

DOI: 10.11992/tis.201811027

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/23.1538.TP.20190507.1415.002.html>

## 可拓学中相关关系的变换方法研究

李文军<sup>1,2,3</sup>, 杨春燕<sup>1,2</sup>, 汤龙<sup>1,2</sup>, 张文英<sup>3</sup>, 钟建华<sup>3</sup>

(1. 广东工业大学 可拓学与创新方法研究所, 广东 广州 510006; 2. 广东工业大学 机电工程学院, 广东 广州 510006; 3. 广州市德百顺电气科技有限公司, 广东 广州 510700)

**摘要:** 为了探讨通过改变事物之间的相关关系来解决矛盾问题的理论和方法, 依据可拓学中的相关分析方法、可拓变换、TRIZ 等理论, 结合实际的工程经验, 通过研究物元之间存在的某些相关关系, 建立了改变这些相关关系的方法, 并以“灯”为例, 将该方法用于灯饰产品的创新以及与灯丝相关的技术问题的分析和解决。研究表明: 运用所建立的方法, 可获得一种有效的新产品创意, 可根据人的心情变色的灯以及可有效提高其性能的方法, 从而验证了所建立的相关关系变换方法在实际运用中的可操作性和有效性。

**关键词:** 可拓学; 动态; 相关关系; 相关分析; 变换; 强制建立; 强制解除; 弱化; 场物元

**中图分类号:** TP18   **文献标志码:** A   **文章编号:** 1673-4785(2019)04-0619-08

中文引用格式: 李文军, 杨春燕, 汤龙, 等. 可拓学中相关关系的变换方法研究 [J]. 智能系统学报, 2019, 14(4): 619-626.

英文引用格式: LI Wenjun, YANG Chunyan, TANG Long, et al. Research on the transformation method for the correlation relation in extenics[J]. CAAI transactions on intelligent systems, 2019, 14(4): 619-626.

## Research on the transformation method for the correlation relation in extenics

LI Wenjun<sup>1,2,3</sup>, YANG Chunyan<sup>1,2</sup>, TANG Long<sup>1,2</sup>, ZHANG Wenying<sup>3</sup>, ZHONG Jianhua<sup>3</sup>

(1. Research Institute of Extenics and Innovation Methods, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China; 2. School of Electromechanical Engineering, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China; 3. Guangzhou Deposon Electric Technology Co., Ltd., Guangzhou 510700, China)

**Abstract:** In this study, a method for changing the correlative relations among matters and affairs was established to explore the theory and method for solving contradiction problems by studying the correlation relations among matters and affairs based on the theories of correlation analysis method, extension transformation, TRIZ, and other theories in extenics in combination with the practical engineering experience. Using "lamp" as an example, the proposed method was applied to the innovation of the lamp products and the analysis and solution of the filament-related technical problems. Using the established methods, an effective new product creativity was established, i.e., a lamp that can change color based on the mood of user, and an approach was developed to enhance the properties of the manufactured product, verifying the feasibility and effectiveness of the proposed method in practical applications.

**Keywords:** extenics; dynamic; correlation relations; correlation analysis; transform; force to establish; force to dissolve; weaken; matter-element field

可拓学中, 基元之间的相关关系在创新和解

决矛盾问题的过程中起着至关重要的作用<sup>[1]</sup>。现有文献几乎都是着眼于领域知识中固有的相关关系, 重点研究这些关系的形式化和定量化, 以及由它们形成的相关规则, 进而为研究实施可拓变换时发生的传导变换提供理论依据。文献 [2-8] 对相关分析理论和复杂相关网中相关关系的具体

收稿日期: 2018-11-29. 网络出版日期: 2019-05-09.

基金项目: 国家自然科学基金项目 (61503085); 广东省科技计划项目 (2016A040404015); 广东省自然科学基金项目 (2017A030313348), 教育部人文社科规划基金项目 (18YJAZH049).

通信作者: 杨春燕. E-mail: [wyw@gdut.edu.cn](mailto:wyw@gdut.edu.cn).

分析方法等相关理论和运用进行了重点研究,而对于基元之间相关关系产生的机制以及如何能使某些相关关系发生变化,并用来解决矛盾问题,还没有相关的研究。

TRIZ 理论作为一种创新理论,在工程运用以及专利分析等领域起到重要的作用<sup>[9-12]</sup>。虽然没有研究事物之间的相关性,但是其中某些理论和方法仍然可以用来作为研究相关关系的理论依据。文献 [13-18] 中对物-场模型的研究是用于解决实际应用中的物理矛盾问题,文献 [19] 将可拓学与 TRIZ 理论进行了有效的结合,利用可拓学的思维逻辑对 TRIZ 理论中的 40 条原理进行了阐述,为可拓学与 TRIZ 理论在某些方面的结合研究提供了一定的基础。本文将两者结合,通过对两者各自的某些优点进行融合和创新,将更有利于对相关关系的变换方法进行研究。

根据可拓学基元相关分析原理可知,当一个基元的某个量值发生变化时,会导致关于该特征相关的基元发生变化,也就是传导变换。要深入地研究两个相关基元之间的相关关系,就需要结合实际,对引起对应相关基元变化的基元进行研究。在实际工程运用中,当一个基元关于某个特征的量值的变化引起相关基元发生的变化并没有导致客观事实产生质的改变时,认为该基元关于该特征的量值的变化属于量变过程;否则,就认为该基元关于该特征的量值的变化产生了质变。以含碘食盐摄入量与人体之间的关系(物元的相关)为例,当食盐中碘的含量在一定范围内变化时,食盐的摄入对人体是有益的,人体中碘含量的变化就属于量变过程;当食盐中碘的含量超过某个阈值时,食盐的摄入是对人体有害的,这时食盐中碘含量的量值发生的变化引起了人体的质变,导致食盐与人体之间相关关系从有益变成有害。

