

## 科学新边疆——关于意识的科学

程邦胜

(浙江大学理学院物理系 杭州 310027)

〔摘要〕 作为科学研究的新领域,人类意识问题对自然科学的研究构成了重大挑战。通过介绍意识科学研究中的3个具有代表性的理论,勾画了意识科学理论研究的基本现状。

〔关键词〕 意识 大脑 神经生物学 〔中图分类号〕 Q189 TP1

〔文献标识码〕 A 〔文章编号〕 1000-7857(2004)10-0046-05

A NEW SCIENTIFIC FRONTIER  
—ON THE SCIENCE OF CONSCIOUSNESS

CHENG Bang-sheng

(College of Science, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

**Abstract:** As a new frontier of science, consciousness constitutes a great challenge to the scientific research. In this article, we describe the theoretic research situation of consciousness science by introducing three representative theories in this field.

**Key Words:** consciousness, brain, neurobiology **CLC numbers:** Q189 TP1

**Document Code:** A

**Article ID:** 1000-7857(2004)10-0046-05

由未知到已知,科学总在不断地开拓着新的疆域。过去的 不毛之地,已经成为科学研究的沃土。现在处于科学研究中心的前沿热点,曾经也是人迹罕至的新大陆。

现在处于科学研究中心地带的以分子生物学为中心的生命科学,在1个多世纪之前却是一片荒凉的科学边疆,是几代科学拓荒者的不懈努力,才让它成为科学研究的中心领域。在我们由衷地称赞那些科学先驱的远见和毅力的时候,我们不应该因为科学中心地带的热闹繁华而忽略我们这个时代的开拓者们,他们正在用他们的远见和毅力开拓着科学的新边疆,这些边疆地带现在虽然看起来显得粗陋、缺乏条理,但它们将是未来科学研究的中心。

正如1个多世纪前对生命的科学探索一样,对意识的科学探索是我们这个时代科学所要开拓的新边疆,在这个尚待探索的土地上,遍布着需要解决的难题和陷阱。对每一

个开拓者来说,如何避开陷阱、解开难题,这是巨大的挑战。

在意识科学研究领域的开拓中,有许多科学家做出过努力,在他们的推动之下,意识科学逐步成为科学界所接受的一门综合性学科,而他们的远见则为后来者提供了前进的指向标。本文着重介绍意识科学的探索过程中具有代表性的几个观点。

## 1 克里克——惊人的假说

克 里 克 (Francis H. C.



克 里 克 (Francis H. C. Crick), 这位 DNA 双螺旋分子结构的发现者之一,提出了他的惊人假说,希望能够揭开人类意识之谜。

收稿日期: 2004-04-23。

作者简介: 程邦胜,男,1972~,杭州浙江大学理学院交叉学科实验室(310027);主要从事大脑信息处理、视觉信息处理、机器智能方面研究, E-mail: chengbs@zju.edu.cn。

术的发展,以硝基苯为原料一步生产对氨基苯酚的电解法新技术,将取代铁粉还原法,其原料成本低、生产过程短、“三废”污染少、不需贵金属和加压设备,可在常温常压下操作,每t产品可盈利1万元,预计这种近于绿色化的精细化工生产方法在近期用于对氨基苯酚和不少精细化工中间体的生产,能满足市场的需要。

根据市场的需求,今后我国将按精细化工发展的内在规律,充分利用国内外的资金、人才和技术,组织“产学研”相结合的技术攻关、科技创新,从根本上进行原始创新,使

精细化工行业的整体水平上一个档次,参与国际竞争。

## 参考文献(References)

- [1] 王大全. 精细化工辞典[M]. 北京:化学工业出版社, 1998. 340
- [2] 中国化学工业部. 精细化工产品分类暂行规定[S]. 1986.3
- [3] 中国化工信息中心. 中国化工产品现状及市场分析(第四册)[M]. 北京:化学工业出版社, 2002. 302~304
- [4] Wang Daquan. China's Chemicals Exporters 2003 [M]. 北京:化学工业出版社. 2004. 20~25

