

信息学院人工智能专业方向

《脑与认知科学》

脑科学基础：大脑半球特异化

- 注：本课程部分内容整理自课程教材、参考书籍或公共资源，特此致谢！

大脑半球的功能特异化现象

- 左、右侧大脑半球在整体结构和功能方面都有很高的相似性，但在少数特定功能上存在明显的特异性
- 利手现象：惯用右手（左侧大脑半球控制），惯用左手（右侧大脑半球控制，人群中占比为7%-8%）



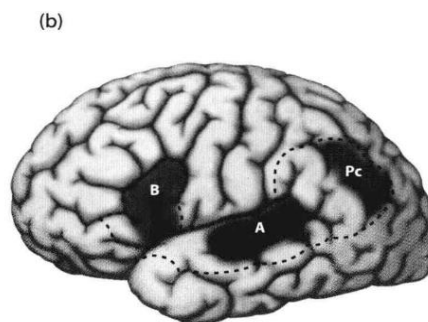
左撇子 vs. 右撇子，谁更聪明？

大脑半球的功能特异化现象

- 除右利手外，左侧大脑半球也在语言信息处理中占据主导地位
 - 19世纪Broca将人的语言机制定位在左侧大脑半球，从而发展出了“左脑半球是优势半球”的观点
- 据现代研究统计，约96%的右利手者主要依靠左侧大脑半球进行语言信息处理，而约60%的左利手者也主要依靠左侧大脑半球进行语言信息处理



Paul Broca

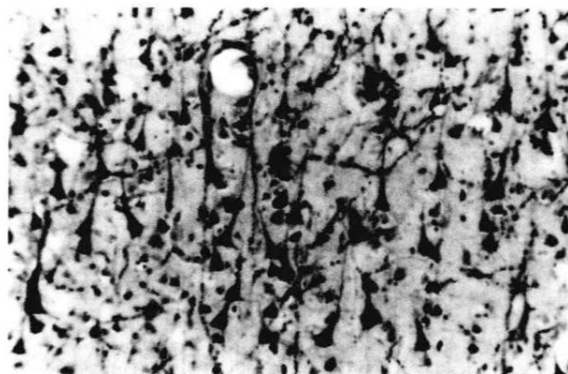


A=Wernicke 感觉语言中枢;
B=Broca语言区; Pc=与语言
理解 and 意义相关的Wernicke区

两侧大脑半球语言区的结构差异

- 左、右侧大脑半球的解剖结构差异并不明显
 - 宏观层面：有少量证据显示右利手者的左侧大脑半球颞叶Wernicke区面积相对右侧较大
 - 微观层面：左侧大脑半球颞叶Wernicke区中的皮质柱间距相对左侧更大，可能会导致局部信息流之间更具独立性

(a) 右半球



(b) 左半球

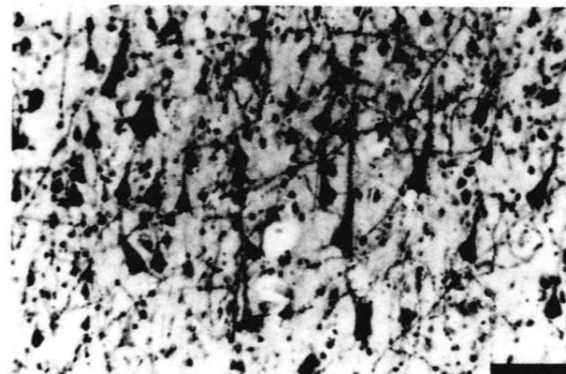
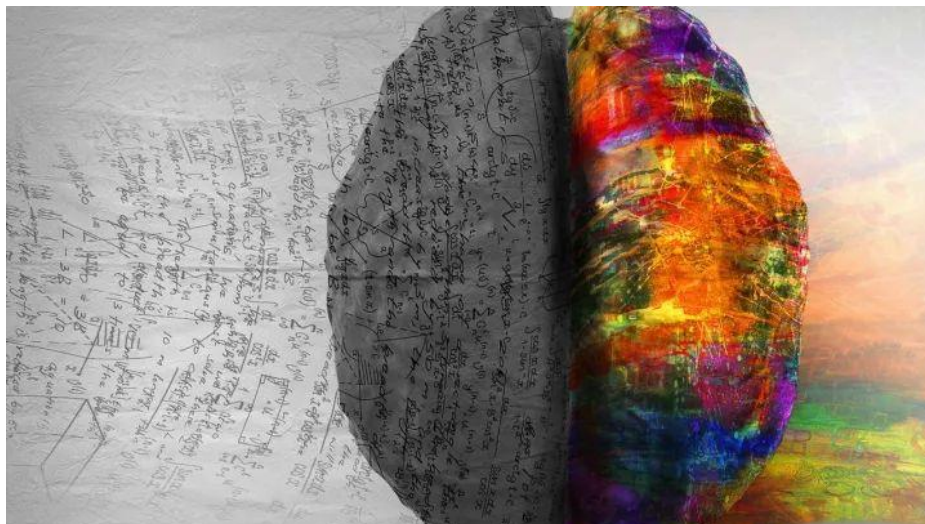


图 11.4 直接用肉眼可以发现，在第三层锥体细胞（经乙酰胆碱酯酶染色）中，左半球（b）和右半球（a）之间最大的细胞亚群在大小上有不易察觉的差异。

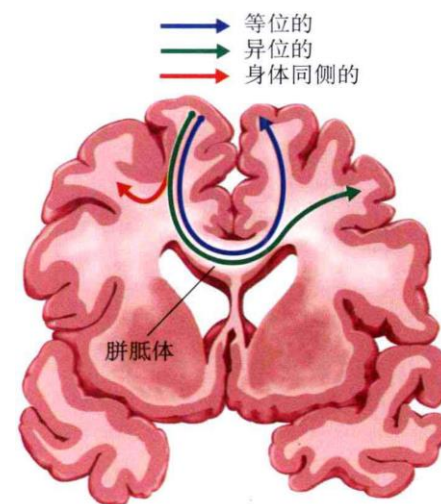
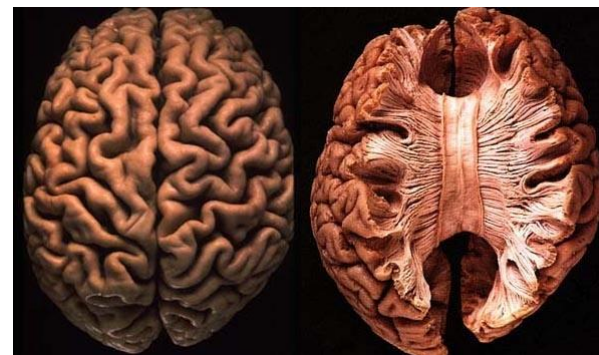
右侧大脑半球的优势功能？

