思维机制探索

The Mechanism of Thinking

郑文岭
（广州军区广州总医院，副主任医师　　广州　510010）
马文丽
（第一军医大学，讲师、博士后　　广州　510515）

提要　虽然已有一些心理学理论对认知与思维的现象进行过解释，但思维的生理机制和本质仍然是个谜。本文通过对睡眠、梦及思维过程的分析，推断思维是多种知觉时序迭加的结果，藉此提出一新的思维机制假说。这一假说不仅可以解释认知思维过程中的各种现象，同时把睡眠过程、梦的机制、思维的存贮、记忆信息的处理加工等悬而未解的生物学问题有机地融为一体，为最终完全揭示思维机制之谜，提供一种全新的探索性思路。

心理学研究已可识别睡眠、梦及思维的某些特征，然而，对睡眠、梦及思维产生机制的认识仍然是模糊不清的。迄今，人们仍无法回答诸如人为什么要睡眠？为什么会做梦？以及思维过程是如何进行的等等这类似乎很普通的问题，更无从阐明三者之间的本质联系。本文作者在研究细胞内信息过程中，推断出人的睡眠过程实际上是一个对清醒状态时感觉输进人脑的信息进行综合处理的阶段，梦则是上述信息加工过程偶而中断时留在感觉器官上的表象痕迹，而思维的本质其实是各种知觉表象，分别在相应感觉器官上的综合迭加过程。为推证上述观点，我们从视觉过程开始，逐步对其进行阐述。

一、视觉功能的双向性

视网膜解剖学结构可分为12层，视网膜的感觉细胞包括视椎细胞与视杆细胞，其作用是将外界的光能转变为化学能进而转变为电能，再传输到初级神经细胞。

细胞生物学研究近年发现，神经细胞中含有丰富的微丝、微管及中间纤维（神经原纤维）。由于中间纤维结构十分稳定（封二图1），且与纳米材料富勒氏管具有类似的结构特征。因此，我们认为其很有可能是细胞内导电的纤维，构成细胞内立体的集成电路（参阅"细胞模型新假说"，《科技导报》1993年3期）。经典的神经传导模式认为，神经传导只发生于细胞外膜，且是细胞膜电位的传导。这种理论的进一步归谬推理是：若大脑中所有的神经电传导均发生于细胞外，则记忆、思维等等各种大脑的生理活动都应发生于细胞外，显然，由于细胞外没有长期储存电信息的结构，因而这种模式不能形成长期的记忆；并且如果电信号只在神经细胞外进行传导，则大脑神经网络中的信息容量也将非常低，这显然与观察到的事实不符。这种旧的理论，阻碍了大脑生理机制的阐明。

根据前述细胞模型新假说，我们认为：视觉的信息过程可能是以下述方式进行的（封二图2），即光作用于视网膜，由于视网膜细胞呈点阵状态分布，因此，某一瞬间的光感觉，将以点阵电信号的形式被记录于初级视觉细胞中。例如，在某一时刻，某个物体在视网膜上形成的点阵S1、S2、S3……由于时间是连续的，因此，对某个初级神经原而言，其按时序记录的内容，只是清醒状态（封二图3）下外界输入的时序光点阵。当进入睡眠状态（封二图4），记录于神经细胞中的视觉信息将被回输至视网膜的感觉细胞，此时虽然并未有外界光的刺激，但由于回逆性的电信号刺激，仍然可在视网膜上产生视觉印象。各个记录了不同光点的初级神经细胞按时序，将自身记录的电信号回输至视网膜，则可在视网膜上依时序显现出一幅幅的视觉画面。

从以上的分析中，我们认为可以推断，视觉通路其实是一种双向的信息通道。外界的光信息作用

于视网膜形成视觉，而光信息转变化学能后又产生的电能，将被储存于各级神经细胞中。后者的逆向回输，可刺激视网膜细胞，在无视觉输入状态下，也可在视网膜感受到视觉的存在，形成视觉表象或知觉。

