

可拓创新方法在产品中的应用

杨春燕^{1,2}, 罗良维^{1,2}

(1. 广东工业大学 可拓学与创新方法研究所, 广州 510006; 2. 广东工业大学 机电工程学院, 广州 510006)

摘要: 目的 介绍和分析中国人原创的可拓创新方法体系在设计创意生成与解决设计过程中矛盾问题方面的优势, 阐释应用该方法进行产品设计时, 可以使设计过程不过度依赖于设计人员。方法 从论文论著发表情况、软件著作权和专利情况、承接项目情况等方面, 介绍了可拓创新方法的研究概况; 综述可拓创新方法在新产品与新项目设计创意的生成、解决产品设计中的矛盾问题等方面的应用情况, 以及可拓创新软件的研制情况。结论 该方法具有深厚的理论基础, 定性分析与定量计算相结合, 可操作性强, 具有重要的方法论价值和广阔的应用前景。

关键词: 可拓创新方法; 产品设计; 矛盾问题; 创意生成; 可拓设计

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)14-0007-04

Application of Extension Innovation Method in Product Design

YANG Chun-yan^{1,2}, LUO Liang-wei^{1,2}

(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)

ABSTRACT: This paper aims to introduce and analyze the advantages of the Chinese original extension innovation method system in generating design creative ideas and resolving contradictory problems during design process and indicate that this application depends less on designers. It introduced the study of extension innovation methods through publications, software copyrights, patent cases and project undertaking; and summarized its application in generating design creative ideas and resolving contradictory problems during design as well as the research and development of extension innovative software. In conclusion, the method combines qualitative analysis and quantitative calculation and has solid theoretical foundations and strong operability. Therefore it enjoys significant methodological value and broad application prospects.

KEY WORDS: extension innovation method; product design; contradictory problem; creative idea generating; extension design

当今互联网+时代, 消费者对产品设计的要求越来越高。在产品设计的生命周期中, 设计阶段决定了总成本的约 70%, 而制造阶段及后续其他相关阶段只决定了约 30% 的总成本^[1-2]。并行工程的研究与实践也表明: 约 85% 的产品开发费用由产品设计阶段的工作决定, 而这一阶段本身所耗费的成本却不占总成本的 7%^[3]。由此可见, 对产品设计的研究愈

来愈受到高度重视。随着当代科学技术和计算机技术的飞速发展, 面向全局的现代产品设计理论^[4-5]也得到了广泛应用, 包括计算机辅助设计、优化设计、可靠性设计、有限元法、工业艺术造型设计、设计方法学、三次设计、人机工程、低碳、绿色设计、无包装设计及二次结构设计等^[4, 6-9]。TRIZ 理论以技术系统的演化规律为纲, 应用具体的工具算

收稿日期: 2016-01-01

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (61273306); 广东省科技计划项目 (2012B061000012、2016A040404015)

作者简介: 杨春燕 (1964—), 女, 山东人, 广东工业大学研究员, 主要从事可拓学、创新方法与创新设计、数据挖掘、知识工程等方面的研究。

法解决设计矛盾^[10]。质量机能展开(QFD)的思路采用多层次演绎分析,加工顾客需求转化为产品研发设计过程的一系列工程特性。实验设计(DOE)则可以优化工程参数,获得最优参数搭配组合^[11]。创新设计是在设计过程中结合设计领域专业知识和设计经验,由人的主观能动性、创造性思维实时有机地把对产品具有价值的创造性的设计思想融入到设计中,实现重构、联想、叠加、归纳综合、抽象推理从而形成新的设计思维模式^[12]。由于现代产品设计理论、理念和方法的局限性,还没有有效地解决产品创新设计中的矛盾问题。可拓创新方法是中国原创学科可拓学中特有的方法,经过多年的研究,目前已在工程技术、信息科学与智能科学、经济与管理等领域得到了广泛应用,在产品创新、技术创新、管理创新、组织创新等方面发挥了重要作用^[13-14]。这里首先介绍可拓创新方法体系及研究概况,然后综述可拓创新方法在产品创新设计中的应用研究进展。研究表明,该方法不仅是对现代创新设计方法体系的补充,而且对于支持产品自主创新具有重要的科学意义和应用价值。

