

文章编号: 1006-2467(2008)10-1589-19

新时期我国信息技术产业的发展^{*}

江 泽 民

摘要: 本文阐述了信息技术产业发展的地位、作用和发展趋势,指出以互联网、计算机为代表的信息技术,引发了第三次工业革命。信息技术产业已成为新时期经济增长的重要引擎,有力地促进了可持续发展,深刻地改变着人类生产生活方式。文章探讨了世界信息技术产业发展趋势,认为信息技术孕育着新的重大突破,产业集聚与融合趋势日益明显,知识产权和标准竞争不断加剧,泛在化网络环境正在形成。本文提出,中国应当进一步发挥信息技术产业经济增长“倍增器”、发展方式“转换器”和产业升级“助推器”的作用,坚持自主创新、开放兼容、融合集成、军民互动、市场导向、跨越发展的方针,以信息化带动工业化,以工业化促进信息化,走出一条中国特色信息技术产业发展道路。注重发展微电子、计算机、软件、关键元器件及其材料等核心基础产业,以及宽带移动通信、下一代网络、信息服务等具有国际竞争力的优势产业。完善信息技术产业政策体系,力争到2020年前后,把我国建设成为信息技术产业强国。

关键词: 信息技术产业; 产业发展; 发展战略; 新时期; 中国

中图分类号: F 49 **文献标识码:** A

Development of IT Industry in China in the New Age

JIANG Ze-min

Abstract : The article explains the role and future trend of IT industry, and states that information technology represented by the internet and computers has brought about the third industrial revolution in history. An important impetus for economic growth in modern times, the IT industry has greatly promoted sustainable development and is profoundly changing mankind's way of life and production. In discussing the development trend of world IT industry, the article suggests that with potential new breakthroughs in IT technology, the trend of agglomeration and integration of industries has become increasingly obvious, competition of intellectual properties and standards is intensifying and ubiquitous networks is taking shape. It points out that China should bring into better play the role of IT industry as an “amplifier” in economic growth, a “converter” in development mode and a “propeller” in industrial upgrading. It is important to follow a policy that emphasizes independent innovation, market driven approach, open and compatible technologies, integrated and comprehensive application, and serving both military and civil purposes, so that a quantum leap of IT industry will be achieved. China should advance industrialization with IT technologies and promote the IT industry in the course of industrialization in an effort to build an IT industry with Chinese characteristics. Greater efforts should be made to develop such core sectors as microelectronics, computer, software, key components and materials, as well as sectors with international competitiveness, including broadband mobile communication, next generation network and information services. Continued improvement should be made in the policies guiding the development of IT industry with a view to making China a country with a strong IT industry by 2020.

Key words: information technology industry; industrial development; development strategy; new age; China

收稿日期: 2008-06-06

* 新时期是指1978年改革开放到2020年的时间区间

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

当今世界,以信息技术产业为代表的高新技术产业得到了迅猛发展,推动了全球产业结构转型和优化升级,带来了人类生产生活方式的深刻变化。进入 21 世纪,信息技术日新月异,其普及应用对经济、政治、社会、文化、军事发展的影响更加深刻,信息技术产业已经成为衡量一个国家或地区综合国力、国际竞争力和现代化程度的重要标志。如何全面把握当代信息技术发展趋势,明确我国未来信息技术产业的发展思路和政策取向,这是需要我们认真研究和思考的重大问题。

1 信息技术产业的地位和作用

18 世纪中期,以蒸汽机为代表的第一次工业革命开创了人类的大机器工业时代;19 世纪后期到 20 世纪中叶,以电机为代表的第二次工业革命使人类进入了电气化时代;20 世纪下半叶,以互联网计算机为代表的第三次工业革命迅速席卷全球,使人类社会生产方式从以工业化为主导向信息化与工业化融合转变,劳动生产率得到了极大提高,社会生产力和人类文明达到了前所未有的新高度,世界正在进入信息化时代(见图 1)。

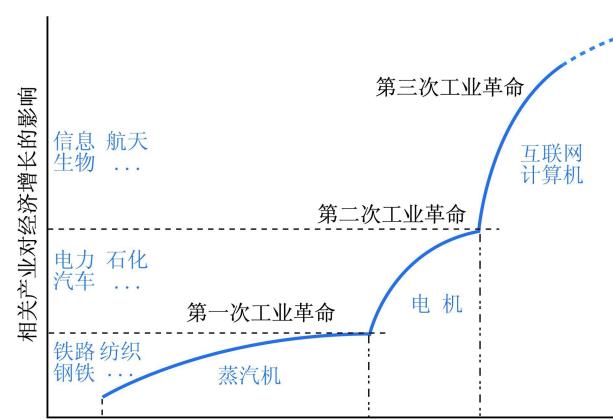


图 1 三次工业革命进程

Fig. 1 Three industrial revolutions

1.1 信息技术是科技创新的前沿领域

信息技术是当今世界创新速度最快、通用性最广、渗透性最强的高技术之一,信息技术水平和信息化能力是国家创新能力的突出体现。科技发展史表明,从科学发现、技术创新到实现产业化往往需要经历很长时间。与以往相比,当代技术创新更加活跃,计算机、微电子、软件、通信、互联网等领域的高新技术层出不穷,特别是集成电路的关键技术、工艺和性能加快更新(见表 1^①)。1965 年,Moore^[1]对集成电路集成度翻番现象作出预测,1960~1975 年,集

成电路中的晶体管数量平均每年翻一番。1970~2004 年,动态存储器中的晶体管数大致每 18 个月翻一番,微处理器大致每 24 个月翻一番。1971~2006 年,CPU 上单个晶体管成本大约每 7 年下降 1 个数量级,集成电路的性价比明显提高(见图 2^②)。

表 1 集成电路技术代际更新及变化

Tab. 1 Milestones IT technology upgrades

元器件及性能	第 1 代	第 2 代	第 3 代
	1975~1985 年	1985~1995 年	1995~2005 年
特征尺寸/ μm (每代缩小约 1/3)	≥ 1.00	1.00~0.35	0.35~0.09
晶圆直径/cm (晶圆直径/ μm)	10.16~15.24 (4~6)	15.24~20.32 (6~8)	20.32~30.48 (8~12)
DRAM 主流产品	≥ 1	4~16	64~256
Bit 数/Mb			
CPU 晶体管数	$10^4 \sim 10^5$	$10^6 \sim 10^7$	$10^8 \sim 10^9$
光刻光源波长/nm	436	365	248

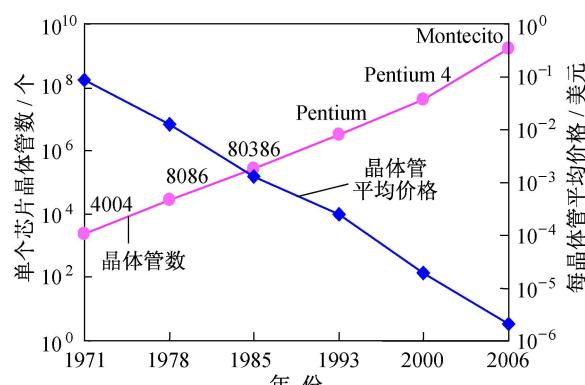


图 2 CPU 集成度及其所对应的单个晶体管价格

Fig. 2 Integration of CPU and corresponding price per transistor

信息技术的发明创造和广泛应用,有效地促进了硬件制造与软件开发相结合,物质生产与服务管理相结合,实体经济与虚拟经济相结合,形成了经济社会发展的强大驱动力。信息技术已渗透到各个学科和领域,有力地带动着物质科学、生命科学以及新能源、新材料、航空航天等工程技术的进展,促进了各学科广泛交叉、融合发展,极大地提高了人类认识、保护、适应和改造自然的水平。特别是互联网的普及,使知识积累和传播的速度明显加快,为科学技术的全面突破创造了条件。

1.2 信息技术产业已成为国民经济的主导产业

信息技术是一种典型的通用目的技术(General

^① 资料来源:中华人民共和国信息产业部·信息技术发展趋势研究报告,2007 年

Purpose Technologies, GPTs)^{[3]②}. 与专门技术相比,信息技术与传统技术相结合,在国民经济各个领域能够产生更强的关联和带动效应,使得传统工业、农业和服务业的生产方式与组织形态发生变革,不断创造新的经济增长点,衍生新的产业形态,有效地提高经济增长的质量和效益。信息技术产业具备增长速度高、技术进步快、经济效益好以及产业关联度强等主导产业所应有的基本特征,已经成为新时期经济增长的重要引擎(见表2^③)。

表2 2007年信息技术产业部门对全球GDP增长的贡献

Tab.2 Contribution of IT sector to global GDP growth in 2007

部 门	对全球GDP增长的贡献/%
通信服务	2.7
通信设备	0.6
软件和计算机服务	1.7
计算机硬件	0.8
电视	0.7
消费电子	0.7
合 计	7.2

上世纪后半叶以来,世界信息技术产业发展明显加快,其年均增长率高于石油和采矿业、化工业、食品饮料和烟草业、交通运输业^④。信息技术产业规模不断扩大,比重不断上升,在各国经济发展中的地位日益重要。1978年,全球信息技术产业增加值占GDP的比重为1.5%,2000年上升为3.4%,2006年达到4.3%。从20世纪70年代到21世纪初,美国信息技术产业增加值占GDP的比重提高了近1倍。20世纪90年代以来,欧盟、日本、韩国的这一比重也明显上升(见图3^⑤)。

1.3 信息技术产业是促进可持续发展的重要力量

在现代社会,经济增长的要素已经从资本、土地和劳动扩展到技术、知识和信息。信息作为一种可以无限利用的生产要素,能够产生递增收益,拓展增长源泉,促进经济的持续发展^⑥。信息的开发利用,使技术、知识等新的生产要素得以在经济发展中充分发挥作用,对经济发展的贡献越来越大。在发达国家,建立在信息利用基础上的技术进步对经济增长的贡献率一般为70%左右^{⑦⑧}。

② 通用目的技术一般需满足以下条件:即技术改进的空间很大,用途多种多样,大部分经济领域均可采用,与其他技术存在较强的互补性

③ 资料来源:Digi World(2007.24)

