

技术路线图的制定与应用研究

拓晓瑞

(广东省科学技术情报研究所产业与区域研究中心, 广州 510033)

摘要: 技术路线图是一种技术预测与管理工具, 已在世界范围内得到广泛应用, 但到目前为止, 还没有形成一个普遍认可的定义。不同国家、不同学者对技术路线图的定义不同, 关注的重点也不同, 反映出技术路线图中内涵的丰富性和功能价值的多样性。通过介绍当前国内外学者对技术路线图的定义, 总结归纳了技术路线图的基本结构及制定流程, 并从国家、产业和企业 3 个层面对国内外技术路线图的应用情况进行了阐述, 指出技术路线图应用实践中存在着编制方法缺乏创新性、管理机制不健全及推广应用有待加强等问题, 进而提出了相应的对策建议。

关键词: 技术路线图; 国家技术路线图; 产业技术路线图; 企业技术路线图

中图分类号: G32; C935 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2014.11.008

技术路线图是一种具有战略性和策略性双重特性的技术预测与管理工具^[1], 已被很多国家广泛应用于国家、产业和企业的技术发展规划中, 并取得了良好的经济效益和社会效益。作为一种前瞻性的技术规划方法, 技术路线图非常关注技术与市场之间的互动关系, 并通过图形(或表格)的方式展示出市场、技术、产品及服务的发展演化路径, 从而使决策者能够有效检测外部环境变化, 制定出科学合理的技术发展规划^[2-3]。随着人们对技术路线图认识的加深, 其实践和应用范围将会进一步扩大, 有望成为政府、行业协会、企业、科研机构 and 高等院校等主体开展技术研究和重要决策工具, 对提高相关主体的科技创新和科技管理能力具有重要的推动作用。本研究以技术路线图的概念界定为切入点, 在分析研究技术路线图功能结构、编制过程及应用实践的基础上, 指出了我国在技术路线图应用过程中存在的问题, 并提出了相应的对策建议。

1 技术路线图的概念界定

技术路线图最早出现于 20 世纪 70 年代, 是由

美国摩托罗拉公司 CEO—Robert Galvin 首次正式提出并应用于企业发展实践。此后, 企业界和学术界对技术路线图给予了高度关注, 并从不同的视角对技术路线图的概念及制定过程进行了阐释。由于研究者和使用者所关注的侧重点不同, 导致技术路线图的表现和使用技巧也不一样, 到目前为止, 学术界对技术路线图还没有形成一个普遍认可的定义(见表 1 所示)。

由表 1 可知, 学者们对技术路线图的理解和认知存在一定的差异, 这也反映出技术路线图中内涵的丰富性和功能价值的多样性。美国最早提出技术路线图, 其关于技术路线图的应用经验最多, 绘制方法也较为成熟, 并且非常注重结果导向; 英国出现技术路线图也比较早, 但更关心技术路线图的形成过程和功能导向; 加拿大和澳大利亚引进技术路线图的时间较晚, 比较注重技术、产品和市场的有机结合; 中国大陆更注重技术路线图的实际应用价值, 以帮助不同行为主体进行科学决策。尽管学者们从不同的角度定义了技术路线图, 但这些定义中都包含一个共同的部分——对某一领域未来技术

作者简介: 拓晓瑞(1983—), 男, 管理学硕士、经济师, 主要研究方向为科技管理及产业经济。

基金项目: 国家社会科学基金重大项目(11&ZD140); 国家社科基金西部项目(13XJL005); 广东省科技计划项目(2012B050800004)

