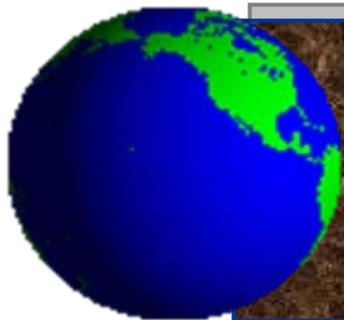


发展信息科学技术的战略取向



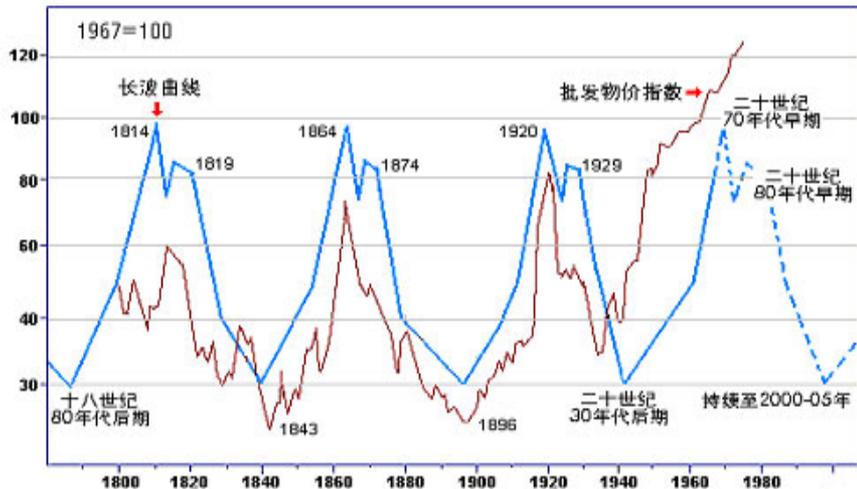
李国杰
中国科学院计算技术研究所
2010.02.26

报告目录

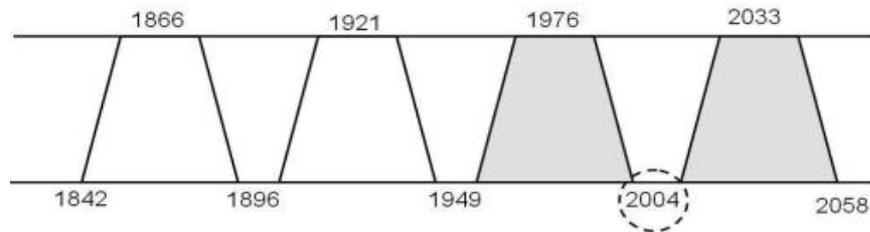
- 信息科学技术面临重大突破
- 对信息科学技术认识的转变
- 我国信息领域要强调重点跨越

信息科学技术面临重大突破

康德拉季耶夫经济长波理论

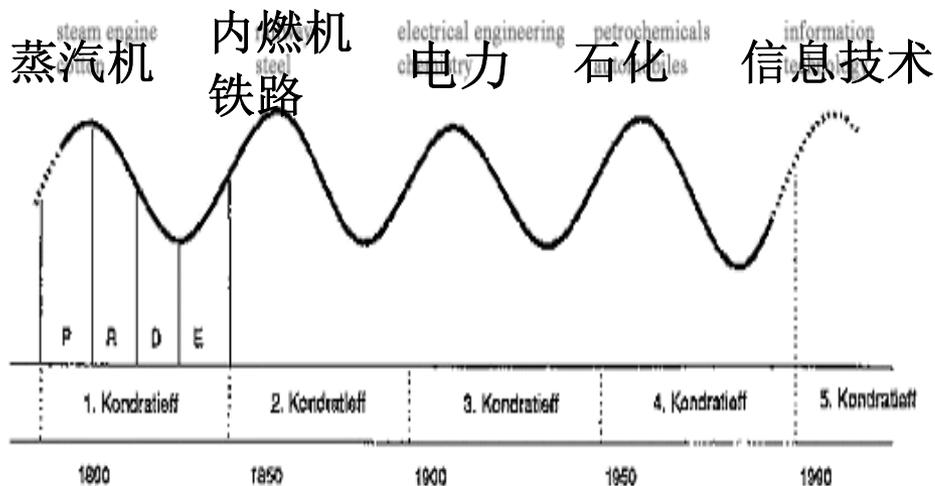


1787—2058年康德拉季耶夫长周期
Long Cycles—Kondratieff Waves

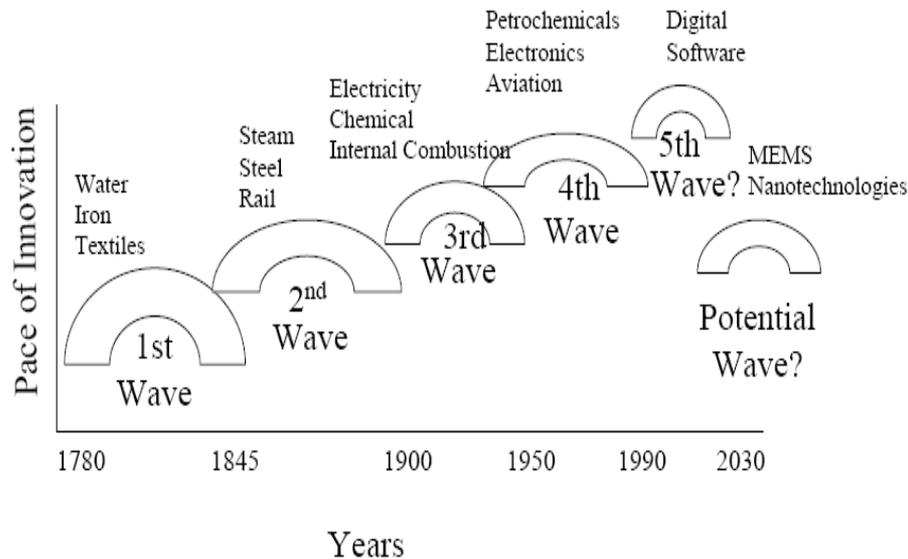


经济发展K长周期论

前苏联经济学家尼古拉·康德拉季耶夫(Nikolai Kondratieff)于1920年代提出了资本主义经济五十多年盛衰周期的长波(long wave)论说,他的主要证据是价格(包括货品价格、工资、利率)和有关贸易及存款等经济数据。