(责任编辑 邱夜明 肖庆山)

Crick), 这位生命遗传物质 DNA 双螺旋分子结构的发现者之一, 现代生命科学的奠基人之一, 诺贝尔奖获得者, 一个科学的狂热追求者和成功的还原论者, 在把世界万物的复杂生命现象还原为基因分子的行为之后, 提出了一个惊人的假设, 作为探索人类意识世界的敲门砖。这个惊人的假说认为: 我们的喜悦、悲伤、记忆和抱负, 我们的本体感觉和自由意志, 实际上都只是我们大脑中一大群神经细胞和一些相关分子的集体行为; 我们的感动只不过是脑中一些神经细胞在活动; 而我们的欢乐则是另外的一群神经细胞在活动; 如果说我们的肉体的生长受控于基因分子的行为, 那么我们的灵魂世界则受控于这些大脑神经元的行为, 我们的梦想、希望、追求, 以及各种行为不过是我们大脑中这一大群神经元的活动罢了, 而这一大群神经元的活动则受制于我们的遗传密码和我们生存的环境。

这个假设是克里克探索意识科学这块新大陆的一个基本假设, 在这个假设之下, 意识就成为能够为科学研究所把握的研究对象, 从而科学家能够通过各种实验手段和理论手段进行研究, 直至彻底解决意识之谜。

然而人类意识是一个极其复杂的自然现象, 意识科学的新大陆看起来广袤无垠, 其地势险峻神秘, 而其上空也布满团团疑云。如何揭开这块新大陆的神秘面纱, 的确需要科学探险者的睿智和毅力, 也许只有具有了那种科学上的牛仔精神和创造能力才能在探索这块布满谜团的新大陆上有所收获。

对于那些探索这块科学新大陆的先驱者来说, 如何选择合适的研究方法和研究的突破口, 无疑是一个巨大的挑战。他们只有根据以往研究的经验, 选择他们看起来最有希望的研究方法和研究方向, 以求解开意识现象的奥秘。

对于克里克这位还原论大师来说, 面对如此复杂和如此广大的科学新大陆, 与其希望一开始解决它的全部秘密, 还不如选择看起来最有希望解决的部分地域进行研究。一旦我们基本解决了这块地域的谜团, 消除了笼罩在这块地域上空的疑云, 就可以以它为据点, 向意识科学大陆的深处进行探索。这是克里克所想的, 也是克里克所做的。他和他的合作者, 美国加州理工大学的科赫(Christof Koch), 选择了人类的视觉意识作为他们探索意识科学新大陆的前哨阵地, 希望以此为开端拉开从科学上解开意识之谜的序幕。

视觉信息在人类从外界获取的感知信息中占有很大的比重。外界的光波信号通过我们眼睛达到眼后部的视网膜, 在此处光波信号转化为神经电信号通过视神经传输到大脑的初级视觉皮层, 处理后的信号又通过神经通路传输到大脑的次级视觉皮层做进一步的处理, 然后传输到更高级的大脑皮层系统进行处理。在这个过程当中我们就可以产生关于外部世界的活生生的印象, 从而形成视觉意识。视觉意识在人类的意识当中属于较初级的意识, 它不像自我意识和语言概念意识涉及大脑高级皮层系统的处理。因此视觉意识的研究虽然复杂, 但比起自我意识一类的高级意识, 应该是研究意识科学的一个好的突破方向, 并且目前已经建立起视觉心理学、视觉生理学和视觉分子及细胞生物学等与视觉相关的系列学科, 这些学科的发展给视觉意识的研究提供了重要的基础。这就是克里克选择研究视觉意识作为研究意识科学的突破方向的原因。也就是说, 如果意识科学新大陆有什么薄弱点的话, 那么它就是视觉意识。

