

可拓与 TRIZ 融合辅助设计思维过程研究

陈美^{1,2}, 檀润华^{1,2}, 曹国忠^{1,2}, 林聪慧^{1,2}, 刘刚^{1,2}

(1.河北工业大学, 天津 300401;

2.国家技术创新方法与实施工具工程技术研究中心, 天津 300401)

摘要: **目的** 构建完善的设计思维过程模型, 提高设计思维方法的客观性和可操作性。**方法** 将可拓和 TRIZ 融合对设计思维过程中问题分析、求解和评价三个重要阶段进行优化。利用可拓模型建立形式化问题定义模型; 集成可拓与 TRIZ 求解工具, 构建问题求解模型; 融合 TRIZ 理想度法则和可拓优越性评价, 提出理想优越性评价方法。**结果** 构建了可拓与 TRIZ 融合辅助的设计思维过程模型, 并通过智能购物车的设计验证了该模型的合理性和可行性。**结论** 所构建的基于可拓与 TRIZ 融合的设计思维过程模型更具客观性和可操作性, 对于支持产品创新设计实践具有重要意义。

关键词: 创新设计; 设计思维; 可拓学; TRIZ; 智能购物车

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2022)20-0169-10

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2022.20.018

Process of Design Thinking with Extenics and TRIZ

CHEN Mei^{1,2}, TAN Run-hua^{1,2}, CAO Guo-zhong^{1,2}, LIN Cong-hui^{1,2}, LIU Gang^{1,2}

(1.Hebei University of Technology, Tianjin 300401, China; 2.National Engineering Research

Center for Technological Innovation Method and Tool, Tianjin 300401, China)

ABSTRACT: In order to improve the objectivity and operability of design thinking method, a perfect design thinking process model is constructed. Extenics and TRIZ are integrated to optimize the three important stages of problem analysis, solution and evaluation in the process of design thinking. The extension model is used to establish the formal problem definition model. The extenics and TRIZ tools are integrated to build the problem solving model, combining TRIZ ideality rule and extension superiority evaluation. And an ideal superiority evaluation method is proposed. The design thought process model, which can be combined with TRIZ, is constructed, and the rationality and feasibility of the model are verified by the design of the smart shopping cart. The design thinking process model based on the fusion of extenics and TRIZ is more objective and operable, which is of great significance to support the practice of product innovation design.

KEY WORDS: innovation design; design thinking; extenics; TRIZ; smart shopping cart

创新能力已经成为衡量一个国家和地区综合实力的重要指标, 提高自主创新能力, 大力发展创新设计是我国创新战略发展的核心^[1-2]。设计思维作为以人为中心、基于问题解决理论的创新设计方法^[3], 是当今设计学界与业界的热点问题。目前设计思维的研究大多集中在宏观理论框架层面, 缺少对“设计思维”作为解决问题的方法来改善创新设计具体机制的关

注, 在实践中存在主观性过强、可操作性差等问题。为完善设计思维过程, 本文从可拓与 TRIZ 融合辅助的角度对设计思维过程展开研究, 构建基于可拓与 TRIZ 融合的设计思维过程模型。

1 设计思维过程研究

设计思维的出现最早可以追溯到 1969 年诺贝尔

收稿日期: 2022-05-23

基金项目: 国家创新方法工作专项项目 (2019IM020200)

作者简介: 陈美 (1995—), 女, 硕士生, 主攻工业设计与创新方法。

通信作者: 曹国忠 (1974—), 男, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为创新设计、发明问题解决理论 (TRIZ)。

奖获得者赫伯特·西蒙在他的著作《人工科学》中提出的设计作为一种思维方式的概念^[4]，后来在斯坦福大学设计学院（D.school）和 IDEO 设计咨询公司联合推广下，设计思维开始受到越来越多人和企业的关注，并取得巨大成功。

目前设计思维的研究主要集中在理论基础研究和模型构建，在实践应用上的研究较少。现有设计思维方法指导产品设计的研究主要包括两个方向：

1）其中大部分研究将设计思维过程模型直接引入产品设计中，如 McGinn 等^[5]将设计思维方法引入社会辅助机器人的设计开发中，为机器人设计迭代提供了参考价值；谭浩等^[6]将设计思维引入具有复杂性的智能产品交互设计过程中的情境分析中，基于“5W1H”方法构建了情境作用下的智能产品交互设计思维模型；余隋怀等^[7]将设计思维模型应用到装备改良制造业中，构建了基于设计思维方法的装备制造改良机制。

2）另一部分研究基于其他创新方法辅助设计思维引入产品设计中：Saidi 等^[8]结合人因工程学方法将设计思维应用到医疗器械的设计中，构建医疗器械设计思维方法，以增强医疗器械可用性；张婉玉等^[9]将设计思维模型与层次完形法相结合，应用到复杂的创新活动文化创意产品的设计中；尹碧菊等^[10]结合设计策略进行设计进程和思维模式的内部关系研究，构建

计算机辅助设计思维创新模型。

虽然这些研究为不同类别产品设计提供了相应的理论基础和模型指导，但大多只是将设计思维过程与产品设计流程简单叠加，存在模型使用方法单一、创新方案产生过于依赖个人经验、主观性较强、创新效率低等问题。因此，将探索设计思维作为解决问题的方法来改善产品创新设计的具体机制，仍需要展开深入研究。

从设计实践的角度来看，设计思维提供了一个整合的框架，将创造性和分析性的推理模式结合在一起。虽然不同领域的组织机构和专家学者总结出来的设计思维过程的阶段分类方法不同，但其设计过程特征存在趋同性^[11]，如图 1 所示。

通过梳理可以发现，设计思维过程中一个广泛共享的观点为：几乎所有的设计思维模型都围绕“问题空间”和“解决问题空间”展开，并在发散思维和收敛思维之间不断迭代循环。可以将设计思维过程总体分为三个阶段：探索阶段、创意生成阶段和测试评估阶段。第一阶段探索阶段，侧重于数据收集，以确定用户需求并定义问题；第二阶段创意生成阶段，该阶段的重点是产生大量的创新解决方案；第三阶段测试评估阶段，通过原型化和测试评估，选取最佳的解决方案，试图复制过程的非线性和迭代特性，以提高创新过程效率。

