

技术创新的内涵、特征及其实现方法 TRIZ 理论浅析

——基于企业发展视角

吴睿¹, 刘潇², 贾传果³, 甘民³

- (1. 重庆科技学院机械与动力工程学院, 重庆, 401331;
2. 重庆市高技术创业中心创新推广与发展部, 重庆, 401123;
3. 重庆大学土木工程学院, 重庆, 400044)

[摘要] 自熊彼特将创新定义为“把一种新的生产要素和生产条件的‘新结合’引入生产体系”以来, 有关技术创新的相关理论层出不穷。在当前创新性社会背景下, 阐明技术创新的内涵与特征, 探讨技术创新的实现方法显得尤为重要。在对技术创新的内涵和特征进行深入阐述的基础上, 继而梳理了技术创新所面临的三大困难, 探讨了有效的技术创新方法应具备的特点, 最后, 从 TRIZ 理论的本质特征和解题特征出发, 分析了其对技术创新的适宜性, 并讨论了 TRIZ 理论适用的工程问题种类及其局限性。

[关键词] 创新; 技术创新; TRIZ 理论

[中图分类号] D923 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1674-893X(2021)01-0038-06

一、引言

中国已经踏上了从富起来到强起来的新征程, 创新驱动发展战略是国家实现强国梦的关键。走创新之路是实现中华民族伟大复兴的必由之路, 是国家走向世界科技发展潮流中心的必由之路。技术创新是创新的重要组成部分, 是企业增强核心竞争力、提升效益的有力保障。

科学方法的运用是加快技术创新步伐、保证技术创新取得成功的关键, 因此, 十多年来, 科技部一直致力于推动 TRIZ 理论作为技术创新方法的抓手, 为企业开展技术创新积累了宝贵的 TRIZ 理论应用人才。作为 TRIZ 理论推广应用的深度参与者, 作者发现, 绝大部分工程师在学习 TRIZ 理论的培训现场, 表现出非常高的积极性和兴致, 但回到工作岗位后, 在实际应用时却难以上手, 严重影响了 TRIZ 理论在企业落地的效果。

经由与企业创新工程师接触的过程中的长时间的反复探讨与反思, 发现出现上述问题的原因大致有两点, 一是工程师对技术创新的内涵及外延理解不够, 二是对 TRIZ 理论本身缺乏深入的理解。因此, 从探讨技术创新内涵与外延的角度出发, 探寻具备较强操作性的技术创新概念, 并由此发现 TRIZ 理论与技术创新深度融合的途径, 从而助力企业加快技术创新步伐, 不断提升其核心技术与竞争力, 进而提升整个国家的技术创新能力及国际竞争力。

二、技术创新的内涵与特征

为寻找满足企业需要, 具备较强操作性的技术创新概念, 以人们对创新概念再到技术创新概念的研究出发, 从技术创新的内涵与特征两个方面逐步展开探讨。

(一) 技术创新的内涵

在研究创新的过程中, 人们从不同的视角对

[收稿日期] 2019-12-15; **[修回日期]** 2020-12-28

[基金项目] 科技部创新方法工作专项“重庆市创新方法推广应用与示范”(2017IM010300)

[作者简介] 吴睿, 黑龙江哈尔滨人, 博士, 重庆科技学院副教授, 主要研究方向: 机械设计制造及其自动化、智能制造、工程创新技术及应用, 联系邮箱: riverwad@163.com

其概念进行了解释, 如成思危认为创新是指从外界引入或者在内部产生某种新事物而造成有益的变化, 是人们为了适应客观环境的变化而采取的一些新的举措^[1]; 张向前提出创新就是产生以前没有的新知识、新思想、新方法、新事物, 或者是对原有思想、方法、事物等的变革和完善^[2]; 美国学者艾米顿将创新定义为“为了企业的卓越, 国家经济的繁荣昌盛, 以及整个社会的进步, 创造、发展、交流和应用新的想法, 使之转化为市场适销的商品与服务的活动”^[3]。上述这些概念是从研究创新的角度出发的, 缺乏对技术创新独特性的聚焦, 相对比较笼统, 对于追求实际效益的企业来说, 可操作性不强。

