

教育部-华为智能基座课程

《人工智能基础与实践》

第16章：人工智能应用III

授课教师：丛润民

山东大学

控制科学与工程学院

章节目录

CONTENTS

- 01 | 从 AI 应用到 AI4Science
- 02 | 医学 AI 的核心数据形态
- 03 | AI + 医学影像：任务建模与生成学习
- 04 | AI + 生物分子与蛋白
- 05 | 智慧医疗：AI 驱动的医疗新模式



章节目录

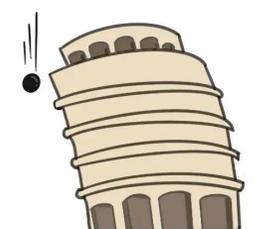
CONTENTS

- 01 | 从 AI 应用到 AI4Science
- 02 | 医学 AI 的核心数据形态
- 03 | AI + 医学影像：任务建模与生成学习
- 04 | AI + 生物分子与蛋白
- 05 | 智慧医疗：AI 驱动的医疗新模式



历史上哪三个物件影响了人类科学发展？

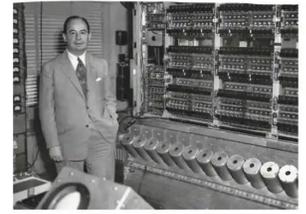
A. 伽利略的铁球



B. 牛顿的苹果



C. 冯·诺依曼的现代电子计算机



SCIENCE
科学

AI
人工智能

AI for Science

AI不仅可以搞科学，
而且搞得很科学



科学发现新范式——AI for Science



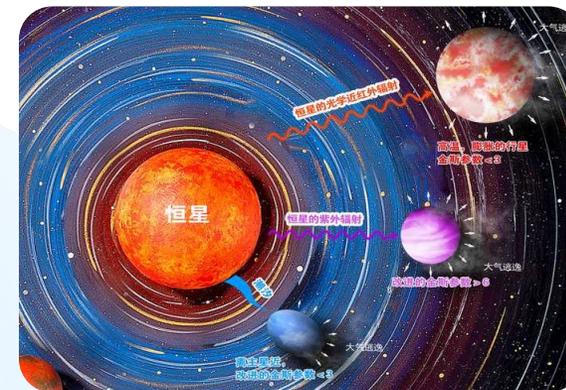
化学



医学



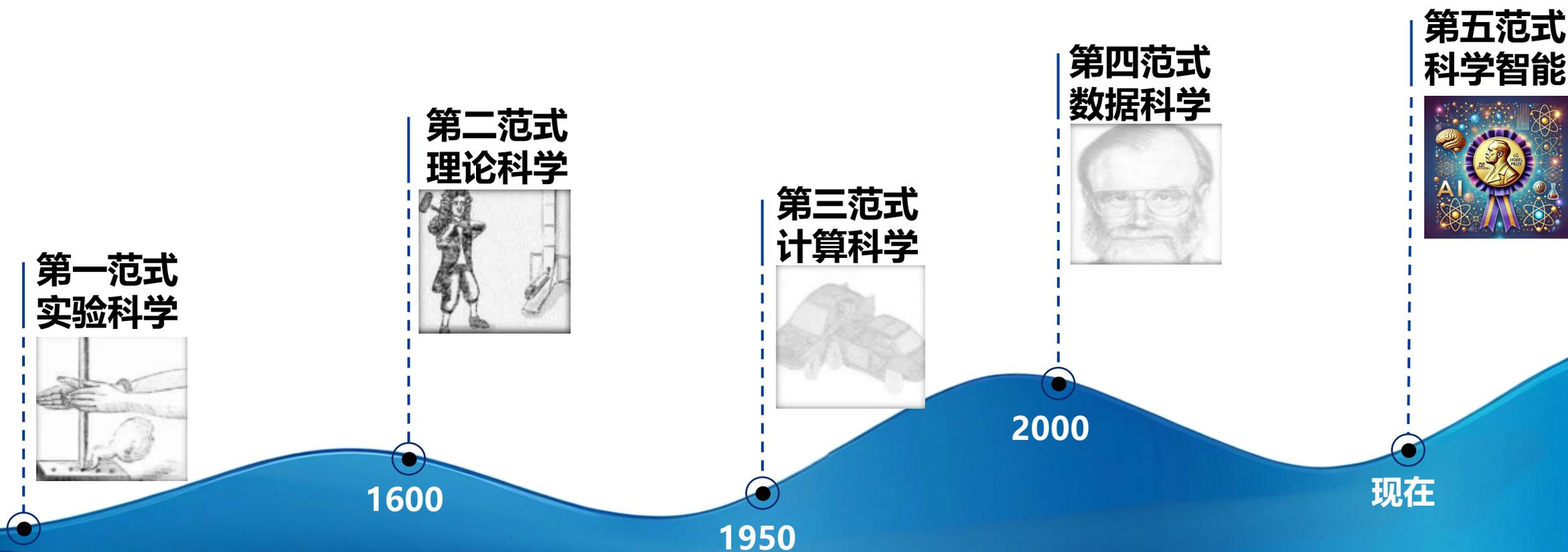
天文



生物



- 人工智能技术为人类发现和总结规律提供了新的**第五范式：科学智能/人工智能驱动的科学发现（AI for Science或AI4Science）**。



人类探索认知世界的脚步从未停止过

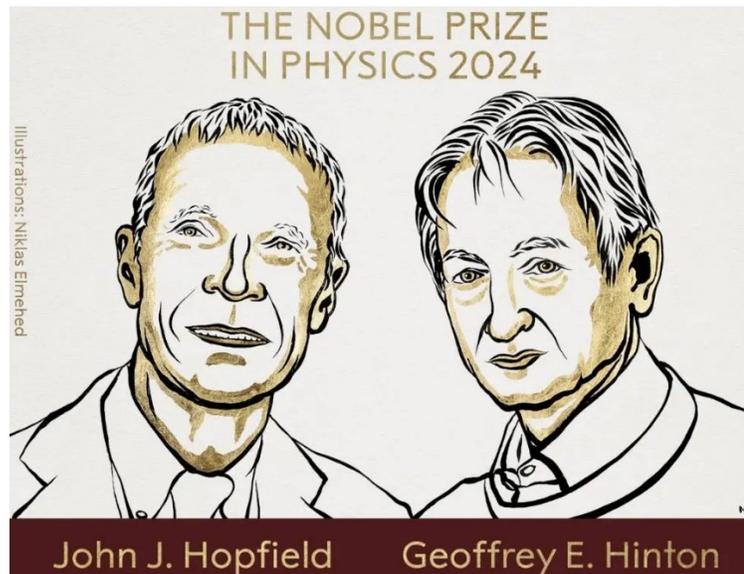
- 人工智能科学家获得诺贝尔奖标志着科学范式的重大转变，体现了AI在科学研究中的革命性地位及其对传统学科边界的突破，它揭示了数据驱动与机理研究的互补性，以及跨学科融合的必然性。

诺贝尔化学奖

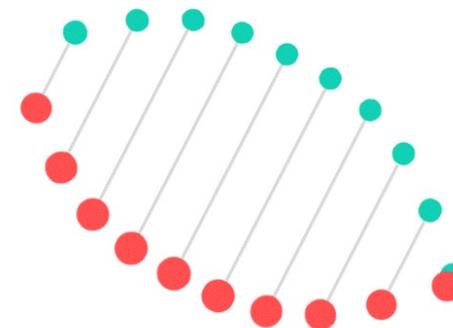


AlphaFold

诺贝尔物理学奖

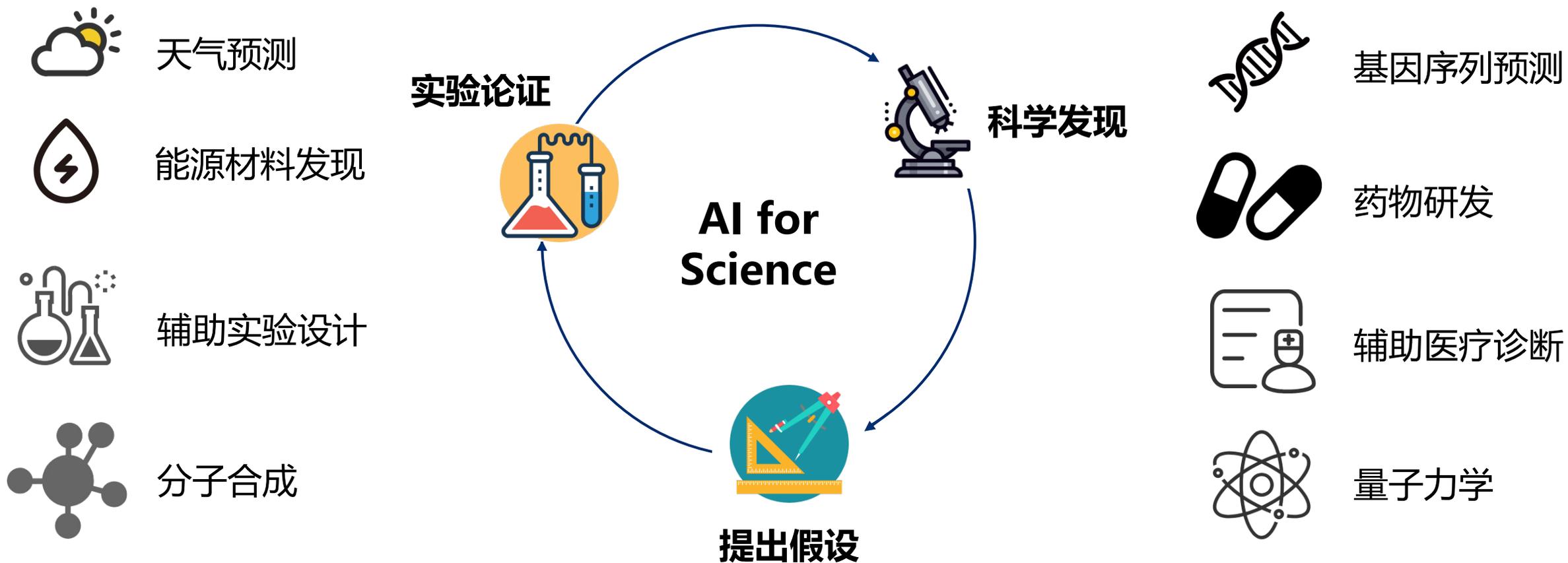


神经网络机器学习



AI+科学 “双螺旋引擎”
共振驱动

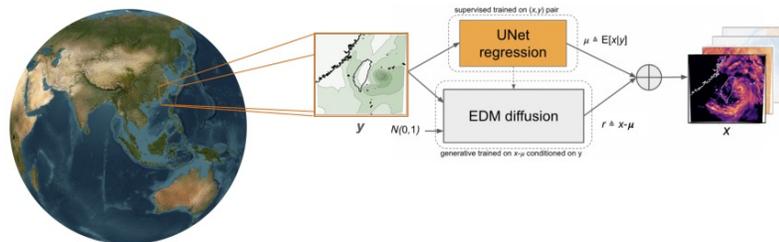
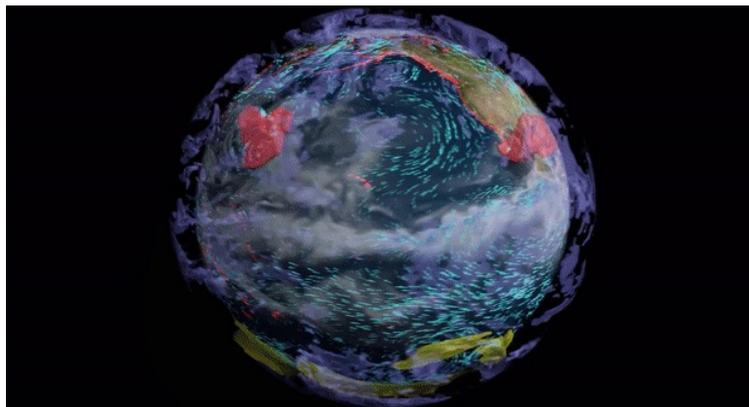
- AI与自然科学的协同效应正在形成良性循环：AI不仅从自然科学汲取灵感，也开始反过来推动自然科学研究的突破性进展，这种双向促进的典型案例正不断涌现。



- 人工智能与自然科学的结合正在推动科学研究的范式转变，为物理、化学、生物、地球科学等领域带来了前所未有的机遇和突破。
- 其目标是利用机器学习、深度学习、自然语言处理和其他人工智能技术，加速科学发现，改善实验设计，提高数据分析的效率，并揭示新的科学知识和理论。

传统天气预报

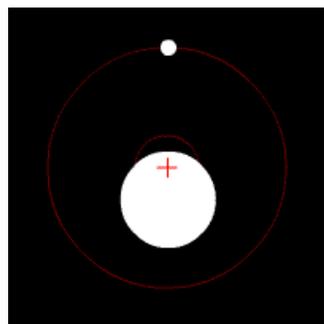
- 基于数值天气预报
- 难以实现公里级精细化模拟
- 长周期预测误差大
- 成熟体系需要数十年验证
- 计算成本高，依赖超算



AI天气预报

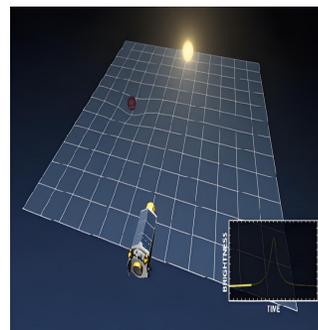
- 数据驱动与物理规律融合
- 公里级细节
- 1分钟内完成传统超算数小时的7天全球预报
- 极端事件精准预警
- 可生成数千种可能天气场景，辅助灾害风险评估

- 人工智能在天文学、材料科学以及生物学等领域已经出现了实际落地的应用。



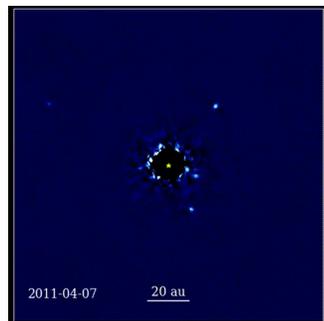
天体测量法

- 需要高仪器精度
- 对行星要求高
- 需数十年观测数据积累
- 数据处理复杂



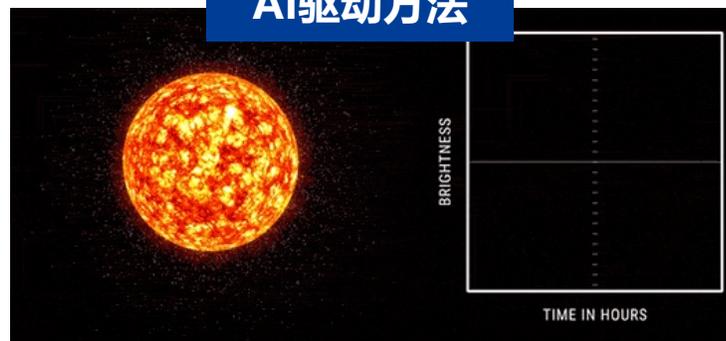
微引力透镜法

- 事件罕见且短暂
- 难以重复观测
- 对宿主恒星信息有限



直接成像法

- 目前仅能探测距离恒星较远、大质量的行星
- 难以捕捉类地行星或宜居带内天体



AI驱动方法

快速处理和分析海量天文数据

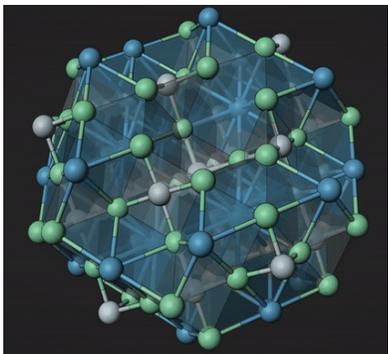
精准识别行星信号

探索行星系统演化



谷歌和NASA利用“猎星代码”从开普勒-90系统中发现了第八颗行星——开普勒-90i，以及从开普勒-80系统中发现了最小行星——开普勒-80g

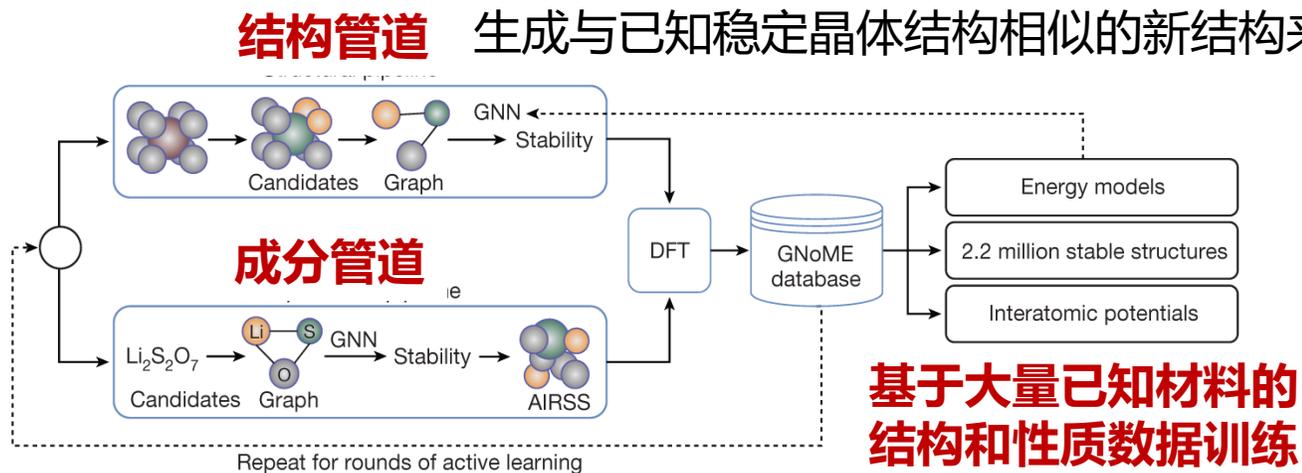
- 人工智能在天文学、材料科学以及生物学等领域已经出现了实际落地的应用。



传统方法依赖于繁琐的实验和复杂的数据分析，周期长、效率低。

传统方法需要大量的实验设备和材料，成本较高。

传统方法往往受到现有理论和经验的限制，难以发现突破性的新材料。

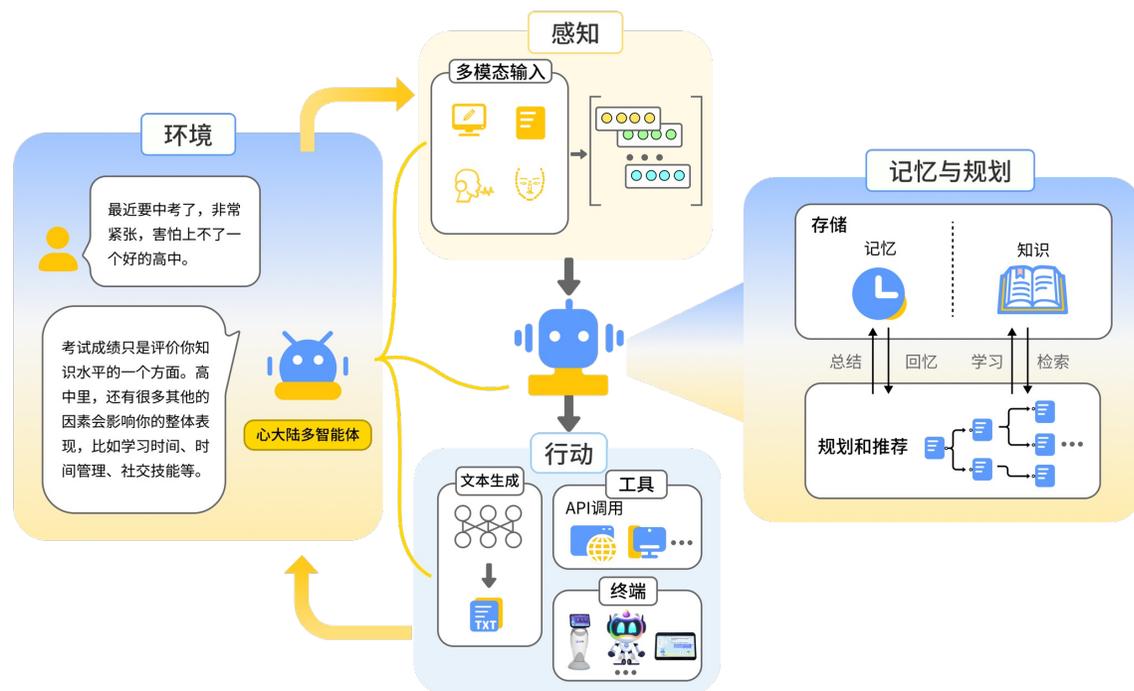


已预测 220 万种新材料结构

已创造 700 多种新材料

遵循基于化学式的更随机的方法，通过随机组合不同的化学元素来生成新的材料候选者。

- 语言学通过对语言的结构、功能、演变等方面的研究，为理解人类文化和社会提供重要基础。自然语言处理助力语言学数字化转型，提升语言理解与应用效率，推动人文科学领域的研究和创新，加速知识传播与文化发展。