二、思维的载体

虽然思维之谜从古希腊的亚里斯多德时代即有人开始探索，但关于思维载体的概念却很少有人明确提出过。近代，有人认为，语言有可能是思维赖以进行的工具，但很快即有人反驳，认为其无法解释聋哑人的思维这一特例。由于一个人大脑内部的思维活动必须通过一定方式为其本人所感知，因此，思维载体是一必须首先阐明的概念。

从以上视觉分析可知，视觉通过视感受器（视网膜）传入大脑神经细胞中，而神经细胞中记忆的图象，迟早还需通过视感受器被重新感受。因此，视感受器是图像思维的最重要的载体。将上述原理加以推广，不难发现，其它感觉器官如听觉、味觉、触觉、机体和语言、运动觉等等，也存在上述记忆信息的时序性逆向回输过程，同时与之相关的思维活动，也必然通过相应感觉器官的感受器而被个体所感知。

因此，我们将思维的载体定义为：存在于机体内的、可以对思维活动产生感受的感觉器官及感受器。思维载体本原上是一种客观存在，但将其概念化、明确化，将大大方便以下问题的讨论。

三、睡眠的机制

睡眠是人体的一种生理状态，在睡眠期间，机体所有对外界的感觉反射变得迟纯。仍以视觉器官为例，睡眠时，视觉对外界光线的刺激变得十分不敏感，这并非表明视觉器官处于功能停止状态，事实上，在深眠状况下，视觉器官的运动反而变得频繁起来，例如在睡眠时频频出现的动眼现象。动眼根据其速度快慢，可以分为慢速动眼期及快速动眼期。若在快速动眼期时打断睡眠，被促醒者将诉说正在做梦。上述现象虽早已被发现，但用经典生理、心理学理论无法作出满意的解释。

如前所述，由于视觉传导路存在双向性，在睡眠时，视觉器官并非功能停止，而恰恰是在接收初级神经原向视网膜回输的在清醒状态下记录的视觉信息。时序点状视觉信息的存贮及之后的逆向回输也是一一对应的。多个细胞把记录的信息按时序回输至视网膜，将形成一帧帧图像。这种一一对应的存取方式虽占用大量初级神经细胞的存贮空间，但却具有即时性的特点，保证了视觉信息被快速地储存以及快速取出。

初级神经细胞将清醒状态下记忆的信息，按时序逆向回输至视网膜的过程，也是视觉信息被处理、加工的过程。可能的机制为，慢速动眼期间，初级神经细胞在将记忆的信息回输视网膜的同时，高级神经细胞中记忆的信息，也可被取出并逆向回输至视网膜，与初级神经细胞回输的信息进行比较，并对其进行加工、处理、标记或索引（封三图 1）。通过对回输至视网膜上的信息进行逐步扫描（慢速动眼），对特殊的、与原来存贮信息没有重复的图像进行标记，而清除重复的或无意义的图像。这一时期涉及了当天记忆信息与既往记忆信息的比较，因而存贮的速度比较慢。当信息比较到一定的程度，一定量的信息被标记，并预备进一步储存时，随即开启了快速动眼期（封三图 2）。此时，在初级神经细胞中存贮的、已标记了的信息逆向回输至视网膜后，又经快速扫描，信息被压缩储存于高级神经细胞中。由于在这一阶段，有用的视觉信息以一一对应的方式从低级神经细胞逆向回输到视网膜，进而以快速扫描输入的方式将信息压缩储存于高级神经细胞中，因而眼动的速度较快。

上述对视觉过程的分析，亦适用于听觉、语言觉、触觉等各种感觉。即在清醒状态下，多个初级神经细胞将记忆的信息，以点阵代码的方式进行输入和存贮。进入睡眠状态后，初级神经细胞内存贮的信息将被逆向回输至感觉器官，与既往的感觉记忆进行比较、加工、处理、标记，进而将被标记的特殊信息，以快速扫描的方式存贮于高一级的神经细胞中，形成更为长期的记忆。初级与高级神经细胞各自进行信息存贮的方式比较如表 1。

