

# 可拓学概述

蔡 文

(广东工业大学物元分析研究所, 广州 510090)

**摘要** 介绍可拓学的基本思想、理论体系和应用方法。

**关键词** 可拓学 物元 可拓集合

## Introduction of Extenics

Cai Wen

(Guangdong University of Technology, Guangzhou 510090)

**Abstract** The article "Extension Set and Non-Compatible Problems" was published in 1983. It proclaimed the birth of extenics, in which the objects of the study are contradictory problems in the realistic world. Its theoretical pillars are the theory of matter-element and the theory of extension set. Its practical methods are called the extension method. The basic thinking, theoretical system and practical method of extenics will be introduced in this article.

**Keywords** extenics; matter-element; extension set

## 0 引言

文[1][2]提出了探讨矛盾问题的规律与方法这一研究方向,标志着新学科“可拓学”(原称物元分析)的诞生。十多年来,吸引了一大批专家学者进行了不懈的探索。目前,在理论方面,已初步形成了以物元理论和可拓数学为支柱的可拓论框架,在应用方面,已初步形成了自己特有的可拓方法<sup>[3]</sup>,它们在各个领域的应用技术称为可拓工程。我们把可拓论、可拓方法和可拓工程统称为可拓学<sup>[4]</sup>。

本文就可拓学的主要思想、基本理论与方法以及学科体系的框架作一介绍。

## 1 可拓学的研究对象

### 1.1 矛盾问题

现实世界中存在着各种各样的问题:用一根最多只能称 200 千克重的秤,却要称数千千克重的大象;卫星上只有一部发射机,却要发射十个观测参数;靠左行驶的公路系统和靠右行驶的公路系统要连接成一个大系统……。综观这些问题,不难发现,它们的共同点是:问题中存在着不相容的两个部分。我们把这些问题称为矛盾问题。显然,矛盾问题广泛存在于人们的实践活动中,存在于自然科学、社会科学和工程技术中。

在不同的领域里,存在不同的矛盾问题。公安部门只有少量的信息,却要侦破复杂的案件;凭借少量因素的变化,却要诊断庞大机器的故障或者人体的疾病;这些是信息领域中的矛盾问题<sup>[7]</sup>。在大型系统中,存在着系统的目标和现有条件的矛盾,子系统与子系统之间的矛盾,这些系统中的矛盾问题举目皆是<sup>[8]</sup>。

本文于 1997 年 9 月 16 日收到

在控制领域中,也经常出现无法控制的过程,仅凭传统的控制方法难以对付这些控制领域中的矛盾问

题<sup>[19]</sup>。从行政首脑到企业经理,他们时刻要与矛盾问题打交道,因此,研究解决决策过程中的矛盾问题与方法具有重要的现实意义<sup>[11]</sup>。

可拓学以矛盾问题为研究对象,探讨用形式化解决它们的规律与方法。文[5]把矛盾问题分为三类:(1)主客观矛盾问题,也称不相容问题;(2)主观矛盾问题,也称对立问题;(3)客观矛盾问题。

### 1.2 习惯领域<sup>[22]</sup>与问题的可变性

由于人们所受的教育、经历和职业的影响,人脑中形成了一定的习惯领域。因此,当人们遇到一个问题时,由于习惯领域的作用,无法解决存在的矛盾,从而束手无策。人们在矛盾问题面前束手无策的原因,在于他们考虑的是要在已知条件下达到一个或若干个目的,而这些目的和条件是固定不变的,把条件只看成对实现目的的约束。但在社会实践中,条件是可变的,人们可以通过三条途径来使矛盾问题的目的实现:(1)改变问题的条件,使新的条件与原问题的目的相容,从而把矛盾问题转化为相容问题。(2)改变问题的目的,即找一个蕴含<sup>[7]</sup>原目的的目的,它与原条件构成相容问题,“围魏救赵”就是这样的范例。(3)目的与条件同时改变,新的目的蕴含原有的目的,并与新的条件构成相容问题。

在可拓学中,给出一个矛盾问题,如果它的目的实现了,就认为该问题被解决。解决矛盾问题就是通过改变条件或变通目的,使原来的目的达到,其核心就是把矛盾问题转化为相容问题。实现转化的方法(改变条件或变通目的)称为解变换。

把矛盾问题转化为相容问题时,目的或条件的改变是通过事物或它的某些方面的改变来实现的。我们把事物可以变化这一性质,称为事物的可变性。于是,问题的可变性是通过事物的可变性来体现的。而事物有多种变化的可能途径,我们把事物变化的可能性称为事物的可拓性。研究事物的可拓性将为解决矛盾问题提供依据和方法。

