

美国

国家关键技术

(1995年版)

国家科委科技信息司
国家科委科技促进发展研究中心
航天工业总公司科技信息研究所

一九九六年三月

内部资料

美国国家关键技术报告

美国总统办公厅科技政策办公室

吕力之	蒋宇平	刘晓恩	等译
韩鸿硕	胡海棠	李思一	等校
陈松生	梁战平		
张典耀	周永春		主审

1995 年 3 月

封面设计 李曼文

责任编辑 蒋宇平 王震峰 王一然

美国国家关键技术

(1995年版)

国家科委科技信息司

编辑 国家科委科技促进发展研究中心
航天工业总公司科技信息研究所

印刷 航天工业总公司科技信息研究所

1996年3月 工本费 30.00元

译者说明

本书是美国总统办公厅科技政策办公室于1995年公布的第三个双年度美国国家关键技术报告。与1991年首次公布的同类报告相比,有了很大的变化(1993年报告未予公布)。此报告列举了对于美国国家经济繁荣和国家安全至为关键的七大类技术,即能源、环境质量、信息与通信、生命系统、制造、材料和运输,它们共包括27个关键技术领域、90个子领域和290个专项技术。报告评述了每个关键技术领域的发展状况、发展趋势和美国相对于世界先进技术水平竞争地位,讨论了影响技术开发的政策因素,介绍了政府与非官方的有关活动,并给出了关键技术的定义、分类、选择准则和方法。

本书内容丰富,涉及许多高新技术,是一本具有系统性、新颖性、实用性和权威性的当代关键技术大全。对于我国各有关部门领导、机关、院校、研究单位、企事业单位的科研、管理、教学人员了解世界先进技术,制定发展规划,选择关键技术,开发军民两用技术,促进经济发展和加强国防建设,均具有重要的参考价值。

鉴于本书涵盖面广,涉及较多领域,如译文有不妥之处,敬请读者指正。

1996年1月

总统办公厅

科技政策办公室

华盛顿特区 20500

(1995 年 3 月 17 日)

敬爱的总统先生：

科技政策办公室和国家关键技术评审组很荣幸地向您提交 1995 年双年度国家关键技术报告。

鉴于本报告中所选出的技术领域和专用技术对发展和促进美国长期的国家安全或经济繁荣至关重要，因此，应该在现在和未来的联邦政府研究与发展工作中对这些技术予以优先考虑。

您的忠诚的

科技政策办公室主任

约翰·H·吉本斯

国家关键技术评审小组

主席 约翰·A·杨

总统科技顾问委员会主席

休利特·帕卡德公司前任总裁和首席执行官(CEO)

诺曼·R·奥古斯丁

总统科技顾问委员会委员

马丁·玛丽埃塔公司主席和首席执行官

查尔斯·A·桑德斯

总统科技顾问委员会委员

格拉希渥公司首席执行官

查尔斯·M·维斯特

总统科技顾问委员会委员

麻省理工学院院长

莉莲·S·Y·吴

总统科技顾问委员会委员

IBM 公司托马斯·J·沃森研究中心研究员

查尔斯·B·柯蒂斯

能源部副部长

约翰·R·戴利

国家航空航天局代理副局长

利昂·S·富尔斯

副总统国家安全顾问

玛丽·L·古德

商务部负责技术管理的副部长

莱昂内尔·S·琼斯

科技政策办公室负责技术的副主任

保罗·卡明斯基

国防部负责采办和技术的副部长

威廉·A·欧文斯

国防部参谋长联席会议副主席

简·威尔士

科技政策办公室负责国家安全和国际事务的副主席

目 录

执行概要	(1)
第一章 前言	(12)
第二章 能源	(14)
第三章 环境质量	(32)
第四章 信息与通信	(43)
第五章 生命系统	(83)
第六章 制造	(104)
第七章 材料	(124)
第八章 运输	(142)
第九章 与关键技术有关的科技活动	(160)
第十章 结论	(183)
附录 A 国家关键技术项目清单	(186)
附录 B 技术选择和分析	(206)
缩略语	(211)

