

中国宏观经济研究院

国家高端智库成果

我国重大技术发展战略与 政策研究

王昌林 / 等著

WOGUO ZHONGDA JISHU FAZHAN ZHANLUE YU
ZHENGCE YANJIU

中国财经出版传媒集团



经济科学出版社
Economic Science Press

中国宏观经济研究院

国家高端智库成果

我国重大技术发展战略与 政策研究

王昌林 / 等著

WOGUO ZHONGDA JISHU FAZHAN ZHANLUE YU
ZHENGCE YANJIU

中国财经出版传媒集团



经济科学出版社
Economic Science Press

图书在版编目 (CIP) 数据

我国重大技术发展战略与政策研究/王昌林等著.

—北京: 经济科学出版社, 2017. 3

ISBN 978 - 7 - 5141 - 7887 - 6

I. ①我… II. ①王… III. ①科学技术 - 发展战略 - 关系 - 科技政策 - 研究 - 中国 IV. ①G322

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 062731 号

责任编辑: 陈 潇

责任校对: 辰轩文化

责任印制: 王世伟

我国重大技术发展战略与政策研究

王昌林 等著

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销

社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮编: 100142

总编部电话: 010 - 88191217 发行部电话: 010 - 88191522

网址: [www. esp. com. cn](http://www.esp.com.cn)

电子邮件: [esp@ esp. com. cn](mailto:esp@esp.com.cn)

天猫网店: 经济科学出版社旗舰店

网址: [http: //jjkxcbs. tmall. com](http://jjkxcbs.tmall.com)

北京季蜂印刷有限公司印装

787 × 1092 16 开 16.75 印张 360000 字

2017 年 3 月第 1 版 2017 年 3 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5141 - 7887 - 6 定价: 46.00 元

(图书出现印装问题, 本社负责调换。电话: 010 - 88191510)

(版权所有 侵权必究 举报电话: 010 - 88191586)

电子邮箱: [dbts@ esp. com. cn](mailto:dbts@esp.com.cn))

前 言

当前，新一轮科技革命和产业变革正在孕育兴起，全球科技创新呈现出新的发展态势和特征，新技术突破加速带动产业变革，对世界经济结构和竞争格局产生了重大影响。在这种形势下，主要国家纷纷制定战略和行动计划，把推动重大技术突破与发展，作为掌握新一轮科技革命和产业变革主导权的主要抓手。我国党的各届中央领导集体一直高度重视重大技术发展，经过多年努力，取得了两弹一星、载人飞船、杂交水稻、高速铁路等一批重大成果，在世界高技术领域占有一席之地。特别是近年来，在国家一系列战略举措的支持下，我国在一些科技领域已经跻身世界前列，部分领域正在由“跟跑者”变为“并跑者”，甚至是“领跑者”。面对新的发展形势，推动重大技术发展，特别是加强关键核心技术研发和产业化，不仅事关我国在全球科技竞争中能否抢占制高点，而且对于推动我国产业发展迈向中高端、破解资源环境瓶颈约束、保障国家安全、促进新常态下我国经济社会持续稳步发展等都具有重要的现实意义。

推动重大技术发展，首先要客观分析我国重大技术发展现状与问题，找到我国重大技术发展与世界先进水平的差距，厘清存在的主要问题和制约因素。近年来，我国大力推进自主创新，不断缩短与发达国家的差距，在部分领域突破一批关键技术，并成功实现产业化。但与世界先进水平相比，还存在较大差距。造成这些差距的原因是多方面的，既有发达国家先发优势、我国工业基础积累不够等方面的客观因素，也有体制机制政策等方面原因。归纳起来，主要包括战略重点凝练聚焦不够，新形势下集中各方力量组织开展重大技术创新和攻关的体制机制不健全，缺乏完整的创新链和良好的生态系统，标准体系、认证认可体系和法律法规建设滞后，相关经济政策不完善，针对性、操作性和有效性不强等。