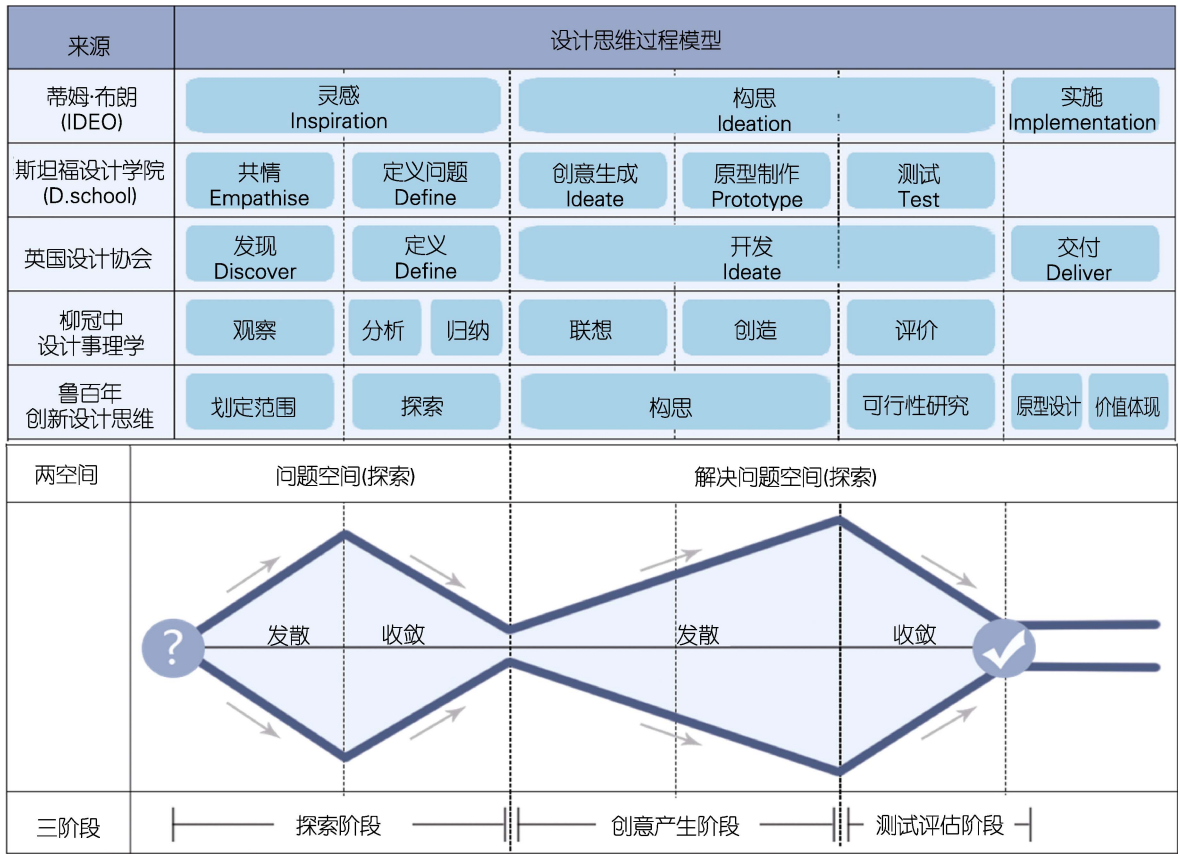


图 1 设计思维过程模型分析
Fig.1 Analysis of design thinking process model

设计过程特征的趋同性, 恰好为描述设计思维过程提供了理论基础: 这是一个以问题和解决方案为中心的驱动创新设计过程。基于此提出“获取需求

信息、定义分析问题、构思解决方案、制作方案原型、测试评估方案”五步骤设计思维过程模型, 如图 2 所示。

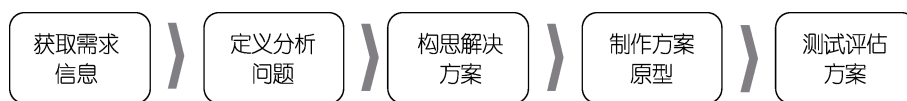


图 2 设计思维过程研究模型

Fig.2 Research model of design thinking process

2 可拓与 TRIZ 辅助设计思维过程分析

2.1 可拓辅助问题定义分析

确定用户需求并定义问题是设计思维中非常重要的一个环节, 但在这一过程中缺少问题分析的标准化模型, 导致一些碎片化或潜在性的信息不能被系统地表示出来, 大多依赖设计者的偏好和喜好对用户需求信息进行分析处理, 在推测用户真正动机和需求上存在很强的主观性。可拓学为分析一般问题提供了形式化模型, 通过拓展变换的规律揭示问题的根本原因^[12]。因此, 可利用可拓模型建立形式化问题定义分析模型, 为设计思维问题定义阶段提供客观合理的系统化模型。可拓辅助问题定义分析的具体过程, 如图 3 所示。

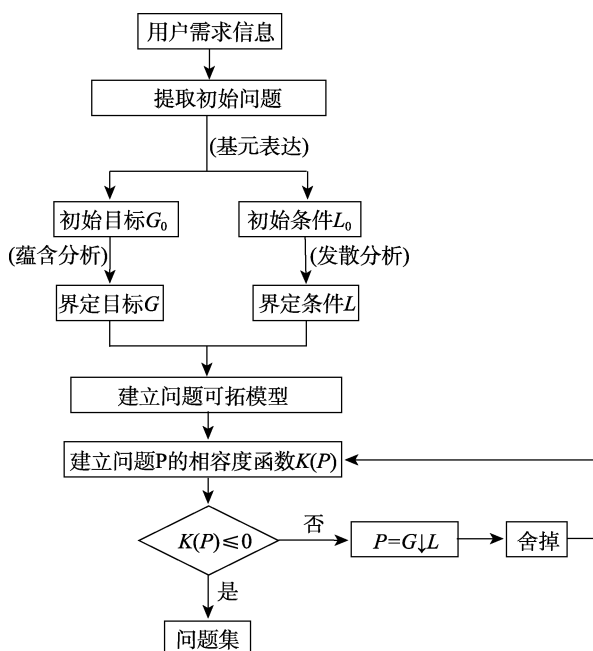


图 3 可拓模型辅助问题定义分析流程

Fig.3 Extension model aided problem definition analysis process

1) 从用户需求信息中提取初始问题 P_0 , 建立初始问题的可拓模型 $P_0 = G_0 * L_0$, 并用基元模型形式化表达初始目标 $G_0 = (g_0, c_1, v_1)$ 和初始条件 $L_0 =$

