

# 智能环境下大健康产业发展趋势与创新模式

---

北京大学 信息工程学院

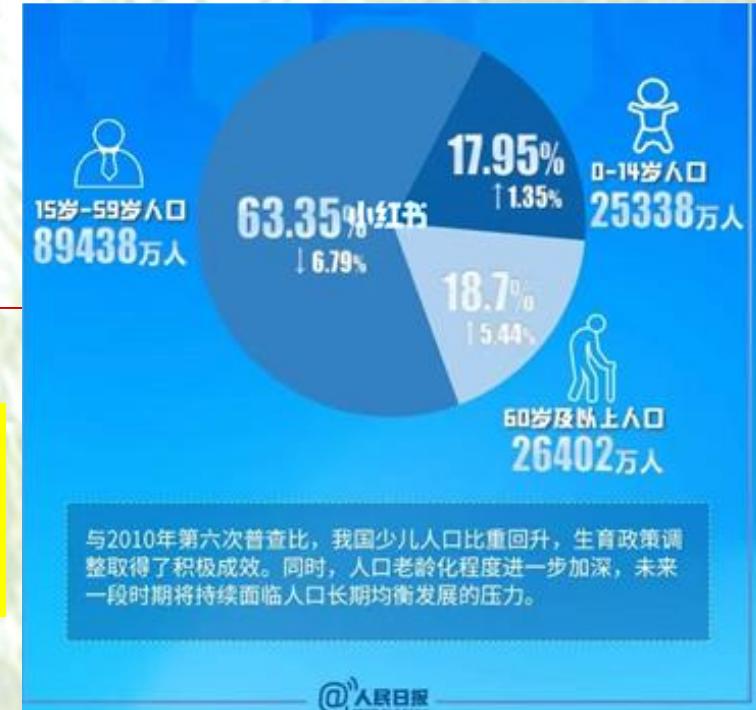
朱跃生

2022年12月

北京大学

# 中国人口/健康医疗现状

国家统计局公布的第七次全国人口普查主要数据显示，我国60岁及以上人口2.64亿，占18.7%；65岁及以上人口1.9亿，占13.5%。



- 我国老年人口和慢性病人剧增
- 传统的医疗资源服务方式无法做到即时跟踪每个病人的身体健康基本状况
- 目前急救系统仅仅是被动式救护，不能提供主动预警救助，没有建立动态的生命健康特征健康数据库，急救时难于采用最佳的救护方案



中国高血压人口有 1.6 — 1.7 亿人

高血脂的有 1 亿多人

糖尿病患者达到 9240 万人

超重或者肥胖症 7000 万人— 2 亿人

血脂异常的 1.6 亿人

脂肪肝患者 1.2 亿人

平均每 30 秒就有一个人罹患癌症

平均每 30 秒就有一个人罹患糖尿病

平均每 30 秒，至少有一个人死于心脑血管疾病

数字化/信息化/网络化/智能化 发展

# 融合先进信息技术的万物互联智能生态环境

- 物联网 (IoT)
- 移动计算 Mobile Communication & Computing
- 人工智能 (AI)
- 区块链 (Block Chain)
- 云计算 (Cloud)
- 大数据 (Data Science)
- 边缘计算 (Edge Computing)
- 扩展现实 (XR, Extended Reality)
- 信息安全 (Security)

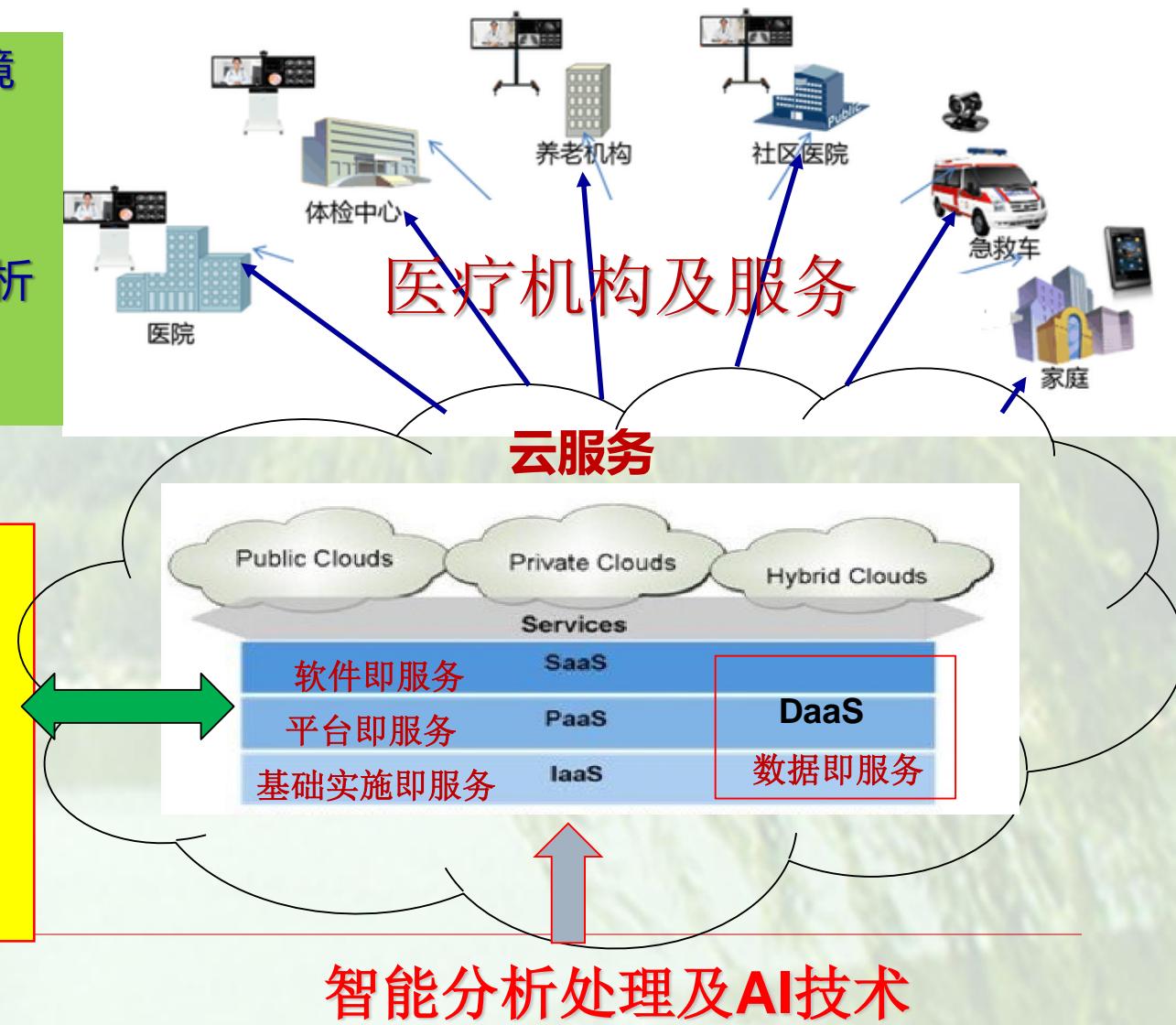
I M A B C D E X S

# “网络+” “智能+” 赋能于医疗健康行业

- 存储、访问和计算环境
- 提供云服务
- 挖掘价值信息/预测分析
- 决策和服务



- 医疗健康信息平台
- 医疗影像云平台
- 医疗远程诊断及会诊平台
- 医疗远程监护平台
- 医疗教育平台



# 宽带网络（含5G）应用场景：远程及急救医学



患者端

音视频信号  
力反馈信号



5G基站

核心网



医生端

音视频信号  
控制信号



5G基站



病情诊断  
及处理

生命体征及位置信息监控



数据上传

远程监护中心



患者用户



5G基站



急救车

直升机救援

无人机巡逻



互联网医疗健康产业联盟  
INTERNET HEALTH CARE INDUSTRY ALLIANCE

# AI及网络赋能智慧医疗保健应用发展

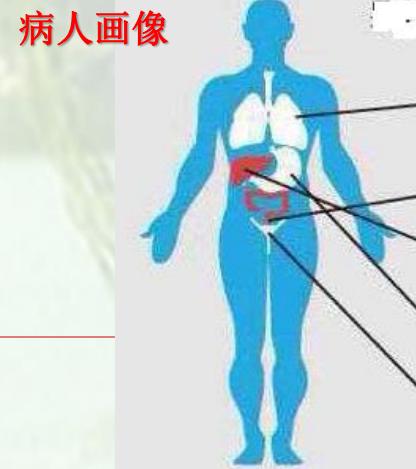
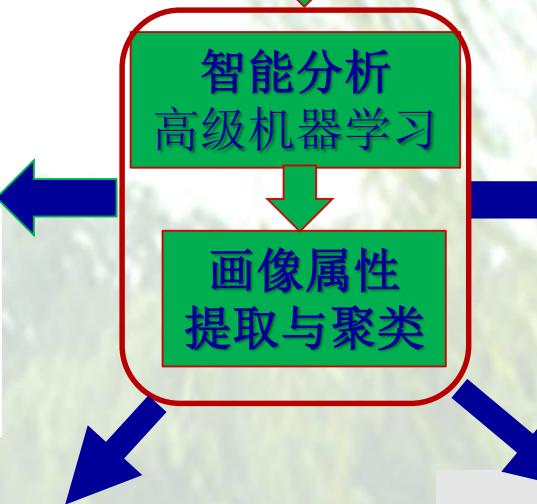
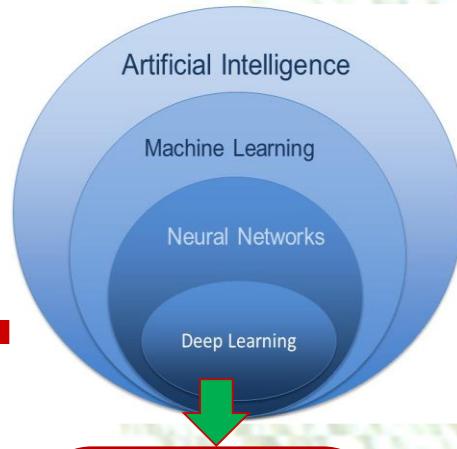
- 利用传感设备及网络技术，通过感知、识别、以及网络连接
- 物物相连：物与事件进行通信和信息交换
- 利用智能技术，实现智能化识别、定位、分析、处理、跟踪、监控和安全管理

- 生命体征监护
- 医闹报警
- 医疗仪器监控
- 药品监管
- 医疗物流
- 康复设备



- 远程会诊
- 远程监护
- 远程求医
- 移动急救
- 移动医疗
- 移动智慧医院管理

# 利用人工智能提升健康 大数据特征分析提取能力



个人识别  
重要器官  
家族病史  
医疗条件  
药物  
过敏源  
免疫  
饮食习惯/限制  
基因组数据  
生命体征  
亲属  
经济条件  
职业

# 健康大数据的特殊性 (除含大数据5 V 共性特点外)

## ➤ 多态

医生对患者的描述具有主观性，难以达到标准化

## ➤ 时效

数据仅在一段时间内有用

## ➤ 不完整

患者状态描述的偏差和缺失

## ➤ 冗余

医疗数据存在大量重复或无关信息

## ➤ 隐私

医疗健康数据具有高度隐私信息

## ➤ 持续

需长时间的健康数据积累，才能准确预测某种疾病诊疗

**多态:** 对患者的描述具有主观性, 难以达到标准化

**时效:** 数据仅在一段时间内有用

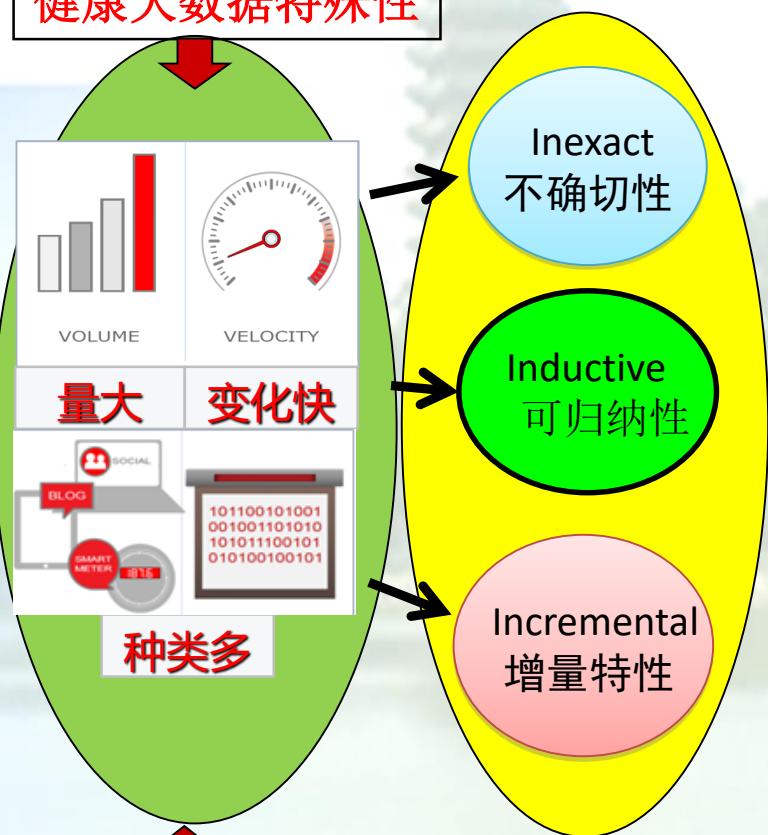
**不完整:** 患者状态描述的偏差和缺失

**冗余:** 医疗数据存在大量重复或无关信息

**隐私:** 医疗健康数据具有高度隐私信息

**持续:** 需长时间的健康数据积累, 才能准确预测某种疾病诊疗

### 健康大数据特殊性



### 智能数据分析挖掘

AI

疾病基本特征

医疗/药/机构间关联

脱机大数据分析/实时动态判决

精确预测趋势

客观特点

# 健康大数据与智能分析

# AI医疗

## 将人工智能技术及大数据服务应用于医疗行业

### 人工智能技术在医疗领域应用



智慧医疗/精准医疗



# 智慧医疗：健康大数据智能分析

## ➤ 健康大数据

信息化医疗数据

医疗研究数据

病人特征数据

移动设备/社交网络和传感器产生的医疗健康相关数据

## ➤ 智能分析

利用大数据智能分析技术可从中发现潜在的关系，特点及规律

- 提高诊断精度、预测治疗效果、降低医疗成本
- 发现潜在的药物不良反应
- 及时发现潜在流行病。
- 药物副作用评估、治疗预测
- 辅助诊断与个性化治疗提供决策依据

