

中国科学院科学与技术创新系列报告之一

技术预见报告

Technology Foresight

2005



科学出版社
www.sciencep.com

中国科学院科学与技术预见系列报告之一

技术预见报告 2005

Technology Foresight

《技术预见报告》编委会 编

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书根据中国科学院知识创新工程方向性项目“中国未来 20 年技术预见研究”的研究成果写成,介绍了信息、通信与电子,能源,材料科学与技术 and 生物技术与药物等四个领域的研发前沿和热点,展望了各个领域(包括子领域)的发展趋势和前景,并对中国未来 20 年各个领域最重要的技术课题进行了详细的述评。它对于我国技术预见研究、产业政策制定、关键技术选择和重大科技决策的制定具有重要的现实意义和理论价值。本书有助于广大科学技术应用、研究工作者和社会公众了解技术发展前沿和热点;有助于有关决策部门和广大企业管理者准确判断和把握各技术领域的发展趋势,做出正确的决策和选择。

图书在版编目(CIP)数据

技术预见报告 2005 /《技术预见报告》编委会编. —北京:科学出版社, 2005

ISBN 7-03-015636-6

I. 技… II. 技… III. 技术预测—研究报告—中国—2005 IV. G303

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 055761 号

责任编辑:侯俊琳 王剑虹 / 责任校对:钟 洋

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:福瑞来书装

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005 年 7 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2005 年 7 月第一次印刷 印张: 32 3/4 插页: 2

印数: 1—4 000 字数: 613 000

定 价: 68.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈科印〉)

《技术预见报告》编委会

主 任：江绵恒

委 员：施尔畏 李静海 李国杰 王占国

杨胜利 曹效业 桂文庄 穆荣平

执行主编：施尔畏

副 主 编：曹效业 桂文庄 穆荣平（常务）

技术领域专家组

信息、通信与电子技术领域

组 长：李国杰

副组长：郑厚植

成 员（按姓氏笔画排序）：

卜东波 文仲慧 王飞跃 王劲林 王 珏 王跃林 叶甜春 田 捷
田 静 孙卫东 朱近康 纪越峰 李忠诚 李明树 李昕欣 陆汝铃
荆继武 徐端颐 郭光灿 高 文 曹存根 梅 宏 褚君浩

能源技术领域

组 长：李静海

副组长：陈 勇

成 员（按姓氏笔画排序）：

刘振宇 孙予罕 衣宝廉 李建刚 肖云汉 肖立业
陈树勇 陈静宜 周凤起 金庆焕 赵黛青

材料科学与技术领域

组 长：王占国

副组长：徐 坚

成 员（按姓氏笔画排序）：

万立骏 王利祥 刘忠范 吕 龙 吴以成 李克健
杨桂生 杨 锐 翁宇庆 董显林 谢建新 潘 峰

生物技术与药物领域

组 长：杨胜利

副组长：储成才

成 员（按姓氏笔画排序）：

马大为 王丽萍 王明伟 刘双江 陈 佺 胡坤生 胡赓熙
徐 涛 郭爱克 盛慧珍 龚 毅 韩 华 裴雪涛

技术预见研究组

组 长：穆荣平

成 员（按姓氏笔画排序）：

牛红兵 王 芳 王桂侠 王瑞祥 乔 岩 任中保 刘 波
刘泽文 刘桂菊 朱东华 朱效民 余 江 吴灼亮 宋延林
岑静芬 张久春 张思光 李兆杰 陈经纬 陈洪元 陈 峰
居 琦 岳志夫 段异兵 赵兰香 秦 伟 袁志彬 袁思达
郭 雯 曹红梅 龚 旭 董永初 蔡 榕

审稿专家（按姓氏笔画排序）

材料组：

万立骏 王占国 吴以成 张世超 李克健 武冠英 董显林
谢建新 潘 峰

生物组：

马延和 王明伟 李凌松 杨胜利 陈 佺 郭爱克 盛慧珍
龚 毅 储成才

能源组：

万 钢 王孟杰 汪集暘 陈静宜 周小谦 周凤起 周孝信
欧阳予 欧阳明高 倪维斗 曾恒一 葛新石

信息组：

周炳坤 郑南宁

把握科技发展趋势 提高科技创新能力

(序言)

