

产业发展对工程科技的需求分析方法与实践

庄芹芹

(中国社会科学院数量经济与技术经济研究所, 北京 100732)

摘要: 随着全球技术竞争加剧, 面向产业发展需求科学预见工程科技的重点发展领域十分迫切。技术预见活动经历了从技术预测到技术预见的发展历程, 从定性到定量再到综合分析的方法演变。通过归纳分析定性技术预见、定量技术预见、组合型技术预见、面向需求的技术预见的不同含义和具体方法, 在总结各国技术预见方法与实践基础上, 提出重点产业发展对工程科技需求研究的实施路径。技术预见活动要从经济社会发展愿景出发, 结合国家重大战略导向, 基于重点行业发展预测, 运用多种定性定量方法, 综合判断和识别重点产业发展的工程科技需求。

关键词: 技术预见; 工程科技; 德尔菲法; 产业发展; 需求分析

中图分类号: F204; G301

文献标志码: A

文章编号: 1000-7695 (2022) 10-0027-07

Analysis Method and Practice of Industry Development Demand for Engineering Science and Technology

Zhuang Qinqin

(Institute of Quantitative & Technical Economics, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100732, China)

Abstract: With the intensification of global technological competition, it is urgent to predict the key development areas of engineering science and technology systematically. Technology foresight activities have experienced a development process from technology prediction to technology foresight, and the evolution from qualitative to quantitative and multiple methods. Based on analyzing the different meanings and specific methods of qualitative technology foresight, quantitative technology foresight, combinatorial technology foresight, and demand-oriented technology foresight, this paper summarizes the technology foresight methods and practices of various countries, puts forward an implementation path to analyze the development of key industries on engineering technology needs is. It is necessary for technology foresight activities to proceed from the economic and social development vision, combined with the country's major strategic guidance, based on key industry development forecasts, and use a variety of qualitative and quantitative methods to comprehensively judge and identify the engineering science and technology needs for the development of key industries.

Key words: technology foresight; engineering science and technology; Delphi method; industry development; demand analysis

1 研究背景

工程科技是科学技术转化为现实生产力的关键技术环节, 是国家产业竞争能力和建设现代化经济体系的重要支撑。习近平总书记指出, 工程科技是推动人类进步的发动机, 是产业革命、经济发展、社会进步的有力杠杆。随着技术创新体系日益高度融合与复杂化, 全球科技竞争更加激烈, 尤其是中美贸易摩擦升级为高科技领域的技术竞争, 系统谋

划工程科技发展战略服务我国创新驱动战略实施与中长期科技规划制定十分必要。

随着全球经济、科技和社会的协调发展趋势加强, 技术预见成为世界科技政策研究热点, 在经济社会大系统中预测未来技术发展趋势与重点领域愈发必要。技术预见是指有步骤地对科学、技术、经济、环境和社会的远期未来进行探索, 以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为目标^[1]。该定义厘清了技术预见与技术预测

收稿日期: 2021-10-30, 修回日期: 2022-01-04

基金项目: 国家自然科学基金项目“2040 重点产业发展对工程科技的需求分析”(L1624042); 中国社会科学院青年科研启动项目“面向高质量发展的多层次资本市场支持企业创新研究”(IQTE2019QNXM)

的区别，认为技术预见侧重于发现技术本身的演进速度和方向，强调技术的战略意义、关键性和通用性及其对经济社会产生的效益^[2]。技术预见活动经历了从技术预测到技术预见的发展历程，逐渐向经济、社会各个领域渗透，涉及主体从企业不断扩散到政府、科研机构等。具体来说，技术预见可以分为5个发展阶段：第一阶段以关注技术预测本身为主；第二阶段侧重技术与市场关系，开始强调技术的经济性；第三阶段侧重国家创新体系，关注技术、市场与社会的综合关系；第四阶段则升级为国家创新生态系统，面向全球科技创新发展趋势，强调主体要素的集聚；第五阶段则关注技术与实践结合，从战略角度分析创新决策中的多个主体要素^[3]。

近年来，需求研究在技术预见实践中的应用逐渐加强，关键技术是否能够满足未来经济社会发展愿景成为重要标准。作为与经济社会联系最为密切的技术类型，经济社会发展需求对工程科技的拉动作用不断加大，工程技术发展的过程即是满足和创造经济社会需求的过程。产业作为连接宏观经济与微观主体的重要纽带，是工程科技发展的重要载体。为强化产业发展的工程技术支撑，推动工程科技需求研究的科学性，系统分析当前技术预见的方法与实践经验，提出产业发展对工程科技的需求研究路径具有重要现实意义。