执 行 概 要

本报告介绍了第三个双年度国家关键技术评审的结果。报告共提出了七大类 27 个国家关键技术领域(见表 1.1),并叙述了每个技术领域发展的现状以及美国相对于世界前沿发展水平的竞争地位。

对国家关键技术报告的需求

技术的发展和应用是保持美国经济繁荣和国家安全的推动力。因此,维持美国技术开发业的实力和竞争力依然是至关重要的。当前全球竞争日趋激烈,技术变革速度加快,地缘政治局势难以预料,这使得为集中力量而选择关键技术的需求日益迫切。本报告的目的就是确定构成联邦研究与发展(R&D)优先领域的技术领域和专项技术,具体目的是:

- 选择研究与发展所必须的重点领域;
- 当科学技术经费预算增长速度放慢的时候,有助于最有效地分配利用有限的资源;
- 为各行政机构提供一组共同的优先技术领域,并为国会提供决策支持信息,从而有助于协调政府的研究与发展活动;
- 为产业界提供可能进行合作研究与发展领域的指南。

关于技术选择准则和对选择过程及其依据的详细说明参见附录 B。

在本报告中,各技术大类和技术领域是按英文字母顺序依次介绍的。虽然本报告中所包括的所有技术领域对于经济繁荣或国家安全均是至关重要的,但要想确定能反映这些领域对实现经济繁荣和国家安全这两个中心目标贡献大小的排列顺序是很困难的,例如,很难找出生物相容材料与燃料电池在实现这两个目标时的差别。因此,本报告对技术大类介绍时的先后排列并不意味着它们的优先顺序。

本报告并没有阐述技术推广问题。需要指出的是,在技术开发上处于

表 1.1 国家关键技术领域

技术类别	技 术 领 域	技术类别	技 术 领 域
能源	• 能源效率 • 能源贮存、加工、分配和传输 • 发电	生命系统	• 生物技术 • 医疗技术 • 农业和食品技术 • 人类系统
环境质量	• 监测与评估 • 污染控制 • 补救和恢复	制造技术	• 离散产品制造 • 连续材料加工 • 微米/纳米制造和加工
信息与通信	• 电子元件 • 通信 • 计算机系统 • 信息管理 • 智能复合自适应系统 • 传感器 • 软件和成套工具	材料技术	• 材料 • 结构
		运输技术	• 空气动力学 • 航空航天电子学和控制 • 推进和动力 • 系统集成 • 人机界面

领先地位并不一定意味着在市场上占有最大份额。为了获得技术开发的经济效益,把技术从实验室转为产品和服务是十分重要的,这个过程需要不同于研究与发展的技能与投资。看到美国在各项关键技术领域居技术领先地位,是令人兴奋的,但不能由此而得出结论,认为美国在利用关键技术开发产品和服务以占领国际市场方面不能做得更好。

对关键技术领域的评述

本报告将关键技术分为七大类,即能源技术、环境质量、信息与通信、生命系统、材料技术、制造技术和运输技术。根据技术地位的比较可以看出,美国几乎在所有选出的技术领域,不是处于与国外技术水平相当的地位就是处于领先地位,这正如表 1.2 所示^{〔1〕}。然而,也应指出,在 1990~

〔1〕 表 1.2 表示了美国相对于欧洲和日本技术发展的前沿水平所处的技术地位和 1990~1994 年间的发展趋势。在表中,采用了从“显著落后”到“显著领先”的 5 级划分方法,当前的技术地位通过标志符在这一划分中所处的位置来表示;而发展趋势则通过标志符的形状及其指示的方向来表示:圆圈表示无发展变化,三角表示领先或落后的状态有所增强或减弱。表中对发展变化的速度未予以说明。

