

信息学院人工智能专业方向

# 《脑与认知科学》

记忆和注意

## 记忆的概念

- 记忆 (memory)：在学习新信息的过程中形成，能够在一段时期内维持
  - 感觉记忆 (sensory memory)：几毫秒-几秒，不需要特别注意
  - 短期(时)-工作记忆 (short-term/working memory)：几秒-几分钟，短期间记忆信息（如临时记忆电话号码）
  - 长期(时)记忆 (long-term memory)：几天-数年，长期记忆信息，分为长期非陈述性记忆和长期陈述性记忆

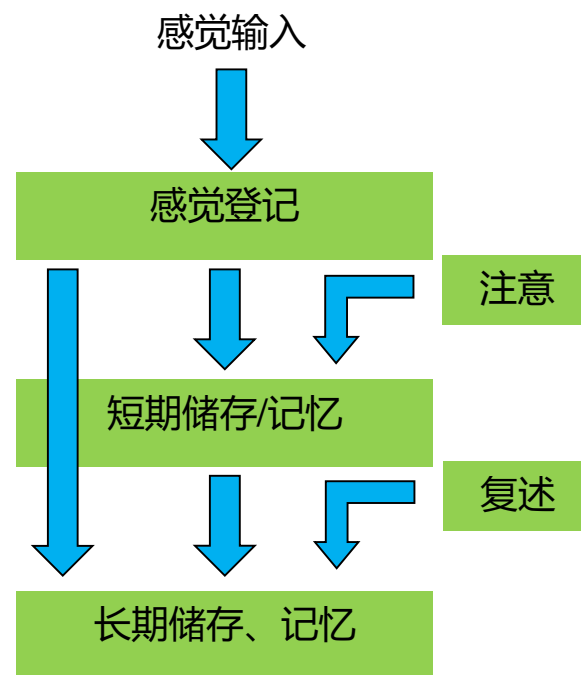
		记忆特征			
		时间历程	容量	有意注意?	丧失机制
记忆类型	感觉	几毫秒至几秒	高	否	主要为衰退
	短时和工作	几秒至几分钟	有限 ( $7 \pm 2$ 个项目)	是	主要为衰退
	长时非陈述性	几天至几年	高	否	主要为干扰
	长时陈述性	几天至几年	高	是	主要为干扰

## 记忆的概念

- 记忆分为三个主要阶段：
  - **编码 (coding)**：是对输入信息的处理和储存
    - 获取 (acquisition): 对感觉通路和感觉分析阶段的输入信息进行登记
    - 巩固 (consolidation): 生成一个随时间的推移而增强的表征
  - **存储 (storage)**：代表了信息的长久记录
  - **提取 (retrieval)**：通过所储存的信息创建意识表征或执行习得的行为
- 记忆的**遗忘 (forgetting)**：遗忘是必要的，记性太好也是病！

## 短期记忆的机制

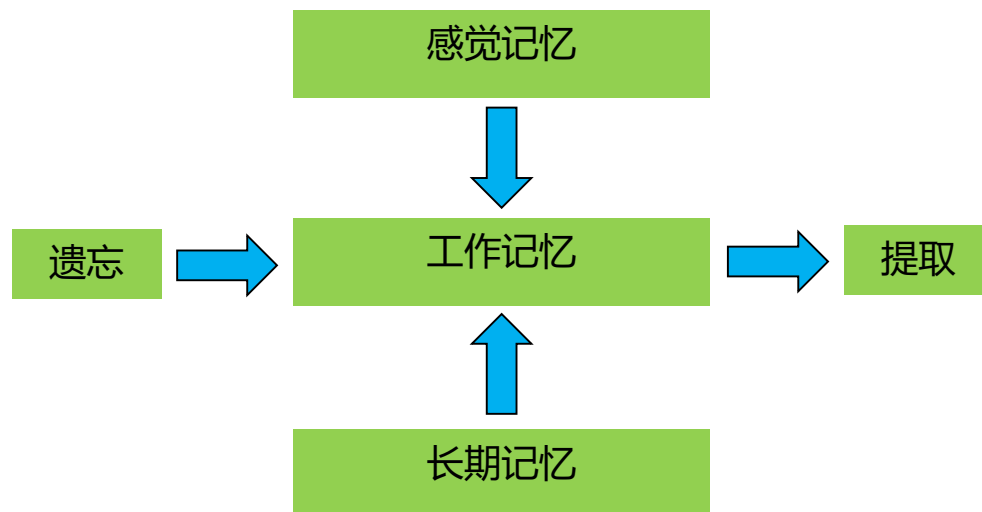
- 短期记忆的模块模型：
  - 感觉信息在加工系统进行登记
  - 通过注意过程，选择信息进入短期储存（短期记忆）
  - 通过复述，经一部转入长期储存（长期记忆）
- 此外，研究显示感觉记忆也有可能通过直接编码形成长期记忆