2 技术预见的方法演进与应用实践

随着技术预见目标、内涵和范围等不断发展演进，技术预见方法经历了从定性到定量再到综合研究方法的演进过程。早期技术预见以定性分析方法为主，比如德尔菲法、专家访谈法等，后期开始逐渐引入定量研究方法，比如文献计量、专利分析等，以推动预见结果的客观性。当前国内外主流的技术预见方法综合运用定性定量多种方法，将定量方法的全面客观与定性方法的深入专业等优势相结合，克服使用单一方法的弊端，更加准确而全面刻画技术发展趋势^[4]。未来随着技术活动更加复杂、技术目标不断提升、预见对象逐渐细化，技术预见方法体系也面临着变革，朝着强调技术适用性、强化定量分析以及方法创新性等趋势演进^[5]。与此同时，相对于以技术本身发展为重点的技术预见，随着社会发展愿景对技术的引致效应逐渐突出，技术预见更加强调面向需求的分析方法。在实践方面，国家层面大规模技术预见方法主要采用德尔菲法、情景分析法、技术路线图、文献计量和专利分析等，并有逐渐向多种方法组合使用转变的趋势，组合方法的数量和种类也在不断丰富^[6]。技术预见的主要方

法总结见表1。

表1 技术预见的主要方法

方法类型	具体方法
定性技术预见方法	德尔菲法、专家访谈法、专家会议法、头脑风暴法
定量技术预见方法	文献计量分析、专利分析
组合型技术预见方法	技术路线图－德尔菲法；德尔菲法－文献计量/专利分析；情景分析－德尔菲法－文献计量/专利分析
面向需求的技术预见方法	情景分析法、社会经济需求调查分析法

2.1 定性技术预见

定性技术预见主要以专家经验作为基础，最常用的为德尔菲法，专家咨询法和头脑风暴法的应用也较为广泛。德尔菲法也称为专家规定程序调查法，在技术预见方法中处于核心地位，通过专家咨询方式进行大规模调查，进而达成技术预见共识。具体通过邀请行业内的权威专家组成专家小组，采用背对背通信进行无记名调查搜集成员的意见，经过多轮搜集，将专家的技术预见意见进行汇总，在专家意见趋近于统一时对未来技术发展进行研判，包括组建预见小组、选择参调专家、设计调查问卷、多轮调查以及结果汇总反馈等步骤。德尔菲方法的优点和缺点都比较明显，优点是能够充分发挥各位专家的作用，集思广益、准确性高，同时匿名的问卷方式也能避免出现极端特殊情况，使得结果更加客观；缺点则在于实施过程复杂且耗时过长，主观片面性较强，组织者的主观意见也可能影响技术预见的准确性。德尔菲法是目前国内外应用最广泛的技术预见方法。日本文部科学省科学技术政策研究所开展的10次技术预见活动均采用德尔菲法，由各科技领域的分学会组成预见调查委员会，从技术领域－技术课题的二元结构调查内容入手，形成未来30年日本重点考虑的科学技术预见项目。穆荣平等^[7]借鉴国内外研究经验，提出了我国未来20年技术预见研究的德尔菲调查问卷设计思路与统计分析方法。

专家访谈法指由访问人与领域专家面对面交谈，获取专家对技术发展方向的意见或建议。根据访谈程序的标准化程度和形式灵活性，分为结构式访谈、半结构式访谈以及无结构式访谈3种类型。英国的技术预见计划项目就主要采用了专家访谈和研讨会方式，对科研和商业领域的领军人物进行了访谈，召开研讨会邀请工业界、学术界、政府部门等不同领域专家学者参加。美国的《国防2045：为国防政策制定者评估未来的安全环境及影响》评估报告发布前，为明确未来安全环境驱动因素，也广泛访谈了来自产业界、学术界等领域的领军专家。