(l_0, c_2, v_2) 。其中 G_0 为初始用户需求目标, 简称初始目标; L_0 为实现目标的所需条件, 简称初始条件。

2) 对初始目标 G_0 进行蕴含分析, 深度挖掘用户真实需求目标, 得到界定目标 G 。

3) 对初始条件 L_0 进行发散分析, 确定与条件对应的现实条件, 包括资源条件和环境条件, 得到界定条件 L 。

4) 建立界定问题可拓模型 $P = G * L$ 。

5) 根据实际问题的条件和目标实现要求, 建立问题的相容度函数 $K(P)$, 并对其进行计算判断。若 $K(P) \leq 0$, 则表示在已知条件 L 的基础下, 无法实现当前的主观需求目标 G , 用符号“ $\uparrow$ ”表示, 可拓模型表达式为 $P = G \uparrow L$, 将问题 P 置入问题集; 若 $K(P) > 0$, 则表示当前条件基元 L 可以实现需求目标基元 G , 用符号“ $\downarrow$ ”表示, 可拓模型表达式为 $P = G \downarrow L$, 即当前条件和目标之间不存在问题, 可以将其直接舍弃, 进行下一个问题 P 的计算与判断。

6) 最后得到问题集 $P = \{p_1, p_2, p_3, \dots, p_i\}$ 。

2.2 可拓与 TRIZ 融合辅助构思解决方案

设计思维是以解决问题为导向的创新设计方法, 但在构思阶段没有成熟的工具方法指导, 现有方法存在过于依赖个人经验、可操作性低等问题, 导致真正能熟练掌握、并灵活应用设计思维进行高效创新设计的人并不多。可拓学和 TRIZ 理论都是以解决矛盾问题为核心的创新方法^[13], 对经验依赖性小, 更加客观合理、可操作性更强^[14], 可用于丰富设计思维求解过程。可拓学和 TRIZ 理论作为先进的创新设计方法, 在创新问题求解方面都有各自相对成熟的理论和方法体系, 在创新设计的应用过程中存在各自的优势和局限性。可拓学利用基元模型形式化、标准化描述问题, 能为设计者提供完整的思考路径与模式, 但其工具方法在问题求解上有一定难度; TRIZ 理论主要是解决设计中如何做的问题, 问题求解工具比较具体、容易操作, 但在问题的定义和分析上存在一定的困难。因此将可拓学和 TRIZ 理论的问题求解方法放在一个创新问题求解工具集合中, 构建可拓与 TRIZ 融合辅助设计思维的问题求解模型, 具体问题求解过程, 如图 4 所示。

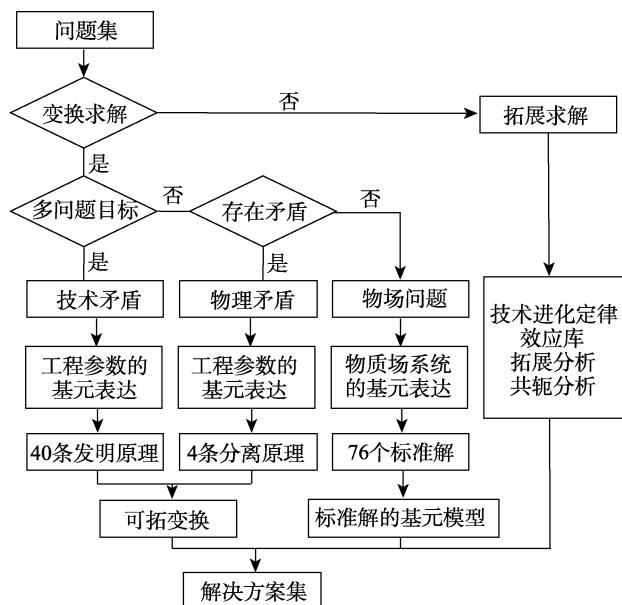


图4 可拓与TRIZ融合辅助问题求解模型

Fig.4 Extenics and TRIZ fusion aided problem solving model

针对问题集的问题，对求解思路进行选择：若问题比较复杂或需要更多创新解决方案时，选择变换求解思路进行问题求解；一般性或较为简单的问题，选择拓展思路进行求解。

若选择变换求解，需对问题进行进一步判断：当问题中含有两个及以上目标 G_i ，在同一条件 L 下表现出不同的要求，则判断为技术矛盾问题，利用基元模型对工程参数进行表达，然后通过查询矛盾矩阵选择对应的发明原理，最后利用发明原理和可拓变换等价变换规则，对问题进行求解；若问题中只含有一个目标 G ，且在当前条件 L 下存在矛盾，即同一目标在同一条件下具有相反的要求，则判断为物理矛盾问题，利用基元模型对工程参数进行表达，然后选择对应分离原理，最后利用可拓变换对问题进行求解；当问题中含有一个目标 G ，但当前条件 L 对目标 G 的实现存在过剩、不足或缺失的问题，即可判断其为物质场问题，则先用基元模型对物质场系统进行形式化描述，然后从 76 个标准解中选择对应标准解，通过标准解的基元模型对问题进行求解。

若选择拓展求解，可以选择技术进化定律、科学效应库、拓展分析或共轭分析等方法进行求解，具体选择哪种工具需要到时候根据具体问题来选择。

最后将获取的所有问题解决方案置入方案集中。

2.3 理想优度评价方法辅助方案测试评估

测试评估是设计思维过程中的最后一步，需要对设计过程产出的多个解决方案进行评价排序，确定最终的解决方案，并将不合理的方案舍弃或重新设计求解。现有的设计思维评价方法通常采用问卷调查法对设计原型进行反馈收集，更多依赖于原型制作的好坏

