

认知基础

Cognitive Foundation

第八章

记 忆

Memory

史忠植

中国科学院计算技术研究所
<http://www.intsci.ac.cn/>

内容提要

- 引言
- 记忆系统
- 短时记忆
- 工作记忆
- 长时记忆
- 遗忘
- 互补学习系统
- 层次时序记忆

引言

- 记忆是在人脑中积累、保存和提取个体经验的心理过程。由于记忆，人才能保持过去的反映，使当前的反映在以前反映的基础上进行，使反映更全面、更深入。
- 记忆是人脑对过去经验中发生过的事物的反映，是新获得行为的保持。也就是有了记忆，人才能积累经验，扩大经验。
- 记忆是心理在时间上的持续，有了记忆，先后的经验才能联系起来，使心理活动成为一个发展的过程、统一的过程，并形成他的心理特征。记忆是反映机能的一个基本方面。

引言

- 科学的记忆研究始于1879年艾宾浩斯对人类记忆的开创性研究
- 《记忆：对实验心理学的贡献》（Memory: A Contribution to Experimental Psychology）1885年
- 无意义音节，再学法和节省法，分散学习与集中学习
- 艾宾浩斯遗忘曲线

引言

- 巴特莱特 (F Bartlett) 关于记忆的研究
著作, 《记忆: 实验与社会心理学的研究》,
1932年
- 提出图式 (Schema)、同化 (Assimilation)
、重建 (Reconstruction) 概念
- 基本涵义: 学习过后, 信息保持一段时间, 并
在一些特定的情境中提取它们并加以运用

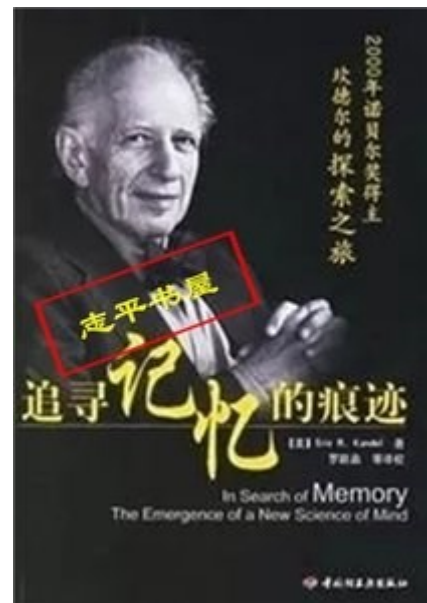
引言

- 1983年，加拿大认知心理学家塔尔文 (Endel Tulving) 在Elements of Episodic Memory著作中，把记忆分成情景记忆和语义记忆，并认为记忆的存储和提取是两个彼此独立的功能。
- 在人类记忆方面的研究世界著名。1983年获美国心理学会颁发的杰出科学贡献奖，1988年当选为国家科学院院士。



引言

- 坎德尔对海兔的学习和记忆的研究，探究出了短时记忆和长时记忆的作用机制，其发生都在神经突触，而神经递质在其中发挥了重要作用。
- 2000年，卡尔森（Arvid Carlsson，瑞典），格林加德（Paul Greengard，美国），坎德尔（美国），关于神经系统信号传导方面的研究。获得“诺贝尔生理学或医学奖”



引言

霍金斯 (Jeff. Hawkins)
相信智能是大量群集的神经元涌现的行为，用基于记忆的世界模式产生连续不断的对未来事件的一系列预测。

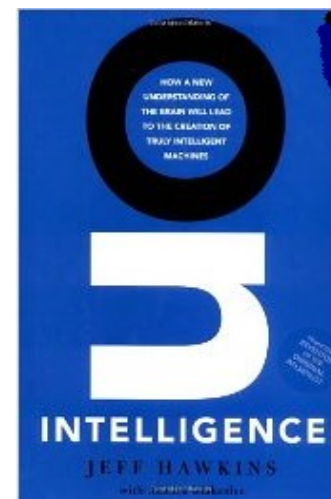


Jeff Hawkins On Intelligence

(中译 贺俊杰, 李若子, 杨倩:

《人工智能的未来》; 李蓝,

刘志远: 《智能时代》)



内容提要

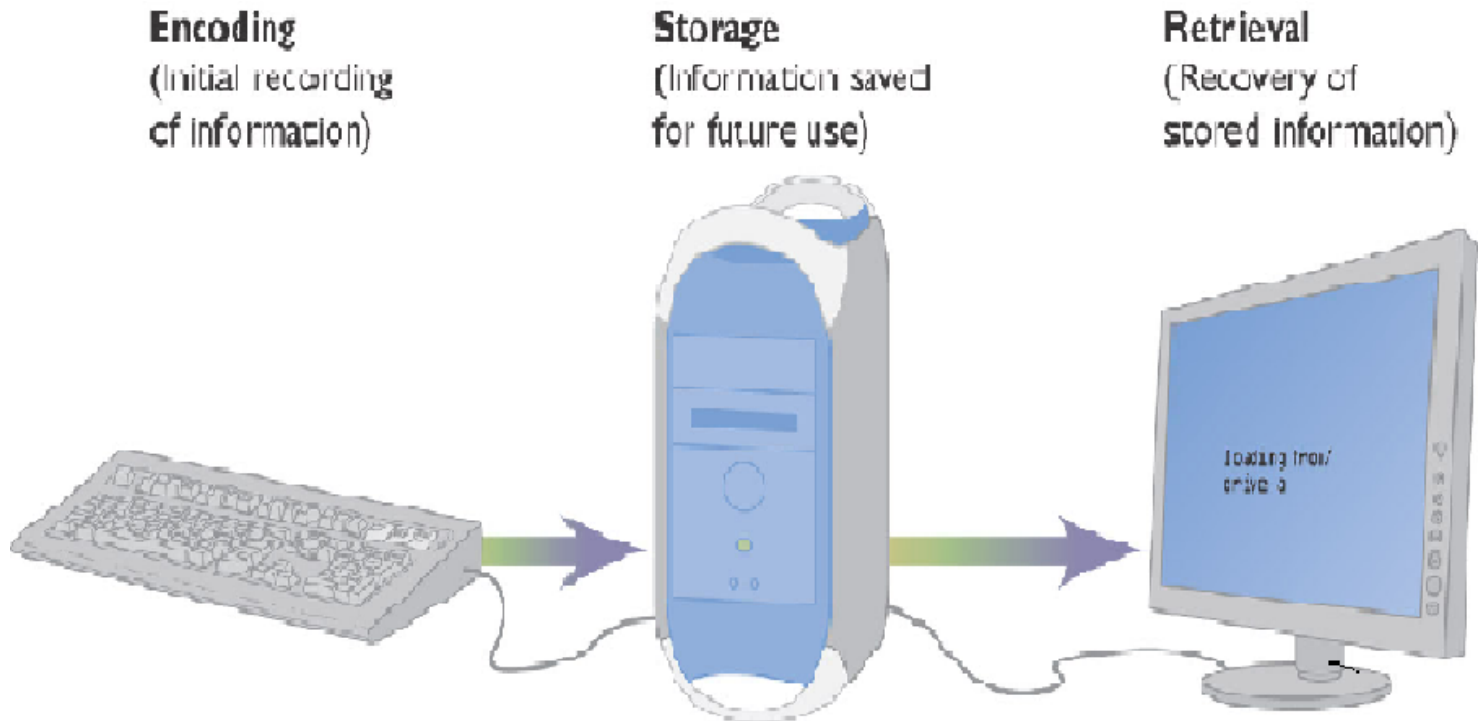
- 引言
- 记忆系统
- 短时记忆
- 工作记忆
- 长时记忆
- 遗忘
- 互补学习系统
- 层次时序记忆

记忆的阶段

- 记忆的阶段是指刺激信息在记忆系统结构的不同位置之间的传递、加工、处理和存储的认知操作过程，或者是对加工与处理的刺激信息增删、改变和重组的过程。

记忆的阶段

- 编码、存储和提取是记忆的三个连续的信息加工活动，人类的记忆过程划分为三个连续的阶段：信息编码（习得）、信息存储（保持）、信息提取



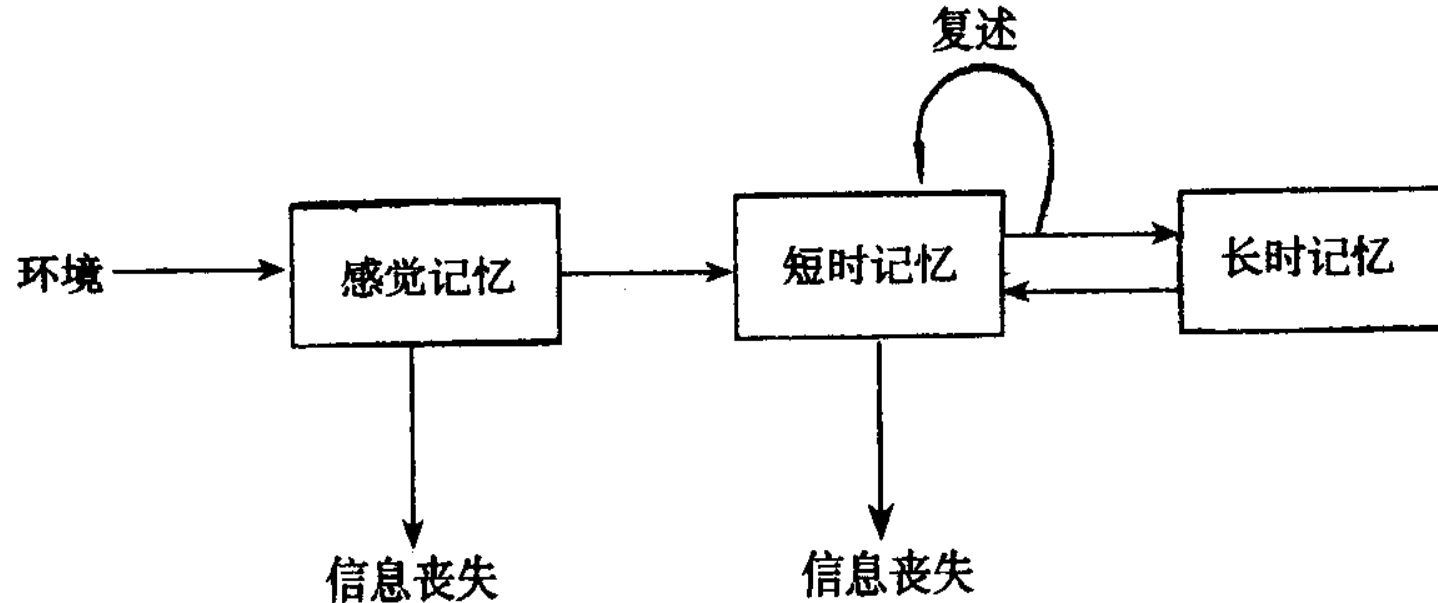
信息编码

- 信息编码是人的记忆对外界刺激信息进行某种方式转换与编码的过程，是一个人对信息的知觉或准确地摄取
- 信息编码具有不同的层次或不同的水平，且是以各自不同的形式存在着的
- 信息编码又是一个展开的过程，它包括了对外界刺激信息的反复感知、思考、体验和操作的过程