# 区块链在金融行业应用

类型	政府	金融	工业	医疗	法律	版权
价值转移		数字票据 跨境支付 应收账款 供应链金融	能源交易	医疗保险		
存证	电子发票 电子证照 精准扶贫	现钞冠字号 溯源 供应链金融	防伪溯源	电子病历 药品追溯	公证 电子存证 网络仲裁	版权确权
授权管理	政府数据 共享	征信		健康数据 共享		版权管理

# 区块链运用



医疗区块链

## ➤ 采用密码学方法保证数据不可能被篡改

### ➤ 区块

记录一段时间内发生的事件和状态结果，对当前记录状态的一次共识

### ➤ 链

将一个个区块按照发生顺序串联而成，是整个状态变化的日志记录

## ➤ 采用共识算法对新增数据达成共识

✓ 利用散列方法 (hashing) 对交易加上时间戳 (timestamps)

✓ 将它们合并入一不断延伸的工作量证明 (proof-of-work) 链条作为事务历史记录，具不可更改特性

➤ 电子病历 (EMR)

➤ 药品防伪

➤ 电子健康档案 (EHR)

➤ 药品监管

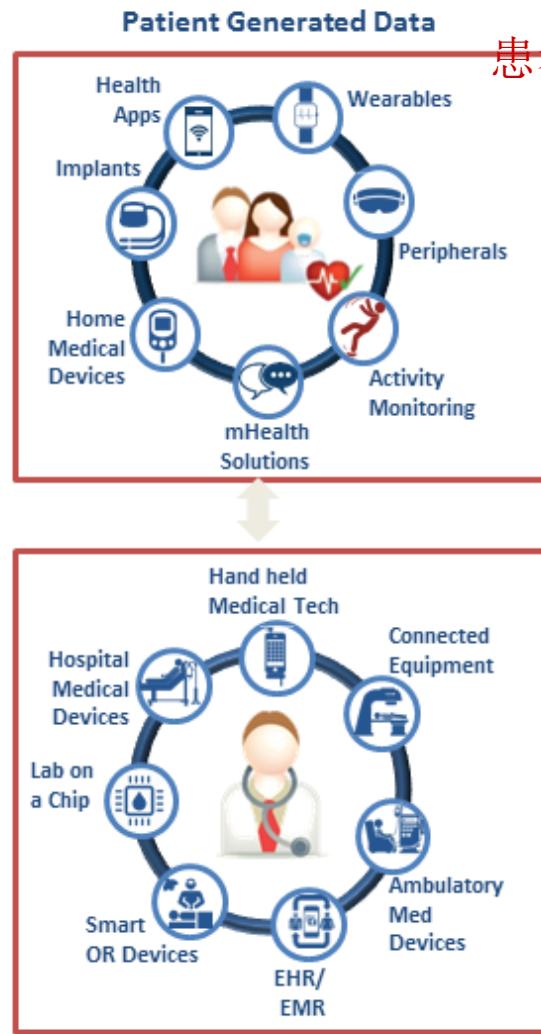
➤ 医疗配送

➤ 个人医疗记录 (PHR)

安全性/共享性/互操作性  
/真实性/实时性

	EMR	EHR	PHR
目的	医疗质量控制	信息共享、公共卫生	健康管理
信息归属	医院	政府管理机构	个人-信息拥有者
信息内容	与医疗有关的信息	医疗信息、公共卫生信息	医疗信息、个人健康信息
信息控制者	医疗服务提供者（医院）或管理机构决定存放那些信息	医疗管理机构和政府部门决定存放那些信息	个人决定存放那些信息，并且决定谁可以访问那些数据
信息访问	临床医生或医务人员在医生办公室作为医疗工作的一部分访问EMR	医生或医务人员（医院）和政府有关管理部门（疾控中心等）	只有得到信息拥有者的同意才可以访问PHR（紧急状态例外）
信息来源	医院	医院和医疗机构	医院、医疗机构和个人
信息使用者	医院内的临床医生或医务人员	医生或公共卫生医务人员	个人、授权医生或医务人员
信息维护者	医院	政府有关部门	个人

# Blockchain Technology – Promising Use Cases for Healthcare Industry



- Stores different types of health data (e.g., images, genomics, and lab reports).
  - Consists structured and unstructured data
  - Information is encrypted and digitally signed
- Data lakes**
- 
- 数据湖
- Indexing
- Encryption & Digital Sign
- Decryption & Authenticate Digital Sign
- 区块链
- Consists a complete indexed history, patient's unique identifier, and an encrypted link to health record.
  - Each record is time stamped.
  - All patient records (historical) are together and stay with the patient.
  - Patient has control over the permissions on whom to share with.

Blockchain network consensus enables disintermediation to automate claim adjudication and payment processing with predefined smart contracts

**Payers**

Providers uses health application to access health data

**Providers**



医疗物联网

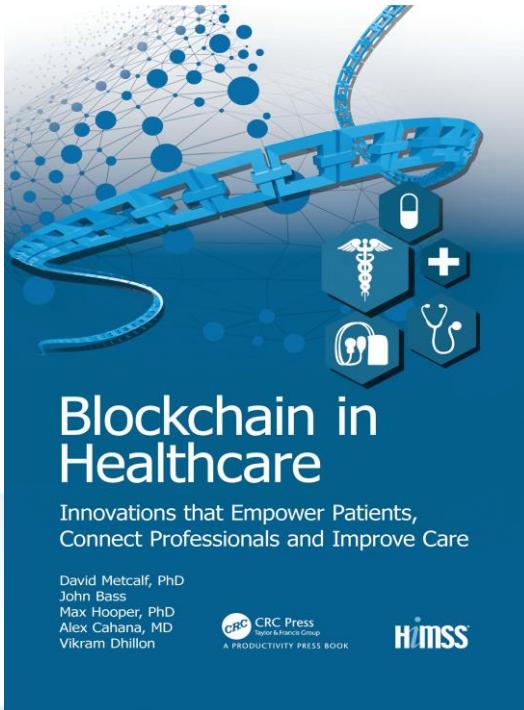
**Patient**

Patients use mobile devices to assign access permission to data and to provide public key



**Pharma/ Research**

Distributed patient consent for research/ clinical trials enables data sharing, audit trials, and clinical safety analyses



区块链技术应用，远程医疗，人工智能，大数据，机器学习，物联网，信息安全，基于价值的支付，患者参与，临床试验，精准医学/基因疗法，药品供应链，智慧医院管理

#### Table of Contents

##### About this Book

Introduction to Blockchain: Impact Across Industries

##### Foundations of Blockchain in Healthcare

Chapter 1: Introduction

Chapter 2: Precision Payments & Precision Contracts

Chapter 3: Protocols & Business Patterns

Chapter 4: Communities & Consortia

Chapter 5: Developing a Professional Credentials Exchange Leveraging Distributed Ledger Technology

Chapter 6: An Entrepreneurs's Journey: The Early Days of Blockchain in Health

Chapter 7: Block Chain in Clinical Trials

Chapter 8: Utilizing Blockchain Technology to Improve Clinical Trials

Chapter 9: Blockchain Technologies: the View from a Healthcare Incumbent

xv

xvi

1

3

13

25

43

51

65

87

109

123

#### Realization of Blockchain in Healthcare

Chapter 10: How will Blockchain Disrupt Health?

141

Chapter 11: Enterprise, History, and Change

143

Chapter 12: Thought Leader Perspectives: An Interview with David Houlding on Blockchain, Enterprise, and Health

151

167

Chapter 13: Pharmacy, Pharma, and Blockchain: Healthcare Financials, Pharmaceutical Supply Chain, Clinical Trials, and Social Good

179

Chapter 14: Improving Provider Data Accuracy

211

Chapter 15: HHS Accelerate: A Synopsis

223

Chapter 16: Standards

227

Chapter 17: Financing Healthcare with Blockchain: From ICOs to STOs and Beyond

237

Chapter 18: My Personal Journey with Blockchain, Healthcare and Estonia

261

Chapter 19: Three Public Health Use Cases the Blockchain Can Solve

267

#### Future of Blockchain in Healthcare

295

Chapter 20: Looking Ahead at Blockchain in Healthcare

297

Chapter 21: A Universal Patient-Centric Electronic Health Record System: The Ethical Implications

307

#### Copyrighted Material

vi Blockchain for Healthcare: Innovations that Empower Patients, Connect Professionals and Improve Care

325

Chapter 22: Genomics

343

Chapter 23: DAO Concept

359

Chapter 24: The Convergence of AI and Blockchain in Healthcare

381

Chapter 25: Medical Tourism, Innovation and Blockchain

395

Chapter 26: Smart City Initiatives in the Healthcare Sector

403

Chapter 27: Global Smart Cities: Using Blockchain to Catalyze Advancement in Citizen Experiences and Technology Adoption

415

Chapter 28: Block Chain in Global Health

427

Chapter 29: Block Chain for Games and Health

441

Chapter 30: The Next Generation of Distributed Ledger Technology

457

Chapter 31: The Future of Electronic Health Record: Amchart – Creating a Global Sandbox for Innovation

465

Chapter 32: Advancing Health Research with Blockchain

477

Index

# 四维医学动态扫描器

澳大利亚Monash（莫那什）大学安德莉亚斯教授  
(Andreas Fouras) 4D透视科技直接透视器官

## 4D医学动态扫描器

高效地为人们进行身体检查  
颠覆传统的看病方法

三维(three-dimensional, 3D)医学彩色成像的基础上加上第四维(时间矢量)



# 互联网+智慧医疗

---

## □ 智慧医疗

智慧医院系统、区域卫生系统、及家庭健康系统

## □ 数字医院→智慧

医院信息系统HIS、实验室信息管理系统LIS、医学影像信息的存储系统PACS和传输系统以及医生工作站

实现病人诊疗信息和行政管理信息的收集、存储、处理、提取及数据交换

## □ 区域卫生

区域卫生平台和公共卫生系统

区域卫生平台：收集、处理、传输社区、医院、医疗科研机构、卫生监管部门记录的所有信息的区域卫生信息

公共卫生系统：卫生监督管理系统和疫情发布控制系统

---

# 互联网+智慧医疗

## □ 家庭健康系统

包括针对行动不便无法送往医院进行救治病患的视频医疗，  
对慢性病以及老幼病患远端的照护，  
对智障、残疾、传染病等特殊人群的健康监测，  
自动提示用药时间、服用禁忌、剩余药量等的智慧服药系统。