追求效益是技术创新的核心目标, 如周光召院士提出, 创新是“创造性地获取、传播和应用知识, 以提取新的经济、社会收益和提高人类认识世界水平的过程”^[4], 《中共中央、国务院关于加强技术创新、发展高科技、实现产业化的决定》中说, “技术创新是指企业应用创新的知识和新技术、新工艺, 采用新的生产方式和经营管理模式, 提高产品质量, 开发新的产品, 提供新的服务, 占据市场并实现市场价值”。熊彼特在最早提出的创新概念^[5]中也表明了效益是技术创新追求的最终目标的思想, 并揭示出了技术创新的内涵: 将知识转化为效益。

进一步分析梳理前人的研究成果后发现, 技术创新的内涵可以归纳为两点, 一是运用已有知识, 二是取得发展和效益。图 1 为相关研究者根据长期的创新实践进行的创新级别划分^[6]。由图中可以看出, 除了占整个创新 1% 的顶级的 5 级创新属于创造知识外, 其余占比高达 99% 的创新

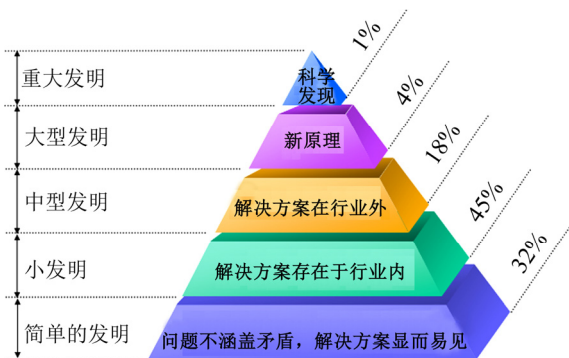


图 1 创新的五个级别

都是应用知识取得的成果, 这一点很好地佐证和说明了技术创新内涵的第一点。

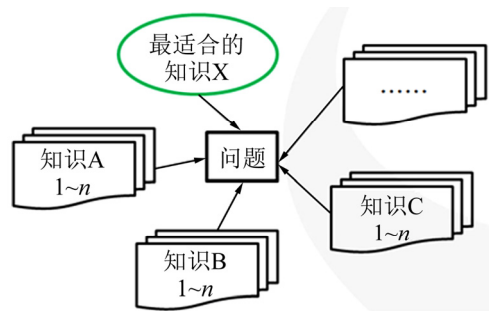
技术创新内涵的揭示提升了企业进行技术创新的可操作性, 但对于如何应用知识取得新颖性的结果进而创造效益, 以及新时代要求下如何更好地评判和审视企业的技术创新的实践结果, 尚需对技术创新的特征进一步加以探讨。

(二) 技术创新的特征

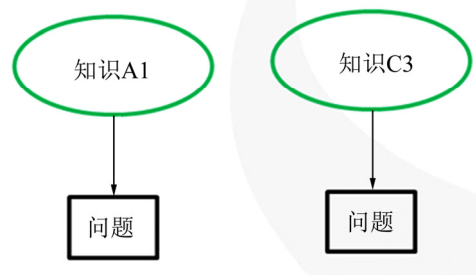
成功的技术创新必须具备三个特征, 一是“新颖性”——最基本的特征; 二是“创造利润和效益”——核心特征; 三是企业的“社会责任”——与时俱进的特征。

1. 技术创新的新颖性特征

运用已有知识解决技术难题, 达到新颖性效果, 进而提升产品核心竞争力, 是技术创新成功实施的重点, 也是难点。下面借助图 2 所示的根据人们解决问题时应用知识的抽象模型, 来说明该重点与难点的实现途径。由图 2 可见, 解决一个问题往往存在着多种知识的选择, 虽然图 2(a) 中最适合的“知识 X”是取得新颖性结果、实现创新目的的知识, 但我们常常由于倾向于根据经验选择自己最熟悉的图 2(b) 中的知识来解决问题, 从而导致失去创新的机会。



