

批量“创新工程师-发明”模式下的 C-TRIZ 新发展

檀润华

(河北工业大学国家技术创新方法与实施工具工程技术研究中心, 天津 300130)

〔摘要〕 C-TRIZ, 称为发明过程解决理论, 是 TRIZ 在我国企业推广应用背景下的一种新发展, 已完成理论构建, 但需要不断完善。本文首先梳理国际 TRIZ 领域理论研究与企业推广应用实践进展, 提出 TRIZ 未来 4 个发展方向; 之后通过分析 C-TRIZ 中的批量“创新工程师-发明”模式, 表明 TRIZ 在我国企业推广应用的模式已改进; 进一步将该模式下的“一次发明过程”概念扩展到“敏捷发明过程”, 以 C-TRIZ 中的 11 类发明过程为基础构建了敏捷发明过程体系与选用方法。本研究不仅使 C-TRIZ 进一步完善, 也使其在 TRIZ 未来 4 个研究方向均有所发展。

〔关键词〕 C-TRIZ TRIZ 批量“创新工程师-发明”模式 一次发明过程 敏捷发明过程 自主创新

DOI: 10.3969/j.issn.1004-910X.2021.09.001

〔中图分类号〕 F124.3; F273.1 〔文献标识码〕 A

引言

2008 年, 科技部等四部委联合发文《关于加强创新方法工作的若干意见》, 提出在企业推广应用 TRIZ^[1,2]等相对成熟的创新方法。之后, 通过官产学研合作培养师资、编写教材、遴选推广应用试点省市与企业、设立创新方法工作专项等措施, 启动了创新方法工作。政府推动工作具有明显的结果导向特征: 为众多企业培养创新工程师, 同时要产出新技术、新工艺与新产品, 为提升企业的自主创新能力做出贡献。

在企业推广应用 TRIZ 并取得预期结果, 需要构建推广应用模式。TRIZ 诞生于苏联, 目前已扩散到 50 多个国家^[3], 其推广应用模式主要为两类: 认证模式与咨询模式。(1) 认证模式, 咨询机构按照自己的认证模式^[4-6]开展面向创新者的培训, 采用分级培训策略, 在规定的时间内学完某一级规定的课程, 通过考试后获得该级别的证书; 如荷兰 ICG 公司采用该模式在欧洲推广 TRIZ; (2) 咨询模式^[7], 即 TRIZ 专家进入企业, 并以其为主解决企业存在的难题, 逐步带动企业由点到面学习应用 TRIZ; 如三星公司采用该模式引进并在研发过程应用 TRIZ。这两种模式的应用为

TRIZ 在世界范围内的扩散起到了重要的推动作用, 但均不完全适应我国政府对创新方法工作的要求, 第一类模式不能体现政府要求的结果导向, 第二类模式不适合政府惠及众多企业的要求。因此, 需要构建全新的模式并助推该项工作的开展。

河北工业大学国家技术创新方法与实施工具工程技术研究中心(简称国家中心)在研究技术转移方法的基础上, 根据我国政府推动及企业需求现状, 构建了面向企业推广应用 TRIZ 的批量“创新工程师-发明”模式, 并完成了面向企业的多期 TRIZ 推广应用。经过多年的实践与不断的完善, 该模式已形成一类结构化的 TRIZ 推广应用模式^[8,9]。该模式与我国政府创新方法工作的结果导向方式与惠及众多企业的要求相吻合。

随我国创新方法工作推进的不断深入, 参与企业提出 TRIZ 的应用须与企业研发或新产品开发过程融合, 并成为一体化过程, 以保证 TRIZ 成为企业研发过程的一部分且长期应用; 同时需要产出尽可能多的高水平创新成果, 以延续该项工作的高价值。这些新的需求也已成为政府推动此项工作的新要求。为满足政府与企业的新需求, 构建了一类新的技术创新方法 C-TRIZ, 称为发明

收稿日期: 2021-07-05

基金项目: 国家自然科学基金资助项目“机遇驱动的机械产品突破性创新设计方法研究”(项目编号: 51675159); 中央引导地方科技发展专项“基于 TRIZ 的突破性技术创新方法应用示范”(项目编号: 18241837G)。

作者简介: 檀润华, 河北工业大学国家技术创新方法与实施工具工程技术研究中心教授, 博士, 博士生导师。研究方向: 创新设计、概念设计、技术创新管理。

过程解决理论^[10]。C-TRIZ 以应用批量“创新工程师-发明”模式为实践基础,以“发明过程”为研究对象,将经典 TRIZ 应用过程与企业常用新产品开发过程融合,形成了一系列新的可独立实施的发明过程,并逐步形成一类新的结构化技术创新方法。但 C-TRIZ 刚刚完成理论体系构建,仍然需要不断完善。

本文梳理国内外 TRIZ 研究与发展现状及发展中的障碍, C-TRIZ 产生的背景,根据企业需求扩展 C-TRIZ 中一次发明过程的概念,形成敏捷发明过程新概念,并以此新概念为基础构建新的发明过程体系与选用模型,以使 C-TRIZ 进一步完善。

1 经典 TRIZ 及其发展

1.1 经典 TRIZ

经典 TRIZ 是 Altshuller 的发明问题解决理论^[1]。自 1948 年起, Altshuller 开始对专利进行研究,他试图确认创造性解决方案是处于无规则、无组织的混沌状态思维的结果,还是某些规则或模式影响着创意或发明产生的过程。他发现仅有 0.3% 的发明属于原始技术,而 99.7% 的发明采用了前人已采用过的物理或技术原理,只是实施过程不同而已;数量不多的基本定律支配着大量发明的出现。