表 1.2 美国国家关键技术的相对地位和 1990~1994 年的发展趋势

美国技术的相对地位: 1990~1994 年发展趋势: 相对于日本 ▷, ○, < 相对于欧洲 ▶, ●, ◀ 相对地位提高 ▷ ▶ 相对地位下降 ◀ ◁ 相对地位不变 ○ ●					
国家关键技术领域	显著落后	稍微落后	相 等	稍微领先	显著领先
能源					
能源效率			▶	○	
能源贮存、加工、分配和传输			●	○	
发电			●	○	
环境质量					
监测与评估				◁ ◀	
污染控制			○ ●		
补救和恢复			◀	◁	
信息与通信					
电子元件			▷	●	
通信				●	◁
计算机系统				●	◁
信息管理					▷
智能复合自适应系统 *			○	◀	
传感器			▷ ▶		
软件和成套工具				●	▷
生命系统					
生物技术				○ ▶	
医疗技术				▷ ●	
农业和食品技术				◁ ▶	
人类系统				▶	▷
制造技术					
离散产品制造				○ ●	
连续材料加工 *			○ ●		
微米/纳米制造和加工			▷	●	
材料技术				◁ ●	
材料				●	◁
结构					
运输技术					
空气动力学				●	◁
航空航天电子学和控制				◀	◁
推进和动力				◁ ●	
系统集成				●	○
人机界面 *					▷ ▶
* 根据有限信息作出的评估					

1994 年间美国领先的程度已经下降或仅维持不变,这表明如要保持美国的技术地位,就必须在技术发展上继续予以投资。

能 源

能源类的关键技术分为三个领域:能源效率,能源的贮存、加工、传输和分配,以及发电。

能源效率领域的技术包括建筑节能技术和非内燃型动力系统。通过增加单位能源投入得到的经济产出和更多的出口机会,这些技术可以提高美国经济的生产率。使用这些技术可以减少美国对进口外国能源的依赖,出口这些技术可以缓解发展中国家对能源的需求,这些都可以增进美国的国家安全。建筑节能技术可以增加美国建筑业获得更多交钥匙工程的机会,从而提高其在国际市场上的竞争力。由于节约了能源,建筑设施的管理成本降低,可以将节省的资金用于其它用途,这也有助于增进国家安全。美国的建筑节能技术领域从总体上看领先于日本和欧洲,不过也有一些产品落在后面。汽车工业占美国经济的七分之一,非内燃型动力系统,特别是清洁汽车,可以为美国汽车工业提供显著的优势。日本和欧洲在电动汽车技术方面与美国基本相当。日本的交流电机技术落后于美国,但可能领先于欧洲。

能源的贮存、加工、传输和分配领域的技术包括先进电池、电力电子元件和电容器等技术。这些技术在工业、商业和民用上的应用可以促进经济繁荣,在军事上的应用可以增进国家安全。日本在先进电池技术方面通过加强研究不断取得进展,但仍稍落后于美国,欧洲也同样稍逊于美国。在电力电子元件方面,美国的大功率固体开关技术虽然在个别情况下领先,但在总体上落后。美国的电容器技术,特别是在军用技术上,处于世界领先地位;日本和欧洲均落后于美国,市场不断被美国夺取。

发电技术领域包括燃气轮机、燃料电池、新一代核反应堆、先进电源和可再生能源等技术。由于全世界迅速上升的电力需求、日益增长的由发电造成的环境压力和政府放松对电力工业的管制,从而使这些技术对美国的

