

# 可拓学的科学意义与未来发展

蔡文<sup>1</sup>, 石勇<sup>2</sup>

(1. 广东工业大学 可拓工程研究所, 广州 510090, E-mail: extenics2003@gdut.edu.cn;

2. 中国科学院 数据技术与知识经济研究中心, 北京 100080, E-mail: yshi@mail.unomaha.edu)

**摘要:** 阐述可拓学研究的科学意义和发展前景: 可拓学探索构建连接自然科学和社会科学的桥梁及解决矛盾问题的形式化方法体系; 在4个方面对数学基础和逻辑作了较大的拓展, 必将导致数学和逻辑产生较大的变革; 与其他学科的交叉融合, 产生了信息、控制、管理和思维科学等领域中的可拓工程理论与方法. 矛盾问题的智能化处理, 是一项重要的、探索性强的前沿基础研究, 它将产生一批理论成果、应用成果和高水平的智能系统.

**关键词:** 可拓学; 可拓集合; 可拓逻辑; 基元理论; 矛盾问题

**中图分类号:** O14, C03

**文献标识码:** A

**文章编号:** 0367-6234(2006)07-1079-08

## Extenics: Its significance in science and prospects in application

CAI Wen<sup>1</sup>, SHI Yong<sup>2</sup>

(1. Research Institute of Extension Engineering, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510090, China, E-mail: extenics2003@gdut.edu.cn; 2. Research Centre on Data Technology and Knowledge Economy, Chinese Academy of Science, Beijing 100080, China, E-mail: yshi@mail.unomaha.edu)

**Abstract:** Extenics is a new field of studying the extension possibility of objects and rules of innovative expansion by formative mode, which can be used specifically for conflict problems. This paper introduces the scientific significance and development prospects of Extenics: Extenics explores to build a bridge connecting natural sciences and social sciences, to build a formative methodology system for solving conflict problems. It has expanded the traditional mathematical foundation and logic in four different directions, which will certainly lead to the great evolution of mathematics and logic. Combining Extenics and other related fields produces Extenics engineering theory and methods for information, control, management and cognitive science. Especially, intelligent processing for conflict problems is a very important and promising frontier's study, which will produce a series of theoretical findings and application results as well as various high level intelligent systems.

**Key words:** extenics; extension set; extension logic; basic - element theory; contradiction problem

### 1 可拓学的研究目标和性质

人类的历史, 是一部解决矛盾问题、不断开拓的历史. 可拓学的研究对象是矛盾问题. 那么, 解决矛盾问题有无规律可循? 能否建立一套形式化的理论与方法? 按照一定的程序, 生成解决它们

的策略? 然后, 利用这些理论和方法, 研究计算机能操作的推理方法和技术, 使计算机能帮助人们处理矛盾问题. 同时, 对于特定的领域, 研制相应的智能系统, 帮助人们处理该领域内的矛盾问题. 这是要探索的研究方向<sup>[1-8]</sup>. 它是一个涉及面广而又十分重要的课题, 对社会的发展和人类的进步有重要价值.

经过多年的探索, 可拓学研究者初步构建了一门新兴学科——可拓学的轮廓. 可拓学是用形式化模型研究事物拓展的可能性和开拓创新的规律与方法, 并用于解决矛盾问题的科学. 作为一门

收稿日期: 2006-04-01.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70271060); 广东省自然科学基金资助项目(010049, 05001832).

作者简介: 蔡文(1942—), 男, 研究员;

石勇(1956—), 男, 教授, 博士生导师.

学科,必有其独特的研究对象、解决问题的理论与方法以及逻辑思维方式.可拓学的研究对象是矛盾问题,理论基础是可拓论<sup>[9]</sup>,方法体系是可拓方法<sup>[10]</sup>;逻辑基础是可拓逻辑<sup>[11]</sup>,应用技术是可拓工程<sup>[12-14]</sup>.可拓论<sup>[15-17]</sup>(包括可拓逻辑)、可拓方法<sup>[18]</sup>和可拓工程构成了可拓学.可拓学是哲学、数学和工程学交叉而成的学科.可拓学的研究对象又决定了它与控制论、信息论、系统论一样,是一门涉及范围广泛的横断学科.

## 2 可拓学的科学意义

如同有数量关系与空间形式的地方,就有数学的存在一样,有矛盾问题存在的地方,就有可拓学的用武之地.它在各门学科和工程技术领域中应用的成效,不在于发现新的实验事实,而在于提供一种新的思想和方法.

