



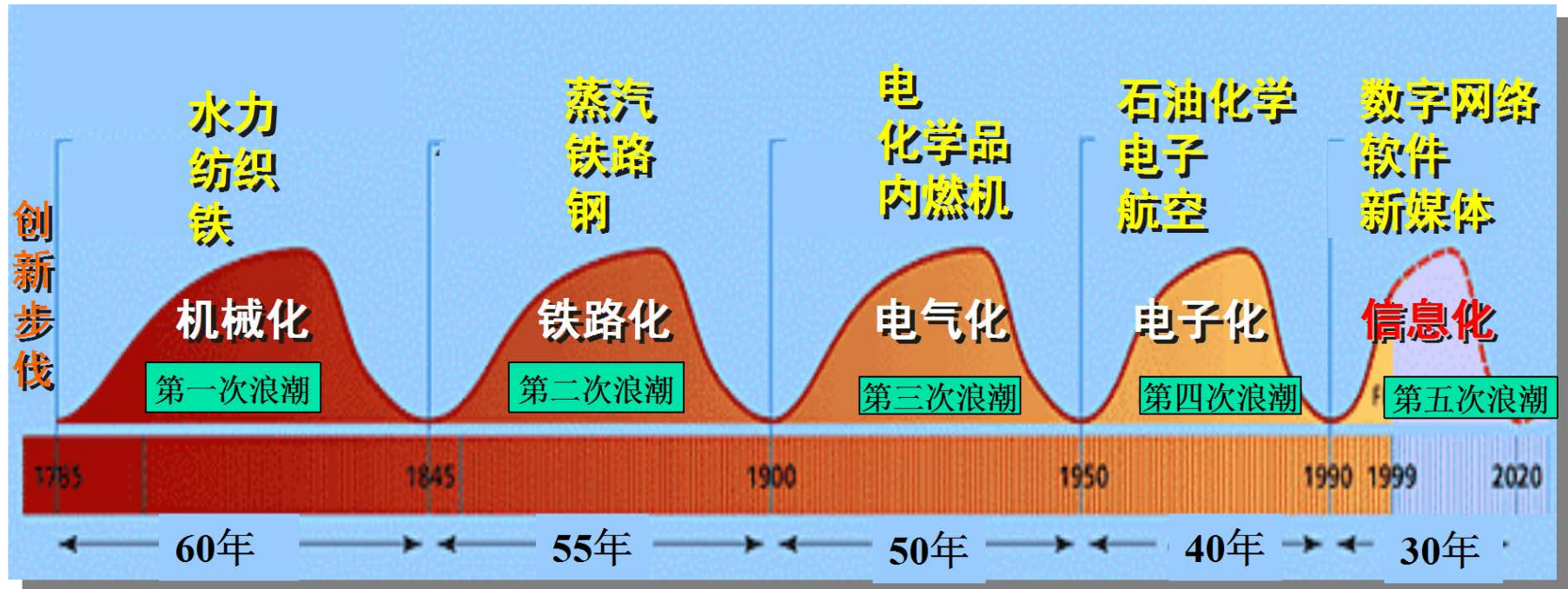
信息科学技术发展 的前瞻思考

中山大学 数据科学与计算机学院
周凡 教授
2018 . 03



对世情国情的认识

康德拉季耶夫经济长波示意图



下一次浪潮的推动力？MEMS, Nanotechnology

R.. Fremann et al.. "Principle Concepts of Technology and Innovation Management " , 2008

技术创新模式的转变

(科研教育的转型升级)

工业化阶段	第一阶段	第二阶段	第三阶段
经济标志 人均GDP	小于300美元	300—4750美元	大于4750美元
技术标志 GERD/GDP	小于1%	1—2%	大于2%
技术创新阶段	使用技术为主	改进技术为主	创造技术为主

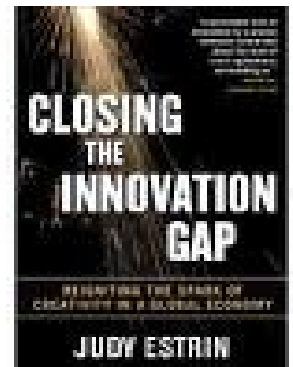
—— 引自江绵恒副院长的报告
原始数据出自穆荣平的“中国技术资源开发与利用战略研究” 报告

未来十年应做出与国力相称的科技贡献

- 我国的人均GDP已经超过8000美元，深圳、上海、北京、广州、苏州、杭州、佛山等市的人均GDP已超过或接近2万美元。
- 多少年来，我们习惯于在国外的基础技术平台上做科研工作。信息领域过去30年没有认真考虑建立自主可控的技术平台，现在应想一想如何为建立这种平台而努力。
- 我国一定要争取对支持下一个经济长波的基本创新做出与国力相称的贡献，要致力于做“改天换地”的科研工作。

