

基于用户使用后评价视角的碾米机优化设计需求识别

王娴雅¹, 段齐骏²

(1.宿迁学院, 宿迁 223800; 2.南京理工大学, 南京 210094)

摘要: **目的** 基于使用后用户评价视角, 精准有效地识别碾米机产品的优化设计需求, 从而明确设计方向, 指导产品的优化升级, 带给用户更加优质的使用体验。 **方法** 以使用后评价理论为基础, 从使用者视角出发, 首先利用问卷调查法、访谈法等形式获取用户对于碾米机的需求, 构建需求池, 在此基础上进一步通过专家咨询法构建碾米机评价指标层次模型, 然后根据用户使用后主观性评价, 运用层次分析法求解碾米机研发设计中用户对于各项需求被满足的期望程度。其次根据用户使用后客观评价, 运用熵权法获取当前市场上碾米机产品中用户需求未被满足的失望程度。最后利用对比分析, 识别出目前产品中未能较好满足用户既定期望的需求项, 为产品的进一步优化设计指明方向。 **结果** 通过前期的用户调研及专家咨询等, 构建碾米机评价指标层次模型, 包括美学属性、人机属性、经济属性和性能属性 4 个维度及其包含的 14 项具体指标, 并根据用户使用后主客观评价对比分析, 识别出当前碾米机在造型、界面交互、操作性和稳定性这 4 个方面未能达到用户既定期望, 还存在一定的优化提升空间, 在后续的迭代优化设计阶段, 设计师需重点关注。 **结论** 通过对碾米机进行实例评价, 帮助设计师明确了小型碾米机的具体改进方向, 最终以研究结果为参考, 完成了碾米机的优化设计, 并通过用户评分验证了优化后的碾米机较优化前的碾米机在用户满意度方面有较好的提升。

关键词: 使用后评价; 熵权法; 层次分析法; 碾米机; 优化设计

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)20-0314-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.20.037

Recognition of Requirements for Optimized Design of Rice Milling Machine Based on the Perspective of Post-use Evaluation by Users

WANG Xian-ya¹, DUAN Qi-jun²

(1.Suqian University, Suqian 223800, China; 2. Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China)

ABSTRACT: Based on the perspective of user evaluation after use, this paper aims to clarify the design direction, guide the optimization and upgrade of the product, and bring users a better user experience by accurately and effectively identifying the optimization design requirements of rice mill products. Based on the post-use evaluation theory and from the user's perspective, firstly, questionnaire surveys, interviews and other forms were used to obtain users' needs for rice mills, build a demand pool, and further build a hierarchical model of the evaluation index of rice mills through expert consultation method. Then according to the subjective evaluation of users after use, the analytic hierarchy process was used to solve the user's expectations for the satisfaction of various needs in the R&D and design of the rice milling machine. Secondly, according to the objective evaluation of users after use the entropy method was used to obtain the disappointment degree of the users' unmet needs in the rice mill products on the current market.. Finally, comparative analysis was used to identify demand items in the current product that fail to better meet the user's established expectations, and point out the direction for the further optimization of the product design. Through early user research and expert consultation, a hierarchical model of evaluation indicators for rice mills was constructed, including four dimensions of aesthetic attributes, ergonomic attributes, economic attributes, and performance attributes, as well as the 14 specific indicators in-

收稿日期: 2021-05-09

基金项目: 2021 年江苏高校哲学社会科学基金项目“现代设计视角下江苏工匠精神的溯源与传承研究”(2021SJA2198)

作者简介: 王娴雅(1982—), 女, 新疆人, 硕士, 宿迁学院讲师, 主要研究方向为工业设计。

cluded. Through objective evaluation and comparative analysis of users, it is recognized that the current rice milling machine fails to meet the user's established expectations in terms of shape, interface interaction, operability and stability, and there is still room for optimization and improvement and the designer need to focus on it in the subsequent iterative optimization design stage. Through the examples of evaluation of the rice milling machine, it helped the designer to clarify the specific improvement direction of the small rice milling machine. Finally, the optimized design of the rice milling machine was completed with the research results as reference, and the user rating verified that the optimized rice mill has a better improvement in user satisfaction than the optimized rice mill machine before.

KEY WORDS: post-use evaluation; entropy weight method; analytic hierarchy process; rice milling machine; optimized design