- 既然左侧大脑半球具有语言信息处理方面的优势，那右侧大脑半球的优势是什么呢？
- 对裂脑人的研究揭示了右侧大脑半球的信息处理优势



胼胝体与裂脑人

- 胼胝体连接左、右侧大脑半球皮质，包含超过2亿条神经纤维，是两个大脑半球相互交流信息的主要途径
 - 多数胼胝体的神经纤维连接左右侧大脑半球中的等位区域，此外少数神经纤维连接左右大脑半球中的异位区域
- 胼胝体的功能假说
 - 抑制性：两侧大脑半球通过胼胝体相互抑制，从而竞争信息处理的控制权
 - 激活性：左、右侧大脑半球通过胼胝体整合不同的输入信息，从而促进信息处理



胼胝体与裂脑人

- 在癫痫临床治疗中，曾采取胼胝体切断手术来控制癫痫发作，治愈后患者也因为左、右侧大脑半球割裂而被称作裂脑人



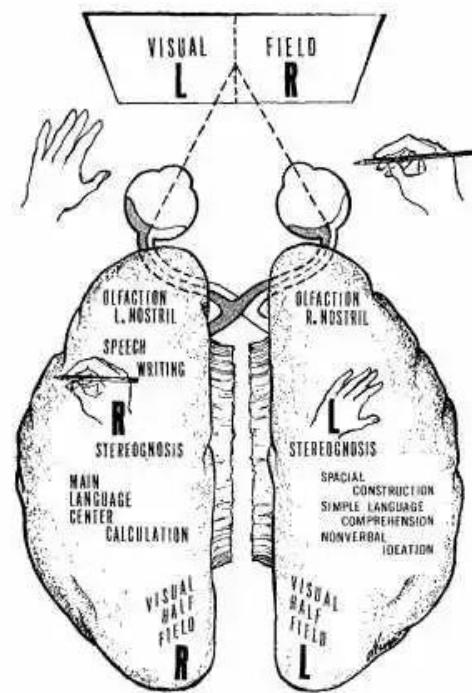
裂脑人的脑认知功能研究

- 20世纪60年代起，美国科学家斯佩里进行了著名的裂脑人研究，他也因此荣获1981年诺贝尔医学与生理学奖



裂脑人的脑认知功能研究

- 胼胝体切断后，对侧身体传入的感觉信息无法经由胼胝体传到同侧大脑半球
- 裂脑人的脑认知功能实验：控制裂脑人的感知范围，只让单侧大脑半球获得感觉信息输入，从而分别对左、右侧大脑半球的特异化功能进行研究



基于视觉信息的裂脑人认知功能实验

裂脑人的脑认知功能研究

- 现象1：裂脑人可以用语言确认从右眼输入的视觉信息
 - 原因：视觉信息进入了具有语言信息处理能力的左侧大脑半球
- 现象2：裂脑人无法用语言确认从左眼输入的视觉信息
 - 原因：视觉信息进入了不具有语言信息处理能力的右侧大脑半球
- 现象3：裂脑人可以通过左手动作确认从左眼输入的视觉信息
 - 原因：右侧大脑半球具有物体辨识能力

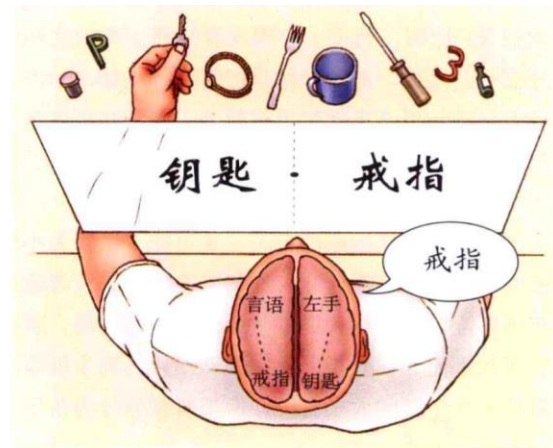


图 11.8 视觉刺激局限于一侧半球。通过控制言语的半球，割裂脑病人只报告呈现在屏幕右侧的物体，而否认看见出现在左视野的物体或认出握在左手的物体。不过，病人虽然在言语上否认看到了任何东西，但病人的左手可以准确拿起呈现在左视野的物体。