④ 资料来源:GfK IC Insights, ST

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

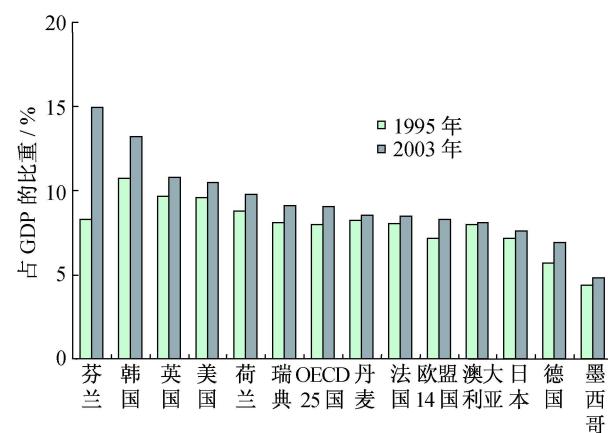


图3 部分OECD国家和地区的信息技术产业的比重

Fig.3 Contribution of IT industry to GDP in some OECD countries and regions

统计表明,信息技术产业单位增加值的能耗明显低于工业部门的平均水平。如我国电子工业单位增加值的能耗仅相当于全部工业平均水平的7.7%(见表3^⑨)。信息技术产业的快速增长,有利于资源节约和环境保护。用信息技术改造传统产业,能够实现生产过程在时间和空间、数量和质量上的精确控制,减少资源消耗、空间占用和污染排放,提高劳动生产率。企业借助现代物流网络、电子商务、企业资源计划(Enterprise Resource Planning, ERP)等信息技术手段,能够有效地降低库存、减少消耗、提高效率,使各种资源得到充分利用。航测、遥感、全球定位等地理信息技术在地质、海洋、水文、气象等领域的广泛应用,明显提高了人类观察和预测生态变化

表3 2007年我国各行业单位工业增加值能耗

Tab.3 Energy consumption of industrial growth per 10000 RMB in different industrial sectors in 2007 in China

行业领域	万元增加值能耗/TCE
全部工业	1.959 4
电力	7.367 3
冶金	4.215 5
建材	3.823 4
化工	3.396 7
煤炭	2.711 3
石油石化	1.596 8
有色	1.506 7
纺织	0.918 6
轻工	0.742 5
医药	0.627 4
机械	0.299 5
电子	0.150 2

的能力,适应和保护自然环境的能力,以及应对和处理重大事件的能力.因此,信息技术产业及其应用发展,已成为人与自然和谐相处不可缺少的重要因素.

1.4 信息技术深刻改变着人类的生产生活方式

重大技术革命总是对人类生产和生活方式产生深刻影响.信息技术的应用,使人类的活动突破了对传统交通、通讯手段的依赖,拓展了发展空间和交往空间.信息技术的发展促进了劳动者与劳动工具、劳动对象在空间上的灵活安排及有机结合,优化了人类的生产方式.劳动工具的革命性变化和智能设备进入生产流程,使传统的机械化、自动化生产水平得到极大提高,进一步把人类从繁重的体力劳动中解放出来,从事更多复杂的脑力劳动.刚性生产方式正

在转变为柔性生产方式,单一集中的大规模生产方式正在转变为规模适度的模块组合型生产方式,从而使企业适应市场变化的能力得到很大增强.

信息技术的发展提高了人们的生活质量.网上购物、远程医疗、视频点播、可视电话、电子邮件等丰富和方便了人们的生活,扩大了社会交往和信息交流的空间,增加了可自由支配的时间.尤为重要的,是超大容量存储、信息搜索等技术获得突破性进展,使人们获取、传输和利用知识的能力空前提高;电子学习和远程教育改变了传统的学习模式,丰富了教育内容,提高了学习效率,促进了终身学习,从而加速了人力资本积累,为人的全面发展创造了更好的条件(见表 4).

表 4 全球互联网用户^⑥、手机用户^⑦、电子邮箱、电子化服务^⑧和电子商务^⑨发展情况

Tab. 4 Statistics of global internet users, cell phone users, e-mail accounts, e-services, and e-commerce

	年份						
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
互联网用户数/亿人	4.91	6.18	7.17	8.54	10.21	10.96	13.20
全球手机用户数/亿人	9.64	11.67	14.12	17.58	21.62	26.59	33.00
电子邮箱数量/亿个	6.7	8.0	9.5	10.8	13.0	15.2	19.9
电子化服务出口额/亿美元	15 057	16 240	18 654	21 924	22 627	—	—
电子商务交易额(以美国为例)/亿美元	10 800	15 100	17 060	20 510	25 790	29 370	—

1.5 信息技术是新军事变革的核心驱动力

当代新军事变革已经波及全球,涉及所有军事领域.以信息技术为主要标志的高新技术迅猛发展,为新军事变革提供了技术条件.信息化是新军事变革的核心,人类社会的战争形态正由机械化战争转化为信息化战争.信息对抗的实战和威慑作用更加凸显,电子战装备正从分离式向网络化方向发展,信息系统与武器的交联日趋紧密,新的信息作战手段不断成熟,信息作战将成为可控性强、效费比高的重要作战方式.在信息装备的支持下,信息获取和处理能力、武器打击精确度、战场透明度空前提高,战争的突然性、立体性、机动性、快速性及其纵深打击的特点十分突出,拥有高技术优势的一方具有较强的战斗力,控制着战争的主动权,信息化武器装备成为军队作战能力的重要部分,作战样式、作战理论和力

量编成发生了深刻变革.世界上许多国家都在调整军事战略,以适应新的国际形势和军事斗争的需要.打赢信息化条件下的战争,已成为当代世界新军事变革的主要目标.

1.6 信息技术产业成为国际竞争的战略制高点

信息技术产业作为实现信息化和推动经济发展的重要支撑,以及国防现代化的有力保障,已成为全球经济、政治、文化、社会特别是科技和军事竞争的焦点.信息技术产业的国际竞争格局日趋复杂,竞争压力日益加大.美国、日本、欧洲等发达国家相继推出信息技术产业发展的国家战略,一些主要发达国家已形成对核心技术和网上信息资源的控制,凭借其在信息技术、信息资源等方面的优势,加强对发展中国家的影响.世界军事强国都十分重视军事电子信息技术及其装备的发展.跨国公司通过控制核心技术、重要标准,以期巩固在全球竞争中的地位.许多发展中国家采取跟进或赶超战略,积极改善投资环境,吸收国外先进技术,推动产业转型升级,促进信息技术产业加快发展.当代综合国力的竞争更多地集中在信息技术和信息资源的掌控上,体现为国家信息化能力的竞争.

^⑥ 资料来源:Internet World Stats, Internet Telecommunication Union

^⑦ 资料来源:Internet Telecommunication Union

^⑧ 资料来源:UN Commodity Trade Statistics Database

^⑨ 资料来源:U.S. Census Bureau
(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

2 世界信息技术产业发展趋势

物质、能量、信息是客观世界的三大要素，在工业化中后期，信息技术成为先进智能工具，信息资源成为重要的战略资源，技术创新成为先进生产力的主要发展方向。20世纪90年代以来，信息技术发展呈现出高性能、宽领域、多方向的特点，继续朝着数字化、集成化、智能化、网络化方向前进。海量和复杂信息的处理能力显著增强，资源利用水平和配置效率大幅提高；新材料和新工艺广泛应用，制约产业发展的瓶颈不断缓解；产业分工更趋深化，新生业态日渐增多；知识产权和标准竞争加剧，企业竞争态势发生新变化；泛在化网络环境、数字化生产服务、信息化武器装备日益成为新技术应用的前沿领域。面向未来，信息技术产业呈现出新的发展趋势。

2.1 信息技术孕育着新的重大突破

当今世界，信息技术快速发展势头始终不减，正处于新一轮重大技术突破的前夜。随着半导体材料、光电子材料的不断更新，以及工艺装备技术的进步，集成电路进入纳米时代。在未来一段时期，以CPU为代表的芯片集成度和处理能力指标仍会呈指数增长^⑪，晶圆片面积越来越大，集成度越来越高，特征尺寸越来越小（见图4^⑫），系统级芯片（System on

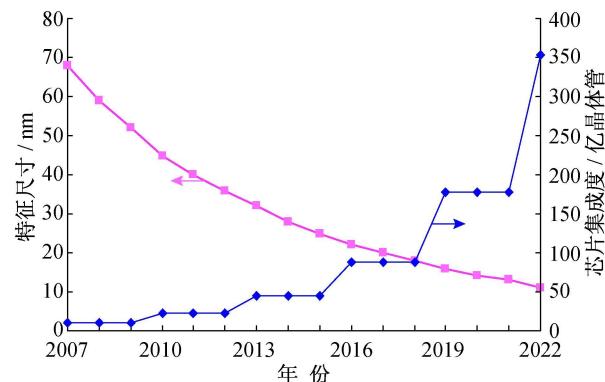


图4 特征尺寸和芯片集成度

Fig. 4 Characteristic dimension and chip integration

Chip, SoC）成为发展方向，功耗和成本都将大幅度降低。

网络技术加速向宽带、无线、智能方向发展。移动通信宽带化和固定通信移动化日趋融合，各种接入技术层出不穷，射频识别技术^⑬的应用前景日渐广阔。以超大容量、超高速和超长距离为特征的光通信技术加速应用，通信传输网络的IP(Internet Protocol)化进程不断加快（见图5）。电信网、计算机网、广电网融合趋势明显，将汇聚功能强大的多渠道、多媒体综合信息平台，信息网络将覆盖各类终端。

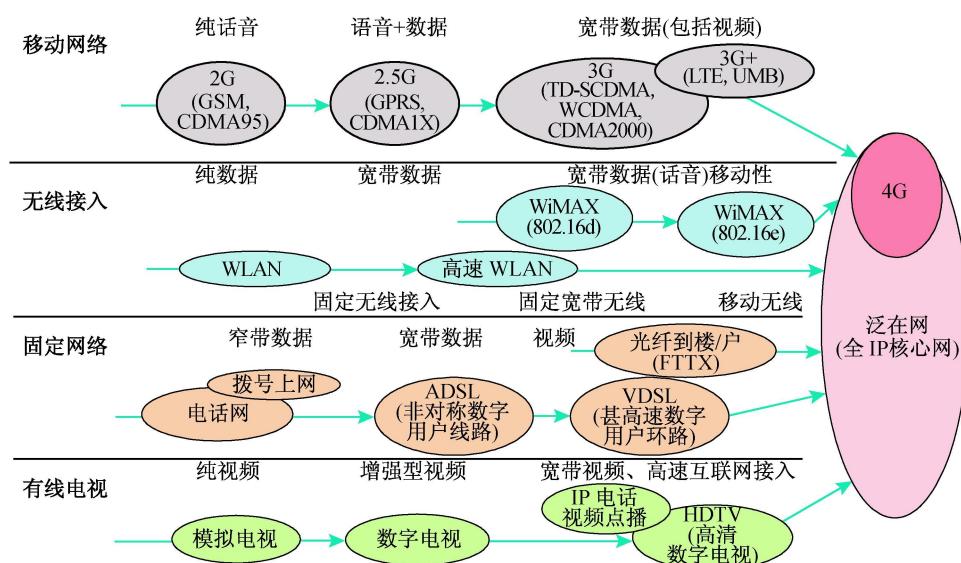


图5 信息网络技术发展趋势示意图

Fig. 5 The trend of information network technology development

^⑪ 资料来源：国际路线图委员会(International Roadmap Committee)发布的《2007年国际半导体技术路线图》预测，与2007年相比，2022年特征尺寸将缩减5.2倍，集成度增长31倍，时钟频率提高2.05倍。