信息存储

- 信息存储是把信息编码阶段已加工处理了的信息，以一定的形式保持在记忆系统中的过程
- 知识的存储状况称为知识的表征（Representation），它可以是事物的图像，也可以是一系列概念（Concept）或命题（Proposition）
- 存储阶段是信息编码和信息提取的中间环节，在记忆过程中起非常重要的作用，没有信息的存储阶段，就不可能有记忆

记忆系统

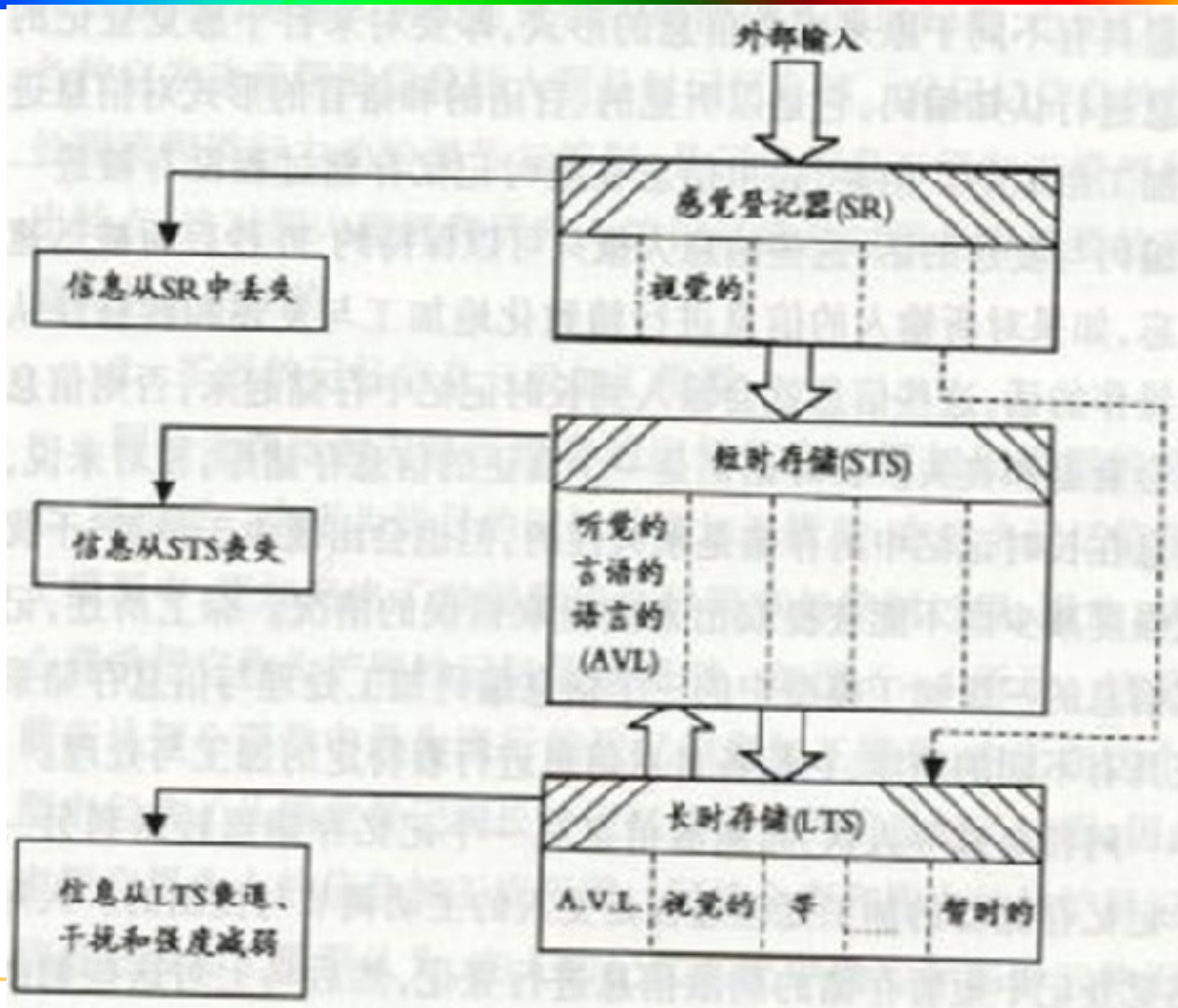


记忆的多重存储模型强调记忆作为不同的结构而存在，所以多重存储模型又叫做形态模型 (modal model)。它强调每一结构都具有自己的特点，如感觉存储、短时存储与长时存储作为3种不同的记忆结构 (memory structure)，在信息存储的时间长短、容量和遗忘快慢等方面是不同的。

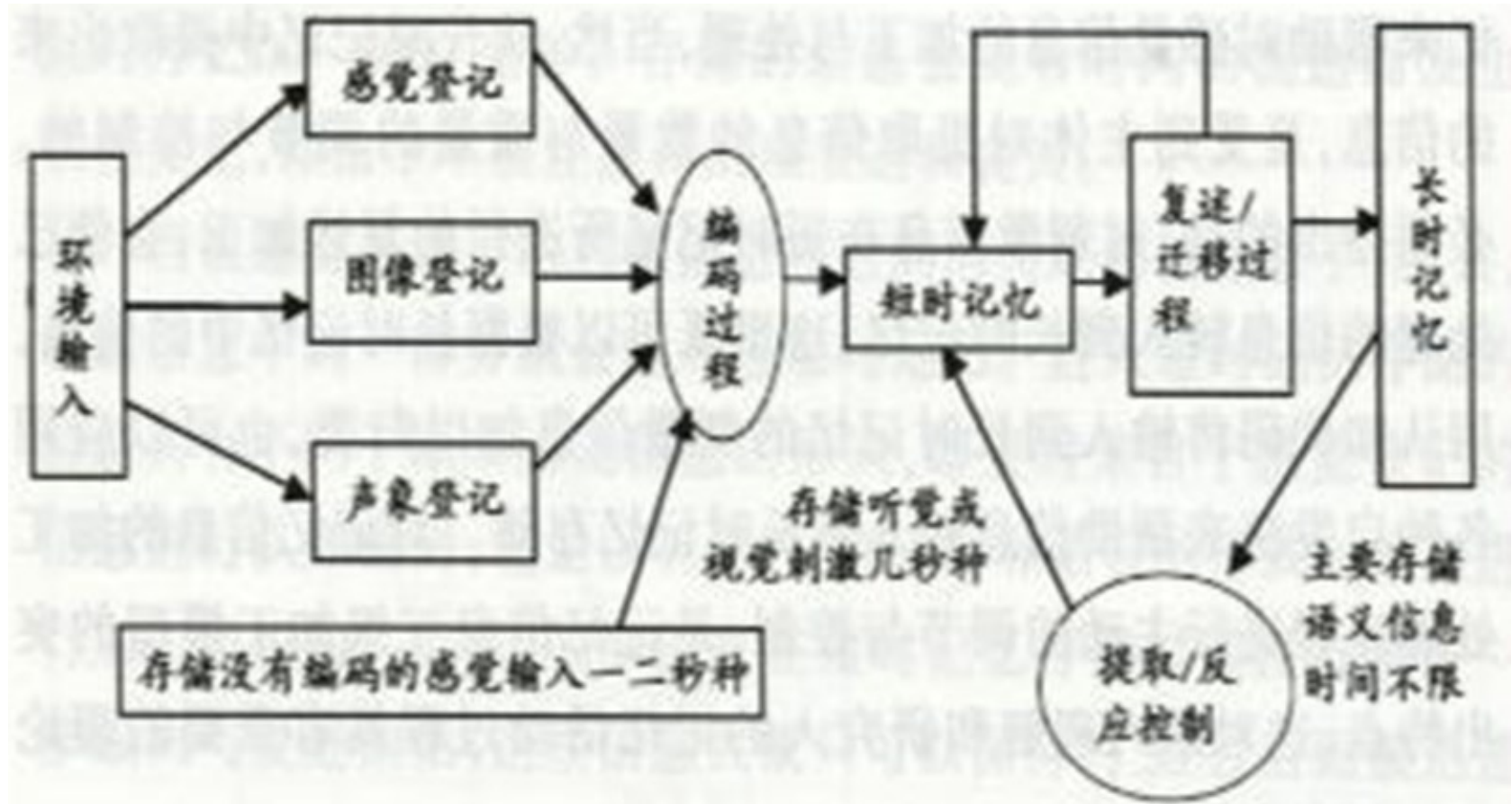
记忆的多存储器模型

- 1968年由阿特金森（Atkinson）和谢夫林（Shiffrin）提出
- 基本假设：人的记忆系统中存在着三种不同类型的记忆存储器，它们分别执行着不同的功能
- 三级加工模型，相应存在着三种信息的存储器：感觉登记器（Sensory register, SR）、短时记忆存储（Short-term storage, STS）、长时记忆存储（Long-term , LTS）
- 感觉通道特异性
- 人的主动调节与控制