作为马克思主义唯物辩证法的三大规律之一,质量互变规律对社会的发展具有举足轻重的现实意义<sup>[20]</sup>。质量互变规律为相关关系的变换研究提供了有效的支撑和分析工具。

本文以可拓学理论为基础,结合 TRIZ 理论,将物元作为研究对象,利用相关分析理论、可拓变换理论、物-场模型和质量互变规律,对物元之间的相关关系进行研究,提出在不相关的物元之间建立相关关系、解除相关物元之间的相关关系以及将物元之间的相关关系强化或弱化的方法。通过结合具体领域背景的现实问题进行案例分析,以证明这些理论研究在实际应用中的价值。

## 1 相关分析原理与可拓变换方法

可拓变换作为矛盾问题的解决工具<sup>[1]</sup>,可以通过实施变换,使矛盾的问题变成不矛盾问题,从而实现矛盾问题的解决<sup>[5]</sup>。

本文主要应用物元的相关分析和可拓变换理论开展相关关系的变换方法研究。

### 1.1 相关分析原理

对物元之间存在的关系进行分析的原理。其目的在于使物元之间的关系以及相互影响的机理以形式化的方法展现出来,以便于更清晰地了解和研究。

如果同一物元与同族物元或者其他物元关于某些评价特征的量值之间存在函数关系,则称之为相关<sup>[1,4]</sup>。下面首先介绍物元相关的定义和相关规则。

#### 1.1.1 物元相关的定义

文献 [1] 给出了基元相关的一般定义,对物元而言,实际运用中,往往是动态物元之间的相关。对动态物元间的相关关系,可分为同物异特征物元之间的相关、异物同特征物元之间的相关以及异物异特征物元之间的相关。形式化定义如下:

**定义 1**(动态物元之间相关的定义) 给定物元  $M(t)=(O(t), c, v(t))$ , 若存在同征物元  $M_c(t)=(O'(t), c, v'(t))$  或同物物元  $M_o(t)=(O(t), c', v''(t))$  或异物物元  $M'(t)=(O'(t), c', v'''(t))$ , 使  $v'(t)=f(v(t))$  或  $v''(t)=f'(v(t))$ , 或  $v'''(t)=f''(v(t))$ , 则称物元  $M(t)$  与物元  $M_c(t)$  为异物同特征物元单向相关, 记作  $M(t) \rightsquigarrow M_c(t)$ ; 称物元  $M(t)$  与物元  $M_o(t)$  为同物异特征物元单向相关, 记作  $M(t) \rightsquigarrow M_o(t)$ ; 称物元  $M(t)$  与物元  $M'(t)$  为异物异特征物元单向相关, 记作  $M(t) \rightsquigarrow M'(t)$ 。

同样可定义这些动态物元之间的互为相关。

#### 1.1.2 物元相关规则

根据文献 [1], 动态物元有相关规则 1 和 2。

**相关规则 1** 给定动态物元  $M_1(t)=(O_1(t), c_1, v_1(t))$  和  $M_2(t)=(O_2(t), c_2, v_2(t))$ , 若  $v_2(t)=f_1(v_1(t))$  且  $v_1(t) \neq f_2(v_2(t))$ , 则称动态物元  $M_1(t)$  与  $M_2(t)$  为单向相关, 记为  $M_1(t) \rightsquigarrow M_2(t)$ ; 若  $v_1(t)=f_2(v_2(t))$  且  $v_2(t) \neq f_1(v_1(t))$ , 则称动态物元  $M_2(t)$  与  $M_1(t)$  为单向相关, 记为  $M_2(t) \rightsquigarrow M_1(t)$ ; 若  $v_1(t)=f_2(v_2(t))$  且  $v_2(t)=f_1(v_1(t))$ , 则称动态物元  $M_1(t)$  与  $M_2(t)$  互为相关, 记为  $M_2(t) \leftrightarrow M_1(t)$ 。

一般地,在不致引起混淆的情况下,用  $M_1(t) \sim M_2(t)$  表示动态物元  $M_1(t)$  与  $M_2(t)$  之间的相关关系。

**相关规则 2** 给定动态物元  $M_1(t)$ 、 $M_2(t)$ 、 $M_3(t)$ , 若  $M_1(t) \sim M_2(t)$  且  $M_2(t) \sim M_3(t)$ , 则  $M_1(t) \sim M_2(t) \sim M_3(t)$ , 此时称物元  $M_1(t)$  与物元  $M_3(t)$  间接相关。

间接相关也包括单向相关和互为相关, 此略。

## 1.2 动态物元之间的可拓变换和传导变换

动态物元之间的可拓变换主要分为基本变换、变换的运算、传导变换和复合变换。传导变换是基于相关分析和蕴含分析的一种被动变换; 复合变换是由一系列基本变换或变换的运算等构成的更复杂的变换形式, 详见文献 [1]。

下面只介绍本文的研究将要用到的物元变换和传导变换的知识。

**定义 2(物元变换)** 将动态物元  $M_0(t)$  改变为另一个动态物元  $M(t)$  或多个物元  $M_1(t)$ ,  $M_2(t)$ ,  $\dots$ ,  $M_n(t)$  的变换, 称为动态物元变换, 记作:  $TM_0(t) = M(t)$ , 或者  $TM_0(t) = \{M_1(t), M_2(t), \dots, M_n(t)\}$ 。

## 2 动态物元间相关关系的变换方法

由于现有的文献中对物元之间的可拓变换以及传导变换的研究主要都是侧重于主动变换, 从而使其他相关的物元之间发生传导变换。由于物元之间的相关通过相关函数表述, 故对物元的变换对该函数关系进行可拓变换。

