楚。

空间视锐度也可以通过测量被试的对比敏感函数（CSF）来确定。它表明了在不同空间频率上为了看到栅条所需要的亮度对比。如果视觉系统具有许多窄调谐的空间频率察觉器，它们各自有不同的最佳刺激值，那么，截止频率就将说明在皮层上为空间频率编码的上限，而 CSF 则是察觉器调谐于可被激活频率上各点的最小能量级。当栅条的可见度用静止的，而不是动的，或者闪烁栅条来测量时，便可获得不同的 CSF 曲线。并且当使用动的栅条时，就可得到察觉模式和运动的不同阈限。据此得出结论，人类视觉系统的信息编码有持久的和瞬时的区别。

特征察觉器调谐的带宽或强度，也可以用行为手段来确定。在这种场合下，察觉模式（目标）的可见度是在看另外一个模式（掩蔽）之前（测试前）和之后（测试后）测量的。如果你坐在远离图 1 的某个地方，使图中心的栅条刚好可见，你就可以直接看到这种轮廓掩蔽的效应。仔细地看这图左方的垂直栅条，同时凝视这个栅条之内的圆圈，注视 2—3 分钟之后，再看中心的栅条，这时，中心栅条就不再可见了。试改用右上方的水平栅条作这同一实验，你会发现先适应水平栅条并不影响垂直栅条的可见度。精细地进行测量便可发现，当两个栅条的方向相同时，一个栅条就可极大地掩蔽另一个，可是当掩蔽的和目标的栅条方向相差 20 度或 20 度以上时，掩蔽效应就下降到一半的强度。

为了解释选择性的方位掩蔽，首先，我们需要假定人类视觉系统具有调谐于方位的察觉器。其次，需要假定在刺激之后，察觉器进入一个适应或不敏感阶段。看一个垂直栅条后，会对垂直的敏感察觉器发生适应，因此，便减少了来自随后看到的视觉模式的输入。这些模式通常是相同察觉器来表现的。根据这种说法，看水平栅条并不干扰垂直栅条的可见度，这是因为两个方位的加工是由两组完全不同的察觉器

来实现的。

Maffei、Fiorentini 和 Bisti (1973) 用电生理的记录证明了类似这种知觉的掩蔽效应。他们测量了猫眼在看各种方位的栅条前后, 视皮层细胞对一个方位的栅条发生的反应。正如适应模型所预期的一样, 当掩蔽的和目标的栅条方位相同时, 细胞的反应受到很大的压抑, 可是当这些栅条的方位相差 20 度时, 细胞反应所受压抑便减小。相差 20 度以上时, 先看一种栅条, 细胞对另一栅条的反应不会发生或很少有影响。

掩蔽也可以用来确定人类视觉的察觉器对空间频率的选择性。还是把图 1 放在中央栅条刚好可见的距离上。左下方的栅条比中央栅条大约细一个倍频程 (即两倍于中央栅条的空间频率), 右下方的栅条大约比中央栅条粗一个倍

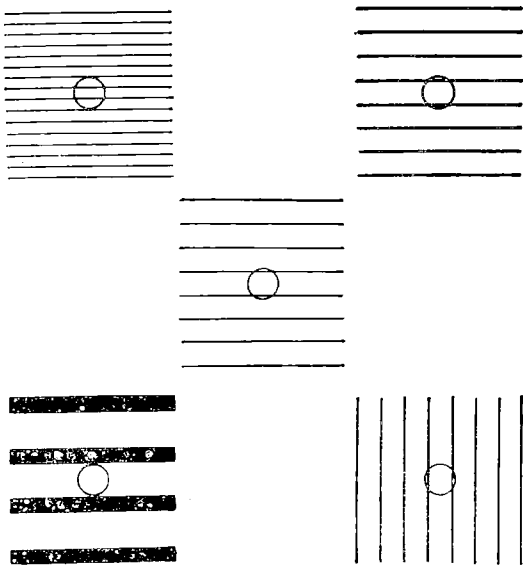


图 1

频程。任意注视一个栅条 2—3 分钟, 然后, 再看中央的栅条, 它的可见度将不受适应的影响, 因为两种栅条在空间频率上相差一个或一个以上的倍频程, 它们在神经代表区上很少重叠。因此, 不同栅条在空间频率和方位上必须类似, 才能产生相互掩蔽。从这些演示中, 我们可以得出: 人类视觉系统具有类似于猫和猴的视皮层细胞的那些反应特性。正如用间接的和直接的

方法所确定的一样, 方位和空间频率是属于皮层描述外界空间的基本特征要素。

知觉后效也是广泛用来研究特征察觉的一种行为技术。在称为瀑布错觉的运动后效说明中, 先看一段时间向下运动的线条之后, 静止的线条看上去就好似在向上运动。后效被归咎于调谐方位的运动察觉器的选择性。可以假定静止线条通常在对向上敏感的对向下敏感的运动察觉系统相拮抗中, 产生低水平的自发活动。在我们注视向下运动的线时, 对向下敏感的细胞就被高度激发起来, 但是, 当线条停止运动时, 这些细胞就将被压抑在自发活动的水平之下。拮抗察觉系统反应性的平衡, 也将由此受到破坏。于是我们把静止的线条, 看成是向上运动, 因为脑是通过拮抗系统的相对活动水平而确认外界空间中所发生的东西的。