1 可拓创新方法研究概况

可拓学^[13-14]建立了处理矛盾问题的可拓创新方法体系,使人们可以根据一定的程序或借助计算机解决各领域的矛盾问题,从而进行各种创新活动。可拓创新方法体系具有4个基本特点:形式化、模型化;可拓展、可收敛;可转换、可传导;整体性、综合性。可拓创新方法的研究和应用已取得很好的成效。

自1976年可拓学选题,1983年发表开创性论文,理论研究逐步成熟,在多个领域的应用成效凸显,取得了很多突破性的成果,并发表了一大批优秀论文和著作。据不完全统计,截至2015年,有关可拓学的博硕士学位论文已经超过1400篇,国内期刊论文近4300篇。这些论文包括在机械产品智能化设计、建筑设计、产品创新概念设计、智能控制、智能检测、管理等众多领域的应用。有关博硕士学位论文数量及所涉及的领域也一直在增加和扩大,其论文质量也在不断提高^[15]。

可拓创新方法的特点决定了其软件化的可能性,目前已研制了可拓策略生成系统软件、可拓数据挖掘软件、可拓设计软件等。另外,很多学者也开始应用可拓创新方法,研究硬件产品的开发,也获得了不少相关专利。据不完全统计,截至2015年,

国家自然科学基金资助的有关可拓学理论研究和应用研究的项目有73项,涉及信息科学部、工程与材料科学部、管理科学部、医学科学部、地球科学部、生命科学部等,研究者们将可拓创新方法与自己的研究领域相结合,取得了多项创新性成果。

2 在产品中的应用研究进展

产品设计是一个创造性的综合信息处理过程。产品设计的创新是提高产品竞争力的核心。只有在设计中运用新思想、新理论、新方法,才能不断提高产品的设计质量和水平,从而构筑竞争优势。产品设计需要创新方法的支撑,而设计创意的生成和解决设计过程中的矛盾问题,是使产品设计获得成功而必须解决的问题,这也是可拓创新方法可以在产品创新设计中发挥重要作用的原因。

2.1 新产品、新项目设计创意的生成

创意的产生是一个创造性的思维过程^[16]。应用可拓创新方法,可以根据一定的程序,甚至借助计算机辅助形成多种创意,不仅对产品创新设计的产生有极大的帮助,而且还能够极大地提高生产对市场的响应速度。

在可拓学中,对创意的生成进行了深入的研究,提出了“可拓创新四步法”,即通过“建模—拓展—变换—评价”,可以获得满足社会需求的创意^[17]。提出了产品创新的3个创造法^[13-14]:第一创造法是从消费者的需要出发构思全新产品的方法;第二创造法是从已有的产品出发构思新产品的方法;第三创造法是基于对市场上现存产品的缺点的分析,构思新产品的方法。在这些基本方法的基础上,很多学者又进行了进一步深入和细化的研究,推动了创新方法的研究及其在各领域产品设计创意生成中的应用,为利用计算机进行智能化创意生成提供了可能。文献[18]在新产品构思的3个创造法的基础上,进行了综合与提炼,结合可拓设计方法^[19],提出了新型多功能产品创造法,并用于设计多功能烘干机;文献[20]对产品创新的第三创造法进行了细化研究,强化了相关分析和传导变换在产品设计中的应用,并应用于对垃圾桶产品创意的生成,可利用计算机进行垃圾桶智能化创意生成;文献[21]将可拓创新方法与Kano需求模型相结合,研究了产品族创新设计,并应用于手机产品创意的生成,得到了产品族的创新设计方案。

2.2 解决产品设计中的矛盾问题

矛盾问题是指在给定的条件下, 目标不能实现的问题。在许多领域都存在各种各样的矛盾问题, 设计领域也不例外。近年来, 国内外许多专家学者将可拓创新方法应用于各领域, 进行深入的研究和探索, 尤其在机械产品设计、日用品设计、包装设计、建筑设计及工业设计等领域都有很多重要的突破, 推动了产品创新设计的发展。