以及用户在当时情境下的感受，而缺少对方案本身的关注，更没有基于方案本身的评价标准。可拓和 TRIZ 在问题求解后都有各自的方案评价准则，TRIZ 用理想度法则来评价求解方案，而可拓利用优度评价方法来评价求解方案^[15]。因此，首先利用理论理想度法则选取评价衡量指标，并利用 AHP 层次分析法辅助评价指标权系数的确定，消除人为干预，然后利用优度评价方法进行关联度和优度计算，通过数据将抽象化的评价指标进行量化，构建理想优度评价方法，使设计思维评价更加客观合理。评价实施过程如图 5 所示。

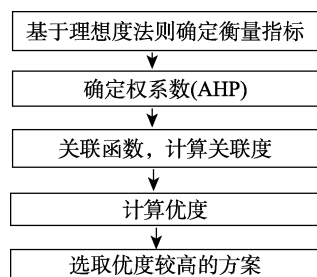


图5 理想优度评价过程

Fig.5 Ideal goodness evaluation process

1) 根据 TRIZ 理想化方向，确定衡量指标。根据 TRIZ 提高理想化水平（低成本、高功能、高可靠性、无污染）的方向，从基本功能实现（功能可靠性）、生产制造成本（包括人力、财力、物力、时间等）、对周边环境造成影响（包括安全性、空间占用以及是否存在环境污染等）等角度，选取适合产品设计复杂度的衡量指标，衡量指标控制在 3~5 个为宜。

建立衡量指标集：

$$SI = (SI_1, SI_2, \dots, SI_l) \quad (1)$$

2) 确定权系数。采用 AHP 层次分析法中的 1-9 比率标度法，即使用 1、3、5、7、9 来表示两元素之间的重要程度：同等重要、稍微重要、明显重要、非常重要、极端重要。若因素 A 比 B 重要，标记为 $1/i$ ，否则标记为 $1/i$ ，构建判别矩阵，最后采用 AHP 的积法求得权系数为：

$$\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_i) \quad (2)$$

3) 建立关联函数，计算关联度。首先根据评价参数区间选择建立相应关联函数，通过计算得到对象 W_j 关于各衡量指标 SI_i 的关联函数值 $K_i(W_j)$ ，则各对象 $W_1, W_2, \dots, W_m$ 关于 SI_i 的关联度为：

$$K_i = (K_i(W_1), K_i(W_2), \dots, K_i(W_m)), i = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

为方便后续计算根据：

$$k_{ij} = \frac{K_i(W_j)}{\max |K_i(x)|}, i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m \quad (4)$$

将关联度规范化得到各对象 $Z_1, Z_2, \dots, Z_m$ 关于衡量指标 SI_i 的规范关联度为：

$$k_{ij} = (k_{i1}, k_{i2}, \dots, k_{im}), i = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

4) 优度计算, 对方案优度进行排序。对象 Z_j 关于各衡量指标 $SI_1, SI_2, \dots, SI_n$ 的规范关联度为:

$$K(W_i) = \begin{bmatrix} k_{1j} \\ k_{2j} \\ \vdots \\ k_{nj} \end{bmatrix}, j = 1, 2, \dots, m$$

(6)

计算优度:

$$C(W_j) = \alpha K(W_j) + \sum_{i=1}^n \alpha_i k_{ij}, j = 1, 2, \dots, m$$

(7)

3 可拓与 TRIZ 融合辅助设计思维过程模型构建

以设计思维过程研究中提出的五步骤为基本框架, 综合可拓与 TRIZ 融合辅助设计思维过程研究机制, 构建可拓与 TRIZ 融合辅助的设计思维过程模型。具体操作流程如图 6 所示。

1) 获取用户需求。首先通过定量分析方法(问卷调查、二手资料收集)和定性分析方法(访谈、同

理心观察)获取用户需求信息, 然后对获取的用户需求信息进行简单的筛选, 去除冗余、重复、不完整的需求信息, 并将其作为初始问题进行研究分析。

2) 定义分析问题。先提取初始问题, 并对初始目标和条件分别进行蕴含和发散分析, 得到界定问题可拓模型, 根据实际问题的条件和目标实现要求建立相容度函数, 并对其进行判断, 从而确定问题集。

3) 构思解决方案。根据问题先选择求解思路, 需要更多创新问题求解方案时, 选择变换求解思路; 较为简单的问题可选择拓展求解思路。然后判断问题类型, 选择相应求解工具进行求解, 以获取解决方案, 并将其置入方案集。

4) 制作方案原型。首先对方案集中解决方案进行初步评价筛选, 对于不符合要求的解决方案, 进行重新定义分析或设计求解; 对于符合要求的解决方案, 采用计算机辅助建模制作方案原型。