记忆的多存储器模型



扩展的记忆信息三级加工模型



记忆层次

具有各自显著不同的机制与功能：

1. 刺激信息的加工与保持方面。感觉存储器保持1秒钟左右，图像甚至还低，声象2-4秒。短时存储器中信息可保持几秒钟到几十秒钟。长时记忆存储器中信息可保持几天、几个月、几年甚至终身
2. 信息存储的容量限制方面。感觉存储器中的刺激信息容量根据感觉器官的特异性通道来决定，有的感觉信息的加工容量非常有限。短时存储器中的信息加工容量平均为7个组块。长时记忆存储器的信息容量基本上是无限制的

记忆层次

3. **在刺激信息的输入与信息转移方面。** 刺激信息进入感觉存储器，一般不需要个体任何主动的加工或操作过程。从感觉存储器转入到短时存储器，则必须要对输入的刺激进行加工处理（选择与注意）。通过复述，信息进入长时记忆存储器
4. **在对刺激信息的认知编码方面。** 按输入信息的物理特性进行加工编码（感觉存储器）。以言语听觉的形式加工编码（短时记忆）。以语义方式的加工编码（长时记忆）
5. **在遗忘机制方面。** 个体的选择与注意及刺激信息本身衰退与消失非常快（感觉存储器信息的丢失）。注意涣散，干扰，新信息取代（短时存储器信息的丢失）。干扰抑制而不能提取或提取错误所致（长时存储器信息的丢失）

感觉记忆

- 又称为瞬时记忆
- 它是指外界刺激信息通过感觉器官时，按输入刺激的原样，以感觉痕迹的形式在人脑中被暂留的过程
- 各种感觉器官的通道都存在着相应适宜刺激信息的瞬时记忆
- 瞬时记忆具有选择性，依赖于客观事物本身的特点，也依赖于人的主观心理因素

感觉记忆

三个基本特点：

- 进入瞬时记忆中的刺激信息完全依据该刺激信息所具有的物理特征编码，以未加工处理的原始状态和被感知的顺序予以登记，具有鲜明的形象性。又称为映象记忆 (Iconic memory)
- 第二，进入瞬时记忆的信息保持时间十分短暂。图像记忆1秒左右，声象记忆1-4秒
- 第三，瞬时记忆的记忆容量由感受器的解剖生理特点所决定。都能被登记，但只有受到特别注意的登记了的刺激信息才能转入短时记忆

多重记忆系统的观点

人类学习和记忆的主要分类

系 统	其它名称	子系统	提 取
程序记忆	非陈述记忆	运动技能 认知技能 简单的条件反射 简单的联想学习	内 隐
知觉表征系统 (PRS)	启动效应	结构描述 视觉单词形式 听觉单词形式	内 隐
语义记忆	一般的记忆 事实的记忆 知识的记忆	空间的 关系的	内 隐
初级记忆	工作记忆 短时记忆	视觉的 听觉的	外 显
情景记忆	个人的记忆 自转的记忆 事件记忆		外 显

记忆的分类

陈述性记忆和程序性记忆

它们都属于长时记忆。陈述性记忆是指对有关事实和事件的记忆。它是一种事实记忆，是可以言传的知识。陈述性记忆的回忆需要意识的努力，而且虽然可以保持很长时间，但有不少却极容易遗忘。

记忆的分类

程序性记忆（非陈述性记忆）是指如何做事物的记忆，包括对知觉技能、认知技能和运动技能的记忆。它是一种技能记忆，往往不能言传。程序性记忆是通过练习获得的，开始很难，经过多次练习才能学会，但学会后不易忘记，往往不借助意识就能很好地操作。

记忆的分类

情景记忆和语义记忆

陈述性记忆又包括情景记忆和语义记忆。情景记忆是指人们根据时空关系对某事件的记忆。它与个人经验有关。一般是当时激起了强烈情绪体验的记忆。情景记忆信息的存储易受各种因素的干扰，不够稳固和确定。

语义记忆

1. 字、概念、规则、抽象概念的记忆，对语言的使用是必须的。
2. Tulving认为它是心理的分类词典……
3. 在日常生活中常提取语义记忆，像与人对话、解决问题、阅读等。
4. 我们可以在短时间内处理不同的讯息，是因为有效的提取过程和组织良好的语义记忆。

语义记忆

语义记忆是人们对一般知识和规律的记忆，与特殊的时间、地点无关。它很少受外界因素的干扰，因此比较稳定。

记忆的分类

外显记忆和内隐记忆

外显记忆是指在意识的控制下，过去经验对当前作业产生的影响。个体能够意识到它对行为的影响，因此外显记忆又叫受意识控制的记忆。

内隐记忆是指在个体无法意识的情况下，过去经验对当前作业产生的无意识的影响，又叫自动的无意识记忆。

感觉记忆

感觉记忆的含义

当客观刺激停止作用后，感觉信息在一个极短时间内被保存下来，这种记忆就叫感觉记忆。其特点为：具有鲜明的形象性；信息保持时间极短；记忆容量较大；记忆痕迹容易衰退，信息的传输与衰变取决于注意。

感觉记忆

感觉记忆有多种，每种都与感觉信息的不同来源有关。有图像记忆，它反映了来自视觉系统的信息；有听觉记忆，它是听觉系统对刺激信息的瞬间保持；以及来自其它各种感觉的相应信息。

内容提要

- 引言
- 记忆系统
- 短时记忆
- 工作记忆
- 长时记忆
- 遗忘
- 互补学习系统
- 层次时序记忆

短时记忆的含义

短时记忆是感觉记忆和长时记忆的中间阶段，保持时间大约5秒-1分钟。特点有：信息保持时间很短；记忆容量有限，一般为 7 ± 2 ；短时记忆的信息可被意识到；短时记忆的信息通过复述可转入长时记忆。

短时记忆中的信息加工

- 人脑中的信息在1分钟左右的加工处理与编码
- 布朗 (Brown)、彼特森 (Peterson) 的研究，阻止复述，信息迅速遗忘
- 短时记忆使个体知道自己正在接收和加工的是什么刺激信息
- 短时记忆使来自各感觉通道的信息得以整合并进而构成完整的信息图像
- 短时记忆对所加工与处理的刺激信息起到了暂时寄存器的重要作用

短时记忆的信息编码

传入短时记忆的信息，按其语音、图象和意义分别被编码成声码、形码和意码。短时记忆的表征能力不完全。

短时记忆的信息编码

- 有限容量：7 加减 2
“神奇的数字 7 加减 2：
我们加工信息的能力的某些限制” —— 1956年George A. Miller发表的一篇著名论文。
明确提出短时记忆容量为 7 \pm 2，即一般为 7 并可在 5 - 9 之间波动。

