

基于 QFD 与 TRIZ 集成的小户型住宅茶几创新设计

胡康, 张济人, 艾险峰

(武汉科技大学 艺术与设计学院, 武汉 430065)

摘要: **目的** 针对小户型住宅家具设计中缺乏有效方法的问题, 探索适合小户型住宅的茶几创新设计方法。**方法** 首先通过文献了解小户型家具的设计现状及 TRIZ 与 QFD 理论在家具设计领域中的应用, 发现 TRIZ 与 QFD 结合的家具设计流程中大多缺乏用户对设计的实践检验、问题反馈。其次通过对相关文献的研究, 结合可用性测试法, 提出了 QFD 与 TRIZ 集成的创新设计方法, 并将其划分为三个设计阶段。最后通过设计实例, 将该方法的三个阶段应用于小户型住宅的茶几创新设计中进行检验。**结果** 通过该方法的第一阶段和第二阶段, 对小户型住宅茶几设计进行了分析, 通过第三阶段得到了创新设计方案, 并进行了模型产品的实践测试, 检验了方案的有效性, 根据实践反馈, 进一步寻找出相应的改进点, 改进后获得了最终设计方案。**结论** 通过该方法进行设计, 能够更加直接地获得用户对实际使用问题的反馈, 发现并解决了在设计过程中难以被发现的实际问题, 提升了设计方案的可行性和有效性。

关键词: 家具设计; QFD; TRIZ; 小户型茶几; 创新设计

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)20-0152-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.20.025

Innovative Design of End Table for Small-sized Residence Based on Integration of QFD and TRIZ

HU Kang, ZHANG Ji-ren, AI Xian-feng

(College of Art and Design, Wuhan University of Science & Technology, Wuhan 430065, China)

ABSTRACT: The paper aims to explore the innovative design method for small-sized residential end tables in view of the lack of effective methods in design of small-sized residential furniture. Firstly, the design status of small-sized furniture and the application of TRIZ and QFD theory in the field of furniture design were learnt through literature. It was found that most of the furniture design process which combined TRIZ and QFD lacked user's practice test and problem feedback. Secondly, through research of related literatures and the usability test method, the innovative design method of QFD and TRIZ integration was proposed and divided into three design stages. Finally, through the design example, the three stages of the method were applied to the innovative design of the small-sized residential end table for inspection. Through the 1-2 stages of the method, the design of the small-sized residential end table was analyzed. The innovative design was obtained through the third stage, and the practical test of the model product was carried out to test the effectiveness of the program. The corresponding improvement points were further found according to the practical feedback, and finally a final design scheme was obtained. By adopting the method, the feedback of the user on the actual use problem can be obtained more directly, the practical problem which is difficult to be discovered during the design process is found and solved, and the feasibility and the effectiveness of the design scheme are improved.

KEY WORDS: furniture design; QFD; TRIZ; small-sized residential end table; innovative design

收稿日期: 2019-08-06

基金项目: 湖北省教育厅人文社科项目 (17Q038)

作者简介: 胡康 (1980—), 男, 湖北人, 武汉科技大学艺术与设计学院副教授, 主要从事工业设计与产品创新设计方面的研究。

通信作者: 张济人 (1994—), 男, 河南人, 武汉科技大学艺术与设计学院硕士生, 主攻产品设计。

随着《国务院关于促进房地产业健康发展的六条意见》的颁布,小户型住宅在开发建筑总面积中的比重逐步上升^[1],但与此相关的小户型家具设计发展尚不完善。基于以上原因,诸多学者针对小户型家具进行了相关研究。其中彭敏提出具有收纳式特点的家具在小户型中占有重要地位^[2]。常治国等提出了模块化、隐藏式、整体化的多功能组合家具设计方法^[3]。叶芳等指出了多种不同类型家具的功能和造型设计深化途径^[4]。徐雪梅认为家具设计要放在空间中考量,不能脱离其使用环境孤立地设计家具^[5]。通过对上述文献的研究,可以发现其中大多缺乏科学有效的设计方法,多依赖于设计者的经验判断。为了提升设计的科学性,肖骏将 TRIZ 引入家具设计中^[6]。林佳欣在家具设计中运用 TRIZ 的发明原理与 QFD 的质量屋寻找矛盾^[7]。匡富春等基于 QFD 与 TRIZ 提出了家具的创新设计模型^[8]。崔懂遥、易雪峰等在儿童家具领域进行了相关实践,丰富了家具设计的方法^[9-10]。但是这些设计方法大多缺乏用户对方案有效性的检验与对实际问题的反馈。鉴于此,本文提出了一套基于 QFD 与 TRIZ 集成的创新设计方法,并通过设计实例进行验证。