5) 测试评估方案。利用理想优度评价方法对解决方案进行评价排序, 确定最终较优的解决方案, 形成解决方案集。

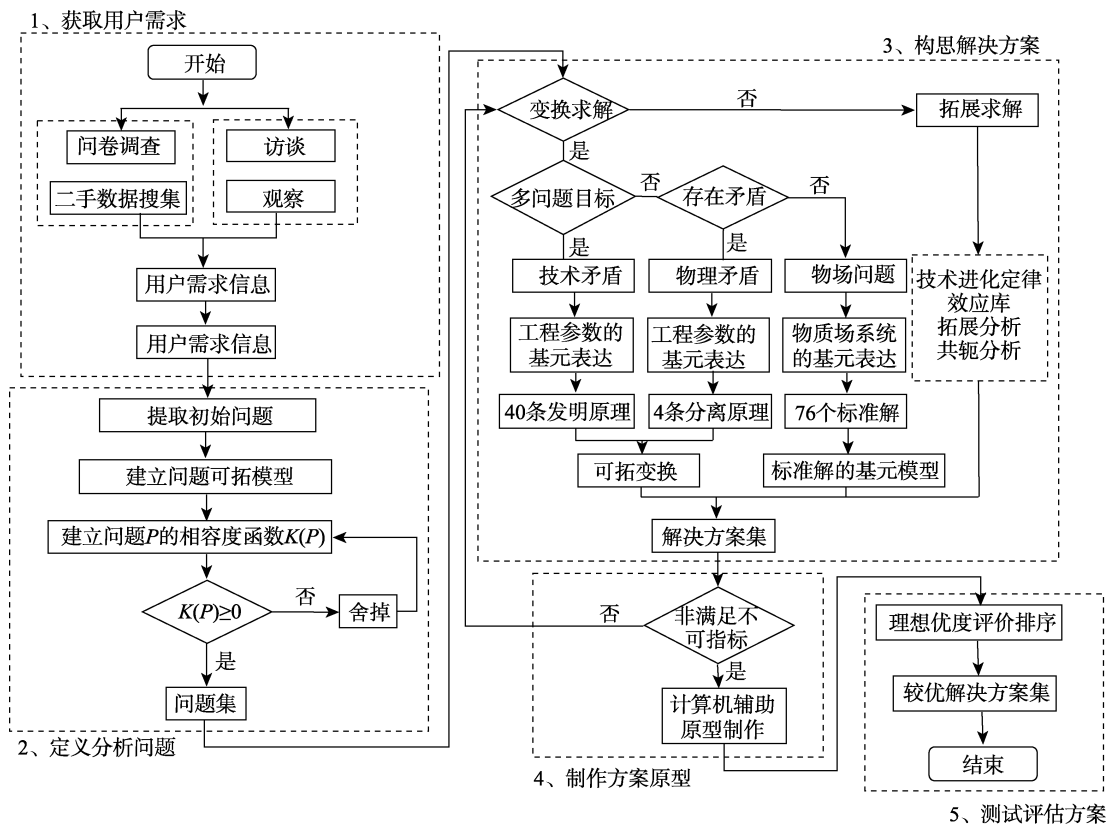


图 6 可拓和 TRIZ 融合辅助设计思维过程模型
Fig.6 Extenics and TRIZ fusion aided design thinking process model

4 实例验证

应用可拓与 TRIZ 融合辅助的设计思维过程模型对购物车现有问题进行求解, 基于解决方案对智能购

物车进行创新设计。

4.1 设计实践

4.1.1 获取用户需求

通过对用户进行问卷调查得到用户对智能购物

车的期待集中在“更便捷的购物方式”和“更好的购物体验”，占比分别高达64.3%和66.2%。

综合问卷调查数据和在购物过程中/使用购物车过程中的观察,发现用户在超市购物使用购物车的过程中主要存在找不到商品、排队时间长、商品信息标示不清和散装商品需要额外称重等问题,如图7所示。

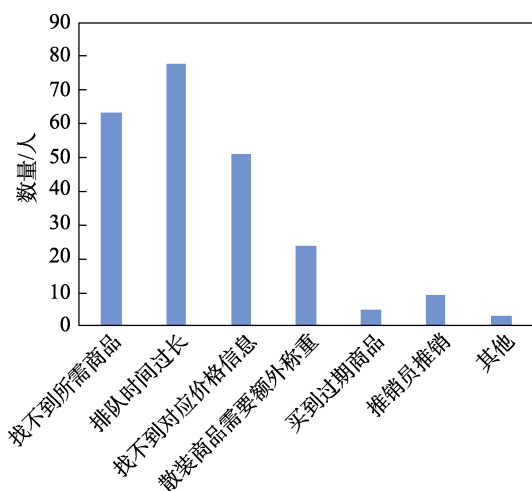


图7 购物过程中存在问题
Fig.7 Problems in shopping process

4.1.2 定义分析问题

通过获取的用户需求信息可以得到用户对智能购物车的期待为“更快捷的购物方式”和“更好的购物体验”,因此提取初始用户需求目标 G_0 ,可用事元模型表达为:

$$G_0 = \begin{bmatrix} \text{购买商品, 购物体验, 佳} \\ \text{购物方式, 便捷} \end{bmatrix} \quad (8)$$

初始条件 L_0 是商场工作人员 L_{01} 和购物车 L_{02} ,可用基元模型表达为:

$$L_{01} = \begin{bmatrix} \text{商场工作人员, 人数, 少} \\ \text{工资, 高} \end{bmatrix} \quad (9)$$

$$L_{02} = (\text{购物车, 功能, 存放商品}) \quad (10)$$

分析得到初始问题 P_0 为超市现有条件(工作人员和购物车)不能满足用户想要获取更好的购物体验的需求。

对初始目标 G_0 进行界定分析:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{良好的购物体验} \leftarrow \begin{cases} \text{增加购物前体验} \leftarrow \begin{cases} \text{商品分区导购} \\ \text{优惠活动推荐} \end{cases} \\ \text{完善购物中体验} \leftarrow \begin{cases} \text{商品信息可查询} \\ \text{商品价格汇总} \end{cases} \\ \text{提升购物后体验} \leftarrow \begin{cases} \text{缩短结账时间} \\ \text{商品快速扫描} \end{cases} \end{cases} \\ \text{便捷的购物方式} \leftarrow \begin{cases} \text{快速找到商品位置} \\ \text{散装商品自称重} \\ \text{自助结账} \end{cases} \end{array} \right. \quad (11)$$

确定界定目标 $G = \{G_1, G_2, G_3, G_4\}$, G_1 =缩短结账时间、 G_2 =快速找到商品、 G_3 =商品信息可查询、 G_4 =散装商品自称重。

对初始目标 L_0 进行界定分析:

设计主体为购物车,因此确定界定条件 $L = L_{02}$,可用基元模型表为:

$$L = \begin{bmatrix} \text{购物车, 功能, 运载商品} \\ \text{运动方式, 机械运动} \\ \text{动力来源, 外力(人力)} \end{bmatrix} \quad (12)$$

很明显当前条件不能满足当前目标的实现,因此得到问题集:

$$\begin{aligned} P_1 &= \text{缩短结账时间} \uparrow \text{购物车} \\ P_2 &= \text{快速找到商品} \uparrow \text{购物车} \\ P_3 &= \text{商品信息查询} \uparrow \text{购物车} \\ P_4 &= \text{散装商品自称重} \uparrow \text{购物车} \end{aligned} \quad (13)$$

