

# 中国工程科技信息与电子领域 2035 技术预见研究

安达, 李梦男, 许守任, 陶利, 梁智昊

(中国电子科学研究院, 北京 100041)

**摘要:** 作为当前最具创新性、融合性和前沿性的科技领域之一, 信息与电子领域近年来发展迅速, 且对很多领域都产生着深刻的影响, 因此, 做好该领域的技术预见工作尤为重要。本文依托“中国工程科技 2035 发展战略研究”项目, 对信息与电子领域进行了两轮德尔菲法技术预见调查, 用不同的方法筛选出更值得关注的关键应用技术、重要通用技术和潜在颠覆性技术, 并针对“大数据技术”“先进计算技术”和“天地一体化信息技术”等重要技术项在两轮调查结论上的不同之处进行了对比。本文结论可为我国 2035 工程科技发展计划重要技术方向部署和我国未来技术预见提供参考依据。

**关键词:** 信息与电子; 德尔菲法; 技术预见; 工程科技; 调查研究

**中图分类号:** F299.2 **文献标识码:** A

## Technology Foresight on China's Information and Electronics Engineering Science and Technology to 2035

An Da, Li Mengnan, Xu Shouren, Tao Li, Liang Zhihao

(China Academy of Electronic and Information Technology, Beijing 100041, China)

**Abstract:** As one of the most innovative, integrated, and cutting-edge science and technology fields, the information and electronics field has developed very rapidly in recent years, and has had a profound effect on almost all other fields. Therefore, technology foresight for this field is particularly important. Sponsored by the project titled “Research on China’s Engineering Science and Technology Development Strategy 2035”, this study implemented two rounds of investigation into the field of information and electronics, using the Delphi method. By using different approaches, this study was able to identify critical applied technologies, important generic technologies, and potential disruptive technologies that are particularly noteworthy. In addition, this paper draws a careful comparison between two rounds of survey conclusions for “big data technology”, “advanced computing technology”, “space-ground integrated information network technology”, and other important technologies. This paper provides a reference for the establishment of important technical directions for China’s engineering science and technology development plan to 2035 and for future technology foresight.

**Keywords:** information and electronics; Delphi method; technology foresight; engineering science and technology; investigation and research

收稿日期: 2016-12-12; 修回日期: 2017-01-03

通讯作者: 安达, 中国电子科学研究院, 高级工程师, 主要研究方向为数据科学、战略研究; E-mail: andack@163.com

资助项目: 中国工程院咨询项目“中国工程科技 2035 发展战略研究”(2015-ZD-14)

本刊网址: www.enginsci.cn

## 一、前言

科学技术是第一生产力。时至今日，国家进步和人民幸福对科技的依赖与日俱增，如何准确地把握技术趋势、预测未来方向、确定重点领域，以有限的投入达到最优的目标，成为各国主要科研机构必须回答的问题。技术预见就是要通过有序的探索过程，筛选出关键技术，助力国家科技发展和社会进步 [1]。

信息技术、生物技术、新能源技术、新材料技术等交叉融合正在引发新一轮科技革命和产业变革，这将给人类社会发展带来新的机遇。作为当前最有活力和推动力，最具创新性、融合性和前沿性的科技领域，信息技术不仅是国家科技实力和军事地位的重要基础，也是国民经济的坚实支柱。由于其“使能技术”的特点，对许多领域都产生着深刻的影响。尤其是我国处在信息化和工业化深度融合的历史阶段，急需进一步充分发挥信息技术“黏合剂”“倍增器”和对各领域支撑引领的积极作用。在当前和今后的一段时期内，做好信息领域的技术预见工作尤为重要；另一方面，技术发展日新月异，应用模式和创新模式也在快速发展，导致信息领域的发展快、变数多、预测难度大。

本文依托“中国工程科技 2035 发展战略研究”项目，对信息与电子领域进行了两轮德尔菲法技术预见调查。完整分析体现在课题报告中，本文试图在有限的篇幅内，从不同的视角筛选出更值得关注的\*\*关键应用技术、重要通用技术和潜在颠覆性技术

覆性技术。此外，虽然理论上德尔菲调查应该是收敛的，但本文认为两次调查在时间上跨度较大（第 1 轮：2015 年 8—10 月，第 2 轮：2016 年 5—7 月），且恰逢“十三五”开局之年各领域密集探讨、统一思想的关键时期，专家在两次调查中观点的变化应予以重视，所以本文也对部分重要技术项进行了简单的对比分析。