经典 TRIZ 由数据、基石、概念、分析方法、问题解决方法、系统化方法 6 个层次组成。数据层中的部分数据属于 TRIZ 内部,如案例库与知识库,而专利库、数据库等属于 TRIZ 外部。基石层^[11]是构建 TRIZ 的基础,包括冲突、理想化、功能性和可用资源。概念层包括发明问题、功能、理想解、创新分级、九窗口、DTC (尺寸-时间-成本)、聪明小人等,形成 TRIZ 中的基本概念,其中的 DTC 等概念可用于克服思维惯性。分析方法层包含功能分析、冲突分析、物质-场分析、理想化分析和资源分析等,这些方法用于技术系统模型的建立、分析和转换。问题解决方法是各种基于知识的方法,包括解决具体技术问题的战术方法和解决系统长期发展问题的战略方法;战术方法包括发明原理和分离原理、标准解和效应;战略方法包括技术成熟度预测和技术系统进化定律。系统化方法层是 ARIZ,即发明问题解决算法。

TRIZ 应用研究的主要内容是开发工具集^[12]。TRIZ 中的某种工具是解决一类问题的过程,所有工具的集合构成工具集。当遇到某一工程复杂问题时,要按照工具选择算法在工具集中选择某一种或几种工具解决问题。Petrov^[12]按 10 种应用场景将 TRIZ 工具分为 13 类,其结果形成了一个 10 行与 13 列的分类矩阵。Zlotin 等^[13]将 TRIZ 工具分为 3 类:即分析工具、基于知识的工具及心理操作工具(或称克服思维惯性工具)。TRIZ 工具典型的分类方法是按照问题发现、问题解决及克服思维惯性的思路对所有 TRIZ 工具进行分类,创新者或企业工程师可以根据需要选择合适的 TRIZ 工具。经典 TRIZ 组成与之相应的 TRIZ 工具集及工具选择算法,构成了完整的 TRIZ 体系。

1.2 TRIZ 在国际上的发展

20 世纪 90 年代初,随着苏联解体,一批苏联 TRIZ 专家移民到美欧等国家,使 TRIZ 不仅在跨国公司应用,且逐步被扩散到世界 50 多个国家^[3]。不同的国家诞生了不同的 TRIZ 研究与咨询团队或公司,这些团队根据所在国家的新环境与新要求,不断完善与拓展经典 TRIZ,从而形成了若干种 TRIZ 的新发展。其中, I-TRIZ、OTSM-TRIZ、现代 TRIZ 是典型代表。

I-TRIZ^[14]是美国 Ideation International Inc. 对 TRIZ 的发展。从苏联移民到美国的 TRIZ 专家 Zlotin 和 Zusman 主导了该公司关于 TRIZ 的进一步研究及在美国的推广应用。与经典 TRIZ 相比, I-TRIZ 的基础是 TRIZ,但在直接进化(Directed Evolution)、预期失效分析(AFD: Anticipatory Failure Determination)、智慧财产控制(Control of Intellectual Property) 3 个方面进行了拓展。其中智慧财产控制是增加知识产权价值、为侵权与规避提供保护的系统化方法。

OTSM-TRIZ 是一种多冲突复杂问题构建与解决的系统化方法^[15,16]。为解决复杂问题, OTSM 提出了 4 种技术,即新问题表达技术、典型解构建技术、冲突表达技术和问题流管理技术。新问题表达技术是对初始问题的一般性描述,通过构建问题网络,将问题在特定应用领域下描述得更加清晰。典型解构建技术相较于 TRIZ 领域的原理解,得到的解决方案更直接,是在特定应用领域下问题的一般解决方案;这些方案并不是问题

的理想化解决方案,会产生新的问题,通过对问题的不断更替交换,最终确定出需要转化为冲突的问题列表。OTSM-TRIZ用统一化的“元素-名称-量值(Element-Name-Value, ENV)”模型表达技术冲突与物理冲突,并通过调整控制参数和评价参数的量值,对发明问题进行求解。问题流管理技术是通过过程,采用结构化的方法规划从问题表达到冲突解决的全过程。OTSM-TRIZ特别适合于含有多冲突的复杂系统创新。

现代TRIZ无明显边界,是以经典TRIZ为基础进一步发展的结果。由经典TRIZ及功能导向搜索、主参数法、根原因分析方法、产品之声等组成。Litvin^[17]提出了功能导向搜索(FOS: Function-Oriented Search)的方法,即通过功能搜索其它领域中的相关技术,并迁移到待开发的系统中。Litvin等^[18]还提出了加强的FOS方法,即在原功能组成元件的基础上,增加时-空约束。Litvin^[19]提出了主参数法(MPV: Main Parameters of Value),即将用户需求转变成MPV,以此为主参数开发新产品。Abramov文献^[20]提出了产品之声(VOP)方法,是用户之声(VOC)的一种补充。Yuniarto^[21]构建了一类根原因分析方法,通过模型分析确定问题的根原因。