全球化和知识经济背景下的国际竞争中,科技创新能力已经成为决定竞争胜负的关键因素。胡锦涛同志在近年来多次指出,要坚持把推动科技自主创新摆在全部科技工作的突出位置,坚持把提高科技自主创新能力作为推进经济结构调整和提高国家竞争力的中心环节,加快建设中国特色国家创新体系。

提高科技自主创新能力必须立足于认识中国国情,着眼于把握我国重大战略历史机遇期、建设和谐社会的历史使命。一方面,中国人口众多、人均资源拥有量相对不足和经济社会发展不平衡,客观上需要发挥科学技术的支撑作用,实现全面建设小康社会的目标;另一方面,我国科技创新能力相对于发达国家还处于中等偏下水平,客观上需要加大科技投入,把握世界科技发展趋势和国家发展对科技的战略需求,积极培育科技自主创新能力,实现我国科学技术跨越式发展,以保障经济社会持续快速发展和国家安全的需要。

为了把握科技发展趋势,提高科技创新能力,中国科学院启动了“中国未来20年技术预见研究”,目标是把握国际技术发展趋势,分析我国未来20年社会经济发展图景与技术发展趋势,识别国家战略需求并提出相关发展政策建议。技术预见基于2点基本假设,即:①技术发展和社会发展相互作用决定技术发展轨迹;②未来存在多种可能性,未来可以选择。因此,技术预见是对科学、技术、经济、环境和社会的远期未来进行有目标的探索过程,目标是选定可能产生最大经济与社会效益的战略研究领域和通用新技术。

技术预见能为系统配置国内外技术资源,解决我国人口、就业、资源环境问题提供了重要支撑。改革开放20多年来,中国经济高速增长主要归因于劳动、资本和全要素生产率的提高和体制改革的影响。但是,资源经济高速发展加速了资源消耗和环境恶化,而计划生育政策在减缓中国人口增长趋势的同时,也将使中国人口老龄化问题日益突出。“十六大”报告提出走新型工业化道路,即:①科技含量高;②经济效益好;③资源消耗低;④环境污染少;⑤人力资源优势得到充分发挥。新

型工业化道路的根本是科技创新,客观上需要不同利益共同体就科学、技术、经济、环境和社会的远期未来发展图景达成共识,选择可能产生最大经济与社会效益的战略研究领域和通用新技术,提高企业技术能力。技术预见提供了一个系统集成不同利益共同体观点和不断修正关于未来技术发展方向的选择的机制和平台。

技术预见能为把握历史机遇期、实现科学技术跨越式发展提供重要支撑。当今世界发展呈现5大特点,即全球化、信息化、知识化、市场化和多极化趋势日趋明显。一方面,全球化也加速了生产要素和生产过程的全球化,促进了蕴涵在生产要素和生产过程中的科学技术知识的跨国流动,有利于直接集成和利用国外先进技术,获得国外直接投资的技术溢出。另一方面,世界技术-经济范式的变迁和更迭,创造出了新的技术发展机会和技术替代的可能,为我国提供了实现技术跨越的重要机会。从历史上来看,每一次产业技术革命都会带来新的经济、科技和政治中心的崛起。19世纪末之德国、美国的兴起,20世纪60年代日本和80年代韩国的发展,都是抓住了技术跨越的机遇。上世纪90年代以来,以信息技术革命为代表的新经济已引起了全球技术体系、生产要素配置和区位布局,以及产业组织和管理模式等方面的深刻变化,使我国实现科学技术跨越式发展成为可能。技术预见为有效利用全球技术资源,把握世界科技发展趋势和中国发展战略需求,提供了必要的决策信息支撑平台。

