

关于纸质图书以电子图书形式出版的声明

为更广泛地宣传和传播您的学术思想,让更多读者学习和了解您的科研成果,我们将您在我社出版的纸质图书以电子图书的形式出版。我社将严格遵守《中华人民共和国著作权法》及相关法律、法规和规章的规定,在网络传播的过程中通过先进的技术保护措施对著作权进行保护,以维护相关各方面的合法权益。

由于我社的历史较长,已与一些纸质图书的著作权人失去联系,请相关权利人见到本声明后与我社联系。联系方式为:

联系人: 胡萍

电 话: 010-62176522

地 址: 北京中关村南大街 16 号科学普及出版社总编室

邮 编: 100081

科学普及出版社

2008 年 8 月 1 日

人类大脑的工作模型

楚明瑞 著

中国科学技术出版社

· 北 京 ·

前摇摇头言

在探索人类大脑奥秘的漫长历程中 ,人们已经提出了许多理论 ,建立了许多模型。但是 ,这些理论和模型至少普遍存在以下两个缺陷。

第一 ,不彻底。例如 ,在研究认知问题的时候 ,有人提出了“元认知”理论 ;在研究记忆问题的时候 ,有人提出了“元记忆”理论 ;在研究语言问题的时候 ,有人提出了“元语言”理论 ;在研究灵感问题的时候 ,有人提出了“潜思维”理论 ;在研究注意问题的时候 ,有人提出了“与各种信息处理系统有所分离的执行网络”理论等。那么 ,又是“什么”和“怎样”使元认知、元记忆、元语言、潜思维、执行网络等等系统运转起来并发挥作用的 ?至今还没有找到令人满意的答案 ,往往还得求助于头脑里无所不能的、起控制作用的“小人”。而这个“小人”的头脑仍然是个令人捉摸不透的“黑匣子” ,结果 ,总是摆脱不了“小人问题”。显然 ,这样的“小人”是不存在的。为此 ,1995年苑月 ,国际注意与执行研究协会在英国举行了第 5 次研讨会。与会人员都是来自世界著名大学的心理学家、实验心理学家、认知科学家、神经科学家和人工智能方面的专家。会议的主题是“认知过程的控制 :清除(起控制作用的)小人”。从会议发表的论文看 ,大家尽管从不同角度对这个问题做了深入研究 ,但是 ,离彻底清除“小人”都还相差很远。

第二 ,兼容性差。这些理论和模型大都是针对感觉、注意、记忆、学习、语言、灵感、情感等精神活动和精神现象分别提出或建立起来

的,往往彼此隔离,甚至相互矛盾。为此,二十世纪四十年代初,(美国)哈佛大学的 ~~粤霖霖霖造~~及其同事就倡导发展一种“统一认知理论”。他们理想中的统一认知理论要求一个由多个机构构成的“单一系统”,这个系统工作起来,能够产生所有的人类认知行为,具体包括:问题解决,决策,例行动作;记忆,学习,技能(包括认知技能和自发行为);感觉,肌肉运动行为;语言;动机,情感;想象,做梦,幻想,幻觉等等。~~粤霖霖霖造~~及其同事的倡导是正确的。因为,在正常情况下,人的机体尽管十分复杂,各个组织、器官、系统运转起来却非常顺畅,彼此并无冲突;人的精神活动和精神现象尽管种类繁多,彼此之间却非常协调,并无矛盾。这说明,在其中起决定作用的、以大脑为最高中枢的人的神经信息系统的运行是统一的。与此相应,能够正确反映这一事实的理论和模型也应该是统一的。~~粤霖霖霖造~~及其同事的做法受到同行们的重视。但是,目前几种统一认知理论,都还非常初步。它们不但功能有限,而且仍然没有摆脱“小人问题”。

笔者从一个信息科学工作者的角度出发,经过几十年刻苦学习和深入思考,在意识、感觉、注意、记忆与回忆、语言、学习、灵感、情绪与情感、思维等方面形成了一些新的观点,并且以人的思维活动作为主线,把它们有机地联系起来,构筑了一个人类大脑的工作模型,形成了一套能够较好描绘人类大脑如何工作的较为完整的理论体系。我相信,这个模型和理论体系不但在很大程度上弥补了前面所说的两个缺陷,而且展示了当代脑科学和认知科学研究应该遵循的正确方向。