针对这些问题,我们认为,必须要尽快明确推动我国重大技术发展的总体思路、发展目标和主攻方向。总的考虑是:紧紧抓住新一轮科技革命和产业变革的历史机遇,面向国民经济社会发展的重大需求,坚持充分发挥市场配置资源的决定性作用和更好发挥政府作用,进一步明确主攻方向,突出重点领域,确立有限目标,加强资源整合和协同攻关,着力构建社会主义市场经济条件下集中力量办大事的新机制,尽快突破一批具有全局性带动作用和战略意义的关键核心技术,走出一条产学研结合、军民结合的中国特色自主创新道路。重点发展煤炭清洁高效利用技术、绿色制造技术、水的净化与治理技术、海水淡化技术、土壤修复技术、资源循环利用技术、智能电网技术、低成本、普惠的健康医疗技术、农作物育种技术、通信和网络安全技术、移动互联网技术、新型轨道交通装备技术、高效太阳能电池技术、新一代核电技术、先进机器人技术、新能源汽车技术、量子计算机技术、下一代基因组技术、纳米材料技术、载人航天与深空探测技术和碳捕集与封存技术等重大技术。

力争经过5到10年的努力,在一批制约经济转型升级的“卡脖子”重大技术上取得大突破,拥有自主知识产权的重大产品市场占有率明显提升。在前沿重大技术领域取得一批具有世界影响的原创性成果,在部分领域成为领跑者,在国际技术标准制定和知识产权布局中掌握更多话语权,总体跻身世界第二方阵行列。

为此,需要出台更有针对性和更具操作性的技术经济政策措施。一是制定国家重大技术发展战略与行动计划,按照有所为、有所不为的原则,从清洁生产与消费、低成本和普惠的健康医疗、新一代信息技术、高端装备等领域甄别遴选20余项可有力带动经济转型升级的“国家重大技术清单”,对进入“国家重大技术清单”的每项技术,抓紧研究制订行动计划和实施方案,明确发展路线图、时间表和相应的技术经济政策支持措施。二是创新国家重大技术项目组织实施的机制和模式,积极探索“企业主导+科研院所和高校+政府支持+开放创新”的模式,集中资源,加强协同攻关,组织实施若干重大技术攻关工程,务求取得突破性进展。三是建立健全有效解决重大技术发展争议的评估和决策机制。对于民众高度关切的转基因育种、干细胞等重大技术发展争议,政府应加强引导,按照争议大小、技术成熟度、安全控制能力等有序推进这类技术的研发和产业化步伐。对于特高压电网、核电等关

系多方利益的重大项目建设，应该建立独立的、超脱部门与企业利益的第三方技术经济综合评估机制，建立客观、系统的综合论证指标体系与科学的项目决策机制。四是制定针对性、操作性和突破性更强的经济政策。对于高铁、核电等我国具有比较优势、已基本成熟的重大技术，要进一步突破关键核心技术，加快实施走出去战略，切实加强出口信贷等政策的支持。对于清洁生产、CPU 和操作系统等国际已基本成熟、我国经济社会发展亟须的重大技术，要坚持以应用促发展，依托大企业，结合国家重大工程的实施，加强集成创新和协同创新，切实加强政府采购等政策的支持。对下一代基因组、量子计算机等需要长期投入、“打持久战”的基础性、前沿性重大技术发展，国家要持续加大研发支持，使投入力度与预期目标相称。五是组织实施一批重大技术攻关工程。在整合国家重大科技专项、“863”计划、支撑计划、战略性新兴产业重大工程、知识创新工程等基础上，围绕保障国家经济安全、破解资源环境约束、提升制造业核心竞争力等重大需求，抓住几个可有力推动我国经济升级的关键领域，以新的机制和模式组织实施一批重大技术攻关工程。

本书观点和内容源自国家发展和改革委员会 2014 年度重大课题《重大技术经济政策研究》成果，中国宏观经济研究院王昌林副院长拟定总体思路并设计研究框架，由总报告和 10 个专题报告、1 个综述报告、1 个调研报告组成。总报告执笔人为王昌林，专题报告一、观点综述报告执笔人为盛朝迅，专题报告二执笔人为姜江，专题报告三执笔人为韩祺，专题报告四执笔人为张于喆、王君、杨威、李红宇，专题报告五执笔人为徐建伟，专题报告六执笔人为张义博，专题报告七执笔人为曾智泽、李红宇、杨威，专题报告八执笔人为杨威、曾智泽、李红宇，专题报告九执笔人为刘坚，专题报告十执笔人为付保宗，调研报告执笔人为王昌林等。