技术预见是科技创新能力建设的重要基础。中国科技创新能力和效率与发达国家相比还有一定差距。一方面,发达国家单位GDP对应的科学家与工程师(R&D)人数基本相当,而中国创造单位GDP所对应的R&D人员是日本的3.7倍,所对应的科学家与工程师数是美国的4.5倍;另一方面,中国发明专利授权数占世界118个国家和地区授权发明专利总量的不足2%,获得美国授权发明专利数占授权总量比例不足0.2%,与中国GDP占世界比例极不相称。《SCI》收录的世界主要国家地区科技论文中,中国论文数量占4.8%(与中国GDP占世界GDP总量的比例相当),但是体现论文质量的引用数量则不足1%。后发国家科技创新能力形成一般要循序经过“学习”、“使用”、“改进”和“创造”等四个发展阶段,逐步发展成为创新型国家。因此,加强国际科技交流与合作,有效开发利用国外科技资源,已成为我国科技创新能力建设的重要途径。技术预见为制定国际科技合作战略,选择重点合作领域和伙伴,提供重要决策信息支撑。

技术预见是制定国家中长期科学和技术发展规划和“十一五”计划的重要基础。技术预见是识别技术发展机会的过程,既要关注世界科学技术发展趋势和中国科技发展水平,也要关注中国社会、经济、军事发展战略和国内外市场走势对于科学技术的需求;技术预见是系统整合不同利益相关者意见的过程,一方面要创造有

效沟通机制,使技术专家了解国家战略需求,使社会学家、经济学家、未来学家们了解技术发展的多种可能性;另一方面要谋求各方协商一致,并将共同选择的未来落实到各方的发展战略之中。

《技术预见报告 2005》是中国科学院科学与技术预见系列报告的第一本,涉及“信息、通信与电子”、“生物技术与药物”、“材料科学与技术”和“能源技术”等 4 个领域 31 个子领域,旨在对分析重要技术领域发展现状与趋势,展望对我国未来发展最重要技术的发展趋势,对于科技决策和社会公众了解未来、选择未来具有重要参考价值。在组织、研究和撰写报告的过程中,江绵恒同志、施尔畏同志、桂文庄同志、曹效业同志和穆荣平同志等发挥了重要作用,投入了大量的心力,在此,我代表中国科学院和读者对他们付出的艰辛劳动表示衷心的感谢。

路甬祥

2005 年 6 月 12 日

前 言

开展技术预见是把握世界科学技术前沿和国家战略需求的有力工具，是应对国际竞争、调整国家科技发展战略和政策的重要依据。20 世纪 90 年代以来，技术预见活动逐渐成为世界潮流。不仅发达国家积极开展大规模技术预见活动，发展中国家也纷纷启动了各个层面的技术预见许多计划和关键技术选择研究。与此同时，国际组织如 OECD、UNIDO、APEC 等在跨国技术预见研究和经验交流中扮演着越来越重要的作用，有关技术预见和优先领域选择的国际会议也越来越受到政府、学术界和企业界的关注。美国虽然没有国家技术预见行动计划，但是关键技术选择、技术路线图和科技发展战略规划制定等已经成为政府部门和企业的自觉行为，要求政府重视监测技术发展趋势的呼声也越来越强烈。

开展技术预见是贯彻新时期中国科学院办院方针的需要。新时期办院方针要求面向国家战略需求和世界科学技术前沿，技术预见为把握世界科学技术前沿和国家战略需求提供了系统工具，为优化科技资源配置提供了必要的手段，奠定了创新跨越、持续发展的重要基础。

中国科学院科技政策与管理科学研究所技术预见研究课题组从 2000 年起开始技术预见理论方法研究。在中国科学院江绵恒副院长的支持下，中国科学院高技术研究与发展局于 2003 年批准了中国科学院知识创新工程重要方向项目——“中国未来 20 年技术预见研究”，项目聘请路甬祥院长、江绵恒副院长为总顾问。2003 年 8 月 4 日项目组在北京中国科学会堂召开技术预见项目启动大会，江绵恒副院长为信息通信电子、生物技术与药物、材料科学与技术 and 能源技术等 4 个领域专家组成员颁发聘书并做重要讲话。2003 年 8 月 19 日项目组织了“全面建设小康社会与科技创新高层论坛”，路甬祥院长出席并做重要讲话，江小娟、牛文元、周宏仁、杨圣明和叶文虎等著名专家做了重要演讲，专家们围绕全球化社会、信息化社会、城市化社会、工业化社会、健康型社会、消费型社会等六个主题进行研讨，在社会上产生了重要影响。

目前，我们已完成信息通信与电子、生物技术与药物、材料科学与技术 and 能源

技术等4个领域的两轮德尔菲调查,筛选出31个子领域409个重要技术课题,从技术课题重要程度、实现时间和可能性、国际领先国家和我国研发水平、发展制约因素等方面进行系统分析,筛选出我国未来20年最重要技术课题,并提出相关技术的发展政策。主要研究成果《中国未来20年技术预见研究报告》将于近期正式出版发行。“中国未来20年技术预见研究”是一项系统工程,需要大量的组织协调工作,没有专家的有效参与,就很难保证调查结果的科学性,在此我们对四个领域专家组全体成员和全国1880位参与德尔菲调查的专家表示衷心的感谢!

