

中国科学技术信息研究所

Institute of Scientific and Technical Information of China

技术发展 预测与评论

(第一卷)

Forecasts and Reviews for
Technological Development
(Volume 1)



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

中国科学技术信息研究所

Institute of Scientific and Technical Information of China

技术发展 预测与评论

(第一卷)

**Forecasts and Reviews for
Technological Development
(Volume 1)**



北京理工大学出版社

BEIJING INST

RESS

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

技术发展预测与评论. 第1卷/中国科学技术信息研究所.
—北京: 北京理工大学出版社, 2003.8
ISBN 7-5640-0144-5

I. 技… II. 中… III. 技术预测 IV. G303

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 025936 号

出版发行/ 北京理工大学出版社

社 址/ 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/ 100081

电 话/ (010) 68914775 (办公室) 68912824 (发行部)

网 址/ [http:// www.bitpress.com.cn](http://www.bitpress.com.cn)

电子邮箱/ chiefed@bitpress.com.cn

经 销/ 全国各地新华书店

印 刷/ 北京圣瑞伦印刷厂

开 本/ 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张/ 23.25

字 数/ 450 千字

版 次/ 2003 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月第 1 次印刷

印 数/ 1~4000 册

定 价/ 45.00 元

责任校对/ 张 宏

责任印制/ 刘京凤

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

序：

提供交流平台，为技术发展服务

张其成

随着社会的发展和科技、经济全球化趋势的加剧，技术愈来愈成为至关重要的因素，科学通过技术而转化为直接生产力，经济项目都有深刻的技术内涵；许多项目都是大型超大型，甚至跨地区、跨国界的；科技、经济，甚至政治的决策都越来越依赖于技术预测的支持，相对准确的技术预测成为正确决策的前提。发达国家和地区都对技术预测给予极高的重视。我国的技术预测工作起步较晚，手段也相对落后，但随着科技和经济的发展，对技术预测的需求却在快速增长。

当前，我国进入全面建设小康社会、加快推进社会主义现代化建设的新的发展阶段。国际局势正在发生深刻的变化，政治多极化和经济全球化的趋势在曲折中发展，科技进步日新月异，综合国力竞争日趋激烈。为适应新时期的新要求，“十六大”报告指出：“走新型工业化道路，必须发挥科学技术作为第一生产力的重要作用。”

走新型工业化道路，就要充分发挥技术对经济增长的决定性作用。因此，技术方向的预测、技术路线的选择被提到了前所未有的高度。技术路线选择错误的教训是非常深刻的，前苏联的微电子技术和相应产业远落后于发达国家，其很重要的原因就是发展半导体技术时重点材料的失误。

中国科学技术信息研究所和北京理工大学出版社共同组织编写《技术发展趋势预测与评论》书系，力图汇集国内科学技术界的力量，搭建一个从不同视角对技术趋势进行预测和评论的平台，请科技专家们见仁见智地发表自己对技术发展的不同看法，为业界提供交流，也为决策界提供参考，为学习和研究者提供文献和情报。这一尝试是值得肯定的。

在科技文献中，综述评论（reviews）是一类具有特殊重要意义的文献。综述评论文章对某一学科或某一领域的发展现状和趋势高屋建瓴地进行的全景式扫描和分析，要求作者不仅具有相关学科和领域的背景知识，还应了解和掌握经济社会发展的大趋

势,能够跳出本学科或领域的藩篱。如果写得好,综述评论文章将对处于前沿的科技研究人员、科技管理人员和科技产业开发人员都有启发。综述评论文章往往比一般的学术论文获得更多的引用。正因为如此,美国科学情报所(ISI)除了编制众所周知的《科学引文索引》(SCI)外,还专门编制了《科学评论索引》(ISR)。《技术发展趋势预测与评论》书系试图在综述评论方面下力气,也是令人高兴的。

2001年,美国商务部和国家科学基金会共同组织召开了一次关于技术融合的专家讨论会。会议认为,纳米技术、生物技术、信息技术和认知技术将相互融合,成为“融合技术”群,将对人类社会的未来发展产生极大的影响。《技术发展趋势预测与评论》书系第一卷涉及了纳米技术、生物技术和信息技术以及材料、能源等前沿技术领域,以后各卷还将逐步扩大覆盖面,进而平衡地覆盖全部技术领域,追踪技术的发展轨迹,预测技术的发展趋势。希望这个书系持续不断地出版下去。相信持之以恒,必能形成一定的权威性,形成一个为各方欢迎的,资料丰富、动态准确,对前沿问题反应敏锐的思想库和信息库。

在新世纪新阶段,我们必须紧紧抓住机遇,大力推进科技进步和创新,为经济发展提供强大的动力,努力实现生产力的跨越式发展,在激烈的国际竞争中赢得主动,为中华民族的伟大复兴,为创造我们的幸福生活和美好未来,做出我们科技界应有的贡献!

