

【工业设计】

基于 TRIZ 理论的手扶式旋耕机造型设计研究

张建敏, 王建伟, 杨勤, 石若好, 郑凯

(贵州大学 机械工程学院, 贵阳 550025)

摘要: **目的** 为了满足用户对手扶式旋耕机综合品质日益提高的要求, 利用发明问题解决理论 (TRIZ) 和产品设计理论, 提出一种基于 TRIZ 理论的旋耕机创新设计方法。**方法** 首先运用 TRIZ 理论建立手扶式旋耕机的功能模型图, 阐述技术矛盾; 并根据矛盾矩阵确定发明原理, 确定最适合解决技术矛盾的具体解决方案; 再结合人机工程学、造型语义、色彩理论对产品造型进行多方面的分析。**结果** 提出一种基于 TRIZ 理论的创新设计模型, 对现有的手扶式旋耕机进行创新设计。**结论** 将 TRIZ 理论与相关理论相结合, 对手扶式旋耕机进行设计实践, 验证了应用该方法为产品设计构思提供创新思路的可行性, 并为相关农机产品的开发设计提供了重要的参考。

关键词: 工业设计; TRIZ 理论; 产品造型; 技术矛盾; 手扶式旋耕机

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)04-0133-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.04.021

The Modeling Design of Hand-held Tillers Based on TRIZ

ZHANG Jian-min, WANG Jian-wei, YANG Qin, SHI Ruo-hao, ZHENG Kai

(College of Mechanical Engineering, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

ABSTRACT: The work aims to propose a method of innovative design of hand-held tillers based on TRIZ by means of the theory of inventive problem solving (TRIZ) and product design theory, in order to meet the users' increasing requirement on the comprehensive quality of hand-held tillers. Firstly, the functional model diagram of the hand-held tiller was established based on TRIZ, and the technical contradiction was explained. According to the contradiction matrix, the invention principle was determined, and the specific solution most suitable for solving the technical contradiction was determined. Then, combined with ergonomics, modeling semantics and color theory, the product modeling was analyzed in many aspects. An innovative design model based on TRIZ was proposed to carry out innovative design of the existing hand-held tillers. Combining TRIZ with related theories, the design practice of hand-held tiller is carried out, which verifies the feasibility of applying the proposed method to provide innovative ideas for product design concept, and provides an important reference for the development and design of related agricultural machinery products.

KEY WORDS: industrial design; TRIZ; product modeling; technical contradiction; hand-held tillers

我国西南地区以丘陵、山地为主, 耕地零碎狭小, 且土壤类型及植被多种多样, 耕地内缺乏机耕道, 大型农机在田间作业极为不便^[1]。随着手扶式旋耕机的

推广使用, 有效地解决了农村劳动力缺乏所面临的难题, 也大大提高了丘陵地区的农业机械化程度。目前, 手持式旋耕机由于其结构简单、体积小、灵活、操作

收稿日期: 2018-09-29

基金项目: 贵州省科技计划课题“基于数字媒体技术和人机工程学的农机驾驶室虚拟现实研究”(黔科合 LH 字[2014]7629); 贵州省科学计划项目(黔科合【2016】7432号); 贵州大学引进人才科研项目(贵大人基合字(2018)16号); 贵州省教育厅青年科技人才成长项目(黔教合 KY 字[2018]112)

作者简介: 张建敏(1976—), 女, 贵州人, 硕士, 贵州大学机械工程学院副教授, 主要研究方向为工业设计、数字媒体技术等。

通信作者: 王建伟(1993—), 男, 山西人, 贵州大学机械工程学院硕士生, 主攻产品创新设计。

方便,深受广大农民的青睐。近年来,全国各地农机因方便、效率高、经济性强等特点,使用于农田的数量快速增长,为农业增产和农民增收做出了突出的贡献^[2]。然而,现有的小型手扶旋耕机,在运行时遇到石头等障碍物,可能会使机器失去平衡。而此时旋耕机刀片仍然处于高速运转状态,容易导致事故的发生。