1.3 TRIZ应用中的障碍

Imoh等^[22]通过研究欧美企业应用TRIZ的效果,认为TRIZ的优点是提供了结构化的思维与发明问题解决方法、能预测技术系统的未来发展、使创意产生的更快、创新时间变短;其缺点是TRIZ知识范围很广、内容深奥、需要很长时间才能深刻理解、工具选择方法不清晰、ARIZ没有包含所有工具且应用过程过于复杂。Oleg^[23]认为,尽管TRIZ解决发明问题很有效,但工业界新产品开发与创新过程很少应用TRIZ,阶段-门模型等方法的应用更广泛;TRIZ虽然能有效解决发明问题,但其本身不是新产品开发工具,如果与阶段-门模型整合可能形成优势互补的新产品开发方法,该类研究是TRIZ未来发展的一个方向。Oleg^[24]对TRIZ界敲响了警钟:TRIZ尽管解决难题很有效,但在工业界并未得到应有的重视;TRIZ只有少数人掌握且应用较少;创新过程仅有少量问题需要TRIZ解决;TRIZ已发展至成熟期;同时提出TRIZ的未来发展方向,即研究应用于新

产品开发早期阶段的TRIZ,与已有经过验证的工业实践过程集成,形成产品开发新模型。Litvin^[25]认为目前TRIZ推广应用遇到了8个方面的挑战,如TRIZ提供者销售TRIZ,而不是销售基于TRIZ的产品或服务;企业需要新技术或新产品,而TRIZ主要提供者的输出是创意与概念,达不到企业的要求。

上述文献对TRIZ及其企业推广应用提出的不足或障碍需要TRIZ自身的发展解决。归纳上述文献中的观点,结合作者过去20年在国内众多企业推广应用TRIZ的实践,提出TRIZ新的发展方向如下:

方向之一:TRIZ在企业的推广应用模式需要改变。目前国际上TRIZ推广应用的渠道是TRIZ认证,该模式对TRIZ在社会的扩散有重要影响,但对企业创新的影响并不显著,其原因是参加认证人员学习过程与企业关心的新技术与新产品关系不一定很大。面对不同国家、不同层次企业的新需求,需要探索新的推广应用模式。

方向之二:TRIZ应与工业企业正在应用中的新产品开发过程融合。该类融合使TRIZ应用过程成为企业开发过程不可或缺的一部分,开发结果最大限度地体现TRIZ解决发明问题的价值。

方向之三:TRIZ的核心概念需要发展。发明问题是TRIZ的核心概念,应用TRIZ解决已确认的发明问题,并获得领域问题的解,是TRIZ基本过程及价值所在。但领域问题的解不是企业能直接应用的解。因此,很多企业开发的新产品并未体现TRIZ的价值,尽管这些企业的部分工程师已学习过TRIZ。

方向之四:以已有TRIZ为基础开发新理论:经过多年的发展,TRIZ已进入成熟期。按照事物发展的S-曲线,成熟期之后是退出期。经典TRIZ不会退出历史舞台,但按原轨迹发展有一定难度,需要依据不断变化的新情况,研究与此相适应的新理论。

2 面向企业推广应用TRIZ的中国实践

2.1 TRIZ推广应用模式

过去10年,中国面向工业企业的TRIZ推广应用主渠道由地方政府下的中介机构组织、大学或咨询机构输出TRIZ知识,推广应用TRIZ的输出结果是创新工程师、新技术、新工艺、新产品。

输出结果的高要求是世界 TRIZ 领域向企业推广应用中从未遇到的实践,为满足高的要求,必须创造全新的面向企业的 TRIZ 推广应用模式。

为使多家工业企业或一家大中型企业多个子公司不同领域多名工程师同时参加推广应用 TRIZ, C-TRIZ 中创建并实践了一种全新的推广应用模式,称为批量“创新工程师-发明”模式^[8,9]。该模式由7个阶段构成,即遴选企业、企业遴选工程师、基础理论学习、发现工程难题、理论提升学习、工程难题研究与解决、总结答辩。该模式有3个特征:(1)时间长,一般需要8个月至1年的时间;(2)以 TRIZ 项目为载体,工程难题或课题是一类 TRIZ 项目,工程师必须根据所学习的 TRIZ 基本概念与方法,重新审视企业的工程实践,独立发现并解决工作中遇到的技术难题,

并形成领域发明,即新技术;(3)创造企业创新机遇,即第7个阶段不仅是答辩,企业管理层应对所有产出成果评估,选定若干领域发明并使之成为企业创新机遇,即配置资源,继续推进项目的后续开发,最终产出新产品或新工艺并实现创新。

该模式孕育了企业创新机遇,如图1所示。为完成学习任务,参加学习的工程师不仅熟悉企业的主创新过程或新产品开发方法、企业研发与生产中的问题,还要将学到的 TRIZ 与主创新过程融合,即确认初始机遇、发明机遇,确定领域问题的解及领域解或领域发明。领域解已是新技术,但需经过企业评估,确定其中有价值的方案继续后续的开发过程,一直到新工艺或新产品的产出。因此,领域解是企业创新机遇,新产品是市场机遇。