表 1　初级与高级神经细胞的信息存贮方式比较

	存取速度	存取内容	记忆时相	存取方式	时序依赖	储存期限
初级神经细胞	瞬时	无选择性	清醒状态	点阵对应	强	短
高级神经细胞	较慢	有选择性	睡眠状态	整幅扫描	不强	长

由此可见，睡眠的功能及目的其实包括两个方面：一是将清醒时记录的信息通过回输至感觉器官进行比较、整理和处理，并标记那些特殊、有用和不重复的信息，行使信息加工的功能；二是将被标记的信息，回输至相应的感觉器官，并且以扫描的方式进一步传输并存贮至高级神经细胞，从而使初级神经细胞内所存贮的内容被回输和清理出来，为第二天清醒时继续输入信息，作好信息储存空间的准备，起到信息转移的功能。

睡眠的上述功能可被睡眠时间长短这一简单现象加以推证。婴幼儿的睡眠期很长，而老年的睡眠期则相对较短。这是因为对于婴幼儿，清醒时输

入的信息多数都是陌生的或非重复性的，神经原记录和需要进一步加工、处理、记忆的信息量很多。因此，需要的睡眠时间较长。相反，老年人由于岁月的经历，大脑中已经记忆了大量的信息，对许多事物已习以为常，因此，睡眠期需要处理、标记和回输的信息量亦较少，因而睡眠期相对较短。

四、知觉产生的机制

经典的概念认为，知觉是在感觉基础上，从经验中获得的。知觉具有主动性、组织性与恒常性等特点。根据上述特点，我们认为，知觉产生的本质是高级神经细胞中存贮的信息（记忆），向感觉器官逆向回输的结果。仍以视觉器官为例说明上述论点。

如前分析，在睡眠期，初级神经细胞将清醒状态下的感觉记忆，经处理和标记后回输至视网膜，后者则以扫描的方式，将处理后的信息输入更高级的神经细胞。由此可见，初级神经细胞的记忆以时序点阵为基本单位，而高级神经细胞则以独立的图像为基本单位，因而时序依赖性较弱。从某种意义上来讲，高级神经细胞中记忆的信息其实是整理、分类后，索引完备的数据库。由于神经通路的存在，存贮于高级神经细胞中的信息也可以回输至视网膜上，重新形成视感应。这种视感应与原始的视觉不同，因其不需要外界物体的被动刺激，因而具有主动性。这种视感应亦与初级神经细胞的记忆不同，因其已经记忆了完整的图像而不是分散的点阵，因而具有组织性。由于贮入高级神经细胞的信息是经过加工和处理的，因而与客观现实之间存在有差异，所以人们对事物的看法会出现与客观现实不完全一致的恒常性，这种恒常性与客观现实出现较大差异时，则形成错觉。

显然，对视知觉过程分析得到的结论对其它（听、触、机体运动及语言运动等）感、知觉也是完全适用的。由以上分析我们得出，高级神经细胞将信息回输至感觉器官上形成的印象或表象，可以印证知觉的各种特点，因而可能是知觉产生的机制。事实上，知觉来源的高级神经细胞中，有记忆大量感、知觉的数据库，由于这种记忆是通过扫描的方式存取的，因而知觉的产生需要一定的时间（不象感觉那样是瞬时的）。不同感觉形成的数据库之间可相互联系并可通过一定的方式相互激活。多个数据库的相互持续的激活，即可形成思维的动态过程。

五、梦的产生机制

理解了睡眠的功能，将有助于对梦机制的阐明。人的睡眠状态为信息处理提供了很好的保护和屏蔽机制，使大脑内部信息的存贮不被外界因素所干扰。特别是在快速动眼期，人体处于深睡眠状态，保证了外界无关信息不会进入高级神经细胞，并使得清醒状态下记录的有用信息得以完整、无误、正确地被转移至高一级神经细胞。