故对于动态物元而言, 可以通过对相关关系实施某些变换, 使得其相关关系发生理想的变化, 从而有利于创新或者矛盾问题的解决。例如, 通过实施变换建立、解除以及弱化动态物元之间的某些相关关系。

### 2.1 强化和弱化动态物元之间相关关系的方法

动态物元之间的相关关系, 从本质上可以分为两种: 直接相关和间接相关。可根据相关关系的种类采用不同的对该相关关系进行强化和或者弱化。为了更清楚地确定动态物元之间相关的性质, 将动态物元之间的相关分为正相关和负相关, 并进行定义。

**定义 3(正相关与负相关)** 设动态物元  $M_1(t) = (O_1(t), c_1, v_1(t))$  与  $M_2(t) = (O_2(t), c_2, v_2(t))$  单向相关, 即  $v_2(t) = f_1(v_1(t))$ 。当  $t_2 > t_1$  时, 相关度

$$\frac{v_2(t_2) - v_2(t_1)}{v_1(t_2) - v_1(t_1)} = \frac{f_1(v_1(t_2)) - f_1(v_1(t_1))}{v_1(t_2) - v_1(t_1)} > 0 \quad (1)$$

则称动态物元  $M_1(t)$  与动态物元  $M_2(t)$  单向正相关; 当  $t_2 > t_1$  时,

$$\frac{v_2(t_2) - v_2(t_1)}{v_1(t_2) - v_1(t_1)} = \frac{f_1(v_1(t_2)) - f_1(v_1(t_1))}{v_1(t_2) - v_1(t_1)} < 0 \quad (2)$$

则称动态物元  $M_1(t)$  与  $M_2(t)$  单向负相关。

除此之外, 动态物元之间相关关系之间还存在着相对的强弱之分。

例如, 两个相关关系之间, 通过强化较强的一个相关关系或者弱化另一个较弱的相关关系, 则可以利用强的相关关系抵消弱的相关关系对某个动态物元产生的影响。

对动态物元之间的相关关系实施强化或者弱化的一般方法如下:

1) 根据实际问题建立动态物元模型, 一般至少是 3 个动态物元之间的相关;

2) 根据公式计算相关关系的相关度, 并确定其正负性;

3) 确定这些相关关系的相对强弱性:

①若定义 3 中的两个动态物元  $M_1(t)$  和  $M_2(t)$  分别与动态物元  $M(t) = (O(t), c, v(t))$  相关, 即存在  $v(t) = f(v_1(t), v_2(t))$  且可导, 则当  $\left| \frac{\partial f}{\partial(v_1(t))} \cdot \frac{\partial(v_1(t))}{\partial(t)} \right| > \left| \frac{\partial f}{\partial(v_2(t))} \cdot \frac{\partial(v_2(t))}{\partial(t)} \right|$  时认为动态物元  $M_1(t)$  与动态物元  $M(t)$  为相对强相关, 同时, 认为动态物元  $M_2(t)$  与动态物元  $M(t)$  为相对弱相关; 当  $\left| \frac{\partial f}{\partial(v_1(t))} \cdot \frac{\partial(v_1(t))}{\partial(t)} \right| < \left| \frac{\partial f}{\partial(v_2(t))} \cdot \frac{\partial(v_2(t))}{\partial(t)} \right|$  时认为动态物元  $M_1(t)$  与动态物元  $M(t)$  为相对弱相关, 同时, 认为动态物元  $M_2(t)$  与动态物元  $M(t)$  为相对强相关。

②若①中的相关函数  $v(t) = f(v_1(t), v_2(t))$  为不可导、离散函数和间断函数中的一种时, 则根据实际情况结合领域专业知识对动态物元  $M_1(t)$  和  $M_2(t)$  分别与动态物元  $M(t)$  相关的相对强弱性进行判断。

4) 理论结合实际, 确定动态物元之间需要强化和弱化的相关关系;

5) 依据 4) 中确定的变换思路, 对动态物元进行可拓变换, 实现相关关系的强化与弱化, 并通过增强理想的相关影响, 减弱非理想的相关影响, 来实现消除非理想相关产生负面影响, 实现问题解决的目的。

在实际运用中解决问题的过程中, 利用强化/弱化相关关系的方法根据目的对动态物元之间的相关关系实施可拓变换之后, 原来的动态物元会变成新的, 可以解决问题的动态物元。

### 2.2 动态物元之间相关关系解除的方法

在实际工程或产品设计过程的某些问题中, 只有解除某些动态物元之间存在的阻碍目标实现的相关关系, 才能使问题得到解决。

利用哲学中的质量互变规律可知, 事物的变化往往蕴含着由量变引起质变的过程, 同理, 动态物元之间的相关关系的变化也存在着该相关的

动态物元中某个特征量值发生的量变与质变过程。而这个过程会导致动态物元之间相关关系发生变化。

实际运用情况中,通过对物元某些特征的量值实施可拓变换,把物元中某特征的量值的变化引起相关物元之间相关关系质变的区间限制在量变的范围以内,或者把物元中某特征的量值的变化引起相关物元之间相关关系量变的区间拓展到质变的区间以内,就会导致物元相关关系在某个范围内发生变化,实现在某种程度上达到解除相关的目的。

定义 4(场物元) 具有机械力、热力、化学力、电力、磁力等特殊特征,能够对其他物元产生作用或者使得某些其他物元之间发生作用的物元,称为场物元,记做:

$$M_f = \begin{bmatrix} O_f, & c_{f1}, & v_{f1} \\ & c_{f2}, & v_{f2} \\ & \vdots & \vdots \end{bmatrix} = (O_f, C_f, V_f)$$