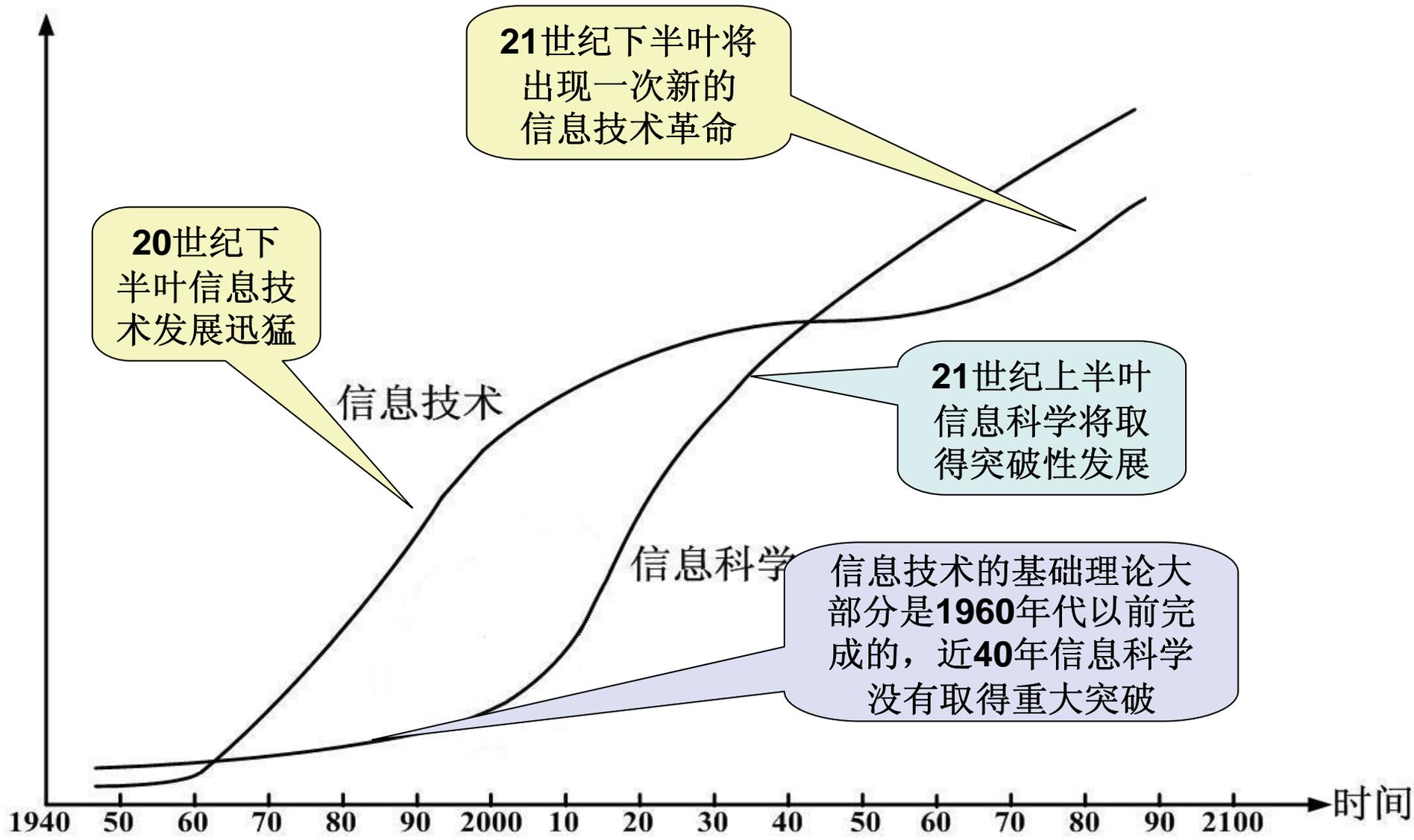


P: prosperity
R: recession
D: depression



20-21世纪信息科学与技术发展态势示意图

发展程度



科学院2050年路线图

对信息技术的基本判断

- 通过一年多的战略研究工作，我们做出的最基本的判断是：信息技术不会像机械和电力技术一样，经过半个世纪的高速发展以后，就变成以增量改进为主的传统产业技术，在21世纪上半叶让位于生物技术和纳米技术，而是**面临一次新的信息科学革命**；在**整个21世纪**，信息科学与技术将与生物、纳米、认知等科学技术交织在一起，**继续焕发出蓬勃的生机**，引领和支撑国民经济的发展，改变人们的生活方式。
- 不论是集成电路、高性能计算机，还是互联网和存储器，**2020年前后都会遇到只靠延续现有技术难以逾越的障碍（信息技术墙）**，孕育着新的重大科学问题的发现和原理性的突破。