仍以视觉为例阐述梦的产生机制。在人体快速动眼期深睡眠状态下，采用强的非生理刺激使睡眠过程中断，则信息处理过程亦被强行中断。此时，在完全清醒之前，留在视网膜上的表象常常是不完全的、扭曲的或时间倒错的图像（因为经慢波处理后的图像，虽与白天记录的图像相关，但已有变化，加之，强行中断信息过程亦可造成知觉表象的变化）在突然惊醒视觉尚未完全恢复功能时，看到的模糊感觉与视网膜上残存的知觉表象进一步迭加，可形成更加特殊或被歪曲的知觉表象，即梦境的视知觉（封三图 3）。

在深睡眠状态下，不止是视觉在处理信息，听觉、语言觉、运动觉等等机体的感觉亦同时进行着自身的信息处理。这些处理过程的同时突然中断，必然分别在相应的感觉器官上产生具有声、像、运动以及触压等等的综合表象，从而形成在现实中没有发生或不可能发生，甚至荒诞离奇的梦境。

机体的感觉并不限于体表。体内脏器亦有相应的感觉，亦须经类似的机制进行信息处理。当内脏功能紊乱或出现器质性病变时，疼痛的感觉亦可使病人的深睡眠过程被打断。由于疼痛经常与伤害、恐怖等现实生活中不良的表象相联系，因此梦醒时，疼感觉与其它知觉表象的迭加，可形成不愉快或恐怖的梦境。另外，由于各种原因，经常导致大脑信息处理过程非生理性的中断，初级神经细胞中存贮的信息无法有效地转移至较高级神经细胞。残存的信息占用了大量初级神经原中的有效存贮空间，因此，新的感觉信息无法有效地输入，或输入后与之前已经存在的信息发生相互干扰。这种状态下，人的情绪、性格等将由于感觉器官无法正常工作发生病态心理性改变。

六、思维的机制

通过对睡眠、知觉及梦等过程的分析，使得思维机制得以逐步相应地阐明。如果说睡眠过程是在睡眠状态下进行的信息整理和归类，思维则是在清醒状态下，人们主动地对信息进行的综合与运用过程。

再以视觉为例进行分析。当人看到一幅有吸引的画面时，视感觉可发生暂时的功能停止。此时人体对其它事物视而不见，取而代之的是高级神经细胞记忆的信息被逆向回输到视网膜上，而与视网膜刚刚感觉到的画面进行比较。大脑在进行画面信息的比较过程中，首先是原始的画面被视觉反射到视

网膜上，进而高级神经细胞再把已经记忆的相关信息画面：画面1、画面2、画面3……画面n，逐个逆向回输到视网膜上，与原始画面进行迭加、比较和处理。由此可见，在画面处理过程中，由原始画面的感觉可以激活产生画面1、画面2、画面3……画面n等多个不同的知觉表象，即从一个画面，可以联想到多个画面，这其实就是思维的过程。以视觉为例的分析结果，可以很容易地被推广至其它感觉。因而不同感觉表象的综合迭加与相互激活，使人可以感受到丰富多彩的思维过程。因此，我们认为，思维其实是被感觉或知觉激活的一系列知觉在各种感觉器官上形成的表象。感觉器官不仅是外界信息输入的界面，而且也是思维的载体，使思维的内容得以被感知。

虽然思维过程具有综合性特点，但对不同的问题刺激，机体进行思维常常是有针对性的。知觉反射至运动感觉器官为主时可产生以动作感性或表性为主的思维方式，即动作性思维。反射到视听觉为主时则产生形象思维，前二者是感觉器官直接感受所产生的思维，故为具体性思维或直观思维。表象反射至语言的视、听、运动感觉器官为主时，由于这种表象是借助于语法、知识及逻辑规则间接形成的，是间接或抽象的，故属于抽象思维或逻辑思维。最后，反射至内脏感觉器官，虽在一般情况下不易被人们所感知，但亦可相应地诱导出内脏性的运动或反应性感觉，是思维的一种特殊形式，很有可能与气功等现象的机理密切相关（封三图4）。

