

日本第十次技术预见及其启示

孙胜凯, 魏畅, 宋超, 裴钰

(中国航天系统科学与工程研究院, 北京 100048)

摘要: 技术预见作为日本的一项系统性国家科技政策, 被长期坚持并卓有成效地开展。目前已开展的十次技术预见活动, 对推动日本科技发展部署、企业技术创新与管理能力的提升都发挥了重要作用, 并对深入认识技术发展规律具有重要意义。本文系统地介绍了日本第十次技术预见的方法、模式、实施体制及调查流程, 分析了其主要经验与问题, 为我国开展技术预见活动提供借鉴。

关键词: 日本; 技术预见; 课题解决型; 情景规划; 德尔菲调查

中图分类号: T-01 **文献标识码:** A

Japan's 10th Technology Foresight: Insights and Enlightenment

Sun Shengkai, Wei Chang, Song Chao, Pei Yu

(China Aerospace Academy of Systems Science and Engineering, Beijing 100048, China)

Abstract: Technology foresight is a systemic national science and technology policy in Japan, where it has been consistently and effectively implemented. To date, Japan has implemented technology foresight research 10 times, thus meaningfully promoting research and development in science and technology in Japan, the technological innovation and management abilities of Japanese companies, and a deep understanding of the development law of technology. This paper introduces the methodology, modes, implementation system, and survey process of Japan's 10th technology foresight; analyzes its experiences and problems; and provides reference and guidance for technology foresight in China.

Keywords: Japan; technology foresight; problem-solution mode; scenario planning; Delphi method

一、日本技术预见概述

1971 年, 日本开始在全国范围内组织开展第一次大规模的技术预见活动, 成为最早由政府组织实施大规模技术预见的国家。随后, 日本每 5 年组织一次技术预见活动, 每次预见跨度为 30 年。到

2016 年, 日本已经进行了十次技术预见, 每次技术预见活动都为未来 15 ~ 30 年的科技发展提供了方向和目标, 成为世界上开展技术预见最具影响力的国家, 是许多国家和地区开展技术预见活动的样板。

这十次技术预见活动不断创新完善, 水平和影响力不断提高, 大致可以分为三个阶段: 前四次为

收稿日期: 2016-12-25; 修回日期: 2017-01-09

通讯作者: 孙胜凯, 中国航天系统科学与工程研究院, 工程师, 主要从事系统工程与技术创新研究工作; E-mail: sunsk@spacechina.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

起步探索阶段，技术预见的领域分类和项目个数不断增加和调整，分类体系日趋完善；第五次至第七次为改进完善阶段，实施步骤更加完善合理，问卷的设计、参与者的选取更加客观；第八次至第十次为成熟丰富阶段，预见方法更加多元化 [1]。在成熟丰富阶段，第八次在德尔菲法的基础上同时引入了需求分析法、文献计量法和情景分析法开展协同研究，并注重学科间的融合，增加了“产业基础结构”“社会基础结构”“社会科学与技术”三个社会技术方面的基础领域，社会技术方面的技术课题数占技术课题总数的 1/4；第九次在应用德尔菲法和情景分析法的同时开展了区域创新能力的调查，并且更加关注科技对社会发展的影响和贡献；第十次技术预见的特征为“课题解决型情景规划” [2]，注重科技政策与创新政策一体化，采用了未来愿景、德尔菲法和情景分析法，这些方法相辅相成，有助于提高技术预见的科学性和准确性。

二、日本第十次技术预见的主要方法和模式

(一) 课题解决型情景规划方法

日本第十次技术预见由日本科技政策研究所（NISTEP）负责组织，在第十次技术预见的前期，NISTEP 开展了课题解决型情景规划。课题解决型情景规划即为解决一个课题而进行的多选项研究，分析经济效果、财政负担、技术实现的可能性以

及社会实现的困难性、社会接受性等产生折中选择时的情况，探讨更有效的政策选项。具体流程如下：首先开展未来社会愿景调查，根据愿景提出未来可能实现的科学技术并进行评估，基于提出的相关科学技术群开展多选项研究，进而创建未来情景，通过技术情景与社会情景的组合分析，提出政策选项，实现科技政策与创新政策的一体化（见图 1）。

例如，在老龄化导致人口减少的社会中，对劳动年龄人口（按人口统计，在生产活动的中坚力量中 15 岁以上 65 岁以下人口）的生产性影响最大的疾病是糖尿病。解决此问题的科学技术政策选项包括：①依据捕捉胰岛 β 细胞微细变化的成像技术和制造商的预知技术介入早期治疗；②依据注入和再生被破坏的胰岛 β 细胞的再生医疗技术介入晚期治疗；③通过可大量生产的低分子医药取代胰岛素以降低药价；④导入运动疗法、饮食疗法等生活指导，依据预防开发技术介入亚健康管理等。课题解决型情景分析和方案选择如图 2 和图 3 所示。

