

基于可拓创新法和 TRIZ 理论的 营地手推车折叠机构设计

王 军, 孙 帅

(湖北工业大学工业设计学院, 湖北 武汉 430064)

摘 要: 针对营地手推车现有折叠方式效率较低、产品笨重等问题, 综合利用多种折叠方式以解决现有问题。首先对现有营地手推车的折叠结构进行分析, 确定待解决问题, 其次依据基元理论创建问题模型, 利用 TRIZ 理论查询并确定解决相应问题的发明原理, 再进行拓展分析和可拓变换, 得到解决方案, 最终借助优越性评价选择最优方案。通过营地手推车的实例设计, 实现对其折叠时间、折叠流程以及轻量化的目标问题优化, 证明可拓分析与 TRIZ 中发明问题解决原理相结合能够提高解决效率, 为以后产品创新和筛选方案提供参考。

关 键 词: 可拓创新方法; TRIZ; 折叠机构; 工业设计; 产品创新

中图分类号: TB 472

DOI: 10.11996/JGj.2095-302X.2021050866

文献标识码: A

文章编号: 2095-302X(2021)05-0866-07

Design of folding mechanism of camping stroller based on extension innovation method and TRIZ theory

WANG Jun, SUN Shuai

(School of Industrial Design, Hubei University of Technology, Wuhan Hubei 430064, China)

Abstract: Aiming at the problems of low folding efficiency and clumsiness in the existing folding methods of camping stroller, various folding methods were comprehensively employed to address them. First, based on the analysis of the folding structure of the existing camping stroller, the problem to be solved were identified. Second, a problem model was established based on the primitive theory, and the TRIZ theory was adopted to query and determine the invention problem solving principle to solve the corresponding problem, and expand it with extension. The transformation was analyzed and extended to obtain a solution, and finally the best solution was selected with the help of superiority evaluation. Through the example design of the camping stroller, the optimization was realized in terms of its folding time, folding process, and lightweight target problems, and it was proved that the combination of extension analysis and the invention problem solving principle in TRIZ can improve the problem solving efficiency and provide reference for future product innovation and screening solutions.

Keywords: extension innovation method; TRIZ; folding mechanism; industrial design; innovative design

营地手推车是人们外出短距离运载小型货物的最佳工具, 最常见的营地手推车是一种可以整车折叠的类型, 其体积小、折叠后可以放进绝大多数

家用汽车后备箱中。在国外, 很多家庭除了使用营地手推车运输物品之外, 更多地作为童车使用, 其有利于亲子尤其是有多孩家庭在户外互动交流。随

收稿日期: 2021-01-27; 定稿日期: 2021-03-06

Received: 27 January, 2021; Finalized: 6 March, 2021

基金项目: 教育部产学研合作协同育人项目(201602031001)

Foundation items: Ministry of Education Industry-University Cooperation Collaborative Education Project (201602031001)

第一作者: 王 军(1970-), 男, 湖北武汉人, 副教授, 硕士, 硕士生导师。主要研究方向产品创新设计、儿童娱乐产品设计。E-mail: 19921039@hbut.edu.cn

First author: WANG Jun (1970-), male, associate professor, master. His main research interests cover product innovation design, children's entertainment product design. E-mail: 19921039@hbut.edu.cn

随着我国三孩政策的实施以及对外开放政策深入推进, 很多家庭有 2 个及以上的孩子后, 传统的单孩手推车无法适应这种变化, 而营地手推车可以满足多孩家庭的需求, 所以该产品未来在我国市场潜力很大。因此, 对其进行创新设计研究具有很大的价值和意义。

1 研究概述

1.1 营地手推车设计现状

目前, 国内的营地手推车产品很多, 但现有的产品同质化现象比较严重, 甚至外观均大同小异。车架结构作为承载营地手推车的支撑结构, 兼具折叠功能, 大多采用相似的结构与设计, 也没有根据载物对象的改变做出相应的调整; 折叠方式均为单向折叠, 且折叠后体积很大, 折叠效果不佳。图 1 为国内常见款的儿童营地手推车的展开与折叠展示。



