

国外技术路线图的绘制方法现状研究

刘细文¹ 柯春晓^{1,2}

(¹中国科学院国家科学图书馆(筹) 北京 100080)

(²中国科学院研究生院, 北京 100039)

[摘要] 技术路线图已经得到广泛的研究和应用,但是应用研究占了很大比重,对于技术路线图绘制方法本身的研究较少。本文主要针对现存的技术路线图绘制方法和过程进行总结和综述,并简单评析他们的优点和不足,希望能给国内学者以启示。

[关键词] 技术路线图 绘制方法 绘制过程 情报研究

[分类号] G350

Study of Technology Roadmapping

Method and Process Abroad

Liu Xiwen¹ Ke Chunxiao^{1,2}

(¹ National Science Library of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

(² Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039)

[Abstract] Technology Roadmapping has been studied and applied widely, but most of the studies focus on its application instead of its method and process. This paper summarizes and reviews the existing methods and process of Technology Roadmapping, then the author analyzes their advantages and the shortcomings so as to bring some enlightenment to domestic scholars.

[Keyword] Technology Roadmapping Method and Process Intelligence Research

技术路线图最早出现在美国的汽车行业,而在二十世纪七十年代后期摩托罗拉公司和八十年代早期 Corning 公司先后采用了技术路线图管理方法。技术路线图一经产生,便受到实业界和理论界的广泛关注。在实践中,继摩托罗拉和 Corning 公司之后,许多国际大公司,如微软、三星、Lucent 公司, Lockheed-Martin 公司和 Philips 公司等都已广泛应用这项技术^[1]。不仅如此,许多国家政府、产业团体和科研单位也开始利用这种方法来对其所属部门的技术进行规划和管理。2000 英国对制造业企业的一项调查显示,大约有 10% 的公司承认他们使用了技术路线图方法,而且其中 80% 以上用了不止一次^[2]。

1 技术路线图的绘制方法

目前技术路线图的绘制方法一共有三种,即基于专家的方法(Expert-Based Approach)、基于工作组的方法(workshop-based Approach)和基于计算机的方法(Computer-based Approach),当然还有一种方法就是将三种方法结合起来。基于专家的方法就是将一组或几组专家召集到一起确定技术路线图中的节点以及节点之间的属性^[3]。例如,美国半导体协会的技术路线图绘制就先后有 600 多名科学家参与其中。该方法实际上就是一种结构化的“头脑风暴法”,它依据专家头脑中的知识和经验,主观的判断出技术路线图中各种节点或连接的定量与定性属性。基于工作组的方法指由来自不同部门的人员组成团队,分成几个

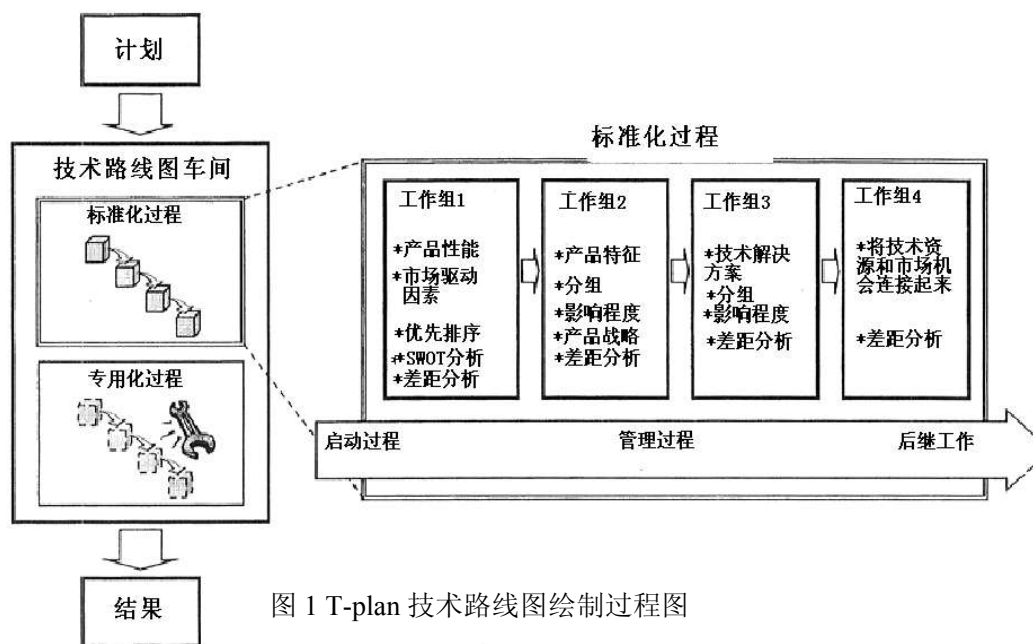
Workshop, 利用参与者的知识和经验确定技术路线图节点和连接的属性。如行业路线图就由行业, 政府, 学术界研究人员及其他利益相关者参加共同绘制。基于计算机的方法, 就是通过对科学、技术、工程和最终产品的大型文本数据库进行计算机分析, 这些数据库可能包括学术论文、研究报告、信件等等。利用各种常用的方法, 如引文分析确定技术、工程以及产品的研究领域, 同时估计并量化他们之间的相关性, 而且他们与其他领域之间的关系也可以确定并量化出来。与上述两种方法相比, 基于计算机的方法更加客观。