孙琳琳等人基于 KE 和 TRIZ,对汽车座椅从主观审美与结构功能方面进行创新设计与评价,并应用眼动仪进行眼动客观评价验证,提出一种普适性的设计方法^[3];刘晓敏等人利用 TRIZ 与功能类比理论,构建了一种产品设计方法,能够获取产品功能原理的创新概念设计方案^[4];檀润华等人将 TRIZ 与类比理论结合,以类比源设计为例,运用情景类比传递不可预见的发明原理,从而完成创新设计^[5]。

上述研究大多停留在产品功能的角度上,很少关注用户的主观审美和结构功能两者结合的创新设计。对此,本文将在 TRIZ 理论的基础上,结合形态语义学、人机工程学、色彩理论对手扶式旋耕机进行创新设计,优化设计方案,进行手绘与建模,最终确定设计方案。通过 3D 打印技术,制作缩比的产品模型,从而缩短手扶式旋耕机的设计周期^[6]。研究表明,这种创新设计模型会使设计结果更加可靠,设计过程更加便捷与高效。

1 创新设计模型

TRIZ 理论是解决发明问题的理论,是根里奇阿奇舒勒于 1946 年在苏联创立的。他与他的门徒一起从成千上万的专利和自然科学研究中,整理和归纳出的一套以解决发明问题为主要目的的实用性理论和方法体系^[7]。

产品造型设计主要是对电子产品、机械设备等工业产品的创意设计。通过对产品材料、造型、色彩等方面的分析,为新产品赋予新的形状和新的品质,从而实现工程技术与美学的和谐统一。

将 TRIZ 理论应用到产品的改进中,特别是将 TRIZ 的工程参数和技术冲突矩阵的创新方法应用在手扶式旋耕机设计中,大幅度提高了设计效率,节约了资金投入。

TRIZ 理论创新设计流程见图 1。首先,对手扶式旋耕机使用过程中存在的难题进行分析。功能分析是一个非常重要的工具,其可以帮助人们认真、细致、全面地分析系统中的所有组件,发现工程系统中的问题,找出功能冲突^[8],并对技术冲突进行矛盾分析,从而寻找功能原理组^[9]。在此基础上,结合产品造型设计从材料、造型、色彩等方面,对产品进行创新设计,并对方案进行优化,从而减少产品的开发风险。

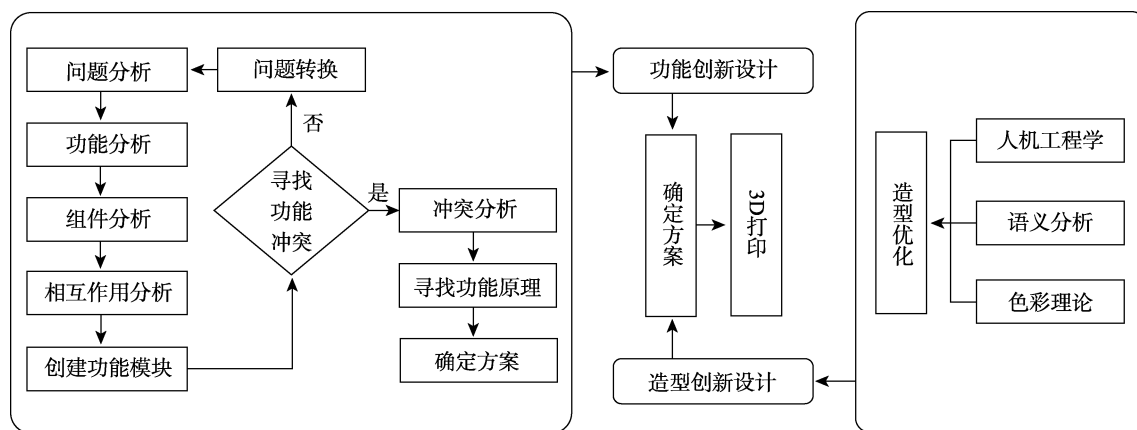


图 1 TRIZ 理论创新设计模型
Fig.1 Innovative design model of TRIZ

2 手扶式旋耕机的功能创新设计

2.1 功能分析

1) 问题背景。现有的小型手扶旋耕机,在运行时需要用双手握住手把,如果遇到突发情况,机器脱手,失去平衡时会伤害到操作者。问题是如何让操作者的手在离开把手以后,保障操作者的安全。