收稿日期: 2014-08-13

表 1 技术路线图的定义

代表性国家或学者	定义描述	关注重点
美国 Robert Galvin	技术路线图是采用绘图的形式集中表达出集体或驾驭者对某一特定领域未来技术发展变化的看法，并指出了技术的具体发展方向 ^[4] 。	注重结果——技术路线图明确了未来技术的发展方向
英国 David Probert	技术路线图是利益相关者对未来发展前景以及实现发展目标途径的看法，其目的是帮助利益相关者能够在合适的时间达到某个目标 ^[5] 。	注重过程——技术路线图的过程是利益相关者达成一致意见的过程
英国 R. Phaal	技术路线图为技术管理和计划提供了一套功能强大的方法，这种方法的特殊贡献是在组织目标、技术资源和变化环境之间建立了动态的联系 ^[2] 。	注重功能——技术路线图能使组织目标、技术和环境实现协调
加拿大	技术路线图是用来帮助行业或企业识别未来发展所需关键技术的管理过程工具，并指出了发展这些关键技术所需的项目和步骤 ^[6] 。	二者都注重过程——将产品内容和技术发展相联系
澳大利亚	技术路线图是一种全面的管理工具和规划过程，用来帮助企业识别出未来市场所需的产品和服务，帮助企业评价和选择适当的技术来满足这些需求，并做出科学有效的技术投资决策 ^[7] 。	
中国大陆	技术路线图是以图形和表格形式所表达的一个高水准的、综合的和集成的战略规划方法，主要包括 3 个层次，即企业层面、行业层面和国家层面。通过技术路线图能够明晰产业技术的未来发展方向，为企业、行业和政府的战略规划与决策提供帮助。 ^[8]	注重功能——技术路线图的应用以及对不同行为主体的指导作用

发展前景形成一致看法和实现这个前景的方法。

2 技术路线图的制定

技术路线图是以图形或表格的形式来表达一个高水准的、综合的、集成的战略规划与未来前景，其基本结构形式是基于时间的多层表，反映了各要素的组成及其战略功能的实现方式（见图 1 所示）。

图 1 是一种最基本的路线图结构形式，以时间为轴线，由低到高分别包含了资源、研发项目、技术、产品和市场 5 个方面，并重点解决了以下几个问题：我们去向何方？我们处于何种状态？我们如何达到目的？这种路线图绘制简单，使用方便，可以概括性地阐述一定范围内层和亚层标题的战略主题以及每一层次内部各要素之间的演变关系，并能够形成集成方法应用于不同状态。

2.1 技术路线图的三个层面

在实际中，可以将路线图的 5 个部分归并为顶层、中间层、底层 3 个层面：

(1) 顶层

路线图顶层是关于组织期望的目的和达成目

的的影响因素，也即“知道为什么”。在公司管理中，该层主要包括组织外部和内部期望（市场和商业需求）。

(2) 中间层

路线图中间层是关于通过什么原理达到或实现组织目的。在公司管理中，该层直接与业务内容相联系，涉及产品、服务和运作 3 个方面，反映的是“知道是什么”。

(3) 底层

路线图底层是组织内的相关资源，通过调和和集成这些资源逐渐形成将资源转化为产品的转换机制，也即“知道如何实现”。

事实上，技术路线图方法与“5 个 W 和 1 个 H 法”有着基本相同的目的，其主要用途都是为系统地收集与问题相关的信息提供一个基本分析框架^[8]，并最终为问题的解决提供一个全新的视角和方法。