2 技术路线图的绘制过程

技术路线图的绘制过程是技术路线图绘制的程序或步骤, 是各种技术路线图方法的具体应用, 目前典型的绘制过程有以下 5 种。

2.1 针对企业产品规划的技术路线图绘制过程

英国剑桥大学技术管理中心出版了一本专著《T-plan: the Fast Start to Technology Roadmapping—planning your Route to Success》, 书中介绍了一种“T-plan”快速启动方法。该方法已经被很多企业采用, 它的开发专门针对企业的产品开发, 其过程包括两个部分如图1:



2.1.1 第一部分：标准化过程

这个标准过程包括4个连续的工作组（workshops），前三个工作组分别对应技术路线图中市场、产品以及技术三个层面。

①工作组1：市场——确定主要的市场驱动因素

该工作组主要是为未来确定一组经过先后排序的市场驱动要素。首先应该考虑推动产品开发的性能因素（例如：速度、重量、可靠性、审美价值等），接着应该确定、组配并优先排序市场驱动要素（如：顾客和商业动机）。

②工作组2：产品——明确市场以及满足该市场的产品特征之间的关系

该工作组是要确定一组产品特征以满足工作组1所确定的驱动因素。市场商业驱动因素和产品特征放到一起可以定义一个表格或者矩阵，用于研究他们之间的关系。在该工作组中还应该对产品特征进行聚类，并考虑每一个产品特征对市场驱动因素的影响程度以及产品战略的备选方案。

③工作组3：技术——确定产品特征与实现这些特征的技术之间的关系

该工作组是要确定可行的技术方案从而实现预期的产品特征需求。这些技术方案组成一个个技术领域（路线），他们和工作组2定义的产品特征一起可以构建第二个分析矩阵。这样技术领域对产品特征的影响就可以排列出来了。两个表格联系在一起便提供了一种方法将技术对产品特征以及市场驱动因素的影响连接起来，建立起了技术路线图不层之间的关系。

④工作组4：技术路线图绘制

第1—3个工作组构建了一个简单的框架将技术路线图需要开发的三个层次连接在一起，工作组4就是将市场需求和技术资源绘制在一起形成初步的技术路线图。而且按照时间刻度、层次和产品战略确定技术路线图的形式。标识出重要的节点（milestones），绘制出产品演进过程，确定不同层之间的联系，还要考虑最重要的市场驱动因素，影响较大的产品特征以及最可行的技术解决方案。

2.1.2 第二部分：技术路线图过程的专用化

标准过程主要是针对产品规划而设计的，但是技术路线图不仅仅可以支持产品规划，而且支持其他许多商业功能。包括新商机的开发，资源配置，商业战略和规划的制定。根据组织文化（比如组织中对于新事实的态度）、技术路线图的管理层次以及相关行业的变化频率，技术路线图的内容也有所不同。为了确保技术路线图实践和商业目标最大程度的匹配，技术路线图的过程应该与具体情况相结合。

技术路线图的专用化应该从如下这些方面着手，第一方面是时间，它不仅反映出技术路线图的商业目的而且反映出行业态势。第二方面是层次，这是专用化最关键的一个方面，需要反复论证。您可以在三层中建立子层以反映出更加详细的信息，也可以在底部建立资源层或者在顶部建立环境层，分别反映组织的特色资源（如人力、资金或者品牌等）和不同行业的具体商业环境。第三方面是支持信息，除了技术路线图本身反映出来的信息，也需要其他的数据和分析作支撑，这也是专用化的一部分。

