

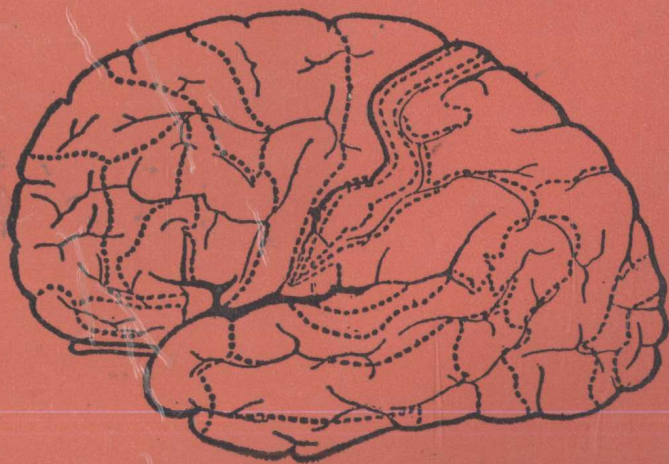
DANGDAIKEXUECONGSHU

脑信息与脑障碍

沈政 林庶芝 编著

当代科学丛书

NAOXINXIYUNAO
ZHANGAI



上海科技教育出版社

脑信息与脑障碍

沈 政 林庶芝 编著

上海科技教育出版社

(沪)新登字 116 号

脑信息与脑障碍

沈 政 林庶芝 编著

上海科技教育出版社出版发行

(上海冠生园路 393 号)

各地新华书店经销 商务印书馆上海印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 3.5 字数 78000

1994 年 8 月第 1 版 1994 年 8 月第 1 次印刷

印数 1—1700

ISBN 7-5428-0910-5

G·873

定价: 3.10 元

前 言

脑是宇宙中最复杂的物质。

脑作为智能化信息处理系统，其效率和存贮能力连当代最先进的电子计算机也望尘莫及。因此，脑信息加工的奥秘成为科学王冠上的明珠。近些年来，不但生物学家、心理学家们在攀登高峰夺取这颗王冠上的明珠，物理学家、数学家和计算机科学家们也在争相夺取这颗明珠。特别是最近几年，国内外掀起了神经网络的研究热潮，神经生物学、心理学和数理技术等诸多学科结合起来，发展跨学科的研究，汇成了当代脑信息科学的洪流。1991年底，我国12个全国一级学会联合召开了神经网络学术会议，这种情况在我国科学史上亦属罕见。

在另一方面，脑障碍已经成为社会的沉重负担。美国国会于1989年通过的“脑的十年”决议案指出，每年约有5000万美国公民遭受各种脑障碍的病痛，耗去3亿多美元的治疗和康复费用。此外，每个脑障碍病人还都妨碍着许多人的幸福。因此，美国国会通过决议，将本世纪最后十年命名为“脑的十年”，国家大量投资于脑研究项目。由此可见，揭示大脑的奥秘不仅是科学的理想，也直接关系到人类的健康与幸福。近十年来，脑的基础研究在整体、细胞和分子等不同层次上都取得了长足进展，对一些脑障碍的性质和原因也有许多新的发现。

本书以神经生物学、心理学和医学研究的进展为线索，

吸取信息科学和计算机科学的新概念，试图对脑信息和脑障碍问题作一番深入浅出的带有趣味性的介绍，希望能对读者略有裨益。

目 录

前言.....	1
一、脑信息舞台上的主角与配角.....	1
宏观舞台上的角色分配.....	2
神经信息多重编码.....	6
微观舞台上的明星更迭.....	10
脑信息和遗传信息.....	12
二、舞台外的活跃分子.....	14
灵敏的 D—2-脱氧葡萄糖分子.....	14
最昂贵的生物医学仪器与 ^{18}F —脱氧葡萄糖分子.....	16
奇妙的辅酶分子.....	17
舞台内外通力合作的效益.....	21
三、面孔和嗓音识别的奥秘.....	23
识别嗓音确认讲话人的机器.....	23
机器人的面孔识别能力.....	25
熟人不识症的罕见病例.....	27
猴脑中的“祖母细胞”.....	29
拓扑认知与节能原则.....	32
用脑功能之窗方法研究面孔与嗓音的识别.....	33
脑障碍病人的面孔和嗓音识别.....	36
四、维妙维肖的记忆.....	37
记忆障碍与脑结构.....	37
难得的病例.....	38