短期记忆的模块模型

## 工作记忆

- 工作记忆：一种容量有限、仅在短期间内保存的信息，可源于感觉记忆的输入，其与短期记忆的区别是也可以从长期记忆中提取获得



## 工作记忆

- 工作记忆的广度：一个人短时间内能记住的项目个数，正常人能记住5-9个项目

### 工作记忆测试

在40秒钟之内,记忆下列20个孤立的单词或数字,然后立即复述

**黄河 算术 馒头 帽子 电影 农民 剪刀 良心 山峰 磁带**

**柏树 太阳 扫帚 钞票 火车 战士 公园 石油 小鸡 锣鼓**

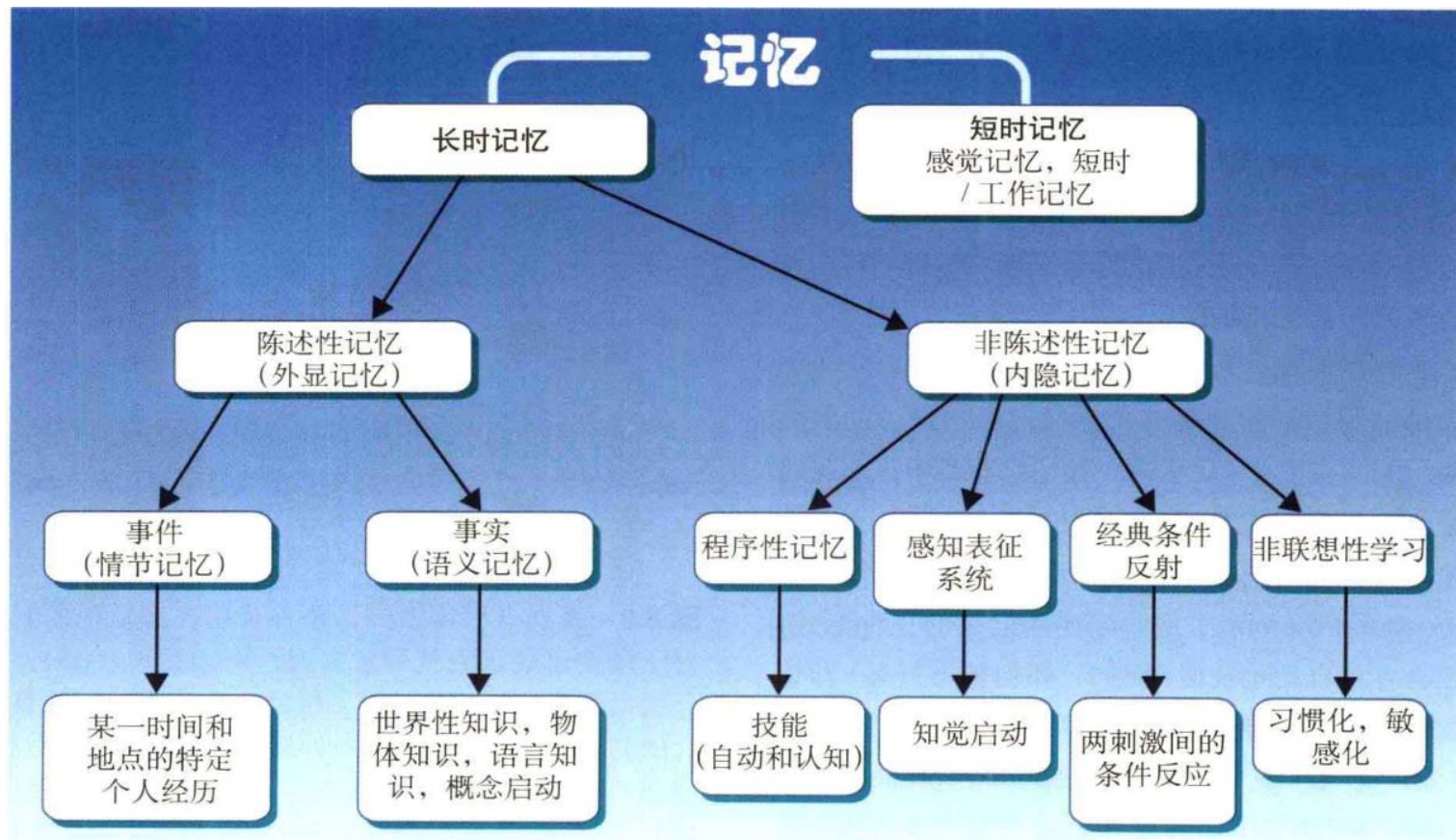
**43 57 18 79 82 96 15 21 74 52**

**37 85 49 63 89 27 91 39 68 23**

## 长期记忆

- 陈述性记忆(declarative memory):
  - 有关事实和事件的记忆，可以一次性获得，利用这类记忆时通常需要意识的参与，因此也被称为外显记忆
- 非陈述性记忆(nondeclarative memory):
  - 对知觉技能、认知技能和运动技能的记忆，往往需要多次尝试才能逐渐获得，利用这类记忆时通常不需要意识的参与，因此也被称为内隐记忆 (covert memory)

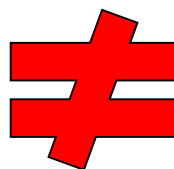
# 长期记忆





## 陈述性记忆

情节记忆（事件）：自传式记忆，对以往事件的个人意识

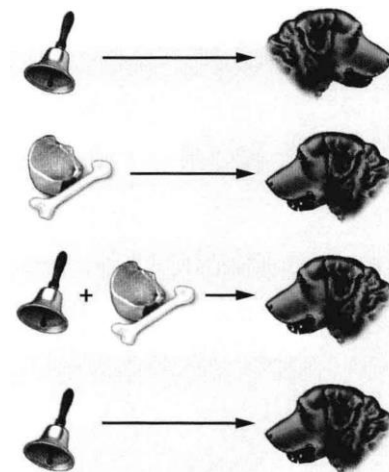
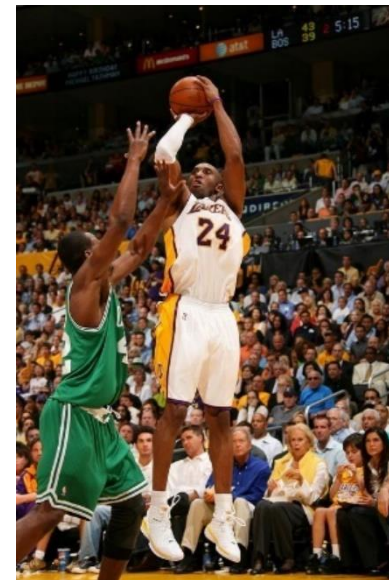


语义记忆（事实）：世界知识，通常与情节记忆无关



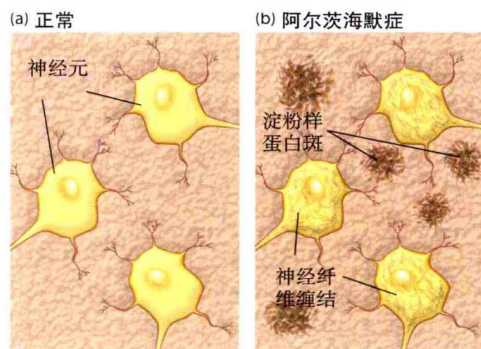
## 非陈述性记忆

- 非陈述性记忆不需要有意回想先前经验，但先前的经验又确实促进了行为表现
- 程序性记忆(procedural memory): 包含各种自动技能（运动等）和认知技能（读写等）的学习
- 知觉表征系统：感知系统中发挥作用，更快地识别以前出现过的物体或词语（知觉启动）
- 非联想学习
  - 习惯化：因反复刺激而对刺激的敏感性降低
  - 敏感化：因反复刺激而对刺激的敏感性增高
- 经典的条件反射



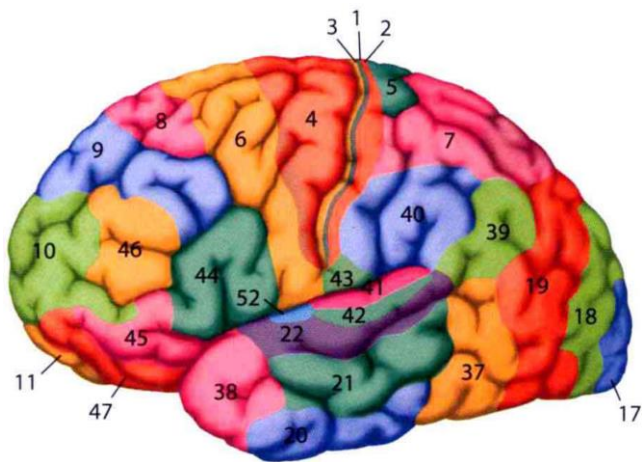
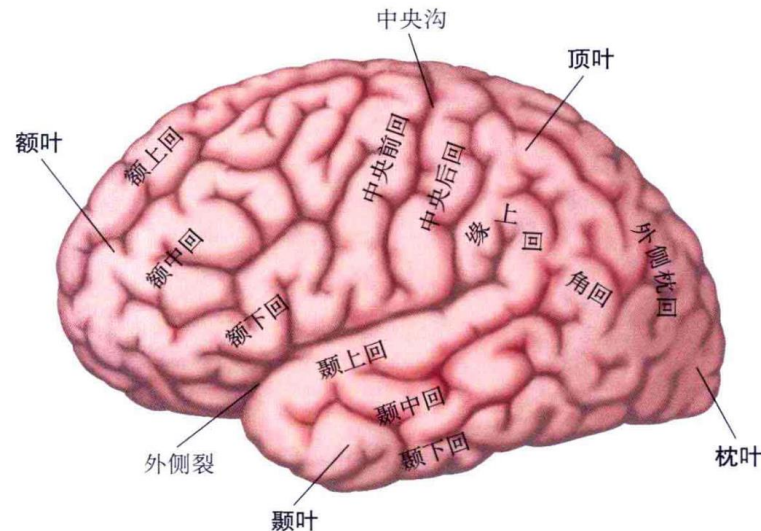
# 记忆和大脑