专家会议法指以问卷调查、咨询、研讨等形式

充分收集相关专家对领域技术发展的意见,分析得出未来技术的发展方向、关键技术和颠覆性技术等。该方法的不足之处在于容易受到专家主观心理影响,出现从众等影响结果可靠性。由于研究领域的特殊性,专家会议法在医学研究领域占据着重要的位置,比如一种新型抑制剂研发过程中采用专家会议方式讨论抑制剂功效。与专家会议方法形成群体思维的方式不同,头脑风暴法的初衷是选择合适的专家组来克服专家会议方法的缺陷,具体方式包括寻找互不认识、职位不同的专家,不事先宣布参加人员职称、同等对待各职级专家意见等,避免专家组成员受心理互相作用的影响。相对于德尔菲法多轮问卷调查,专家会议法更为直接地召开研讨会征求专家意见,综合时间成本更低,但也存在缺乏民主性、意见由个别专家主导等问题。

2.2 定量技术预见

相比定性技术预见方法,定量技术预见方法以数据分析为基础,在实际操作过程中较少受到主观因素的影响,受到越来越多专家学者的关注。该方法依据获得数据的来源不同可以进一步分为文献计量和专利分析等。

文献计量(科学计量)分析是运用数学、统计学等方法对一定时期学者发表的研究文献进行引文和词频分析,对已发表的科技论文进行挖掘分析,总结归纳科学技术发展状况、特点和趋势,找出行业或领域的关键技术。按文献计量过程中具体使用的引文信息或关键词信息,文献计量分析包括引文分析和词频分析两大类。文献计量方法主要运用数据挖掘等方法收集大量文献数据,总结规律进行技术预见,具有较强的客观性,但是如果收集的文献资料不够全面、数据量不够多,就容易造成预见结果准确性不高,因而只适用于发展较为稳定的领域。比如汪潘义等^[8]利用中国期刊全文数据库分析了我国区域产业同构问题。

专利分析是对专利说明书、专利引文、同族专利等进行统计分析,以确定技术领域的核心专利、关键专利权人或发明人,获得技术发展趋势的动态信息。具体来说,专利分析方法可分为国际专利分类(IPC)分布分析、专利技术生命周期图、专利技术功效矩阵图和专利引文分析4类。其中,IPC分布分析是以专利文献中的技术分类号作为研究对象的技术预见方法;专利技术生命周期图通过可视化图表描述该领域的具体技术构成、发展趋势、发展过程与所处阶段以及技术空白点和主要研发团队等,以帮助技术预见主体评估在此技术上投入研发资源的最佳时间^[9]。

2.3 组合型技术预见

由于单一的定性或定量技术预见方法可能会在客观性和准确性上存在缺陷,因此越来越多的国内外学者将多种技术预见方法进行组合,形成了灵活的组合型技术预见方法。

一是技术路线图-德尔菲法。德尔菲法在实现过程中存在成本高、耗时久等问题,运用技术路线图进行技术预见虽然方便简单,但对技术人员的素质和水平要求较高,因此,将两种方法优势相结合,运用技术路线图直观描述技术变化过程和技术之间的联系,以挖掘领域内的热点技术;之后利用德尔菲法对专家进行匿名问卷调查,确保所发现的热点技术具有可行性^[10]。二是德尔菲法-科学计量(文献计量)/专利分析。国内外学者大多在德尔菲法基础上增加以文献计量和专利分析为代表的定量分析,形成以专家决策为中心,充分利用数据支撑的科学系统的技术预见方法。Robinson等^[11]在德尔菲法基础上增加了专利分析,将定量分析结果作为技术预见背景资料提供给德尔菲调查专家以增强调查客观性。刘宇飞等^[12]则将专利分析和文献计量流程化、系统化,形成了以技术集中度、技术生长率和技术成熟度系数等为代表的指标库,方便专家学者及时了解特定技术领域发展趋势。三是情景分析-德尔菲法-科学计量(文献计量)/专利分析。与其他预测方法不同,情景分析法基于未来发展不确定性,得出关于不同发展情景下的技术预测,在实践中大多将情景分析法与德尔菲法、科学计量法进行组合运用。

2.4 面向需求的技术预见

传统技术预见方法多从技术本身出发,基于技术演进规律和行业经验综合分析。随着社会发愿景对技术的引致效应日益突出,面向需求的技术预见方法开始广泛应用。其中,情景分析法主要分析未来情景对目标产生的影响,最早由20世纪40年代美国兰德公司发明,目前已经成为多家知名跨国公司常用的预测方法。20世纪90年代情景分析法被引入我国,目前在能源预测、环境预测、经济预测等领域得到了成功应用。情景分析法强调塑造未来,认为事物发展受各种因素影响,通过对多种情景充分描述、考虑各种因素才能有效预见未来。

