

发明问题解决理论与可拓学的比较研究

仇成¹, 冯俊文¹, 郭春明²

(1. 南京理工大学 经济管理学院, 南京 210094; 2. 南京财经大学 会计学院, 南京 210046)

摘要:从矛盾分类、研究对象、理论基础、方法体系等方面比较了 TRIZ 与可拓学的差异, 通过对比两者的哲学思想, 以及基元理论与物质-场理论、40 条创新原理与可拓推理, 分析了 TRIZ 与可拓学的内在联系。

关键词:发明问题解决理论; 可拓学; 差异; 内在联系

中图分类号: TH122 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-980X(2008)03-0070-04

辩证法认为矛盾是普遍存在的, 人类就是在解决矛盾的过程中前进的。在管理、控制、计算技术、人工智能、机械、电工等工程领域, 各种各样的矛盾问题都会出现。如何解决这些矛盾问题, 解决方法有无理论可依, 能否建立一套处理矛盾问题的方法, 是值得学界研究的问题。

事实上, 理论界和实务界对上述问题的思索和研究从未停止过, 其中最具影响的是发明问题解决理论 (TRIZ) 与可拓学。二者的研究对象都是矛盾问题, 且都给出了比较成熟的矛盾问题解决理论和方法体系。但是, 它们之间是并列关系还是交叉关系, 彼此具有哪些区别和联系, 二者有无整合的可能等, 对这些问题研究的文献尚不多见。

1 TRIZ 与可拓学概述

“TRIZ”是“发明问题解决理论”的俄文简称, 它是前苏联发明家 G. S. Altshuller 及其同事们在分析了世界上近 250 万件高水平发明专利后, 在综合了多个学科领域原理、法则的基础上提出的创新解决问题的方法理论体系, 它主要研究人类进行发明创造、解决技术难题过程中所遵循的科学原理和法则。

可拓学是以蔡文教授为首的我国学者创立的新学科, 它用形式化的模型研究事物拓展的可能性和开拓创新的规律、方法, 并用于处理矛盾问题。可拓学研究的目的是, 通过探讨用形式化模型处理矛盾问题的规律, 研究用计算机处理矛盾问题的基本理论、方法以及计算机能操作的推理技术, 研制相应的智能系统, 以解决多个领域中的矛盾问题。

2 TRIZ 与可拓学的差异比较

2.1 矛盾分类与研究对象的差异

TRIZ 认为, 从广义上讲矛盾可分为自然、社会和工程矛盾三大类, 其中自然矛盾分为自然定律矛盾和宇宙定律矛盾, 社会矛盾分为个性、组织和文化矛盾, 工程矛盾分为管理、技术和物理矛盾^[1]。三类矛盾相比较而言, 技术矛盾最容易解决, 自然矛盾最难解决, TRIZ 主要研究的是技术矛盾和物理矛盾。物理矛盾是问题的核心矛盾, 也是最尖锐的矛盾, 技术矛盾的存在往往隐含着物理矛盾, 并可以转化为物理矛盾。TRIZ 认为, 创新问题的核心是解决矛盾, 最有效率的解决方案是“克服了矛盾的设计”, 未克服矛盾的设计不是创新设计。

可拓理论认为矛盾问题分为三类: 第一类是主观与客观矛盾的问题, 称为不相容问题; 第二类是主观与主观矛盾的问题, 称为对立问题; 第三类是自然界存在的客观矛盾问题。可拓学主要研究第一类和第二类矛盾问题, 认为人类在发展过程中在自觉不自觉地利用种种变换方法处理各种各样的矛盾问题, 使不相容问题转化为相容, 使对立转化为共存, 这一过程中蕴含的事物拓展的可能性以及开拓创新的规律与方法可以用形式化的模型去描述^[2]。可拓学研究的目的是将问题的形式化描述、可拓推理和可拓变换解决矛盾问题的过程和方法应用于人工智能, 促进计算机智能水平的发展。

综上, TRIZ 关于矛盾的分类是具体的, 其研究对象也是具体的技术与物理矛盾, 其研究目标是解决产品设计中的技术创新问题; 可拓论关于矛盾的

收稿日期: 2007-08-13

作者简介: 仇成 (1971—), 江苏高邮人, 南京理工大学经济管理学院博士研究生, 研究方向: 产品稳健设计; 冯俊文, 南京理工大学经济管理学院教授, 博士生导师; 郭春明, 南京财经大学会计学院副教授, 博士后。

分类是抽象的,更具一般性,研究对象是一般意义上的主客观矛盾问题与主观矛盾问题,研究目标是描述事物拓展与创新规律,抽象人类解决矛盾问题的过程和方法,提高计算机人工智能水平。

