

China's Report of Technology Foresight 2004

中国技术前瞻报告2004

能源、资源环境和先进制造



科学技术文献出版社

China's Report of Technology Foresight 2004

中国技术前瞻报告 2004

陈国权 王 强 陈 明 陈 亮 陈 伟



科学出版社

中国技术前瞻报告

China's Report of Technology Foresight 2004

能源、资源环境和先进制造

2004

国家技术前瞻研究组 著

科学技术文献出版社

Scientific and Technical Document Publishing House

北 京

图书在版编目(CIP)数据

中国技术前瞻报告. 2004/国家技术前瞻研究组著. -北京:科学技术文献出版社,2005. 5

ISBN 7-5023-4492-6

I. 中… II. 技… III. 科学技术-技术预测-研究报告-中国-2004 IV. N1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 103343 号

出 版 者 科学技术文献出版社

地 址 北京市复兴路 15 号(中央电视台西侧)/100038

图书编务部电话 (010)68514027,(010)68537104(传真)

图书发行部电话 (010)68514035(传真),(010)68514009

邮 购 部 电 话 (010)68515381,(010)58882952

网 址 <http://www.stdph.com>

E-mail: stdph@istic.ac.cn

策 划 编 辑 科 文

责 任 编 辑 秦 致

责 任 出 版 王芳妮

发 行 者 科学技术文献出版社发行 全国各地新华书店经销

印 刷 者 北京高迪印刷有限公司

版 (印) 次 2005 年 5 月第 2 版第 1 次印刷

开 本 787×1092 16 开

字 数 669 千

印 张 28.25

印 数 1~2500 册

定 价 60.00 元

© 版权所有 违法必究

购买本社图书,凡字迹不清、缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换。

(京)新登字 130 号

内 容 简 介

本书是在系统研究了未来 15 年能源、资源环境和先进制造领域的技术发展趋势、技术经济分析等的基础上,通过两轮德尔菲问卷的调查,收集 900 多份来自企业、大学、研究机构、政府管理部门技术专家和经济社会专家的反馈意见,凝聚了各界专家的智慧编撰而成的技术前瞻报告。本报告对我国上述领域的技术预测结果进行了详尽描述,为政府部门的管理决策和相关学者的研究提供了有价值的参考资料。

科学技术文献出版社是国家科学技术部系统唯一一家中央级综合性科技出版机构,我们所有的努力都是为了
使您增长知识和才干。

——本项目由科技部发展计划司资助并委托中国科学技术促进发展研究中心组织相关单位完成。

国家技术前瞻研究组

顾 问 邓 楠 李学勇

组 长 杜占元 王 元

副组长 徐建国 杨起全

成 员 范维唐 周小谦 江 亿 李宝山

王淀佐 钱 易 孙 洪 屈贤明

戴国强 黎懋明 贾蔚文 周永春

马 驰 秦 勇 崔玉亭 田 野

吕 静 高昌林 程家瑜 龚钟明

韦东远 张俊祥 王 革 许 晔

李有平

序

当今世界,信息、生物、材料和能源等高技术及其产业迅猛发展,科学的交叉融合和技术集成将导致重大的创新突破,科技特别是战略高技术日益成为经济和社会发展的决定性力量。面对新的机遇和挑战,许多国家高度重视科技发展战略与政策的制定,把抢占科技战略制高点作为国家发展的重点,积极构筑适合未来发展的国家创新体系。

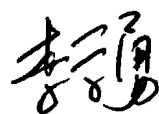
未来 20 年是我国经济社会发展的重大战略机遇期,也是科学技术发展的重大战略机遇期。党的“十六大”提出全面建设小康社会的目标,要实现这一惠及十几亿人口的目标,必须发挥科学技术的关键性、决定性作用,坚持自主创新,把提高自主创新能力作为推动结构调整的中心环节,真正依靠科技创新支撑和引领经济社会全面协调发展。目前,我国经济保持快速增长,高新技术产业发展迅速,未来一段时期我国经济仍将保持高速增长。但与此同时,我国也面临着经济结构调整的挑战,国际竞争的压力,人口和就业的压力,资源、能源和环境的制约,地区、城乡发展的不平衡等问题。因此,研究制定我国科技发展战略,选择适合我国国情,且能促进经济社会发展的关键技术进行重点突破,支撑和引领经济社会全面协调与可持续发展,是我们面临的紧迫任务。