一半的创新源自卓越的眼光

- Judy Estrin在其新书《Closing the Innovation Gap》中引用他人的话：“世界上一半的创新源自卓越的眼光（ Great insight ），另一半源自偶然机会（ accident ），没有一件创新是靠工作进度（ schedule ）安排出来的”。
- 决定一个大学和科研机构近期创新能力的是研究开发的**投入和人才**，决定中期能力的是**战略管理**，而决定长期能力的是研究所的**制度和文**化。



大学的引领作用

从源头引领一个超过100亿美元的计算产业

\$1B+ Industry

		Berkeley	Caltech	CERN	CMU	Illinois	MIT	Purdue	Rochest.	Stanford	Tokyo	UCLA	Utah	Wisc.
1	Timesharing													
2	Client/server													
3	Graphics													

10-15年内争取中国的大学在此榜上有位置！

8	GUI													
9	VLSI design													
10	RISC processors													
11	Relational DB													
12	Parallel DB													
13	Data mining													
14	Parallel computing													
15	RAID disk arrays													
16	Portable comm.													
17	World Wide Web													
18	Speech recognition													
19	Broadband last mile													
	Total													

Source:
Innovation
in
Information
Technology,
National
Research
Council
Press,
2003.

按发文数量排，科学院计算机科学共发1927篇文章，排第5位

Essential Science Indicators Version 2.3 - Windows Internet Explorer

http://esi.isiknowledge.com/rankdatapage.cgi?thvalue=0&thresholdon=1&sortby=2&thvalue=0&option=I&search=Computer

文件(F) 编辑(E) 查看(V) 收藏夹(A) 工具(T) 帮助(H)

Google 开始 已拦截 829 个 拼写检查 翻译 发送到 设置

Essential ... Special Topics 欢迎莅临水木... 新闻中心-搜狐 独家：姚晨夫... 扁家大反扑抖...

ISI Web of KnowledgeSM

Essential Science IndicatorsSM



























WELCOME ? HELP RETURN TO MENU IN-CITES

INSTITUTION RANKINGS IN COMPUTER SCIENCE

Display items with at least: 0 Citation(s)

Sorted by: Papers SORT AGAIN

1 - 20 (of 330) Page 1 of 17

	View	Institution	Papers	Citations	Citations Per Paper
1	 	IBM CORP	3,282	19,657	5.99
2	 	UNIV ILLINOIS	2,175	11,513	5.29
3	 	MIT	2,174	17,613	8.10
4	 	AT&T	1,983	23,627	11.91
5	 	CHINESE ACAD SCI	1,927	3,174	1.65
6	 	STANFORD UNIV	1,844	16,927	9.18
7	 	CARNEGIE MELLON UNIV	1,822	7,594	4.17
8	 	UNIV CALIF BERKELEY	1,797	17,520	9.75
9	 	NATL UNIV SINGAPORE	1,795	5,610	3.13
10	 	INRIA	1,696	7,064	4.17
11	 	TSING HUA UNIV	1,637	2,867	1.75
12	 	UNIV MARYLAND	1,509	7,432	4.93
	 	NANYANG TECHNOL UNIV	1,485	2,004	2.00

QQ... 4 Windows ... 已发送邮件 - ... Essential Scie... 计算所 中科院计算机... 100%

Internet | 保护模式: 启用 9:52

Essential Science Indicators Version 2.3 - Windows Internet Explorer

http://esi.isiknowledge.com/rankdatapage.cgi?thvalue=0&thvalue=0&thresholdon=1&sortby=1&option=I&search=Computer

文件(F) 编辑(E) 查看(V) 收藏夹(A) 工具(T) 帮助(H)

Google 开始 已拦截 829 个 拼写检查 翻译 发送至 设置

Essential ... Special Topics 欢迎莅临水木... 新闻中心-搜狐 独家:姚晨夫... 扁家大反扑抖...

ISI Web of KnowledgeSM

Essential Science IndicatorsSM

WELCOME ? HELP RETURN TO MENU IN-CITES

INSTITUTION RANKINGS IN COMPUTER SCIENCE

Display items with at least: Citation(s)

Sorted by: Citations SORT AGAIN

61 - 80 (of 330) Page 4 of 17

	View	Institution	Papers	Citations	Citations Per Paper
61		UNIV LONDON IMPERIAL COLL SCI TECHNOL & MED	1,009	3,350	3.32
62		UNIV BRITISH COLUMBIA	747	3,253	4.35
63		UNIV N CAROLINA	697	3,204	4.60
64		UNIV BOLOGNA	825	3,190	3.87
65		UNIV CALIF SANTA CRUZ	330	3,185	9.65
66		KOREA ADV INST SCI & TECHNOL	1,311	3,176	2.42
67		CHINESE ACAD SCI	1,927	3,174	1.65
68		NANYANG TECHNOL UNIV	1,485	3,094	2.08
69		NATL CHIAO TUNG UNIV	1,278	3,066	2.40
70		N CAROLINA STATE UNIV	550	3,058	5.56
71		BOSTON UNIV	449	3,041	6.77
72		UNIV MANCHESTER	789	3,026	3.84
73		NASA	597	2,954	4.95

