

第一讲 生物神经网络与人工神经网络

本门课考核方式

- 平时成绩40%：出席（10%）+平时作业（30%）
- 期末考试：60%
- 课程网站：<http://cs.nju.edu.cn/rinc>→校内论坛→课程论坛

本讲主要内容

- 生物神经系统的结构
- 生物神经系统的研究历史
- 人工神经网络简介
- 思考题

一、生物神经系统的结构

——人工神经网络是对生物神经系统的模拟

Weiner:就其控制行为而言，所有的技术系统都模拟生物系统，然而，没有任何一种生物系统是模拟技术系统的

模拟人的智能行为，是技术系统或人工系统模拟生物系统的最高形式

使机器具有智能，是技术系统或人工系统模拟生物系统的最高目标

脑功能和神经网络

- 脑
 - 接受信息→处理信息→输出信息
 - 控制各器官、融合信息、记忆、联想、识别、推理、决策等
 - 能产生意识
- 人工神经网络
 - 接受信息→处理信息→输出控制信息
 - 控制、信息融合、联想记忆、模式识别、专家系统等
 - 能否产生意识?
- 对脑的研究可以促进人工神经网络的研究
- 对人工神经网络的研究，也可以反过来促进对大脑的研究

- 问题：有形大脑的功能如何产生无形心智的思维和想法？
 - 认知神经科学=认知+神经科学
- 问题：大脑从何而来？
 - 上帝（工程师）创造的？
 - 大自然的创造——进化而来？
 - 忙碌于生存——适应恶劣的环境而活下去
 - 尝试理解这个世界以及我们在其中的位置
- 我们的任务：通过科学的方法来研究大脑
 - 人工神经网络的研究

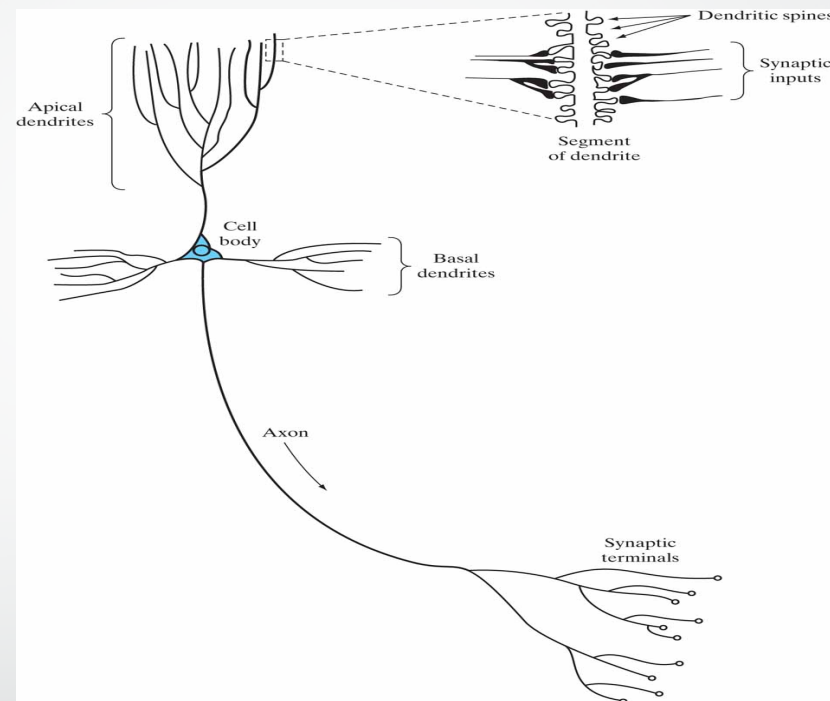
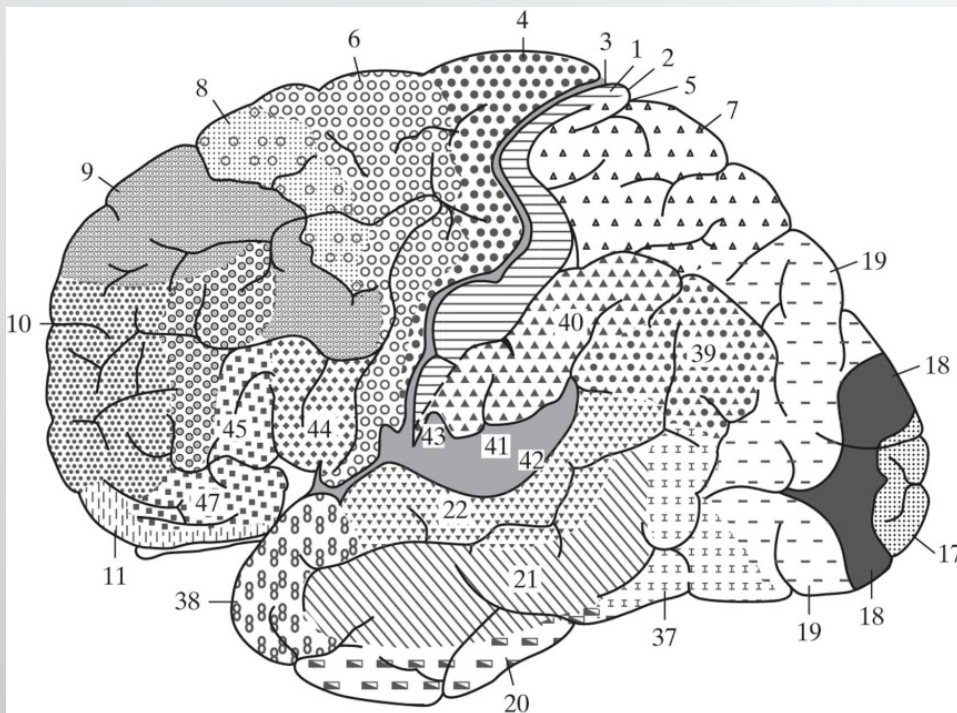
未来的人工神经网络有可能产生意识吗？

人工神经网络能产生意识吗？

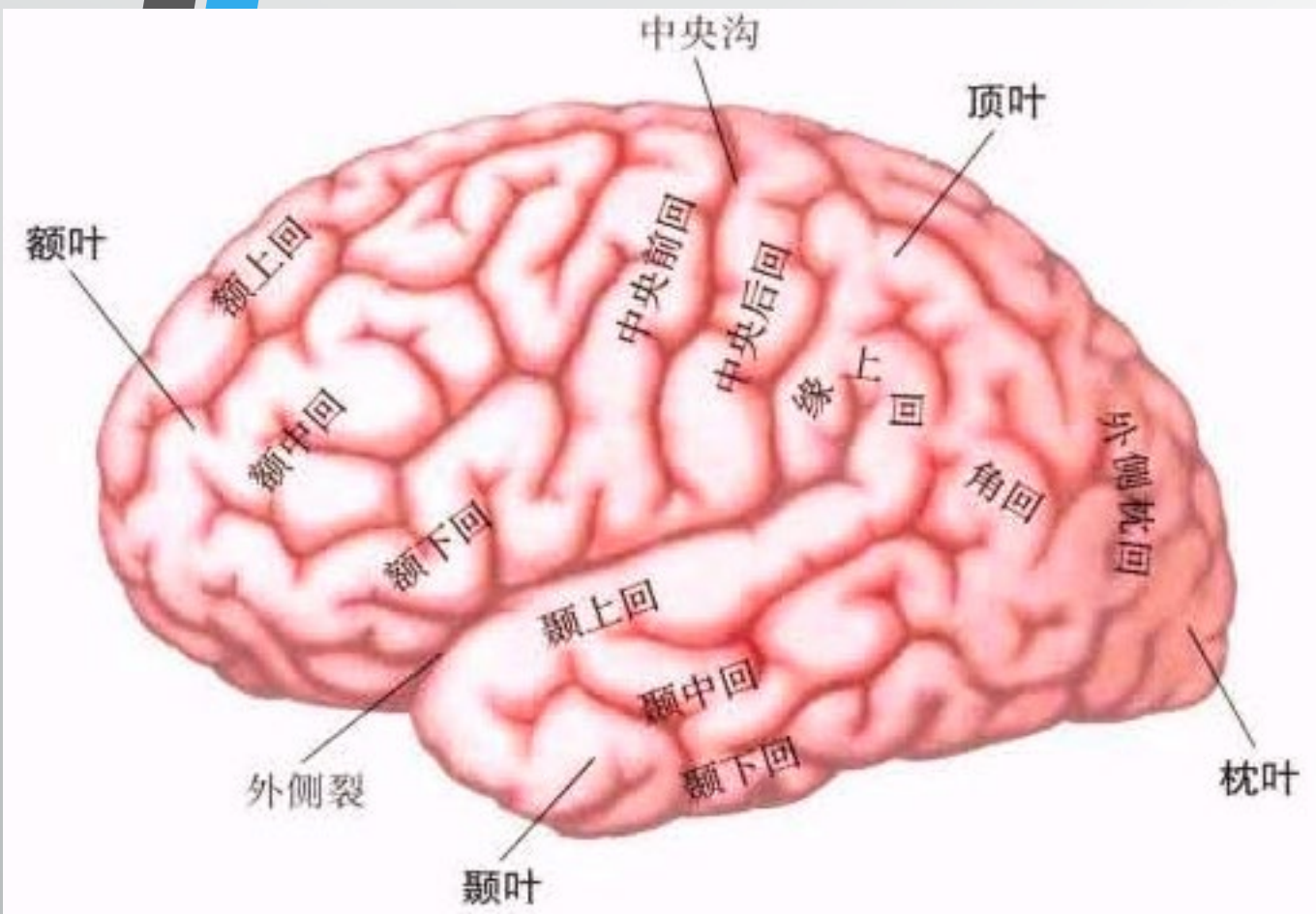
- 什么是意识？
 - 意识是人脑对大脑内外表象的觉察
 - 人的头脑对于客观物质世界的反映，也是感觉、思维等各种心理过程的总和
 - 我：意识是一种信息
- 人工神经网络
 - 能从输入数据中学习“信息”
 - 信息以某种方式存储在神经网络这个“黑匣子”中
 - 人工神经网络能利用学到的“信息”完成很多任务