经济繁荣来说变得至关重要。欧洲和日本在发展高效发电燃气轮机方面比美国略逊一筹。美国的燃料电池技术也处于世界领先地位,但是日本在个别方面已成为有力的竞争者,欧洲在这方面则高度依赖外国的技术。在新一代核反应堆方面,美国公司在设计服务上保持着优势,并且积极参与各项国际合作,这是因为大多数现有的反应堆都是根据美国技术建造的。然而,由于大幅度削减反应堆的研究开发经费,美国在新一代反应堆方面很可能会落在后面。在先进脉冲电源方面,俄罗斯比美国稍为领先,欧洲和日本在总体上落在后面,但在电容器和变压器等方面与美国相当。在可再生能源方面,欧洲和美国在太阳能热利用技术上水平相当,比日本稍为领先;日本在太阳能光伏发电技术上稍许落在欧洲和美国后面;欧洲在风力发电技术上比美国稍为领先,而日本则落在欧美之后;欧洲在生物质燃料上比美国稍为领先,其中欧洲在生物质柴油燃料上领先,而美国在利用生物质生产乙醇上领先。

总的说来,美国在能源领域的关键技术处于世界最好水平。

环境质量

环境质量类的关键技术分为下列三个领域,即监测与评估、补救和恢复、污染的避免与控制。

监测和评估领域的技术包括总体环境监测和生态系统的远距离评估。前者将对国家目标的实现有所贡献,如这一技术将有助于保证美国国民的健康,创造就业机会,实现经济增长,提高物理基础结构的效率,改善经济系统的管理能力,增强为认识人类与环境如何相互作用的生态系统管理和事后追踪、监测与评价能力。这些技术还为国家安全和作战能力作出贡献,例如,有助于确保禁止大规模破坏性武器的扩散,并且通过提供有关战场环境的精确信息,提高部队集结的效能和减少伤亡。在此技术领域,俄罗斯在遥感技术上落后于美国;在以卫星为基础的多光谱数据处理技术能力方面,美国处于领先地位;其次是俄罗斯(根据军事能力评估)、法国和日

本。在定性风险评估的特殊领域中,欧洲落后于美国,日本落后于欧洲。

发展及时、高效费比的补救和恢复技术,无论对于通过解决固有的污染问题来降低美国经济的成本,还是对提高美国在世界环境保护(补救)市场中的竞争能力都是至为关键的。这些技术将有助于创造就业机会和促进经济增长。因为它们不仅能创造新的就业机会,并且能帮助许多制造厂商降低所面临的清理成本负担。这些技术还能有益于美国国民的健康,因为它能降低环境中污染物造成的危害。在生物补救技术方面,美国和欧洲之间有共同之处,美国在这方面已经开展了较多的基础研究,而欧洲也已成功地采用美国技术进行了较大规模的现场补救工作。日本的一些公司也颇有能力,但它们在生物补救技术方面似乎稍为逊色。在核废料的储存与处理方面,欧洲在去除核反应堆的污染和核反应堆的退役技术上稍领先于美国。日本一些厂商在这方面的技术水平与美国公司相近。

污染的避免与控制技术对食品、水与空气的安全,对于降低研究与发展的成本和对国民的健康都有重要的作用。在分离技术上,国外的厂商稍落后于美国厂商。但是欧洲在核应用方面居领先地位,这是因为欧洲的政策规定必须在核废料的产生过程中就对其实行管理,而不是待其积累起来以后再进行处理。在核分离技术上,欧洲的厂商稍落后于拥有先进技术的美国厂商。日本的厂商在核与非核废料的分离技术上都落后于美国。

总而言之,虽然美国目前在环境质量技术类中的许多技术上都居领先地位,但发展的趋势表明,其它国家正在取得进展,将会达到与美国相同的技术水平。

信息与通信

与任何其它技术领域相比,信息与通信技术使我们的社会更加“现代”。在二十世纪的后半叶,对巨大容量信息的快速存取与共享已经成为经济增长和生活质量提高的推动力。因此,要实现经济增长、保障国家安全的目标,信息与通信技术是必不可少的,同时,它还有助于全面发掘其它技术

