

# 可拓创新方法及其应用研究进展

杨春燕<sup>1</sup>, 李兴森<sup>2</sup>

(1. 广东工业大学 可拓工程研究所, 广东 广州 510090;

2. 浙江大学 宁波理工学院 信息管理与信息系统研究所, 浙江 宁波 315100)

**摘要:** 通过对可拓创新方法与 TRIZ 的比较分析, 说明可拓创新方法既具有普适性又具有可操作性, 然后介绍可拓创新方法的方法体系及其基本特征, 并综述其应用研究进展。可拓创新方法的进一步完善, 将为各领域的创新活动提供可操作的方法, 对技术创新、发明创造的形式化定量研究有非常重要的应用价值。

**关键词:** 可拓学; 创新; 可拓创新方法; 发明问题的解决理论( TRIZ)

中图分类号: N03; C03 文献标志码: A 文章编号: 1007-7375(2012)01-0131-07

## Research Progress in Extension Innovation Method and its Applications

Yang Chun-yan<sup>1</sup>, Li Xing-sen<sup>2</sup>

(1. Research Institute of Extension Engineering, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510090, China;

2. School of Management, Ningbo Institute of Technology, Zhejiang University, Ningbo 315100, China)

**Abstract:** In this paper, by compared with the TRIZ, it shows that the extension innovation method has advantage in both universality and operability. After the systematic methodology and basic characteristics of extension innovation methods are introduced, the progress made in both research and applications is reviewed. Then, it is pointed out that, with further improvement, the extension innovation methods can provide operable methods for innovative activities of all fields. Thus, the extension innovation methods have its practical value for the formal and quantitative research in technical innovation and invention.

**Key words:** extenics; innovation; extension innovation method; TRIZ

可拓学是用形式化的模型研究事物拓展的可能性与开拓创新的规律与方法, 并用于处理矛盾问题的学科<sup>[1-2]</sup>。可拓学在某些领域中应用的成效并不在于发现新的实验事实, 而在于提供一种理论与方法, 提供一种新的思想和模型。可拓模型是比数学模型应用更广的思维模型, 利用这种模型, 可以揭示研究对象之所以产生矛盾的内在机制和转化的规律与契机。可拓学为人们认识和分析现实世界、解决现实世界中的矛盾问题, 提出了一种新的方法论。

可拓创新方法原称可拓方法<sup>[3]</sup>, 是可拓学中特有的方法, 是用于对研究对象进行拓展、变换、评价等, 以生成解决各种矛盾问题的创意的形式化、定量

化方法, 包括拓展分析方法、共轭分析方法、可拓变换方法、可拓集方法、优度评价方法、可拓创意生成方法等。由于这些方法特别适合于创新, 因此又被称为可拓创新方法。关于创新方法的研究, 已有很多成果, 如智力激励法、题目问答法、联想法、组合法、列举法、逆向发明法、模仿法、仿生法、发明问题的解决理论( Teoriya Resheniya Izobreatatelskikh Zadatch, TRIZ) 创新方法等等<sup>[4]</sup>。

TRIZ 创新方法是目前我国正在大力推广的一种以解决技术矛盾为基本手段, 以实现技术系统进化为目标的结构化技术创新方法。为有效解决技术系统中面临的矛盾, TRIZ 创始人 Altsuller 及其团

收稿日期: 2011-05-19

基金项目: 国家自然科学基金资助项目( 70671031, 70871111); 广东省自然科学基金资助项目( 8151009001000041, 10151009001000044)

作者简介: 杨春燕( 1964-), 女, 山东省人, 研究员, 主要研究方向为可拓学、人工智能、管理科学与工程。

队在分析40 000份高水平专利的基础上,总结提炼了当时领先行业中常用的发明诀窍,即矛盾矩阵和40条发明原理<sup>[4-5]</sup>。作为TRIZ的核心工具之一,矛盾矩阵和发明原理的应用备受关注。人们将其面临的具体问题抽象成通用技术矛盾之后,查询矛盾矩阵即可找出有效解决当前矛盾的发明原理,将发明原理具体化便得到问题的最终解决方案。然而,由于冲突参数的确定需要很高的分析能力,选取的参数往往存在歧义,而且每条发明原理的具体实施方式多种多样,因此有效应用发明原理并非易事<sup>[6]</sup>。需要多年的训练和经验积累。