当前信息技术面临三座高墙

挖掘并行性
和可扩展的
困难

信息处理
的高功耗

复杂信息系统
安全可靠性的低

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中寻找新的出路。
- 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年肯定做不出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。

信息领域的技术突破重点方向

可扩展到亿级并行度
惠及数十亿用户

可扩展性



低功耗

可靠安全

低功耗的信息系统

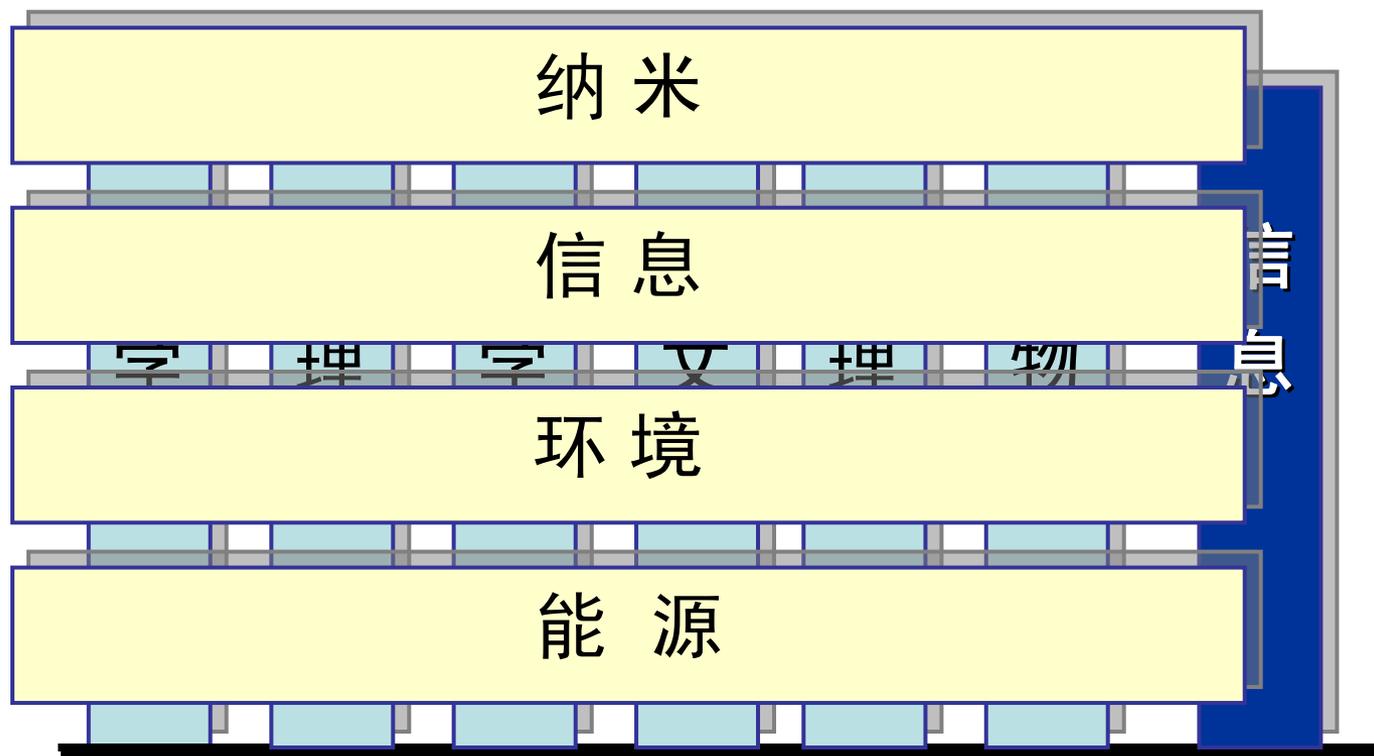
高可信的信息系统

10-15年的战略机遇期

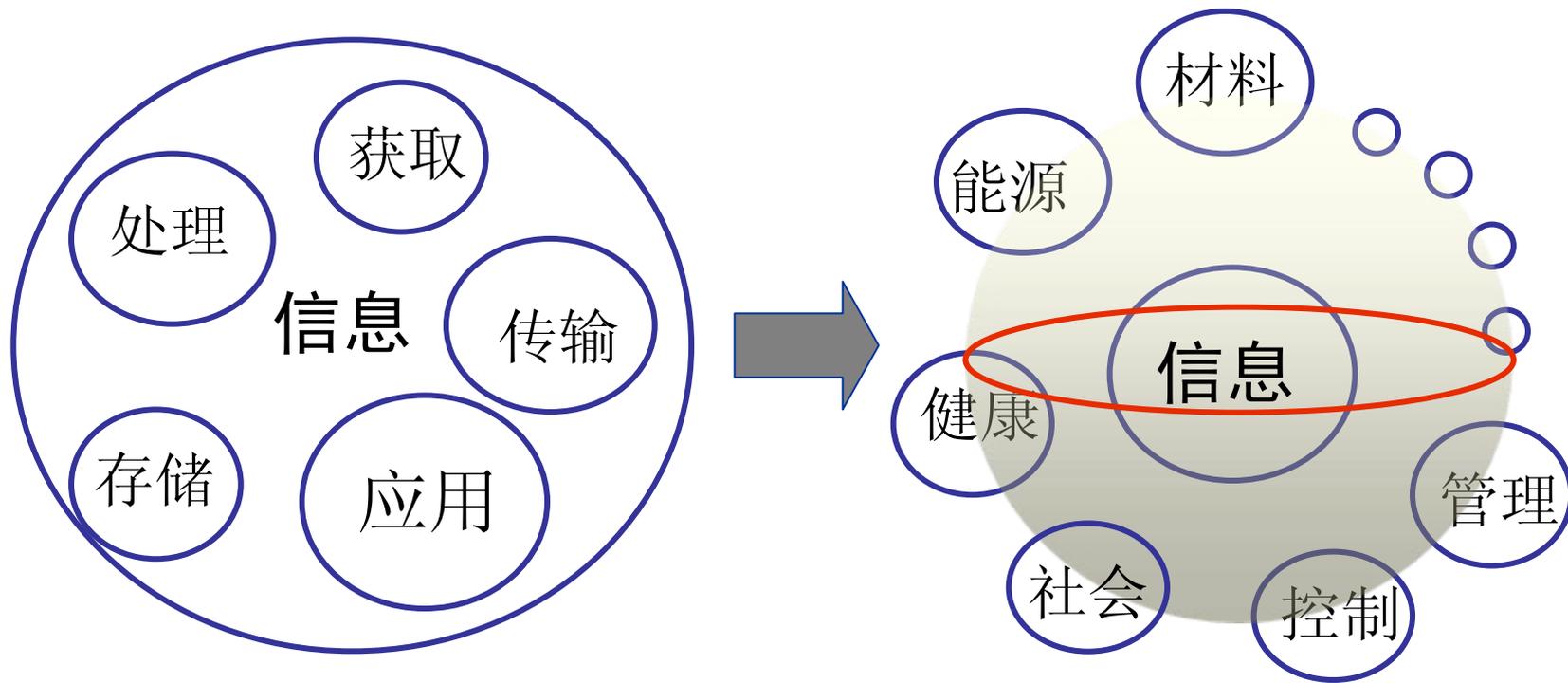
- 2020以前要积极探索攻克“**信息技术墙**”的核心技术，重点解决信息系统的可扩展性、低能耗、安全性和易用性等难题；2020年以后，什么技术将成为新的主流技术就会逐步明朗；**2020到2035年将是信息技术改天换地的大变革期**；2035到2050年，符合科学发展观的新的信息网络体系会逐步形成。
- 这样的结论给我们的重要启示是，从现在开始，**历史留给我们难得的机遇期只有10-15年左右**。如果我们错过这15年，就很难在21世纪上半叶成为信息产业的强国，必将对我国的现代化进程产生十分不利的影响。

对信息科学技术认识的转变

究竟什么是信息科学技术？



从重视信息科学技术的 内涵转到重视外延



传统的信息科学技术

21世纪强调的信息科学技术

21世纪信息技术发展的新取向

- 在继续发展工程技术的规模效益的同时，更加重视信息技术的多样性、开放性和个性化，更加重视信息技术惠及大众。
- 在重视技术作为生产力决定性因素的同时，更加重视信息科学的研究探索，特别是与纳米、生命、认知等科学的交叉研究；更加重视医学及与人类健康有关的信息科学技术。
- 人们在重视信息技术的市场竞争能力及经济效益的同时，将更加重视生态和环境的影响，探索对有限自然资源和无限知识资源的分享、共享和可持续利用。
- 在继续科学与技术紧密结合的同时，更加重视信息技术与人文艺术的结合，更加重视信息技术伦理道德方面的研究和信息技术社会作用的法制化管理与监督。