人工神经网络在“信息”意义上已经具有了某种“意识”

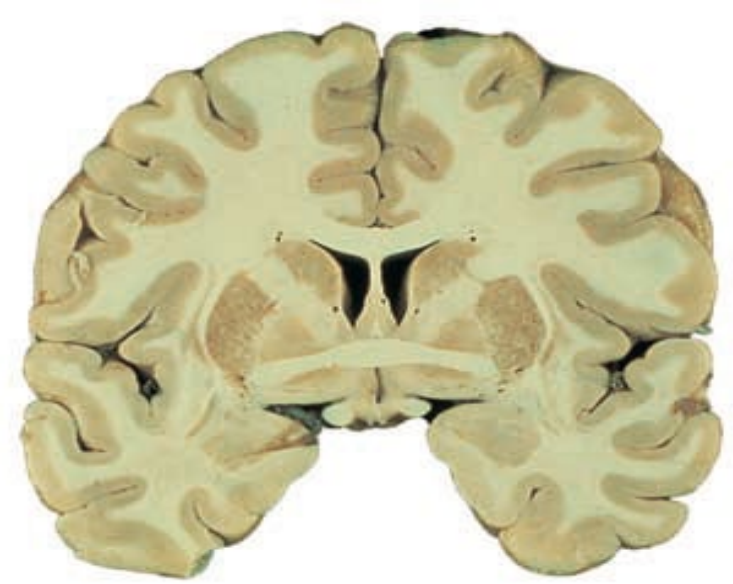
大脑简介



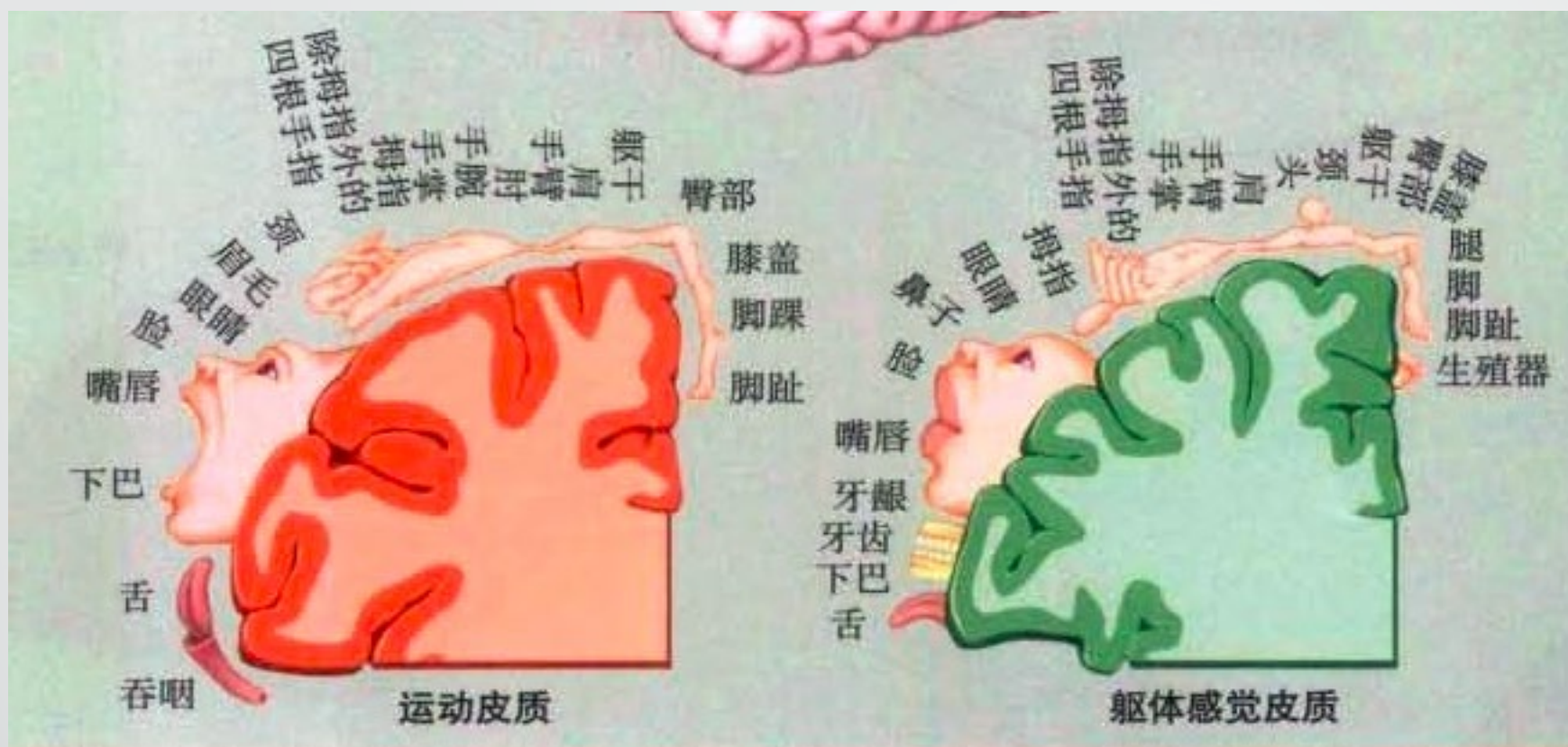
- 大脑由多个执行不同功能的区域组成
- 大脑是由神经元和神经胶质细胞组成
- 神经元之间通过突触连接
- 从外界环境接受的信息存储在突触连接上