领域的潜力。这一领域的关键技术包括为如下各尖端领域作出贡献者：电子元件、通信、计算机系统、信息管理、智能化复合自适应系统、传感器、软件与成套工具。

在这些技术中，电子元件、计算机系统、通信、信息管理、软件与工具等技术具有促进经济增长的最大潜力；计算机系统（特别是高性能计算机系统）、智能复合自适应系统以及传感器等具有增强国家安全的显著潜力。

在信息与通信技术类中，除了高清晰度显示与高分辨率扫描技术之外，美国在绝大多数领域都处于领先地位，或至少处于与世界领先水平相同的地位。由美国开发、并已广泛应用的许多技术已成为世界标准，如 UNIX、以太网、Internet 网、局域网、人工智能领域的多项技术、美国开发的用于个人电脑的操作系统等。美国的数字高清晰度电视(HDTV)计划也领先于世界。国家显示器计划(NTI)将提供帮助以缩小在高清晰度显示以及其他较弱领域内所存在的差距。美国公司也正在同日本及欧洲的厂商结成联盟，以形成多国化开发动议。

生命系统

在自我繁殖和功能结构(如器官、甲壳、外皮以及肌肉-骨骼系统)形成的过程中，生命系统对于能量和物质的利用程度非常之高。关于这些高能效和高质效过程的知识成为生物技术等新兴产业的源泉。这些知识不仅应用于生产食用动、植物的农业与水产业，而且应用于人类医疗保健事业。

生命系统包括四个技术领域，即生物技术、医疗技术、农业与食品技术和人类系统。

从生物系统天然的分子结构和分子作用中可以生成许多特定的物质。现有产业和新生产业利用生物技术可以设计、制造和生产这些特定的物质。目前生物技术最重要的两个应用领域是人类医疗保健和农业。

美国生物技术总体上世界领先，但是欧洲和日本在某些领域有很强的竞争力。在基因工程和分子生物学的基础研究方面，美国比其它国家做得

多。近年来,关于分子序列及其相互作用的计算机分析及建模方法有了很大的发展,另外,不同的科学家群体之间开展了广泛的合作,这些都有助于这一领域新知识的迅速增长和应用。

各种医疗技术知识与实践的结合对于建立高效能的公众医疗保健体系至关重要。有效地防治疾病以及最大限度地减少慢性疾患的发生,需要创新性的生物医学研究以及以信息技术为基础的综合决策支持系统。这些技术是在控制成本的同时提高公众健康质量和医疗保健服务质量的关键。这个领域的关键技术有:综合信息系统、功能诊断成像、生物相容材料、病菌和病毒传染介质的迅速识别等。

全球农业面临以下挑战:人口迅速增加,对于食物、衣物、饲料和工业原料的需求加速增长,而人均耕地面积却在下降。可持续农业生产体系必须着重发展有益于环境、生产率高、经济可行并受社会欢迎的新式农业。水产养殖业是目前增长最快的农业部门,在海洋渔业产量下降的情况下,水产养殖将成为鱼类蛋白质的一个稳定来源。

人机界面是许多复杂系统的关键部分,如电力网、通信网、航空运输管制系统、高度自动化的过程控制及制造系统。通常这类系统产生的数据量远远大于紧急时刻人类的接收能力。因此人机界面的主要任务是以易于理解的方式向人类提供数据,便于人类与系统对话,确保操作过程的持续、安全、可靠。对于人类与工程系统及外界环境相互作用时的能力、行为和表现,美国的研究最为深入,在先进人机界面的开发上,美国是最先进的。

制造技术

制造技术类中的各项技术支持着美国的众多工业。在某些情况下,这些技术能提高我们所熟悉的材料如聚乙烯等的制造能力。在其它一些情况下,正如一些新型合金的应用情况一样,通过经济合理的制造以及从实验室向市场的转化,这些制造技术拓宽了新材料的使用;此外,这些技术还提高了产品设计、制造以及整个过程的管理能力。本报告将制造技术划分为