(作者为国家科技部部长徐冠华院士)

目 录

一、综合评论

技术预测方法及各国技术预测比较	黄宁燕 (3)
从文献计量看世界各国科技发展态势	张玉华 潘云涛 马 峥 (44)
物理学与现代技术: 回顾与前瞻	冯 端 (53)
纳米技术将引发新的技术融合潮	黄军英 (65)

二、信息通讯技术

信息通信技术	杨树芬 (75)
21 世纪通信网展望	顾学道 (87)
信息技术的若干发展趋势评论	王行刚 (96)
21 世纪微电子技术的发展趋势及评论	鲍景新 (105)
光通信的发展和 ASON 技术	张成良 (119)

三、自动化技术

计算机集成制造系统的发展趋势	陈颖健 (129)
21 世纪初机器人技术的走向	巴 洪 宗光华 (139)

四、能源技术

风能技术发展趋势评论	施鹏飞 (151)
21 世纪太阳能利用技术和产业的发展趋势与前景	赵玉文 (160)
空间站太阳能热动力发电技术进展与评论	崔海亭 袁修干 (172)
核能技术发展趋势评论	温鸿钧 (184)
建立可持续的清洁能源系统——氢与氢能	贡光禹 (194)

燃料电池——化学能直接发电装置	黄振中 (205)
“托卡马克”的艰难历程和光辉前景	黄振中 (218)

五、材料技术

有机聚合物/无机纳米复合微粒体系	邱 东 牛忠伟 杨振忠 (227)
先进陶瓷材料的现状与发展	葛昌纯 武安华 (234)
高温超导材料应用的三大热点	陈颖健 (256)
半导体微电子、光电子材料发展评论	王占国 (265)
附: 碳纳米管制造技术的发展趋势	秦涛/译 (273)

六、生物技术

微藻产业化技术现状与问题	丛 威 (281)
化石燃料污染的生物处理及苯磺酸盐副产品生产	许 平 (287)
医药生物技术发展趋势评论	邓洪新 张 木 魏于全 (298)
组织工程	杨志明 (306)
干细胞技术及其应用前景	裴雪涛 (316)
附: 转基因作物和食品的趋势	程如烟/译 (322)

七、其他领域

2003 年我国农业科技发展趋势预测	欧阳晓光 (329)
节水农业技术发展趋势评论	邱宏伟 (339)
中医药现代化技术	段黎萍 (349)
后记	(359)

CONTENTS

Part I General Reviews

- Comparative Reviews of Technology Forecasting Methods and Technology Forecasting
 Results in Selected Countries Huang Ningyan (3)
- A Bibliometric Analysis of the Trend on Scientific and Technological Development of World
 Zhang Yuhua, Pan Yuntao, Ma Zheng (44)
- Physics and Modern Technology: Retrospect and Prospect Feng Duan (53)
- The Next Wave: Technology Convergence at the Nanoscale Huang Junying (65)

Part II Information & Communications Technology

- Information and Communications Technology Yang Shufen (75)
- An outlook on Telecommunications Network in 21st Century Gu Xuedao (87)
- The Trend and Review for the Development of Information Technology
 Wang Xinggang (96)
- The Trend and Review of Microelectronics in 21st Century Bao Jingxin (105)
- Development of Optical Communications and ASON Technology Zhang Chengliang (119)

Part III Automation Technology

- Trends in Computer Integrated Manufacturing System Chen Yingjian (129)
- Trend for Robotics in the Early 21st Century Ba Hong, Zong Guanghua (139)

Part IV Energy Technology

- The Future Development of Wind Energy Technology Shi Pengfei (151)

Development Trend and Prospect for Solar Energy Utilization Technology and Industry in 21st Century	Zhao Yuwen (160)
The Review and Development of Space Solar Dynamic Power Technology	Cui Haiting, Yuan Xiugan (172)
Development Trend and Review for Nuclear Technology	Wen Hongjun (184)
Building a Sustainable Clean Energy System: Hydrogen and Hydrogenous Energy	Gong Guangyu (194)
Fuel Cell: The Equipment of Right Transferring Chemical Energy to Electricity	Huang Zhenzhong (205)
The Hard Journey of TOKAMAK and the Splendid Prospect	Huang Zhenzhong (218)

