

需求驱动下的绿色舒适产品设计要素配置研究

张萍, 张鹏博, 张海峰, 侯爱军

(合肥工业大学, 合肥 230601)

摘要: **目的** 对产品设计过程的多层次需求进行量化分析, 从而对绿色舒适产品的设计要素进行优化配置。**方法** 以产品的多层次需求为基础, 分析环境需求和人机需求的特征、获取、表达方法及两者之间的相合性和冲突性, 提出绿色舒适产品的基本概念, 运用质量功能展开 (QFD) 融合发明问题解决理论 (TRIZ) 方法将需求进行量化分析, 实现多层次设计要素的冲突化解和最优化配置。**结果** 通过研究所构建的方法进行了小型汽车座椅的设计, 经过科学的实验验证, 设计成果到达预期目标, 实现了该产品在绿色度和舒适度上的双重提升。**结论** 通过 QFD 融合 TRIZ 的方法将感性思维的结果逐步量化处理, 通过冲突定义和消解实现绿色舒适产品最优化的设计要素配置, 为设计师的需求处理和要素决策提供科学依据和有效途径。

关键词: 环境需求; 人机需求; 绿色舒适产品; 要素配置; 融合型 QFD-TRIZ 设计方法

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)02-0070-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.02.011

Configuration of Design Elements of Green Comfort Products Driven by Demand

ZHANG Ping, ZHANG Peng-bo, ZHANG Hai-feng, HOU Ai-jun

(Hefei University of Technology, Hefei 230601, China)

ABSTRACT: The work aims to quantitatively analyze the multi-level demands of the product design process to optimize and configure the design elements of green comfort products. Based on the multi-level demands of products, the characteristics, acquisition and expression methods of environmental demands and human-machine demands, and the consistency and conflict between the two were analyzed to propose the basic concept of green comfort products. Quality function development (QFD) was integrated with the invention problem solving theory (TRIZ) method to quantify the demands and realize the conflict resolution and optimal configuration of multi-level design elements. Through the method constructed in the research, the design of small car seat was carried out. After scientific experiments, the design results reached the expected goal, and the product achieved double improvement in greenness and comfort. The method of QFD integrated with TRIZ gradually quantifies the results of perceptual thinking, and realizes the optimal design of green comfort products through conflict definition and digestion, which provides scientific basis and effective way for designers' demand processing and factor decision making.

KEY WORDS: environmental demands; human-computer demands; green and comfortable product; product configuration; integrated QFD-TRIZ design method

随着科学技术的不断进步, 地球上的种种环境问题日益凸显, 绿色设计逐渐被公认为是解决环境恶化、资源短缺等问题的有效途径^[1]; 与此同时, 产品

使用过程中的舒适性逐渐的受到用户的重视, 因此也成为了设计师在设计过程中需要重点考虑的因素^[2]。为了使现代产品能够同时满足大众对绿色性和舒适

收稿日期: 2020-10-13

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (51775155)

作者简介: 张萍 (1969—), 女, 安徽人, 博士, 合肥工业大学教授, 主要研究方向为环境意识下的产品设计、工业设计、人机工程设计与应用。

性的要求,设计师需要在功能需求之上强化产品的环境需求及人机需求的多层次融合,产出可以满足“人-机-环境”需求的产品。产品的舒适性表现为良好的人机关系^[3],而产品绿色性表现为产品良好的生态性能,可以说,“人-机-环境”的产品需要实现环境需求与人机需求的互利共生,但是人的需求是多样的,追求个性化的需要势必会带来设计的复杂性,从而造成更多的资源、能源的消耗和更多的废物排放,无疑与绿色产品的设计理念是相左的,因此,产品的环境性能和人机性能在设计中虽然有互益共生的一面,但是也存在着激烈的冲突,就目前而言,通过传统的产品设计方法难以找到现代产品设计中绿色性与舒适性的平衡点。