^⑫ 资料来源：2007年国际半导体技术路线图 <http://www.itrs.net/>

^⑬ 射频识别技术(Radio Frequency Identification,RFID)，又称电子标签

高性能计算向计算密集和数据密集方向发展,驱动着能力计算(Capability computing)和容量计算(Capacity computing)同步提升,将逐步满足大型科学工程计算和解决复杂问题的需要。高性能计算机和服务器沿着多核CPU^⑬和多级并行结构,向万万亿次甚至更高水平迈进,并从单纯追求峰值计算速度向追求综合信息处理效能转变。目前,正在兴起的云计算(Cloud computing),可以把网络中的各种资源虚拟成一台计算机向用户提供所需的计算资源。同时,量子计算、光子计算、生物计算及人工智能技术可望产生新的突破,计算技术和计算机体系结构面临深刻变革。

软件系统加快向网络化、智能化和高可信的阶段迈进,开放源码趋势深入发展,操作系统、数据库、中间件正在融合成为统一的系统软件平台。在开放、动态的互联网应用环境下,“软件即服务”(Software as a Service, SaaS)成为软件发展的重要方向。

2.2 信息技术产业趋于持续稳定增长

20世纪90年代,世界信息技术产业经历了超常规增长,世纪之交网络泡沫破灭后,开始回归理性增长。近年来,产业增长的稳定性逐步增强,周期延长,波幅趋缓(见图6^⑭)。未来一个时期内,随着信息技术产业新产品、新服务不断推出,将衍生出大量新的需求;加快信息技术应用和普及,拓展着产业

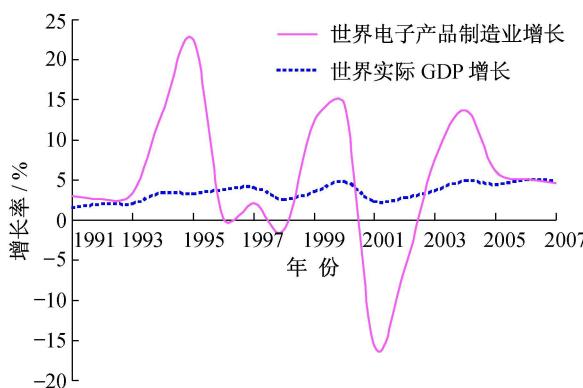


图6 1991~2007年世界GDP和电子产品制造业增长速度

Fig. 6 Increase rate of world GDP and electronic products manufacturing from 1991 to 2007

^⑬ 多核CPU(Multi-Core CPU)是多核微处理器的简称,指在一枚CPU电路中集成了2个以上运算核心的一类微处理器,以提高计算能力。

^⑭ 世界电子产品制造业数据来源于历年《世界电子数据年鉴》;世界GDP数据来源于国际货币基金组织IMF

发展的市场空间;信息网络基础设施正向下一代网络转型,信息服务和应用前景更加广阔;世界各国加大扶持力度,政策法规逐步完善。这些因素有利于改善信息技术产业发展环境,从而促进产业持续稳定增长。

当然,由于世界经济景气的不确定性,有可能在短期内影响信息技术产业的发展;但从长远看,不致于发生大的起伏。预计未来,信息技术产品将加快升级换代,信息服务需求持续扩大(见图7^⑮),对全球经济增长的影响和贡献会不断提高。

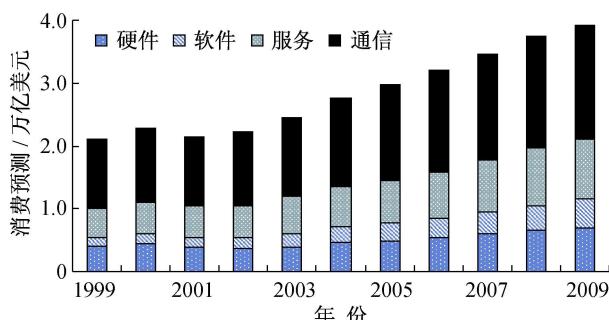


图7 全球信息技术产品消费预期走势

Fig. 7 The trend of IT products consumption in the world

2.3 产业集聚和融合越来越明显

在全球经济结构调整影响下,信息技术产业转移加快,空间上形成了一批产业高度集聚的基地,引领着世界信息技术产业的发展潮流。信息技术产业的集聚效应,与信息技术产品生命周期较短和产业分工精细化有着密切关系。信息技术产品用户对交货时间、质量、成本和服务(TQCS)提出了很高要求,客观上需要关联企业在地域上相对集中。处于不同分工环节的企业,需要专注于特定生产过程,就地就近实现与其他环节和产业的密切合作。产业集聚有利于降低企业的生产和交易成本,提高产业的规模效应以及整体协作能力。从发展趋势来看,空间集聚效应将长期影响世界信息技术产业的布局。

随着信息技术进步及其产品和服务的推陈出新,信息技术产业融合将进一步加深。主要体现在终端产品的功能融合,即个人计算、通信、消费电子的融合;体现在运行平台上的服务融合,即通信服务、内容服务、计算服务等融合;还体现在电信网、计算机网、广电网的相互融合。基于信息技术和互联网的应用服务方兴未艾,必将促进传统服务业的拓展,带动现代服务业的发展,显著提高服务效率。同时,信

^⑮ World Information Technology and Service Alliance

信息技术正在加快向其他产业渗透,改造提升传统产业,形成新的技术领域、管理模式和行业形态,对整个国民经济的影响日趋加深。

2.4 知识产权和标准日益成为竞争的核心

专利、知识产权和标准是激励创新的重要制度保障,也是决定企业发展成败的重要因素。据世界知识产权组织公布的数据,2006年,半导体领域专利申请量比2002年增长了67.1% (见表5^⑯)。为了获得信息技术知识产权,不同国家和企业纷纷增加研发投入,制定和实施知识产权战略。专利申请数量成为衡量一个国家信息技术产业竞争能力和发展水平的重要指标(见表6^⑰)。一些大型跨国公司在扩张自身技术专利的同时,不断收购具有专利技术的小企业,以保持竞争优势;有的还联手形成知识产权和专利互换联盟,以期主导产业发展方向。

表5 信息技术领域PCT专利申请公开展示数

Tab.5 PCT patent application in the field of IT

(单位:件)

序号	技术领域	公开展示年度					年增长率/%
		2002	2003	2004	2005	2006	
1	影视音频	5 391	6 057	6 075	6 718	7 322	35.8
2	电信	11 167	10 821	10 441	11 674	13 478	20.7
3	计算机	11 096	9 916	9 535	11 026	13 428	21.0
4	半导体	3 612	4 051	4 109	4 727	6 034	67.1
	合计	31 266	30 845	30 160	34 145	40 262	28.8

表6 中、美、日、欧盟信息技术领域PCT专利申请情况

Tab.6 Comparison of PCT patent applications in IT

in China, US, Japan and EU

(单位:件)

	年份						
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
美国	17 246	15 721	14 395	14 953	14 525	14 077	16 427
欧盟	11 927	12 508	12 082	12 207	12 016	12 845	12 549
日本	4 525	4 994	5 934	7 288	8 658	11 031	11 250
中国	221	303	478	723	1 078	1 075	1 853

利用技术标准实现知识产权利益的最大化,已成为信息技术产业有代表性的竞争手段。国际上要求技术标准的制定应具备开放性、广泛性和方便性,

^⑯ WIPO 2007专利统计报告,PCT指专利合作条约

^⑰ 2000~2004年数据源于OECD Work on Patents; 2005~2006年数据源于中华人民共和国信息产业部电子知识产权中心

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

以便技术扩散和知识产权共享。但也有一些知识产权持有人将知识产权的专有性转化为排他性标准,以求获得更多利润和长期收益。越来越多的企业认识到,只有在获得信息技术知识产权或标准上有所作为,才能在未来竞争中赢得优势,这已成为当前和今后较长一段时期内信息技术产业竞争、合作与发展的重要方面。

2.5 信息网络将无所不在

进入21世纪以来,在日新月异的无线接入、射频识别、网络应用、人机互动等新技术的推动下,能够实现人与人、人与物乃至物与物之间随时随地沟通的全新网络环境——泛在网(Ubiqitous Network^⑱)(见图8)和普适计算正在变为现实并逐步走进人们的生活。人与物、物与物之间的通信被认为是泛在网的突出特点,无线、宽带、互联网技术的迅猛发展则使得泛在网应用不断深化。多种网络、接入、应用技术的集成,将实现商品生产、传送、交换、消费过程的信息流无缝链接。网络的普及应用,使传统组织决策的层级结构转向扁平结构,组织形态由纵向链条模式向水平网络模式转变,组织方式由分部门按序列向一体化协同转变,组织行为由低效率向快速响应转变,决策机制由高度集中向更加贴近现场转变。

泛在网增强了已有各类网络的应用服务,并派生出一系列新的服务领域,能够满足人们对公共服务、商业服务、医疗保健、教育娱乐、环境控制、家政服务等方面更高的要求,极大地改善生活品质,为数字化生活开拓出更加广阔的空间。同时,提高了应急事件的响应和处理能力,使人们可以对自然灾害和突发事件进行有效的预防预警和处置。泛在网推动着硬件与软件、系统与终端、内容与应用的高度融合,大大整合和延伸了原来的产业链价值,形成更多的增值应用,将有力拉动信息技术产业的发展。可以预言,泛在网将如同电网、管网一样成为通用型基础设施,深刻地融入人们的日常生产、生活和工作之中,并成为经济、政治、文化等各种社会活动的重要平台。

在看到信息技术及其产业发展积极作用的同时,应当清醒地认识到,发展带来的诸如科技伦理、数字鸿沟、信息安全、互联网治理等问题,需要趋利避害,使信息技术及其产业发展更好地造福于人类。

^⑱ Ubiqitous一词源自拉丁语,意为“无所不在”。“泛在网”也被称为无所不在的网络或普适网

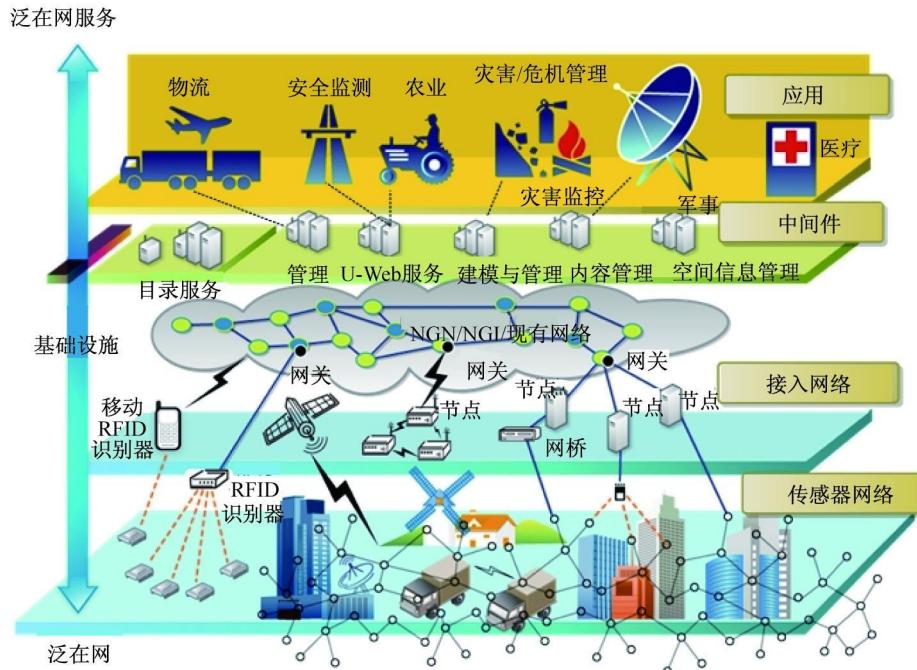


图 8 泛在网示意图

Fig. 8 Ubiquitous net work

3 我国信息技术产业发展特征

改革开放以来,我国信息技术产业规模迅速扩大,特别是近 20 多年来,信息技术水平大幅度提升,产业结构不断优化,走出了一条政府引导、市场驱动、开放发展的道路,有力促进了经济社会发展,初步满足人民对信息技术产品和服务不断增长的需求(见图 9^⑨)。