## 二、指标设计与清单确定

### （一）评价指标设计

技术预见兴起于美国，在日本得到深入研究与改进，盛行于欧洲 [2~14]。技术预见着重参考专家经验，可基于文献和专利等数据分析，也可基于模型构建，或多种方法的组合。其中比较典型的方法是德尔菲调查法，即采用背对背的通信方式征询专家小组成员的预测意见。德尔菲法具有匿名性、反馈性、收敛性和统计性等特征，并逐渐系统化、体制化 [4~7]，逐步成为各国开展科技中长期发展战略研究的重要支撑 [8, 9, 15]。2015 年，中国工程院和国家自然科学基金委员会联合开展了“中国工程科技 2035 发展战略研究”，针对电子信息、先进制造、公共安全等 11 个领域，完成两轮、每轮历时 3 个月的德尔菲法技术预见调查研究。

课题评价指标体系如图 1 所示，分技术因素和应用因素两大部分。其中技术因素分析包括 4 个评价指标：核心性指数、带动性指数、通用性指数、非连续性指数。应用因素分析包括：经济发展重要性指数、社会发展重要性指数、国防安全重要性指数。技术因素分析与应用因素分析共同指向技术本身重要性指数和技术应用重要性指数，进而指向关键应用技术、重要通用技术和潜在颠覆性技术。

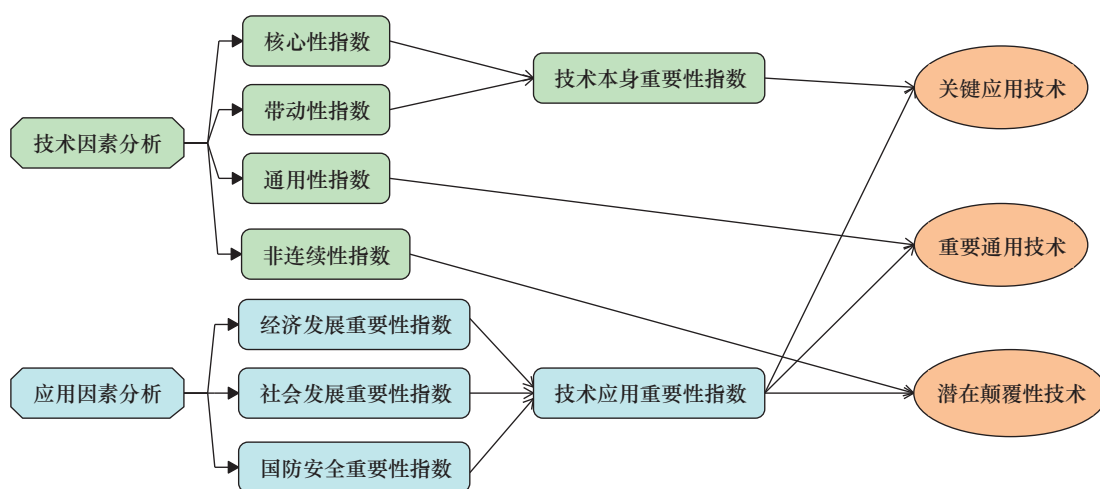


图 1 评价指标体系示意图

性指数、社会发展重要性指数、国防安全重要性指数 3 个评价指标。通过参考专家的熟悉程度 [16], 得出技术本身重要性指数和技术应用重要性指数。本文在以上 9 个单项指数上与“中国工程科技 2035 发展战略研究”信息与电子领域技术预见分析报告中的计算方法保持一致, 但筛选出关键应用技术、重要通用技术和潜在颠覆性技术的具体方法不是分数加权, 而是排名截取。比如, 入选关键应用技术, 要求项目在技术本身和应用两个重要性上都排名前 5。选取这样的筛选方式, 是为了提高门槛、凸显在各方面都比较突出的项目, 是一种视具体调查统计结果的自定义范例。

## (二) 技术清单确定

第 1 轮调查选取了 9 个重点方向、51 项备选技术清单作为输入 [17]; 第 2 轮调查技术清单凝练为 39 项, 在第 1 轮 51 项备选技术清单的基础上将