(a) 可用知识



(b) 实际采用的知识

图 2 解决问题的知识应用模型

寻找到“知识 X”是一个异常艰难的过程，而这也恰恰正是技术创新最有魅力之处。观察企业在技术创新实践过程中取得的成功案例以及古往今来取得巨大创新成功的案例(比如著名的利用浮力原理知识的“曹冲称象”典故)，我们认为实现技术创新必须做到以下几点：一是对技术创新的渴望，即具有强烈的技术创新动机；二是改变，即改变遇到问题借助经验“拍脑袋”解决的习惯，要通过深入分析对问题进行质疑和重构；三是改变“这件事情不可能”的惰性思维，要转变为“怎样做才能实现”的积极思维，通过自我设置高的挑战门槛，借助科学的方法寻找到“人们认为不可能解决的问题”的解决方案，从而达到技术创新效果。

2. 技术创新的效益和利润特征

正如技术创新的内涵的第二点所示，企业进行技术创新的核心目标是创造“效益和利润”，通过技术创新提升核心产品竞争力，最大限度地获取超额利润。

图3是1930年在格拉斯哥建成的试验轨道，这种介于单轨索道和飞机之间的交通工具可以为大众提供一种极具魅力且不会颠簸的旅行，时速可以达到120英里，时称铁轨飞机。铁轨飞机在当时获得极高的评价，却由于没有获得项目投资，而最终在1937年破产，在1941年被拆毁，当作废品卖掉，以满足战时对钢材的需求。站在当时的角度，该项目具备显著的“新颖性”特征，但由于没有最终走向市场，因此不能够称之为真正意义上的创新。

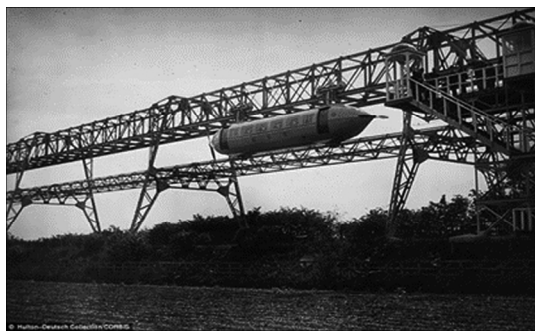


图3 1930年的铁轨飞机

爱迪生一生的发明有2 000多项，能够为今人所熟知的却是电灯。究其原因，爱迪生除了发

明出比较经久耐用的灯丝，更重要的是他通晓技术创新规律，组建了一个公司，解决了供电系统、变压器、电网、开关等等问题，让电灯走向市场创造了效益，为全人类带来了持久的光明。

3. 技术创新的社会责任特征

仅仅依据新颖性和利润两个特征来判定技术创新的成功与否，仍然是不完整、不充分的。在臭名昭著的毒奶粉事件中，添加三聚氰胺的目的是为了提高奶粉中的蛋白质含量；瘦肉精的使用是为了迎合人们喜欢吃瘦肉的心理，而向猪饲料中添加有害物质；地沟油则是经营者们为降低成本而回收利用已经用过的废油。显然，上述事件都具备新颖性，而且也为企业创造了利润，但能否称之为“创新”则一目了然。

在发展中国家，成千上万的新生儿因接触感染或因早产而夭亡，为此，慈善机构送去许多恒温箱，以期解决这些最为常见的新生儿健康问题。一方面，世界上许多贫困人口都生活在炎热潮湿的气候中，这样的气候常常会导致恒温箱出故障。另一方面，这类恒温箱设备又非常复杂，一旦出了故障，很难找到胜任的维修技师。这种情况下，反而出现了恒温箱成为儿童杀手的不可避免的结果。

为解决上述问题，一家非营利组织DTM，在“医学及创新技术一体化中心”(CIMIT)的资助下，利用汽车零部件，设计了一种低成本的婴儿恒温箱。即使是最贫穷的地区也有汽车，因此这种恒温箱很好地解决了维修资源问题，而且成本低廉，能够更好地满足贫困地区的使用需求。