### 2.1 探索连接自然科学和社会科学的桥梁

#### 2.1.1 可拓模型及其处理矛盾问题的哲学基础

任何科学发现必然涉及到关于客观世界的总括观点,这种总括观点用哲学形式表现出来即自然观,而对以往总括观点的改变,必然导致新的科学理论,最后形成新的思维形式.可拓学把拓展转化这一基本思想纳入科学思维总原则的框架之中.可拓学不承认绝对的非此即彼,也不承认绝对的亦此亦彼.而是把“此”与“彼”置于变化之中,考察事物“此”与“彼”的相互转化<sup>[19]</sup>.转化思想是可拓学最基本的哲学概念,它发展了以往自然观“转化”的总括概念.为可拓学提供辩证的正确的思维形式,为创造性思维的形式化、逻辑化提供自然观基础.同时,可拓学给出了寻找转化关系项的基本方法,研究用形式化的可拓模型解决被转化项向转化项的转化<sup>[20]</sup>.这也是可拓学与其他学科研究矛盾问题的重要区别.

发展中的新学科所依据的自然观,不一定是现有哲学体系中现成的东西,否则就不会有哲学和科学的进步.可拓学的研究对象是现实世界的矛盾问题,这些矛盾问题是人类改造世界的障碍.可拓学处理矛盾问题的背景——客观世界的总图景是可拓学处理矛盾问题的依据.在可拓学中,客观世界就是一个基元世界,处理客观世界的矛盾问题就是处理基元间的矛盾问题.基元理论的核心观念是基元的可拓性和物的共轭性,这成为处理矛盾问题的理论基石.

基元理论展现出的客观世界是这样的一幅图景:世界是一个物元集合或物元系统,它们的相互作用构成事元集合或事元系统;它们的相互影响

构成关系元系统.基元按它们的属性相互联系,相互作用,在一定条件下,相互转化;转换的形式和结果可以通过适当的基元模型来实现.这幅图景奠定了认识世界和改造世界的一种形式化体系的基础.<sup>[20]</sup>

#### 2.1.2 探索构建连接自然科学和社会科学的桥梁

马克思指出:“自然科学往后将会把关于人类的科学总结在自己下面,正如同关于人类的科学把自然科学总结在自己下面一样,它将成为一个科学.”

##### 2.1.2.1 可拓模型探索社会科学通向自然科学之路

“某一社会学科,如果只限于用自然语言定性描述,还不算是科学,只有当它用数学或部分地用数学定量地描述,才算进入科学的领域.”

可拓学建立了描述客观世界的事物、关系和问题的可拓模型以及表示对立统一、量变质变和否定之否定等规律的形式化模型,建立了可计算的公式,因而它跨越了自然科学和社会科学的鸿沟,探索社会科学通向自然科学之路.

##### 2.1.2.2 可拓方法探索自然科学通向社会科学之门

自然科学和工程技术中使矛盾问题转化的可拓变换必须遵循自然辩证法的基本规律.可拓方法把社会科学中有关的规律和方法用形式化模型表达,这就开启了自然科学利用社会科学的成果,通往社会科学之门.今后,通过这道门,自然科学和社会科学将逐步互相沟通.

##### 2.1.2.3 可拓学将逐步发展为连接自然科学与社会科学的桥梁

随着可拓学研究的深入,社会科学的学者参与可拓学研究,将可以利用开启之门和已经踩出的小径.逐步扩大沟通的渠道,使更多社会科学成果用可拓模型表示;另一方面,这些形式化了的规律和方法将逐步进入自然科学,应用于自然科学的研究中.

概言之,可拓学试图表达人类的高级思维模式,它力求符合辩证自然观,又对辩证自然观科学化.它的作用有两个基本的东西:对于自然科学,它把思维形式中最辩证的东西引入其中,使自然科学更加富于理性;对于社会科学,它将其定性辩证的转化观念予以形式化和数量化,探索使它成为可以形式化描述的科学.从而,构建连接自然科学和社会科学的桥梁,随着可拓学的发展,这座桥梁将逐步完善、成型和巩固.

#### 2.1.3 探索构建新的方法论体系

可拓学把矛盾问题作为学科的研究对象,哲学家也一直在研究矛盾问题,但可拓学与哲学研究矛盾问题的区别在于:哲学用自然语言描述矛盾问题的处理;可拓学希望建立处理矛盾问题的程式,最后用计算机帮助人们解决它们。因此,要研究用符号语言来建立矛盾问题的形式化模型,研究事物的可拓性,建立生成解决矛盾问题的形式化工具。最后,使计算机能够操作,帮助人们处理矛盾问题。这是可拓学和哲学研究矛盾问题的根本区别。

可拓学试图建立解决矛盾问题的方法论体系,对人的创造性思维过程进行形式化的探讨,为进行矛盾问题的机械化处理创造条件。可拓方法体系的进一步完善,必将推动思维科学、决策科学和智能科学的发展,提高这些相关学科的科学性和可操作性。其方法论意义是:

1) 质与量有机地结合起来研究,并描述质量互变规律

客观世界中,一切事物都是质与量的统一体,它们紧密联系,互相制约。数学却是从客体中抽象出量与形,撇去事物的质。因此有广泛的适应性。但大量的矛盾问题的解决,既需要量的变换,也需要质的变换;数学就无能为力。物元的建立突破了数学的框架,反映了质与量的辩证关系。