2.2 技术路线图制定的四个阶段

尽管技术路线图的使用主体和应用领域存在一定的差异，但是，其制定的基本流程和流程的主要任务却有很大的相似性^[9]，大概包括 4 个阶段：

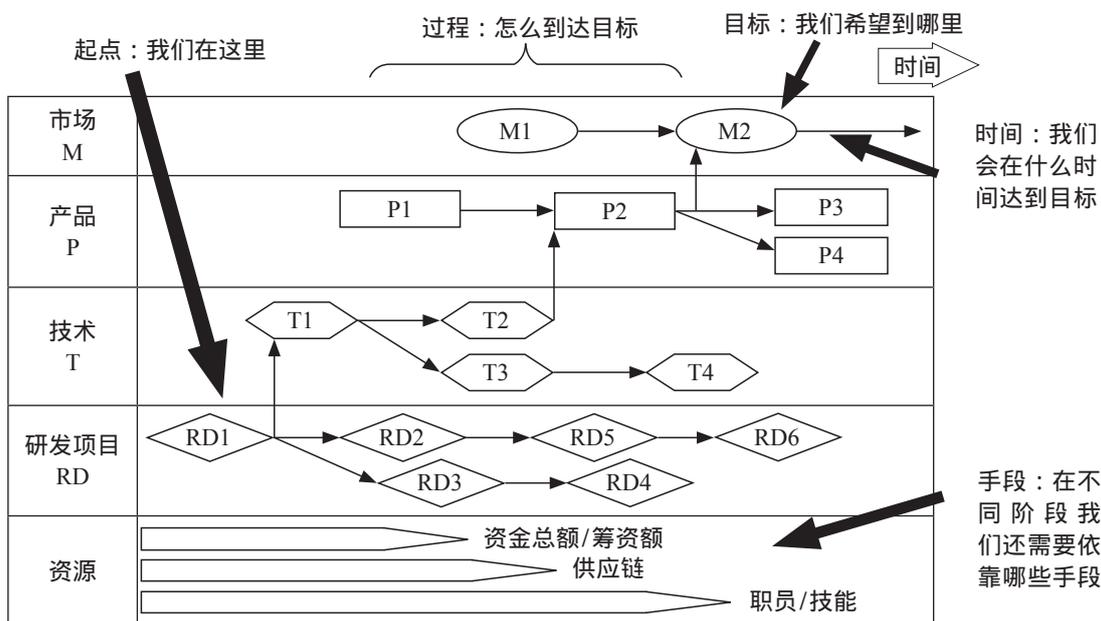


图 1 技术路线图基本结构

资料来源：剑桥大学技术管理中心。

(1) 准备阶段

根据发起人所关注的问题和要求，明确路线图应用情境，制定路线图框架和规划过程，组建路线图开发团队，制定路线图分析方案，并对技术和市场进行初步分析与判断。

(2) 分析阶段

分析市场需求、技术专利分布和技术研发壁垒，确定关键技术并对未来技术发展趋势进行预测，凝练出相关研发需求。

(3) 绘制阶段

一般采用召开主题研讨会的方式来捕捉、结构化和共享跨领域专家知识，从而识别关键技术的时间节点，确定技术优先发展方向，组织和配置研发所需资源，全面描述研究项目并制定执行计划。

(4) 实施与更新阶段

路线图制定完成后，还需要对路线图制定的过程和成果进行评审，以此来改进技术路线图的框架、规划过程和支持工具，同时，需要对路线图实施情况、实施效果进行监控与评价，并及时更新技术路线图，以保持路线图的“活力”。

3 技术路线图应用实践分析

技术路线图产生于实践，服务于实践。根据技术路线图应用主体的不同可以将其分为国家技术路

线图、产业技术路线图和企业技术路线图 3 种类型。

3.1 国家技术路线图

国家技术路线图主要是以政府为主导，探索某些领域未来五年或者更长时间的国家战略需要，提出国家发展目标、战略任务、发展重点，指导制定该领域的技术发展规划，明确未来技术发展路径及实现时间。目前，国家技术路线图的理论研究和应用实践尚处于探索和发展阶段，其编制思路是通过建立“国家目标—战略任务—关键技术—发展重点”之间的联系，最终确定未来技术发展的先后顺序，为政府部门制定科技规划和计划提供决策依据^[10-11]。

20 世纪 90 年代，美国政府率先开始制定《国家半导体技术路线图》，这是技术路线图在国家层面的首次应用，随后又组织编制了涉及化学、生物技术、信息技术和化工等领域的 200 多个国家层面重大技术路线图，并积极指导各行业主体参与技术路线图的制定，以实现优化创新资源配置和提升国家科技创新能力的目的。2002 年，韩国发布了国家技术路线图，明确提出未来科技发展的五大构想和 13 个发展方向，确立了实现构想所需开发的 99 项关键技术，并为此制定了系统的研发计划。2005 年起，日本开始国家技术路线图编制工作，并相继发布了《战略技术路线图 2005》、《战略技术