课题研究过程中非常注重调查研究和成果转化，先后召开了 CPU 与云计算、高效太阳能电池、特高压、核电、新能源汽车等有关领域院士、专家参加的 30 多场专题研讨会，走访了国家重大科技专项办公室、中科院计算所、中国汽车工业协会、中国汽车技术研究中心、中国智能终端操作系统产业联盟、中国农业科学院、上海市光电子行业协会、国家核电技术公司等相关机构，深入了解相关领域重大技术发展的现状与问题。同时，加强与国家发展和改革委员会政研室、高技术司等合作，聚焦研究重点，加快成果转化，对

研究报告和成果转化报告进行了数次集中讨论修改。课题研究成果获得了党中央和国务院领导的批示肯定，也获得国家发改委优秀成果二等奖和国家发改委宏观经济研究院优秀成果一等奖，但由于重大技术发展问题比较复杂，还需要进一步研究。不妥之处，请批评指正。

王昌林

二〇一六年十二月



主 报 告

促进重大技术发展的思路与政策研究	3
------------------------	---

专 题 报 告

专题一 事关我国未来发展的重大技术选择研究	31
专题二 促进国产 CPU 发展的技术经济政策建议	52
专题三 促进我国云计算发展的技术经济政策研究	64
专题四 促进高效太阳能电池发展的技术经济政策建议	85
专题五 新能源汽车重大技术发展现状、问题与政策研究	107
专题六 促进转基因育种发展的技术经济政策研究	141
专题七 特高压电网发展技术经济政策研究	161
专题八 我国核电技术路线选择研究	173
专题九 前沿重大储能技术发展现状、问题与政策研究	197
专题十 借鉴国际经验改善我国汽车产业的技术经济政策研究	204



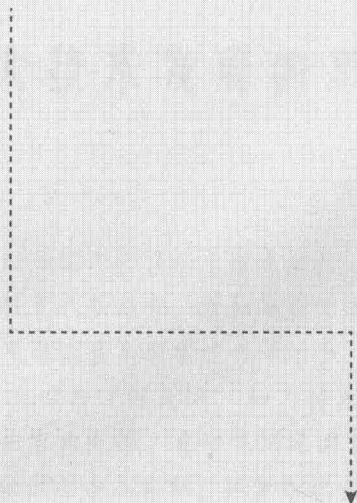
综述报告

重大技术经济政策研究文献评述 221

调研报告

关键核心技术如何突破？
——对我国 10 项重大技术的调查 247

我国重大技术发展战略与政策研究



主 报 告

促进重大技术发展的思路与政策研究

内容提要：当前，国际国内形势发生重大变化，对我国重大技术发展提出了紧迫要求。必须把握世界重大技术发展趋势，紧扣我国经济社会发展重大需求，坚持“官产学研”结合、军民结合、发展需要与现实能力相结合，切实突出重点和有限目标，加强资源整合和协同攻关，下决心打“歼灭战”和“持久战”，切实突破一批关键核心技术，为我国经济转型发展提供有力支撑。要研究制定国家重大技术战略，积极探索市场经济条件下集中力量办大事的新型举国体制，抓紧组织专家研究提出 20 项左右的“国家重大技术清单”，制定专项行动计划。要创新国家重大技术发展项目组织实施的机制和模式，建立健全有效解决重大技术发展争议的科学评估和决策机制。坚持分类指导，制定具有针对性、操作性和突破性的经济政策，组织实施一批国家重大技术攻关工程。

加强重大技术特别是关键核心技术研发和产业化，促进产业转型升级，破解资源环境瓶颈约束，保障国家安全，是当前我国经济社会发展的紧迫任务，迫切需要健全重大技术发展机制，采取有效的技术经济政策措施。

一、基本概念与分析框架

（一）重大技术的内涵与特征

重大技术是指对经济发展和人们生活有重大影响或对一个国家至关重要的技术，一般具有以下特征：

1. 重要性

这些技术在科技创新中处于核心地位，是新产品、新业态的基础，能够显著提高产业技术水平和竞争力、推动新兴产业形成，显著提高资源能源利用率、减少污染物排放，大幅提高国家安全能力等。如计算机中央处理器（CPU，Central Processing Unit）和

操作系统是信息技术产业的核心，深刻改变了人们的生产生活方式。又如，“两弹一星”大大提高了我国国际地位和影响力，正如邓小平同志所指出的，“如果 60 年代以来，中国没有原子弹、氢弹，没有发射卫星，中国就不能叫有重要影响的大国，就没有现在这样的国际地位”。

