

可拓学

Analysis on the Elements of a Thing

唐旭清

(巢湖师范专科学校, 安徽巢湖 238000)

林伟初

(解放军广州通信学院, 广州 510502)

可拓学(原称物元分析)的开创性论文“可拓集合和不相容问题”^[1]发表后,国内外不少学者参与了这项研究工作,现已撰写了五本专著,发表了数百篇论文,召开了五届全国年会,形成了一支具有一定水平的研究队伍,从一个人发展到一批人,成立了全国性的学会。在理论上,形成了初步的框架;在应用上,提出了若干应用方法。一个由中国人创立的新学科正在形成。国家自然科学基金委员会通过资助三个项目(“决策系统中处理矛盾冲突问题的规律研究”、“转换桥的理论与方法”、“关键策略的生成方法与协调问题”,前两个课题已结题),支持了可拓学的研究工作,促进了学科的建设与发展。

一、可拓学的产生背景及其发展过程

现实世界中存在着大量的不相容问题。例如,用一杆最多能称 200 公斤的秤去称量 3 000 公斤的大象,初看起来是不可能的,而“曹冲称象”的故事却指出了解决这个问题的方法;只有少量的资金,而要建造一个大型的水库;只有一个笼子,却要同时运送狼和鸡;靠左行驶的公路系统与靠右行驶的公路系统要连接成一个大系统;这些问题统称为矛盾问题。显然,矛盾问题广泛存在于每个人的活动中,存在于自然科学、社会科学和工程技术中。可拓学正是为解决这些矛盾问题而产生和发展起来的,其发展大致可分为三个阶段:

第一阶段,即孕育阶段 国家级有突出贡献专家蔡文研究员自 1976 年就开始了对大量矛盾问题的研究,并于 1983 年发表了“可拓集合和不相容问题”一文。这一开创性论文就解决矛盾问题的基本途径、技术手段进行了较为完整、细致的探讨,从而宣告了可拓学的诞生。

可拓学一开始出现,就受到国内外有关专家、学者的关注,中国模糊数学理事会副理事长汪培庄教授率先指出:^[3]“可拓集合就是以物元分析为背景

而提出的一种集合描述形式,它比 Zadeh 提出的 Fuzzy 集合的思想有更新更值得探讨的地方。……我相信,物元分析将有光辉的未来。”已故国家科委传凯总工程师在对文[1]的鉴定中指出:“这个新的学科可以说是介于数学和实验科学之间的新学科,……对开展人工智能、对辩证哲学的精细化都会作出贡献。”

第二阶段——初创阶段(1983~1992) 可拓学一经产生,就吸引了许多国内外专家、学者为之辛勤工作,从 1983 年开始,用了近十年的时间,基本上确定了新学科研究的范畴、解决问题的技术手段和研究途径,形成了解决问题的初步方案,这个阶段的标志是专著《物元分析》和《物元模型及其应用》^[2]的正式出版。

第三阶段(1993 年后) 这一阶段将对前面两阶段的理论进行全面整理,使之系统化,以建立初步的理论体系,阐明可拓学与相关学科的关系,论证新学科特殊的研究对象、研究方法及其独特的意义。研究队伍得到迅速发展,研究水平得以提高,同时美、日、台等地的许多专家学者积极参与这一学科的研究。可拓学的发展受到了国内有关人士的关注和支持,1989 年,钱三强题名、李瑞环等题词的《软科学手册》(天津科技翻译出版公司)正式把它作为新学科作了详细介绍;同年,由叶雅阁教授主编的《决策科学手册》(天津科技翻译出版公司)专辟一章详细介绍物元分析及其应用。1990 年,钱伟长教授主编的《中国应用数学与力学进展》把可拓学的开创性论文(英文稿)列入第一篇介绍给国内外学术界。这些,为可拓学的研究和发展产生了很大的推动作用。

二、可拓学的基本理论

可拓学把事物的基本元素简称为物元,物元 R 是由事物 N、特征 C 和量值 V 三要素构成的一个三

元组,记为:

$$R=(N,C,V)$$

可拓学是研究物元及其变化的一门学科,提出解决矛盾问题的规律和方法。它是描述人脑思维中出点子、想办法、处理矛盾问题的工具,带有浓厚的人工智能色彩。可拓学是思维科学、系统科学和数学的交叉学科,是贯穿于自然科学和社会科学的横断学科。可拓学的理论支柱是物元理论和可拓数学。

物元理论着重研究物元的可拓性,它包括物元的发散性、共轭性、相关性和可扩性。物元的发散性是研究物元的一物多征、一征多物、一值多征等性质。物元理论还研究物元的可变性,包括物元变化的条件、路径和方法,探索事物的变化过程,通过物元变换来寻求解决问题的方法和途径。物元理论对于事物的结构研究主要集中在对物元共轭性的研究上,它把虚实、软硬、潜显和负正以及它们的转换看成是解决问题的又一途径。物元理论的研究为人们解决矛盾问题提供了必要的认识论基础。