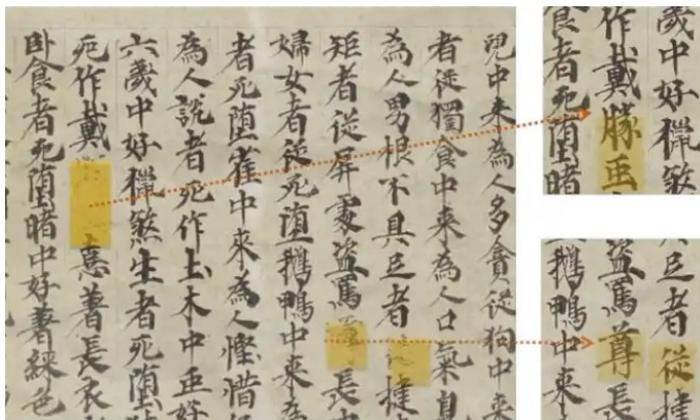


AI情感分析与陪伴



AI同声传译

- 通过三维扫描技术获取文物的数字模型，然后利用人工智能算法进行三维重建，能够高精度地还原文物的原始状态，为破损文物修复决策提供依据。



“敦煌遗书”修复



“永乐宫壁画”修复



AI虚拟修复三星堆文物



AI还原文物细节纹理痕迹



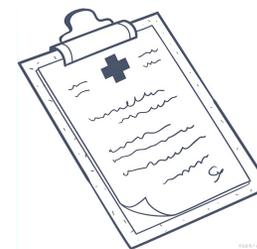
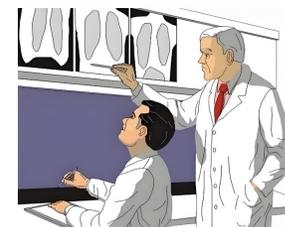
华为中国 bilibili



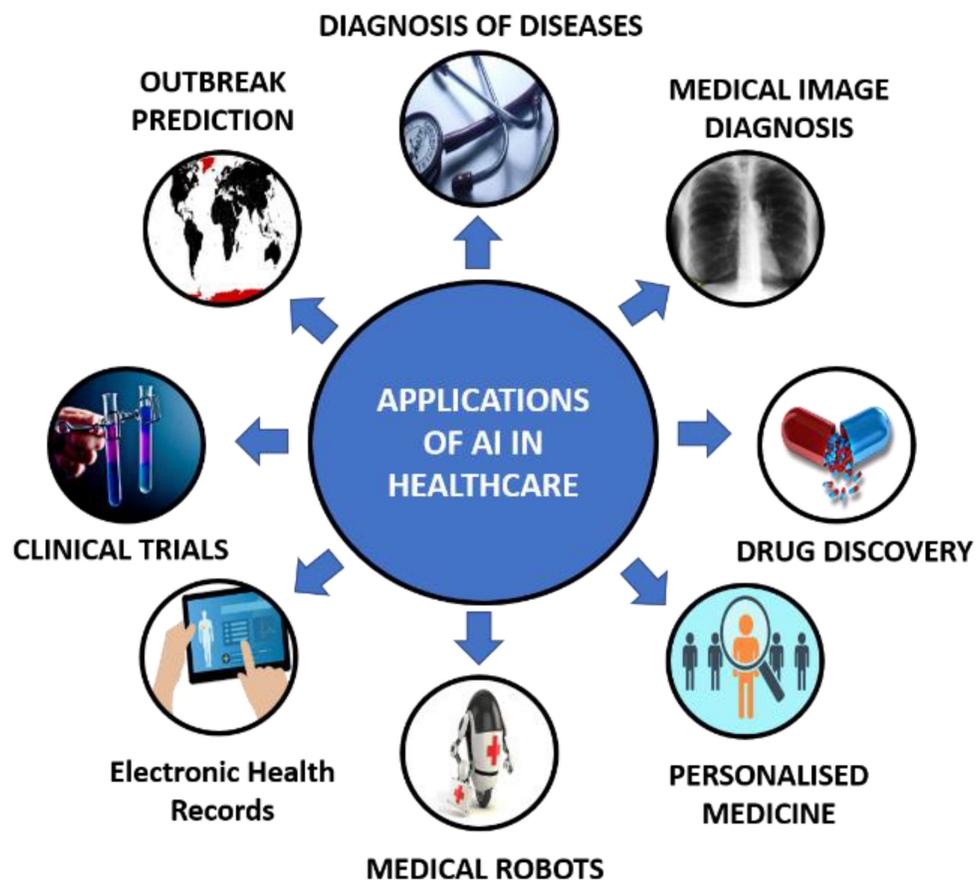
传统中医

- ▼ 医疗资源配置不均衡
- ▼ 医疗数据的记录和查询繁琐，不利于管理
- ▼ 依靠医生的经验和专业知识进行辨证论治
- ▼ 注重患者与医生面对面交流

传统西医

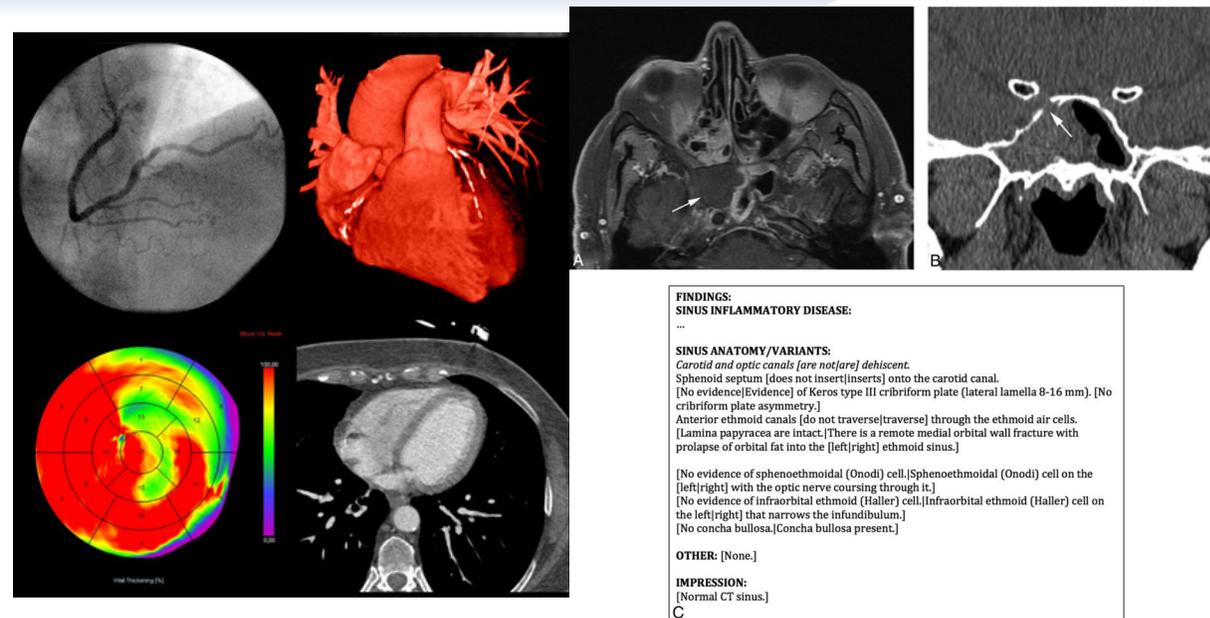


- 通过人工智能，推动医疗从 **经验驱动** 走向 **数据与科学驱动**，是 AI4Science 在医学中的核心体现。如疾病诊断、医学影像诊断、药物发现、医疗机器人等。



医学 AI 的特点

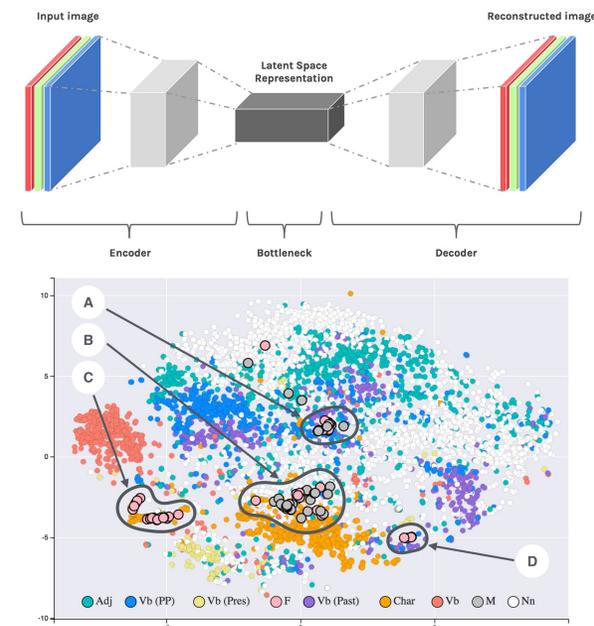
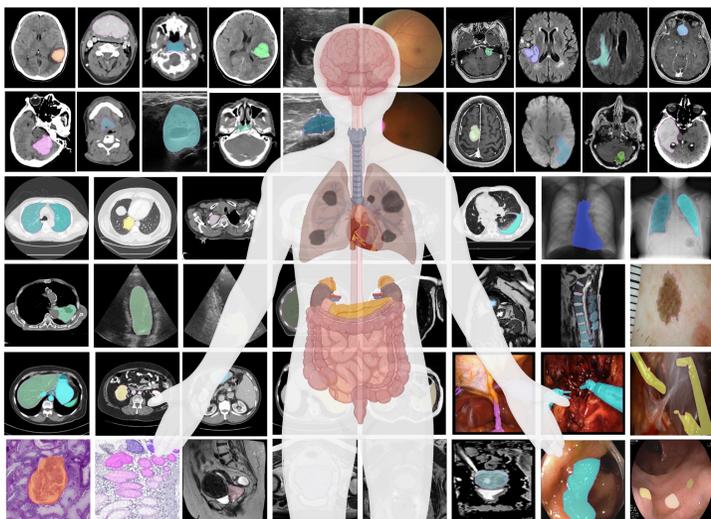
- 数据丰富 (影像 / 序列 / 多模态)
- 机理复杂, 传统建模困难
- 结果可验证 (临床、实验)

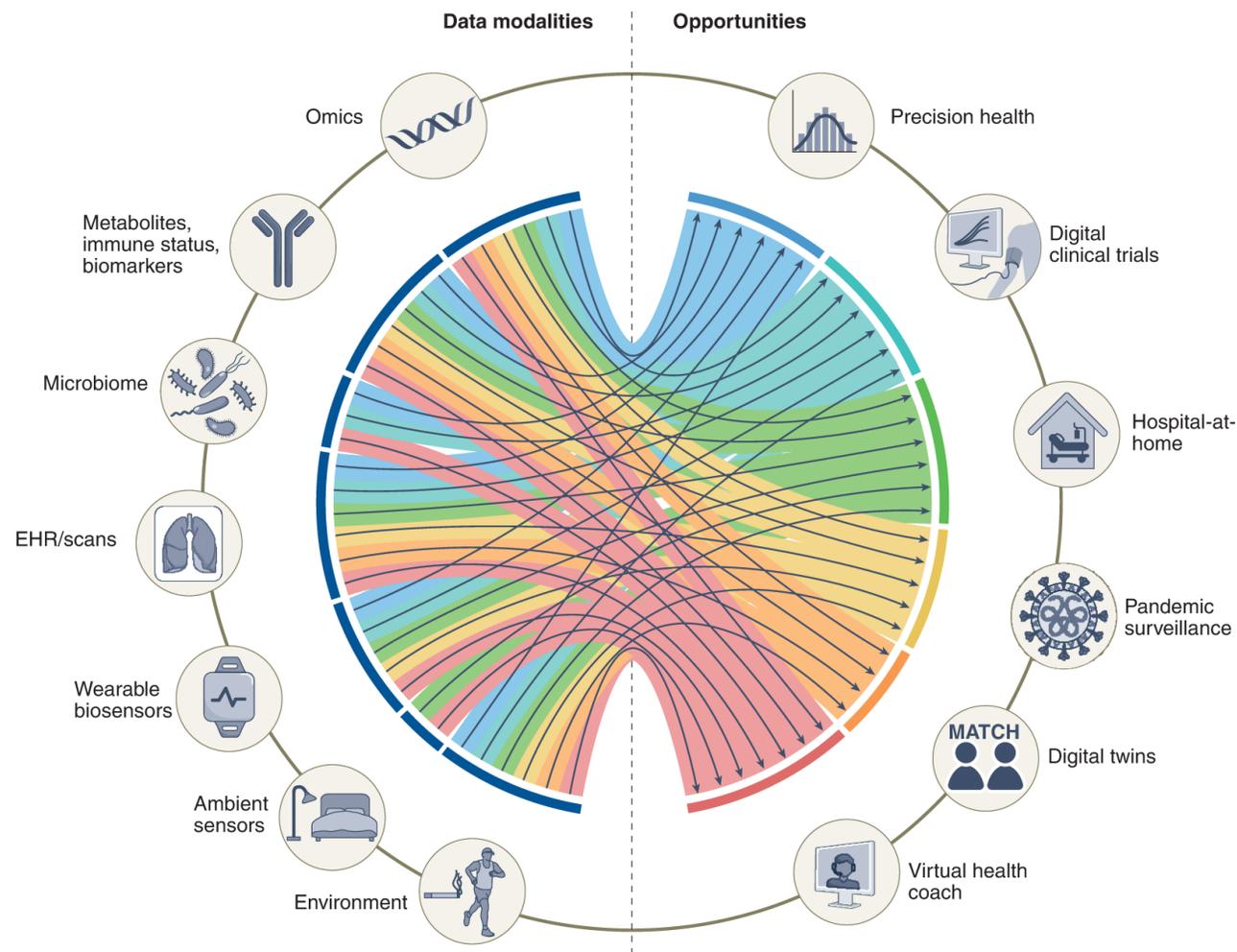


传统医学研究	AI for healthcare
假设驱动	数据 + 假设协同
小样本实验	大规模真实世界数据
解析模型	数据驱动模型
人主导	人机协同

■ AI 在医学中的 4 种角色

- 预测器 (Predictor) : 影像分割、疾病分类
- 模拟器 (Simulator) : 生理过程、手术过程
- 表征学习器 (Representation Learner) : 学 “隐变量” “潜在结构”
- 假设生成器 (Hypothesis Generator) : 新 biomarker、新靶点





- 医学 AI 的真正目标，是帮助人类理解疾病、辅助决策、降低不确定性。

章节目录

CONTENTS

- 01 | 从 AI 应用到 AI4Science
- 02 | 医学 AI 的核心数据形态
- 03 | AI + 医学影像：任务建模与生成学习**
- 04 | AI + 生物分子与蛋白
- 05 | 智慧医疗：AI 驱动的医疗新模式



■ **数据** 在医疗行业中扮演着至关重要的角色，是**医学AI**生态中的核心要素，是推动医疗进步的关键驱动力。

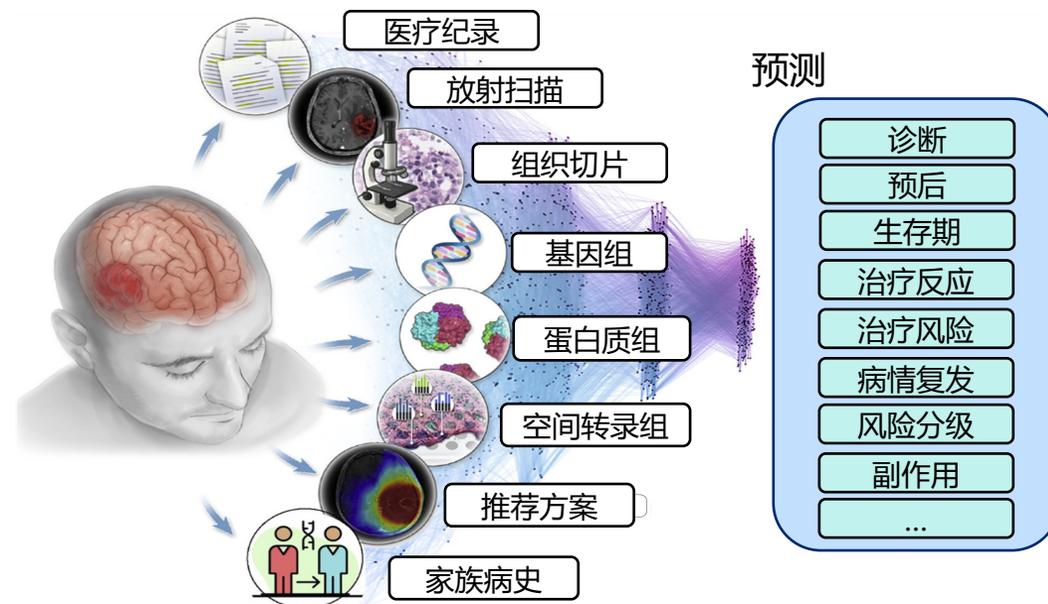
医院内部数据

- 患者就诊记录
- 诊断、治疗设备数据
- 物联网设备数据
- 医疗影像数据
- 实验室检验与病理
- 医院物资耗材与库存
- 药品



医疗产业数据

- 药物研发数据
- 药品生成与销售
- 医疗器械供应与流通
- 智能设备检测数据
- 体检数据采集
- 远程医疗数据



医学数据包括但不限于患者的个人信息、病史记录、影像资料、检验结果、基因序列、生理参数等，以及医疗机构的运营数据、医疗资源分配数据等，它们都是构成医学大数据的重要组成部分。