胼胝体的功能

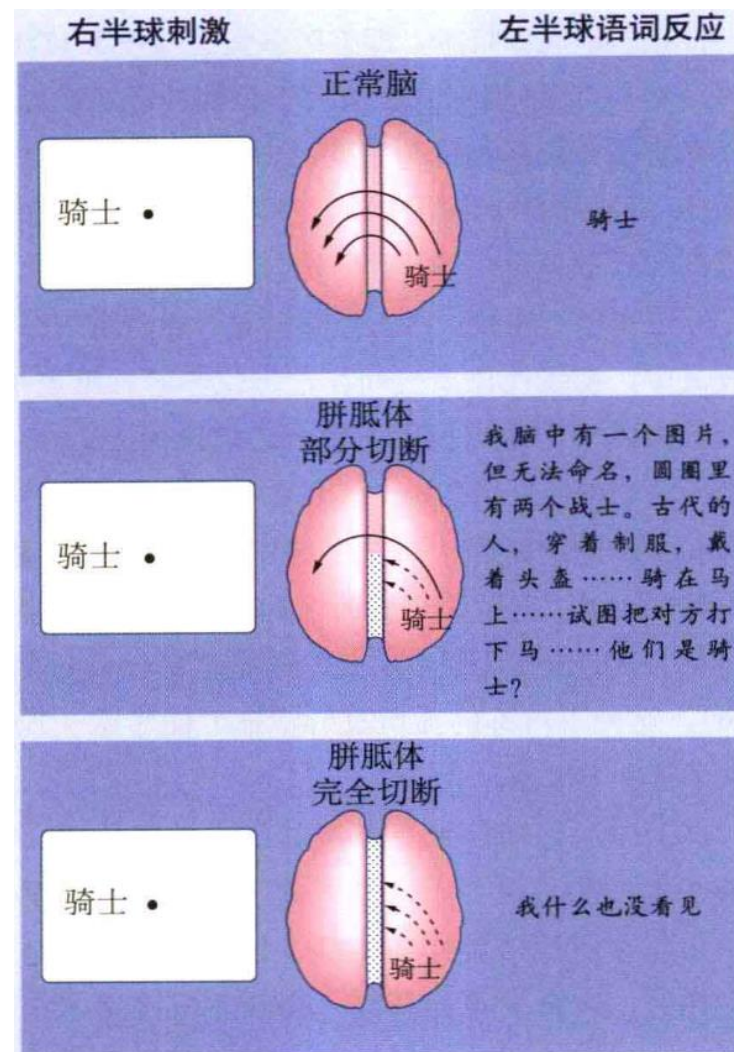
胼胝体完整：可传递感觉信息

胼胝体后部切断：无法传递感觉信息

胼胝体前部完整：可传递高级语义信息

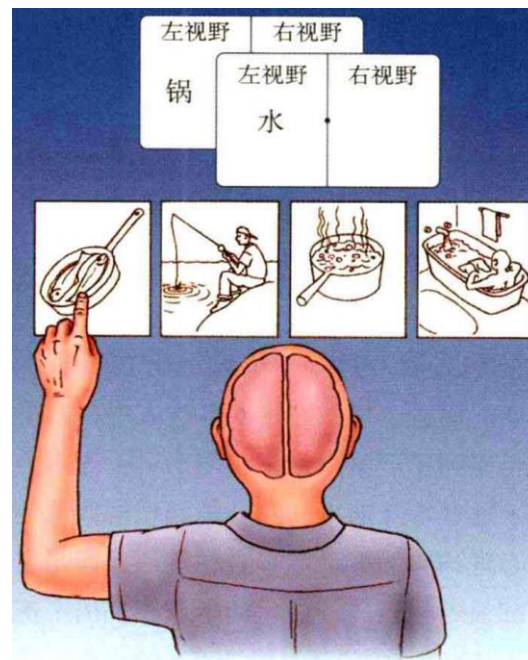
胼胝体后部切断：无法传递感觉信息

胼胝体前部切断：无法传递高级语义信息



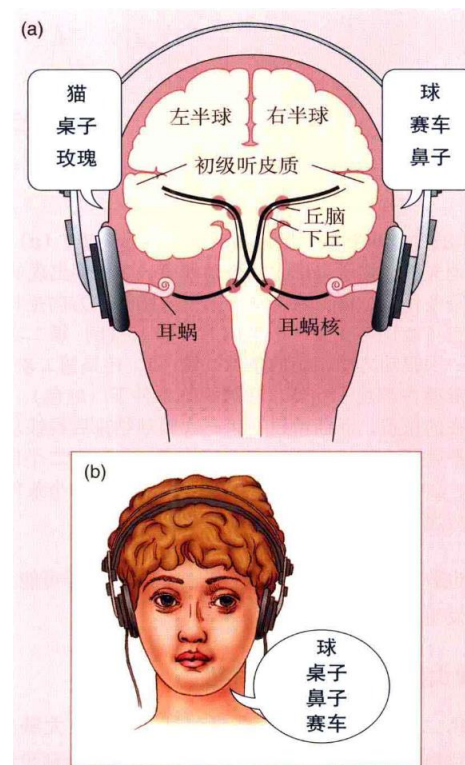
关于裂脑人的研究结论（I）

- 左侧大脑半球的特异化能力表现在：
 - 语言信息处理能力
 - 逻辑推理能力
- 右侧大脑半球并非完全不具备语言信息处理能力
 - 少数裂脑人的右侧大脑半球存在一定的语言能力（如理解词汇）
 - 经过较长时间的恢复，右侧大脑半球也能产生一定的语言能力，表明神经系统具有强大的可塑性



左侧大脑半球语言能力的其他证据

- 双耳分听实验：正常人报告所听到的单词中，绝大部分都是右耳听到的单词
- 同样表明左侧大脑半球主导语言处理功能



关于裂脑人的研究结论 (II)

- 右侧大脑半球的特异化能力是什么？
 - 对空间信息的处理能力
 - 对陌生人脸的识别能力
 - 语言中的情绪信息处理

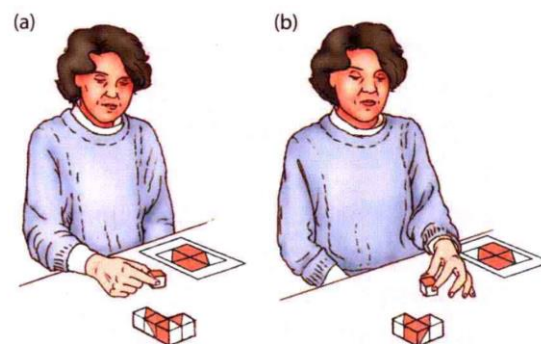
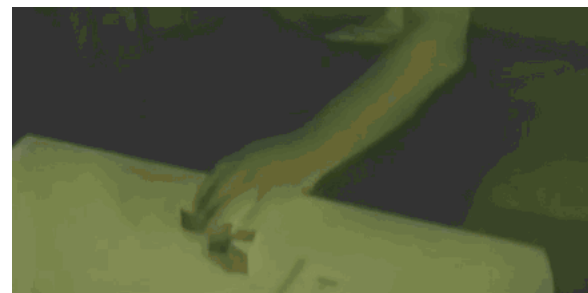
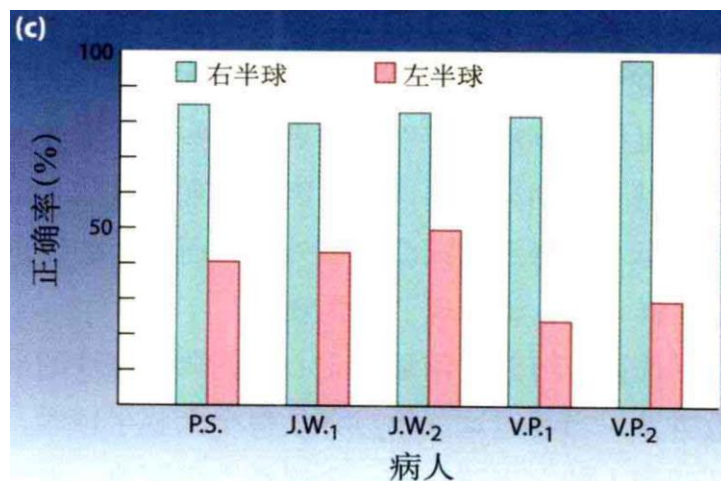