## ➤ 智慧医疗

包括基础环境、基础数据库群、软体基础平台及数据交换平台、综合运用及其服务/保障体系、及智能分析系统

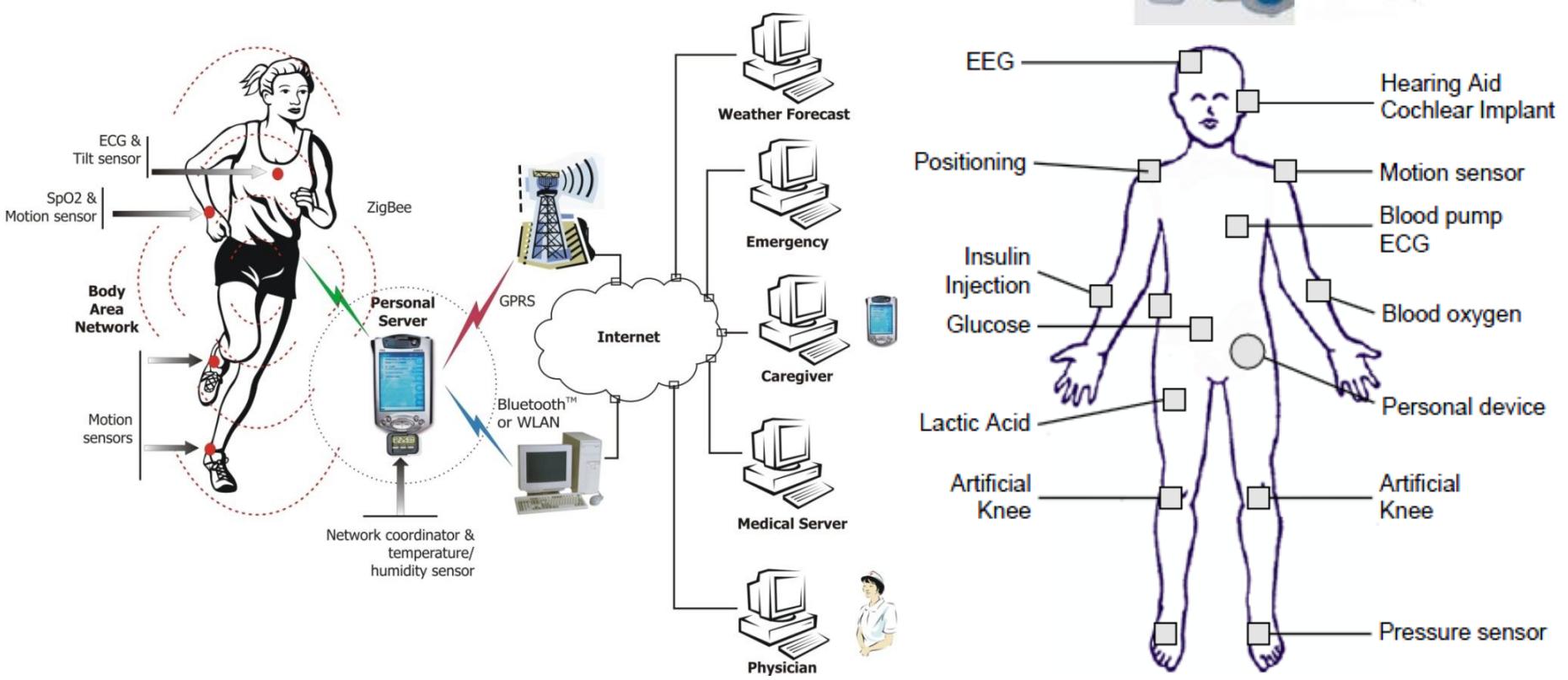
## ✓ 移动医疗 / 保健应用

例如：“健康云”，基于云计算和大数据技术，建立“监测、分析、建议”三层构架，对使用者实行数据的存储、分析和计算，为使用者提供专业的健康服务。

快速准确判断不同活动状态下冠心病和心肌梗塞患者的心肌缺血风险

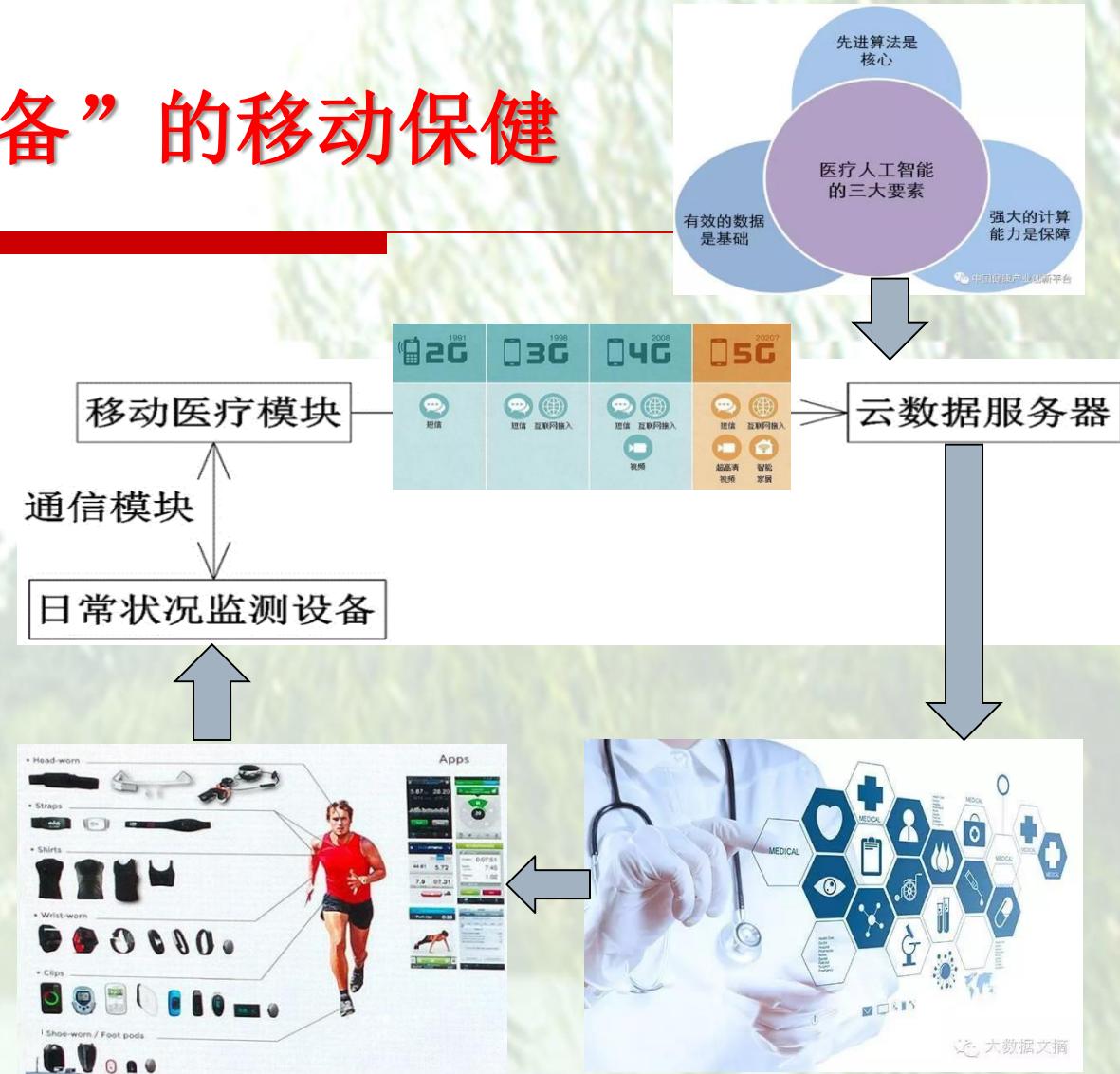
# 动态生理参数采集

技术支撑：物联网技术  
BAN/PAN



# 基于“可穿戴设备”的移动保健

“可穿戴设备”/其它终端收集人体体征及健康数据，自动传输到云端，进行数据分析与处理，AI+专业人员给出诊断或康复建议





# 健康大数据分析实例

## ➤ 药物副作用

目前药品上市后的不良反应检测主要是被动检测，依赖于医生、患者、制药公司提供的不良反应报告，最大问题是漏报，94%的不良反应没有被报告

### ✓ 基于大数据分析的主动检测：

利用文本挖掘、资料采撷技术从EHR、EMR、社交网路、搜寻引擎中发现潜在药品导致不良反应事件，

利用药品不良反应存在时间先后顺序，挖掘电子病例中可能存在的药物不良反应。

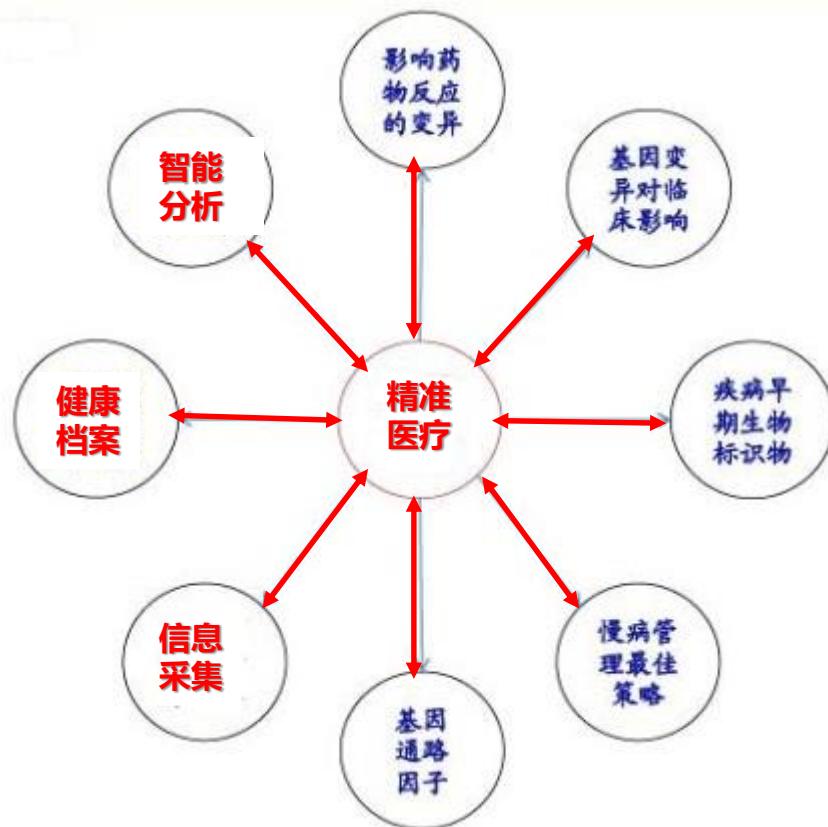
根据决策树、聚类等信息采撷方法发现条件和不良反应结果的关系。当药物使用与不良反应存在低频率的因果关系时，基于预认知决策模型(RPD model)设计了多种演算法用以发现药品不良反应中的低频因果关系。

# “医疗+AI”融合发展

- 医疗行业是一个数据密集型、脑力劳动密集型行业
- 依赖强大的知识储备和处理分析能力进行判断、诊疗
- 人工智能在医学影像识别、辅助外科手术、临床辅助诊断等环节所具降本增效能力，可将医生从一些繁重的重复性劳动中解决出来
- 人工智慧的应用，可提高医疗数据处理效率和洞察深度
- 在虚拟助手、医疗影像、医用机器人、智慧健康管理等领域近年来收获了一定成果

在大量的医疗数据中，有近80%是非结构化数据，深藏于各类病历数据及海量影像中。未来对非结构化数据内容的结构化是“医疗+AI”发展的重要方向

# 大数据智能分析与精准医疗



## 精准医疗 (Precision Medicine)

以个体化医疗为基础、随着**基因组测序技术**快速进步以及**生物信息与大数据科学的交叉应用**发展起来的新型医学概念与**医疗模式**

- ✓ 通过**基因组、蛋白质组**等医学前沿技术，对大样本人群与特定疾病类型进行生物标记物的分析与鉴定、验证与应用
- ✓ 精确寻找到疾病的**原因和治疗的靶点**，并对一种**疾病不同状态和过程**进行**精确分类**，对疾病和特定患者进行**个性化精准治疗**，提高疾病诊治与预防效益

# “精准医疗”（Precision Medicine）之我见

把“精准医疗”仅仅理解为“基因测序”？

精准医疗 = 精细检验+精准诊断+精准治疗

## ➤ 精细检验

深入到基因多态性层面，对病的了解可深入到体细胞突变，  
需要“基因测序”，但也需要其他检验方法辅助

## ➤ 精准诊断

根据检验结果，及病症特征，需要综合智能数据分析与决策（大数据）

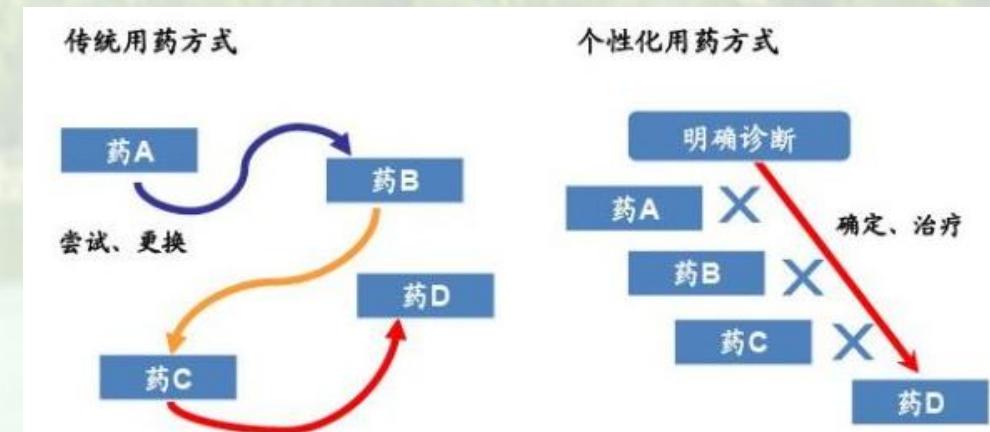
精准分期、分类、分级、分型

## ➤ 精准治疗

如分子靶向药物治疗等，  
包含多层次医疗技术

个性化治疗

更需要现有治疗方法进行综合治疗



# AI医疗

## 智慧医疗/精准医疗

- ✓ 美国斯坦福大学/AfaSci研究实验室  
“基于EEG/EMG信号和视觉信息的药物试验受体情绪及行为智能分析研究”
- ✓ 美国哈佛大学 医学院  
肿瘤图像特征提取、分类及分析处理，  
隐私计算联邦学习
- ✓ 亚拉巴马大学  
精准医疗与智能计算基因间及疾病关联及可视化表达

# 认知计算

## ➤ 认知计算(Cognitive Computing)模式

包括数据分析，自然语言处理和机器学习，根据信息进行推论，更自然的方式与人交互

## ➤ 认知计算与人工智能关系

- ✓ 认知计算包括部分人工智能领域的元素，但它涉及的范围更广
- ✓ 认知计算不是要生产出代替人类进行思考的机器，而是利用人类智慧，帮助人类更好地思考。



互动

- 充当为人类用户提供专家协助的不知疲倦的一种媒介
- 以自然的方式进行对话，如人类语言
- 根据过去的历史来了解消费者，并将具体情境和基于证据的推理带到互动中。



发现

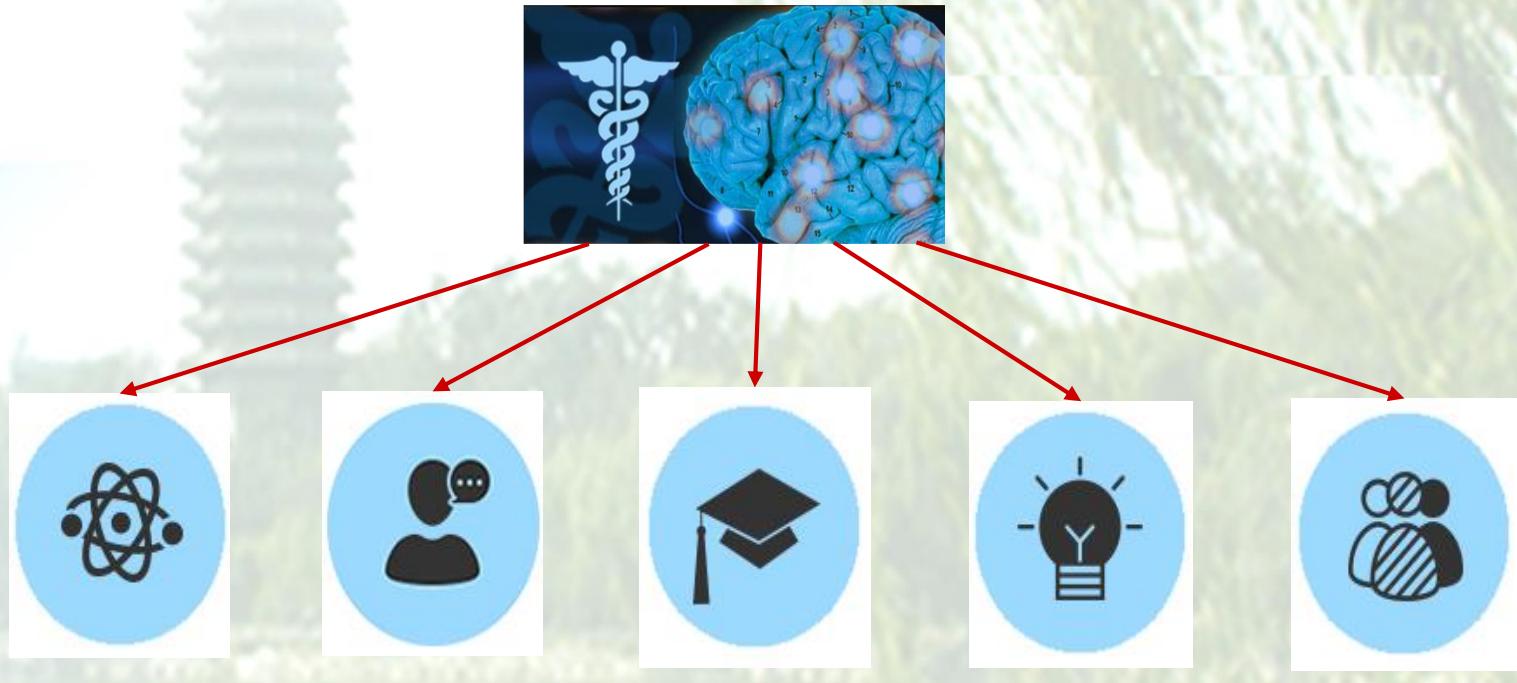
- 有助于发掘即使最聪明的人类也可能无法发掘的洞察力。
- 发掘洞察力，联系并了解大量的可用信息
- 将可能性可视化并验证相应理论。