可拓学中建立的质度函数和节域的概念表示了量变到质变的辩证规律。节域概念表达了事物的质所规定的量的变化范围,当量的变换在节域范围内进行时,质就保持它的稳定性;当量的变换超过节域的范围时,就会导致质的变换。与此相对应的是可拓集合的稳定域和可拓域。能够用符号语言清晰地描述量变质变规律,是可拓学的重要功能,这就为表达人类有关的智能活动提供了形式化的模型。

2) 引入可拓变换及其运算,作为解决矛盾问题的基本工具

解决矛盾问题的策略生成方法的关键就是使矛盾问题转化的可拓变换,即解变换。可拓变换突破了数学变换的框架,带有浓厚的实验科学和工程技术科学的性质。在可拓学中,传导变换是极为重要的工具,它表达了元素变换对其相关事物的影响,同时,也用传导效应表达变换对整体的作用。引入可拓变换的意义在于:

① 拓宽了数学变换的对象和范围,数学变换的对象是狭义的数量或数量关系式,而可拓变换的对象拓展到论域、关联准则和对象与特征、数量的统一体——基元。因而,它不是纯粹的数学变

换,而是质与量结合的变换。数学变换表现为某种确定的函数、规则或解析表达式。而可拓变换是对论域、关联准则和基元的操作、改造或加工,它以实践活动中人类有目的的行为和方法为背景,包括物理方法、化学方法、工程技术方法等的概括,从而把数学变换拓广到人工变换和实验操作、技术操作等实际领域。

② 可拓变换的依据是可拓性和共轭性,从定性和定量结合的角度研究事物性质的变化。例如,置换变换依据的是发散性,在基元的可拓线或可拓面上确定变换对象。增加变换建立在可加性上;扩大变换是建立在可积性的基础上,在原基元的可积集中寻找变换对象等等。

③ 可拓变换的定量部分是解决矛盾问题的定量工具,可拓变换的定性部分和定量部分结合,就使人们用定性和定量结合的方法处理问题成为可能。

上述特点表明,可拓变换突破了数学变换的框架,是解决矛盾问题的可操作工具。

3) 可拓性和拓展分析方法试图使人们摆脱习惯领域的控制

可拓学中提出了事物的可拓性,研究了拓展分析方法。试图使人们能够摆脱习惯领域的控制,提出多种解决矛盾问题的可能方案。

可拓性是事物拓展的可能性,包括发散性、相关性、蕴含性和可扩性,它从事物向外、平行的角度,利用置换、增删、扩缩、组合分解和复制等方式提供多条变换的可能途径,或者变换所研究事物的范围,或者变换事物某些特征,或者变换事物本身,或者把事物与其他事物结合或分解。因此,深入研究事物拓展的可能性——可拓性是一个重要的新课题,也是解决矛盾问题的基础工作之一。在解决矛盾问题的过程中,任何对象都是可以拓展的。拓展分析方法是使用形式化的模型通过对基元的发散性、相关性、可扩性、蕴含性进行分析,寻求解决矛盾问题的途径的方法。

4) 用共轭性描述事物的结构与内外关系

物的共轭性,是对物的全面认识。可拓学从物质性、系统性、动态性和对立性4个角度研究事物的结构,对应提出了虚部与实部、软部与硬部、潜部与显部、负部与正部,形成了共轭性的思想,为描述“奇谋妙计”处理矛盾问题提供理论依据。例如,孔明的空城计是利用了他“平生谨慎,不敢弄险”的虚部去对付司马懿十万精兵的实部。“三个臭皮匠,胜过一个诸葛亮”、“三个和尚没水喝”,形象地描述了事物软部的作用,这些都是生成解

决矛盾问题的策略的依据。

共轭分析方法是利用形式化的模型,通过对物的共轭部的分析及共轭部间的相互依存、相互转化的研究,使人们更全面地了解事物的结构和内外关系,为解决矛盾问题提供了另一批可供采用的策略,特别是为奇谋妙计提供依据。

5)研究了从整体出发和分析还原相结合的处理方法

可拓学中,利用基元理论对物、事和关系进行分析,研究它们的不同特征及其拓展的基元;另一方面,全征基元和共轭物元又从整体的角度去研究物、事和关系。

可拓学利用传导变换从整体及其内外研究解决问题的策略,另一方面,可拓学又从可拓集合的角度讨论论域和关联准则的变换,探索从既考虑整体又考虑局部去处理矛盾问题的理论与方法。

可拓学目前所研究的系统变换、系统关键点的变换和环境变换,从整体的角度去研究矛盾问题的解决过程。而基元变换又从分析的角度去考虑问题。这种把从整体出发和分析还原相结合的处理方法使处理矛盾问题可以得到较优的方案和处理复杂问题的关键策略。