- 短期记忆遗忘症：由脑损伤等原因引起的短期记忆缺陷
- 长期记忆遗忘症：对长期记忆产生影响
  - 逆行性遗忘症：对遗忘症发生以前的事件记忆丧失
  - 顺行性遗忘症：形成新记忆能力的丧失



## 与短期记忆相关的皮质区域

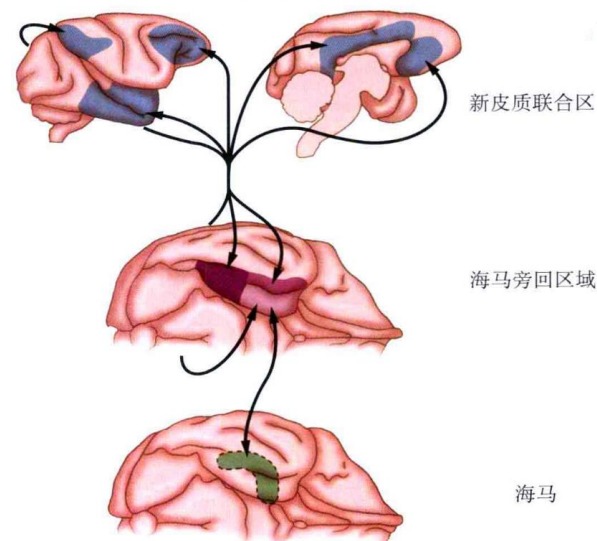
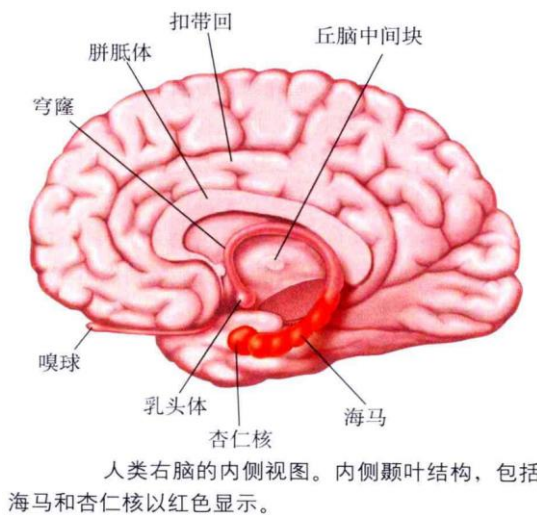
- 与听觉短期记忆相关的脑区
  - 左侧半球的缘上回、外侧额叶和下顶叶
- 与视觉短期记忆相关的脑区
  - 右侧大脑半球为主的下额叶、后顶叶和枕叶





## 与长期记忆相关的皮质区域

- 研究显示，内侧颞叶中的海马及相关皮质与短期记忆无关，但与形成新的长期记忆相关
- 长期记忆的储存则是由新皮质完成的

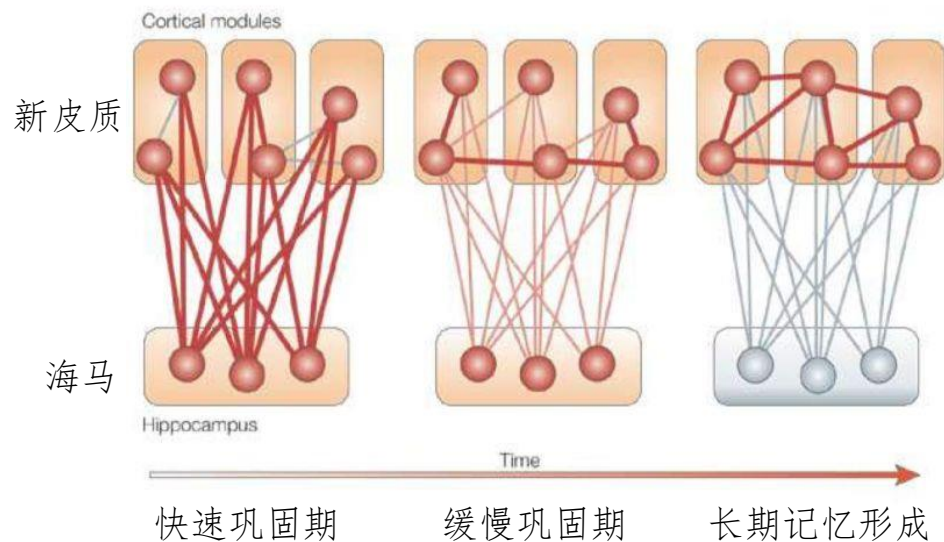


灵长类海马记忆系统示意图

新皮质区域的信息首先投射到海马旁回等区域，进而投射到不同的海马区域。经过海马的信息加工后，通过海马旁回等区域返回至原始输入的同—皮质区域

## 长期记忆的形成过程

- 包括快速巩固期和缓慢巩固期
- 海马参与了长期记忆的编码和提取，但随着时间推移，记忆逐渐巩固并且其提取最终不依赖于海马
- 缓慢巩固过程以及长期记忆的形成与新皮质密切相关，新皮质损伤将影响长期记忆的形成



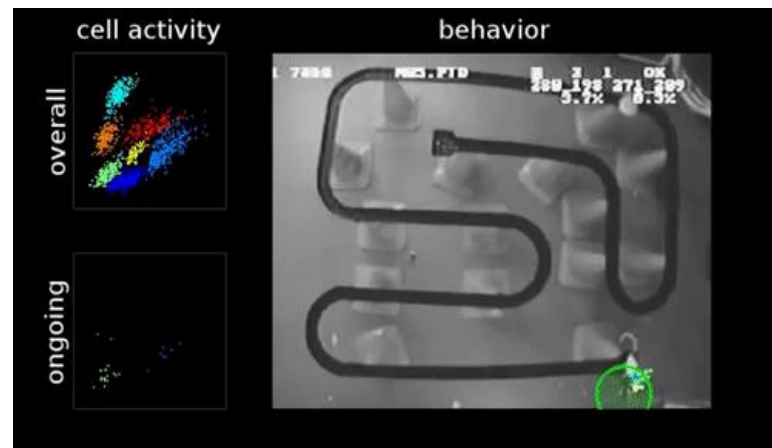
## 海马与空间记忆

- 出租车司机的海马容量要比普通公交车司机的大，并且其容量大小与出租车司机驾驶年龄呈现正相关
- 提示海马参与了与空间认知相关的长期空间记忆 (spatial memory)



# 海马与空间记忆

2014年的诺贝尔生理学奖授予了海马和相关皮质中位置细胞和网格细胞的发现



位置细胞 (place cell)



John O'Keefe

**John O'Keefe** discovered, in 1971, that certain nerve cells in the brain were activated when a rat assumed a particular place in the environment. Other nerve cells were activated at other places. He proposed that these "place cells" build up an inner map of the environment. Place cells are located in a part of the brain called the hippocampus.