决策

- 提供基于证据的选项并减少人为的偏见
- 根据新的信息、结果和行动不断朝着更高的准确性发展
- 提供可追溯性，以便审核为什么作出某一特定决策。

# IBM Watson: 基于认知计算的医疗保健

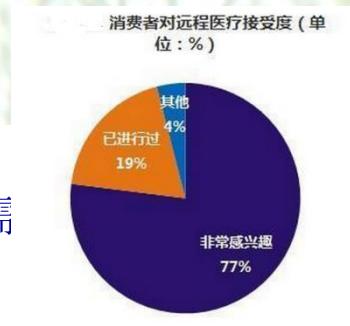


可在17秒内阅读3469 本医学专著，69 种治疗方案，106000 份临床报告  
通过海量汲取医学知识，人工智能可在短时间内迅速提取医疗专业知识

# 全球智慧医疗热点

## □ 远端医疗

缩短医生和患者间的距离，降低医疗成本和老年患者增加的需求



资料来源：前瞻产业研究院整理 @前瞻经济学人APP

## □ 人工智能

精准医疗和降低成本的需求，AI促进医疗保健转型，从医院工作流程到健康诊断，提高工作流程效率及诊断准确性

民众最愿意接受的四种AI健康服务 (单位：%)



资料来源：前瞻产业研究院整理

@前瞻经济学人APP

## □ 机器人

可用于复健和物理治疗，如仿生学(bionics)、外骨骼机器人、下一代可穿戴式机器人等，支持老年照护、缓解自闭症(即增强社交能力)和简化手术

医疗机器人市场规模预测及机器人外科手术占比预测 (单位：亿美元，%)



资料来源：前瞻产业研究院整理

@前瞻经济学人APP

## □ 区块链

资料来源：前瞻产业研究院整理

医疗供应链管理和病人身份识别



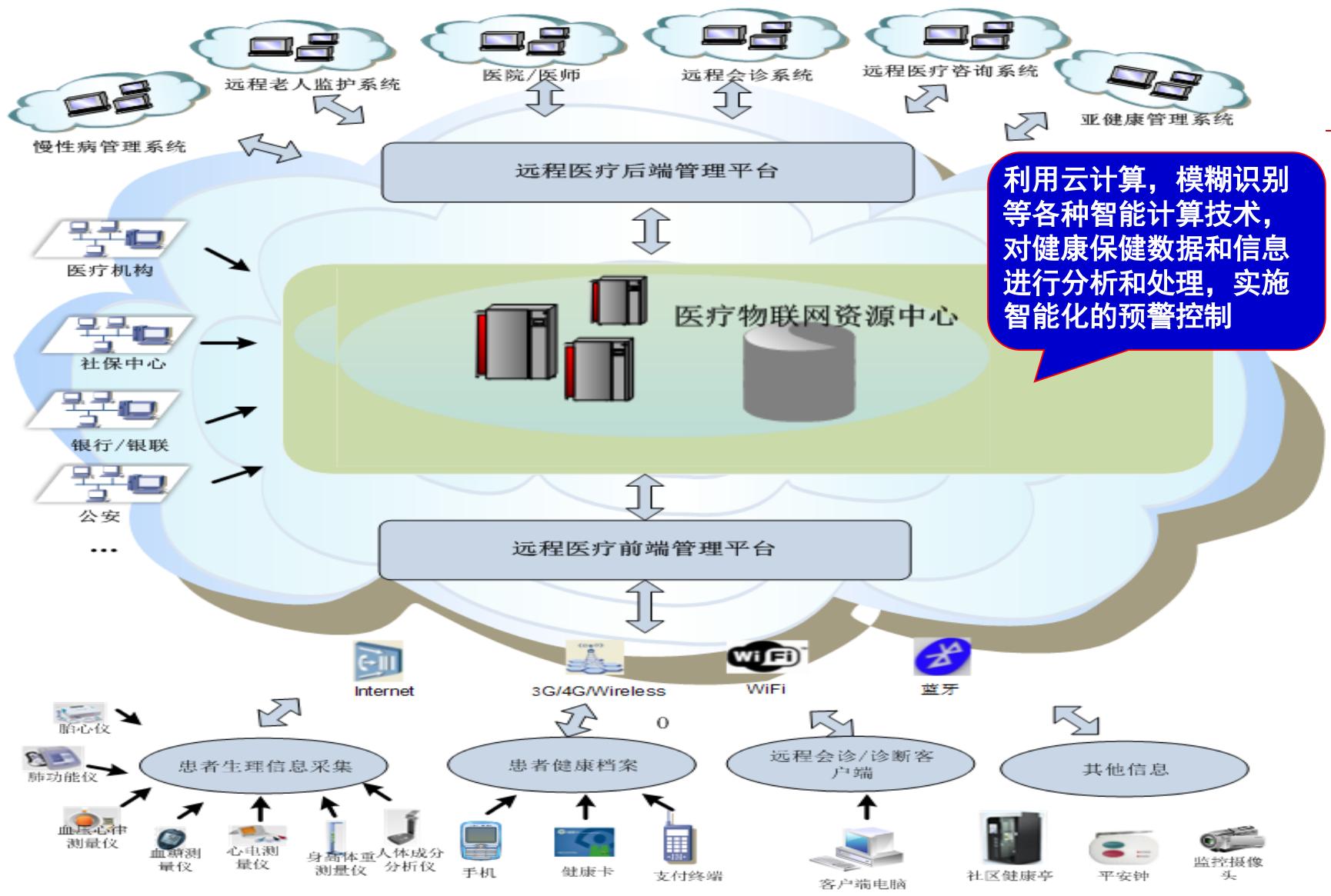
---

# 面向预警式急救的生命健康特征监护 的物联网技术

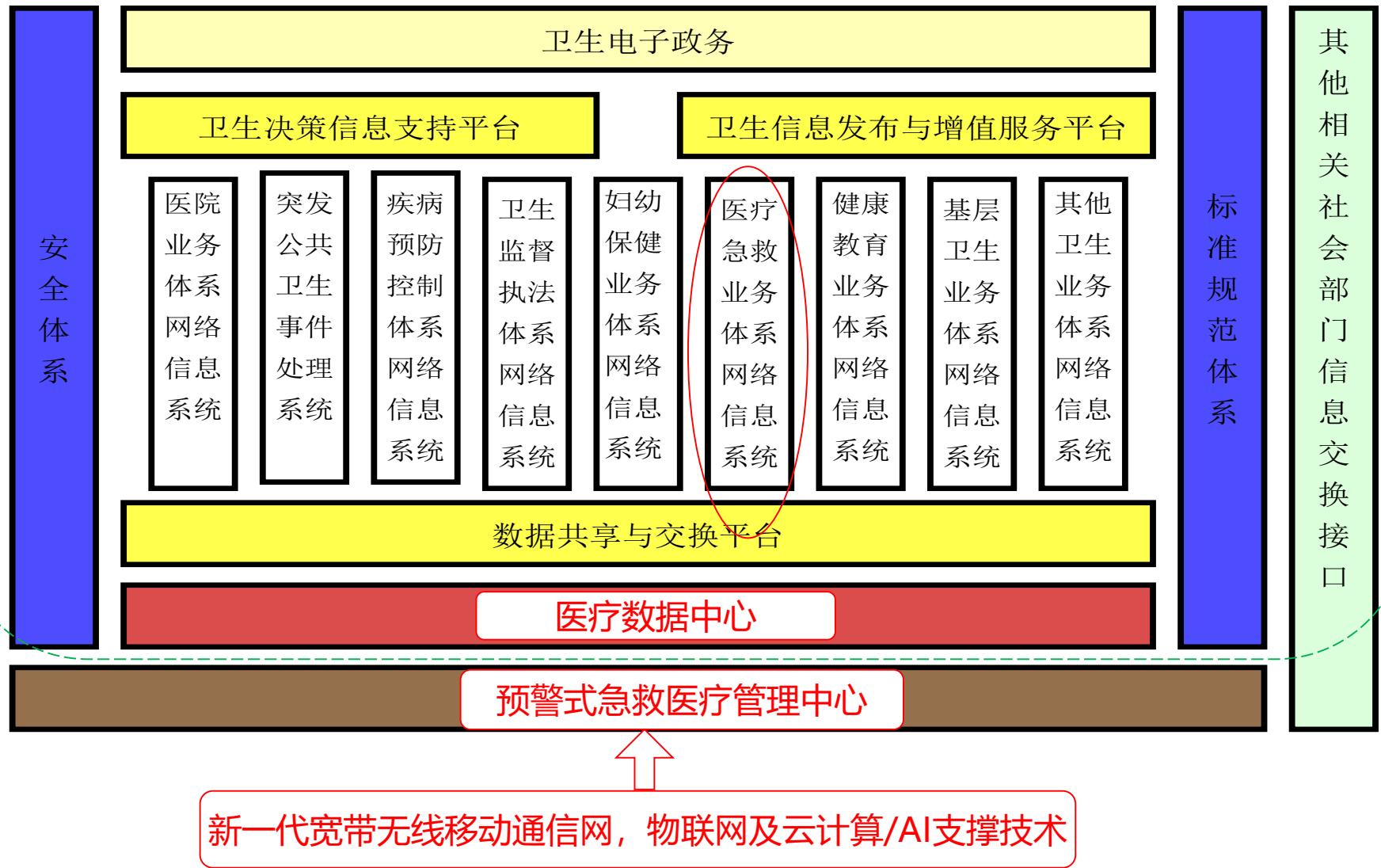
# 目标

---

- 建立基于物联网新技术的生命健康特征监护的预警式急救服务机制
  - 结合云计算/智能计算技术，研发具有动态医疗数据处理能力和后台调度服务能力的预警式急救系统，以及为使用者提供急救预警服务的运营平台
  - 结合宽频移动通信技术，在不影响患者的日常活动条件下，动态连续监护患者的生理参数变化，提高生活品质和心血管意外的生存概率，提高医疗服务效率；提高院前抢救成功率，降低住院带来的高昂医药费用和社会资源消耗。
-