(二) 调查概况

1. 调查目的

日本第十次技术预见的主要目的：面向未来的目标社会，对科学技术发展方向进行研究，以利于国家科学技术创新相关政策以及战略的制定；同时，也将提高未来学术发展与企业发展的可能性作

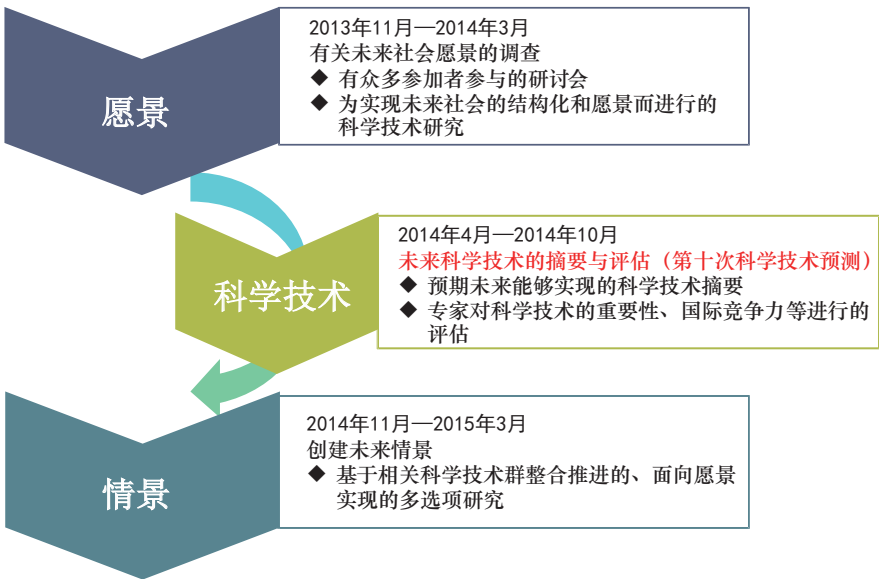


图 1 日本第十次技术预见前期课题解决型情景规划流程

为目标。就实现目标社会所需的科学技术中长期发展（今后 30 年）方向，以及所需形成的社会系统等收集和分析专家的见解。分析的结果阐述了将来非常重要且具有很高潜能的科学技术。

2. 实施体制

日本第十次技术预见实施体制如图 4 所示。

3. 技术预见概要

日本第十次技术预见的展望期为 2050 年，但

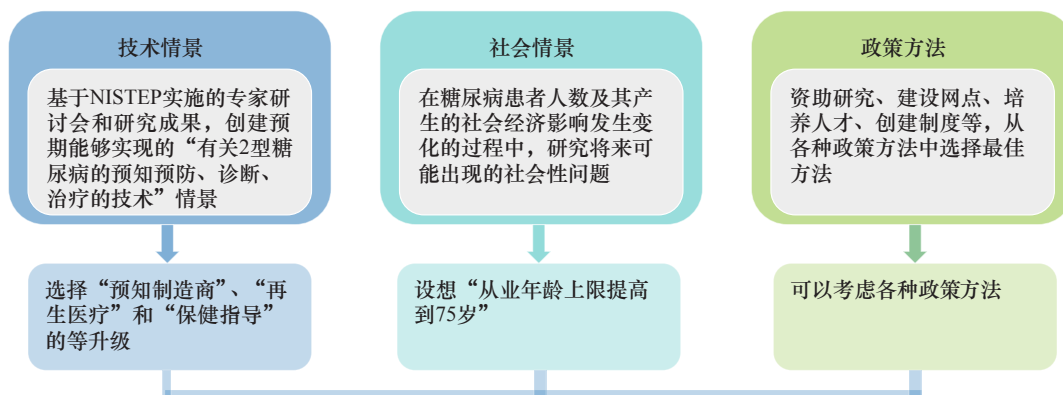


图 2 课题解决型情景分析

政策选项1	投资所有技术的开发支援	300亿日元 ^{*1}	政策选项②~④全部实现的时间	政策选项②~④全部实现的时间	政策目标
政策选项2	集中投资预知制造商技术的开发支援	100亿日元 ^{*1}	2020年左右实现	普及率50% ^{*2}	政策目标
政策选项3	集中投资再生医疗技术的开发支援	100亿日元 ^{*1}	2025年左右实现	普及率15%	政策目标
政策选项4	集中投资提高指导技术的开发支援	100亿日元 ^{*1}	2020年左右实现	普及率50%	政策目标
政策选项5	无政策	-	-	-	