文献[6]通过对TRIZ的矛盾矩阵和40条发明原理的深入分析,认为TRIZ发明原理的精髓就是进行某种变换。但已有研究均未直接探讨40条发明原理所包含的核心变换,这就导致它们无法准确剖析各条发明原理涉及的本质变换过程,致使发明原理在操作对象、变换方法等方面仍然存在很大的模糊性。利用可拓学中的可拓变换方法刻画和分析TRIZ发明原理所包含的关键变换,较之现有研究,该方法可以直观地描述发明原理所涉及的变换过程,从而为人们提供实施发明原理的切入点。从形式化的角度分析和研究40条发明原理包含的核心变换,对于推进TRIZ理论体系的规范化、形式化进程及基于形式化的创新软件开发工作而言也是不无裨益的。该文从可拓变换和基元两个角度准确而详细地描述各条发明原理的核心信息,以便为人们寻找实施发明原理的切入点提供一定的参考依据。部分发明原理在本质上就是标准的可拓变换,而其他发明原理,则要么是对多种可拓变换的组合,要么是对某种可拓变换的特殊应用。

文献[7]从矛盾分类与研究对象的差异、理论基础的差异、方法体系的差异对TRIZ和可拓学进行了比较,并从解决矛盾问题的哲学思想、物质-场理论与基元理论、创新原理与可拓推理等方面分析了TRIZ与可拓学的内在联系,认为可拓论关于矛盾的分类是抽象的,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;从研究对象和研究目标来看,可拓创新方法具有较TRIZ更为宽广和系统化的理论基础;从解决矛盾问题的方法上看,可拓创新方法更具一般性、概括性。

综上对比研究可见,可拓创新方法与TRIZ方法是在不同的国度,都经过长期的努力分别发展起来,

它们具有互补性。可拓创新方法比TRIZ创新方法更具一般性,不但包括可拓变换方法,还有拓展分析、共轭分析、可拓集合等方法,应用领域更广,适合于解决各领域创新中的矛盾问题。可拓创新方法比TRIZ方法有更广泛的应用范围、更多的使用方法和更坚实的理论基础。本文将介绍可拓创新方法的方法体系及其基本特征,并综述其应用研究进展。

## 1 可拓创新方法体系及其基本特征

可拓创新方法特别适合于解决各种类型的创新(如产品创新、技术创新、组织创新、管理创新等)中遇到的矛盾问题。近年来,可拓学研究者探索建立了可拓创新方法体系<sup>[3]</sup>,分析了其基本特征。