QQ... Internet | 保护模式: 启用 100%

4 Windows L... 已发送邮件 - W... Essential Scien... 计算所 中科院计算机科...

9:54

按平均被引率排，科学院计算机科学平均被引1.65次，排第322位(330个单位倒数第9)

Essential Science Indicators Version 2.3 - Windows Internet Explorer

http://esi.isiknowledge.com/rankdatapage.cgi?thvalue=0&thvalue=0&thresholdon=1&sortby=3&option=I&search=Computer

ISI Web of KnowledgeSM

Essential Science IndicatorsSM





















WELCOME HELP RETURN TO MENU IN-CITES

INSTITUTION RANKINGS IN COMPUTER SCIENCE

Display items with at least: 0 Citation(s)

Sorted by: Citations per Paper SORT AGAIN

321 - 330 (of 330) Page 17 of 17

	View	Institution	Papers	Citations	Citations Per Paper
321	 	TOKYO INST TECHNOL	701	1,181	1.68
322	 	CHINESE ACAD SCI	1,927	3,174	1.65
323	 	TOHOKU UNIV	569	919	1.62
324	 	UNIV YORK	542	865	1.60
325	 	UNIV POLITECN VALENCIA	593	933	1.57
326	 	YONSEI UNIV	897	1,217	1.36
327	 	ZHEJIANG UNIV	1,035	1,383	1.34
328	 	RUSSIAN ACAD SCI	1,282	1,642	1.28
329	 	SHANGHAI JIAO TONG UNIV	1,134	1,095	0.97
330	 	KOREA UNIV	1,075	984	0.92

321 - 330 (of 330) Page 17 of 17

Copyright © 2009 The Thomson Corporation

QQ... 4 Windows L... 已发送邮件 - W... Essential Scien... 计算所 中科院计算机科... Internet | 保护模式: 启用 100% 9:57

走出急功近利的文化传统

- 传统文化中有急功近利的成份。中国人不像犹太人那样“在来世的幸福中发现了生活的最终目标”，而是在现世的幸福中发现了生活的最终目标的。南禅宗所谓“顿悟成佛”观念是要在当下体验“成佛”，中国的道教以“炼丹”来达到现世享受“仙乐”的目的。
- 在我国开展前瞻研究，不仅有经济上的制约，而且有文化的惯性阻扰，做战略规划要有充分的思想准备。