Part V Materials Technology

Organic Polymer/Inorganic Nanocomposite Particle Systems	Qiu Dong, Niu Zhongwei, Yang Zhenzhong (227)
State of the Art and Development of Advanced Ceramics ...	Ge Changchun, Wu Anhua (234)
Three Hot Spots for Application of High-Tc Superconducting Materials	Chen Yingjian (256)
The Review and Development of Semiconductor Microelectronic and Photoelectronic Materials	Wang Zhanguo (265)
Trends in Manufacturing Technology of Carbon Nanotube	Qin Tao (273)

Part VI Biology Technology

The Status and Prospect of Industrial Technology for Microalgae Production	Cong Wei (281)
Bio-disposal of the Pollution from Fossil Fuels and the Manufacture of Byproduct of Benzene Sulphonate	Xu Ping (287)
Trends Biotechnology	Deng Hongxin, Zhang Mu, Wei Yuquan (298)
Tissue Engineering	Yang Zhiming (306)

Stem Cell Technology and Prospect of its Application	Pei Xuetao (316)
Trends in Genetic Modified (GM) Plants and Foods	Cheng Ruyan (322)

Part VII Other Fields

The Prediction of Agricultural Science and Technology Development Trend of China in 2003	OuYang Xiaoguang (329)
The Review and Trend of Water Conservation technology in Agriculture	Qiu Hongwei (339)
Modern Technologies Utilized on Traditional Chinese Medicines	Duan Liping (349)
Afterwords	(359)

一、综合评论



技术预测方法及各国技术预测比较

黄宁燕

(中国科学技术信息研究所)

一、技术预测的概念

1. 概念

二次世界大战后,美国空军科学顾问团(the Scientific Advisory Board of the Air Force)出版了题为《迈向新的地平线》(Towards New Horizons)的报告,以预测 20 年之后的军事技术。这可以说是最早的现代意义上的技术预测活动。当时的预测方法大多是对已有技术发展轨迹的外推。今天大名鼎鼎的兰德公司(Rand Corporation)就是为将军事预测继续下去,在那个时代成立的。

技术预测的概念实际上是从实践中发展而来的。预测是人们在现有信息的基础上,利用一定的经验、理论和方法,对未知事物的预先推测和判断。技术的概念比较复杂,按照《美国国家关键技术研究报告》,技术是一个或一套系统组合的工具或应用的知识,能以一种可以重复和转换的方式作用于物质世界,实现有目的的变化。

经过多年的探索,各国的技术预测活动越来越丰富多彩。有人根据各国实践将技术预测分为两类:一类是对已有技术发展轨迹进行探索性外推预测的 Technology Forecasting,另一类是以长远预测为目标的一套系统化、科学化过程 Technology Foresight。20 世纪 80 年代以来,Technology Forecasting 的预测结果往往和实际发展偏离较大,其有效性受到质疑,国际上逐渐用 Technology Foresight 概念替代了 Technology Forecasting。这两个概念的不同在于,Technology Foresight 并不过于追求技术的先进性,而是以追求满足人类需求的技术发展为出发点;着眼于预测的长远眼光;强调科技与人文并重,目前国外普遍使用的是 Technology Foresight 概念。因为中文中没有恰当的词语与两个英文单词特别相应,台湾将“Technology Forecasting”译为“技术前瞻”,大陆有人译为“技术预见”。本文认为中文的“技术预测”涵盖较广,而且大陆一直将日本的德尔菲调查称为技术预测,所以除非有特殊说明,我们所说的技术预测与国际上通

用的 Technology Foresight 概念是相同的。

经合组织(OECD)认为,技术预测是系统研究科学、技术、经济和社会在未来的长期发展状况,以选择那些能给经济和社会带来最大化利益的共性技术。(Systematic attempts to look in the longer-term future of science, technology, economy and society, with a view to identifying emerging generic technologies likely to yield the greatest economic and social benefits.)