现在,笔者把这个人类大脑工作模型和认知理论体系写成一篇研究报告,奉献给读者。

报告分两个部分,共八章。第一章“人的神经信息系统”,首先描述人的神经信息系统的硬件结构及其各部分的功能,其中提出意

识区(或思维区)的概念,并且重点描述了它的特性、意识功能和思维功能;然后描述人的神经信息系统的软件结构,其中提出了思维模块和思维程序的概念,并且重点描述了用以构成思维程序的几个基本思维模块;最后解释做梦现象,用以初步验证前面提出的观点。第二章“人的神经信息系统的发育和形成”,描述人的神经信息系统的发育和形成过程。第一、二章构成本报告的第一部分,它所描述的神经信息系统是人的所有思维活动共同的平台。第二部分包括第三至第八章。其中第三章“记忆与回忆”描述记忆与回忆的策略和运行机制,进而用以解释十几种著名的效用和现象,例如,记忆的首因效应、记忆的近因效应、记忆恢复效应、记忆的场所依存性、记忆的状态依存性、条件反射、直接知识学习以及作为提出内隐记忆学说主要根据的启动效应、随机独立、功能独立等等。第四章“语言与思维”首先描述利用语言进行思想交流和间接知识学习的运行机制,然后描述语言获得、语言理解和语言生成的运行机制,进而阐述语言的起源。第五章“论灵感”从回顾著名创造性思维成果的获取过程入手,挖掘在灵感降临瞬间发生在思维主体大脑里的关键事件,进而揭示灵感的本质,阐述智力的起源。第六章“情绪与情感”首先说明情绪和情感的本质,然后详细讨论影响人类情绪和情感的因素以及情绪和情感的种类,尤其是详细阐述了对情绪和情感进行自我调控以及提高情商的具体途径和方法。第七章“论注意”在说明注意的本质之后,分别讨论了唤醒和假注意,然后重点讨论了对突然出现的事物和意象的注意、对心目中事物和意象的注意(其中包括选择性注意和警觉)、对感觉刺激的定向、执行任务过程中的注意和注意力转移。人的所有思维活动都是为了对自身行为实施调控。第八章“意象表达”则首先介绍意象表达的舞台,然后描述思维活动对自身有意识行为、无意识行为以及有意识行为和无意识行为共存的复合行

为的调控机制,进而作为发挥思维活动调控作用的例子,阐述通过思维活动促进身心健康、提高演艺水平和生活质量的具体途径和方法。第二部分既是对人的一些典型思维活动运行机制的描述,又是对第一部分描述的人的神经信息系统的充实和完善。这两个部分结合起来,即可向人们展示出一个较为完整的人类大脑工作模型和认知理论体系。

这个模型具有以下特点。

第一,除了彻底排除“小人问题”之外,还包括许多与当代流行观点不同的观点。例如,当代认知科学领域里的许多学者相信,存在一种不同于“外显记忆”(即传统意义上的记忆)的所谓“内隐记忆”。其根据是在实验中观察到的启动效应、随机独立和功能独立现象。而我所建立的模型否定了这种观点。因为对于这三种效应和现象,无需借助别的理论,利用模型中传统意义上的记忆与回忆理论就可以解释清楚。再如,在人类语言获得方面,模型中提出了一套新的、完整的语言获得理论,从而在客观上否定了美国著名语言学家乔姆斯基提出的极具影响力的“转换—生成”理论和“普遍语法”理论;否定了“元语言”理论。再如,在灵感降临方面,模型中提出了一种新的运行机制,不但与形形色色的唯心主义灵感观划清了界限,而且在客观上否定了所谓“潜思维”、“潜意识推论”和“潜意识里的达尔文过程”。又如,在对注意的研究方面,通过深入分析不同情况下注意的运行机制,不但阐明了注意与思维之间的关系,而且在客观上否定了“与各种信息处理系统有所分离的执行网络”理论。

第二,利用这个模型,能够在一个以大脑为最高中枢的神经信息系统平台上解释感觉、注意、记忆与回忆、语言、学习、灵感、情绪与情感、问题解决、决策、技能、想象、做梦、幻想等等大量的精神活动和精神现象,而且,在解释的过程中不但没有矛盾,还能做到彼此衔接,合