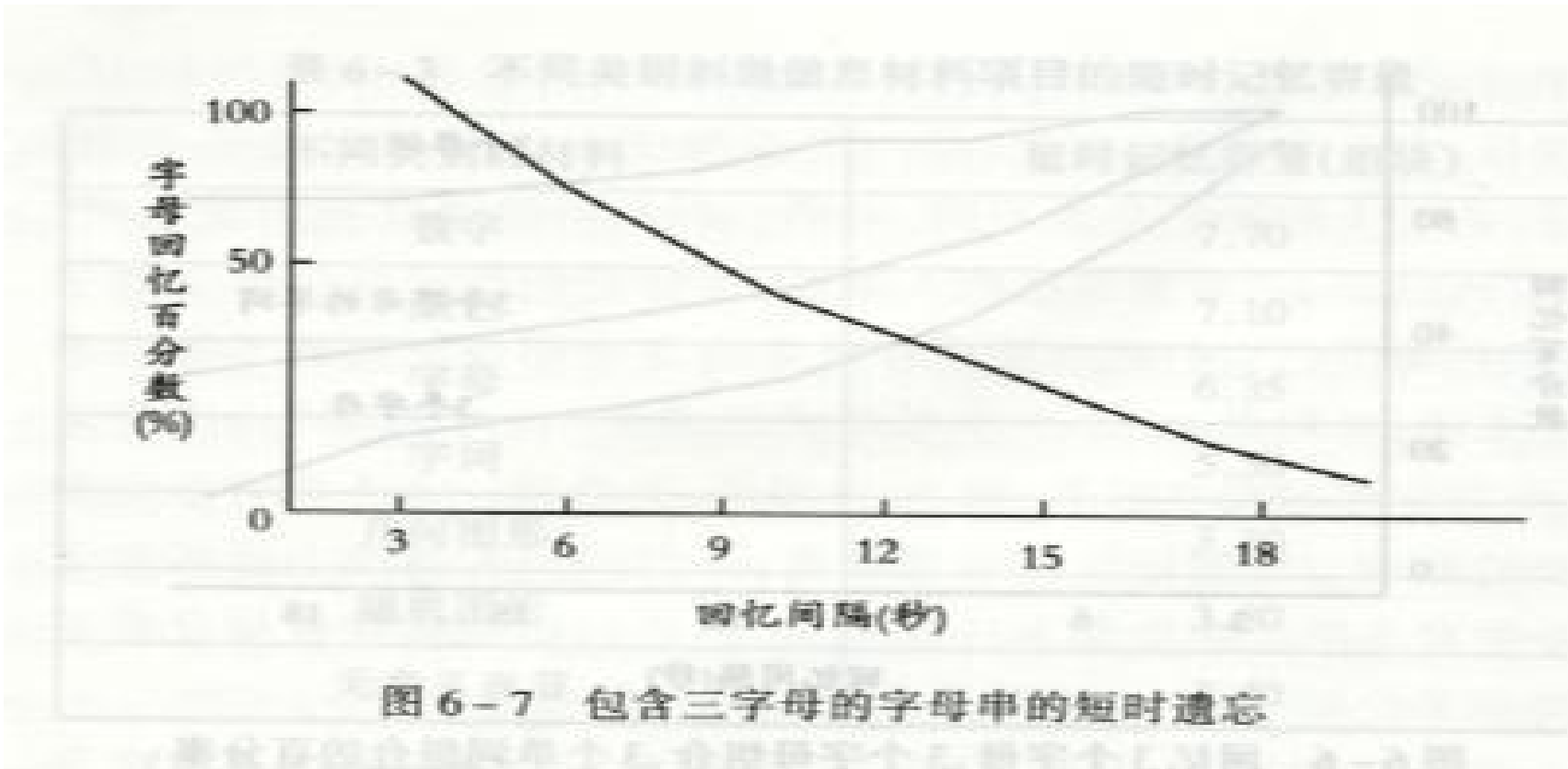


- George Miller: 神奇的数字, 7+-2

短时记忆的信息编码

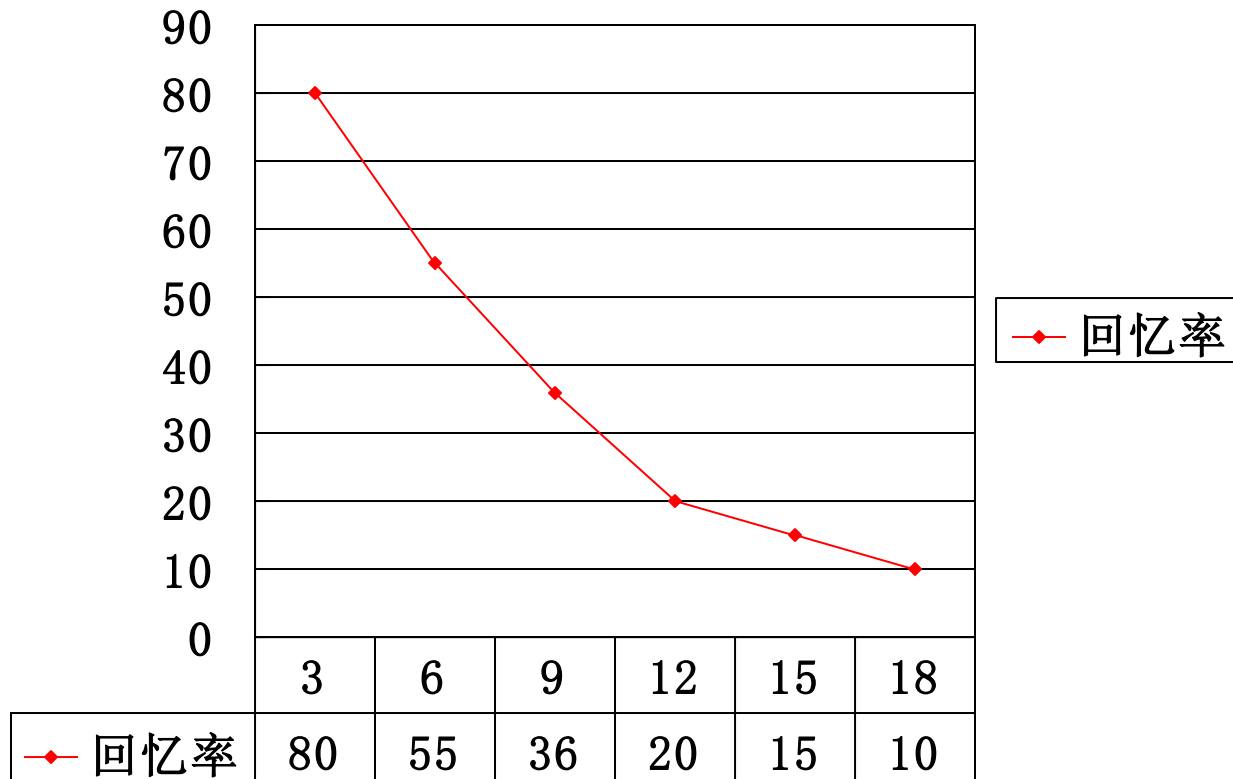
- 组块（CHUNK） 是指将若干较小单位（如字母）联合而成熟悉的、较大的单位（如字词）的信息加工。也指这样组成的单位。
- 一个字母是一个组块，由几个字母组成的一个字词仍是一个组块，几个字词组成的一个词组也是一个组块。

短时记忆



短时记忆

阻止复述后的短时记忆的遗忘速率



短时记忆传递到长时记忆

短时记忆中的材料传递到长时记忆主要依靠的是“复述”。复述有二种，一种是机械复述或保持复述，它是指信息只是不断地简单重复，虽然当前它被保存在短时记忆中，但并不一定会进入长时记忆。一种是精细复述，是指将短时记忆中的信息进行分析，使之与已有的经验联系起来。

短时记忆

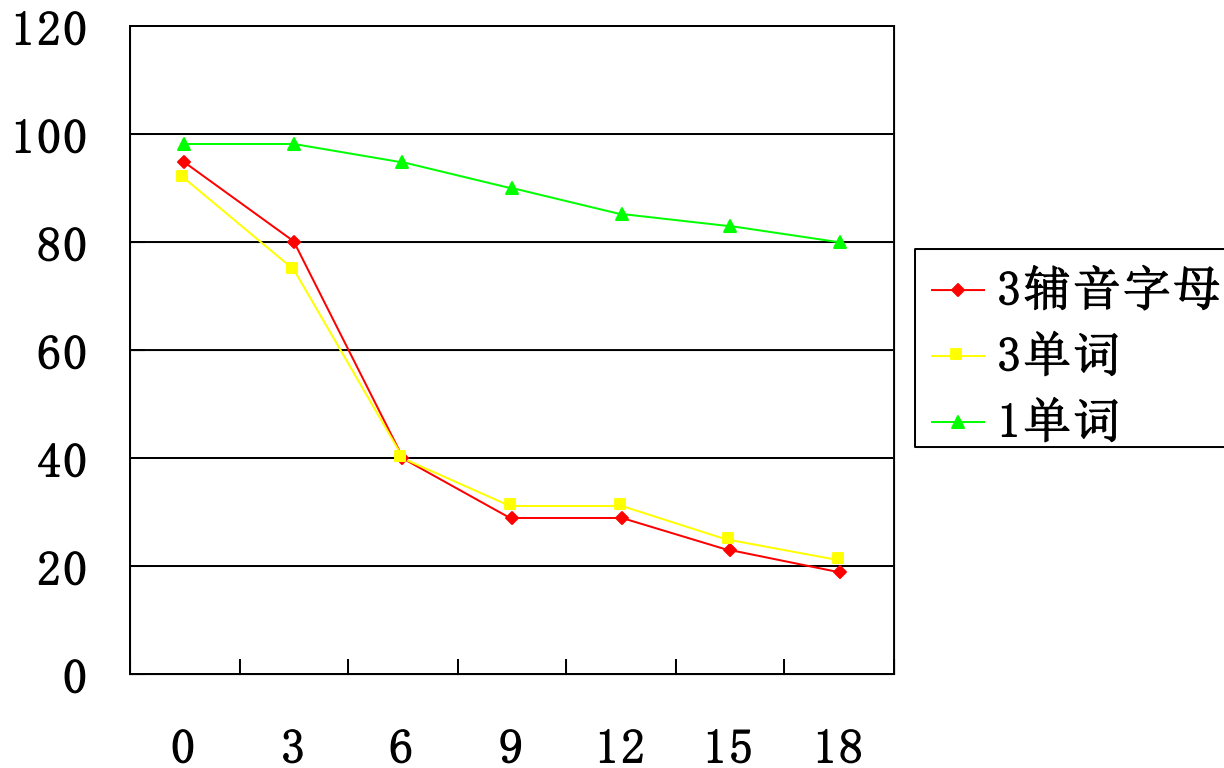
实验证明：如果没有复述短时记忆的信息将迅速遗忘。

◆ 其方法也得到广泛的流传，称为“**Peterson-Peterson方法**”：即在呈现刺激和回忆之间插进干扰作业以阻止复述，要求要迅速地或尽快地作连续减数的运算并报告。

◆ 有人(Murdock)做过类似的实验，材料有所不同，除了用 3个辅音字母外，还用了另外两类：一是由 3个字母构成的一个单词，如CAT，一是 3个这样的单词。此外增加了即时回忆项目。结果如图所示：

短时记忆

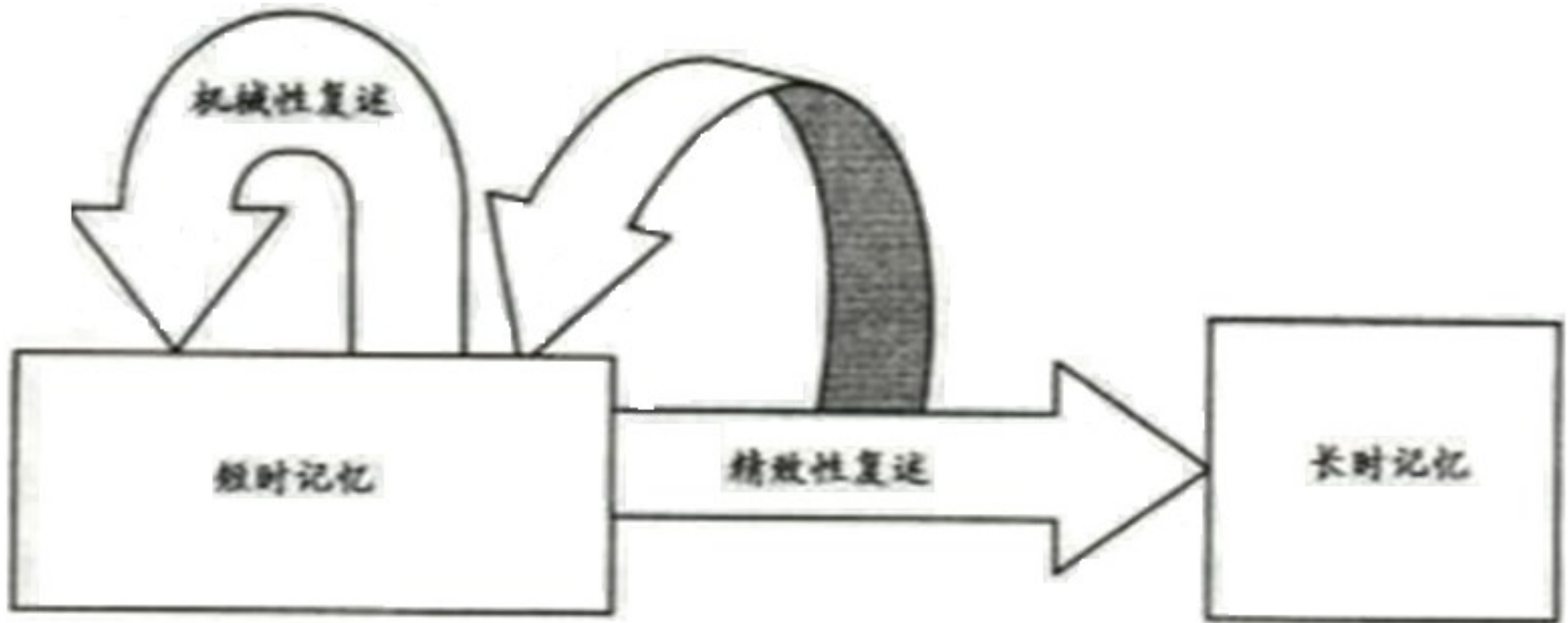
短时记忆中不同材料的遗忘速率



复述

- 1、复述是短时记忆的主要认知操作，它既能够保持短时记忆中的内容，又能够对短时记忆中的信息进行加工并输入到长时记忆里
- 复述是信息在短时记忆中避免信息衰退和遗忘的最主要心理机制
 - 复述是一种不出声地对刺激信息进行重复默诵的内部心理过程，可分两种形式：
 - 机械性复述或维持性复述 (maintenance rehearsal)
 - 精致性复述或整合性复述 (elaborative rehearsal) : 将短时记忆中的刺激信息进行分析，使之尽量与自己已有的知识与经验之间建立起某种内在联系