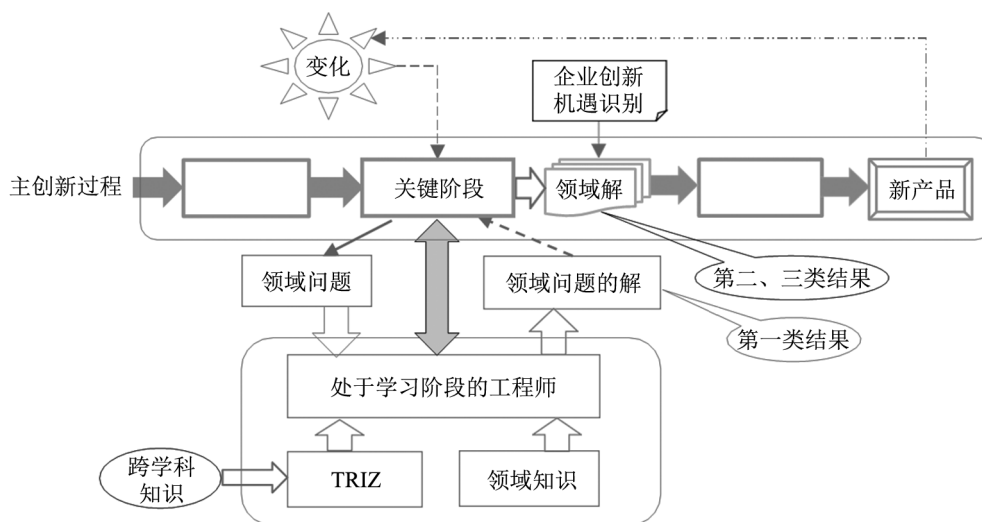


图1 创新工程师学习模型

图1中的变化既包括企业内部变化,又包括外部变化。主创新过程中不变的是过程及该过程中各阶段,变化的是过程中处于被开发状态的技术或产品,称为技术系统。工程师根据对内外部变化的判断,可采用原型或案例方法确定初始机遇^[26],并判断变化影响待开发技术系统所处主创新过程的关键阶段。之后,通过分析方法确定领域问题,经过学习与应用 TRIZ 的实践过程解决领域问题,产出创新结果。

由于处于学习阶段的工程师对 TRIZ 及其推广应用过程、主创新过程等的不同理解,可能产出如下3种结果:

(1) 领域问题的解(第一类结果):如果工程师所选 TRIZ 课题不是来自于企业主创新过程关键阶段的待开发技术系统,领域问题的解不能

返回到关键阶段进一步完善;其结果仅为多个概念方案,即停留在领域问题的解阶段,很难预测企业未来是否能够采用这些方案。另一种可能是工程师对领域知识运用水平较低,在关键阶段很难完善领域问题的解,使这些解不能适应后续开发应用。

(2) 目前无价值的领域解(第二类结果):经过企业评估,发现所产生的领域解没有或目前没有后续继续开发的价值,可以作为领域发明或技术储备,待今后知识检索应用。

(3) 目前有价值的领域解(第三类结果):经过企业评估,发现所产生的领域解有后续继续开发的价值,企业应投入资源继续开发,其结果为产出直接应用的新工艺或新产品。其中的新产品通过市场行为转变为企业市场机遇并创造经济效

益, 最终完成产品创新全过程。

部分领域解目前有应用价值, 该类解经后续开发可形成新工艺或新产品, 是面向工业企业推广应用 TRIZ 的高显示度结果。领域解又称为领域发明, 既是新技术, 又是创新工程师学习 TRIZ 过程的输出成果。这些成果产出由 3 个子过程完成, 即领域问题识别、领域问题求解、领域解获得。领域问题识别包括创新情景分析、关键阶段识别、领域问题确认。领域问题求解是应用 TRIZ 方法与工具, 并应用跨学科知识求解这些问题并获得领域问题的解。领域解获得是领域问题的解与关键阶段领域知识融合的结果。从变化的情景分析到领域解的产出是一个发明过程, 即工程师学习过程中的实践构成了一个个发明过程。这些发明过程的总体形成了 TRIZ 推广应用与企业新产品开发过程融合的新模式。

C-TRIZ^[10]中的批量“创新工程师-发明”模式与图 1 所示的创新工程师学习模型已为 TRIZ 发展方向一提供了一种解决方案, 实践证明该方案

是可行的。

2.2 TRIZ 与企业新产品开发过程融合

不失一般性, 以制造业为例。制造业产品创新过程或主创新过程由模糊前端、概念设计、技术设计、详细设计、制造及商业化几个阶段组成, 图 1 中的关键阶段可是这几个阶段中的任一阶段。如果将图 1 所示的学习过程作为企业新产品开发过程的一个固定模式, 关键阶段的输入是企业内部或外部变化, 输出是领域解或领域发明。这类发明过程的选择视关键阶段出现的问题而定; 如果所有问题均为通常问题, 则不需要应用发明过程, 继续应用主创新过程或通常过程解决问题; 如果问题中存在发明问题, 应增加发明过程, 以使发明问题得到解决。因此, 企业主创新过程与所有发明过程融合构成企业一类新的创新系统, 该系统由主创新过程与一个个发明过程融合组成, 是企业主创新过程的一种进化, C-TRIZ 中已建立图 2 所示模型。