可拓数学是在可拓集合的基础上建立起来的,它是可拓学的又一理论支柱。

定义 1^[2] (可拓集合) 设 U 为论域, K 是 U 到实数域上的一个映射,称

$$\tilde{A}=\{(u,y)|u\in U,y=K(u)\}$$

为论域 U 上的一个可拓集合, $y=K(u)$ 为 $\tilde{A}$ 的关联函数, $K(u)$ 是关于 $\tilde{A}$ 的关联度。 U 上可拓集合的全体记为 $\mathcal{F}(U)$ 。

定义 2^[2] 设 $\tilde{A}\in\mathcal{F}(U)$, T 是变换,且 $Tu\in U$,称

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

为 $\tilde{A}$ 关于 T 的可拓域。

可拓集合定量地描述了事物符合某些要求的程度。可拓集合中的元素具有可变性,物元可拓集合具有内部结构。可拓域的概念为描述矛盾问题的转换提供了形式化工具。关联函数是可拓数学的主要量化工具,它能直观地描述事物的可变性,并揭示事物的量变和质变过程。

正是由于物元理论和可拓数学的研究,为解决矛盾问题提供了方法途径和技术手段,从而为研究解决矛盾问题奠定了理论基础。

三、可拓工程方法及其应用

可拓学是为解决矛盾问题的实际需要而产生、发展起来的,应用于各行各业解决实际问题是其发展的必然趋势。目前可拓学的应用工具——可拓工程方法正处于日益完善阶段。

可拓工程方法主要包括:转换桥方法、可拓控制、可拓决策方法、可拓预测与评判方法、可拓搜索方法、可拓思维方法等。

转换桥的基本思想是由蔡文研究员于 1990 年

在国家自然科学基金资助项目《决策系统中处理不相容问题的规律研究》^[4]结题报告中首先提出的,并于 1993~1995 年的国家自然科学基金资助项目《转换桥的理论与方法》^[5]中进行了较为系统的研究,国内外许多学者广泛而深入地参与这项研究。转换桥方法不同于以往人们常用的两种解决矛盾问题的方法:斗争的方法和平衡的方法,而是一种“各行其道,各得其所”的方法。转换桥由转折部和转换通道组成,针对不同的问题,如对立系统共存问题、对立问题和不相容问题,设置不同的转换桥,使对立的目标转化为共存的目标,使对立运行规则转化到共存的系统中,从而使矛盾问题转化为相容问题。

可拓控制^[6]是物元理论与控制论相结合的产物,它是由华东理工大学校长、博士生导师王行愚教授提出的,他在 80 年代就开始进行有关可拓控制的研究,国家自然科学基金资助项目《可拓控制》(1993~1995)使这项研究得到深入开展。可拓控制的研究使得可拓专家系统和可拓语言控制器的研制成为可能。近年来,可拓经济控制方法应用于经济领域,解决实际问题,使得市场调控和企业诊断又有了一个有力工具,对大型系统的评价提供了一种行之有效的办法。

可拓决策^[4]是解决矛盾问题的一种决策技术,它先把问题用物元模型描述出来,再根据物元的可拓性,利用物元变换生成各种策略,使目的和条件朝着相容的方向转化,并利用可拓数学进行定量化计算,通过评判产生最优策略。应用于实际取得了令人满意的效果。

应用可拓决策方法,对广东省环境投资与效益^[7]进行研究,主要步骤是:建立问题模型、求初始解、建立可拓集合、相容度分析、物元变换、相容系统构成、灵敏度分析、技术经济与社会评价、最后决策,提出了“广东省环境投资的物元分析”的报告,作出了令专业技术人员、决策者和群众满意的广东省环境投资的决策。

利用可拓决策方法,在 80 年代末对广州经济进行分析,构造出目标系统、对象系统、限制系统、问题系统和变换系统,运用物元的可拓性,如共轭性中的虚实、软硬、潜显和负正等,并运用物元变换对这几个系统进行详细的分析,得出一系列的方案,最后提出了“发展高技术,带动广州经济^[4]”的主要方案,为决策者在制定 90 年代广州经济发展前景时,提供了切实可行的战略性决策。

可拓预测是利用物元理论和关联函数等工具,建立起来的一种较为细致而准确的一种预测方法。有的学者把这种方法运用于疾病的预防和诊断中,提出了“疾病的预警系统模型”,受到了部分医务工作者的欢迎。

可拓评判是利用可拓集合与关联函数,提出一套较为精细而又可行的方法。航天部高级工程师冯连胜同志运用这种方法^[8],对宇航高压容器强度的性能提出了一种新颖的评定方法。其主要方法是:根据生产中积累的数据及已成功的强度试验结果,分别构造各强度性能等级的经典域和节域,确定待评物元,确定待评产品关于各等级的关联度,由此确立评定准则,并编制专用程序由计算机处理。取得较好的成果,该成果获得了航天部科技进步三等奖。这种方法也在经济分析、人体健康定量评估等方面得到广泛应用。