路线图 2006》和《战略技术路线图 2007》，内容涉及材料力学、信息通讯、生命科学、环境与能源等众多领域，以后每年更新，目前，最新版本是《战略技术路线图 2010》，重点明确了 8 个大类 31 个行业领域的未来技术发展方向^[12]。由于技术路线图对一个国家和地区的科技创新活动具有很好的指导作用，使得全球很多国家，如，加拿大、新加坡、澳大利亚等，都陆续启动了技术路线图制定工作，用以指导和推进本国科技管理工作与技术创新活动。

2003—2007 年，我国科学技术部组织有关专家对国家层面的技术路线图进行了研究和编制，确立了未来 10~15 年我国科技发展的 30 项重要战略任务、90 项国家关键技术和 286 个技术发展重点，其目标是：通过编制国家技术路线图，进一步明确每项战略任务和关键技术的发展重点、发展次序和实现时间，引导社会创新资源围绕国家意志和目标联合开展技术创新，从而提升整个国家的科技创新能力。

2007 年，中国科学院开始编制我国重要领域的技术路线图，先后出版了《中国至 2050 年矿产资源科技发展路线图》、《中国至 2050 年先进制造科技发展路线图》、《中国至 2050 年先进材料科技发展路线图》等共计 14 个分领域技术路线图^[13]，为我国重点产业开展科技规划与科技决策活动提供了方向指引，同时，为各省市开展技术路线图编制工作发挥了示范带动作用。

3.2 产业技术路线图

产业技术路线图主要是立足于区域产业发展现状，以时间为轴线全面描述“技术—产品—产业”的发展过程，达到优化资源配置，引导产业技术研发的目的。产业技术路线图是目前技术路线图研究及应用的“主战场”，对推动产业发展和促进科技进步起到了非常重要的作用。

国外发达国家对产业技术路线图的绘制工作起步较早，研究也比较深入。如，美国、英国、加拿大、日本、韩国、新加坡、澳大利亚等国家，都曾投入了巨大人力、财力和物力，组织相关机构及专家汇编涉及汽车、服装、食品、化学、新能源、生物技术、信息技术等行业领域的技术路线图，并及时进行发布和更新。

相比发达国家而言，我国对产业技术路线图的绘制起步较晚，经验相对不足，但也进行了一些积极的尝试，尤其是广东省在产业技术路线图的研究及应用实践方面走在了全国前列，取得的成果也最多。2007 年至今，广东省科学技术厅每年投入 300 万~500 万元，陆续开展了 40 多个不同领域的技术路线图编制工作，技术路线图方法已成为广东省开展科技创新的重要战略规划方法之一。广东省在产业技术路线图应用实践方面的探索，不仅促进了全省的科技创新和产业转型升级，而且在全国范围内引起了巨大反响，成为了全国其他省市学习效仿的榜样^[14]。目前，河北、湖北、上海、福建、安徽、黑龙江、四川、陕西等省/市，都相继启动了产业技术路线图的研究和编制工作，涉及能源、汽车、农业、半导体、服装、光伏发电、中药等众多行业领域。

3.3 企业技术路线图

企业技术路线图是与公司发展战略及业务规划密切联系的，借助技术路线图能够使企业找准自身所处的技术位置，明确未来技术研发方向，从而实现科学决策。摩托罗拉公司是技术路线图的最早实践者，他的每一项业务都有一个战略计划，并利用技术路线图来预测未来技术发展愿景，识别出开发未来新产品所需的关键技术。当市场环境和技术水平发生较大变化时，摩托罗拉会及时调整产品开发战略，迎合市场新需求，最大程度地保证公司的竞争优势和获利能力^[15]。继摩托罗拉之后，许多全球大公司，如，微软、三星、惠普等，都开始推广使用技术路线图管理方法。据英国对制造企业的一项调查显示，大约有 10% 的公司使用了技术路线图方法，而且绝大多数公司不止使用了一次。

