

文章编号: 1006- 754X(2000) 02- 0001- 04

产品设计中技术创新的思维过程模型研究

黄旗明, 潘云鹤

(浙江大学 CAD& CG 国家重点实验室, 浙江大学人工智能研究所, 浙江 杭州 310027)

摘要: 利用发明问题解决算法(ARIZ)分析了产品设计中技术创新的过程,并应用于单手把混合器的作用原理设计,据此建立了产品设计中技术创新思维过程模型。

关键词: 思维过程模型; 发明问题解决算法(ARIZ); 产品设计

中图分类号: TP391 **文献标识码:** A

Research on the Thinking Process Model of Technological Innovation in Product Design

HUANG Qi-ming, PAN Yun-he

(State Key Laboratory of CAD& CG, Institute of Artificial Intelligence, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: The process of technological innovation in the product design is analysed on the basis of the Algorithm for Inventive Problem Solving (ARIZ) which is applied in the research on the principle of mixed instrument with one handle. The model of technological innovation in the product design is built on such research.

Keywords: model of think process; the Algorithm for Inventive Problem Solving (ARIZ); product design

1 产品设计中技术创新的研究

产品创新的动力来自于市场利润,只有更多地满足用户的需求,才能更多地获得利润。严酷的市场竞争使用户的部分需求在技术上难以实现,所以,技术创新成为产品创新设计的关键内容。

在原苏联,以 G. S. Altshuller 为首的研究人员花费近 50 年时间查阅并研究了世界各国近 250 万件发明专利,从中总结出了人类在进行发明创造、解决技术问题的过程中所遵循的科学原理和法则,所形成的 TRIZ 原理成为产品设计中技术创新的重要组成部分。TRIZ 是由解决技术问题和实现创新开发的各种方法、算法组成的综合理论体系,它包括技术系统

进化法则、特质一场分析、发明问题解决算法、发明问题的标准解决方法以及系统对立克服的典型技法、物理化学几何学效果工学应用知识库。

产品设计中的技术创新思维过程十分复杂,通过研究 250 余万件发明专利的技术创新思维过程,TRIZ 提出一个主要用于分析、解决复杂技术创新问题的方法(ARIZ),并且不断研究完善近 20 年的时间。为了使 ARIZ 方法更具有普遍性和通俗性,本文在 ARIZ 的基础上提出产品设计中的技术创新思维过程模型,为产品设计中的技术创新提供更多的思维方向。

2 技术创新过程分析

技术创新过程是研究技术矛盾问题、提出解决方案的过程。ARIZ 是发明问题解决算法的俄文简称,其实质是对初期问题进行一系列变形及再定义,按照通用的产品发明思维流程解决矛盾对立问题(见图 1)。

ARIZ 首先将系统存在的问题最小化,原则是尽可能不改变或少改变系统而实现必要的功能;其次是

收稿日期: 2000- 03- 27

基金项目: 国家计委面向高新技术的重大研究项目; 浙江省科技攻关重大项目。

作者简介: 黄旗明(1968. 2-),男,江西人,浙江大学博士后,主要研究方向为计算机辅助协同设计,专家系统,计算机图形学和快速成型技术; 潘云鹤(1947. 11-),男,杭州人,浙江大学教授,中国工程院院士。

更多数学建模资料请关注微店店铺“数学建模学习交流”

<https://k.weidian.com/RHO6PSpA>

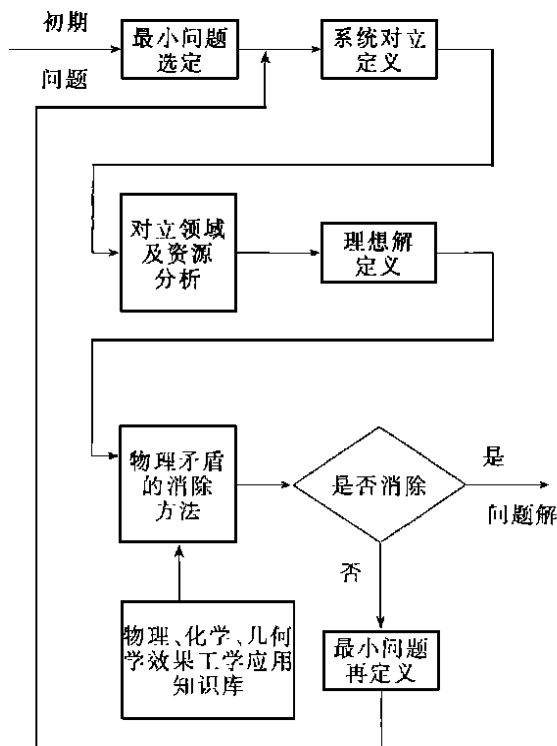


图1 发明问题解决算法(ARIZ)的流程图

定义系统的矛盾对立,并将矛盾对立简化为问题模型,然后将对立领域明确化,并分析系统中可以使用的资源;然后进一步定义系统的理想解。通常为了实现系统的理想解,系统对立领域的最重要构成元素应是相互对立的物理特性,例如,冷的同时发热,导电的同时绝缘,透明的同时不透明等。