关键技术的选择必须建立在科学预见和技术前瞻的基础上。技术前瞻是对未来较长时期的科学、技术、经济和社会发展进行系统研究,确定具有战略性的研究领域,并选择对经济和社会发展具有较大贡献的关键技术群。美国、日本、英国和德国等发达国家非常重视技术前瞻研究,把着眼点放在寻求即将出现的新技术,把创新集中在那些将要出现的潜在市场,并从本国经济社会发展的需求出发,确定优先发展的战略重点。我国把技术前瞻作为科技工作的一项战略性基础研究,科技部在“十五”期间全面部署了我国技术前瞻研究工作,并于 2003 年完成了

信息、生物和新材料三个重点高新技术领域的技术预测和国家关键技术选择研究,2004年又完成了能源、资源环境和先进制造三个领域的研究。通过科学、规范的调查分析,综合集成社会各方面专家的意见,明确发展趋势,把握未来科技发展方向,选择优先发展的关键技术群,为我国科技政策、科技发展战略和科技规划的制定提供基础信息。

《中国技术前瞻报告 2004》一书是在全面研究了未来 15 年能源、资源环境和先进制造三个领域的技术发展趋势、我国经济社会发展所面临的问题以及对科技需求的基础上,通过两轮德尔菲调查,集中了 500 位左右来自企业、研究机构、大学、政府管理部门的技术专家和经济社会专家的智慧和建议。该书在德尔菲调查数据的基础上,通过对上述三个领域的 261 项技术项目进行研究,系统分析了制约我国经济社会发展的重大瓶颈问题,以翔实的数据,对我国能源、资源环境、先进制造领域的科技研发水平、研发基础、技术发展途径等进行了系统研究,对技术与经济的关系进行了探讨,筛选出了一批事关我国未来经济社会发展的关键技术。相信这些研究成果对于正确把握我国未来科技发展趋势,确定我国科技发展重点,具有重要的参考价值。

最后,希望国家技术前瞻研究能够成为国家科技宏观决策和宏观管理中经常性、基础性的工作,为国家科技决策提供依据。

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized Chinese characters, likely '李勇' (Li Yong).

二〇〇五年三月二十九日



科学技术文献出版社方位示意图

目 录

前 言.....	1
第 1 章 概 述.....	5
1 调查基本情况.....	5
1.1 技术预测领域.....	5
1.2 预测时间.....	5
1.3 预测方法.....	6
1.4 组织方式.....	6
1.5 预测过程.....	6
1.6 备选技术项目.....	7
1.7 专家网络.....	14
1.8 指标体系.....	15
2 统计分析方法.....	15
2.1 指数法.....	15
2.2 最大值.....	16
2.3 经济效益综合指数.....	16
3 调查的基本信息.....	17
3.1 问卷回收统计.....	17
3.2 如何阅读预测结果.....	18
第 2 章 调查结果综合分析.....	20
1 对技术重要程度的评价.....	20
1.1 各领域技术重要性指数.....	20
1.2 企业、高校和研发机构的专家对技术重要性的评价.....	21
1.3 对各子领域技术重要性的评价.....	21
2 我国能源、资源环境和先进制造科技研发水平的评价.....	23
2.1 总体研发水平落后领先国家 5 年左右.....	23
2.2 企业、高校和研发机构专家对研发水平的评价.....	23
3 我国能源、资源环境和先进制造科技研发能力评价.....	26
3.1 我国九成以上的技术项目研发能力居中.....	26
3.2 自主研发是我国未来研究开发的主要形式.....	27
4 我国能源、资源环境和先进制造领域技术项目的经济效益分析.....	28
4.1 产业化前景较好的前 20 项技术.....	28
4.2 对提高我国国际竞争力作用较大的前 20 项技术.....	30
4.3 产业化成本较低的前 20 项技术.....	32
4.4 产业化成本较高的 20 项技术.....	33
4.5 经济效益分析.....	34