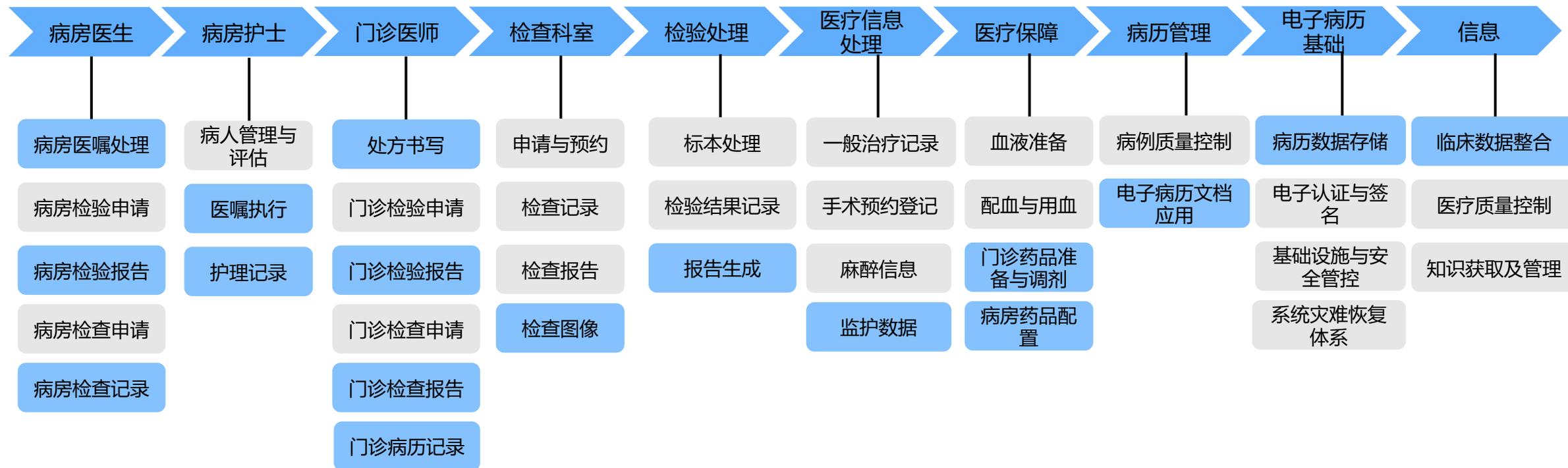
✓ 海量性

✓ 高价值

✓ 多样性

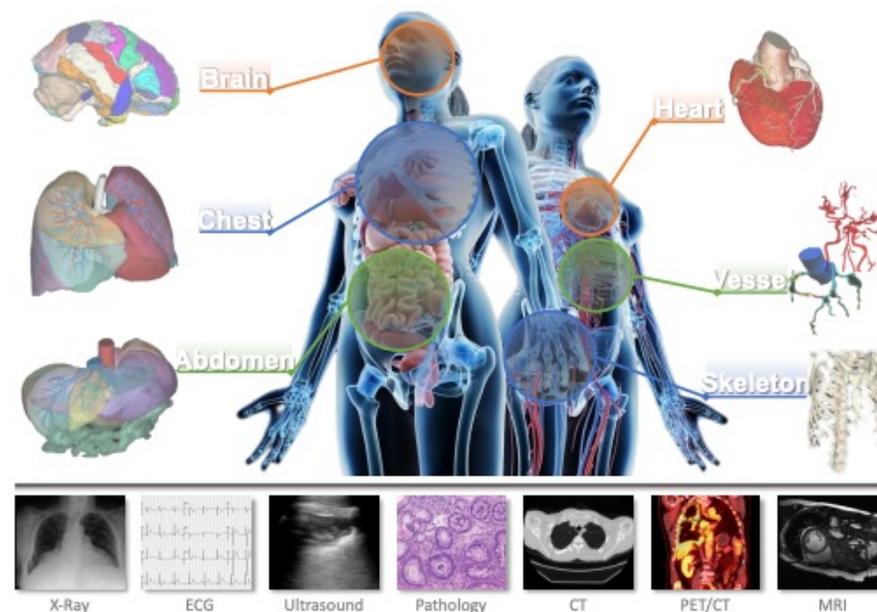
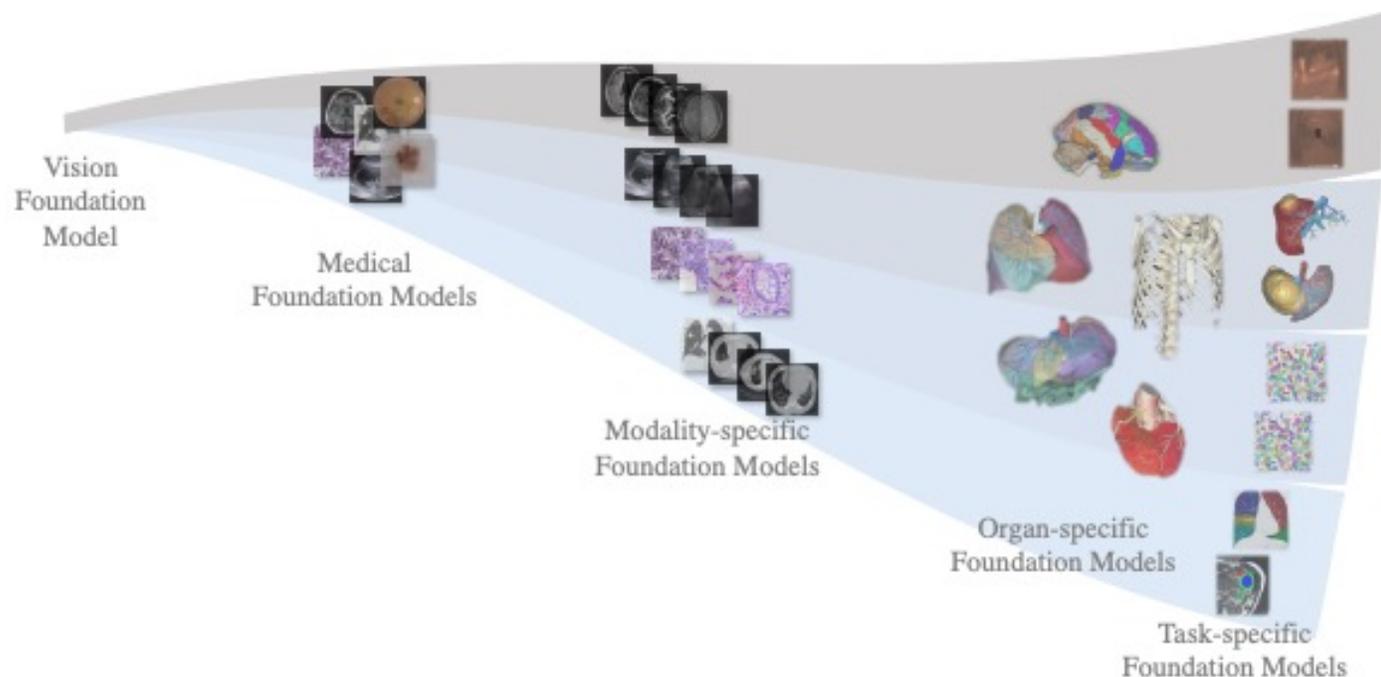
✓ 隐私性

- **医学AI** 中最常用的 **数据类型** 主要包括医学影像数据、生理信号数据、分子 / 组学数据、临床多模态数据等。



电子病历数据内容

- **医学影像数据** 按成像原理可分为：X 射线成像 (X-ray-based Imaging)、磁共振成像 (MRI, MR-based Imaging)、超声成像 (Ultrasound Imaging)、核医学 / 功能成像 (Nuclear Imaging)、光学医学成像 (Optical Medical Imaging)、显微成像 (Microscopy-based Imaging)。



- **医学影像** 涵盖多种成像模态和尺度层级，为人工智能在医学中的表征学习、结构建模与科学发现提供了丰富而具有挑战性的数据基础。

- CT (Computed Tomography, 计算机断层扫描)
- Endoscopy (内镜图像)
- Fundus (眼底影像)
- Dermoscopy (皮肤镜影像)
- Microscopy (显微镜影像)
- MRI (磁共振成像)
- Ultrasound (超声)
- X-ray (X光)
- PET (正电子发射断层成像)
- Histopathology (组织病理切片)

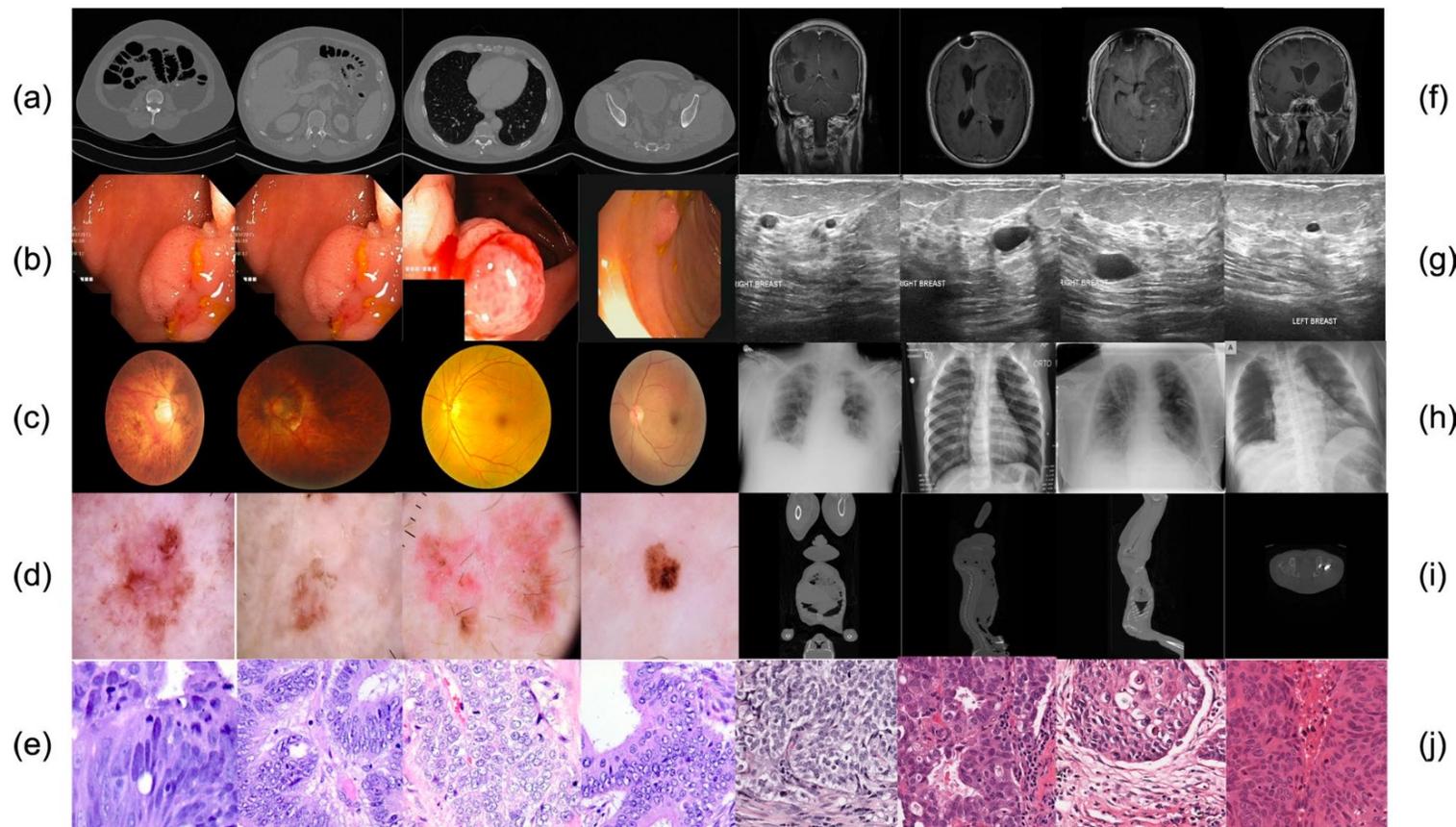
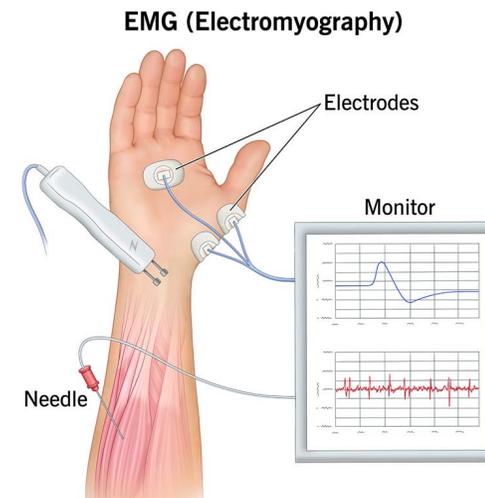
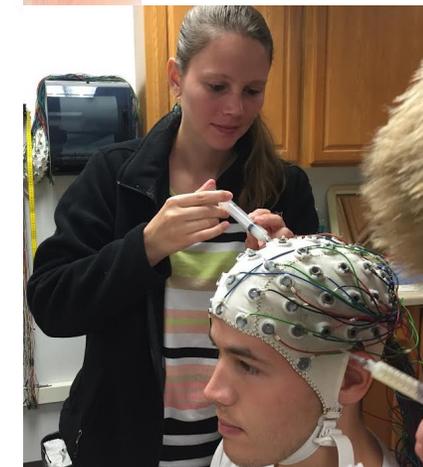
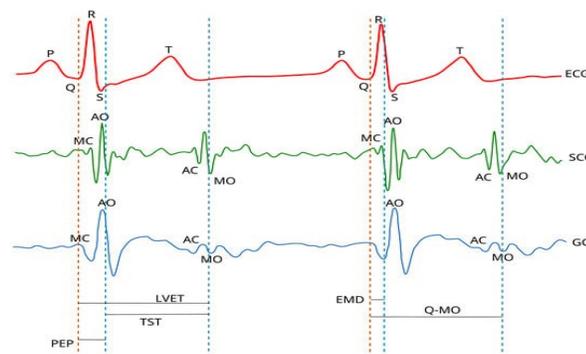


Fig. 1 a CT. b Endoscopy. c Fundus. d Dermoscopy. e Microscopy. f MRI. g Ultrasound. h X-ray. i PET. j Histopathology

- **生理信号** 是指人体在生命活动过程中产生的连续时间序列信号，反映人体器官或系统的功能状态与动态变化，是进行时序建模、状态评估与早期预警的重要数据基础。



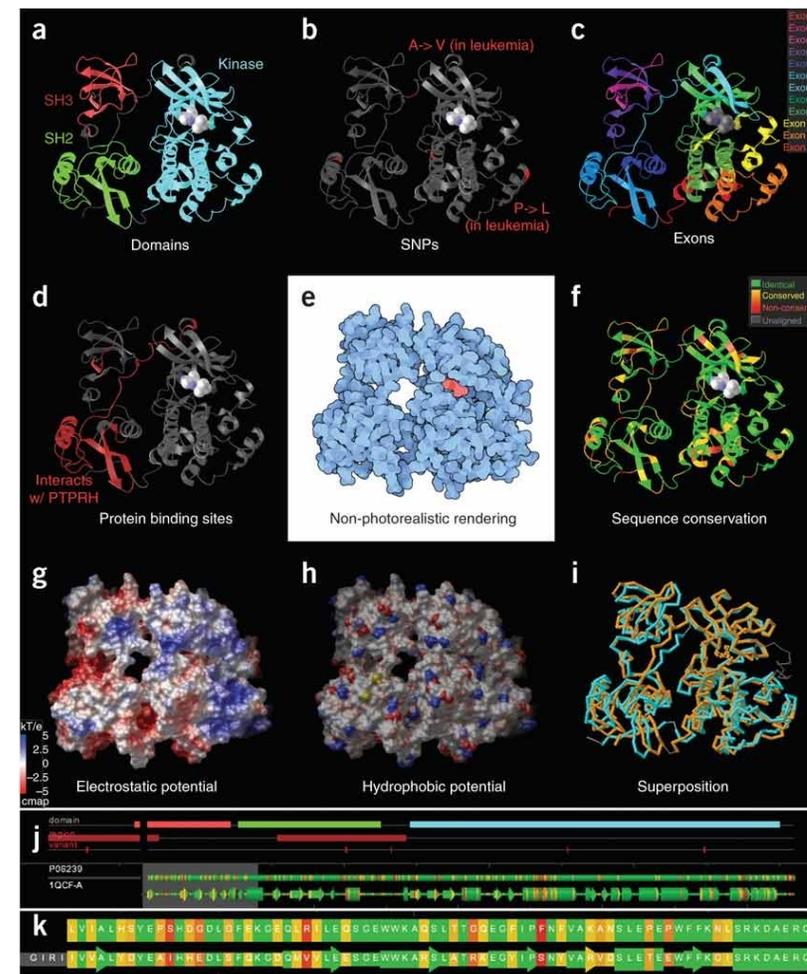
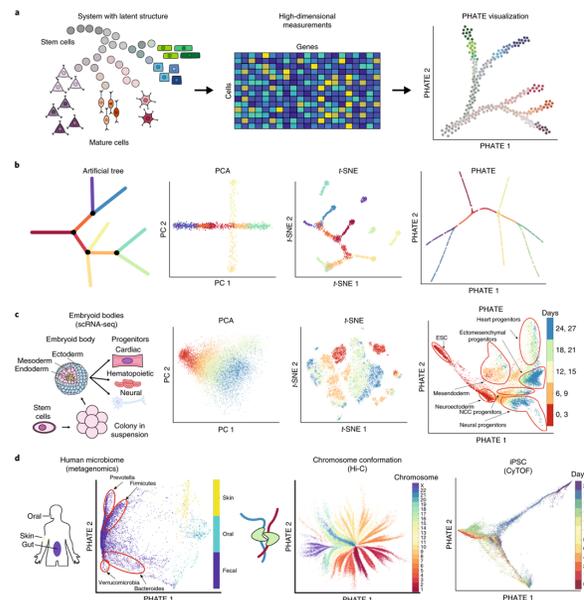
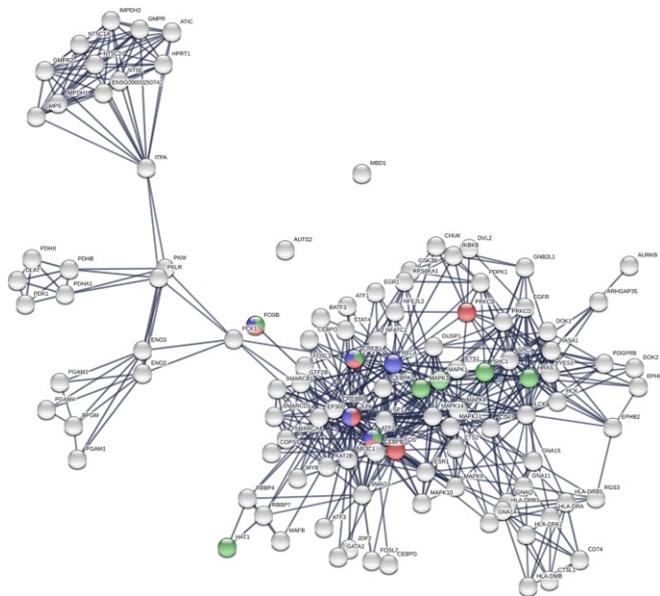
- 心电信号 (ECG)：反映心脏电活动与节律变化
- 脑电信号 (EEG)：反映大脑神经活动状态
- 肌电信号 (EMG)：反映肌肉收缩与运动意图
- 呼吸、血氧、血压等生命体征信号，常用于 ICU / 居家监护