为了表明倾斜后效, 你遮住图 2B, 先注视图 2A 中心的十字 2—3 分钟, 然后, 再看图 2B 中心的十字, 尽管两种栅条的方位相同, 然而, 现在左边的栅条好象顺时针倾斜, 而右边栅条便好象逆时针倾斜。遮住图 2B, 注视图 2C 里的十字, 你就可以产生空间频率的后效。适应 2—3 分钟之后, 你将发现图 2B 里的一个栅条好象比另外一个栅条粗一些, 即便在空间频率上它们都相同。倾斜知觉和空间频率中的这些后效, 都可参照特征察觉器的选择性适应, 通过类似上述对运动知觉的分析去加以解释。

尽管行为技术可以清楚地用来产生感受性函数, 其平行的反应函数由生理学的测量来确认, 但使用间接的途径必须小心谨慎。用简单地研究输入(刺激)-输出(知觉)的关系, 我们怎样知道所作的关于神经活动规律的推论是正确的呢? 判别推测的条件, 部分地可由猫和猴的现有众多的电生理学资料来确定 (它们的和人类的信息传递原理的差异是不明显的), 部分地由不同方法得到的行为资料提供一致的解释来确定。

为了说明这个问题, 我们可以考虑是否有些察觉器基本上调谐于曲线的, 虽然猫和猴的视皮层细胞可以由弧激发起来。一般, 这些细

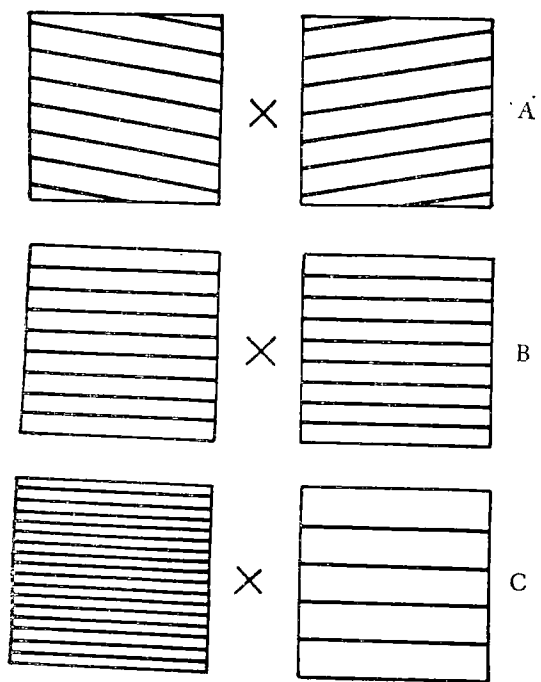


图 2

胞对诸如辐射状的特点是不敏感的。并且，它们对于曲线并不比对直线更加喜欢。但是，用知觉的术语来说，看了凸状曲线之后，直线就被看成多少朝凹进方向弯曲了。得出人类视觉有独特的弯曲察觉器的结论之前，必须考虑一种可能性，即在视觉系统里弧好象是由一组多重方位的线段来编码的。后面这种说法，可以设想弯曲后效可能只是一种复合的倾斜后效的形式。据此，如果被试看凸状曲线，眼睛是沿着与弧相对的弦形成的一条路线来回移动，后效就不会产生。这种看视的方法，妨碍选择性的方位适应，实际上，破坏了曲线的后效（Blakemore 和 Over 1974）。由此，我们可以得出结论：脑没有独特的曲线察觉器。

特别是在最近十年间，生理学的和行为的研究联系起来，领悟了重要的视觉系统信息加工的原则。我们把双眼性（binocularity）作为一个例子。Hubel 和 Wiesel 曾经表证小猫即便没有任何视觉经验，皮层的多数细胞也有双眼的功能联系。不过，如果小猫在早期中，缺乏双眼协调活动的机会，皮层的内在双眼性就会发生变化。如果在小猫一生中头 2—3 个月，把

它的一只眼缝合起来，其结果皮层的反应性，就偏向张开的眼。同样，使小猫产生斜视后，几乎没有类似的双眼细胞；而是某些细胞可以由左眼激发起来，另外一些则由右眼激发。如果连续剥夺整整头三个月，那么，神经功能上发生的重组就相对地长期不变了。只有在特殊条件下，它才能还原。

某些行为的技术，可以用于确定人类视觉系统的双眼性。例如，Julesz 发明的立体图，在那些图里，由双眼看的随机点的模式是同样的，只有一群点子向另一只眼的方向侧移了。在这些条件下，视差足以使大多数人把这群点子看作在深度上从背景中分离出来的图形。但是，某些人（典型的是在小的时候有斜视或弱视的历史的人）是立体缺陷，或立体盲者。可以假定，这是因为在早期经验里，双眼协调活动被干扰而丧失了双眼性。