通过 10 多年的探索研究, 克里克和科赫总结他们的研究成果, 于 2003 年 1 月份在《自然-神经科学》杂志上发表他们的《意识的框架》一文, 阐述了他们关于意识, 特别是视觉意识的一个理论框架, 作为解释已有实验结果、指导未来实验研究的理论依据。

那么, 在克里克眼中, 这块神秘的意识科学新大陆究竟是什么样的呢? 我们的大脑是通过什么样的机制产生了关于这个世界活灵活现的意识经验呢? 首先, 在大脑内部, 存在着与我们所感知的的外界世界各种特性相对应的神经团体, 它们组成大脑皮层的一个个皮层神经柱, 被称为“要素节点”(Essential Node)。这些神经节点是大脑对外部世界各种特性的显式神经表达。一个外部世界的特性要想被人们所意识到, 就必须有对应于该特性的显式神经表达。就如我们要想意识到红色, 就必须在大脑中有相应于红色的显示神经表达。如果不存在与红色相对应的显式神经表达, 或者表达红色的神经节点遭到破坏, 则我们将意识不到红色, 这就是色盲所表现出来的情形。克里克认为一个外部特性被人们意识到的必要条件是该外部特性在我们的大脑中有专门的神经节点来表示它。一旦该节点处于激活状态, 并且满足一些其它条件, 则该神经节点所表示的特性(如红色)就会进入我们的意识, 从而让我们产生相应的意识经验。

那么, 一个激活了的神经节点所表达的特性怎样才能进入我们的意识? 克里克的回答是它们必须加入一个更大的神经团体, 被克里克称为神经细胞联合体(Coalition)。神经细胞联合体由一系列神经节点构成, 它们在一定的时间段内互相支持, 形成稳定的激活状态, 构成我们意识的内容。大脑中的神经细胞联合体是在外界的感觉刺激之下, 大脑皮层的神经节点通过兴奋性神经连接和抑制性神经连接经过整合竞争, 在动态变化中形成的在一定时间段内处于较稳定的激活状态的神经团体, 以反映外界刺激的各种特性(如颜色、运动、形状), 从而构成我们所意识到的内容。这些神经细胞联合体是各神经节点在竞争中形成的, 故被称为竞争性神经细胞联合体。这些在竞争中获得胜利的神经细胞联合体将维持自己的激活状态一段时间, 然后让位于下一个胜利的神细胞联合体, 从而构成了一个动态的意识流。这些动态的神经细胞联合体构成了大脑对外部世界意识经验的一系列连续的神快照(Snapshot), 我们意识经验的所有方面(如颜色、运动)都被刻画在这些快照之上, 表现为神经细胞联合体中的对应于各种感知特性的神经节点。的确, 我们大脑中的意识画面有点类似于电影的放映, 不过电影胶片上的感光微粒换成了大脑皮层的神经细胞, 并且每一帧画面的持续时间也不尽相同。

可以说, 竞争性的神经细胞联合体在克里克的关于意识的理论框架中起着核心的作用, 它联系着该理论框架中所有其它的理论要素。神经细胞联合体的活动模式与我们意识状态的产生直接相关, 决定着意识经验的内容。虽然目前决定每个神经细胞联合体的形成、发展和消失的具体的神经机制还不太清楚, 克里克还是给出了一个基本的画面, 其各个细节还需要实验进行验证。

当外界视觉信息流进入我们的大脑的时候, 将引发大脑内的神经节点的活动, 这些神经节点检测着视觉场景的各种视觉特征(如颜色、形状), 他们为了进入我们的意识层次, 就必须互相竞争整合, 以形成一个神经细胞联合体。为