图 11.1 右边的红色图案是病人需要用积木摆出来的形状。(a) 病人无法用右手 (左半球) 复制图案; (b) 病人可以用左手 (右半球) 正确地完成任务。

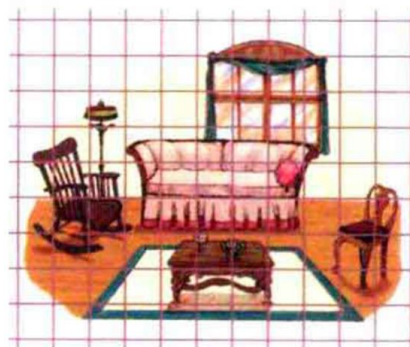


右侧大脑半球空间能力的其他证据

- 空间信息可以用如下方式表征：
 - 精确、定量的坐标空间关系：物体间或物体相对观察者的准确坐标
 - 抽象、定性的范畴(categorical)/语义空间关系：表征物体间“上、下、左、右”等相对空间位置
- 对正常人的认知研究显示，右侧大脑半球更擅长判断坐标空间关系，而左侧大脑半球更擅长判断范畴空间关系
 - 定量的坐标空间关系在抓取动作等空间任务中很关键
 - 定性的范畴空间关系在语言描述等任务中有重要作用



(b) 坐标表征



摇椅比餐椅离沙发近

(a) 范畴表征



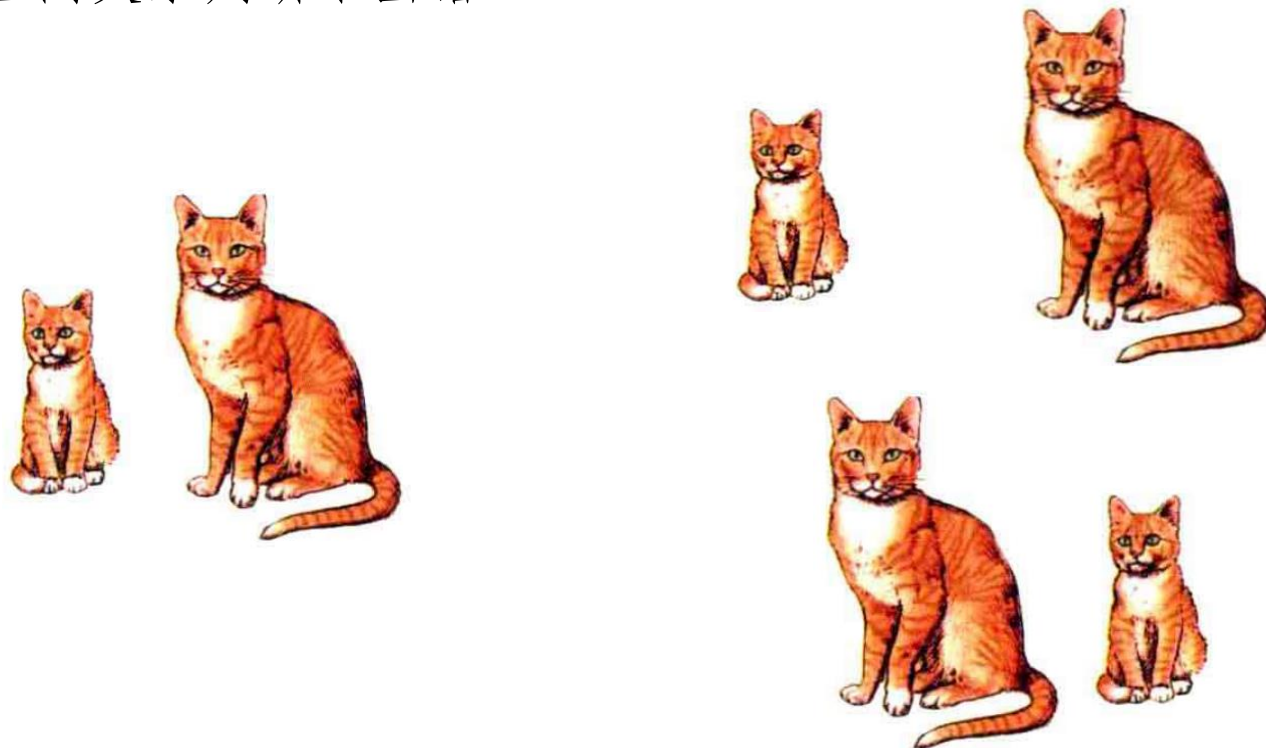
摇椅在沙发的左侧



酒杯在桌子上
糖果在糖果盘里

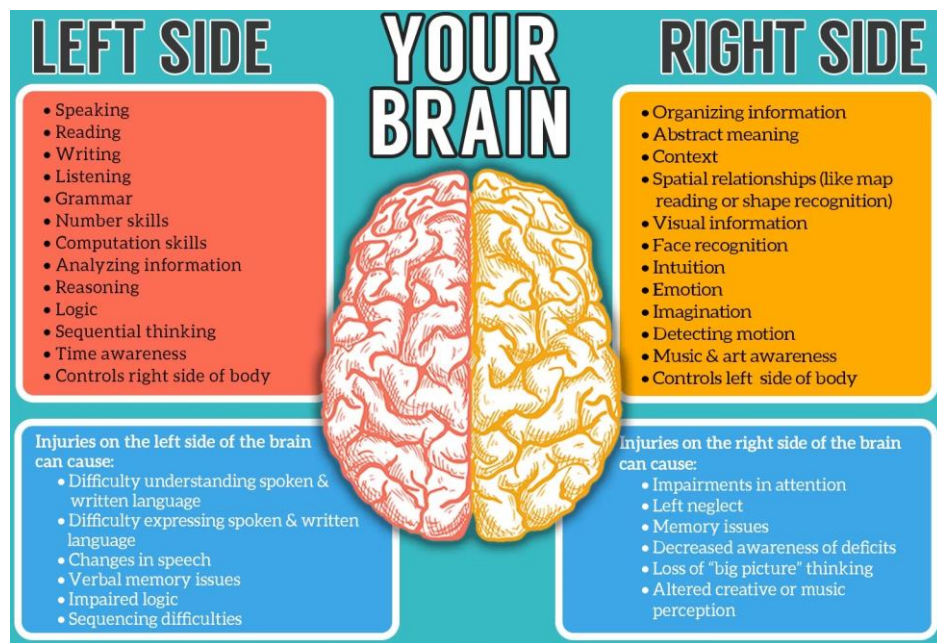
右侧大脑半球空间能力的其他证据

- 对右侧大脑半球损伤的病人，更容易在精确的坐标空间关系判断中出错，而对于左侧大脑半球损伤的病人，则更容易在抽象的范畴空间关系判断中出错



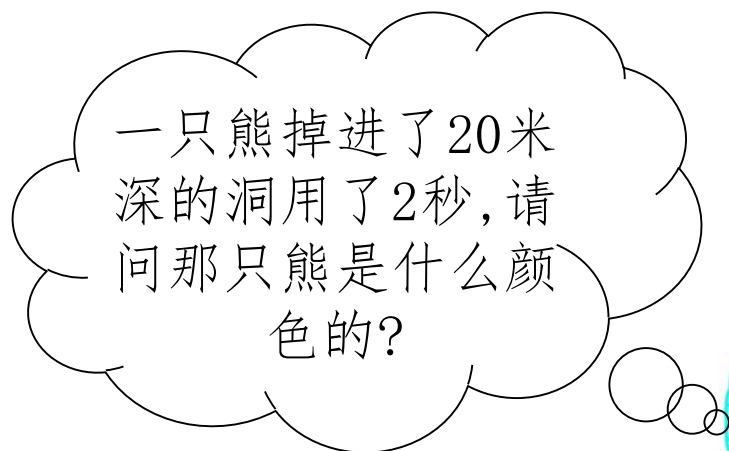
左、右脑分工理论

- 在对裂脑人的大量研究成果基础上，斯佩里提出了全新的“左、右脑分工理论”：
 - 左侧大脑半球，更擅长语言、逻辑、计算和分析相关的内容
 - 右侧大脑半球则在空间、音乐、直觉上更加擅长

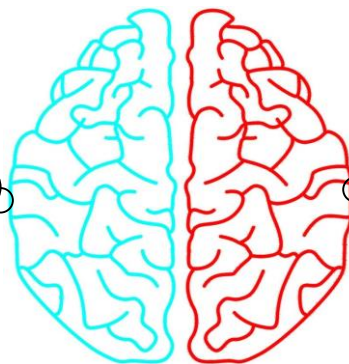


左、右脑分工理论

- 利用左、右脑分工理论，有助于理解很多大脑半球特异化现象
 - 右侧大脑半球在探测物体时空关系的因果感知具有优势，而左侧大脑半球在利用逻辑规则和概念知识进行因果推理时具有优势



逻辑规则、概念知识的因果推理



左侧大脑半球 右侧大脑半球



物体时空关系的因果感知

大脑半球特异化的原因