2) 组件及相互作用分析。系统组件功能分析是一个对系统功能建模的过程,所建的模型应包括超系统、系统组件、作用对象等元素,通过系统组件功能分析,可提示整个技术系统所有组件之间的相互作用

关系,以及如何实现系统,并从中找出解决问题的入手点^[8]。系统功能:操作者双手离开把手后,保障操作者的安全。系统组件:把手、手扶连杆、机箱、电机、旋耕刀、轮子以及传动装置。超系统组件:植被、土地。通过组件分析,建立相互作用的矩阵表,若两组件之间相互作用,则用“+”标记,否则用“-”标记,有“+”的表明可能存在功能^[8],见表 1。

3) 功能模型图。确定的方案之一是为旋耕机添加保护罩,可以增强旋耕机的安全性,但是这种方案难以被农户接受,这是因为方案会增加旋耕机的重量,影响旋耕机的速度,容易使操作者产生疲劳,从

而影响旋耕机的工作效率。同时，保护罩的存在会导致大量粘性泥土阻塞旋耕刀，从而使机器无法工作，电机烧坏或者传动轴断裂，因此需要找到一个更为简单的解决方案。手扶式旋耕机的功能模型见图 2。

表 1 手扶式旋耕机工程系统相互作用分析
Tab.1 Engineering system interaction analysis of hand-held tillers

	把手	手扶连杆	机箱	电机	旋耕刀	轮子	传动装置	植被	土地	空气
把手		+	-	-	-	+	-	+	-	+
手扶连杆	+		+	-	-	-	-	-	-	+
机箱	-	+		+	-	+	+	-	-	+
电机	-	-	+		+	-	+	-	-	+
旋耕刀	-	-	-	+		-	+	+	+	+
轮子	+	-	+	-	-		-	+	+	+
传动装置	-	-	+	+	+	-		-	-	+
植被	+	-	-	-	+	+	-		+	+
土地	-	-	-	-	+	+	-	+		+
空气	+	+	+	+	+	+	+	+	+	