亚太经合组织技术预测中心(APEC Center for Technology Foresight)也有自己的定义:技术预测是系统研究科学、技术、经济、环境和社会在未来的长期发展状况,以选择那些能给经济和社会带来最大化利益的共性技术和战略基础研究领域。(Foresight involves systematic attempts to look into the longer-term future of science, technology, the economy, the environment and society with a view to identifying the emerging generic technologies and the underpinning areas of strategic research likely to yield the greatest economic, environmental and social benefits.)

国内学者认为目前国际上最为公认的是英国苏塞克斯(Sussex)大学科学政策研究所(SPRU)Ben Martin 1995年给技术预测下的定义,即所谓技术预测就是要对未来较长时期内的科学、技术、经济和社会发展进行系统研究,其目标就是要确定具有战略性的研究领域,以及选择那些对经济和社会利益具有最大化贡献的共性技术。(Technology foresight involves the systematic attempt to look into the longer-term future of science, technology, the economy and society, with the aim of identifying the areas of strategic research and the emerging of generic technologies likely to yield the greatest economic and social benefits.)

2. 技术预测与国家关键技术选择

关键技术对一个国家的经济社会发展和国家安全具有决定性作用,已经引起世界各国的普遍重视,成为各国技术发展战略的核心内容。技术预测与关键技术选择是有区别的。一般认为,技术预测具有一定的研究性质,关键技术选择是一个决策管理过程。技术预测是对未来技术发展趋势进行分析研究,以把握未来技术发展方向;关键技术选择是在社会资源优先、国家竞争日趋激烈的形势下,为实现国家目标,在弄清现状、把握未来的基础上,选择技术发展的重点领域。

技术预测一般时间跨度较长,如日本和德国进行的技术预测调查时间跨度均为30年;而关键技术选择一般时间跨度较短,如美国和法国关键技术选择的时间跨度在10年以内。美国国家关键技术研究所报告中认为,关键技术是处于开发的最初阶段,可能产生收益,能解决具体的重点社会问题,但不涉及任何具体产品的应用。实际上,美国的技术预测更为注重的是竞争前技术,关注关键技术选择。目前大多数国家和地区开展的技术发展趋势预测活动都是关键技术选择,包括中国。表1所示为部

分国家和地区的技术预测和关键技术选择活动。

表 1 部分国家和地区技术发展趋势预测活动

技术发展趋势 预测活动类型	国家或 地区	名 称	时间 跨度	备 注
技术预测	日本	技术预测调查(科学技术厅组织)	30 年	世界上最早由政府组织大规模技术预测调查的国家, 每五年 1 次
		2010 年未来技术(经济企划厅组织)		1992 年
	德国	技术预测调查	30 年	1993 年, 1998 年
		未来计划 (FUTUR)		1999 年开始
	德国、 日本	德国、日本技术预测比较研究(德国第 1 次与日本第 5 次技术预测结果比较)		1994 年
	美国	乔治·华盛顿大学《新兴技术预测》		1990 年 1 月
关键技术 选择	中国 台湾省	“国家”科技前瞻计划		2001 年
	美国	商务部 12 项《新兴技术》	10 年	1989 年
		国防部《国防关键技术》		每两年 1 次
		产业竞争力委员会 23 项《保障美国未来优势的技术领域》		
		白宫科技政策办公室发布《美国国家关键技术》		1991 年起, 每两年滚动修订 1 次
		美国竞争力委员会《美国未来优先发展的技术》		1990 年 1 月
	法国	法国关键技术 2005	10 年	
		法国工业部《2000 年法国工业关键技术》		
		《法国面向 2000 年工业关键技术 100 项》		1995 年 7 月; 第一次的关键技术选择
		《法国关键技术年报 - 136 项》		1997 年 9 月
		《法国面向 2005 年关键技术 119 项》		2000 年 9 月
	中国	国家计委组织的《90 年代我国经济发展的关键技术》		1993 年 8 月
		国家计委组织的《未来十年中国经济发展关键技术》	15 年	1997 年 4 月
		国家科委组织的《国家关键技术选择——新一轮技术优势争夺战》		1995 年 5 月

二、技术预测的方法

1. 科技预测方法的演变

如前所述,早期的技术预测(Forecasting)大多是探索性预测,是对已有技术发展轨迹的外推,没有考虑到未来可能的发展方向和突破。这类预测后来发展形成两大类:统计预测法和计量经济学法。现在,技术预测(Foresight)已由以定量分析为主的方法(mathematical models),演变成以定性研究为主的方法。目前一些国家正在试图发展一些新的预测方法,如德国正在进行的未来计划(FUTUR)。