### 1.3 解决矛盾问题的思路

为了用形式化的工具解决矛盾问题,必须建立描述事物的基本元素,建立化矛盾问题为相容问题的逻辑关系和量化工具以及特有的推理方法。

#### 1) 必须建立不仅考虑数量关系的逻辑细胞

数学,着重于研究事物的数量关系和空间形式,而舍去质的方面。但在曹冲称象的故事中,解决问题的关键在于把大象换为石头,这是事物的变换。要把高于车间大门的配电屏搬进车间,必须采取把配电屏“放倒”的方法,在这里起作用的是把长换为高,把高变为长,这是特征的变换。如果只考虑数量关系,用数学模型描述矛盾问题,就会出现矛盾方程、矛盾不等式、无解的线性规划等数学模型。如上所述,矛盾问题的解决除了考虑数量关系以外,还必须考虑事物本身和特征,以及它们的变换。为此,文[1]建立了物元的概念,把事物、特征和量值作为一个整体来考虑,规定了物元变换,来作为解决矛盾问题的工具。

#### 2) 必须建立允许一定矛盾前提的逻辑

在经典数学中,“是”就是“是”,“非”就是“非”,人们用  $\{0,1\}$  两个数来表征对象属于某一集合或不属于该集合,它考虑的是事物的确定性方面。

但是,要解决矛盾问题,必须考虑是和非的转化,例如,几千千克重的大象不属于用秤能称的物体的集合,但附加一些方法,可以看成属于这一集合的元素。因此,“人们不但要发展纯粹的数理逻辑,而且有必要研究具有一定矛盾前提的逻辑。”<sup>[23]</sup>

为此,文[1]建立了可拓集合的概念,以便描述对象集内不属于经典子集而又能转化到该子集的元素,作为解决矛盾问题的集合论基础。同时建立了关联函数的概念,以便描述事物量变和质变的过程。

3) 在解决矛盾问题时,要考虑一些专业的方法,非数学的方法,把它们与量化工具相结合。为此文[3]利用物元理论和可拓集合理论为基础的可拓数学,建立了特有的可拓方法,把它与各专业的方法相结合,产生了可拓工程。可拓工程既使用定量的方法,也使用定性的方法,既运用可拓数学的方法,又运用非可拓数学的方法。这种结合使矛盾问题能够得到较合理的解决。

## 2 可拓学的基本理论

2.1 物元理论

2.1.1 可拓学的逻辑细胞

物元,是描述事物的基本元,它以有序的三元组  $R=(N,c,v)$  来表达。其中, $N$  表示事物, $c$  表示特征的名称, $v$  表示  $N$  关于  $c$  所取的量值,这三者称为物元的三要素。

物元的概念中以  $v=c(N)$  反映了事物的质和量的关系。文[3]建立了特征元  $M(c,v)$  的概念,它由特征的名称  $c$  和量值  $v$  构成。可拓学的特征元就描述了人们常说的特征。一个事物具有众多的特征元, $n$  维物元就描述了事物这种“一物多征”的性质。

事物处于不断变化之中,为了描述事物的可变性,我们引进了动态物元的概念。当动态物元中  $t$  是任意参数时, $R(t)=(N(t),c,v(t))$  就是参变量物元,参变量物元的引入不仅能讨论事物与其它因素的关系,也能用形式化的方法表达一些哲学概念与原理。如保名域、节域和全征物元等概念就是量变和质变关系的形式化表示。

有了物元的概念,我们可以把客观世界看成一个复杂的、相互联系的物元网。一个物元的变换,会导致相关物元的变换,从而传导到与之相关的一系列物元中,这种思想既可以用来解决矛盾问题,也可用以研究某一物元变换对其它事物的影响,并防止其负面作用。

可拓学把物元作为它的逻辑细胞,用符号来描述客观世界中各式各样的事物,用物元的变换来描述事物的变化,以形成各种解决问题的策略、方案、窍门和办法。

2.1.2 物元可拓性理论

要解决矛盾问题,必须对目的和条件进行改变,而这就要对事物进行变换。事物的变化称为可拓。事物变化的可能性称为可拓性。事物的可拓性以物元的可拓性来描述。

物元的可拓性包括物元的发散性、共轭性、相关性、蕴含性和可扩性。它从事物向外、向内、平行、变通和组合分解的角度提供了多条变换的可能路径,成为解决矛盾问题的依据。

1) 物元的发散性

一事物具有多种特征,一特征又为多种事物所具有。“一物多征、一征多物、一值多物、一特征元多物”等统称为物元的发散性,从一个物元出发,按照不同规则,可以发散出多个物元集,用可拓符“ $\dashv$ ”表示为:

$$(N_0, c_0, v_0) \overset{g_1}{\dashv} \{R \mid R = (N_0, c_i, v_i), i = 1, 2, \dots, c_i \in \mathbf{E}(c), v_i \in V(c_i)\}$$