6)研究描述创造性思维的菱形思维方法

创造性思维不是单纯的形式逻辑思维过程,它包含着在形象思维与经验的基础上所产生的一种发散性思维。发散性思维表现为高度的联想能力,能把两个表面上毫无逻辑关系的领域中的有关规律联系起来。基元的可拓性,是描述发散性思维的工具,再通过可拓变换,以借助计算机模拟实

现创造性思维。另一方面,对于多个处理矛盾问题的方案,又利用评价方法进行收敛。通过多次拓展、收敛,得到解决矛盾问题的较优策略。这种菱形思维方法可以成为表述创造性思维的形式化工具。

菱形思维方法是发散与收敛相结合的思维方法。它把发散性思维的定性分析与收敛性思维的定量计算相结合,为矛盾问题的智能化处理提供可行的模型。

## 2.2 对数学和逻辑作了较大的拓展

数学主要研究不矛盾的问题如何求解,把大量的矛盾问题弃之。可拓学研究了矛盾问题,探讨用形式化、逻辑化和定量化解决它们的规律和方法,从而,对数学和逻辑作了较大的拓展,主要表现在4个方面:

1)可拓集合的建立,使数学的静态分类工具——康托集合拓展为可拓学中基于变换的动态分类工具——可拓集合<sup>[21-23]</sup>;

2)关联函数的建立,使描述量变的实变函数拓展为可以描述量变和质变的关联函数;

3)基元概念的建立,使表达数量关系和空间形式的数学模型拓展为把质与量结合起来研究的可拓模型;

4)可拓逻辑的建立,使形式逻辑和辩证逻辑结合为能处理矛盾问题转化过程的可拓逻辑。

正是由于可拓论在数学和逻辑最基础的地方进行了拓广,所以,将会使数学和逻辑产生较大的变革,产生可拓数学与可拓逻辑。它与经典数学、模糊数学的区别与联系如表1所示。

表1 可拓模型与数学模型及模糊数学模型的区别与联系

形式模型	集合基础	性质函数	取值范围	距离概念	逻辑思维	研究的事物性质	处理问题
数学模型	康托集合	特征函数	{0,1}	距离	形式逻辑	确定性	相容问题
模糊数学模型	模糊集合	隶属函数	[0,1]	距离	模糊逻辑	模糊性	模糊问题
可拓模型	可拓集合	关联函数	$(-\infty, +\infty)$	距	可拓逻辑	可拓性	矛盾问题

### 2.2.1 从经典集合拓展到可拓集合

为了解决矛盾问题,必须涉及事物或问题性质的变化。在现实世界里,事物的性质处于变化之中,既有量的变化,也有质的变化。事物可以从不具有某种性质变化为具有某种性质,从具有某种性质的程度不大变到较大,或者相反。因此,人们必须从描述确定性事物和模糊性事物,发展到能用集合描述性质变化的事物,描述在某些变换下事物的量变和质变,从集合的角度去探讨事物的动态分类和事物开拓的过程。即必须拓展经典集合和模糊集合,为此,可拓学研究了新的集合理论

——可拓集合论,作为矛盾问题转化的集合论基础。

### 2.2.2 从实变函数论拓展到关联函数论

在可拓学中,把“距离”的概念拓广为可以取负数的“距”的概念,建立了以关联函数为工具的定量计算方法。这就使经典数学的“类内即为同”发展为可拓学的“类内也有异”,从而能表达同类事物性质的区别以及量变和质变的过程。随着研究的深入,实变函数论将拓展为关联函数论。

### 2.2.3 从二值逻辑拓展为可拓逻辑

数学剔除事物的内涵。因此,不少矛盾问题或

者不能解决,或者被形式化为无解的矛盾方程、矛盾不等式或其他数学模型。然而,在现实世界中,它们是有解的。因此,不但要研究不矛盾的数理逻辑,而且需要研究允许带有一定矛盾前提的逻辑。

大量矛盾问题的解决,必须涉及事物的内涵和外延及其变化。“曹冲称象”不是靠数量关系,靠的是把大象换为石头。把高度大于门高度的柜子搬进房间,也不是靠数量关系,而是靠特征的变换。显然,剔除事物内涵和外延及其变化的数理逻辑无法处理矛盾问题。现有的二值逻辑和模糊逻辑只能描述确定性和模糊性的事物,其推理方法无法作为解决矛盾问题的推理工具。为此,必须建立适用于处理矛盾问题的逻辑,使变换和推理不再停留在传统的确定性和模糊性的基础上。为了让计算机能帮助人们处理矛盾问题,新的逻辑必须具有两个特点:①用形式化模型;②要考虑事物的内涵和外延,能表达“变”的推理规律。为此,可拓逻辑汲取形式逻辑的形式化特点,采用辩证逻辑研究内涵和外延及其变化的思想,结合而成为处理矛盾问题转化的逻辑。它的建立将使逻辑产生新的分支,出现突破性的进展。