由此可见，创新只有兼顾到社会责任，使产品真正为人们的生活带来便利，才能够最终取得市场的认可和成功。

三、技术创新的困难及有效方法的特点

(一) 技术创新面临的主要困难

笔者多年的生产一线技术攻关实践表明：技术创新主要面临如下三个方面的困难。

创新困难之一，在于提出问题之难。大量的技术骨干都有这种感觉：在日常工作中，觉得到处都有问题，而当需要将问题明确提出来时，却发现由于对问题本身缺乏足够透彻的理解，难以提炼总结出来。对于一部分由来已久的老难题，

由于长期得不到解决, 或者已经麻木, 或者已经习惯, 导致需要时提不出问题来。

创新困难之二, 在于找不到解决问题的方法。有时候, 问题很明确, 就摆在那里, 但由于缺乏有效的解决办法, 因此只能任其继续存在。

创新困难之三, 在于有时候即便找到了解决方案, 也不能够马上实施。或者担心停下来实施新方案会影响生产进度; 或者由于某些技术条件限制, 新方案得不到试验验证; 或者由于不愿意额外增加投入, 从而导致新方案搁浅, 等等。

在技术创新面临的三个困难中, 提出问题和解决问题之难是关键和核心, 是阻碍技术创新的最大障碍。“工欲善其事, 必先利其器”, 实践证明, 选择有效的创新方法是克服技术创新障碍, 取得事半功倍效果的前提与保障。

(二) 有效的创新方法应具备的特点

培根说, “知识本身并没有告诉人们怎样运用它, 运用的方法乃在书本之外”。而技术创新的内涵告诉我们其是通过应用已有知识实现的。结合前文所述, 一套行之有效的技术创新方法, 应该且必须具备引导人们寻找到解决问题的最适合的“知识 X”的特点。

为便于理解, 下面举一个数学例子具体说明一套有效的创新方法应具备的特点。

已知两个一元二次方程 $7x^2 + 2019x + 29 = 0$ 和 $29y^2 + 2019y + 7 = 0$, 求 $t = \frac{x}{y}$ 的值。

第一眼看到上述题目就可以想到解题方法: 通过求根公式分别求出 x 与 y , 然后再求出 t 。

然而, 如果变换一种思路, 将第二个关于 y 的方程两边同时除以 y^2 , 得到一个新的方程:

$$\frac{7}{y^2} + \frac{2019}{y} + 29 = 0$$

观察得到的新方程与关于 x 的方程, 不难看出, x 与 $\frac{1}{y}$ 分别是方程 $7m^2 + 2019m + 29 = 0$ 的两个根, 于是利用韦达定理可以更简便地得到 t 的值。

总结一下上述第二种解题过程: 通过认真分析问题, 首先去除 t 这个干扰信息, 然后对关于 y 的方程进行变形得到新方程, 最终借助问题重构, 利用韦达定理, 获得了更为简便的解题过程。

实际工程问题往往比上述数学问题更为复

杂, 如果有一种行之有效的技术创新方法, 使得我们在解决实际工程问题时, 能够像上述解数学题一样, 引导人们反思问题本身, 剔除干扰信息, 通过对问题的质疑与重构, 发现问题发生的本质, 进而引导人们找到合适的“知识 X”解决问题, 从而获得创新性的问题解决方案, 这就是有效的技术创新方法应该具备的特点。

传统的创新方法如试错法、头脑风暴、和田十二法等虽然在一定程度上可以助力技术创新, 但这些方法都不具备上文所述的特点。在应用 TRIZ 理论实现技术创新的过程中, 工程师越来越感受到该理论不仅具备上述特点, 而且还可以借助其提供的知识挖掘与方案评价标准体系, 寻找到多种解题备选方案并能从中优选最佳方案。