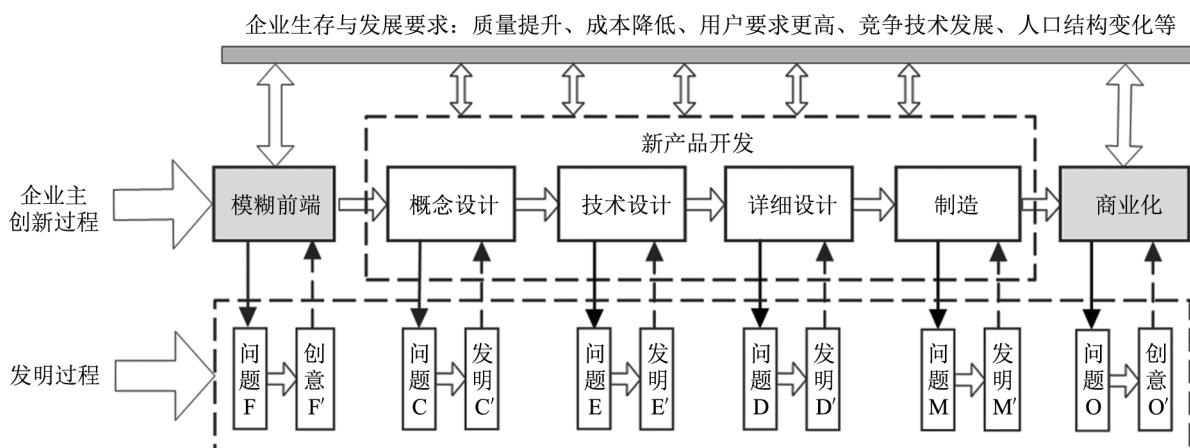


图 2 发明过程与企业主创新过程融合模型^[10,27]

图 2 中, 问题 C、E、D、M 及发明 C'、E'、D'、M' 分别是概念设计、技术设计、详细设计及制造阶段的问题与发明。创新由某一阶段的发明与该阶段之后的主创新过程完成。如问题 E 出现在技术设计阶段, 该问题的解为发明 E', 获得发明 E' 之后要通过后续的详细设计与制造形成产品, 再经商业化实现产品创新全过程, 这些后续的过程为主创新过程的一部分。因此, 图 2 中的主创新过程与发明过程的融合是产出领域发明的关键。

图 2 所示的模型还表明, 应用主创新过程可能要引入 1 次或几次发明过程, 也可能不需要引入这些过程, 是否引入主要取决于项目或待开发

技术系统存在问题的困难程度。图 2 所示的模型为 TRIZ 发展方向二提供了部分解决方案, 如何将发明过程固化到企业主创新过程之中仍然需要解决。

2.3 推广应用实践对 TRIZ 发展的新需求

按图 1、图 2 所示的模型, 工程师应根据不同需要选择不同的发明过程。这些发明过程的引入及与主创新过程的融合, 成为推广应用 TRIZ 成功的关键。目前的发明过程在推广应用过程中由工程师应用, 一些企业已提出应将该过程固化到企业主创新过程之中, 以保证接受 TRIZ 之后的企业能长期应用发明过程, 从而真正提升企业不断开发新技术、新工艺与新产品的能力。这种

新需求可解释为如下内容:

(1) 发明过程是一个独立的过程:不能仅是推广应用 TRIZ 过程独有的,应固化在企业主创新过程之中,成为该过程的一部分。

(2) 发明过程是企业主创新过程的一个选项:可以根据新产品开发不同阶段的需要选择或不选择发明过程。如果不选择,则沿用主创新过程。

(3) 发明过程应有一个通用的模型:以便于学习与运用。

(4) 发明过程应有分类:以便于选择。

这些需求是 TRIZ 发展方向二、三、四的具体化。其本质是为应对内外部变化,企业必须快速且高质量的实施发明与创新过程,以取得竞争优势。在 C-TRIZ 中,该类发明过程定义为“一次发明过程”^[10],隐含了发明过程的完整性与应用的流动性,后者为可根据需要选择,且为一次性应用。为了体现快速且高质量的创新需求,本研究将该术语修改为“敏捷发明过程”,将内涵

从完整、流动,发展到还包含敏捷,敏捷是指快速应对并解决市场变化中出现的发明问题。依据该概念,可将 C-TRIZ 发展为“敏捷发明过程体系”,从而成为一种批量“创新工程师-发明”模式下 C-TRIZ 的新发展。

3 C-TRIZ 新发展

3.1 敏捷发明过程

图1与图2所示的模型已融合了敏捷过程与新产品开发过程。图2表明,企业的一次创新过程可能包括多次单一发明过程,以保证高水平发明及有竞争力的创新的实现。由于发明过程一般要引入外部创新资源,该过程与主创新过程中的其它活动相比是不连续的,即不仅要应用本领域已经成熟的方法与知识,还要应用本领域以外的方法与知识解决问题。因此,在出现发明问题的关键阶段应有一部分活动是独立于主过程之外的研发活动,这些活动称为敏捷发明过程。企业已有新产品开发过程与敏捷发明过程融合形成一类敏捷发明过程模型,如图3所示。

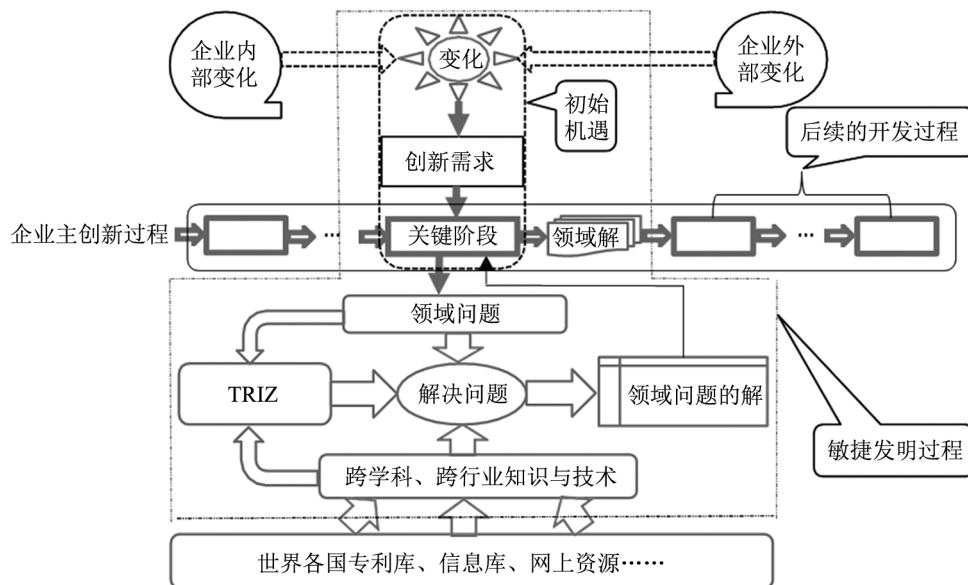


图3 敏捷发明过程模型

敏捷发明过程模型是 C-TRIZ 中一次发明过程的进一步发展,其构成如下:

(1) 企业主创新过程:经过多年的理论与实践,不同行业都形成了自己的创新或新产品开发过程,这些诞生于不同行业的开发过程一般都具有相似性。如机械产品开发与软件产品开发过程具有相似的3类模型:瀑布型、V字型与螺旋型模型。机械产品典型的开发过程由模糊前端、概念设计、技术设计、详细设计、制造、商业化几个阶段组成。不失一般性,机械产品的开发过

程是本文中企业主创新过程案例。

(2) 敏捷发明过程:该过程的输入是企业内部与外部变化,输出是经过评估之后的领域解或领域发明,是该过程产生的新技术。该过程可分为初始机遇发现、领域问题发现与解决、转换领域问题的解3个子阶段。确认变化产生的新需求与所关联的关键阶段为初始机遇发现。领域问题发现与解决子阶段的结果为领域问题的解。将领域问题的解反馈到关键阶段,应用领域方法整合与完善并经评估得到的解为领域解或领域发明,

该过程是转换领域问题的解阶段。领域解或领域发明是该过程所产生的新技术。

(3) 后续开发过程: 将评估通过的领域解或领域发明, 或第三类结果作为输入, 经过主创新过程中关键阶段的后续阶段继续开发, 使之转变为新工艺或新产品, 并经过市场运作转变成企业效益, 实现技术或产品创新。

敏捷发明过程是敏捷发明过程模型的核心。在应用主创新过程所完成的每一次产品创新过程中, 敏捷发明过程可能要应用一至若干次。后续的开发过程中可能还遇到发明问题, 选择某一发明过程可以解决; 在一次产品创新过程中不止一次应用敏捷发明过程。因此, 敏捷发明过程是一种处于流动状态的过程, 以主创新过程为基础, 根据需要应用一种敏捷发明过程, 之后继续主创新过程。

敏捷发明过程有如下几个特点:

(1) 输入与输出分别为变化与领域发明: 与创新工程师学习过程的输入与输出相同。

(2) 融合型过程模型: 敏捷发明过程不仅包含了由于外界变化需要快速响应的部分, 也包括与企业主创新过程的融合, 其中的关键子系统既是敏捷过程的一部分, 又是主创新过程的一部分。

(3) 发明问题的解决是基础: 敏捷发明过程的输出是领域发明或新技术, 并为后续创新形成了项目基础。高水平的发明是发现和解决发明问题的结果, 敏捷发明过程继承了 TRIZ 的基因。

(4) 过程的独立性是核心: 图 3 所示模型中的主创新过程可以是传统制造业, 也可以是其他各行业已有的流程。因此该模型是独立并架构于各行业之上的一种模型, 可以独立研究, 并与主创新过程一起形成敏捷创新过程模型。

(5) 需要确认关键阶段: 领域问题来自于被研究的技术系统所处关键阶段, 领域问题的解必须返回到该阶段继续完善。因此, 关键阶段是主创新过程与敏捷发明过程共享的阶段, 是两者融合的关键。

敏捷发明过程的确定及独立研究对解决向企业推广应用 TRIZ 的障碍十分重要。企业可以将敏捷发明过程作为关键环节固定于企业新产品开发过程的一些中间节点, 当开发进入该节点时, 工程师可以判断是否应用相关敏捷发明过程。当企业将敏捷发明过程引入并固定到本企业新产品开发过程时, 企业由传统创新过程转变成敏捷创

新过程。敏捷创新过程的关键是敏捷发明过程, 即通过流动的操作选择不同的敏捷发明过程, 完成关键阶段技术创新, 产出后续可用的新技术、新工艺与新产品。因此, 构建敏捷发明过程体系并对其分类是企业敏捷创新系统的核心部分。

图 3 表明, 敏捷发明过程是一个独立的过程, 并完成了该过程通用模型的构建, 可以作为企业新产品开发过程的一个选项。这是 TRIZ 发展方向三的一种解决方案。

3.2 敏捷发明过程体系构建

C-TRIZ 已将发明过程分为 11 类^[10]: 基本发明过程 5 类、辅助发明过程 3 类、核心发明过程 3 类。基本发明过程包括类比过程、冲突解决过程、功能综合过程、物质-场综合过程、技术预测过程; 辅助发明过程为裁剪再造、集成驱动与专利规避发明过程。核心发明过程为问题导向发明过程、目标导向发明过程、过程再造发明过程。每一类已构建模型均由基本原理与工具两部分组成, 理论是该类发明过程的基本概念、原理与方法, 工具部分是应用算法, 由基本步骤组成。但未给出各发明过程选择模型, 工程师们根据自己的理解选择不同的发明过程。现根据图 3, 将所有 11 类发明过程转变为敏捷发明过程, 转变的过程仅仅是名称、概念与内涵的扩展, 形式与内容无需变化。根据 11 类发明过程的分类, 构建图 4 所示的敏捷发明过程体系。