如下三个领域,即离散产品制造、连续材料加工、微米/纳米制造及加工。

离散产品制造包括了在提高生产制成品能力方面的最重要的技术进展,其范围从普通的汽车或电视机到构型奇特的冷却涡轮叶片。因此,这些技术对于整个制造部门,无论是对其经济还是对其形成军用尖端武器制造能力方面都是至关重要的。

连续材料加工主要集中在对化学、石油化工和一些连续材料工业等十分重要的技术进展方面。其特点是进行材料的连续加工,这些材料通常用于其它过程或产品中。这些工业以及这些技术对经济及军事都至关重要。对生产过程或其它过程如能源生产等过程而言,这些技术还常常具有减少环境污染的潜力。这既是其自身发展的目标又是依其规律发展的一项新兴工业。

微米制造和加工是指对特征尺寸为微米(10^{-6}m)的物理结构进行制造的技术。从过去的发展来看,该项技术虽然在其它应用领域有所增长,但它一直并将继续对电子工业发挥重要作用。纳米制造和加工是指对更小结构尺寸的制造,直至能够对单个原子进行控制及排列。虽然这些技术仍处于研究之中,但却具有相当诱人的潜力。微米制造和加工与纳米制造和加工这两项技术目前都正在迅猛发展。

在制造技术类中,美国在各技术领域均处于领先或与世界先进水平处于相同的地位。但在某些单项技术方面情况并非如此,例如日本在半导体芯片塑料封装中的中低技术含量的技术开发方面处于领先水平,在本报告论述的所有其它专项技术中,美国未来将处于领先地位或居于前列。

材料技术

材料技术可以用来实现国家的众多目标。先进材料能促进美国的经济繁荣、改善人民的健康状况、保证社会安全和提高人民的生活质量。少数材料只对实现国家单项目标起重要作用,例如,使用隐身材料的新型战斗机将可加强国防安全,因为隐身材料有助于控制作战飞机的特征信号,然而

对要求可观测和容易识别的商用飞机而言,这种材料就毫无使用需要。

材料渗透到几乎所有的工业和活动领域,它们这种无处不在的特点使其在实现众多的目标中成为一系列关键的启动技术。先进的合金、陶瓷、复合材料和聚合物材料,是用于包括高性能航空航天和地面运输系统在内的各领域的启动技术。它们对民用和军用两个方面均予以支持;功能材料如金刚石薄膜,将达到更高的物理和电子特性,从而在制造业和电子工业中获得广泛的应用。材料技术不仅关系到经济目标的实现,而且还关系到从环境保护到太空探测各项其它目标的实现。此外,新型材料对许多制造业的发展,无论是通过对现有产品的改进还是通过对全新产品的开发,都是至关重要的。

本报告在两个技术领域,即材料领域和结构领域对多个专项技术作了介绍,表明了材料技术的多样性。

对美国材料技术的发展水平仅进行简单评价或许是不合适的;实际上美国的材料技术在国际上的地位是高低相伴的。虽然从总体上看美国处于领先地位,但它在一些领域的领先地位正在削弱或者已经处在落后的位置。对此进行的有些评价已是众所周知的了,如国外在半导体材料的制造技术上领先,或者美国在聚合物基复合材料技术上领先;而另外一些评价或许还不为人们所了解,例如,在陶瓷基复合材料技术上,美国目前虽未能领先于欧洲,但处于较先进的地位,并且在正形成的市场中处于更有利的竞争位置。美国对材料学长期给予关注,已经投入了多笔资金。

运输技术

本报告介绍的运输技术包括的技术领域如下:空气动力学、航空航天电子设备和控制、推进和动力、系统集成、人机界面。在较专业的技术层次,本报告讨论了飞机和地面车辆的空气动力学、航空航天电子设备、地面运输控制、飞机的各种涡轮发动机和航天器动力系统。在系统集成和人机界面的方面讨论了智能运输系统、航天器集成和航空器集成、与运输系统有