转领域划分技术项 8 条, 更名技术项 9 条, 合并至其他领域技术项 13 条 (其中“智能化信息服务及其安全保障关键技术”分散合并至其他各项, 图 2 中未作标注), 合并新增技术项 2 条, 删除技术项 2 条 (“超级 Wi-Fi 和多天线广播技术”与“希尔伯特空间方法和技术”, 图 2 中未作标注), 新增技术项 1 条, 具体情况如图 2 所示。

## 三、调查结果分析

德尔菲法具有收敛性, 因此本部分以第 2 轮调查结果为准, 针对信息与电子领域的关键应用技术、重要通用技术和潜在颠覆性技术逐一进行分析。

### (一) 关键应用技术

图 3 为关键应用技术筛选示意图, 其中数据均为第 2 轮技术预见调查统计结果。由图 3 可见,

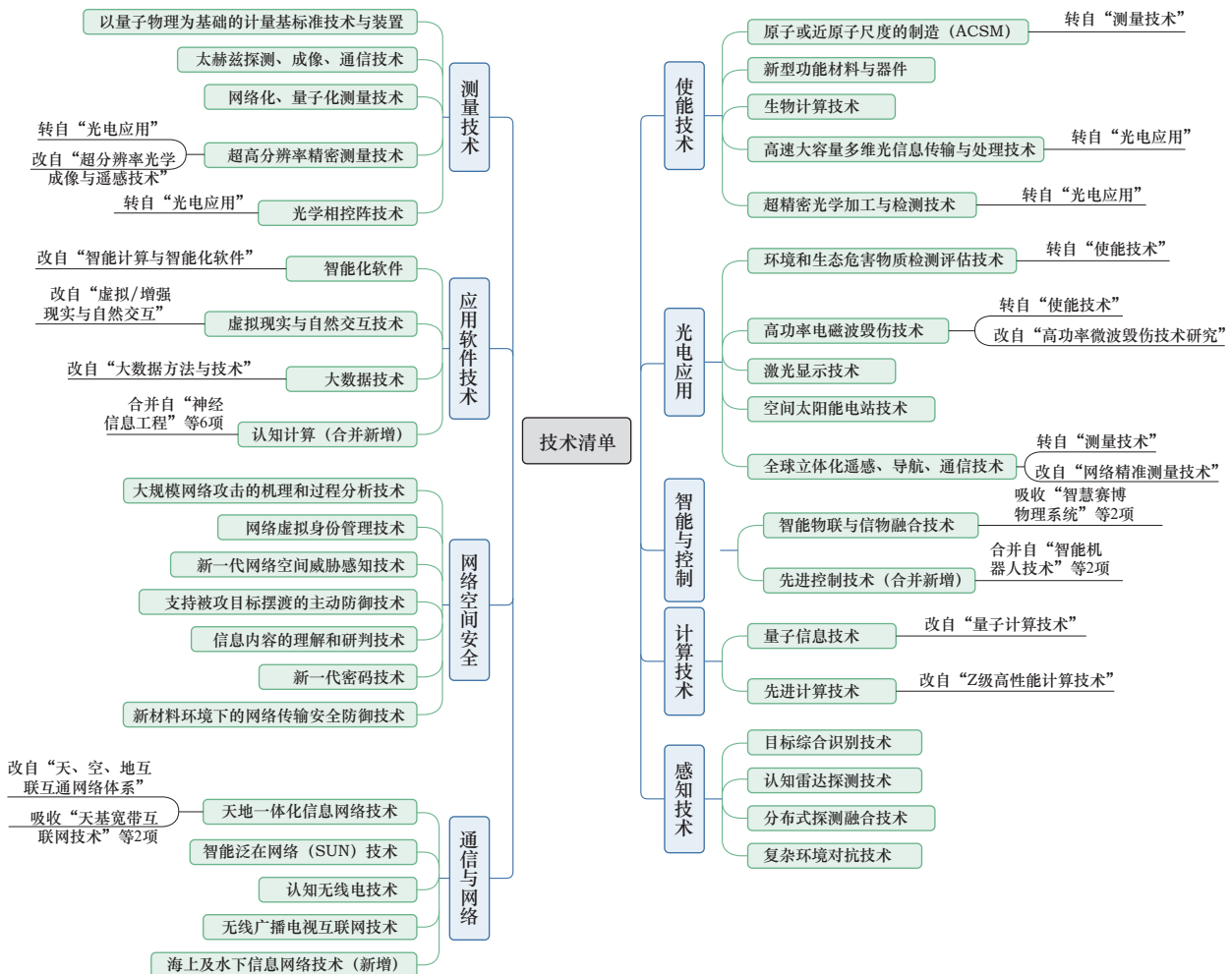


图 2 技术清单

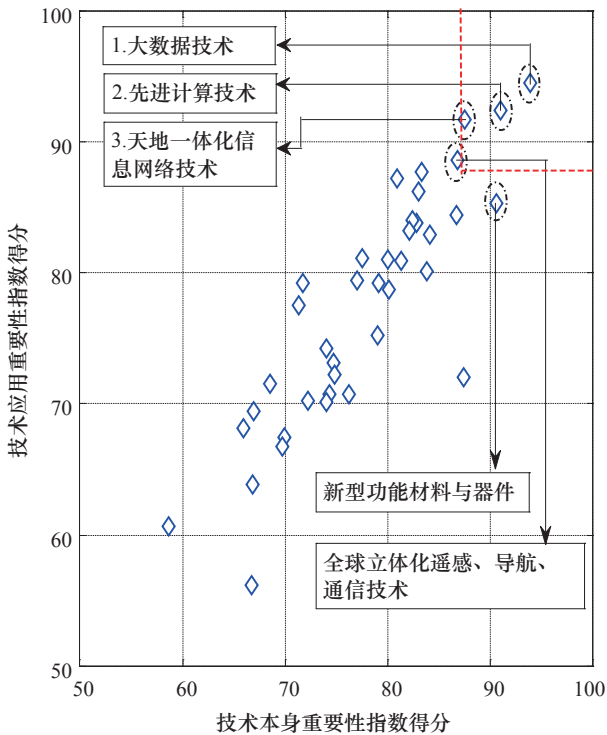


图3 关键应用技术筛选示意图(前5位)