图 1 常见的儿童营地手推车

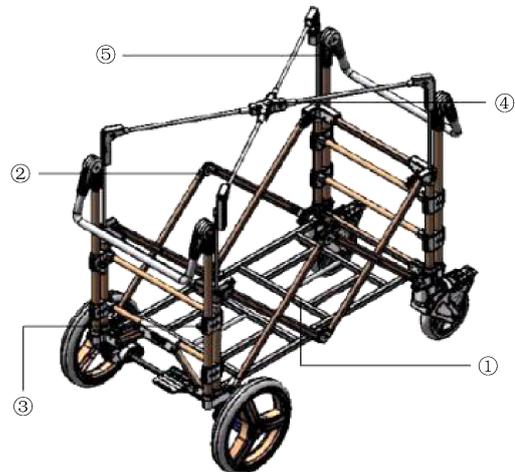
Fig. 1 A common children's camping stroller

如图 2 所示, 营地手推车的车架机构是用铰接的杆件形成的相互连接的一种连杆组件, 该控制机构控制连杆组件的展开与折叠闭合。由于折叠结构杆件很多, 整车过重, 不便于女性操作使用; 在折叠过程中需要一个人多步骤操作, 还会出现杠杆骨架收折不顺畅的问题, 因此使用不方便; 车子底座也有相应的支撑杆, 儿童乘坐时舒适性欠佳。国内学界对于传统的儿童手推车已有了丰富的研究成果, 但是对于营地手推车却鲜有研究与设计, 因此需要设计研究人员对于营地手推车折叠结构进行创新改良来简化车架的结构, 以适应用户的实际需求。

1.2 可拓创新方法

可拓创新方法是快速有效创意产生方法之一, 具有 4 个基本的特点, 即模型化、可变化、收敛化、整体化^[1]; 可拓创新方法中的建模和拓展主要基于语义分割的方法对创新设计过程中多种设计条件进行语义分割, 分成表示设计语义特征的最小最基

本元素, 针对不同的设计元素组建新的设计语义, 采用基元和模型的方式描述。该方法的 4 个主要的步骤包括: ①建立基元模型; ②进行拓展分析; ③分析结果进行可拓变换及运算; ④优度评价, 选优方案。



(①底部支撑架, ②车架连接件, ③移动铰接件, ④车顶棚支撑架, ⑤折叠车把手)

图 2 营地手推车车架结构

Fig. 2 Camping stroller frame structure

可拓创新方法中采用 $P=[o,c,v]$ 来表示待创新产品的基元模型, c 为描述对象 o 的某一特征, v 是特征 c 所对应的量值。在推理与决策过程中, 该方法论证严密合理, 广泛地应用于创新与决策有关的各个领域。李仔浩和杨春燕^[2]将可拓创新方法与逆向设计相结合, 形成改进产品可拓创意生成方法, 并应用到全自动装订机的创新设计中, 并验证其创新设计的可行性; 杨刚俊等^[3]阐述了可拓学的物元模型和菱形思维方法, 分析了可拓学应用在产品创新设计中的可行性; 王金广和许可^[4]研究了可拓学在工业设计方法创新研究, 并与工业设计方法相结合, 建立了用工业设计语言表述的可拓产品分析法与基于可拓产品分析法的可拓方案优选法模型, 用于指导工业设计本土化创新。

1.3 TRIZ 创新方法

TRIZ 理论作为创新方法中常用的理论之一, 包括 4 个分析工具, 即功能分析、矛盾分析、资源分析和物场地模型分析^[5]。TRIZ 创新方法可简化为 4 个主要步骤: ①分析描述问题; ②找到问题参数; ③利用知识库求解问题; ④理想度评价, 选优方案。张乐等^[6]将 TRIZ 理论应用到老人购物车的设计研究中, 利用 39 个通用工程参数和 40 条发明原理寻找可能解, 完成对传统老人购物车在使用性及舒适

