

## 工业设计

## 基于可拓学模型的产品创新设计方法

杨刚俊<sup>1,2</sup>, 余隋怀<sup>2</sup>, 初建杰<sup>2</sup>

(1. 太原科技大学, 太原 030024; 2. 西北工业大学, 西安 710072)

**摘要:** 阐述了可拓学的物元模型和菱形思维方法, 并分析了可拓学应用在产品创新设计中的可行性。介绍了 TRIZ 方法, 比较了 TRIZ 与可拓学矛盾解决方法的不同。将 TRIZ 与可拓学方法相结合, 应用于产品创新设计中, 形成了基于可拓学模型的产品创新设计方法, 并通过创新设计实例验证了该方法。

**关键词:** 产品创新设计; 设计方法; 可拓学; TRIZ

**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2011)18-0030-05

## A New Product Innovation Design Method Based on Extenics Model

YANG Gang-jun<sup>1,2</sup>, YU Sui-huai<sup>2</sup>, CHU Jian-jie<sup>2</sup>

(1. Taiyuan University of Science and Technology, Taiyuan 030024, China; 2. Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China)

**Abstract:** It illustrated the matter element model and lozenge thinking method of Extenics, and the feasibility of its application in product innovation design is analyzed. In addition, TRIZ was introduced. Extenics was compared with TRIZ in design problem solution. The new product innovation design method based on Extenics model and TRIZ is proposed. Finally, it is illustrated through innovative design example.

**Key words:** product innovation design; design method; Extenics; TRIZ

近年来,可拓学在产品创新设计中应用研究得到了进一步的开展。1985年以来,蔡文研究了可拓方法在新产品构思中的应用<sup>[1]</sup>,并提出了新产品构思的3个创造法。1999年,浙江工业大学赵燕伟研究了产品概念设计中的可拓方法<sup>[2]</sup>,并研究了计算机实现的方案。赵燕伟在产品的个性化定制方面做了大量的研究,于2006年发表了基于可拓变换的鞋类产品个性化定制设计研究<sup>[3]</sup>。2004年,刘晓光和邹广天在景观设计和建筑设计领域进行了可拓学应用研究<sup>[4-5]</sup>。由此可见,采用形式化方法解决产品创新设计问题将是一个重要的新课题。

设计是一个群体的创造性活动<sup>[6]</sup>。如今多元化复杂的现代设计环境塑造了团队创新时代,单打独斗带来的结果可能就是产品无人问津。过去设计师通常惯用的自由创意方法已不能很好的适应市场环境。

为了实现持续创新的目的,高效的结构化设计方法及设计管理显得尤为重要。设计过程通常由分析、综合及评价等3个阶段组成<sup>[7]</sup>。可拓学分别回答了“怎样创新”、“从哪里创新”、“对创新方案怎样评价”等问题,其分析和处理问题的思想和方法应用于“创新”是合适的。其基于可拓推理的方法体系和以物元变换为中心的方法体系符合概念设计中人们的创新思维模式。可拓学的研究表明,利用可拓论和可拓方法,能建立清晰表示信息和知识、具有生成知识、产生策略和评价策略的规则的形式化体系。其形式化的表达与推导方法具有可传达性和可模拟性。

可拓方法是在哲学思维方法指导下而建立一般科学思维方法,但在创新设计的具体操作方法上有所欠缺。TRIZ方法则对产品创新设计过程中技术与物理矛盾解决,具有很强的现实指导意义和更强的可操

收稿日期: 2010-04-13

基金项目: 国家863计划项目(2007AA040406)

作者简介: 杨刚俊(1976-),男,山西人,西北工业大学博士生,太原科技大学讲师,主要从事工业设计方法以及设计管理的教学与研究。

作性。笔者将可拓学与TRIZ方法相结合,所形成的结构化创新设计方法,对现代产品设计方法的研究具有一定的参考意义。

## 1 可拓学模型介绍

### 1.1 物元模型

可拓学以我国学者蔡文为首于1983年创立,是用形式化的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一门新学科<sup>[1]</sup>。可拓论采用形式化方法处理客观世界中的各种矛盾问题,以物元 $R$ 、事元 $I$ 和关系元 $Q$ 为基元,描述客观世界中的种种事物,它们是可拓学的逻辑细胞。