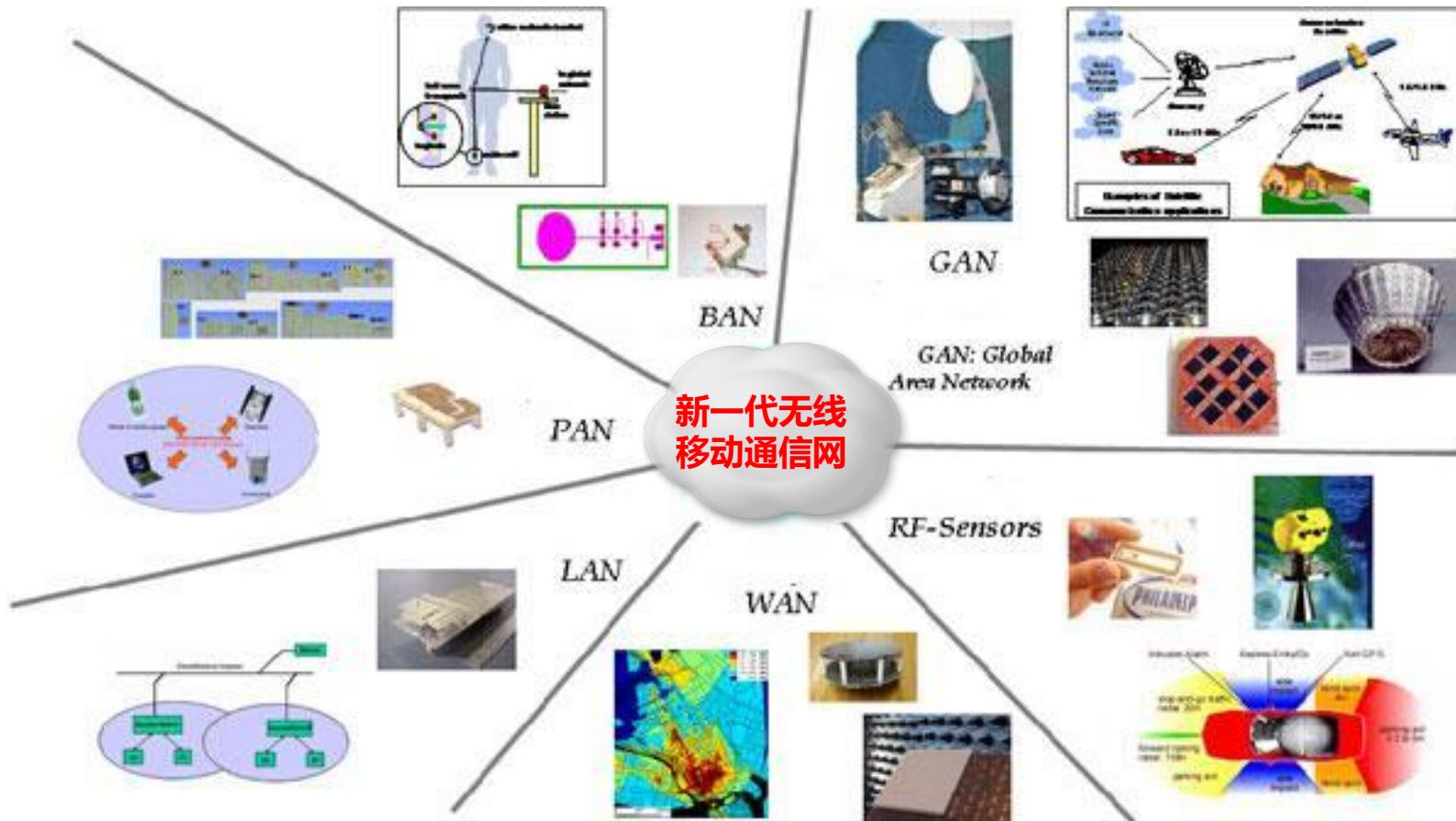
# 深圳139 工程



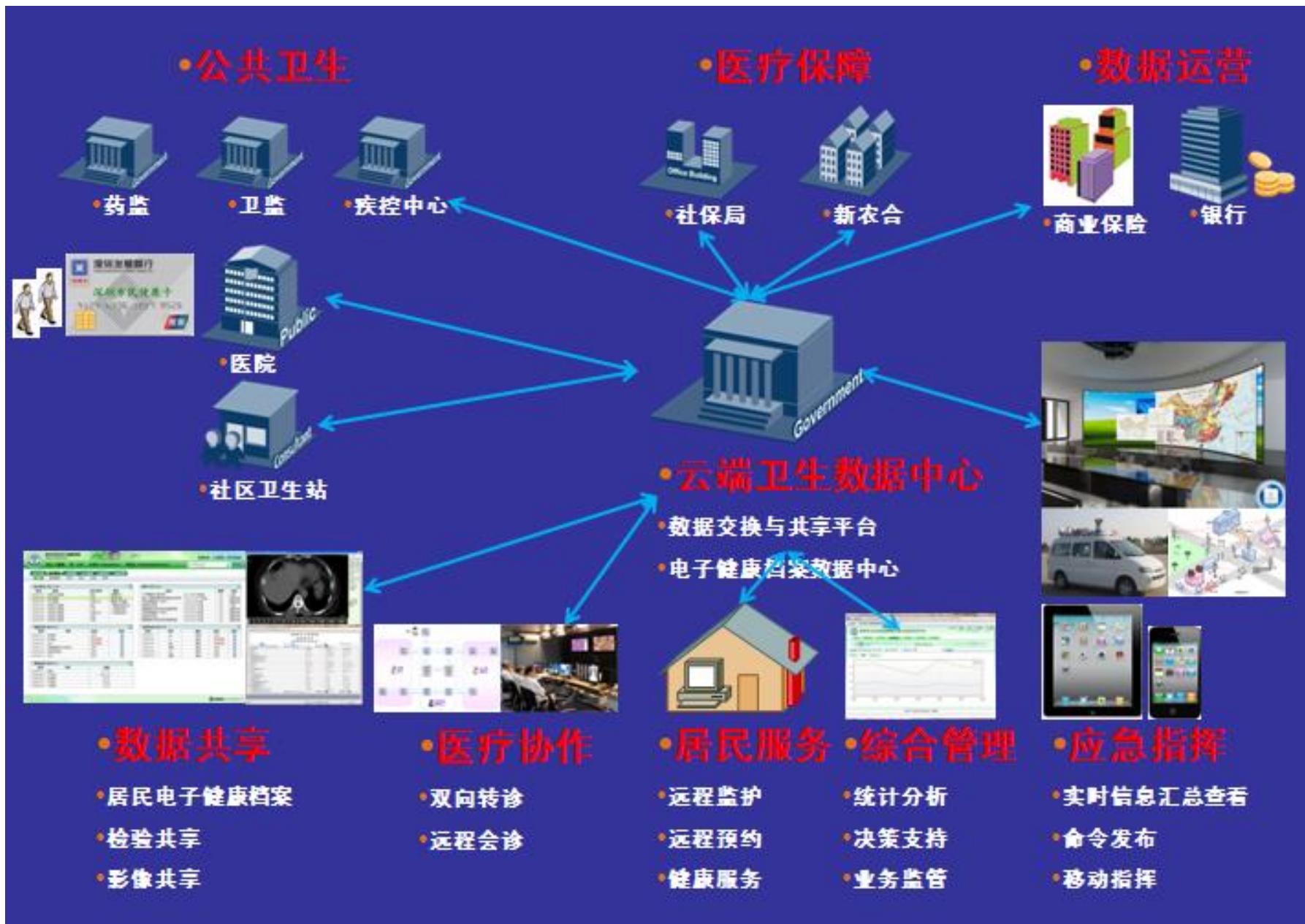
# 远程预警式急救医疗业务



# 网络环境



# 预警式急救业务推广





- 会诊申请
- 审核分诊
- 实时视频
- 会诊报告



音视频交互式会诊

离线式会诊

移动式会诊

远程病历  
讨论

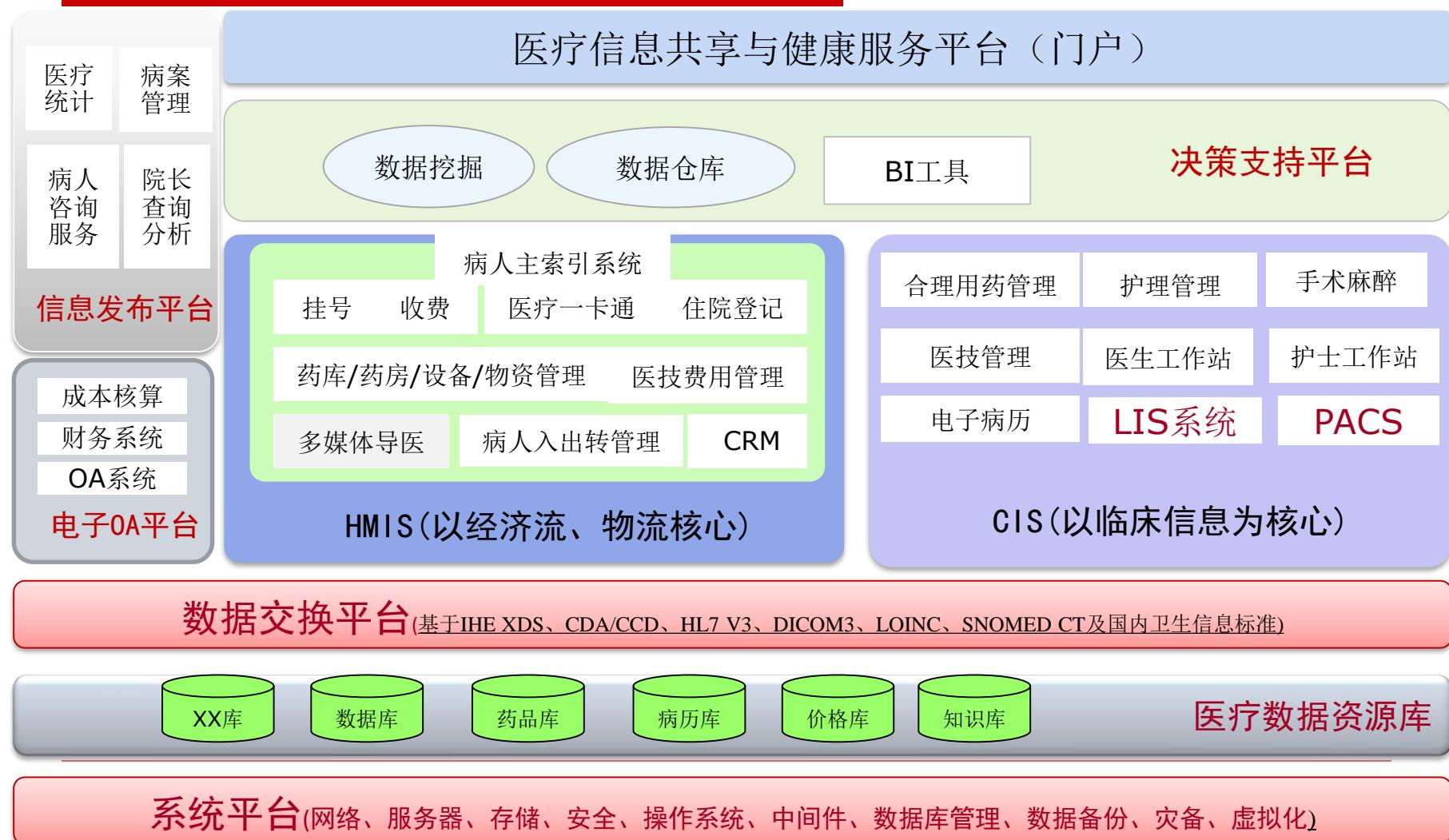
远程视频查房

## 远程会诊应用场景



互联网医疗健康产业联盟  
INTERNET HEALTH CARE INDUSTRY ALLIANCE

# 系统架构图



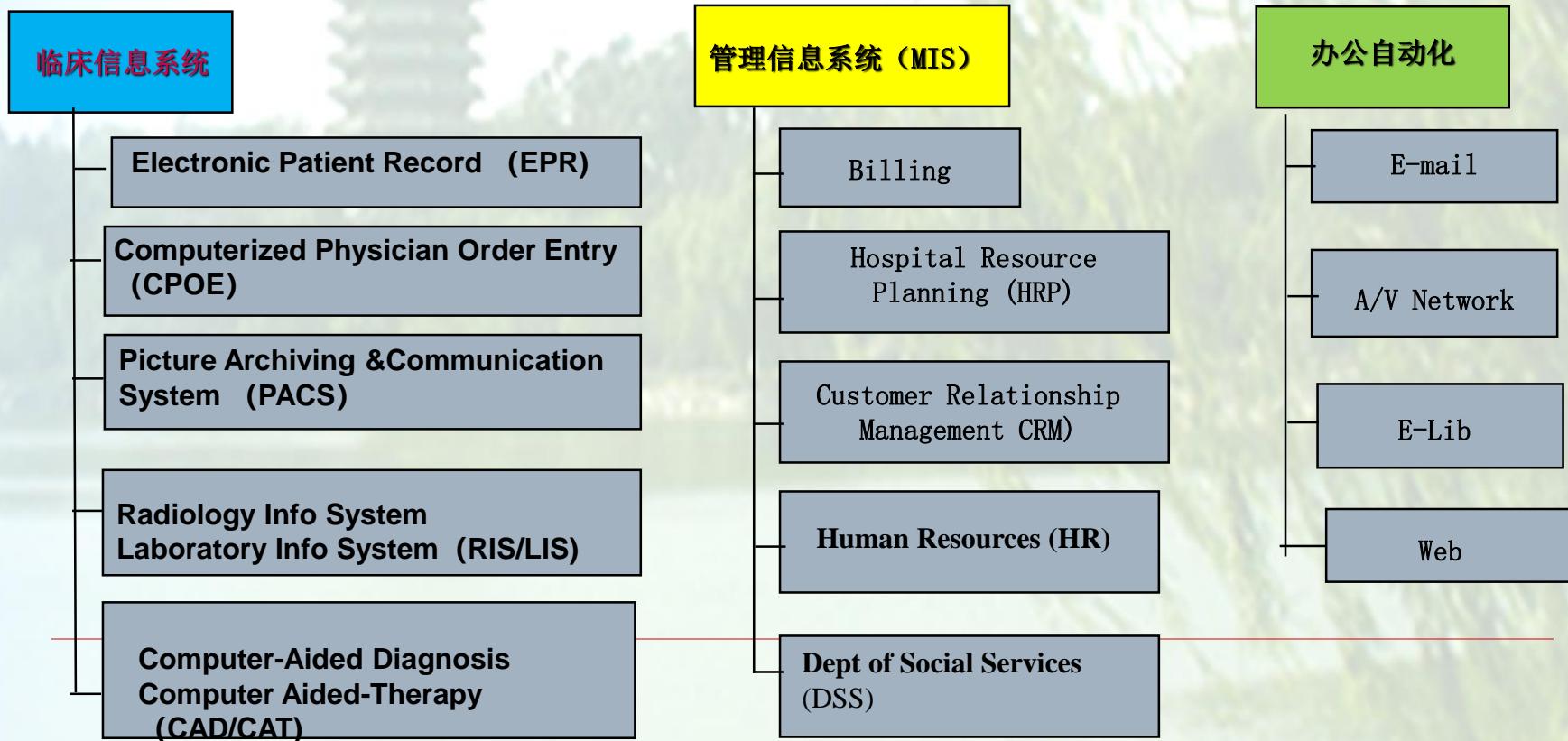
# 深圳市人口健康信息化12361工程

---

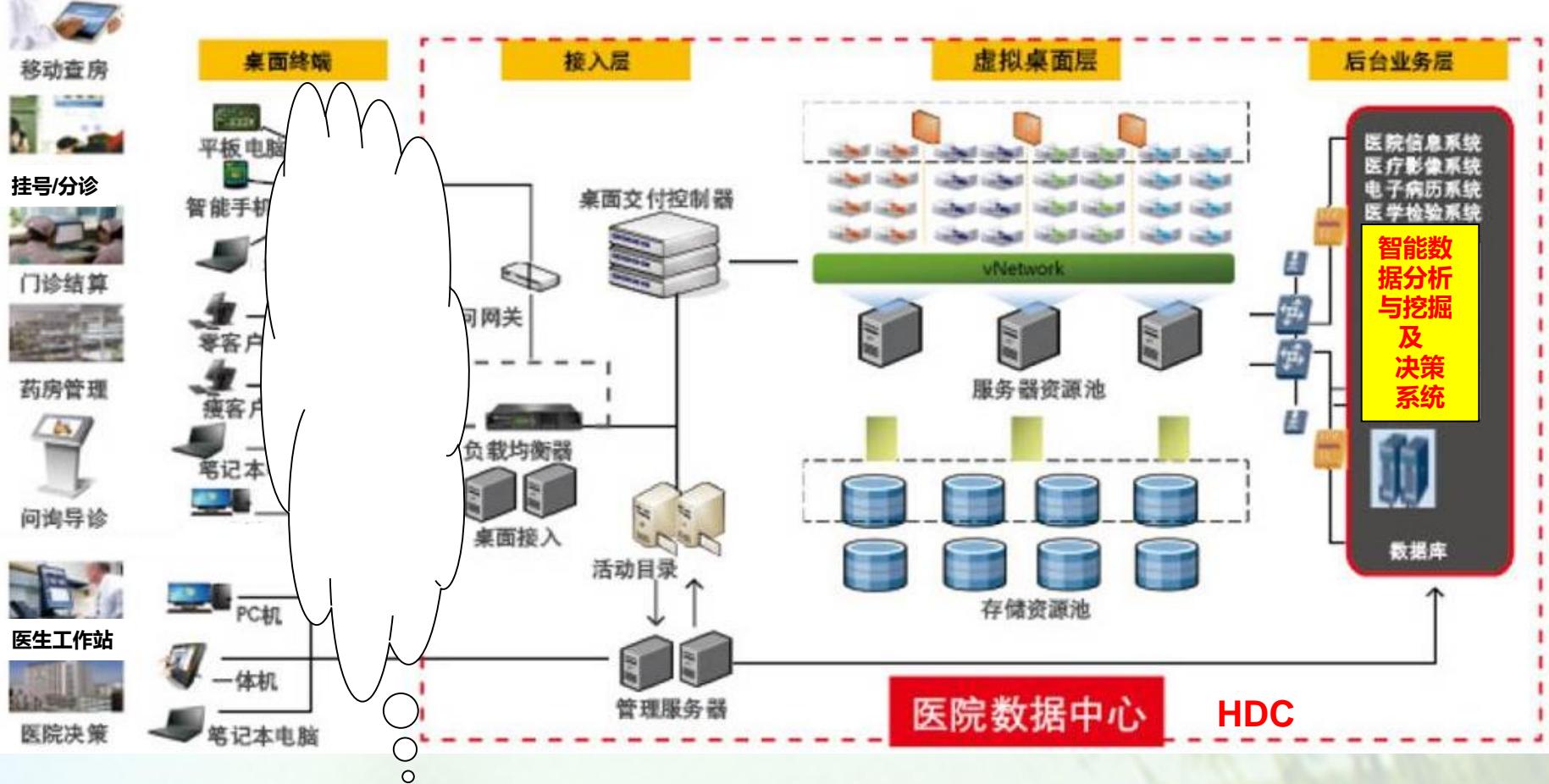
- “1”  
建设一个专网（卫生计生信息专网）
  - “2”  
市、区两级卫生计生信息平台
  - “3”  
3个核心数据库：计生的全员人口库、健康档案库、电子病历库；
  - “6”  
医疗、公共卫生、计生、药品保障、社保、管理应用
  - “1”  
“健康卡”使用
-