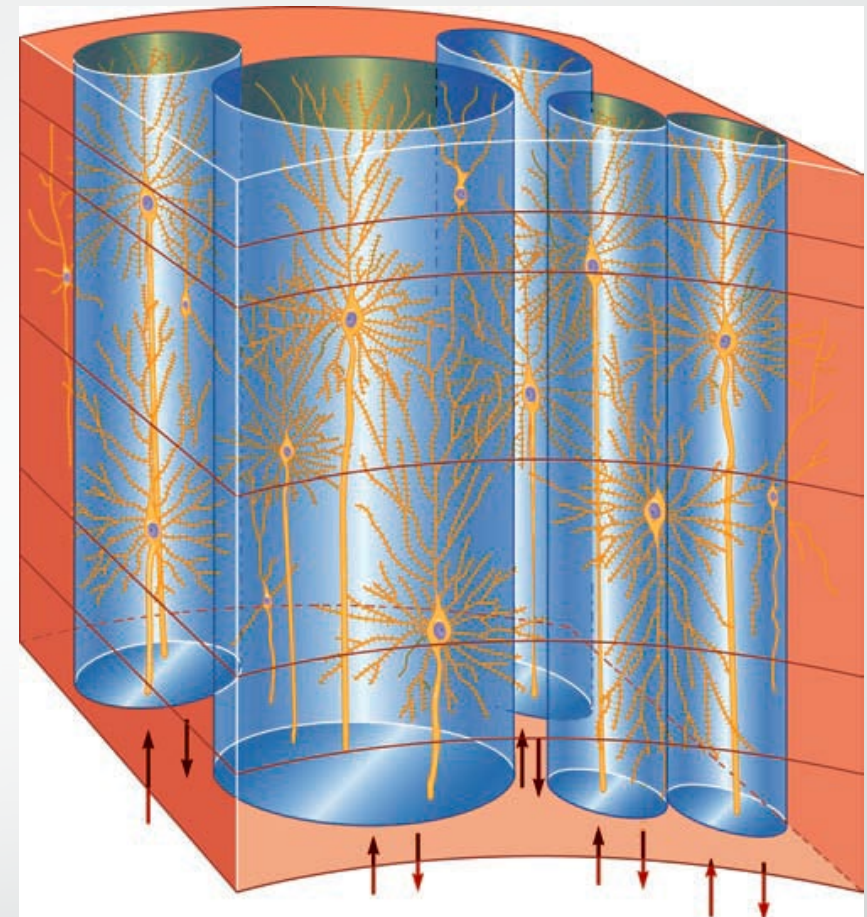
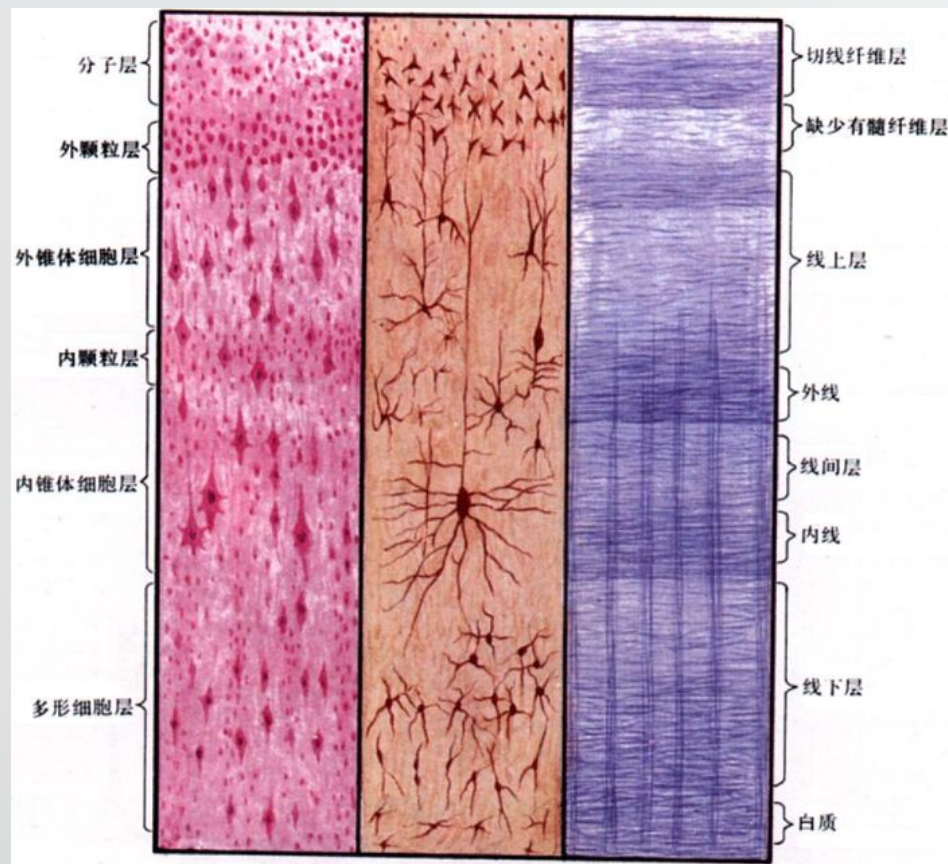
- 枕叶：视觉信息传导的主要目的地
 - 初级视觉皮层
 - 皮质盲：无模式知觉和视觉表象能力
- 顶叶：触觉和身体信息的主要目的地
 - 眼睛、头、身体位置的全部信息
 - 传递这些信息到负责运动控制的部位
 - 中央后回：躯体感觉皮层
- 颞叶：理解口头语言的关键
 - 同样负责处理复杂的视觉过程
 - 运动的知觉、人脸的识别
 - 在情感和动机行为中也起作用
- 额叶：负责运动的准备和执行
 - 包括运动皮质和前额叶皮质
 - 运动皮质负责精细运动的控制
 - 前额叶皮层接受感觉信息的传入
 - 承担大量信息的整合任务
 - 中央前回：运动皮层



- 大脑表面有脑回、脑沟、裂；分为左右两个半球
 - 胼胝(pian zhi)体、前联合将左右半球联结起来
- 脑可以分为白质、灰质
 - 灰质是由神经元的细胞体以及神经胶质细胞组成（活体脑的灰质是粉色或红色的），不含髓鞘
 - 白质是乳白色的，由包围轴突的含有很多脂肪的髓鞘组成
- 白质中的轴突从灰质的一个区域传到另一个区域



- 皮质拓扑地形图：把身体各部分画在运动和躯体感觉皮质冠状切面上
 - 有时被称为侏儒图——可能并不正确
 - 主要身体部位的实际大小和该部位皮质表征的大小没有直接关系
 - 大量练习的部位，相应的脑区体感表征可能会扩大
 - 防止过度重组



- 胞体层平行于皮层表面，由纤维层分开，每一层的厚度和作用都不同
 - 某一层可能在某一区域缺失
- 皮层中的细胞被组织成垂直于大脑皮层各分层的柱状结构
 - 在一个特定细胞柱内的细胞具有类似的性质
 - 一个柱状结构是一个输入-输出信息整合处理单位

- 脑内神经元间信息交流的“微妙的平衡关系”产生了认知
 - 当这一平衡被某种损伤或疾病打破，则感觉、运动和思维就可能出现问题
 - 神经细胞如何实现信息交流
- 关于神经系统的基本生物学知识主要开始于19世纪下半叶
 - 神经科学在过去的100年中的发展为理解人的脑细胞和神经环路如何决定行为奠定了基础
 - 当代神经科学家已经理解了神经信号、突触传递、信息存储和加工的神经编码等概念
 - 在基本的分子及细胞水平的加工与单个神经元及神经环路的活动之间建立联系
 - 已经积累了大量的神经元水平的生物学知识
 - 帮助理解脑科学的基本原则

神经系统的基本生物学知识是人工神经网络的生物学基础

意识是如何产生的？

- 在给定的由物质和能量组成的宇宙条件下，为什么会存在意识？
- 意识是脑的必然功能还是纯属偶然？
- 大脑活动怎样且为什么会转变为意识？
- 二元论：心理和身体是两种不同的物质，他们独立存在——违背了能量守恒定律
- 一元论：宇宙只是由一种物质构成
 - 唯物主义：所有存在的物质都是物质的、有形的
 - 唯心主义：没有心理去感知，物理世界将不会存在
 - 同一性观点：心理过程和某些大脑活动过程是一样的，只不过用不同的术语来描述

大脑活动为什么或怎样与意识相关联？

人类为什么最聪明？

- 脑越重越聪明？
 - 成年男子1400g，女子1250g
 - 爱因斯坦1230g、大象5kg
- 脑占体重的百分比？
 - 人类：1.44
 - 鼠：2.86
- 脑沟的多少？
 - 老人的脑沟比较多
 - 动物中脑沟最多的是海豚——相当于人类3岁的儿童智力