四、TRIZ 理论的本质及适用范围

(一) TRIZ 理论的本质

TRIZ 理论也被音译为“萃智”, “萃智”诠释了其本质, 涵盖了该理论所包括的两个层面的内容。“智”表示知识库、技能库以及大数据, 等等, 是人类在长期改造自然界过程中积累的宝贵知识、技能, 构成了 TRIZ 理论的基础; 而“萃”代表萃取, 既表示从海量的知识库中快速找到所需要知识的方法和手段, 也表示萃取方法和手段的不断丰富和完善发展过程, 构成了 TRIZ 理论的核心。可见, TRIZ 理论与技术创新内涵之一“运用知识”高度匹配与契合。

(二) TRIZ 的解题流程

TRIZ, 是俄文 Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch 的首字母缩写, 在欧美翻译为 Theory of Inventive Problem Solving, 翻译成中文为“发明问题解决理论”。TRIZ 理论是其缔造者苏联人根里奇·阿奇舒勒终其一生, 与他的合作者一道, 研究发现的隐藏在发明背后的规律。图 4 为 TRIZ 解题流程示意图, 由图可见, TRIZ 使用者首先借助问题分析工具对问题进行分析重构, 抽象转换并建立问题模型, 其次借助相应的模型工具获得模型解, 最终通过知识挖掘获得最终问题的解。

TRIZ 理论提供了 4 种问题模型供使用者选择, 分别是技术矛盾模型、物理矛盾模型、物场模型和 HowTo 模型, 借助这些问题模型, 使用

者能够像建立数学方程模型一样解决复杂的工程问题,进而打破知识应用屏障,建立起通达知识应用的途径。

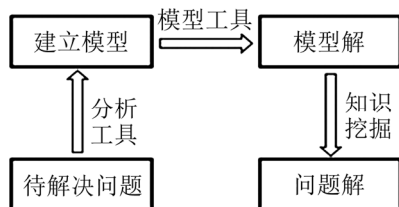


图4 TRIZ 的问题解决流程示意图

(三) TRIZ 的解题特征

追求理想解,不断向理想解进化,是 TRIZ 理论解决实际工程问题的总目标,贯穿于应用全过程。公式(1)为理想度公式,是评判所获得解题方案与理想解匹配程度的标准。

$$\text{理想度} = \frac{\sum \text{有用功能}}{\sum \text{有害功能} + \sum \text{成本}} \quad (1)$$

由公式(1)中所反映出来的追求更多有用功能,不断消除有害功能,持续降低成本的思想,与企业提升产品竞争能力,取得竞争性利润的目标高度一致。

(四) TRIZ 理论的适用范围

了解 TRIZ 理论的适用范围,对于发挥其在技术创新方面的作用至关重要,为了说明该问题,下面先对三类问题加以简单阐述。

第一类为简单问题,问题和答案都很简单明确。比如现有的设备不能够满足生产要求,需要购置新设备;目前的数据通过人工统计,容易出现错误,需要开发一套系统,由计算机代替人工自动完成工作;某个产品的配方中水添加多了,需要计算一下多少水分更合适,等等。日常工作中,遇到的试验验证类、数据处理类、数学问题类、常规设计类等等问题,大多属于该类问题。

第二类为复杂问题,问题很明确,但答案模糊不确定。比如,如何提高某个产品工作时的密封性,问题本身很明确,但是解决方案涉及产品工作原理、结构、每个组成部分的状态、所处的环境等方面,而且答案有多种;再比如,如何将生产线上某个产品的成本降低 20%,问题也很明确,但解决问题牵涉到该产品生产的各个环节

中的众多因素,解决方案同样存在着多种可能性。一般来讲,那些需要产生新思路、允许一定的变动范围的与实体技术系统紧密相关的(如机械装置、结构改进、工艺优化等方面的问题)问题都基本属于第二类问题。

第三类问题称为抗解问题,属于难以程式化的系统问题,问题和答案都不明确,解决起来更加困难。抗解问题本身有着一系列互相交织和互相制约的问题,并且这些问题在不断的变化中。解决方案也不固定,每个解决方案都会在原有问题上揭示出新的问题,解决问题的终结不是找到了完美的解决方案,而是耗尽了解决问题需要的时间或资源。每个抗解问题都是独特的,很难事先模拟和验证解决方案。