例如,一块磁铁,对磁场内的铁或磁铁具有磁场力等特征。

定义 5(动态场物元) 场物元中的特殊特征的量值会随着时间的变化而变化,称为动态场物元,记做:

$$M_f(t) = \begin{bmatrix} O_f(t), & c_{f1}(t), & v_{f1}(t) \\ & c_{f2}(t), & v_{f2}(t) \\ & \vdots & \vdots \end{bmatrix} = (O_f(t), C_f(t), V_f(t))$$

例如,一个电磁铁,不同时间通过的电流可能不同,产生的电场强度或者对电场中的同一作用对象(如铁块、磁铁等)产生的作用力也不同。

在动态场物元的作用下,会使除该动态场物元之外的其他动态物元发生变化,甚至产生新的基元,本文不做研究。

### 2.2.1 直接相关与条件相关关系解除的一般步骤

1) 从实际出发,建立动态物元模型并确定动态物元之间需要解除的相关关系;

2) 对 1) 中确定的动态物元之间的相关关系进行分析,并确定这些相关关系是直接相关还是间接相关;

3) 判断这些相关关系是否影响产品功能的实现,如果影响则还需判断该功能是否为必须功能,以及影响的程度。

根据专业知识确定动态物元之间的相关关系存在或者发生变换的条件,如两个动态物元之间的相关关系建立在某个动态场物元的作用下。

4) 若 3) 中的两个动态物元之间的相关关系

是某个动态场物元的作用下形成,则对该动态场物元实施可拓变换,使两个动态物元发生传导变换,进而使得两个动态物元之间的相关关系发生变化。

5) 一般情况下,4) 中对动态场物元实施可拓变换之后,产生的传导变换导致两个动态物元之间的相关关系发生变化时,需要重新对两个动态物元本身以及两者之间的相关关系进行分析。

若对场物元实施变换前后,两个动态物元之间原有的相关关系由存在变成不存在,则说明相关关系得到解除;

若对场物元实施变换前后该相关关系仍然存在,则继续重复步骤 4),直到相关关系得到解除;

若对场物元实施变换前后,两个动态物元之间原有的相关关系由存在变成不存在,但是传导变换的发生导致两个动态物元之间产生了新的相关关系,则需要确定该新的相关关系的存在是否影响问题的解决,如果该相关关系的产生影响问题的解决,则需要继续重复步骤 3)~5),如果不影响则可忽略。

实际产品功能以及某些工程问题的解决过程,实际上是通过实施对动态物元实施可拓变换产生的新的,能够使问题得到解决或者不再存在的动态物元,故实施的可拓变换可能是一次,也可能是多次。具体流程如图 1。

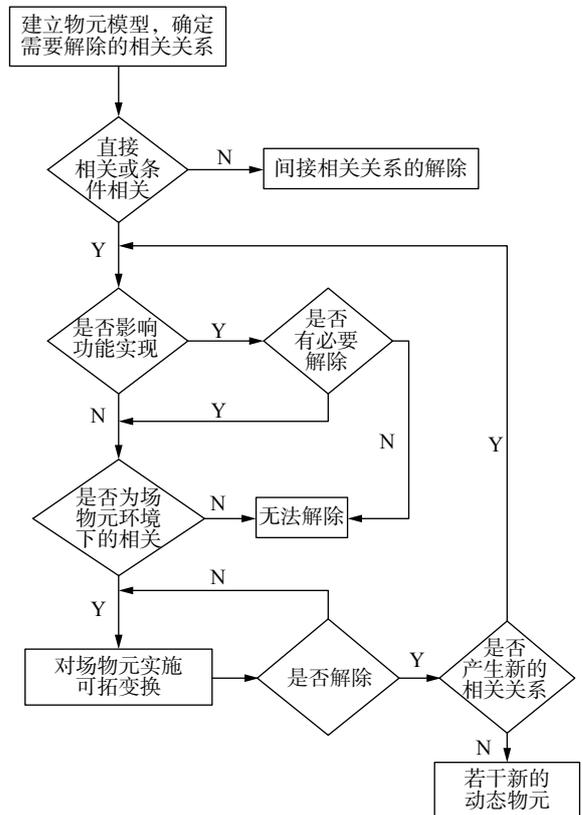


图 1 直接相关关系解除流程图

Fig. 1 Direct correlation dissolves flow chart

### 2.2.2 间接相关关系解除的一般步骤

1) 从实际出发, 建立动态物元模型并确定动态物元之间需要解除的相关关系;

2) 对 1) 中确定的相关关系进行分析, 并从中找出需要解除的间接相关关系, 找到两者之间存在的相关的中间动态物元或动态场物元;

3) 若两个动态物元通过动态场物元间接相关, 则找到使得两动态物元相关的动态场物元的特征 (即某种作用力或作用效果), 对该特征对应的分物元进行删减变换或扩缩变换, 使得该动态场物元对应的特征无法产生作用, 或者该作用发生变化, 导致两动态物元不再相关;

如果两动态物元通过中间的某些其他动态物元建立相关关系, 且存在间接相关, 则两个动态物元之间的相关关系的解除方法有以下两种:

①对两个动态物元之间的其他动态物元实施置换变换或者删减变换等可拓变换, 使其中的某些或者某个物元不再相关或者使其相关特征的量值改变, 从而使原本相关的某些中间动态物元不再相关, 从而打断两个动态物元通过中间动态物元传递相关的媒介, 使其不再相关, 实现两个动态物元之间相关关系的解除。

②针对两个动态物元之间传递相关关系的直接相关的中间动态物元, 运用解除直接相关或者条件相关的方法, 对其进行相关关系的解除, 从而通过阻止相关关系的传递, 实现相关关系的解除。