May-Britt Moser and Edvard I. Moser



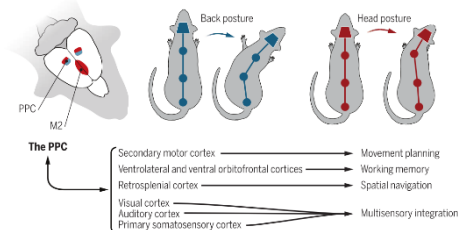
**May-Britt och Edvard I. Moser** discovered in 2005 that other nerve cells in a nearby part of the brain, the entorhinal cortex, were activated when the rat passed certain locations. Together, these locations formed a hexagonal grid, each "grid cell" reacting in a unique spatial pattern. Collectively, these grid cells form a coordinate system that allows for spatial navigation.



网格细胞 (grid cell)

## Posture cells in the PPC-M2 network

Posture cells have been discovered in the PPC-M2 network. PPC neurons in rodents have reciprocal connections to various cortical areas, including visual, auditory, primary somatosensory, and prefrontal cortices, as well as the secondary motor and retrosplenial cortices, thus supporting a series of cognitive functions.



sciencemag.org SCIENCE

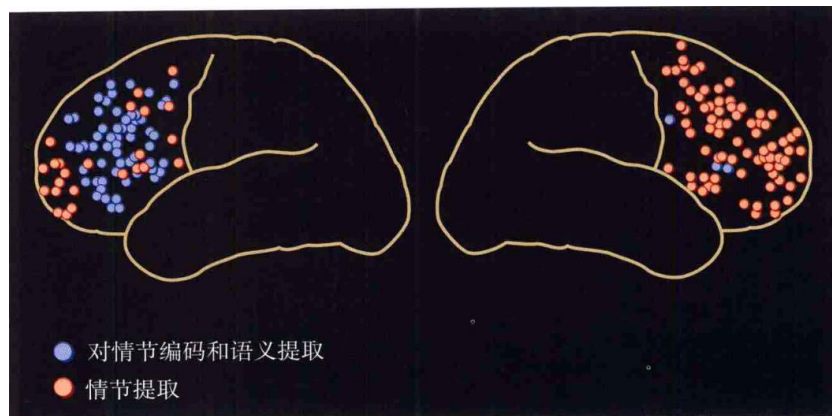
姿态细胞 (posture cell)





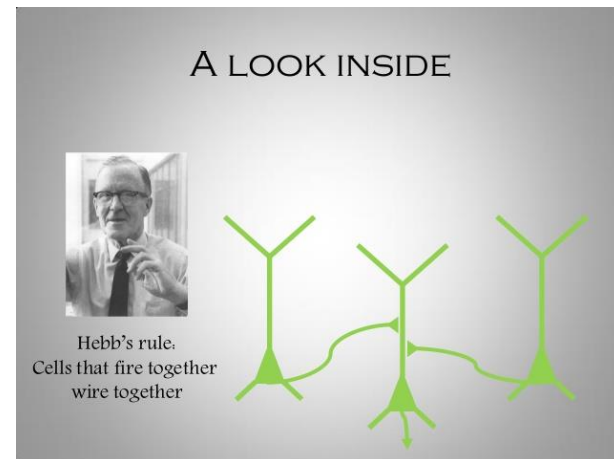
## 其他与记忆编码和提取相关的皮质区域

- 除海马外，额叶也参与了短期和长期记忆过程，研究显示左侧额叶参与情节记忆的编码、语义记忆的编码和提取，而右侧额叶参与情节信息的记忆提取
- 也有观点认为，左侧额叶更多参与语言表征的编码过程，而右侧额叶更多参与物体和空间记忆信息的加工



## 记忆的生理基础

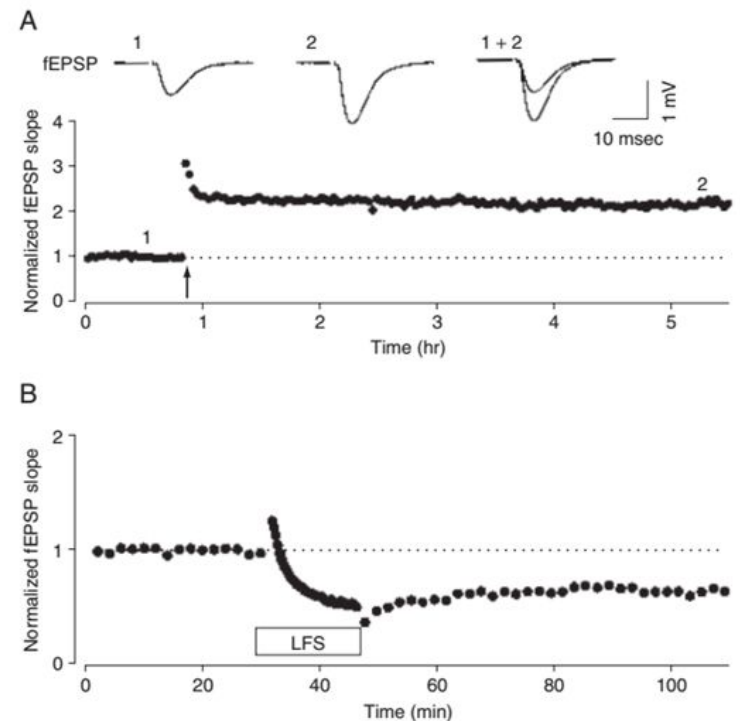
- 长期记忆以分布式表征的方式存储于新皮质，但具体存储方式尚不完全清楚
- **Hebb假说：**突触强度的变化是记忆的生理学基础。神经元间突触的联结强度随着突触前后神经元的活动而变化，因此记忆的形成与消退与突触传递效率变化有关



*"When an axon of cell A is near enough to excite a cell B and repeatedly or persistently takes part in firing it, some growth process or metabolic change takes place in one or both cells such that A's efficiency, as one of cells firing B, is increase."*

## 记忆的生理基础

- 在内嗅皮层至海马齿状回这一通路上给予高频电刺激，可记录到兴奋性突触后电位 (EPSP) 增加，这种现象被称为长时程效应 (long-term effect)
  - 表明神经元的突触传递效率可以发生改变
- 长时程效应按照突触传递效能变化的增强或减弱可以分为两类：
  - 长时程增强 (LTP)：高频刺激通路引起兴奋性突触电位幅度增加，可以持续数小时甚至数天
  - 长时程抑制 (LTD)：低频刺激通路引起兴奋性突触电位幅度减弱