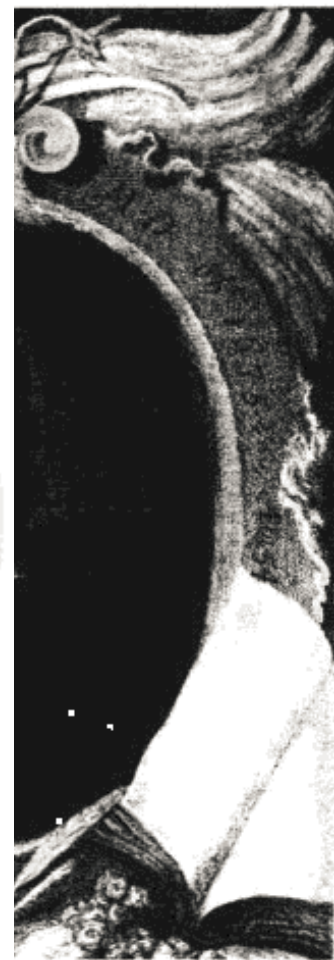
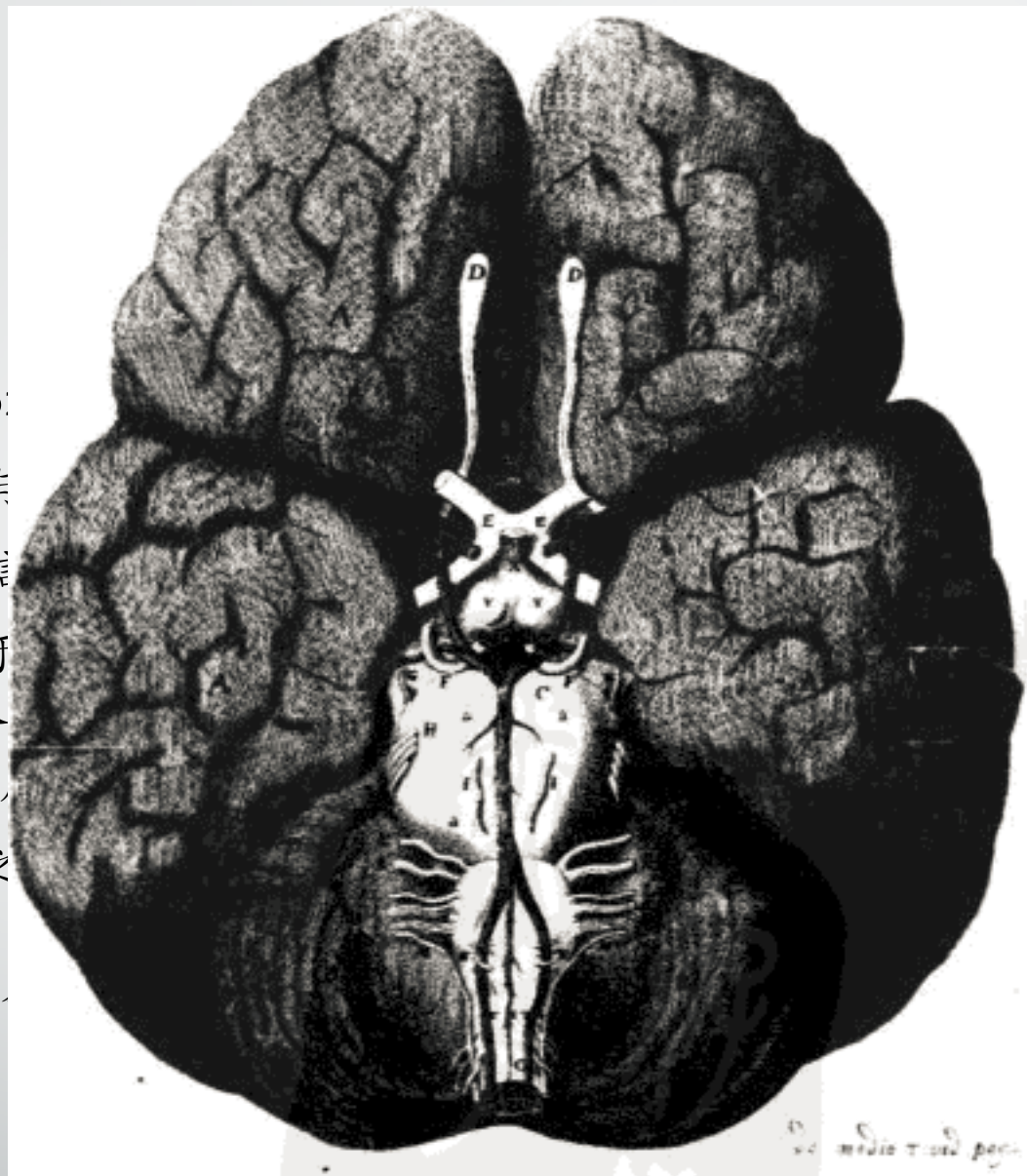
神经细胞的连接网越密越聪明



二、人类对于大脑的探索历史

——为人工神经网络的提出奠定了根基

- Thomas Willis (1621-1687)
 - 特定的脑损伤与
 - 大脑如何传递信
 - 人的大脑不同于
 - 质的量上——人
 - 多出来的皮
 - 绘制了当时及之
 - 脑图
 - 为许多脑区



675), 临床神经科学

图 1.3 Christopher Wren 为 Thomas Willis 的《脑与神经解剖》一书画的人类大脑（腹侧视角）。

大脑

- 大脑是一团生物组织
 - 思考、记忆、注意、解决问题、产生欲望、玩游戏、写小说.....
- 大脑是如何工作的？
 - 以一个整体为单位工作的？
 - 充斥着大量独立工作的部分？
 - 每一部分实现一项特殊功能，最终的结果看起来好像它们作为一个整体工作
 - 心智是由整个大脑以整体方式工作而产生的，还是由大脑各特异性部分相互独立工作而产生的？

颅相学解释

- Franz Joseph Gall (1758-1828) 和 J. G. Spurzheim 为代表
 - 不同的大脑功能存在于分立的脑区：定位主义
 - 如果一个人比其他人更经常地使用某一能力，他大脑中代表这项能力的部分就会长大——大脑的局域生长会导致其上头骨的突起
 - 解剖人格学：细致地分析头颅形状可以深入描述由头颅包裹着的人格
 - 内科医生、神经解剖学家：但他从不去做实验检验自己的想法——缺乏科学性

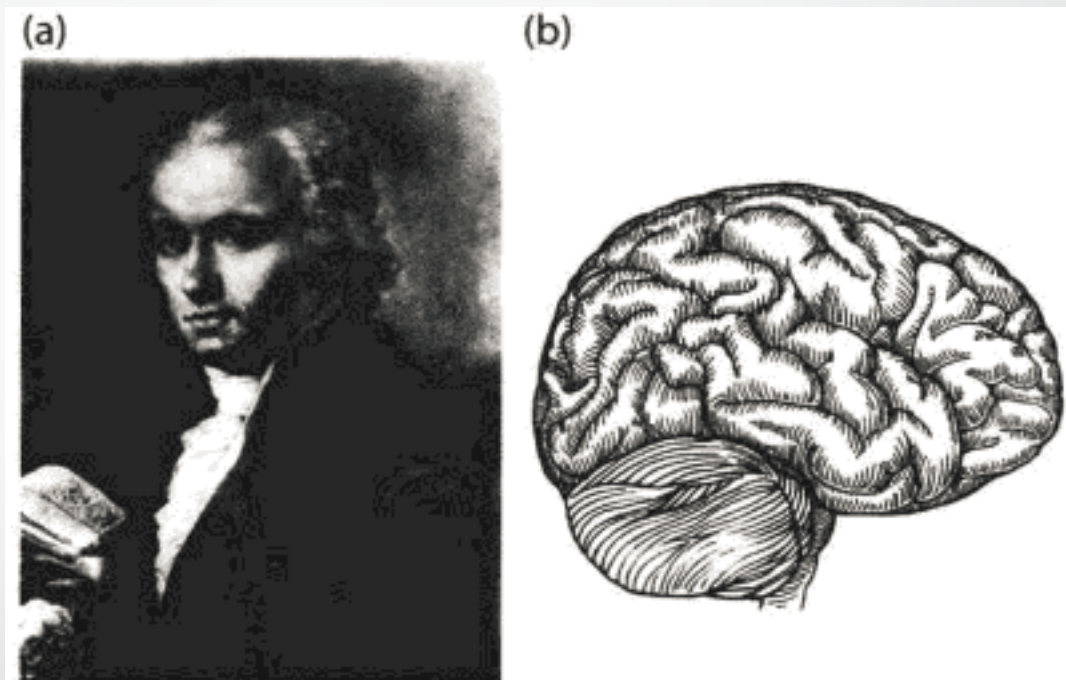


图 1.4 (a) Franz Joseph Gall (1758—1828)，颅相学的创始人之一。(b) 根据 Gall 和 Spurzheim 1810 年的观点画出的大脑右半球。

聚集场理论

- Marie-Jean-Pierre Flourens(1794-1867)
 - 大脑作为一个整体参与行为
 - 语言和记忆等专门化的加工不是由特定的脑区完成
 - 特定脑区的损伤并不引起特定的行为缺陷