社会经济需求调查分析则是通过调查直接获取未来经济社会发展重点需求的方法。具体包括以下3个阶段:一是形成候选需求目录清单。在资料研究基础上形成需求框架,对重要利益关联群体和社会各界代表访谈,以完善目录框架,在此基础上,通过互联网等展开调查,初步形成需求目录清单;

二是确定需求目录，经过专题专家组反复研讨，按照层次结构和权责形成目录清单；三是展开需求清单与科技事务关联分析，根据需求清单目录研究未来社会对应挑战，并与技术预见其他板块进行交叉验证。

总体而言，随着国内外专家学者对技术预见方法研究的深入，单一技术预见方法有预见结果准确度较低、主观性强、历时长、成本高等不足之处。因此，越来越多技术预见活动采用两种或两种以上的方法组合，以提高技术预见结果的科学性和准确性。国内外技术预见逐渐由定性分析向定量分析过渡，并形成了技术预见的综合分析方法。我国早期的技术预见研究过度依赖德尔菲法，文献计量、专

利分析、数据挖掘等定量分析方法的引入和广泛应用有效弥补了定性方法客观性不强的缺点，成为我国技术预见研究使用的主要方法之一。与此同时，随着需求侧技术预见方法逐渐成熟，技术预见活动注重面向需求的多种方法综合运用。

3 世界主要国家的技术预见分析

世界各主要国家纷纷开展了大量技术预见活动，不仅有日本、韩国等传统技术预见国家，还包括德国、英国、法国等欧美发达国家，以及印度、中国等发展中国家。据统计，截至 2014 年，全球已有 79 个国家开展了 2 270 次技术预见活动（见图 1）^{〔13〕}。

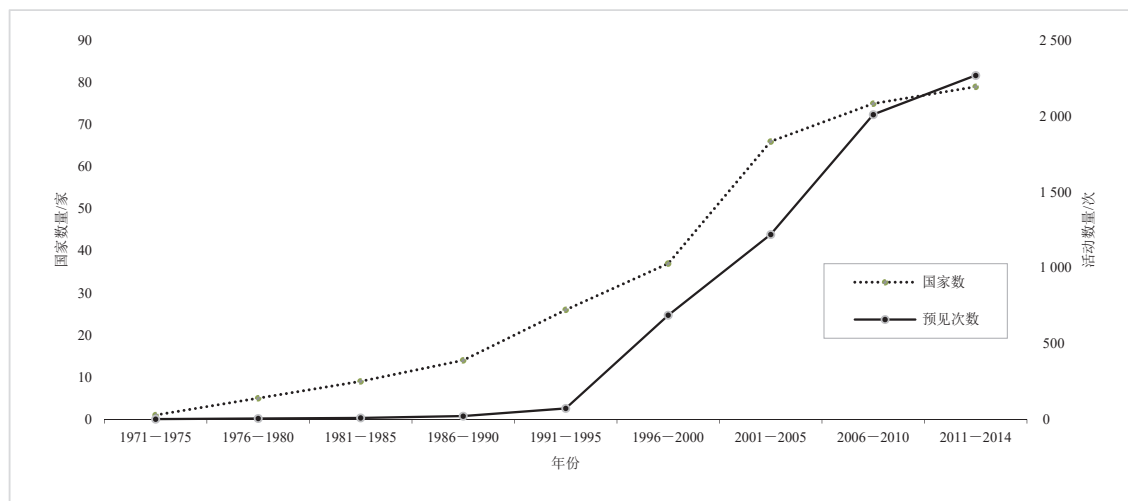


图 1 全球开展技术预见活动国家及预见活动数量

3.1 日本

日本是全球最早由政府组织实施大规模技术预见的国家。作为技术立国的典范，20 世纪 70 年代日本科技发展实现了追赶，达到世界领先水平，逐渐失去了模仿和引进先进技术的对象。为了明确未来科技发展方向，技术预见开始受到日本政府的高度重视。自 1971 年起，日本每 5 年进行一次技术预见调查，截至 2015 年，日本已经完成了 10 次技术预见活动（见表 2）^{〔14〕}。1971 年日本开展了第一次全国范围内的技术预见调查，成为首次运用德尔菲法进行技术预见的国家。日本开展的前 6 次技术预见基本采用单一的德尔菲法。自 20 世纪 90 年代，日本开始将技术预见调查应用到制定科技政策，技术预见调查结果成为制定日本科技规划和政策的技术支撑。进入 21 世纪，技术预见调查继续服务于日本的科技规划与政策制定，依然是日本关键技术与技术优先次序选择的依据，同时技术预见方法也更加多样。2001 年日本的第 7 次技术预见引入了需求