2.2 针对技术规划和管理的技术路线图绘制过程

美国Sandia国家实验室商业战略发展部也描述了技术路线图的绘制过程，主要是为了更好的进行技术规划和技术管理，它将其分为三个阶段：第一阶段前期必要的准备，第二阶段技术路线图的绘制，第三阶段后继工作以及技术路线图的使用。

2.2.1 第一阶段：前期必要的准备

第一步准备工作阶段，决策者必须认识到技术路线图可以帮助他们解决什么问题。他们必须决定应该绘制什么以及技术路线图如何帮助他们作出投资决策。这一阶段最为关键的一步就是保证决策者的持续参与。它具体包括三个步骤

①满足必要的条件

这一步就是要检查确保各种条件是否已经满足或者是否有人正在采取行动满足他们。

②明确领导和任务

这些领导或责任人必须来自该技术路线图的实际执行者或直接受益人。

③定义技术路线图的范围和边界

这一步是确定技术路线图的背景，保证存在一个愿景而且路线图可以支持该愿景

2.2.2 第二阶段：技术路线图的绘制

这一阶段包括7个步骤：

①确定技术路线图的对象

这一步的目的是让技术路线图的参与者就产品需求达成一致（如节能型的汽车）。

②确定关键的系统需求和他们的目标

一旦参与者决定在技术路线图中绘制什么，他们就必须确定系统需求。例如节能型汽车的系统需求包括单位英里数的耗油量、汽车性能、安全性和成本。

③列出主要的技术领域

明确有哪些技术领域可以帮助满足那些产品需求。例如为了实现每80英里耗油1加仑的目标，需要涉及材料、引擎控制、传感器、建模和仿真等技术。

④指定技术驱动因素和他们的目标

这一步中系统需求被转化程技术导向的驱动因素，这些驱动因素是选择技术方案的关键变量。

⑤提出技术备选方案和他们的时间安排

技术驱动及其目标明确之后，能够满足这些目标的技术方案就必须被确定下来。

⑥建议应该选择的技术方案

众多技术方案可能因成本、时间表或性能等方面不同也有很大不同。有的可能更快一些，有的成本低一些，具体选择哪个需要考虑。

⑦撰写技术路线图报告

技术路线图报告除了包括技术路线图外，还应该包括每一个技术领域的确定和描述；导致路线图失败的关键因素；路线图中没有提及的领域；技术上的建议以及建议的执行。

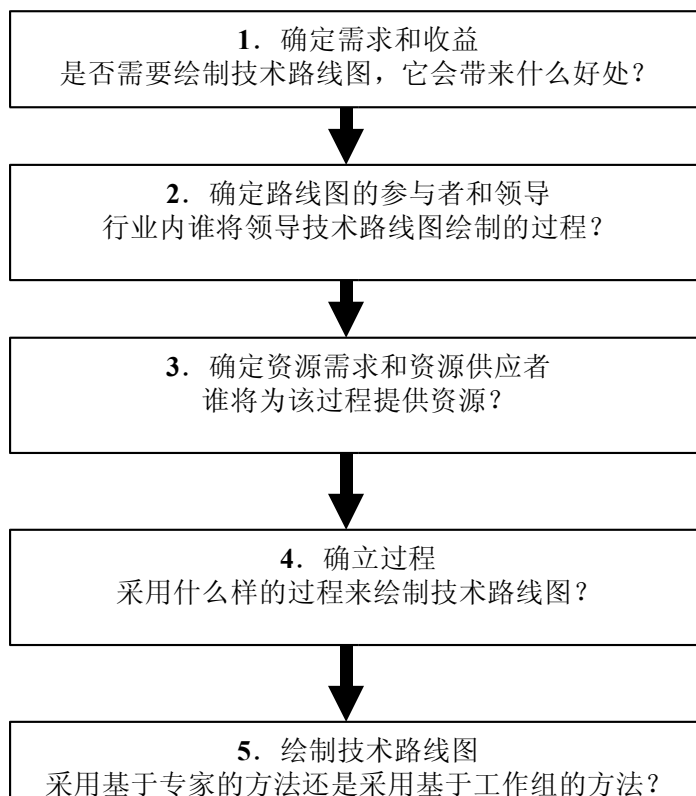
2.2.3 第三阶段：后继工作

因为毕竟很少的人参与了技术路线图的绘制，所以它必须经过评价、修正以被更多的人所接受。它工包括三个步骤：评价技术路线图，制定执行计划，反馈和更新。

2.3 针对行业规划的技术路线图绘制过程

2.3.1 行业技术路线图绘制模板

澳大利亚工业部曾对国际上不同的技术路线图绘制方法作了总结，提出了一个技术路线图绘制模板，具体步骤如图。



6. 技术路线图的执行 技术路线图如何被执行？

(1) 确定技术路线图的需求和收益

这可以由政府和行业联合确定，当然也可以由行业独自完成。

(2) 确定路线图的参与者和领导

领导的作用是领导技术路线图的绘制，并支持参与者的工作。