可拓搜索方法是利用信息的可拓性^[9],对求解信息的物元模型进行相关特征分析、相关事物分析、蕴含系统分析和排假分析,求可拓信息集合的交集,从而找到搜索的目标。这种方法可应用于工程上寻找矿藏、公安部门中寻找案犯、军事上雷达搜索等领域。

可拓思维方法是用物元模型描述人的创造性思维过程的一种新方法,例如,菱形思维的“开拓——收敛——开拓——收敛”的过程,用物元理论表述开拓,用可拓集合与关联函数表述收敛,则能恰如其分地描述这个思维过程。

可拓思维方法应用于新产品构思中,提出了新产品构思的思维方法。构思新产品,本质上就是要构思一个多维物元。这种方法对于新产品的构思,提出了第一创造法和第二创造法^[2]。第一创造法是从产品的功能特征出发,求出蕴含的性质特征和实义特征,计算这些特征对应的量值,确定产品的软硬部、虚实部、潜部和负部,确定产品构思方案集,评价并确定构思方案。第二创造法是从已有的一个或几个产品出发,通过变换其某些物元要素而构思出新产品的一种方法。

可拓思维方法应用于价值工程,提出了“三四三”法,即,三条路径:①变换条件,②变换目标,③变换目标和条件;四种基本变换:①置换,②合并或分解,③增加或减少,④扩大或缩小;三种组合方式:①与,②或,③逆。

有一家啤酒厂,根据“三四三”法,提出了薄板冷却系统一次节能新技术的改造方案(载于《智囊与物元分析》1986年第2期)。其主要步骤是:①由于单锅冷却用时长,耗水量大,酒精冷却温差大,用于酒精水制冷的电耗大,能源浪费严重,按原来的

生产工艺,若要缩短冷却用时,降低耗水量、耗电量是不可能的,因而这是一个不相容问题,故可构造其物元模型。②以实现节能为目的,变不相容问题为相容问题,从厂内现有设备的情况出发,根据四种基本变换,考虑到事物的变换,将单机使用改为双机串联使用,酒精水冷却面积不变。这样不仅增加了水冷却面积,也相对减少了酒精水冷却的温差。③物元变换把事物从单机变为双机,把进水出水的方式从三进三出改为二进二出或一进一出。通过上述方法,使不相容问题转化为相容,新工艺使单锅节水15吨以上,使酒精水冷却温差大大降低,大量减少能耗。由于该方案每年可节约数万元,因此获得了合理化建议节能改革奖。

随着可拓工程方法研究的不断深入,可拓工程方法的应用将越来越广泛。

纵观可拓学的产生和发展,其本身就是一部开拓的历史,随着可拓学研究的不断深入和完善,必将为人们认识世界、改造世界提供一种全新的方法论,为人类文明的进步发挥其待拓的潜力。

参考文献

- [1]蔡文:“可拓集合和不相容问题”,《科学探索学报》Vol. 3, No. 1, 1983
- [2]蔡文:《物元模型及其应用》,北京,科学技术文献出版社,1994
- [3]汪培庄:“我对物元分析的初步认识”,蔡文主编《从物元分析到可拓学(论文集)》,p12,北京,科学技术文献出版社,1995
- [4]蔡文:“决策系统中处理矛盾冲突问题的规律研究报告”,国家自然科学基金资助项目,1990
- [5]蔡文、何斌、林伟初等:“转换桥的理论与方法研究总结”,国家自然科学基金资助项目,1995
- [6]王行愚、李健:“论可拓控制”,《控制理论与应用》,1994, 11(1), p125~138
- [7]蔡文等:“广东省环境投资的物元分析”,广东工学院学报, (1)1986
- [8]冯连胜:“综合评定产品质量的一种新方法”,《机械强度》, (9)1991
- [9]林伟初:“信息的可拓性”,《从物元分析到可拓学(论文集)》, p185~190, 北京, 科学技术文献出版社, 1995
- [10]唐旭清、林伟初:“物元的传导变换与振动”,《从物元分析到可拓学(论文集)》, p19~25, 北京, 科学技术文献出版社, 1995 (责任编辑 刘先曙)

(上接第35页)

(可引黄河水约12亿立方米)工程建设外,配合黄河小浪底工程,尽快修建引黄入淀(白洋淀)、引黄入津等工程(可引黄河清水20亿立方米左右);运用现有穿黄隧洞,作为天津市和河北省的紧急备用

水源。下个世纪初引黄工程基本完成,视华北水市场的发展情况,再着手建设南水北调工程未为晚也。

(责任编辑 冷远猷)