- 两个大脑半球间的结构和功能在整体上高度相似，但为何在上述功能上却存在着巨大差异？
- 胼胝体的功能假说
 - 抑制性：两侧大脑半球通过胼胝体相互抑制，从而竞争信息处理的控制权
 - 激活性：左、右侧大脑半球通过胼胝体整合不同的输入信息，从而促进信息处理

大脑半球特异化的原因

- 左、右侧大脑半球相互激活所需面临的问题：必须保证两个大脑半球信息处理的一致性
 - 由于两侧大脑半球的输入信息随时间变化具有独立性，相应的信息整合就会变得相当困难
 - 神经元的处理速度相对较慢，信息在两侧大脑半球间单次传递的时间约为30毫秒，因此跨大脑半球的信息传递延迟较大
- 语言交流、快速动作等时间敏感性任务都需要极快的信息处理速度，难以采用跨大脑半球的信息处理方式
 - 如果通过将神经纤维直径加粗的方式减小时间延迟，则当延迟降低为原来的50%时，大脑的体积将增加50%！

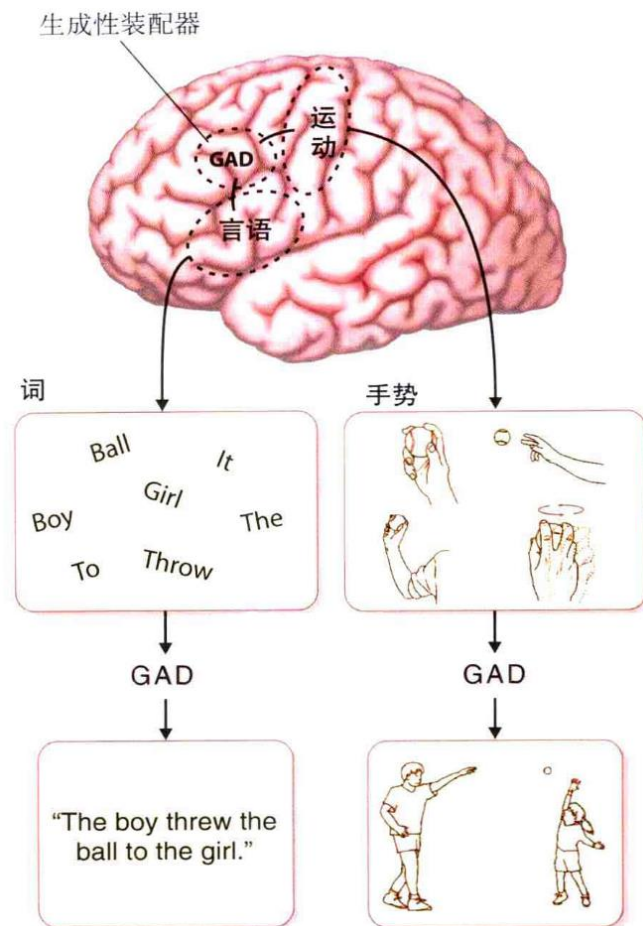


大脑半球特异化的原因

- 左、右侧大脑半球相互激活所需面临的问题：必须保证两个大脑半球输出控制的一致性
 - 不能像裂脑人一样允许两个大脑半球分别控制不同的行为
 - 将输出功能集中于大脑的某一侧半球，就可以实现输出的一致性
- 为何左侧大脑半球同时在语言和利手方面存在巨大的优势？
 - 在说话时，左侧大脑半球需要对发声韧带、舌头和其他发音器官的连续动作进行精密控制
 - 实验研究显示，左侧大脑半球更擅长对单手连续动作的控制

大脑半球特异化的原因

- 生成装配器 (generative assembling device, GAD) 假说:
 - 大脑中的某个单侧半球（大多数情况下在左侧）中进化出一个从单词、手势等少量基本元素中产生复杂连续表征的装置，从而实现以生成式认知为主的行为和思考模式



大脑半球特异化的其他方面

- 胼胝体的功能假说
 - 抑制性：两侧大脑半球通过胼胝体相互抑制，从而竞争信息处理的控制权
 - 激活性：左、右侧大脑半球通过胼胝体整合不同的输入信息，从而促进信息处理
- 在处理非时间敏感性任务时，左、侧大脑半球可能需要协同处理信息，此时是否也存在功能特异化现象？