对21世纪上半叶信息科学技术 发展趋势的总体判断

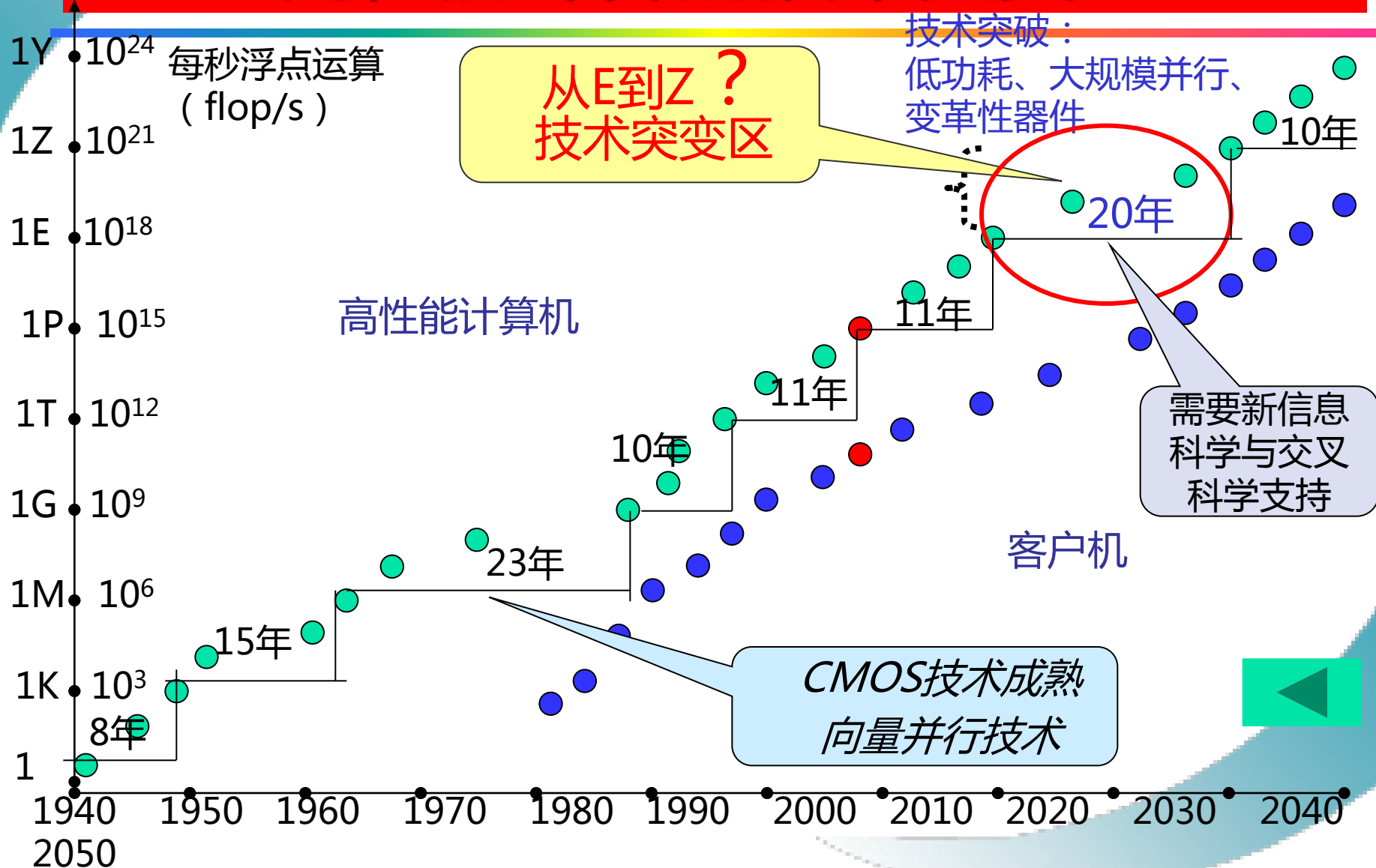
信息技术正在发生深刻的跃变

- 信息技术正在进入全民普及阶段，信息技术惠及大众将成为未来几十年的主旋律；
- 信息服务产业的可持续发展越来越得到重视
- 在未来的10~15年CMOS器件的发展将不再遵循摩尔定律；
- 信息世界正在转型为人机物三元世界；
- 计算开始成为交叉与汇聚科学的纽带。

2020 - 2030年之间可能出现的“技术墙”

- 许多信息技术不约而同地将在2020-2030年之间出现难以逾越的障碍。
- 到2020年左右，摩尔定律将不再有效，集成电路正在逐步进入“后摩尔时代”，我们必须更多地从Beyond CMOS中寻找出路。
- 计算机正逐步进入“后PC时代”，终端设备将从“高大全”向“低小专”（“专”指个性化）转变，降低功耗是首要目标。
- 2020年以后，超级计算机的“千倍定律”将失效，只在现有的技术基础上做改进，2030肯定做不出Zettaflops级（ 10^{21} flops）水平的计算机。
- 进入“后IP”时代是不可避免的发展过程，可能需要20年时间才能真正突破TCP/IP协议的局限。