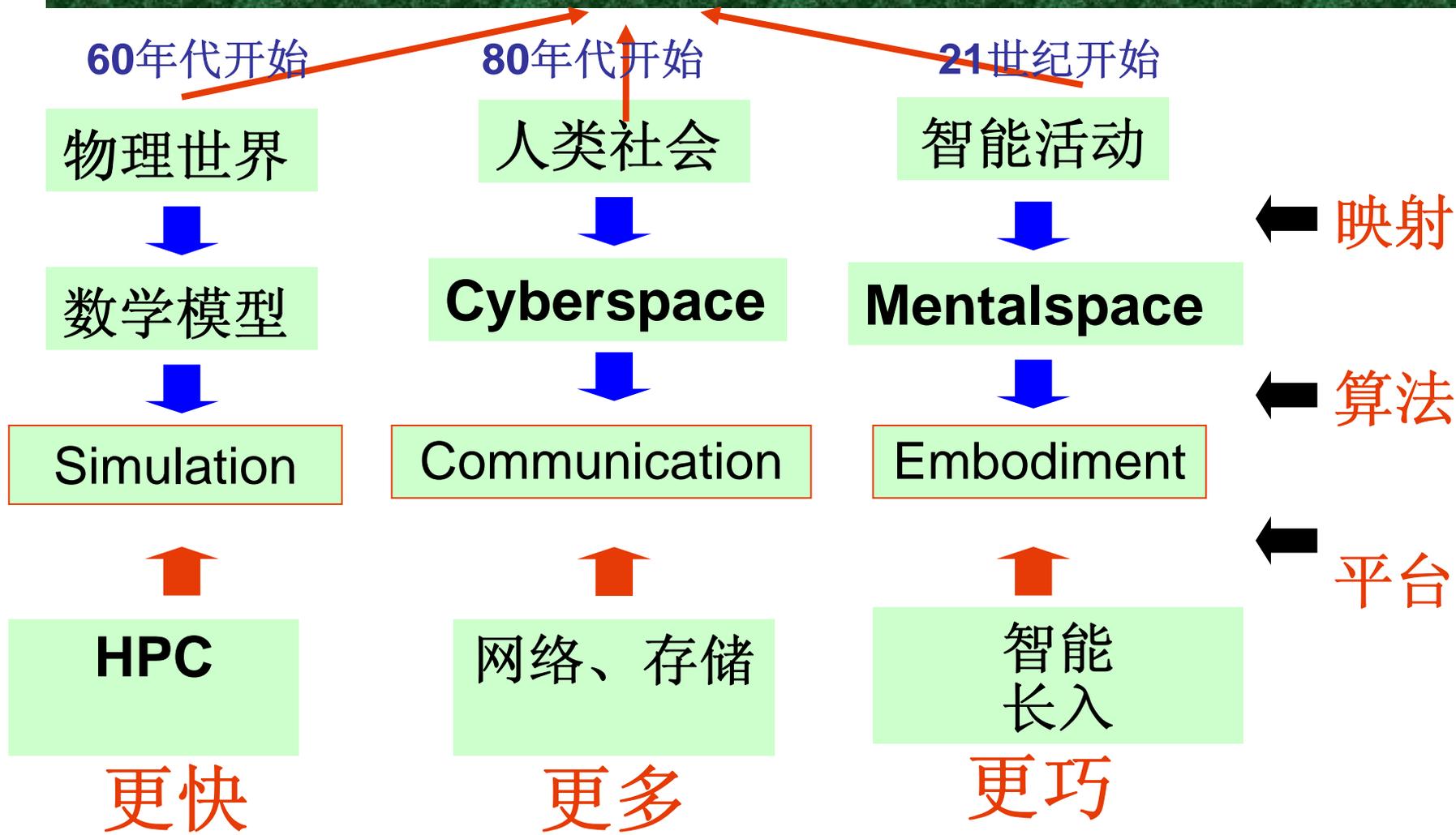
改变“狭义工具论”的旧观念

- 长期以来，计算机和信息网络被社会看成是一种高科技工具，计算机科学技术这门学科也被构造成一门专业性很强的工具学科。
- 这种社会认知很容易导致负面的“**狭义工具论**”，即认为信息科技只是一种高科技工具，“高科技”意味着认知门槛高、成本高，“工具”意味着它是一种辅助性学科，并不是能够满足国家经济社会发展、满足人民经济文化需求的主业。这种狭隘的认知是信息科技向各行各业渗透的最大障碍，对信息科技的全民普及极其有害。
- 需要在全社会传播和普及“**计算思维**”（**Computational Thinking**）