### 1.1 可拓创新方法体系

可拓创新方法体系如图1所示。

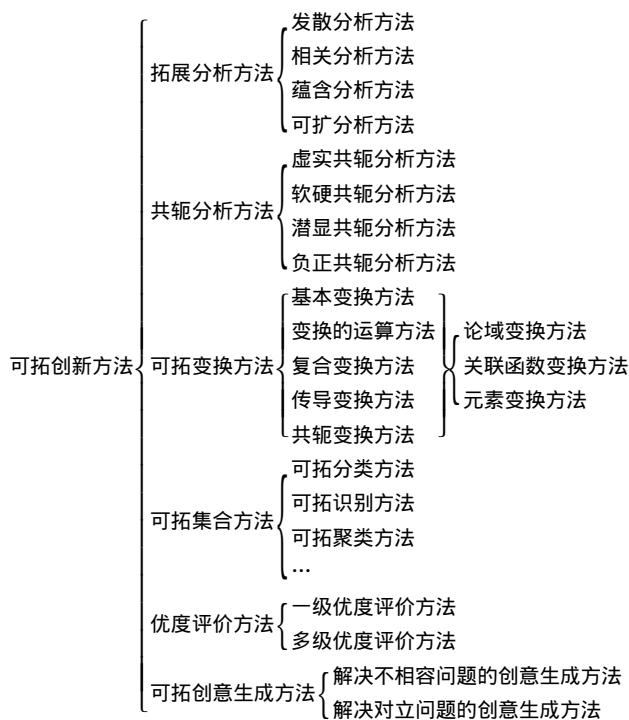


图1 可拓创新方法体系

Fig.1 The system of extension innovation methods

#### 1.1.1 拓展分析方法

在创新过程中,会遇到各种各样的矛盾问题,只有把问题所涉及的事物看成可以拓展的,才能找到解决矛盾问题的多种途径。为使解决矛盾问题的过程形式化、模型化,在此用基元作为描述物、事和关系的形式化工具,建立了表达事物拓展规律的拓展分析方法。该方法可以使人们摆脱习惯领域的束缚,更是利用计算机解决矛盾问题、提高机器智能的重要方法。

1) 发散分析方法。一个对象有多个特征,一个

特征又可以为多个对象所具有,一个量值也可以为同一对象的多个特征所具有或多个对象的同一特征所具有。其要点是从一个基元拓广到一个基元集合。该方法把人的创造性思维的发散过程形式化,为发散思维的形式化研究提供了合适的工具。

2) 相关分析方法。任何研究对象都不是孤立的,都会与其他对象有着千丝万缕的联系。相关分析方法是一种把系统中的基元及其相关关系作为整体进行分析的方法。相关性是基元间产生传导作用的原因,只有进行充分的相关分析,才不至于在解决矛盾问题的同时,引发新的更严重的矛盾。

3) 蕴含分析方法。蕴含分析方法是利用对象间的蕴含性,研究对象间的传递关系的有效方法。当某些对象间具有相关关系时,其变换间具有蕴含关系。如果对象间形成相关树,则其变换间必形成蕴含树。这是对对象间关系的复杂性和相关性的一种形式化、定量化分析。

4) 可扩分析方法。研究对象可分解、可扩缩,两个以上对象可组合的性质称为可扩性。可扩分析方法用于研究某对象组合、分解或扩缩的各种可能性。从创造学的角度,组合、分解、扩缩都是创造。在解决矛盾问题的过程中,巧妙地运用这些方法,可以为解决矛盾问题提供更多的思路。

#### 1.1.2 共轭分析方法

无论是产品创新,还是技术创新、组织创新等,都离不开对事物的分析。从不同角度分析事物,会得到不同的创新方案。在可拓学中,建立了从物质性、系统性、动态性和对立性(统称为共轭性)4个方面分析物的方法,称为共轭分析方法。该方法利用物元和关系元作为形式化工具,可以对物的“虚部、实部与虚实中介部”、“软部、硬部与软硬中介部”、“潜部、显部与潜显中介部”、“负部、正部与负正中介部”进行形式化分析,通过对物的各共轭部及其相互关系和相互转化的分析,可以得到解决矛盾问题的多种策略。共轭分析方法为人们全面分析物的结构提供了新的视角,也是某些解决矛盾问题的奇谋妙计的源泉。共轭分析方法立足于整体论与还原论相结合的思想。

#### 1.1.3 可拓变换方法

可拓变换是创新的工具和手段。在对变换的研究中,既要讨论其变换的形式,也要讨论变换的主体,变换的方法、工具、时间和地点,即需要从定性和定量两个角度去研究变换的形式和内涵;既要研究直接的变换,也要研究间接的传导变换;既要研究数

量的变换,也要研究特征的变换和对象本身的变换;基于研究对象间的相关性,还必须研究传导变换的形式、内涵和传导效应。从变换的方式考虑,可拓变换方法包括基本可拓变换方法、变换的运算方法、变换的复合方法和传导变换方法。从变换的对象考虑,可拓变换方法包括论域的变换方法、关联准则的变换方法和论域中的元素的变换方法。如果变换的对象是物,根据物的共轭分析,可拓变换方法还包括共轭部的变换和共轭部的传导变换,称为共轭变换方法。