度等方面的方案创新设计。杨勤等^[7]将 TRIZ 理论运用在行李箱创新设计中,解决了行李箱的现有使用问题,获得了创新设计解决方案。

2 基于可拓创新方法与 TRIZ 方法的创新流程

虽然可拓学和 TRIZ 理论 2 种方法均可以解决创新中的问题,但在分析与解决问题的机制上各不相同。可拓学研究问题更具有适应性,可以通过置换与变换,加强各方法间的联系,但运用此理论需要较强的数理化思维,设计人员不易掌握。TRIZ 理论求解工具较多,但较为固定,且互相独立性较强,并且 TRIZ 理论求解出来的方案评价方法比较主观,需要设计人员利用经验进行理想度评价。江帆^[8]运用可拓学与 TRIZ 理论,并结合一系列案例设计进行研究,产生了丰富的研究成果。本文运用这 2 种创新理论的优点和容易掌握的步骤,将其相互融合补充,明确在求解阶段每个步骤的选择机制,用以获得集成可拓创新理论与 TRIZ 的新的创新方法流程,这样可充分发挥 2 种理论的优势,新的方法旨在提高设计人员的效率,为解决设计问题和把握设计需求的准确度提供一系列的操作方法,让感性化的设计活动变得理性化,让设计从灵感迸发变得更加有章可循。

集成 2 种理论创新方法优势,利用 TRIZ 分析问题的合理性、易用性和可拓学化解问题的拓展性、规范性,提出集成可拓创新理论和 TRIZ 理论的创新方法的步骤如下:

步骤 1. 根据设计要求,确定要设计的目标产品 P,利用基元方法从功能、部件、环境等方面对产品进行全面地分析。

步骤 2. 根据分析结果判断目标产品的设计性质,是改进设计还是设计全新的产品,然后分别进行现有产品的矛盾分析或是利用 TRIZ 技术矛盾找到描述问题的矛盾参数。

步骤 3. 利用 TRIZ 矛盾矩阵确定工程原理解,然后对原理解进行专业领域语义转化和分割,得到目标产品的基元解。

步骤 4. 利用拓展分析法,将上一步得来的基元解进行拓展变换和可拓变换,得到一系列的解决方案或改进方案。

步骤 5. 利用优度评价方法,将得来的多个方案进行相互对比和选优,确定设计方案。

图 3 为集成可拓学和 TRIZ 理论的创新方法的一般流程。

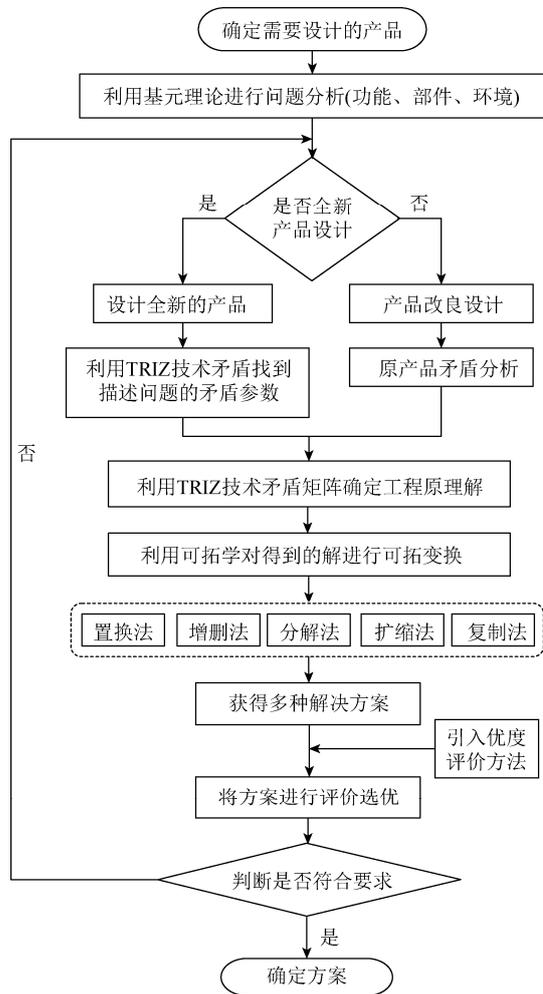


图 3 基于可拓创新方法与 TRIZ 方法的一般流程
Fig. 3 General process based on extension innovation method and TRIZ method