作为一种新的技术开发和战略管理工具，技术路线图不仅能够帮助企业有效识别市场需求与技术变化，而且能够确保企业获得技术优势，创造出更多发展机会，其对企业的战略应用价值主要体现在 4 个方面^[16]：在市场方面，能够关注顾客长远需求，对市场环境变化做出迅速反应；在资源配置方面，能够分清项目优先级，实现资源优化配置；在投资方面，能够协调研发活动，实现投资杠杆效应；在沟通方面，能够将技术战略和商业计划联系起来，将关键战略规划传递给利益相关者。

4 技术路线图应用中存在的问题

从应用实践来看，技术路线图在发达国家的应用比较广泛深入，无论是在国家层面，还是在行业和企业层面都得到很好的应用，路线图的编制方法比较成熟，直接经济效益和间接经济效益也比较显著。反观国内，对技术路线图的应用实践主要集中在产业层面，国家和企业层面相对较少，主要是因为我国引进技术路线图方法比较晚，政府部门、行业机构和企业等主体对技术路线图的认识不够深入，缺乏相应的编制和管理经验，尚没有完全领会技术路线图的制定方法及其应用价值。目前，我国在技术路线图工作中主要存在以下几方面的问题：

(1) 编制方法缺乏创新性

目前，国内机构和专家们在编制技术路线图过程中，大都采用专家基础法、车间基础法、计算机基础法和综合法等比较陈旧的方法^[16]，存在费用高、周期长、效率低下等诸多不足，而对国际前沿性的技术路线图制定方法如 T-Plan 方法、ITRS 方法、STR 方法等缺乏足够的了解和掌握，更没有探索出适合我国不同行业领域和企业发展情景的技术路线图编制方法。以广东省为例，从路线图的产业领域选择，到立项、编制、发布通常需要 1~2 年，尤其是在路线图编制阶段，经常需要组织各领域的专家、学者、政府官员等开展多批次的现场研讨会，时间跨度长，效率也不高。

(2) 管理机制不健全

从技术路线图制定的时序来看，对技术路线图的管理工作可分为前期、中期和后期 3 个阶段。目前来说，前期和中期组织管理工作已日趋完善，但是，后期管理工作存在‘缺位’现象，如路线图的发布、评价、验证、复审、更新等工作几乎是空白^[17]，需要进一步完善。

(3) 推广应用工作有待加强

目前，全国多个省、市和地区纷纷针对当地的重点产业和战略性新兴产业启动了技术路线图的研究与编制工作，但是，当这些领域的技术路线图编制出来后，往往是以一份研究报告或一本书的形式呈现，缺乏对路线图的后续宣传和推广，使得路线图的应用范围受到很大限制，经济效应和社会效应大打折扣。

5 对技术路线图工作的几点建议

由于技术路线图在强化创新网络建设、提升产学研协同创新能力、理清传统产业转型升级方向、支撑政府科技管理决策等方面有着巨大的应用价值，所以，今后无论是政府界、学术界，还是产业界、企业界，都应该积极关注和参与到技术路线图工作中来，不断提升技术路线图的工作效能，使其在更大范围内发挥战略作用。未来应当重点关注以下几个方面：

(1) 深化技术路线图的理论研究

今后可以将技术路线图与产业生命周期、技术生命周期、创新系统、绩效评价等理论结合起来，从技术路线图的制定动因、情景适应、价值评估及应用风险等方面进行深入研究，进一步夯实技术路线图的理论研究基础。

(2) 创新技术路线图的编制方法

可以创新性地将一些新近分析工具及方法如模糊前端、阶段门方法、PDM 应用软件等整合到技术路线图研究过程中，探索开发技术路线图软件系统，通过数据挖掘分析路线图相关领域间的关系，提高其制定效率并促进跨领域集成创新。

(3) 完善技术路线图的管理工作

针对技术路线图中、后期管理中的不足，可以通过建立技术路线图发布平台、技术路线图信息数据库，编制技术路线图管理办法和评价指标体系等工作，建立起覆盖技术路线图立项、编制、发布、更新、修订和应用等全流程的管理机制，促进技术路线图工作转化为常规性长期工作。

(4) 加强技术路线图的宣传与推广

借助电视、广播、报纸、杂志、网络等新闻媒体力量，加强对技术路线图的宣传和推广，吸引更多社会大众关注技术路线图工作，提升其社会影响力。与此同时，积极推进技术路线图工作者与国内外机构及同行间的交流与合作，学习先进的工作方法及经验，切实提升路线图工作者的工作效率和水平。

参考文献：

- [1] Farrukh C, Phaal R, Probert D. Technology Roadmapping: Linking Technology Resources into Business Planning[J].