#### 2.2.4 从数学模型拓展到可拓模型

数学模型能够处理大量精确性的问题,但无法处理诸如曹冲称象等目标和条件不相容的问题。其原因在于:①解决矛盾问题时,除了要考虑数量关系以外,还要考虑事物本身和事物的特征;②解决矛盾问题的变换,有定量的部分,也有定性的部分;③经典数学研究的是确定性的事物,而解决矛盾问题却要考虑事物的转化(包括量变和质变)。因此,数学模型难以描述解决矛盾问题的过程。

为了用形式化方法处理客观世界中的各种矛盾问题,首先必须研究如何描述客观世界中的万事万物。为此,在可拓学中,建立了物元、事元和关系元(统称为基元),作为描述物、事和关系的基本元,它们是可拓学的逻辑细胞。

用基元描述信息、知识、智能和各种问题的形式化模型称为可拓模型。有了可拓模型,就可以根据基元的可拓性,利用可拓论和可拓方法,提出解决各种矛盾问题的策略。

### 2.3 与其他学科的交叉融合,产生具体领域中的可拓工程理论与方法

有矛盾问题的地方,可拓学就有其用武之地。可拓学的基本理论与方法和各领域的知识相结合,必会拓广该领域的理论,产生处理该领域矛盾问题的可拓工程方法。

#### 2.3.1 与信息科学的交叉融合

可拓学研究了可拓模型在信息领域中的应用<sup>[24]</sup>。它以物元、事元和关系元表示信息,建立信息和知识的形式化模型<sup>[25-26]</sup>,通过可拓变换和可拓推理,生成解决矛盾问题的策略。

解决矛盾问题的策略生成理论和方法是可拓学与信息科学结合的重要方面。这将成为研究高智能的计算机和各种能处理矛盾问题的智能系统的基础。目前正在研制的可拓策略生成系统<sup>[27]</sup>是这种结合在技术上实现的研究。而可拓数据挖掘理论与方法<sup>[28-29]</sup>立足于挖掘“变换”,将为生成解决矛盾问题的策略提供变换的来源。

网络,特别是复杂网络中,存在各式各样的矛盾问题,如信息的需要量和提供量过多的矛盾,“大世界”和“小世界”的矛盾等等。内容处理已成为网络浏览、检索、集成、网格等计算机应用的瓶颈。为解决这些矛盾问题,需要探索新的工具。用可拓学研究网络中的矛盾问题是可取的。通过建立可拓模型,利用可拓推理和可拓变换、传导变换和传导效应,生成解决这些矛盾问题的策略,这有可能使复杂问题简单化。

很多智能活动的过程,甚至所有智能活动的过程,都可以看作或抽象为一个“问题求解”的过程。而可拓学研究的矛盾问题是问题的难点,解决矛盾问题是重要的智能活动,也是人工智能水平的体现,它比一般解题更富创造性,更强调智能的发挥,对解决矛盾问题的深入研究有助于人工智能理论水平的提高。

要使计算机能利用可拓模型处理矛盾问题,生成解决矛盾问题的策略,必须研究带有矛盾前提的逻辑。可拓逻辑研究化矛盾问题为不矛盾问题的推理规律,也为人工智能领域提高智能水平提供理论依据。

可拓论提出的可拓性对人工智能理论和方法将会有重要的价值;它将成为人工智能处理问题、生成策略的依据<sup>[30-31]</sup>。可以预料,可拓学将成为人工智能的理论基础之一。

#### 2.3.2 与工程科学的交叉融合

控制与检测领域中存在大量的矛盾问题,如控制中准确性、稳定性和快速性的对立,检测中检测参数与检测仪器不能检测的矛盾,检测仪器的要求与检测环境的矛盾等等。不可控制和不可检测的问题影响了自动化的水平。

另一方面,机器在运转过程中,经常要产生形形色色的矛盾问题,能否在机器中装上能处理该领域矛盾问题的智能系统。当机器遇到不能处理

的问题时,这个系统能提出处理的策略,并指挥机器把该矛盾问题转化为不矛盾问题,这是一项具有前瞻性的课题,其目的是创制高水平的智能系统。

要做这些工作,必须把可拓学的基本理论和方法与控制领域和检测领域的专业知识相结合,研究处理该领域中矛盾问题的可拓工程理论与方法。目前,可拓控制理论与方法<sup>[32-34]</sup>,可拓检测理论与方法<sup>[35-36]</sup>是研究较多的两个分支,今后,将会逐步拓展到工程科学的其他领域。

### 2.3.3 与管理科学的交叉融合

管理可拓工程<sup>[37]</sup>从处理矛盾问题的角度去审视管理的过程,利用可拓学,必将建立一套新的管理工程理论与方法,包括可拓决策<sup>[38]</sup>、可拓策划<sup>[39]</sup>、可拓营销<sup>[40]</sup>等理论和方法。管理可拓工程理论与方法的成熟,将使可拓论和管理科学的交叉融合更加紧密。

### 2.3.4 与思维科学的交叉融合

可拓学研究的深入,必然导致用计算机进行创造性思维的研究<sup>[41-45]</sup>,这一研究将是思维科学、计算机科学和可拓论的交叉融合,所建立的理论与方法将会推动模仿人脑进行创造性思维、延伸人脑的智能系统的研制。

...