回到图 1 或图 2 上，你可以在行为水平上来确定你的视觉系统是否保持双眼性。在这种场合下，仅用一个眼适应 2—3 分钟，然后，马上用另只眼看测试的或目标的栅条。掩蔽作用和图形后效在两眼间的迁移是要求双眼功能的。只有当刺激一只眼引起适应的察觉器，也是加工经由另只眼输入的那些察觉器，迁移才会发生。正如所预期的一样，立体盲者很少表明眼睛间空间后效的迁移。

小猫有一个敏感期，在这一时期，它的皮层双眼功能是易受环境刺激的。

问题是在人类视觉发展中有没有一个可比较的敏感期。这个问题可以在作过外科手术以矫正辐合斜视的人身上去测量眼睛间后效的迁移来进行考察。产生眼睛间迁移的程度，取决于排解的年龄。如稍大一些时候（三个月之后）的情况下，或先天斜视在出生后的头一年矫正时，迁移则处在正常的限度之内。在 1—3 岁间进行矫正时，迁移便减低了；如果出生后的整个头三年都存在斜视，迁移的减低就最大。这个资料表明只有在出生后的头 2—3 年里，双眼得到正常的协调活动，成人才会有双眼的功能。

与双眼性的敏感期相反,在单眼剥夺或斜视之后,造成弱视的视力丧失,至少部分地可以得到恢复。弱视眼有一个减低了截止频率。但是,无论交互缝合单眼,还是剥夺小猫单眼3—4个月后引入双眼刺激,在若干月内,视锐能缓慢地恢复,同时,皮层细胞的视觉优势也有转移(Giffen 和 Mitchell, 1978)。对人类弱视者的常规处理,用封闭正常视锐的眼睛,试图使皮层功能偏利于先前被剥夺的眼睛。封闭的效果,常常是有限的。一篇有23项研究的综述,表明年纪大的时候(7—15岁间),至少是象早期(7岁以前)排解一样成功。还要提到新近治疗的途径(Campbell, Hess, Watson 和 Banks, 1978),这是给弱视眼看旋转的高对比栅条,只需21分钟(正常眼被封闭),就使视锐明显地恢复。例如,在50例病案中,有11例视锐的改善是从6/18或更差,一直到6/9或更好些。提高似乎是永久性的,并且,不受患者年龄的影响。新近使用与Campbell所用相同的刺激,表明单眼剥夺在羊的皮层上的影响或作用得以复原。

虽然视知觉的某些方面无法清楚地参照特征察觉器的简单特性予以解释,但是,人和猫、猴的许多视觉能力似乎紧紧依赖于视皮层细胞的感受性、调谐和其它反应特性。这些视皮层细胞在描述外界空间特性时起着滤波器或察觉器的作用。通过微电极的记录来确定脑功能的直接途径,和从知觉研究中推论出功能的间接

方法,都得到了关于神经编码的类似结论。这是可以预期的,因为眼和脑使视觉过程成为可能。生理学的和行为的研究,至少在视觉领域里是相辅相成的;当协同起来时,它们比任何一种方法本身都更有效,它们能够使信息传递和分析的规律得到更加全面透彻的研究。

(马谋超译 张厚桀校)

参 考 文 献

- [1] Atkinson, J. et al.: *Vision Research*, 17, 1037—1044, 1977.
- [2] Banks, M. S. et al.: *Science*, 190, 675—677, 1975.
- [3] Birnbaum M. H. et al.: *American Journal of Optometry*, 54, 269—275, 1977.
- [4] Blakemore, C.: Maturation and modification in the developing visual system. Ch. 12 in R. Held, H. W. Leibowitz, and H.-L. Teuber (Eds), *Handbook of Sensory Physiology. VII. perception* Springer-Verlag: Berlin 1978. (See in the same Volume Chapters by O. Braddick et al., B. Julesz, M. M. Haith, and L. Ganz).
- [5] Blakemore C. and Over, R. *Perception*, 3, 3—7, 1974.
- [6] Campbell, F. W. et al.: *British Journal of ophthalmology*, 62, 748—755, 1978.
- [7] Giffin, F. and Mitchell, D. E.: *Journal of Physiology*, 274, 511—537, 1978.
- [8] Haith, M. M., and Campos, J. J.: *Annual Review of Psychology*, 28, 251—294, 1977.
- [9] Maffei, L. et al.: *Science*, 182, 1036—1038, 1973.

[本文于1979年11月2日收到]

电子计算机断层图的原理、应用与展望

陈 惟 昌

(内蒙古医学院)

谢 建 周

(内蒙古电子研究所)

电子计算机在现代医学中已有广泛的应用^[1]。电子计算机断层图(Computerized Tomography, 简称CT)是电子计算机处理医学图象的光辉成就之一。1972年 Hounsfield^[2]及 Ambrose^[3]在英国放射学会首次报道电子计算

机X线断层扫描技术,引起举世瞩目。据 Hounsfield 报道,应用这一技术于颅脑诊断,其灵敏度较之常规X线摄影可提高100倍。目前全身断层扫描亦正在蓬勃开展,这一新技术在医学应用上有广阔的发展前途。