# 医院信息系统（HIS- hospital information system）

- **信息获取和利用：**利用计算机和网络通讯设备安全可靠地收集、存储、传递、分析处理包括临床和管理的所有信息
- **信息共享：**授权用户在任何时候、任何地方可获取/提供及时、准确的任何许可信息内容

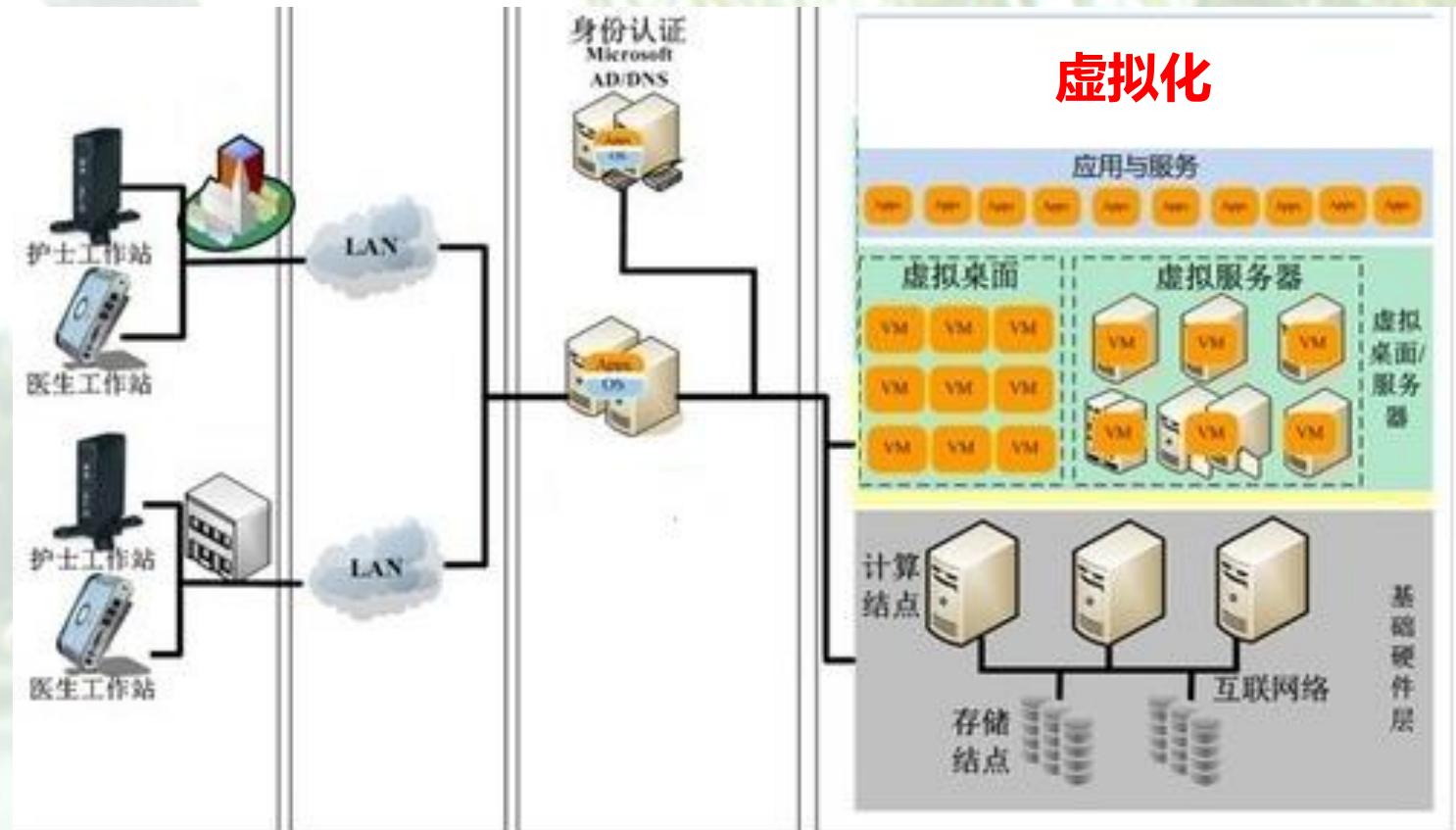


# 智慧医院技术方案示意图



# 虚拟化关键点

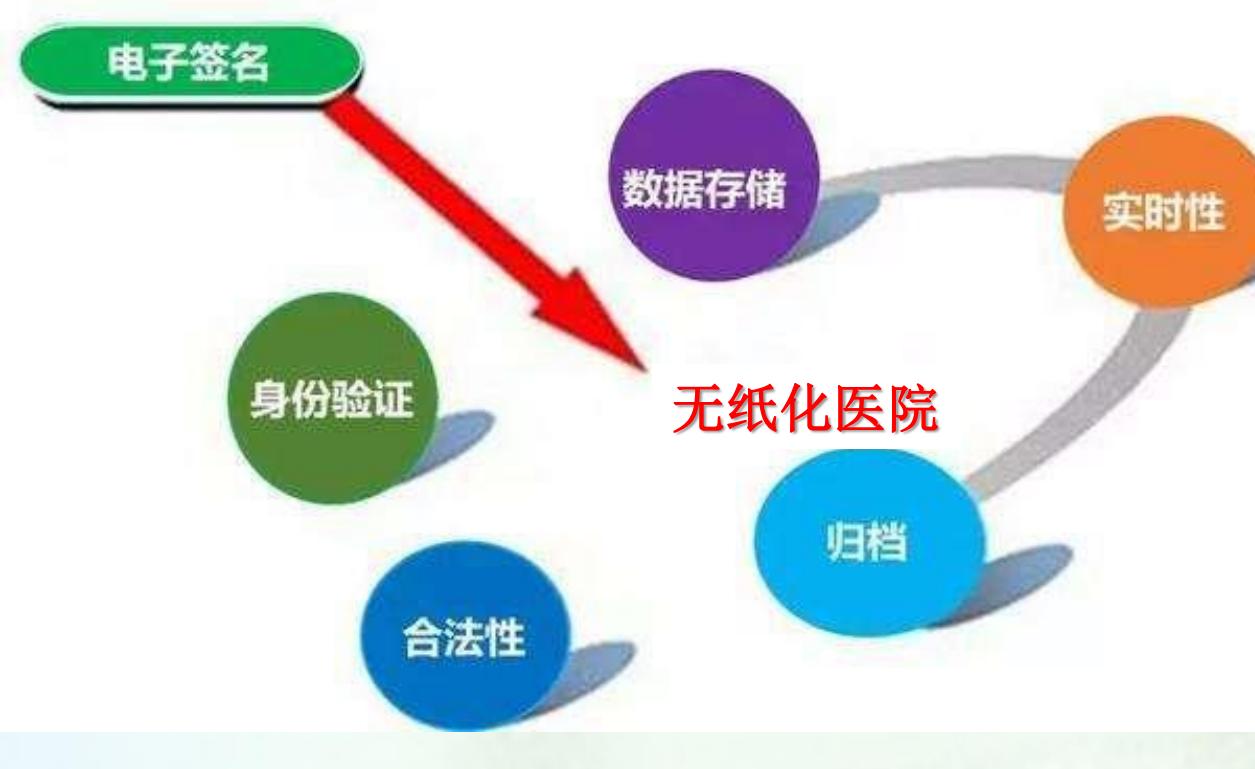
- ✓ 安全可靠
- ✓ QoS保障



# 无纸化医院（Paperless Hospital）建设

➤ 先进信息技术融合的 智能生态环境加速 无纸化医院建设

- ✓ I M A B C D E X S
- ✓ 提供硬件、软件与通信 QoS 及 QoE 保障



# 电子病历电子签名

---

使用电子签名主要用来解决两个问题

## □ 实现医院的无纸化

- ✓ 电子病历无纸化
- ✓ 知情文书无纸化
- ✓ 移动医疗无纸化
- ✓ 病案归档无纸化

## □ 做为电子病历法律效力的证明

- ✓ 真实性、完整性

# 使用电子签名主要过程

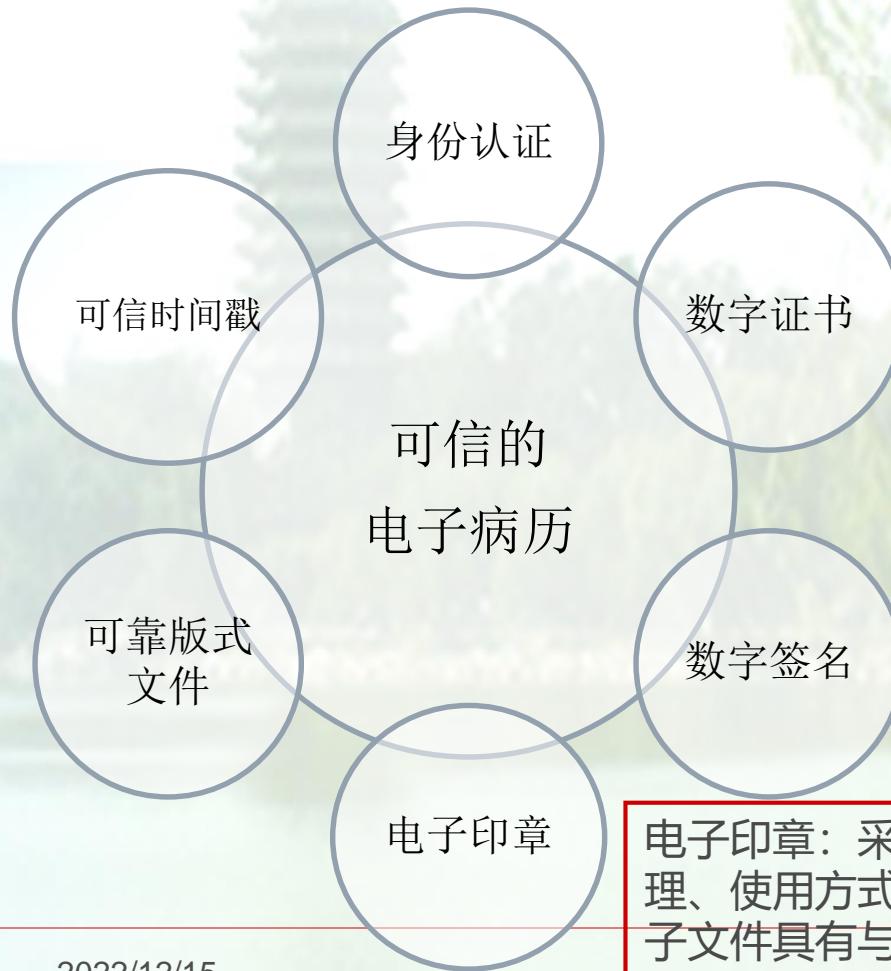
## 电子病历阶段

- 按角色分：医护技专业人员、服务与管理人员、患者
- 按内容分：门诊、住院、体检、检查.....