《技术预见报告2005》是中国科学院科学与技术预见系列报告的第一本,内容涉及“信息、通信和电子”、“生物技术与药物”、“材料科学与技术”和“能源技术”等4个领域31个子领域,包括技术预见历史回顾与展望、技术领域发展趋势与展望、最重要技术课题(基于德尔菲调查结果和领域专家组专家综合判断)的发展现状与展望等三部分。

感谢为本书撰文的各位专家!没有专家们的支持和帮助,就不可能有今天这本书的出版。课题组还要特别感谢中国科学院高技术研究与发展局和中国科学院科技政策局的大力支持,感谢许多政府部门、科研院所、大学的专家学者和企业家的支持!

《技术预见报告》编委会

2005年6月12日

技术预见历史回顾与展望

(引言)

穆荣平 任中保 王瑞祥

(中国科学院科技政策与管理科学研究所)

正确预测未来是准确把握未来机遇的重要前提,因此远古时期已有人类关于未来的推测和预言活动。《周易》作为我国最早用于预测未来的典籍而享誉中外,在科学史和文化史上都有重要影响。随着人类文明的不断进步,预测领域迅速拓宽,从早期的占星说到如今的天气预报,预测或是预言活动已经深入人们日常生活之中。孔子的“人无远虑,必有近忧”和成语“凡事预则立,不预则废”等已经成为人们预测未来和谋划未来的著名格言。

一般认为,预测是人们利用已经掌握的知识 and 手段,预先推知和判断事物未来或未来状况的结果。技术预测是预测活动的重要内容,有关理论和方法在技术预测实践中得到了快速发展。随着人们对科技与经济社会发展认识的不断深化,人们的认识从最初的“技术系统内在因素决定技术发展轨迹”,发展到“技术与经济社会发展相互作用决定技术发展轨迹”,再到“技术发展轨迹具有多种可能性,未来技术发展轨迹是可以通过今天的政策而加以选择的”,逐步形成了基于德尔菲调查和专家会议等方法的技术预见(technology foresight)。目前,技术预见已经融合了未来学、战略规划和政策分析的内容,成为把握技术发展趋势和选择优先科学技术发展领域或方向的重要支撑平台,成为“塑造”或者“创造”未来的有力工具。并且在技术预见实践过程中不断探索与文献计量、专利分析、情景分析、头脑风暴等方法相结合的技术预见综合方法。

1. 技术预测到技术预见的演进

技术预测活动兴起于20世纪40年代^①。第二次世界大战(简称“二战”)期

^① Coates J F. Boom Time in Forecasting. Technological Forecasting and Social Change, 1999, 62: 37~40.

间,技术预测在美国空军和海军科技计划制定等方面得到了广泛应用,促进了技术预测方法的发展。尽管如此,影响科学技术发展的外界因素仍然较少得到关注,因而技术预测多表现为已有技术发展轨迹的外推。

二战之后,由于冷战和国际竞争的需要,科学技术尤其是军事和航天技术领域,迅猛发展并且日益受到政府的关注和支持,决策中需要确定研究与开发的优先领域、投资规模和时间进度,促进了定量预测方法的发展,20世纪70年代以后,这些预测方法已经发展得相当成熟^①。此后,定量技术预测由于对技术系统外因素影响估计不足和缺乏数据支持等原因而在商业领域测逐渐失去原有吸引力,迫使人们在实践中思考从市场需求出发考虑技术发展趋势,不断探索新的技术预测方法。