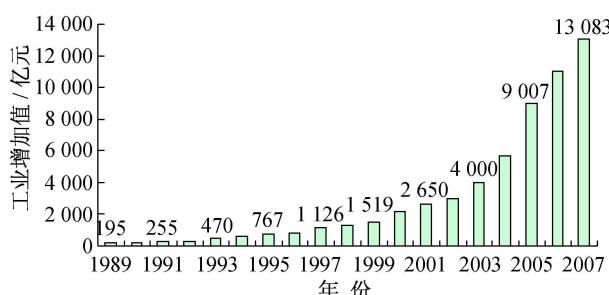


图 9 1989~2007 年我国信息技术产业工业增加值

Fig. 9 Growth of IT industry from 1989 to 2007 in China

3.1 国家战略决策引导产业发展

我国十分重视信息技术产业的发展,注重研究世界信息技术产业的发展形势和趋势,把握发展规

律,从国民经济建设的需要出发,不失时机地制定发展战略和规划,明确发展方向和目标,出台鼓励政策和措施,这对促进信息技术产业健康发展起到了重要的引导和推进作用。

1983 年,国家决定加快发展电子工业,提出到 2000 年电子工业总产值比 1980 年翻三番,占全国工农业总产值的比重由 1.4% 提高到 3% 左右。1984 年,进一步明确“打基础,上水平,抓质量,求效益,翻三番,超十年”^⑩ 的 18 字发展方针。适时将消费类电子产品作为发展重点,实施彩电国产化一条龙工程。到 1990 年,消费类电子产品产值占电子工业总产值的比重超过 50%。同时,采取有效措施支持集成电路、计算机、程控交换机等基础类和投资类产品发展。与 1980 年相比,1990 年电子工业总产值增长了近 7 倍。

进入 20 世纪 90 年代,国家将电子工业确立为国民经济的支柱产业,提出推进国民经济信息化的战略思想,相继出台了促进移动通信、软件、集成电路等领域的产业政策,启动实施了数字程控交换机

^⑨ 资料来源:中华人民共和国信息产业部
^⑩ “翻三番,超十年”,即到 2000 年电子工业的总产值比 1980 年翻三番,主要产品和生产技术达到世界先进工业国 20 世纪 80 年代末、90 年代初的水平,某些技术达到当时世界先进水平。这一目标比当时国家要求各国民经济部门达到的 70 年代末、80 年代初的技术水平超前 10 年。

国产化、“908”和“909”集成电路等专项工程。在市场需求带动下,微电子产业、计算机产业、通信产业、软件与信息服务业全面发展,产业内部结构调整不断加快。到 2000 年,代表技术水平和较高附加值的投资类产品的比重接近 40%。实践证明,国家的战略决策有力推动了产业发展,2000 年,电子工业的规模远远超出了 1984 年确定的目标,成为国民经济重要的支柱产业。

进入 21 世纪,国家提出以信息化带动工业化,以工业化促进信息化,走新型工业化道路的发展战略,并且强调优先发展信息产业,在经济和社会领域广泛应用信息技术。目前,我国电子信息产品制造业规模居世界第一(见表 7^{②1}),2001~2007 年年均增长率近 30%^{②2};许多信息技术产品产量也位居全球首位^{②3}。

表 7 2007 年电子信息产品制造业产值前 10 位国家和地区

Tab. 7 Top ten electronic and information products manufacturing countries /regions in 2007

国家和地区	产值/亿美元	年度增长率/%
中国	3 594.27	19.00
美国	2 833.55	2.11
日本	1 875.62	0.62
韩国	1 120.10	5.24
德国	744.33	1.94
马来西亚	586.09	6.28
新加坡	542.26	2.28
中国台湾	472.12	7.34
墨西哥	454.21	13.75
英国	346.82	0.05

3.2 市场化改革再造微观机制

电子工业是我国较早进行市场化改革的领域之一。从建国初期直到上世纪 80 年代中期,电子工业企业大都置于计划经济体制之下。1986 年,电子工业率先进行计划管理体制改革,打破条块分割,实行政企分开,下放中央企业,扩大企业经营自主权,有

^{②1} 资料来源:《The Yearbook of World Electronics Data 2007》

^{②2} 资料来源:中华人民共和国信息产业部

^{②3} 手机、笔记本电脑、彩电、数字程控交换机、数码相机等数 10 种整机产品,以及彩管、电容器、电阻器、微特电机、扬声器、磁性材料、印制电路板、网络线缆等元器件和材料的产量位居世界第 1 位

力地增强了企业活力。1992 年,国家确立社会主义市场经济体制改革的目标,电子工业市场化改革进程加快,逐步从部门管理走向行业管理。通过实行企业股份制改造,建立现代企业制度,改善发展环境,国有、民营、外资等多种所有制企业在竞争中蓬勃发展,一批综合实力较强的本土大企业和具有独特优势的中小企业迅速崛起。2007 年,我国信息技术百强企业第 1 名的收入达到 1 400 多亿元,比 1987 年第 1 名的收入提高 160 多倍,前 3 家企业销售收入均超过 1 000 亿元^{②4}。

企业主体地位的确立和市场体系的逐渐成熟,形成了有效的微观发展机制,主导着产业资源的优化配置,促进了企业优胜劣汰和兼并重组,提高了产业集中度。历史上纳入国家计划管理的彩电企业共有 57 家,没有一家达到合理经济规模。而目前,仅前 5 家彩电企业的销售收入就达到全国彩电销售总量的 70%,我国彩电产量和出口量均位居全球第 1 位。通信设备制造、个人计算机、电子终端及其外部设备等企业迅速成长,在国际市场的份额不断扩大。随着微观经济活力增强,一批优势企业脱颖而出,吸引了大量的资本和人才,促进了产业的集聚发展。珠江三角洲、长江三角洲、环渤海等区域集聚效应明显,其工业增加值、销售收入、利润和就业人数等指标占全国的比重均超过 80%^{②5},一批新兴产业聚集区正在形成。

3.3 开放促进外向型转变

电子工业是我国最早利用外资的行业之一,对外开放有力地推动了我国电子工业融入国际产业分工体系。截至 2007 年底,信息技术产业累计利用外资超过 1 600 亿美元,列入世界《财富》500 强的跨国信息技术企业已全部在华投资^{②6}。

信息技术产业是资本、技术和知识密集型产业,加快对外开放是弥补国内资本缺口和提升技术能力的必然选择。信息技术产业的对外开放起步于技术引进和“三来一补”的加工贸易,随着外商在华投资逐年增加和产业配套能力增强,我国已成为世界最大的信息技术产业基地。信息技术产品出口持续高速增长(见图 10^{②7}),其出口额占全行业销售收入比重从 1989 年的 23% 提高到 2007 年的近 60%。

加入世界贸易组织后,我国信息技术企业“走出去”步伐加快,主要通信设备制造企业、个人电脑制造企业、电信运营商等跨国经营和资本运作能力显著提升;一批富有活力和成长潜力的中小企业,在开

辟融资渠道、创新商业模式和发展新型业务等方面取得了显著的业绩。中国信息技术产业已成为全球信息技术产业重要组成部分。

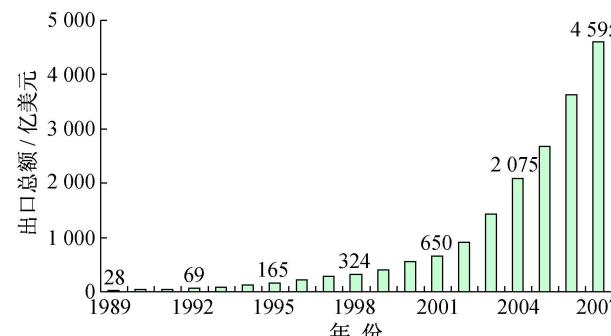


图 10 1989~2007 年我国信息技术产品出口额

Fig. 10 Export of IT products from China from 1989 to 2007

3.4 技术进步跨上新台阶

长期以来,受经济实力和技术积累所限,我国信息技术发展主要采取跟随战略。为了赶上世界先进水平,国家十分重视先进信息技术的引进、消化、吸收、再创新,对科技创新的投入逐年增加,从集中投向科研院所扩大到创新型企业,信息技术企业的创新和技术储备能力稳步增强。经过多年努力,通信、集成电路设计、高性能计算、应用软件等领域科技进步取得了较大突破,数字程控交换、移动通信、数字集群通信、光通信技术跨入世界先进行列。其中,我国掌握核心知识产权的 TD-SCDMA^⑤ 已成为第 3 代移动通信国际标准之一;万亿次大规模计算机系统、国产高性能计算机和服务器等迈入国际前列;通用 CPU 等一批中、高端芯片研发成功并投入生产,集成电路设计水平突破 90 nm、集成度超过 3 000 万门,与国外先进水平差距明显缩小。我国相继研发成功数字电视地面传输技术^⑥ 及数字音视频编解码技术^⑦,支持了数字电视产业发展。国产中间件、财务及企业管理软件、杀毒软件等已经具备与国外产品竞争的实力。

^⑤ Time Division Synchronous Code Division Multiple Access, 时分同步的码分多址技术。该技术标准由我国提出,成为国际电联(ITU)正式发布的第 3 代移动通信空间接口技术之一。

^⑥ 数字电视地面传输技术,是指采用地面方式把数字电视节目从发送端传送到用户接收端的数字电视传输技术。

^⑦ 数字音视频编码技术,通过对数字音视频信号进行编码,以降低其码率,达到满足目前技术下存储和传输要求的技术。

3.5 军民结合推动产业发展

建国初期,电子工业以军为主,研制出一大批通信、计算机、雷达、侦察、电子对抗等电子装备。经过“一五”到“五五”时期的大规模建设,形成了产业门类较为健全、具有相当规模和一定技术水平的电子工业体系。改革开放后,我国电子工业加速向民用转型,一批企业开始生产电视机、录像机、音响设备等消费电子产品,以军为主逐步转为以民为主,为我国信息技术产业的全面发展奠定了必要的技术和装备基础。