(3) 确定技术路线图绘制的资源

首先基于技术路线图的范围、使用目的、时间规划和技术细节确定资源需求。接着路线图的领导者与政府一起落实资金来源。资金来源于政府的相关计划以及相关行业。

(4) 确立技术路线图的绘制过程

就技术路线图绘制的方法达成一致，甄选专家顾问推动技术路线图的绘制，并设定愿景和战略目标。基于市场驱动要素和需求，清点一下现有的技术储备以及未来需要的技术形成文档供专家组参考。

(5) 绘制技术路线图

通过与专家组和技术路线图工作组的讨论,确认技术路线图的范围、愿景和战略目标;明确技术难点和挑战;基于满足预期市场需求的关键产品或服务的特征,针对具体的技术领域确定出若干技术方案。然后根据他们克服技术难点以及实现目标的能力进行排序,并按时间先后将他们放在短期、中期、长期的时间框架内。最后根据专家组的意见综合出技术路线图。

(6) 执行和更新技术路线图

制定技术路线图执行计划,并利用图中的信息作出投资决定。为技术路线图制定定期的更新计划。

2.3.2 行业技术路线图绘制方法

欧洲行业研究管理协会1997年为帮助其成员改进技术路线图的绘制方法而设计了技术路线图的绘制过程,提出不同行业的企业应该重点关注技术路线图的不同层次。该绘制过程一共分为8步:

- (1) 项目预备阶段
- (2) 组建团队
- (3) 初步计划技术路线图
- (4) 输入信息的处理
- (5) 加工处理形成文档(技术路线图)
- (6) 检查、咨询和交流技术路线图
- (7) 确定最后成果
- (8) 技术路线图的更新

欧洲工业研究管理协会提出两种方法来绘制技术路线图,一种称为至上而下法或者回溯法(top-down或backward),即目标一旦确定,就去寻找恰当的产品来实现该目标,进而寻找必要的技术来支撑该产品,也就是从未来目标往回推。第二种方法与第一种正好相反,因此称至下而上或前瞻法(bottom-up或forward),即公布一些新兴技术的潜在能力,它们可能创造出某些产品的特殊性能,而这些性能将满足未来某些具体的市场需求。第一种方法更适用于市场驱动的行业,第二种则更适用于技术驱动的行业。

其实没有必要将两种方法明确的分开,实际中往往是根据具体情况先以某种方法开始,在绘制既定产品或服务的技术路径时,两种方法都可以。最重要的是在绘制过程中一定要把握好市场拉动和技术推动两种力量的平衡。

2.4 针对科学技术研究的技术路线图绘制过程

美国能源部环境管理办公室提出了科学技术路线图的绘制方法并在科研规划中应用了该方法。美国Idaho国家工程和环境实验室也在项目研究中应用了该方法，并指出科学技术路线图的绘制过程包括若干个工作组 (workshops)，在这些工作组中不同学科背景担负不同任务的专家通过公开的对话和反馈可以增加知识的收集。他们指出技术路线图的绘制大体有4个阶段：路线图的启动，技术需求评估，技术对策制定以及技术路线图的执行。这些阶段以及每个阶段的产品如图7所示。图6显示了技术路线图绘制过程中用以完成图7显示的产品所需进行的会议、工作组和其他活动。