情合理。因此,我相信,这个模型是一种兼容性最强的人类大脑工作模型;有关它的理论,就是粤秦晋楚及其同事理想中的那种统一认知理论。

第三,这个模型不但广泛地扎根于现代科学技术之中,扎根于人们已经认识到的客观事实之中,而且可以用来回答当前脑科学和认知科学领域里的许多实际问题。例如:人的意识是怎样产生的?提高记忆效果的诀窍在哪里?为什么在人类和其他许多动物身上能够形成条件反射?语言是怎样诞生的?为什么绝大多数幼儿在掌握了有限个句子之后就能创造性地理解和生成无限个句子?人类在进行思想交流和情感交流的时候,语言是怎样起桥梁作用的?人类怎样进行直接和间接知识学习?灵感的本质是什么?是怎样降临的?青年男女间的“一见钟情”是怎么回事?地球上智力的源头在哪里?情感的本质是什么?地球不同角落里人们的基本情感相同,这是为什么?人类到底有多少种情感,为什么会这样复杂?人类可以通过哪些途径调节自己的情绪和情感?表演艺术家怎样才能获得好的演出效果?观众是怎样被演员的表演感动的?现代测谎仪的可信度有多高?思维活动怎样影响当事人的心身健康?人类怎样对感觉刺激定向?为什么不是人的左侧大脑调控左侧机体,右侧大脑调控右侧机体,而是相反?处在嘈杂人群中的当事人为什么能够专注竞争性并不强的一种声音,而不顾其他?一个人为什么能够同时执行多项任务?睡眠期间的做梦和眼动是什么关系?为什么梦游的人记不住梦游中发生的事?等等。其中不少是千百年来人们一直争论不休的热门话题。

第四,相信这个模型可以对从事脑科学、认知科学、思维科学、信息科学、心理学、语言学、美学、教育学、人才学、人类学和哲学研究的某些学者提供新的思路;可以使神经科学家从一个新的角度重新审

视人类和其他动物神经系统尤其是脑组织的结构、功能和运行机制；可以对人类某些精神疾病的诊断、治疗和预防提供新的途径；可以对从事人工智能研究的专家有所启发；可以使关心子女成长、重视提高学习效率和工作效率、希望保持良好心态、讲究生活质量的各行各业、各个年龄段的读者受益。

我在本报告的章节安排上，基本上采取了循序渐进的做法，就是说，前面章节的内容是后面章节内容的基础，后面章节的内容是前面章节内容的发展。尤其是第一、第二章，更是整篇报告的基础。

为了建立一个理想的人类大脑工作模型，提出一套能够正确反映人类大脑工作实际的理论体系，我参阅了若干学科领域里的大量书籍和资料（其中既包括理论的，也包括实验的）。在此，我要向所有这些书籍和资料的作者表示衷心感谢。同时，我要感谢郭传玲研究员、徐国光教授和傅有卿高级工程师，他们对本书的出版给予了积极支持。最后，我要感谢我的夫人吴永文女士，几十年来，她除了工作，还承担了绝大部分家务劳动，从而使我在工作之余获得了大量学习、研究和写作的时间。毫不夸张地说，没有她的默默奉献，这本书是写不出来的。我还要感谢我的两个女儿，为了本书的最终完成，她们做了大量辅助性工作。

摇摇作者摇摇摇

圆圆元年 缘月于北京

目 录

第一章 人的神经信息系统	1
第一节 系统的结构与功能	1
第二节 意识区的意识功能	2
第三节 意识区的思维功能	2
第四节 解读做梦	3
小结	3
第二章 人的神经信息系统的发育和形成	3
第一节 发育形成的几个主要阶段	3
第二节 反射通道的发育形成	4
第三节 意识通道的发育形成	4
第四节 意识行为对反射通道发育的促进作用	5
第五节 解读“迷人的文化遗产现象”	5
小结	5
第三章 记忆与回忆	6
第一节 分类记忆	6
第二节 特征记忆	6
第三节 多维记忆	6
第四节 意象空间	6
第五节 记忆空间	6
第六节 回忆	6
第七节 对目前几种记忆理论的看法	6