4.1.3 构思解决方案

针对问题集中问题,按照问题优先级的顺序,使用可拓与TRIZ辅助问题求解模型对其依次进行求解。

1) 构思“结账时间长”问题的解决方案。该问题选择拓展思路进行求解,判断为物理矛盾问题,需要对应利用四大分离原理中的时间分离原理。通过查询可知时间分离原理对应多条发明原理,对比分析后选择No.10预操作对购物车进行创新设计,利用基元模型分解和置换变换对该原理进行表达,表达式如下:

$$A(T) = [A_1(T) \oplus A_2(T)] \wedge [A_1(T) \oplus A_2(T-1)] \quad (14)$$

根据预操作原理的“工作分解”事元模型 $A(T) = A_1(T) \oplus A_2(T)$,可将结账时间分解为排队时间、商品扫码时间和付款时间。根据“工作提前”事元模型 $A(T) = A_1(T) \oplus A_2(T-1)$ (其中 $A_2(T-1)$ 表示提前在 $T-1$ 时刻完成事元 A_2 所规定的动作),可将商品扫码时间提前,即在购物过程中,在挑选商品和将商品放入购物车的过程中,完成商品价格的扫描动作,在到达收银台之前就将购买商品进行扫描汇总形成付款账单,以减少商品扫码等待时间,进而缩短排队等候时间。在到达收银台或其他“方便地点”立即完成结账付款动作,因此可以得到以下三个方案:

方案一:购物过程中购物车可扫描商品生成账单,最后到收银台处人工结账。

方案二:购物过程中购物车可扫描商品生成账单,最后可到自助结账机处结账。

方案三:购物过程中购物车可扫描商品生成账单,生成二维码,最后手机在线支付。

2) 构思“无法快速找到目标商品”问题的解决方案。利用拓展思路下的技术进化定律和科学效应库对该问题进行求解。

在购物过程中找到目标商品的主要途径有: 用户自己通过分区标识寻找、通过工作人员指引寻找。基于技术进化法则一“完备性法则”中“完备系统”和“减少人参加”的启示, 在购物车上添加导航功能, 购物车上增加室内定位导航系统, 超市需要建立一个商品信息数据库, 录入商品信息及位置。用户通过智能交互显示屏语音或手动输入目标商品, 系统将显示相关商品信息, 用户选定目标商品后, 可根据页面导航找到目标商品。然后通过查询科学效应库可以得到目前常用的导航技术有 GPS 定位系统、RFID 的定位系统。因此得到解决方案如下:

方案一: 购物车上添加 GPS 卫星定位系统, 用于商品位置导航。

方案二: 购物车上添加 RFID 的室内定位系统, 用于商品位置导航。

3) 构思“商品信息标示不准确”问题的解决方案: 利用拓展思路下的技术进化定律对该问题进行求解。

遇到商品信息标识不清的问题, 一般需要到收银台进行扫描, 才能获取商品信息。基于技术进化法则八“向超系统跃迁法则”, 分析能够完成商品信息查询功能的超系统资源有: 收银台的扫码枪、扫码平台以及互联网图片识别技术。因此可得到解决方案如下:

方案一: 在购物车上添加扫码枪, 用扫码枪对准问题商品二维码进行扫描获取商品信息。

方案二: 在购物车上添加扫码平台, 将问题商品的二维码对准扫描口进行扫描获取商品信息。

方案三: 购物车内置入视觉搜索技术, 将问题商品放置在摄像头前, 系统图片识别商品并显示商品详情信息。

4) 构思“散装商品需要额外称重”问题的解决

方案: 选择变换思路进行求解, 判断问题为物质场问题。

通过分析购物车与散装商品间的关系, 可以建立物质场模型, 用关系元表示如下:

$$R = \begin{bmatrix} \text{称重} & \text{前项} & \text{散装商品} \\ & \text{后项} & \text{购物车} \\ & \text{属性} & \text{重力作用} \end{bmatrix} \quad (15)$$

该问题是想实现购物车自称重的目标, 可减少商品放入、拿出、再放入购物车的重复行为, 以及避免称重排队现象出现。基于散装商品和购物车之间的重力作用关系, 可以在购物车上完成称重动作。可得到解决方案如下:

方案一: 在购物车上添加电子秤, 购买散装商品时, 可先将其放在购物车自带电子秤上称重, 然后再放入购物车中。

方案二: 在购物车筐底部添加重力感应装置, 借助图片识别商品功能, 在散装商品放入购物车的过程中识别商品类别, 显示单价; 在商品放入购物车后, 重力感应装置可感应商品重量, 同时智能屏可计算出商品价格。

4.1.4 制作方案原型

利用计算机辅助建模技术, 对解决方案进行快速表达, 将抽象方案进行简单的形象化展示, 以方便后续评估更好地进行。

1) “结账时间长”问题解决方案原型, 如图 8 所示。

2) “商品位置找不到”问题解决方案原型, 如图 9 所示。

3) “商品信息不明确”问题解决方案原型, 如图 10 所示。



图 8 原型示意图

Fig.8 Schematic diagram of prototype

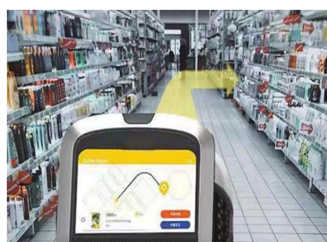


图 9 商品导航方案示意图

Fig.9 Schematic diagram of product navigation



图 10 商品识别方案三示意图

Fig.10 Schematic diagram of commodity identification scheme 3

4)“散装商品需要额外称重”问题解决方案原型,如图 11 所示。



图 11 散装商品自称重方案示意图

Fig.11 Schematic diagram of bulk commodity self-weighing scheme

4.1.5 测试评估方案

利用理想优度评价方法对问题一的三个解决方案进行评价,具体评价过程如下:

1) 确定衡量指标。根据理想度从有用、有害、成本角度确定衡量指标为:操作难度(有害) c_1 、设计成本(成本) c_2 、便捷性(有用) c_3 。由此得到衡量指标集:

$$SI = \{SI_1 = (c_1, V_1), SI_2 = (c_2, V_2), SI_3 = (c_3, V_3)\} \quad (16)$$

2) 确定权系数。利用 AHP 层次分析法,使用 1-9 比率标度法,构造判别矩阵 H 为:

$$H = \begin{matrix} & \begin{matrix} c_1 & c_2 & c_3 \end{matrix} \\ \begin{matrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 1/5 \\ 3 & 1 & 1/3 \\ 5 & 3 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (17)$$

