

基于 KANO-AHP-QFD 的水果物流周转箱设计研究

吕中意, 杨波, 陈云

(成都理工大学工程技术学院, 四川 乐山 614000)

摘要: **目的** 对水果物流周转箱用户需求进行梳理分析, 将需求转化为具体设计要素、质量特性, 并据此完成该类产品创新设计。**方法** 基于 KANO 模型, 确定水果物流周转箱在不同应用场景下的用户需求, 建立需求框架; 应用层次分析法 (AHP) 对需求框架进行分析, 建立包含权重的需求层次结构; 基于质量功能配置理论 (QFD), 确立用户需求与质量特性关系, 建立 QFD 质量屋; 以发散性创新、聚合性优化递进方式进行水果物流周转箱设计。**结果** 建立了准确度和客观性高的水果物流周转箱用户需求框架及 QFD 质量屋, 完成了合理、易用的创新设计方案。**结论** 对 KANO、AHP、QFD 方法的综合应用, 能更科学地挖掘用户需求, 发现产品需要改进的问题; 基于综合方法设计的水果物流周转箱, 能为该类产品创新提供新思路, 为农业物流供应链优化提供最小单元新方案。

关键词: 物流包装; 水果周转箱; KANO; AHP; QFD; 创新设计

中图分类号: TB482; TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2022)18-0095-09

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2022.18.013

The Design of Fruit Logistics Turnover Box Based on KANO-AHP-QFD

LYU Zhong-yi, YANG Bo, CHEN Yun

(The Engineering & Technical College of Chengdu University of Technology, Sichuan Leshan 614000, China)

ABSTRACT: The paper aims to convert the demand into specific design elements and quality characteristics, and complete the innovative design of such products according to the study and analysis of users demand of fruit logistics turnover box. Based on KANO model, determine the user demand of fruit logistics turnover box in different scenarios and establish the demand framework. Apply the Analytic Hierarchy Process (AHP) to analyze the demand framework and establish the demand hierarchy structure with weight. Based on the Quality Function Deployment Theory (QFD), establish the relationship between user demand and quality characteristics, and the QFD House. Design the fruit logistics turnover box with divergent innovation and progressive optimization. The user requirement framework and QFD house for fruit logistics box with high accuracy and objectivity was established, and a reasonable and easy-to-use innovative design solution was completed. The comprehensive application of KANO, AHP and QFD methods can excavate users' demand more scientifically and find the problems that need to be improved. The fruit logistics turnover box designed by the integrated method can provide a new idea for the product innovation and a new scheme for the optimization of agricultural logistics supply chain.

KEY WORDS: logistics packaging; fruit turnover box; KANO; AHP; QFD; innovative design

我国水果种植位居全国农业种植第 3 位, 2021 年总产量近 3 亿吨, 连续多年稳居全球第一, 成为农民收入的重要支柱^[1]。伴随水果种植业的区域化、规

模化发展^[2], 物流成本占比过高问题日益突出, 超出 20% 的物流腐损率严重制约了水果产业发展。为促进产业发展, 助力农村创收增收, 优化水果物流供应链

收稿日期: 2022-04-15

基金项目: 成都理工大学工程技术学院研究基金项目 (C112019028); 成都市哲学社会科学重点研究基地项目 (CCRC2022-1); 工业设计产业研究中心基金资助项目 (GYSJ18-039)

作者简介: 吕中意 (1984—), 女, 硕士, 副教授, 主要研究方向为用户体验与工业设计。)