以上两种方法在解除间接相关关系的过程中, 若在解除原来存在的相关关系的同时产生了新的相关关系, 就需要根据实际情况对这个新的相关关系进行分析: 在不影响问题解决的情况下可以忽略; 在影响原有问题的解决的情况下就需要重复步骤 3) 对其进行分析和解除。

实际背景下的运用中, 两个间接相关的动态物元之间都是通过某种媒介建立的, 如动态场物元的作用或者中间动态物元之间相关关系的传递等。这时相关关系解除的关键就在于通过实施可拓变换这种媒介发生变化, 使两个动态物元之间的间接相关发生传导变换, 变得不再相关, 此时相关关系得到解除。

相反, 当相关关系无法解除时, 可以利用弱化不利的相关关系的影响, 强化有利的相关关系的影响来抵消不利的影响, 实现问题的解决, 具体流程如图 2。

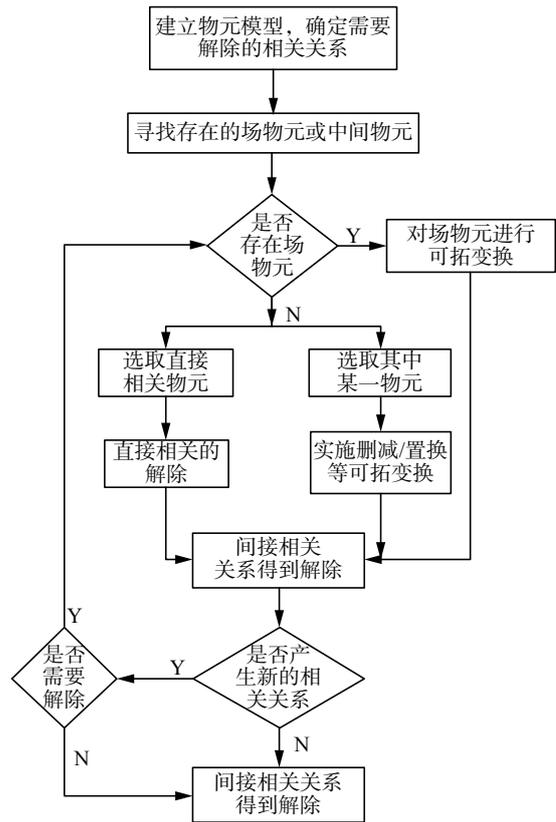


图 2 间接相关关系解除流程图

Fig. 2 Indirect correlation dissolves flow chart

### 2.3 动态物元之间相关关系的建立方法

在产品开发的过程中, 某些零/部件之间相关关系的建立, 可以产生新的功能或者有助于某些功能的实现; 在工程问题中, 动态物元之间相关关系的建立可以实现某种效果, 有助于问题的解决等。因此能够建立两个动态物元之间相关关系的方法作为一种创新和解决问题的方法有一定的现实意义和研究意义。

动态物元之间相关关系建立的一般步骤:

1) 从实际出发, 建立动态物元模型并确定动态物元之间需要建立的相关关系。

2) 确定 1) 中需要建立的动态物元之间的相关关系的相关特征及其量值。

3) 对其中至少一个需要建立相关关系的特征实施可拓变换, 使特征的量值之间产生某种函数关系, 此时便在实施可拓变换的条件下实现两个动态物元之间相关关系的建立。

如果 3) 中仍然无法建立相关, 则可以考虑结合具体背景的专业知识, 通过建立动态场物元, 在动态场物元的某种作用下使特征的量值之间产生某种函数关系, 此时便在建立动态场物元的条件下实现两个动态物元之间相关关系的建立;

如果上述两种方法依然无法使两个动态物元之间建立相关关系, 此时可以考虑根据实际问题

建立包括两个动态物元在内的相关网,在相关网中寻找以两个动态物元为端点的相关链(即多个相关的动态物元连成的线段)或者包括两个动态物元在内的相关环(即多个相关的动态物元形成的环)。若存在,则两动态物元在相关链或者相关网中其他动态物元之间相关关系传递的条件下建立相关。

4) 最后根据建立的相关关系,进行适当的可拓变换,形成若干新的动态物元,便可以通过强制建立相关的方式实现具体问题的解决。

具体流程如图3。

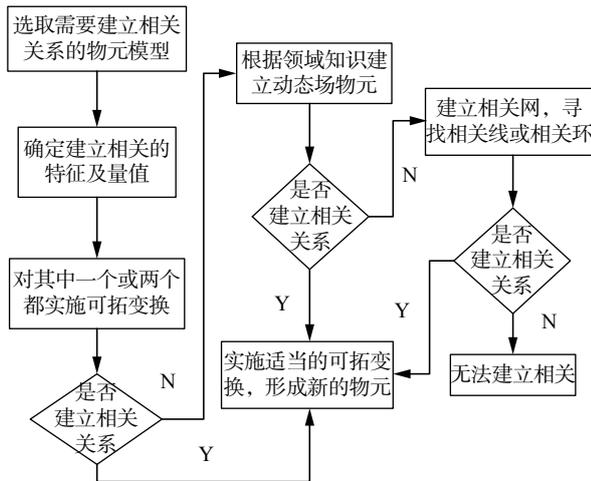


图3 动态物元间相关关系建立流程图

Fig. 3 Establish flow chart for dynamic matter-element correlation

### 3 实例分析

灯具有向四周发射光线的功能,是一种可以使四周变亮的工具,不管是在现实生活中、医学手术中还是具体工程运用中都起着不可替代的作用。由于灯的广泛用途,使得不同用途的灯组成部分以及原理也不尽相同。但是,不管是何种灯具,由于组成部分之间的各种相关关系以及不相关关系,使得在设计或者使用的过程中总会存在矛盾或者难以解决的问题,甚至限制设计的创意范围。以灯泡为研究对象,利用本文提出的相关关系变换方法来对部分矛盾以及难以解决的问题进行研究和解决。