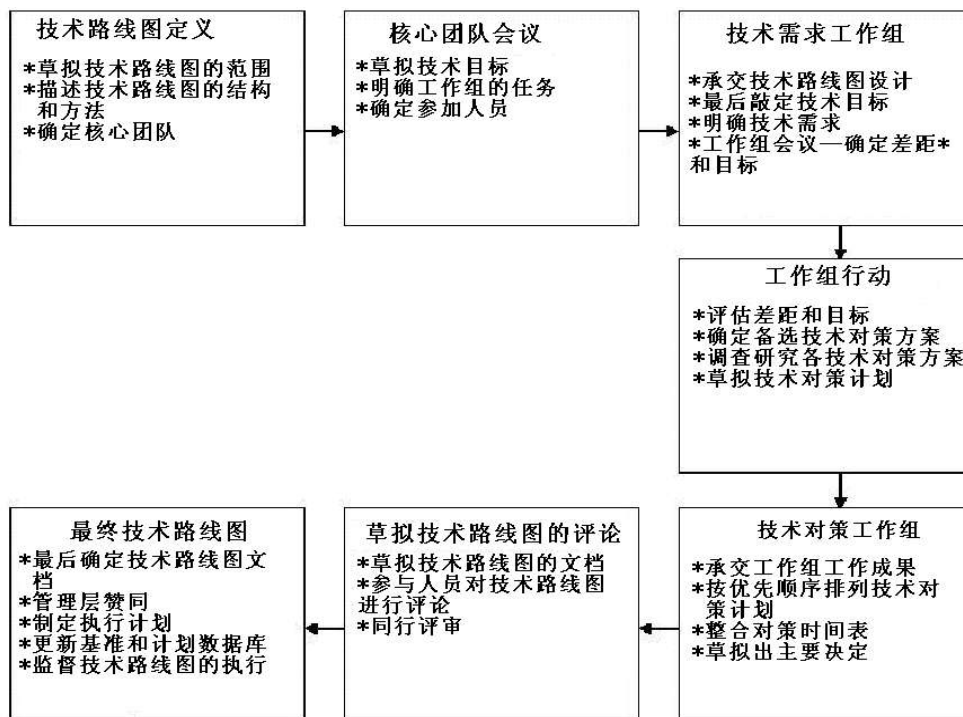


图6 技术路线图的会议和工作组

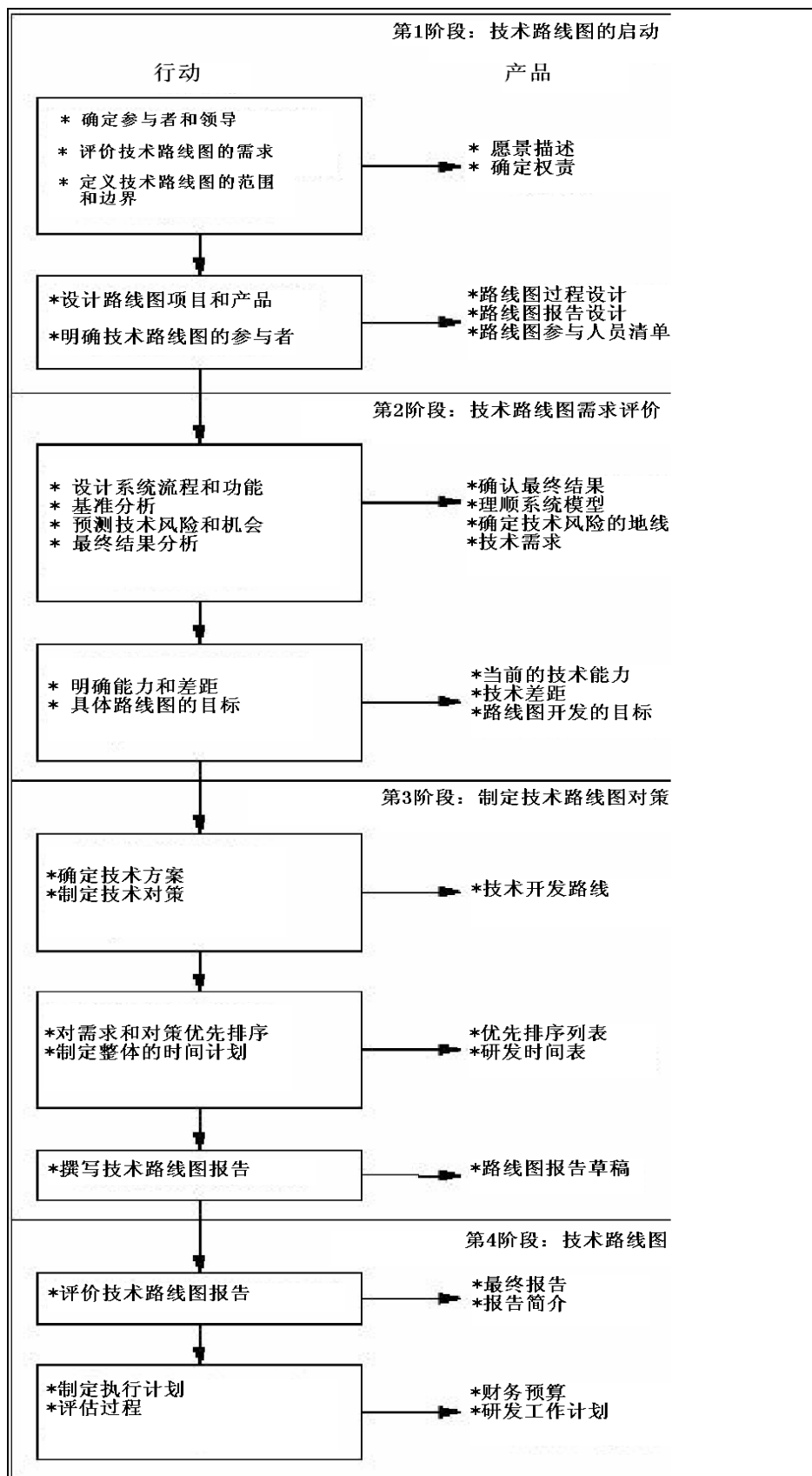
在技术路线图启动阶段，需要评估路线图的需求。接着确定参加人员，路线图的范围和边界，设计技术路线图项目和产品。参加者应该在尽可能宽的范围内选择——管理者、过程和运作专家、科学和技术提供者等等。