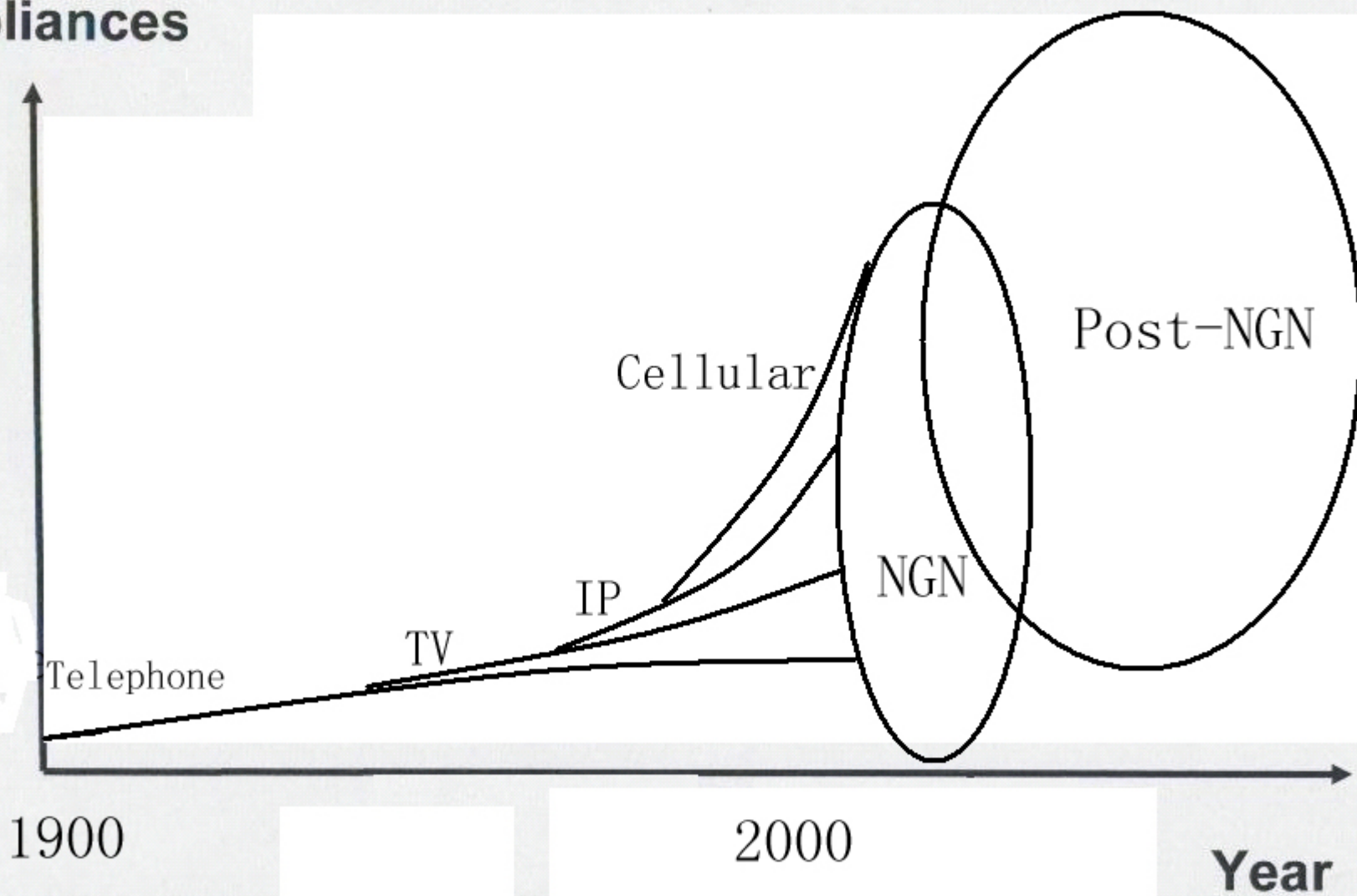
2020 - 2040年是 高性能计算的技术突变区





未来网络（后IP网络）

Appliances



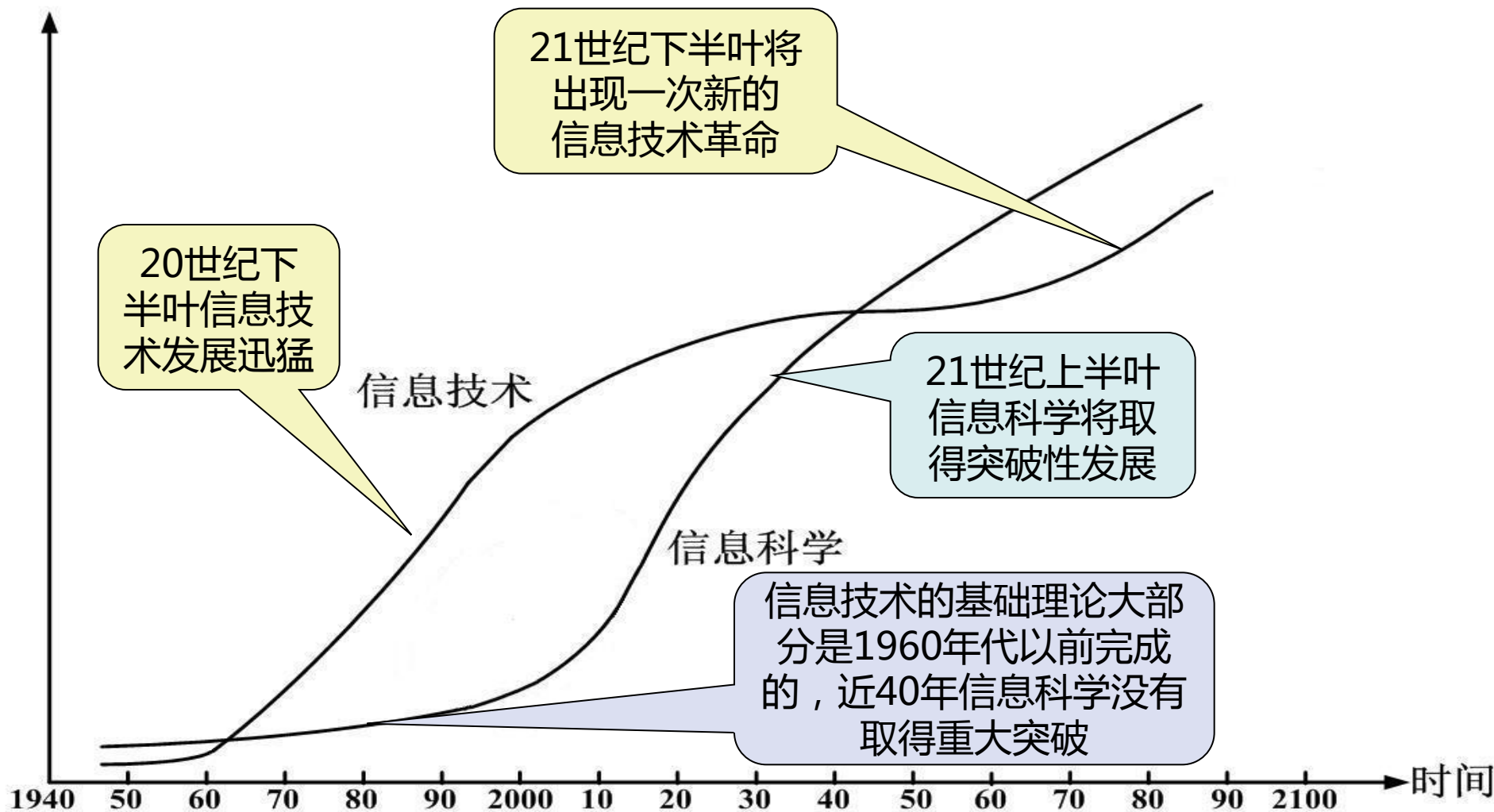


对信息科学发展阶段的判断

- 信息科学还是一门年轻的科学，近40年信息技术走在信息科学的前面。目前的信息科学只相当于1905年以前的理论物理研究，信息科学还处在伽利略时代。
- 近20年来集成电路和网络技术的飞速发展对信息科学提出了若干挑战性的理论问题：
 - 如何对付信息系统的巨大复杂性（多核CPU芯片、大型系统软件和应用软件，Internet）？如何保证信息系统的可靠性？
 - 如何将信息系统的功耗降低几个数量级？
- 20世纪的后半世纪是以技术发明和技术创新为标志的时代。21世纪上半叶，将兴起一场以汇聚科学和计算思维为特征的新的信息科学革命，其结果可能导致21世纪下半叶新的技术革命。

20-21世纪信息科学与技术发展态势示意图

发展程度





应关注信息技术广泛普及和惠及大众
关注低功耗、低成本的信息技术



普及信息技术要扭转科研方向

- 要清醒地认识到普及信息技术的艰巨性和长期性。普及信息技术可能比普及电力技术更困难，需要更长时间。所谓技术普及是指如同电力系统一样，用户只要知道电源插座在哪儿，其他不用管。信息技术离这种普及还有很远的路要走。普及信息技术需要大量创新。
- 过去的50年，信息技术的发展主要追求高性能，通用和规模化生产，较忽视低成本、易用性、可靠性、安全性和个性化。今后10 - 40年要坚定不移地研究低成本信息化技术，坚持以用户为中心，降低信息技术的使用门槛，发展个性化的信息技术（User-oriented）。
- 必须通过原理性创新突破低功耗技术，建立类似时间复杂性的功耗复杂性理论，使信息器件和系统的功耗减低几个数量级。

信息处理、通信和存储是高耗能产业