1 QFD 与 TRIZ 集成的创新设计方法

QFD 能够将顾客的需求,明确地转变为产品开发者能够理解、执行的各种具体信息。通过 QFD 能够将市场和用户的需求转变为相关的技术要求,但是并未回答“如何做设计”的问题^[11-12]。而 TRIZ 则创造性地解决了冲突和矛盾,回答了“如何做设计”的问题^[13-14]。近年来,诸多学者都运用 QFD 与 TRIZ 集成的方式进行设计。张兰芳等构建了 QFD/TRIZ 集成模型,并将其应用到集成灶创新设计中^[15]。李少波等将 QFD/TRIZ 集成的设计过程应用于桌面虎钳的优化创新设计之中^[16]。张彩丽等在 QFD 的多个环节中集成 TRIZ,并通过拔道器设计进行验证^[17]。任甲举等通过 QFD 与 TRIZ 集成设计流程完成了对油辣椒灌装机的创新设计^[18]。李小明等建立了 QFD 与 TRIZ 集成模型,并将其运用到复卷机创新设计中^[19]。张付英等运用 QFD 与 TRIZ 集成的方式解决了纸带打孔机的相关设计问题^[20]。石海龙等通过 QFD 与 TRIZ 集成的方式对立体车库进行了设计^[21]。刘金林等运用 QFD 与 TRIZ 集成,对舰船动力装置进行了设计与评估^[22]。虽然他们都成功地运用 QFD 与 TRIZ 集成的方法进行了相关设计和相应的设计评价,但是其设计在真实用户的使用中,是否真正解决了用户的需求问题,仍需要进一步的实践检验,即“设计效果”的问题。

据此,本文通过在 QFD 与 TRIZ 理论中融入可行性实践的检验环节,提供了一套验证设计效果、获得反馈问题和改进设计中存在的问题的创新设计方

法。结合设计调研方法,研究实践检验环节的可用方法,最终选取可用性测试法。通过被测试者试用产品模型,对产品主要功能点进行测试,根据其所反馈的产品使用感受,发现实际问题并进行设计改进,最终形成 QFD 与 TRIZ 集成的创新设计方法,见图 1。

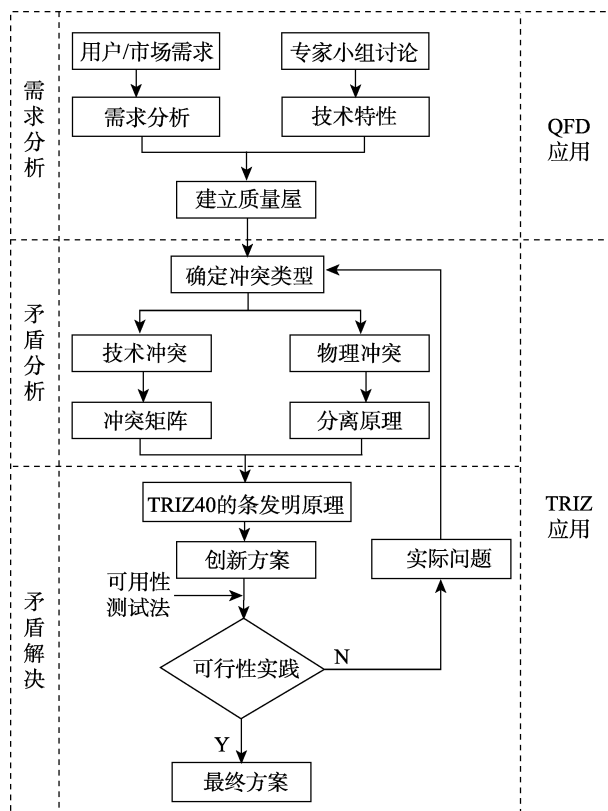


图1 QFD 与 TRIZ 集成的创新设计方法

Fig.1 Innovative design integrated with QFD and TRIZ

该框架总体可以描述为三个部分:(1)需求分析部分。通过市场调研,分析用户的需求,使用专家小组讨论的方式,寻找顾客需求与设计要素之间的联系,完成关系矩阵,运用 QFD 的常用分析模型——质量屋,对用户需求进行分析。(2)矛盾分析部分。寻找各个设计要素之间的矛盾冲突,运用 TRIZ 理论分析冲突的类型,针对技术冲突运用冲突矩阵进行分析描述,针对物理冲突运用分离原理进行分析描述。(3)矛盾解决部分。通过 TRIZ 的四十条发明原理来解决矛盾冲突,产生创新方案,结合产品模型,运用可用性测试法,根据用户的实际使用情况对产品的可行性进行检验,获得实际问题反馈。而后,再次通过矛盾分析部分,对实际问题进行分析描述,通过矛盾解决部分,运用 TRIZ 的四十条发明原理,进行方案改进,最终得到符合用户需求的创新设计方案。