其中  $g_1$  表示按“一物多征”发散。

$$(N_0, c_0, v_0) \overset{g_2}{\dashv} \{R \mid R = (N, c_0, c_0(N)), N \in \mathbf{E}(N)\}$$

其中  $g_2$  表示按“一征多物”发散。

$$(N_0, c_0, v_0) \overset{g_3}{\dashv} \{R \mid R = (N, c, v_0), N \in \mathbf{E}(N), c \in \mathbf{E}(c)\}$$

其中  $g_3$  表示按“一值多物”发散。

$$(N_0, c_0, v_0) \overset{g_4}{\dashv} \{R \mid R = (N, c_0, v_0), N \in \mathbf{E}(N)\}$$

其中  $g_4$  表示按“一特征元多物”发散。

.....

2) 物元的共轭性

事物的内部结构是解决矛盾问题的另一个着眼点,通过内部结构的改变,把矛盾问题化为相容问题是解决矛盾问题的一条途径。

系统论从系统的组成部分和内外关系去研究事物,这是对事物结构的一种认识。通过对大量事物的分析,我们发现,除了系统性以外,还可以从物质性、动态性和对立性去研究事物的结构。这可以更完整地、深刻地揭示事物发展变化的本质。从这四个角度出发,相应提出了虚实、软硬、潜显和负正这四对对立的概念来描述事物的结构。它们的关系是

$$N = \text{im}N \otimes \text{re}N = \text{sf}N \otimes \text{hr}N = \text{lt}N \otimes \text{ap}N = \text{ng}(c)N \otimes \text{ps}(c)N$$

其中  $\text{im}N, \text{re}N, \text{sf}N, \text{hr}N, \text{lt}N, \text{ap}N, \text{ng}(c)N$  和  $\text{ps}(c)N$  分别表示事物  $N$  的虚部、实部、软部、硬部、潜部、

显部、负部和正部。

### 3) 物元的相关性

一个物元中的某些事物,与其它物元中的事物可能具有相关关系,与其它某些物元的特征也有相关关系,它们构成了该物元的相关网。一个物元发生变化,会导致相关网中其它物元的改变,这种变化称为传导变换。物元变换的传导作用可以用来处理如下两类问题:

1) 物元  $R$  变化了,可能是什么引起的? 又会引起什么变化? 这是求知问题。

2) 物元  $R$  的变化,是通过什么来达到的,这是求行问题。

物元相关网和传导变换比较贴切地描述了“牵一发而动全身”这类客观现象。

### 4) 物元的蕴含性

“围魏救赵”通过围魏而达到救赵的目的。这类问题的原理是:原有的目的在已有条件下无法实现,人们却考虑实现另一个目的,该目的实现了,原目的也自然实现。我们总结这类问题的作用机理,提出了蕴含的概念和物元的蕴含性。

### 5) 物元的可扩性

可扩性指可加性、可积性和可分性,物元的可扩性包括事物的可扩性、特征的可扩性和量值的可扩性。

一个物元,可以与其它物元结合成新的物元,也可以分解为若干新的物元,新物元中的事物具有原物元中的事物不具备的某些性质。物元这种结合或分解的可能性称为物元的可扩性。物元的可扩性提供了解决矛盾问题的另一种途径。

## 2.1.3 物元变换理论

物元的可拓性提出了解决矛盾问题的若干路径,而解决问题的技术则是物元变换。

物元变换具有很多特殊的性质。这些性质包括事物的变换引起一切特征元的变换;量值的变换引起事物的变换;事物共轭部的变换引起事物功能的改变;在不同事物之间,变换的传导作用,传导效应的计算等。物元变换的性质为解决矛盾问题提供了多种途径。