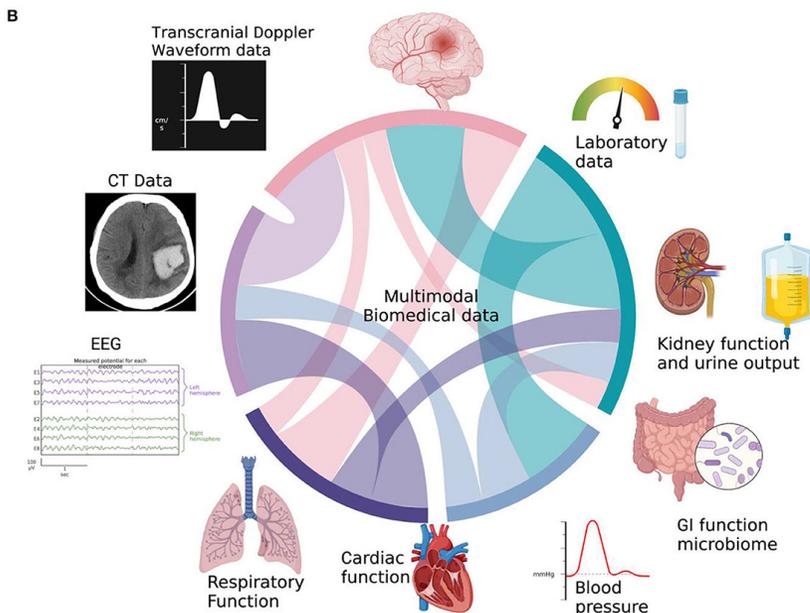
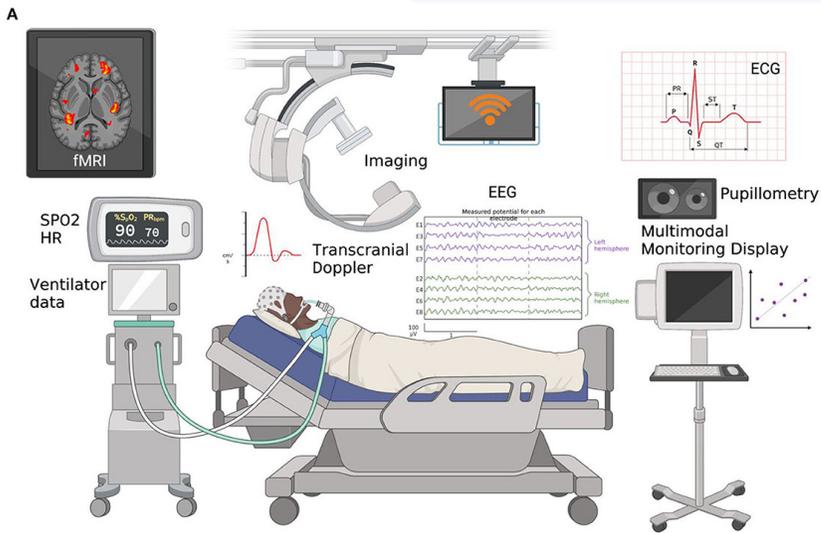


- **分子 / 组学数据** 从 DNA、RNA、蛋白质到代谢物 等多个层级，系统刻画生命系统的分子状态与调控机制，是 AI 在医学中进行表征学习、假设生成与靶点发现的核心数据基础。

常见组学类型：

- 基因组 (Genomics) : DNA 序列与突变信息
- 转录组 (Transcriptomics) : 基因表达水平 (RNA-seq)
- 蛋白组 (Proteomics) : 蛋白丰度与相互作用
- 代谢组 (Metabolomics) : 代谢物组成与变化





- **临床多模态数据** 是指在真实医疗场景中，围绕同一患者采集的、来源不同、形式多样的多种数据类型，共同刻画患者的结构、功能、状态与病程演化。
- 从多个视角刻画患者状态，是 AI 进行跨模态表征学习、协同推理与医学科学发现的核心数据基础。

- 医学影像：CT / MRI / X-ray / 超声（结构信息）
- 生理信号：ECG / EEG / 呼吸 / 血氧（动态功能信息）
- 电子病历（EHR）：文本、诊断、用药、检验指标
- 实验室与组学数据：血检、生化、基因表达
- 异构性强：图像、时序、文本、表格并存

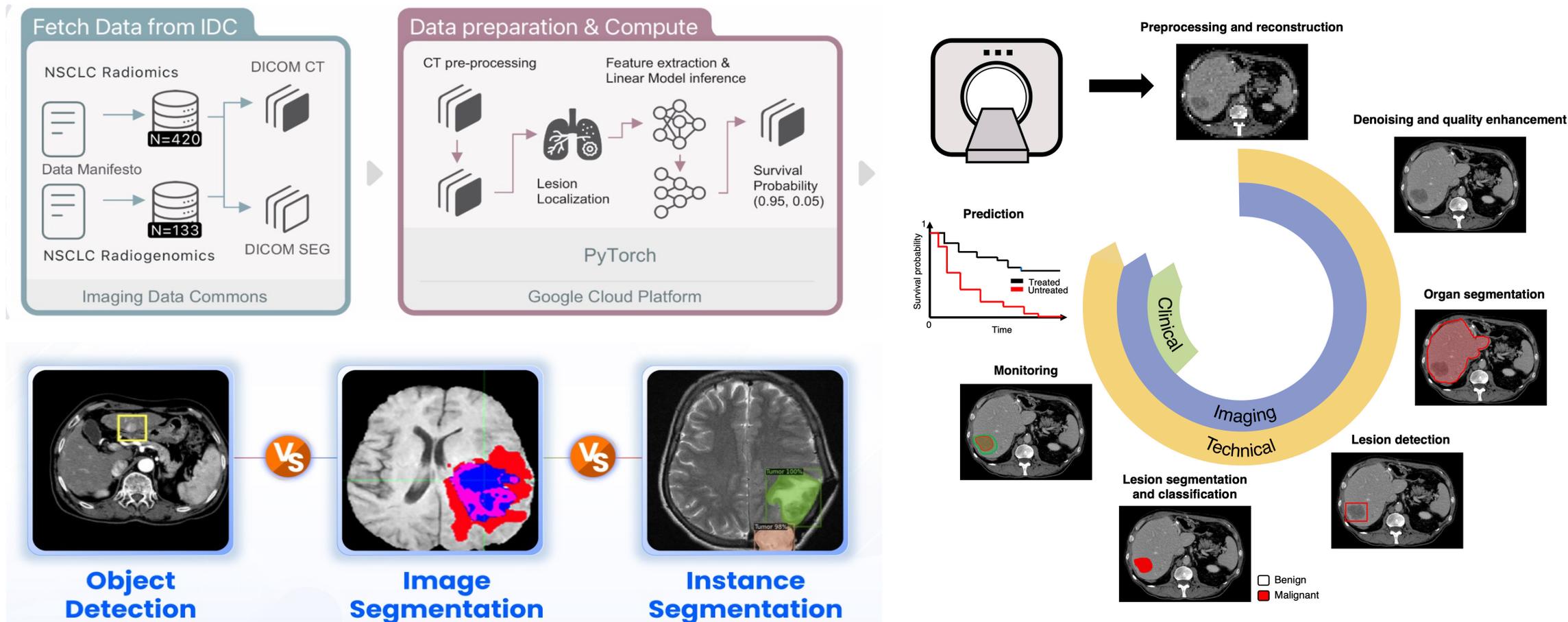
章节目录

CONTENTS

- 01 | 从 AI 应用到 AI4Science
- 02 | 医学 AI 的核心数据形态
- 03 | AI + 医学影像：任务建模与生成学习**
- 04 | AI + 生物分子与蛋白
- 05 | 智慧医疗：AI 驱动的医疗新模式

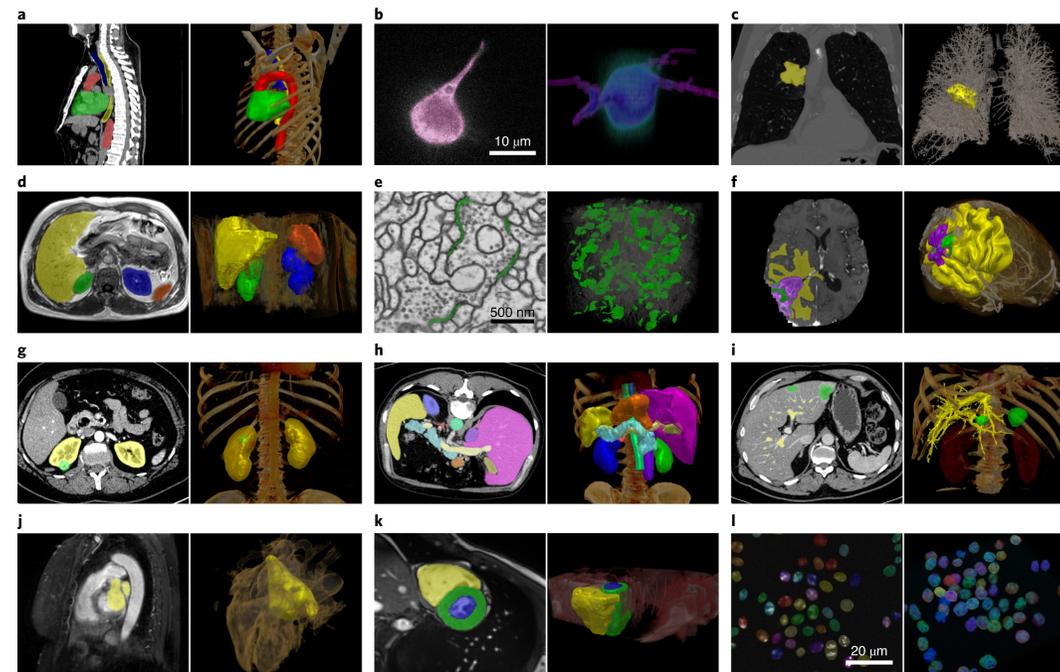
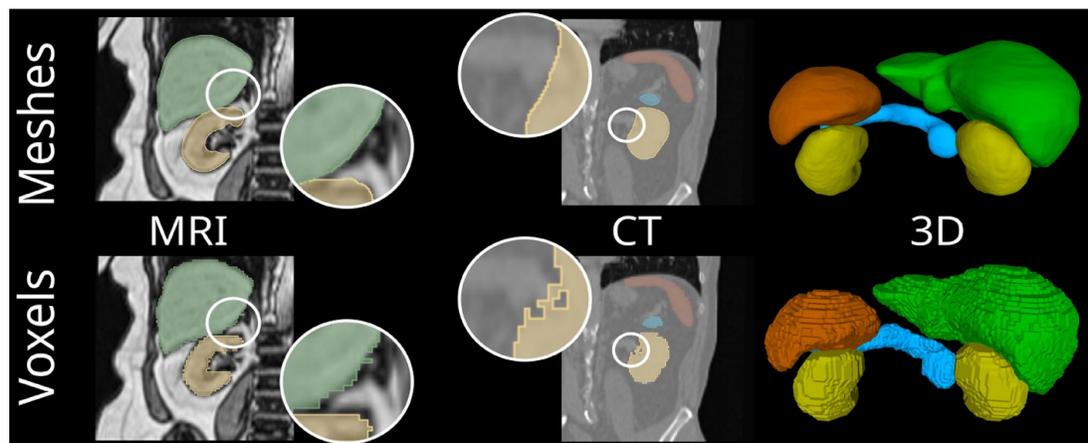
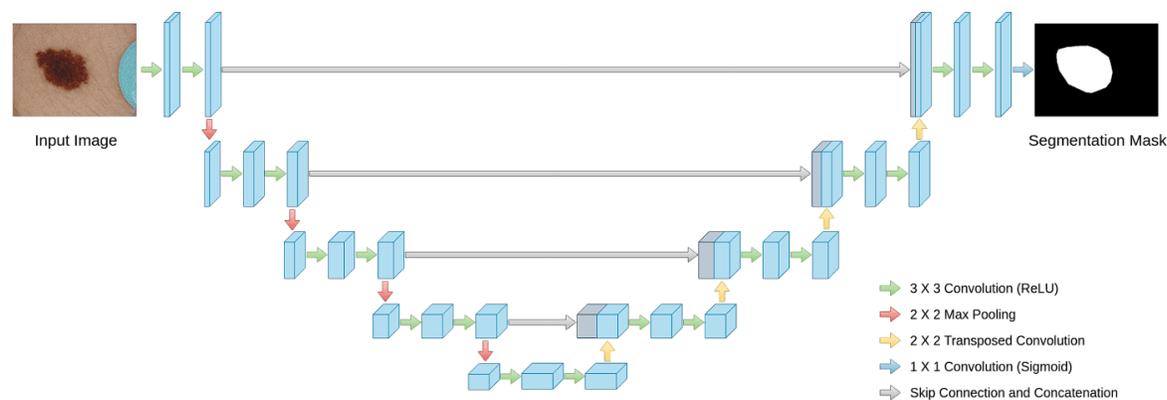


- **AI+医学影像** 任务，一般围绕“结构—病灶—风险”展开，主要任务类型包括：分割、检测、分类/分级、预测（预后）。
- 通过对影像数据的多层次建模，将复杂的视觉信息逐步转化为可用于临床理解与决策的高层语义。



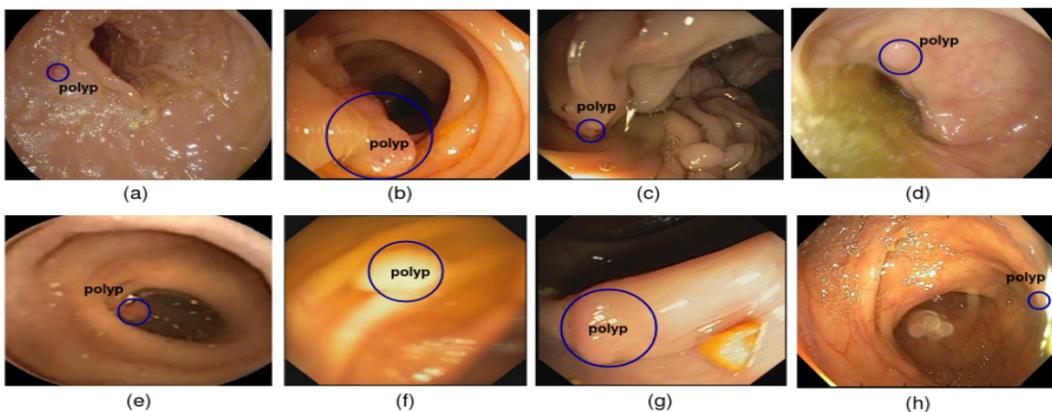
分割 (Segmentation)

- **分割** 的目标是：为影像中的每一个像素（或体素）赋予明确的语义标签。如器官分割、病灶分割等。
- U-Net 是一种编码器-解码器结构的卷积神经网络，通过跳跃连接融合多尺度特征，实现高精度的像素级医学影像分割。



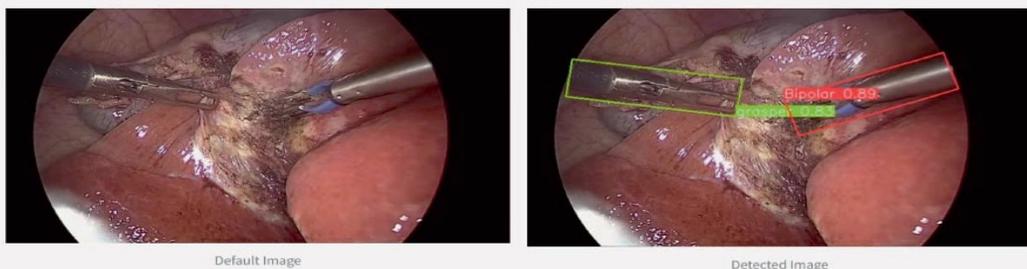
- U-net (2D / 3D CNN, Swin)
- nn-U-net (常用医学分割基线)
- *MedSAM (Prompt-driven 交互式医学分割)

- **医学影像检测** 的目标是：在影像中自动定位潜在异常区域，并判断“是否存在病灶及其大致位置”。输出通常为边界框 (Bounding Box) 或 候选区域 (Region Proposal)，而非精确像素级轮廓。
- 手术视频检测示例：手术器械检测 (Surgical Tool Detection)。



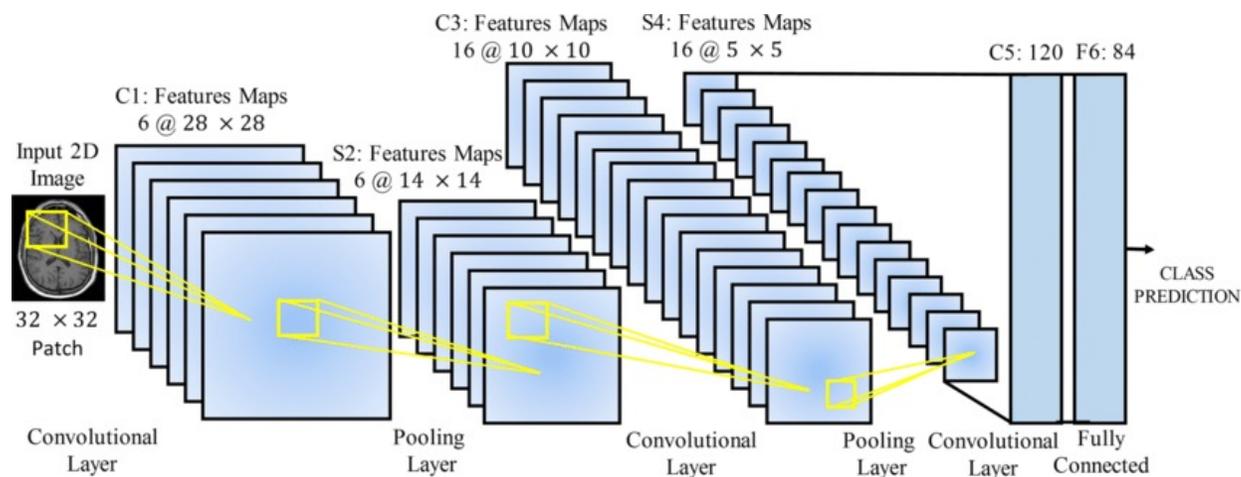
- 两阶段检测：R-CNN 系列 (高精度)
- 单阶段检测：YOLO / RetinaNet (高效率)
- 医学定制改进：
 - 多尺度特征 (FPN)
 - Hard negative mining
 - Detection → Segmentation 联合建模

Oriented Bounding Boxes Detection for Surgical Instruments in Endoscopic Videos



维度	检测	分割
输出	框 / 区域	像素级掩码
关注点	“在哪儿”	“形状多大”
标注成本	较低	较高
临床用途	筛查、提示	定量、规划

分类 / 分级 (Classification & Grading)