了在竞争中获得胜利,一些神经节点就开始互相合作,形成一种同步振荡,以利于击败其它参与竞争的神经节点,形成自己的神经细胞联合体,从而构成我们意识经验的内容。与此同时,我们的注意力系统则对这些神经节点的神经连接进行调制,以加强它所偏向的神经节点的活动,削弱其余节点的神经活动,从而控制着神经细胞联合体的形成,决定着意识经验的内容。在同一时刻,我们大脑中可能存在多个竞争成功的神经细胞联合体,它们共同构成了我们大脑关于外界环境和自身本体意识经验的神经快照。这些神经细胞联合体可以形成于前脑(Front Brain),也可以形成于后脑(Back Brain)。克里克认为形成于前脑的神经细胞联合体反映了与自由意志相关的意识经验(如幸福感和归属感),它比在后脑所形成的神经细胞联合体具有更广泛的影响以及更久的持续时间。因此,前脑和后脑不应该作为一个单一的神经联合体看待。前脑部分涉及更高层次意识经验,可以认为前脑在查看着后脑的活动。前脑的活动是不能为我们所意识到的,或者说我们不能直接意识到我们的思维本身,而只能通过想象中的感知表达来间接地意识到它。

在我们的大脑中不仅存在着有意识的神经活动,还存在着大量的无意识的神经活动。同有意识的神经活动比较起来,无意识的神经活动对感觉输入的反应更加快速、敏捷,但也更加程式化。可以把无意识的神经活动看作大脑皮层的条件反射。大脑中同时存在有意识的神经活动,无意识的神经活动,使得生物具有进化论上的优势。无意识的神经反应可以快速地应付紧急的或者程式化的任务。而反应速度较慢的有意识的神经活动让我们能够思考和计划更加复杂的行为模式,从而使得我们能够处理复杂的任务,适应复杂的环境。

这是克里克和科赫所提出的关于意识科学的理论框架的基本要点,是他们在视觉意识领域的研究基础之上提出的关于意识科学新大陆的假设性的理论建议,其有效性需要更多的探索者进行证实。但无论如何,克里克凭借着他的经验和远见为我们在这块现在还显得神秘莫测的意识科学新大陆指明了一条希望之路,为从科学上揭开意识之谜带来了一线曙光。

## 2 艾德曼——神经达尔文主义

艾德曼(Gerald M Edelman),美国科学院院士,诺贝尔奖获得者,生物免疫系统中抗体的化学结构发现者之一。他在生物免疫系统的研究中获得重大突破从而获得诺贝尔奖之后转入神经生物学的研究,进而涉足意识科学的研究。同克里克一样,艾德曼是在科学界普遍对意识的科学研究持怀疑和排斥的态度时,涉足意识科学这块新大陆的。因此,艾德曼是探索意识科学新大陆的先驱者之一。

在决定如何探索意识科学这块神秘的新大陆时,艾德曼采取了与克里克完全不同的



艾德曼(Gerald M Edelman),诺贝尔奖获得者,提出了神经达尔文主义,以此为基础解释意识现象的复杂性和统一性。

方法。如果说克里克是直接踏入意识科学新大陆的丛林,去探索意识的奥秘的话,那么艾德曼则更像是乘坐着高空热气球来到意识科学新大陆的上空,俯视着这块神秘的土地,希望从整体上把握住它的规律。从上空看去,意识科学新大陆上丛林密布、河网交织,显得光怪陆离、变幻无常,然而整个大陆从整体上却显得风光绮丽、浑然一体。这种复杂多样性和整体统一性的并存,是意识现象的显著特点,而这也是艾德曼试图用自己的理论来进行解释的属性。

与克里克不同,艾德曼从一开始就试图从整体上把握意识现象的复杂属性,他试图建立一个包括认知、记忆、学习、语言和意识的统一理论。因此艾德曼强调意识现象的复杂多样性和整体统一性的并存。为了解释意识现象的这种奇异属性,艾德曼基于一套进化和发展的原理提出了一个与克里克意识理论很不相同的理论框架,并发表在2003年4月份的《美国科学院院报》上。

那么,意识科学新大陆在艾德曼的眼中呈现出什么样的结构和规律呢?艾德曼是怎样从科学上来解释意识这个复杂难解的自然现象的呢?