2 创新设计方法在小户型住宅茶几中的应用

2.1 小户型住宅茶几需求分析阶段

通过对小户型住宅住户的问卷调查、实地走访,

以及对家具市场的调查和相关专利的查阅,对小户型住宅茶几设计点进行分析,其中通过问卷调查得到有效调查问卷五十八份。汇总后得出小户型住宅住户对茶几的主要需求为便于移动、储物空间、多功能、茶几面可调整、易于使用、材质优良、安全可靠、尺寸适宜、造型美观、价格合理等。针对小户型住宅住户的需求,通过专家小组讨论的方式,将小户型住宅住户的各项需求转换为复杂性、多用性、材质、造型、尺寸、使用环境、表面工艺、稳定牢固、易操作性,

共九项设计要素,完成了小户型住宅茶几质量屋,见图 2。

2.2 小户型住宅茶几矛盾分析阶段

从质量屋中可以得知,主要存在两对技术矛盾和两对物理矛盾,针对技术矛盾,运用 TRIZ 理论的三十九个工程参数进行冲突描述。针对物理矛盾,对照分离原理的四大分类^[23],将分离原理确定为空间分离和条件分离,见表 1。

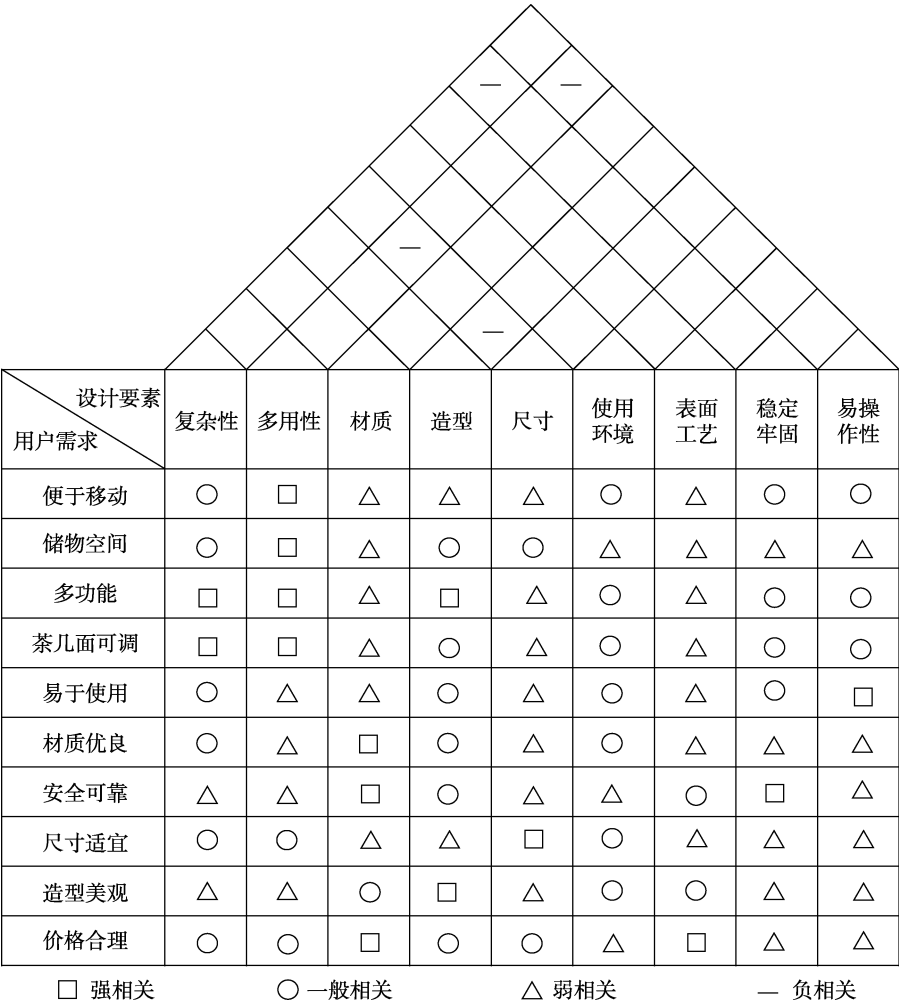


图 2 小户型住宅茶几质量屋
Fig.2 Quality house of small-sized residential end table

表 1 小户型住宅茶几冲突分析表
Tab.1 Conflict analysis of small-sized residential end table

类型	矛盾描述	改善参数	恶化参数	发明原理
技术矛盾	茶几结构的复杂性上升与结构稳定牢靠性下降	设备复杂性	结构的稳定性	2、17、19、22
	茶几功能种类的增加与操作便捷度降低	适应性及多用性	可操作性	15、34、1、16
	矛盾描述	冲突对象	分离原理	发明原理
物理矛盾	拥有储物功能所需空间,既要满足储物的需求,又要具备小巧的体积	储物空间尺寸与茶几整体尺寸	空间分离	1、2、3、4、7、13、17、24、26、30
	在储物时,拥有储物功能所需空间,在使用其他功能时,具备其他功能所需的尺寸	储物功能区空间与其他功能区所需尺寸	条件分离	1、5、6、7、8、13、14、22、24、25、27、33、35

2.3 小户型住宅茶几矛盾解决阶段

2.3.1 小户型住宅茶几矛盾的解决途径