图 3 课题解决型方案选择

注：^{*1} 假想投资总额（从设想到实现开发为止，每年的平均投资）；^{*2} 估算（设想一半制造商利用者能改善生活）

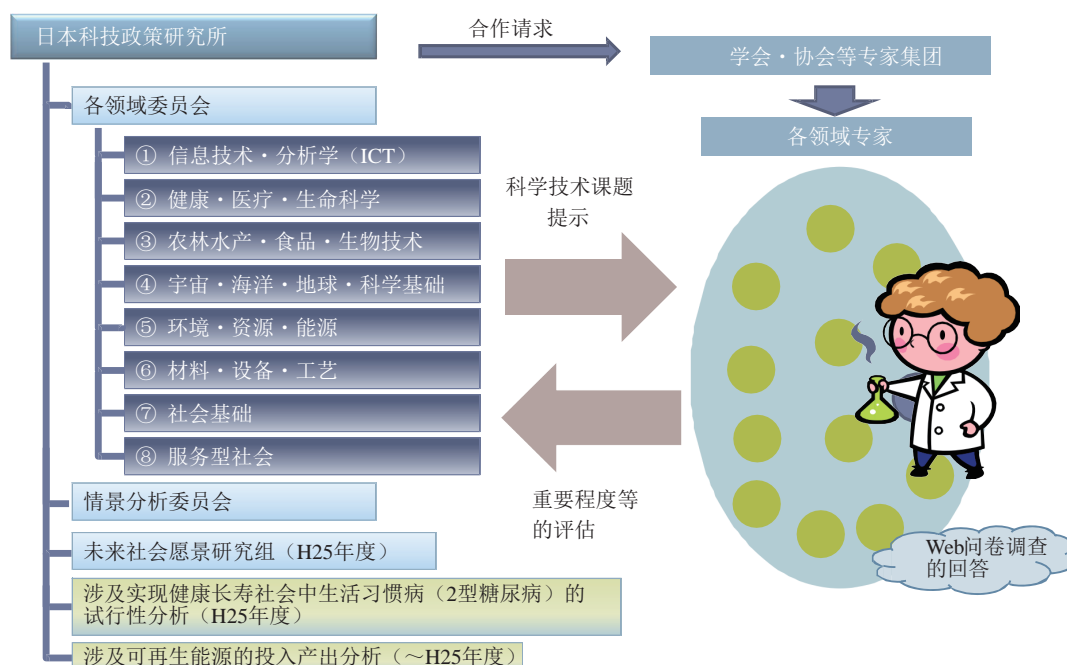


图 4 日本第十次技术预见实施体制

是 2020 年、2030 年、2050 年均为目标年份。

技术预见包括八个目标领域：①信息技术·分析学（ICT）；②健康·医疗·生命科学；③农林水产·食品·生物技术；④宇宙·海洋·地球·科学基础；⑤环境·资源·能源；⑥材料·设备·工艺；⑦社会基础；⑧服务型社会。各领域委员会研究其细节及课题，共提出 932 个调查课题。

德尔菲调查是技术预见的主体方法，实施问卷调查的时间为 2014 年 9 月 1 日—30 日，通过互联网开展问卷调查，委托 NISTEP 的约 2 000 名专家、网络特约研究员及相关学会协会会员开展合作。登记的调查专家共计 5 237 名，其中 4 309 名专家进行了回答；专家分布范围为：大学等科研单位占 49.1 %、企业及其他占 36.4 %、事业单位占 14.5 %；专家年龄范围为：40 岁以下占 30 %、40～50 岁占 26 %、50～60 岁占 22 %、60 岁以上占 12 %、年龄不详占 10 %。

（三）问卷调查的主要问题

调查问卷从研发特性、预测实现时期和重点措施三方面进行考量设计（见表 1～表 3）。

三、日本第十次技术预见的主要结果

（一）研发特性分析

将各特性的回答数值化（非常高 4 分，高 3 分，低 2 分，非常低 1 分）并计算评分。图 5～图 9 对各特性相当于主要课题前 1/3 的 310 个课题，按领域显示其主要课题所占比例。

（二）重要程度与国际竞争力分析

基于调查问卷，可以对所提出课题的重要程度与国际竞争力进行分析。如信息技术·分析学领域（见图 10）的“高性能计算（HPC）”技术方向，其重要程度高、国际竞争力也高；“网络安全”和“软件”技术方向，其重要程度高，但国际竞争力低。

健康·医疗·生命科学领域（见图 11）的“再生医疗”技术方向，其重要程度高、国际竞争力也高；“新出现和再次出现的传染病”技术方向，其重要程度高，但国际竞争力低。

表 4 和表 5 是经过调查筛选出来的重要课题。

（三）重要程度与非连续性分析

按照不同类别技术的发展态势和特点进行发

表 1 技术研发特性调查问卷设计

项目	定义	选项
重要程度	从科学技术和社会两方面综合考察重要程度	从非常高 / 高 / 低 / 非常低中选择其一
不确定性	研发中有许多随机元素，需要容许失败和研究多种方法	将回答数值化，并计算评分
非连续性	研发成果具有市场破坏性和创新性，而不是现在的延续	（非常高 4 分，高 3 分，低 2 分，非常低 1 分）
伦理性	研发中需要考虑伦理性和社会可接受性	
国际竞争力	日本比其他国家更具国际竞争力	