人机需求属于人机工程学的范畴,学科涉及较广,众多的研究文献中,对于人机需求的采集和表达具有一定的主观性和不确定性,同时,涉及绿色生态需求与人机性能需求之间的矛盾和冲突的解决,目前尚没有发现有效的手段和方法。因此,本文提出绿色舒适产品的概念,它是指在保证产品功能和质量的前提下,能够达到人与产品之间产生舒适性的体验的同时,满足环境保护和资源节约并且能为社会创造价值的现代设计产品。本研究通过环境需求和人机需求的特征获取和表达,分析两者之间的耦合关系,借助 QFD 与 TRIZ 的融合,解决两者之间在材料选择、物料用量、工艺使用、结构设计等方面的不同程度的矛盾,实现多层次需求的冲突和消解,构建绿色舒适产品的有效设计途径。

近年来,通过 QFD 与 TRIZ 相结合解决设计中客户需求向工程特性参数转化的研究越来越多。张芳兰等提出了一种基于 QFD/TRIZ 集成模型的产品创新设计方法;Caligiana 设计等,提出了 QFD 与 TRIZ 融合的创新可持续设计方法^[4]。上述研究在 QFD 和 TRIZ 的融合应用上取得了一定的成果,很好地印证了两者对需求的获取和矛盾的消解有效可行,但从整体来说,对于客户需求矛盾的定义和分析不够全面,针对产品绿色性、舒适性等复杂和难以量化的多层次需求的处理不够系统,因此,本研究针对绿色舒适产品,提出从多层次的需求出发,发掘设计中的矛盾,运用 TRIZ 的创新原理、矛盾矩阵以及分离原理进行矛盾的消解,完成绿色舒适产品设计要素的提取和要素配置,为工业设计师提供方便、实用的科学设计途径。

1 产品多层次需求分析

1.1 产品功能需求表达

功能需求是产品的基础需求之一,要求产品可以满足大众的使用标准并实现特定的功能,一般来说,产品功能层面的需求主要包括产品质量等十个要素,功能需求要素见表 1。

表 1 功能需求要素
Tab.1 Functional demand elements

要素分类	需求要素	要素分类	需求要素
产品质量	坚实稳固	外观特征	装饰特征
	载荷力强		色彩搭配
材料特性	防火		造型优美
	防水		款式丰富
	防尘		颜色丰富
功能要素	功能新颖	细节特征	质感细腻
	功能易用		工艺精美
	功能丰富		结构精妙
	功能可定制	品牌特征	售后服务
价格	价格便宜		品牌认知
文化环境	流行时尚		产品更新周期
	风格协调	包装宣传	宣传认知
	有文化特征		包装精美
	趣味性强		促销活动

表 2 环境需求要素
Tab.2 Environmental demand elements

需求分类	需求要素	需求分类	需求要素
技术需求	可回收	资源需求	资源利用率高
	可拆卸		资源可循环利用
	工艺绿色		易于分类
	维护快捷	能源需求	使用清洁能源
	制造技术先进		降低能源的消耗
	零部件可替换	经济需求	易于运输和储存
环境需求	耐久性强		成本低、效益高
	易于清洁		运输的经济性
	材料环保		使用维护的成本
	排放安全		回收的成本
	运输安全		可重复使用率
	处理、填埋方便		
	包装环保		

1.2 产品环境需求表达

绿色产品不仅要实现产品基础的功能,还要在产品的全生命周期内满足环境保护的需求,与传统产品的功能需求相比较而言,现代产品的环境需求尤为重要,综合相关资料和文献^[5-6],环境需求要素见表 2。

1.3 产品人机需求表达

对于人机舒适产品来说,人机形态是设计的重点,其中人机形态的接触舒适度是设计的重点。接触舒适度指的是人与产品在接触时在作用面上所产生的效果,其与接触面的特性息息相关,包含产品的形态与面积、人体使用时的状态、压力与振动等。舒适的接触性产品让用户从接触到使用的整个过程中会产生愉悦感,从而提升产品的可用性。总体来说,接

表 3 人机形态需求要素
Tab.3 Human-machine form demand elements

需求分类	需求要素	需求分类	需求要素
生理需求	四肢操作舒适	环境需求	减少噪音干扰
	震动受力合理		温度、湿度适合
	结构稳定		光照合理
	符合人体尺寸		环境内部各因素协调
	符合使用习惯		民族习俗习惯
	安全健康		
	静电合理		
	自动化		
	交互高效		社会道德标准
	色彩搭配合理		
心理需求	材质接触舒适		
	形态人性化		