20世纪80年代末以来,一种基于德尔菲调查的定性预测方法日益受到政府和企业的重视,并且在实践中不断完善和发展,形成了技术预见方法。国家层面技术预见(technology foresight)、企业层面竞争技术谍报(competitive technological intelligence)和产品层面的技术路线图(technology road mapping)逐渐成为新的研究热点^②。

“技术预见”概念尚无统一表述,多数表述大同小异。“foresight”指“对未来的研究”最早出现在20世纪30年代^③,但是直到80年代才逐步流行起来^④。按照牛津字典的解释,“foresight”是发现未来需求并为这些需求做准备的能力。相应地,“技术预见”可以引申为“发现未来技术需求并且为实现这些需求进行选择 and 准备”。目前比较主流的观点认为,技术预见是“对科学、技术、经济、环境和社会的远期未来进行有步骤的探索过程,其目的是选定可能产生最大经济与社会效益的战略研究领域和通用新技术”^⑤。

“技术预见”活动具有5个特点^⑥:①它对未来的探索过程是系统的;②预见了着眼于远期未来,时间范围一般为5~30年;③预见不仅关注未来科技的推动作用,

①, ② Alan L. Porter. Tech Forecasting: An Empirical Perspective. Technologic Forecasting and Social Change, 1999, 62: 19~28.

③ 经典科幻小说家 H. G. Wells 曾幻想有一个由“professors of foresight”组成的机构,能够预言未来技术发展趋势。参见: Luke Georghiou. Third Generation Foresight—Integrating the Social-economic Dimension [A]. The Proceeding of International Conference on Technology Foresight [C]. 2001. 223~232.

④ Luke Georghiou. Third Generation Foresight—Integrating the Social-economic Dimension [A]. The Proceeding of International Conference on Technology Foresight [C]. 2001. 223~232.

⑤ Ben R. Martin. Matching Social Needs and Technological Capabilities: Research Foresight and the Implications for Social Sciences (Paper Presented at the OECD Workshop on Social Sciences and Innovation) [Z]. Tokyo: United Nations University, 2000.

⑥ Ben R. Martin. Technology Foresight: A Review of Recent Government Exercises [J]. Science, Technology, Industry Review. 1996, (17): 15~50.

而且着眼于市场的拉动作用,既包括对科学技术机会的选择,也包括对经济、社会发展相关需求的识别;④预见的主要对象是“通用新技术”;⑤技术预见不仅关注未来技术可能产生的经济影响,而且关注其可能产生的社会效益和对环境的影响,是所有利益相关者来共同参与塑造未来社会的过程。

技术预测与技术预见都是对技术的发展趋势及其对社会的影响进行研究,技术预测是技术预见的前身,两者有很多的相似之处,但也有区别^①。首先,研究目标不同。“技术预测”主要着眼于准确地预言、推测未来的技术发展动向;“技术预见”则是探索性工作,通过识别、整合不确定性,研究未来可能发生的情况,为决策者提供促进科学、技术、经济、环境和社会协调发展的决策信息支撑。其次,未来观不同。技术预测强调如何适应未来的发展趋势,是为适应未来提供决策依据;技术预见比预测更积极,不局限于“推测”未来,而是“塑造”乃至“创造”未来。再次,研究范围不同。技术预测研究的是技术本身的发展和市场的拉动;而技术预见则是把整个社会纳入自己的研究范围。最后,研究的假设条件不同。技术预测的假定条件是要达到未来的“最佳”状态只有唯一的途径;而技术预见则是认为未来存在多种可能性,未来是可以选择的。

2. 技术预见已经成为世界潮流

日本1970年进行第一次大规模技术预测德尔菲调查活动,此后每5年组织一次,到2000年已经完成了从技术预测向技术预见的转变,目前正在整理第八次技术预见德尔菲调查结果。20世纪80年代末,荷兰在欧洲率先开展技术预见行动计划,此后德国、法国、英国、韩国等国纷纷开展国家技术预见活动。可以说,20世纪90年代以来,技术预见已经形成世界潮流。基于德尔菲方法的国家技术预见活动,不仅在日本、法国、德国、英国、荷兰、意大利^②、加拿大、澳大利亚、奥地利、西班牙、葡萄牙、芬兰、丹麦、挪威、希腊、比利时^③等发达国家广泛开展,新兴工