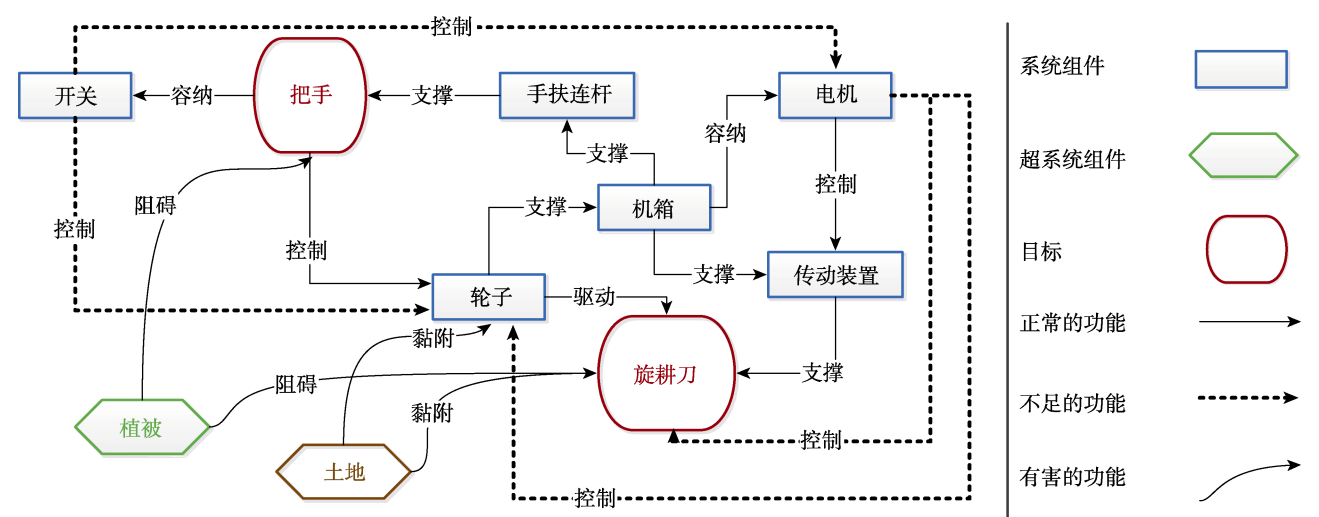


图 2 手扶式旋耕机的功能模型
Fig.2 Functional model of the hand-held tiller

2.2 阐述矛盾与确定发明原理

要解决的问题：在不影响手扶式旋耕机的形状和速度的情况下，如何通过较低成本提高手扶式旋耕机的安全性。手扶式旋耕机技术矛盾阐述，见表 2，为了提高手扶式旋耕机在使用过程中的安全性，本文选择技术矛盾-1^[10]。

本文研究的目标是要提高手扶式旋耕机的安全

性，因此，安全性为技术矛盾中要改善的参数，由于需要增加护罩，增加了手扶式旋耕机的重量，影响速度，也使操作者更容易产生疲劳，所以形状和速度是恶化参数。

从 39 个通用工程参数中找出最接近手扶式旋耕机研究的参数。“使用过程的安全性”最接近通用工程参数中的 27 “可靠性”，而“形状”和“速度”在通用工程参数中的 12 列和 9 列。

表 2 旋耕机技术矛盾阐述
Tab.2 Technical contradictions analysis of the rotary tiller

技术矛盾-1			技术矛盾-2		
如果	通过改变手扶式旋耕机的形状，增加相关的保护功能		不改变旋耕机的形状		
那么	遇到意外时，会增加旋耕机的安全性		旋耕机结构简单，速度适中		
但是	增加旋耕机的重量，影响旋耕机的速度		危险性不被消除，威胁操作者安全		

根据阿奇舒勒矩阵行确定矩阵第27行与第9列、第12列交叉对应的单元,第一组得到11号、21号、28号和35号发明原理;第二组得到1号、11号、16号和35号发明原理。结合手扶式旋耕机实际需要解决的问题,对得到的各条发明原理进行筛选分析,最后优选出11号(事先防范)、28号(机械系统代替)和35号(物理/化学状态变化)发明原理,作为手扶式旋耕机创新设计的指导思路^[11]。

2.3 应用发明原理的提示

根据28号(机械系统代替)创新原理的指导,对手扶式旋耕机进行创新设计。

手扶旋耕机包括机箱、把手、电机、旋耕刀以及轮子,把手通过手扶连杆与机箱连接,旋耕刀设置在机箱的前方位置,并通过传动装置与设置在机箱内部的电机传动连接。在把手内设置有压力传感器,压力传感器连接至单片机,单片机与电机控制连接。通过在把手处设置压力传感器,当压力传感器没有检测到操作者的压力时,通过单片机控制中断电机的运行,可以有效地降低因为突发事件造成操作者发生意外事故的情况。手扶旋耕机创新控制系统见图3。

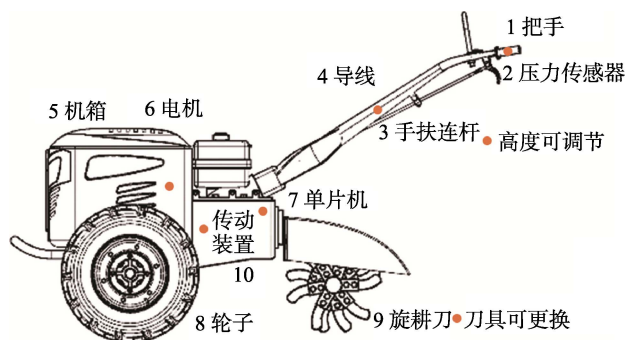


图3 手扶旋耕机创新控制系统

Fig.3 Innovation control system of hand-held tiller

手扶旋耕机包括机箱5、把手1、电机6、旋耕刀9以及轮子8,把手1通过手扶连杆3与机箱5连接,旋耕刀9设置在机箱5的前方位置,并通过传动装置10与设置在机箱5内部的电机6传动连接,轮子8安装在机箱5的下方,在所述把手1内设置有压力传感器2,压力传感器2连接至单片机7,所述单片机7与电机6控制连接。上述单片机7安装在机箱5内部。在本实施案例中,所述压力传感器2与单片机7通过导线4连接,导线4布置在手扶连杆3内部。