迫在眉睫,在该问题的研究上,分类、包装、运输、存储多方位协同创新策略成为共识,降本提效成为核心目标^[3-5]。周转箱是水果物流供应链中配送、存储、流通等各环节下的最小单元,是水果物流设施多元协同创新的基础载体,对降低水果腐损,提升物流效率影响较大。当前对水果物流周转箱的设计研究主要集中在生态材料、智能技术研发与应用、箱体结构设计 3 个方面。在生态材料方面,不仅关注全新降解型材料的研发^[6],还关注材料的减量化^[7]、单一化^[8]、循环化^[9]应用;在智能技术方面,不仅重视二维码、RFID 智能标签、NFC 标签技术等的应用^{[10][11]},还重视信息可视化设计^[12]、智能交互的交互共享与可持续化设计^[13];在箱体结构设计方面,水果物流周转箱标准化^[14]、一体化设计^[15]得到较多关注,但主要考虑机械作业需求和零售场景下的市场需求,缺乏基于水果自产地经运输、存储到销售的全链条物流周转包装需求分析。箱体结构设计是生态材料、智能技术应用的基础,较弱的箱体结构创新现状一定程度上制约了该类

产品的创新发展。本文基于 KANO 模型、层次分析法 (AHP)、质量功能配置理论 (QFD),结合实地调研,梳理分析不同应用场景下的周转箱用户需求,据此完成一款水果物流周转箱设计,提升周转箱的通用性、防护性和易用性。

1 水果物流周转箱设计研究流程

用户需求是水果物流周转箱创新设计的基点和核心牵引力,散布于物流各环节下的用户触点中。将各项需求梳理、分析并映射为设计要素、质量特性是实现周转箱优化设计的关键。随着物流技术发展与管理理念提升,用户对水果物流周转箱的需求不再是简单地分装存储功能,在多个应用场景如田间采摘、长途运输、大规模仓储、批发配送、零售展示等环节中,用户对周转箱结构提出了更高要求。基于此,本文对各环节的用户需求及质量特性进行梳理,以此指导水果物流周转箱创新设计,全文研究流程见图 1。