5 对我国高新技术产业发展起重要作用的技术	36
5.1 对高新技术产业发展作用较大的前 20 项技术	36
5.2 对高新技术产业的作用与经济效益的相关分析	38
6 对改造和提升我国传统产业起重要作用的技术	52
6.1 能源领域对提升和改造我国传统产业重要的技术项目	52
6.2 资源环境领域对提升和改造我国传统产业重要的技术项目	53
6.3 先进制造领域对提升和改造我国传统产业重要的技术项目	54
6.4 对改造传统产业的作用与经济效益的相关分析	55
7 对环境保护和资源综合利用非常重要的技术	58
7.1 对环保和资源综合利用作用较大的前 30 项技术	58
7.2 对环保和资源综合利用的作用与经济效益的相关分析	62
8 对提高人民生活质量非常重要的技术	67
8.1 环境问题是提高人民生活质量的首要问题	67
8.2 水短缺和水污染已经成为影响人民生存的重要因素	68
9 对实现产业化时间的评价	69
9.1 未来 6~10 年能够实现产业化的技术项目占九成	69
9.2 企业、高校和研发机构的专家对实现产业化时间的评价	70
10 指标交叉分析	72
10.1 对高新技术产业的作用与对传统产业的作用的相关分析	72
10.2 对高新技术产业的作用与对环保和资源综合利用的作用的相关分析 ..	77
10.3 对传统产业的作用与对环保和资源综合利用的作用的相关分析	77
10.4 研发部门专家与产业界专家对技术重要性和预期经济效益的评价	78
第 3 章 能源领域预测分析	79
1 能源领域技术发展现状及趋势	79
1.1 煤	79
1.2 油气	81
1.3 电力	84
1.4 核能	87
1.5 可再生能源	90
1.6 氢能和其他新能源	93
1.7 节能技术	96
2 未来 15 年解决我国能源瓶颈问题最重要的科学技术	105
2.1 能源总量不足是当前我国经济社会发展最主要的制约因素	105
2.2 能源效率低与环境污染严重是我国能源产业亟待解决的问题	109
2.3 后续能源的开发、应用和推广是我国能源可持续发展的保障	110
3 重要性指数排前 20 位的技术	112
4 我国能源领域研发水平评价	113
4.1 技术差距	113
4.2 研发基础	113

4.3 技术发展途径.....	114
4.4 自主知识产权.....	116
5 经济效益分析.....	117
5.1 经济效益综合指数.....	117
5.2 产业化前景与产业化成本.....	118
5.3 国际竞争力.....	119
6 对经济社会发展的作用.....	120
6.1 对高新技术产业的作用.....	120
6.2 对改造和提升传统产业的作用.....	121
6.3 对环保和资源综合利用的作用.....	122
6.4 对提高人民生活质量的作用.....	122
7 建议采取的措施.....	123
第4章 资源和环境领域预测分析.....	124
1 资源和环境领域技术发展现状及趋势.....	124
1.1 环境科学技术.....	124
1.2 煤炭资源.....	128
1.3 固体矿产资源.....	131
1.4 油气资源.....	135
1.5 我国土地科学研究发展趋势.....	138
1.6 我国海洋资源若干重点领域发展趋势.....	140
1.7 水资源.....	146
2 未来 15 年解决我国资源和环境瓶颈问题最重要的科学技术.....	152
2.1 我国资源和环境面临三大问题.....	152
2.2 解决我国资源和环境问题的关键技术.....	154
3 重要性指数排前 20 位的技术.....	157
4 研发水平评价.....	158
4.1 技术差距.....	158
4.2 研发基础.....	159
4.3 技术发展途径.....	159
4.4 自主知识产权.....	161
5 经济效益分析.....	162
5.1 经济效益综合指数.....	162
5.2 产业化前景与产业化成本.....	163
5.3 国际竞争力.....	164
6 对经济社会发展的作用.....	165
6.1 对高新技术产业的作用.....	165
6.2 对改造和提升传统产业的作用.....	166
6.3 对环保和资源综合利用的作用.....	166
6.4 对提高人民生活质量的作用.....	167