3 手扶式旋耕机造型优化设计

传统的产品创新设计初期,需要进行大量的市场调研以获得老产品使用过程的不足,并以此为基础进行创新改造,这种改造性创新显然滞后,难以适应市场需求的快速发展^[12]。这里以TRIZ理论为基础,综合考虑手扶式旋耕机的相关因素,以市场需求预测为

导向,改进传统的创新设计方法,探索出一种新型的创新设计方法模型。

3.1 人机工程学

手扶式旋耕机发生强烈振动的原因:一是手扶式旋耕机的使用造成发动机的振动,振动通过发动机和手扶连杆传动,引起手把的振动;二是颠簸路面的反馈作用,手扶式旋耕机主要用于丘陵地区的农田,道路条件差,旋耕机受地面的影响振动较大。若手把长时间严重振动,会使旋耕机的构件疲劳断裂,减少机器的使用寿命,也会使驾驶员感到烦躁,从而引起事故。伴随着长时间的振动,容易导致手臂组织损伤,引起病变^[13]。在手扶式旋耕机连杆架上安装振动阻尼装置,并采用橡胶部件增加阻尼,降低振动传动以减少振动,是手扶式旋耕机手把减振的有效措施^[13],把手设计见图4。

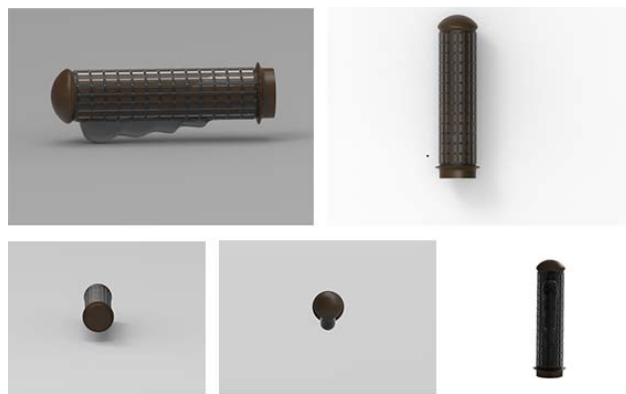


图4 把手设计
Fig.4 Handle design

3.2 造型语义

产品仿生设计不是单纯的仿形设计,而是充分考虑形态所具有的语义关系。通过语义关系的缜密推理,可以使仿生设计不但具有美的形态,而且可以在功能和情感等方面更富有内涵,从而增加产品的可用性、情感性和文化性^[14]。仿生设计的角度耦合,首先应该考虑的是产品造型语义能指与所指的合理性,这应是评判形态仿生最基本的标准之一。设计方案的语义分析,见图5,运用牛的造型设计旋耕机,充分考



图5 造型语义分析
Fig.5 Modeling semantic analysis

虑了仿生形态与产品设计的结合。牛是辛勤、力量的化身，牛的形态是稳健、踏实，用牛的造型作为旋耕机的基本形态，用“牛耕地”作为文化内涵，从外延性语义来讲，“牛”和“旋耕机”在能指上是相通的。这里的牛代表辛勤、力量与财富。在基督教中，牛代表服从。采用牛的仿生造型作为旋耕机的基本形态，其所指内涵语义厚重。

3.3 色彩理论

农机设计，除了重点考虑技术和功能的要求外，还应满足驾驶员的精神需求。色彩是造型艺术需重要考虑的一环，色彩的合理应用可以使农业机械的“形”更加突出，更引人注目。适当的配色，可以协调或弥补产品造型中的一些缺点。随着消费日益个性化，由