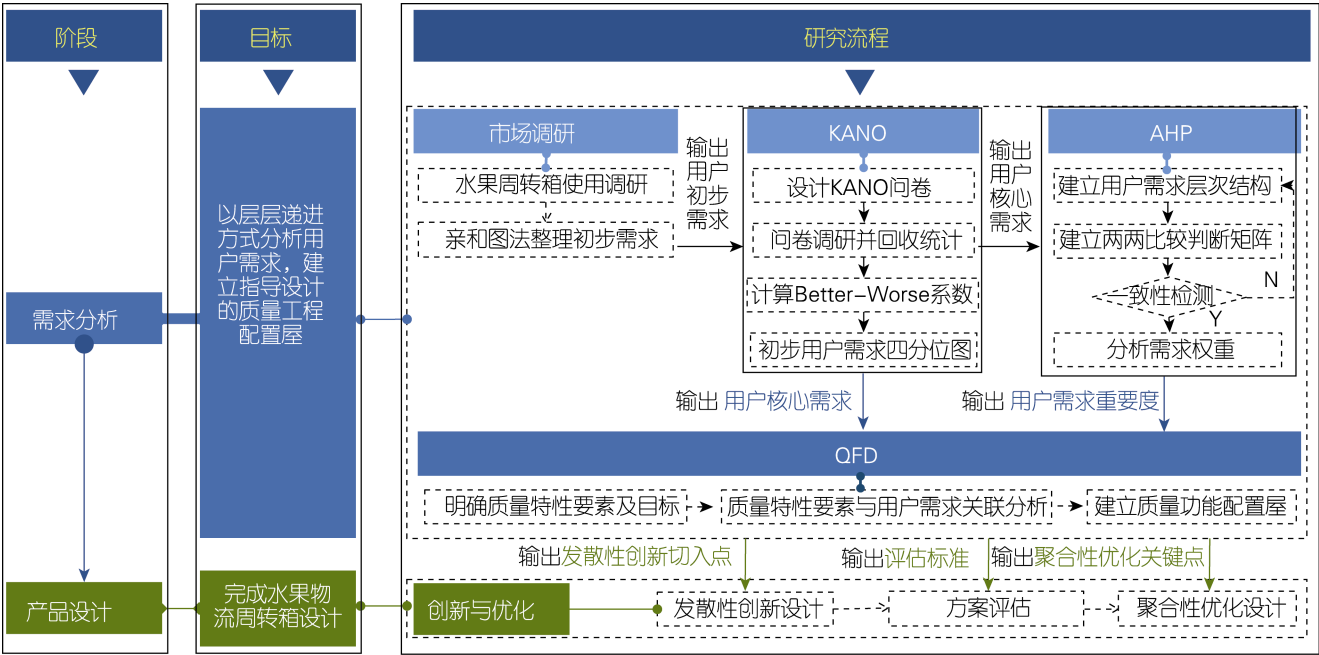


图 1 水果物流周转箱设计研究流程

Fig.1 Fruit logistics turnover box design and research process

水果物流周转箱设计研究主要分为 2 个阶段,其一以层层递进方式分析用户需求,直至抵达可精准实施的由用户需求及重要度、质量特性及目标、竞品分析组成的质量屋(第 1 层为应用 KANO 模型确定水果物流周转箱在各应用场景下的用户需求;第 2 层为应用 AHP 对多元需求进行层次分析与权重确立;第 3 层为应用 QFD 分析多元需求下的设计要素与质量特性关系,明确质量特性目标,建立质量功能配置屋)。其二为依据质量功能配置屋,以发散性创新与聚合性优化组合的方式,结合李克特量表,完成周转箱创新设计。

2 基于 KANO 的水果物流周转箱关键需求调研

2.1 KANO 模型

KANO 模型是基于用户对产品或服务满意度的一种用户需求挖掘方法,可为后续需求研究提供核心对象^[16]。对需求进行研究分类是 KANO 模型的应用关键,5 类需求分别是:基本需求 M,为满足需求的基本必备条件;期望需求 O,为满足需求的进阶条件;兴奋需求 E,为超出用户期望的魅力条件;无差异需

求 I, 为不影响用户满意度的条件; 逆向需求 R, 为形成负面影响的反向条件; 其中 M 必不可少, O 符合用户期望, E 提升产品魅力, 是设计中要重点关注的要素, 减少 I 可降低成本, 避免 R 可降低负面体验。水果物流周转箱 KANO 模型分析的主要流程为: 结合市场调研下的用户需求, 设计对每个需求进行正反选择的 KANO 问卷并进行问卷发放与填写; 回收问卷并将正反选择的频数填入分类评价表; 计算各条件 B_i 、 W_i 系数, 绘制四分位图, 明确提高用户满意度的水果物流周转箱设计切入点。

2.2 水果物流周转箱需求调研

2.2.1 实地调研与用户需求

水果物流周转箱在水果供应链的上、中、下游均

有使用, 见表 1。上游为农户、合作社、水果种植基地等; 中游为以多级批发为主的流通体系, 其过程一般为水果经纪人大宗收购水果, 并将其运输至集中仓储和批发市场, 各级批发商分销至零售端; 下游为农贸市场、超市、水果店及临时摊点等。本文对处于上游的成都蒲江水果种植基地、乐山井研水果种植基地、处于中游的成都沙西水果批发市场、乐山西南农产品批发市场, 以及处于下游的多个超市、农贸市场、水果店和临时摊点进行了实地考察、面谈、问卷相结合的调查。

经对水果采摘、分拣、装车、运输、卸车、存储、二次分装、零售过程进行调研得到用户需求词汇库, 应用亲和图法对词汇库进行整理, 为便于后续研究, 将初步需求标序为 1~12, 见表 2。

表 1 水果物流周转箱上、中、下游使用及调研简况
Tab.1 Fruit logistics turnover box use brief and research in upper, middle and downstream

使用链	使用地点	使用场景	调研地点
上游 (产地)	种植户、合作社、水果种植基地等	采摘、分拣、存储等	成都蒲江水果种植基地、乐山井研水果种植基地
中游 (分销流通)	集中仓储、多级分销商、批发市场等	存储、运输、分装等	成都沙西水果批发市场、乐山西南农产品批发市场
下游 (零售)	超市、水果店、水果摊点等	存储、展示、零售等	多个超市、农贸市场水果摊点、水果店、路边临时摊点