到目前为止,对物元变换理论的研究包括如下的内容。

1) 物元的基本变换和变换的运算

2) 物元变换的基本性质

3) 物元变换和物元可拓性的关系

4) 物元变换体系

5) 物元变换必须遵循的规律

## 2.2 可拓数学

### 2.2.1 可拓学的集合论基础——可拓集合

集合是描述人脑思维对客观事物分类和识别的数学方法,客观事物是复杂的,而且也是运动变化的、灵活多样的。因此,人脑思维对客观事物的识别与分类不应只是一个模式,而应是多样的、灵活的。1883年,德国人 Cantor 提出了集合论(下称为经典集合论)作为经典数学的基础。1965年,美国人 Zadeh 提出了模糊集合的概念;1983年,文[1]提出了可拓集合的概念,从而使集合论形成了多样化的格局。

对给定的论域  $U$  和给定的性质  $P$ ,造集的过程,主要是人们对元素  $u \in U$  与性质  $P$  之间的关系识别过程,这个识别过程根据不同的要求可以是不同的,它表现为对这个识别过程附加不同的准则<sup>[16]</sup>,由于准则不同,也就得到不同的集合概念。可拓集合由如下两个定义描述:

**定义 1** 设论域为  $U$ ,  $k$  是  $U$  到实域  $I$  的一个映射,令  $\tilde{A} = \{u, y \mid u \in U, y = k(u)\}$ , 则称  $\tilde{A}$  为  $U$  上的一个可拓集合,  $y = k(u)$  为  $\tilde{A}$  的关联函数,  $k(u)$  为元素  $u$  关于  $\tilde{A}$  的关联度。称  $A = \{u \mid u \in U, k(u) \geq 0\}$  和  $A = \{u \mid u \in U, k(u) \leq 0\}$  分别为  $\tilde{A}$  的正域和负域,  $J(\tilde{A}) = \{u \mid u \in U, k(u) = 0\}$  为  $\tilde{A}$  的零界。显然,若  $u \in J(\tilde{A})$ , 则  $u \in A$  且  $u \in \bar{A}$ 。

文[4]规定了  $U$  上的可拓集合  $\tilde{A}$  的三种变换形式:元素的变换  $T_u$ , 关联函数的变换  $T_k$  和论域的变换

**定义 2** 若  $\tilde{A}$  是论域  $U$  上的可拓集合,  $T (T \in \{T_u, T_k, T_v\})$  是可拓集合  $\tilde{A}$  的变换,  $k(u), u \in U(T)$  是关于  $T$  的关联函数。分别称

$$A+(T) = \{u | u \in U(T), k(u) \leq 0, k(Tu) \geq 0\}$$

$$A-(T) = \{u | u \in U(T), k(u) \geq 0, k(Tu) \leq 0\}$$

为  $\tilde{A}$  关于变换  $T$  的正负可拓域。

经典集合描述的是确定性的概念, 它的元素、集合、论域、元素与集合的关系一般是确定不变的。可拓集合则不同, 为了解决矛盾问题, 事物可变, 限制可变, 考虑的范围可变, 事物与集合的关系可变。对应于这些变化的是元素变换  $T_u$ 、关联函数变换  $T_k$ 、论域变换  $T_v$ , 结果是元素与集合的关联度  $k(u)$  变为  $k(Tu)$ 。可拓域和零界则是描述上述变化的两个重要概念, 它们体现了可拓集合的特色, 是可拓集合与经典集合的主要区别。

可拓域描述了元素从不具有性质  $P$  变到具有性质  $P$  (或从具有性质  $P$  变到不具有性质  $P$ ), 这是质的改变。而零界元素描述的则是质变的临界点。零界是量变和质变的分界, 跨越零界则产生质变, 不跨越零界的变化则是量变。零界元素既具有性质  $P$ , 又不具有性质  $P$ 。一只脚在门内, 一只脚在门外的人就既属于门内的人的集合, 又不属于该集合。

在可拓集合中, 建立了“关联函数”这一概念, 通过关联函数可以定量地描述论域中的元素具有性质  $P$  的程度及其变化。就是同属于正域或负域的元素, 也可由关联函数值的大小分出不同的层次, 通过关联函数值的变化定量地描述元素与集合的关系的变化。在可拓集合中, 不仅把 Cantor 集合里属于和不属于的定性描述发展为定量描述, 而且把 Cantor 集合中“类内即为同、类间即为异”的关系发展为“类内尚可分为不同的层次”。为了反映这种性质, 文[1]建立了实轴上的关联函数。首先把实变函数中距离的概念拓广为距的概念, 作为把定性描述扩大为定量描述的基础。规定实轴上点  $x_0$  与区间  $X_0 = \langle a, b \rangle$  之距为