计算思维---普适的思维

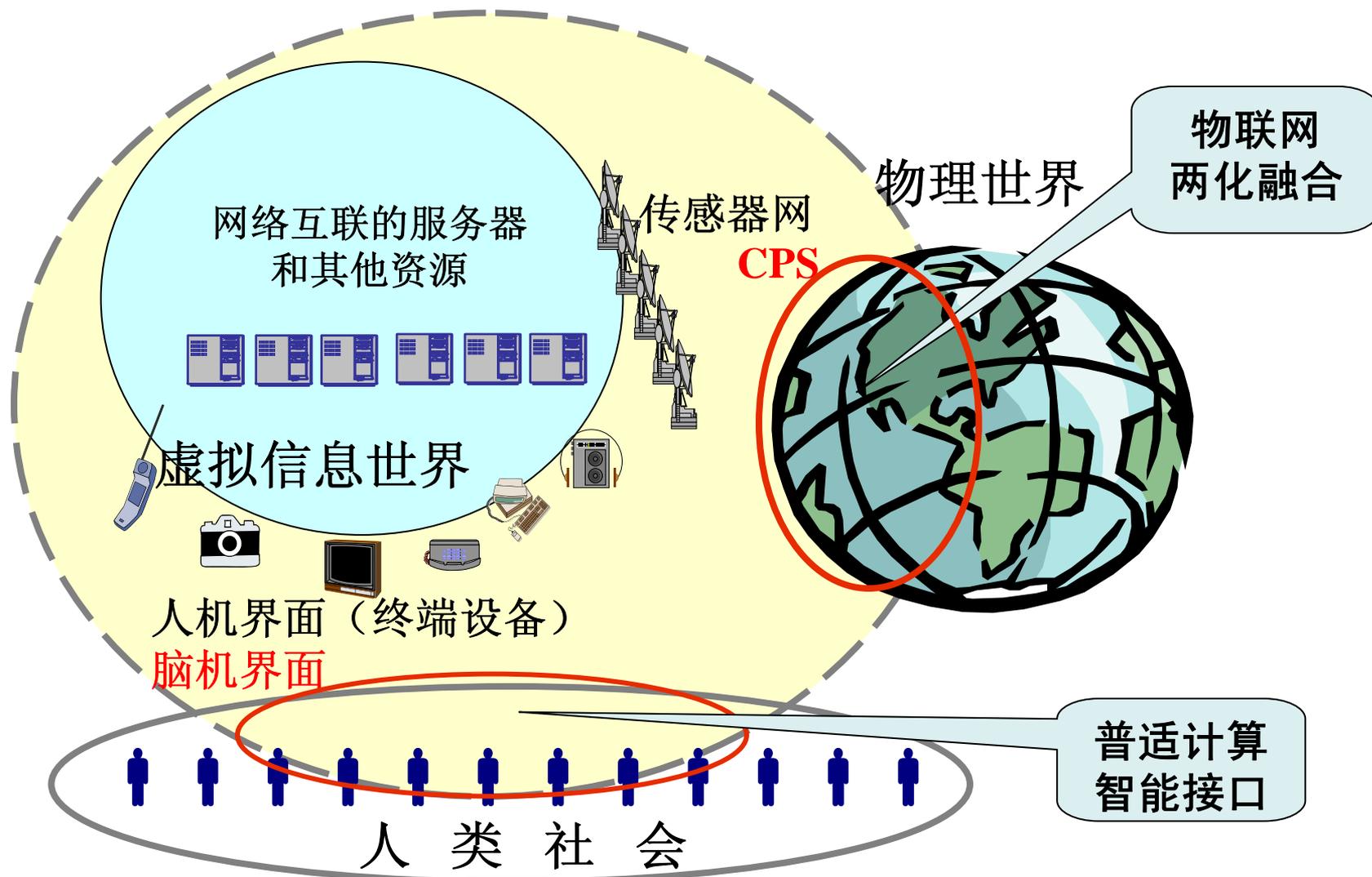
- 计算思维是每个人的基本技能。在阅读、写作和算术（英文简称3R）之外，我们应当将计算思维加到每个孩子的解析能力之中。正如印刷出版促进了3R的传播，计算和计算机也以类似的正反馈促进计算思维的传播。
- **计算思维**
 - 是概念化思维，不是程序化思维；
 - 是基础的技能，不是机械的技能；
 - 是人的思维，不是计算机的思维；
 - 是数学和工程互补融合的思维，不是数学性思维；
 - 是面向所有人的思维，不仅仅是计算机科学家的思维。
 - ——引自周以真教授的CACM文章