■ 医学影像中的 **分类** 与 **分级** 任务，
目标是：基于影像特征，对疾病类型或严重程度进行判别与量化。

➤ 疾病分类

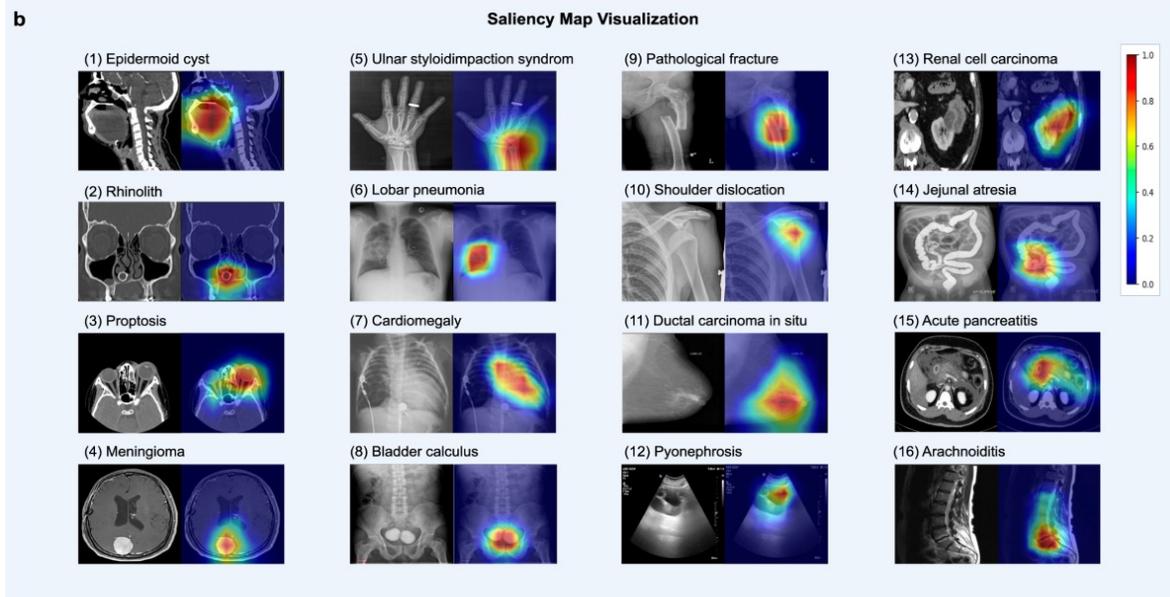
- 是否患病
- 类型判别
- 良性 / 恶性

➤ 分级 / 分期

- 肿瘤分级 (Low / High Grade)
- 疾病进展阶段 (Stage I-IV)

➤ 风险分层

- 低风险 / 高风险人群区分



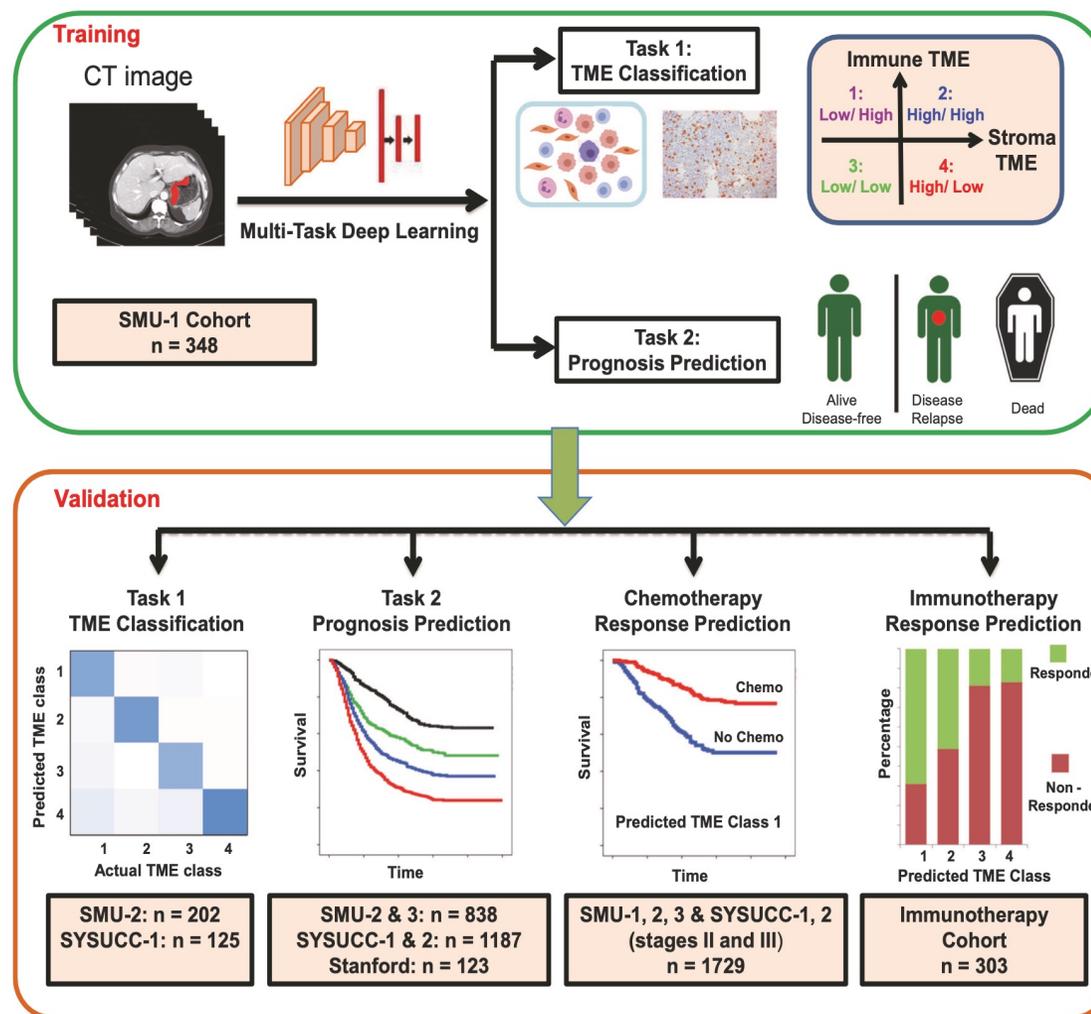
■ **预测 / 预后** 任务关注的不仅是当前状态，而是基于医学影像推断疾病的未来发展趋势与风险水平。

➤ 预测目标:

- 疾病进展风险
- 生存分析
- 复发 / 转移风险
- 治疗响应预测

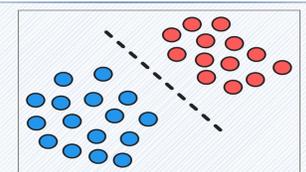
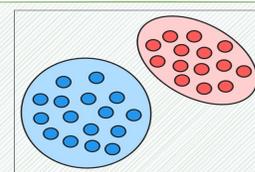
➤ 建模形式:

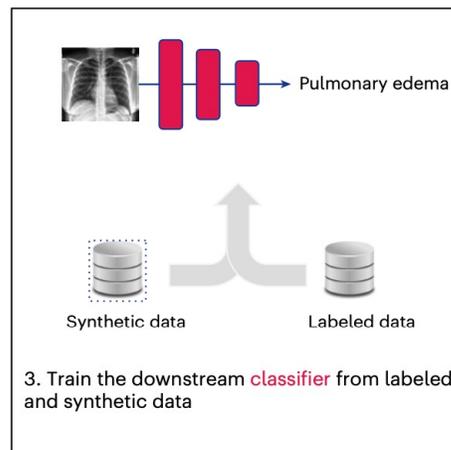
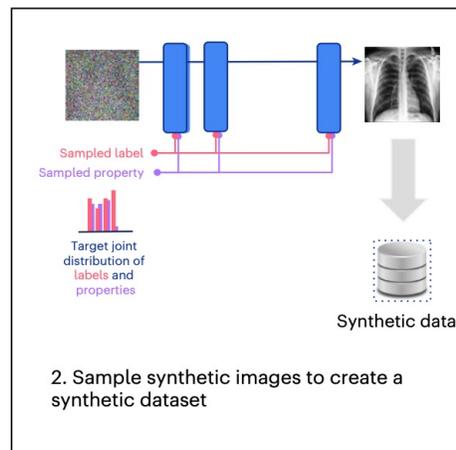
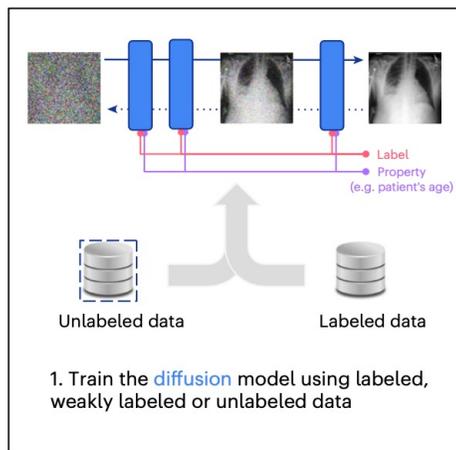
- 回归 (risk score / time-to-event)
- 分类 (高风险 vs 低风险)
- 时间序列建模 (纵向影像)



判别 vs. 生成学习

- 高准确率的 **判别模型**，并不一定理解医学影像本身，Image \rightarrow Output（无中间结构）。
- 如果模型理解影像的生成过程，是否能避免结构不合理的问题？
 - **生成学习** 尝试建模医学影像的整体分布与结构规律。
 - **生成模型** 有助于缓解小样本和跨域泛化问题。

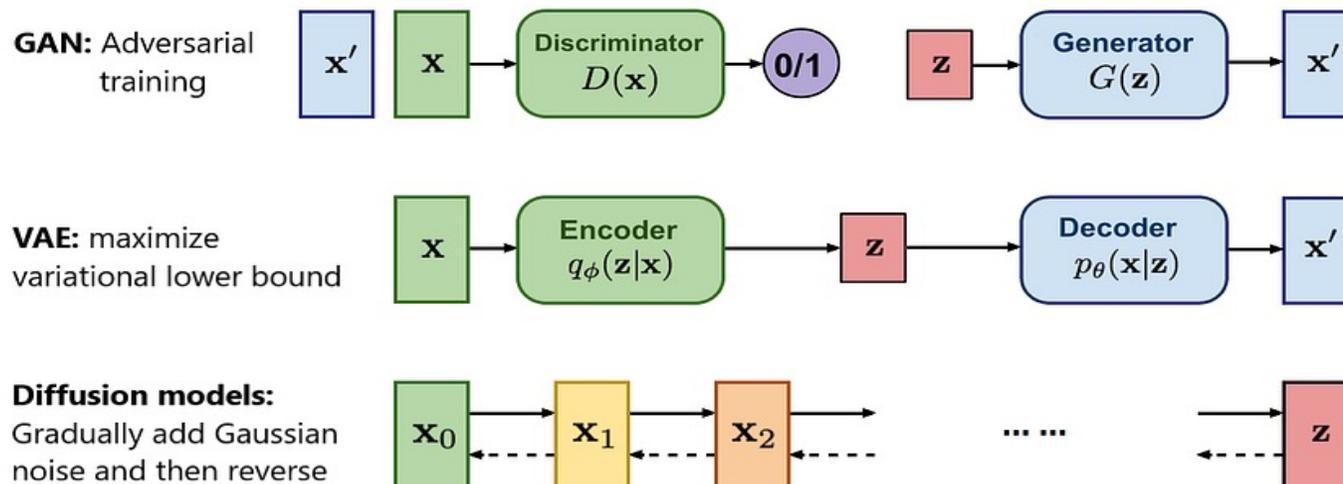
Discriminative Models	Generative Models
	
Learns the decision boundary between classes	Learns the input distribution
Maximizes the conditional probability: $P(Y X)$	Maximizes the joint probability: $P(X, Y)$
Directly estimates $P(Y X)$	Estimates $P(X Y)$ to find $P(Y X)$ using Bayes' rule
Cannot generate new data	Can generate new data
Specifically meant for classification tasks	Typically, they are NOT used to solve classification tasks
Discriminative models don't possess generative properties	Generative models possess discriminative properties



- 判别式模型
 - 分类边界
 - Learns the decision boundary
- 生成式模型
 - 数据在空间中的整体结构
 - Learns the input distribution

生成学习在医学影像中的角色

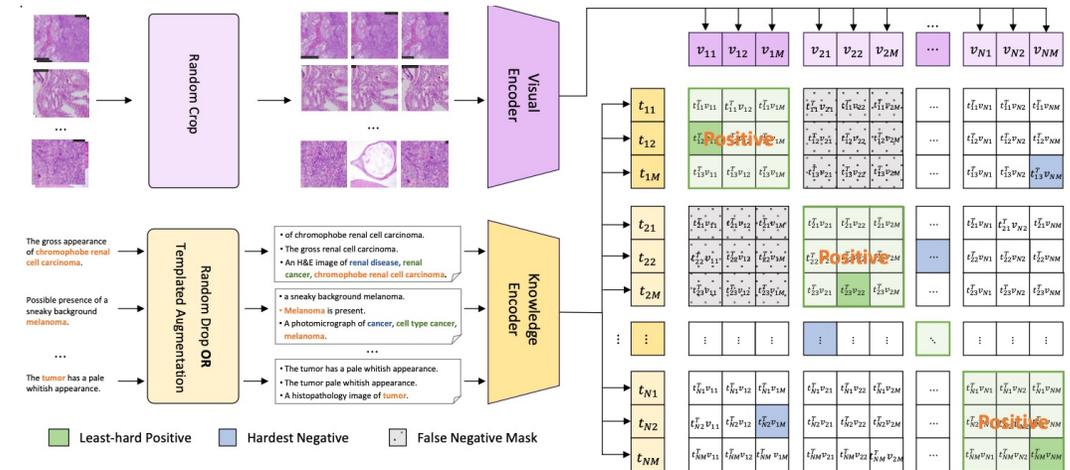
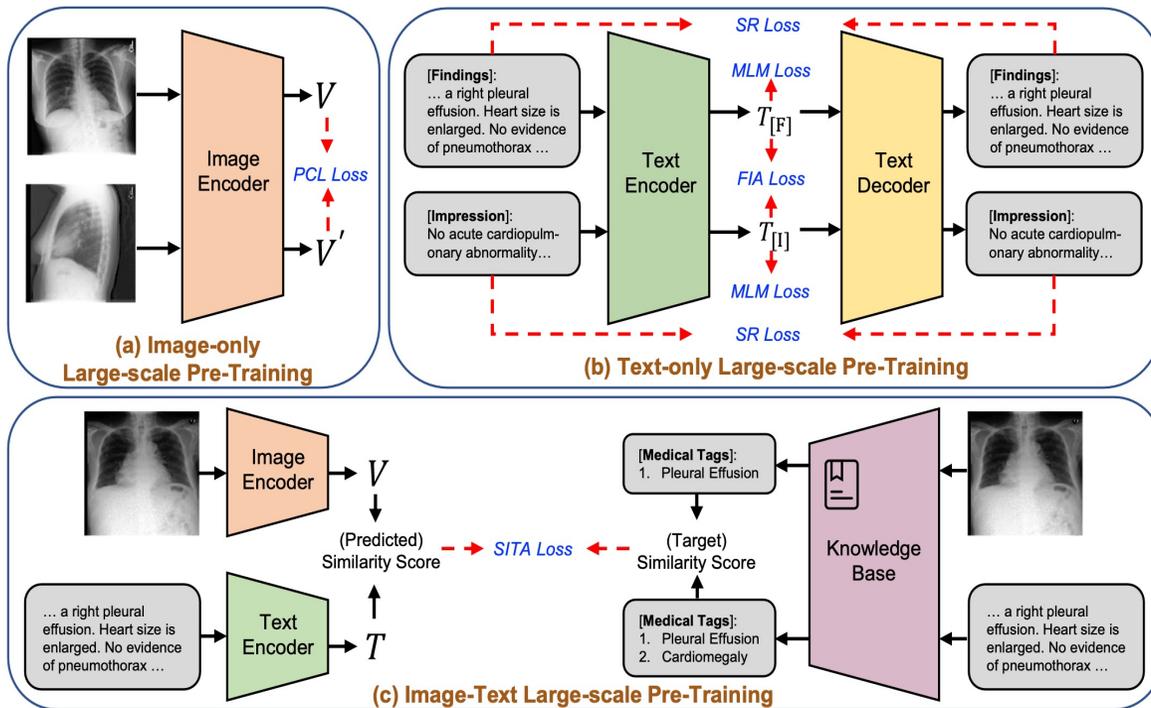
- 生成式学习尝试建模医学影像“如何产生”。生成模型常作为结构先验，辅助分类、检测和分割。
- GAN 常用于视觉合成；VAE 常用于亚型发现、表征学习；Diffusion 常用于病灶生长、进展建模。



模型	核心建模假设	“医学世界”被如何看待	“z”的形式	本质角色
GAN	存在一个映射函数	正常 \rightarrow 患者 是 一次性变换	随机噪声	生成种子
VAE	存在一个潜在结构空间	影像是从 连续流形 中采样	低维向量	结构坐标
Diffusion	存在一个生成过程	疾病是 逐步演化的过程	$(\{x_t\})$ 序列	生成过程状态

医学视觉-语言模型 (Vision-Language Models)

- 真实临床中，诊断通常依赖 影像、报告文本、医学知识等。
- **医学视觉-语言模型**将医学影像与医学文本映射到统一语义空间，实现跨模态理解与推理。



目标:

- 图像 \leftrightarrow 报告 对齐
- 视觉特征 \leftrightarrow 医学概念 对齐
- 支持: 检索、诊断、生成、问答等任务

章节目录

CONTENTS

- 01 | 从 AI 应用到 AI4Science
- 02 | 医学 AI 的核心数据形态
- 03 | AI + 医学影像：任务建模与生成学习
- 04 | AI + 生物分子与蛋白**
- 05 | 智慧医疗：AI 驱动的医疗新模式



你若安好
便是晴天



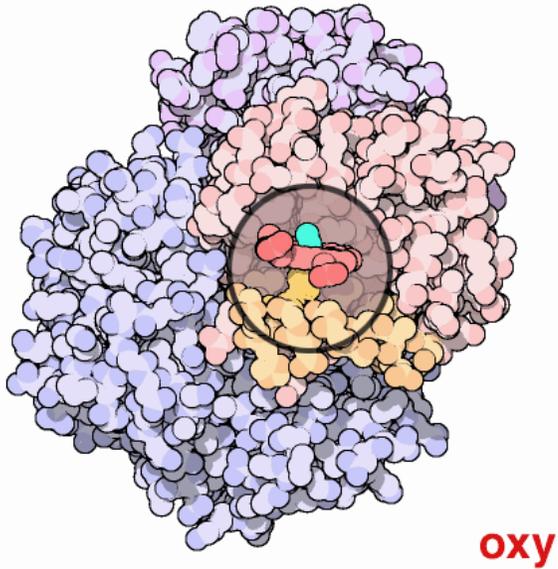
蛋白质 被低估的营养素

[人体成分占比] ⇒ 蛋白质

蛋白质的作用

- 构成各种组织、器官
- 免疫功能
- 催化作用（酶）
- 维持酸碱平衡
- 合成激素（生长激素、胰岛素）
- 维持体液渗透压
- 提供能量（三大供能物质之一）
- 运输功能（血红蛋白运输氧气，脂蛋白运输胆固醇）





oxy



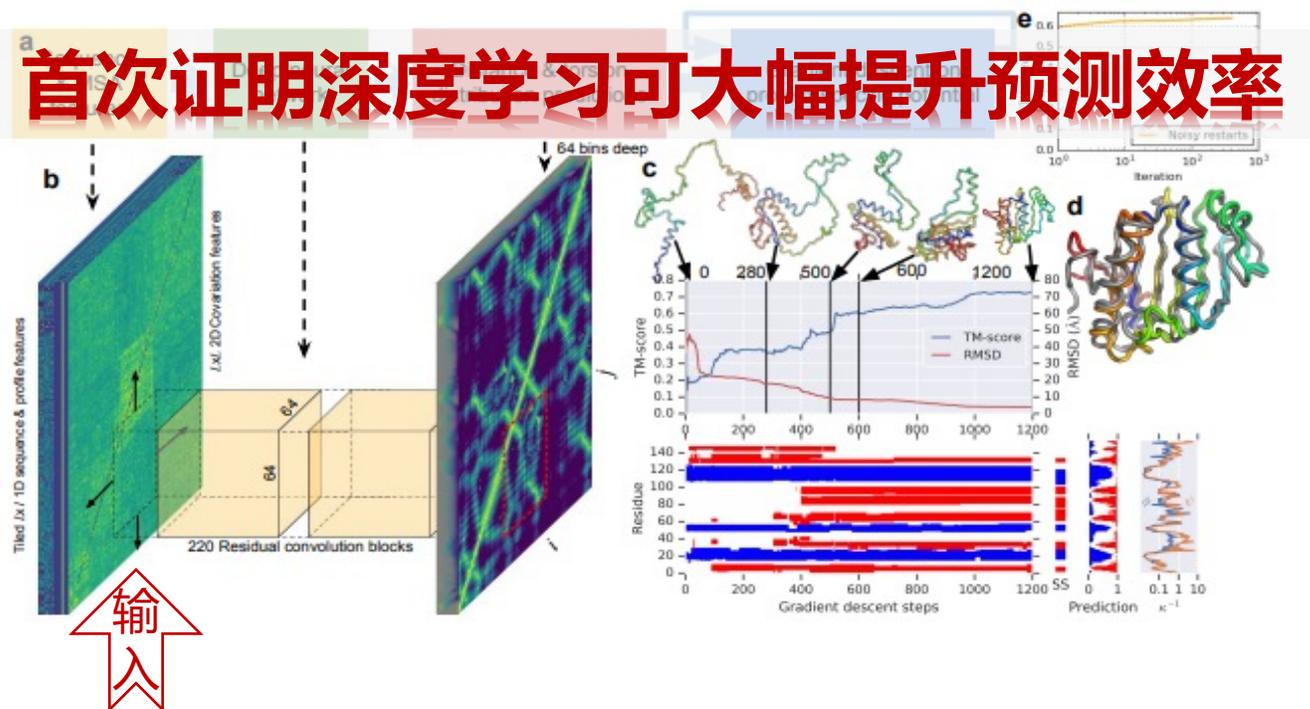
蛋白质是由氨基酸通过肽键连接而成的一类高分子化合物，是生物体内最重要的生物大分子之一。它们的基本结构单位是氨基酸，而氨基酸的种类、数目和排列顺序决定了蛋白质的一级结构（氨基酸序列）。此外，蛋白质还具有复杂的二级、三级和四级结构，这些**蛋白质结构共同决定了它的功能和特性。**