目 录

摇摇第八节 解释十种著名的效应和现象·····	员员
摇摇第九节 所谓内隐记忆·····	员员
摇摇第十节 反射中枢里的记忆·····	员员
摇摇小摇结·····	员圆
第四章 语言与思维·····	员远
摇摇第一节 思想交流·····	员远
摇摇第二节 间接知识的学习·····	员远
摇摇第三节 语言获得·····	员怨
摇摇第四节 幼儿语言获得过程中的几个现象·····	员员
摇摇第五节 幼儿怎样创造性地理解和生成新句子·····	员圆
摇摇第六节 幼儿怎样获得语法·····	圆源
摇摇第七节 对目前几种语言获得理论的看法·····	圆源
摇摇第八节 语言的起源·····	圆苑
摇摇小摇结·····	圆愿
第五章 摇论灵感·····	圆员
摇摇第一节 对目前几种灵感观的看法·····	圆员
摇摇第二节 摇旧故事新说·····	圆猿
摇摇第三节 摇创造性思维的普遍规律·····	圆源
摇摇第四节 摇灵感的本质·····	圆怨
摇摇第五节 摇智力的起源·····	圆员
摇摇第六节 摇灵感降临时的大脑·····	圆远
摇摇小摇结·····	圆员
第六章 摇情绪与情感·····	圆猿
摇摇第一节 摇情绪的本质·····	圆猿
摇摇第二节 摇情感的本质·····	圆缘
摇摇第三节 摇影响人类情绪和情感的因素·····	圆员

摇摇第四节摇情绪和情感的种类·····	四〇二
摇摇第五节摇情绪和情感的调控·····	四〇三
摇摇第六节摇情商·····	四〇四
摇摇小摇结·····	四〇五
第七章摇论注意·····	四〇六
摇摇第一节摇注意的本质·····	四〇七
摇摇第二节摇唤醒·····	四〇八
摇摇第三节摇假注意·····	四〇九
摇摇第四节摇对突然出现的事物和意象的注意·····	四一〇
摇摇第五节摇对心目中的事物和意象的注意·····	四一一
摇摇第六节摇对感觉刺激的定向·····	四一二
摇摇第七节摇执行任务过程中的注意·····	四一三
摇摇第八节摇注意力转移·····	四一四
摇摇第九节摇对目前一些注意理论的看法·····	四一五
摇摇小摇结·····	四一六
第八章摇意象表达·····	四一七
摇摇第一节摇意象表达的舞台·····	四一八
摇摇第二节摇有意识意象表达·····	四一九
摇摇第三节摇无意识意象表达·····	四二〇
摇摇第四节摇复合型意象表达·····	四二一
摇摇第五节摇意象表达中的反馈·····	四二二
摇摇第六节摇表演艺术中的意象表达·····	四二三
摇摇第七节摇心身保健中的意象表达·····	四二四
摇摇第八节摇意象表达在提高生活质量中的作用·····	四二五
摇摇小摇结·····	四二六
后摇语·····	四二七

第一章 人的神经信息系统

本章首先概述以意识区为最高中枢的人的神经信息系统的总体结构及其各部分的功能,然后重点讨论意识区在意识行为和思维活动中的作用,最后通过解释做梦现象向读者展示人的神经信息系统的一些运行机制。

第一节 系统的结构与功能

一座历经数千年沧桑巨变的都城,现在要理清它全部设施的来龙去脉、彼此联系、运行状况是非常困难的。

人脑就像一座历史久远的都城,历经数百万年曲折折的进化,既拥有现代人特有的庞大的大脑皮层,又拥有低等哺乳类、高等灵长类动物脑的延续,既拥有蠕虫类、鱼类脑的影子,又拥有两栖类、爬行类动物脑的痕迹。要理清其所有组织的来龙去脉、具体结构、相互关系及其在整个神经信息系统中的地位 and 作用就更加困难了。但是,根据已经掌握的神经科学知识和对人类行为的了解,我还是提出了一个如图 1-1 所示的“人的神经信息系统的结构及其运转模型”。首先让我对其各组成部分做如下说明。