表 4 绿色舒适产品需求要素
Tab.4 Demand element for green & comfortable products

需求划分	要素分类	需求划分	要素分类
功能需求	产品质量	环境需求	生产加工
	功能要素		运输使用
	产品价格		回收循环
	文化环境	接触舒适度	支持支撑
	外观特征		生理影响
	细节特征		尺度符合
	品牌特征		材料性质
	包装宣传		
	购买心理		
	材料特性		

触舒适度涵盖六个方面^[7-8]，研究采用德尔菲法对需求要素进行表达，进一步采用语义分割、语义转换、需求合并与补充之后，整理出了二十二个人机形态需求表达，人机形态需求要素见表 3。

1.4 绿色舒适产品需求分析

文中所涉及的绿色舒适产品是指在保证产品功能和质量的前提下，能够在达到人与产品接触舒适性的同时满足环境保护和资源节约的现代设计产品。这里的接触是指人与产品的物理接触，不包含视觉感受。对于绿色舒适产品来说，其需求和设计要素就显得尤为复杂，绿色舒适产品需求要素见表 4。

2 QFD 与 TRIZ 配置融合理论基础

2.1 改进的 QFD 质量屋应用

质量功能展开的运用过程中，最为重要的部分是质量屋的构建^[9-10]。为达到预期成果，根据研究的系统构建了 QFD 质量屋见图 1。

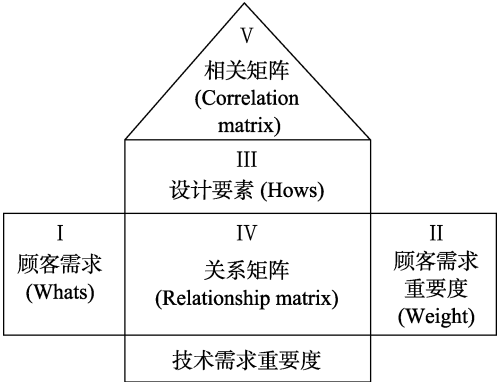


图 1 QFD 质量屋
Fig.1 QFD house of quality

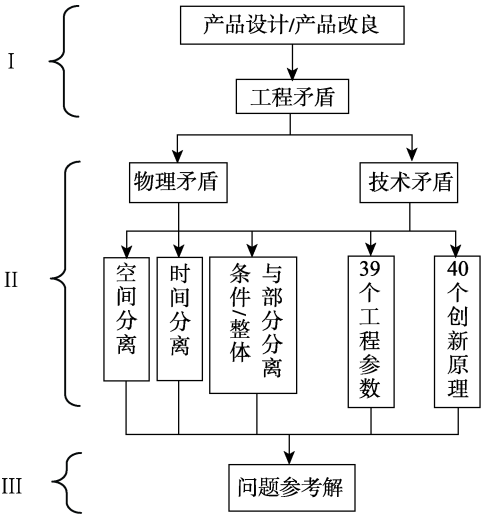


图 2 TRIZ 解决问题流程
Fig.2 TRIZ problem solving process

图 1 中，I 的 Whats 代表着“什么需求”，主要用来描述绿色舒适产品的需求，一般称为用户需求；II 的 Weight 代表“需求重要度”，主要表现不同需求的重要程度^[11]；III 的 Hows 代表“如何设计”，代表设计时所要考虑的技术要素和细节，一般称为设计要素；IV 的 Relationship Matrix, MR 代表“关系矩阵”，用以衡量 CR 与 DR 之间的关联程度，通过关系矩阵明确需求与设计要素之间的对应关系，从而对两者的关联程度进行量化；V 的 Correlation Matrix, CM 代表“相关矩阵”，可将 DR 之间的关联程度可视化，输出设计要素之间的矛盾关系，从而进行矛盾的定义。相关矩阵善于对需求进行详细的分析和处理，有助于后期设计的进行。