AlphaFold的技术突破

- 谷歌DeepMind自2018年起，利用生成式人工智能技术，相继推出了AlphaFold系列模型，引领蛋白质结构预测的革命。初代AlphaFold核心思想是通过**对蛋白质序列中两两残基距离的概率分布进行预测**，进而推断出蛋白质的三维结构。

首次证明深度学习可大幅提升预测效率



多序列比对特征提取：利用多序列比对信息，从每个残基对的MSA中提取特征，并将其作为深度卷积神经网络的输入之一，帮助模型更好地理解蛋白质的进化信息。

深度学习在蛋白质结构预测领域的初步尝试

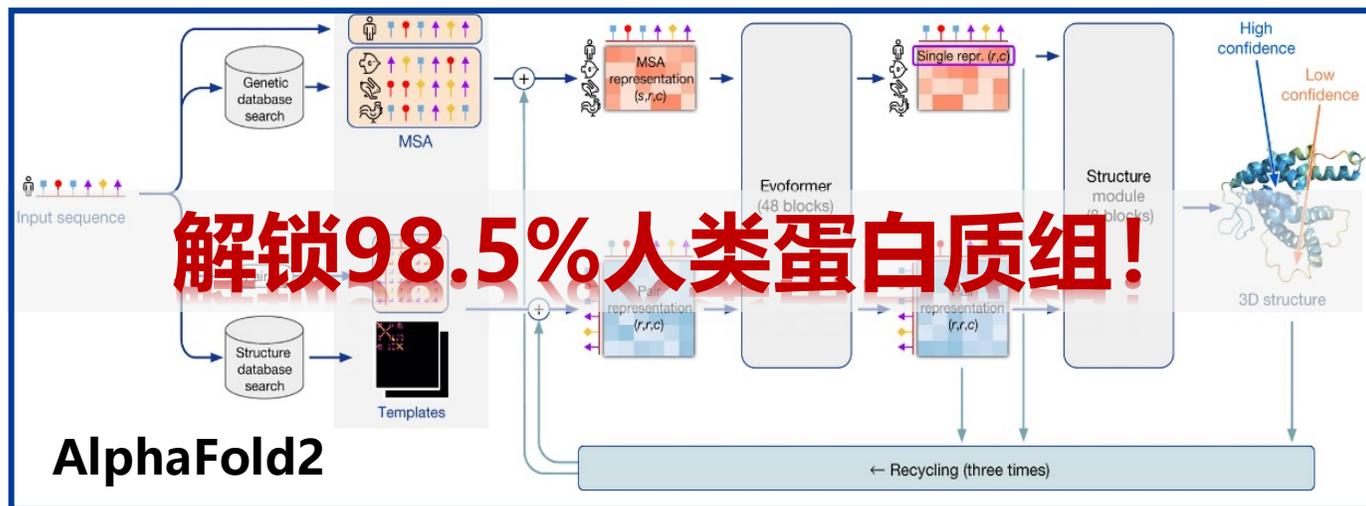
氨基酸序列：目标蛋白质的氨基酸序列（一级结构）

多序列比对 (Multiple Sequence Alignment)：通过比对目标蛋白质与同源蛋白质的序列，捕捉进化信息。

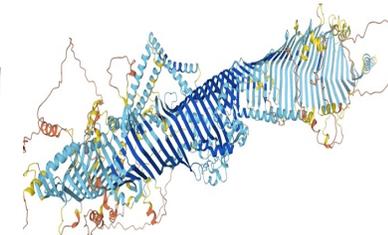
Recycling iteration 0, block 01
Secondary structure assigned from the final prediction

AlphaFold的技术突破

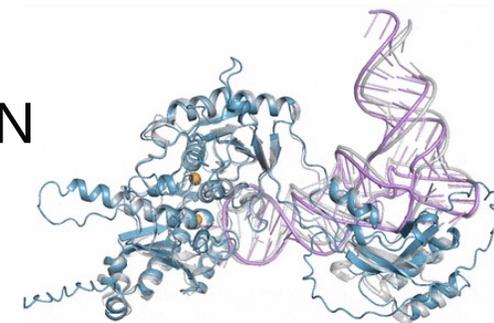
- AlphaFold2在大部分蛋白质结构预测任务中达到了**接近实验**（如 X 射线晶体学、冷冻电镜）**的精度**，AlphaFold3实现了**多分子复合物和动态结构**的高精度预测。



- ✓ MSA数据利用更充分
- ✓ 统一的Transformer架构
- ✓ 更多样化的数据



- ✦ 减少MSA处理量
- ✦ 引入扩散模块与GNN
- ✦ 近亿级数据
- ✦ 跨蒸馏技术



打开 生命的黑箱

IT WILL CHANGE EVERYTHING
AI MAKES GIGANTIC LEAP
SOLVING PROTEIN'S

DeepMind's program for detecting
of proteins stands to transform

An artificial intelligence
developed by Google
DeepMind has
managed to

DeepMind
in a

by Ewen Callaway

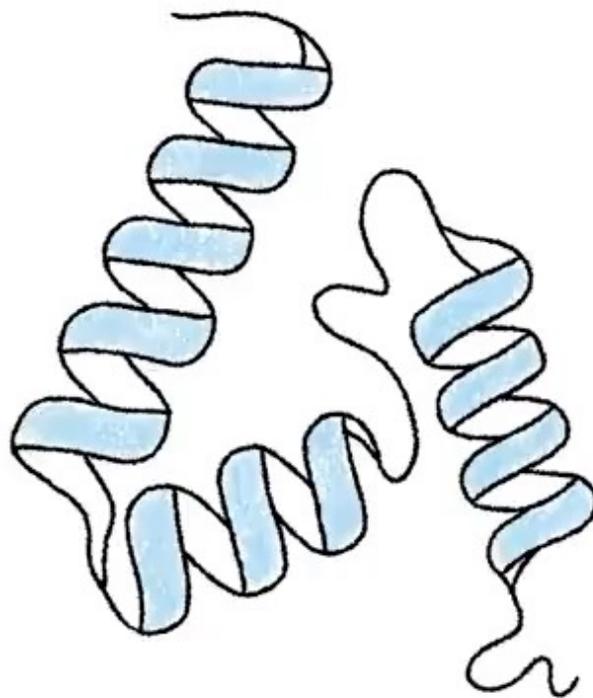
AlphaFold3 !

生老病死

即将被**颠覆**



AlphaFold的技术突破



- 药物靶点发现：预测疾病相关蛋白质结构，识别潜在药物靶点。

在药物研发中，药物与机体生物大分子的结合部位被称为**药物靶点**。



传统药物靶点发现需投入大量资金用于实验、临床试验等环节，平均成本超20亿美元。包括化合物筛选、药理研究、临床试验等多阶段的高额费用。



从靶点发现到药物上市，通常需10至15年，包括药物发现、临床前研究、临床试验等各阶段的长时间投入。



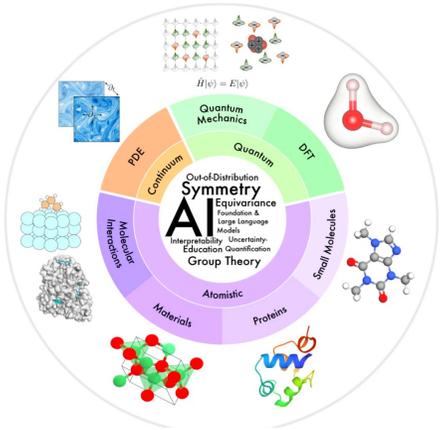
受生物分子复杂性、个体差异等因素影响，研发风险高，成功率仅约10%，许多药物在临床试验阶段失败。



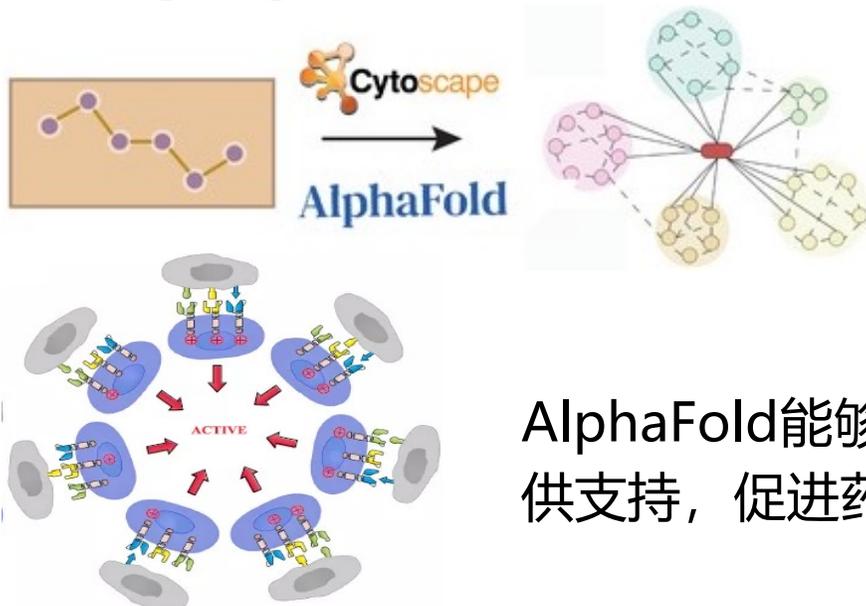
重要!

靶点发现处于整个流程的起始阶段，对后续环节有着关键的影响。**靶点发现对药物研发的方向和目标有着决定性的作用。**

■ 药物靶点发现：预测疾病相关蛋白质结构，识别潜在药物靶点。



AlphaFold预测的蛋白质三维结构可以为药物研发**提供准确的靶点信息**，指导药物分子的设计与优化，**提高药物与靶点的结合亲和力**，从而优化药物研发策略，显著提高成功率。此外，AlphaFold**大幅缩短了药物研发周期**，从传统的数年甚至数十年缩短至数月甚至数周，极大地加速了新药的发现与开发进程。



西班牙巴塞罗那自治大学使用AlphaFold预测并模拟了细菌中必需蛋白质之间的1402种相互作用，绘制了**最完整的细菌必需相互作用图谱**，为开发新的抗生素提供了潜在的靶点。

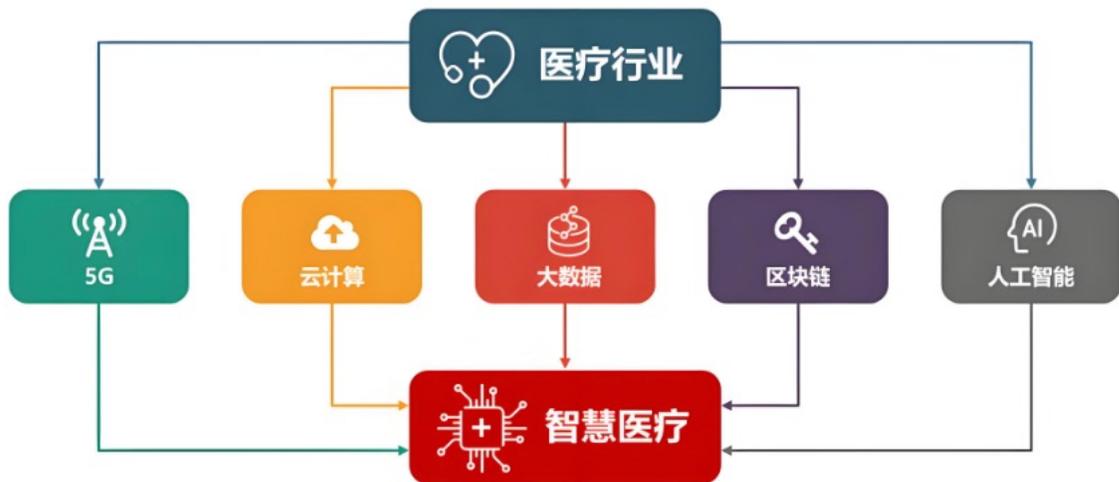
AlphaFold能够**同时预测多个蛋白质的结构和相互作用**，为多靶点药物研发提供支持，促进药物研发从单一靶点向多靶点、系统性研究的转变。

章节目录

CONTENTS

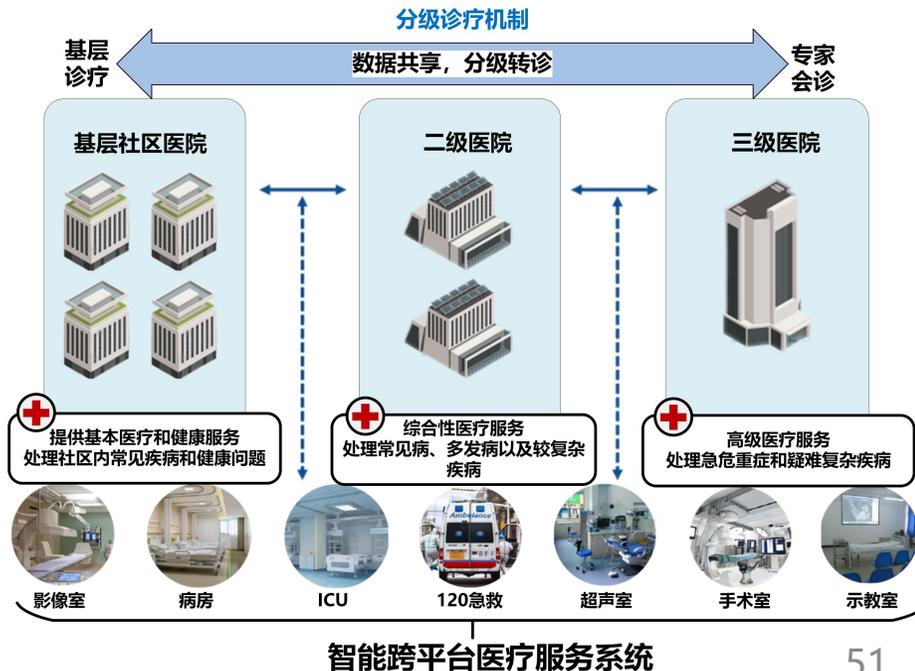
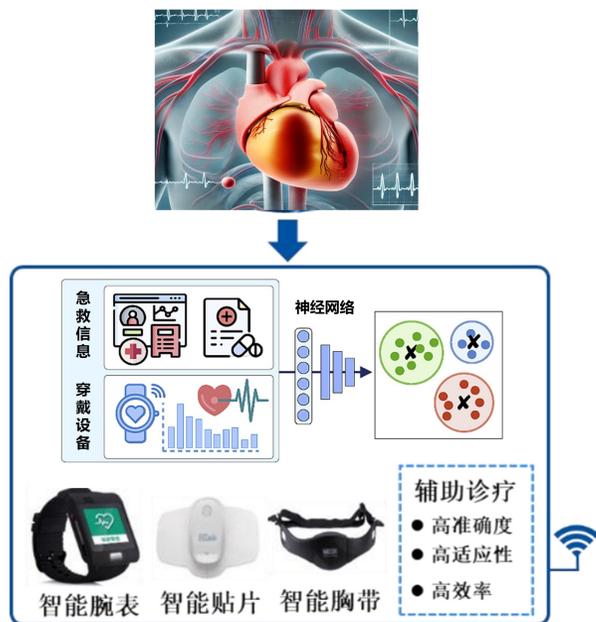
- 01 | 从 AI 应用到 AI4Science
- 02 | 医学 AI 的核心数据形态
- 03 | AI + 医学影像：任务建模与生成学习
- 04 | AI + 生物分子与蛋白
- 05 | 智慧医疗：AI 驱动的医疗新模式**



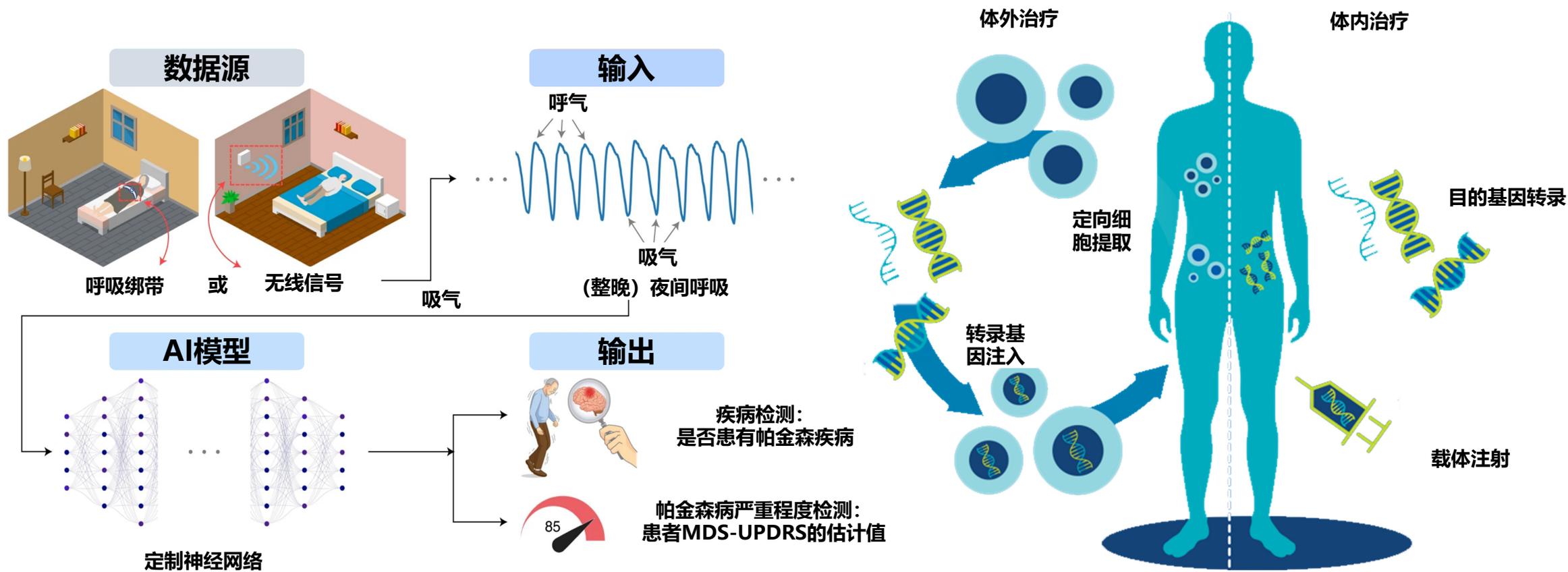


智慧医疗，又称为数字医疗或智能医疗，是指运用大数据、云计算、物联网、人工智能等现代信息技术的新型医疗服务模式。

智慧医疗**以患者数据为核心**，通过构建智能化医疗信息平台，实现**医疗机构、医务人员、医疗设备与患者之间**的互联互通，不断优化医疗资源配置，提高医疗服务效率和质量。