(1) 定量模型方法

①统计预测法:包括多种外推方法,大多数技术预测的书介绍的方法属于这种类型。这种方法通过对历史数据的回归分析和曲线拟合预测未来,所采用的是变量较少的简单模型,适用于企业的市场预测和渐进式技术发展。

②计量经济学法:计量经济学方法是较为复杂的系统方法,主要采取因果分析,对系统内各变量之间建立一定的关系,加上边界条件来求解。由于求解困难,多数模型是线性的,且不适用于社会现象的复杂性和多样性,其实际意义不大。

③系统动力学方法:美国麻省理工学院的福勒斯特(Frost)通过引进反馈因素,改进了系统模型,形成著名的系统动力学方法,并用于研究全球问题。

这类方法的最新发展是,应用“混沌学方法”。混沌理论发展了预测思想和预测理论与方法,一定程度上回答了诸如什么是可预测的、什么是不可预测等一些基本的预测问题。但目前这种方法尚处于探索阶段。

(2) 定性分析方法

这类方法主要依靠专家的判断。各国技术预测使用最多的就是德尔菲(Delphi)法。另外还有专家判断法、情境分析法(远景方案论述法)、直观法(头脑风暴法)等。

2. 方法选择的影响因素

(1) 时间跨度

时间跨度可大体分为三类:①短期预测:时间跨度为5年左右;②中期预测:时间跨度为10~15年;③长期预测:时间跨度为15~30年。

对于短期预测,若可以判断该技术领域基本处于渐进发展阶段,则可以考虑采用定量预测方法,如趋势外推法。一方面可以降低预测费用,另一方面准确度也较高。对于中长期预测,由于不确定因素较多,则适宜采用融入了人的智慧判断的定量分析方法。一般认为技术预测合理的时间跨度为15年。美国、英国和法国等国家重点考

虑未来 10 年之内能够实现的技术，主要是竞争前技术；而日本、德国等国家实施的是未来 30 年的技术预测，所考虑的是长期技术发展。

(2) 数据资料

若预测时间较短，且历史数据也比较充足，则可以选择定量预测方法，此外则都需要利用定性分析方法。

(3) 沟通渠道

技术预测活动的一个要点是要通过沟通和分析加强人们面对非预期的变化时的危机应变能力。它不是一个预测概率的方法，因此只要实现分析与沟通的功能，技术预测并没有公认的最好方法。从各国经验看出，假如系统内沟通渠道通畅，德尔菲调查是效果比较好的方法；若沟通环境不良，则可以考虑请专家座谈及其他方法。

(4) 国情

各国国情也会影响使用效果与选择偏好。如意大利对能刺激中小企业的关键技术调查法比较有兴趣，而法国则对可以自由发挥的情境分析法较为偏好。从各国的经验也可以发现，综合运用多种方法能产生较好的效果。但对一些特殊的国家创新系统来说，多种方法混合应用可能也是不必要的。方法的使用与该国文化、技术政策的方向及研发系统组成有关。如西班牙及意大利同属罗马文化背景，他们具有类似的语言及生活风格和态度，但他们的创新系统却不同，因而西班牙选择采用的是德尔菲调查法，而意大利选择的是类似德国的研究方法。

3. 各国主要技术预测方法介绍

需要指出的是，很多技术预测方法并非技术预测活动所独有，它们往往从经济或其他预测活动中借鉴而来。然而随着技术预测活动的开展，各国形成了一些能够较为有效地应用于技术预测活动的方法。目前，世界各国技术预测普遍采用的是定性方法。其中大规模德尔菲调查方法和情境分析方法受到更多的关注和使用。

(1) 专家咨询法(关键技术法)

这是一个使用广泛的方法，美国的一些产业界及国防部较为偏爱，并发展成为著名的关键技术法(Critical technology)。专家咨询法是依靠专家的知识经验，让专家在掌握一定客观情况和资料的基础上预测未来发展趋势。优点是容易进行，缺点是因为参与的专家人数少，易造成结果的失之偏颇。通常在以下几种情形下采用：

- 涉及还没有开发完善或还没有实际开发的新技术时，通常是缺少或没有历史数据，在此情况下，专家的意见则是仅有的预测来源；
- 某些外部因素对技术的发展影响较大，如政策环境、经济实力和科技能力，以及各种制约因素等；
- 在某些情况下，当人们的主观因素比技术因素更为重要时，专家的意见是仅有的预