物元<sup>[8]</sup>指一物具有多个特征,这些特征由特征的名称及相应的量值所构成。把物 $N$ 、特征名 $c$ 和 $N$ 关于 $c$ 的量值 $v$ 构成的有序三元组 $R=(N, c, v)$ ,作为描述物 $N$ 的基本元,称为一维物元。其中 $c$ 和 $v$ 构成的有序二元组 $M=(c, v)$ ,表示物 $N$ 的一个特征。由物 $N$ 和它的多个特征 $M_i=(c_i, v_i)$ 构成的物元称为多维物元。

给定目标 $G$ 和条件 $L$ ,称它们构成问题 $P$ ,记作: $P=G \cdot L$ 。其中: $G, L$ 分别称为目标元和条件元。当条件 $L$ 能使目标 $G$ 实现时,称问题 $P$ 为相容问题,记作 $G \downarrow L$ ;否则,称问题 $P$ 为不相容问题,记作 $G \uparrow L$ 。

一般的问题模型为:已知不相容问题 $P=G \cdot L$ ,求 $G'$ 使得 $P=G' \cdot L$ 为相容问题。

创新产品的典型物元模型为:

$$R_{PD} = \left[ \begin{array}{lll} \text{产品设计} & \text{形态及语义} & \text{优良} \\ & \text{色彩} & \text{优良} \\ & \text{材质} & \text{优良} \\ & \text{人机} & \text{协调} \\ & \text{功能} & \text{优良} \\ & \text{品牌文化} & \text{相符} \\ & \text{生产加工} & \text{适合} \end{array} \right]$$

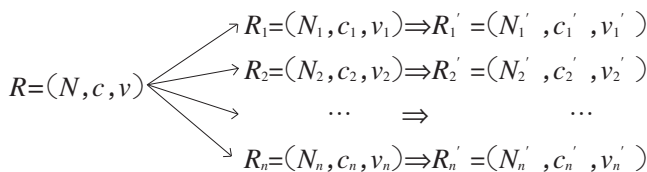
其中: $PD$ 为产品设计。产品创新设计的过程可依据设计需求逐级扩展。

### 1.2 菱形思维方法

可拓学是一门寻求创新规律的学科。基于创新解决问题的思路,建立了研究创造性思维过程的形式化工具,提出了解决矛盾问题的菱形思维模式。菱形思维模式是一种先发散、后收敛的思维方式,它包括

了发散性思维和收敛性思维2个阶段。菱形思维模式不但符合产品创新设计的“发散-收敛-再发散-再收敛……”的迭代设计过程,而且清楚地描述了设计创新思维的过程。

用物元表示的一级菱形思维模型<sup>[9]</sup>如下:



根据菱形思维方法,将上述不相容问题转化为相容问题的思路可以有3种:

1) 目的物元发散法。

$$Rl\{R_1, R_2, \dots, R_n\}$$

式中: $R$ 表示目的物元;“ $l$ ”表示可拓;“ $R_1, R_2, \dots, R_n$ ”表示由 $R$ 进行第一次拓展所获得的 $n$ 个物元。

2) 条件物元发散法。

$$rl\{r_1, r_2, \dots, r_n\}$$

式中: $r_1, r_2, \dots, r_n$ 表示由条件 $r$ 开拓获得的 $n$ 个条件物元。

3) 目的物元和条件物元同时发散法。

$$Rl\{R_1, R_2, \dots, R_n\} \text{ 且 } rl\{r_1, r_2, \dots, r_n\}$$

## 2 TRIZ与可拓学的结合

TRIZ<sup>[10-12]</sup>一词由俄文相关义词的首字母缩写而来,意为解决发明问题的理论,起源于前苏联。该理论最初由前苏联海军专利部Genrich S Altshuller提出,是从数以百万计的专利中推演、分析与归纳而建立起的一套体系化的、使用的解决发明创造问题的方法。其中,冲突矩阵的解决方法是TRIZ研究的重要内容。TRIZ冲突矩阵将描述技术冲突的39个通用工程参数与40条创造发明原理建立了对应关系,很好地解决了设计过程中选择发明原理的难题。

从创新设计问题解决的方法上看,可拓学更具一般性,是自上而下的方法;而TRIZ则具有很强的可操作性,运用已有的冲突矩阵和标准解决方法可以切实地处理产品设计过程中出现的冲突,具有自下而上的特点。TRIZ弥补了可拓学欠缺的具体问题解决办法,作为可拓学菱形思维的创造流程后端,可以很好地解决创新问题。TRIZ与可拓学方法结合的产品创新设计流程见图1。