-
- ① Sibylle Breiner. Foresight in Science and Technology—Selected Methodologies and Recent Activities in Germany [A]. Inzelt and Coenen (eds.). Knowledge, Technology Transfer and Foresight [C]. Dordrecht [The Netherlands], Boston: Kluwer Academic Publishers, 1996.
 - ② Center for Science and Technology Policy (CeS&T), Fondazione Rosselli. Le Priorità Nazionali della Ricerca Industriale. 2o Rapporto, Programma Esecutivo. Torino/Milano/Roma 2003. <http://www.foresight.it/>.
 - ③ Verbeiren S. et al. Étude Prospective en Appui de la Politique Scientifique Fédérale, Socioforesight, Centre d'Étude de l'Opinion de Université de Liège, 2002.

业化国家和发展中国家如韩国^①、以色列、印度、印尼、泰国、匈牙利、斯洛伐克、南非、尼日利亚、土耳其和塞浦路斯等国也陆续开展国家技术预见活动。与此同时，美国联邦政府也日益关注技术发展趋势，1989年起美国国防部发布年度报告《国防关键技术》，1990年成立国家关键技术委员会^②，1992成立兰德公司关键技术研究所，定期发布“国家关键技术报告”，国家科学基金会每5年向国会提交“科学技术5年展望”研究报告。

随着科技经济全球化进程的加快，技术预见活动的国际交流与合作不断加强，国家之间、区域组织乃至国际组织内部成员之间的合作与交流日趋广泛和深入，一些国际性和区域性组织也积极组织技术预见研究计划。在泰国政府支持下，亚太经合组织于1998年2月成立了“APEC技术预见中心”，旨在推动亚太地区跨国技术预见活动^③。此外，欧盟、OECD、联合国工业发展组织（UNIDO）在技术预见人才培养与培训、技术预见文化推广和政策咨询等方面做出了贡献。

技术预见受到众多国家政府关注和重视主要有5方面原因。第一，技术预见已经成为确定优先领域的系统化工具。全球化背景下国际竞争日趋激烈，技术创新成为决定国家竞争力的重要因素，有限的R&D经费越来越难以满足规模日益膨胀、风险和成本不断攀高的通用新技术研究开发的需要，客观上需要确定优先支持领域或方向，从而凸显出技术预见的特殊重要性。第二，技术预见能够促进国家（地区）创新系统各子系统的沟通，提高了国家（地区）创新体系的整体效率。第三，基于德尔菲调查的技术预见为不同利益相关者提供讨论共同关心的长远发展战略问题的机会，推动各方对未来技术发展趋势达成共识，并相应调整各自战略乃至合作意向。第四，技术预见能够降低中小企业把握利用未来技术发展机会和制定正确投资战略的成本。第五，技术预见能够警示人们关注未来技术发展给社会、环境可能造成的负面影响。

技术预见在日本受到高度重视，并且对日本R&D活动产生了重要影响。日本科学技术厅为搞好第七次预见调查，专门成立一个由13个分委员会组成的技术预见指导委员会；分委员会主任同时是指导委员会成员，均为专家团体和相关省、厅最终

- ① Ahn, Doohuyn, et al., Future Socio-Economic Issues and Needs for Technology Foresight, <http://www.stepi.re.kr>, December, 2003.
- ② 委员会由13人组成，由白宫科技政策办公室主任牵头，9名成员是政府指定，包括3名政府官员、3名私人企业的技术专家和3名大学或研究所的专家，另外4名是国防部、能源部、商务部和国家宇航局指定的代表。
- ③ Chattri Sripaipan. Introduction of APEC Center for Technology Foresight. The Proceeding of International Conference on Technology Foresight. 2001. 3.