建立灯泡的物元模型如下:

$$M(t) = \begin{bmatrix} \text{灯泡 } D(t), & \text{功率 } c_1, & v_1(t) \\ & \text{类型 } c_2, & v_2 \\ & \text{颜色 } c_3, & v_3(t) \\ & \text{灯丝性能 } c_4, & v_4(t) \\ & \text{寿命 } c_5, & v_5(t) \\ & \text{期望使用时间 } c_6, & v_6(t) \\ & \text{亮度 } c_7, & v_7(t) \\ & \text{工作电流 } c_8, & v_8(t) \end{bmatrix} \triangleq \begin{bmatrix} M_1(t) \\ M_2(t) \\ M_3(t) \\ M_4(t) \\ M_5(t) \\ M_6(t) \\ M_7(t) \\ M_8(t) \end{bmatrix}$$

众所周知,在灯泡的使用过程中,往往用的时间长了,灯泡的亮度就会逐渐变暗,甚至发昏。在领域内这一直是个难以解决的技术问题。下面利用强化/弱化相关关系、强制解除相关关系和强制建立相关关系的变换方法进行分析和研究。

1) 通过强化/弱化相关关系的方法解决灯泡使用时间长导致的灯泡亮度变暗问题。

方法1 根据领域知识分析可知,灯泡  $D(t)$  的寿命  $c_5$  与亮度  $c_7$  之间存在相关关系,即  $M_5(t) \leftrightarrow M_7(t)$ , 且有  $v_7(t)=f_1(v_5(t))$ ,  $v_5(t)=f_1^{-1}(v_7(t))$ 。

设  $t_2 > t_1$ , 则有

$$\frac{v_7(t_2) - v_7(t_1)}{v_5(t_2) - v_5(t_1)} = \frac{f_1(v_5(t_2)) - f_1(v_5(t_1))}{v_5(t_2) - v_5(t_1)} < 0$$

故  $M_5(t)$  与  $M_7(t)$  负相关。

建立一个场物元  $M_{01}(t)$ , 且有  $M_{01}(t) = (\text{房间 } O_{01}(t), \text{期望亮度}, v_{01}(t))$ , 则  $M_7(t)$  与场物元  $M_{01}(t)$  相关, 且  $M_5(t) \leftrightarrow M_7(t) \rightarrow M_{01}(t)$ ,  $v_{01}(t) = f_2(v_7(t)) = f_2[f_1(v_5(t))]$ 。

设  $t_2 > t_1$ , 则有

$$\frac{v_{01}(t_2) - v_{01}(t_1)}{v_7(t_2) - v_7(t_1)} = \frac{f_2(v_7(t_2)) - f_2(v_7(t_1))}{v_7(t_2) - v_7(t_1)} > 0$$

故  $M_7(t)$  与  $M_{01}(t)$  正相关。

此时,若  $v_5(t_1) \in \langle a, b \rangle$ ,  $v_5(t_2) \in \langle c, d \rangle$  且  $v_5(t_1) < v_5(t_2)$ 。则

$$\frac{f_2[f_1(v_5(t_2))] - f_2[f_1(v_5(t_1))]}{f_1(v_5(t_2)) - f_1(v_5(t_1))} < \frac{f_1(v_5(t_2)) - f_1(v_5(t_1))}{v_5(t_2) - v_5(t_1)}$$

在  $t$  时刻,称  $M_5(t)$  与  $M_7(t)$  强相关,  $M_7(t)$  与  $b$  弱相关。

根据以上分析,灯泡的亮度在一定工作时间内不随着工作时间的延长而变化,或者说这种变化可以忽略,当工作时间超过一定的范围时,灯泡的亮度才会显著发生变化。

对物元  $M_7(t)$  实施删减或缩小变换:

$$\phi M_7(t) = (\text{灯泡 } D(t), \text{亮度 } c_7, v'_7(t)) = M'_7(t)$$

其中,  $v'_7(t) < v_7(t)$ , 此时会发生传导变换:

$T_\phi M_5(t) = T_\phi(\text{灯泡 } D(t), \text{寿命 } c_5, v'_5(t)) = M'_5(t)$  其中,  $v'_5(t) > v_5(t)$ ;

$T'_\phi M_{01}(t) = T'_\phi(\text{房间 } O_{01}(t), \text{期望亮度}, v'_{01}(t)) = M'_{01}(t)$  其中,  $v'_{01}(t) < v_{01}(t)$ 。

即适当范围内缩小使用灯泡  $D(t)$  前后亮度的变化值  $v_7(t)$ , 会发生传导变换,使房间  $O_{01}(t)$  亮度的期望值  $v_{01}(t)$  在不影响照明的情况下在一定程度上变小,而与灯泡  $D(t)$  亮度强相关的使用寿命  $v_5(t)$  大幅提高,从而达到弱化灯泡  $D(t)$  的亮度  $c_7$  对寿命  $c_5$  的影响。

方法2 根据专业知识可知,灯泡灯丝的性能  $c_4$  与灯泡的亮度  $c_7$  是相关的,即  $M_4(t) \rightarrow M_7(t)$ 。