## 电子病案阶段

- 病历封存、复制、归档、借阅等

# 医院电子签名系统



## 合法有效的数据化管理

电子合同：纸质合同的电子化，数字化  
数字签名：“模拟”及强化签名，数据化  
电子印章：公章印章的电子化，数据化

电子印章：采用先进数字技术模拟传统实物印章，其管理、使用方式符合实物印章的习惯和体验，其加盖的电子文件具有与实物印章加盖的纸张文件相同的外观、相同的有效性和相似的使用方式

# 脑科学 ✓ 研究脑的结构和功能的科学

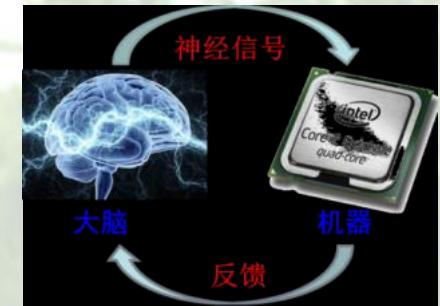
## □ 基础神经科学

### ➤ 认识脑 神经生物学



研究人和动物的神经系统的结构与功能、及其相互关系

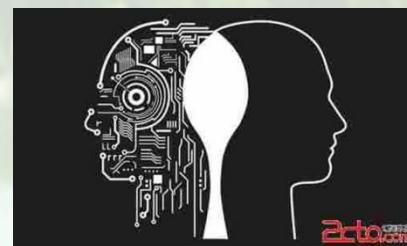
### ➤ 模拟脑-计算神经科学



应用数学理论和利用计算机（AI）模拟方法来研究脑功能

## □ 临床神经科学

### ➤ 保护脑-医学临床应用

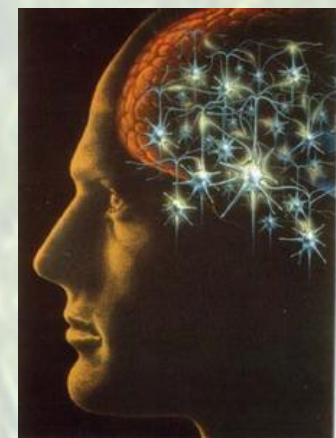


研究与神经系统有关疾病，及其诊断、治疗方法、技术



# 人工智能 赋能脑科学的研究：国际科技前沿热点领域

- 美国“脑计划” (2013年)
- 欧盟“大脑工程” (2013年)
- 中国“脑计划” (2014)

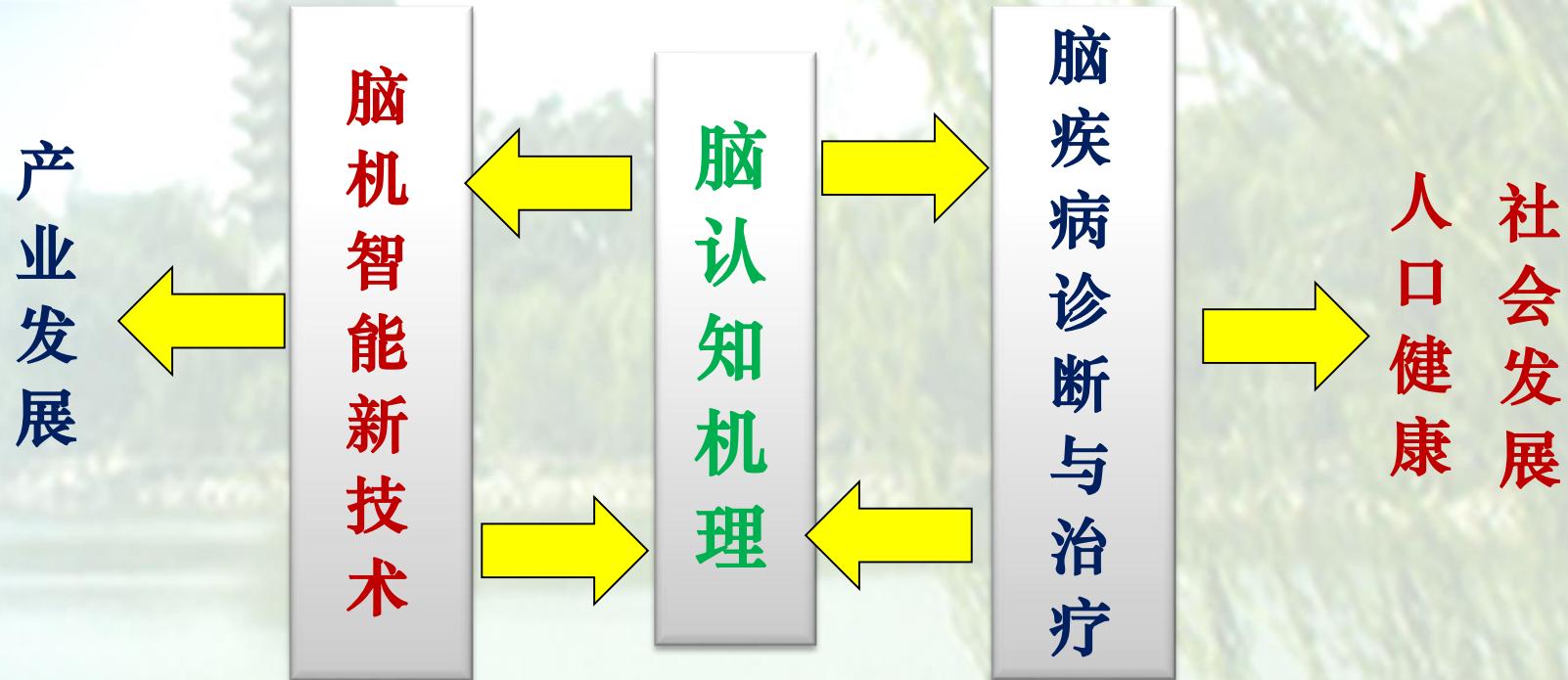


“视听觉信息的认知计算”

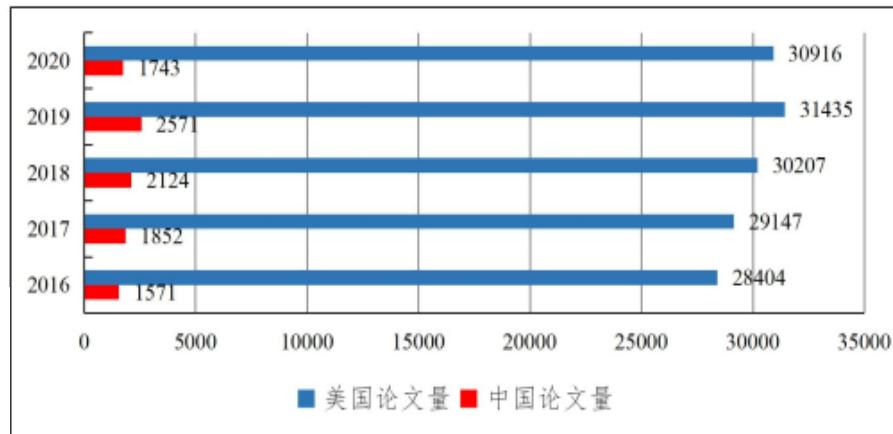


“脑机融合感知和认知的计算理论与方法”

# 中国“脑计划”的理论与实践

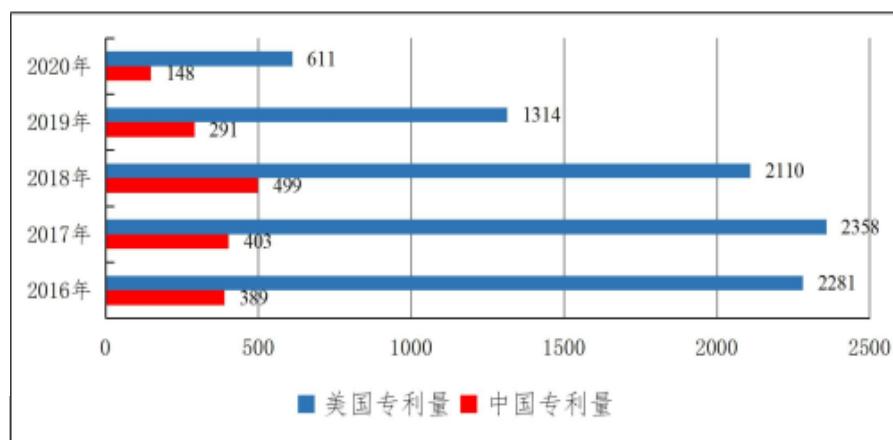


2016~2020 年中美两国在脑科学领域发表论文数量的对比



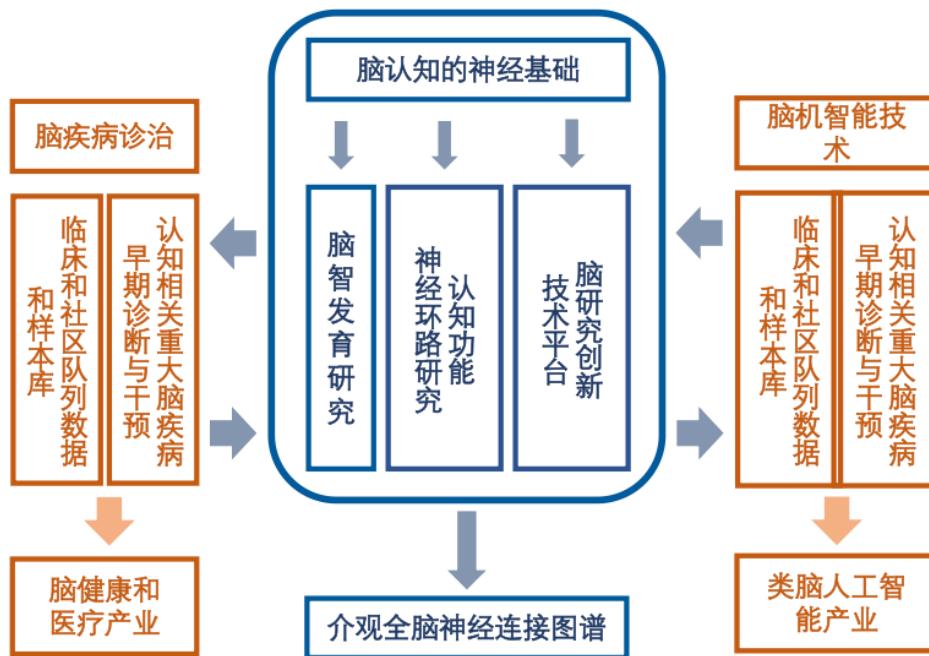
数据来源：Web of Science，2021 年 2 月

2016~2020 年中美两国在脑科学领域申请专利数量的对比



数据来源：佰腾（baiten），2021 年 2 月

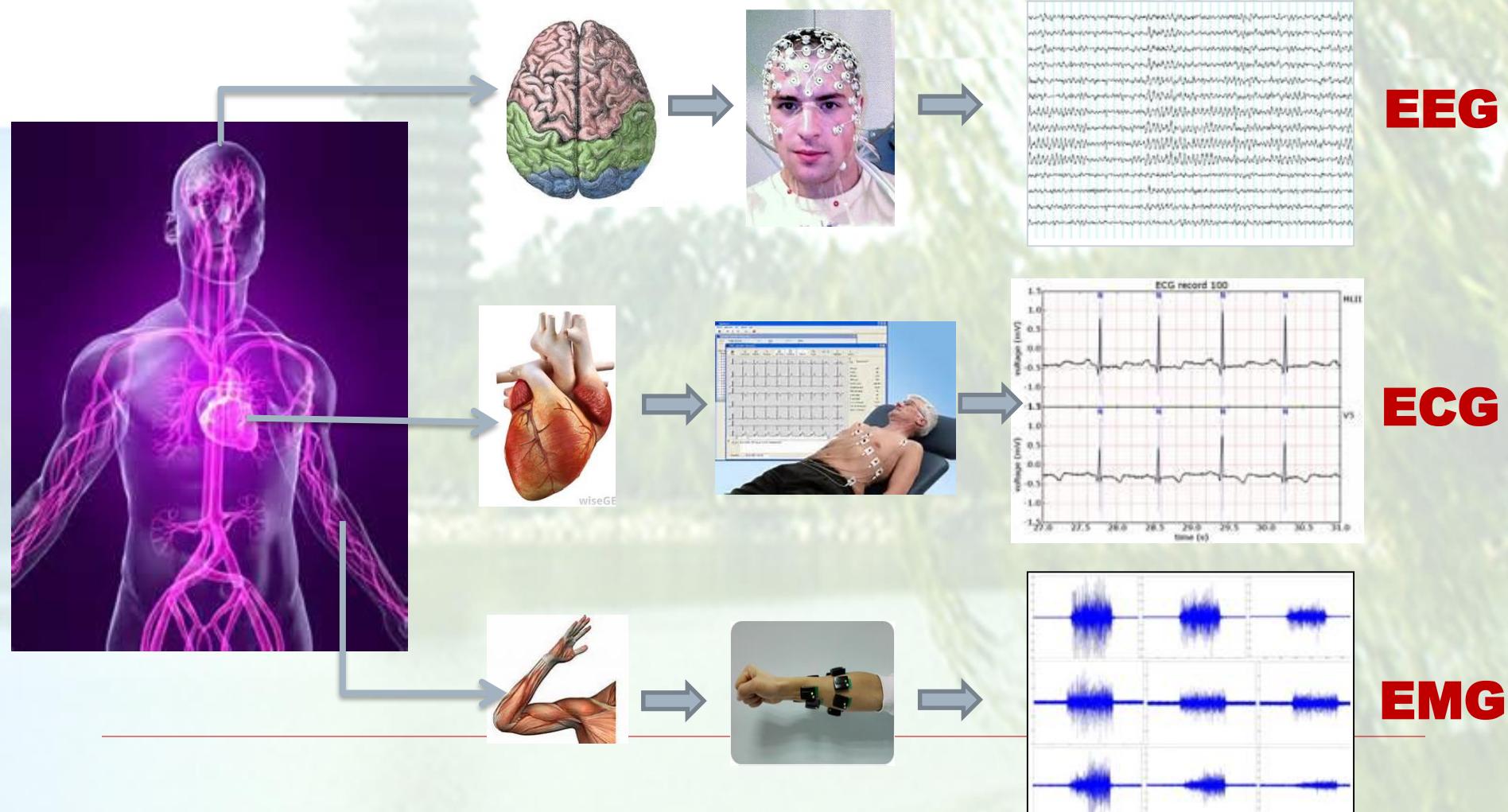
# 脑科学科研进展迅速



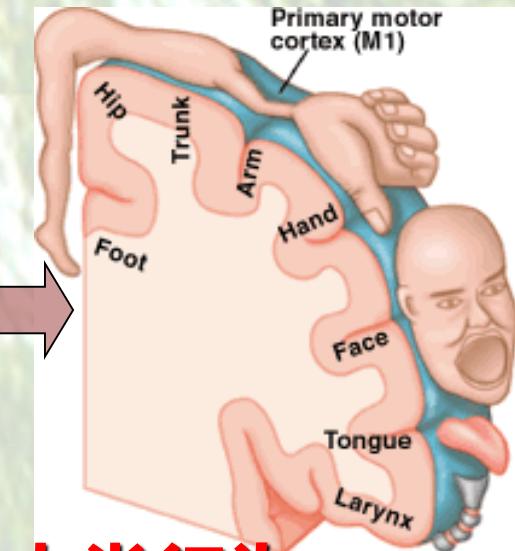
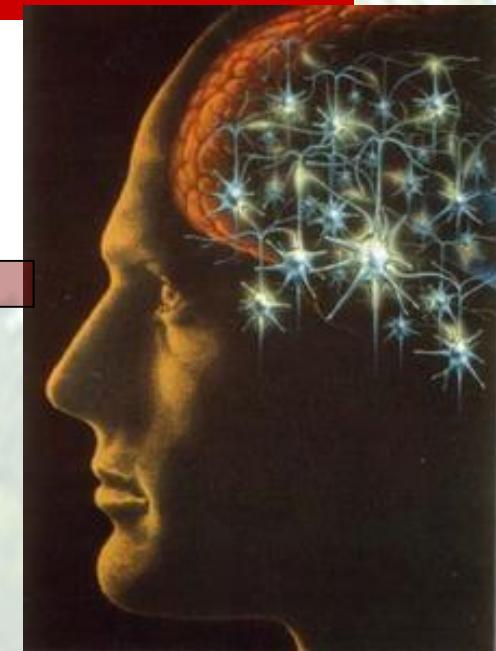
资料来源：公开信息，蛋壳研究院