利用和积法进行求解,求得权系数 $\alpha = (0.11, 0.26, 0.63)$ 。

3) 计算关联度。将操作难度、设计成本、便捷性的量级定为 1~5 级,可建立简单的离散型关联函数 K_i 为:

$$K_i(x) = \begin{cases} 5, x = \text{极简便/极低/极便捷} \\ 4, x = \text{简便/低/便捷} \\ 3, x = \text{一般} \\ 2, x = \text{复杂/高/不便捷} \\ 1, x = \text{极复杂/极高/极不便捷} \end{cases} \quad (18)$$

根据关联度计算公式(3) — (4) 计算求得三个方案关于衡量指标的规范关联度为:

$$\begin{aligned} K(O_1) &= (1, 0.75, 0.75) \\ K(O_2) &= (0.5, 0.5, 0.5) \\ K(O_3) &= (0.75, 0.75, 1) \end{aligned} \quad (19)$$

4) 计算优度。利用优度计算公式计算优度,得到以下结果:

$$\begin{aligned} C(O_1) &= \alpha K(O_1) = 0.78 \\ C(O_2) &= \alpha K(O_2) = 0.50 \\ C(O_3) &= \alpha K(O_3) = 0.84 \end{aligned} \quad (20)$$

对三个方案评价结果大小进行比较得到:

$$C(O_3) > C(O_1) > C(O_2) \quad (21)$$

根据优度计算结果大小排序可知,方案三较优、其次是方案一、最后是方案二。

同理,利用理想优度对其他三个问题的解决方案进行评价,评价结果如表 1 所示:

表 1 方案评价结果
Tab.1 Results of scheme evaluation

问题	问题描述	评价结果	最优方案关键词
问题一	结账时间长	方案三>方案一>方案二	手机在线支付
问题二	商品位置找不到	方案二>方案一	RFID 室内导航
问题三	商品信息不明确	方案三>方案一>方案二	视觉搜索
问题四	散装商品需要额外称重	方案二>方案一	重力感应器

4.2 智能购物车设计说明

基于传统购物车现有问题,综合上述最优解决方案,对购物车进行智能化设计。智能购物车的效果图如图 12 所示。

基于“生活·智能·科技·便捷”的理念,该智能购物车主要有以下功能:智能购物(包括商品推荐导购、散装商品智能称重、实时显示购物清单)、商品位置导航、商品信息查询和手机在线支付等。

1) 商品推荐导购。在正式开始购物前,基于商品信息数据库,智能屏会优先为用户提供特价商品和优惠活动信息,用户可根据导购信息进行购买行为,也可以直接“跳过”,进行自主购物。



图 12 智能购物车设计效果图
Fig.12 Effect picture of intelligent shopping cart

2) 散装商品智能称重。购买散装商品无需再额外进行称重,将散装商品放入购物车的过程中可通过摄像头识别商品类别、显示单价,随后重力感应装置可感应商品重量,同时智能屏可计算出商品价格信息。

3) 实时显示购物清单。在用户购物过程中,智能显示屏利用屏幕下方的摄像头可实时监控购物车中的商品进出,并在显示屏上实时显示购物清单。

4) 商品位置导航。通过语音或手动输入所需购买的商品名称,RFID系统接收信息后将会反馈商品位置,并规划导航路径,指引用户快速准确地获取目标商品。

5) 商品信息查询。在选购商品过程中,如遇到商品价格标注不清等问题,用户可通过智能显示屏上方的摄像头识别商品外观,基于视觉搜索技术识别商品后,将反馈商品名称、价格、生产日期等信息,同时推荐商品促销活动规则等信息。

6) 手机在线支付。当用户购物结束后,确认购物清单上商品名称、数量和价格等无误后点击显示屏上的“支付”按键,屏幕生成付款二维码,手机在线支付即可。

5 结语

本文针对设计思维实施过程中缺少问题分析的标准化模型,问题解决工具方法不成熟、可操作性差,评价过程人为主观性过强等问题,将可拓与TRIZ进行有效融合,建立了可拓辅助问题定义分析模型,为设计思维定义阶段提供了标准化问题分析模型,建立了可拓与TRIZ融合辅助问题求解模型,丰富了设计思维求解过程,提高了设计思维问题求解方法的可操作性,提出理想优度评价方案,使设计思维评价更加客观合理,最终构建了可拓与TRIZ融合辅助的设计思维过程模型。最后以智能购物车为例,对该模型的可用性和有效性进行了验证。该模型可以有效减少设计过程中对设计人员经验能力的依赖,帮助人们跳出日常思维的限制进行高效的产品创新设计。

参考文献:

- [1] 檀润华,曹国忠,刘伟. 创新设计概念与方法[J]. 机械设计, 2019, 36(9): 1-6.
TAN Run-hua, CAO Guo-zhong, LIU Wei. Concepts and Methods of Innovative Design[J]. Journal of Machine Design, 2019, 36(9): 1-6.
- [2] 徐志磊,董占勋,于钊. 创新设计新思维[J]. 机械设计, 2019, 36(4): 1-4.
XU Zhi-lei, DONG Zhan-xun, YU Zhao. New Thought of Innovation Design[J]. Journal of Machine Design, 2019, 36(4): 1-4.
- [3] LIEDTKA J. Perspective: Linking Design Thinking with Innovation Outcomes through Cognitive Bias Reduction[J]. Journal of Product Innovation Management, 2015, 32(6): 925-938.
- [4] 李彦,刘红围,李梦蝶,等. 设计思维研究综述[J]. 机械工程学报, 2017, 53(15): 1-20.
LI Yan, LIU Hong-wei, LI Meng-die, et al. Review on Research of Design Thinking[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2017, 53(15): 1-20.
- [5] MCGINN C, BOURKE E, MURTAGH A, et al. Meet Stevie: A Socially Assistive Robot Developed through Application of a 'Design-Thinking' Approach[J]. Journal of Intelligent & Robotic Systems, 2020, 98(1): 39-58.
- [6] 谭浩,徐迪. 基于情境的产品交互设计思维研究[J]. 包装工程, 2018, 39(22): 12-16.
TAN Hao, XU Di. Interactive Design Thinking of Products Based on Scenario[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(22): 12-16.
- [7] 余隋怀,曲敏. 利用设计思维改良装备制造业的新思路[J]. 机械设计, 2018, 35(8): 125-128.
YU Sui-huai, QU Min. New Ideas of Improving Equipment Manufacturing Industry Using Design Thinking[J]. Journal of Machine Design, 2018, 35(8): 125-128.
- [8] SAIDI T, MUTSWANGWA C T, DOUGLAS T S. Design Thinking as a Complement to Human Factors Engineering for Enhancing Medical Device Usability[J]. Engineering Studies, 2019, 11(1): 34-50.
- [9] 张婉玉,刘卓. 基于设计思维模型与层次完形的文创产品设计研究[J]. 包装工程, 2017, 38(12): 124-129.
ZHANG Wan-yu, LIU Zhuo. Cultural and Creative Product Design Based on Design Thinking Model and Stage Gestalt[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(12): 124-129.
- [10] 尹碧菊,李彦,熊艳,等. 基于概念设计思维模型的计算机辅助创新设计流程[J]. 计算机集成制造系统, 2013, 19(2): 263-273.
YIN Bi-ju, LI Yan, XIONG Yan, et al. Research on Computer Aided Innovative Design Process Based on the Conceptual Design Thinking Model[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2013, 19(2): 263-273.
- [11] WAIDELICH L, RICHTER A, KÖLMEL B, et al. Design thinking process model review[C]//2018 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation. Stuttgart, Germany. IEEE: 1-9.
- [12] 杨春燕,蔡文. 基于可拓学的创意生成与生产研究[J]. 广东工业大学学报, 2016, 33(1): 12-16.
YANG Chun-yan, CAI Wen. Generating Creative Ideas for Production Based on Extenics[J]. Journal of Guangdong University of Technology, 2016, 33(1): 12-16.
- [13] 江帆,卢浩然,戴杰涛,等. TRIZ与可拓学的关系研究[J]. 广州大学学报(自然科学版), 2019, 18(6): 53-58.
JIANG Fan, LU Hao-ran, DAI Jie-tao, et al. Research on the Relationship between TRIZ and Extension Inno-

- vation[J]. Journal of Guangzhou University (Natural Science Edition), 2019, 18(6): 53-58.
- [14] 赵燕伟, 何路, 洪欢欢, 等. 面向 TRIZ-可拓学集成的创新方法研究[J]. 广东工业大学学报, 2015, 32(2): 1-10.
- ZHAO Yan-wei, HE Lu, HONG Huan-huan, et al. Study on the Innovation of Integrating TRIZ-Extenics[J]. Journal of Guangdong University of Technology, 2015, 32(2): 1-10.
- [15] 楼炯炯, 桂方志, 任设东, 等. 基于可拓创新方法的改进 TRIZ 研究[J]. 计算机集成制造系统, 2018, 24(1): 127-135.
- LOU Jiong-jiong, GUI Fang-zhi, REN She-dong, et al. Improved TRIZ Based on Extension Innovation Method[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2018, 24(1): 127-135.
- 责任编辑: 马梦遥
-
- (上接第 111 页)
- [23] LI Yan-long, ZHANG Chen-ming, YANG Zhi-gang. Electric Car Styling Design and Aerodynamic Drag Optimization[J]. Applied Mechanics and Materials, 2013, 2773(437-437): 463-470.
- [24] 李彦龙, 谭嘉伟, 李启良, 等. 低风阻分体式电动汽车造型设计[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2017, 45(9): 1359-1365.
- LI Yan-long, TAN Jia-wei, LI Qi-liang, et al. Exterior Design Research on Split-Body Car with Low-Drag for Electric Cars[J]. Journal of Tongji University (Natural Science), 2017, 45(9): 1359-1365.
- [25] PETIOT J F, DAGHER A. Preference-Oriented Form Design: Application to Cars' Headlights[J]. International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM), 2011, 5(1): 17-27.
- [26] 程永胜, 徐骁琪, 陈国强, 等. 基于神经网络的电动汽车造型意象预测模型[J]. 计算机集成制造系统, 2021, 27(4): 1135-1145.
- CHENG Yong-sheng, XU Xiao-qi, CHEN Guo-qiang, et al. Image Prediction Model of Electric Vehicle Based on Neural Network[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2021, 27(4): 1135-1145.
- [27] 唐路明, 刘肖健, 胡丰. 基于交互式遗传算法的轨道列车造型优化设计研究[J]. 机械设计, 2020, 37(6): 123-128.
- TANG Lu-ming, LIU Xiao-jian, HU Feng. Research on Optimal Design of Rail Train Modeling Based on Interactive Genetic Algorithm[J]. Journal of Machine Design, 2020, 37(6): 123-128.
- [28] 李易, 廖臻彦. 基于空气动力学的汽车车身优化改进研究[J]. 机械设计与制造工程, 2021, 50(2): 83-87.
- LI Yi, LIAO Zhen-yan. Research on Optimization and Improvement of Automobile Body Based on Aerodynamics[J]. Machine Design and Manufacturing Engineering, 2021, 50(2): 83-87.
- [29] 罗仕鉴, 李文杰, 傅业焘. 消费者偏好驱动的 SUV 产品族侧面外形基因设计[J]. 机械工程学报, 2016, 52(2): 173-181.
- LUO Shi-jian, LI Wen-jie, FU Ye-tao. Consumer Preference-Driven SUV Product Family Profile Gene Design[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2016, 52(2): 173-181.
- [30] 胡齐, 王向东, 刘宇. 雪车项目空气动力学研究进展[J]. 医用生物力学, 2020, 35(4): 508-514.
- HU Qi, WANG Xiang-dong, LIU Yu. Research Progress of Bobsleigh Aerodynamics[J]. Journal of Medical Biomechanics, 2020, 35(4): 508-514.
- 责任编辑: 马梦遥