表 2 技术实现时间调查问卷设计

项目	定义	选项
技术实现	预测技术实现的时期（在包括日本在内的世界某一地区实现）。装备能够获得预期性能等技术性环境的时期（例如，在研究室阶段预测的技术开发时期）。如为基础课题，则是原理、现象已被科学阐明的时期	从已实现 / 将要实现 / 未实现 / 未知中选择其一
社会实现	在日本的应用，或者以日本为主体进行的在国际社会中的应用时期。实现的技术可用于产品和服务中的时期（或者普及期）。如为科学技术以外的课题，则是建立制度、确立伦理规范形成价值观、达成社会协议等时期	选择“实现”时，如为实现年份，则回答 2015—2050 年之间的某一年

表 3 技术实现所采取的试点措施调查问卷设计

项目	选项
为达成技术实现而最应采取的措施	从人才战略 / 资源配置 / 内外协调与合作 / 环境治理 / 其他中选择其一
为达成社会实现而最应采取的措施	

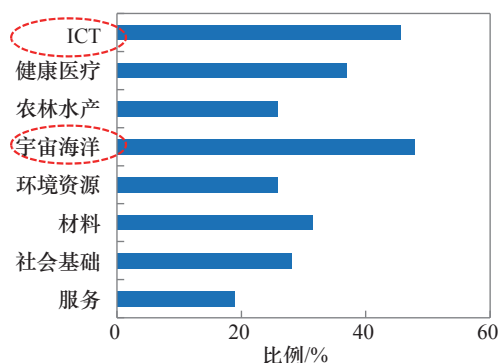


图5 重要程度占参调技术项前 1/3 的各领域分布

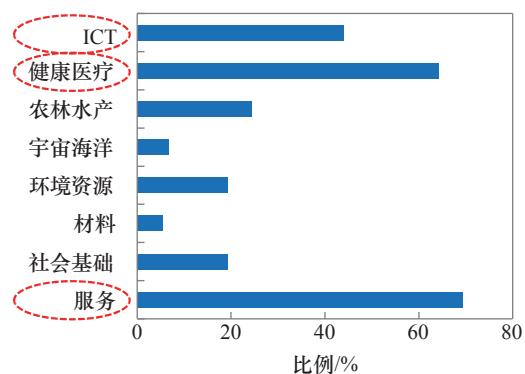


图9 伦理性占参调技术项前 1/3 的各领域分布

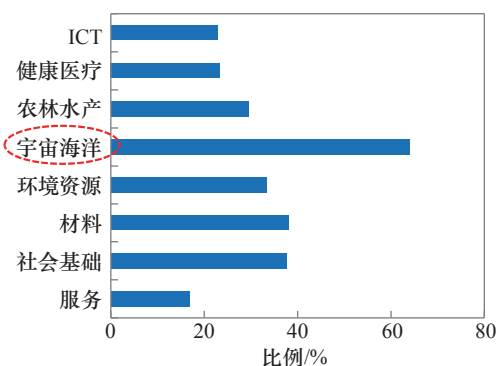


图6 国际竞争力占参调技术项前 1/3 的各领域分布

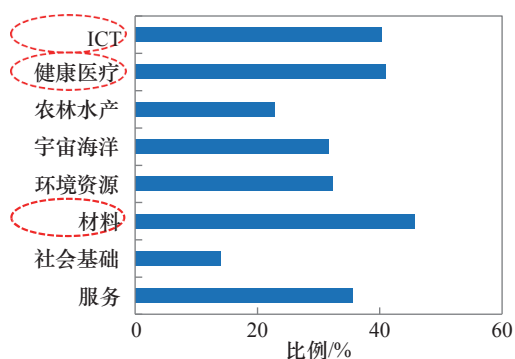


图7 不确定性占参调技术项前 1/3 的各领域分布

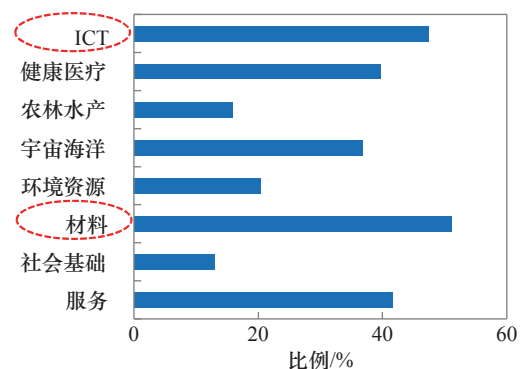


图8 非连续性占参调技术项前 1/3 的各领域分布

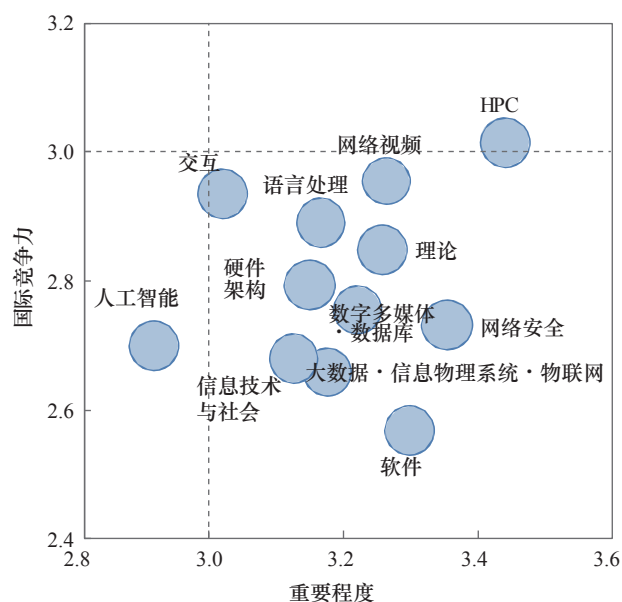


图10 信息技术·分析学领域

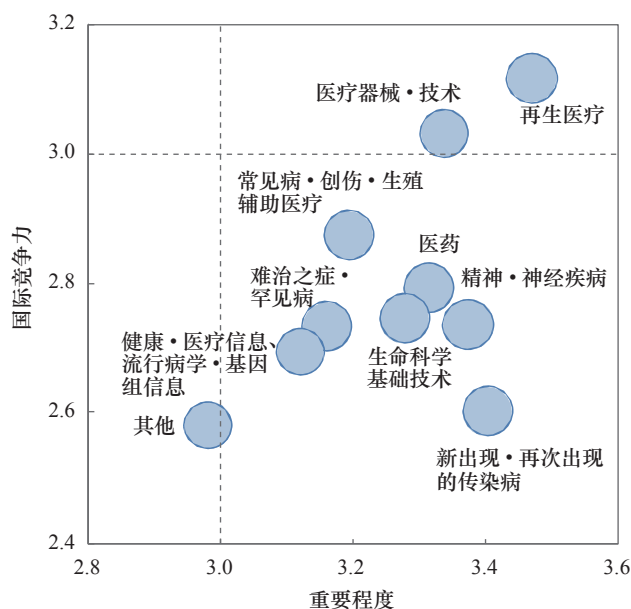


图11 健康·医疗·生命科学领域

展策略分析，是技术政策制定的重要支撑，也是技术预见的重要目的。本次技术预见中，对重要程

表 4 重要程度高的 100 个主要课题 -1

领域	课题
信息技术	保护个人隐私的数据利用方法开发及其理论保证
信息技术	不包括可远程攻击安全漏洞在内的软件开发技术