从上述分析我们可以清楚地看出，思维过程不仅依赖于神经网络的结构，而且对具体的信息过程也有很强的依赖性。由于各种因素，导致信息存取的速度过快、过慢或失调均可引起思维的异常。例如，高级神经细胞存取信息失调时，应该调出画面1时，却取出画面2，则可引起幻觉及其它精神症状。另外，由于大脑的思维过程属于电子信息过程，因此，虽然大脑中存在有完备的屏蔽机制（如颅骨、血脑屏障及硬脑膜等等），但由于大脑的思维过程需要以外周的感觉器官为载体，大脑信息逆向回输至外周感觉器官上被机体感知的过程，难免也会引起信息的泄露，进而有可能被他人所感知而形成某种遥感或遥测等所谓的特异功能现象。大脑外伤会引起脑屏障的破坏，有可能出现类似幻觉的遥感功能，而幼儿由于颅骨的前后囟门未完全闭合，也可能因此具备较强的遥感或其它特异功能，易于被外界传来的无关信息刺激而产生想象或幻想。机体可通过特殊的方式感受外界信息的现象，提示在思维机制被揭示之后，知识由人工输入人脑的设想（参阅“细胞模型假说”），将有可能在进一步探索研究后逐步成为现实。

（责任编辑　蔡德诚）

科技动态

聚合物光盘材料

在过去的20年中，硅半导体材料引起了电子装置的革命。现在，科学家们报告说，一种廉价而性能非凡的有机聚合物有可能成为硅的出色的“接班人”，这种有机聚合物可以用激光束而不是用电流来储存信息，这样就可以大大提高计算机的运算速度。

用光信号而不是用电子信号来储存信息，不仅可以使计算机的运算速度提高1千倍以上，而且可以大大增加储存密度，以致一套不列颠百科全书的全部文字可以存进一个美国银币大小的空间内。

据1994年10月15日英国《新科学家》周刊报道，斯特拉斯堡法国国家研究院法国科学家研究中心和阿里佐纳大学光学中心的聚合物化学家克劳斯·米尔霍尔兹(Klaus Meerholz)第一个研究出了能满足许多实际需求的可制造光盘的聚合物材料。英国《自然》杂志（第371卷第475页）介绍了他们的工作。

这种聚合物有一种独特的光折射性能，因而对信息的存储非常有用。储存信息的方法是，首先在整块聚合物薄膜上加上一个电场，然后用一对激光束在表面上扫描，用脉冲通一断表示数字数据。这些脉冲信号因在局部不断改变薄膜中电荷的分布而被储存下来。这样，就决定了聚合物是在以后折射光线还是让光线不变地通过。为了检索数据，再用一束非脉冲激光束扫描聚合物薄膜表面，于是这种稳定的激光束改变了原来记录的电荷分布图，检索出新的数据。

和现有的光储存装置不一样，这种新的聚合物光盘可以提供高密度数字和数字的即时存取，而不需要运动的零件。

化学家也知道一些其他的光折射化合物，但它们都有一个主要缺点而妨碍了其商业应用。如有的化合物有强烈的光折射性能，却是些稀有的无机物晶体和非常昂贵的元素。而有些比较便宜的有机聚合物，其功能又比较差。

光折射聚合物是1991年才第一次发现的。早先的一些聚合物需用长时间记录数据，而在读出它时，光的强度仅为原来的1%。米尔霍尔兹的聚合物是第一个综合性能接近100%的化合物，比任何一种晶体都好，且成本低。如果大批生产，一个聚合物储存装置可能只有几个便士的成本，还不到1美元。而那些晶体的成本却在10～100美元之间。

但是这种聚合物材料目前的存储能力还不耐久，在聚合物薄膜上记录的数据几星期或几个月之后就逐渐退化，这是这些光存储装置在达到市场上售销（这将是一个巨大的潜在的产业）之前必须解决的问题。

（刘先曙）