7 建议采取的措施.....	168
第5章 先进制造领域预测分析.....	169
1 先进制造领域技术发展现状及趋势.....	169
1.1 先进制造模式.....	170
1.2 装备数字化工程.....	172
1.3 制造过程自动化.....	173
1.4 数字化设计.....	176
1.5 绿色制造.....	177
1.6 微纳制造.....	178
1.7 能源装备.....	178
1.8 交通装备.....	179
1.9 流程制造.....	181
1.10 农业装备.....	181
1.11 环保装备.....	182
1.12 家用电器.....	183
1.13 海洋装备工程.....	184
2 未来15年先进制造领域对我国产业发展最重要的核心技术.....	184
3 重要性指数前20位的技术.....	190
4 我国先进制造领域研发水平评价.....	191
4.1 技术差距.....	191
4.2 研发基础.....	192
4.3 技术发展途径.....	193
4.4 自主知识产权.....	194
5 经济效益分析.....	195
5.1 经济效益综合指数.....	195
5.2 产业化前景与产业化成本.....	196
5.3 国际竞争力.....	197
6 对经济社会发展的作用.....	198
6.1 对高新技术产业的作用.....	198
6.2 对改造和提升传统产业的作用.....	199
6.3 对环保和资源综合利用的作用.....	200
6.4 对提高人民生活质量的作用.....	201
7 建议采取的措施.....	201
第6章 技术项目和专家意见.....	203
1 能源.....	203
2 资源与环境.....	249
3 先进制造.....	282
附录1 德尔菲(Delphi)调查数据.....	319
1 能源领域.....	319

2 资源环境.....	353
3 先进制造.....	395
附录2 国家技术前瞻研究人员名单（总体研究组和领域研究组）.....	428
1 国家技术前瞻总体研究组.....	428
2 能源领域研究小组.....	429
3 资源环境领域研究小组.....	429
4 先进制造领域研究小组.....	430
附录3 指标体系.....	431
缩略语	434

前 言

改革开放以来,我国经济一直保持持续高速增长。全面建设小康目标要求我国未来20年经济增长仍然保持7.18%的速度。但是,传统的经济增长方式是不可持续的。一方面,以往中国的高增长主要依靠高投资,但投资对经济增长的贡献已经开始下降。据测算,20世纪90年代初,全国投资每增长1%,国内生产总值(GDP)可增长约0.8%,但到2003年,投资每增长1%,GDP的增长却降至约0.4%。另一方面,我国经济增长是以消耗大量的能源、资源为代价,并造成了严重的环境污染。2004年,我国GDP获得了9.5%的高增长,总量达到13.65万亿元人民币,我国的经济总量和对外贸易总额已分别进入世界第六位和第三位。但是,2004年我国进口原油12272万吨,增长34.8%;进口成品油3788万吨,增长34.1%;电力增长15%,总装机达到4.4亿千瓦以上,超过了英国、德国、法国的总和。这说明我国的经济结构不合理,高能耗工业过多。在资源有限的条件下,粗放式增长使得资源和能源对外依存度加大。2003年我国原油、铁矿石、氧化铝对外依存度分别达35%、36%、47%,镍和天然橡胶的对外依存度更高达55%以上,这种状况将严重制约中国经济社会稳定发展。如果不转变经济增长方式,不寻找到新的增长源泉,我国全面建设小康社会的步伐将受到严重制约。

能源:2020年,煤炭仍将是我国能源的基石,煤炭需求为21亿~29亿吨,将是2000年的两倍。2020年我国人均能源消费将由2000年的约1.0吨标煤,增加到2.0吨标煤左右,表明我国经济发展对能源的依赖度增大,能源需求已呈明显增长趋势。因此,要实现以能源翻一番保障GDP翻两番的目标,困难很大。

资源:据对我国45种主要矿产(包括煤、石油、天然气等)可供利用储量对消费需求的保证程度的最新研究成果表明,2010年可以保证消费需求的矿产21种,其他24种矿产难以保证需求;到2020年可以保证需求的矿产仅有9种,其他36种矿产难以保证需求。特别是铁、锰、铬铁矿、铜、铝土矿、钾盐等关系国家经济和安全的大宗矿产将长期短缺。

环境:传统工业化带来的环境污染、生态恶化代价将难以承受。在我国,以煤为主的能源结构造成严重大气污染,烟尘和二氧化碳排放量的70%、二氧化硫的90%、氮氧化物的67%来自于燃煤,二氧化硫和二氧化碳排放量分别居世界第一位和第二位。我国西部已经造成了前所未有的特大沙尘暴,正面临着大规模的生态恶化。据报告,从1949年到1999年,戈壁沙漠的面积扩展了52400平方千米,沙漠已经扩展到距北京只有240千米。荒漠化带来的不仅是经济损失,也有社会灾难。被荒漠化夺去土地的农民,不得不背井离乡,进行迁移。