于大多数产品的特点、质量、材料差异很小，外观的差异成为人们消费的重要目标之一^[15]。随着技术的成熟，许多企业改变产品的色彩来改进设计，希望通过更美观、个性、合理的色彩造型，来吸引更多的客户。农业机械的色彩设计，要注意产品的颜色，特别是产品功能的提示作用，尽可能地将色彩和功能相匹配，更好地辅助产品功能效果的发挥，因此，在色彩设计时，必须考虑色彩对操作者心理方面的影响。此次设计以西南地区为主，考虑到西南地区以黄壤、砖红壤、紫色土等暖色调为主，结合色彩对比与互补的相关理论，最终手扶式旋耕机主体色彩的选择以冷色调蓝色为主。套色选象牙白、珍珠白进行局部装饰，使农机整体造型立体轻快，做到“自然、农机、人”三者的和谐一体，见图 6。



图 6 色彩分析
Fig.6 Color analysis

4 手扶式旋耕机具体设计

在上述功能与造型设计的基础之上，结合消费者的审美倾向，对手扶式旋耕机进行功能与造型相结合的创新设计，从而满足消费者生理与心理两方面的需求，降低手扶式旋耕机市场开发的风险。

在手扶式旋耕机的前脸造型设计中，借鉴耕牛造型进行设计，通过借鉴古代器物装饰常用的回形纹元

素进行设计，并将纹样结合旋耕机功能与结构进行再设计，将牛头形象融入旋耕机的前脸造型设计中，与手扶连杆整体体现牛头形象，也进一步从整体造型元素层面增强旋耕机的传统文化韵味^[16]。

经过整体造型形象设计及多次方案迭代设计，见图 7，最终对手扶旋耕机的造型进行创新设计，并通过 3D 打印技术，制作缩比模型，从而缩短产品设计到成型的周期，节省产品设计研发的成本，见图 8。



图 7 方案迭代设计
Fig.7 Scheme iteration design



图 8 最终效果

Fig.8 The final renderings

5 结语

通过利用 TRIZ 理论对手扶式旋耕机建立功能模型图,进行技术冲突分析,对手扶式旋耕机的结构与功能进行设计创新;并结合人机工程学、形态语义学、色彩理论等相关理论,对手扶式旋耕机进行造型创新设计。通过两方面的结合,对手扶式旋耕机进行功能与造型方面的整体创新设计。最后,通过 3D 打印技术,对产品进行模型制作,缩短产品设计到成型的周期。结果表明,用 TRIZ 理论和造型设计理论对手扶式旋耕机进行功能与外观的创新设计,能够有效地满足消费者生理与心理方面的实际需求,降低手扶式旋耕机的市场开发风险。这种创新设计模式,对其他产品创新设计有着极大的借鉴作用。

参考文献:

- [1] 陈建, 陈川, 陈洪. 西南地区微耕机面临的三大新挑战及对策探讨[J]. 农机化研究, 2014(10): 245—247.
CHEN Jian, CHEN Chuan, CHEN Hong. Three New Challenges Micro Tillers Face in Southwest China and Study of Countermeasures. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2014(10):245-247.
- [2] DARRELL M. Axiomatic Design and TRIZ: Compatibilities and Contradictions[C]. Preceedings of ICAD2002 Second International Conference on Axiomatic Design, Cambridge: 2002.
- [3] 孙琳琳, 孔繁森. 基于感性工学和 TRIZ 理论的汽车座椅视觉舒适度设计[J]. 吉林大学学报(工学版), 2014, 44(1): 106—110.
SUN Lin-lin, KONG Fan-sen. Visual Comfort Design of Automobile Seat Based on Kansei Engineering and TRIZ Theory[J]. Journal of Jilin University (Engineering and Technology Edition), 2014, 44(1): 106—110
- [4] 刘晓敏, 黄水平, 王建辉, 等. 基于 TRIZ 及功能类比的產品概念设计创新[J]. 机械工程学报, 2016, 52(23): 34—40.
LIU Xiao-min, HUANG Shui-ping, WANG Jian-hui, et al. Conceptual Design Based on TRIZ & Function Analogy for Product Innovation[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2016, 52(23): 34—40.
- [5] 檀润华, 张瑞红, 刘芳, 等. 基于 TRIZ 的二级类比概念设计研究[J]. 计算机集成制造系统, 2006, 12(3): 328—334.
TAN Run-hua, ZHANG Rui-hong, LIU Fang, et al. Two Stages Analogy-Based Conceptual Design Based on TRIZ[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2006, 12(3): 328—334.
- [6] 史玉升, 张李超, 白宇, 等. 3D 打印技术的发展及其软件实现[J]. 中国科学(信息科学), 2015(2): 197—203.
SHI Yu-sheng, ZHANG Li-chao, BAI Yu, et al. The Development of 3D Printing Technology and its Software Implementation[J]. Science China Press, 2015(2): 197—203.
- [7] 孙永伟. 伊克万科·谢尔盖. TRIZ 打开创新之门的金钥匙[M]. 北京: 科学出版社, 2015.
SUN Yong-wei, IKVANKO S. TRIZ's Golden Key to Opening the Door of Innovation[M]. Beijing: Science Press, 2015.
- [8] 郝兴玉, 贺刚, 董佳佳, 等. 基于 ARIZ 算法的方草捆收集车改进设计与试验[J]. 农业机械学报, 2016(10): 254—260.
HAO Xing-yu, HE Gang, DONG Jia-jia, et al. Improved