复述



短时记忆的遗忘

主要有二种解释：

- 痕迹消退说，即记忆痕迹由于得不到复述而导致了衰退。
- 干扰说，即由于其他信息的干扰而导致了遗忘，尤其是进入短时记忆的新信息替代了旧的较弱的信息。研究表明短时记忆的遗忘主要是由于干扰而非痕迹的衰退。

痕迹消退

痕迹消退与干扰

遗忘的原因是什么？

一种设想是既然复述能增强记忆痕迹，那么没有复述，记忆痕迹将随时间而自然消退或衰退；

另一种设想是阻止复述的作业对短时记忆中的信息发生干扰而导致遗忘。

痕迹消退或干扰都可能是遗忘的原因，问题是如何才能分开？

Waugh 和 Norman 的探测法实验：呈现一系列数字，最后一个数字呈现时伴随一个高频

痕迹消退

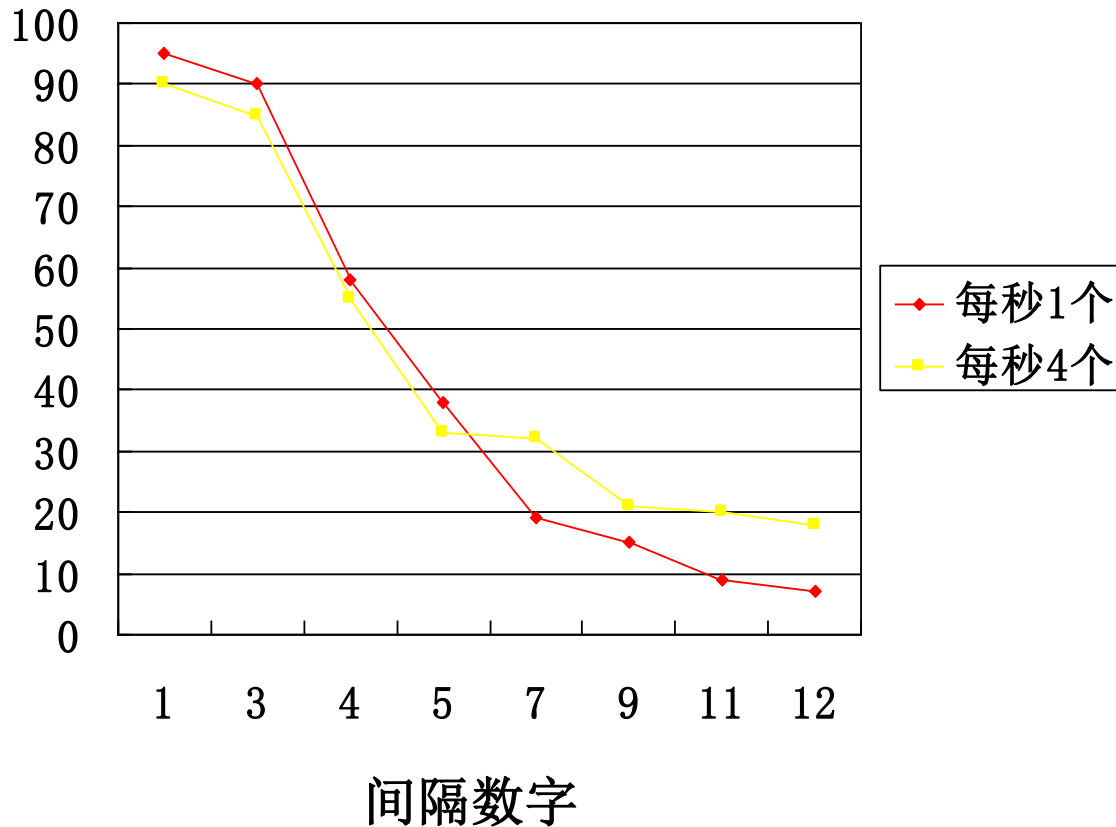
根据记忆痕迹消退假说，保持的信息将随间隔时间的延长而减少，而根据干扰说，保持的信息将随间隔数字的增加而减少。

据此设计了两种数字呈现速度：快速呈现为每秒 4 个数字，慢速呈现为每秒 1 个数字。这样在间隔数字不变的条件下可以改变间隔时间；同样也可以在间隔时间不变的条件下改变间隔数字，例如间隔时间都是 1 秒，快速呈现的间隔数字是 4 个，而慢速呈现的间隔数字仅为 1 个。

通过这样的巧妙安排，就可以分别考察间隔时间和间隔数字对遗忘的作用。实验结果见图：

干扰说

干扰项目数量对短时记忆信息保持的影响



无论快速还是慢速呈现数字，正确回忆率都随间隔数字或干扰项目的增加而减少，实验结果支持干扰说。

短时记忆的提取

短时记忆的提取指的是把短时记忆中的刺激信息回忆出来,或当该刺激再现时能够再认。短时记忆的提取是极为迅速的,斯滕伯格(Sternberg)创建的实验显示,人类每秒约能进行30次短时记忆的提取。

信息从短时记忆中的提取有3种方式:

- 平行扫描;
- 系列自中断扫描 (自动停止系列扫描);
- 系列全扫描 (完全系列扫描)。

短时记忆信息提取

- 斯滕伯格认为比较过程和决策过程是分开的，并且比较过程非常迅速，决策过程则需时较多，为求工作效率，与其在每次比较之后都要作一次判断，不如在全部比较之后作一次判定更为省时。
- 许多人相继利用各种不同的材料，如：字母、字词、颜色、面孔图等进行类似的实验。被试有正常的儿童、大学生、脑损伤患者等。结果表明，虽然不同的被试的反应时的拟合线的斜率和截距或可有一定的差别，但是其“是”反应和“否”反应的斜率的关系却保持不变。两者是一样的。利用视觉和听觉进行同一感觉道和交叉感觉道的实验，也得到与Sternberg一致的结果。

直通模型 (Direct access model)

- 1、它认为信息不是通过比较来提取的，人可直接通往所要提取的项目在短时记忆中的位置，进行直接提取。
- 2、短时记忆中的各个项目都有一定的熟悉值或痕迹强度，可以据此作出某种判定。我们有一个内部的判断标准，当熟悉值高于这个标准，则作出“是”反应，低于这一标准则用出“否”反应；当熟悉值愈是偏离这个标准，即熟悉值愈高或愈低，则作出“是”或“否”的反应也愈快。
- 3、实验支持：常见词的反应时快于非常见词等。

双重模型

由于搜索模型和直通模型都有其合理的一面，同时又都有不足，双重模型企图将两者结合起来。其基本设想是：

1、输入的字词都可按其知觉维量来编码，称为知觉代码；字词还有意义，即有概念代码。知觉代码和概念代码共同构成一个概念结。

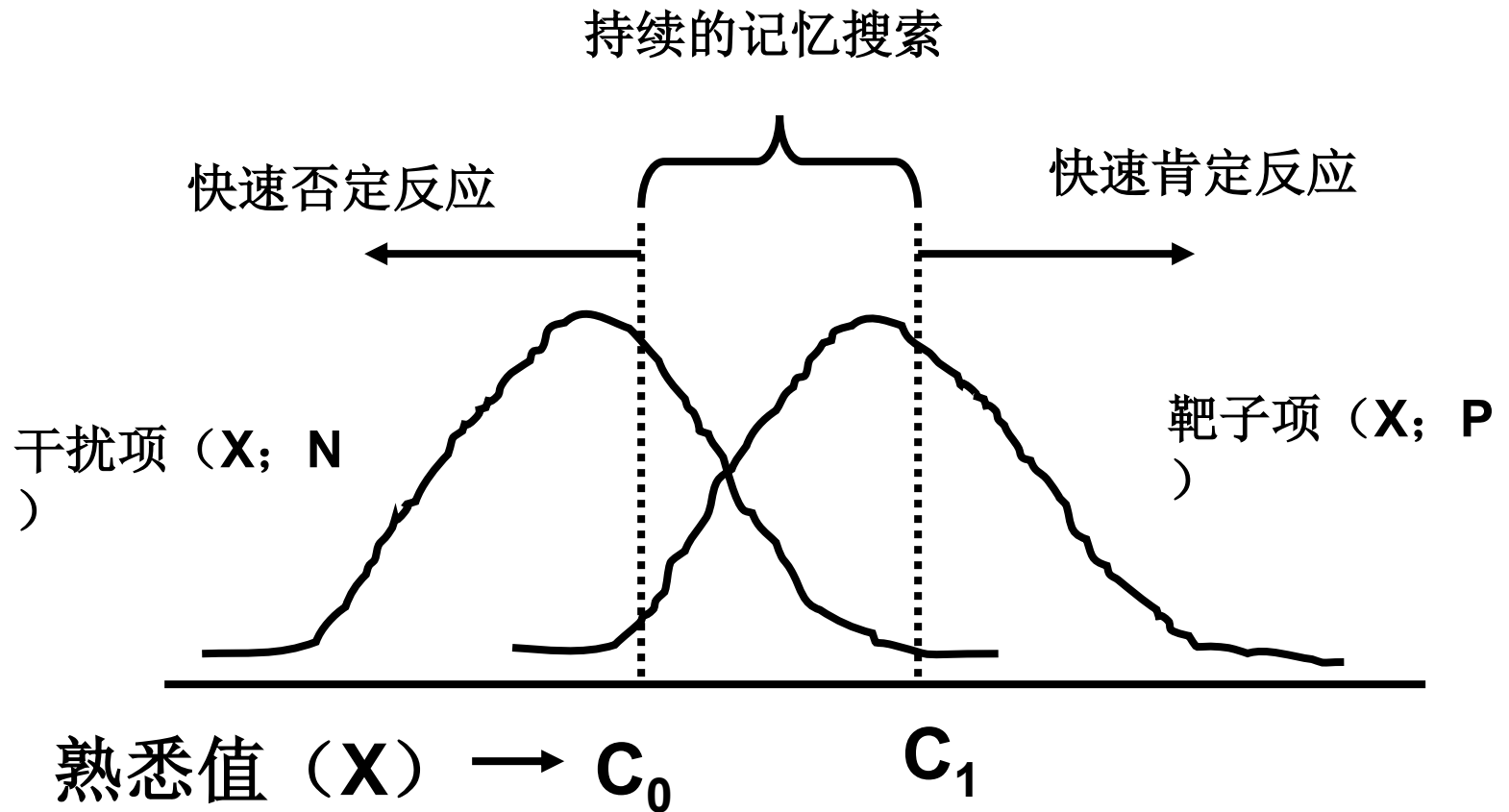
2、每个概念结有不同的激活水平(Activity level)或熟悉值(familiarity value)，其强度或大小依赖于该概念结是否经常受到激活和新近是否受到激活。经常和新近受到激活的则有高激活水平或熟悉值，否则有低激活水平或熟悉值。