2. 带动性

这些技术的突破和创新，能带动相关技术的进步和发展，带动传统产业升级，具有很强的波及带动效应，产生巨大的经济规模。如移动互联网技术发展，将带动移动电话、智能终端和移动软件等行业发展，催生互联网金融、移动导航、移动医疗等新业态，带动数以万计的企业投资、生产和研发，为人们生活带来更大的便利，影响全球近 50 亿人的生活方式。

3. 相对性

主要指在不同时期，重大技术范围不同。如在 18 世纪第一次工业革命时期，重大技术是蒸汽机、纺织、钢铁冶炼等技术。在 19 世纪，重大技术为发电机、电话、电报、汽车、船舶、铁路等技术。在 20 世纪，重大技术为集成电路、计算机、网络、飞机、核能、卫星、基因工程等技术。同时，不同国家和地区的重大技术范围也会有所区别。

（二）影响重大技术发展的因素

总结历史上一些重大技术发展的经验，归纳来看，影响重大技术发展的因素主要有以下四个方面（见图 1）：（1）科技进步推动。包括技术和产品的性能不断提高，成本不

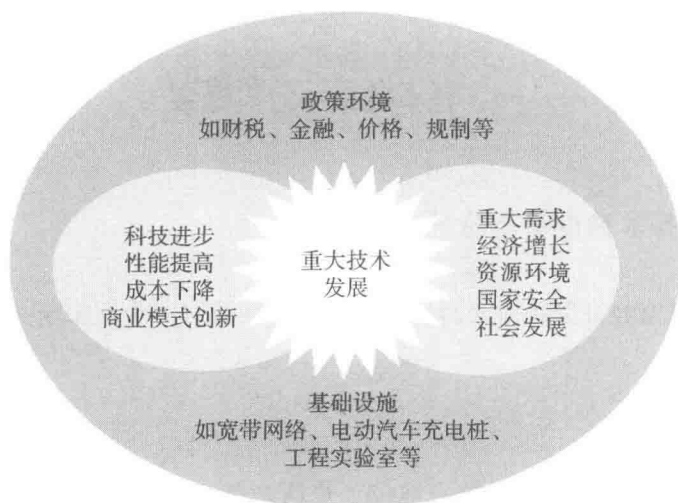


图 1 影响重大技术发展的因素

断下降,以及相关的工艺技术、商业化模式创新等的不断进步。(2)需求拉动。包括人类对生产效率提高、生活质量改善、军事战备、健康和可持续发展等的重大需求。(3)相关基础设施。包括宽带网络、电动汽车充电桩等基础设施。(4)政策法制环境。包括相关的财税、金融、价格、规制、市场准入等政策。

(三) 政府、企业、大学和科研机构的作用

国际看,无论是美国,还是日本、韩国等国家,在重大技术发展中政府都发挥了非常重要的作用。有的重大技术发展,政府甚至是直接组织实施。从各国看,政府的主要作用包括:(1)组织重大技术发展计划的制订和实施;(2)推动重大技术研发、示范应用和重大技术基础设施建设;(3)制定推动重大技术发展的政策和规制。但从实施看,企业是重大技术研发与产业化的主体。大学和科研机构在重大技术发展中的主要作用是从事前沿性、基础性的重大技术研究,或参与企业主导的重大技术联合攻关。

(四) 重大技术发展模式

由于国情和发展基础、发展阶段差异,各国在推进重大技术发展中采取的模式不同。一种是以美国为代表的技术领先型模式,这是在市场经济条件下,以“国家战略需求—基础研究—技术开发—商业化—创新型中小企业—大企业收购兼并”为主线,通过基础研究和国防科研经费支持、专项基金资助、政府采购与国防采购引导和军民结合,运用市场机制促进研究开发、推广应用的一种模式。这种模式要求具备良好的产学研合作和技术转移机制,同时要有一整套有利于重大技术发展的制度和政策安排,科技与经济结合紧密。另一种模式是以日本、韩国等国家微电子工业为代表的技术追赶型模式,是以“经济发展需求—引进消化吸收再创新—商业化—大企业主导”为主线,通过政府的强力组织、大企业的雄厚实力和金融财团的大力支持,实现重大技术快速发展和追赶的一种模式。