3 营地手推车折叠机构设计应用

3.1 利用基元进行问题分析

根据营地车折叠结构分析和用户使用分析,再由 3 位设计师专家对问题进行整理,得到营地手推车的折叠机构设计需要改进的问题见表 1。

表 1 营地手推车问题表
Table 1 Camping stroller question table

问题来源	问题描述
车架	过重
折叠方式	单一
折叠过程	步骤过多
车内乘坐	舒适度低

通过对问题进行描述和总结,再根据可拓创新理论中的形式化描述,建立其改进目标基元为

$$G = \begin{bmatrix} \text{改进, 折叠方式, 简化} \\ \text{结构重量, 减轻} \\ \text{折后体积, 更小} \end{bmatrix}$$

条件物元为

$$L = \begin{bmatrix} \text{营地手推车, 结构, 支撑} \\ \text{材料, 硬材料 \wedge 软材料} \\ \text{使用方式, 手推} \end{bmatrix}$$

由此可以看出, 该问题是一个不相容问题, 其设计性质是改进设计, 可以描述为 $P=G*L$ 。

3.2 利用 TRIZ 理论进一步拓展

通过分析 TRIZ 矛盾矩阵, 并对不相容问题进行技术矛盾分析, 可提取出主要问题: 如果减少折叠后的体积, 则会改变结构, 导致结构复杂, 增加重量。利用 TRIZ 的标准工程参数描述, 改善的工程参数: 运动物体的体积; 恶化的通用工程参数: 运动物体的重量和运动物体的面积。查询矛盾矩阵可获得推荐的发明原理有 N_01 , N_02 , N_04 , N_017 , N_029 和 N_040 。

通过查询 TRIZ 理论 40 个发明原理进行整理分析, 结合工业设计和有关折叠车专业领域知识, 最终选择 N_01 , N_07 , N_017 和 N_040 。这些原理的名称和含义如下:

N_01 . 分割原理: ①将对象分成相互独立的部分; ②将对象分成方便组装和拆卸的部分; ③提升对象的分割度。

N_07 . 嵌套原理: ①对象与对象层层嵌入, 形成多层嵌套结构; ②一个对象收入或者穿过另一个对象的空腔。

N_017 . 多维化原理: ①若对象一维直线运动有困难, 则向二维平面运动过渡; 若二维平面运动有困难, 则向三维空间运动转化, 以此类推; ②利用单层结构代替多层结构; ③将对象倾斜放置或者侧向放置; ④利用给定面的反面; ⑤利用照射到临近的面或者背面的光流。

N_040 . 复合材料原理: 利用复合材料代替单一材料或均质材料。

3.3 可行解的基元拓展

根据 TRIZ 分割原理的提示, 在设计营地手推车折叠系统中, 可以进行分组折叠, 或加入模块化设计, 根据一特征一对象多量值的方法, 进行拓展分析, 建立模型为