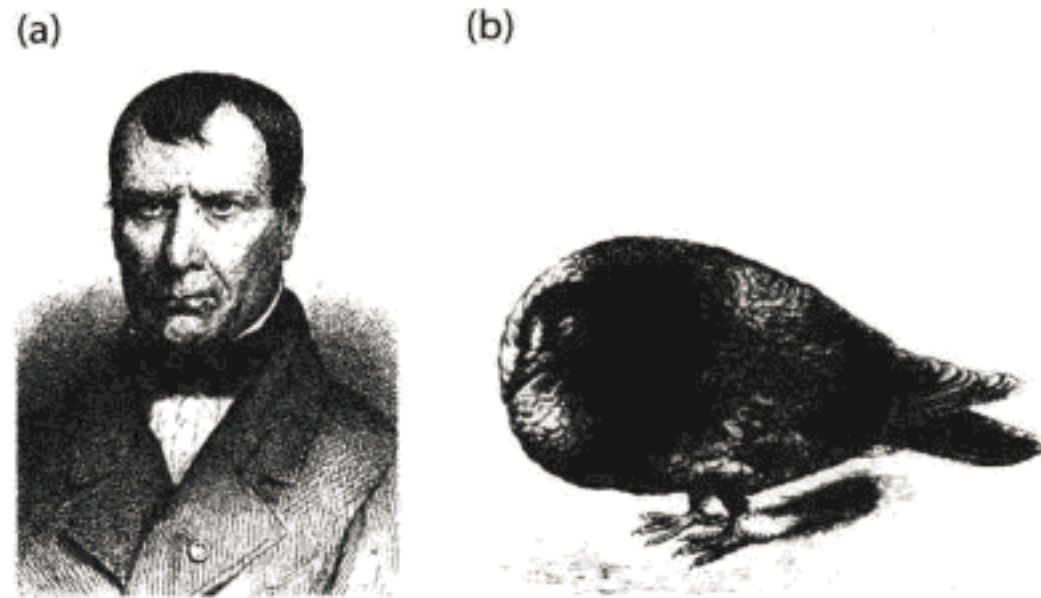


图 1.6 (a) Marie-Jean-Pierre Flourens (1794—1867), 支持一种后来被称为聚集场理论的观点。(b) Flourens 所描绘的一只被切除了大脑半球的鸽子的姿势。

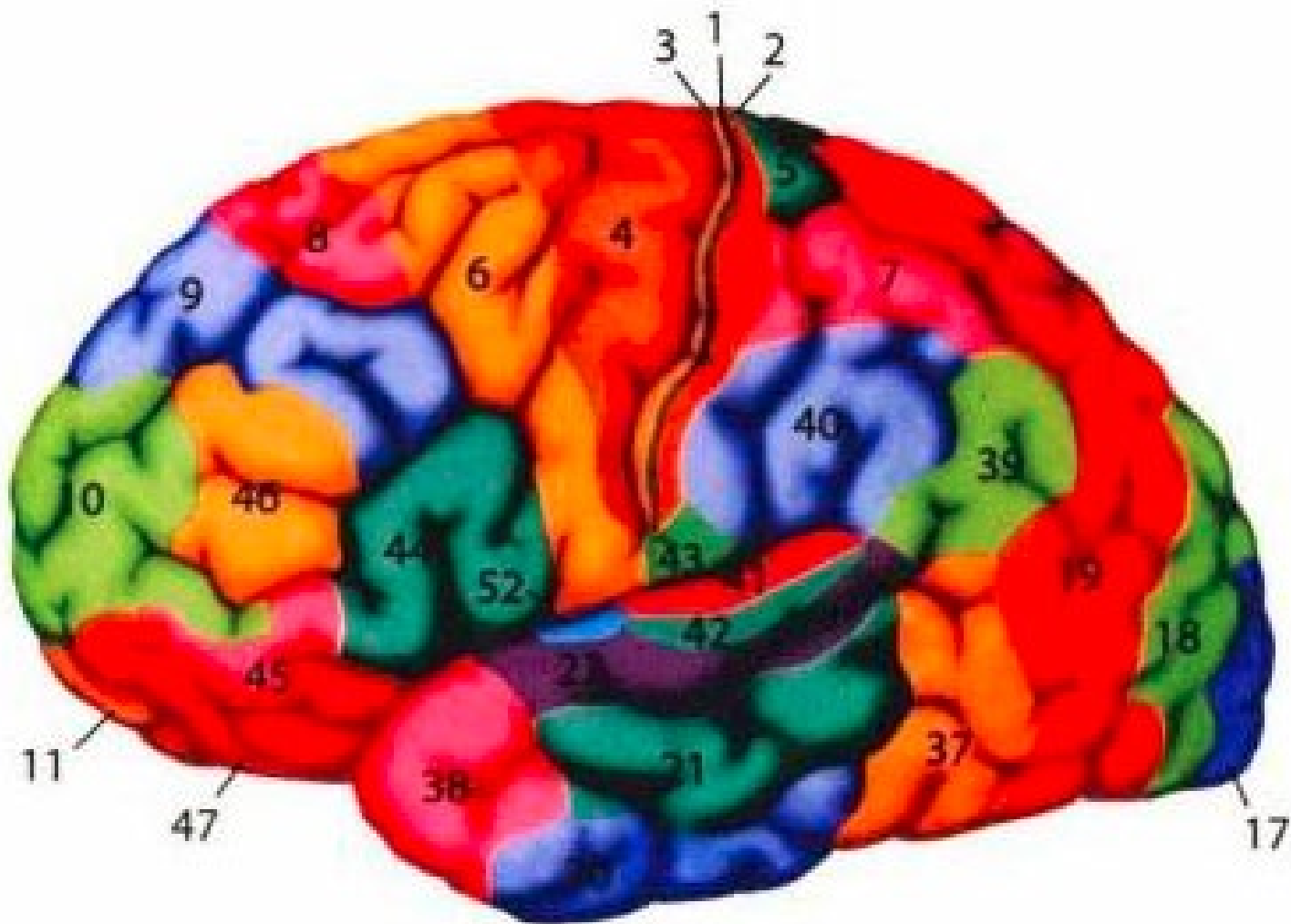


图 1.10 Brodmann 描述的基于细胞结构和排列的大脑 52 个不同区域。

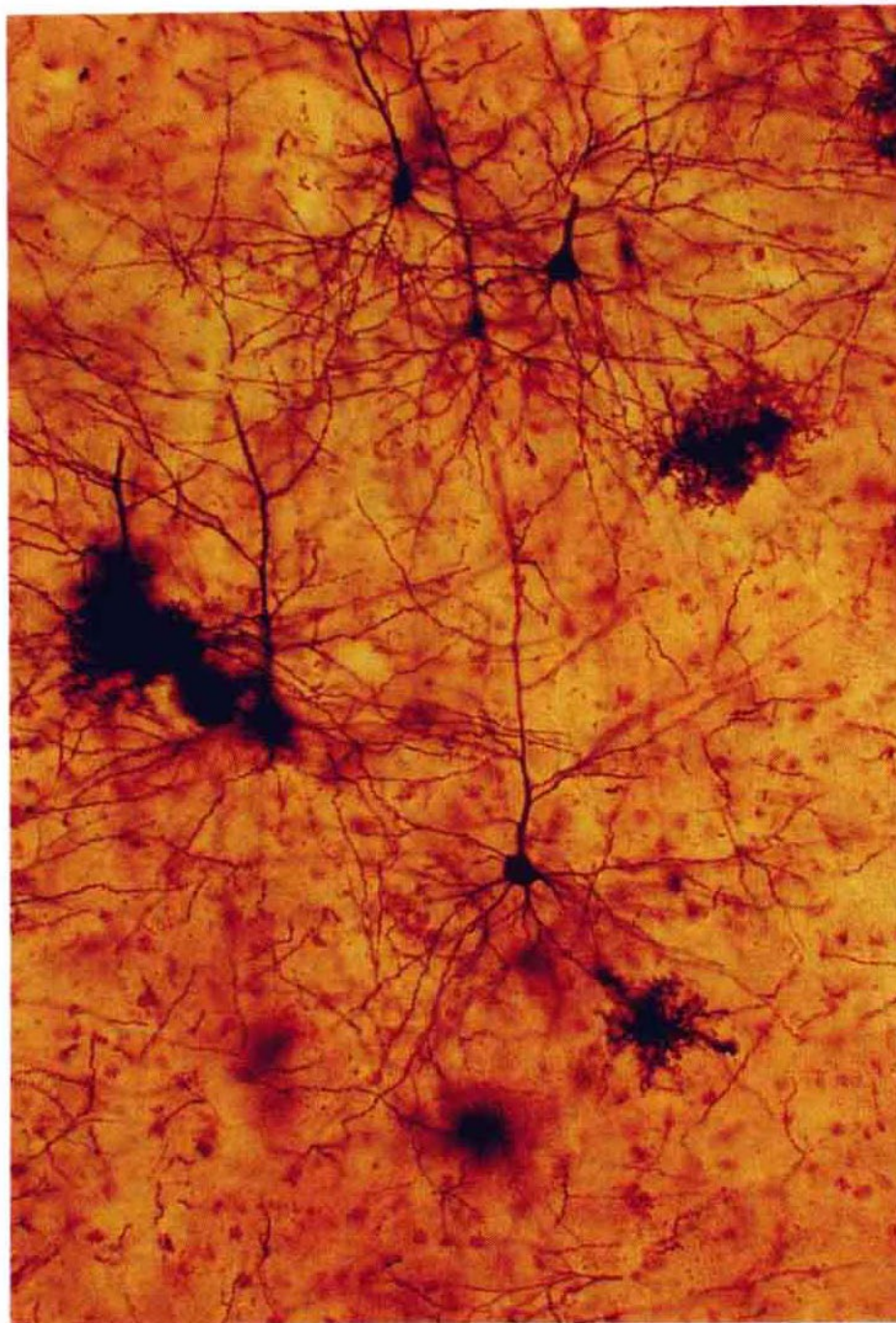
(a)