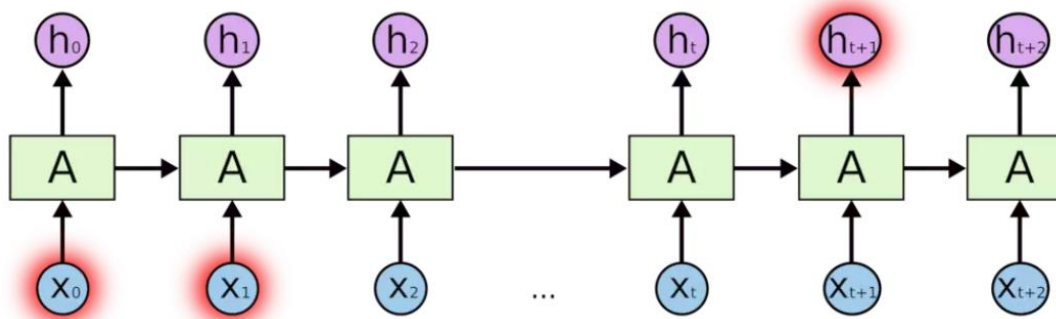


电生理记录LTD/LTP现象. (A)给予100Hz的高频刺激(HFS)能够诱发出LTP. (B)给予重复的低频刺激 (LFS) 能够诱发出LTD

## 长短时记忆模型

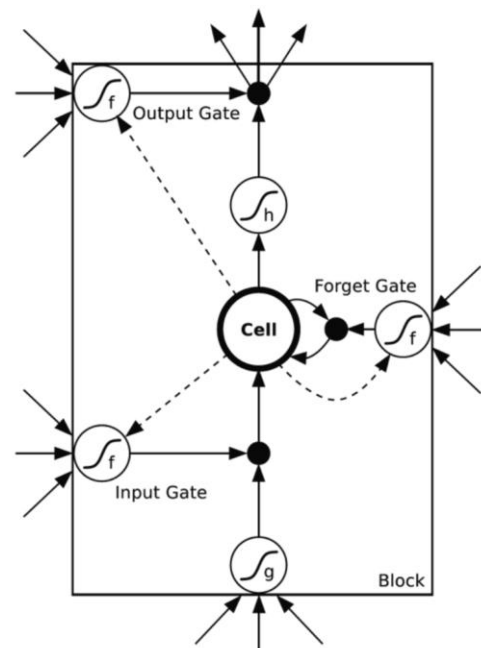
- 普通RNN对长序列存在效果不佳的问题
- LSTM (Long short-term memory) 通过增加细胞的记忆和遗忘状态，解决普通RNN仅有一种记忆叠加方式，从而对很多需要“长期记忆”的任务有很好效果

“I grew up in France... I speak fluent **French**”



## 长短时记忆模型

- LSTM内部主要有三个阶段：
  - 忘记阶段：对上一个节点传进来的输入进行选择性忘记
  - 选择记忆阶段：将这个阶段的输入有选择性地记忆
  - 输出阶段：决定哪些将会被当成当前状态的输出
- LSTM通过门控状态来控制传输状态，记住需要长时间记忆的，忘记不重要的信息



LSTM模型

## 作业

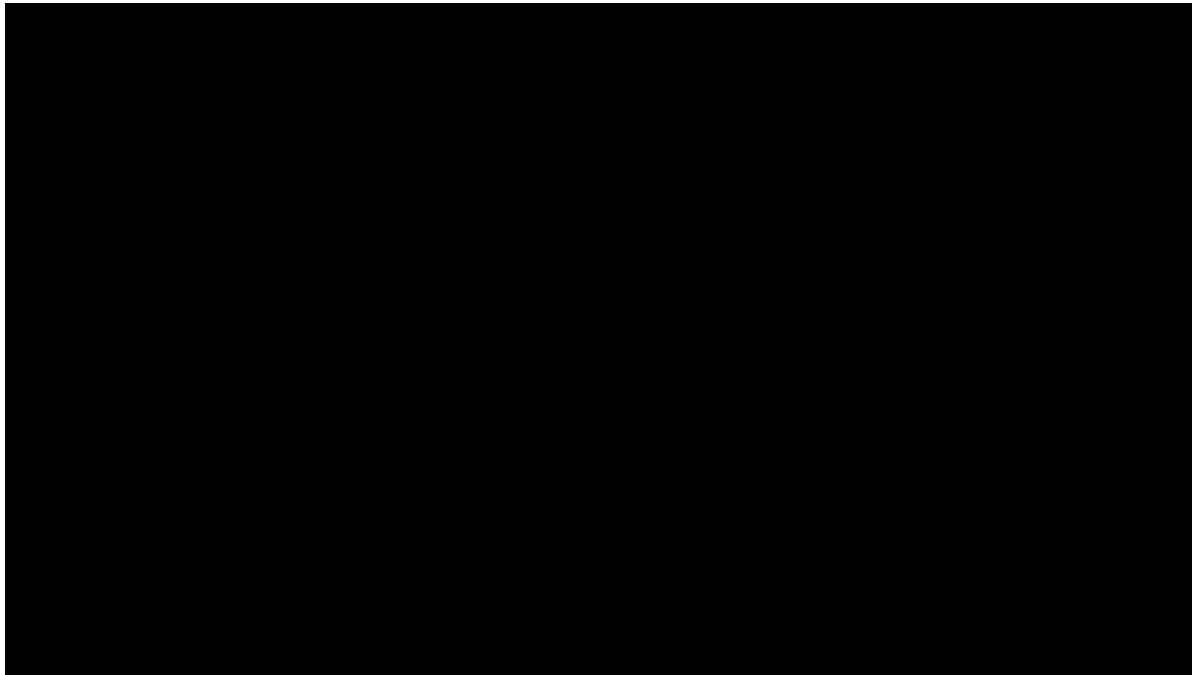
- 请通过本章介绍的脑认知原理，解释为何不能通过阅读驾驶手册直接学会开车的原因。
- 现有的RNN和LSTM模型中涉及了哪些记忆机制？你认为未来相关研究中有可能进一步引入哪些与记忆相关的认知机制？

信息学院人工智能专业方向

# 《脑与认知科学》

记忆和注意

## 视觉注意的实验



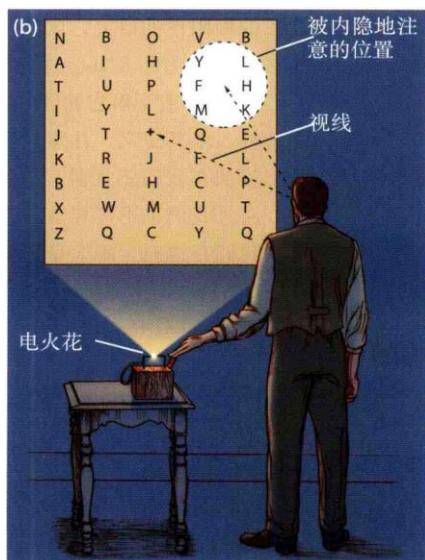


## 注意的相关概念

- 注意 (attention)：留意一些事物的同时忽略其他事物的能力
  - 非选择性注意：唤醒
  - 选择性注意(selective attention)：能让本体能够加工与当前情境相关的输入、思想或行为，而忽视与其无关的干扰刺激
- 选择性注意又可分为有意注意和反射性注意两类
  - 有意注意(voluntary attention)：有意识注意事物产生的自上而下(top down)的注意
  - 反射性注意(reflective attention)：刺激驱动下产生的自下而上(bottom up)的注意