技术需求评估阶段，应该制定系统流程并确定具体的系统组成部分。明确系统中的各领域，其中有重要的技术不确定性。评估现有的技术能力并找出现有技术和未来需要技术之间的差距。为了消除每个技术差距应该明确每个研发项目的目标，这些目标一定要与系统性能相关并且可以测量。

技术对策制定阶段，需要确定技术备选方案并对每个研发目标按照重要程度排序。为了消除技术差距，需要从各个技术方案中遴选出一条路径。所有的技术需求和对策都要进行排序，然后制定综合的开发计划并准备技术路线图报告。

最后一个阶段是路线图执行阶段，技术路线图报告被评审出版，同时制定执行计划。而且技术路线图的执行应该被监督，技术路线图也应该定期更新。

图7 技术路线图的过程及其产品



3 技术路线图绘制方法和过程的评述

从上文我们可以看出不同的组织，针对不同的目的有不同的技术路线图绘制过程。但是无论是那种过程，采用的方法基本上都是基于专家或基于工作组的方法。而基于工作组的方法与基于专家的方法也没有本质上的区别，只是专家的组织方式不同而已。这种方法本质就是通过挖掘专家头脑中的知识和经验，经过科学的组织和整理，再利用技术路线图的方式表现出来。

3.1 基于专家技术路线图的优点

基于专家技术路线图的应用非常成功的确为政府、企业和科学研究提供了决策支持和研究导向，对于组织的战略规划、产品开发、技术研发都起了很大作用，有效的减少了成本、降低了风险、提升了管理水平，它的优点主要有如下几点：

3.1.1 专家知识和经验的充分挖掘

技术路线图的参与者来自不同的领域，有高瞻远瞩的管理者，造诣精深的科学家，经验丰富的高级技工，以及具备敏锐市场洞察力的营销人员，乃至普通的消费者。他们彼此互相启发，经过一轮又一轮的无障碍交流，充分的将自己头脑中的知识和经验呈现出来。这些知识和经验是他们多年学习工作的积淀，也是技术路线图的数据源。

3.1.2 最终目标在互相争论的基础上达成一致

技术路线图的绘制涉及各个领域不同部门的利益相关者，而最终的目标是各个利益相关者充分交流的结果。基于专家的方法有利于各个领域的专家及时就某一问题进行沟通，最终达成最优平衡，而不是技术已经投资研发才发现市场根本不需要这种产品。避免了不必要的浪费，也节约了宝贵的时间。同时由于技术路线图是在各利益相关者彼此达成一致的情况下绘制出来的，对于日后技术路线图的执行非常有利。

3.1.3 科学的过程管理保障了技术路线图的绘制

从上面的绘制过程，我们分析可见，无论出于什么目的，每个绘制过程的流程都非常科学，从技术路线图的前期准备到技术路线图的绘制成功，从专家的召集到技术路线图的后续执行，都有科学的安排和既定的任务。甚至每一阶段有那些人参加，解决什么问题，形成什么文档都有明确安排。正是这样科学合理的过程管理，才将不同参与者的意见统一到一起，充分发挥各自的优势。也正是这些绘制过程的有效执行，才使技术路线图应用到了各行各业。