- 2014年我国IT产品的总耗电量400亿度左右，其中PC机耗电超过**200亿度**。我国政府机构年电力消耗占全国电力消耗总量的5%，能源费用超过**800亿元**，据估算其中**一半**是用于信息设备的能耗。
- 信息服务产业高耗能的可怕之处在于超级服务器的性能每10年可以增加1000倍，即使性能功耗比每10年提高100倍，每10年产品的总功耗还会有数量级的增长。
- 预计**2010年各类数据中心的总耗能比2007年要增加一倍**，按此增长速度，20年内数据中心能耗将增加100倍，数据中心耗电将超过1万亿度（2007年全国发电量的1/3）！
- 信息通信产业已经成为全球第五大耗能行业，采用目前技术，**十年内信息通信耗能将是人类所耗能量总和的50%！**



应关注网络科学技术和 并行分布信息处理


大力发展传感网络和CPS系统

- 传感网络和**Cyber Physical Systems**研究是典型的多学科交叉的综合研究，涉及到计算机、网络、通信、光学、微机械、化学、生物、航天、医学、农业等众多领域，会成为其他领域研发的驱动力，并起到培育新的社会应用的作用。
- 传感网络在大规模实时信息获取、协同感知、高抗毁性、微型灵活部署等方面具有明显优势，将成为实现“安全、可靠、智能”的路网智能交通和城轨交通安全的重要支撑技术之一。
- 基于泛在传感器的加工制造业

并行编程是必须突破的关键技术

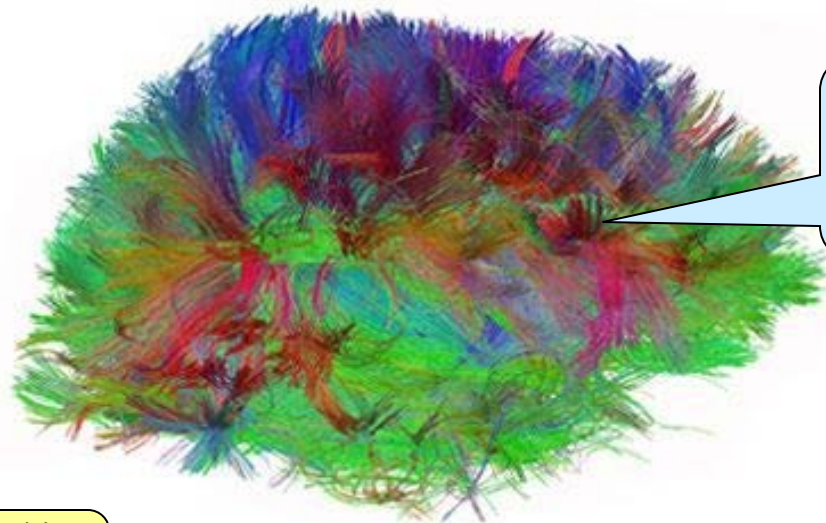
- 新的**摩尔定律**变成：
 - 在基本不变的主频下，单个芯片上的处理器核的数目每一代（约两年）增加一倍。
- 单处理器性能的提高遇到阻碍以后，计算机要提高性能基本上只剩下一条路可走——依靠并行处理。这一迫不得已的转变，对软件界既是挑战也是机遇。
- 转向增加并行性不是基于重大突破的高歌猛进，而实际上是由于传统硅实现方法遇到巨大障碍而采取的一次退却。
- 今后几十年中，算法研究也将从单一算法转移到对多个算法相互影响的研究，为研究分布式系统奠定坚实的基础。**并行算法和并行编程是今后几十年计算机科学和软件界必须突破的科学问题和关键技术。**。