## 有意注意的特点

- 内隐注意(covert attention): 注意所指向的位置与视线所注视的位置可以不同
- 鸡尾酒会效应: 人类可在嘈杂环境下通过内隐注意集中在感兴趣的话题上, 而对非注意话题的加工退化



鸡尾酒会效应

## 反射性注意的特点

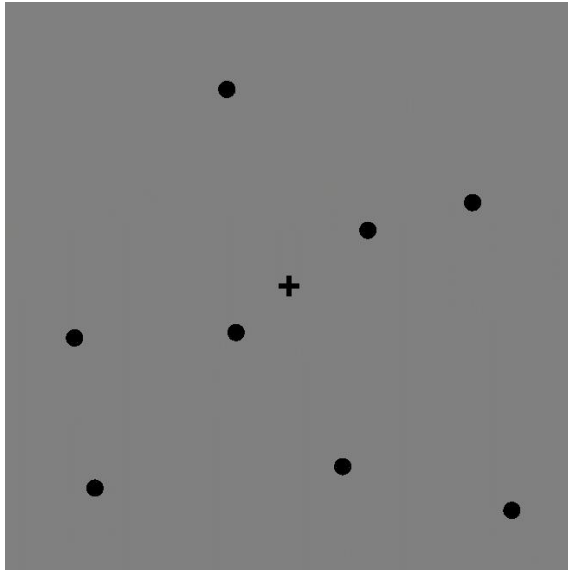
- 反射性注意是指环境中某些事物在非主动的情况下吸引注意
- 返回抑制：反射性注意在发生后会被抑制，例如司机被异常情况干扰
- 如引起反射性注意的事物非常重要，会进一步引发有意注意机制，从而使注意维持更长时间

“熊猫妈妈吃竹子吃的正香的时候，突然想起来自己还有个娃...”

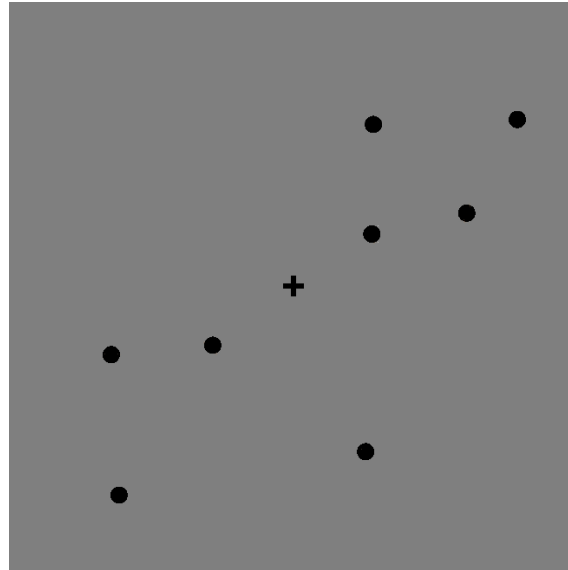


更可能的情况是，被背后的声音干扰（危险信号），引起反射性注意

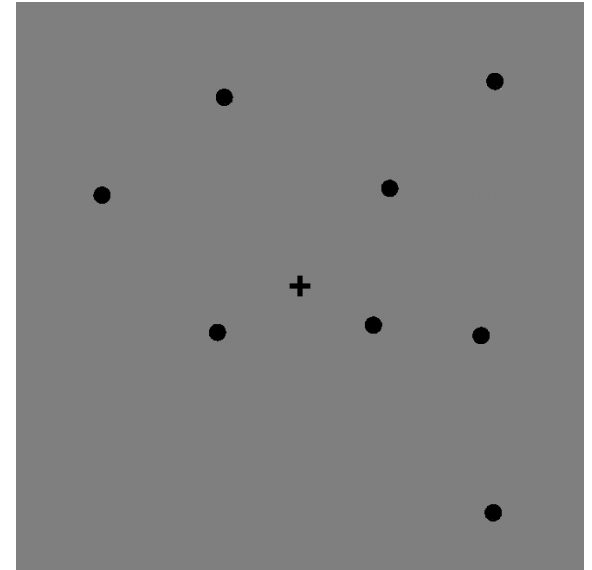
## 注意的产生机制



实验1



实验2

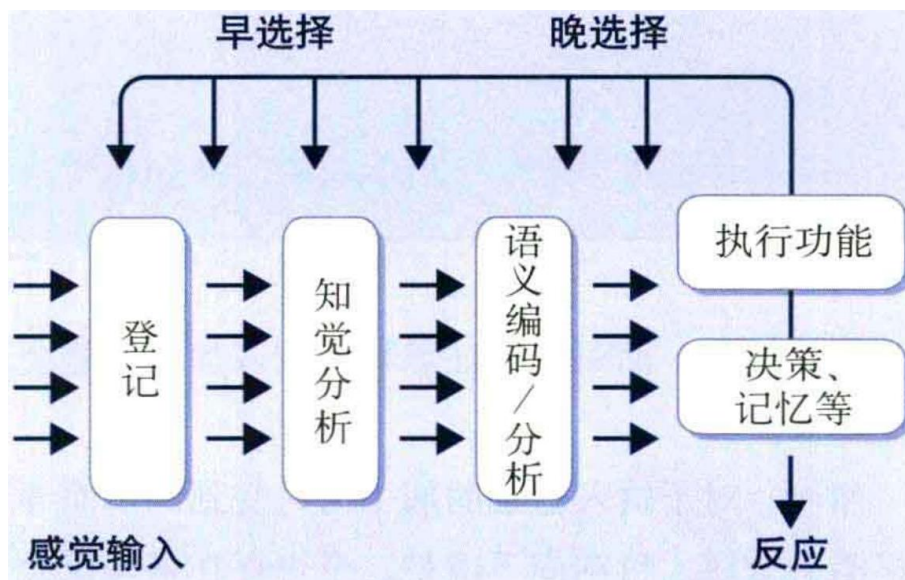


实验3

## 注意的产生机制

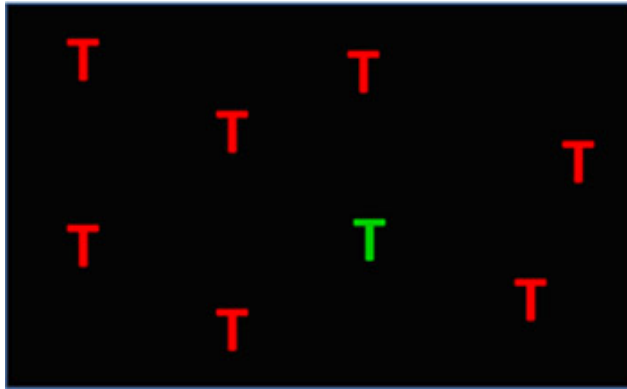
- 人脑对输入信息的处理能力是有限的
  - 人或动物的信息加工系统不能同时加工高信息负荷的多重输入
  - 必须事先对信息进行分级排序，并选择高优先级的信息进行进一步加工和感知，从而克服了资源有限性带来的问题