$$R_1 = \begin{bmatrix} \text{一步折叠 折叠效率 低} \\ \text{操作 简单} \end{bmatrix}$$

$$R_2 = \begin{bmatrix} \text{多步折叠 折叠效率 高} \\ \text{操作 复杂} \end{bmatrix}$$

$$R_3 = \begin{bmatrix} \text{模块折叠 折叠效率 一般} \\ \text{操作 复杂} \end{bmatrix}$$

根据嵌套原理和多维化原理, 在原产品折叠系统中, 可以将节点式折叠, 改变成多节点式、多维式或伸缩折叠, 几种常见的折叠方式的示意图如图 4 所示。

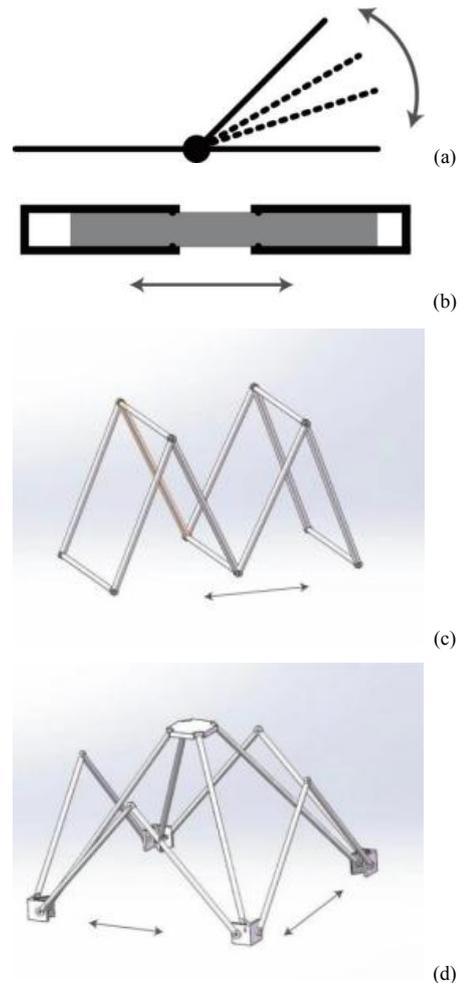


图 4 折叠结构示意图((a)节点式; (b)嵌套式; (c)单项式; (d)多项式)

Fig. 4 Schematic diagram of folding structure ((a) Node type; (b) Nesting; (c) One-way; (d) Multidirectional)

经过拓展分析, 建立其物元模型如下

$$D_1 = \begin{bmatrix} \text{单向折叠 折后体积 较小} \\ \text{折叠方式 简单} \\ \text{生产方式 容易} \end{bmatrix}$$

$$D_2 = \begin{bmatrix} \text{多向折叠 折后体积 小} \\ \text{折叠方式 复杂} \\ \text{生产方式 较容易} \end{bmatrix}$$

$$D_3 = \begin{bmatrix} \text{嵌套折叠} & \text{折后体积} & \text{较小} \\ & \text{折叠方式} & \text{一般} \\ & \text{生产方式} & \text{较容易} \end{bmatrix}$$

$$D_4 = \begin{bmatrix} \text{组合折叠} & \text{折后体积} & \text{小} \\ & \text{折叠方式} & \text{一般} \\ & \text{生产方式} & \text{较难} \end{bmatrix}$$

根据复合材料原理,分析原结构主要使用材料。不同的材质对营地手推车的折叠方式、重量以及成本上面都会有很大的影响,常见可以应用到折叠机构上面的材料见表2。

表2 常见材质特征对比

Table 2 Comparison of common material characteristics

参数	材料			
	铝合金	碳纤维	ABS 塑料	镀锌钢管
结实度	一般	高	弱	较高
重量	一般	轻	较重	重
成本	一般	高	低	一般

再根据一对象多特征多量值拓展分析可得

$$M_1 = \begin{bmatrix} \text{铝合金} & \text{硬度} & \text{较高} \\ & \text{重量} & \text{较轻} \\ & \text{成本} & \text{一般} \end{bmatrix}$$

$$M_2 = \begin{bmatrix} \text{碳纤维} & \text{硬度} & \text{高} \\ & \text{重量} & \text{轻} \\ & \text{成本} & \text{较高} \end{bmatrix}$$

$$M_3 = \begin{bmatrix} \text{ABS} & \text{硬度} & \text{较高} \\ & \text{重量} & \text{较重} \\ & \text{成本} & \text{低} \end{bmatrix}$$

$$M_4 = \begin{bmatrix} \text{镀锌钢管} & \text{硬度} & \text{高} \\ & \text{重量} & \text{较重} \\ & \text{成本} & \text{一般} \end{bmatrix}$$

根据材料的种类,将营地手推车中的连接方式利用一对象多特征的方法进行发散分析,建立模型如下

$$S_1 = \begin{bmatrix} \text{硬连接} & \text{材料} & \text{铝合金} \wedge \text{ABS} \wedge \text{碳纤维} \\ & \text{特点} & \text{过硬} \\ & \text{结构} & \text{稳定} \end{bmatrix}$$

$$S_2 = \begin{bmatrix} \text{软连接} & \text{材料} & \text{涤纶带} \\ & \text{特点} & \text{柔软} \\ & \text{结构} & \text{不稳定} \end{bmatrix}$$

$$S_3 = \begin{bmatrix} \text{软硬结合} & \text{材料} & \text{软材料} \vee \text{硬材料} \\ & \text{特点} & \text{软硬适中} \\ & \text{结构} & \text{稳定} \end{bmatrix}$$