技术矛盾的解决：(1) 针对设备复杂性与结构的稳定性之间的矛盾，运用 No.17 维数变化,将小户型茶几整体分割为多个独立的功能部分，便于独立部分的维修与更换，提高独立功能结构的稳定性，从而提高整体的稳定性。(2) 针对适应性、多用性与可操作性之间的矛盾，运用 No.1 分割与 No.15 动态化原理。首先运用 No.1 分割原理，将复杂的功能结构分割为多个简单的功能部分，从而提高茶几整体的可操作性。还可运用 No.15 动态化原理，通过移动，使茶几的单一功能部分能够具备更多功能，减少多余结构，提升易操作性。

物理矛盾的解决：(1) 运用空间分离对应的发明原理。利用 No.1 分割与 No.17 维数变化，将单个储物空间分割为多个不同大小的储物空间，设置于茶几的不同位置，达到储物空间总体大小不变，且茶几整体尺寸不变的要求。(2) 运用条件分离对应的发明原理。利用 No.1 分割、No.5 组合与 No.6 多用性，通过

分割，将单一功能区域分割为多个不同功能的区域。通过组合，将其他功能结构组合于主要结构周边。通过多用性，使单一功能结构具备多种使用功能，达到不仅拥有较大储物空间，而且不会影响其他功能的目的。

2.3.2 小户型住宅茶几方案的生成

根据上述解决途径，结合《中华人民共和国轻工行业标准 QB/T 4467-2013》与人机工程学相关尺寸，对小户型住宅茶几进行方案设计。

针对小户型住宅茶几的两对技术矛盾,运用 No.1 分割、No.15 动态化与 No.17 维数变化，将整个茶几分为主体桌面部分和位于主桌面左右两侧的独立储物箱部分。将功能空间平均设置在三个部分上，保证了每个空间的相对独立，避免功能过于集中造成使用、维护的不便。在三个部分下端设置带有刹车的滑轮，使得各部分之间移动、固定灵活，从而适用于不同的使用情景。整体上采用板材加工工艺,易于运输、组装和更换。小户型住宅茶几的三部分及底部滑轮见图 3。

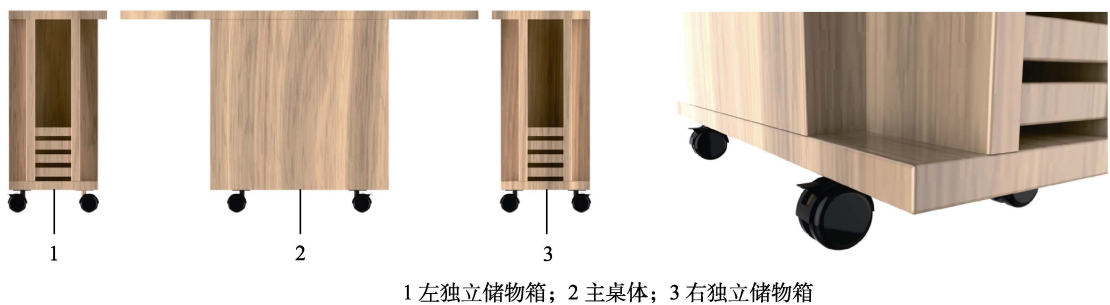


图 3 小户型茶几三部分及底部滑轮
Fig.3 Three parts and bottom pulley chart of small-sized residential end table