(a)



乳动物



胞体

轴突

型的

折中观点

- 尽管特定的神经区域负责某项独立的功能，但这些区域组成的网络以及他们之间的相互作用才是人类表现出的整体、综合行为的原因
- 关于“部分”的认识必须在他们与整体的关系中被理解——当这些部分连接到一起时产生“心智”

心理学观点

- 哲学家的两大主要观点
 - 理性主义和经验主义
- 理性主义—通过思考决定什么是真实的信念
 - 不等同于逻辑思维，代替了宗教，在知识分子和科学家中成为思考世界的方式
 - 考察诸如生活的意义等论题。理性主义的决断比简单的逻辑判断更有争议
- 经验主义—所有的知识来自于感觉经验
 - 直接的感觉经验产生简单的思想和观念
 - 各种简单的想法相互作用相互连接，在个人的知识系统中创生复杂的想法和观念

联结主义

- 一个人经历的总和决定其心理发展的轨迹
 - 实验心理学脱胎于此：可以测量行为并且可以研究心智
 - 记忆这样的复杂过程可以被测量和分析
 - 有奖赏相随的反应会被生物体牢记
 - 可以把孩子塑造成任何样子——学习是最关键的，而学习的神经基础每个人都有

人工神经网络的哲学和心理学根源

不同理论

- 行为主义
 - 环境和学习是心理发展的最重要的因素
 - 和联结主义紧密相连
- 刺激—反应心理学
 - 当与刺激浮现出的性质相联系时，知觉对象被最好地理解
 - 大脑内嵌形式的一种外化形式而存在，不是学习得来的
 - 复杂性是内嵌于人类机体的
 - 感觉信息是预先存在的心理结构进行操作的数据

其他

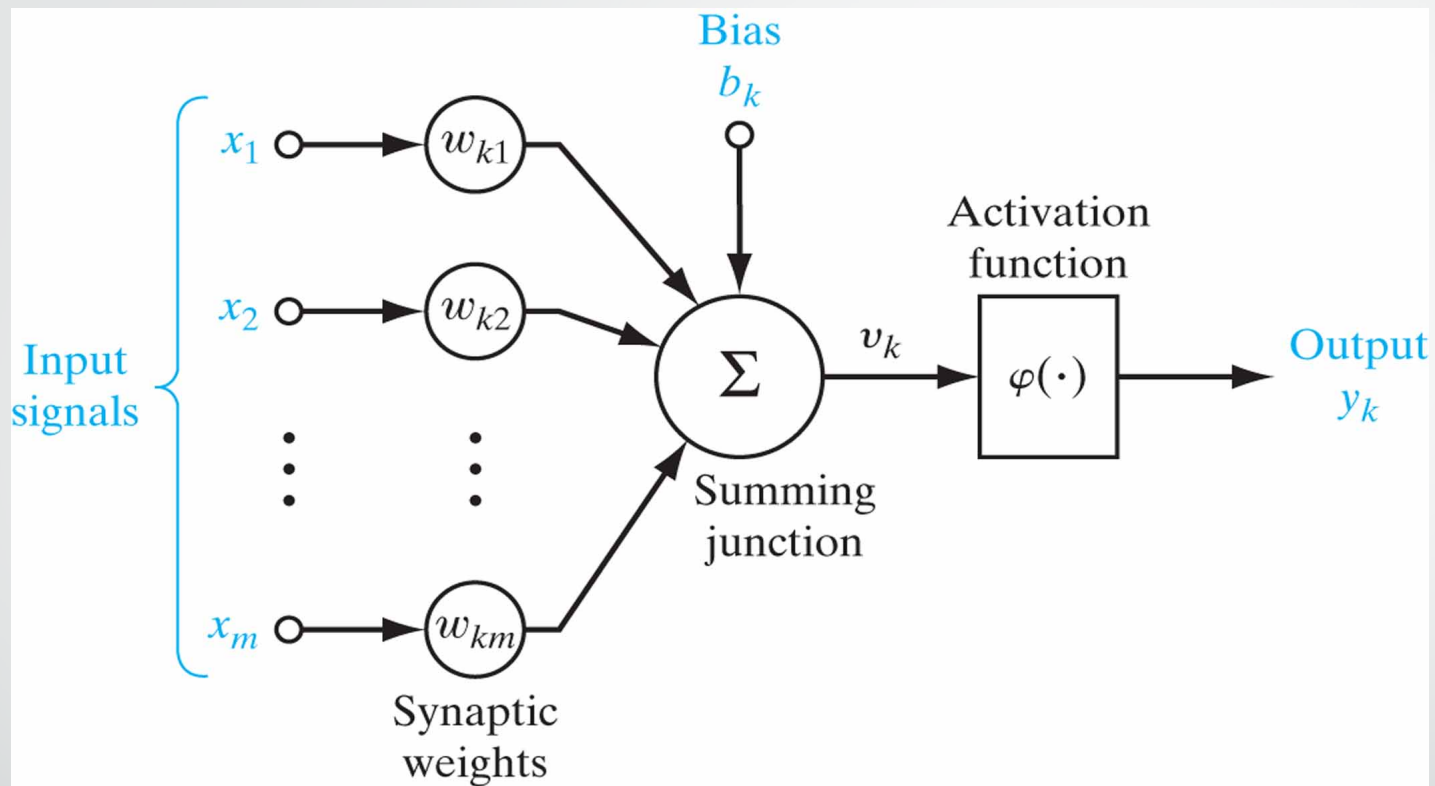
- 人在一个短时间内能理解的信息有一个上限
- 联结主义根本不能解释语言是如何习得的
 - 语言的复杂形式内嵌于大脑，它赖以工作的原理是超越所有人和所有语言的，具有普遍性
- 行为主义可以提供重要的理论，但不能解释一切学习过程
- 大脑应作为一个整体去理解它如何运作——理解大脑和心智的工作方式

关于大脑的争论还会继续进行下去.....

三、人工神经网络简介

——模仿在大脑里发现的基本信息处理方法

初识神经网络



- 神经网络：模拟人类大脑的模型
 - 大规模并行分布处理器，由一些简单的处理单元（神经元）组成，能够保存经验知识，并且能够利用这些经验知识完成一些任务
 - 通过“学习”来从环境中积累知识，知识被保存在神经元之间的连接上

Haykin: “一个神经网络就是能使存储的经验知识有用的一个有自然倾向的大的并行分布处理器”

- 有两个方面类似于人脑：
 1. 知识由网络通过学习过程得到；
 2. 神经元间的互联，用来存储知识的已知的联合权值

神经网络的不同叫法

- 人工神经网络 (ANN)
- 人工神经系统 (ANS)
- 神经网络 (NN)
- 自适应系统 (Adaptive Systems)、自适应网 (Adaptive Networks)
- 联接模型 (Connectionism)
- 神经计算机 (Neurocomputer)

为什么采用神经网络



- 传统人工智能方法：
 - 串行处理
 - 由程序实现控制
 - 精确计算，左脑
- 神经网络方法
 - 并行处理
 - 由神经元之间的相互作用实现控制
 - 模糊计算，右脑