浙江工业大学的赵燕伟自1998年开始结合可拓学研究机械产品的概念设计, 为概念设计的形式化和智能化提供了一条新的途径, 取得了多项成果^[19, 22-23]。文献[24]提出了产品可拓配置变型与进化设计方法及技术体系, 运用相似理论与可拓理论等, 提出了面向产品配置变型的可拓产品族模型, 实现了产品可拓变型设计。文献[25]提出了一种基于物元模型和可拓理论的产品快速配置设计方法。文献[7]利用了可拓学中解决对立问题的转换桥方法, 研究了产品绿色设计冲突消解, 取得了很好的效果。文献[26]提出了基因可拓模块化设计方法, 并应用于陶瓷物流包装设计研究。文献[27]结合层次分析法, 构建了产品设计知识综合评价指标体系, 获得了评价指标的权重, 在此基础上建立了关联函数, 通过优度计算, 得到了最优知识对象。并以某液体罐式运输半挂车为例, 获得了最符合客户需求与设计期望的车辆系统知识, 且对该方法的可行性进行了验证。文献[28]中介绍了将可拓学的理论和方法应用于设计知识建模和演化的研究成果。

2.3 产品可拓创新软件的研制和专利情况

根据一定的程序进行产品设计创意的生成和解决产品设计中的矛盾问题, 是可拓创新方法应用于产品设计的优势, 而研制处理矛盾问题的设计软件, 以至于利用计算机和网络辅助人们进行产品设计创意的生成, 是可拓设计研究的重要任务。目前, 可拓学研究者已经设计开发了多项专业领域的可拓创新软件。如青岛大学杨国为将可拓创新方法应用于研究鞋类产品的设计, 开发了“基于知识的通用鞋品智能计算机辅助概念设计系统”、“基于层次化矛盾求解的鞋品创新设计策略生成系统”、“基于三维植面模型的交互式鞋品式设计系统”等; 浙江工业大学赵燕伟团队开发了“基于可拓聚类的产品零件规划系统”、“基于可拓实例推理的产品族配置系统”、“机电产品可拓配置设计系统”等; 浙江大学宁波理工学院李兴森团队开发了“可拓策略辅助生成系统”等。

目前笔者也正在研制普适性的“可拓创新工具箱软件”及领域性的“产品可拓创新平台”。相信不久的将来, 可拓创新软件将助力各领域的产品创新设计。

应用可拓创新方法进行产品创新设计, 可获得更多的设计灵感, 易于获得各种专利。据2014年“可拓学科研影响力分析报告”中“基于专利的科研影响力分析”显示, 已获得可拓学专利432件, 其中发明专利228件, 说明应用可拓学的相关专利创新性高。例如, 罗马尼亚科学院机器人研究室主任Luige Vlada-reanu和广东工业大学的蔡文、杨春燕及李卫华等人合作研究了可拓学在机器人领域的应用, 引入了可拓学处理矛盾问题的方法和程序设计搬运机器人, 并用关联函数进行了定量计算, 使机器人在搬运重物的过程中安全、稳定, 申报了罗马尼亚的专利^[29], 于2014年获日内瓦国际发明博览会金奖, 其后又获得了罗马尼亚教育部和科技部的金奖、布鲁塞尔尤里卡金奖、克罗地亚创新联盟的ARCA奖及俄罗斯联邦奖等。

3 结语

我国制造业的产品自主研发能力远远落后于世界先进水平。《国家中长期科学与技术发展规划纲要(2006—2020)》中强调, 要从增强国家创新能力出发, 加强原始创新、集成创新和引进消化吸收再创新。可拓创新方法是中国学者原创的创新方法, 对于支持产品自主创新具有重要的科学意义和实用价值, 将其应用于产品设计, 可以形式化、量化地处理设计过程中的矛盾问题, 使设计过程不过度依赖于设计人员, 使产品能够更好地满足人性化的社会需求, 为个性化产品生产、客户设计提供更好的理论依据和方法, 为实现智能化设计打下良好的基础, 有效提高企业的竞争力。