分析法，开始将多种技术预见方法组合应用；2005 年的第 8 次技术预见在采用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 3 个社会技术基础领域——产业基础结构、社会基础结构、社会科学与技术；2010 年的第 9 次技术预见在应用德尔菲法和情景分析法基础上，通过研讨会方式调查了区域创新能力，关注科技对社会发展的影响和贡献。与此同时，技术预见调查逐渐强化需求导向，以解决日本社会面临的重大问题和挑战为主要目标。

2015 年，日本开展第 10 次技术预见，以德尔菲法为研究基础，结合情景分析法和未来愿景分析勾画未来情景，注重科技政策与创新政策一体化，大大提高了技术预见的科学性和准确性^{〔15〕}。具体实施过程如下：首先，面向众多专家学者开展社会愿景调查，共同分析未来社会结构和愿景；其次，采用在线德尔菲法实施技术预见，通过互联网向各个领域专家展开大规模问卷调查，完成预期未来能

够实现的科学技术摘要,邀请专家评估技术重要性、国际竞争力等;最后,基于科学技术群整合,推进面向愿景实现的多选项技术研究^[16]。

表2 日本10次技术预见活动的主要方法

年份	技术预见活动	具体方法
1971	第一次技术预见	德尔菲法
1976	第二次技术预见	德尔菲法
1981	第三次技术预见	德尔菲法
1986	第四次技术预见	德尔菲法
1992	第五次技术预见	德尔菲法
1997	第六次技术预见	德尔菲法
2001	第七次技术预见	德尔菲法+需求分析法
2005	第八次技术预见	德尔菲法+需求分析法+情景分析法+文献计量法
2010	第九次技术预见	德尔菲法+情景分析法+研讨会法
2015	第十次技术预见	在线德尔菲法+情景分析法+未来愿景分析法

3.2 英美德

英国借鉴日本先进经验,综合运用德尔菲法、情景分析法、专家会议等方法展开技术预见。第一轮技术预见(1994—1998年)运用德尔菲法、市场分析、情景分析,预见时间为10年~20年,分为15个领域小组。第二轮技术预见(1999—2001年)运用德尔菲法、研讨会法、情景分析等,仍以领域小组展开,但是缩减到了10个小组,主要关注科技与社会领域的创新机会,强调小组间的横向交流。第三轮技术预见(2012—2017年)综合运用德尔菲法、专家咨询、专利分析、科学计量和情景分析等方法。具体来说,首先向1000多位来自学术界和产业界的专家发放问卷进行德尔菲调查;其次对知识产权局专利以及英国创新和研究委员会的研究资助进行专利分析,并对一定时期内发表的约100篇科技论文进行文献计量分析,形成对英国技术发展现状的基本判断;之后召集业界、学界和投资界专家开展多轮圆桌会议,就能够促进英国未来20年可持续发展的技术领域进行座谈;最后对筛选出的50多种重点技术进行市场前景的情景分析^[17]。

美国的技术预见活动始于20世纪30年代开展

的技术预见与国家政策研究,经历了兴起、衰落和复兴3个阶段。冷战时期,美国兰德公司成立并创立了技术增长曲线、情景分析法和德尔菲法等技术预见方法^[18]。到了20世纪70年代末,由于军方需求减弱,市场需求尚未纳入技术预见,技术预见活动开始衰落。到20世纪80年代末,信息技术革命兴起,美国开始重视科技战略,重新启动国家关键技术研究,面向需求的技术预见活动复兴。

德国的技术预见活动则始于1992年与日本的技术预见合作,开始两轮主要借鉴日本的技术预见方法,通过问卷进行德尔菲调查,2001年第3轮技术预见则采用了德尔菲法和情景分析法。在借鉴日本技术预见方法基础上,德国开始建立自主技术预见方法体系,以识别未来科学技术的优先发展领域,综合德尔菲法、情景分析法和专题研究等多种方法,分别于2007—2009年和2012—2014年围绕社会发展愿景开展技术预见活动。