针对小户型住宅茶几的两对物理矛盾,运用 No.1 分割和 No.17 维数变化，在小户型茶几上划出多个不同使用方式的储物区，各自占有固定的尺寸区域和使用空间，可以放置不同大小的物品。运用 No.1 分割、No.5 组合与 No.6 多用性，将功能进行分割组合，通过可开合的上盖结构，将左右两侧的储物箱转化为可以作为临时坐凳使用的箱体，箱体结构及使用方式见图 4。在主桌面下的箱体内设置手动升降台结构并与桌面相连接，使得保持静态的主桌面可以完成升降运动，以满足使用者不同的桌面高度需求，同时使得取放桌面下方储物箱体内的物品更加方便，通过移动两侧的储物箱，可以与主桌面进行拼合，延长桌面长度，在未扩大整体体积的情况下，增加了储物空间，扩展了使用功能。桌面升起及拼合见图 5。

进一步对茶几尺寸进行考量。结合《中华人民共和国轻工行业标准 QB/T 4467-2013》对茶几尺寸进行设计，茶几尺寸见图 6。根据尺寸数据，进行了模型制作。

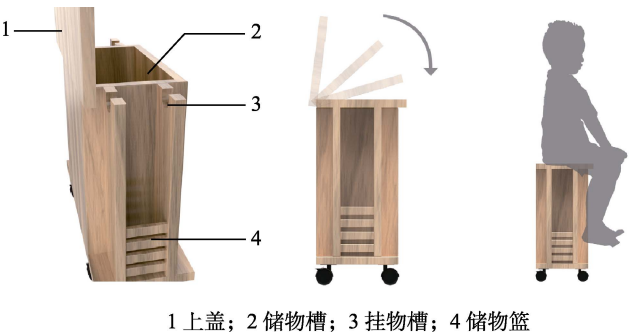


图 4 箱体结构及使用方式
Fig.4 Box structure and its use

2.3.3 小户型住宅茶几方案的实践检验与改进

首先，在设计初稿完成后，将小户型住宅茶几设计方案注册为国家实用新型专利，现已授权^[24]。而后通过运用可用性测试法对模型进行功能检验，经过十位使用者的试用，其主要功能得到肯定。通过对试用过程与相关问题的整理分析，在初稿方案的基础上获



图 5 桌面升起及拼合
Fig.5 Desktop lifting and integration

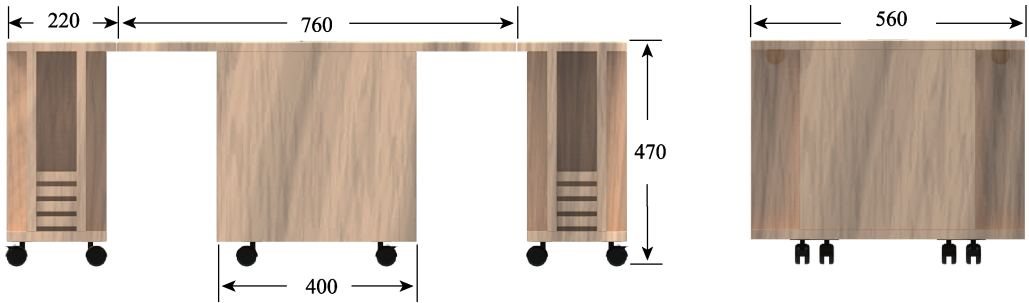


图 6 茶几尺寸
Fig.6 Size of tea table

得的重点问题反馈为：(1)完全采用板材的桌面易于拼合但是过于尖锐，而板材桌面边缘倒角后难以与坐凳面拼合，会产生较大的接缝，接缝处难以具备桌面功能；(2)坐凳与桌面拼合后无法固定，容易造成滑动，导致已经拼合好的延长桌面散开。针对以上问题，通过矛盾分析阶段，对矛盾问题进行分析描述，可以看出一组技术矛盾与一组物理矛盾，对照矛盾矩阵与分离原理，建立实际问题冲突分析表，见表2。

针对形状与可靠性之间的矛盾，运用发明原理

No.16 部分超越，在桌面板材与坐凳面板材料周边设置实木包边，在保证边缘圆滑、不易伤人的同时，也有利于减小拼合缝隙。针对两侧临时坐凳的移动性与稳定性之间的矛盾，通过时间分离原理，运用 No.11 预先防范，在桌面下方增加卡扣结构，使其在组合时通过卡扣结构进行固定，防止其滑动脱离。最终根据以上改进点进行了改进，完善了小户型住宅茶几设计，得到了试用者满意的回馈，产生了最终的设计方案。小户型住宅茶几设计方案见图7。