3.2 基于专家技术路线图的不足

然而，基于专家的方法也有其不可避免的不足之处：

3.2.1 耗时耗力绘制成本高

基于专家的方法一般需要将专家召集到一起，通过开头脑风暴会议来确定技术路线图中的各个节点及其属性，而且会议往往不会只开一次。或者将不同的专家分为若干的工作组，赋予不同工作组不同的任务，同样也是需要专家坐到一起针对某一问题展开会谈。根据鹤井由佳的总结，在web上有46个产业路线图，这46个产业路线图的文本平均长度62.8页，平均绘制时间1.25年，平均描述时间17.1年，平均更新周期2年，平均运营委员会18.6人，平均工作组84.1人，平均调查89人。^[8]由此可见绘制一个技术路线图，非常耗费时间，而且成本很高。规模越大的技术路线图，越难管理耗资耗时越多。作者也选取个别典型的技术路线图针对他们的参加人数或组织数作了统计。(见表1)从表中可以看出采用基于专家的方法，技术路线图绘制所耗费的人力、物力和财力是非常巨大的。

路线图名称	参与组织数	参加人数
-------	-------	------

未来交通工具技术路线图	60	130
电力技术路线图	200	——
石油工业技术路线图	美国石油学会（API）的6家主要石油公司，国家实验室，学术机构以及咨询公司	39
空间科学起源路线图	——	72
材料技术路线图	行业、政府和学术机构	77
纳米电子技术路线图	——	33
核能系统技术路线图	——	164
机器人和智能机器路线图	4	55
低能聚合体处理技术路线图	17	18

表1 部分技术路线图耗费人力和时间统计表

3.2.2 容易受专家时间精力的限制

每个专家都有自己的本职工作，很难将预期的专家在同一时间完全聚集于某一地方，从上述过程中我们可以看出，技术路线图绘制的专家会议不只一次，很难要求专家每次都到会参加。而且技术路线图不是一劳永逸的工作，后期需要不断的更新，也不可能每次更新都需要专家出席。专家能够或愿意投入多少精力来参与技术路线图的绘制直接决定了技术路线图的质量。所以基于专家的绘制方法，对于专家的组织和管理是非常重要一项工作，往往需要高层领导直接参与，可以说某种程度上它决定了技术路线图的成败。

3.2.3 技术路线图的标准问题难以解决

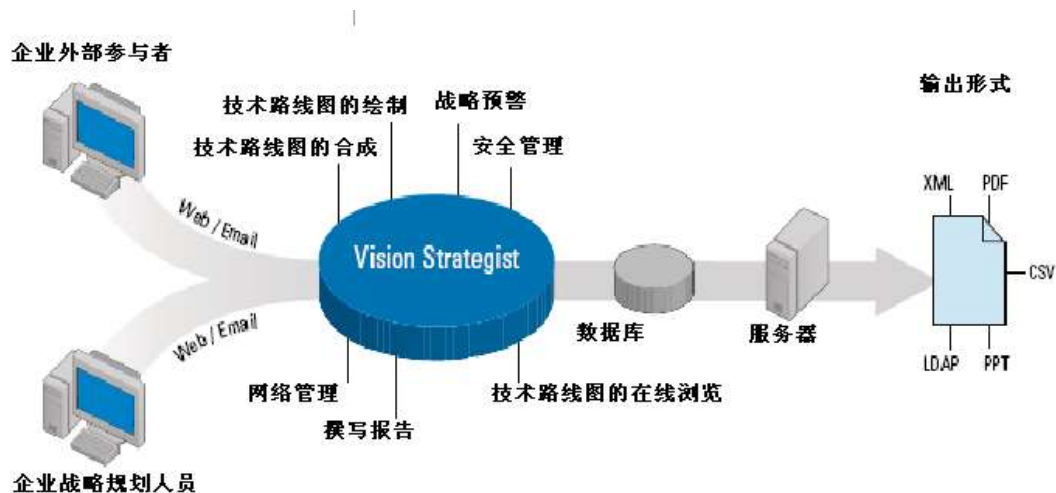
这里所说的标准包括两层含义，一是技术路线图中技术路线选择的标准；二是技术路线图是否科学有效的评价标准。技术路线图绘制的目的是选择最优的技术路线，而基于专家方法选择的技术路线往往是各利益相关者利益均衡的路线而非最优路线。技术路线图一旦制定出来，它的科学性只能等待实践的检验，但是这样风险无形中就增加了很多。