无论从可拓学的研究对象考虑,还是从可拓学的过去和未来分析,它将是一门涉及学科众多,应用范围广泛的学科,在未来的发展中,它将越来越多地与其他学科进行交叉融合。

## 3 可拓学的发展前景

### 3.1 建设成一门理论成熟、应用广泛的新兴学科

随着研究的深入,可拓学应在理论上逐步成熟,方法体系逐步完善,与其他学科的交叉融合逐步深入,构建成为一门较成熟的、具有多分支的新兴学科<sup>[46]</sup>。

#### 3.1.1 可拓论逐步成熟

可拓论的3个支柱是可拓集合、基元理论和可拓逻辑,它们的成熟是可拓论发展的标志。

##### 1) 可拓集合论和关联函数论的发展

可拓集合的提出进一步丰富了集合论的内容,在可拓集合论的基础上,将产生异于经典数学和模糊数学的可拓数学,作为处理矛盾问题的定量化工具。

关联函数量化地描述了通过变换使元素具有某种性质的程度的改变。为了更好地建立解决矛盾问题的定量化工具,必然要对异于实变函数

和隶属函数的关联函数进行全面系统的研究,从而形成“关联函数论”。

##### 2) 基元理论的充实

基元理论包括可拓分析理论、共轭分析理论和可拓变换理论,它的进一步充实,尤其是共轭分析的定量化研究及传导变换的定量化、可操作性研究,必将导致可拓论的哲学基础更完善,使自然科学和社会科学的沟通更畅顺,使可拓学起到连接自然科学和社会科学的作用。

##### 3) 可拓逻辑体系的建设

可拓逻辑体系的建设,特别是可拓推理体系的建设必将导致用计算机处理矛盾问题的研究,推动可拓策略生成系统和可拓数据挖掘的研究,使矛盾问题智能化处理的研究逐步深入,为用计算机帮助人们处理矛盾问题创造条件。

#### 3.1.2 可拓方法体系进一步完善

为了解决矛盾问题,建立了解决矛盾问题的可拓方法体系。今后,必将从可拓思维方式出发,从方法论的角度,建立较为完整的形式化、定量化且便于计算机操作,能用于生成解决矛盾问题策略的方法体系。

#### 3.1.3 建设成具有多分支的学科

为了解决具体的矛盾问题,今后,必将研究能处理一般矛盾问题和领域中矛盾问题所需要的形式化模型、定量化工具、推理的规则和特有的方法,使可拓学在计算机与人工智能、控制与检测、经济与管理等领域发挥其作用。由于可拓学逐步向多个学科渗透,因此,必将发展成一个多分支的新兴学科。

### 3.2 矛盾问题智能化处理的研究将发展为创制处理矛盾问题的智能系统

随着科学技术的发展,网络和计算机已渗透到人们生活和工作的各个层面。矛盾问题无处不在,各个领域都要涉及矛盾问题的处理,创制能帮助人们处理矛盾问题的智能系统成为科学技术研究的前沿课题。由于可拓学是用形式化、定量化和逻辑化的方法研究处理矛盾问题的科学,为用计算机帮助人们处理矛盾问题提供了理论与方法,因此,它必将在多个领域有广阔的应用前景。这是一项重要的、探索性强的前沿基础研究。通过近年的研究,有望在如下几方面取得突破性的成果:

1) 加速能帮助人们处理矛盾问题的计算机的研制;

2) 基于可拓论的智能系统的研制在多个领域得到应用;

3) 可拓策略生成软件在多个领域得到应用;

4)可拓数据挖掘软件在多个领域得到应用。

### 3.3 可拓学与其他学科的交叉融合,产生具体领域中的可拓工程理论与方法

凡是有矛盾问题的地方,可拓学就有其用武之地。可拓学的基本理论与方法和各领域的知识相结合,拓宽了该领域的理论,也产生了处理该领域矛盾问题的可拓工程方法。在未来的发展中,它将越来越多地应用于各门学科处理矛盾问题。

### 3.4 可拓论和可拓方法在多个领域广泛应用

目前,已有部分可拓产品的雏形,在不久的将来,部分可拓产品必将进入推广应用阶段。

#### 3.4.1 可拓控制产品商业化

把矛盾问题转化为不矛盾问题的可拓控制是一种新的控制方式。台湾淡江大学已研制出初步的可拓控制器,继续进行深入的研究,可望生产出可拓控制产品。可拓控制产品的商业化,将会产生不亚于模糊控制产品的效应。