对可拓变换方法的研究,结合关联函数的建立方法,为把解决矛盾问题的过程形式化、定量化提供了可操作的工具。

#### 1.1.4 可拓集合方法

可拓集合方法是从动态的、转化的角度对研究对象进行分类、识别和聚类的方法。可拓集合是以可拓变换和关联函数为基础的集合。针对不同的可拓变换,可拓集合有不同的可拓域和稳定域,就有不同的分类、识别和聚类形式,它形式化、定量化地揭示了矛盾问题的转化过程和转化结果,使分类、识别、聚类具有动态性和可转化性,更符合人类的思维模式和实际情况。

#### 1.1.5 优度评价方法

优度评价方法是综合多种衡量条件对某一对象、方案、策略等的优劣程度进行综合评价的实用方法。优度评价方法用关联函数来计算各衡量条件符合要求的程度,由于关联函数的值可正可负,因此这样建立的优度可以反映一个对象利弊的程度,使得评价更符合实际。

优度评价方法包括一级优度评价和多级优度评价。一级优度评价方法中,衡量指标不分级;多级优度评价方法应用于衡量指标很多的情形,首先要对衡量指标进行分级,再对各级衡量指标赋予权重,从而对评价对象进行的综合评价。

#### 1.1.6 可拓创意生成方法

创意的产生是一个创造性的思维过程,它遵循“菱形思维模式”,即“先发散,后收敛”的模式。对于其发散的过程,一般人认为是比较难以把握的,似乎没有规律可循。实际上,在进行了恰当的问题界定之后,利用拓展分析、共轭分析和可拓变换,可以用形式化的方法,甚至借助计算机形成多种创意思路。这是发散过程的一种非常可行的形式化方法,对创意的产生有极大的帮助<sup>[8]</sup>。

对创意生成的研究,目前重点研究了解决不相

容问题的创意生成方法和解决对立问题的创意生成方法,提出了创意生成的“三部曲”,即“拓展-变换-评价”,可以告诉人们创意从何而来、如何获得以及如何确定满意可行的创意<sup>[9]</sup>。

可拓创意生成方法首先用可拓学中的基元形式化体系把问题用规范的形式表达,然后按照一定的程序进行拓展、变换和评价,可以借助计算机辅助完成,可操作性强。

## 1.2 可拓创新方法体系的基本特征

可拓创新方法体系是在可拓学的思想和理论指导下产生和形成的,其基本特征如下。

1) 形式化、模型化特征。为了使人们能够按照一定的程序进行创新,为了让计算机帮助人们生成创新方案,可拓创新方法采用形式化语言表达事、物、关系和问题,建立问题的可拓模型,表达解决问题的过程,表达量变和质变的过程以及临界状态,表达生成策略的过程和奇谋妙计。它是用符号方式反映研究对象内在关系的模型,因而是一种抽象模型。

2) 可拓展、可收敛特征。在一定条件下,任何对象都是可拓展的,拓展出来的对象又是可收敛的,这是可拓创新方法体系的重要特征,它符合人类解决矛盾问题的“发散→收敛”的思维模式,称为菱形思维模式。多级菱形思维模式表达了“发散→收敛→再发散→再收敛”的过程。由于人们的创造性思维过程包括发散性思维和集中性思维,所以它可以将作为研究思维过程,特别是创造性思维过程的形式化工具。

3) 可转换、可传导特征。可拓创新方法可用于研究事物的质与量的可变性、“是”与“非”的可转化性,不仅研究直接变换和变换的形式化,而且研究变换的传导作用。用形式化、定量化的工具研究化不相容问题为相容问题的创意生成、化对立问题为共存问题的创意生成,以及传导矛盾问题求解,是可拓创新方法体系的重要特征。

4) 整体性、综合性特征。可拓创新方法体系中的共轭分析方法,既体现了中国古代的系统观和整体论的思想,也结合了还原论的分析方法;基元概念体现了质与量的有机结合,利用全征基元又可从整体的角度分析事物;在可拓集合中,用关联函数值的变化表达了量变与质变的过程,而对论域的变换又体现了从整体的角度处理矛盾问题的思想。因此,该体系具有整体性、综合性特征。