当然还有其他的不足，比如专家主观判断的成分较大，绘制过程中的线性静态思维，需要多种管理预测方法协助等等。

4 基于计算机的技术路线图绘制方法现状分析

基于计算机的方法，应用还不多尚处于初级阶段，原因在于该方法需要文本挖掘技术、人工智能以及可视化技术的支撑。然而将这些技术整合在一起，绘制出有科学指导意义的技术路线图尚待进一步研究。目前比较常见的是基于引文分析的计算机图谱绘制，但是采用技术路线图思想展示分析结果的比较少。

但是技术路线图绘制软件已经出现，而且很多组织已经开始应用它进行技术路线图的绘制。作者选择其中应用最为广泛的Vision Strategist 软件进行分析。该软件可以搜集竞争对手、消费者需要、产品需求、新兴技术以及市场动态方面的信息，而且可以跨企业甚至跨行业组织合作伙伴、供应商和商业团体就未来计划进行沟通和结盟，还可以辨别各种因素之间的相互关系和依赖性，确定潜在的风险和不足，分析市场趋势寻找商机。其具体工作流程如下图所示：



从图中可以看出该软件的制作充分应用了网络技术、数据库技术以及数据挖掘等现在信息技术，从根本上改变了传统基于纸介质的技术路线图绘制流程。而且它的绘制结果——技术路线图能够以各种方式，如PDF、XML、PPT等简单方式呈现出来，方便了各级管理人员、科技人员以及其他利益相关者共享。显然，它大大提高了技术路线图的绘制效率，而且在技术路线图中加入了战略预警等其他分析功能，丰富了技术路线图的内容。

但是，从图中我们也可以分析得出，它的实现流程是传统技术路线图绘制的过程的数字化，并没有改变原有的流程设计。其数据的主要来源还是专家，专家通过网络联机或邮件的方式将自己的意见输入该软件系统，系统经过算法分析得出各个层次和各种技术的技术路线图，然后将这些技术路线图存储在数据库中，并经过整理和分析以多种方式输出给用户。其根本没有脱离专家的参与，其中仍然涉及专家的管理问题。而且目前软件的设计多是针对企业的战略规划，技术路线图在科学研究中的应用软件尚待开发。

总结

技术路线图绘制方法的不足某种程度上限制了技术路线图的应用和发展，例如一些中小企业或比较小的研究团队，可能受经费或人力资源的影响就很难依据基于专家的方法绘制技术路线图。寻找一种更加低廉和简便的方法，补充或改进现有的绘制过程，具有重要的理论和应用价值。

参考文献：

- 1 Groenveld P. Roadmapping integrates business and technology. *Research Technology Management*, 1997,40(5): 48-55.
- 2 C.J. Farrukh, R. Phaal, D.R. Probert. *Industrial Practice in Technology Planning—Implications for a Useful Tool Catalogue for Technology Management*, Proceedings of the PICMET' 01, Portland, 2001.
- 3 R.N. Kostoff, R.R. Schaller, Science and technology roadmaps, *IEEE Transactions on Engineering Management*,2001,8 (2):132 - 143.
- 4 D R Probert, C J P Farrukh, R Phaal. *Technology roadmapping-developing a practical approach for linking resources to strategic goals*. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers; 2003; 217, 9
- 5 Marie L. Garcia, Olin H. Bray. *Fundamentals of Technology Roadmapping*. Strategic Business Development Department. Sandia National Laboratories. [2006-02-26].

<http://www.sandia.gov/PHMCOE/pdf/Sandia'sFundamentalsofTech.pdf>

6 A Guide to Developing Technology Roadmaps--Technology Planning for Business Competitiveness, August 2001.[2005-05-01].

http://roadmap.itap.purdue.edu/CTR/documents/13_Technology_Road_Mapping.pdf

7 Brent Dixon. Guidance For Environmental Management Science and Technology Roadmapping. WM' 01 Conference, February 25-March 1, 2001, Tucson, AZ

8 匿名.技术路线图在技术创新中的应用, 企业研究报告, 2005 (10): 5-17

作者简介:

刘细文, 男, 1965年11月9日, 研究员, 发表论文10余篇。

地址: 北京北四环西路33号中国科学院文献情报中心业务处, 100080。

联系电话: 82626611-6717

电子信箱: liuxw@mail.las.ac.cn

柯春晓, 男, 1980年1月10日, 硕士研究生, 发表学术论文2篇。

地址: 北京北四环西路33号中国科学院文献情报中心硕士研究生, 100080。

联系电话: 82626611-6624

电子信箱: chunxiao116@126.com