- 智慧医疗以多源数据为基础，以 AI 为核心，实现从“被动诊疗”到“智能预测与精准干预”的转变。

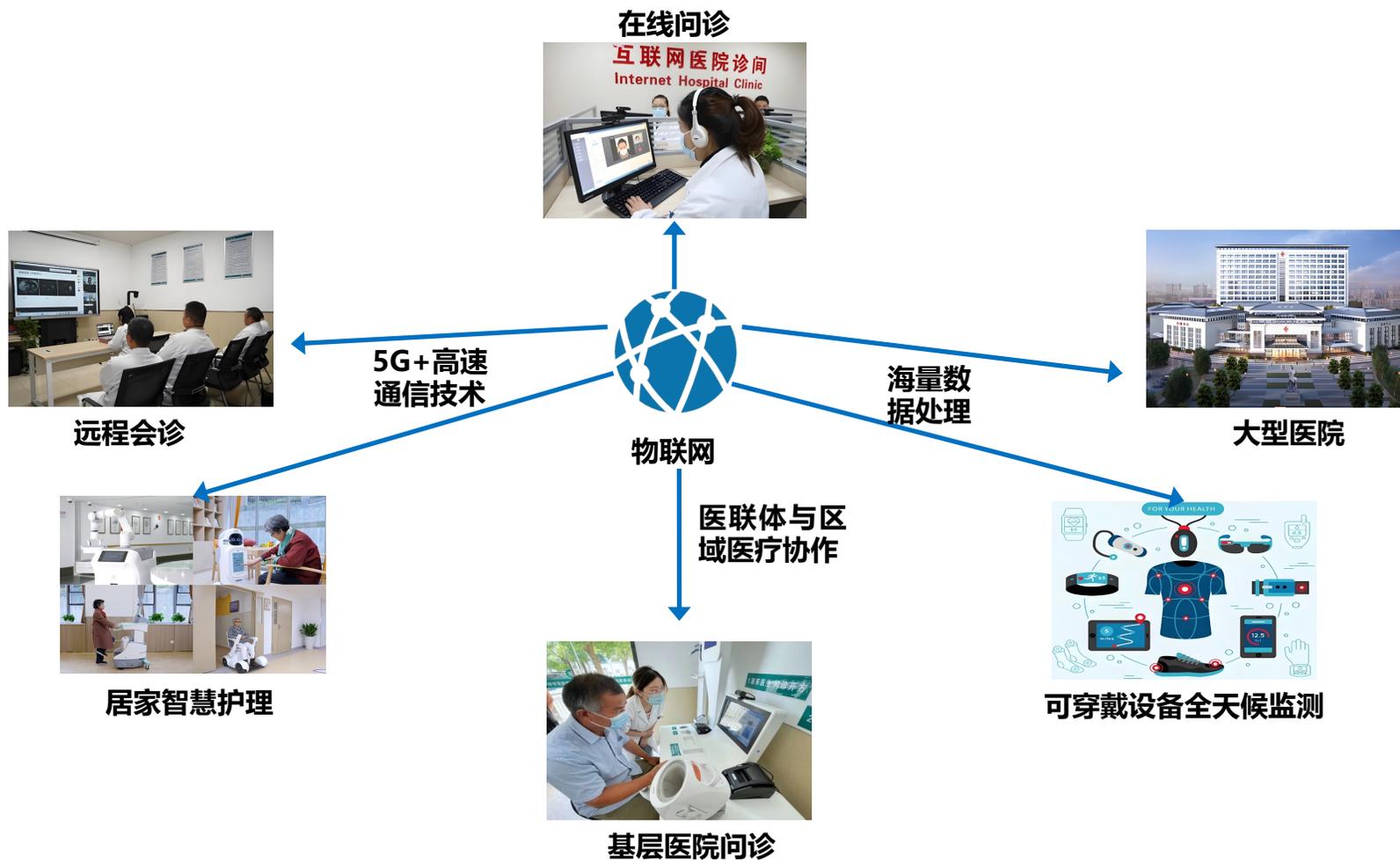


利用夜间呼吸信号检测和评估帕金森疾病

细胞与基因疗法示意图

关键技术驱动智慧医疗

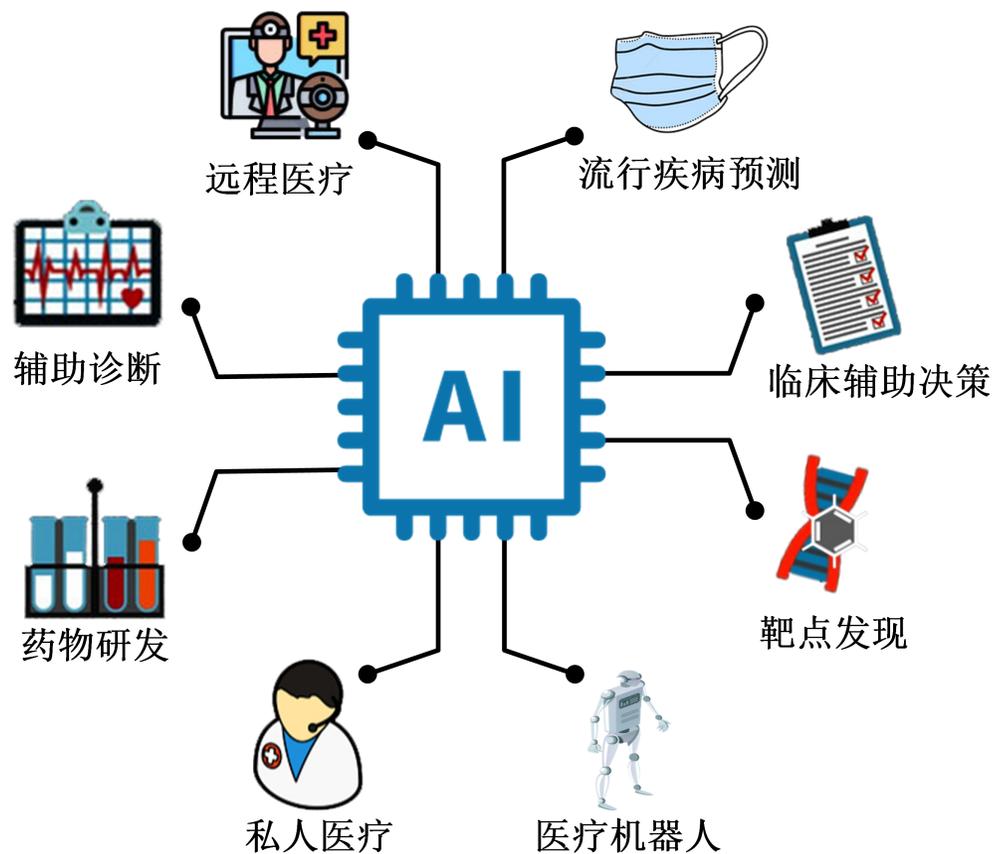
- 从物联网的应用到大数据的分析，从云计算的普及到人工智能算法的创新，每一项技术都在智慧医疗领域中发挥着至关重要的作用。



- ✓ 加持远程医疗
- ✓ 全天候监测
- ✓ 提升医院运营效率
- ✓ 改善患者护理质量

关键技术驱动智慧医疗

- AI在智慧医疗应用中的核心技术是医学AI，是一种将AI技术应用于医疗健康领域的交叉学科，旨在提高疾病诊断、治疗规划、患者管理和医学研究的效率和准确性。

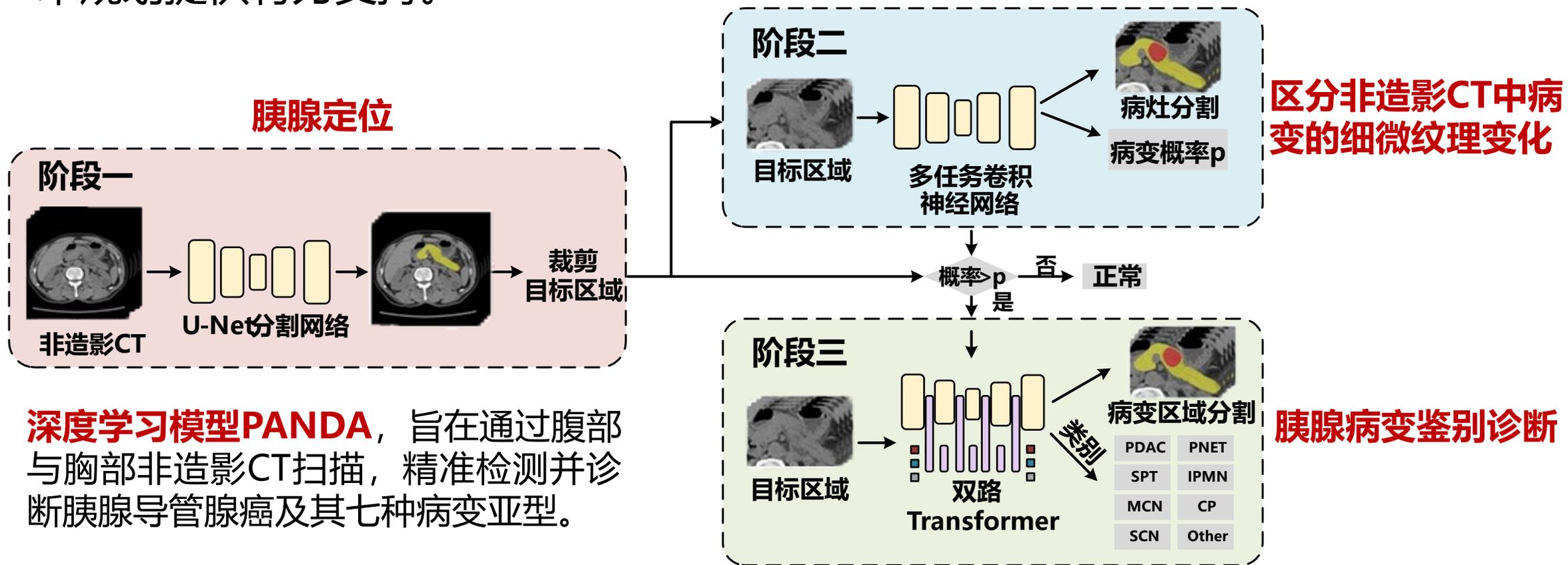


康复机器人
协助患者进行
评估及肢体
训练



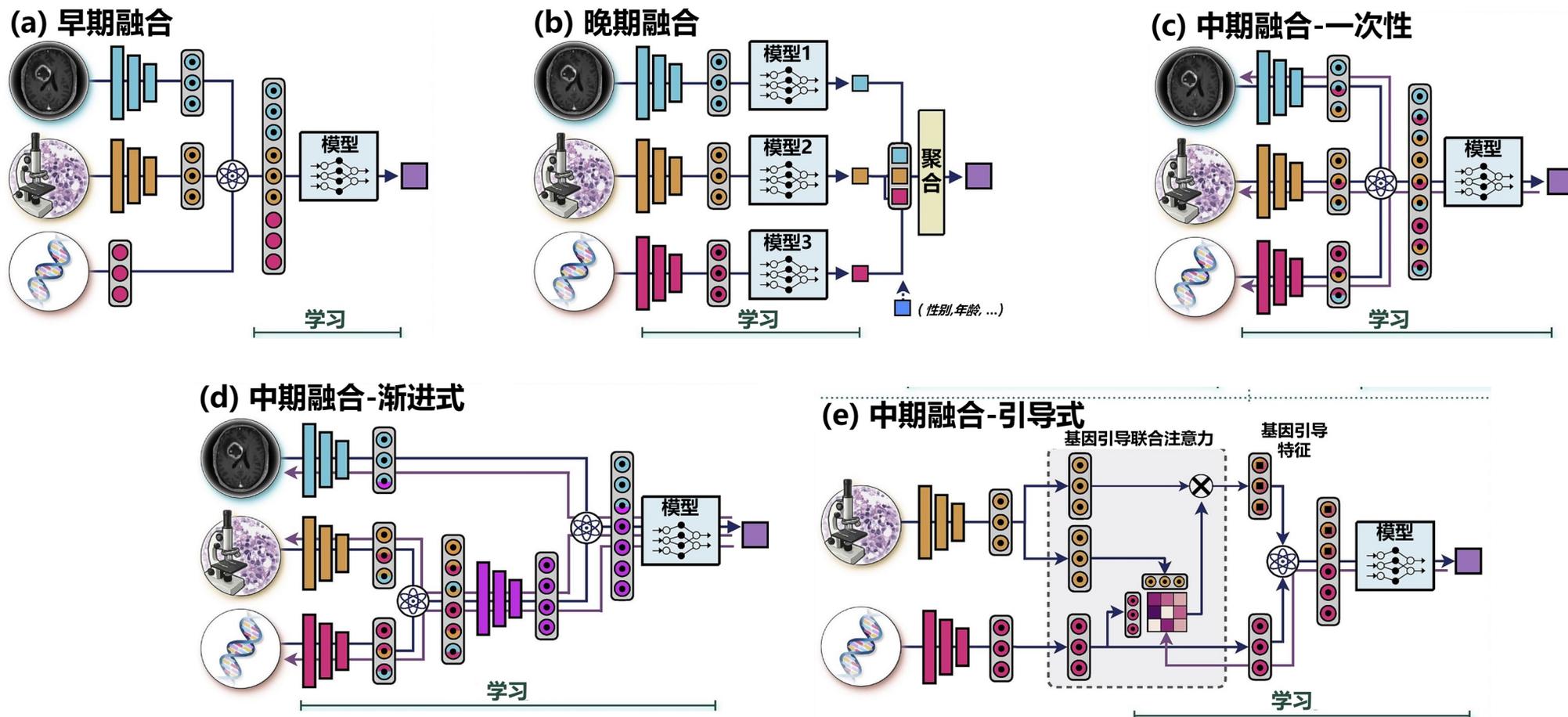
手术机器人
进行肿瘤切
割手术

- 通过人工智能算法不仅可以从复杂的医学影像中**自动分割和检测**出特定的解剖结构或病变区域，降低人为误差，还能够实现疾病的自动诊断，为后续的治疗决策和手术规划提供有力支持。

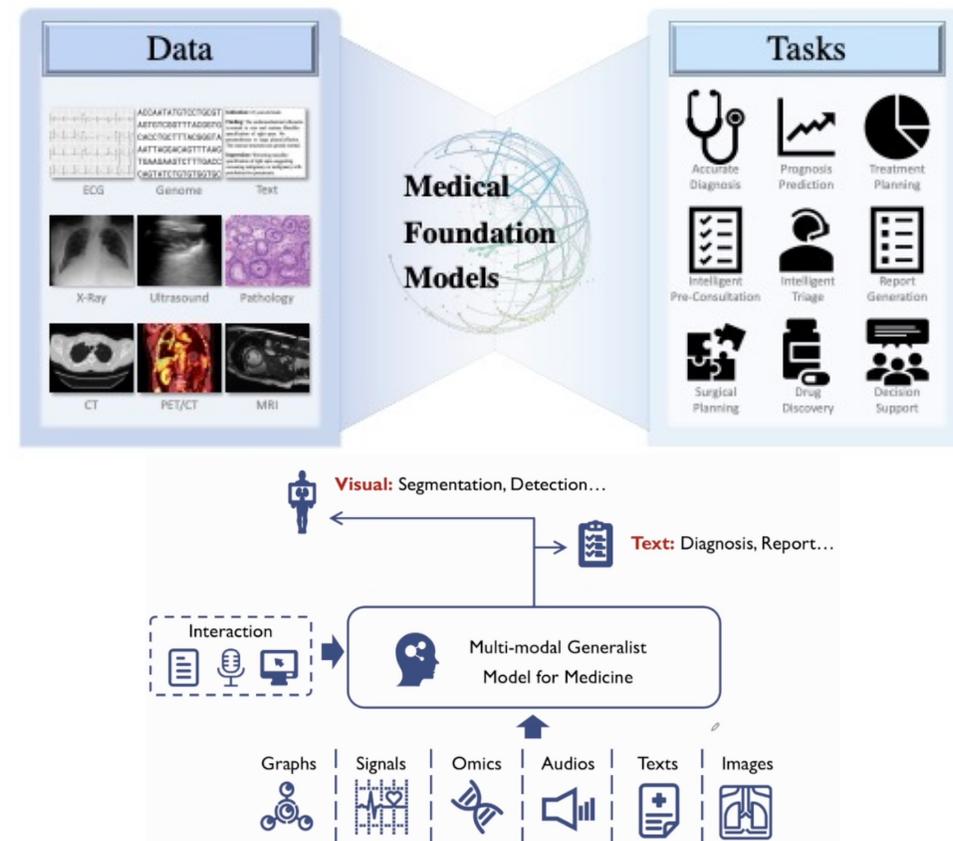


深度学习模型PANDA，旨在通过腹部与胸部非造影CT扫描，精准检测并诊断胰腺导管腺癌及其七种病变亚型。

- 由于不同的模态信息或成像技术各有其专长与局限，**多源多模态数据分析技术**能够充分利用并挖掘不同模态间的互补信息，以辅助医生做出更为科学合理的诊疗决策。



- 随着基础模型在自然语言处理及计算机视觉等领域的突破性进展，基于海量医学影像数据，面向医疗领域的**基础大模型**、**特定模态基础大模型**、**特定器官/任务基础大模型**正不断涌现。