#### 3.4.2 可拓检测产品商业化

在工程技术中,有很多难以检测的参数,有的是缺乏相应的仪器,有的是在现有环境下已有的检测仪器无法使用。把这些不可检测的问题通过可拓变换转化成可以检测的问题,是检测研究的重大突破。广东工业大学已将可拓检测技术应用于电饭煲的研制,并申报了可拓检测技术的专利。继续进行深入的研究,研制出可拓检测芯片,将会在更多领域得到应用。

#### 3.4.3 可拓设计软件商业化

新产品构思、产品概念设计等,是可拓学最早应用的领域,取得了很多理论成果和应用成果。浙江工业大学已研制“基于可拓学理论的智能化概念设计系统”软件,并获得了相应的著作权。这项成果今后将会在更多领域得到推广应用。

#### 3.4.4 可拓策略生成系统软件商业化

随着社会经济的发展和信息技术的不断进步,决策所涉及的系统越来越复杂,要考虑的参数越来越多;可供选择的策略难以计数,仅靠人脑生成解决矛盾问题的策略以进行决策已显得苍白无力。研究利用计算机进行处理矛盾问题的策略生成和评价,对提高决策水平有重要的价值。广东工业大学已研制“可拓策略生成系统”的演示软件,为矛盾问题的智能化处理探索了可行之路。继续进行深入研究和开发,其商业价值和市场前景是可观的。

#### 3.4.5 可拓数据挖掘软件商业化

在很多行业中,需要人们考虑研究对象的各特征之间,以及各研究对象之间存在什么样的相

关关系,采用什么变换去处理矛盾问题,了解实施某个变换以后产生怎样的效应,等等。解决矛盾问题的关键是变换,必须研究如何寻找变换,分析变换的作用,从数据库中获取变换和变换对数据变化的作用的有关知识,才能为生成处理矛盾问题的策略提供依据。

研究适合于变换下数据变化规律的挖掘理论和方法,编制新的软件——可拓数据挖掘软件,将成为矛盾问题智能化处理必不可少的工作。

#### 3.4.6 模式可拓识别系统的商业化

模式可拓识别是同时识别模式的状态和可拓状态(或称该模式的矛盾状态)的理论、方法和技术。其目的就是用机器去完成人类智能中通过视觉、听觉、触觉等感官去认知、识别外界环境可拓特征的那些工作,将在生物、医学、军事上有较大的应用。建立开发“模式可拓识别器”会成为可拓工程的高新技术方向。

## 4 结 语

可拓学在极其困难的环境下生存下来。由于条件的限制,大量的研究还无法进行。目前,离一个成熟的学科还有一定的距离,特别是应用研究,还需要进一步加大研究和开发的力度。但可拓学毕竟在逐步发展,这是由于它具有科学意义和实用价值。由于它的理论根基不是建立在沙滩上,而是建立在辩证唯物主义的本体论的基础上,由它探求和确定的本体论原则是科学的。我们希望,可拓学研究能逐步加快其发展的步伐,走向世界。

## 参考文献:

- [1] 蔡文. 可拓集合和不相容问题[J]. 科学探索学报, 1983(1):83-97.  
CAI Wen. Extension Set and Non- Compatible Problems [C]// Advances in Applied Mathematics and Mechanics in China. Peking: International Academic Publishers, 1990:1-21.
- [2] 蔡文. 物元分析概要[J]. 人工智能学报, 1983, (2): 125-136.
- [3] 汪培庄. 我对物元分析的初步认识[J]. 智囊与物元分析, 1985, 1(2):35.
- [4] 蔡文. 物元分析[M]. 广州:广东高等教育出版社, 1987.
- [5] 蔡文. 物元模型及其应用[M]. 北京:科学技术文献出版社, 1994.
- [6] 蔡文, 孙弘安, 杨益民, 等. 从物元分析到可拓学 [C]. 北京:科学技术文献出版社, 1995
- [7] DAVID K W N, CAI Wen. Treating Non-compatible