$$R_{x_0, X_0} = \left| x_0 - \frac{a+b}{2} \right| - \frac{1}{2}(b-a)$$

点与区间的距离  $d(x_0, X_0)$  与距  $R_{x_0, X_0}$  的关系是: 当  $x \in X_0$  或  $x_0 = a, b$  时,  $d = 0$ ; 当  $x_0 \in X_0$ , 且  $x_0 \neq a, b$  时,  $d > 0$ ,  $d = 0$ 。对  $x_1, x_2 \in X_0$ , 一般有  $R_{x_1, X_0} \neq R_{x_2, X_0}$ 。在距的基础上建立的关联函数就把“具有某性质  $P$ ”的事物从定性描述拓展到“具有性质  $P$  的程度”的定量描述, 文[1]还建立了初等关联函数

$$k(x) = \frac{R_{x, X_0}}{R_{x, X} - R_{x, X_0}}$$

使关联函数可以用公式加以描述。

当可拓集合的元素是物元时, 就成为物元可拓集, 它是可拓集合和物元理论的结合部。物元可拓集描述了事物的变化和事物具有性质  $P$  的程度的变化之间的关系。对物元可拓集的研究将把数学和哲学结合起来, 把数学的研究与现实世界更加紧密地结合起来。

### 2.2.2 可拓逻辑

为了研究矛盾问题转化为相容问题的方法与规律, 必须研究事物转化的逻辑关系。在客观世界中, “是”与“非”是可以转化的, 利用二值逻辑和模糊逻辑难以讨论事物的这种可变性。因此, 我们必须建立新的逻辑。可拓逻辑就是研究事物之间相互转化的方法与规律的逻辑, 它是形式逻辑和辩证逻辑相结合的产物。

可拓逻辑包括物元逻辑、事元逻辑和问题逻辑, 它是用计算机处理矛盾问题的基础。

### 2.2.3 可拓数学的初步研究

经典数学具有高度的抽象性, 这种抽象舍去了事物的质, 只研究了事物的量和空间形式。在可拓集合论中, 抽象不仅顾及量, 也顾及质, 物元可拓集合使数学的抽象从数量关系和空间形式发展到事物的质的抽象。

由于可拓集合的出现, 数学应用的广泛性将打开新的领域, 得到更充分的体现, 多种集合及其相应理论的并存, 使数学可以向更多领域(包括人脑思维领域)渗透的趋势更加明朗。

建立在可拓集合基础上的可拓数学, 将有别于经典数学和模糊数学, 它扩大了数学的研究范围, 使数

学的研究领域扩展到研究矛盾问题,扩展到质与量相结合的物元。这三类数学的区别与联系如表 1 所示:

表 1 三种数学的区别与联系

	经典数学	模糊数学	可拓数学
研究对象	数确问题数学化	模糊问题数学化	矛盾问题物元化
描述事物的性质	精确性	模糊性	可拓性
集合基础	Cantor 集合	Fuzzy 集合	可拓集合
定量化工具	特征函数 $C_A(x) \in \{0,1\}$	隶属函数 $\mu_A(x) \in [0,1]$	关联函数 $k_A \in (-\infty, +\infty)$
逻辑关系	形式逻辑	模糊逻辑	可拓逻辑
模 型	数学模型	模糊数学模型	物元模型

2.3 可拓论的软体

可拓学的理论体系是可拓论,可拓论的两个支柱是物元理论和可拓数学,它们与信息论、系统论、控制论、决策论相结合,分别形成可拓信息论、可拓系统论、可拓控制论和可拓决策论。从而构成了可拓论的软体。

2.3.1 可拓信息论<sup>[17]</sup>

信息是什么?迄今为止尚未有公认的定义。狭义信息论以数学方法研究信息的传输和转换的规律。可拓学认为,信息可以用物元或物元的组合来描述。物元的可拓性可以用来描述信息的可拓性。信息的可拓性使人们能够根据一个或若干个信息,按照一定的规律,开拓出一批信息,这些信息称为原有信息的可拓信息。可拓信息论研究可拓信息的产生和变化的规律与方法,并应用在诊断、搜索和决策中,去解决各种各样的实际问题。

信息的开拓是无限的,但根据问题的目的、时间和空间,我们可以开拓出有限的信息,再利用可拓学的评价方法一得到若干有用的信息。这样的方法称为可拓信息方法。

2.3.2 可拓系统论<sup>[18]</sup>

一个系统包含有大量的矛盾因素,当系统的现有状态实现不了系统的目的功能时,便构成系统的不相容问题。在系统与系统之间,存在着对立的因素,使它们不能共存于同一系统中,这类问题称为系统的对立问题。系统的不相容问题和系统的对立问题统称为系统矛盾问题。