## 注意的信息加工系统模型



- 早选择模型：信息选择发生在信息加工的早期
- 晚选择模型：所有信息都被加工，但非注意通道中的信息强度被削弱，如果能进一步进入语义编码和分析阶段，则有可能导致注意转移

## 视觉搜索中的注意



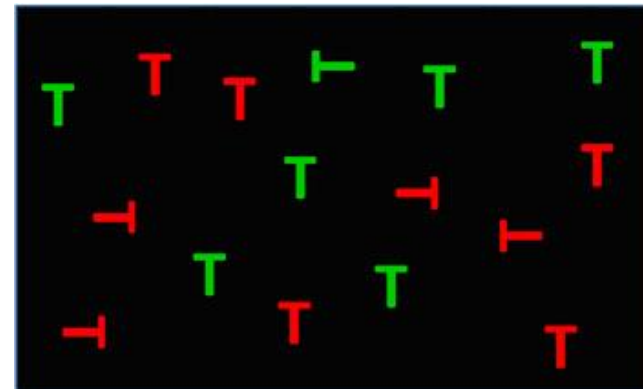
实验1



实验2



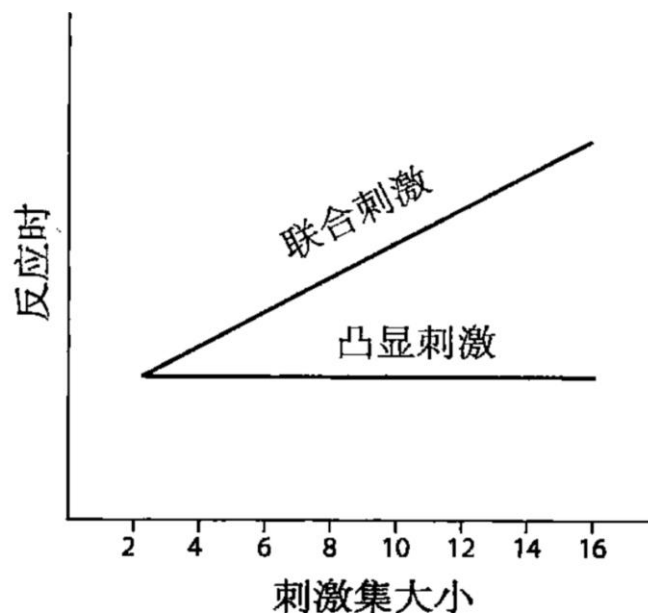
实验3



实验4

## 视觉搜索中的注意

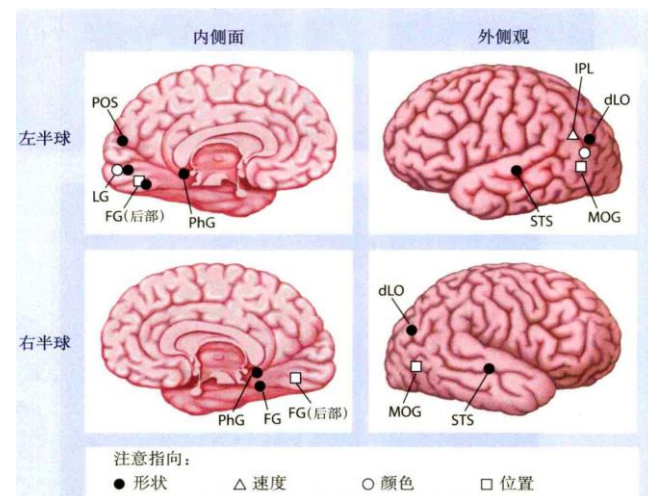
- 当待发现的物体/目标(object)可以由单一特征（凸显刺激）所区别时，搜索函数是水平的
- 如果需要多重特征联合（联合刺激）才能将物体区别时，这种联合搜索函数随干扰物体的数量而增长





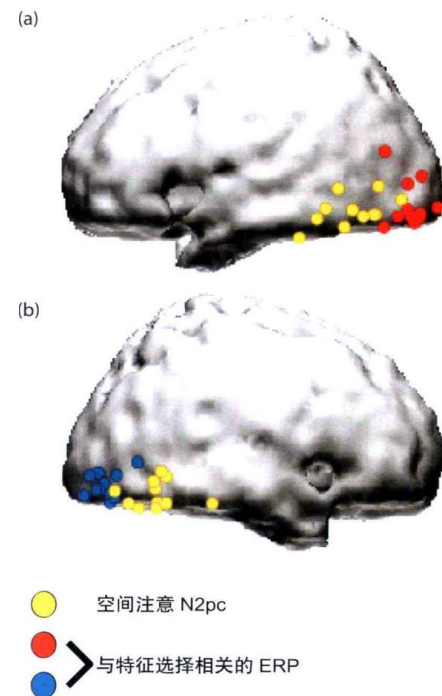
## 视觉搜索中的空间注意和物体特征注意

- 在视觉搜索过程中，存在对空间特定位置和物体特征两种注意机制
- 物体特征注意相关的皮质区域
  - 颜色特征：舌回（LG）、背外侧枕叶皮质（dLO）
  - 形状特征：舌回（LG）、梭状回（FG）、海马旁回（PhG）颞上沟（STS）
  - 运动速度：左顶下小叶（IPL）
- 与空间注意相关的皮质区域
  - 后侧梭状回（FG）、枕中回（MOG）