2.2 TRIZ 应用产品设计解析

发明问题的解决理论是通过消解矛盾得到问题理想解的一种理论，其解决问题的流程分为三个阶段，TRIZ 解决问题流程见图 2：I 矛盾产出阶段，对目标产品的需求矛盾进行分析，通过需求量化定义出矛盾属性；II 矛盾分析阶段，根据矛盾的属性匹配

到 TRIZ 中相对应的解决原理, 确定设计方向; III 矛盾消解阶段, 运用四种分离原理解解决出的物理矛盾, 运用矛盾矩阵和四十个创新原理消解出的技术矛盾, 从而得到解决产品设计的最优设计要素。运用 TRIZ 原理, 根据实际的产品需求, 可以具体问题具体分析^[12-13]。

2.3 QFD 与 TRIZ 融合步骤

基于 QFD 的需求分析和转化以及 TRIZ 的矛盾消解理论, 提出针对解决绿色舒适产品需求的配置框架, QFD 与 TRIZ 融合框架见图 3。

I 用户需求获取阶段: 结合具体设计实例准确的分析用户的需求, 将其细化归类到绿色舒适产品的三种需求要素之中, 以获取用户完整的产品需求。

II 用户需求转化阶段: 通过一种定量的方式(一般为问卷调查、用户访谈、实验采集等)将用户的完整需求转化成设计要素, 然后通过将需求和设计要素导入 QFD 质量屋, 分析用户需求和设计要素之间的冲突关联程度, 最后通过构建关系矩阵定义物理矛盾、构建相关矩阵定义技术矛盾。

III 设计要素提取阶段: 对于产出的物理矛盾, 可采用相对应的分离原理进行消解。对于技术矛盾, 可采用相应的创新原理及矛盾矩阵进行消解, 在 TRIZ 中定位的最优的解决方式所对应的设计要素便是绿色舒适产品最优的设计要素。

IV 创新设计阶段: 将最优的设计要素运用到产品设计当中, 使产品在既能满足绿色性能和舒适性能的前提下, 还能保证大批量生产。

3 绿色舒适产品设计要素获取

3.1 多层次用户需求的转化

为了更好地进行“用户需求-最优设计要素”的转化, 将表 4 的需求要素以及产品对应的设计要素导入图 1, 得到优化的质量屋, “用户需求-设计要素”质量屋见图 4, 由图 4 产出设计要素和需求要素中的物理矛盾 (R_{ij}) 和技术矛盾 (S_{xy})。

需求转化时, 首先要得到具体的用户需求和需求

重要度 w_i (其中 $i=1,2,\dots,m$), 获取途径本研究以问卷调查的数据为来源, 将获取的 w_i 带入公式(1)可以得出基于用户需求的相对重要度 WR_i , 相对重要度代表用户在众多需求中倾向的权重比值, 用百分比表示:

$$WR_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^m w_i} \quad (1)$$

在求解 WR_i 后, 需要对图 4 中的 R_{ij} 进行对应的评价, 用以衡量 CR_i 与 DR_i 之间的关联程度, 评价方法采用专家评价, 方式为专家用户根据实际从低到高给予 0、1、3、9 的评价取值, 由于 CR_i 与 DR_i 之间必然会存在一定的矛盾关系, 为方便可视化与计算, 针对其两者之间的关联与矛盾程度进行正、负取值, 即 -9, -3, -1, 0, 1, 3, 9。

得到 WR_i 和关系矩阵中 R_{ij} 的具体数值后, 通过公式(2)对技术矛盾进行定义和产出, 其中 $i=1,2$, 进行 m ; $j=1,2$, 进行 n ; $x=1,2$, 进行 n ; $y=1,2$, 进行 n ; 且 $x \neq y$:

$$S_{xy} = \sum_{i=1}^m (WR_i \times R_{ix}) \times (WR_i \times R_{iy}) \quad (2)$$

如果 $S_{xy}=0$ 或接近 0, 说明 DR_x 和 DR_y 之间关联或矛盾关系较弱; 如果 $S_{xy}>0$ 且其绝对值较大, 说明其相对应的设计要素在实现设计当中具有较强的关联程度, 这两种情况说明 DR_x 和 DR_y 之间不存在技术矛盾; 因此只有当 $S_{xy}<0$ 且其绝对值较大的时候, 说明其相对应的设计要素 DR_x 和 DR_y 在进行设计期间存在着很强的矛盾关系, 即存在技术矛盾, 且 S_{xy} 的绝对值越高, 表明两者之间的技术矛盾越剧烈。