信息技术	在 100 万节点以上的超级计算机以及大数据 IDC 系统中，可将性能功率比提高至现在 100 倍的技术
信息技术	即使通过电脑长时间访问众多网站也实现了易用性和低成本，安全性方面是可以放心使用的个人认证系统
信息技术	在护理和医疗现场，实时掌握患者的状态，并提供低成本适用于该状态的系统
健康医疗	廉价且容易导入的失智症护理辅助系统
健康医疗	使听觉和视觉功能再生的医疗技术
健康医疗	抑制从癌前状态发展到癌症的预防药物
农林水产	在沙漠（干燥地带）等不适宜耕种的环境中也可以收获农作物的技术
农林水产	在波动环境下，预测远东沙丁鱼和金枪鱼等渔业资源长期变化的技术和以此为基础的水产资源合理管理技术
农林水产	沿岸区域谋求渔业再生的放射性物质去除技术
宇宙海洋	为在所有活火山中找出下一次要喷火的火山进行的紧迫性评估技术

表 5 重要程度高的 100 个主要课题 -2

领域	课题
宇宙海洋	在功能性材料中，局部结构和电子状态是判断其功能发现机制以及功能控制所不可缺少的信息
宇宙海洋	基于高解析度模拟与数据同化，以 100 m 以下的空间分辨率预测数小时后局地暴雨、龙卷风、冰雹、打雷、下雪技术
环境资源	海洋矿产资源采集所需的采矿、运矿技术
环境资源	因气候变动而影响食品生产的预测技术
环境资源	在发展中国家可为一般大众所利用的经济型污染水净化和再利用技术
材料	即使采用现行大小、重量，也具有行驶距离持续达 500 km 性能的汽车用二次电池
材料	不增加单位面积功耗而提高信息处理能力，用 1 个芯片实现现在超级计算机性能的集成电路技术
材料	一种可以预测具有要寻找的功能和性能结构本身的模拟技术，而不是赋予其结构后预测其功能和性能
社会基础	实现起降时低噪音化和飞行时低排气化，达到降低机体摩擦阻力、提高发动机燃烧效率的低污染、节能型飞机
社会基础	100 万千瓦级核反应堆的废堆技术与放射性核废物处理技术
服务	人工检查成本高，或危险性建筑和基础设施检查中需要机器人检查的技术普遍化

度高的前 1/3 课题的发展潜力、不确定性与非连续性进行了比较分析。重要程度评分占前 1/3 的课题共 312 个合计其不确定性与非连续性的评分，选出 10 % 的主要(30个课题)和 10 % 的次要(30个课题)，并按国际竞争力分别对上述主要课题和次要课题进行排列（见图 12）。