应用敏捷发明过程的人群为创新工程师, 他们熟悉企业的研发过程、待开发技术系统的需求, 他们需要选用敏捷发明过程。按图 4 所示模型选用敏捷发明过程的步骤为:

步骤 1: 发现反常。反常是发明与创新的机遇。通过对外部与内部变化的扫描, 发现反常, 包括系统内部诸要素之间的不匹配、系统之间的冲突、系统与社会环境之间的不协调。这里的系统指待开发的技术、工艺或产品, 统称为技术系统。

步骤 2: 确认与待开发系统所关联的关键阶段。关键阶段是企业已经应用的主创新过程的一个阶段, 该阶段是待开发技术系统创新的起点。通过原型与案例方法^[16]识别待开发系统与反常所关联的关键阶段。

步骤 3: 确定导向类型。分为问题导向、目标导向与方法导向 3 类。问题导向是反常所示的问题清楚, 目标导向是必须实现既定目标, 方法导

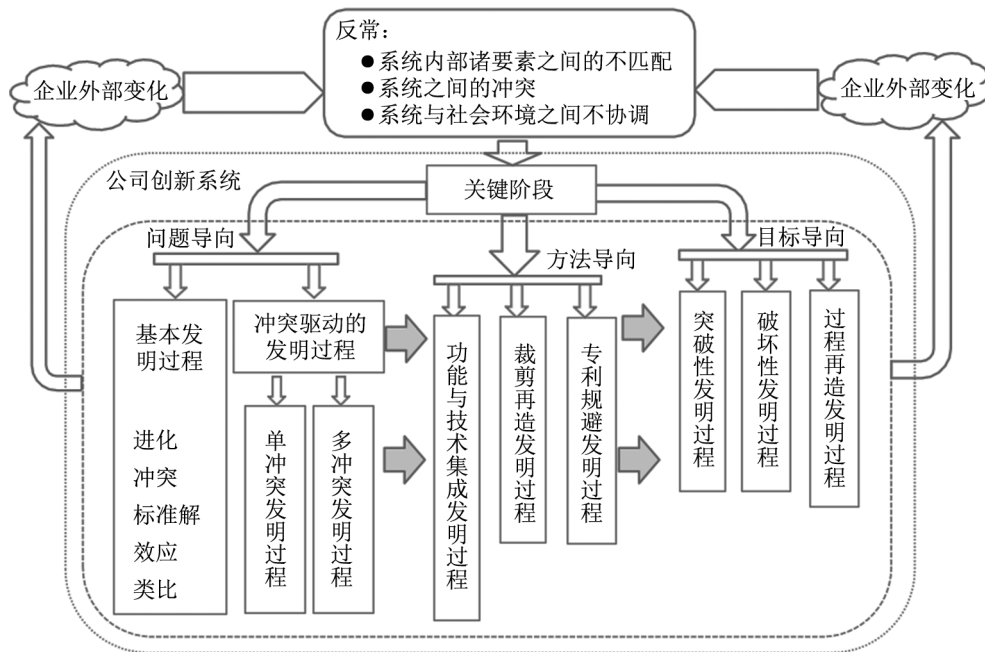


图4 敏捷发明过程体系

向是选择裁剪、集成或专利规避方法实现发明的过程。

步骤4：敏捷发明过程的选用。根据步骤3已选择的导向类型及对待开发技术系统的理解，选用相关导向之下的敏捷发明过程。

为了使敏捷发明过程成为企业新产品开发过程的一部分，可根据图4及敏捷发明过程选用步骤对已有主创新过程作少量修改，即在每一个主创新过程的阶段增加是否选用敏捷发明过程的判断，如果选用则该阶段变为关键阶段，反之按已有主过程继续开发活动。

图4及其选用方法为TRIZ发展方向二提供了一种解决方案。

4 结论

C-TRIZ中的面向企业批量“创新工程师-发明”模式，使TRIZ在国内企业推广应用模式得到改进。总结该模式下企业工程师的创新实践，C-TRIZ已提出一次发明过程的概念。本文根据政府与企业对TRIZ推广应用的新需求，将一次发明过程扩展到敏捷发明过程，以C-TRIZ中的11类发明过程为基础，构建了敏捷发明过程体系，提出了敏捷发明过程选用的方法。在主创新过程中增加节点，可以做出是否选用敏捷发明过程的决策，使TRIZ成为企业主创新过程的一部分。