- International Journal of Technology Management, 2003, 26(1): 2-19.
- [2] Phaal R, Farrukh C, Probert D. Technology Roadmapping—A Planning Framework for Evolution and Revolution[J]. Technological Forecasting & Social Change, 2004, 71(1): 5-26.
- [3] Giovanni C, Yves P. Extending Technology Roadmapping for Environmental Analysis[C]//Proceedings of the Colloques sur la Veille Strategique, Scientifique et Technologique. Toulouse, France: VSST, 2004.
- [4] Galvin R. Science Roadmaps[J]. Science, 1998, 280(8): 803.
- [5] Probert D, Radnor M. Frontier Experiences from Industry-Academia: Consortia Corporate Roadmappers Create Value with Product and Technology Roadmaps[J]. Research Technology Management, 2003, 46(2): 27-30.
- [6] Geoff N. Industry Canada Technology Roadmapping: A Strategy for Success[EB/OL]. (2008-03-17)[2014-04-22]. <http://strategis.ic.gc.ca/epic/internet/intrm-crt.nsf/en/rm00064e.html>.
- [7] Copyright in ABS Data Resides with the Commonwealth of Australia. A Guide to Developing Technology Roadmaps Technology Planning for Business Competitiveness[EB/OL]. (2004-03-15)[2014-04-22]. <http://www.cwa-acis.org/vision/Roadmap-Notes.pdf>.
- [8] 曾路, 孙永明. 产业技术路线图原理与制定[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2007.
- [9] 刘传林, 陈坤, 张瑛. 技术路线图制定流程及其柔性机制研究[J]. 科学学与科学技术管理, 2010(4): 50-55.
- [10] 国家技术前瞻研究组. 关于编制国家技术路线图推进《规划纲要》实施的建议[J]. 中国科技论坛, 2008(5): 3-6.
- [11] 张海波. 我国新能源汽车产业技术路线图研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2012.
- [12] 李万, 吴颖颖, 汤琦, 等. 日本战略性技术路线图的编制对我国的经验启示[J]. 创新科技, 2013(1): 8-11.
- [13] 李兴华. 攀枝花钒钛磁铁矿综合利用技术路线图研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2011.
- [14] 曾路, 汤勇力, 李从东. 产业技术路线图: 探索战略性新兴产业培育路径[M]. 北京: 科学出版社, 2014.
- [15] 董乡萍. 技术路线图国内外实践的启示——基于技术管理工具演化视角[J]. 科技和产业, 2009(10): 93-98.
- [16] 李雪凤, 仝允桓, 谈毅. 技术路线图——一种新型技术管理工具[J]. 科学学研究, 2004(12): 89-94.
- [17] 杨勇, 刘敏. 广东省产业技术路线图工作未来发展问题研究[J]. 科技进步与对策, 2014(8): 40-43.

Research on Development and Application of Technology Roadmap

TUO Xiao-rui

(Research Center of Industry and Region, Guangdong Institute of Scientific
and Technical Information, Guangzhou 510033)

Abstract: As a tool for technology forecast and technology management, technology roadmap has been widely used worldwide despite no commonly recognized definitions on it. Different definitions on technology roadmap by scholars reflect the diversity of technology roadmap in terms of meaning and function value. This paper introduces the definition of technology roadmap made by current domestic and foreign scholars, summarizes its basic structures and procedures, and elaborates emphatically the research progress of technology roadmap from the national, industry and enterprise levels, points out the problems in application practice of the technology roadmap, then puts forward the countermeasures and suggestions.

Key words: technology roadmap ;national technology roadmap ;industry technology roadmap ;corporate technology roadmap