产品优化设计是整个产品生命周期中重要的一个环节，根据市场反馈迅速作出优化，对于满足用户需求、提升产品的市场竞争力是至关重要的，因此不少学者对产品的优化设计进行了探讨与研究。例如杨超等人^[1]在套袋机的优化设计过程中，引入 TRIZ 理论，将套袋机现存的问题转化为 TRIZ 问题模型，并进一步找到优化的解决方案，完成了套袋机的优化设计；王天赋等人^[2]运用感性工学相关理论，分析设计要素与设计意象之间的关系，从而推导出具体的优化设计要素，进一步对汽车内饰进行了优化设计；杨勤等人^[3]通过引入功能可靠度概念，与价值工程相结合，应用于产品优化设计过程中，找到产品优化的设计方向；邓杏仪等人^[4]集成 Kano 和 QFD 模型，分析了用户需求与设计要素之间的关系，从而提取出关键性设计要素，完成了健身游戏系统的优化设计；欧静等人^[5]通过对用户操作行为的研究，获取用户痛点，并运用动线理论和 ECRS 原理对砌墙机进行优化设计；刘志强^[6]基于用户研究和 Kano 模型对用户需求进行深入分析，明确了洗衣机交互面板的优化方向，并进一步完成了对洗衣机交互面板的优化设计。以上研究将不同的理论与方法运用到产品的优化设计中，为产品后续的优化设计提供了可供参考的实践方法，但是鲜有将 AHP 与熵权法相结合运用于产品优化设计需求识别研究中，因此，基于用户使用后评价视角，将 AHP 与熵权法运用于产品优化设计中，对识别产品优化设计需求方法进行尝试性探索，以期丰富指导产品优化设计的方法。

1 研究框架

设计师通常是为陌生的使用者设计，易忽略使用者的主体性，因此在两者间的互动沟通过程中，如果没有适宜的设计模式和机制来支撑，设计师难以以个人的力量设计出满足使用者切实需求的产品。而基于使用者视角发掘使用者对产品的需求、反应及评价，能获取与使用者需求有关的信息，帮助设计师有效地了解各项设计需求对使用者的影响，进而为设计师用专业的设计知识解决使用者的切实需求提供参考。使用后评价（Post Occupancy Evaluation, POE）是指从

使用者的需求角度出发，对经过设计并正被使用的项目进行评价^[7]。POE 已经成为项目整个生命周期中不可或缺的一环，常用于了解用户对使用一段时间后的具体项目或者对象的一个整体评价情况，以便设计规划者根据用户使用后的评价反馈来进行相应的优化设计。由于 POE 理论是建立在用户使用后再评价的基础上，所获取的反馈结果往往更具针对性和准确性，其这一特性对于产品整个生命周期研究中的产品优化设计环节具有很好的借鉴意义。基于此，本文以使用后评价理论为指导思想，基于用户使用后评价视角，构建了研究框架见图 1。首先以使用后评价理论为出发点，运用问卷调查、用户访谈等方式对目标用户进行调研，获取用户需求，并进一步构建用户需求池，其次以构建的用户需求池为导向，利用专家咨

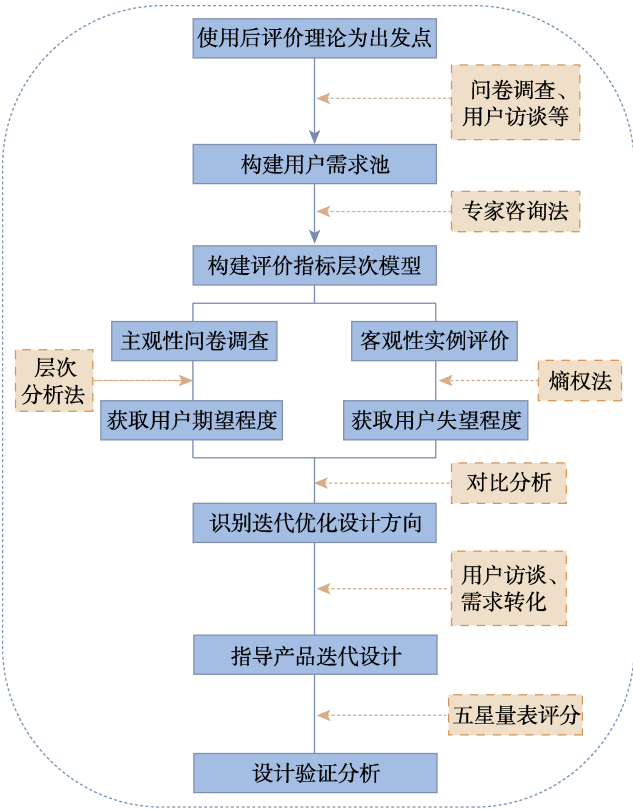


图 1 研究框架
Fig.1 Research framework

询法构建碾米机评价指标层次模型,并以该模型为依据,运用层次分析法获取用户对于碾米机各项需求的主观评价,并求解用户对于各项需求被满足的期望程度,再运用熵权法获取用户对于当前碾米机各项需求的客观评价,求解用户对于当前碾米机各项需求的失望程度,然后通过对比分析,识别出未能达到用户既定期望程度的需求,进而确定迭代优化设计的方向,指导产品的迭代设计,最后再通过 5 级量表评分获取用户对于优化前后产品的满意度,验证设计与研究的结果。