表 2 用户初步需求
Tab.2 Initial user requirements

使用链	初次调研所得词汇	亲和图法整理后的初步需求
上游 (产地)	箱子结实、内部光滑、重量轻、好拖动、好搬运、箱子透气、好堆放、现摘现装箱、少铺纸……	
中游 (分销流通)	规格统一、塑料箱、纸箱、泡沫箱、底部铺纸/泡沫防损、方便倾倒、方便分装、有孔、采购或者租赁便宜、堆放少占空间、尺寸合适、适合托盘和叉车、货车装车少留空隙、长途运输要装隔板、方便装车、箱子不容易压坏、各种水果都能装、箱子边缘便于搬起、要好卸货、把手结实……	1-标准规格、2-轻量箱体、3-防腐透气、4-易于堆叠、5-易于搬运、6-易于分装、7-便于展示、8-内壁光滑、9-形态美观、10-防撞防损、11-抗压耐磨、12-结构稳固
下游 (零售)	展示水果、箱子美观、太深易压坏、轻一点好搬、结实一点、塑料厚一点、箱内清洗、统一箱子、空箱堆放少占地方……	

2.2.2 KANO 问卷调研

依据初步需求, 以表 3 的 5 个量值进行 KANO 问卷设计, 选取水果物流周转箱各使用场景的典型用户 43 人发放问卷 (本次调研为征得用户同意后当面发放回收问卷, 有效回收率为 100%) 并将结果统计入分类评价表, 以“标准规格”为例的分类评价, 见表 3。

2.2.3 Better-Worse 系数计算及建立四分位图

Better-Worse 系数表示各需求的 M、O、E、I、R 选择比例, 包含“满意系数 B_i ”与“不满意系数 W_i ”两部分, 其中 B_i 越趋向于 1, 则该需求的强化越

有助于提高用户满意度; W_i 越趋向于-1, 则不提供该需求越有利于阻止用户满意度下降或逆转该需求有利于提升用户满意度。以“标准规格”为例:

$$B_1 = \frac{E_1 + O_1}{E_1 + M_1 + O_1 + I_1} = \frac{5 + 8}{41} = \frac{13}{41} = 0.32 \tag{1}$$

$$W_1 = -1 * \frac{M_1 + O_1}{E_1 + M_1 + O_1 + I_1} = -1 * \frac{20 + 8}{41} = -1 * \frac{28}{41} = -0.68 \tag{2}$$

经计算, 12 项初步用户需求的“满意系数 B_i ”“不满意系数 W_i ”及 $\max(|B_i|, |W_i|)$, 见表 4。

表 3 “标准规格” 分类评价表
Tab.3 The classification evaluation form of "standard specification"

“标准规格” 需求	周转箱不统一尺寸标准规格					
	满意	理应如此	中立	可忍受	不满意	
周转箱统一尺寸标准规格	满意	可疑结果	<i>E</i>	<i>E</i>	<i>E</i>	<i>O</i>
	理应如此	<i>R</i>	<i>I</i>	<i>I</i>	<i>I</i>	<i>M</i>
	中立	<i>R</i>	<i>I</i>	<i>I</i>	<i>I</i>	<i>M</i>
	可忍受	<i>R</i>	<i>I</i>	<i>I</i>	<i>I</i>	<i>M</i>
	不满意	<i>R</i>	<i>R</i>	<i>R</i>	<i>R</i>	可疑结果

表 4 12 项初步用户需求 Better-Worse 系数
Tab.4 12 preliminary user requirements better-worse coefficients

项目	14 项初步用户需求											
	1-标准规格	2-轻量箱体	3-防腐透气	4-易于堆叠	5-易于搬运	6-易于分装	7-便于展示	8-内壁光滑	9-形态美观	10-防撞防损	11-抗压耐磨	12-结构稳固
Better 系数 (B_i)	0.32	0.40	0.56	0.44	0.42	0.41	0.88	0.59	0.93	0.68	0.57	0.42
Worse 系数 (W_i)	-0.68	-0.70	-0.72	-0.60	-0.56	-0.46	-0.37	-0.71	-0.30	-0.38	-0.77	-0.40
$\max(B_i , W_i)$	0.68	0.70	0.72	0.60	0.56	0.46	0.88	0.71	0.93	0.68	0.77	0.42