嗜酒者的说谎癖·····	40
脑震荡后的记忆能力·····	42
心因性和原因不明的遗忘症·····	42
机器人的记忆和遗忘·····	44
形态各异的记忆系统·····	47
记忆机制中的新星·····	49
寻求记忆分子和记忆细胞的幻灭·····	51
五、智能障碍与人工智能 ·····	54
智能与智能障碍·····	54
智能发展和精神发育迟滞·····	57
从多动症到注意缺陷·····	59
老年人的智力发展·····	60
攻克老年退行性痴呆的一线曙光·····	63
神经修复接口、网络与人工智能·····	65
六、精神分裂症的谜底 ·····	69
精神活动与精神疾患·····	69
精神分析学之无能·····	71
精神科医生的困扰·····	72
精神病治疗史上的幸运儿·····	75
机能性疾病还是器质性疾病? ·····	77
七、捉弄人类情感的分子 ·····	80
无比快乐的结核病人·····	80
抑郁自尽的高血压病人·····	82
神经递质与情感障碍·····	82
内分泌疾病的启示·····	84
膜蛋白分子·····	85
受体蛋白分子与焦虑状态·····	86

八、使人着迷的化学物质	89
鸦片、吗啡、海洛因	89
猴子追求毒品的自我刺激	90
脑子里制造的吗啡样物质	91
魔力物质——可卡因	92
精神运动兴奋剂——苯丙胺	93
魔力物质在脑信息舞台内外的作用	94
致幻剂的魔力	95
大麻	97
吸烟的双重作用	98
酒的魅力	99
九、结束语	101

一、脑信息舞台上的主角与配角

血肉之躯的人，与动物的本质差异是富有情感、理想和高度发达的智慧。人是宇宙中最宝贵的精灵，不及体重2%的人脑则是精灵的核心器官。人脑由数百亿细胞组成，是亿万年来宇宙发展的产物，生物进化的结晶。每个人的脑又是在个体发生、发展的几十年间形成的。它接受内、外部信息，对之进行加工，协调机体各种功能，支配着人们为理想而奋斗，这就是脑的主要功能。

通常，人们在开玩笑贬低某人脑子不灵时，会使用一些风趣的语言：“你怎么满脑子浆糊？”或“你真是个土豆脑袋。”这无非是说他的脑子是由未分化的均一物质组成，一塌糊涂。可见，不仅解剖学家们，连稍具常识的人也都了解，脑并不是均一的物质，而是由许多复杂的结构组成的。那么，这些结构各具什么功能？相互间怎样联系？神经信息是怎样加工的？分子基础是什么？要回答这些问题就不太容易了。如果说对内外信息进行加工的情节好像一段段复杂而动人的戏剧，那么人脑就是信息加工的多层次的大舞台。在宏观层次的舞台上，各种脑结构在每台戏中扮演着不同的角色，出场的次序、登台的时间也各不相同。对此，生理学家和心理学家们已研究数百年之久，经历了复杂曲折的道路。在细胞层次的舞台上，对于信息的传递，科学家们从40年代至今已经作了深入探索，发现大脑类似两种电台和两种计算机，对脑信息进行着重重编码。在分子水平的微观舞台上，神经生物

学家们在最近30年内已推出许多明星，每次明星的更迭，都标志着人类探索大脑奥秘的新进展。

关于脑的器官、细胞和分子水平的多学科研究，使人类正一天天逼近人脑的奥秘之门。

宏观舞台上的角色分配

在宏观层次的舞台上，对各种脑结构的角色研究，可追溯到几百年前脑的精灵假说。当时许多人认为，人类精灵寓于脑中的空腔——脑室之中。脑室可分为四个部分：左、右半球各一个侧脑室，间脑中的第三脑室，小脑基部与脑干背部的第四脑室。精灵说认为，精灵在各脑室间的运动和分布不同，是出现不同心理活动的基础。在脑的上部将大脑两半球稍分开，可见到居于中间有一个像松树子一样的结构，叫做松果体。精灵说认为，松果体是精灵的咽喉或调节器，它的位置的细小变换，就会改变精灵在脑室中的分布。所以，松果体实际上扮演脑信息舞台上的主角。但是，脑解剖和生理学的进一步研究发现，脑室与脊髓的中央管相通，其中充满脑脊液，对脑起一定营养作用，更主要的功能是排出脑内一些代谢物。所以，脑室内并没有精灵，抽掉一部分脑脊液并不影响心理活动。此外，松果体与脑室并不相通，不可能调节脑室内的精灵或脑脊液分布，它仅与对光的感受和个体发育有关，是一种内分泌腺体。因此，将松果体视为主角的脑精灵说，只是科学史上的一段假说。但是，从它发端的脑机能定位的理论路线，对不同心理活动与不同脑结构之间关系的探索，却一直延续到现在。我们把这一努力形象地比喻成探索脑宏观信息舞台的角色分配。