上世纪 90 年代,顺应世界新军事变革的趋势,国家及时对国防和军队现代化建设作出一系列重大战略决策,为信息技术产业特别是军事电子工业的发展带来了新的机遇。通过实施重大专项工程,军事电子企业完成了一批满足急需的重点信息技术装备研发,在某些关键技术上有所突破,形成了军事信息技术装备的研制体系。军用元器件、软件等技术向民用领域转化,部分民用信息技术企业开始承担军工科研生产任务,促进了军用与民用信息技术科研和生产的共同发展。

3.6 产用结合拓宽发展空间

信息技术产业作为国民经济的战略产业和支柱产业,不断为提高经济发展的质量效益和满足人民日益增长的物质文化需要做出贡献。同时,信息技术的广泛使用,也推动着产业的繁荣发展。近十几年来,通信市场的巨大需求,促进了信息基础设施建设和通信设备制造业的快速发展,推动了无线、有线、交换、传输等领域的全面突破。信息网络基础设施实现了跨越式发展,性能全面提升,网络规模、电话和互联网用户数均位居世界第 1 位(见图 11^⑧)。国家信息化建设和传统产业信息技术改造,为信息技术产业开拓了广阔的发展空间。金卡、金关、金税等“金”字系列工程相继启动,政府部门一批重要业务应用系统陆续建设并投入使用,为信息技术的广泛应用提供了直接示范。1993 年,金卡工程开始实施,经过十几年的努力,截至 2007 年底,我国银联卡已发行 16 亿张,行业性的智能 IC 卡累计发卡总量达 40 亿张。电子商务和电子政务建设为国产网络交换及核心路由设备提供了广阔市场;地质、勘探、气象等复杂计算的需求促进了国产高性能计算机的研制;石化、冶金、装备制造、电力等行业的升级改造,推动了自动控制、计算机仿真、人工智能等先进技术的集成和应用。

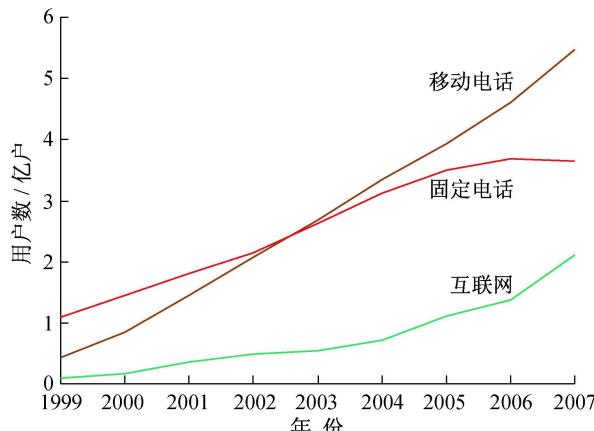


图 11 1999~2007 年全国固定电话、移动电话和互联网用户
Fig. 11 Users of fixed line, cell phone, and internet in China from 1999 to 2007

尽管我国信息技术产业已取得长足发展，但与世界先进水平相比仍有较大差距，在发展中还存在一些困难和问题，主要表现在以下几方面：

(1) 核心技术受制于人。在高端芯片、核心软件、关键元器件以及专用设备、仪器仪表等领域，绝大部分知识产权和技术标准由国外企业掌控。一些核心技术、产品和装备依赖进口，制约着我国信息技术产业自主发展。

(2) 产业结构亟需优化。在国际产业分工体系中，我国信息技术产业大部分居于产业链下游和价值链低端，加工组装比重较高，经济效益较低。企业自主发展能力弱，缺少一批有国际竞争力的大企业。

(3) 信息技术应用水平不高。在国民经济各领域中，信息技术应用大都处于起步阶段，缺乏应用信息技术提升竞争力的总体策略，特别是一些行业和部门并未从流程再造、市场响应、决策分析等方面深化应用，限制了信息技术应用水平的整体提升。各类用户普遍倾向于引进国外的设备和服务，存在着重硬轻软、重建设轻维护、应用与生产脱节的现象，国内市场尚未形成对国内产业发展的有力拉动。同时，国内产业技术水平在一定程度上还难以满足应用的需求。

(4) 体制机制有待完善。风险投资没有完全建立，企业资本积累较少，产学研依然脱节，创新成果产业化机制不够健全，以企业为主体的技术创新体系有待完善。行业垄断、条块分割、自成体系等体制障碍，制约着网络、产业和应用的良性互动。政府部门对产业发展的宏观指导、市场监管、公共服务的能力需要进一步提高，前瞻性的总体战略研究仍显薄弱。

4 新时期信息技术产业发展战略

当前和今后一段时期，是我国可以大有作为的战略机遇期。加快发展信息技术产业，是实现现代化的必然选择，是走新型工业化道路的客观要求，是富国强军的重要保障。我国信息技术产业已经形成了较大规模，同时结构性矛盾仍很突出，做强做大任务十分艰巨；部分领域具备较强的创新能力，同时发达国家整体上占优势的压力将长期存在，创新投入和成果转化的机制有待完善；企业已经成为市场主体，同时应对高端竞争和参与国际分工的能力还不够强，整体竞争优势仍需长期培养；信息技术应用初见成效，同时信息化水平参差不齐，信息化与工业化的融合亟需深入；国家对信息技术产业的扶持和引导成效显著，同时制约产业发展的体制机制障碍依然存在，改革开放亟待取得新突破。面向未来，我们应立足中国国情，树立全球思维，超前研究部署，统筹规划安排，明确产业定位，提出和部署新的发展战略，充分发挥信息技术产业作为经济增长“倍增器”、发展方式“转换器”和产业升级“助推器”的作用，不失时机地实现信息技术产业新跨越。这是新时期中国信息技术产业发展的战略基点。

4.1 战略思路

按照全面建设小康社会以及走新型工业化道路的要求，到 2020 年前后把我国建设成为信息技术产业强国，必须坚持自主可控，开放兼容，融合集成，军民互动，市场导向，跨越发展的方针，实现信息技术产业从规模速度型向创新效益型转变，充分发挥信息技术产业在经济结构战略性调整和经济社会全面发展中的能动作用，以信息化带动工业化，以工业化促进信息化，走出一条中国特色的信息技术产业发展道路。

4.1.1 瞄准技术前沿，掌握自主知识产权 通过自主创新掌握知识产权，占领信息技术前沿，是走中国特色信息技术产业发展道路的必然选择。对于关系国家安全的信息技术，必须实现自主可控；对于买不来、换不来的核心技术，必须攻坚克难，立足自我。信息技术的创新空间很大，应当选择有可能产生重大突破、引领技术变革的前沿领域，优先支持，努力实现原始创新；抓住信息技术渗透融合的机遇，鼓励学科间交叉发展，大力推进集成创新；利用信息技术高度国际化的特点，始终不渝地学习借鉴世界先进成果，兼收并蓄，博采众长，加强引进技术的消化、吸收、再创新，通过产学研用结合，形成从研发、生产到应用的完整创新链条，力争在信息技术的关键领域

取得突破·发挥企业的创新主体作用,提高研究开发能力,使企业拥有更多的知识产权,增强信息技术产业的核心竞争力.

4.1.2 发挥国内市场优势,以应用带动产业发展

大国大市场是中国的特点,也是走中国特色信息技术产业发展道路应当发挥的独特优势.当前,我国经济保持平稳较快增长,工业化、信息化、城镇化、市场化、国际化深入发展,消费结构正处于转型升级阶段;推进国民经济和社会信息化,加快机械、冶金、交通、轻纺等现有产业的信息技术改造,推进金融、商贸、物流、电子商务等领域现代服务业发展,推行电子政务,提高教育、科研、卫生等社会事业信息化水平;实施信息普遍服务,普及计算机和网络应用,开辟农村和低收入群体市场,这些举措可以为信息技术产业提供广阔的市场空间和巨大的市场需求.发展信息技术产业,需要抓住市场机遇,把握市场趋势,挖掘市场潜力;还需要不断提高产品和服务的质量、诚信和售后服务水平,注重建立知名品牌和有竞争力的大企业群体,赢得广大消费者的信任.同时,加强市场监管和服务,鼓励和规范市场竞争,减少政府干预,创造有利于信息技术产业发展的市场环境.

4.1.3 坚持在开放中发展,提高我国在国际产业分工中的地位

对外开放是中国快速发展的成功经验,也是走中国特色信息技术产业发展道路应当长期坚持的政策.适应全球化条件下生产要素流动和产业转移加快的趋势,我们应积极争取主动,融入国际产业分工体系,努力占据在产业链垂直分工中的高端位置,扩大水平分工中的市场份额,全方位参与生产、服务和科研领域的国际分工与合作,实现互利共赢.同时,深化与国际上有实力的大型跨国公司的战略合作,注重吸引国际领先的、高端的信息产品制造业和信息服务业向中国集聚,推动外商直接投资来华设立全球或区域研发中心和运营中心,促使研发、生产、服务的本地化和一体化.积极承接信息技术外包(Information Technologies Outsourcing,ITO)、业务流程外包(Business Process Outsourcing, BPO)等服务外包,改善信息技术产品进出口结构.转变贸易发展方式,开拓服务贸易市场,同时探索新型的国际投资与技术合作模式,参与国际技术和产业联盟的相关工作,提高“走出去”层次.

4.1.4 注重政府和市场联动,发挥集中力量办大事的优势

把政府引导与市场机制结合起来,是走中国特色信息技术产业发展道路的内在要求.随着社会主义市场经济体制的完善,发展信息技术产业应当进一步发挥市场配置资源的基础性作用,把市场

可以解决的事情真正交给市场,使各种所有制经济在市场竞争中发挥各自优势,相互促进,共同发展.同时,信息技术产业发展也离不开政府扶持和引导.国家应当针对发展的不同阶段、不同领域和不同地区的特点,以及市场发育的程度,制定科学的发展规划,确定相应的政策措施,纠正市场失灵,弥补市场缺陷.解决制约信息技术产业发展的瓶颈问题,还需要通过实施重大工程、科技专项,促进军民互动、双向转化,体现政府意志,鼓励优先应用创新成果,拉动国内产业发展.继续深化改革,解决好制约产业发展的体制机制问题.

4.2 战略重点

信息技术产业领域广泛、门类众多,加快发展不能面面俱到,而要突出重点,有所为有所不为.注重发展微电子、计算机、软件、关键元器件及其材料等核心基础产业,以及宽带移动通信、下一代网络、信息服务等我国最具国际竞争力的优势产业.上述领域市场前景广阔、技术进步快、产业关联度大、国际竞争十分激烈,形势逼人,不进则退.应当从占据产业发展制高点和维护国家产业命脉出发,集中力量,重点攻关,力争取得大的突破.