“一切皆可计算” Computing Thinking



—此图思想来自图灵奖得主Butler Lampson的报告

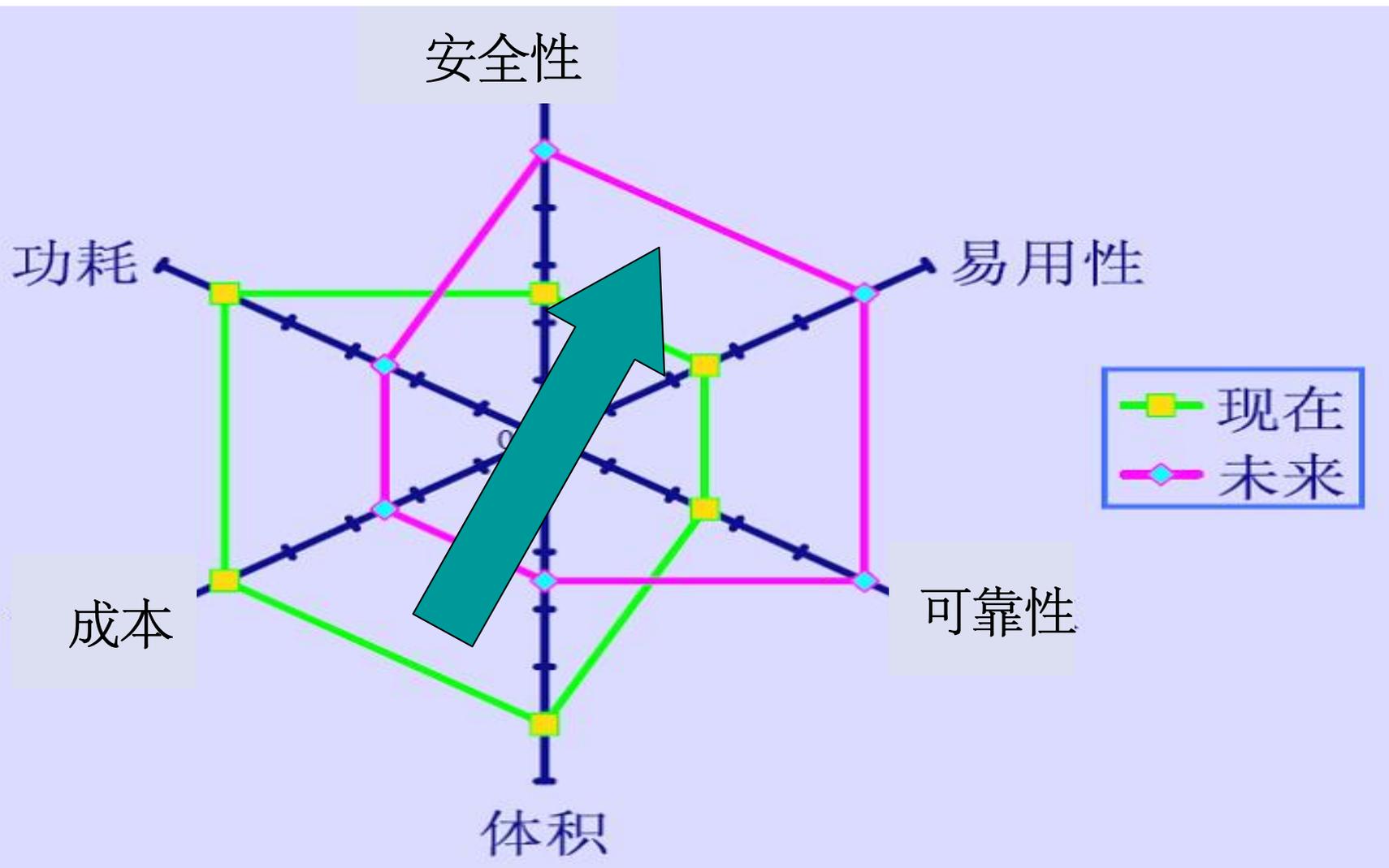
物理世界、信息世界、人类社会 组成三元世界—新信息世界观



从人机共生模式转向人机物三元社会模式

- 今天使用的信息系统，在很大程度上仍然根基于40多年前提出的**人机共生**思想：人做直觉的（说不清的）、无意识的事，计算机做有意识的、确定的、机械性的操作。人确定目标和动机，计算机处理琐碎细节，执行预定流程。
- 今天的计算机世界已经与一人一机组成的、分工明确的人机共生系统不同。**人机物三元世界**是一个多人、多机、多物组成的动态开放的网络社会。
- 这个跃变促使信息科学发生本质性的变化。信息科学应当成为研究人机物社会中的信息处理过程。我们需要回答下述基本问题：万维网能被看成一台计算机系统吗？什么是万维网的可计算性？什么是物联网计算机的指令集？人机物社会中的“计算”如何定义？它还是图灵计算吗？
- 为了研究人机物三元世界的计算问题，传统算法科学的**集中式假设、确定起始假设、机械执行假设、精确结果假设**等可能都需要突破。