“大数据技术”“先进计算技术”和“天地一体化信息网络技术”是最重要的3项关键应用技术。“新型功能材料与器件”技术本身重要性强,“全球立体化遥感、导航、通信技术”应用重要性强,但并未在技术本身、技术应用两个重要性指数上进入前5位,因此不符合本文的筛选条件。

### (二) 重要通用技术

图4为重要通用技术的筛选示意图。从通用性与技术应用重要性两方面看,3个重要通用技术项仍是“大数据技术”“先进计算技术”和“天地一体化信息网络技术”。此外,“全球立体化遥感、导航、通信技术”应用指数较高,而“智能泛在网络(SUN)技术”通用性较强但技术应用重要性指数排名第19位,均未进入筛选区域。

### (三) 潜在颠覆性技术

类似地,通过非连续性与技术应用重要性两个指数,可以提出潜在颠覆性技术。图5为潜在颠覆性技术的筛选示意图。综合考虑,“大数据技术”是值得重点关注的潜在颠覆性技术。“以量子物理为基础的计量基标准技术与装置”非连续性较强,

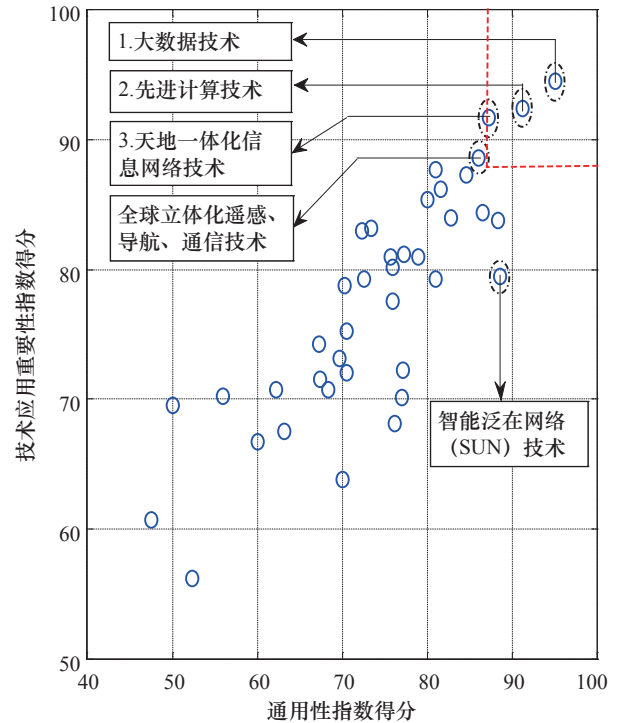


图4 重要通用技术筛选示意图(前5位)