4.2.1 微电子 微电子是信息技术产业的基础.这一领域技术进步很快,市场需求旺盛,投资强度极大.一些关键工艺装备在国际上形成了相对技术垄断,有的国家将此作为技术禁运的重要内容.随着微电子特征尺寸进入纳米尺度,必然导致新材料、新结构,以及工艺技术、互连技术和设计技术的重大变革.业界普遍认为,集成电路的关键技术在 90 nm 节点以后,特别是在 45/32 nm 节点后会出现革命性变化(见图 12).对此,微电子领域要超前部署未来技术的原始创新研发,把设计技术、关键工艺、专用设备和关键材料作为主攻方向,建立完整的自主创新体系;着重培育一批具有较强国际竞争力的集成电路设计和制造企业,完善和提升微电子产业水平,建成全球重要的微电子产业基地.

(1) 高端设计技术.集成电路设计在微电子产业发展中具有关键作用,也是当前发展的薄弱环节.系统级芯片(SoC)是集成电路的重要发展方向,具有性能高、成本低和体积小等特点,为集成电路带来新的发展机遇.要加强体系结构、算法、软硬件协同(见图 13)等设计研究,突破高端嵌入式芯片、射频电路、数模混合电路等设计、验证、测试技术,开发先进适用的设计支撑工具;探索开发太赫兹高速集成电路;在市场需求量大的移动通信、数字电视、智能卡、网络终端和信息安全等领域,开发出一批具有自

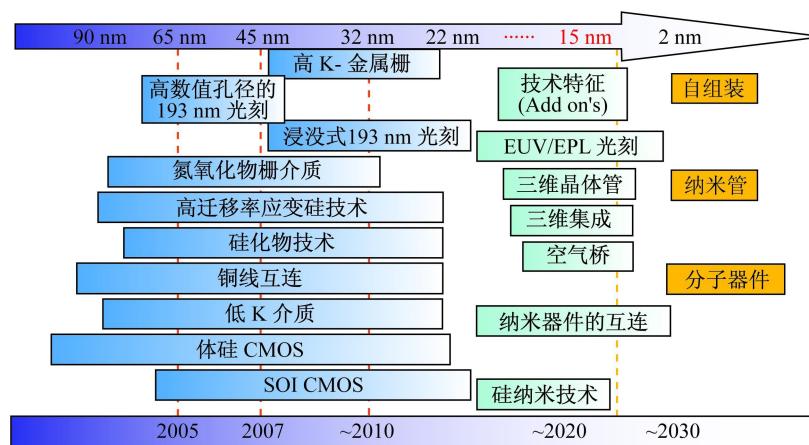


图 12 90 nm 以后关键工艺技术发展趋势

Fig. 12 The trend of key technology of microelectronics beyond 90 nm

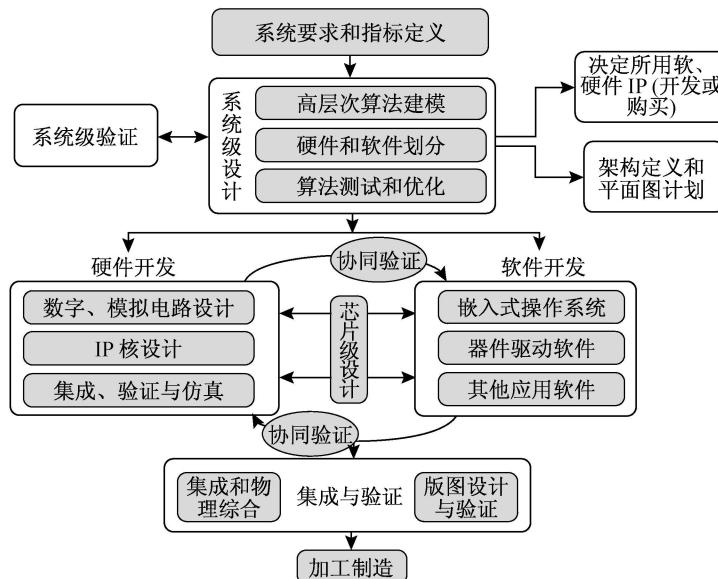


图 13 系统级芯片(SoC) 简化设计流程

Fig. 13 Simplified design flowchart of SoC

主知识产权的系统级芯片，使自主设计的主流产品达到世界前沿水平。

(2) 关键制造装备和测量仪器。这是决定微电子产业发展水平的必备条件，也是我国亟待突破的瓶颈。光刻机、刻蚀机、离子注入机是芯片制造的关键设备，在研制攻关样机的基础上，要实现规模化生产和应用。攻克下一代光刻技术 (NGL)^② 非常重要，有助于提高我国纳米级集成电路发展的起点。研制

中的极紫外光刻技术，可以通过光源的波长变化、多镜反射，实现线宽缩小(见图 14)。同时，装备是工艺的物化，应当重视制造技术和工艺的装备化趋势，积极发展先进的高密度封装设备等自动化制造装备，开发关键工艺模块、测量仪器和配套工具。

电子测量仪器对检测各类电子材料、产品、装备和系统的性能和质量至关重要，譬如 SoC 测量系统、新型显示器件参数测量、数字音视频产品研发及生产调试、片式元件在线测量、移动通信系统终端一致性检测等测量仪器，需要加快发展。同时，电子测量仪器仪表在国民经济各行业中应用广泛，也是促进信息技术普及的必备条件。高性能通用测量仪器仪表是确保信息技术应用水平、系统性能和安全的

^② NGL(Next Generation Lithography) 的研究仍在探索中，主要包括极紫外光刻机(EUVL)、投影电子束曝光设备(EPL)、X 射线光刻机(XRL)、电子束直写(EBDW) 设备等。一般认为，最有发展前途的是 EUVL 和 EPL。

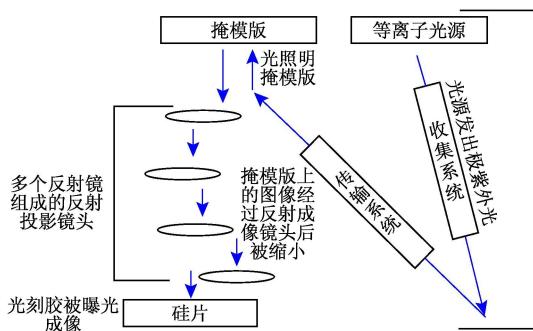


图 14 极紫外光刻机原理简图

Fig. 14 Schematic diagram of EUVL

重要基础,应引起高度重视.

(3) 新材料·集成电路材料的突破,可以使微电子产业产生重大变革.根据国际微电子材料的最新进展和成果,围绕极大规模集成电路前沿核心工艺,加快晶圆片材料、微细加工材料、抛光磨料、封装材料的产业化,应作为提升微电子产业发展水平的重要内容.积极探索研究有重要应用前途的硅基光电集成、硅基混合集成芯片所需材料和非硅基材料^②,能够为突破功耗和线宽的限制创造条件.

4.2.2 高效能计算

计算技术是信息技术产业的核心.发展高效能计算是做强我国信息技术产业的重大战略选择,可考虑以高性能CPU、GPU、高效能超级计算机、网络计算技术为重点,实现能力计算和容量计算同步发展,大幅提高综合信息处理效能,力争在高效能计算领域达到国际先进水平.

(1) 高性能CPU 和 GPU ·CPU 直接决定计算机系统性能.为满足我国计算机产业自主发展需要,应当集中力量攻克高性能CPU 芯片.适应多核化趋势,开发高性能多核(multi core) 和众核(many-core) CPU,发展高性能嵌入式CPU,使自主的高性能CPU 芯片在国际上占有一席之地.GPU 主要是用于处理图像的专用芯片,最近它强大的浮点运算性能也受到广泛重视,应当加大GPU 的研究开发力度.

(2) 高效能超级计算机.超级计算机是大型复杂计算的必要技术手段,在国民经济和尖端科学领域具有重要作用.需要自主研发综合效能更高的超级计算机,掌握高效能计算、海量存储和低功耗设计等技术,同时应开发配套的大型应用系统.根据国民经济和国防建设对高效能超高速计算的需求,适时

发展更高水平的高效能超级计算机,努力使我国高效能计算水平位居世界前列(见图 15^③).

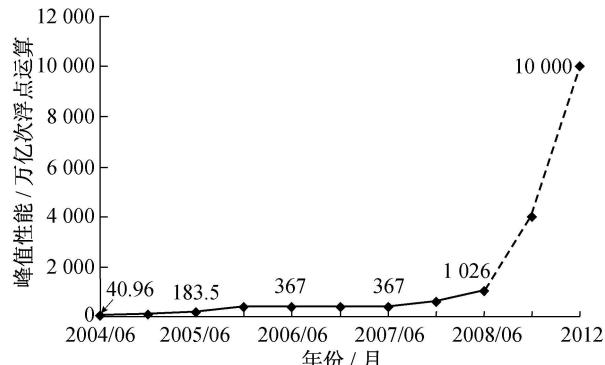


图 15 世界高性能计算机峰值变化趋势

Fig. 15 The peak value of high performance computer in world

(3) 网络计算技术.利用和依托快速发展、日益普及的网络,是有效提高计算能力和海量信息处理能力的新途径,具有成本低、效能高、普适性强等特点,发展潜力很大.完善高性能调度、网络资源管理、资源安全共享等关键技术,研究开发基于异构分布计算和存储的网络集成计算系统,通过加强网络环境中的资源共享和协同,能够形成更好地开发利用网上海量信息资源的虚拟计算环境.