根据上述的拓展分析,可以得到关于收缩方式、结构、材料和连接方式的多种方案。

3.4 可拓变换

在可拓创新理论中,解决矛盾问题的主要工具是可拓变换;其可以使不相容的问题转变成相容的问题,使不可行的解转化为可行解。可拓变换的基本变换方法有5种:置换法、增删法、分解法、扩缩法和复制法^[9]。

根据营地手推车的问题矛盾,折叠机构需要操作便捷,利用增删法和置换法,在发散得到的方案中 R_1 和 R_2 都符合要求,在关于折叠后体积变小的方案发散中,4种方案都有助于减小折叠后的体积,考虑营地手推车过重,从发散方案中选择 M_1 和 M_2 ,最后由于营地手推车载物对象是儿童,考虑舒服性和安全性所以选择 S_3 。

经过可拓变换,可以得到一些初步方案,为了矛盾问题可以得到高效地解决,根据一些专业知识,初步选择如下方案:

方案 1. 一种基于铝合金材料的,软硬结合单向一步折叠营地手推车结构,其模型为 $P_1=R_1 \oplus D_1 \oplus M_1 \oplus S_3$ 。

方案 2. 一种基于碳纤维材料的,软硬结合多向一步折叠营地手推车结构,模型为 $P_2=R_1 \oplus D_2 \oplus M_2 \oplus S_3$ 。

方案 3. 一种基于铝合金材料的,软硬结合嵌套多步折叠的营地手推车结构,其模型为 $P_3=R_2 \oplus D_3 \oplus M_1 \oplus S_3$ 。

方案 4. 一种基于碳纤维材料的,软硬结合的组合式多步折叠的营地手推车结构,其模型为 $P_4=R_2 \oplus D_4 \oplus M_2 \oplus S_3$ 。

上述4种方案均可满足营地手推车操作方便,减轻重量,减小折叠后体积等需求。

3.5 优度评价

优度评价是可拓创新理论中对对象评价的基本方法,其步骤流程如图5所示,根据4种方案,用优度评价法将方案评价优选。

(1) 选取衡量指标。选取操作性 c_1 , 折叠后体积 c_2 , 成本 c_3 , 为衡量指标,得到衡量条件集: $O=\{(c_1, v_1), (c_2, v_2), (c_3, v_3)\}$, v 是 c 的量值。

(2) 确定权系数。评价营地手推车优劣的各衡

量指标 c_1, c_2, c_3 , 有轻重之分, 用权系数来表示各个衡量指标的重要程度, 权系数记为 a_i 。采用层次分析法(analytic hierarchy process, AHP), 确定 3 个衡量指标的相互比率, 使用 1~5 的比率标度法, 由于操作性包含重量等影响因素, 所以会明显比其他两个因素重要, 折叠后缩小占地空间是最初问题诉求, 所以比成本重要, 采用 AHP 构建判断矩阵为

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 5 & 3 \\ 1/5 & 1 & 1/4 \\ 1/3 & 4 & 1 \end{bmatrix}$$

采用 AHP 和法求得权系数 $a_i=(0.6194, 0.2842, 0.0964)$ 。

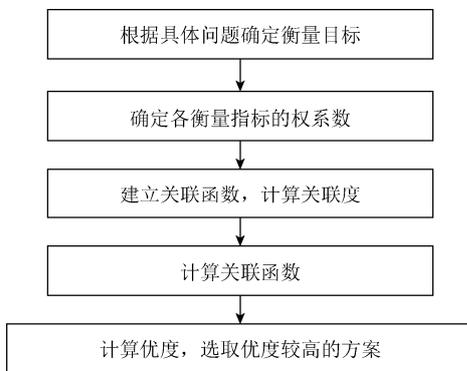


图 5 优越度评价流程

Fig. 5 Excellence evaluation process

(3) 建立关联函数。3 个衡量指标均可以是离散型取值, 所以建立离散型关联函数来衡量各指标符合要求程度, 建立营地手推车结构的操作性、折叠后体积、成本的简单关联函数为

$$K_i(x) = \begin{cases} 5, & x = \text{很简便/很小/很便宜} \\ 4, & x = \text{简便/较小/较便宜} \\ 3, & x = \text{一般} \\ 2, & x = \text{复杂/较大/较贵} \\ 1, & x = \text{很复杂/很大/很贵} \end{cases}$$