改变信息技术的研究方向



改变图灵计算模型不可突破的观念

- 目前的主流计算机科学教科书认为：图灵机不能做的事情将来的计算机也不能做。
- 图灵计算被看作是从输入到输出的函数，不终止的计算被认为是没有意义的。
- 在网络环境中，计算主体（进程）在与外界不断交互的过程中完成所指定的计算任务。对于这类交互式的并发计算，传统的基于‘函数’的计算理论不再适用。
- 如何为实际并发系统的设计与分析提供坚实的理论基础，在今后几十年内是计算机科学面临的重大挑战。
- 算法研究的重点应从单个算法的设计分析转向多个算法的交互与协同。

我国信息领域要强调重点跨越

重温毛主席的讲话

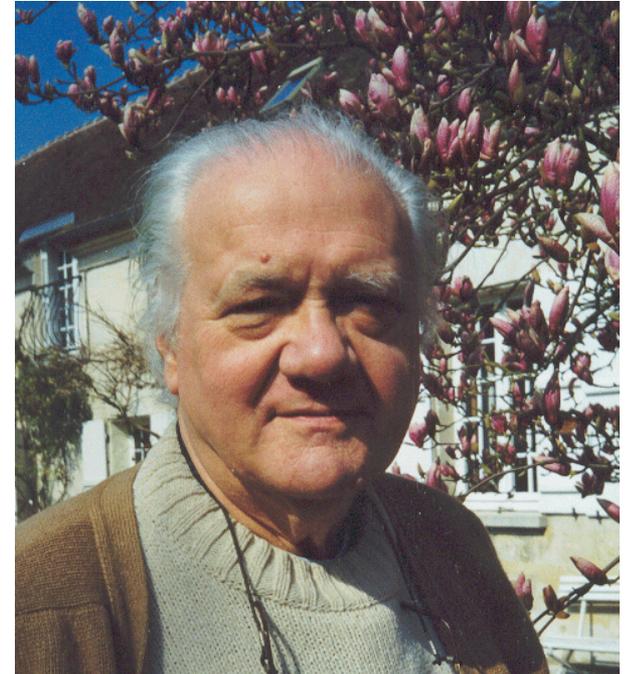
- 你有那么多人，有那么一块大地方，资源那么丰富，又听说搞了社会主义，据说是优越性，结果你搞了五、六十年还不能超过美国，你象个什么样子呢？那就要**从地球上开除你的球籍**！所以，超过美国，不仅有可能，而且完全有必要，完全应该。如果不是这样，那我们中华民族就对不起全世界各民族，我们对人类的贡献就不大。

——毛泽东选第五卷，269页

《在中国共产党第八届大会预备会议上的讲话》

麦迪森预测：中国GDP2015年超过美国

- 安格斯·麦迪森是荷兰Groningen大学著名经济学教授，出版过专著“*Chinese Economic Performance in the Long-Run*”，发表过预测中国经济的重要论文，在国际上有重要影响。
- 根据麦迪森教授的统计和预测：
 - 1990年，中国经济总量为美国的37%
 - 2003年 相当于美国的 73%
 - 2008年 相当于美国的 85%
 - 占全球GDP 16%
 - 2015年 相当于美国107% (超过美国)
 - 2030年，相当于美国138%
 - 占全球GDP 23%
- 胡鞍钢：2015年超过美国是相当保守的算法
(采用国际通用的PPP方法计算GDP)



Prof. Angus Maddison
安格斯·麦迪森教授
著名经济统计学家

技术创新模式的转变

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

——引自穆荣平“中国技术资源开发与利用战略研究”报告

做出与国力相称的科技贡献

- 我国的人均GDP已经超过**3300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**1万美元**。浙江、广东、山东、江苏等省的人均GDP也超过或接近**5000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。

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

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: 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

9:52

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

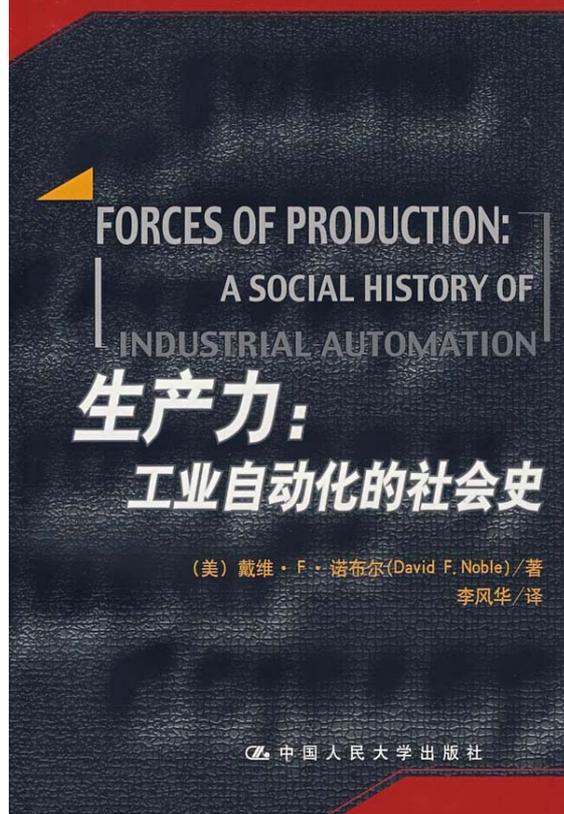
QQ... 4 Windows L... 已发送邮件 - W... Essential Scien... 计算所 中科院计算机科... Internet | 保护模式: 启用 100%