2 主要研究方法

2.1 层次分析法

层次分析法是由美国运筹学专家 Saaty 于 1970 年提出的,主要是通过 1—9 标度法^[8]对评价要素进行两两比较分析,并构建判断矩阵,再根据层次分析法的求解步骤得出各个评价要素的重要度,进而为设计与决策提供参考依据,被广泛应用于决策领域^[9-11]。1—9 标度法取值具体含义见表 1。层次分析法的评价结果带有一定的主观性,在一定程度上表达了用户对产品各项需求的期望程度,设计师在进行产品设计时应当考虑用户对于不同需求的侧重点这一问题,将用户的喜好考虑进产品设计过程中,从而设计出满足用户需求的产品^[12-14]。

层次分析法求解用户需求优先级的具体过程如下^[15-16]:

求判断矩阵 M 中每行标度值的乘积,计算结果记为 M_i :

$$M_i = \prod_{j=1}^m W_{ij}, (i=1,2,\cdots,m) \tag{1}$$

式(1)中, W_{ij} 为判断矩阵中的第 i 行第 j 列元素; m 为判断矩阵各行要素数量。求出各行乘积后,求判断矩阵中各行元素的几何平均值 a_i :

$$a_i = \sqrt[m]{M_i}, (i=1,2,\cdots,m) \tag{2}$$

归一化处理后得到相对权重:

$$\omega_i = \frac{a_i}{\sum_{i=1}^m a_i} \tag{3}$$

求出各判断矩阵及权重向量后,为了避免受试者主观因素影响,通常需要对数据进行一次检验,检验的具体步骤如下:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \tag{4}$$

式(4)中: CI 为判断矩阵的一致性指标, $\lambda_{\max}$ 为判断矩阵的最大特征值, n 为判断矩阵的阶数。

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{5}$$

式中: CR 为一致性比率, RI 为随机一致性指标。

表 1 1—9 标度法取值具体含义
Tab.1 1-9 Scale method value specific meaning

标度	重要程度	所代表的具体含义
1	同等重要	与评价要素 q 相比, 评价要素 p 同等重要
3	稍微重要	与评价要素 q 相比, 评价要素 p 稍微重要
5	明显重要	与评价要素 q 相比, 评价要素 p 明显重要
7	强烈重要	与评价要素 q 相比, 评价要素 p 强烈重要
9	绝对重要	与评价要素 q 相比, 评价要素 p 绝对重要
2, 4, 6, 8	中间值	重要程度介于两者之间

表 2 随机一致性指标
Tab.2 Random consistency index

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RI	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.52

随机一致性指标见表 2, 当 $CR \leq 0.1$ 时, 可认定该判断矩阵的一致性可被接受, 反之则需重新计算。

2.2 熵权法

熵权法来源于热力学, 是对系统状态不确定性的一种度量。评价系统中, 可基于产品的实际使用情况, 通过熵权法得到各个评价指标的熵。信息熵越小, 信息的离散程度越低, 其信息的效用值越大, 指标的权重越大, 评价结果具有一定的客观性^[17-18]。因此可充分利用熵权法这一特点, 根据实际情况对评价对象做出一个客观评价, 当某项指标客观评价得分较低时, 其权重就越大, 用户对该项评价指标的满意度就越低, 失望程度就越高。对于这类失望程度较高的指标, 设计师应予以重点关注, 并作为后期改进的关键依据。

用熵权法确定关键需求重要度的步骤如下^[19-20]:

1) 构建判断矩阵。假设有 n 个评价对象和 m 个评价指标, 则可构建判断矩阵 $R = (r_{ij})_{n \times m}$, r_{ij} 表示第 i 个评价对象的第 j 个评价指标算术加权评估值。

2) 将判断矩阵 R 进行标准化处理, 得到标准化矩阵 Q , 矩阵 Q 中各元素为:

$$q_{ij} = \frac{r_{ij} - r_{\min}}{r_{\max} - r_{\min}} \tag{6}$$

3) 求各评价指标的信息熵:

$$H_j = -\frac{1}{\ln n} \times \sum_{i=1}^n f_{ij} \ln f_{ij} \quad (i=1,2,\cdots,n, j=1,2,\cdots,m) \tag{7}$$

其中, $0 \leq H_j \leq 1$, H_j 越接近于 1 表示系统指标变异的程度最小, 且

$$f_{ij} = \frac{q_{ij}}{\sum_{i=1}^n q_{ij}}, (i=1,2,\cdots,n) \tag{8}$$

4) 确定各评价指标的熵权:

$$G_j = \frac{1 - H_j}{\sum_{j=1}^m (1 - H_j)}, (j=1,2,\cdots,m) \tag{9}$$

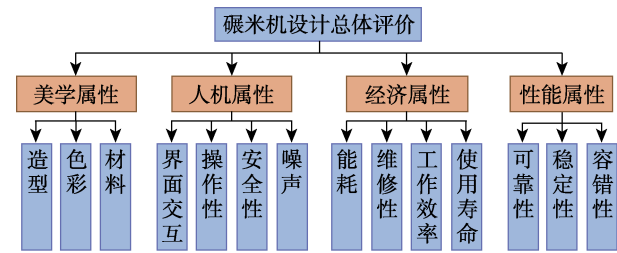


图 2 评价指标层次模型
Fig.2 Evaluation index hierarchy model

通过以上对层次分析法和熵权法的阐述，结合本文研究可知，基于用户使用后评价视角，层次分析法可得出目标用户对于碾米机设计研发中各项需求希望被满足的程度，即期望程度；熵权法可得出目标用户对于碾米机中各项需求未被满足的程度，即失望程度。当某一用户需求的期望程度大于或等于失望程度时，表明该项需求达到了用户的既定期望值，反之，当某一用户需求的期望程度小于失望程度时，表明该项需求未能达到用户的既定期望值，与用户的期望还有一定的距离，也是设计师需要着重改进的方向。接下来将其运用于碾米机的优化设计中做具体阐述。