从人脑等天然系统中获得 并行分布处理的启示

- 通过生物几十亿年进化形成的人类大脑是通过大量神经元并行分布工作获得智慧的，不是靠单个神经元的高速信息处理，神经信号传输速度在毫秒级。
- 大脑里有大约1000亿个神经元，每个神经元有数千个神经连接，而每个神经连接还有大约1000个神经通道。 
- 信息科学必须从生物和人脑等天然系统中获得启示，特别是找到如何实现大规模并行分布处理、动态连接、自适应性、容错和自修复性等功能的机制，使信息系统走出20世纪形成几个壁垒。

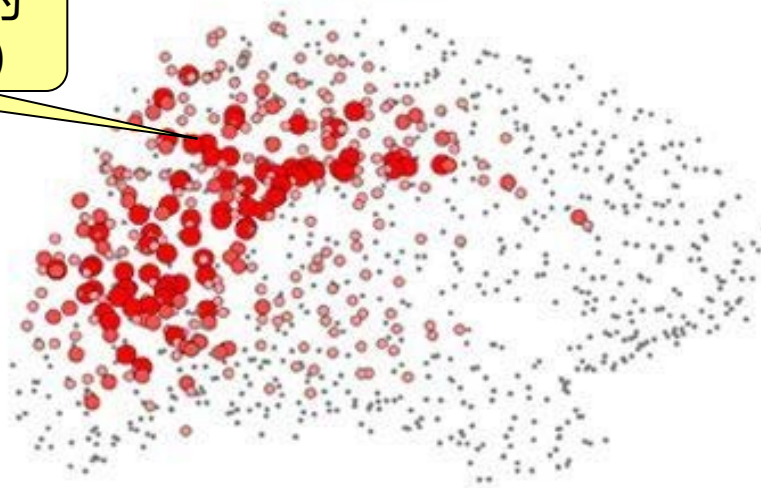


学习人脑的并行分布处理



最新获得的大脑皮
层连接图

神经连接最繁忙的
集线器(红色)





关注以仿真计算为纽带 的前沿交叉科学研究

图灵奖得主 Butler Lampson演讲的启示

■ 计算应用的三个阶段

➤ Simulation(50s~) :

通过数学模型模拟物理世界和人类活动，对科学规律、工程实现、经济规律的仿真

➤ Communication(80s~) :

通过在Storage之间移动数据，Cyber化人类社会“真实”的工作与生活 (talking, reading, writing, watching, selling, buying, ...)

➤ Embodiment(2000s~)

通过具有一定人的智能(事先无法预知)的计算机算法，让计算设备最终能够隐形地嵌入到物理世界

“一切皆可计算” Computing Thinking

物理世界

数学模型

Simulation

HPC

更快

人类社会

Cyberspace

Communication

网络、存储

更多

智能活动

Mentalspace

Embodiment

智能嵌入

更巧

← 映射

← 算法

← 平台



新兴汇聚科学

- NBIC, (Nanotechnology, Biotechnology, Information technology and Cognitive science)
- GNR (Genetics, Nanotechnology , Robotics).
- GRIN (Genetic, Robotic, Information, and Nano processes)
- GRAIN (Genetics, Robotics, Artificial Intelligence, and Nanotechnology)
- BANG (Bits, Atoms, Neurons, Genes)



重视基于脑科学的智能信息科学

必须重视脑科学与信息技术的结合

- 国外的科学家普遍认为：“Neuro”已成为新的“Nano”，2009年是脑科学和神经工程学（**Neuroengineering**）历史上关键的一年。
- 神经工程学，脑反向工程是脑成像技术、神经系统成像技术、计算神经学等领域的交叉科学，近年来发展迅猛。
- **我国在经络研究上已落后于韩国。**
- 我国制定中长期规划时，**脑科学没有得到足够的重视**，应该与量子调控、蛋白质科学放在同样的地位。
- 国内各学科画地为牢，不希望其他学科打进自己的领地，严重影响交叉学科发展，未来十年要打破学科领域的限制，高度重视脑科学与信息科学的交叉融合。

信息技术的核心问题还是 “智能”