- Design and Test on Collecting Wagon of Rectangular Bale Based on ARIZ Algorithm[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2016(10): 254—260.
- [9] MANSOOR M, MARIUM N, ABDULWAHAB N I. Innovating Problem Solving for Sustainable Green Roofs: Potential Usage of TRIZ-Theory of Inventive Problem Solving[J]. Ecological Engineering, 2017(2): 209—221.
- [10] 李金川, 郑毅敏, 胡榄庆, 等. 基于TRIZ的旋转分离式宝塔菜联合收获机设计[J]. 农机化研究, 2017(4): 149—153.
LI Jin-chuan, ZHENG Yi-min, HU Lan-qing, et al. Design of Rotary Type Artichoke Combine Harvester Based on TRIZ[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2017(4): 149—153.
- [11] 李付星. 基于TRIZ冲突解决原理的压路机创新设计研究[J]. 机械设计, 2014(9): 109—112.
LI Fu-xing. Innovation Design of Road Roller Based on Conflict Solving Principle of the TRIZ[J]. Journal of Machine Design, 2014(9): 109—112.
- [12] 陈刚, 孙金红, 孟为国, 等. 基于用户需求分析的手扶式微耕机设计方法[J]. 机械设计, 2016, 33(11): 7—11.
CHEN Gang, SUN Jin-hong, MENG Wei-guo, et al. Design Method of Micro Handheld Tillers Based on the User Requirement Analysis[J]. Journal of Machine Design, 2016, 33(11): 7—11.
- [13] 王建伟, 张建敏. 基于Jack的农机驾驶室人机工程学分析及仿真分析[J]. 农机化研究, 2018(6): 246—251.
WANG Jian-wei, ZHANG Jian-min. Analysis and Simulation of Agricultural Machinery Cab Based on Jack[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2018(6): 246—251.
- [14] 杜鹤民. 基于产品语义的形态仿生设计方法研究[J]. 包装工程, 2015, 36(10): 60—63.
DU He-min. The Form Bionic Design Based on the Product Semantics[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(10): 60—63.
- [15] 杨勤, 赵慧亮, 吕健. 基于产品语义研究的烟草物流分拣系统物流界面设计[J]. 包装工程, 2013, 34(12): 41—45.
YANG Qin, ZHAO Hui-liang, LYU Jian. Interface Design of Logistics Sorting System Based on Product Semantic[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(12): 41—45.
- [16] 胡伟峰, 张明明, 谢伟, 等. 基于感性意象的越野车造型设计研究[J]. 机械设计, 2014, 31(11): 108—110.
HU Wei-feng, ZHANG Ming-ming, XIE Wei, et al. Research on SUV Modeling Design Based on Perceptual Image[J]. Journal of Machine Design, 2014, 31(11): 108—110.