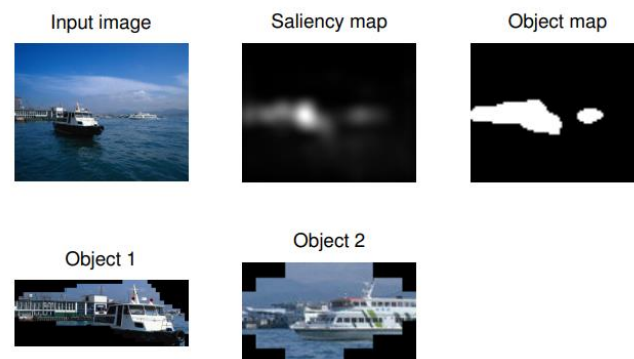
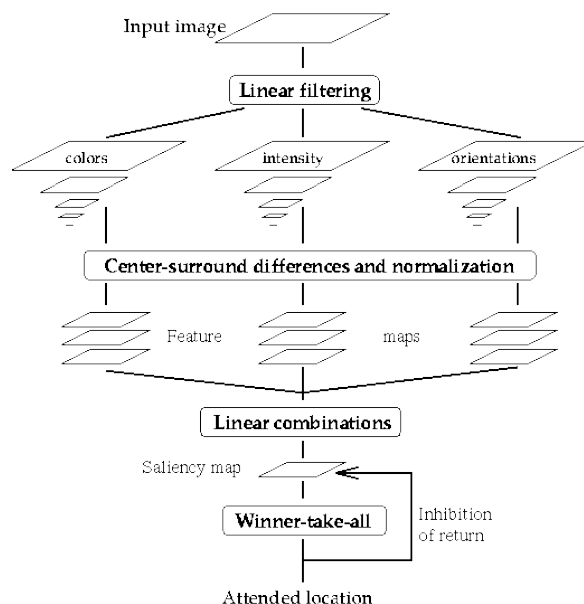
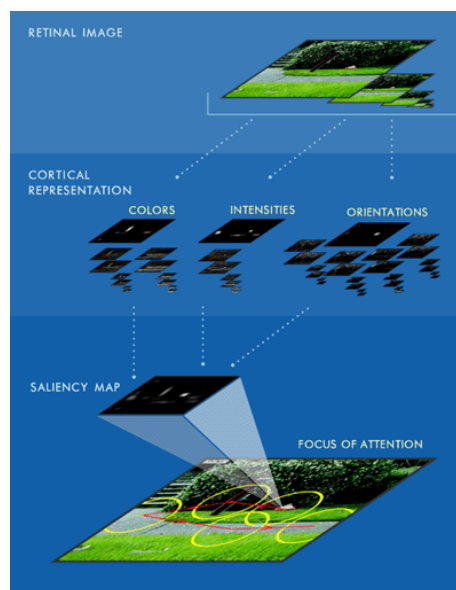
## 视觉搜索中的物体特征注意和空间注意

- 视觉搜索主要包括三个过程：
  - 首先对颜色、形状等物体特征产生注意
  - 然后将空间注意转移引导到被选择特征所在的位置上
  - 接着对此位置进行高分辨率的视觉分析，从而识别联合刺激下的物体
- 前两个过程中的注意机制是自下而上的反射性注意
  - 强制使用主动注意会降低搜索速度
- 最后的识别过程中使用了自上而下的主动注意



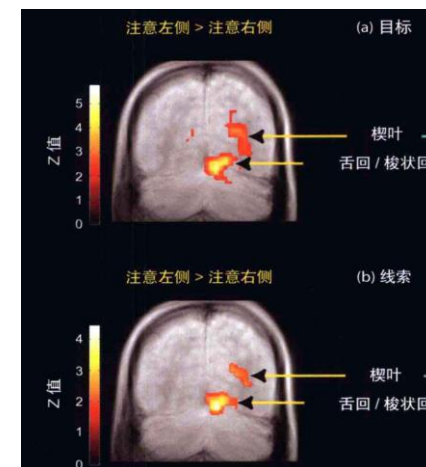
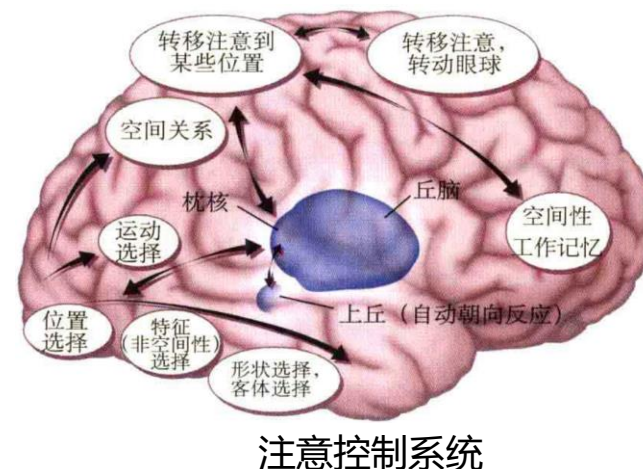
# 视觉搜索中的物体特征注意

- 视觉搜索中的物体特征注意机制来自于大脑对视觉刺激产生的显著图 (saliency map)



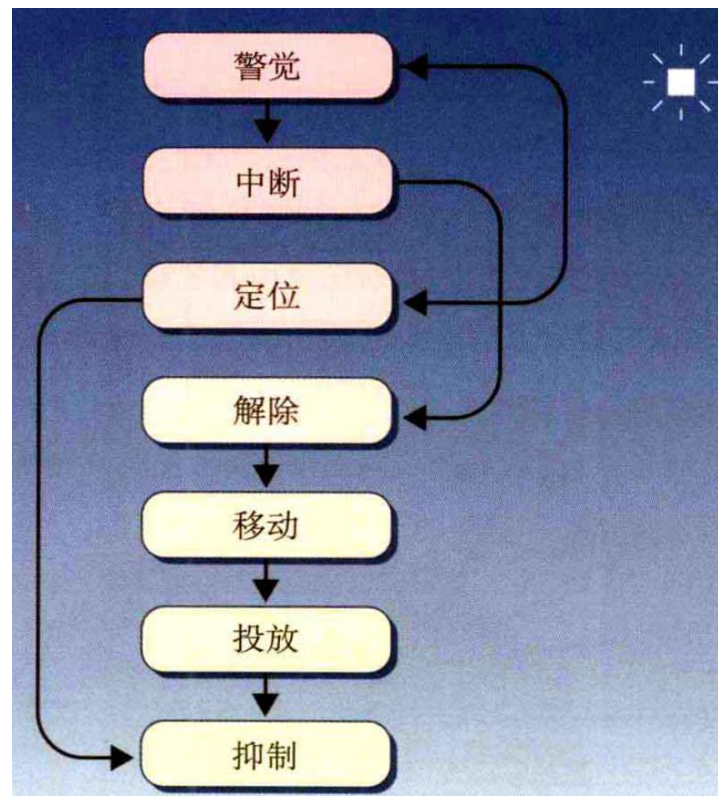
## 空间注意的控制系统

- 注意控制系统：包括丘脑枕核、顶叶和前额叶等皮质区域，可控制与空间注意相关皮质区域的兴奋性，导致在感觉区引发的神经反应增大或减小
- 感觉加工过程中的增益：与有意注意相关的控制系统甚至可以在刺激呈现前，提前激活将对刺激进行加工的皮质区域



## 注意机制的模型

- 注意产生的全过程
  - 感觉事件引发一个警觉信号
  - 该警觉信号产生一个中断，使得当前注意被解除
  - 注意被转移并投放到新的位置或物体上
  - 注意与新位置或物体绑定，促进对该刺激的知觉加工
  - 如果是不重要的反射性注意，在投放后会产生返回抑制





## 警觉信号的中断系统

- 颞顶联合区：由腹外侧额叶区域（额下回和额中回）、后部颞叶和下部顶叶构成，参与提供注意的警示信号
- 颞顶联合区、腹外侧额叶与额顶叶注意控制系统共同作用
  - 注意可以被引导到相关的位置和潜在的目标上
  - 当目标其他位置出现时可以转移注意