就上述三类问题看,TRIZ 理论适合第二类复杂问题。对于第三类抗解问题,如果能够通过对问题深入研究分析,将问题的维度降低,将其转换为第二类复杂问题后,可借助 TRIZ 理论进行解题。

由于工程问题的复杂多样性,关于 TRIZ 理论适用范围的讨论是初步的,是不完全的,还需要更多的使用者和实践者不断总结和完善。

五、结语

站在企业是技术创新的主体,技术创新的目标是获得效益的角度,从具备更强的操作性出发,在分析梳理创新概念的基础上,对技术创新的内涵及其特征进行了探讨。

技术创新过程充满了艰辛与困难,借助有效的创新方法是达到事半功倍、加快其实施步伐的必由之路。多年的应用实践表明,TRIZ 理论是有效的创新方法,更适用于企业的技术创新。一方面因为 TRIZ 理论引导知识应用的思想与技术创新的内涵吻合;另一方面,TRIZ 理论的解题过程是追求理想解的思想与企业追求效益的目标高度一致。

虽然实践证明了 TRIZ 理论对于促进技术创新的有效性,但仍然应该看到其局限性的一面。一方面,该方法只是引导知识的应用,不能够替代知识的作用,最终解决问题仍然要靠知识的应用;另一方面,TRIZ 理论适用范围有局限,其更适合于第二类问题——复杂问题。

参考文献:

- [1] 成思危. 论创新型国家的建设[J]. 新华文摘, 2009(12): 1-14.
CHENG Siwei. On the construction of an innovative country[J]. Xinhua Digest, 2009(12): 1-14.
- [2] 张向前. 大学生创业教育与素质教育、创新教育的关系辨析[J]. 和田师范专科学校学报, 2014, 33(5): 17-20.
ZHANG Xiangqian. On the relationship between entrepreneurship education, quality education and innovation education[J]. Journal of Hetian Normal College, 2014, 33(5): 17-20.
- [3] 戴布拉·艾米顿. 知识经济的创新战略: 智慧的觉醒[M]. 北京: 新华出版社, 1998.
- [4] 周光召. 学习、创造和创新[J]. 中国基础科学, 2006, 8(3): 5-9.
ZHOU Guangzhao. Learning, creation and innovation[J]. China Basic Science, 2006, 8(3): 5-9.
- [5] JOSEPH A S. The theory of economic development[M]. New Jersey: Transaction Publishers, 1982.
- [6] 尤里·萨拉马托夫. 怎样成为发明家[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2006.
YURISA R. How to be an inventor[M]. Beijing: Beijing Institute of Technology Press, 2006.

A Brief analysis of the connotation and characteristics of technical innovation and its realizing method TRIZ theory —An enterprise development perspective

WU Rui¹, LIU Xiao², JIA Chuanguo³, GAN Min³

- (1. School of Mechanical and Power Engineering of Chongqing University of Science & Technology, Chongqing 401331, China;
2. Innovation Extension and Development Department of Chongqing High-tech Incubator Center, Chongqing 401123, China;
3. School of Civil Engineering of Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: Since Joseph Alois Schumpeter's viewpoint of innovation to introduce both new productive factors and conditions into production system, many innovation theories have been put forward. It is very important to illustrate the connotation and characteristics of technical innovation and discuss the realizing way of technical innovation in the context of the current innovative society. On the basis of deeply elaborating the connotation and characteristics of technological innovation, the three major difficulties faced by technical innovation are summarized, and the feature of effective methods of technical innovation is discussed. Then the essence and core of TRIZ theory and its effective application for innovation are analyzed. In the end, the types of engineering problems to which TRIZ theory can be applied and the limitations of the theory are discussed.

Key Words: innovation; technical innovation; TRIZ theory

[编辑: 何彩章]