二、国际重大技术发展动向与趋势

在经历了20世纪科学革命、技术革命以及浪潮迭起的产业革命后,当今世界科技创新又处在一个重要的关口,一些重要的科学问题和重大技术已经呈现出革命性突破的先兆,新一轮科技革命和产业变革正蓄势待发。

（一）一批重大技术面临革命性突破，正在推动全球经济和人们的生活方式深刻变革

当前，全球新技术、新产品和新的商业模式不断涌现，一批重大技术开始进入产业化阶段。例如，移动互联网技术迅速普及应用，过去5年智能手机的处理能力每年提高25%（目前一台400美元的“iPhone4”的性能与1975年价值500万美元的CDC7600高性能计算机相当），2012年智能手机数量增长了50%，占全球移动电话的比例达到30%，目前全球有11多亿人使用智能手机和平板电脑，预计到2025年近80%的网络连接将通过移动设备。物联网技术尽管仍处于应用的早期阶段，但正以日新月异的速度发展。据统计，自2010年以来传感器销售额每年增长70%，RFID标签和传感器价格大幅下降；在过去的20年中，太阳能电池转化效率不断提高，目前已达到15%，在实验室已达到44%，太阳能电池成本从1990年的每瓦8美元降到不到80美分。2000~2010年，风电平准化电力成本从每兆瓦80美元降到70美元，目前风电成本已接近煤炭和天然气发电成本。预计到2025年，太阳能的平准化电力成本将继续下降60%~65%，风电将下降25%~30%，锂离子电池价格将从现在的每千瓦时500~600美元下降到160美元；基因测序技术正以比摩尔定律更快的速度发展，目前用测序机器花1000美元、用几个小时就能完成一个人的基因测序，而在2003年第一个人类基因测序由一个科学家团队花了3亿美元、耗时13年才完成，预计在不久的将来人们就可以使用价格便宜的桌面基因测序机器；从2004年首次人工生产出石墨烯，到2011年IBM已经制造了基于石墨烯的集成电路，在短短的几年之内先进材料技术实现了重大突破，预计到2025年左右，石墨烯将成为继硅材料后的新一代信息基础材料，在超高频集成电路、大面积柔性显示屏、太阳能电池等领域广泛应用。

正如蒸汽机、发电机、铁路、飞机等重大技术那样，当今新一代信息技术、生物技术、新能源技术等正在推动全球经济和人们生活方式深刻变化。比如，移动互联网、物联网、3D打印、大数据等新一代信息技术发展正在推动智能制造、智能服务、智能交通、远程医疗等发展，工业化和信息化进一步深度融合；以下一代基因组技术为核心的生物技术发展正在不断揭示生命的奥秘，推动医疗、医药、农业、工业等领域的深刻变革；以高效太阳能电池、储能技术等为代表的新能源和可再生能源技术发展正在推动能源生产和消费革命，减少二氧化碳排放，实现经济可持续发展。麦肯锡公司《颠覆性技术：将改变人们生产生活方式和全球经济的进步》报告指出，到2025年移动物联网、知识工作自动化、物联网、云计算、先进机器人、无人驾驶汽车、下一代基因、能源储存、3D打印、先进材料、先进油气勘探、可再生能源等12大颠覆性技术每年对经济的影响将达到14万亿美元至33万亿美元。同时，重大技术发展也会带来新的挑战。比如，3D打印将使致命武器的控制更加困难。机器人在创造新的就业机会之前取代太多的劳动力，从而扩大财富和收入差距。合成生物学的发展使人们能够制造更加致命的病毒和微生物等。

专栏 1

麦肯锡公司提出的到 2025 年对人类生产、生活方式和 全球经济具有颠覆性影响的 12 项颠覆性技术

2013 年 5 月,美国知名咨询公司麦肯锡发布了题为《改变人们生产生活和全球经济的颠覆性技术》的研究报告。报告重点分析了 22 项热点前沿技术,最终遴选了 12 项最具产业化前景、很可能会大规模改变全球经济格局、影响社会各方面的颠覆性技术。报告指出,如果这些技术全部实现产业化,预计到 2025 年将产生巨大的经济效益和潜在的应用前景。

1. 移动互联网技术。主要包括无线技术、自然人机接口、先进廉价电池以及包括可穿戴设备在内的低成本小型计算存储设备等相关技术。到 2025 年,其影响规模可达 3.7 万亿~10.8 万亿美元。