3 研究过程

文中以 CN-3500 小型碾米机作为研究对象，首先获取用户需求池，研究中选取 50 名具有多年以上小型碾米机使用经验的用户作为此次访谈对象，提前与用户约好访谈时间进行访谈，并在征得用户同意的前提下，采用速记加录音的方式记录访谈内容，整个访谈周期共持续两个星期。在访谈结束后，将访谈内容进行整理并进一步转化为电子文本，然后利用质性分析软件 Nvivo 11 对访谈内容进行评价指标的提取，剔除频率低于 5 次以下的评价指标，构建用户需求池。通过专家咨询确定了 14 项评价指标，并进一步将其划分为美学属性、人机属性、经济属性和性能属性 4 个维度，构建评价指标层次模型见图 2。

根据层次分析法和熵权法的分析步骤，制作调查问卷，并再次寻求先前 50 名访谈用户进行问卷的填写。为尽可能地避免因不间断地运用两种方法填写问卷对用户产生的干扰，在问卷调查过程中，上午时间段只对用户进行层次分析法问卷调查，下午时间段只对用户进行熵权法问卷调查，整个问卷调查周期共持续 10 天，共发放调查问卷 50 份。由于问卷调查过程中采用逐一发放与回收的形式，因此最终回收问卷 50 份，问卷有效回收率为 100%。在整个问卷调查阶段结束后，对回收的问卷进行整理，并转化为 Excel 电子文档，经过进一步整合分析，构建美学属性、人机属性、经济属性和性能属性 4 个维度下的判断矩阵。美学属性维度下的判断矩阵见表 3，人机属性维度下的判断矩阵见表 4，经济属性维度下的判断矩阵见表 5，性能属性维度下的判断矩阵见表 6。

表 3 美学属性维度下的判断矩阵
Tab.3 Judgment matrix under the dimension of aesthetic attributes

美学属性（AA）	造型（AA1）	色彩（AA2）	材料（AA3）
造型（AA1）	1	3	3
色彩（AA2）	1/3	1	1/2
材料（AA3）	1/3	2	1

表 4 人机属性维度下的判断矩阵
Tab.4 Judgment matrix under the dimension of man-machine attributes

人机属性（MA）	界面交互（MA1）	操作性（MA2）	安全性（MA3）	噪声（MA4）
界面交互（MA1）	1	3	1	5
操作性（MA2）	1/3	1	1/3	3
安全性（MA3）	1	3	1	3
噪声（MA4）	1/5	1/3	1/3	1

表 5 经济属性维度下的判断矩阵
Tab.5 Judgment matrix under the economic attribute dimension

经济属性（EA）	能耗（EA1）	维修性（EA2）	工作效率（EA3）	使用寿命（EA4）
能耗（EA1）	1	3	3	3
维修性（EA2）	1/3	1	1/2	1/2
工作效率（EA3）	1/3	2	1	3
使用寿命（EA4）	1/3	2	1/3	1

表 6 性能属性维度下的判断矩阵
Tab.6 Judgment matrix under the performance attribute dimension

性能属性（PA）	可靠性（PA1）	稳定性（PA2）	容错性（PA3）
可靠性（PA1）	1	1/3	2
稳定性（PA2）	3	1	3
容错性（PA3）	1/2	1/3	1

表 7 用户需求权重与一致性检验
Tab.7 User demand weight and consistency check

用户需求维度	权重	CR	一致性检验
美学属性（AA1—AA3）	(0.594, 0.157, 0.249)	0.052	通过
人机属性（MA1—MA4）	(0.406, 0.157, 0.357, 0.080)	0.043	通过
经济属性（EA1—EA4）	(0.486, 0.114, 0.253, 0.146)	0.049	通过
性能属性（PA1—PA3）	(0.249, 0.594, 0.157)	0.052	通过

运用层次分析法的步骤进行用户需求权重与一致性检验，见表 7。

表 8 用户需求重要度排序
Tab.8 Ranking of user demand importance

用户需求	权重	排序
界面交互	0.171	1
稳定性	0.160	2
安全性	0.150	3
造型	0.113	4
可靠性	0.067	5
操作性	0.066	6
能耗	0.059	7
材料	0.047	8
容错性	0.042	9
噪声	0.033	10
工作效率	0.031	11
色彩	0.030	12
使用寿命	0.018	13
维修性	0.014	14