首先,艾德曼提出了神经细胞群选择理论(Theory of Neuronal Group Selection),又称神经达尔文主义(Neural Darwinism),作为他的意识理论的基础。神经达尔文主义有两个基本要点。第一是我们的大脑是在生物进化中发展出来的一个选择性系统(Selectional System),在这个系统中存在大量变异的神经电路,这些变异的神经电路是在基因的控制之下后天发育而成的。并且这些变异神经电路是简并的(Degenerate)。也就是说,在这个选择性系统中,结构不同的变异神经电路可以担负相同的神经功能,或者产生相同的神经输出。这些大量的变异神经电路构成了一个庞大的后备库存以满足我们的复杂的认知功能的需求。在认知的发展和大脑的发育过程中,随着外部经验的输入,那些同外界信号相匹配的变异性神经电路通过改变自己的神经连接强度而被选择出来以担负特定的认知功能。这种选择性神经系统具有显著的多样性,对解释大脑中意识事件的复杂性和多变性提供了神经生物学基础。然而这种复杂多变的神经系统又是如何提供给我们关于外界和自身的一个整体统一、井然有序的意识经验的呢?这就是神经达尔文第二个要点要解决的问题。

神经达尔文主义的第二个要点认为,我们大脑中复杂的神经活动是通过一种称为“重入式”(Reentry)的神经处理过程而达到时间上和空间上的协调的。“重入式”过程是神经细胞群之间通过大规模的互连接而形成的在大脑不同功能皮层区域之间产生的一种递归式的激发过程,它是一种平行发生的选择性神经处理过程(Selectional Process)。通过这种“重入式”的神经处理过程,竞争性的神经细胞群之间通过一系列的交互作用产生了相互关联的活动,从而使得那些能够在广泛分布的脑区之间产生同步活动的神经电路被选择出来。这种同步的神经活动使得大脑中互相分离的功能区域能够在缺乏类似于逻辑指令、外部时钟和高层程序的条件下把它们的活动关联起来,从而使得我们的意识经验呈现一种整体统一的性质。对艾德曼来说,这种“重入式”的神经处理过程对意识的涌现起着核心的作用。

根据神经达尔文主义,艾德曼认为我们的大脑中存在着一系列弥散的上行评价系统(Value System),它们通过调

制或者改变神经连接的性质来对大脑中发生的选择性神经事件产生影响,从而偏向于一些选择性神经事件,并进而在进化过程中偏向于一些特定种类的行为。这些神经事件评价系统对大脑中的学习系统和记忆系统也会产生影响,而其中对神经连接变化起重要作用的系统被称为“评价—分类记忆”系统,这个系统包括我们大脑的额叶、顶叶和颞叶几个主要皮层区域,它们在我们意识的产生过程中扮演着关键的角色。

神经达尔文主义提出的选择性神经网络和选择性“重入式”神经处理过程为解释意识现象的复杂性和整体性提供了理论基础,也是艾德曼的关于意识的理论框架的核心基础。在此基础之上,艾德曼提出了一个支配意识现象产生的神经生物学机制。

依据神经达尔文主义,艾德曼提出的生物进化过程中意识产生的神经机制则是:当生物由爬行类动物向哺乳类和鸟类动物进化的某个时期,某些动物在胚胎发育过程中,在它们负责认知分类的后脑和负责“评价—分类记忆”的前脑之间进化出大量新的神经连接,从而允许丰富多样的“重入式”神经活动发生。这些“重入式”神经活动提供了对复杂感知信号进行整合的神经基础,从而产生了初级的意识经验。拥有这种能力的动物能够把当前所感知到的复杂信号同它以前学习到的经验记忆相联系,从而在环境的适应上具有进化上的优势。随着这些动物的不断进化,在更晚的某个时期,动物的大脑进化出了更多的“重入式”神经电路,它们把大脑中负责语义和语言处理的脑区同负责认知分类和概念记忆的脑区联系起来,从而使得与语义处理能力相关的高级意识得以出现。