- 计算机科学的追求可以归结为三个基本问题：
 - 巴贝奇问题：构造执行程序的计算机
 - V.布什问题：MOMEX（知识的连接）
 - 图灵问题：模拟和放大的人的智能
- 经过几十年努力，前两个问题已基本解决，但从图灵的著名问题“机器能思维吗”开始，人工智能的预言多次失败。
- 计算机应用的难题最终几乎都归结到**语义的理解**，解决此难题应依靠脑科学的进展，工程上取决于将**高维、无序、海量数据**转化为**有序、可管理、易检索的知识**。
- 今后几十年智能科学和知识工程会有突破性的进展，突破的希望寄托在计算机科学与脑科学（认知科学）、生命科学。纳米科学的汇聚研究，同时也依赖于对所求解问题本身的深入理解，将所谓NP问题转化为容易求解的问题。

人工智能研究的重大进展

- IBM公司正在研发用于参加热门智力竞答节目的计算机“沃森”，让它与人类展开一场智力角逐。他们相信，“沃森”将在智力竞答节目《危困》中胜出。
- 《危困》节目涉及历史、文学、政治、电影、流行文化和科学等诸多领域，参赛选手必须具备敏锐的分析能力，才能竞答，沃森“需要把人类语言转化成计算机语言，分析出答案后再以人类语言作答。计算机能像人一样参加智力竞答，说明人工智能研究在自然语言理解方面已有较大的进展。



蓝色大脑计划

- 瑞士洛桑高等理工学院 (EPFL) 启动了一项雄心勃勃的科研计划——**Blue Brain**。该计划使用了IBM的 Blue Gene计算机(每秒22.8万亿次浮点运算), 模拟老鼠的大脑新皮层单元中10000个神经元行为。
- 人类大脑中复杂的物理结构以及随时变化的化学成分增加了模拟的难度, 模拟记忆 **“液态计算”** 技术也许会为硅片电路带来新的发展方向。
- IBM以采用蓝色基因超级计算机对大脑皮层II/III 层的**22,000,000神经细胞和 110,000,000,000 突触**进行模拟。今年IBM 从DARPA得到**490万美元**的资助, 与斯坦福等大学合作研制**类脑计算机**。

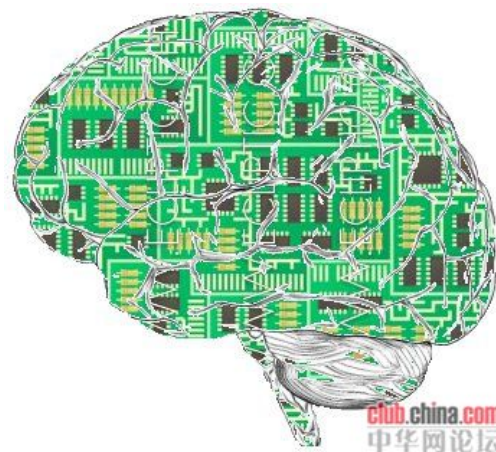
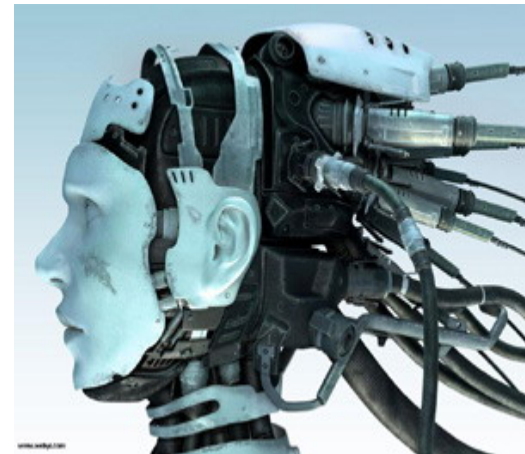


活体脑组织控制的机器人

- 2008年年8月，英国雷丁大学研发出一个由**老鼠脑组织控制的机器人**（取名“米特·戈登”）。这是世界上第一个用活体脑组织控制的机器人。
- 从老鼠胚胎中取出专用神经细胞，将它们放到一种含**有色营养液和抗生素的培养基中**。再把培养基放在长宽均为8厘米、由60个电极组成的多电极列阵上，**电极和脑切片相连，像是一块特别大的CPU**。这样，脑就与机器连接起来，每个电极都可以捕捉神经元的电信号，也能向神经元放出电刺激，从而驱动机器人的车轮运转。
- **从人机界面（HCI）到脑机界面（BCI）**

基于脑科学成果的片上神经计算机

- 德国海德堡大学正在协调欧盟支持的FACETS项目，该项目汇集了来自7个国家15个研究院所的科学家的，构建一台像大脑一样工作的神经计算机
- 第一步就是在单个芯片上建立一个由300个神经元和50万个突触组成的网络。第二期的新网络中将包含了20万个神经元和5000万个突触，用模拟电路实现神经元、数字电子实现通信。研究小组在20厘米的单硅片上建立了该网络
- 这个系统要比生物等效法快10万倍，比软件模拟快1000万倍。





Thank You!