表 9 各个评价指标对应的用户满意度比重
Tab.9 The proportion of user satisfaction corresponding to each evaluation index

	非常满意	满意	一般	不满意	非常不满意
造型	0.08	0.40	0.36	0.12	0.04
色彩	0.18	0.24	0.26	0.16	0.16
材料	0.10	0.24	0.28	0.24	0.14
交互界面	0.04	0.36	0.22	0.38	0.00
操作性	0.12	0.40	0.34	0.08	0.06
安全性	0.08	0.14	0.26	0.30	0.22
噪声	0.18	0.20	0.26	0.24	0.12
能耗	0.08	0.28	0.26	0.22	0.16
维修性	0.20	0.14	0.22	0.24	0.20
工作效率	0.18	0.20	0.26	0.24	0.12
使用寿命	0.18	0.20	0.22	0.20	0.20
稳定性	0.22	0.22	0.32	0.18	0.06
可靠性	0.10	0.36	0.34	0.20	0.00
容错性	0.14	0.18	0.32	0.22	0.14

表 10 熵权法求解用户需求权重
Tab.10 Entropy method to solve user demand weight

需求维度	用户需求	权重
美学属性	造型	0.165
	色彩	0.012
	材料	0.036
人机属性	交互界面	0.234
	操作性	0.143
	安全性	0.050
	噪声	0.018
经济属性	能耗	0.042
	维修性	0.008
	工作效率	0.018
	使用寿命	0.001
性能属性	可靠性	0.058
	稳定性	0.184
	容错性	0.030

紧接着对 14 项用户需求重要度进行总排序，在进行权重排序之前需对其进行一致性检验，经过层次分析法计算步骤得出其 $CR=0.027$ ，远小于临界值 0.1，因此通过一致性检验，进一步求出 14 项用户需求重要度排序，见表 8。

基于熵权法求解各个评价指标权重，通过对收集的数据进行整合处理，得到各个评价指标对应的用户满意度比重见表 9。

然后进一步根据熵权法求解用户需求权重见表 10。

最后将层次分析法和熵权法求解得出的主客观权重绘制在同一折线图中，主客观权重对比折线图见图 3。

从图中可以看出，以各个用户需求的主观权重值为参考临界值，在 14 项用户需要中，色彩、材料、安全性、噪声、能耗、维修性、工作效率、使用寿命、可靠性和容错性这 10 项指标的客观权重值小于其对应

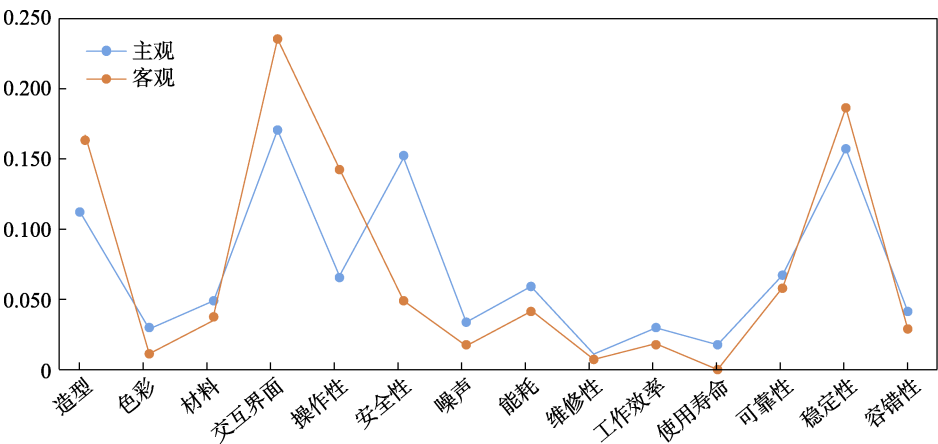


图 3 主客观权重对比折线图
Fig.3 Line chart comparing subjective and objective weights

应的参考临界值，说明上述 10 项指标满足了用户的需求，达到了用户的既定期望。而碾米机的造型、交互界面、操作性和稳定性这 4 项指标的客观权重值大于其对应的参考临界值，说明上述 10 项指标未能很好的满足用户需求，与用户的期望存在一定的差距。因此，在碾米机的优化设计过程中，需着重考虑造型、交互界面、操作性和稳定性这 4 个方面，从而有效满足用户需求，提升用户对产品的满意度。

4 设计优化

基于使用后评价理论，通过对目标用户进行调查，并进一步对收集的数据资料进行量化分析，识别出碾米机在造型、交互界面、操作性和稳定性这 4 个方面存在一定的提升空间。明确了碾米机的优化方向后，依据优化方向有针对性地制定半结构化访谈提纲，走访了 20 位目标用户，通过用户的回顾性阐述，获取用户在使用过程中的具体需求，并转化为设计要求，进而指导碾米机的优化设计。