C-TRIZ与企业已有新产品开发过程的融合需要更多的实践，总结这些实践经验，进一步完善C-TRIZ，是今后的研究内容。

参 考 文 献

- [1] Altshuller G. The Innovation Algorithm, TRIZ Systematic Innovation and Technical Creativity [M]. Worcester: Technical Innovation Center Inc, 1999: 103~177.
- [2] 檀润华. TRIZ 及应用 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2010: 11~18.
- [3] Souchkov V. TRIZ in the World: History, Current Status, and Issues of Concern [A]. Proceedings of the 8th International Conference “TRIZ: Application Practices and Development Issues” [C]. Moscow, Russia, November, 2016: 11~12.
- [4] Certification Levels and Programs, ICG [EB]. <http://www.xtriz.com/Training/technology.htm>.
- [5] TRIZ Certification, Altshuller Institute For TRIZ Studies [EB/OL]. <https://www.aitriz.org/triz-certification>.
- [6] MATRIZ Regulations, The International TRIZ Association [EB/OL]. <https://matriz.org/matriz-offices/council-on-expertise-and-methodology-cem/certification>.
- [7] Rantanen K, Domb E. Simplified TRIZ [M]. New York: Auerbach Publication, 2008: 49~57.
- [8] Tan R H, Zhang H G. Interactive Training Model of TRIZ for Mechanical Engineers in China [J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2014, 27 (2): 240~248.
- [9] Tan R H. Contradiction-oriented Problem Solving for Innovations: Five Opportunities for China's Companies [J]. Journal of Innovation and Entrepreneurship, 2015, 4 (1): 3.
- [10] 檀润华. C-TRIZ 及应用 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2020: 351~357.
- [11] Darrell M. Towards a Generic Systematic Problem Solving and Innovative Design Methodology [A]. DETC2000/DTM-14566 Proceedings of DETC2000. Design Theory and Methodology Conference [C]. Maryland, September, 2000: 10~13.
- [12] Vladimir P. Algorithm for Selecting TRIZ Tools [J/OL]. TRIZ

- Journal, 2016, <https://triz-journal.com/algorithm-for-selecting-triz-tools/>.
- [13] Zlotin B, Zusman A, Kaplan L, et al. TRIZ Beyond Technology: The Theory and Practice of Applying TRIZ to Nontechnical Areas [EB/OL]. http://trizmantra.com/Learning%20Resource%20files/TRIZ_Beyond_Technology.pdf.
- [14] Zlotin B, Zusman A, Hallfell F. TRIZ to Invent Your Future Utilizing Directed Evolution Methodology [J]. *Procedia Engineering*, 2011, (9): 126~134.
- [15] Khomenko N, De G R, Lelait L, et al. A Framework for OTSM-TRIZ Based Computer Support to Be Used in Complex Problem Management [J]. *International Journal of Computer Applications in Technology*, 2007, 30 (1/2): 88-104.
- [16] Cavallucci D, Rousselot F, Zanni C. Initial Situation Analysis Through Problem Graph [J]. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 2010, (2): 310~317.
- [17] Litvin S. New TRIZ-based Tool-Function-Oriented Search [C]. *ETRIA Conference TRIZ Future 2004*. Florence, Italy, November, 2004; 2~5.
- [18] Litvin S S, Feygenson N, Feygenson O. Advanced Function Approach [J]. *Procedia Engineering*, 2011, (9): 92~102.
- [19] Litvin S S. Main Parameters of Value: TRIZ-based Tool Connecting Business Challenges to Technical Problems in Product/Process Innovation [C]. *7th Japan TRIZ Symposium*, September 9, 2011.
- [20] Abramov O Y. 'Voice of the Product' to Supplement 'Voice of the Customer' [C]. *Proceedings of TRIZFest-2015 Conference*, Seoul, South Korea, September 10-12, 2015.
- [21] Yuniarto H A. The Shortcomings of Existing Root Cause Analysis Tools [C]. *Proceedings of the World Congress on Engineering 2012, Vol III, U. K: London*, July 4-6, 2012.
- [22] Imoh M I, David P, Robert P. A Review of TRIZ, and Its Benefits and Challenges in Practice [J]. *Technovation*, 2013, 33: 30~37.
- [23] Oleg Y A. TRIZ-assisted Stage-Gate Process for Developing New Products [J]. *Journal of Finance and Economics*, 2014, 2 (5): 178~184.
- [24] Oleg Y A. Warning Call: TRIZ is Losing Popu; Arity [C]. *TRIZ Developers Summit TDS-2016*, Russia, Saint-Petersburg, June 20-22, 2016.
- [25] Litvin S S. TRIZ Challenges and Approaches to Address Them Promoting TRIZ in the World [C]. *MATRIZ Meet Up "Promoting TRIZ in the World"*, Which Was Held Online on Mar. 23-24, 2021. <http://www.osaka-gu.ac.jp/php/nakagawa/TRIZ/eTRIZ/>.
- [26] Robert B. Opportunity Recognition as Pattern Recognition: How Entrepreneurs 'Connect the Dots' to Identify New Business Opportunities [J]. *Academy of Management Perspectives*, 2006, 20 (1): 104~119.
- [27] 檀润华. 面向企业产品开发需求的工程创新方法 [J]. *工程研究-跨学科视野中的工程*, 2020, 12 (5): 472~479.

The Further Development of C-TRIZ Under the Pattern of Mass "Innovative Engineer-Invention"

Tan Runhua

(National Engineering Research Center for Technological Innovation Method and Tool,
Hebei University of Technology, Tianjin 300130, China)

[Abstract] C-TRIZ which is named the theory of inventive process solving is a kind of new development of TRIZ under the situation of application and dissemination of TRIZ in firms of China. C-TRIZ has been developed but it needs to be improved further. First the researches and the dissemination of TRIZ in the world are analyzed. The four research areas for the further development of TRIZ are put forward. After that the mass "innovative engineer-invention" pattern in C-TRIZ is analyzed and shown that the pattern has been improved for the dissemination of TRIZ in the industrial firms in China. A new model named agile innovative process is then put forward, which is the modification of once innovative process in C-TRIZ. A new framework for organization of all the agile innovation processes is set up, for which the 11 once innovative processes are the base for the setting. A step by the process is set up for selection of the agile innovative processes. From current study both C-TRIZ and the four research areas are all improved further.

[Key words] C-TRIZ; TRIZ; mass "innovative engineer-invention" pattern; once inventive process; agile inventive process; independent innovation

[Jel classification] L29; O32

(责任编辑: 杨 婧)