2. 知识工作自动化技术。主要包括人工智能、机器学习、自然人机接口、大数据等技术。到 2025 年将产生 5.2 万亿~6.7 万亿美元的影响规模。

3. 物联网技术。主要包括先进、低成本的传感器、无线网络以及近场通信设备(如 RFID)等技术。到 2025 年将产生 2.7 万亿~6.2 万亿美元的影响规模。

4. 云计算技术。主要包括云管理软件、数据中心硬件、高速网络以及软件/平台即服务。到 2025 年将产生 1.7 万亿~6.2 万亿美元的影响规模。

5. 先进机器人技术。主要包括工业制造机器人、服务性机器人、机器人调查、人类机能增进、个人及家庭机器人等。到 2025 年其经济影响将达到 1.7 万亿~4.5 万亿美元。

6. 自动与半自动汽车技术。主要包括人工智能、计算机视觉、先进传感器、机器对机器的通信等技术。到 2025 年将产生 0.2 万亿~1.9 万亿美元的影响规模。

7. 新一代基因组技术。主要包括先进 DNA 测序、合成、大数据及先进分析等技术。预计到 2025 年将产生 0.7 万亿~1.6 万亿美元的影响规模。

8. 储能技术。主要包括机械储能、电磁储能、电化学储能等技术。到 2025 年将带来 1 000 亿~6 000 亿美元的经济效益。

9. 3D 打印技术。主要包括选择性激光烧结、直接金属激光烧结、熔融沉积成型、光固化立体造型、层片叠加制造以及生物(细胞)打印技术。到 2025 年将产生 2 000 亿~6 000 亿美元的影响效应。

10. 先进材料技术。主要包括石墨烯、碳纳米管、纳米颗粒(如纳米级的金或银)以及智能材料(压电材料、记忆金属、自愈材料)等。到 2025 年将带来 2 000 亿~5 000 亿美元的经济效益。

11. 先进油气勘探开采技术。主要包括水平钻探、水力压裂法、微观监测等技术。到 2025 年将带来 1 000 亿~5 000 亿美元的经济效益。

12. 可再生能源技术。主要包括太阳能、风能、水电、海洋能等短时期内可以再生或可以循环使用的自然资源。到 2025 年将带来 2 000 亿~3 000 亿美元的经济效益。

（二）信息技术更加广泛应用，重大技术呈现融合发展的态势

信息技术进入新一波创新浪潮，应用不断深化，从人的互联网到物联网，从固定互联网到移动互联网，宽带、泛在、融合的信息网络就像铁路、公路一样正在成为国家经济社会发展的重要基础设施。从柔性制造到智能制造，从电子商务到智能服务，3D 打印、大数据等信息技术正在成为许多重大技术发展的平台技术，如下一代基因测序技术高度依赖于计算能力和大数据分析的提高，风能、太阳能等新能源发展很大程度上依赖于智能电网的发展，等等。

同时，重大技术越来越呈现交叉融合发展的态势。如智能电网是以包括各种发电设备、输配电网、用电设备和储能设备的物理网为基础，将现代先进的传感测量技术、网络技术、通信技术、计算技术等与物理电网高度集成而形成的新型电网。智能制造则是物联网、云计算、3D 打印、先进机器人以及先进材料等技术集成发展的产物。兰德公司《面向 2020 年的技术革命》报告认为，当今世界正处在由生物技术、纳米技术、材料技术和信息技术集成发展所推动的技术革命之中。

专栏 2

兰德公司提出的到 2020 年可实现商业化的 16 项重大集成技术

受美国国家情报委员会（NIC）、美国国家能源部（DOE）和美国智能技术创新中心（ITIC）的委托和资助，美国知名智库兰德公司于 2006 年研究发布了题为《面向 2020 年的全球技术革命》的报告。报告指出，科学技术将继续呈融合发展的态势，并将对社会产生深远的影响。报告构建了“技术成熟度”、“潜在市场规模”以及“影响范围”的评价模型，对全球科技发展进行了技术预见。报告认为在 2006~2020 年，生物技术、纳米技术、材料技术和信息技术的集成发展将对全球经济社会产生重大的、革命性的影响，其中 16 项集成应用技术将最有可能实现产业化。

（1）低成本太阳能利用。主要包括对太阳能的收集、转化和存储技术。

（2）农村地区通信接入。主要包括电话、无线互联网通信技术。