接下来是定义系统内的物理矛盾以及消除物理矛盾。物理矛盾的消除需要最大限度地利用系统内的资源及物理化学几何学效果工学应用知识库。如果问题得不到解决,则要返回最初的地方,对问题进行再定义。

在德国的 Pahl 教授和 Beitz 教授合编的产品设计方法学的经典著作《工程设计学》中研究了头脑风暴法在产品设计中的应用方法,并且列举了一个设计单手把混合器(只需要一个手把就能独立调节水温和水量)的实例,该实例围绕作用原理进行了一次头脑风暴法。头脑风暴法的执行过程实质上遵循了 ARIZ 方法。执行过程归纳如下:

(1) 最小问题 只用一个手把独立调节水温和水量。

(2) 系统对立 在改变混合水流量 V_m 时,温度 T 必须保持不变,即热水和冷水的体积流量比值 V_1/V_2 必须保持常数, V_1 和 V_2 作同义改变;在改变混合水温度 T 时,体积流量 V_m 应不改变,即和值 $V_1 + V_2 = V_m$ 必须保持为常数, V_1 和 V_2 作相互反

义的变化。

(3) 对立领域及资源分析 可以采用节流孔板和节流阀来改变温度和体积流量。多个设计师参加头脑风暴法,提出了大量的作用体形状,如板、楔、圆柱、圆锥、球和特殊形状的弹性体,也提出了控制 V_m 和 T 的运动种类,如移动、旋转。

(4) 物理矛盾定义 利用节流孔板和节流阀独立调节水温和水量。调节水量时,热水和冷水的体积流量 V_1 和 V_2 作同义改变;调节水温时, V_1 和 V_2 作反义改变。调节水量时水温不发生变化,调节水温时水量不发生变化。

(5) 理想解定义 用一个运动使两个截面作同义改变,同时或者接着用第二个独立运动使其作反义改变。

(6) 物理矛盾的去除 以节流孔板为例,只有用平行于两种调节运动的两对边框作为节流截面边界线时,才保证 V_m 和 T 调节的独立性。这就决定了必须使两个运动互成一定角度并且是直线运动。因此每一节流处有两两平行的四条直线边框(见图2),如此避免了在一种调节运动的同时发生另一运动方向的变化。

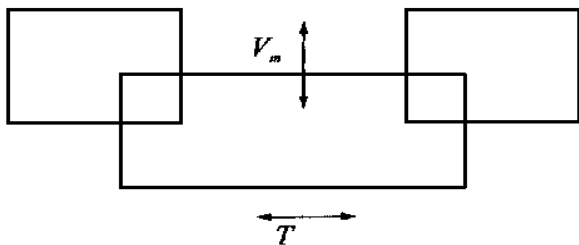


图2 单手把混合器物理矛盾去除的原理图

(7) 问题的解决对策 在图2的基础上,进一步探讨适当的作用体和运动种类。选择圆柱体作为作用体的形状,移动/旋转作为运动的种类,其解决原理如图3所示,圆柱体的移动改变温度,旋转改变流量。