9:57

新技术的发展不是自发的市场行为 而是取决于人们的**战略取向**

- 创造美国制造体系的主要动机并不是经济的，而是军事的；这种新型制造方法的主要推动者**不是自我调节的市场**而是站在市场之外的**美国陆军军械部**。
- 存在许多影响这种新技术扩散的因素，其中大部分都不是依靠自发的市场力量所能解释的。这些因素通常**不能用所谓的理性经济行为来解释**。
- 技术仅仅是一种社会变量，可以根据我们的选择而做出改变。鉴于技术具有政治性，我们还必须看到，在现存的政治结构下以及可预见的未来，**技术仍然将构成权力与控制的扩展**。
- 技术并非症结所在，也不是解决之道。真正的问题是**政治的、道德的与文化的**，解决之道也是如此。

当代世界学术名著·经济学系列



当代世界学术名著 经济学系列
戴维·诺布尔：
《**生产力：工业自动化的社会史**》
中国人民大学出版社，2007年

温家宝总理9月23日 在新兴战略性新兴产业发展座谈会上的讲话

- 这预示着全球科技将进入一个前所未有的**创新密集时代**，重大发现和发明将改变人类社会生产方式和生活方式，**新兴产业**将成为推动世界经济**发展的主导力量**。
 - 面对全球新一轮科技革命的挑战，中国完全有能力在若干关系长远发展的领域**抢占经济科技制高点**，使国民经济和企业发展走上**创新驱动、内生增长**的轨道。
-
- 要以国际视野和战略思维来选择和发展**新兴战略性新兴产业**，着眼于提高国家科技实力和综合国力，着眼于引发**技术和产业变革**。
 - 为此，必须做好战略**决策储备、科技创新储备、领军人才储备、产业化储备**。这四项储备决定未来。

2020年以前我国科研的主要目标

- 中央制定的2006—2020年科学技术发展规划纲要中，两个最重要的目标是：
 - 科技对经济的贡献率提高到**60%**（现在**40%左右**）
 - 对外技术依存度降低到**30%**（现在**50%左右**）
- 笼统地讲，就是要做到平均每年：
 - 科技贡献率至少要提高1个百分点
 - 对外技术依存度至少要降低1个百分点
- 这一“**率**”—“**度**”，是发展中国科技的**总纲**，科技工作者时时刻刻要提醒自己，我们的科研是不是为这一个“**提高**”一个“**降低**”做出了贡献。

改变重“支撑”轻“引领”的短视科技布局

- 中长期科技规划制定了十六字方针“**自主创新、重点跨越、支撑发展、引领未来**”，实际工作中往往只重视支撑发展，忽视重点跨越和引领未来，未来十年要纠正这一倾向。“**支撑**”与“**引领**”**两手都要硬**。
- 多少年来，我们总是认为自己底子薄、基础差，不具备创造技术的条件，习惯于在国外的基础技术平台上做科研工作。计算机领域基本上不敢跳出Wintel平台去思考创新。
- 今天不做引领性的科研，不重视“重点跨越”，明天就只能靠国外的技术支撑我国的产业。
- 支撑发展、重点跨越和引领未来可以理解为自主创新的三种不同层次。我们必须**统筹规划技术创新的不同模式**，不断提高技术创新的水平。

改变追随外国的老模式 真正走自主创新、科学发展之路

- 改革开放30年来取得很大的成绩，建立了前所未有的工业基础和科技储备。
- 值得反思的一点是科技界没有摆脱跟踪模仿的思维方式，30年未建立自主可控的基础信息技术平台，如果云计算平台也依赖国外大公司，可能几十年内也难以翻身。
- 国务院领导已经下决心与受制于人的旧信息平台说“Bye-Bye”，今后10年是中国信息企业打翻身仗的好时机。
- 从芯片、计算机、网络到信息服务系统，未来10年中国有能力走出一条新路，建立自己的信息技术体系。
- 中国的网络服务体系必须针对中国自己的问题，目前我们面对的最大问题是信息化与工业化融合，实现经济结构转型和提升。

改换平台的关键是统一意志

- 被称为“欧盟之父”的卡罗吉，85年前发行《泛欧洲》时讲到，“所有伟大的历史事件都从乌托邦开始转为现实而终结。一个想法停留在乌托邦还是转为现实，**关键在于信仰者的数量和执行能力。**”
- 在开放的原则下打造自主可控的信息技术基础平台，今天被许多人认为是“乌托邦”式的空想。能否转为现实关键不在技术，而在于**政治家的决心和推动者的热情和恒心。**
- 科技竞争已经白热化，我们要尽可能改善我们的科研条件，尽可能加大我国的科技投入。但是，中国特色自主创新的灵魂是**艰苦奋斗的拼搏精神和以弱胜强的革命意识。**

我国科技界应有的的引领作用

从源头引领一个超过10亿美元的计算机产业

\$1B+ Industry

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

10-15年内我国应在此榜上有位置!

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	7	2	2	3	2	5	1	2	4	1	3	1	3

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



请批评指正!