大脑半球的视觉信息处理特异化

- 每个大脑半球的视觉区都用于表征物体形状等视觉信息，两侧大脑半球协同处理视觉信息，同时在一些具体功能上存在差异化

H H H H

H

H H H H

H

H

F

F

F

F

F

F

F

F

F

F

F

T

T

T

T

T

T

T

T

T

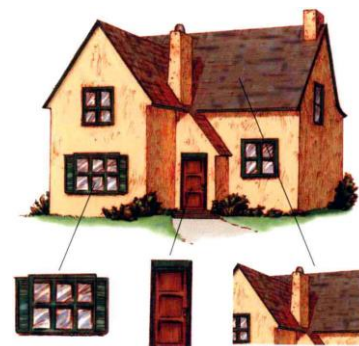
T

T

- 人的视觉系统优先提取的整体视觉信息，因此在需要识别局部视觉信息时，人的反应速度会变慢，而当局部与整体视觉信息不一致时容易出错

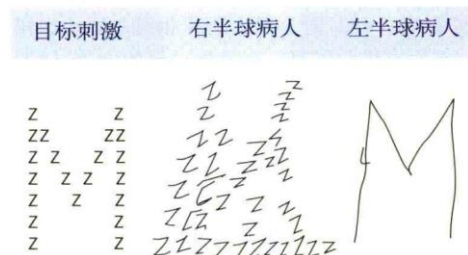
大脑半球的视觉信息处理特异化

- 视觉信息在大脑中被层级化表征
- 左侧大脑半球在提取局部视觉信息时的效率更高，而右侧大脑半球在提取整体视觉信息时的效率更高

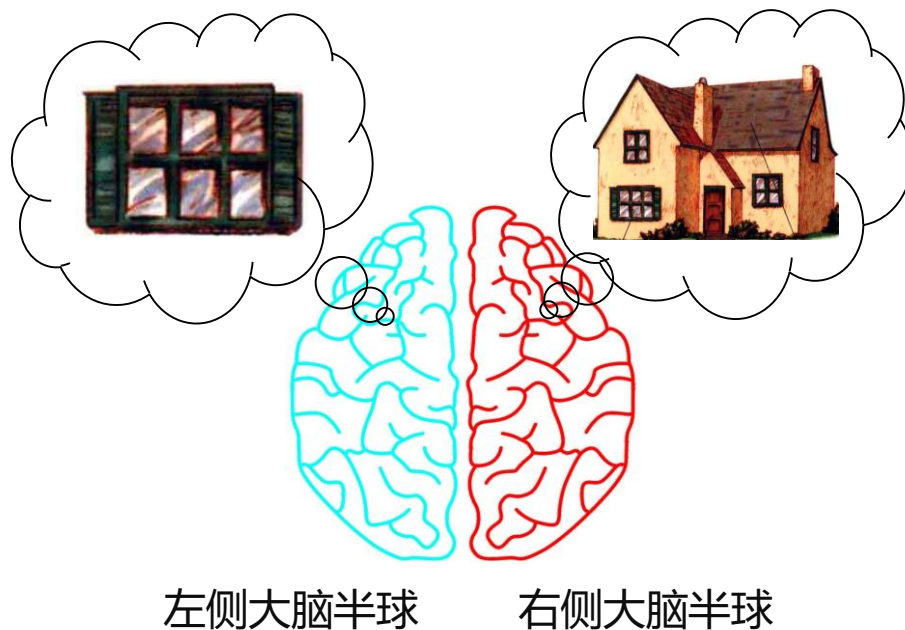
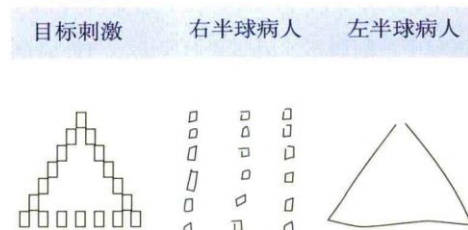