参考文献:

- [1] ULLMAN D G. The Mechanical Design Process[M]. New York: MC Graw-Hill Higher Education, 2009.
- [2] LLEW E A I. Review of CAD/CAM[J]. Computer-Aided Design, 1989, 21(5): 297—308.
- [3] 熊光楞. 并行工程的理论与实践[M]. 北京: 清华大学出版社, 2001.
XIONG Guang-leng. Theory and Practice of Concurrent Engineering[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2001.
- [4] 单鸿波. 现代产品设计理论的相关研究和综述[J]. 东华大学学报, 2006, 32(5): 118—124.
SHAN Hong-bo. Survey of Current Research on the Modern Product Design Theory and Methodology[J]. Journal of Donghua University, 2006, 32(5): 118—124.
- [5] 谢友伯. 现代设计理论和方法的研究[J]. 机械工程学报,

- 2004, 4(4): 1—9.
XIE You-bo. Study on the Modern Design Theory and Methodology[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2004, 4(4): 1—9.
- [6] 张允峰, 王倩, 彭国勋. 人机工程与物流运输包装设计[J]. 中国包装工业, 2009(4): 38—40.
ZHANG Yun-feng, WANG Qian, PENG Guo-xun. Ergonomics and Logistics Transport Packaging Design[J]. China Packaging Industry, 2009(4): 38—40.
- [7] 陈建, 赵燕伟, 李方义, 等. 基于转换桥方法的产品绿色设计冲突消解[J]. 机械工程学报, 2010, 46(9): 132—142.
CHEN Jian, ZHAO Yan-wei, LI Fang-yi, et al. Transforming Bridge-based Conflict Resolution for Product Green Design[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2010, 46(9): 132—142.
- [8] 李洁, 王勇. 绿色生态设计在包装设计中的应用[J]. 包装工程, 2014, 35(4): 5—8.
LI Jie, WANG Yong. Application of the Green Ecological Design in Packaging Design[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(4): 5—8.
- [9] 朱和平, 赵蓉. 试论“二次结构”设计在陶瓷产品包中的应用[J]. 中国包装工业, 2013(18): 26—28.
ZHU He-ping, ZHAO Rong. On the "Secondary Structure" Designed Structure in the Ceramic Product Packaging Applications[J]. China Packaging Industry, 2013(18): 26—28.
- [10] 赵茜. 基于 TRIZ 进化理论的箱包创新设计系统的创建研究及软件开发[D]. 西安: 陕西科技大学, 2012.
ZHAO Qian. The Creation and Software Development of Bags Innovative Design System Based on TRIZ Evolution Theory[D]. Xi'an: Shaanxi University of Science and Technology, 2012.
- [11] 杜芳琪, 熊伟. 基于 QFD、TRIZ 和 DOE 的产品设计方法研究[J]. 技术经济与管理研究, 2008(5): 12—14.
DU Fang-qi, XIONG Wei. Study on Product Design Method Based on QFD, TRIZ and DOE[J]. Technoeconomics & Management Research, 2008(5): 12—14.
- [12] 陈彤. 现代机械设计方法研究及其创新[J]. 机械研究与应用, 2015, 28(2): 195—197.
CHEN Tong. Study and Innovation for Modern Mechanical Design[J]. Mechanical Research & Application, 2015, 28(2): 195—197.
- [13] 杨春燕, 蔡文. 可拓学[M]. 北京: 科学出版社, 2014.
YANG Chun-yan, CAI Wen. Extenics[M]. Beijing: Science Press, 2014.
- [14] YANG Chun-yan, CAI Wen. Extenics: Theory, Method and Application[M]. Beijing: Science Press, 2013.
- [15] 杨春燕, 李兴森. 可拓创新方法及其应用研究进展[J]. 工业工程, 2012, 15(1): 131—137.
YANG Chun-yan, LI Xing-sen. Research Progress in Extension Innovation Method and Its Applications[J]. Industrial Engineering Journal, 2012, 15(1): 131—137.
- [16] 杨春燕, 张拥军. 可拓策划[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
YANG Chun-yan, ZHANG Yong-jun. Extension Planning[M]. Beijing: Science Press, 2002.