制造业:我国已是世界制造大国,工业增加值居世界第四位,约为美国的1/4、日本的1/2,与德国接近。但我国制造业与发达国家相比仍然差距很大。一是产业结构不合理,装备制造业发展严重滞后。国民经济和高技术产业发展所需要的装备已形成依赖进口的局面。据统计,集成电路芯片制造装备的95%、轿车制造业装备、数控机床、纺织机械及胶印设备的70%依赖进口;二是产品以低端为主,附加价值不高。增加值率仅为26.23%,与美国、

日本及德国相比分别低 23、22 及 12 个百分点左右。出口产品主要是劳动密集型和技术含量低的产品。三是资源消耗大,污染严重。制造业产品耗能和产值能耗约占全国一次能耗的 63%,单位产品能耗平均高出国际先进水平 20%~30%,而单位产值产生的污染却远远高出发达国家,全国 SO₂ 排放量的 67.6%是由火电站和工业锅炉产生的。

党的十六大报告提出,坚持以信息化带动工业化,以工业化促进信息化,走出一条科技含量高、经济效益好、资源消耗低、环境污染少、人力资源优势得到充分发挥的新型工业化道路。要达到上述目标,关键是要充分发挥科学技术对经济和社会进步的支撑和引领作用,着力解决制约经济发展的各种重大技术瓶颈,切实解决人口、资源与环境等方面的重大科技问题,促进经济社会的协调发展。为此,在科技部统一部署下,继完成信息、生物和新材料三个领域的技术预测和国家关键技术选择研究之后,我们于 2004 年 6 月至 2005 年 2 月又开展了能源、资源环境和先进制造领域的研究,把解决未来 15 年我国经济和社会发展中面临的重大瓶颈问题作为本次研究的重要内容。

该研究由科技部发展计划司资助和组织,科技部高新技术发展及产业化司、农村与社会发展司等相关司局参与,并委托中国科学技术促进发展研究中心具体实施。该项研究通过科学的方法、规范的程序和严密的过程,以专家们的创造性思维为基础,通过集思广益和综合集成,把握未来科技发展趋势、潜在机会和面临的挑战,找出适合我国国情的技术发展方向。研究的总体目标是通过对我国科技、经济和社会发展进行系统研究,在能源、资源环境和先进制造领域确定对国民经济和社会发展具有战略意义的关键技术群。为我国实现跨越式发展选择优先发展的重点,为国家“十一五”科技发展规划的制定提供有效支撑,为社会公众提供科技发展趋势,从而逐步形成科学、民主的科学管理决策体系。

在系统总结信息、生物和新材料领域技术预测研究经验的基础上,按照科学性、权威性和广泛性等原则,同时考虑与上述三个领域预测结果的一致性,我们对本次技术预测方案进行了修改和完善。一是考虑到能源、资源环境领域的技术变化相对缓慢,从满足我国跨越式发展的产业技术升级的实际需求出发,将技术预测的时间跨度调整为 15 年左右;二是建立了一支层次较高,有企业、高校、研究开发机构的专家和政府管理人员广泛参加的研究队伍,成立了总体研究组和三个领域研究组,其中总体组 20 人,各领域组 10~15 人,各领域研究组组长是总体研究组的成员,各领域按照研究方向分别邀请国内有关著名专家、学者组成研究小组;三是充分利用科技部有关专家库和行业专家库,按照企业、高校和研究开发机构各占 30%左右,其他人员占 10%的比例选择咨询专家,建立咨询专家数据库。

本次研究方法仍然以德尔菲调查为主。德尔菲法的基本思想是通过函调方式,让专家对预测工作组事先拟定的问题自由发表意见,经过统计汇总后再反馈给咨询对象,再次回答相同的问题,反复若干次,就可以使专家意见得到一定程度的集中,从而获得有一定科学性、权威性的判断。与一般专家调查法相比,德尔菲法具有匿名性、反馈性、收敛性、统计性等主要特点。同时,在研究中还综合运用文献调查、专家会议、国际比较等多种方法,以及上述方法的组合应用。

研究过程具体细化为三个阶段:第一阶段(2004 年 6 月~2004 年 10 月),进行经济社会发展趋势和需求分析,对我国能源、资源环境和先进制造领域的技术发展趋势进行研究。通过问卷调查和专家研讨会征集技术项目,结合需求分析对征集的项目进行充分论证,经