如何控制保洁机器人？
人工智能 VS 神经网络

什么时候用神经网络？

神经计算与人工智能

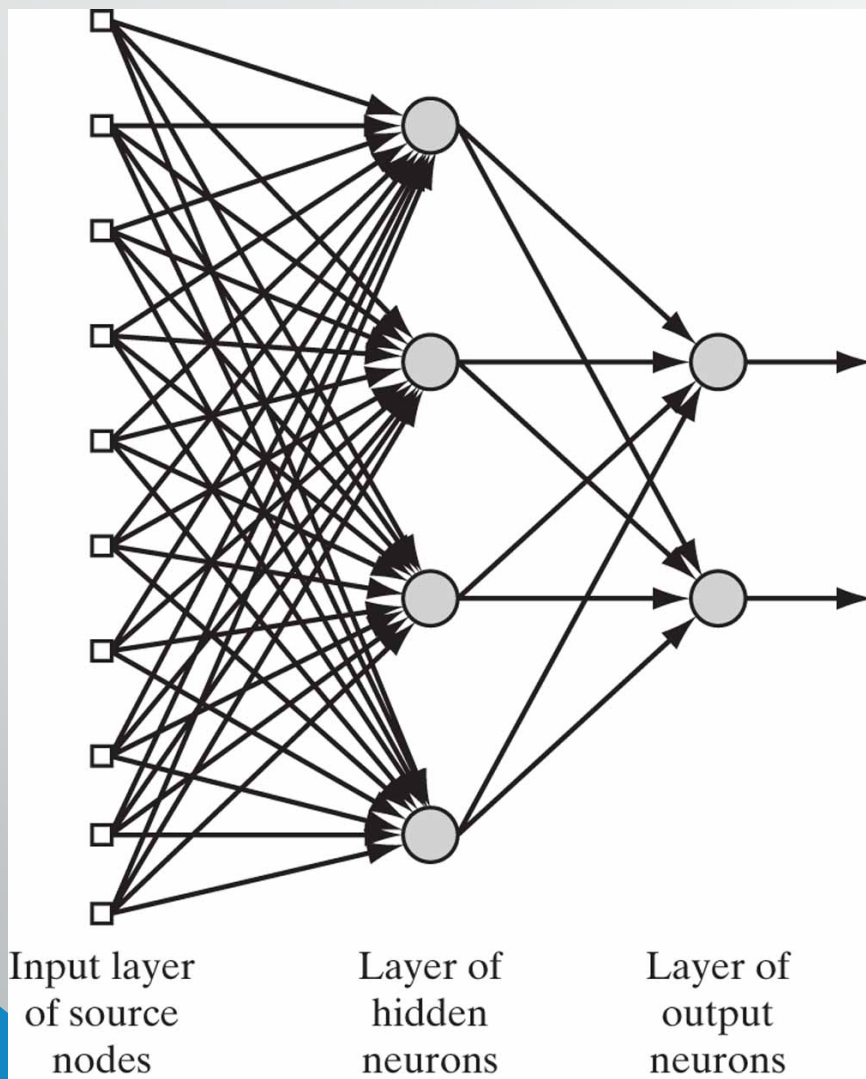
- 符号主义

- 智能的基本元素是符号
- 人的认知过程是以符号为核心的符号处理过程
- 证据：人脑中的逻辑思维过程是基于语言符号的
- 目标：在符号或概念的水平上，模拟人的智能行为，构造符号计算模型，建立使智能在符号计算模型中的实现成为可能的原理和法则

- 联结主义

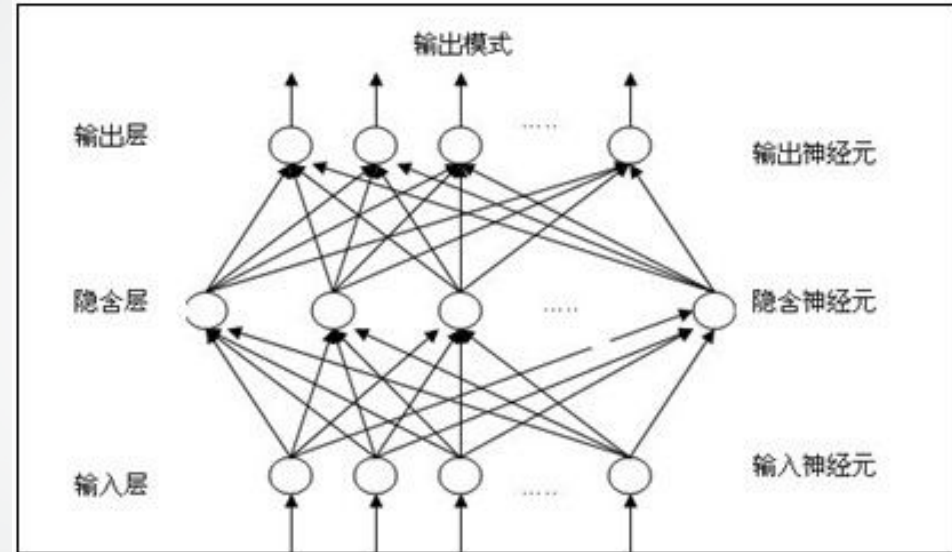
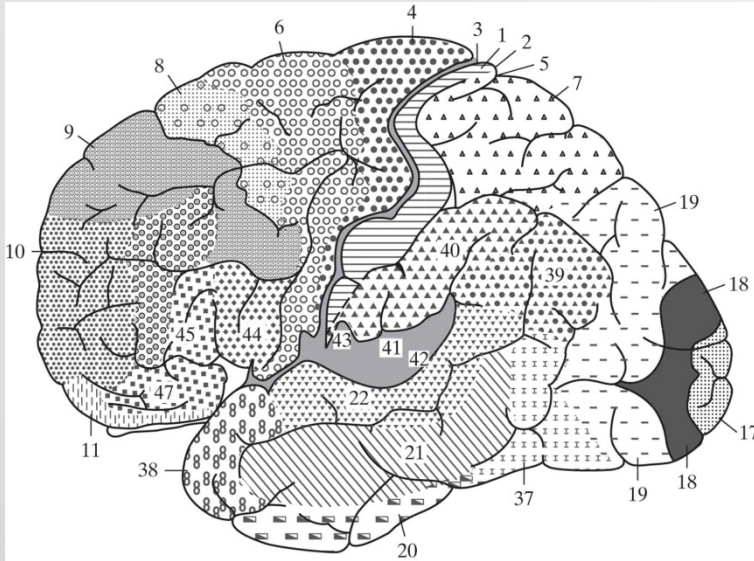
- 智能的基本元素是神经元
- 人的认知过程是生物神经系统内神经信息并行分布处理的过程
- 在神经细胞水平上理解生物智能微观特征，从而理解生物系统的智能行为
- 在神经细胞的水平上，以模拟生物神经系统的方式构造人工神经系统，使机器表现出智能行为

神经网络的特点



- 面向神经元和联结性
- 信息的分布表示
 - 并行、分布处理结构
 - 一个处理单元的输出可以被任意分枝，且大小不变
 - 记忆效应
- 运算的全局并行和局部操作
 - 处理单元完全的局部操作
 - 集体效应
- 处理的非线性性
 - 可以模拟任意的数学模型
- 自组织性

神经网络的能力



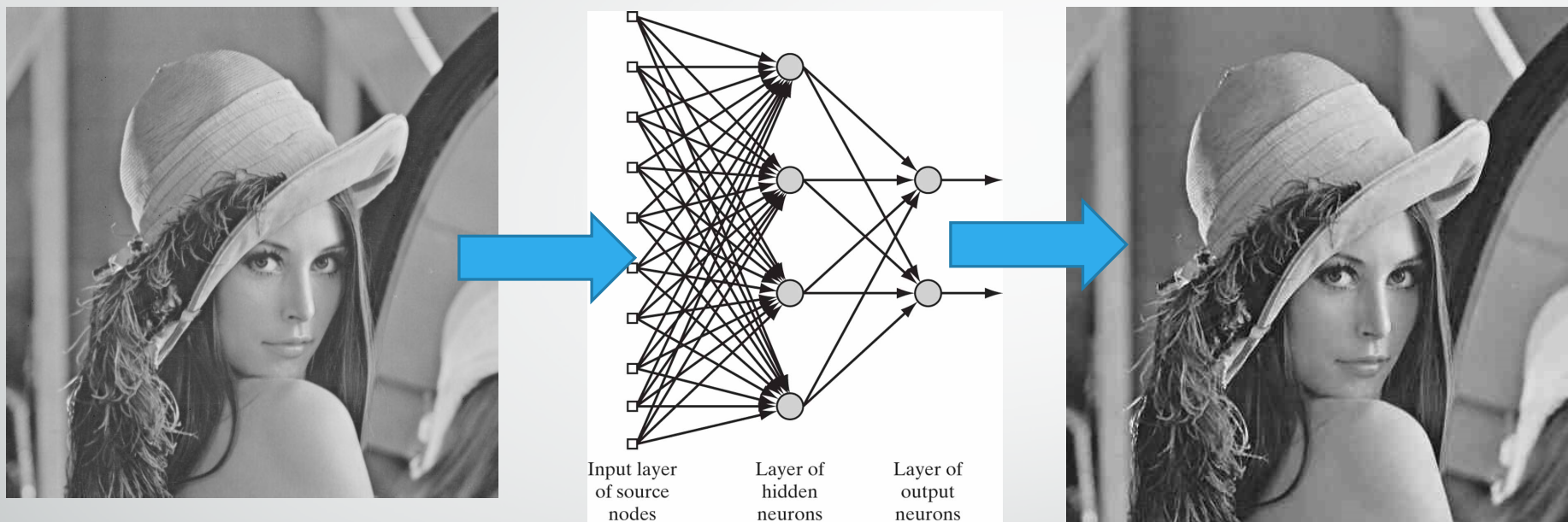
- 学习能力
 - 学习从环境中获取的信息
- 泛化能力
 - 对从未学习过的输入产生可信的输出
- 容错能力
 - 系统受到局部损伤时仍然能够正常工作

神经网络发展的历史

- 1940s: 萌芽期
 - MP网络、Hebb Learning
- 1950s, 1960s: 第一个黄金时代
 - Perceptrons、ADALINE
- 1970s: 安静的年代
 - Associative Memory、Brain-State-in-a-Box (BSB)
- 1980s: 复苏
 - Backpropagation (反向传播)、Hopfield nets、Neocognition、Boltzmann machine、Hardware
- 今天: 深度神经网络、.....