以上表中的 B_i 值为 y 轴坐标参考, W_i 值为 x 轴坐标参考, 分别以 B_i 、 $|W_i|$ 中位值为参考, 建立四分位见图 2。由图 2 可得, 初步用户需求的 3、8、11 项为期望需求, 7、9、10 为兴奋需求, 6、12 为无差异需求, 1、2、4、5 为基本需求。水果物流周转箱设计需在满足需求 1、2、4、5 的基础上, 优先提升需求 3、8、11, 其次提升需求 7、9、10。

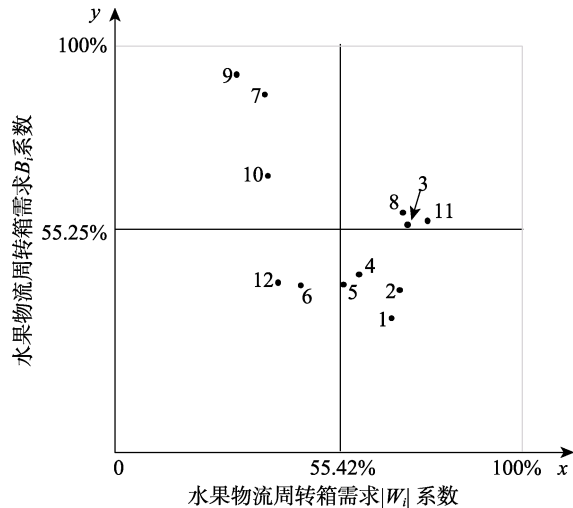


图 2 初步用户需求四分位图
Fig.2 Preliminary user demand quadrants

3 基于 AHP 的用户需求深入分析

3.1 层次分析法 (AHP)

层次分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP)

是对因素进行重要度分析的方法。在 KANO 模型分析之后应用层次分析法, 可进一步明确用户需求的权重, 弥补 KANO 模型缺乏对需求重要度和优先级有效判断的短板, 提高用户需求分析的准确度和客观性, 为产品设计提供更精准的用户需求层次结构^[17]。水果物流周转箱 AHP 分析的主要流程为: 依据 KANO 初步用户需求四分位图建立需求层次分析结构; 依据层次分析结构建立各子因素的两两判断矩阵; 在一致性检验通过基础上计算需求权重, 得到层次分析结构中准则层及指标层的准确重要度^[18]。

3.2 水果物流周转箱需求层次分析

依据初步用户需求四分位图, 通过专家访谈建立水果物流周转箱需求层次分析结构, 见图 3, 包含目标层 (层次分析目标)、准则层 (支撑目标的设计原则) 及指标层 (为达成目标需考虑的设计要素)。采用 1~9 标度法建立量化相邻评价指标问卷 (见表 5), 邀请专家进行两两比较打分并建立判断矩阵, 依据式 (3) 进行一致性检验。

$$CR = \frac{\lambda_{\max} - n}{(n-1) * RI}$$

(3)

$\lambda_{\max}$ 为判断矩阵最大特征值, n 为矩阵阶数, RI 为平均随机一致性指标, $CR < 0.1$ 表示通过一致性检验。

本判断矩阵 $\lambda_{\max}$ 为 11.069 5, 查表可知 10 阶矩阵 RI 值为 1.49, 则 $CR = 0.079\ 8$, 通过一致性检验, 据此计算层次分析所得初始权重, 见表 6。

设分类需求为修正 K 值, 若需求为基本需求 (M) 时, 则 $K_M = 2$; 需求为兴奋需求 (E) 时, 则 $K_E = 0.5$;