进一步对四类情况开展分析，可以将技术分为四类。

类别 I：不确定性与非连续性相对较高，日本

的发展潜力也相对较高，主要集中于再生医疗、汽车用燃料电池・二次电池、地震发生预测等技术方向，见表 6。

类别 II：不确定性与非连续性相对较高，日本的发展潜力相对较低，主要集中于网络安全、精神疾病、传染病等技术方向，见表 7。

类别 III：确定性与连续性相对较高，日本的发展潜力相对较低，主要集中于网络技术、医疗数据的使用、林业、监视等技术方向，见表 8。

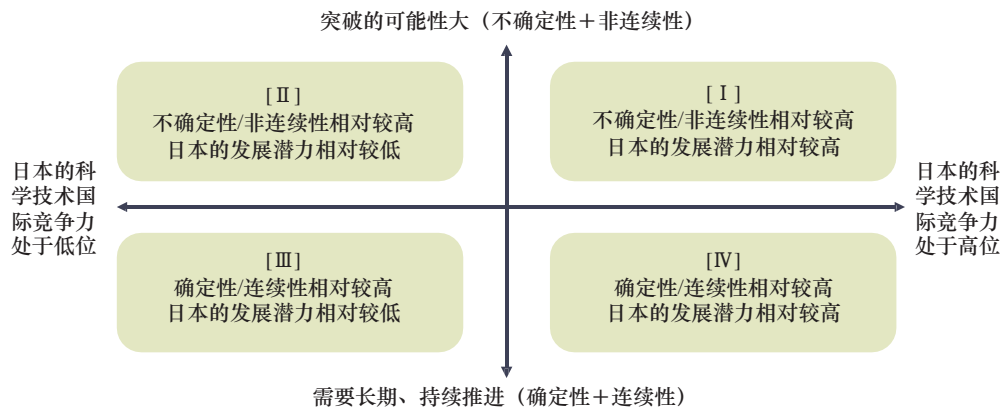


图 12 重要程度分析

表 6 类别 I 统计结果

领域	课题	重要程度	不确定性	非连续性	国际竞争力	实现时间 / 年
信息技术	依据纳米光子技术，将每单位时间内传输数据量的功耗降低至现在 1/1 000 的网络节点	3.5	3.0	2.9	3.2	2025—2030
健康医疗	了解分化细胞初始化机制的全貌	3.5	2.9	2.9	3.4	2023—2025
健康医疗	无需从分化细胞进行基因转移即可生成诱导多能干细胞（iPS cell）等干细胞的技术	3.5	3.0	2.9	3.2	2020—2025
农林水产	物流中，无需冷冻・冷藏也可保存新鲜食品 1 周的技术	3.6	3.0	2.8	3.3	2023—2025
宇宙海洋	预测 M7.0 级以上地震发生时期（1 年以内）、规模、发生地区、受灾情况的技术	3.5	3.6	2.9	3.1	2030—2032
宇宙海洋	通过分析地壳的偏态分布以及过去的地震履历等，预测发生 M8.0 级以上大规模地震的技术	3.5	3.5	2.7	3.2	2030—2030
材料	使用强关联电子的室温超导体材料	3.4	3.4	3.4	3.2	2030—2040
材料	转换效率超过 50 % 的太阳能电池	3.5	3.0	2.8	3.1	2025—2030
材料	即使采用现行大小、重量，也具有持续行驶距离达 500 km 性能（能源密度 1 kW·h/kg 以上，输出密度 1 kW/kg 以上）的汽车用二次电池	3.6	2.8	2.9	3.3	2025—2030
材料	不使用稀有金属的汽车用高效燃料电池	3.6	3.0	3.0	3.3	2025—2030

类别IV：确定性与连续性相对较高，日本的发展潜力相对较高，主要集中于电子束应用（材料、治疗）、高效发电、资源再利用等技术方向，见表 9。

（四）重点措施分析

对技术预见调查得到的重点措施结果的统计分析见图 13。由图 13 可见，为达成技术实现、人才战略及资源配置的优先级，应特别向人才战略倾斜的领域包括信息技术・分析学、材料・设备・工艺。为达成社会实现，需要提高内外协调与合作及环境治理的优先级，特别向环境治理倾斜的领域包括社会基础及服务型社会。

四、日本技术预见对我国的启示

日本在 20 世纪 60 年代提出技术预见方法并于 20 世纪 70 年代开展实践，与当时日本经济的转型发展需求密不可分。日本经济在大力学习和引进国外先进技术的推动下快速发展，在国内生产总值（GDP）超越联邦德国成为世界第二后，在许多领域都已经世界领先，成为引导者。面对角色的转变，制定合适的科技政策、保持经济的持续发展，成为日本政府十分关心的问题，客观上需要政府在制定科技政策时具有前瞻性和预见性 [3]。当前，我国正处于创新驱动发展和经济转