物理矛盾则需要根据 $P_j(e,f)$, 运用公式(3)来进行定义, 其中 $j=1,2$, 其 n ; $e=1,2$, 其 m ; $f=1,2$, 其 m ; 且 $e \neq f$, 如公式(3):

$$P_{j(e,f)} = R_{ej} WR_e \times R_{fi} WR_f \quad (3)$$

只有当 $P_j(e,f)<0$ 时, 说明第 j 项所对应的设计要素在设计期间不能解决第 e 项和第 f 项所产生的矛盾, 即存在物理矛盾, 且其绝对值越大, 表明物理矛盾越剧烈。

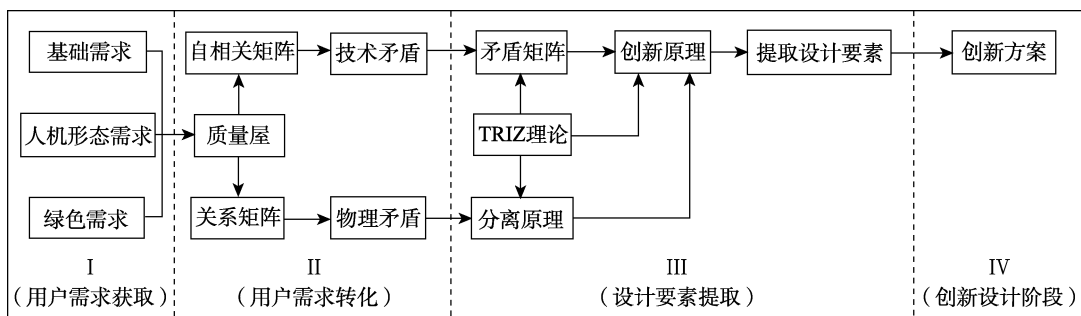


图 3 QFD 与 TRIZ 融合框架

Fig.3 Integration framework of QFD and TRIZ

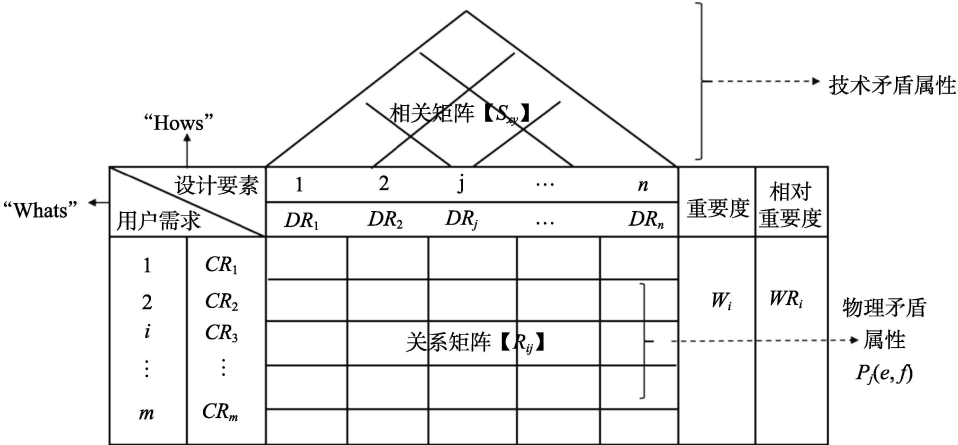


图 4 “用户需求-设计要素”质量屋

Fig.4 House of quality of “User Demands - Design Elements”

表 5 矛盾矩阵 (部分)

Tab.5 Contradiction matrix (partial)

改善参数	恶化参数			
	1 运动物体重量	2 静止物体重量	3 运动物体尺寸	4 静止物体尺寸
1 运动物体重量	+	-	15, 8, 29, 34	-
2 静止物体重量	-	+	-	10, 01, 29, 35
3 运动物体尺寸	15, 08, 29, 34	-	+	-
4 静止物体尺寸	-	35, 28, 40, 29	-	-