3.3 中国

综上可知,技术预见已成为各国制定科技发展战略、规划和政策过程中不可或缺的内容,为识别国家战略需求和把握世界科技前沿趋势提供了有效工具。我国系统性技术预见活动主要由科技部和中国科学院承担。由科技部牵头的技术预见活动开始于20世纪80年代,已经先后开展了5次^[12],主要服务于国家科技规划和政策制定(见表3)。早在20世纪80年代,科技部借鉴了日本、美国等国家的技术预见方法,对10个产业技术发展进行预测,之后几轮技术预见继续服务科技规划制定,并随着技术变革向更广泛领域拓展,为确定重点发展的技术领域提供依据;在预见方法上,也逐渐由单一方法转向综合方法,比如在第4次技术预见中使用德尔菲法、情景分析、文献计量与专家研讨等方法,第5次技术预见则采用以德尔菲法为主、文献计量与专利分析相结合的综合分析法。

表3 科技部历次技术预见活动主要情况

时间	领域或行业	备选技术/项	关键技术/项	参加人数/人	应用情况
20世纪80年代(第1次)	通信、生物等10个行业				预测机构成立,服务政府规划
1992—1995年(第2次)	信息、制造、材料、生物4个领域	61	24	1000	“九五”科技发展规划服务
1997—1999年(第3次)	农业、信息与制造3个领域	308	128	1200	“十五”科技规划服务
2003—2005年(第4次)	信息、生物、新材料、能源、资源环境、制造、农业、健康和公共安全9个领域	794	89	3000	“十一五”科技规划服务
2013—2015年(第5次)	交通、资源、城市化、遥感、海洋等14个领域	2097	120	31000	“十三五”科技规划服务

作为科学技术研究领域的战略国家队,中国科学院于2003年开展我国未来20年技术预见研究,并分别于2005年和2008年完成了4个不同领域的技术预见工作。2009年中国科学院发布了《创新

2050:科技革命与中国的未来》系列报告,描绘了我国2050年的科技发展路线图,提出构建以科技创新为支撑的八大经济社会基础和战略体系¹⁾。除此之外,在地市层面,上海和北京于2001年率先启动

技术预见研究，其中上海市科学学研究所至今已开展了3轮技术调查。广东、山东、云南、新疆以及武汉、天津等地区也先后开展了区域技术预见活动。

工程技术作为连接科学发明、技术发明、工程建设以及经济增长的重要领域，其发展的可预见性、可引导性更强，因此，作为中国工程科技 2035 发展战略研究项目的一部分，2015 年中国工程院与国家自然科学基金委员会联合开展了我国工程科技 2035 技术预见，对我国未来 20 年工程科技关键技术进行预测与选择，旨在提高我国工程科技中长期发展战略的前瞻性、系统性与科学性。此次技术预见活动强调技术预见、需求分析与技术路线图结合的综合应用，以满足工程技术发展的技术前瞻、愿景需求以及技术路径选择需要，重视需求的牵引带动作用，以工程技术愿景分析为背景，以专家研讨与德尔菲法为主体，综合运用文献计量、专利分析、专家研讨、情景分析、技术路线图和经济预测等系统方法，识别优先发展的技术领域与技术项。此次技术预见涉及信息与电子、先进制造、先进材料、能源与矿业、环境生态与绿色制造、空间海洋与地球观测、城镇化与基础设施、交通、农业与食品、医药卫生与人口健康、公共安全等 11 个领域，为工程科技中长期发展提供了重要支撑^[19]。

4 产业发展对工程科技需求分析的实施路径

通过以上对技术预见的方法演进和应用分析，结合主要国家技术预见的实践经验，面对当前我国创新驱动发展和产业技术创新的战略需求，提出产业发展对工程科技的需求分析的实施路径如下（见图 2）：第 1 条路径是描绘出未来经济社会发展愿景，基于对未来经济发展、社会形态、生态环境变化、生活消费方式、生产制造模式、交通方式、医疗卫生模式等分析，在此基础上提炼满足未来多维度经济高质量发展和人民生活的重点需求，进而分析未来经济社会发展对工程科技的需求；第 2 条路径是结合国家重大战略的导向，分析医疗卫生、能源、信息技术等行业发展的目标定位和发展约束，分析各行业发展对工程科技的需求方向；第 3 条路径是基于未来的医药、能源、信息技术等行业发展规划以及研发投入、生产效率等方面预测未来重点产业的发展，在此基础上提炼促进未来产业发展、解决关键现实问题的重点需求，进而分析各行业未来发展对重点领域工程科技的需求。由此，结合社会发展愿景、国家重大战略分析以及重点行业发展预测等多种判断方法，综合界定医疗卫生、能源、信息技术等产业工程科技的需求方向。