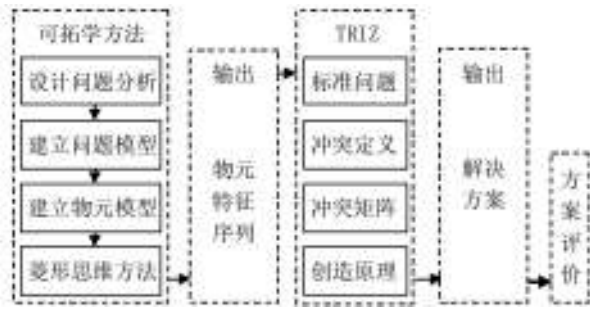
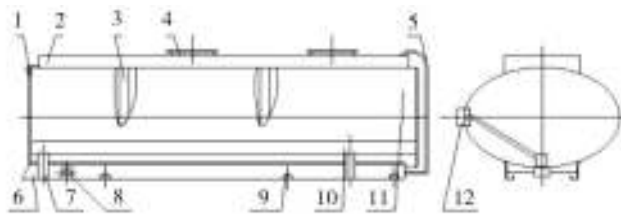


图1 基于可拓学模型的产品创新设计流程

Fig.1 Product innovation design process based on Extenics model

### 3 应用实例

以某特种车辆生产企业的油罐车产品的顶围板为例加以说明,见图2。



1-封头; 2-围板; 3-防波隔板; 4-人孔; 5-爬梯; 6-副梁; 7-支撑; 8-罐体出口; 9-吊耳; 10-炮筒; 11-筒体; 12-指示计 (用户选装)

图2 油罐车罐体结构示意图

Fig.2 Structure diagram of the tank body of oil tank truck

#### 3.1 可拓学方法

设计问题分析:通过设计调研,探讨设计需求及市场现状,其中包括产品功能、造型、结构、材料、加工工艺、使用环境及使用过程、国际市场及产品现状以及人机因素等。

问题模型:

$$P_{OS} = R_{DR} \cdot R_{PP}$$

式中物元模型:

$$R_{DR} = \begin{bmatrix} \text{设计需求} & \text{造型} & \text{优良} \\ \text{人机协调度} & \text{高} & \text{高} \\ \text{安全程度} & \text{高} & \text{高} \\ \text{轻量程度} & \text{高} & \text{高} \\ \text{品牌文化} & \text{相符} & \text{相符} \\ \text{生产加工} & \text{适合} & \text{适合} \\ \text{材料成本} & \text{低} & \text{低} \end{bmatrix}$$

$$R_{PP} = \begin{bmatrix} \text{产品现状} & \text{造型} & \text{简单} \\ \text{人机协调度} & \text{低} & \text{低} \\ \text{安全程度} & \text{高} & \text{高} \\ \text{轻量程度} & \text{低} & \text{低} \\ \text{品牌文化} & \text{不相符} & \text{不相符} \\ \text{生产加工} & \text{适合} & \text{适合} \\ \text{材料成本} & \text{低} & \text{低} \end{bmatrix}$$

其中:DR为设计需求;PP为产品现状。

菱形思维方法:选取目的物元发散法,借助类比创新方法的原则选择类比产品的类别及时间距离,进而确定类比对象并进行类比结构的抽象概括。以轻量程度为例,所得方案如下。

需求条件:

$$R_{DR4} = \begin{bmatrix} R_{DR41} = [\text{轻重材料组合} \text{ 轻量程度} \text{ 高}] \\ R_{DR41} = [\text{部分框架结构} \text{ 轻量程度} \text{ 高}] \\ \dots \end{bmatrix}$$

即:  $R_{DR4} = [\text{轻重材料组合, 部分框架结构} \dots]$

现有条件:

$$R_{PP4} = \begin{bmatrix} R_{PP41} = [\text{与扶梯衔接组合} \text{ 轻量程度} \text{ 低(牢固)}] \\ R_{PP41} = [\text{加强顶护栏结构} \text{ 轻量程度} \text{ 低(牢固)}] \\ \dots \end{bmatrix}$$