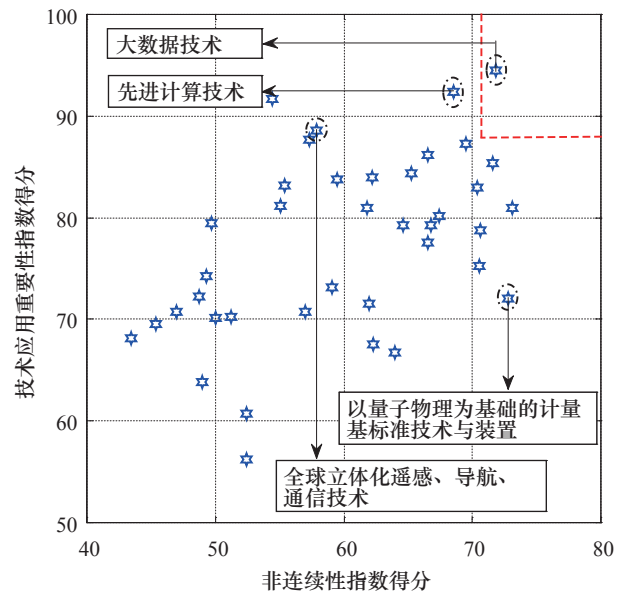


图5 潜在颠覆性技术筛选示意图(前5位)

“先进计算技术”应用性较强,但两个指数排名并不都靠前。

## 四、两轮调查对比

从以上基于第2轮调查结果的分析可知,“大数据技术”“先进计算技术”和“天地一体化信息网络

技术”脱颖而出；“新型功能材料与器件”“全球立体化遥感、导航、通信技术”和“以量子物理为基础的计量基标准技术与装置”等也都占有重要的地位。该部分重点对比两轮调查在统计结论上的不同之处。

### （一）技术重要性

技术本身重要性综合指数由核心性和带动性两方面因素得出。表 1 给出了技术重要性排序前 5 位的技术项及评分（排名按第 2 轮统计结果顺序）。应用软件技术子领域的“大数据技术”（93.95 分）、计算技术子领域的“先进计算技术”（91.07 分）和使能技术子领域的“新型功能材料与器件”（90.63 分）得分均在 90 分以上。其中，“大数据技术”在第 1 轮统计中并未进入前 5 位（排名第 21，78.62 分），在第 2 轮调查结果中，其 4 项技术因素分析指数排名均进入前 5，上升幅度很大。与之不同的是，“先进计算技术”（两轮均排名第 2）和“新型功能材料与器件”（两轮分别排名第 4 与第 3）在评价上较为稳定。

### （二）应用重要性

技术应用重要性综合指数由经济发展、社会发展和国防安全 3 个重要性指标共同得出。表 2 给出了技术应用重要性排序前 5 的技术项及评分（排名按第 2 轮统计结果顺序）。“大数据技术”（94.56 分）、“先进计算技术”（92.44 分）和通信与网络子领域的“天地

一体化信息技术”（91.76 分）排名前 3。类似地，“大数据技术”在第 1 轮调查中并未进入前 5 位（排名第 7，84.86 分），排名第 3 的“天地一体化信息技术”在第 1 轮统计中仅排名第 18，变化很大。“先进计算技术”（两轮均排名第 2）和“全球立体化遥感、导航、通信技术”（两轮分别排名第 5 与第 4）相对稳定。

### （三）实现时间与研发水平分析

从“世界”“中国”和“社会”3 个方面，对比分析两轮调查中的技术项实现时间。如图 6 所示，相比于第 1 轮调查，专家认为“先进计算技术”会更快实现（4~5 年），“天地一体化信息技术”会略有推迟（1~3 年），但我国的技术实现步伐会加快（2 年）。

在研发水平方面，专家普遍认为“先进计算技术”是我国研发水平较高的技术项目，这也部分解释了第 2 轮调查中实现时间提前的乐观估计。对于“大数据技术”，可能是因为在过去 1 年中该技术进一步发展，专家在充分意识到其重要意义的同时，对研发困难也有了较充分的估计，故对我国当前研发水平的判断有所下调。“大数据技术”虽然目前研发水平较低，但作为潜在颠覆性技术，也应得到充分重视，进一步加大技术研发支持，力求把握机会、实现突破。值得关注的是在第 2 轮调查中，“天地一体化信息技术”的研发水平评分提升了约