- Problem from Matter element Analysis to Extenics[J]. ACM SIGICE Bulletin, 1997, 22(3): 1-9.
- [8] 康志荣, 稻井田次郎. 可拓学介绍[J]. 早稻田大学数学教育学会志, 1998, 16(1): 87-91.
- [9] 蔡文. 可拓论及其应用[J]. 科学通报, 1999, 44(7): 673-682.
- [10] CAI Wen. Extension management engineering and applications[J]. International Journal of Operations and Quantitative Management, 1999(1): 59-72.
- [11] 蔡文, 杨春燕, 何斌. 可拓逻辑初步[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [12] 蔡文, 杨春燕, 林伟初. 可拓工程方法[M]. 北京: 科学出版社, 1997.
- [13] 蔡文, 杨春燕, 林伟初. 可拓工程方法(繁体字版)[M]. 台北: 台湾全华科技图书公司, 2001.
- [14] 杨春燕, 蔡文. 可拓工程研究[J]. 中国工程科学, 2000, 2(12): 90-96.
- [15] 杨春燕. 事元及其应用[J]. 系统工程理论与实践, 1998, 18(2): 80-86.
- [16] 蔡文, 杨春燕, 何斌. 可拓学基础理论研究的新进展[J]. 中国工程科学, 2003, 5(2): 80-87.
- [17] 康志荣, 任平泉. 对经典数学的思考与拓展——可拓数学的产生及意义[J]. 科学技术与辩证法, 2001, 18(1): 57-61.
- [18] 彭强, 何斌, 康志荣. 转换桥方法[J]. 系统工程理论与实践, 1998, 18(2): 99-105.
- [19] 叶惠新. 关于物元分析的哲学思考[J]. 智囊与物元分析, 1985(4): 39-43.
- [20] 李和平. 可拓学的哲学思考[J]. 系统工程理论与实践, 1998, 18(2): 118-120.
- [21] 杨春燕, 张拥军, 蔡文. 可拓集合及其应用研究[J]. 数学的实践与认识, 2002, 32(2): 301-308.
- [22] 杨春燕. 多评价特征基元可拓集研究[J]. 数学的实践与认识, 2005, 35(9): 203-208.
- [23] 何斌, 张应利. 可拓集合的分类性质和信息开发的可拓方法[J]. 系统工程理论与实践, 1999, 19(7): 63-68.
- [24] LIU Wei, YE Jian. Extension Information[A]. Proceedings of 96 International Conference On Management Science & Engineering[C]. Harbin: Institute of Technology Press, 1996: 57.
- [25] 李立希, 李嘉. 可拓知识库系统及其应用[J]. 中国工程科学, 2001, 3(3): 61-64.
- [26] YANG Chunyan, WANG Guanghua, LI Yang, et al. Study on Knowledge Reasoning Based on Extended Formulas[C]// International Conference on AIAI. New York: Springer, 2005: 797-805.
- [27] 杨春燕, 李立希, 蔡文. 可拓营销策略生成系统(EMSCS)的基本思路与关键技术[A]. 中国人工智能进展(2001)[C]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2001: 1064-1067.
- [28] 李立希, 李铎汶, 杨春燕. 可拓学在数据挖掘中的应用初探[J]. 中国工程科学, 2004, 6(7): 53-59.
- [29] 陈文伟, 黄金才. 从数据挖掘到可拓数据挖掘[A]. 中国人工智能进展(2005)[C]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2005: 844-848.
- [30] 何斌, 张应利. 可拓学在人工智能中的应用初探[J]. 华南理工大学学报, 1999, 27(6): 88-92.
- [31] 蔡文, 杨春燕, 何斌. 可拓学与人工智能[A]. 中国人工智能进展(2001)[C]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2001: 1048-1051.
- [32] 王行愚, 李健. 论可拓控制[J]. 控制理论与应用, 1994, 11(1): 125-128.
- [33] 潘东, 金以慧. 可拓控制的探索与研究[J]. 控制理论与应用, 1996, 13(3): 305-311.
- [34] 何斌, 朱学锋. 可拓自适应混杂控制研究[J]. 控制理论与应用, 2005, 22(2): 165-170.
- [35] 余永权. 可拓检测技术[J]. 中国工程科学, 2001, 3(4): 88-94.
- [36] 余永权. 可拓检测的方案生成[J]. 中国工程科学, 2002, 14(1): 64-68.
- [37] 杨春燕, 蔡文. 管理可拓工程研究[J]. 数学的实践与认识, 2005, 35(8): 46-51.
- [38] 叶雅阁, 刘涌康. 决策科学手册[M]. 天津: 天津科技翻译公司, 1989.
- [39] 杨春燕, 张拥军. 可拓策划[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [40] 蔡文, 杨春燕. 可拓营销[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 2000.
- [41] 杨春燕. 新产品构思的第三创造法[J]. 广东工业大学学报, 1997, 14(3): 21-26.
- [42] 赵燕伟, 杨春燕, 张国贤. 可拓方法在机械产品概念设计中的应用[J]. 台大工程学刊, 2001, (81): 11-20.
- [43] 师爱芬. 更新换代产品创意的生成方法分析[J]. 数学的实践与认识, 2002, 32(2): 313-318.
- [44] 王万良, 赵燕伟. 探索机械智能CAD系统的可拓决策方法[J]. 系统工程理论与实践, 1998, 18(2): 114-117.
- [45] 赵燕伟. 机械产品可拓概念设计研究[J]. 中国工程科学, 2001, 18(6): 68-71.
- [46] CAI Wen, YANG Chunyan, WANG Guanghua. A New Cross Discipline——Extenics[J]. Science Foundation In China, 2005, 13(1): 55-61.

(编辑 杨波)