确认的技术领域学术权威。日本第七次技术预见调查有 100 多名在研究机构、大学或企业中有重要地位和影响的高级研究人员参与调查设计和调查结果分析, 3000 多名研究者参与了问卷调查。调查结果作为国家科技政策制定的基础数据, 对于科技政策调整和其他政府部门的科技资源配置有重要影响。有关调查结果表明: ①近期可实现的技术课题更加容易准确判断, 预计实现时间较早的技术课题实现率较高。②技术问题、社会问题、需求不足, 经费问题和替代技术是影响技术实现的最主要因素①。③重要程度高的课题实现率也越高, 以第一次技术预见调查为例, 重要程度得分 90 分以上的技术课题实现率 (包括部分实现) 为 78%, 重要程度得分 40 分以下的技术课题实现率 (包括部分实现) 为 32%②。技术预见调查结果使用最多的是“研究计划制定部门”、“研究开发部门”和“经营企划部门”, 他们期望“能把握技术中长期内发展动向”, 特别是“技术课题的实现时间”。

英国技术预见对于匈牙利、南非和澳大利亚等国的技术预见活动具有示范作用。1993 年, 英国政府决定实施国家技术预见行动计划, 旨在拉近科学界和产业界之间的距离, 把握技术发展趋势, 寻找潜在的市场机会, 公开科学基金资助方向和项目选择情况③。英国技术预见注重预见德尔菲调查结果的广泛推广, 不仅关注技术对“财富增长”和“生活质量”的重要作用, 也关注技术的负面影响。1999 年 4 月英国第二次技术预见力求“实现技术和社会经济的全面整合”, 强调专家会议、情景分析和座谈会等方法的作用, 并且充分利用计算机网络和知识库广泛收集技术课题和社会大众的意见。2001 年英国实施第三次预见行动计划并确定 5 条基本准则④: 一是以“促进科学探索”为目标; 二是把“加强政府、产业界和研究机构之间联系”视为有用的响应机制, 而非预见计划的主要目标; 三是以滚动项目和各种灵活的组织形式来取代常设专题小组; 四是利用具有远见卓识的战略学家的头脑风暴来选择项目小组成员; 五是以专家会议、文献计量和一些未来学研究方法等作为技术预见研究的主要方法, 争取获得国内外支持, 避免简单趋势外推。新预见工作涉及

xiii

① 《技术预测与国家关键技术选择》研究组. 从预见选择——技术预测的理论与实践. 北京出版社, 2001, 108.

② 《技术预测与国家关键技术选择》研究组. 从预见选择——技术预测的理论与实践. 北京出版社, 2001, 105.

③ The UK Technology Foresight Programme——Delphi Survey, <http://www.foresight.gov.uk/>.

④ Ian Miles. Ten Years of UK Technology Foresight. Presentation to NISTEP, February 2003.

7 个问题, 包括: 智能基础设施系统^①, 传染病的监测和识别^②, 脑科学、吸毒与毒品^③, 计算机信用体系和犯罪防止^④, 电磁波频谱的开发与使用^⑤, 认知系统^⑥和洪水与海岸线保护^⑦等。

德国技术预见活动在欧洲也具有一定示范作用, 并积极致力于预见结果的国际比较。1992 年德国借鉴日本经验, 采用日本第 5 次德尔菲调查问卷对 16 个领域的 1146 个技术课题进行了调查, 并且将两个国家的调查结果进行了系统的比较。1998 年德国完成第二次德尔菲调查《Delphi '98》^⑧, 工业界专家的积极参与和媒体的关注发挥了重要作用。2001 年, 德国教育研究部发起了“Futur 计划”, 旨在通过社会各界的广泛对话来识别未来科学技术研究的优先领域^⑨。“Futur 计划”改变了传统的技术预见模式, 在不抛弃德尔菲调查的情况下, 很好地运用了情景分析法, 实现了情景分析、课题研究和专题研究相结合。德国技术预见将情景分析作为未来研究的指针, 希望通过情景分析来探索未来社会的发展方向和技术需求, 从而把握德国未来社会走势^⑩。与此同时, 关注解决某一重大问题的技术群, 注重“以重大项目带动技术群”。

法国政府组织的国家技术预见活动主要包括德尔菲调查和关键技术选择有两种形式。1993~1994 年间, 法国高等教育与研究部组织技术预见, 采用日本第五次德尔菲调查问卷进行调查^⑪, 同年法国工业部组织了“百项关键技术调查”, 通过专家