19世纪，脑机能定位研究取得很大进展。在脑损伤的人

和动物的大脑额、顶叶间,中央沟两侧,存在着与身体外部运动和感觉有关的脑中枢,分别称为大脑皮层的躯体运动区和感觉区。大脑的后部(枕叶)与视觉功能有关;两侧的颞叶与听觉有关;两半球前基底部与嗅觉有关。这些较简单的感觉运动功能,在脑内有一定空间分布,感觉最细腻和运动最精细的躯体部分,如头面部的唇、舌,四肢上的手指和躯干部的生殖器等,在脑内的代表区面积最大。根据参与感觉运动功能脑结构的比例和空间分布关系,可将人脑形象地绘成一个与人体各部分比例大不相同的小怪人(图1)。



图 1 脑内的小怪人

除了这种简单感觉、运动功能的大脑角色分配之外,1860年布洛卡医生发现了人脑额叶有言语运动中枢,1874年威尔

尼克发现了颞叶存在着言语感觉中枢。这两个发现极大地促进了脑机能定位研究，许多学者探索着把脑分成更多的机能区，每一个区代表一个角色。有人将脑分为近百个区，其中包括所谓交际中枢、性爱中枢、攻击中枢……然而，先进的实验研究却打破了这种角色分布的简单设想。

一位名叫拉希莱的美国心理学家，从本世纪初起，用尽毕生的心血试图找出学习记忆的脑中枢。他用猫和老鼠做实验，切除不同的脑结构，观察它们在实验箱里学习压杠杆或打开箱门的行为变化。然而几十年以后，当他总结自己的实验结果时，却得到了相反的结论：脑等位论和整体论。即猫、鼠的学习行为障碍与切除脑的部位无关，仅与损毁的面积大小有关。当大脑皮层的50%被损毁时，动物就什么也学习不成了。虽然拉希莱的研究方法过于简单，但脑整体论的思想确被认定为科学真谛，而且一直延续到现在。俄国的著名生理学家巴甫洛夫，在本世纪初发现食物从远到近，还未到口中时，狗嘴里就分泌许多唾液。他将这种现象称为“狗的心理性唾液分泌反应”，也就是我们常说的“馋得流口水”的现象。接着，他做了更深入的实验，用铃声和食物相结合的方法，建立起狗的食物条件反射。他认为条件反射是个体经验获得的生理基础，即学习的生理基础。能将两个本来关系不大的铃声与食物联系起来，是由于在大脑皮层中，两个兴奋灶暂时的接通。所以，学习是大脑皮层的功能。1954年，加拿大著名脑外科学教授潘菲尔德发表了一部有趣的专著，总结了他在手术台上对病人脑功能的研究工作，发现刺激颞叶可引起人们回忆出已经忘却的事情及其细节。例如，有一位60多岁的脑肿瘤病人，在手术时脑颞叶受到微弱电流刺激，就奶声奶气地唱起社会上已失传了30多年的童谣，说出他童年

生活的细节；电刺激一停止，他就什么也不记得了。根据这些事实，他提出了一种中央脑系统理论，认为记忆等高级心理活动的主角不是大脑皮层，而是深层的中央脑系统，这才是意识的屏幕。本世纪40~60年代，在神经生理学发展中还出现过一种热潮，认为脑干网状结构在意识的维持中发挥主角作用。因此，从50年代起，人们对于复杂信息的加工过程中脑结构的角色分配的认识，已不限于大脑和大脑皮层，而是从脑各部的结构中加以探索。