表 2 实际问题冲突分析
Tab.2 Analysis on actual problem conflicts

类型	矛盾描述	改善参数	恶化参数	发明原理
技术矛盾	形状改变与实现功能	形状	可靠性	10、16、40
物理矛盾	矛盾描述	冲突对象	分离原理	发明原理
	作为坐凳时移动灵活与作为桌面延长面时组合结构稳定	两侧临时坐凳的移动性与稳定性	时间分离	9、10、11、15、16、18、19、20、21、29、34、37



图 7 小户型住宅茶几设计方案
Fig.7 Design scheme of small-sized residential end table

3 结语

本文通过对 QFD 与 TRIZ 集成方法的研究分析，针对其中缺乏实践验证、问题反馈与改进方式的问题，提出了一种 QFD 与 TRIZ 集成的创新设计方法。通过将该方法应用于小户型住宅茶几设计之中，完成了小户型住宅茶几设计，验证了该方法的可行性和有效性。在实践过程中获得了用户对产品使用中出现的问题的实际反馈，并进行了相应改进，提高了产品的满意度。

综上所述，基于该方法的设计是真实有效的。该

方法从用户需求出发进行设计, 最终回到用户体验中去, 有效提升了产品的可行性和有效性, 但是该方法在所得反馈数据的客观性上, 有待进一步加强。

参考文献:

- [1] 马新华. 合理取舍——设计功能齐全的 90 平方米住宅[J]. 上海住宅, 2006(10): 8-13.
MA Xin-hua. Reasonable Trade-off, Residential and Functional Area of 90 meters' Square[J]. Shanghai Residential, 2006(10): 8-13.
- [2] 彭敏. 小户型住宅收纳式家具设计研究[J]. 包装工程, 2014, 35(20): 55-58.
PENG Min. Retractable Furniture Design for Small Family House [J]. Packaging Engineering, 2014, 35(20): 55-58.
- [3] 常治国, 孙薇. 小户型多功能组合家具设计方法研究[J]. 家具, 2015, 36(2): 44-47.
CHANG Zhi-guo, SUN Wei. Design Method of Multi-functional Modular Furniture for Small Apartment[J]. Furniture, 2015, 36 (2): 44-47.
- [4] 叶芳, 许佳. 浅析小户型家具设计的深化途径[J]. 陕西科技大学学报, 2011, 29(6): 176-179.
YE Fang, XU Jia. On the Furniture Design Base on Small Apartment [J]. Journal of Shaanxi University of Science and Technology, 2011, 29(6): 176-179.
- [5] 徐雪梅. 多功能家具在中小户型住宅中的应用[J]. 家具, 2011(6): 31-35.
XU Xue-mei. The Application of Multi-functional Furniture in Middle and Small Size Home[J]. Furniture, 2011 (6): 31-35.
- [6] 肖骏. 基于 TRIZ 理论的家具设计研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2010.
XIAO Jun. Research on Utilization of TRIZ Theory on Furniture Design[D]. Haerbin: Northeast Forestry University, 2010.
- [7] 林佳欣, 聂桂平. 基于 TRIZ 理论的折叠家具设计研究[J]. 东华大学学报(自然科学版), 2011, 37(4): 518-521.
LIN Jia-xin, NIE Gui-ping. Folding Furniture Design Research Based on the Theory of TRIZ[J]. Journal of Donghua University (Natural Science), 2011, 37(4): 518-521.
- [8] 匡富春, 刘鑫. 基于 QFD 和 TRIZ 的家具创新设计理论研究[J]. 家具, 2013, 34(5): 29-34.
KUANG Fu-chun, LIU Xin. A Study on the Furniture Innovative Theory Based on QFD and TRIZ[J]. Furniture, 2013, 34(5): 29-34.
- [9] 崔憧遥, 张简一, 杜强, 马洪明, 何相梓. TRIZ 理论的 40 个发明原理在儿童家具设计中的应用[J]. 包装工程, 2017, 38(2): 175-179.
CUI Tong-yao, ZHANG Jian-yi, DU Qiang, MA Hong-ming, HE Xiang-zi. Application of 40 Inventive Principles of TRIZ Theory in the Children's Furniture Design[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(2): 175-179.
- [10] 易雪峰, 游娅娜. 基于 QFD 和 TRIZ 的儿童床改良设计[J]. 包装工程, 2017, 38(6): 246-251.
YI Xue-feng, YOU Ya-na. Improved Design of Children's Beds Based on QFD and TRIZ[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(6): 246-251.
- [11] 檀润华, 马建红, 张换高, 苑彩云. 基于 QFD 及 TRIZ 的概念设计过程研究[J]. 机械设计, 2002(9): 1-4.
TAN Run-hua, MA Jian-hong, ZHANG Huan-gao, YUAN Cai-yun. Research on Conceptual Design Process Based on QFD and TRIZ[J]. Mechanical Design, 2002(9): 1-4.
- [12] 赵新军. 设计质量创新——QFD、TRIZ 和田口方法的集成应用[J]. 工程设计学报, 2004(4): 169-173.
ZHAO Xin-jun. Design Quality Innovation Based on QFD, TRIZ and Taguchi's Methods[J]. Journal of Engineering Design, 2004(4): 169-173.
- [13] 牛占文, 徐燕申, 林岳, 郭建强, 李立. 发明创造的科学方法论——TRIZ[J]. 中国机械工程, 1999(1): 92-97.
NIU Zhan-wen, XU Yan-shen, LIN Yue, GUO Jian-qiang, LI Li. The Scientific Methodology of Invention and Creation: TRIZ[J]. China Mechanical Engineering, 1999(1): 92-97.
- [14] 檀润华, 王庆禹, 苑彩云, 段国林. 发明问题解决理论: TRIZ——TRIZ 过程、工具及发展趋势[J]. 机械设计, 2001(7): 7-12.
TAN Run-hua, WANG Qing-yu, YUAN Cai-yun, DUAN Guo-lin. Theory of Invention Problem Solving: TRIZ, TRIZ Process, Tools and Development Trends[J]. Mechanical Design, 2001(7): 7-12.
- [15] 张芳兰, 杨明朗, 刘卫东. 基于 QFD/TRIZ 集成模型的产品创新设计[J]. 制造业自动化, 2014, 36(13): 101-104.
ZHANG Fang-lan, YANG Ming-lang, LIU Wei-dong. Product Innovation Design Based on the Integrated Model of QFD/TRIZ[J]. Manufacturing Automation, 2014, 36(13): 101-104.
- [16] 李少波, 马玉钦, 胡兵, 李亚青. 基于 QFD 和 TRIZ 集成应用的虎钳创新优化设计[J]. 煤矿机械, 2009, 30(11): 16-19.
LI Shao-bo, MA Yu-qin, HU Bing, LI Ya-qing. Innovative and Optimized Design of Vice Based on Integrated Application of QFD and TRIZ[J]. Coal Mine Machinery, 2009, 30(11): 16-19.
- [17] 张彩丽, 杨帆, 任工昌. 产品创新设计方法中 TRIZ 和 QFD 的集成模式研究[J]. 机械设计与研究, 2014, 30(5): 30-33.
ZHANG Cai-li, YANG Fan, REN Gong-chang. Research on TRIZ and QFD Based Integrated Pattern for Product Innovation Design Method[J]. Mechanical Design & Research, 2014, 30(5): 30-33.
- [18] 任甲举, 刘丹. 基于 QFD 和 TRIZ 集成的油辣椒灌装机创新设计[J]. 保鲜与加工, 2016, 16(5): 60-63.
REN Jia-ju, LIU Dan. Innovation Design of Fried Pepper Packaging Machine Based on QFD and TRIZ[J]. Food Preservation & Processing, 2016, 16(5): 60-63.