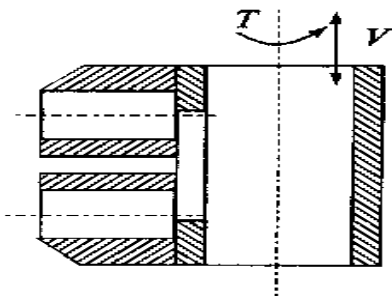


图3 单手把混合器的一种解决方案

由以上分析可以认为,发明问题解决算法 (ARIZ) 体现了解决工程矛盾、实现技术创新的主要思维过程,可以作为技术创新的一种思维过程模型。

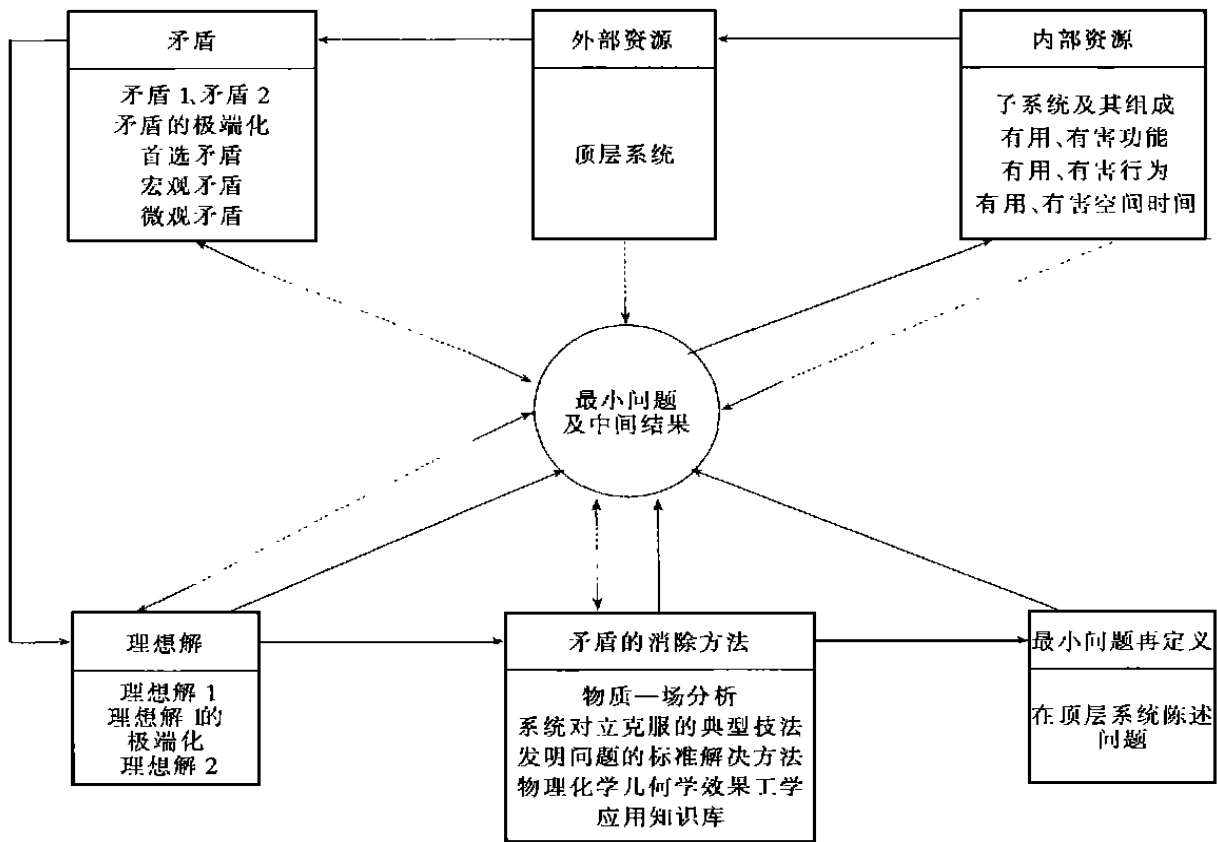


图4 ARIZ型技术创新思维过程模型

3 ARIZ型技术创新思维过程模型

技术创新思维过程模型是建立在发明问题解决算法(ARIZ)基础上的,而ARIZ是在分析了250多万种发明专利的研究过程的基础上,总结出的一套比较通用的解决发明问题的方法,并且经不断改进,比较通俗易懂。按照ARIZ流程,技术创新思维过程模型(见图4)从初始问题中提取最小问题后,分析内、外部资源,定义物理矛盾。其中矛盾1是指设法减小有害的行为时有用的行为也会减小的矛盾;矛盾2是指设法增强有用的行为时有害的行为也增加的矛盾;宏观矛盾是指在操作时间和空间里必然发生在顶层系统或子系统内的矛盾;微观矛盾是指在操作时间和空间内在微观条件/行为下必然发生的相反的物理状态/行为。再定义理想解:理想解1是指在操作时间和空间内,在不增加系统复杂度的条件下,增加正作用的同时也减少负作用;理想解2是指在操作时间和空间内,资源能够提供微观领域内正的物理状态/行为,也能够提供相反的物理状态/行为。

在分析了资源、矛盾和理想解后,紧接着就是消除矛盾(见图5)。矛盾的消除分几个层次,第一个层次是改变时间、空间、系统组成或物质的状态,通过更改部分资源看是否能够消除物理矛盾;第二个层次是