表 7 类别 II 统计结果

领域	课题	重要程度	不确定性	非连续性	国际竞争力	实现时间 / 年
信息技术	弄清计算的困难性，实现新的计算模型：以理论性解决计算困难问题的模型为基础，构建现实且极限性解决问题的平台	3.5	3.0	3.0	2.9	2027—2035
信息技术	识别攻击者攻击模式的动态变化，并自动实施适于其攻击的防御技术	3.6	3.0	2.9	2.7	2020—2022
信息技术	防止可访问系统的人实施内部犯罪的技术	3.6	3.1	2.8	2.7	2020—2024
健康医疗	继低分子化合物、抗体、核酸之后的新功能分子医药	3.5	3.0	3.0	2.8	2024—2025
健康医疗	根据阐明的精神分裂症大脑病理，制成配合回归社会且副作用少的新抗精神病药	3.5	3.0	2.8	2.7	2027—2031
健康医疗	根据抑郁症大脑病理的亚型诊断分类，创造具有速效性且不复发的新抗抑郁症治疗法	3.5	3.0	3.0	2.7	2025—2029
健康医疗	根据阐明的双极性障碍大脑病理，制成预防再发且副作用少的新型情绪稳定剂	3.5	3.0	2.8	2.8	2028—2030
健康医疗	根据自闭症谱系障碍的大脑病理，创造进行自主社会生活的治疗和介入法	3.4	3.1	2.9	2.6	2025—2030
健康医疗	不受病毒抗原变异等的影响，可在数次接种中预防终身感染的流感疫苗	3.4	3.3	3.0	2.5	2025—2030
材料	并非赋予其结构并预测其功能，而是自身可以预测其具有功能和物理性能结构的模拟技术	3.5	3.0	2.9	2.9	2025—2030

表 8 类别 III 统计结果

领域	课题	重要程度	不确定性	非连续性	国际竞争力	实现时间 / 年
信息技术	自动构成有线和无线综合网络的技术，以使使用者未意识到变化，而可利用的状态时刻都在变化着的网络访问	3.4	2.3	2.3	2.9	2020—2022
信息技术	根据动态适应系统内外部动作状况实施的网络虚拟化技术，高可靠且持续提供期望服务的网络	3.4	2.3	2.4	2.9	2020—2020
健康医疗	基于合理利用生活方式大数据的疾病预防法	3.4	2.3	2.3	2.7	2020—2025
健康医疗	合理利用电子病历卡系统、检查和处方等医疗数据以及各种网络数据、基于全面传染病监测系统的传染病流行预测和报警系统	3.5	2.3	2.2	2.5	2020—2022
健康医疗	使用病原体数据库的未知病原体分离鉴定技术	3.5	2.4	2.3	2.7	2022—2025
农林水产	确立基因改变农作物和动物的安全性评估法	3.6	2.3	2.3	2.7	2024—2025
农林水产	确保人工林从间伐期到全伐（伐光）期采伐后再生产的造林技术	3.5	2.3	2.0	2.3	2021—2025
农林水产	为实现写字楼等中高层木质建筑物而开发的高强度木质构件和木质耐火结构	3.4	2.2	2.3	2.6	2020—2025
宇宙海洋	面向确保国民安全和产业利用、通过人造卫星进行的高精度国土监视系统	3.5	2.2	2.2	2.9	2025—2025
社会基础	可用于低高度自主飞行领海监视、灾害监视、救援辅助等多种用途的无人驾驶飞机	3.4	2.3	2.3	2.9	2020—2025

型升级的关键时期，面向建设科技强国的战略目标，需要借鉴日本的成功经验，充分重视技术发展的不确定性和非连续性，高度重视社会需求、政策措施

等因素对科技发展的作用，面向我国全面建成小康社会的愿景目标，系统开展科技发展路径研究，主动谋划和塑造未来，引领世界科技发展的趋势。

表 9 类别Ⅳ统计结果

领域	课题	重要程度	不确定性	非连续性	国际竞争力	实现时间 / 年
健康医疗	使用不妨碍日常生活并可在短期内进行癌症治疗的、强度调变式小型粒子束照射装置的治疗法	3.5	2.2	2.2	3.3	2025—2030
宇宙海洋	在未铺设海底电缆系统的海域观测浮标式海啸及地壳变动的技术	3.5	2.2	2.3	3.4	2025—2030
宇宙海洋	在软 X 射线领域超过 SPring-8 的中型高亮度辐射光设施 (电子能源 3 GeV, 水平发射度 1.2 nmrad 以下、亮度 1 020 phs/s/mm ² /mrad ² /0.1 % BW 以上)	3.6	2.0	2.6	3.4	2020—2020
宇宙海洋	使用中子和 X 射线, 在实际运转过程中使功能材料、结构材料的三维应力和偏态分布可视化, 并可现场观测的技术	3.5	2.2	2.4	3.2	2020—2022
宇宙海洋	根据基于光纤网络的频率链接技术, 远程也可同样利用高精度标准、基准信号、位置信息等的技术 (使用光载波频率的基于光纤连接技术、光梳传输技术、GPS 时间同步技术的高稳定化、超高精度化技术等)	3.4	2.2	2.4	3.2	2021—2025
环境资源	实现 46 % 效率 (HHV 基准) 的 720 °C 级超临界压力火力发电技术	3.4	2.4	2.2	3.3	2022—2025
环境资源	基于大规模、高效汽轮机 (进口温度 1 700 °C 以上) 的大型联合循环发电技术	3.4	2.3	2.2	3.2	2021—2025
环境资源	从小型电子设备类、核废物和污水污泥焚烧飞灰中合理回收利用稀有金属的技术	3.4	2.4	2.2	3.2	2022—2026
环境资源	在发展中国家可为一般大众所利用的经济型污染水净化和再利用技术	3.6	2.3	2.1	3.2	2020—2025
服务型社会	以失智症的逛游患者为首, 普及一般消费者能够自然掌握的看守终端技术	3.5	2.2	2.3	3.2	2020—2022