4.1 获取用户具体需求

通过对目标用户进行访谈了解到：

- 1) 在造型方面，用户觉得碾米机易带给其一种冰冷的感觉，且碾米机的造型棱角分明，过于机械化。因此用户希望碾米机造型整洁和谐，避免给人一种冰冷的感觉。
- 2) 在交互界面方面，用户反映碾米机的操作按钮较为分散，不方便操作，而且刚开始使用时因为不熟练，容易忘记各个操作按钮的功能，容易混淆，机器本身上也缺乏各个操作按钮的功能提示信息，因此用户希望能对碾米机的操作界面进行重新设计，提高交互界面的易用性，同时除了在说明书上对各个操作按钮进行功能解释外，还应在机器本身对各个操作按钮进行简要的功能提示，毕竟在实际的使用过程中，用户一般只会在初次使用时才会查看说明书。
- 3) 在操作性方面，用户反映在移动碾米机时没有固定的把手可供把握，极其不方便，而且碾米过程中观察不到碾米过程及具体情况，容易造成碾米质量不佳时不能及时做出相应操作等问题，此外细糠和谷壳出料口分别位于左右两侧，不仅影响机器的整体美观，左右两侧还得预留出空间放置容器收纳细糠和谷

壳，操作起来也不方便。因此用户希望能在碾米机上增加一个把手，便于移动机器；还希望设置一观察窗口，方便用户观察碾米过程，把控碾米质量；此外如果能将细糠和谷壳出料口放在同一侧，不仅便于操作，还能节省占用空间。

4) 在稳定性方面，用户反映出米口下方的散热孔容易被接米的容器挡住，影响散热的效果，希望考虑实际的使用场景，将散热孔设置在合理的位置，以便更好地将电机运转产生的热量排放出去，从而更好地维持电机的正常运转。

4.2 用户需求转化为设计要求

通过以上的调查分析，知晓了用户对于碾米机的具体改进需求后，进一步通过查阅文献、咨询碾米机企业技术人员等方式，准确地将用户需求转化为设计要求见表 11，进而指导碾米机的优化设计，使所设计的产品能更加符合用户的切实需求，提高用户对于碾米机的满意度。首先在造型需求方面，用户希望造型看上去整洁和谐，避免带给人一种冰冷的感觉，反映在具体的设计要求上就是对造型的设计；在交互界面方面，用户希望能对碾米机的操作界面进行重新设计，提高交互界面的易用性，同时除了在说明书上对各个操作按钮进行功能解释外，还应在机器本身对各个操作按钮进行简要的功能提示，毕竟在实际的使用过程中，用户一般只会在初次使用时才会查看说明书，反映在具体的设计要求上就是对人机界面和易用性进行设计；在操作性方面，用户希望能在碾米机上增加一个把手，便于移动机器，还希望设置一观察窗口，方便用户观察碾米过程，把控碾米质量，此外如果能将细糠和谷壳出料口放在同一侧，不仅便于操作，还能节省占用空间，反映在具体的设计要求上就是辅助移动把手的设计、观察窗口的设计以及功能构建布局的设计；在稳定性方面，用户希望考虑到实际的使用场景，将散热孔设置在合理的位置，反映在具体的设计要求上就是散热孔的设计。

4.3 碾米机优化设计

根据以上分析，进行碾米机的具体优化设计。首先在造型方面，将各个部分整合为一体，边角进行倒角处理，主色采用奶白色，辅以蓝色点缀，一改碾米机方正冰冷的造型设计，使碾米机在视觉上给用户一

表 11 用户需求转化为设计要求
Tab.11 Design elements to be improved for the rice mill

优化方向	用户需求	转化	设计要求
造型	造型看上去整洁和谐，避免给人一种冰冷的感觉		造型设计
交互界面	操作按钮集中一点便于操作；符合人的操作习惯；各个按钮功能明确		人机界面设计；易用性设计
操作性	设置一个把手便于把握，方便移动；设置一个碾米观察窗口，便于根据具体情况及时调节碾米精度；细糠和谷壳出料口放在一侧		把手设计；观察窗口设计；功能构件布局设计
稳定性	根据实际情况放置散热孔，避免被挡住		散热孔设计



图 4 碾米机设计效果图
Fig.4 Design effect drawing of rice mill

种和谐统一的感官体验；其次在交互界面方面，对界面控制按钮和仪表盘位置进行重新设计，将上一代产品中处于多个侧面的控制按钮整合到同一侧面上，并参考人体尺寸数据对控制按钮的尺寸大小进行设计，便于用户控制，根据碾米机各部分启动顺序，对操作控制按钮进行对应的位置排放，便于用户操作，并在对应按钮下方进行功能标注，从而降低用户操作过程中的大脑负荷，并将仪表盘置于控制按钮左侧，使其更加符合用户的认知习惯；然后在操作性方面，碾米机上部设置有一观察窗，便于用户即时监控碾米情况，在糙米仓和碾米仓功能区均设置有检查修理口，便于用户检测与维修碾米机，同时将细糠和谷壳旋风分离装置设置于同侧，便于用户操作，此外在碾米机右侧安置一把手，便于用户移动碾米机；最后在稳定性方面，为了避免碾米机因长时间工作造成机身内部温度过高，影响其正常运转，在碾米机的后部设置一个散热器装置，使得碾米机在工作运转时能更好地将热量散发出去，从而在一定程度上提高碾米机工作时的稳定性。碾米机设计效果图见图 4。