表 6 小型轿车座椅设计要素

Tab.6 Design elements for small car seat

产品类型						设计要素									
小型轿 车座椅	座椅 形态	座椅 厚度	保温 透气	包裹性	硬度	材料 种类	材料 包养	零件 数量	可拆卸	结构 强度	成本 控制	体积	操作 空间	调节 范围	

3.2 设计要素的提取

在对矛盾进行详细的定义后，可能出现三种情况，灵活地运用 TRIZ 提供的物理矛盾和技术矛盾的解决方式进行矛盾的消解，提取最优的设计要素。

第一种情况，若 $S_{xy}<0$ 且绝对值较大、 $P_j(e,f),f$ ，则产品具有的只是所定义的技术矛盾，需要将 DR_x 和 DR_y 所对应的绿色舒适产品设计要素转化成矛盾矩阵，见表 5 中的工程参数，找到相对应的解决方式，结合四十个创新原理进行设计要素的优化配置。

第二种情况，若 $P_j(e,f)<0$ 、 $S_{xy}\geq y$ 或接近于 0，则产品具有的是定义的物理矛盾，需要找出需求要素 CR_e 和 CR_f 所对应的设计要素，引入 TRIZ 提供的四种分离原理，将其独特的设计原理和绿色舒适产品的特点相融合，进行矛盾消解和设计优化。

第三种情况，若 $S_{xy}<0$ 且绝对值较大、 $P_j(e,f)<0$ ，则说明产品同时具有技术矛盾和物理矛盾，可根据实际情况对两者或其中之一进行设计要素的提取和优化设计。

4 设计实例及评价

为了更好地说明配置方法对于绿色舒适产品设计要素的提取和优化过程的指导性和科学性，本研究以奇瑞汽车的一款小型轿车座椅为例进行绿色舒适优化设计的验证和分析。根据前文的研究基础，将小型轿车座椅的设计要素整理出来，小型轿车座椅设计要素见表 6。

通过问卷调查获取小型轿车座椅的各项需求要素的比重，经过计算克隆巴赫系数为 0.923、检验统计量为 0.75，表明问卷结果十分理想，适合做相关性分析。通过公式(1)进行计算整理，最终确定了十五项需求要素及其重要度，十五项确定的需求要素及重要度见表 7。

由十五个需求要素 (CR) 和设计要素 (DR)，构建绿色舒适休闲座椅的质量屋，分别得到 R_{ij} 和需求的相对重要度，代入公式(4)得出设计要素和用户需求的相关度矩阵：

$$Q_{ij} = R_{ij} \times WR_i \tag{4}$$

将关系矩阵中前 10 %和后 10 %的数据，即绝对值较大的数据提取出来带入公式(3),对相关计算结果进行对比，从而得出物理矛盾判断指标，取出 $P_i(e,f)$ 的最小值，其对应的矛盾在于：对于可拆卸性的设计要素，无法满足震动受力需求和座椅可拆卸需求的相互排斥，将其定义为绿色舒适汽车座椅的最大物理矛盾。接下来，根据构建的 QFD 质量屋相关矩阵和公式(2)计算得到的数据，其中的最小值为-0.958，其对应的设计要素座椅硬度和座椅材质种类是绿色舒适汽车座椅设计中最大的技术矛盾。

根据上文研究内容，当产品同时具有技术矛盾和物理矛盾时，可根据实际情况对两者同时或其中之一进行设计要素优化配置，这里将两者同时进行矛盾消解。将技术矛盾进行展开可描述为：座椅材质的选用需要满足座椅稳定性和舒适性的要求，座椅材质的需有一定的硬度，能够足以保证在驾驶者长时间的的工作的前提下，不产生形变且保持稳定性，但是高硬度材质的选用会给驾驶的舒适性带来负面的影响。将两者对应到矛盾矩阵，希望改善的工程参数为：*12（形状），避免恶化的工程参数：*6（静止物体面积）参数，查找相应参数，得到#39 惰性环境原理、#03 局部质量原理、#35 物理或化学参数改变原理、#23 反馈原理四种创新原理为该设计的解决方式，技术矛盾解决方案见表 8。