需求为期望需求（O）时，则 $K_O=1$ 。为便于后续应用，需将修正后的需求权重进行归一处理，得到最终用户需求权重亦见表 6。

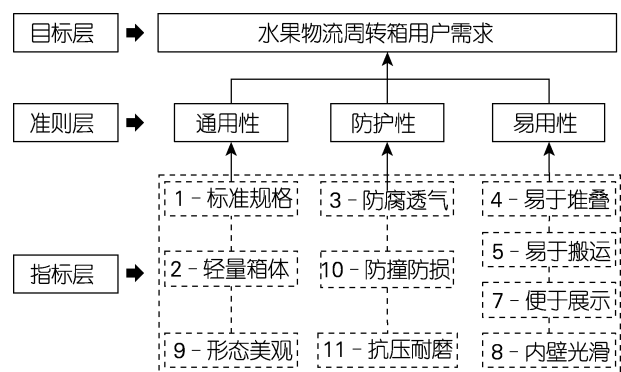


图 3 水果物流周转箱需求层次结构
Fig.3 Fruit logistics turnover box demand hierarchy

依据表 6 的用户需求权重，可得通用性权重为

45.98%，防护性权重为 26.54%，易用性权重为 27.48%，并可推断，运输过程的损腐及相关运输成本是影响水果物流周转箱满意度的关键所在，当前用户对水果物流周转箱的规范轻量规格、堆搬友好性及内装物保护性最为关注。

表 5 1~9 标度法
Tab.5 1-9 scaling method

标度	需求 i 相对于需求 j 来说
1	一样重要
3	稍微重要
5	明显重要
7	十分重要
9	极其重要
2,4,6,8	相邻判断中间值
倒数	需求 i 相对于需求 j 的重要度为 X_{ij} ，则需求 j 相对于需求 i 的重要度为 $1/X_{ij}$

表 6 需求权重分析
Tab.6 Requirements hierarchy analysis

需求类型	修正 K 值	需求	层次分析所得 初始权重/%	K 值修正归一后的 最终权重/%	最终权重转换为 需求重要度
水果物流 周转箱 基本需求（ M ）	$K_M=2$	1-标准规格	17.33	25.72	26
		2-轻量箱体	13.05	19.37	19
		4-易于堆叠	9.67	14.36	14
		5-易于搬运	7.06	10.47	10
		8-内壁光滑	2.14	1.59	2
期望需求（ O ）	$K_O=1$	3-防腐透气	15.55	11.54	12
		11-抗压耐磨	10.49	7.78	8
兴奋需求（ E ）	$K_E=0.5$	10-防撞防损	19.45	7.22	7
		7-便于展示	2.85	1.06	1
		9-形态美观	2.40	0.89	1

4 基于 QFD 的水果物流周转箱设计

4.1 质量功能配置（QFD）

质量功能配置（Quality Function Deployment, QFD）是将包含设计要素及权重等转化为质量特性要素及关系的方法。在层次分析之后应用质量功能配置，可明确各设计要素与质量特性要素关系，为产品设计提供准确的技术支撑与约束指引，并为设计方案择优优化提供评估要素^[19]。水果物流周转箱 QFD 分析的主要结果为质量功能配置屋，其组成为：用户需求或设计要素及其重要度为左墙；质量特性或技术要求为天花板；质量特性或技术要求要素之间关联分析为屋顶；质量特性或技术要求要素与用户需求或设计要素关联分析为房间；以现有市场最有竞争力的竞品评估为右墙；以质量特性或技术攻关目标为地下室。

4.2 基于 QFD 的水果物流周转箱设计

基于 QFD 的水果物流周转箱设计共包含 3 个阶段：建立质量功能配置屋，为设计提供技术支撑与指引；以突破思维局限、满足核心要求和建立较宽设计选择面为目标的发散性创新；以满足深层次需求和结构、功能、加工约束，不断完善发散性方案为目标的聚合性优化^[20]。

4.2.1 建立质量功能配置屋

依据需求层次分析结果，如表 6 所示用户需求及重要度为左墙，为便于竞品评估计算，该重要度由 K 值修正归一后的最终层次分析权重乘 100 并四舍五入取整而得（见表 6）；以国家标准查阅及专家访谈所得水果物流周转箱质量特性为天花板，其中查阅的国家标准为 GB/T 39907—2021^[21]、GB/T 40065—2021^[22]、BB/T 0043—2007^[23]，专家访谈对象为某生