## 2 可拓创新方法应用研究情况

经过多年的研究,可拓创新方法已逐步成熟,目

前已在工程技术领域、信息科学与智能科学领域、经济与管理领域等得到广泛的应用,已在机械、建筑、日用品等的产品创新、技术创新、管理创新、组织创新等方面发挥重要作用,承接了相关的 863 项目、国家自然科学基金项目、各省市基金项目及科技计划项目等多项,发表了多篇论文论著,取得多项著作权和专利。

### 2.1 发表论文论著情况

据不完全统计,国内有 375 家期刊发表了关于可拓学的论文,作者单位包括中国科学院、清华大学、北京大学、哈尔滨工业大学、浙江大学等 200 多家;仅 2008 年和 2009 年,有关可拓学的国内期刊论文共发表 679 篇;有关可拓学的博士、硕士学位论文共 257 篇。这些论文中,约 90% 是可拓创新方法在各领域应用研究的成果,包括在机械产品智能化设计、建筑设计、产品创新概念设计、智能控制、智能检测、管理等众多领域的应用<sup>[10-20]</sup>。详见可拓学网站 <http://web.gdut.edu.cn/~extenics/> 的“学科成果”栏目。

研究者已将可拓创新方法应用于多个领域的矛盾问题处理与创新研究,据不完全统计,已在科学出版社等出版了 30 多部相关专著,如文献[3]、[8]、[21-32]等。

### 2.2 承接项目情况

据不完全统计,截至 2011 年,国家自然科学基金资助的有关可拓学的研究项目 50 项,涉及信息科学部、工程与材料科学部、管理科学部、医学科学部、地球科学部、生命科学部等,研究者们将可拓创新方法与自己的研究领域相结合,取得多项创新性成果,同时也发展了可拓创新方法。如清华大学李健的“产品和工艺设计协同问题求解研究与实现(1996)”,广东工业大学蔡文的“可拓营销方法(1999)”,浙江工程学院李仁旺的“基于可拓学的 CPC 产品开发过程族建模理论与方法研究(2002)”,浙江大学徐保根的“基于可拓工程的土地可持续利用策略集生成方法研究(2002)”,中国科学院杨国为的“基于物元动态系统分析的智能化模型化概念设计研究(2003)”,浙江工业大学赵燕伟的“基于可拓逻辑的产品族适应性设计理论与方法(2005)”,哈尔滨工业大学邹广天的“可拓建筑策划与设计的基本理论及其应用方法研究(2006)”,广东工业大学杨春燕的“获取变化知识的可拓数据挖掘理论、方法及其实证研究(2006)”,东北大学于亚新的“面向案例的

跨媒体信息检索技术的研究(2007)”, 武汉大学胡宝清的“可持续水资源管理的可拓模糊量化方法研究(2007)”, 中国科学院研究生院李兴森的“数据挖掘获取的知识的智能化管理研究(2008)”, 南昌大学邓群钊的“循环农业模式可拓生成理论与应用研究(2008)”, 大连理工大学徐凌的“基于 SD-EBC 及可拓分析的战略环境评价方法研究(2008)”, 中国科学技术大学卢荣德的“霍山石斛光声智能检测及其光合过程最适化控制(2009)”, 中国科学院研究生院张玲玲的“领域知识驱动的深层知识发现研究(2010)”, 南京航空航天大学王体春的“面向大型复杂产品概念设计的知识可拓重用关键技术的研究(2010)”, 华南理工大学靳学舟的“基于可拓 Petri 网络的复杂动态城市公交调度建模及仿真(2011)”等。从这些项目可以看出, 可拓创新方法已得到广泛应用。

另外, 研究者还承接了相关的 863 项目(如青岛

大学杨国为教授承接的“鞋类产品和谐智能计算机辅助概念设计(CACD)系统研究”)、多项各省市基金项目和科技计划项目等。

### 2.3 取得的软件著作权和专利情况

可拓创新方法是形式化量化研究各领域创新过程中的矛盾问题处理的有效方法, 这恰是可拓创新方法可以软件化的前提。随着可拓逻辑研究的进行, 自 2005 年召开第一次可拓软件研制研讨会至今, 已有多领域的可拓软件面世, 如可拓策略生成系统软件、可拓数据挖掘软件、可拓设计软件等。另外, 随着可拓控制、可拓检测等研究的开展, 很多学者也开始应用可拓创新方法研究硬件产品的开发, 也获得不少相关专利。