将物理矛盾进行展开可描述为：汽车座椅需要具备较好的稳固性和防震性，以满足舒适性，同时汽车座椅需要具有相应的可拆卸的结构，以保证其零件的替换和维修，但可拆卸结构的增加会降低座椅的防震性、舒适性。针对于座椅可拆卸的矛盾，采用分离原理中的空间分离原理予以解决，物理矛盾解决方案见表 9。

根据矛盾消解的方式进行座椅设计，设计方案见图 5，采用一体式头枕，减少可拆卸属性在此处所产生的物理矛盾影响，增加座椅与人体的接触面积并采用更加环保的材质，减小因座椅材质带来的接触不适。

研究运用 Gabi 软件对该款座椅进行了绿色设计生命周期的分析，并与企业传统的小型汽车座椅进行数据对比，显示优化设计后的座椅在绿色属性比传统产品更加优异；同时对该座椅运用美国 Tekscan 公司的体压分布测试系统，对人与座面产生的压力分布数据进行采集，并与企业传统座椅进行对比分析，数据显示各项指标皆优于传统座椅。

表 7 十五项确定的需求要素及重要度
Tab.7 15 determined demand elements and importance

需求类型	需求类型细分	重要度排序
功能需求	载荷能力强	13
	功能丰富	14
	流行时尚	15
	工艺精良	11
	造型优美	12
人机需求	震动受力合理	10
	符合人体尺寸	9
	四肢操作舒适	2
	材质接触舒适	1
	结构稳定	3
绿色需求	可拆卸	6
	零件可替换	8
	耐久性强	5
	易于清洁	7
	材料环保	4

表 8 技术矛盾解决方案
Tab.8 Solutions to technical contradictions

设计目标	座椅硬度与座椅材质种类
设计描述	座椅材质的选用需要满足座椅稳定性和舒适性的要求
工程参数	希望改善参数：*13，稳定性 避免恶化参数*16，静止物体作用时间
创新原理	#3 局部质量原理： （1）让物体、环境或外部作用的均匀结构，变为不均匀的； （2）让物体的不同部分，格局不同的功能； （3）让物体的各部分，均处于完成各自动作的最佳状态 #23 反馈原理：将系统中任何（有用或有害）改变所产生的信息，都试做一种反馈信息源，用来执行矫正系统的作用 #35 物理或化学参数改变原理：改变物体的物理状态；改变物体的凝聚度；改变物体的可挠度；改变物体的温度 #39 惰性环境原理：制造一种惰性环境，同时还要考虑“不产生有害作用的环境”

表 9 物理矛盾解决方案
Tab.9 Solutions to physical contradictions

目标	设计描述	创新原理	创新原理描述
满足座椅稳固、防震和乘坐舒适的可拆卸属性	座椅需要具备较好的稳固性和防震性，以满足舒适性，同时座椅需要可拆卸的结构，以保证其维护的快捷	空间分离原理	对同一个参数的不同要求，在不同的空间实现；局部最佳化



图 5 设计方案
Fig.5 Design scheme

5 结语

本文立足于人-机-环境协调产品的理念,研究绿色舒适产品的多层次需求;通过 QFD 质量功能配置方法和 TRIZ 理论的分析,构建了绿色舒适产品设计要素优化配置框架;基于该框架进行了“用户需求-设计要素-设计矛盾-矛盾消解-设计要素”的最优设计要素提取;运用设计实例验证了该方法的可行性,为工业设计师解决复杂产品设计提供科学、可行的途径。但文中依然有不足的地方。首先,针对人机形态舒适度的概念,广义上来说,既包括接触的舒适度也包含视觉上的舒适度,视觉舒适度更多涉及心理学要素,其描述方式与参数跟本文的差异较大,因此未进行深入的研究,在后续研究当中也应成为研究的重点;其次,由于 TRIZ 的矛盾矩阵并不能完美地解决各种技术矛盾,并且在如何进行四十个创新原理选取依据方面还没有进行深入的挖掘,所以在今后的研究当中,要尽量完善技术矛盾解决方案的方法,为绿色舒适产品设计要素的提取带来更大的突破。