(4) 非传统计算技术.计算技术和计算机体系结构的突破性变革有可能成为现实,这将带来重大发展机遇.以人脑智能为基础,用仿生观念寻找新算法,一旦突破技术屏障,将实现传统计算机所无法达到的超大规模并行处理、超强容错和联想思维、高度自适应和自组织等能力,带来难以预见的信息技术革命.以光束代替电子流进行运算和存储的光计算机,采用不同波长的光来表示不同的数据,可快速完成复杂的计算工作,大大提高信息处理速度和能力.量子计算以独特的量子位^④和量子态^⑤及其转换,加速数据搜索和大整数分解,可以获得超高性能的信息处理能力.加强生物计算、光子计算、量子计算以及人工智能等前沿技术研究,推动信息学、物理学、生物学、认知学等学科的交叉融合,力争在多进

^③ 2004~2008 年的数据来源于国际高性能计算机权威评测组织,<http://www.TOP500.org>; 2009~2012 年的数据是根据国际相关公司公布的在研计划的预期指标

^④ 量子位(qubit),是量子计算机中信息的基本单位.在量子计算机中许多基本的微粒像电子、光子、离子,每一个微粒都可称为量子位

^⑤ 量子态,是指原子、中子、质子等粒子的状态,它可表征粒子的能量、旋转、运动、磁场以及其他物理特性

^② 硅基新材料主要有绝缘体硅(SOI, Silicon-On Insulator)、应力硅、锗硅BC MOS 等;非硅基新材料主要有砷化镓、磷化铟、氮化镓等

制计算、语义分析、人脑结构模拟、机器学习等关键技术方面有所作为,实现原始性创新。

4.2.3 软件 软件是信息技术产业的灵魂。软件具有技术和文化的双重属性,软件产业是无污染、低能耗、高就业的知识生产型战略产业。为了促进我国软件产业上规模、上台阶,应当充分发挥中文处理和人力资源优势,积极顺应开放源码的国际趋势,以用兴业,内外并重,在国际分工合作中培育动态比较优势。

(1) 基础软件。作为各种应用软件运行的基础,基础软件是支撑软件体系的基石。多核CPU、高效能计算机都要求有相应的操作系统支持,为我们带来了高起点发展操作系统的难得机遇。多核CPU的高可信服务器操作系统,安全易用桌面操作系统,高可靠、高性能、高安全性的大型通用数据库管理系统,以及支撑网络服务的中间件,可作为开发的重点。将操作系统等基础软件与CPU的设计紧密结合,有助于软件的一体化发展。

(2) 嵌入式软件。软硬结合、软件固化是重要发展趋势。我国制造业规模庞大,具备发展嵌入式软件的有利市场条件。注重软硬技术结合,完善软硬件协作链,重点开发嵌入式基础软件和嵌入式应用软件,有利于形成有特色、重实效、性价比高的产品系列,为软件产业开辟新的增长空间。

(3) 软件及信息服务。“软件即服务”是软件产业的重要转型机遇。发挥中华民族文化优势,吸收世界文明的优秀成果,可以使我国在软件及信息服务领域大有作为。促进文化产品数字化,积极发展数字内容等信息服务,将成为软件产业新的增长点。面向国民经济各行各业的需求,通过提供全面的信息技

术解决方案,对业务流程进行重组、再造和优化,解决制约不同行业、不同产业领域以及不同发展阶段所面临的特定问题。培育和发展电子商务、网络金融、网络教育、移动互联网增值服务等基于互联网的新型业态,掌握更多特色鲜明、竞争力强的服务技术和经营方式,对于繁荣互联网产业,推动网络经济发展壮大具有重要作用。

4.2.4 网络 网络是迈向信息社会的关键基础设施。发展先进的网络产业,对于增强自主创新能力,保障国家信息安全,带动信息技术产业转型升级意义重大。在三网(电信网、计算机网、广电网)融合大趋势下,主动适应网络产业的转型发展是一个重要战略选择。加快泛在网的研究和部署,构建国家综合网络基础设施,是促进经济社会信息化的必然要求,也为应对极端气候、地震和地质灾害、重大传染病疫情等突发事件提供重要手段;继续开展下一代网络技术、无线宽带技术的研究开发和标准制定,注重太赫兹技术研究,努力取得技术优势、知识产权优势、标准优势和市场优势,争取实现技术引领,进一步强化企业的核心竞争力。

(1) 宽带无线移动通信。宽带无线移动通信是满足任何时间、任何地点、任何人、大容量、多媒体信息通信需要的主要方式。突破新一代无线传输及组网等关键技术,提高频谱利用效率和传输效率,以全IP化实现异构网络的无缝互联。自主开发的TD-SCDMA第3代移动通信(3G)技术已开始商用化,应十分重视其技术演进,及时把握下一代宽带无线网络技术发展的关键时机,加强TD-LTE^③等后续系统的研究(见图16),积极打造产业链整体配套与

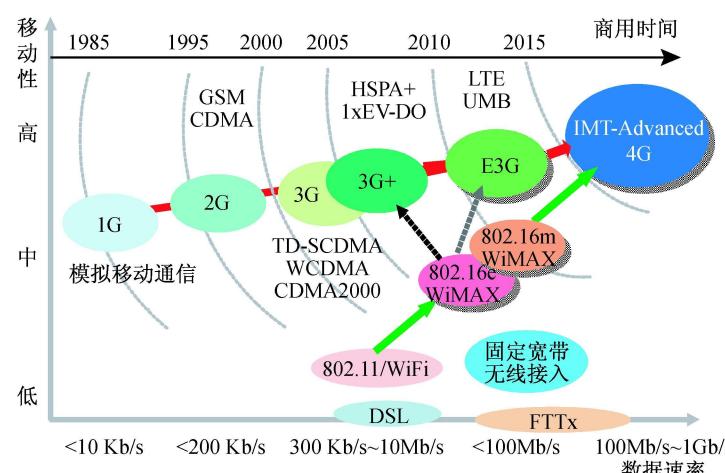


图16 无线移动技术的演进

Fig. 16 Evolution of mobile wireless technologies

运营共同发展的合作模式,争取为新一代移动通信标准提供更多的自主创新技术,取得技术和市场的双重优势;注重低成本、低功耗和绿色环保,开发关键芯片、核心器件和多频、多模、多媒体终端等产品,满足发展需要。

(2) 下一代网络。这是国家信息基础设施演进的方向,可以提供多种业务、大幅提高通信性能。按照接入多元化、核心架构一体化、应用服务综合化的趋势,需要研究下一代网络体系架构、组网、网络融合等关键技术,研制大容量、可扩展的路由器和信令网关等关键设备,构建安全可信的新型承载网络。同时,重视传感器网络技术和应用,加强泛在异构网络体系研究,按统一的网络协议建设各种末端网络,加快构建跨网络、无缝衔接以及无所不在的泛在网络。

(3) 网络与信息安全。网络与信息安全是国家安全的重要组成部分。在网络设计和软件开发时,应统筹考虑安全问题,积极防御,主动应对,形成有利于发挥信息安全有效保障的安全架构。重点开展网络可靠性、网络安全防护、内容安全、密码密钥等网络与信息安全技术研发,完善网络与信息安全体系,建立网络信任体系和互联网事件分析系统,加强网络与信息安全专业化服务,提高对网上大规模音视频有害信息、垃圾信息的过滤防范能力,实现互联网有效治理、健康发展。

4.2.5 关键元器件及其材料

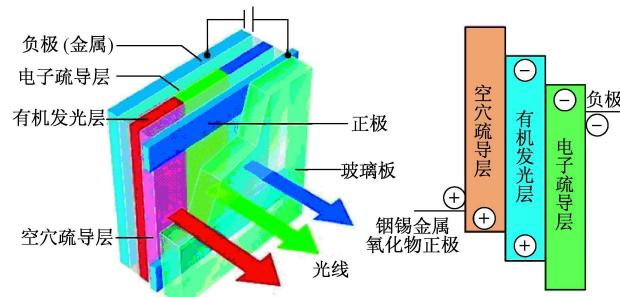
关键元器件是信息技术产业的基本要素,高性能、高可靠的微电子器件、光电子器件和真空电子器件等,是信息获取、传输、处理、储存、显示和利用的实现基础。关键元器件处于信息产品制造产业链的前端,是决定整机装备关键性能的前提,促进我国信息技术产业持续发展,需要发挥整机需求的导向性,把突破制约产业发展的关键元器件作为重点,通过新型高端元器件发展的牵引,全方位提升我国电子元器件产业结构和技术水平,形成完整配套、相互支撑的元器件产业体系和大规模制造生产能力。

(1) 新型元器件和电子材料。微型化、组件化、高精度、多功能、低功耗是电子元器件的发展方向。提高新型元器件产业水平,需要广泛采用功能集成、微细加工、三维立体封装及系统综合测试等先进的设计和制造技术,突破敏感元器件和传感器的关键技术,发展高频声表面波器件、高频微波介质器件等。电子材料是生产元器件的原料和实现元器件功能的介质,新材料的发展会带来元器件的重大创新。积极发展功能性电子材料和结构性电子材料,包括单晶/多晶硅等半导体、绿色电池材料、先进电子陶

瓷材料、液晶材料、平板导电玻璃等,把探索新材料理论、开发新材料放在首位,实现创新发展。

(2) 高端专用器件。高性能、高可靠、长寿命是高端专用器件的基本要求。建立宇航级的专用元器件产业体系,在专用行波管、氮化镓(GaN)、碳化硅(SiC)等微波功率器件、模数转换器(ADC)、数字信号处理器(DSP)等信号处理器件以及红外焦平面等高精度探测器件方面取得重大技术突破。发展垂直双扩散金属-氧化物半导体场效应晶体管(VDMOS)、绝缘栅双极型功率管(IGBT)、电荷耦合器件(CCD)、现场可编程门阵列(FPGA)新型电力电子器件,实现自主保障,以满足国家战略需要。

(3) 显示和光伏器件。显示器件是光电子产业的重要组成部分,是电视机、计算机、手机等众多信息技术产品必不可少的信息显示装置。数字化、平面化、高清晰、高亮度、低功耗是显示器件的发展潮流。加快我国显示器件产业的发展转型,需要解决急需的新型平板显示器件^④关键技术和装备,整合、推动国内液晶显示(TFT-LCD)、等离子显示屏(PDP)产业使其上规模、上水平。当前,应着手研究代表未来方向的新型显示技术,譬如有机发光显示(见图17)、激光三维立体成像(见图18)等,缩小与世界先进水平的差距。

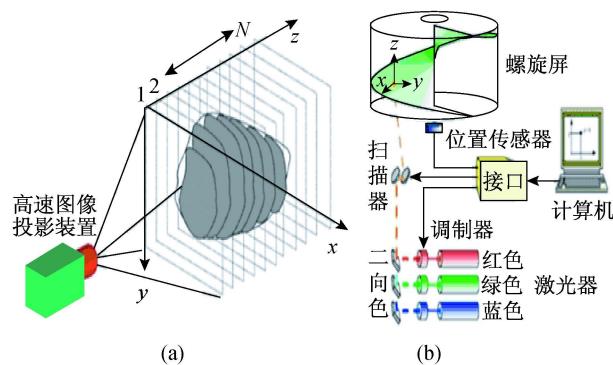


OLED 属载流子双注入型发光器件,其发光机理为,在外界电压的驱动下,由电极注入的电子和空穴在有机材料中复合而释放出能量,并将能量传递给有机发光物质的分子,使其受到激发,从基态跃迁到激发态,当受激分子从激发态回到基态时辐射跃迁而产生发光现象。

图 17 有机发光显示原理图

Fig. 17 Schematic diagram of OLED

^④ 目前,国际显示器件已基本完成平板化、数字化和高清晰转型。平板显示主要包括等离子显示屏(PDP)、薄膜场效应晶体管液晶显示器(TFT-LCD)和有机发光显示(OLED)。其中PDP 和 TFT-LCD 发展较为成熟,已实现大规模量产,成本迅速下降,正逐步取代传统的阴极射线管显示器(CRT)成为国际主流显示器件。