60~70年代，发表的一大批研究报告，证明了颞叶深部的一个形似海马（一种软体动物）的脑结构在学习记忆中具有重要作用。学者最初发现在短时记忆向长时记忆过渡中，海马具有主角作用；进一步研究发现它还具有参与抑制性调节、注意、运动、内脏活动等30多种功能。现在认为在简单空间方位的鉴别学习任务中，海马也发挥主角作用。美国生理心理学家汤姆逊，用兔子瞬眼学习模型做实验，研究海马的作用。他先给兔子一个短声信号，随后向兔眼睛吹一股气流，兔子立即闭眼。经过十几次训练后，即使不给气流，只要短声刺激一出现，兔子立即闭眼。其实，这也是一种条件反射。接着，他又做了大量手术，将一个特制的金属微电极插到兔子海马和其他脑结构中，记录兔子学习过程中，脑细胞电活动的变化。70年代，他发现了海马细胞的活动与学习行为有一定关系。80年代初，他还发现了小脑细胞的电活动变化比兔子学习行为出现稍早。进一步做切除各脑结构的实验，证明小脑是眨眼简单运动学习的最主要的结构，发挥着主角的作用。与此同时，世界上许多实验室相继发现，杏仁核等基底神经节在伴有情绪变化的学习行为中，起主要作用；下颞叶在复杂物体鉴别和认知过程中充当主角；颞上沟的一些细胞在脸

谱识别中，扮演主角；前额叶在复杂空间—时间关系的概括学习中起主要作用。这些事实说明，在不同的行为模式中，扮演主角的脑结构不同，与之相应的配角也有所不同。例如，在复杂图形或物体辨认的学习行为中，下颞叶皮层发挥主角作用，枕叶视皮层、脑干网状结构、丘脑、海马和前额叶皮层等，分别以传递视觉信息、注意维持、记忆等功能参与对复杂物体的识别。在简单熟练运动技巧的学习过程中，小脑起主角作用，但大脑皮层感觉和运动区、基底神经节、海马等许多脑结构，也都参与这项学习任务，使其学习效率、准确性不断提高。

综上所述，在宏观层次舞台上，脑对大部分复杂信息的加工，都是全脑的功能。各部分脑结构均以不同角色参加演出，多数结构扮演不同的配角，只有1~2个脑结构起主角作用。在某类信息加工中扮演主角的结构，在另一类信息加工中可能起配角作用。用脑科学的语言来说，这就是脑的动力机能定位论和整体论。

神经信息多重编码

那么，宏观层次舞台上的各种角色之间是如何相互联系，怎样传递信息的呢？细胞神经生理学对此已进行了半个世纪的研究，结果发现在大脑中有类似立体声电台和普通调幅电台的两种通讯机构，也有类似数字计算机和模拟计算机的两种信息处理机构。两种电台与两种计算机对脑信息进行着多重编码：调幅编码、调频编码、串行编码、并行编码、细胞分工编码、内容—地址编码、分布式编码、粗编码和疏编码等。

就拿眼睛来说，在视网膜上有两种电台；一种是由光感

受细胞、双极细胞、无足细胞和水平细胞等组成，它们把外界的光强度、色度等信息进行调幅编码，产生感受器电位发放出来。感受器电位的幅值，随外部光强度的增加而增加。这与普通调幅电台一样，发射出高高低低的调制波。与此不同，向大脑内发出视神经的神经节细胞，接受这种调幅信号之后，按立体声电台的方式进行调频编码，发射出立体声式的信号。也就是说，它把感受器电位的波幅信号转换成每秒钟发射脉冲数不同的信号。神经节细胞接受的感受器电位高，就发射高频率的神经脉冲；接受的感受器电位低，则发射低频率的神经脉冲。其实，在脑内各种细胞之间的通讯，都有相似的这两类电台机构。我们知道，神经细胞体伸出许多短的臂，称树突，还有一个较长的腿，称轴突。每个细胞，特别是它的胞体和树突接受着从其他细胞的轴突末梢发出的数以千计的信息。与轴突末梢发生信息联系的这些细胞膜，称突触后膜。突触后膜按调幅电台的方式发射调幅信息——突触后电位。突触后电位高高低低地变化，决定于前一细胞向它发射的神经脉冲频率。突触前神经脉冲频率高，则突触后电位也高；突触前神经脉冲频率低，则突触后电位低。突触后电位的这种调制与调幅电台十分相似。某一细胞上大量突触后电位可以总和起来，如果达到一定高度，就会引起整个神经细胞的兴奋，发放出神经脉冲。如果把一个神经细胞比作一个调频电台，那么每个电台都有一个大门和一定高度的门坎。细胞上大量突触后电位总和的高度，只要能跨过调频台的门坎，这个细胞就按调频台的方式发放神经脉冲。每个细胞发放的所有脉冲都一样高，但发放频率快慢或脉冲的疏密程度不同。一般说来，体积大的神经细胞单位发放脉冲幅度高，发放阈即门坎低；细胞小的则门坎高，脉冲幅度低。所以，