为了验证研究结果的有效性，将优化前后的碾米机分别制成实验样本，并记为实验样本 A 和实验样本 B，邀请 10 位目标用户运用李克特 5 级量表对两个实验样本进行评分，评分前详细向 10 位目标用户介绍实验样本，在目标用户无疑问后，分别从碾米机的造型、交互界面、操作性、稳定性以及整体满意度 5 个方面进行评分，最后统计出用户评分的算术平均值，并绘制在同一折线对比图中，优化前后评分对比折线图见图 5。从图 5 中可以看出，用户对优化后的碾米机在造型、交互界面、操作性、稳定性以及整体满意度方面的评分均高于优化前的碾米机，在一定程度上说明了研究结果的有效性。

5 结语

对现有产品进行优化升级是保持产品持续竞争

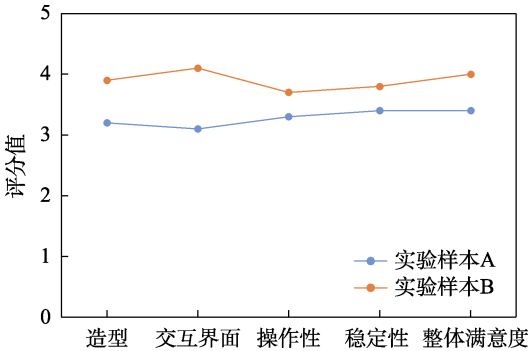


图 5 优化前后评分对比折线图
Fig.5 Line chart of score comparison before and after optimization

力的一种重要手段，然而在实际的产品优化过程中，设计师往往很难找到明确的优化方向，基于此，从用户使用后评价视角出发，依据层次分析法和熵权法各自的特性，以定量分析的方式识别出产品设计的优化方向，为设计师进行产品优化设计提供参考依据。通过以碾米机为例，依据文中构建的研究流程，首先构建了小型碾米机的评价指标层次模型，包括美学属性、性能属性、人机属性和经济属性 4 个维度及其包含的 14 个具体评价指标。其次基于用户使用后评价视角，利用层次分析法求解用户对于各项需求的期望程度，运用熵权法获取目标用户对于当前碾米机各项用户需求的失望程度。然后通过对比分析识别出未达到目标用户期望的需求，帮助设计师明确优化方向，进而进行碾米机的优化设计。最后通过验证分析，表明用户对优化后的产品满意度高于优化前的产品，验证了该研究流程能有效帮助设计师确定产品优化设计方向，具有一定的可操作性和实用价值。

参考文献：

[1] 杨超, 邓援超, 郝雪君, 等. 基于 TRIZ 理论的套袋机套袋装置优化设计[J]. 包装工程, 2020, 41(15): 193-199.