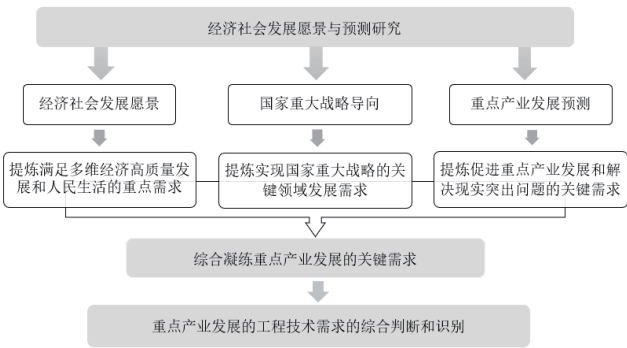


图 2 未来重点产业发展对工程科技需求的研究框架

在具体实施中，要将未来经济社会发展愿景、国家重大战略与重点产业的目标定位和发展约束三者相结合。一是工程技术发展要立足于解决好时代矛盾。新时代的经济社会主要矛盾已经转变为人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分的发展之间的矛盾，不仅要强调技术，而且要关注更为宽泛的经济、社会、生态、环境甚至伦理等问题。实践中，需要技术专家与经济、社会管理专家联合进行全面多维度愿景分析，提炼满足未来多维度高质量发展与人民生活需要的重点需求^[20]。二是基于国家重大战略，结合我国国情和发展需求，针对未来重点技术方向，开展工程科技发展路径设计，强调工程技术的战略导向性，提炼实现国家重大战略的关键领域发展需求。三是立足产业发展，强调工程科技紧密贴近市场，把握产业发展规律，按照“产业—企业—产品—技术”的需求侧路径，着眼于产业发展的问题和需求，提炼促进未来产业发展和解决现实突出问题的关键需求。最后，通过提炼实现国家重大战略的关键领域发展需求、满足未来多维度高质量发展和人民生活需要的重点需求，以及促进未来重点行业发展和解决现实突出问题的关键需求，综合凝练出重点产业发展的关键需求，实现对重点产业发展的工程技术需求的综合判断和识别。

在相关研究中，可采用专家访谈法、情景分析法、德尔菲调查法等多种方法组合的综合研究方法。一是在问卷设计方面，要以经济社会发展愿景、国家重大战略目标定位和重点行业发展预测为前提，针对实现时间、重要程度、预期效果、国际比较、现实制约因素、技术研发途径、技术研发主体、应采取措施等内容进行问卷设计。调查问卷设计是决定德尔菲法成败的关键，要有针对性地设计符合研究特点的调查问卷。二是对行业专家、技术专家、企业专家、经济学家、社会学家和其他利益相关者进行多层次降维访谈调查，其中多层次专家的筛选

和过程管理是关键问题。三是在结合社会发展愿景、重点行业发展、国家重大战略，分析各行业发展对工程科技的需求，运用综合分析方法将上述不同维度的工程科技需求预测结果整合，提炼重点产业发展对工程科技的具体需求。

5 结论

系统谋划工程科技发展既是推动科学技术转化为现实生产力的关键环节，也是我国实现科技自立自强的有力支撑。近些年来，技术预见成为世界各国科技政策研究的热点，在经济社会大系统中预测未来技术发展趋势愈发必要。工程技术发展是满足和创造经济社会需求的过程，国内外技术预见逐渐加强了需求研究，将满足未来经济社会发展愿景作为遴选关键技术的重要标准。技术预见经历了从技术预测到技术预见的发展历程，逐渐向经济、社会各领域渗透，涉及企业、政府到科研机构等多主体，日本、英国、美国、德国等国家纷纷开展了大规模的技术预见活动。随着国内外专家学者对技术预见方法研究的深入，单一技术预见方法的缺点逐渐显现，技术预见方法呈现多元化发展的趋势。