2.2 理论基础的差异

TRIZ 解决技术与物理矛盾的关键是从近 250 万件发明专利中抽出的发明创造遵循的 40 个基本原理^[3],包括分割、组合、嵌套、部分改变、动作预置、自助机能等,这 40 个创新原理是解决具体技术和物理矛盾的指导方针;TRIZ 还抽象出了产生系统矛盾的典型技术特性 39 项,包括速度、形状、强度、温度、可靠性、制造性等,并发现虽然技术系统和发明创造问题涉及方方面面,但典型的系统矛盾只有大约 1250 个,而且这些典型的矛盾均可用这 40 个发明创造原理来解决。

可拓论的理论基础包括基元理论、可拓集合理论和可拓逻辑。基元理论认为处理客观世界的矛盾问题就是处理基元间的矛盾问题,事物基本元可以用“物元”、“事元”和“关系元”来描述,基元理论的核心理念是基元的可拓性和共轭性;开拓集合论是对传统集合论的一种开拓和突破,它是描述事物“是”与“非”的相互转化及量变与质变过程的定量化工具,为量化研究矛盾问题的解决奠定了基础;可拓逻辑是研究化矛盾问题为不矛盾问题的变换和推理规律的科学。

本文认为,从研究对象和研究目标来看,可拓论具有较 TRIZ 更为宽广和系统化的理论基础,但 TRIZ 对产品设计过程中技术与物理矛盾解决具有很强的现实指导意义,可拓论在这方面无法相比。

2.3 方法体系的差异

TRIZ 使用矛盾矩阵解决技术矛盾。矩阵的 X 轴表示希望改善的技术特性, Y 轴表示恶化的技术特性,即构成 39×39 矛盾矩阵; X 轴、 Y 轴上各技术特性交点处就是解决这两个技术特性之间矛盾的创新原理,该理论对每个矛盾分别给出了几项创新原则,研究人员只需看清矛盾,直接选用相关原则就可找到解决问题的办法。对于物理矛盾,通过分离原理来解决,分为空间分离、时间分离、部分和整体分离、按条件分离这 4 类分离解决方法,每条分离原理则有多条创新原理与之对应^[4]。

在矛盾矩阵的基础上,必须进一步根据所提供的原理及所要解决问题的特定条件,提出解决问题的具体方法,为此 TRIZ 提供了“物质-场分析”和“发明问题解决算法”(ARIZ)。物质-场分析是对

具体问题定义并将问题模型化的方法,它用符号表达技术系统变换的建模技术^[5]。TRIZ 将物质-场模型变换概括为 76 种标准解决方法,并分成以下 5 类:不改变或仅少量改变已有系统;改变已有系统;系统传递;检查与测量;简化与改善策略。某些复杂问题由于没有明显的矛盾表明,因此不能直接依靠矛盾矩阵或物质-场分析解决,必须对其分步进行分析并构建矛盾。ARIZ 是根据物质-场分析定义的问题模型为复杂问题提供简单化解决方法的逻辑结构化过程,其实质是对物质-场形成的初期问题进行一系列变形及再定义。

可拓论认为,处理矛盾问题要从传统的等量思维转向“拓展”思维,拓展出一批对象,再从中找到适合于解决问题的对象。可拓学研究提出了发散树、分合链、相关网、蕴含系、共轭对等可拓方法,基本变换、复合变换和传导交换等可拓变换,菱形思维及转换桥等综合方法。

可拓论通过对大量解决矛盾问题的策略进行分析认为,可从不同的角度去分析物。从物质性考虑,物 N 有物质部分(实部 reN)和非物质部分(虚部 imN);从系统性考虑,物 N 有组成部分和关系(硬部 hrN 和软部 sfN);从动态性考虑,物 N 有显化的部分(显部 apN)和潜在的部分(潜部 ltN);从对立性考虑,物 N 有关于某特征的正部($p_{sc}N$)和负部($ngcN$)。用形式化模型表示,即:

$$N = reN \circ imN = hrN \circ sfN = ngcN \circ p_{sc}N = ltN \circ apN$$

许多创新正是利用了物的虚部、软部、潜部和负部而使难以解决的某些矛盾问题转化。可拓论研究用形式化符号表述了物的共轭部和共轭性,研究了共轭分析方法、共轭推理,并利用物的各部和各部的变换去生成解决矛盾问题的策略,为用共轭分析和共轭变换处理各领域的矛盾问题提供理论依据和可操作的方法。