在可拓软件研制研讨会上演示过的部分可拓软件如表 1。据不完全统计, 已获得的软件著作权情况如表 2, 已获得(或已申请)的专利情况如表 3。

表 1 在可拓软件研讨会上演示的软件

Tab.1 The demonstrated software during the extension software seminar

序号	软件名称	演示人	研制单位
1	挖掘脑血栓与脑出血的变换规则软件	陈文伟教授	国防科技大学
2	机电产品可拓配置设计系统	赵燕伟教授 苏楠博士	浙江工业大学
3	面向中小企业的自主创新策略辅助生成平台系统	朱正祥博士 李兴森教授	兰州定见未来智业科技有限公司
4	自助游可拓策略生成系统	李卫华教授	广东工业大学
5	可拓智能疾病诊断系统软件	孙佰清副教授	哈尔滨工业大学
6	客户流失转化策略生成系统	李兴森教授 朱正祥博士	中国科学院
7	租房策略的自动生成系统	李卫华教授	广东工业大学
8	促进产品销售的可拓数据挖掘软件	李小妹博士	广东工业大学
9	成品油税费改革对股票市场影响的可拓数据挖掘软件	李小妹博士	广东工业大学
10	人机交互的可拓策略辅助生成系统	李兴森教授 朱正祥博士	浙江大学 中国科学院
11	菜肴设计计算机辅助系统	陈智斌老师	广东技术师范学院

表 2 已获得的软件著作权

Tab.2 Acquired copyrights of software

序号	软件名称	著作权登记号	开发者	单位
1	基于知识的通用鞋品智能计算机辅助概念设计系统	2009SR01562	杨国为 王钰 陈军伟 王征	青岛大学
2	基于层次化矛盾求解的鞋品创新设计策略生成系统	2009SR01561	杨国为 王钰 陈军伟	青岛大学
3	基于三维榫面模型的交互式鞋品式样设计系统	2009SR01560	王钰 杨国为	青岛大学
4	基于可拓实例推理的产品族配置系统	2010SR011081	赵燕伟 占胜 赵福贵 张峰 苏楠	浙江工业大学
5	基于可拓聚类的产品零件规划系统	2010SR002488	赵燕伟 赵福贵 苏楠 洪欢欢 陈建	浙江工业大学
6	面向产品性能配置的可拓数据系统	2011SR008567	苏楠 占胜 赵燕伟 陈建	浙江工业大学
7	管理有效性评价系统	2005SR13331	哈尔滨工业大学	哈尔滨工业大学
8	可拓策略辅助生成系统	2010SR006257	李兴森 朱正祥	浙江大学宁波理工学院
9	自助游可拓策略生成系统软件 V1.0	2011SR063980	李卫华 方卓君 杨春燕	广东工业大学
10	租房可拓策略生成系统软件 V1.0	2011SR064167	李卫华 李承晓 杨春燕	广东工业大学

表 3 已获得(或已申请)的专利  
Tab.3 Acquired(or applied for) patents

序号	名称	专利号	发明(设计)人	申请(专利权)人
1	基于可拓信息物元的产品概念设计方法	授权号:200510062040.X	赵燕伟 苏楠,周鹏,唐辉军 吴杰雨	浙江工业大学
2	一种基于可拓关联关系的虚拟装配方法	授权号:200810062525.2	赵燕伟 苏楠 邢莉 张美艳,桂元坤,陈建	浙江工业大学
3	基于可拓聚类的零件分类方法	受理号:200810062348.8	赵燕伟 苏楠 唐辉军 赵福贵 陈建 桂元坤	浙江工业大学
4	基于转换桥的绿色设计属性冲突问题消解方法	受理号:201010160796.9	陈建,赵燕伟,李增芳,卢云峰,苏楠,桂元坤 叶永伟 马亚良	浙江工业大学
5	一种基于 RFID 和可拓关联函数的园区景观智能照明控制方法	受理号:201010594980.4	苏楠 叶永伟 赵燕伟 王欢	浙江工业大学
6	一种非电流互感器式工频弱电电磁信号传感器	授权号:200920054202.9	余永权等	广东工业大学
7	室内墙埋电线无伤检测仪	授权号:200920054205.2	余永权等	广东工业大学
8	一种自动盖章机	授权号:200920056631.X	余永权等	广东工业大学