表 1 技术重要性排序前 5 的技术项（按第 2 轮排名顺序）

技术项	子领域	技术本身重要性综合指数	
		第 2 轮评价得分	第 1 轮评价得分
大数据技术	应用软件技术	93.95	78.62
先进计算技术	计算技术	91.07	90.95
新型功能材料与器件	使能技术	90.63	87.50
天地一体化信息技术	通信与网络	87.51	78.70
以量子物理为基础的计量基标准技术与装置	测量技术	87.48	81.76

表 2 应用重要性排序前 5 的技术项（按第 2 轮排名顺序）

技术项	子领域	技术应用重要性综合指数	
		第 2 轮评价得分	第 1 轮评价得分
大数据技术	应用软件技术	94.56	84.86
先进计算技术	计算技术	92.44	86.56
天地一体化信息技术	通信与网络	91.76	79.04
全球立体化遥感、导航、通信技术	光电应用	88.62	85.87
智能化软件	应用软件技术	87.71	82.44

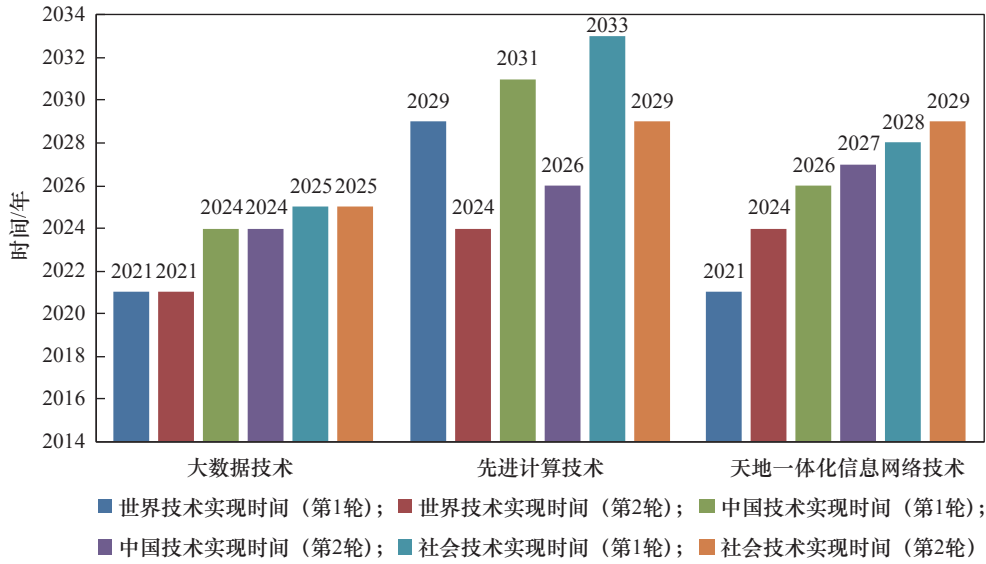


图6 关键技术项实现时间分析

表3 关键技术项我国研发水平

技术项	先进计算技术	大数据技术	天地一体化信息技术
我国研发水平	51.12 (57.14)	36.33 (42.31)	35.29 (26.36)

注：表中无括号数字为第2轮调查结果，加括号数字为第1轮调查结果。

9分，本文认为这和近期我国强调网络强国建设以及科技创新2030重大工程的实施有很大关系（见表3）。

### 五、结语

本文设计了一种更为具体的关键技术筛选分析方法，通过对信息与电子领域39项技术清单进行分析，提出了面向2035的工程科技信息与电子领域国家需重点发展的关键应用技术、重要通用技术和潜在颠覆性技术。通过对比分析“大数据技术”“先进计算技术”和“天地一体化信息技术”的技术与应用重要性、实现时间和研发水平等，简要分析了这三大关键技术项目在我国存在的主要问题及未来的发展趋势。“先进计算技术”在我国具有较好的基础，应继续研发，巩固“并跑”甚至“领跑”地位；“大数据技术”作为潜在的颠覆性技术，支撑我国经济社会发展的通用价值受到广泛认可，应抓住可能到来的跨越式发展机会；“天地一体化信息技术”近期研发投入大幅增加，有望迅速提升我国在此领域的综合实力。本文结论可为我