从解决矛盾问题的方法上看,可拓论更具一般性,且指导有高屋建瓴之感;而 TRIZ 则具有很强的可操作性,运用已有的矛盾矩阵、76 种标准解决方法以及 ARIZ 能够切实地处理产品设计过程中出现的冲突。

3 TRIZ 与可拓学的内在联系

3.1 解决矛盾问题的哲学思想

传统哲学认为,矛盾普遍存在,且矛盾是事物内部或事物之间的一种本质关系,受对立统一、从量变到质变、否定之否定三大客观规律支配,解决矛盾问

题的方法是促进矛盾双方的转化。TRIZ 与可拓学承认传统哲学解释的关于矛盾的一般规律,但是认为这些规律过于宏观,只提供了一种思路、一种原则,是描述性的、不确定的。

TRIZ 运用矛盾矩阵和 40 项创新原则定位技术矛盾的创新规律,用物质-场理论解释物质之间的相互作用与控制,并给出 76 项标准解。TRIZ 用具有可操作性的理论与方法,从实体间关系,实体内各因素、方面、成分之间的关系,实体属性之间的关系等关系范畴诠释并解决了产品进化过程中的技术矛盾。

可拓学则强调了解决矛盾问题的“转化”思想,发展了以往自然观“转化”的总括概念,为创造性思维的形式化、逻辑化提供自然观基础。同时,可拓学用形式化模型表达哲学基本规律,给出了寻找转化关系项的基本方法,解决被转化项向转化项的转化,最后用计算机人工智能加以实现。

从哲学思想上来看,TRIZ 与可拓学有异曲同工之妙,它们都推进了人类认识世界和改造世界的进程。

3.2 物质-场理论与基元理论

产品是功能的实现,TRIZ 利用物质-场模型来分析系统的功能^[6]。Altshuller 认为所有功能都可以看作是由两个物质和一个场组成的,物质 S_1 、 S_2 可以是任何复杂程度的对象,场 F 用于表示物质 S_1 与 S_2 之间相互作用、控制所必需的能量。一个满意的功能至少要包括这 3 种元素,且三者之间应以适当的方式组合,完成一定的作用。当三者缺一时,或三者之间没能实现预定的目的时,或它们之间产生有害作用时,物质-场模型描述的技术系统都会存在问题,这时需要用物质-场模型变换方法来解决问题。

可拓学把对象、特征和量值放在一个统一体中考虑,用“物元”、“事元”和“关系元”描述客观世界,三者合称为基元,构成可拓学的逻辑细胞。现实世界的问题非常复杂,是人、事、物组合或复合的结果,因此描述这些问题需要用物元、事元、关系元复合的形式来表达,统称为复合元,三要素的变化和事物内部结构的变化会使基元产生变化。

本文认为,物质-场理论与基元理论都对客观事物进行了描述,但各自的侧重不同,二者存在如下关系:

1) 基元理论中“物元”的概念大于物质-场理论中“物质”的概念。物质-场理论中的物质可以是任

何东西,如太阳、地球、轮船、计算机、X 射线、分子等,基元理论中的“物元”除了包括一般意义上的“存在物”外,还包括期望物;物质-场理论中物质间相互作用需要的能量 F 在基元理论中也被作为一“物元”加以描述;另外,基元理论还研究了物的系统性、物质性、动态性和对立性,将物分成了四对共轭部。

2) 基元理论中的“事元”可用来描述物质 S_1 与 S_2 之间的相互作用,物质-场模型则进一步将物质之间的“事”分为标准作用、不足作用、过剩作用、有害作用等作用类型。

3) 以物质-场理论为基础,将系统视为由功能元件及作用组成的功能网络,该网络与超系统(外部环境)及制品共同构成产品功能模型。借助产品功能模型,可体现出基元理论中的“关系元”,同时模型本身可视为是多种形式复合元的复合。

4) 基元理论形式化的表达方式使之可对物进行更加全面地描述,例如可描述出物的性质、行为状态以及物间的关系等特征,可以描述一物关于某一特征的数量、程度和范围,以及物元、事元、关系元的可拓性等。

3.3 创新原理与可拓推理

TRIZ 将前人发明创造的经验总结分为两类:适用于本领域的经验、适用于不同领域的通用经验。TRIZ 的矛盾问题解决原理属于第二类经验。Altshuller 等在分析全世界大量专利基础上提出的 40 条发明原理,其每条原理并不限于仅能用于某一领域,而是融合了物理、化学及各工程领域的原理,它们适用于不同领域的发明创造。