### 3 结论

可拓创新方法是用于对创新过程中遇到的矛盾问题进行拓展、变换、推理、判断,最终生成解决矛盾问题的创新方案的形式化、定量化、逻辑化相结合的方法。它把人类解决矛盾问题的过程程式化,为人们用形式化模型完成“发现问题→建立问题模型→分析问题→生成解决问题的策略”的过程提供了方法,并可通过人一机结合的方式,借助计算机来实现。从已有应用成果可见,它既可应用于产品创新、技术创新,也可应用于组织创新、管理创新等创新活动。

可拓创新方法体系的建立和初步的应用实践说明,该体系的进一步完善,将为各领域的创新活动提供形式化、流程化、可操作的方法,对技术创新、发明创造等的形式化定量化研究有非常重要的应用价值。

可拓创新方法是由我国科学工作者自主提出的一种创新方法,在实践中已发挥重要作用,与 TRIZ 方法相比更具有普适性,且与 TRIZ 方法具有互补性,但不能代替 TRIZ 方法。建议在国内推广 TRIZ 方法的同时也推广可拓创新方法,这将使我国在创新领域有更多的创新思想和方法,推动我国创新事业的快速发展。

#### 参考文献:

- [1] Cai Wen. Extension theory and its application [J]. Chinese Science Bulletin, 1999, 44(17): 1538-1548.
- [2] 涂序彦. 可拓学——研究“矛盾转化,开拓创新”的新学科[J]. 中国工程科学, 2000, 2(12): 97.  
Tu Xu-yan. Extenics—the new discipline about researching “contradictions transformation, exploration and innovation” [J]. Engineering Science, 2000, 2(12): 97.
- [3] 杨春燕 蔡文. 可拓工程[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [4] 芮延年. 创新学原理及其应用[M]. 北京: 高等教育出版

社, 2007.

- [5] 赵新军. 技术创新理论( TRIZ ) 及应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008.
- [6] 周贤永 陈光. TRIZ 40 条发明原理的可拓变换表述形式研究[J]. 科技进步与对策, 2011, 28(5): 107-115.  
Zhou Xian-yong, Chen Guang. Research on the extension transformation description form of 40 TRIZ invention principles [J]. Science & Technology Progress and Policy, 2011, 28(5): 107-115.
- [7] 仇成 冯俊文 郭春明. 发明问题解决理论与可拓学的比较研究[J]. 技术经济, 2008, 27(3): 70-73.  
Qiu Cheng, Feng Jun-wen, Guo Chun-ming. Study on comparison of TRIZ and extenics theory [J]. Technology Economics, 2008, 27(3): 70-73.
- [8] 杨春燕 张拥军. 可拓策划[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [9] 蔡文. 创意的革命——今天你“可拓”了吗[M]? 北京: 科学出版社, 2010.
- [10] 赵燕伟. 智能化概念设计的可拓方法研究[D]. 上海: 上海大学, 2005.  
Zhao Yan-wei. Study on extension method of intelligent concept design [D]. Shanghai: Shanghai University, 2005.
- [11] 王秋莲. 基于可拓理论的产品绿色设计知识重用研究[J]. 科技管理研究, 2010, 30(13): 167-171.  
Wang Qiu-Lian. Knowledge reuse during product green design based on extension theory [J]. Science and Technology Management Research, 2010, 30(13): 167-171.
- [12] 杨国为 王先梅 涂序彦. 面向计算机的产品创新设计的新模型与新原理(1) [J]. 计算机工程与应用, 2003, 39(32): 7-10.  
Yang Guo-wei, Wang Xian-mei, Tu Xu-yan. New models and principles on computer-oriented innovative and creative design of products [J]. Computer Engineering and Applications, 2003, 39(32): 7-10.
- [13] 张倩. 科技型中小企业技术创新能力可拓评价研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2010.