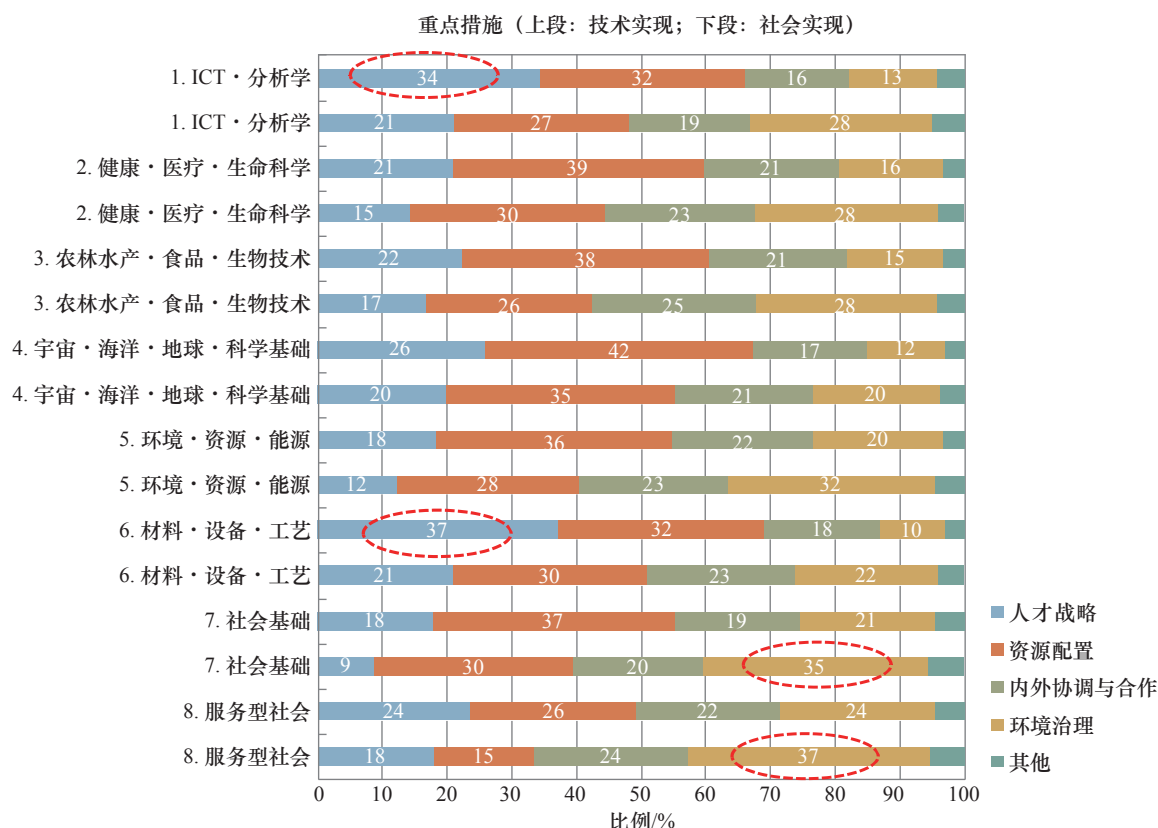


图 13 影响因素分析

参考文献

- [1] 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. Analysis on the development stage and future trend of technology foresight in Japan [J]. Competitive Intelligence, 2016, 12 (3): 37-42.
- [2] National Institute of Science and Technology Policy. Japan's 10th science and technology foresight [EB/OL]. (2015-08-12) [2016-10-15]. <http://www.nistep.go.jp/aehiev/ftx/eng/mat077e/html/mat077ae.html>.
- [3] 陈春, 肖仙桃, 孙成权. 文献计量分析在日本技术预见中的应用 [J]. 图书情报工作, 2007, 51 (4): 52-55.
Chen C, Xiao X T, Sun C Q. The application of bibliometrics analysis on the technology foresight in Japan [J]. Library and Information Service, 2007, 51 (4): 52-55.