国2035工程科技发展战略的重要技术方向部署和我国未来技术预见提供参考依据。

### 参考文献

- [1] Martin B R. Matching societal 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.
- [2] 国务院发展研究中心. 美国国家关键技术发展战略 [J]. 今日科技, 2001 (11): 23.  
Development Research Centre of the State Council. U.S. National key technology development strategy [J]. Today Science and Technology, 2001 (11): 23.
- [3] 惠益民. 美国技术发展的战略规划——国家关键技术 [J]. 研究与发展管理, 1992 (1): 73-76.  
Hui Y M. Strategic planning of American technology development — National key technology [J]. R&D Management, 1992 (1): 73-76.
- [4] 技术预测与国家关键技术选择研究组. 从预见到选择——技术预测的理论与实践 [M]. 北京: 北京出版社, 2001.  
Technology Forecasting and National Key Technology Selecting Study Group. From foresight to selection—The theory and practice of the technology foresight [M]. Beijing: Beijing Publishing House, 2001.
- [5] 孙中峰. 技术预见在日本 [J]. 世界科学, 2002 (7): 41-42.  
Sun Z F. Technology foresight in Japan [J]. World Science, 2002 (7): 41-42.
- [6] 程家瑜, 苏文江. 日本对21世纪前30年科技发展的预见——日本第七次技术预见调查研究报告之一 [J]. 世界科学, 2003 (4): 58-60.  
Cheng J Y, Su W J. The technology foresight on the science and technology development in the first 30 years of the 21st century in Japan—Research report of the seventh technology foresight in Japan [J]. World Science, 2003 (4): 58-60.
- [7] 范晓婷, 李国秋. 日本技术预见发展阶段及其未来趋势分析 [J].

- 竞争情报, 2016, 12 (3): 37-42.
- Fan X T, Li G Q. The analysis in the development phrase and future trend of Japanese technology foresight [J]. *Competitive Intelligence*, 2016, 12 (3): 37-42.
- [8] Linstone H A, Turoff M. The Delphi method : Techniques and applications [J]. *Journal of Marketing Research*, 1975, 18 (3): 363-364.
- [9] 中国工程未来20年技术预见研究组. 中国未来20年技术预见 [M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- The 20 Years Technology Foresight Research Group of Chinese Engineering. China's technology foresight in the next 20 years [M]. Beijing: China Science Publishing & Media Ltd (CSPM), 2008.
- [10] 闫玖石. 英国技术预见计划的背景及过程 [J]. *天津科技*, 2004 (3): 51-52.
- Yan J S. The background and process of the technology foresight research in U.K. [J]. *Tianjing Science and Technology*, 2004 (3): 51-52.
- [11] 任奔. 技术预见在德国 [J]. *世界科学*, 2002 (6): 41-42.
- Ren B. Technology foresight in Germany [J]. *World Science*, 2002 (6): 41-42.
- [12] 万劲波. 技术预见在法国 [J]. *世界科学*, 2002 (9): 33-34.
- Wan J B. Technology foresight in France [J]. *World Science*, 2002 (9): 33-34.
- [13] 黄善光. 技术预见在奥地利 [J]. *世界科学*, 2002 (10): 42-43.
- Huang S G. Technology foresight in Austria [J]. *World Science*, 2002 (10): 42-43.
- [14] 王国进. 技术预见在韩国 [J]. *世界科学*, 2002 (11): 39-40.
- Wang G J. Technology foresight in Korea [J]. *World Science*, 2002 (11): 39-40.
- [15] 杨幽红, 冯爱明. 我国技术预见研究现状分析 [J]. *科技管理研究*, 2010, 30 (20): 218-221.
- Yang Y H, Feng A M. The current situation analysis of the technology foresight in China [J]. *Science and Technology Management Research*, 2010, 30 (20): 218-221.
- [16] 穆荣平, 任中保, 袁思达, 等. 中国未来20年技术预见德尔菲调查方法研究 [J]. *科研管理*, 2006, 27 (1): 1-7.
- Mu R P, Ren Z B, Yuan S D, et al. The study of Delphi research method in Chinese technology foresight in 20 years [J]. *Science Research Management*, 2006, 27 (1): 1-7.
- [17] 许守任, 安达, 梁智昊. 面向2035的信息与电子领域技术预见分析 [J]. *中国电子科学研究院学报*, 2016, 11 (4): 89-93.
- Xu S R, An D, Liang Z H. The Technology foresight faced 2035 in the electronic information field [J]. *Journal of China Academy of Electronics and Information Technology*, 2016, 11 (4): 89-93.