即:  $R_{PP4} = [\text{与扶梯衔接组合, 加强顶护栏结构} \dots]$

#### 3.2 TRIZ方法

通过TRIZ进一步解决  $R_{DR4}$  与  $R_{PP4}$  所形成的设计矛盾。冲突定义:轻重材料组合后,改善的通用工程参数为“运动物体的重量”降低;恶化的通用工程参数为“强度”减弱。可以得到4条推荐的创造发明原理,分别是NO.27(低成本不耐用的物体替代昂贵、耐用物体),NO.28(代替力学原理),NO.18(机械震动原理),NO.40(复合材料)。最终通过适当的方案评价方法评价并确定设计方案。由此可以看出,通过菱形思维与TRIZ的结合,设计者可以将发散模式与定性模式结合起来,得到创新设计的结果。

### 4 结语

将可拓学模型与TRIZ有机结合,形成了基于可拓学模型的产品创新设计方法。通过创新设计流程的探讨和例证,形成了如下结论:(1)可拓学为产品创新设计提供了合理的结构化和形式表达模型;(2)可拓学模型为创新设计问题的解决提供了一系列灵活、可

操作的思维变换方法;(3)针对产品创新设计,可拓学模型与TRIZ可以实现有机结合。

#### 参考文献:

- [1] 蔡文,杨春燕,王光华.一门新的交叉学科——可拓学[J].中国科学基金,2004(5):268-272.
- [2] 赵燕伟.机械产品可拓概念设计研究[J].中国工程科学,2001,3(5):67-71.
- [3] 赵燕伟,苏楠,周鹏,等.基于可拓变换的鞋类产品个性化定制设计研究[J].工程设计学报,2006,13(5):342-345.
- [4] 刘晓光,邹广天.景观设计与可拓学方法[J].建筑学报,2004(8):9-11.
- [5] 邹广天.建筑设计创新与可拓思维模式[J].哈尔滨工业大学学报,2006,38(7):1120-1123.
- [6] 汤重熹.当代设计的新观念——多元化拓展的英国工业设计[J].包装工程,2002,23(3):126-128.
- [7] 张成忠,陈婷.设计的模仿、创新与流行[J].包装工程,2006,27(3):173-175.
- [8] 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.
- [9] 蔡文.可拓学理论及其应用[J].中国科学通报,1999,44(7):673-682.
- [10] 仇成,冯俊文,郭春明.TRIZ与可拓学的比较研究[J].工业技术经济,2007,26(10):105-107.
- [11] 张敏,徐江华,杨明朗.TRIZ中的理想化对产品的创新设计研究[J].包装工程,2006,27(3):162-164.
- [12] 牛占文,徐燕申.发明创造的科学方法论[J].中国机械工程,1999,10(1):84-89.

(上接第29页)

再创造,从而做到所谓的一图胜千言,其中圆形看似简单却能够为设计开拓更多的可能。

圆在图表设计中的运用需要进行更深层的理论和实践研究,进一步探索单位、视图和注释符号等每一项设计构件之间的变更、传播、引擎的相互联系。这对于进一步发挥圆在秩序、形象和精炼信息等方面的优越性具有重要的意义。

#### 参考文献:

- [1] 胡书可.图表艺术化设计的表现原则探析[J].包装工程,2009,30(9):195-196.
- [2] 叶苹,段佳.图表设计[M].南昌:江西美术出版社,2006.
- [3] 图研所.世界各国高速列车小览[EB/OL].(2008-05-17)[2010-04-28].<http://xinxisheji.tuyansuo.com/info/604.html>.
- [4] 图研所.生物进化史图解[EB/OL].(2009-04-14)[2010-04-28].<http://xinxisheji.tuyansuo.com/info/466.html>.
- [5] 图研所.税的去向[EB/OL].(2010-09-08)[2010-04-28].<http://xinxisheji.tuyansuo.com/info/959.html>.
- [6] 图研所.1999-2008全球油价变化[EB/OL].(2010-04-13)[2010-04-28].<http://xinxisheji.tuyansuo.com/info/456.html>.
- [7] 王薇.信息时代的视觉信息图表设计[J].装饰,2006(4):128-129.
- [8] 威廉·利德威尔,克里蒂娜·霍尔登,古尔·巴特勒.最佳设计100细则[M].刘宏照,译.上海:上海人民美术出版社,2005.