每个神经细胞都有两种电台，一是发出突触后电位的调幅台，另一个是发放神经脉冲的调频台。

脑细胞中调幅台和调频台的编码或解码过程，是脑信息处理的最基本方式。细胞单位发放(即调频式)类似数字计算机，按二进制数字(1, 0)方式编码，其中1代表神经脉冲，0代表无神经脉冲。这种现象用神经生理学术语来说，每个细胞单位发放符合“全或无定律”，全相当于1，无相当于0。与此不同，突触后电位的调幅式编码，则类似模拟计算机的信息处理原则。从这个意义上讲，脑细胞间信息处理是由两类计算机交替工作而完成的。即进行连续的模拟计算，不进行离散的数字计算。由此可见，数百亿神经细胞组成的脑，相当于数百亿个数字计算机和模拟计算机的大系统。只有把神经解剖学、神经生理学、心理学、计算机科学的许多研究结合起来，才能较好地解析这个大系统。

神经细胞的联结或信息编码有两种最基本的方式：串行和并行。例如，当我们从收音机里听声音时，振动的声波陆续传到耳中，引起听神经兴奋，传入丘脑的内侧膝状体，最后到达颞叶皮层。这就是听觉通路。在通路上的神经细胞按先后顺序传递着连绵不断的声音信息，这种按时间序列处理信息的原则称串行编码，通路上神经细胞顺序性联系称串行联结。如果我们不是听收音机，而是与别人交谈，对方的言谈和表情就会同时反映在我们的头脑中，视听系统同时接受和处理信息的过程，可作为并行编码的例子。视听信息在脑中形成完整知觉的神经联系是并行性联结。需要指出的是，串行编码原则不仅局限于同一感觉通路，也可发生在不同神经通路之间。比如，当你听几何老师讲课时，边听、边看而且边作笔记。你不是一会儿抬头看黑板上的几何图形，一会儿

注意听，一会儿又低头写么？这多种感觉运动通路的顺序变换，对于几何知识获得来说，是一种多通道串行、并行编码的动态变换过程。反之，即使在一个神经通路上以串行编码为主，但也存在着并行编码原则。还是以听觉为例，说话人的语声中含大量不同频率的声波，可同时引起许多神经细胞的兴奋，而不同细胞的声频敏感性是不同的。只有这些细胞并行处理听觉信息，人们才能辨别出说话人是谁，在说什么。在并行和串行编码基础上，脑细胞间又进行着细胞分工编码。视、听觉细胞不同，高频感知细胞与低频感知细胞也不同，都是细胞分工编码的例证。在颞叶听觉皮层上，对音频（音高）感知的细胞由外向内，其最佳感知频率逐渐增高，而对音强感知的细胞由前向后，按最佳反应的不同依次排列。对音高和音强感知的细胞分工和空间排列的正交关系，形成了二维的坐标分布。这类细胞分工编码原则，常常又形成内容—地址编码。显而易见，宏观舞台上的角色分配正是内容—地址编码的体现。多种感觉、运动信息存贮于不同脑结构中；同一种感觉的不同特性也存在于地址不同的脑细胞中。与这类局域性编码原则相并列的，还有一种分布式编码。设想一下，如果将每个内容只存贮在某一个细胞之中，那么有多少内容就应有多少细胞，这个细胞发生故障，这一内容就会丧失。然而，认知心理学和神经心理学研究发现，人脑的认知活动有很大的容错性，比如你所熟悉的人，无论他的衣着怎样变化，你都能认出他来。许多脑障碍病人大量神经细胞功能丧失，可是一些复杂的认知过程还能正常进行。这些都有力地说明，脑信息处理是按并行分布式编码原则进行的。以视觉信息编码为例，世界上形形色色千变万化的物体映入眼内，在视中枢内将视觉分为一些基本特征参数，方位、颜色、