产业是经济社会发展愿景的经济载体，为强化产业发展的工程技术支撑，推动工程科技需求研究的科学性，系统科学研判重点产业发展的工程科技需求是进行工程科技关键技术预测选择的前提条件。基于对技术预见方法的理论分析与技术预见实践的系统性总结，本研究提出了产业发展对工程科技需求分析的可行路径，即要以未来经济社会发展愿景为起点，面向国家中长期重大战略要求，再追溯到现有产业资源技术约束，推导出生产活动对应工程技术需求，进而制定工程技术发展中的核心技术、关键共性技术以及颠覆性技术。通过对重点产业发展的工程科技需求研究分析，以期为强化国家产业创新能力技术支撑以及创新驱动发展战略实施提供一定的理论参考。

注释：

1) 八大经济社会基础和战略体系指可持续能源与资源体系、先进材料与智能绿色制造体系、无所不在的信息网络体系、生态高值农业和生物产业体系、普惠健康保障体系、生态与环境保育发展体系、空天海洋能力新拓展体系、国家与公共安全体系。

参考文献：

- [1] MARTIN B R. Foresight in science and technology [J]. Technology Analysis & Strategic Management, 1995,7(2):139-168.
- [2] 方伟,曹学伟,高晓巍.技术预测与技术预见:内涵、方法及实践[J].全球科技经济瞭望,2017,32(3):46-53.
- [3] GEORGHIOU L. The UK technology foresight programme [J]. Futures, 1996, 28(4): 359-377.
- [4] 沙振江,张蓉,刘桂峰.国内技术预见方法研究述评[J].情报理论与实践,2015,38(6):140-144,120.
- [5] 周源,刘怀兰,廖岭,等.基于主题模型的技术预见定量方法综述[J].科技管理研究,2017,37(11):185-196.
- [6] 任海英,于立婷,王菲菲.国内外技术预见研究现状分析:基于文献计量学视角[J].科技管理研究,2016,36(14):254-261.
- [7] 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.
- [8] 汪潘义,吴凤平.基于文献计量法的我国区域产业同构问题研究分析[J].科技进步与对策,2014,31(13):64-67.
- [9] 陈旭,施国良.基于情景分析和专利地图的企业技术预见模式[J].情报杂志,2016,35(5):102-107.
- [10] 徐磊.技术预见方法的探索与实践思考:基于德尔菲法和技术路线图的对接[J].科学学与科学技术管理,2011,32(11):37-41.
- [11] ROBINSON D, HUANG L, GUO Y, et al. Forecasting innovation pathways (FIP) for new and emerging science and technologies [J]. Technological Forecasting and Social Change, 2013, 80(2):267-285.
- [12] 刘宇飞,周源,廖岭.大数据分析在战略性新兴产业技术预见中的应用[J].中国工程科学,2016,18(4):121-128.
- [13] 中国工程技术2035发展战略研究项目组.中国工程技术2035发展战略技术预见报告[M].北京:科学出版社,2019:5-34.
- [14] 高卉杰,王达,李正风.技术预见理论、方法与实践研究综述[J].中国管理信息化,2018,21(17):78-82.
- [15] 孙胜凯,魏畅,宋超,等.日本第十次技术预见及其启示[J].中国工程科学,2017,19(1):133-142.
- [16] 陈进东,宋超,张永伟,等.中国工程科技2035技术预见评估:中日技术预见比较研究[J].情报杂志,2018,37(10):62-69,81.
- [17] GOVERNMENT OFFICE FOR SCIENCE (GOS). Technology and innovation futures 2017 [R]. London: Government Office for Science, 2017.
- [18] 李建民,王丽霞.试析中国实现第三步现代化战略目标的模式选择:兼论率先现代化与强迫现代化[J].江淮论坛,2002(3):5-10.
- [19] 王崑声,周晓纪,龚旭,等.中国工程科技2035技术预见研究[J].中国工程科学,2017,19(1):34-42.
- [20] 朱承亮.颠覆性技术创新与产业发展的互动机理:基于供给侧和需求侧的双重视角[J].内蒙古社会科学,2020,41(1):112-117.

作者简介:庄芹芹(1991—),女,安徽人,中国社会科学院数量经济与技术经济研究所副研究员,中国社会科学院大学副教授,硕士研究生导师,博士,主要研究方向为技术经济学。