# 脑科学与人体“生物电”多模态融合

## 人体多模态“生物电”



# 脑神经系统与疾病诊疗研究



(600多种：老年痴呆、帕金森、  
癫痫、脑中风………)

神经/精神系统疾病

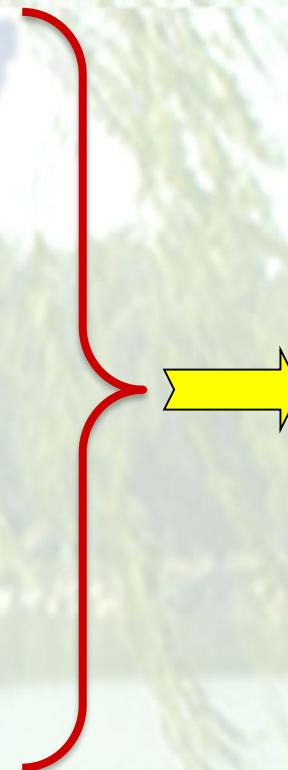
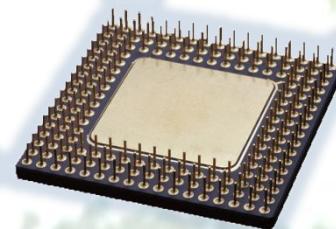
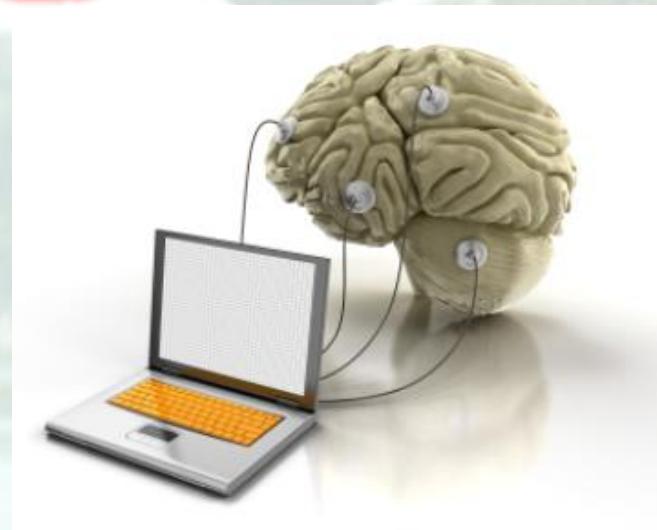
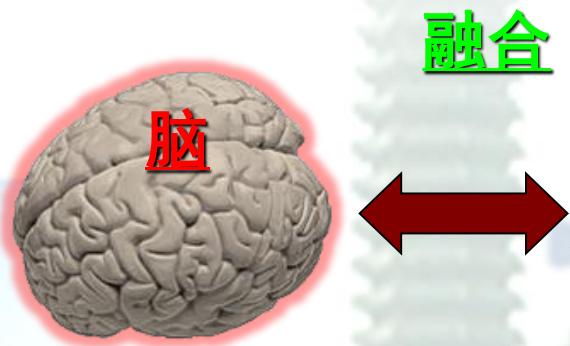
药物治疗

人类行为

药物试验

基于EEG/EMG信号和视觉信息的药物试验  
受体情绪及行为智能分析研究

# 脑-机交互



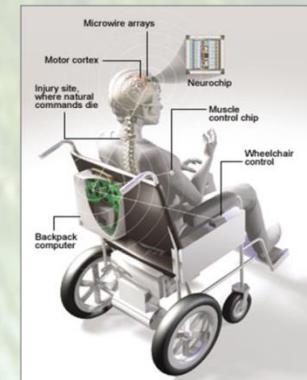
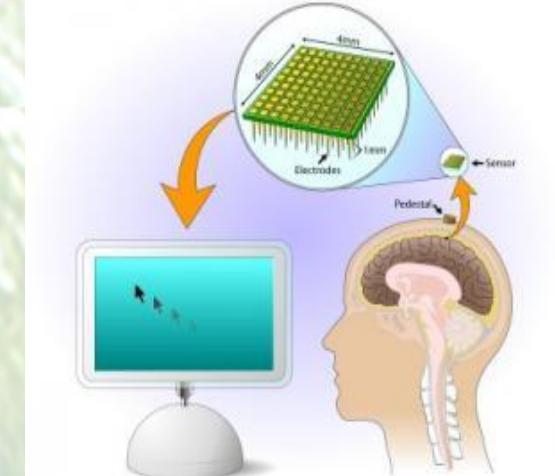
# 脑机接口 (brain-computer interface, BCI)

## 应用发展

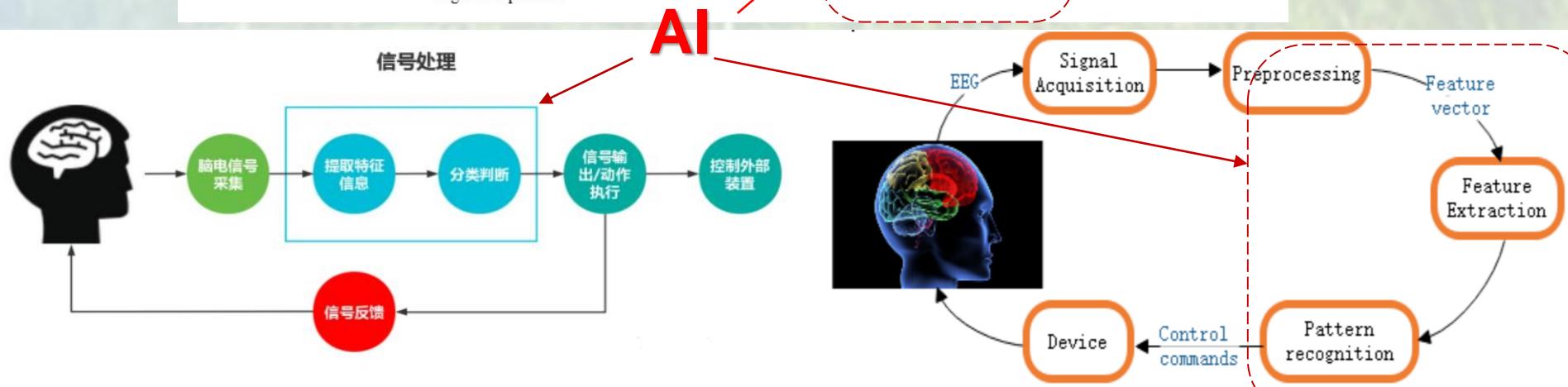
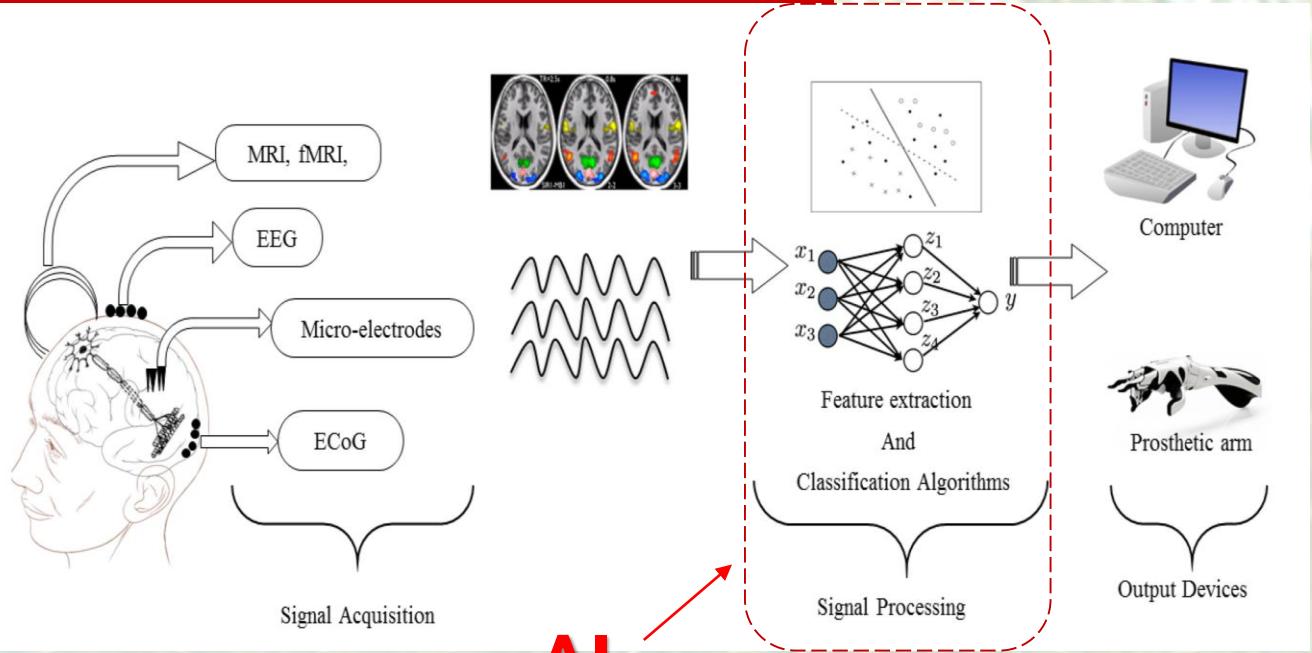
### ➤ BCI

在脑与计算机之间建立信息交流与控制通道，实现脑与外围设备间的直接交互

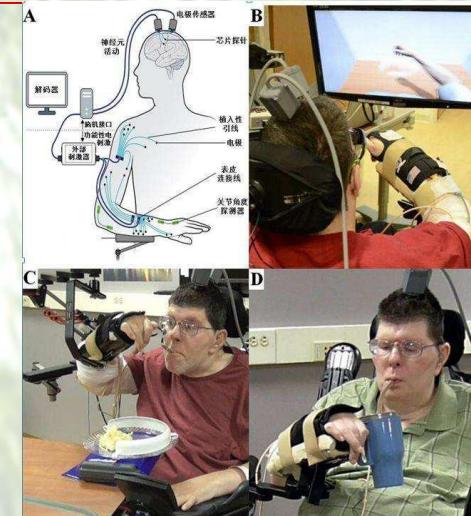
- 智能家居-居家养老与康复
- 残障人康复
- 人机智能
- 行业应用
- 航空航天



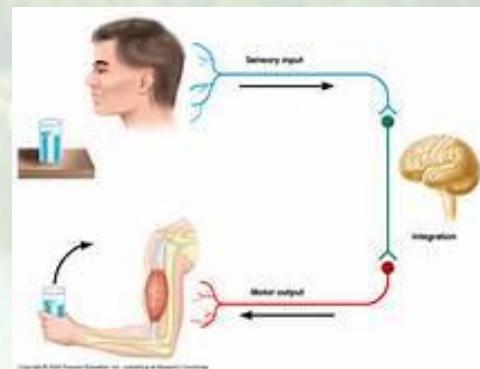
# BCI系统框图



# 中枢神经系统与体内或体外设备之间的交互技术



植入式脑机接口

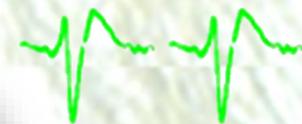


非植入式脑机接口



# 脑机接口应用实例

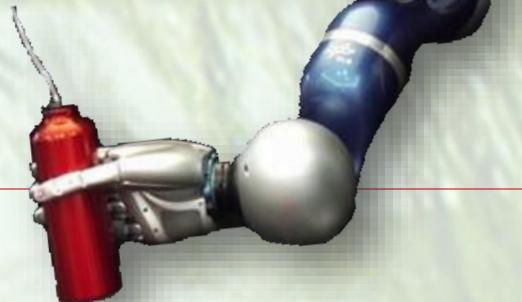
Cathy: 脑中风患者



神经信号分析



手臂控制



- Cathy用意念控制机械手完成抓杯子、喝水的动作  
(L.R. Hochberg, et al., Nature, Vol. 485, May, 2012)

# 基于电/声/光/磁刺激神经调控的脑机接口逐步实现产业化

- 针灸治疗
- 手法训练
- 镜像训练
- 强制关节活动

人工被动训练，费时，低效

传统康复时代



外骨骼康复训练系统

- 牵引式康复机器人
- 穿戴式康复机器人
- 气动式康复机器人
- VR康复机器人

机器人被动训练，节约成本

机器人康复时代



智能康复机器人

- 手部康复脑机接口
- 上肢康复脑机接口
- 下肢康复脑机接口
- 四肢联动脑机接口

脑机主动训练，提升康复效果

脑机接口康复时代



脑控手部康复机器人系统



外骨骼康复机器人

# 智能机器人与伦理

将人体，植入电脑，引发的道德与伦理问题