参考文献:

- [1] 高洋. 基于 TRIZ 的产品绿色创新设计方法研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2012.
GAO Yang. Research on Green Innovation Design Method of TRIZ-based Products[D]. Hefei: Hefei University of Technology, 2012.
- [2] 丁玉兰. 人机工程学[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2017.
DING Yu-lan. Ergonomics[M]. Beijing: Beijing Institute of Technology Press, 2017.
- [3] 卢纯福, 刘肖健. 人机接触面形态设计的数据映射模型[J]. 计算机集成制造系统, 2009, 15(5): 900-904.
LU Chun-fu, LIU Xiao-jian. Data Mapping Model of Human-machine Interface Configuration Design[J]. Computer Integrated Manufacturing System, 2009, 15(5): 900-904.
- [4] 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 QFD/TRIZ Integrated Model[J]. Manufacturing Automation, 2014, 36(13): 101-104.
- [5] Gianni CALIGIANA, Alfredo LIVERANI, Daniela FRANCA, et al. Integrating QFD and TRIZ for Innovative Design[J]. Journal of Advanced Mechanical Design Systems and Manufacturing, 2017.
- [6] 张青山, 乔芳丽, 马军. 制造业绿色产品评价研究[J]. 沈阳工业大学学报 (社会科学版), 2008(1): 64-70.
ZHANG Qing-shan, QIAO Fang-li, MA Jun. Research on Green Product Evaluation in Manufacturing Industry[J]. Journal of Shenyang University of Technology (Social Science Edition), 2008(1): 64-70.
- [7] 张宁, 李亚军, 段齐骏. 面向老年俯身作业的人机工程舒适性设计[J]. 浙江大学学报(工学版), 2017, 51(1): 95-105.
ZHANG Ning, LI Ya-jun, DUAN Qi-jun. The Ergonomic Comfort Design for the Elderly to Lean Over[J]. Journal of Zhejiang University, 2017, 51(1): 95-105.
- [8] 刘力卓. 产品设计的新视角——人机工程[J]. 科技管理研究, 2009, 29(8): 357-358.
LIU Li-zhuo. A New Perspective of Product Design Human Engineering[J]. Science and Technology Management Research, 2009, 29(8): 357-358.
- [9] 李跃生, 邵家骏, 苗宇涛. 质量功能展开技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2011.
LI Yue-sheng, SHAO Jia-jun, MIAO Yu-tao. Quality Function Deployment Technology[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2011.
- [10] 袁振龙, 褚学宁, 张磊. 基于虚拟正交试验和改进 QFD 的产品平台规划方法[J]. 上海交通大学学报, 2018, 52(8): 930-937.
YUAN Zhen-long, CHU Xue-ning, ZHANG Lei. Product Platform Planning Method Based on Virtual Orthogonal Experiment and Improved QFD[J]. Journal of Shanghai Jiaotong University, 2018, 52(8): 930-937.
- [11] 唐中君, 龙玉玲. 基于 Kano 模型的个性化需求获取方法研究[J]. 软科学, 2012, 26(2): 127-131.
TANG Zhong-jun, LONG Yu-ling. Research on the Method of Personalized Demand Acquisition Based on Kano Model[J]. Soft Science, 2012, 26(2): 127-131.
- [12] 马赛, 李凤鸣, 钱旺. 基于 TRIZ 理论的 D 型打结器设计与试验[J]. 农业机械学报, 2018, 49(S1): 327-331.
MA Sai, LI Feng-ming, QIAN Wang. Design and Experiment of D-type Knotter Based on TRIZ Theory[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery, 2018, 49(S1): 327-331.
- [13] 楼炯炯, 桂方志, 任设东. 基于可拓创新方法的改进 TRIZ 研究[J]. 国家自然科学基金资助项目, 2018, 49(S1): 327-331.
LOU Tong-tong, GUI Fang-zhi, REN She-dong. Research on Improved TRIZ Based on Extension Innovation Method[J]. National Natural Science Foundation of China, 2018, 49(S1): 327-331.