同时也和灯泡的使用寿命相关,即  $M_4(t) \rightsquigarrow M_5(t)$ 。对灯丝的性能  $c_4$  进行置换变换可得:

$$\varphi_1 M_4(t) = (\text{灯泡 } D(t), c_4, v'_4(t)) = M'_4(t)$$

即可以通过使用性能更好的灯丝,使灯泡的亮度受使用寿命的影响减少。就可以达到弱化灯泡使用寿命与亮度之间的相关。

2) 通过强制解除相关关系的方法解决灯泡亮度越高使用寿命越短的问题。

由于此问题为直接相关的解除,故此处不对条件相关和间接相关关系的解除进行分析。

分析可知,灯泡  $M(t)$  的寿命  $c_5$  与灯泡的亮度  $c_7$  之间存在相关关系,即  $M_5(t) \leftrightarrow M_7(t)$ ,而且随着灯泡使用时间的延长,灯泡的亮度会逐渐变暗,即在时间范围  $\langle 0, b_1 \rangle$  内,灯泡的亮度是不随着使用时间的延长而变化的,或者说这种变化可以忽略,当使用时间范围在区间  $\langle b_1, d_1 \rangle$  时,灯泡的亮度才会发生变化。那么实施删减或缩小变换:

$$\varphi_2 M_6(t) = (\text{灯泡 } D''(t), c_6, v'_6(t)) = M'_6(t)$$

其中  $v'_6(t) < v_6(t)$ ,即当把灯泡的使用时间  $v'_6(t)$  限定在时间范围  $\langle b_1, d_1 \rangle$  时,则灯泡的使用寿命将不对灯泡的亮度产生影响,即为不相关,此时相关关系解除。

3) 通过强制建立相关关系的方法进行产品创新。

在灯的使用中,始终伴随着两个功能:发亮和发热。然而,大多设计人员以及用户重视的只是灯的发亮功能。由于灯丝发光时必然会产生热量,所以两者是不可割裂的,由于两者的相关性导致了技术上无法突破的难题。所以,灯的这两个功能并不能同时得到很好的利用。因为灯的亮度不受房间亮度的影响,同时灯释放的热量也不受房间温度的影响,即不相关。通过建立相关,就可以通过控制其他物元的某些特征来实现对灯的亮度和发热的单独控制,在此基础上就可以在突破灯丝电流与发热量之间单纯的物理关系。

为了解决上述问题。用强制建立相关关系的方法尝试进行分析。

建立房间物元模型如下:

$$M_{03}(t) = \left[ \begin{array}{l} \text{房间 } D_{03}(t), \\ \text{亮度,} \\ \text{温度,} \end{array} \quad \begin{array}{l} v_{031}(t) \\ v_{032}(t) \end{array} \right] \triangleq \left[ \begin{array}{l} M_{031}(t) \\ M_{032}(t) \end{array} \right]$$

建立场物元模型如下:

$$M_{04}(t) = \left[ \begin{array}{l} D_{04}(t), \\ \text{感应亮度,} \\ \text{设定亮度,} \\ \text{输出信号1,} \\ \text{感应温度,} \\ \text{设定温度,} \\ \text{输出信号2,} \end{array} \quad \begin{array}{l} v_{041}(t) \\ v_{042}(t) \\ v_{043}(t) \\ v_{044}(t) \\ v_{045}(t) \\ v_{046}(t) \end{array} \right] \triangleq \left[ \begin{array}{l} M_{041}(t) \\ M_{042}(t) \\ M_{043}(t) \\ M_{044}(t) \\ M_{045}(t) \\ M_{046}(t) \end{array} \right]$$

其中,  $M_{04}(t)$  为智能感应控制器,其输出信号 1 是

电压信号,主要用来控制灯丝的亮度;输出信号 2 是电流信号,用来控制灯丝的阻值。

此时有:

$$M_{031}(t) \xrightarrow{M_{04}(t)} M_7(t)$$

$$M_{032}(t) \xrightarrow{M_{04}(t)} M_1(t)$$

在强制建立相关的基础上,遵照传导变换进行适当的设计,就可以产生一款既能够实现智能调控房间温度(温度调控有一定的范围,只能制热,不能制冷),又可以自动调节房间亮度,还可以实现温度与亮度单独自由调控的灯——多功能智能灯产品创意。相信这样的产品是消费者最想要的。

## 4 结束语

虽然现阶段对于通过改变事物之间的相关关系来达到解决现实问题的研究尚不充分,但是随着科学技术的发展、社会各种需求的不断出现,以及可拓学应用领域的不断拓宽,关于相关关系变换的研究将会成为研究热点。本文作为相关关系变换方法的初步研究,提出了进行相关关系变换的基本方法,包括相关关系强制建立、强制解除以及弱化的基本方法。该方法的提出为现实中矛盾问题的解决以及发明领域的创新提供了一种新的方法,具有一定的现实意义。并且经过案例的应用与分析,证明了该方法的有效性。

## 参考文献:

- [1] 杨春燕,蔡文.可拓学[M].北京:科学出版社,2014:43-46,130-133.
- [2] 杨春燕.可拓创新方法[M].北京:科学出版社,2017:10-103,176-182.
- [3] 蔡文.物元模型及其应用[M].北京:科学技术文献出版社,1994:21-60.
- [4] 汤龙,杨春燕.复杂基元相关网下的传导变换[J].智能系统学报,2016,11(1):104-110.  
TANG Long, YANG Chunyan. Conductive transformation under complicated basic-element correlative network[J]. CAAI transactions on intelligent systems, 2016, 11(1): 104-110.
- [5] 杨春燕,蔡文.可拓学与矛盾问题智能化处理[J].科技导报,2014,32(36):15-20.  
YANG Chunyan, CAI Wen. Extenics and intelligent processing of contradictory problems[J]. Science & technology review, 2014, 32(36): 15-20.
- [6] YANG Chunyan, CAI Wen. Extenics: theory, method and application[M]. Beijing: Science Press, 2013: 20-149.
- [7] 蔡文.新学科《物元分析》[J].广东工学院学报,1992,9(4):105-108.  
CAI Wen. New Discipline 《Matter-element Analysis》[J]. Guangdong University of Technology, 1992, 9(4):