目标：多模态通用AI医疗大模型

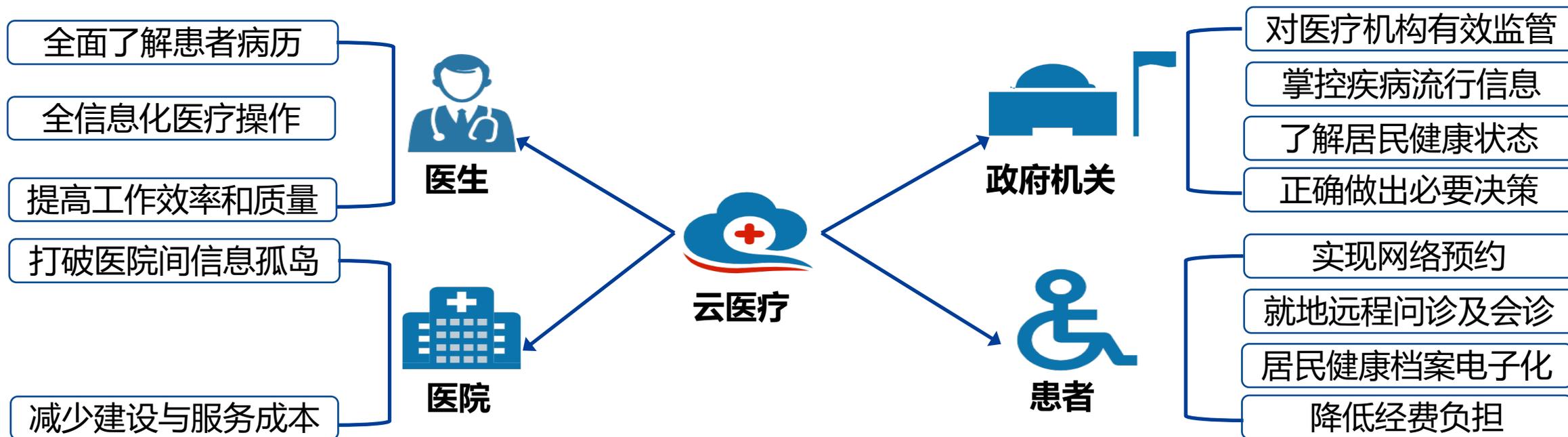
- 云计算为智慧医疗提供了强大的数据处理能力和灵活的资源分配机制。

 什么叫云计算



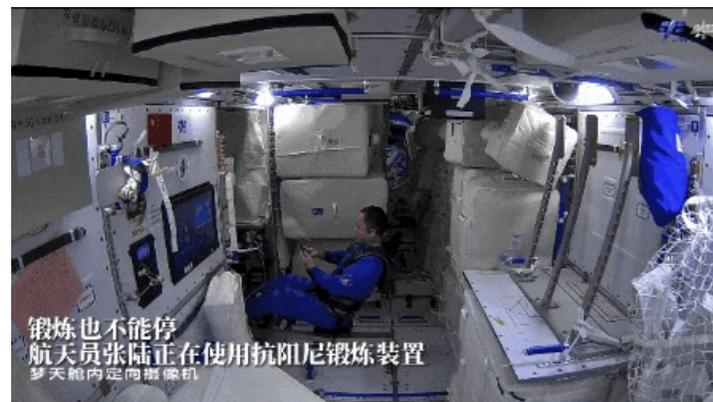
你是不是经常听到云计算这个词

- 云计算为智慧医疗提供了强大的数据处理能力和灵活的资源分配机制。

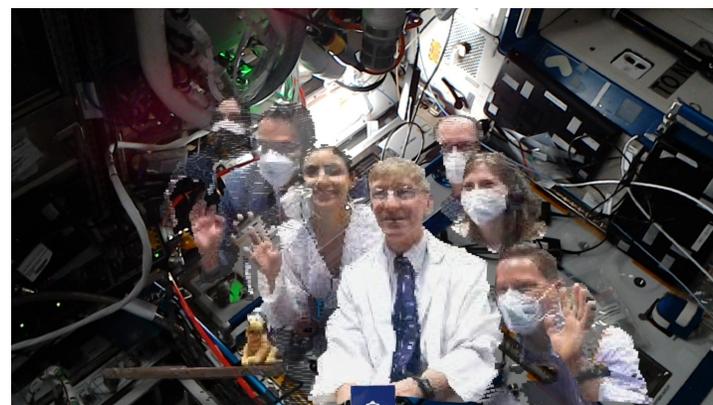


案例

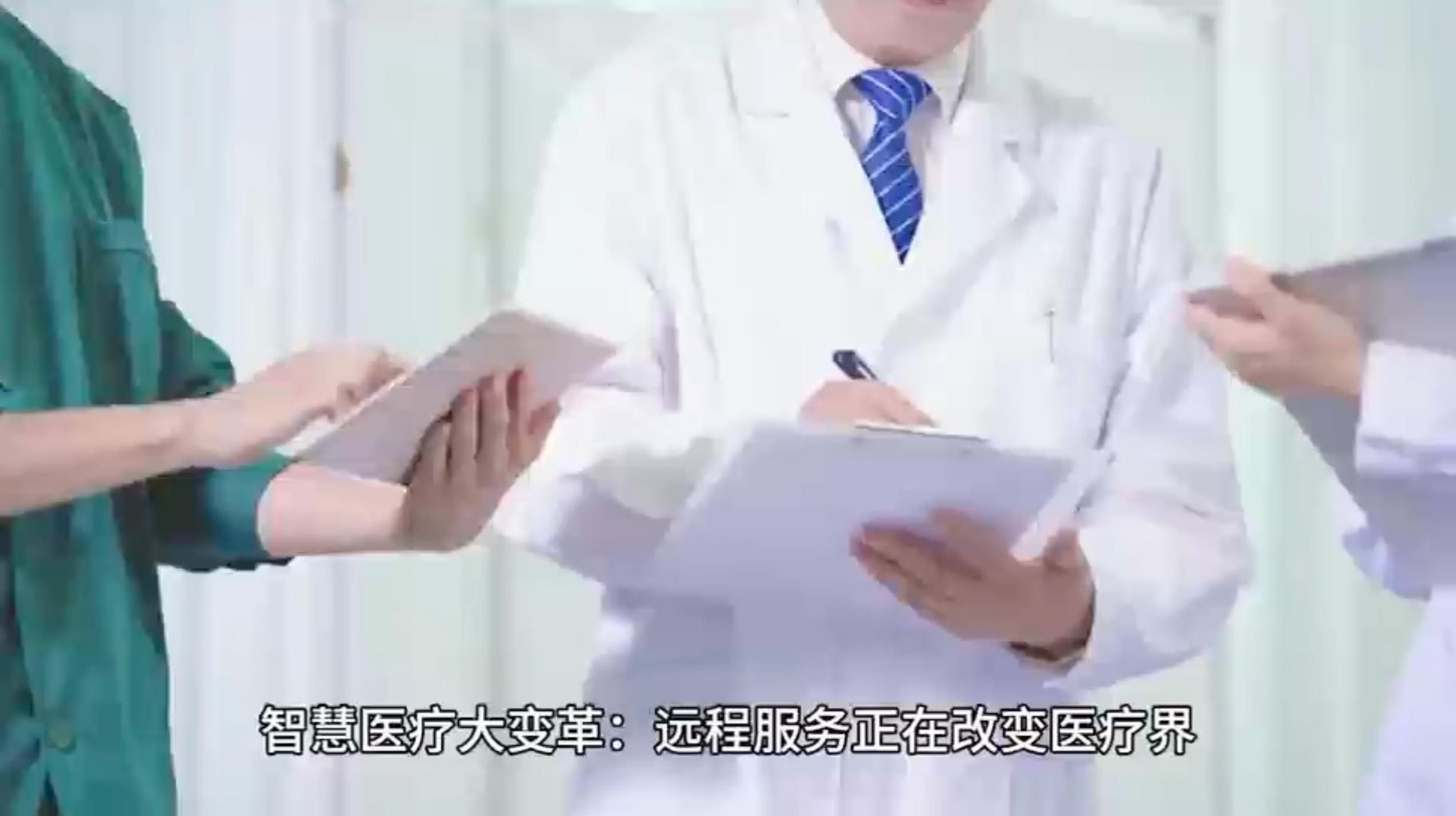
AWS HealthLake为医疗机构提供个人和患者群体健康数据的完整视图，能够将医疗报告或患者记录等大量健康数据从本地系统导入到安全、合规且按使用量付费的云端平台，还可以帮助客户利用自然语言处理模型提取有意义的医疗信息。



2016年10月19日下午4时, 神十一航天员景海鹏、陈冬通在天宫二号空间实验室内过天地远程医疗会诊系统, 与解放军301医院远程医学中心成功实现了太空与地球的星际级“远程会诊”。

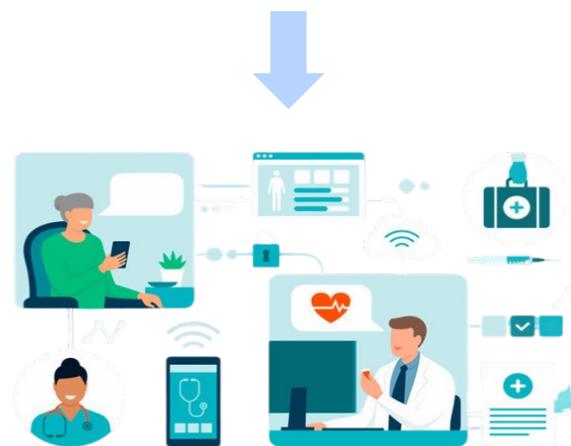
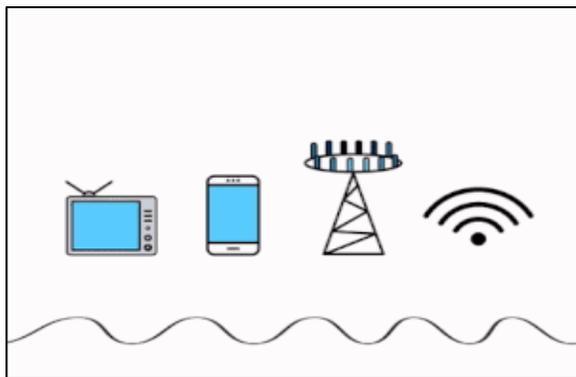


在2021年10月, 美国航天局NASA利用微软HoloLens的全息力量来为外太空的宇航员提供医疗服务。



智慧医疗大变革：远程服务正在改变医疗界

- 基于信息技术与通信手段，**打破时空限制**，实现远程诊断、远程会诊及护理、远程手术等，促进医疗资源分布式交互，提升医疗服务效率，改善医疗服务。



同步远程医疗

5G远程手术：借助5G低时延、高带宽特性，实现远程精准手术操作。

视频会诊：多地专家通过视频实时交流，为复杂病例提供会诊意见。



异步远程医疗

医学影像云诊断：医生可随时随地通过云端调阅影像，进行诊断。

电子病历共享：不同医疗机构间共享电子病历，便于患者转诊和连续治疗。

- 从2019年成功完的全球首例远程机器人骨科手术，到2022年横跨5000公里5G机器人辅助腹腔镜手术，再到2024年6月实现的跨亚欧大陆“全球最远距离”远程前列腺癌根治手术，**5G通信技术**功不可没。



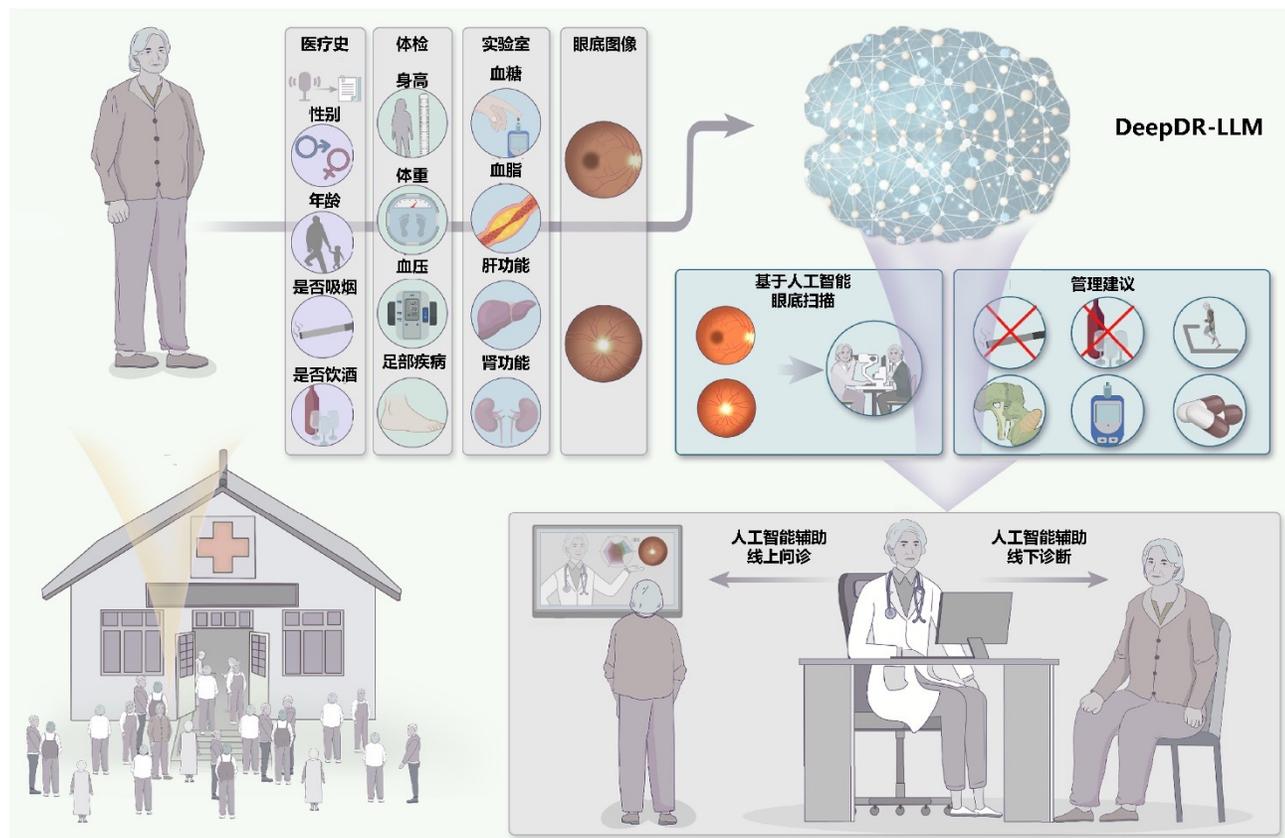
2022年，我国首次完成横跨5000公里5G机器人辅助腹腔镜手术



2024年，我国首次完成双向通讯距离超2万公里远程外科机器人手术



- 远程医疗平台能够跨越地域限制，实时或异步地处理来自不同地区、不同医疗机构的患者数据。借助人工智能系统的整合能力，专家可以远程查阅患者病历，**利用AI辅助进行临床数据分析**，为患者提供精准的诊断建议和治疗方案。



远程医疗+人工智能大模型：
全球首个糖尿病诊疗多模态大模型
DeepDR-LLM，**治“糖”有新解**

- ✓ 医学影像诊断与诊疗意见的多模态生成
- ✓ 糖尿病视网膜病变辅助诊断
- ✓ 个性化糖尿病综合管理意见
- ✓ 一站式多模态诊疗意见集成

- 在线问诊是通过互联网平台，患者与医生进行远程交流，医生根据患者的描述进行初步诊断，并提供建议、处方或转诊等进一步治疗方案的一种医疗服务方式，**是远程医疗的一种重要形式。**



轻问诊

AI预问诊：通过症状自查，初步判断病情，引导患者就医。

智能客服：解答常见问题，提供医疗建议，减轻医生负担。

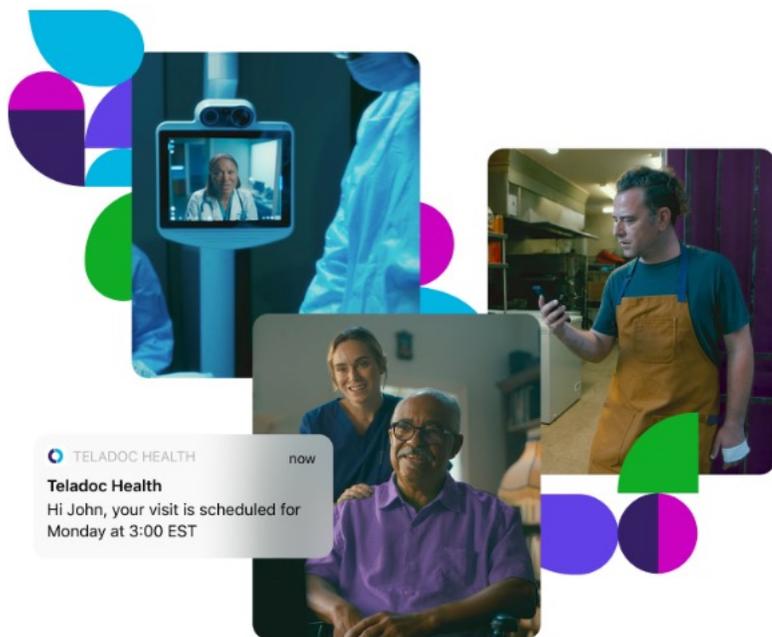


深度问诊

视频问诊：医生与患者实时视频交流，进行详细诊断。

电子处方：医生根据诊断结果开具电子处方，患者在线购药。

混合云部署 (AWS + 私有云)



TelaDoc Health AI分诊系统可减少70%无效问诊，提升问诊效率

NLP服务：症状-疾病匹配

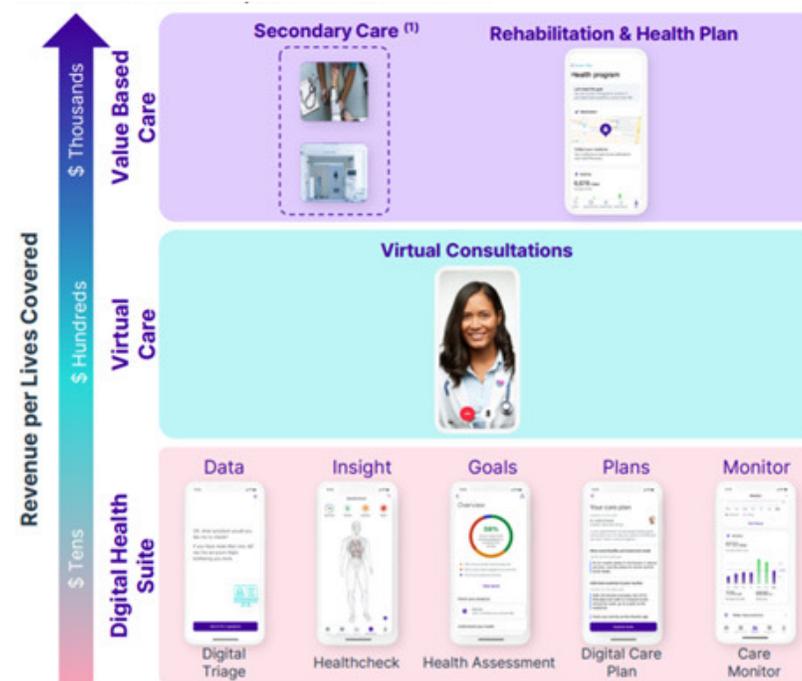
时序数据分析

AI辅助决策

医疗知识图谱

实时音视频通信

基于强化学习的动态问诊路径优化



Babylon Health与英国NHS合作，提供在线问诊服务，平均每五秒钟就与一名成员进行一次互动

AI药物研发

医疗手术机器人

医疗手术机器人



医学 AI 研究

- **医学基础模型**：多模态统一建模；可迁移、可泛化；服务多种临床任务
- **可解释+可验证AI**：不仅准，还要可信；可追溯的决策依据；与临床知识一致
- **AI4Science+医学**：用 AI 发现新机制；模拟疾病进展；发现新生物标志物



智慧医疗应用

- **医学 AI (智能决策)**：疾病检测/分型/预测；影像+文本+生理信号；支持精准医疗
- **医疗机器人 (智能执行)**：手术机器人；介入机器人；康复机器人；自动操作+精准控制
- **远程医疗 (智能连接)**：远程诊断；居家健康监测；可穿戴设备；云端 AI 分析