- [17] 蔡文. 创意的革命[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
CAI Wen. Creative Thinking Makes You Smarter[M]. Beijing: Science Press, 2010.
- [18] 吴培旭, 刘建群. 基于可拓设计方法的多功能产品创造法[J]. 广东工业大学学报, 2015, 32(3): 10—17.
WU Pei-xu, LIU Jian-qun. Solution of Creating Multi-function Product Based on Extension Design Methods[J]. Journal of Guangdong University of Technology, 2015, 32(3): 10—17.
- [19] 赵燕伟, 苏楠. 可拓设计[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
ZHAO Yan-wei, SU Nan. Extenics Design[M]. Beijing: Science Press, 2010.
- [20] 齐宁宁, 杨春燕. 基于可拓学第三创造法的产品概念设计[J]. 数学的时间与认识, 2015, 45(5): 225—238.
QI Ning-ning, YANG Chun-yan. Product Conceptual Design Based on Third Creative Method of Extenics[J]. Mathematics in Practice and Theory, 2015, 45(5): 225—238.
- [21] LIAO Yong-qiang, YANG Chun-yan, LI Wei-hua. Extension Innovation Design of Product Family Based on Kano Requirement Model[J]. Procedia Computer Science, 2015, 55: 268—277.
- [22] 赵燕伟. 机械产品可拓概念设计研究[J]. 中国工程科学, 2001, 18(6): 68—71.
ZHAO Yan-wei. Study of Conceptual Design of Extension for Mechanical Products[J]. Engineering Science, 2001, 18(6): 68—71.
- [23] 赵燕伟, 周建强, 洪欢欢, 等. 可拓设计理论方法综述与展望[J]. 计算机集成制造系统, 2015, 21(5): 1157—1167.
ZHAO Yan-wei, ZHOU Jian-qiang, HONG Huan-huan, et al. Overview and Prospects of Extension Design Methodology[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2015, 21(5): 1157—1167.
- [24] 楼健人. 产品可拓配置变型与进化设计技术研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2005.
LOU Jian-ren. Research Technology of Extendable Product Configuration Transformation and Evolutionary Design[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2005.
- [25] 龚京忠, 邱静, 李国喜, 等. 基于可拓理论的产品配置设计[J]. 计算机集成制造系统, 2007, 13(9): 1700—1709.
GONG Jing-zhong, QIU Jing, LI Guo-xi, et al. Product Configuration Design Based on Extension Theory[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2007, 13(9): 1700—1709.
- [26] 罗良维, 杨春燕. 基于基因可拓模块化设计的陶瓷物流包装设计研究[J]. 广东工业大学学报, 2015, 32(2): 11—16.
LUO Liang-wei, YANG Chun-yan. Study on Ceramic Logistics Packaging Design Based on Gene Extension Modular Design[J]. Journal of Guangdong University of Technology, 2015, 32(2): 11—16.
- [27] 冯青, 吴限, 耶虹菲, 等. 基于优度理论的产品设计知识评价方法研究[J]. 包装工程, 2015, 36(6): 100—104.
FENG Qing, WU Xian, YE Hong-fei, et al. The Evaluation Method of Product Design Knowledge Based on the Priority Degree Theory[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(6): 100—104.
- [28] 谭建荣, 冯毅雄. 设计知识建模、演化与应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2007.
TAN Jian-rong, FENG Yi-xiong. Design Model, Evolution and Application of Knowledge[M]. Beijing: National Defence Industry Press, 2007.
- [29] VLADAREANU L, CAI Wen, YANG Chun-yan, et al. Method and Device for Extension Hybrid Force-Position Control of the Robotics and Mechatronics System: Romania, A20121077[P]. 2012-12-28.