双重模型

3、人在头脑内部有两个判定标准：一个是“高标准”（ C_1 ），如果某一探测词的熟悉值达到或高于这个标准，人便可迅速作出“是”反应；另一个是低标准（ C_0 ），如果某一探测词的熟悉值达到或低于这个标准，人就可迅速地作出“否”反应。这是一个直通过程。

4、如果是一个中等熟悉值的探测词，即其熟悉值低于“高标准”而高于“低标准”的探测词，则要进行系列搜索，才能作出反应，需时要较多。

短时记忆信息提取的双重模型

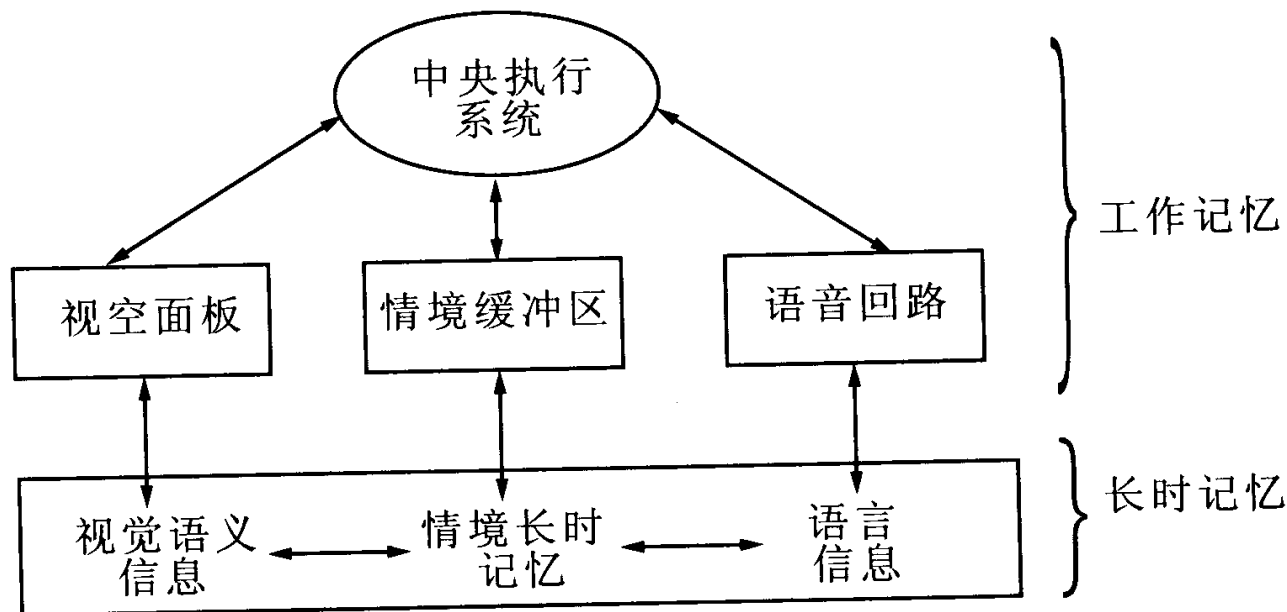


内容提要

- 引言
- 记忆系统
- 短时记忆
- 工作记忆
- 长时记忆
- 遗忘
- 互补学习系统
- 层次时序记忆

工作记忆 (Working Memory)

1974年，巴德勒(A D Baddeley)和辛奇 (Hitch) 在模拟短时记忆障碍的实验基础上提出了工作记忆的概念。工作记忆是一种对信息进行暂时处理和储存的系统，容量有限。在许多复杂的认知活动中起重要作用。



工作记忆的分类

有三种不同的工作记忆：

- 存储言语材料的工作记忆——适用于时间逻辑思维；
- 存储客体表象的工作记忆——适用于以客体表象作为加工对象的空间结构思维，即通常所说的形象思维；
- 存储空间表象的工作记忆——适用于以空间表象作为加工对象的空间结构思维，即通常所说的直觉思维；

言语工作记忆的定位

根据目前脑科学研究的新进展，布朗大学的布隆斯腾 (S. E. Blumstein) 指出，言语功能并不是定位在一个狭小的区域上，按传统观念，言语功能只涉及左脑的布洛卡 (Broca) 区和沃尼科 (Wernicke) 区，而是广泛地分布于左脑外侧裂周围区域上，并向额叶前部和后部延伸，包括布洛卡区、紧邻脸运动皮层的下额叶和左侧中央前回。其中布洛卡区受损将影响言语表达功能，沃尼科区受损将影响言语理解功能。但是和言语理解与表达有关的加工机制并不仅仅限于这两个区。用于暂存言语材料的工作记忆一般都认为是在“左前额叶”，但具体是在左前额叶中的哪一部位，目前尚未精确定位。据皮特瑞兹 (Petrides) 等人的意见，倾向于在左前额叶的布洛德曼6区。

客体工作记忆的定位

■1993年密什根大学心理系的钟尼兹（J. Jonides）等人运用当代研究脑科学的最先进测量技术之一——正电子发射断层扫描术（PET技术），对客体表象与空间表象的生成过程作了深入研究，得到了关于这两种表象生成机制与工作记忆定位的、富有价值的成果。由于PET是通过发射正电子的同位素作为标记物，将其引入脑内某一局部区域参与已知的生化代谢过程，然后用计算机断层扫描技术，将标记物参与代谢过程的代谢率以立体成象形式表达出来，因此具有定位准确、对大脑无损伤，适合于大量被试进行测试的优点。

■钟尼兹等人的测试结果如下：客体表象的生成与加工机制在大脑左半球的颞下回（集中于布洛德曼37区，立体定向坐标为：48，-58，-11）、左半球的顶叶（集中于布洛德曼40区，立体定向坐标为：35，-42，34）和右半球的扣带回前部（集中于布洛德曼32区，立体定向坐标为：-1，14，43）；客体工作记忆则在左半球的前额叶皮层（集中于布洛德曼6区，立体定向坐标为：39，3，29）。

空间工作记忆的定位

- 空间表象的生成与加工机制在大脑右半球的枕叶（集中于布洛德曼19区，立体定向坐标为： $-30, -76, 31$ ）顶叶后部（集中于布洛德曼40区，立体定向坐标为： $-42, -40, 36$ ）和运动前区（集中于布洛德曼6区，立体定向坐标为： $-34, -1, 45$ ）；空间工作记忆则在右半球的前额叶皮层（集中于布洛德曼47区，立体定向坐标为： $-35, 19, -2$ ）。
- 应当说明的是，在上述各组测试结果中，当某一半球有显著激活时，另一半球的相应位置也有激活，只是这种激活未达到统计学上的显著标准而已。上述结果表明，与客体(属性)表象识别有关的视觉信息加工机制（形象思维）主要在左半球（只有“扣带回前部”不在左半球），客体工作记忆也在左半球；与空间(关系)表象有关的视觉信息加工机制（直觉思维），包括空间工作记忆内在，全都在右半球。

内容提要

- 引言
- 记忆系统
- 短时记忆
- 工作记忆
- 长时记忆
- 遗忘
- 互补学习系统
- 层次时序记忆

长时记忆

- 长时记忆是指信息经过充分的、一定深度的加工后，在头脑中长时间保留下来的记忆。其保存时间为1分钟以上。其特点为：容量无限度，信息主要来自对短时记忆内容的复述，也可由于印象深刻而一次获得；信息保持时间很长。
- 系列位置效应是指信息在整个材料中的顺序对该信息的记忆效果有重要影响。例如，首因效应指最先呈现的材料记忆得较好。近因效应指最后呈现的材料记忆得最好。

情景记忆和语义记忆

- 1983年，塔尔文(Endel Tulving) 在Elements of Episodic Memory著作中，把记忆分成2种：情景记忆和语义记忆。
- 情景记忆是指对个人亲身经历的、发生在一定时间和地点的事件（情景）的记忆。
- 语义记忆是指人所具有的知识有组织的储存，运用语言必须的记忆，是个人对概念、事实、关系的抽象记忆，分类、归纳、总结。

长时记忆类型

区分特性	情景记忆	语义记忆
信息 输入源 单位 体制化 参照 真实性	感觉 事件、情景 时间的 自己 个人的信念	理解 事实、观念概念 概念的 万物(世界) 会的一致

长时记忆类型

操作 记忆内容 时间的符号化 感情 推理能力 文脉依存性 被干涉性 存取 检索方法 检索结果 检索原理 想起内容 检索报告 发展顺序 小儿健忘症	经验的 有，直接的 较重要 小 大 大 按意图 按时间或场所 记忆结构变化 协调的 被记忆的过去 觉得 慢 受到障碍	符号 无，间接的 并不那么重要 大 小 小 自动的 按对象 记忆结构不变 开放式 被表示的知识 知道 快 不受障碍
--	---	--