视觉信息的层级化表征

(a) 语言的

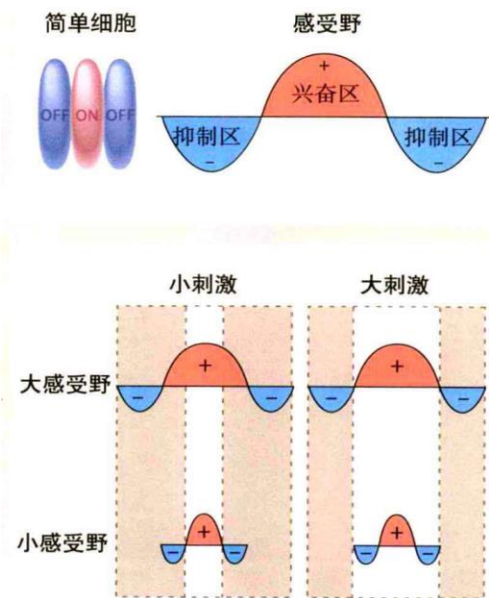


(b) 非语言的

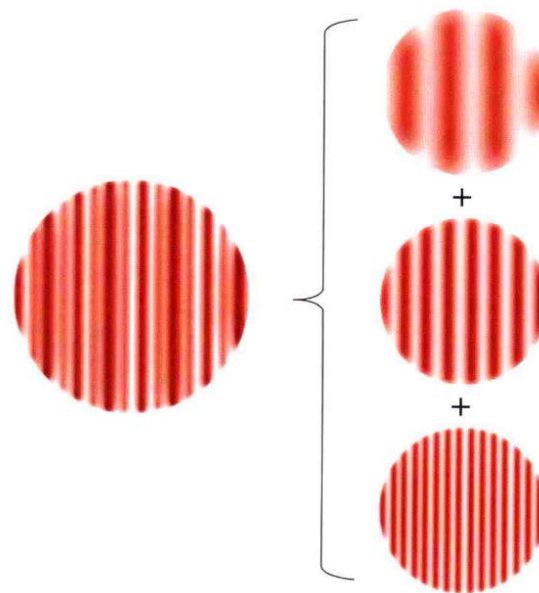


大脑半球的视觉信息处理特异化

- 左侧大脑半球更擅长表征局部信息，而右侧大脑半球更擅长表征整体信息，但这种差异的基础是什么？



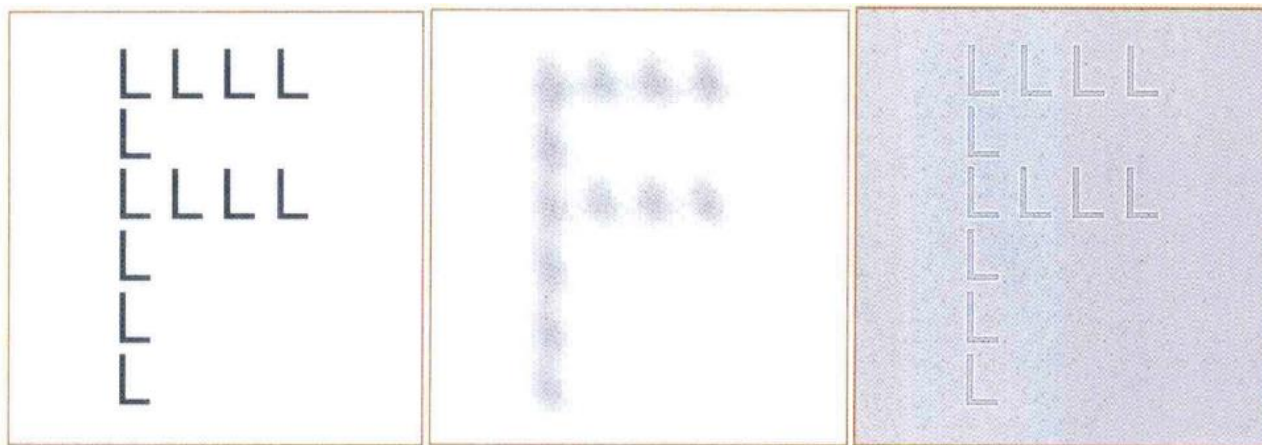
视觉神经元：空间滤波器



复杂的视觉信号可以分解为不同的空间频率成分

大脑半球的视觉信息处理特异化

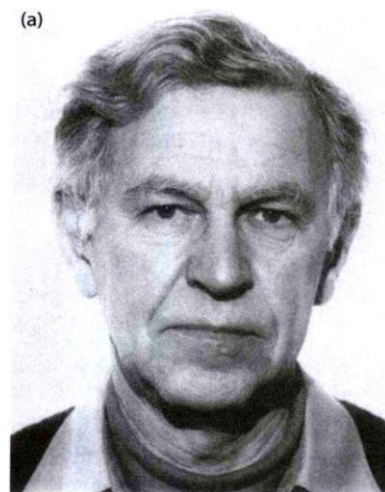
- **空间频率假说：**人脑中的视觉信息处理系统由空间滤波器构成，右侧大脑半球中低通滤波器具有优势，因此右侧大脑半球更擅长提取视觉中的整体信息，而左侧大脑半球中高通滤波器具有优势，因此左侧大脑半球更擅长提取视觉中的局部信息



- 从两侧大脑半球中分别提取出的整体和局部视觉信息，进一步通过胼胝体整合后形成对物体的全面感知

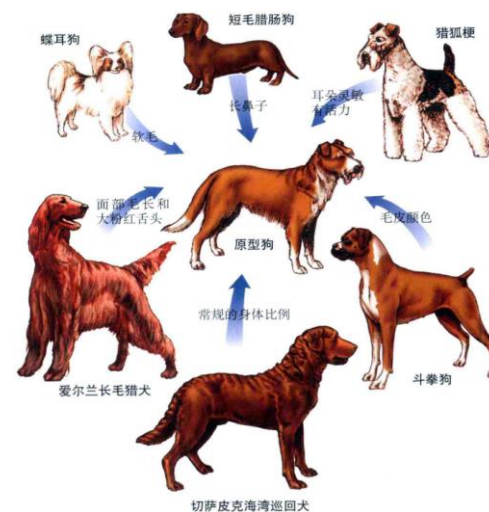
大脑半球的视觉信息处理特异化

- 空间频率假说可解释很多感觉信息处理中的大脑半球特异化现象
- 有研究表明右侧大脑半球对基于视觉的性别判断有优势，而左侧大脑半球对基于视觉的熟悉人脸识别有优势
 - 性别可由低频的整体信息判断，而识别身份需要更细节的高频信息



大脑半球的记忆表征特异化

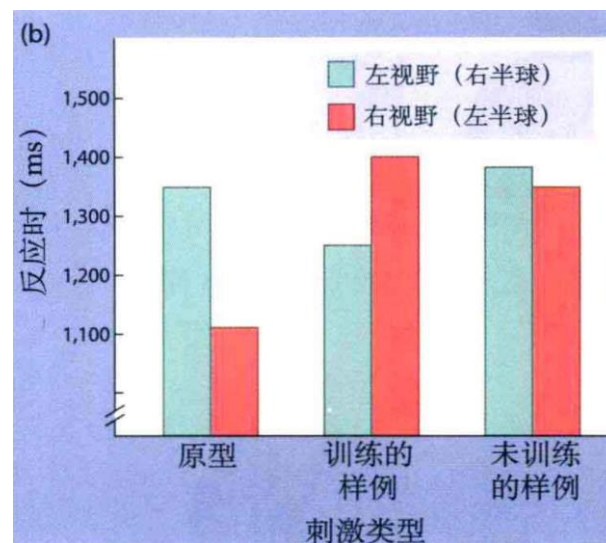
- 对于物体的记忆有两种表征方式：
 - 抽象、范畴化的原型记忆
 - 具体、特例化的样例记忆
- 两种记忆的表征方式在人脑的认知过程中都极为重要



大脑半球的记忆表征特异化

- 左侧大脑半球更擅长抽象、范畴化的原型记忆，而右侧大脑半球更擅长具体、特例化的样例记忆
- 左侧大脑半球更快识别出原型，而右侧大脑半球更快识别出学习过的样例

刺激组	原型	训练的样例		未训练的样例
(a)				
1		 		
		 		
2		 		
		 		
3		 		
		 		



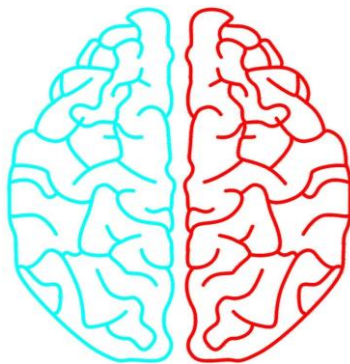
大脑半球的情感信息处理特异化



尴尬又不失礼貌的微笑

- 左侧大脑半球中的前额叶皮质更擅长对积极情感的信息处理，而右侧大脑半球中的前额叶皮质更擅长消极情感的信息处理
- 经两侧大脑半球分别处理后的情感信息和决策，进一步通过胼胝体整合后形成更为全面的情感反应

社交场合的主动接近
损伤可能导致抑郁
对积极信息的处理



社交场合的被动逃避
损伤可能导致狂躁
对消极信息的处理

左侧大脑半球 右侧大脑半球

大脑半球的概率决策特异化

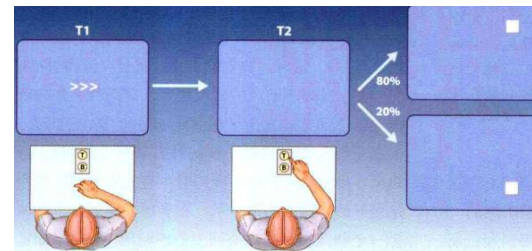
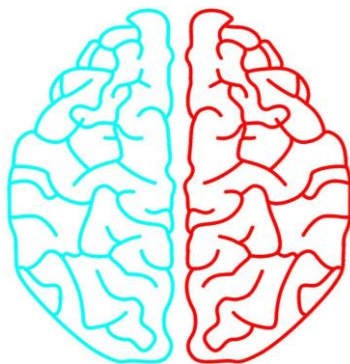
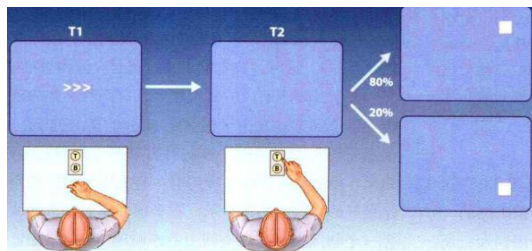
“猜大小”的概率决策问题