体内外环境刺激。包括凭借人的感受器能够感受到的来自体内外各种事物的各种刺激。

感受器。除了包括感受来自体外环境刺激的视觉、听觉、嗅觉、味觉、触觉感受器之外,还包括感受来自体内环境刺激的体内感受

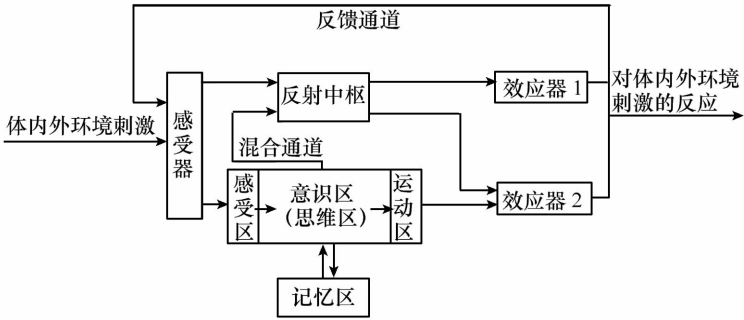


图 员原员摇人的神经信息系统的结构及其运转模型

注 员数效应器 员代表不随意效应器 ,例如平滑肌。

摇 圆数效应器 圆代表随意效应器 ,例如随意肌。

器。所有这些感受器都是换能器 ,它们的作用就是分别把来自体内外环境的光能、机械能、化学能、热能转换成电能 ,并最终呈现为携带着体内外环境信息的神经元的兴奋状态。

反射中枢。是中枢神经系统中历史最悠久的部分 ,其种类繁多。有的反射中枢由一个或数个中间神经元构成 ,且成为脊髓的组成部分。有的反射中枢是由许多神经元构成的神经模块。不同的模块具有不同的结构模式 ,或者说携带着不同的信息 ,从而决定着不同反射的性质和途径。模块前面通过神经纤维与相应的体内外感受器相连 ,后面通过神经纤维与相应的效应器相连。平时 ,感受器对体内外环境起着警戒或监视作用 ;一有情况 ,感受器就会把感受到的环境信息传递到相应的神经模块 ,与模块上携带的信息比较。如果二者相符 ,则启动后面与之相连的效应器 ,做出一系列反应 ;如果不符 ,后面的效应器则保持沉默。例如 ,摄食性神经模块上携带着有关食物基本特征的信息 ;其前面通过神经纤维与视觉、嗅觉、味觉感受器相连 ;后面通过神经纤维与抓取食物用的肢体肌肉、咀嚼食物用的面部肌肉、吞咽食物用的咽部肌肉以及胃、肠、唾液腺、胃腺等效应器相连。

饥饿的时候,体液成分反常,促使摄食性神经模块、各感受器和效应器进入兴奋状态。感受器随时把感受到的信息传递到神经模块并与模块上的信息比较,如果二者相同,则模块神经元的兴奋很快传递到各效应器,促使它们进入工作状态,使整个摄食反射得以进行;如果不同,后面的效应器保持沉默,摄食性反射行为不可能产生,即使产生了,也不可能持续下去。又如,求偶神经模块上携带着异性基本特征的信息;其前面通过神经纤维与视觉、听觉、嗅觉、触觉等感受器相连;后面通过神经纤维与参与求偶活动的组织、器官、系统等一系列效应器相连。当人进入性成熟期,体液中的性激素浓度提高,促使求偶神经模块、各感受器和效应器进入兴奋状态。感受器随时把感受到的信息传递到求偶神经模块,与模块上的信息比较。如果二者相同,则模块神经元的冲动迅速传递到各效应器,促使它们进入工作状态,进而使整个求偶反射得以进行;如果不同,则保持沉默,求偶反射不可能产生,即使产生了,也不可能持续下去。有的反射中枢由一个神经模块构成,处在某个脑组织内,成为该组织的组成部分。有的反射中枢是由多个神经模块构成的联合体。在联合体内,各神经模块之间可能是串联关系,即前一个神经模块的输出神经纤维可能是后一个神经模块的输入神经纤维;也可能是并联关系,即两个或两个以上的神经模块在连接关系上不分先后,具有共同的输入和输出;还可能是串—并联混合关系,即其中有的神经模块之间是串联关系,有的神经模块之间是并联关系。一个联合体中的神经模块可能处在同一个脑组织之内,成为该脑组织的组成部分;也可能分布在不同的脑组织之内,分别成为各脑组织的组成部分。例如,摄食和求偶反射的反射中枢很可能都是由神经模块联合体构成的,而且至少分别或者共有一个神经模块处在丘脑,成为丘脑的组成部分;各自还有一个神经模块处在延脑,成为延脑的组成部分。