为了解释意识的两个显著的但又矛盾的特性,即意识的复杂多变特性和整体统一特性,艾德曼又引入了“重入式动态核心”(Reentrant Dynamic Core)的概念。艾德曼认为虽然身体和环境的信号输入驱动了不同大脑皮层间的动态“重入式”神经活动,但更多的这种神经活动则是由大脑自身引起的。这种神经活动把广泛分布于大脑不同功能区域的神经活动通过同步的方式联系起来,并进而把它们整合到一个统一的意识经验中去。在大脑神经系统的“重入式”神经活动中,起着关键作用的神经事件则是大脑中一些神经电路集团在维持约500毫秒的亚稳态神经活动状态后变迁到另外一些神经电路集团的亚稳态神经活动。这种活动持续发生于作为一个功能集团运作的“丘脑—皮层”系统。“丘脑—皮层”系统主要同自身进行作用,持续进行着动态“重入式”神经活动。艾德曼把“丘脑—皮层”系统作为一个功能集团称为“重入式动态核心”。这主要是因为它作为一个复杂系统能够产生复杂分异且整体统一的系统状态,而这正好能够解释意识状态的复杂分异特性和整体统一特性。这就是艾德曼所提出的关于意识科学的一个整体性的理论框架。艾德曼强调了意识现象的复杂分异特性和整体统一特性的并存,从而提出了神经达尔文主义作为其解释意识现象的理论基础。其理论的核心概念则是“重入式动态核心”,有点类似于克里克提出的神经细胞联合体。同克里克的神经细胞联合体一样,艾德曼的“重入式动态核心”的神经活动是产生我们意识经验的直接根源。意识现象的各种特性都可以通过“重入式动态核心”的神经活动模式的特性得到解释。与克里克的神经细胞联合体不同,在每一时

刻,大脑中只存在一个唯一的“重入式动态核心”。从这一点来说,艾德曼的“重入式动态核心”更类似于克里克提出的意识经验的神经快照,它在同一时刻可能包括多个不同的神经细胞联合体。

艾德曼从另一角度对意识科学新大陆给出了他的见解,他的理论框架与克里克的理论框架起点很不相同,但最后却得出了类似的结果。这说明虽然意识科学新大陆虽然看起来变幻莫测、复杂无比,但本质上存在着特定的规律和结构,而这是可以通过科学的手段找到的。随着对意识科学新大陆进一步的探索,相信有更多的科学奇景被我们发现。

### 3 唐孝威——意识涌现的相变模型

唐孝威,中国科学院院士,实验物理学家。他先后参加了研制我国第一颗原子弹和氢弹的工作,以及中子点火实验、原子弹爆炸测试和氢弹原理实验,参加了我国第一颗返回式人造地球卫星空间舱内空间辐射剂量的测量工作。20世纪90年代他转入生物学和核医学的研究,并进而转到脑科学和意识科学的研究,大力推动我国交叉学科研究和脑科学的研究。唐孝威是我国涉足意识科学新大陆的探索者之一,他力图用科学原理和科学实验方法解释意识科学新大陆那光怪陆离、变幻莫测的现象。



唐孝威,中科院院士,提出了意识的4个要素理论和意识涌现的相变模型,作为解释意识的理论框架。

同克里克和艾德曼一样,唐孝威是以大脑的神经生物学特性为基础来研究意识现象的复杂属性的。在2003年3月份出版的专著《脑功能原理》一书中,他从系统的层次探讨了脑功能的基本原理,其中包括从系统水平的角度提出的一个关于意识科学的理论框架。那么,意识科学的新大陆在唐孝威眼中又有什么样的面貌呢?