长时记忆的编码

长时记忆中的信息被编码成意码、形码、声码，编码加工形式主要有：

- 1、按语义归类的组织加工，即将同类概念进行归类记忆。
- 2、按发音、字型等语言特点进行编码。
- 3、主观组织，即对既不能分类又无意义联系的材料人为加以组织。

长时记忆的存储

长时记忆中信息存储的动态变化

信息经过编码加工好，存储在头脑中，虽然这种存储是有序的，但并非一成不变，而是一个潜在的动态过程，随着时间推移和后来经验的影响，在质和量上都会发生变化。

长时记忆模型

■ 层次网络模型

1968年，奎连(Quillian) 提出的语义记忆，这是认知心理学中的第一个语义记忆模型。

■ 激活扩散模型

卡林斯(J Collins)等提出激活扩散模型。与层次网络模型不同，它放弃了概念的层次结构，而以语义联系或语义相似性将概念组织起来。

长时记忆模型

■ 人类联想记忆模型

1973年，安德森（J. R. Anderson）和鲍尔提出，一个命题是由一小集联想构成的，每个联想将两个概念结合在一起。。命题树由结点(圆)和指针构成，结点代表命题、上下文、事实等概念。指针代表联想。

■ 记忆的图式论

1932年, 巴特莱特(Bartlett)把图式定义为人们过去的经历在大脑中的动态组织, 并将图式概念运用到记忆和知识结构的研究中。图式的基础不仅包括呈现的特定材料, 还包括人们对情境的理解、期望以及觉知到的隐藏在他人行为下的动机。

长时记忆的提取

- 主要有回忆和再认二种基本形式。
- 回忆是过去经历过的事物以形象或概念的形式在头脑中重新出现的过程。
- 再认是人们对感知过、思考过或体验过的事物，当它再次呈现时，仍能认识的心理过程。再认比回忆简单，在个体心理发展中出现得也较早。

内容提要

- 引言
- 记忆系统
- 短时记忆
- 工作记忆
- 长时记忆
- 遗忘
- 互补学习系统
- 层次时序记忆

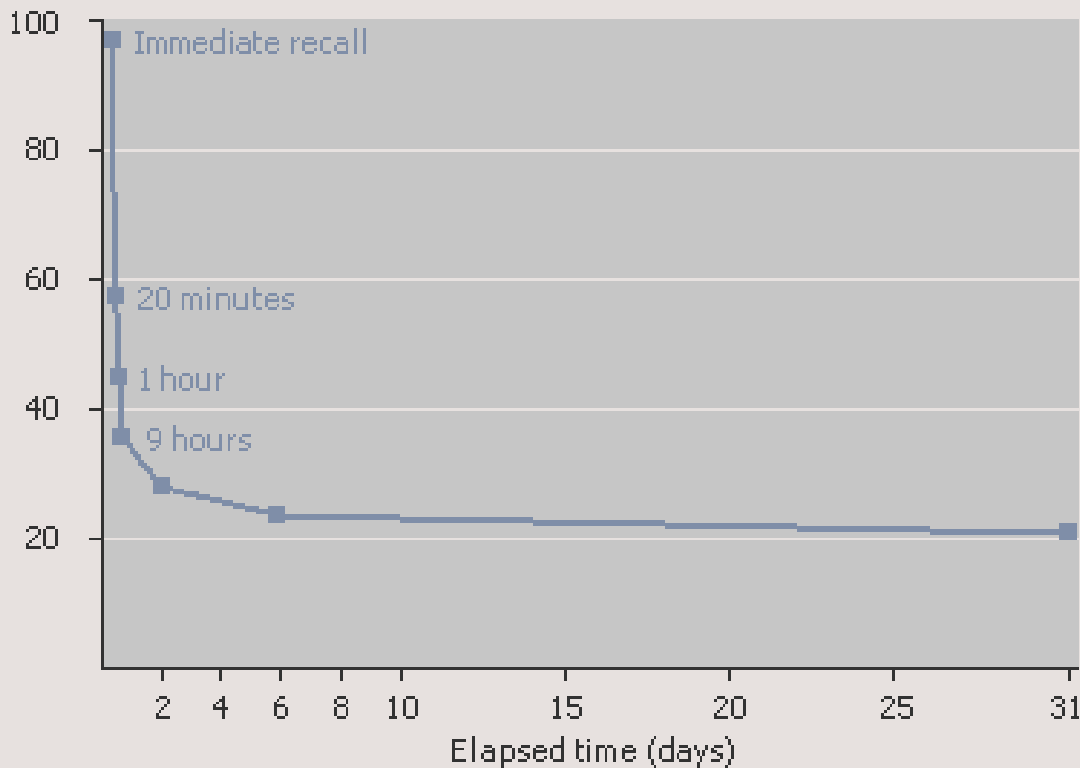
长时记忆的遗忘

- 遗忘就是记忆的内容不能保持或提取时有困难。能再认不能回忆叫不完全遗忘；不能再认也不能回忆叫完全遗忘；一时不能再认或回忆叫临时性遗忘；永久不能再认或回忆叫永久性遗忘。
- 除了时间因素，遗忘的进程还受到识记材料的性质与数量、学习的程度、识记材料的系列位置、识记者的态度等因素的影响。

长时记忆的遗忘

(二) 遗忘的进程

Retention (percent)



Source: Hermann Ebbinghaus, *Memory: A Contribution to Experimental Psychology*, 1885/1913



2022/4/19

史忠植 认知基础：记忆

Hermann Ebbinghaus⁷²

长时记忆遗忘的原因

- 1、**衰退说** 衰退说认为遗忘是由于记忆痕迹得不到强化而逐渐减弱，以至最后消退的结果。
- 2、**干扰说** 干扰说认为遗忘是由于在学习和回忆之间受到其他刺激的干扰所导致的。
- 3、**压抑说** 压抑说认为遗忘是由于情绪或动机的压抑作用引起的，如果这种压抑解除了，则记忆就能恢复。
- 4、**提取失败说** 提取线索失败也会造成遗忘，即没有足够的提取线索来找出记忆中的信息。

内容提要

- 引言
- 记忆系统
- 短时记忆
- 工作记忆
- 长时记忆
- 遗忘
- 互补学习系统
- 层次时序记忆

互补学习系统

James L. McClelland于1995年提出了互补学习系统（complementary learning systems, CLS）理论。该理论认为人脑学习是两个互补学习系统的综合产物。一个是大脑新皮质学习系统，通过接受体验，慢慢地对知识与技能进行学习。另一个是海马体学习系统，记忆特定的体验，并让这些体验能够进行重放，从而与新皮质学习系统有效集成。

- *J. L. McClelland, et al., “Why there are complementary learning systems in the hippocampus and neocortex: insights from the successes and failures of connectionist models of learning and memory”, Psychol. Rev. 102, 419–457, 1995.*

2013年访问McClelland教授



互补学习系统

2016年，谷歌深度思维的库玛拉（Dharshan Kumaran）、哈萨比斯（Demis Hassabis）和斯坦福大学的麦克莱伦德在《认知科学趋势》刊物上发表文章，拓展互补学习系统理论。大脑新皮质学习系统是结构化知识表示，而海马体学习系统则迅速地对个体体验的细节进行学习。

- *D. Kumaran, D. Hassabis, J. L. McClelland, “What Learning Systems do Intelligent Agents Need? Complementary Learning Systems Theory Updated”, Trends in Cognitive Sciences, Vol. 20, No. 7: 512-534, 2016.*

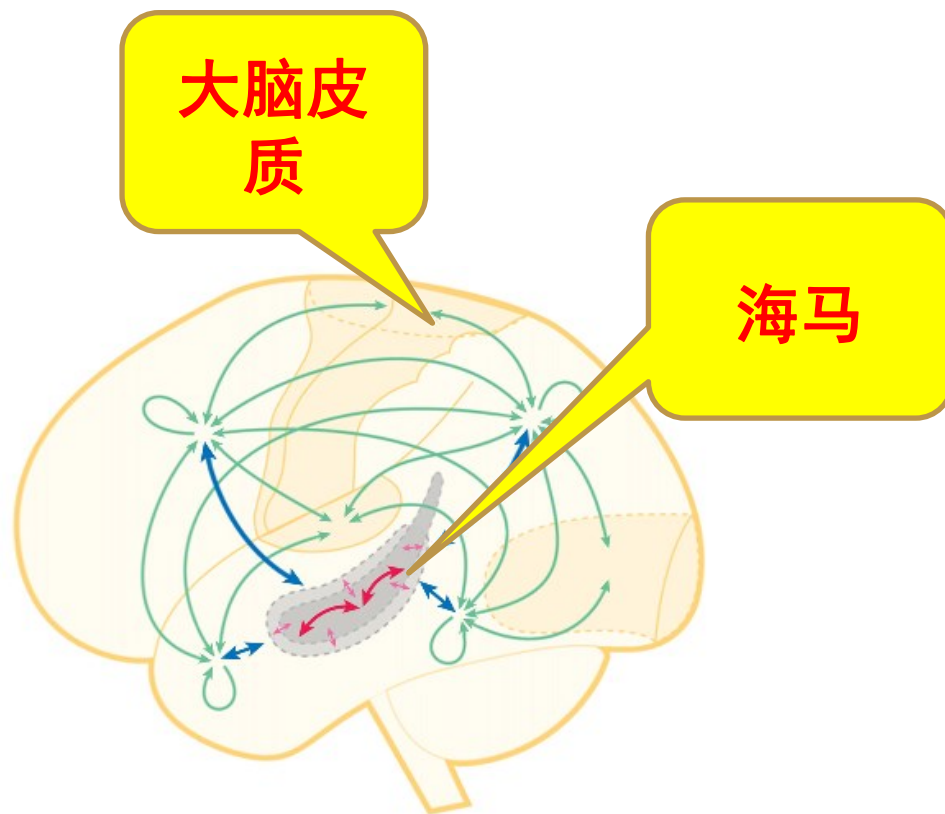
互补学习系统

哈萨比斯等对海马体记忆重放的作用进行了拓展，指出记忆重放能够对体验统计资料进行目标依赖衡量。通过周期性展示海马体踪迹，支持部分泛化形式，新皮质对于符合已知结构知识的学习速度非常迅速。互补学习系统理论与人工智能的智能体设计之间的相关性，突出了神经科学与机器学习之间的关系。