顺便对某些鱼类的回游习性谈点看法。这些鱼类每年在一定季节沿一定路线逆水上游数百甚至上千公里,直至到达特定水域才繁殖后代。是什么确保它们游这样长的距离而不迷失方向、不认错水域呢?对这个问题至今没有确切答案。笔者认为,很可能是这些鱼类的一系列反射行为所致。其运行机制是这样的:它们的间脑里有个神经模块,上面携带着它们繁殖水域的水质特征(例如某些特定矿物质含量)信息,并通过神经纤维,前面与水质感受器相连,后面与一系列效应器相连,从而构成一个“水源追踪系统”。构成神经模块的神经细胞平时处于沉睡状态,临近繁殖季节,在性激素的作用下逐渐兴奋起来,而且,离产卵期越近,性激素分泌越多,越兴奋。与此同时,感受器不断感受它们所接触到的水质信息,并通过感觉神经元向神经模块传递。神经模块接收到感受器传来的水质信息,随即与自身携带的特征信息比较。如果二者相同,神经模块即启动一组效应器,使鱼沿原来的方向游动;如果二者不同,则神经模块会启动另一组效应器,使鱼不断改变游动方向,直至二者达到一致,然后再启动前一组效应器,沿新的方向游动,从而实现水源追踪。另外,距离繁殖水域越近,水中携带的繁殖水域的水质特征信息越清晰;反之,就越淡漠。这样,回游鱼凭借自身的水源追踪系统和实时获得的江河湖海中的水质特征信息,就可以不远千百公里,准确地到达繁殖地,就像巡航导弹凭借自身携带的导航系统和实时获得的地貌特征信息就可以不远万水千山击中目标一样。回游鱼类脑子里的这种神经模块以及以此为核心的反射通道是通过遗传从它们祖先那里继承下来的。

人的反射中枢主要是由遗传基因决定的。不同个体的遗传基因基本相同,所以其反射中枢和反射行为也基本相同。不同个体的遗传基因也不尽相同,相应地,其反射中枢和反射行为也

存在差异。

对于人的反射中枢,既要看到遗传基因的决定性作用,也要看到后天因素的影响。这些后天因素包括:第一,物质因素。因为任何反射中枢都是由物质构成的,只有从受精卵开始,适时获得足够的物质营养,才能使遗传基因得到充分表达,才能使各反射中枢神经元按时、足量、完满地生成。第二,信息因素。因为反射中枢及其与感受器、效应器之间的信息渠道不是自然生成的,只有从受精卵开始,伴随机体生长发育的进程,适时接受信息刺激,才能使构成以反射中枢为核心的反射通道的各神经元生成足够的神经纤维,从而在各神经元之间建立起足够的联系。

不随意效应器。主要包括参与消化、呼吸、血液循环、排泄、生殖等活动的内脏组织、器官和系统,以及分泌各种体液的腺体,例如下丘脑、脑垂体、胃腺、唾液腺、胰腺、甲状腺、肾上腺、性腺等等。这些组织、器官、系统和腺体的运行状态只受相应反射中枢的直接指挥与调节,意识区只有通过混合通道和相应反射中枢才能对它们的运动状态实施间接指挥与调节。

对体内外环境刺激的反应。包括机体各组织、器官、系统和腺体对体内外环境刺激采取的应激性反应,以及认识与改造性反应。

各感受器、反射中枢、效应器的不同组合,可以通过它们之间的神经纤维和神经体液构成形形色色的反射通道,从而决定了人类形形色色的反射行为。这些反射通道尽管种类繁多、结构复杂,但有一点是相同的,即都是些“没有脑子”的“直筒子”。它们不懂过去,不懂将来,只知道“现在”,只对“现在”的体内外环境信息和“现在”呈现在意识区里的意象信息有反应;而且,反应一旦开始,就势如破竹,贯彻到底,除非有来自反馈通道或意识通道的干预。正是因为这样,反射通道虽然能够使当事人反应迅速、敏捷,但是,如果没有意识通