- ① Intelligent Infrastructure Systems. <http://www.foresight.gov.uk/servlet/Controller?action=eipndisplaymenuarea&id=1301>.
- ② The Detection and Identification of Infectious Diseases. <http://www.foresight.gov.uk/servlet/Controller?action=eipndisplaymenuarea&id=1300>.
- ③ Brain Science, Addiction and Drugs. <http://www.foresight.gov.uk/servlet/Controller?action=eipndisplaymenuarea&id=1083>.
- ④ Cyber Trust and Crime Prevention. <http://www.foresight.gov.uk/servlet/Controller?action=eipndisplaymenuarea&id=914>.
- ⑤ Exploiting the electromagnetic spectrum. <http://www.foresight.gov.uk/servlet/Controller?action=eipndisplaymenuarea&id=931>.
- ⑥ Cognitive Systems. <http://www.foresight.gov.uk/servlet/Controller?action=eipndisplaymenuarea&id=3>.
- ⑦ Flood and Coastal Defence. <http://www.foresight.gov.uk/servlet/Controller?action=eipndisplaymenuarea&id=7>.
- ⑧ Delphi '98. Fraunhofer Institute Systems and Innovation Research. Karlsruhe. 1998. 1. M-8.
- ⑨ Futur: Futur Lead Visions Complete Document. Federal Ministry of Education and Research. Berlin, July 2002. 3.
- ⑩ Futur: Futur Lead Vision 'Understanding Thought Processes'. Federal Ministry of Education and Research. Berlin, July 2002. 2.
- ⑪ 万劲波. 技术预见在法国. <http://www.stcsn.gov.cn/foresight/>.

会议和专家访谈等方法深入介绍这 100 项技术的发展趋势和对社会的影响^①。两个部门组织的技术预见活动具有竞争关系,加上德尔菲调查方法在法兰西文化水土不服以及政府部门领导层变更等因素,促使法国高等教育与研究部最终放弃了德尔菲调查计划。1999 年,法国工业部组织了第二次关键技术选择,目的是识别未来欧洲重要的技术潜力,评价关键技术的重要程度,选择与世界相比,法国和欧洲有相对竞争优势课题^②。最终在 8 个优先科研领域中选出了 119 个对法国及欧洲未来经济社会有重大影响的关键技术。

3. 技术预见未来发展方向

技术预见方法论系统集成与创新已经成为各国技术预见活动的重要目标和成功标志。各国在技术预见时间中通常结合自己国家的实际情况如文化传统、研究偏好、专家数量与质量等,系统集成多种方法如德尔菲调查法、情景分析法、相关树法、趋势外推法、技术投资组合法、专利分析、文献计量和交叉影响矩阵法等,同时注重对已有方法的创新。有关 247 个研究机构所用预见方法的调查结果表明,德尔菲、情景分析和相关树等方法为长期预见的主要方法。这三种方法非常适合于技术预见,但时间和经费的综合成本很高。专利统计分析是非常有效的短期(5 年内)预测方法^③。

未来的技术预见更加强调技术预见方法的适用性。不同层面的技术预见应采取不同的技术预见方法。各国技术预见的时间跨度通常为 5~30 年,属于战略未来研究。战略层面,由于远期未来具有不确定性高、决定因素多等特点,一般数学模型很难表征和模拟,因此需要集成使用若干不同的技术预见方法,以避免单一方法的局限性;战术层面,主要着眼于 5 年以内需要完成的事情,通常不确定性较小,并且有较丰富的数据支撑,因而可以采用一些成熟的数学模型和方法来研究技术发展趋势,为企业、政府和研究机构决策等提供支撑。

未来的技术预见更加关注预见方法的创新。各类技术预见方法都有局限性,需要不断创新和改进,以提高技术预见活动的影响力和把握未来的能力。国家技术预见主要使用德尔菲调查、情景分析和专家会议等方法,同时辅以文献计量和专利分

① Les 100 technologies clés pour l'industrie française à l'horizon 2000. Secrétariat d'Etat à l'Industrie—Bibliothèque. <http://www.industrie.gouv.fr/cgi-bin/industrie/>.

② Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie/ CMI (Hg.) (2000): Technologies Clés 2005, La Documentation Française. Paris. 2000, 10: 8.

③ National Institute of Science and Technology Policy, Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research (ISI). Outlook for Japanese and German Future Technology—Comparing Japanese and German Technology Forecast Surveys, 2-3.