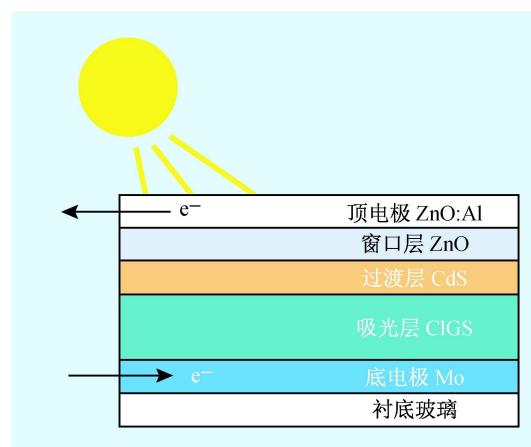


图(a)表示三维空间中的运动屏幕在 z 轴不同位置截获高速图形投影装置投射的二维图形,形成真三维图像;图(b)表示红、绿、蓝三束激光会聚成一束色度光线,经过光学定位系统射在螺旋屏上产生一个彩色亮点。在螺旋屏旋转足够快时变得透明,彩色亮点仿佛悬浮在空中一样,成为一个空间像素。多个空间像素便能构成一个三维物体。

图 18 激光三维立体成像的原理图

Fig. 18 Laser 3D stereoscopic imaging

光伏器件是实现光电转换的基本元器件,太阳能光伏产业开辟了清洁能源发展的有效途径。扩大太阳能光伏产业规模、提升产业水平,主要是攻克基础材料和成套装备,掌握材料提纯技术,发展电池组件等制造工艺和关键设备,以及相关仪器仪表。同时寻求新材料,进一步提高电池的光电转换效率,更好地利用太阳能。新型薄膜太阳能电池(见图 19)是高效能源产品和新型建筑材料,能够大幅降低成本,适



铜铟镓硒[Cu(In, Ga)Se₂,简称CI GS]薄膜太阳电池主要由底电极、P-N 结 CI GS /CdS 和顶电极三部分组成;太阳光透过透明导电的ZnO:Al 层和CdS 层,辐照到吸光层 CI GS 上激发出额外的电子-空穴对;在P-N 结电场的作用下,额外产生的电子通过顶电极 ZnO:Al 层输往外电路,空穴则通过底电极 Mo 输往外电路,从而实现了光电转换。

图 19 铜铟镓硒薄膜太阳电池

Fig. 19 CI GS thin film solar cell
(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

宜大规模推广应用,已成为国际光伏市场发展的新趋势和新热点,我国应重点开发适宜规模生产的大面积、高效率、低成本薄膜太阳能电池生产技术。

5 信息技术产业发展的若干政策措施

完善信息技术产业政策,是新时期应对国际竞争、加快产业发展和推进现代化建设的战略举措。从我国实际出发,着眼于世界发展的大趋势,应当把信息技术产业政策放在经济政策体系的优先位置。突出政府的有效引导,明确战略方向,制定市场规则,完善体制机制,健全法律法规,营造良好的产业发展环境。

5.1 依托国家重大工程实现核心技术的突破

依托重大工程和科技专项突破核心技术,在一些产业领域已有成功经验。项目的实施应围绕信息技术产业发展的重点,充分利用有限的资源,调动各方面的积极性,攻克技术难关,将科研成果转化成现实生产力。着眼于实现科技与经济的紧密结合,发挥国家的组织协调引导作用,制订规划,整合力量,精心部署,培育创新群体,积极探索符合社会主义市场经济体制下重大工程和科技专项建设的新模式。努力掌握一批事关国家战略利益的核心信息技术,开发一批具有自主知识产权的关键信息产品,研制一批体现产业发展水平的重要信息装备。对已经部署的重大工程和科技专项,应当抓紧组织实施,抢占未来竞争的制高点。

5.2 鼓励使用国产首台首套产品

国产首台首套信息技术产品进入市场难度大,是制约信息技术产业自主创新的突出问题,应当尽快解决。为此,需要修订招投标法律法规中的相关条款,建立支持首台首套的招投标程序。完善信息技术应用政策,发挥政府采购鼓励创新的功能,建立财政资金优先采购自主创新产品的制度,在同等条件下优先使用自主创新产品和技术。对购买首台首套国产产品的用户,国家可以通过专项资金给予适当补贴,或通过减免税收、提供买方信贷或风险担保等方式给予支持。面向农村和中西部地区需求,推广质优价廉的产品和服务。面向行业信息技术改造、国民经济和社会信息化,加快国产信息技术产品的研发和应用。

5.3 大力推进电信、计算机、广电“三网融合”

“三网融合”是电信网、广播电视台网、计算机网的发展方向,也是促进互联互通、遏制重复建设、实现资源共享的客观要求,应搞好统筹规划,有序推进业

务、网络和终端等融合，加快制定业务许可、互联互通、网际清算等政策，允许电信网和广电网业务双向准入，探索建立网络和信息资源共享的新机制，推动商业模式创新，加强网络运营、设备制造、应用服务、系统集成等各环节的密切合作，培育网络信息服务业等新兴业态。深化电信管理体制和广电运行机制改革，逐步建立政监分离、政企分开、政事分开的行业管理体制，规范内容管理，健全监管手段，强化监管职责，建立科学合理的监管制度。

5.4 建设国际信息技术产业基地

信息技术产业是高度国际化的产业，提高产业的国际竞争力，应面向国内外市场，在更广领域、更高层次参与国际交流与合作，在全球范围内合理配置并有效利用资源，全方位加强国际经济、技术交流与合作，形成开放型产业体系。顺应全球化发展趋势，充分发挥我国比较优势，把商品贸易和服务贸易结合起来，提高信息服务业国际化水平，构建微电子、计算机、元器件以及软件和服务外包等若干独具特色、国际领先的产业基地。履行世界贸易组织成员国的义务和责任，加强政府间协作，建立协调应对机制，妥善解决信息技术产业领域贸易、投资、知识产权等方面的国际争端。

5.5 实行有利于产业发展的财税政策

财税政策对产业发展影响很大。为了鼓励信息技术产业发展，需要国家在财政和税收上加大支持力度。财政性资金应重点投向提高自主创新能力，特别是关键领域核心技术的研发攻关，同时发挥好财政资金引导社会资金投入的作用。针对大企业创新动力不足和中小企业创新能力不强的问题，有必要通过税收减免、贷款贴息等政策加强引导和扶持。对于微电子、软件、关键元器件等战略重点，可以采取增值税转型、加速折旧、有差别的出口退税等支持措施。对于参与跨国并购和资产重组的企业，应尽力避免双重征税，降低企业投资风险。落实研发投入的税前扣除政策，鼓励信息技术企业开发新产品、新工艺和新技术。

5.6 建立支持创新发展的风险投资机制

信息技术产业高投入、高风险、高收益的特点明显，其发展需要宽松的金融环境。通过风险投资支持创业和创新，健全产业发展的良性循环机制，是发达国家发展信息技术产业的重要做法。建立健全我国的风险投资机制，关键要活跃资本市场，完善投资进入和退出机制，加快创业板市场建设，支持有条件的

企业上市融资，为信息技术企业特别是中小企业开辟更为灵活便利的融资渠道。同时，积极组建创业投资和产业投资基金，鼓励科研成果作为生产要素参与投资，形成以社会资本为主体，政策支持、市场化运作的风险投资体系。

5.7 发挥知识产权和标准的保障支撑作用

知识产权是信息技术产业的生命线，没有知识产权在国际同行中就没有发言权。应把保护知识产权纳入信息技术产业发展全过程，形成尊重知识产权、保护知识产权的风尚。既要保护自己的也要尊重他人的知识产权，妥善处理知识产权纠纷，加强专利、商标、版权、商业秘密等保护力度，谨防知识产权滥用。加大知识产权保护力度，依法严厉打击侵权盗版行为。加快建立对企业并购、技术转让交易过程的知识产权特别审查机制，避免知识产权流失。信息技术产品的研发和生产需要注重与现有国际标准的兼容，并加强我国自身技术标准的研究制定，积极推动相关技术成为国际标准，提高在国际标准制定中的影响力。对涉及国家安全的领域，加大强制性国家标准的制定和实施，确定企业在知识产权运用和标准制定中的主体地位，激发企业拥有更多发明专利和自主知识产权。

5.8 造就一批行业领军人才和高端技术人才

信息技术产业的竞争是技术的竞争，最终取决于人才的竞争，竞争的焦点是高素质领军人才和高端技术人才。造就行业领军人才，需要牢固树立人才是第一资源的观念，进一步深化人才制度改革，形成开放、流动、人尽其才的用人机制，创造优秀人才脱颖而出的环境。充分依靠年轻人才，培养理论创新人才、复合型人才和技能型人才，打破常规，识才善任，在实践中形成行业领军人才。探索规范运用股权、期权等激励机制，建立有利于吸引人才、留住人才和发挥人才作用的分配政策。鼓励企业、高等院校和科研院所共同培养高端人才。积极参与国际高端人才竞争，吸引海外高层次人才来华工作，鼓励留学人员回国投身祖国建设。

5.9 健全促进信息技术产业发展的法律法规

历史和现实都表明，把信息技术产业领域一些行之有效的政策措施通过立法程序上升为法律法规，有利于推动产业发展和技术进步。对一些实践尚未成熟的前沿性领域，有必要从实际出发并借鉴国外有益经验，增强立法的科学性和可预见性。围绕产业发展战略和重点，加快制定电信、集成电路与软

件、信息技术应用等方面法律法规，适时修订和完善知识产权、标准等方面的法律法规。针对信息安全、网络犯罪、互联网治理等问题，尽快组织研究制定电子政务、电子商务、信息安全、个人信息保护、未成年人在线行为保护等方面的法律法规，应加大执法力度，严格司法程序，做到有法必依，违法必究，为信息技术产业发展创造良好的法制环境。

6 结语

新时期我国信息技术产业发展的重中之重是，突破核心技术、提升创新能力。许多时候，不是我们没有跨越的潜力，而是缺乏创新的胆识；许多事情，不是我们没有突破的可能，而是缺乏必胜的信心。客观审视我国信息技术产业的发展历程，能够发现一种积蓄中的能量，有理由期待一种孕育中的突破。坚持走中国特色信息技术产业发展道路，我国一定能够跻身于世界信息技术产业强国之列。

本文撰写得到曾培炎、刘鹤、娄勤俭、陈大卫、宁吉喆、张复良等同志的协助，特此感谢。

参考文献：

- [1] Moore G E. Cramming more components onto integrated circuits [J]. *Electronics*, 1965, 38(8): 114—117.
- [2] Bresnahan T F, Trajtenberg M. General purpose technologies: Engines of growth [J]. *Journal of Econometrics*, 1995, 65(1): 83—108.
- [3] OECD. OECD information technology outlook [R]. OECD Publishing, 03-10-2006.
- [4] Romer P M. Increasing return and long run growth [J]. *Journal of Political Economy*, 1986, 94(5): 1002—1037.
- [5] Abramovitz M. Resource and output trends in the United States since 1870 [J]. *American Economic Review, Papers and Proceedings*, 1956, 46(2): 5—23.
- [6] Denison E F. Why growth rates differ: Post war experience in Nine Western Countries [M]. Washington D C: The Brookings Institution, 1967.
- [7] 中华人民共和国信息产业部编. 信息产业“十五”回顾（电信卷）[M]. 北京：人民邮电出版社，2006.