- YANG Chao, DENG Yuan-chao, HAO Xue-jun. et al. Optimization Design of Bagging Device of Bagging Machine Based on TRIZ Theory[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(15): 193-199.
- [2] 欧静, 郭冰, 张军帅, 等. 基于操作者行为动线的砌墙机设计优化研究[J]. 包装工程, 2020, 9(12): 1-10.
OU Jing, GUO Bing, ZHANG Jun-shuai, et al. Study on the Design Optimization of Wall-laying Machine Based on Operator Behavior Movement[J]. Packaging Engineering, 2020, 9(12): 1-10.
- [3] 邓杏仪, 刘林, 张瑞秋. 基于 Kano-QFD 的健身游戏系统优化设计[J]. 包装工程, 2020, 9(12): 1-8.
DENG Xing-yi, LIU Lin, ZHANG Rui-qiu. Optimization Design of Fitness Game System Based on Kano-QFD[J]. Packaging Engineering, 2020, 9(12): 1-8.
- [4] 刘志强. 基于用户研究的洗衣机交互面板优化设计[J]. 包装工程, 2020, 41(16): 111-115.
LIU Zhi-qiang. Optimum Design of Washing Machine Interactive Panel Based on User Research[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(16): 111-115.
- [5] 王天赋, 徐子豪. 基于感性工学的汽车驾驶空间内饰优化设计[J]. 包装工程, 2020, 9(12): 1-7.
WANG Tian-fu, XU Zi-hao. Optimization Design of Interior Decoration of Automobile Driving Space Based on Perceptual Engineering[J]. Packaging Engineering, 2020, 9(12): 1-7.
- [6] 杨勤, 石若好, 熊文彬, 等. 基于价值工程的产品优化设计研究[J]. 包装工程, 2019, 40(1): 279-282.
YANG Qin, SHI Ruo-hao, XIONG Wen-bin, et al. Research on Product Optimization Design Based on Value Engineering[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(1): 279-282.
- [7] SH ERMAN S A, VARNI J W, ULRICH R S, et al. Post-occupancy Evaluation of Healing Gardens in a Pediatric Cancer[J]. Landscape and Urban Planning, 2005, 73(2-3): 167-183.
- [8] 朱意灏, 徐舒颜, 吴剑锋. 基于层次分析法的代驾服务体验评价模型研究[J]. 包装工程, 2020, 41(14): 112-117.
ZHU Yi-hao, XU Shu-yan, WU Jian-feng. Research on the Evaluation Model of Car Service Experience Based on Analytic Hierarchy Process[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(14): 112-117.
- [9] 孙瑞英, 马晓伟. 高校图书馆智库服务能力评价[J]. 图书馆论坛, 2021, 2(16): 1-13.
SUN Rui-ying, MA Xiao-wei. Evaluation of Service Capability of Think Tanks in University Libraries[J]. Library Forum, 2021, 2(16): 1-13.
- [10] 高喜银, 王贺, 宋强, 等. 基于 AHP-TOPSIS 的果园作业平台舒适性评价及优化[J]. 图学学报, 2020, 41(5): 788-795.
GAO Xi-yin, WANG He, SONG Qiang, et al. Comfort Evaluation and Optimization of Orchard Work Platform Based on AHP-TOPSIS[J]. Journal of Graphics, 2020, 41(5): 788-795.
- [11] 徐晓琪, 程永胜, 陈国强. 基于 AHP 法的房车造型评价方法及应用研究[J]. 机械设计, 2020, 37(6): 140-144.
XU Xiao-qi, CHENG Yong-sheng, CHEN Guo-qiang. Research on the Evaluation Method and Application of RV Model Based on AHP[J]. Machinery Design, 2020, 37(6): 140-144.
- [12] 齐继阳, 任丽娜, 高健, 等. 基于模糊层次分析法的海洋平台健康评估[J]. 机械设计与制造, 2016(6): 218-221.
QI Ji-yang, REN Li-na, GAO Jian, et al. Health Assessment of Offshore Platforms Based on Fuzzy Analytic Hierarchy Process[J]. Machinery Design and Manufacturing, 2016(6): 218-221.
- [13] 王曙燕, 张兴根. 基于云模型的老人手机易用性评估模型研究[J]. 计算机工程与应用, 2016(5): 245-251.
WANG Shu-yan, ZHANG Xing-gen. Research on the Evaluation Model of Mobile Phone Usability for the Elderly Based on Cloud Model[J]. Computer Engineering and Applications, 2016(5): 245-251.
- [14] 李志强, 袁婷玉, 孙涛, 等. 基于模糊综合评价法的包装方案评估[J]. 包装工程, 2019, 40(23): 189-195.
LI Zhi-qiang, YUAN Ting-yu, SUN Tao, et al. Packaging Scheme Evaluation Based on Fuzzy Comprehensive Evaluation Method[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(23): 189-195.
- [15] 侯士江, 刘甲财, 孙可. 基于 AHP-FCE 的医院陪护病床设计与评价[J]. 包装工程, 2019, 40(2): 174-178.
HOU Shi-jiang, LIU Jia-cai, SUN Ke. Design and Evaluation of Hospital Accompanying Bed Based on AHP-FCE[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(2): 174-178.
- [16] 邓卫斌, 祝红星. 基于层次分析法的儿童智能手表设计评价研究[J]. 包装工程, 2018, 39(8): 121-125.
DENG Wei-bin, ZHU Hong-xing. Research on Design Evaluation of Children's Smart Watch Based on Analytic Hierarchy Process[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(8): 121-125.
- [17] 鲁春阳, 文枫, 袁晓妮, 等. 基于熵值法的河南省新型城镇化风险识别研究[J]. 中国农业资源与区划, 2018, 39(11): 142-147.
LU Chun-yang, WEN Feng, YUAN Xiao-ni, et al. Study on the Risk Identification of New Urbanization in Henan Province Based on Entropy Method[J]. China Agricultural Resources and Regional Planning, 2018, 39(11): 142-147.
- [18] 郭显光. 熵值法及其在综合评价中的应用[J]. 财贸研究, 1994(6): 56-60.
GUO Xian-guang. Entropy Method and Its Application in Comprehensive Evaluation[J]. Research in Finance and Trade, 1994(6): 56-60.
- [19] 李婷, 王秋平. 基于熵权和改进的层次分析法的总图设计方案评价[J]. 兰州理工大学学报, 2012, 38(2): 120-123.
LI Ting, WANG Qiu-ping. Evaluation of General Layout Design Scheme Based on Entropy Weight and Improved Analytic Hierarchy Process[J]. Journal of Lanzhou University of Technology, 2012, 38(2): 120-123.
- [20] 王颖, 司占军, 王佳. 基于熵权赋权法的灰关联技术的视频质量评价体系研究[J]. 包装工程, 2016, 37(7): 141-146.
WANG Ying, SI Zhan-jun, WANG Jia. Research on the Video Quality Evaluation System of Grey Relational Technology Based on Entropy Weighting Method[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(7): 141-146.