- per Filling Machine Based on QFD and TRIZ Theories[J]. Storage and Process, 2016, 16(5): 60-63.
- [19] 李小明, 赵武, 王晨, 曾杰. 基于 QFD 与 TRIZ 集成的复卷机创新设计[J]. 制造业自动化, 2013, 35(18): 137-139.
LI Xiao-ming, ZHAO Wu, WANG Chen, ZENG Jie. The Innovative Design of Rewinding Machine Based on QFD and TRIZ[J]. Manufacturing Automation, 2013, 35(18): 137-139.
- [20] 张付英, 刘卉, 沈浩. 基于 QFD/TRIZ 集成技术的纸带打孔机设计研究[J]. 机床与液压, 2004(11): 46-48.
ZHANG Fu-ying, LIU Hui, SHEN Hao. The Design Study of Boiling Hole Machine Based on the Integration of QFD/TRIZ[J]. Machine Tool & Hydraulics, 2004(11): 46-48.
- [21] 石海龙, 张明勤, 臧德江, 李敏, 苏谦. QFD 与 TRIZ 集成在立体车库概念设计中的应用[J]. 机械设计与制造, 2010(2): 91-93.
SHI Hai-long, ZHANG Ming-qin, ZANG De-jiang, LI Min, SU Qian. Application of QFD and TRIZ in Stereo Garage Concept Design[J]. Machinery Design & Manufacture, 2010(2): 91-93.
- [22] 刘金林, 曾凡明, 涂皓. QFD 和 TRIZ 集成理论在舰船动力装置概念设计中的应用[J]. 大连海事大学学报, 2013, 39(4): 86-90.
LIU Jin-lin, ZENG Fan-ming, TU Hao. Application of QFD and TRIZ Integrated Theory on the Conceptual Design of Marine Power Plant[J]. Journal of Dalian Maritime University, 2013, 39(4): 86-90.
- [23] 夏文涵, 王凯, 李彦, 熊艳. 基于 TRIZ 的管道机器人自适应检测模块创新设计[J]. 机械工程学报, 2016, 52(5): 58-67.
XIA Wen-han, WANG Kai, LI Yan, XIONG Yan. Innovative Design for Adaptive Detection Module of In-pipe Robot Based on TRIZ[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2016, 52(5): 58-67.
- [24] 张济人. 多功能升降桌: 中国, ZL201520586952. 6[P]. 2016-05-11.
ZHANG Ji-ren. Multi-function Lifting Table: China, ZL201520586952. 6[P]. 2016-05-11.

(上接第 141 页)

- [2] 阮宝湘. 工业设计人机工程[M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.
RUAN Bao-xiang. Ergonomics in Industrial Design[M]. Beijing: China Machine Press, 2011.
- [3] 广东省道路交通安全条例[J]. 人民之声, 2006(2): 44-49.
Traffic Regulations of Guangdong[J]. The Voice of the People, 2006(2): 44-49.
- [4] 吴明, 张娟. 儿童安全座椅舒适度评价研究[J]. 包装工程, 2017, 38(22): 60-65.
WU Ming, ZHANG Juan. Evaluation Research on Comfort of Child Safety Seat[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(22): 60-65.
- [5] 白中浩, 卢静. 基于多目标优化的儿童座椅匹配方法[J]. 湖南大学学报(自然科学版), 2013, 40(3): 52-58.
BAI Zhong-hao, LU Jing. Matching Method for Children Seat Based on Multi-objective Optimization[J]. Journal of Hunan University (Natural Sciences), 2013, 40(3): 52-58.
- [6] 张芙宁, 杨梦迪, 刘二强. 公租自行车便携式儿童座椅设计及有限元分析[J]. 轻工科技, 2017, 33(9): 59-61.
ZHANG Fu-ning, YANG Meng-di, LIU Er-qiang. Designation and Factor Analysis of Portable Children Seat on Public Rental Bicycle[J]. Light Industry Science and Technology, 2017, 33(9): 59-61.
- [7] 盛传新, 赵璧. 基于人机工程的脑瘫儿童助行车设计[J]. 机械设计, 2017, 34(5): 119-123.
SHENG Chuan-xin, ZHAO Bi. Design of Walker for Cerebral Palsy Children Based on Ergonomics[J]. Journal of Machine Design, 2017, 34(5): 119-123.
- [8] 汪飞鹏, 何隽, 杨乾慧, 等. 电动自行车儿童座椅结构安全性研究[J]. 轻工机械, 2014, 32(2): 102-105.
WANG Fei-peng, HE Jun, YANG Qian-hui, et al. Study on Structural Safety of Electric Bicycle Child Seat[J]. Light Industry Machinery, 2014, 32(2): 102-105.
- [9] 彭鹏, 韩建海, 罗珊. 给电动自行车加装一个儿童座椅[J]. 摩托车技术, 2003(8): 24.
PENG Peng, HAN Jian-hai, LUO Shan. Adding Children Seat to Electric Bicycle[J]. Motorbike Technology, 2003(8): 24.
- [10] 狄里. 设计中的男女尺度[M]. 天津: 天津大学出版社, 2008.
ALVIN R T. The Measure of Man & Woman: Human Factors in Design[M]. Tianjin: Tianjin University Press, 2008.
- [11] GB/T 26158-2010, 中国未成年人人体尺寸[S].
GB/T 26158-2010, Human Dimensions of Chinese Minors[S].
- [12] 金鑫, 刘鸿源. 一种电动车儿童安全座椅: 中国, ZL201621067219.4[P].
JIN Xin, LIU Hong-yuan. Children Safety Seat on Electric Scooter: China, ZL201621067219.4[P].