首先,唐孝威根据大量的脑科学和神经科学的实验结果,提出了“脑功能因子”的概念,认为从系统的层次来说,脑功能是由高度分离而又复杂整合的基本功能单位组成,这些基本功能单位被称为“脑功能因子”,简称“知因”。“知因”的神经生物学基础是脑内担负特定功能的专一性神经细胞团体。可以说“知因”的概念类似于克里克所提出的“要素节点”的概念,也类似于艾德曼所提出的“选择性系统”中的“变异神经电路”的概念,它们对应于大脑皮层的功能柱,或者功能柱的一部分。在此概念的基础之上,唐孝威认为大脑的各个脑功能子系统和它们的激活状态为意识的产生提供了物质基础。脑功能子系统处于激活状态是意识得以产生的必要条件,能够进入意识经验的大脑活动一定是处于激活状态的脑区的活动。但是一个处于激活状态的脑区的活动要进入我们的意识经验,则必须要达到一个临界条件。也就是说处于临界条件的激活脑区的活动才可以进入我们的意识经验,而不能达到临界条件的激活脑区的活动并不能进入我们的意识。同时,一个脑区的活动要进入意识经验,还必须要有其它脑功能系统的支持与调控。

当外界的感知信息进入我们的大脑皮层的时候,就会



引发皮层各个脑区的神经活动,最终使得一些脑区进入激活状态,这些脑区的激活水平随着输入信号强度的增大而提高。当一个脑区的激活水平达到它的意识临界条件时,此激活脑区的活动就进入我们的意识经验。而意识经验的内容则取决于这些达到临界条件的脑区所对应的功能特性。比如当负责表达红色的专一性脑区的激活水平达到意识的临界条件时,则此脑区的活动进入我们的意识经验。此时我们就会意识到红色。

那些激活水平低、没有达到意识临界值的脑活动构成了无意识的脑活动。这些脑活动虽然没有进入我们的意识经验,但是由于它们处于激活状态,仍然会对我们的经验、思维和行为产生影响,是脑功能活动的一个重要组成部分。唐孝威称这种脑区激活态为内隐的(Implicit)脑激活态。并认为这些无意识的脑区激活态的活动构成了脑内信息自动加工的内容。

脑区的激活水平不仅与输入信号的强度有关,也与大脑注意系统的参与有关。注意系统使一些脑区的激活水平得以增强,从而达到意识临界值,进入我们的意识经验;同时,使其它脑区的活动得到抑制,使其激活水平难以达到意识临界值。注意系统的参与使得一些原来不能达到临界条件的、激活水平较低的脑区的激活水平得到增强,从而进入我们的意识;而使另外一些原本可能达到临界条件的、激活水平较高的脑区的活动被抑制,使其激活水平受到削弱,不能达到意识临界条件,从而不能进入我们的意识经验,被我们所忽略。唐孝威把由于注意的参与而进入我们意识经验的脑区激活态称为外显(Explicit)的脑激活态,并认为这些脑区激活态的活动构成了脑内信息受控加工的内容。

脑区的激活水平由意识临界条件以下变为达到临界水平时,脑区的活动即由无意识的活动转化为有意识的活动,这种变化类似于物理学中的相变现象。因此这个关于意识的理论模型被称为“意识涌现的相变模型”。

根据“意识涌现的相变模型”,意识活动至少有两类以上的脑区参与,一类是表征意识内容的大脑皮层相应的脑区,另一类是负责维持觉醒水平的脑区,此外还存在规划和控制的脑区。这3类脑区的共同参与决定了意识的产生和意识的内容。

唐孝威还在大量实验事实的基础之上,提出了意识的4个要素理论,认为意识是由意识觉醒、意识内容、意识指向和意识情感4个要素及它们之间的相互作用组成。意识觉醒要素是控制大脑清醒状态的要素。大脑处于一定程度的觉醒状态水平是产生意识活动的基础,大脑觉醒状态水平过高或过低都会使得产生意识经验的大脑神经活动遭到破坏,引起意识经验内容的丧失。因此大脑清醒水平是意识产生的组成要素之一,这个要素被称为意识觉醒要素。