- 105-108.
- [8] 蔡文, 杨春燕, 何斌. 可拓逻辑初步 [M]. 北京: 科学出版社, 2004: 55-56.
- [9] 牛占文, 徐燕申, 林岳, 等. 发明创造的科学方法论: TRIZ[J]. 中国机械工程, 1999, 1(10): 84-89.  
NIU Zhanwen, XU Yanshen, LIN Yue, et al. Inventive scientific methodology—TRIZ[J]. China mechanical engineering, 1999, 1(10): 84-89.
- [10] 张付英, 张林静, 王平. 基于 TRIZ 进化理论的产品创新设计 [J]. 农业机械学报, 2008, 2(39): 116-120.  
ZHANG Fuying, ZHANG Linjing, WANG Ping. Study on product innovative design based on TRIZ evolution theory[J]. Transactions of the Chinese society for agricultural, 2008, 2(39): 116-120.
- [11] 张简一, 郭艳玲, 杨树财, 等. 基于 TRIZ 理论的产品创新设计 [J]. 机械设计, 2009, 2(26): 35-38.  
HANG Jianyi, GUO Yanling, YANG Shucai, et al. Innovation design of products based on TRIZ theory[J]. Journal of machine design, 2009, 2(26): 35-38.
- [12] 林岳, 徐燕申, 牛占文. 基于物场分析法的机械产品创新 [J]. 天津大学学报, 2001, 1(34): 99-102.  
LIN Yue, XU Yanshen, NIU Zhanwen. Mechanical product innovation based on substance-field analysis[J]. Journal of Tianjin University, 2001, 1(34): 99-102.
- [13] 黄庆, 周贤永, 杨智懿. TRIZ 技术进化理论及其应用研究综述与展望 [J]. 科学学与科学技术管理, 1999, 1(10): 84-89.  
HANG Qing, ZHOU Xianyong, YANG Zhiyi. Review on the research of TRIZ technological evolution theory and it's application[J]. Science of science and management of S.& T., 1999, 1(10): 84-89.
- [14] 周长青, 彭伟. TRIZ 理论物—场模型的演化及应用 [J]. 轻工机械, 2010, 2(28): 89-92.  
ZHOU Changqing, PENG Wei. Evolution and application of TRIZ Theory of Su-field model[J]. Light industry machinery, 2010, 2(28): 89-92.
- [15] 周勇, 黄娜. 萃智 (TRIZ) 理论中的物场模型 [J]. 科学与管理, 2009.  
ZHOU Yong, HUANG Na. The Su-field model of TRIZ[J]. Science and management, 2009.
- [16] 谢斌. 基于 TRIZ 理论的产品结构创新设计 [J]. 上海第二工业大学学报, 2012, 2(29): 117-120.  
XIE Bin. Product structure innovation design based on the theory of TRIZ[J]. Journal of Shanghai Second Polytechnic University, 2012, 2(29): 117-120.
- [17] 付敏, 王述洋. 基于 TRIZ(发明问题解决理论) 的林木生物粉碎机安全设计 [J]. 中国安全科学学报, 2008, 11(18): 97-103.  
FU Min, WANG Shuyang. Safety design of forest bio-mass pulverizers based on TRIZ theory[J]. China safety science journal, 2008, 11(18): 97-103.
- [18] ZHANG Xin. Research on product for forecasting based on paten analysis and technology evolution theory—take LED lighting products as an example[J]. Guangzhou: Guangdong University of Technology, 2001, 1(34): 99-102.
- [19] 周贤永, 陈光. TRIZ40 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, 5(28): 107-115.  
ZHOU Xianguang, CHEN Guang. Study on extension transformation presentation of TRIZ' 40 inventive principle[J]. Science & technology progress and policy, 2011, 5(28): 107-115.
- [20] 王利, 王光明. 质变与量变的辩证关系及现实意义 [J]. 南昌教育学院学报理论与实践, 2013, 2(28): 6-7.  
WANG Li, WANG Guangming. The dialectical relationship between quantitative change and qualitative change and its practical signification[J]. Journal on Nan Chang College of education theory and practice, 2013, 2(28): 6-7.

#### 作者简介:



李文军, 男, 1991 年生, 工程师, 硕士, 主要研究方向为可拓学理论创新及运用、产品创新以及工业工程。广东工业大学 2018 届研究生优秀毕业生。获发明专利授权 3 项, 软件著作权和实用新型授权各 1 项。发表学术论文 2 篇。



杨春燕, 女, 1964 年生, 教授, 中国人工智能学会可拓学专业委员会主任, 中国人工智能学会常务理事, 广东省未来预测研究会副理事长, 主要研究方向为可拓学、知识管理、决策科学、创新方法与创新设计、数据挖掘、智能系统。国家自然科学基金项目、863 项目。

主持国家自然科学基金项目 3 项、广东省自然科学基金项目 3 项和广东省科技计划项目 2 项。获广东省科学技术奖二等奖 1 项、三等奖 2 项, 获中国人工智能学会首届“吴文俊人工智能科学技术奖创新奖”一等奖 1 项。出版专著 11 部。发表学术论文 90 余篇。



汤龙, 男, 1985 年生, 副教授, 博士, 主要研究方向为可拓学、最优化与智能决策、机器学习与数据挖掘、创新方法与创新优化设计等。中国人工智能学会可拓学专业委员会委员, 中国人工智能学会可拓学专业委员会青年部副部长, 广东未来预测研究会会员。

主持国家自然科学基金项目 1 项、广东省自然科学基金项目 1 项。发表学术论文 16 篇。