可拓系统论是利用可拓论和可拓方法研究解决系统矛盾问题的规律与方法。可拓系统论有三个主要特点:(1) 利用系统的多特征性去研究所建立的模型的合理性,从而使因为建立模型时丢弃一些重要特征而造成矛盾的问题得到解决。(2) 重视共轭性,可拓系统论不只从系统性研究系统的结构,而且从物质性、动态性和对立性,利用虚实、潜显和负正研究系统的结构,通过共轭对的变换去处理问题。(3) 考虑事物和特征的变换,系统矛盾问题仅从数量关系考虑是难以解决的,可拓系统论述利用系统和特征的变换去解决系统矛盾问题。

2.3.3 可拓控制论<sup>[19,20]</sup>

可拓控制论是指利用可拓论与可拓方法研究处理控制过程中的矛盾问题的规律和方法。它是为了解决用已有的控制方法不能控制的问题而提出并发展起来的。在经典控制中,输入与输出均是量值,控制模型是数学模型,它们描述控制过程中输入量值与输出量值之间的关系。而模糊控制所建立的模型则是模糊数学模型。在有的控制问题中,只考虑量值与量值之间的关系是难以解决的,它们也形成了控制中的矛盾问题。要解决它们,就必须考虑事物本身及其特征以及它们的变换。基于这种看法,可拓控制的本质是:输入或输出是物元或物元集,控制模型是物元模型,在控制过程中,以物元可拓性为依据,把控制过程中的矛盾问题通过物元变换转化为相容的控制问题,从而达到控制的目的。可拓控制论把可拓学引入智能控制的研究领域,用它们来描述和处理控制过程中信息的转化关系,这就为寻求智能控制和知识表达模型以及信息处理技术开辟了新的途径。

2.3.4 可拓决策论<sup>[1]</sup>

可拓决策论是以物元理论和可拓数学为基础,结合决策论的基本思想和方法,以物元变换为定性工具,关联函数为定量工具,采取定性和定量相结合的方法,去开拓出多种解决矛盾问题的策略,再进行决策,得到全局性较优的方案。可拓决策论具有如下的特点:

- 1) 可拓策略集 一般决策理论,很少深究策略集的生成问题,只是在已有的策略中进行比较与选优。然而,如何产生策略,却是决策科学比较薄弱的环节,但它又是决策过程的关键。可拓决策论利用物元的可拓性和物元变换理论,提出了生成策略集的理论与方法。
- 2) 约束条件的可变性 一般决策理论把约束条件看成是确定的和静止的。可拓决策论则把决策条件看成可变的,利用物元的可拓性,研究约束条件变化的各种可能性,从而生成各种实现决策目标的策略。
- 3) 决策目标的蕴含性 一般的决策理论,是用确定的和静止的观点去看待决策的目的,在可拓决策论中,利用物元的蕴含性,通过蕴含系,寻求实现蕴含原目的的其它物元,从而使矛盾的决策问题能顺利地转化为相容问题。
- 4) 非封闭性 可拓决策论不是封闭的,它可与其它决策技术兼容并用,取长补短。另一方面,在一般决策方法中,建立数学模型时,常常舍去很多实际的内容,在理想化的情况下进行决策。因此,它的结果往往与实际问题不相符合。可拓决策论利用物元模型,保留了一定的开放性环节,让人脑可以发挥作用,通过物元变换去寻求比较符合实际的结果。
- 5) 定性定量相结合 决策方法有定量决策方法与定性决策方法之分。前者向数学化、模型化、计算机化发展;后者则注重引入人的智慧,运用创造性思维方法进行决策。可拓决策论既运用可拓数学进行定量计算,也利用物元变换方法发挥决策者的创造性思维,使定量方法与定性方法结合起来。

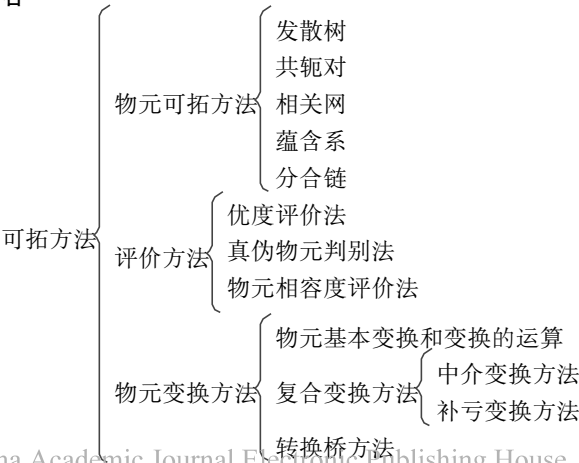
3 可拓学的基本方法——可拓方法

3.1 可拓方法的特点

可拓方法是可拓学特有的方法,是物元理论和可拓集合论的运用。它具有如下的特性:

- 1) 它提出了突破人脑习惯领域的方法,使人们能够按照一定的程序提出开拓的路径。
- 2) 它采用了物元模型来描述问题。物元模型是利用物元和物元关系描述现象或问题的模型。
- 3) 可拓方法建立了物元变换的体系,使物元变换成为解决矛盾问题的技术。
- 4) 可拓方法利用菱形思维方法去描述人们进行创造性思维的过程。菱形思维方法包括发散过程和收敛过程。发散过程是把问题用物元模型表达,然后从某一物元出发,沿不同的途径,开拓出一批物元。为解决问题提供丰富的信息;收敛过程则是在发散过程的基础上,根据客观条件的限制和解决不同问题的不同需要,从可行性、优劣性、真伪性和相容性出发,对发散过程得到的大量物元进行评价,筛选出符合要求的少数物元。最后,对筛选出的物元进行物元变换或综合处理,从而得到新观点、新产品、新思想或新方法。

3.2 可拓方法的基本内容



在可拓方法中,转换桥方法是处理矛盾问题的一种特殊方法。

3.4 可拓工程

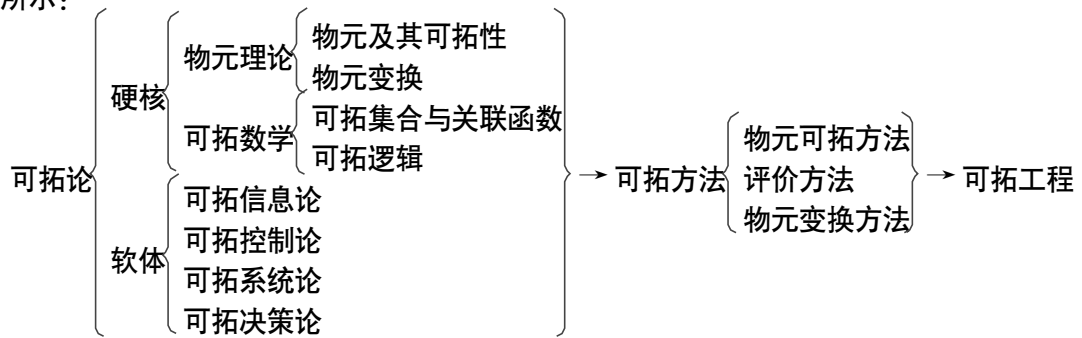
可拓论与可拓方法在各个领域中的应用技术,称为可拓工程。目前,可拓工程的研究包括如下几个方面:

- 1) 可拓方法在决策中的应用方法
  - 2) 可拓方法在新产品构思中的应用方法
  - 3) 可拓方法在搜索中的应用方法
  - 4) 可拓方法在诊断中的应用方法
  - 5) 可拓方法在设计中的应用方法
  - 6) 可拓方法在营销策略策划中的应用方法
  - 7) 可拓方法在控制领域中的应用方法
  - 8) 可拓方法在识别与评判中的应用方法
- 可拓工程的研究刚刚开始,但它的前景是广阔的。

4 可拓学的框架

4.1 可拓学的学科体系

可拓学是研究事物的可拓性和事物开拓的规律与方法,并用以解决矛盾问题的科学。  
可拓学的研究对象是矛盾问题,逻辑细胞是物元,理论体系是可拓论,特有的方法是可拓方法。可拓论和可拓方法在多个领域的应用技术是可拓工程。其学科体系的框架如下表所示:



4.2 可拓学的性质与特色

自然科学、社会科学和工程技术中都存在各种各样的矛盾问题,因此,可拓学必然象系统论、信息论和控制论一样,发展为一门贯穿于自然科学、社会科学和工程技术而应用较广的横断学科。

可拓学有如下三个特色:

- 1) 以矛盾问题为研究对象,探讨化矛盾问题为相容问题的理论与方法。
- 2) 以物元为基本元建立物元模型,以物元可拓性为依据,物元变换为工具去处理问题。
- 3) 建立了可拓集合理论,利用可拓域和零界元素对事物的量变和质变进行定量化的描述。