- Zhang qian. Study on extension evaluation of technology innovation ability in small and mid-sized technology enterprise [D]. Dalian: Dalian University of Technology 2010.
- [14] 连菲. 可拓建筑策划的基本理论与应用方法研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2010.
- Lian Fei. Study on basic theory and application methods of extension architectural programming [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2010.
- [15] 管凤旭. 倒立摆系统的可拓控制策略及实验研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2006.
- Guan Feng-xu. Research on extension-control strategy and experiment on Handstand pendulum system [D]. Harbin: Harbin Engineering University, 2006.
- [16] 周志丹, 李兴森. 企业自主创新的可拓创新模型构建与应用研究 [J]. 科学学研究, 2010 28(5): 769-776.
- Zhou Zhi-dan, Li Xing-sen. Research on Extension-based innovation model and its application for enterprise independent innovation [J]. Studies in Science of Science, 2010 28(5): 769-776.
- [17] 李聪波, 王秋莲, 刘飞, 等. 基于可拓理论的绿色制造实施方案设计 [J]. 中国机械工程 2010 21(1): 71-75.
- Li Cong-bo, Wang Qiu-lian, Liu Fei et al. Program design for green manufacturing implementation based on extension theory [J]. China Mechanical Engineering, 2010, 19(1): 71-75.
- [18] 谢蓝, 曾韬, 余永权, 等. 可拓检测的可拓变换机理 [J]. 计算机工程与应用 2011 47(5): 149-151.
- Xie Lan, Zeng Tao, Yu Yong-quan, et al. The extension transformation mechanism of extension detection [J]. Computer Engineering and Applications, 2011, 47(5): 149-151.
- [19] 杨春燕, 李卫华, 李小妹. 矛盾问题智能化处理的理论与方法研究进展 [J]. 广东工业大学学报 2011 28(1): 86-93.
- Yang Chun-yan, Li Wei-hua, Li Xiao-mei. Recent research progress in theories and methods for the intelligent disposal of contradictory problems [J]. Journal of Guangdong University of Technology, 2011 28(1): 86-93.
- [20] 杨春燕. 我国管理可拓工程研究进展 [J], 中国科学基金 2010 24(1): 13-16.
- Yang Chun-yan. Recent Progress on management extension engineering [J]. Science Foundation in China, 2010, 24(1): 13-16.
- [21] 李立希, 杨春燕, 李铨汶. 可拓策略生成系统 [M]. 北京: 科学出版社 2006.
- [22] 赵燕伟, 苏楠. 可拓设计 [M]. 北京: 科学出版社 2010.
- [23] 蔡文, 杨春燕, 陈文伟, 等. 可拓集与可拓数据挖掘 [M]. 北京: 科学出版社 2008.
- [24] 杨春燕, 李小妹, 陈文伟, 等. 可拓数据挖掘方法及其计算机实现 [M]. 广州: 广东高等教育出版社 2010.
- [25] 蔡文, 杨春燕. 可拓营销 [M]. 北京: 科学技术文献出版社 2000.
- [26] 谭建荣, 冯毅雄. 设计知识: 建模、演化与应用 [M]. 北京: 国防工业出版社 2007.
- [27] 杨国为, 曹少中. 和谐智能 CACD 系统 [M]. 北京: 科学出版社 2006.
- [28] 熊和金, 陈德军. 智能信息处理 [M]. 北京: 国防工业出版社 2006.
- [29] 李兴森, 石勇, 张玲玲. 从信息爆炸到智能知识管理 [M]. 北京: 科学出版社 2010.
- [30] 徐宣国. 大批量定制客户订单解耦点定位理论与方法 [M]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2008.
- [31] 曹少中. 非线性协调控制理论研究及应用 [M]. 北京: 科学出版社 2009.
- [32] 陈国宏, 李美娟, 陈衍泰. 组合评级及其计算机集成系统研究 [M]. 北京: 清华大学出版社 2007.