$P(\text{大})=0.8$, $P(\text{小})=0.2$, 前四次结果依次为“大、大、大、大”，请问第五次该猜大还是小？

“赌徒谬论” \Rightarrow

频率匹配策略：小

期望最大化策略：大



左侧大脑半球 右侧大脑半球

大脑半球的概率决策特异化

- **解释器（interpreter）假说：**人的左侧大脑半球中存在一个特殊的认知系统，该系统总是尝试为观察到的现象寻找解释，从而指导产生相应的行为
 - 左侧大脑半球的解释器负责建构理论，并尝试用其解释所观察到的现象，从而使得这类事件再次发生时可以更有效地处理，但可能会对决策产生负面影响

彩票分析师

[编辑](#)

[讨论](#)

本词条缺少概述图，补充相关内容使词条更完整，还能快速升级，赶紧来编辑吧！

彩票分析师是一个新兴职业。

彩票分析师的作用是分析研究彩票的往期中奖号码。

任何彩票都是随机事件，也就是说彩票的中将号码是随机的，但随机的背后又有暗藏着一定的原理。彩票分析师就是通过统计学原理，通过对往期中奖数字出现频率，概率的研究分析，最大化的优化预测预期出现号码。

- 右侧大脑半球不参与上述过程，对简单现象的决策可能更为准确
- 两侧大脑半球的决策信息进一步通过胼胝体整合，这样形成的联合决策将更为鲁棒

人工智能技术中的生成模型

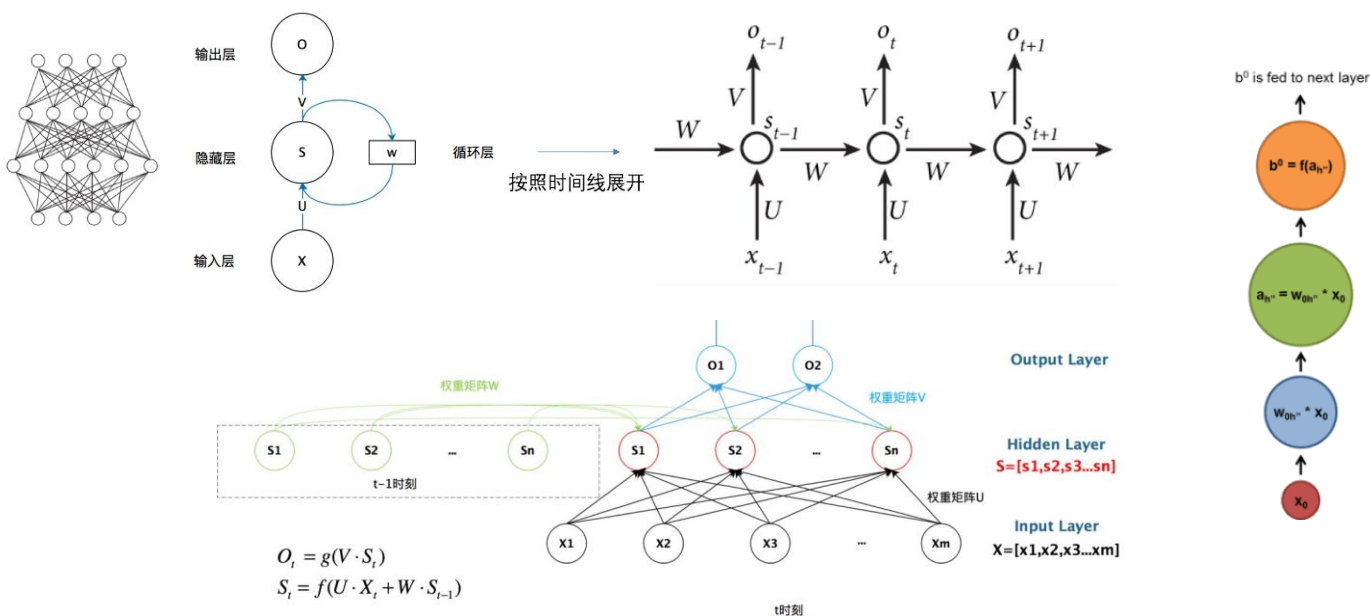
- 生成模型 (generative model): 在自然语言处理 (NLP)、语音合成、图像合成、服务型机器人等领域均有非常广泛的应用
 - 隐Markov模型 (HMM)
 - 循环神经网络 (RNN) / 长短时记忆网络 (LSTM)
 - 生成式对抗网络 (GAN)
 - ...



"What I cannot create, I do not understand" – 费曼

人工智能技术中的生成模型

- 循环神经网络(Recurrent Neural Network, RNN)的特点
 - 隐藏层之间的节点存在连接
 - 隐藏层的输入包括输入层的输入和上一时刻隐藏层的输出
 - 网络会对以前的信息进行记忆并应用于当前输出的计算



人工智能技术中的生成模型

- 相比于现有人工智能的语言生成效果，左侧大脑半球可以生成极为复杂的语言~
 - “今天下雨，我骑车差点摔倒，好在我一把把把把住了！”
 - “用毒毒毒蛇毒蛇会不会被毒毒死？”
 - “多亏跑了两步，差点没上上上上海的车！”
 - “校长说：校服上除了校徽别别别的，让你们别别别的别别别的你非别别的！”
 - “来到杨过曾经生活的地方，小龙女动情地说：我也想过过过儿过过的生活！”



总结

- 左、右侧大脑半球在整体结构和功能都有很高的相似性，但在少数特定功能上存在明显的特异性
 - 对于大多数任务，左、右侧大脑半球都能完成相应的信息处理（信息处理方式上可能存在特异化），并通过胼胝体进一步对信息进行整合
 - 对于语言等少量时间敏感性任务，则由单侧大脑半球独立完成
- 将大脑半球差异绝对化的观点，如“左脑语言、右脑空间”，或者“左脑分析、右脑整体”等，都是不科学的