可拓学为了解决矛盾问题,建立了可拓推理方法。可拓推理以可拓变换为基础,它是解决矛盾问题的核心,包括利用拓展推理(根据发散规则、相关规则、可扩规则)、传导推理和共轭推理解决矛盾。本文认为,可拓推理方法系统地给出了矛盾解决过程的推理规则,这些规则是抽象的、一般的,可以指导人类解决矛盾冲突问题,当然也包括技术矛盾。从这个意义上讲,可拓推理应该包含 40 条创新原理。例如发明原理 1:分割,包括将一个物体分成相互独立的部分、使物体分成容易组装及拆卸的部分、增加物体相互独立部分的程度。从可拓变换的角度看,“分割”原理实施了分解变换,应该归属于拓展推理中的可扩规则。再如发明原理 8:重力补偿,包括用另一个能产生提升力的物体补偿第一个物体的重力。从可拓变换的角度看,“中立补偿”原理实施了共轭变换,应该归属于共轭推理。

参考文献

- [1] SAVRANSKY S D. Engineering of Creativity [M]. New York: CRC Press, 2000: 235-267.
- [2] 蔡文, 杨春燕, 何斌. 可拓逻辑初步 [M]. 北京: 科学出版社, 2003: 25-45.
- [3] 檀润华. 发明问题解决理论 [M]. 北京: 科学出版社, 2004: 12-35.
- [4] Mann. Hands-on Systematic Innovation [M]. CREAX Press, 2002: 256-264.
- [5] MARCONI J. ARIZ: the algorithm for inventive problem solving [J]. TRIZ Journal, 1998 (4): 12-19.
- [6] TERNINKO J. Su-field analysis [J]. TRIZ Journal, 2000 (2): 23-29.

Study on Comparison of TRIZ and Extenics Theory

Qiu Cheng¹, Feng Junwen¹, Guo Chunming²

(1. Institute of Economics & Management, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China;

2. Institute of Accounting, Nanjing University of Finance & Economics, Nanjing 210046, China)

Abstract: This paper studies the differences between TRIZ and extenics theory from aspects of contradiction classification, research object, theory basic and method system. Through analyzing their philosophy ideology and contrasting basic-element theory with substance-field theory, forty innovation theories with extenics reasoning, it reveals the internal relations between TRIZ and extenics theory.

Key words: TRIZ; extenics; difference; internal relation

(上接第 59 页)

因子以及技术创新后备力量因子的得分都比较高,而技术创新产出因子上的得分比较低,这表明山东省在技术创新投入与教育方面具有比较优势,而在技术创新产出能力方面则具有比较劣势。为了提高山东省的技术创新综合能力,应继续发挥山东省在技术创新投入与教育投入方面的比较优势,改变在技术创新产出能力方面的比较劣势,提高高技术产业的产出能力,促进产学研的结合,使科研成果尽快转化为物质商品,从而实现山东省技术创新能力的全面提高。

参考文献

- [1] 赵海勇, 谭劲松. 技术创新与经济可持续发展初探 [J]. 技术经济与管理研究, 2006 (1): 42-44.
- [2] 初玉岗. 制造业与工业化中期的经济发展战略 [J]. 经济学家, 2003 (5): 22-25.
- [3] 叶飞文. 要素投入与经济增长 [M]. 北京: 北京大学出版社, 2004: 31-62.
- [4] JONKER M, ROMIJN H, SZIRMAI A. Technological effort, technological capabilities and economic performance: a case study of the paper manufacturing sector in West Java [J]. Technovation, 2006 (26): 121-134.
- [5] 安同良. 中国企业的技术选择 [J]. 经济研究, 2003 (7): 43-50.
- [6] 詹湘东. 技术创新能力对提升产品竞争力的贡献及其分析 [J]. 科技与管理, 2005 (1): 137-139.
- [7] MITSUFUJI T. How an innovation is formed: a case study of Japanese word processors [J]. Technological Forecasting & Social Change, 2003 (70): 671-685.
- [8] KUHLMANN S, EDLER J. Scenarios of technology and innovation policies in Europe: investigating future governance [J]. Technological Forecasting & Social Change, 2003 (70): 619-637.

Comparative Study on Technology Innovation Ability of Shandong

Wang Liping, Wang Naijing

(Shandong Economic University, Ji'nan 250014, China)

Abstract: This paper studies technology innovation abilities of Shandong province from the perspective of historical development and region comparison. From the point of historical development, technology innovation ability of Shandong is getting stronger. From the point of the regional comparative analysis, the comprehensive technology innovation ability of Shandong is listed the eighth in China. Shandong has comparative advantage on technology innovation input and education and has comparative disadvantage on technology output ability. It suggests that Shandong should promote industry-academy cooperation and the transform of technology achievements to improve the technology innovation ability.

Key words: technology innovation ability; historical transition; regional analysis; Shandong