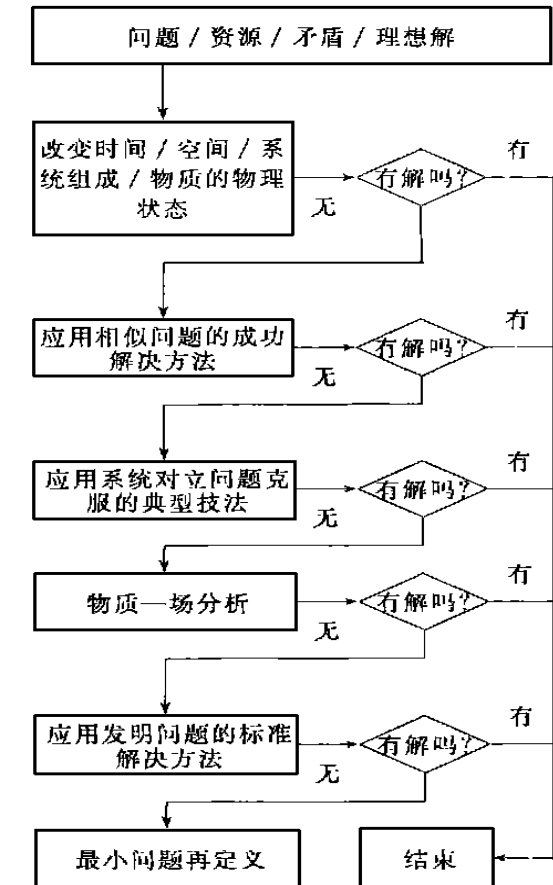


图5 ARIZ型技术创新思维过程模型中矛盾消除过程

应用相似问题的成功解决方法,采用基于实例的推理方法解决矛盾;第三个层次是应用系统对立问题克服的典型技法,该技法是根据系统的矛盾选择40个发明原理,从而明确解决问题的关键和解决对策的探索方向;第四个层次是利用物质—场分析,物质—场分析是对具体问题定义并将问题模型化的方法;第五个层次是利用发明问题的标准解决方法,发明问题的标准解决方法是将发明问题按其物质—场模型进行分类,将各类相似问题的解决方法标准化、体系化。在探索具体问题的解决对策时,实现某些机能所需的物理、化学、几何学等具体原理则由物理化学几何学效果工学应用知识库提供。

如果以上步骤都不能解决该矛盾,则依次按照选择其他的矛盾、重新定义最小问题、在顶层系统重新定义初始问题三个层次,分别执行以上步骤,直至问题解决。

4 总结和展望

产品设计是一个极为复杂的问题,设计中的技术创新类型也多种多样。ARIZ是在研究了250万件

发明专利的研究开发过程的基础上,总结并不断完善发明问题通用解决算法,利用ARIZ尝试解决产品设计中的创造问题,容易带来新的思路,因此利用ARIZ方法建立技术创新思维过程模型具有普遍的适用性。

技术创新思维过程模型的核心是矛盾,包括矛盾的来源、矛盾的形成、矛盾的解决等,这一切都建立在知识的基础上,例如物理化学几何学效果工学应用知识库、40个发明原理等,可以采用专家系统技术建立计算机辅助系统,采用 workflow 技术建立发明问题解决算法(ARIZ)和物质—场分析方法,并由计算机实现技术创新思维过程模型。

[参考文献]

- [1] Pahl G, Beitz W. 工程设计学[M]. 北京:机械工业出版社, 1984.
- [2] 牛占文,等. 发明创造的科学方法论 TRIZ[J]. 中国机械工程, 1999, (1): 84~89.
- [3] Fey V S, Rivin E I, Vertkin I M. Application of the Theory of Inventive Problem Solving to Design and Manufacture Systems[J]. Annals of the CIRP, 1994(1): 107~110.

第五届流体传动及控制国际学术讨论会征文 (ICEP' 2001)

第|届流体传动及控制国际学术讨论会议是1985年举行的,以后每4年举办|届。会议的目的是提供一个交流流体传动与控制方面的新技术、新经验和新趋势的机会。2001年将召开第五届。

会议时间:2001年4月3日~5日

会议地点:中国杭州

主办单位:浙江大学机械电子控制工程研究所

科协单位:流体传动及控制国家重点实验室

教育部

国家自然科学基金委员会

蒋氏工业慈善基金

中国机械工程学会

中国机械工程学会流体传动与控制分会

征文内容:•基础理论研究 •液压元件与系统 •气动新技术 •水基液压
•故障诊断 •机电|体化 •新材料与流体动力技术 •创造性的工业应用

会议语言:英语

重要日期:论文摘要截止日期:2000年6月30日,论文全文截止日期:2000年12月15日

通讯联系:联系人:ICEP' 2001组委会徐立,王宁

地址:(310027)中国杭州浙江大学机械电子控制工程研究所 ICEP' 2001组委会

电话:0571-7951271

传真:0571-7951941

http://sfp.zju.edu.cn/icfp

E-mail: icfp@sfp.zju.edu.cn