4.3 可拓学与其它学科的关系

可拓学与系统论、信息论、控制论、决策论的关系在 2.3 中已作了阐述,下面介绍它与数学、思维科学和哲学的关系。

1) 可拓学与数学的关系

可拓学与数学的研究对象不同,研究方法也不一样,可拓集合从数学单纯的定量研究发展到定性定量相结合,从数学模型拓展到物元模型,从单纯研究元素拓展到研究元素的内部结构和事物的可变性。

可拓学不是数学的一个分支,它的定量化工具是可拓数学,它将数学从研究数量关系扩展到物元关系,扩展到解决矛盾问题。



## 2) 可拓学与思维科学的关系

可拓学利用可拓方法去研究创造性思维的过程,它的发展必然推动思维科学的研究,从而推动智能机的研究,把人的知识、智力发展到更高的阶段。

可拓学将成为思维科学研究的一种形式化工具。可拓学的发展,打破了灵感和顿悟进行研究的发现模式,使创造性思维可以用可拓方法去实现。

## 3) 可拓学与哲学的关系

可拓学作为一门横断学科,必然要遵循科学技术哲学的基本规律。

在认识论方面,可拓学提出了物元和可拓性的概念,物元理论提供了全面地认识事物的依据。物元的共扼性从物质性、系统性、动态性和对立性分四对共扼部去认识事物的内部结构。可拓学把矛盾问题作为研究对象,提出了化矛盾为相容的基本思想。

在方法论方面,可拓方法为人们提供了全面认识事物和事物结构的新方法和用物元变换解决矛盾问题的形式化工具。

可拓学用物元模型去研究各个领域中的问题。物元模型是比数学模型应用更广的思维模型。人们利用它对材料、事实和科学概念进行概括和分析,以揭示研究对象产生矛盾的内在机制和转化的规律与契机。

可拓学利用形式化的工具讨论现实世界中的问题,对哲学的某些规律进行了形式化的尝试,提供了哲学研究的形式化方法。

可以说,可拓学从新的角度为人们认识和分析现实世界,解决矛盾问题提供了一种新的方法论体系。

## 参 考 文 献

- 1 蔡文.可拓集合和不相容问题.科学探索学报,1983,(1)
- 2 Cai Wen·The Extension Set and Non-compatible Problems·Editor Chien Weizang·Advances Mathematics and Mechanics in China,International Academic Publishers,1990
- 3 蔡文,杨春燕,林伟初.可拓工程方法.北京:科学出版社,1997
- 4 蔡文,孙弘安,杨益民.从物元分析到可拓学(论文集).北京:科学技术文献出版社,1995
- 5 蔡文.物元模型及其应用.北京:科学技术文献出版社,1994
- 6 蔡文.物元分析.广州:广东高等教育出版社,1987
- 7 蔡文.价值工程的方法与应用.天津科学技术出版社,1987
- 8 杨国为.物元动态系统分析.青岛出版社,1997
- 9 李士勇.模糊控制、神经控制和智能控制论.哈尔滨工业大学出版社,1996
- 10 李健华等.现代系统科学与管理.北京:科学技术文献出版社,1997
- 11 叶雅阁等.决策科学手册.天津科技翻译出版社,1989
- 12 张俊心等.软科学手册.天津科技翻译出版社,1989
- 13 张庆华.技术创新教程.香港:亚洲出版社,1992
- 14 叶惠新.发明创造方法学.天津社会科学院出版社,1992
- 15 蔡文.物元分析概要.人工智能学报,1983,(2)
- 16 叶惠新.关于物元分析的哲学思考.智囊与物元分析,1985(4)
- 17 史开泉,黄有评.可拓信息.从物元分析到可拓学(论文集).北京:科学技术文献出版社,1995
- 18 孙弘安.可拓系统.从物元分析到可拓学(论文集).北京:科学技术文献出版社,1995
- 19 Li Jian and Wang Shienyu·Primary Research on Extension Control Information System, Vol.1, International Academic Publishers,1991
- 20 王行愚,李健.论可拓控制.控制理论与应用,1994,11(1):25-138
- 21 刘法贵.物元分析中的特征元.从物元分析到可拓学(论文集).北京:科学技术文献出版社,1995
- 22 游伯龙.智慧新境.台北:书评书目出版社,1992
- 23 吴学谋.数学进展中的某些问题.应用数学与计算数学,1975,(11)