根据原始设计的要求和相关领域的专业知识, 将获得的新方案关于上述 3 个衡量指标的取值见表 3。

表 3 方案关于评价特征的取值

Table 3 The value of the evaluation feature of the scheme

评价特征	方案 P_1	方案 P_2	方案 P_3	方案 P_4
操作性 c_1	很简便	简便	复杂	一般
折叠后体积 c_2	很大	很小	较小	一般
成本 c_3	很便宜	较便宜	一般	较贵

将表中的值代入上面的关联函数, 计算出不同衡量指标的关联度分别为

$$\begin{cases} k_{c_1} = (5, 4, 2, 3) \\ k_{c_2} = (1, 5, 4, 3) \\ k_{c_3} = (5, 4, 3, 2) \end{cases}$$

(4) 计算规范关联度。根据规范关联度公式为

$$k_i(O_j) = \frac{k_i(O_j)}{\max |k_i(x)|} \quad (i, j = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (1)$$

则其规范关联度为

$$\begin{cases} k_{c_1} = (1, 0.8, 0.4, 0.6) \\ k_{c_2} = (0.2, 1, 0.8, 0.6) \\ k_{c_3} = (1, 0.8, 0.6, 0.4) \end{cases}$$

因此各个方案规范关联度为

$$\begin{cases} K(P_1) = (1, 0.2, 1) \\ K(P_2) = (0.8, 1, 0.8) \\ K(P_3) = (0.4, 0.8, 0.6) \\ K(P_4) = (0.6, 0.6, 0.4) \end{cases}$$

(5) 计算优越度, 根据优越度公式

$$C(K_p) = \sum_{i=1}^n \alpha_i k_i(x_j) \quad (i = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3) \quad (2)$$

将上文规范关联度代入到公式中, 得到各个方案的优越度见表 4。

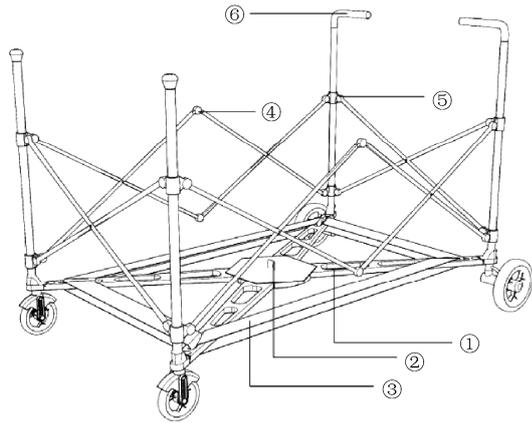
表 4 优越度评价结果对比

Table 4 Comparison of superiority evaluation results

方案	综合优越度
P_1	0.772 6
P_2	0.787 4
P_3	0.533 0
P_4	0.580 7

通过综合优越度结果对比可以看出: 进行创新设计后的营地手推车结构方案中, 方案 P_2 的优越度值比其他 3 个方案优越度值大, 因此方案 P_2 最优, 方案 P_1 次之。

图 6 是方案 P_2 的结构展示图, 此方案结构硬部采用碳纤维结构, 可有效地减轻整体结构的重量, 使整车更加轻量化; 折叠时将折叠拉环向上提, 可以使 4 个轮子同时向内收缩, 达到一步多向地折叠, 这样不仅操作简单, 折叠后体积也更小, 从而实现对其折叠时间、折叠流程的优化; 底部软硬结合的结构可以在使营地手推车稳定的同时, 让儿童乘坐更加舒适。



(1)底部支撑结构, (2)折叠拉环, (3)涤纶织带, (4)车架连接件,
(5)移动铰接件, (6)固定车把手)