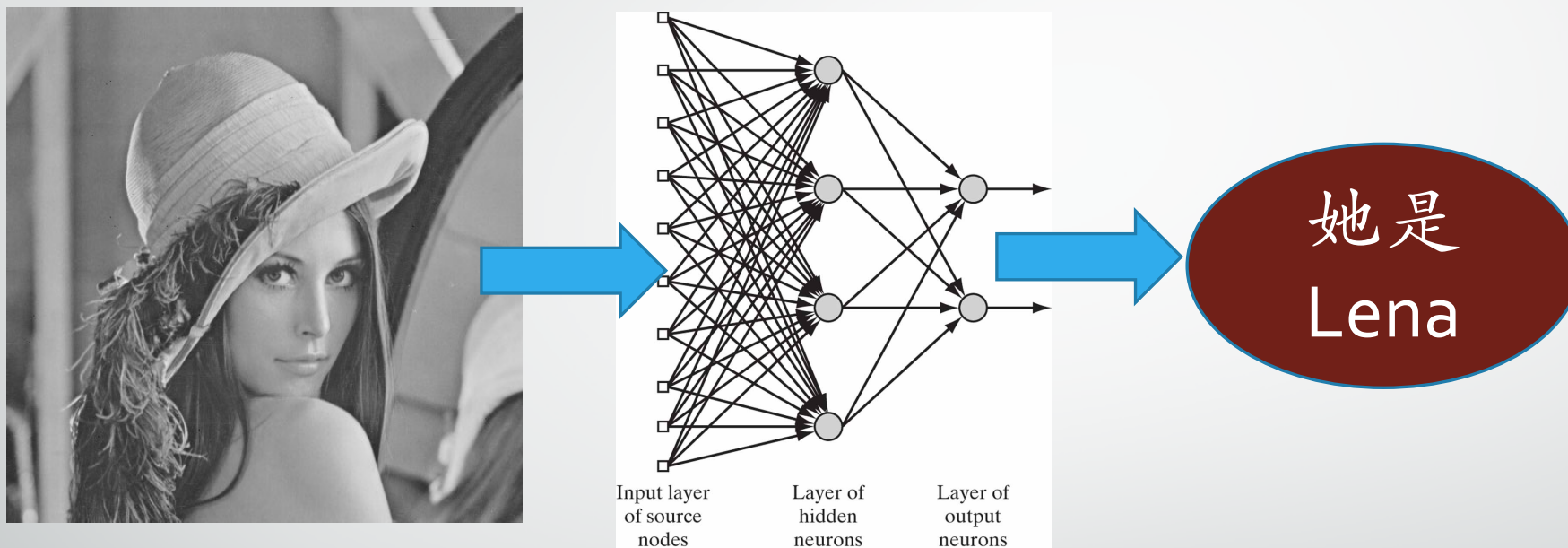
坚持自己的科学理念：不盲从、不放弃

神经网络的应用



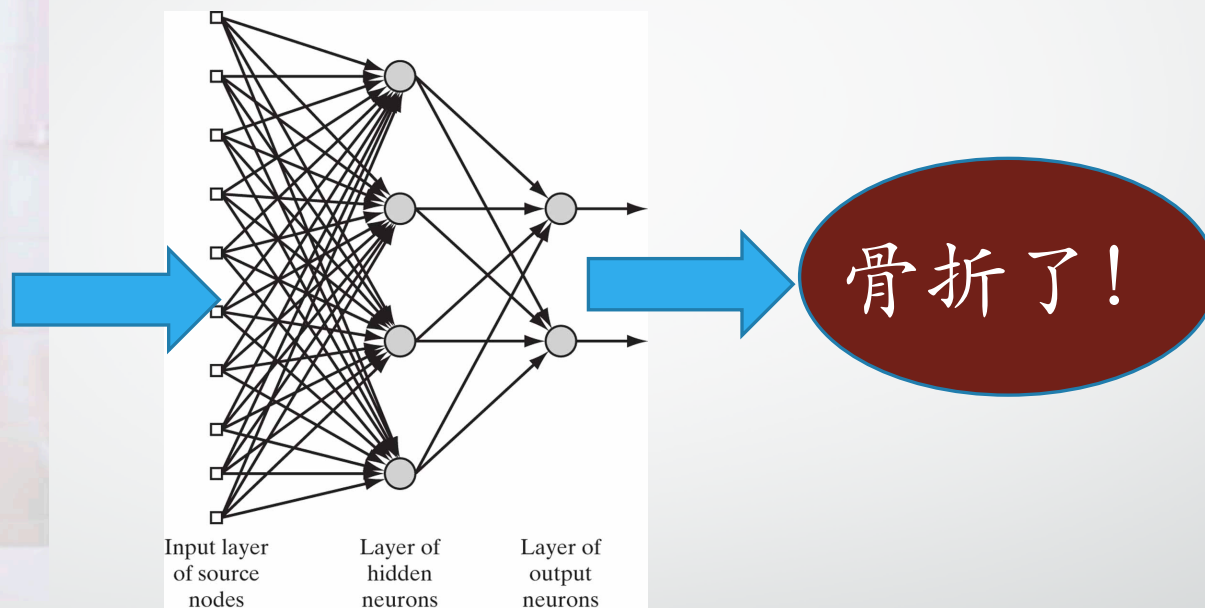
- Signal Processing
 - 数据压缩
 - 抑制电话线的噪音（第一个商业应用）：ADALINE

神经网络的应用



- Pattern Recognition
 - Pattern Classification: 分类
 - Pattern Association: 联想记忆

神经网络的应用



- Medicine
 - 医疗诊断
- 其它应用
 - 语音识别、语音生成、汇率股票预测、控制.....

神经网络的研究

- 问题
 - 缺乏对人脑的深刻理解，导致神经网络模型总是不尽如人意。
 - 现有的生理学研究未能在人工神经网络研究中体现。
- 研究
 - 开发现有模型的应用，并在应用中根据实际运行情况对模型、算法加以改造，以提高网络的训练速度和运行的准确度。
 - 希望在理论上寻找新的突破，建立新的专用/通用模型和算法。
 - 进一步对生物神经系统进行研究，不断地丰富对人脑的认识。

本学期主要内容

- 第一讲：简介
- 第二讲：神经元
- 第三讲：神经元的学习
- 第四讲：多输出单层感知器
- 第五讲：神经元之间的连接（多层感知器）
- 第六讲：多层感知器的学习
- 第七讲：各种改进的学习算法
- 第八讲：应用举例

参考文献

- 参考书
 - 入门：Fundamentals of Neural Networks, by Laurene Fausett, Prentice Hall, 1994
 - 中等：Neural Network Design, Martin T. Hagan 等
 - 深入理解：Neural Networks and Learning Machine (3nd edition), by Simon Haykin, Prentice Hall, 2008.
 - 图书馆有海量的相关书籍
- 神经科学相关
 - Journal of Neuroscience
 - Behavioral Neuroscience
 - Brain Research、Nature Neuroscience
- 人工神经网络相关
 - Neural Computation
 - IEEE Transaction on Neural Networks
 - Neural Networks
 - NIPS、IJCNN、ICONIP 等

四、思考题（选做2题）

提交期限：本学期末之前

提交格式：姓名_学号_第一讲作业.PDF

- 我们能够不研究大脑直接研究心智如何工作吗？
- 你认为将来可能怎样研究大脑？对大脑的研究能促进神经网络的研究吗？对神经网络的研究能帮助人们更好地发现大脑的奥秘吗？
- 从受精卵到幼儿期，一个人在什么时候变得有意识？而我们怎么知道的？
- 从应用上看，可以通过大脑直接控制机械吗？反过来，对于大脑不能正常工作的例如植物人，可以通过人工神经网络来控制他的肢体吗？
- 你会怎么说和怎么做，去说服一个唯我论者认为你是有意识的？如果一个机器人所说和所做都像你在上一问题中一样，你会认为一个机器人是有意识的吗？