- *D. Kumaran, D. Hassabis, J. L. McClelland, “What Learning Systems do Intelligent Agents Need? Complementary Learning Systems Theory Updated”, Trends in Cognitive Sciences, Vol. 20, No. 7: 512-534, 2016.*

互补学习系统

感觉和运动皮质显示为深黄色。内侧颞叶 (medial temporal lobe, MTL) 包围虚线, 海马以深灰色和周围的内侧颞叶 (MTL) 皮质浅灰色 (大小和位置是近似的)。绿色箭头表示整合的新皮质关联区域内和之间, 以及在 这些区域和模态特定区域之间的双向连接。蓝色箭头表示新皮质区域和内侧颞叶 (MTL) 之间的双向连接。



- *D. Kumaran, D. Hassabis, J. L. McClelland, “What Learning Systems do Intelligent Agents Need? Complementary Learning Systems Theory Updated”, Trends in Cognitive Sciences, Vol. 20, No. 7: 512-534, 2016.*

内容提要

- 引言
- 记忆系统
- 短时记忆
- 工作记忆
- 长时记忆
- 遗忘
- 互补学习系统
- 层次时序记忆

记忆的神经生理机制

1. 定位说与整合说

- 定位说认为，记忆与脑的特定部位有关，不同类型的记忆在脑不同部位产生，它取决于材料的种类以及最初记忆时对信息进行加工的特定神经系统。信息根据其视觉、听觉和其他感觉刺激而存储于最初对信息进行加工的特殊区域。
- 整合说认为记忆是整个大脑皮层活动的结果，和脑的各个部分都有关系，而非皮层上某特殊部位的机能。

记忆的神经生理机制

2、神经通路 & 突触的变化

- 长时增强作用也与记忆的生理基础有关，它表明当一种新反应正在被习得时，某些神经通路变得更容易被激活。海马在记忆的长时增强作用上起着重要作用，它通过长时增强作用，将新习得的信息进行持续好几个小时甚至好几周的加工，然后将其转入长时记忆中稳固下来。
- 神经细胞和突触结构的改变是短时记忆向长时记忆过渡的生理机制。
- 突触中的神经递质对记忆起着重要作用，在主要的神经递质中，乙酰胆碱对记忆尤为重要。

记忆的神经生理机制

3、反响回路

反响回路是指神经系统中皮层和皮层下组织之间存在某种闭合的神经环路。当外界刺激作用于环路的某一部分时，回路便产生神经冲动。刺激停止后，这种冲动并不立即停止，而是继续在回路中往返传递，并持续一段时间。这种脑电活动的反响回路被认为是短时记忆的电生理基础。

记忆的神经生理机制

4、记忆分子学说

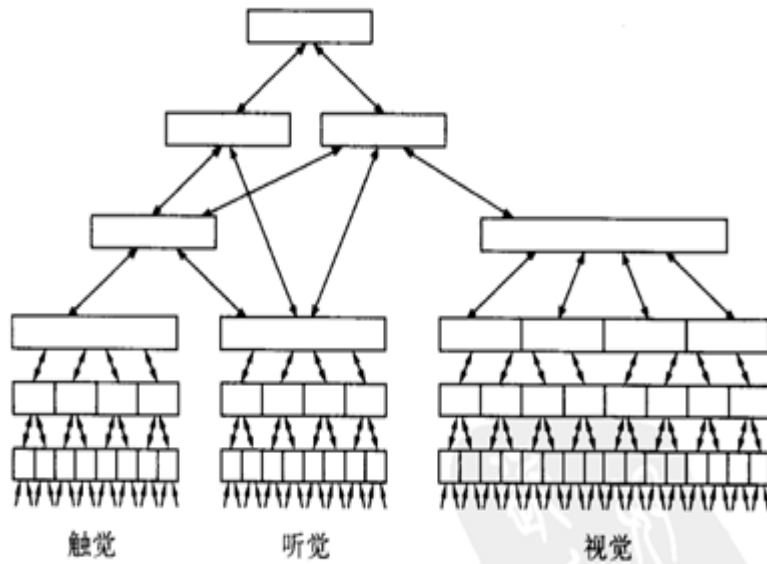
一些在分子水平上研究记忆的学者们假设，神经元内RNA是个体记忆经验的化学分子载体。

记忆的神经生理机制

5、层次时序记忆 (Hierarchical Temporal Memory, HTM)

2004年霍金斯 (Jeff Hawkins) 出了本书《On Intelligence》(中译 贺俊杰,李若子,杨倩:《人工智能的未来》; 李蓝, 刘志远:《智能时代》), 提出层次时序记忆模型 (简称HTM)

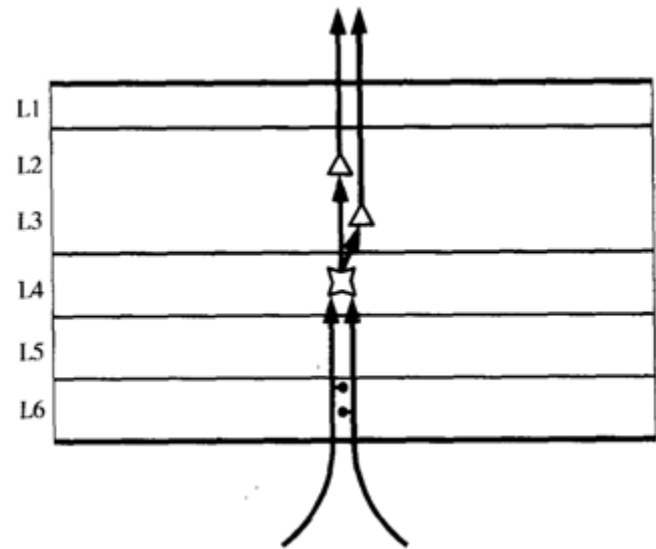
层次时序记忆



每个高级区域都将低级区域的输入信息进行整合了。而或许每个处理视觉的最底层区域只接收了单个视觉神经的输入，听觉触觉以及其他感知也是同样。

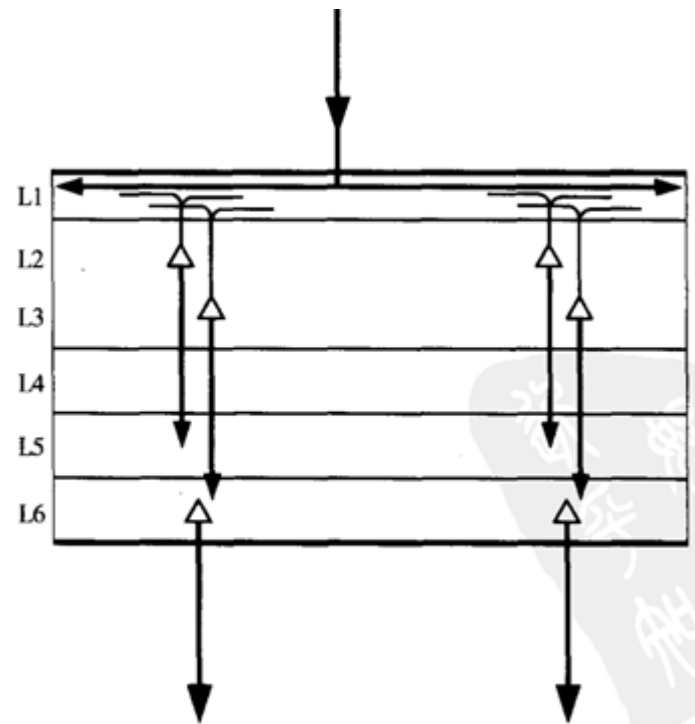
层次时序记忆

功能柱中信息向上传输的方式。低级区域汇流而来的信息总是先输入到第4层，顺带形成了第6层中的连接；然后第4层的细胞将信息向上投射到第2和第3层的细胞。2、3层的细胞会把信息传输到更高级区域的输入层。



层次时序记忆

功能柱中信息向下的传输方式。第一层从高级区域接受预测的输入，2、3、5层都有树突和第1层相连，所以第1层可以直接传输信息给这些层的一些细胞。这些细胞中有一些又激活第6层细胞，被激活的第6层细胞继续向下传输预测信息。



层次时序记忆

- 第5层细胞负责的是运动信息。许多第5层细胞还与丘脑相连，丘脑又将信息反馈给第一层细胞，构成了延迟反馈。
- 当一个功能柱被成功预测时，应该停止向上传输信息，所以第2、3层中应该存在一些起抑制作用的细胞。当第1层接到高级区域的输入，即预测成功时，就激活这些抑制细胞，使信息停止向上的传输。
- 第6层细胞除了将信息投射到低级区域外，还将输出信息发送到自己所属功能柱的第4层细胞。这样，输出就变成了输入。我们可以将这种只存在人大脑中，不向外传输的思维活动叫做“想象”。

千脑智力理论

- 2018年10月，在荷兰马斯特里赫特举行的人类大脑项目峰会上，Numenta公司的技术专家、科学家和联合创始人霍金斯（Jeff Hawkins）提出了一个新型框架来理解人类新大脑皮层是如何运作的，被称为“千脑智力理论”。
- 假设网格细胞神经元存在于人类新皮层的每一列中，并且提出了一种叫做置换细胞（displacement cell）的新型神经元，它作为网格细胞的补充人类新大脑皮层的每个部分都能学习完整的对象和概念模型。对现实世界中的每个对象都拥有成百上千个模型。

思考题

- 8-1 什么是记忆？记忆系统由哪几部分构成？
- 8-2 什么是情景记忆？什么是语义记忆？试比较它们的差异。
- 8-3 工作记忆的特点是什么？
- 8-4 记忆的内容不能保持或者提取时有困难就是遗忘，试给出引起遗忘的因数有哪些？
- 8-5 什么是分层时序记忆模型？为什么它具有预测功能？
- 8-6 在人脑互补学习系统中，新皮层和海马体是怎样工作的？

Thank You