意识状态一经产生,同意识相关的神经活动所对应的感知特性就会进入我们的意识经验,从而构成我们意识经验的内容。意识经验的内容是大脑对外界感知信号进行加工处理的结果。意识的变动反映为意识内容的变动,也就对应着与意识相关的神经活动的变动。因此意识内容是构成意识状态的一个重要要素,被称为意识内容要素。

意识的产生由外界的感知事件引起。我们大脑中的注

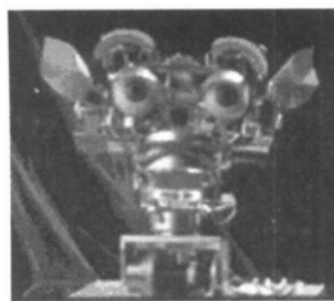
意系统总是偏向于一些感知事件,让它们进入我们的意识,而对另外一些感知事件进行抑制,从而不能进入我们的意识经验,被我们所忽略。这就使意识呈现一种指向性。这种意识的指向特性使得我们的大脑能够进行复杂的计划,并能够保证我们的行为是依着大脑的计划而运作的。意识的指向特性对我们具有功能上的意义,称为意识指向要素。

意识的内容可以通过大脑中的评价系统进行评价,从而产生相应的情感体验,最终对我们的行为产生影响。这种在情绪和情感方面的主观体验构成意识的重要组成部分,它是普遍存在的,因而是意识的构成要素之一,被称为意识的情感要素。意识的4个要素之间存在着紧密的联系,它们互相作用,经过整合构成整体的意识经验。

这就是唐孝威对意识科学新大陆的观点,他的理论框架是基于对大脑的系统水平上的一个考察,反映了意识现象在系统水平上的一些规律,解释了已有实验结果,但其有效性还需要更多的实验进行验证。

#### 4 探索之路

克里克的惊人的假说、艾德曼的神经达尔文主义、唐孝威的相变模型是关于意识科学的3个不同的理论框架。它们在一些方面相差不多,在另一些方面则是完全不同。这反映了意识现象的复杂难解和意识科学的成熟。随着对意识科学新大陆探索的不断深入,相信这些理论的矛盾会在新的发现面前得到解决,那时我们对意识现象的理解将会大大加深,意识科学大陆将会在我们面前展现最美丽的面貌。



机器人是否会拥有意识,也许不久之后就会得到答案。

对意识科学新大陆进行探索的序幕已经拉开,科学新边疆的开拓是不会停息的。虽然科学的先驱者已经为我们开辟了道路,提供了线索,然而对这块新大陆的探索仍然是处处举步维艰、困难重重,后来者需要凭借着自己的聪明才智和顽强坚忍的毅力,才可以在这块充满着神秘和惊奇的大陆上满载而归。然而科学的发展是一日千里,技术的进步也是以加速的步伐前进。如果说生命科学通过1个世纪的努力才成为了科学研究的中心,那么可以预言,目前还处于边疆地带的意识科学新大陆将在几十年之后成为科学上最为繁华的中心地带。时不我待,让我们踏上那激动人心的探索之路,见证科学的新辉煌。

#### 参考文献(References)

- [1] Crick F C, Koch C. A framework for consciousness [J]. Nature Neuroscience, 2003, 6: 119
- [2] Edelman G M. Naturalizing consciousness: A theoretical framework[J]. Proc Natl Acad Sci, USA, 2003, 100: 5 520
- [3] 唐孝威. 脑功能原理[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2003
- [4] 程邦胜, 唐孝威. 意识问题的研究与展望. 自然科学进展[J]. 2004, 14(3): 241

(责任编辑 王宏章)