图6 营地手推车创新新折叠结构

Fig. 6 Innovative new folding structure for camping stroller

4 结 论

(1) 通过对营地手推车的使用分析, 模拟分析发现用户在使用营地车折叠时产生的一系列问题, 为找到折叠机构优化点, 进行了营地手推车折叠机构的创新设计, 达到了整车结构的优化和轻量化处理的效果。此种折叠机构不仅可以运用在营地手推车的结构中, 救援担架等相关的折叠结构亦可参考应用。

(2) 在设计的过程中, 将可拓创新理论与 TRIZ 理论结合, 得到了在解决矛盾问题的不同阶段的处理方式, 形成了模型化的推理创新方法, 为设计人员提供了新的流程化的设计方法, 这种方法具有更好的适应性和可操作性, 拓宽了设计人员在解决车子折叠机构时的思路, 对相关的设计工作具有一定的参考意义。

本文运用实例验证了方法的可行性, 获得了多种创意方案, 并利用优度评价, 得到相对最优的解决方案。因此基于可拓创新理论和 TRIZ 理论结合的创新设计方法为产品的创新设计提供了新的设计流程, 此方法在更多设计案例中应用将是后续研究的重点。

参考文献 (References)

- [1] 杨春燕, 罗良维. 可拓创新方法在产品中的应用[J]. 包装工程, 2016, 37(14): 7-10.
YANG C Y, LUO L W. Application of extension innovation method in product design[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(14): 7-10 (in Chinese).
- [2] 李仔浩, 杨春燕. 基于逆向设计的产品可拓创意生成方法[J]. 机械设计, 2019, 36(12): 127-133.
LI Z H, YANG C Y. Product extension creative generation method based on reverse design[J]. Journal of Machine Design, 2019, 36(12): 127-133 (in Chinese).
- [3] 杨刚俊, 余隋怀, 初建杰. 基于可拓学模型的产品创新设计方法[J]. 包装工程, 2011, 32(18): 30-33.
YANG G J, YU S H, CHU J J. A new product innovation design method based on extenics model[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(18): 30-33 (in Chinese).
- [4] 王金广, 许可. 基于可拓学的工业设计方法创新研究[J]. 机电工程技术, 2014, 43(12): 23-27, 232.
WANG J G, XU K. Industrial design method innovation research based on extenics[J]. Mechanical & Electrical Engineering Technology, 2014, 43(12): 23-27, 232 (in Chinese).
- [5] 张雷, 张伟伟, 蒋诗新, 等. 基于 TRIZ 与专利分析的产品绿色创新设计方法[J]. 机械设计与研究, 2016, 32(5): 1-4, 24.
ZHANG L, ZHANG W W, JIANG S X, et al. Green product innovation design method based on TRIZ and patent analysis[J]. Machine Design & Research, 2016, 32(5): 1-4, 24 (in Chinese).
- [6] 张乐, 孙志学, 胡成朵, 等. TRIZ 理论在老人购物车设计中的应用研究[J]. 机械设计, 2017, 34(12): 126-128.
ZHANG L, SUN Z X, HU C D, et al. Application study of TRIZ in the design of elderly shopping cart[J]. Journal of Machine Design, 2017, 34(12): 126-128 (in Chinese).
- [7] 杨勤, 李炜烙, 周艾, 等. 基于 TRIZ 理论的行李箱创新设计[J]. 图学学报, 2021, 42(1): 158-164.
YANG Q, LI W L, ZHOU A, et al. Innovative design of luggage case based on TRIZ theory[J]. Journal of Graphics, 2021, 42(1): 158-164 (in Chinese).
- [8] 江帆. TRIZ 与可拓学比较及融合机制研究[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2015.
JIANG F. Study on the comparison and integration mechanism between TRIZ and extenics[M]. Beijing: Beijing Institute of Technology Press, 2015 (in Chinese).
- [9] 唐文艳, 张晓伟, 李苏洋, 等. 基于可拓学的刨床刨刀往复运动机构设计[J]. 机械科学与技术, 2014, 33(6): 811-814.
TANG W Y, ZHANG X W, LI S Y, et al. Design of reciprocating motion mechanism for plane blade of planer based on extenics[J]. Mechanical Science and Technology for Aerospace Engineering, 2014, 33(6): 811-814 (in Chinese).