鲜物流包装企业质量监管负责人 1 人、某水果物流周转箱生产企业厂长 1 人、某物流包装租赁企业周转箱事业部负责人 1 人；以天花板所列各要素之间的关联分析为屋顶；以天花板所列各要素与左墙所列各需求关联分析为房间（相关度采用表 7 所示的符号）；以竞品评估结果为右墙，评估以左墙中的用户需求为评价内容、以重要度值为评价标准满分，邀请前文所述的 43 名水果物流周转箱各使用场景的典型用户及 3 位专家进行评价，其加权均值即为竞品评估结果；以质量特性目标为地下室构建水果物流周转箱质量屋，见图 4。

表 7 相关度符号 Tab.7 Correlation analysis symbol		
相关强度	符号	意义
9	★	极强相关
7	■	强相关
5	▲	相关
3	●	弱相关
1	◎	极弱相关
0	○	不相关

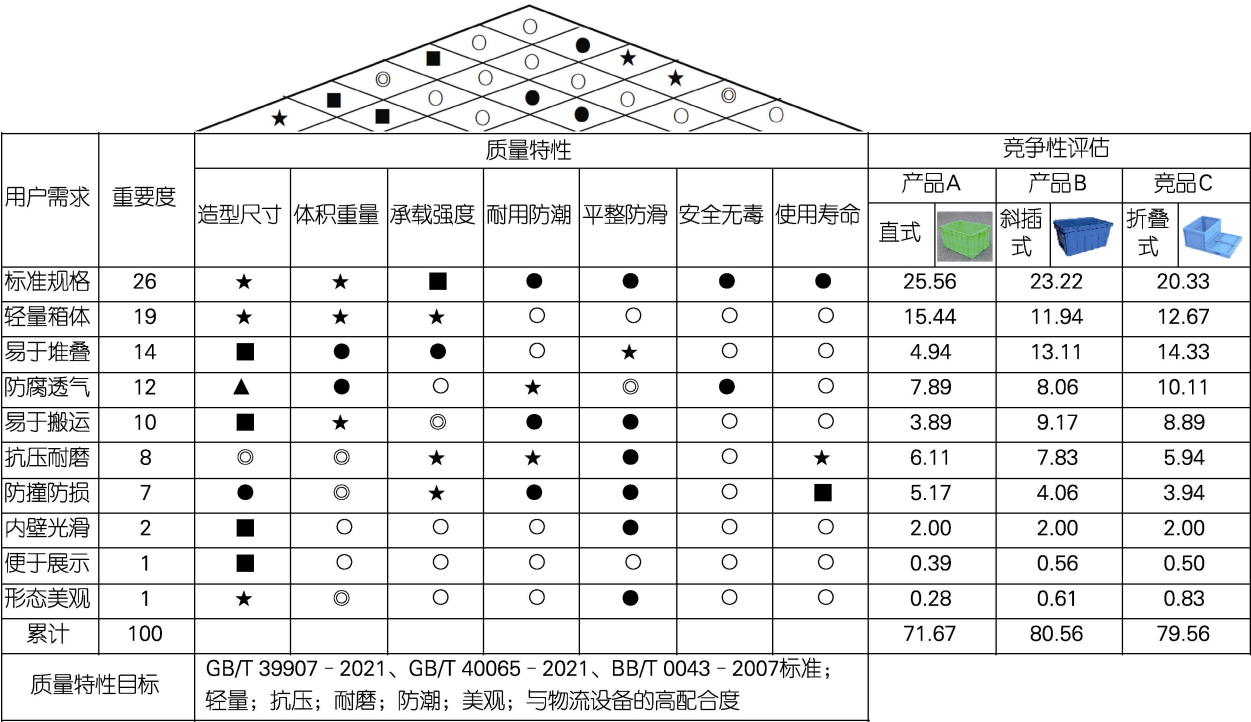


图 4 水果物流周转箱质量功能配置屋
Fig.4 Fruit logistics turnover box quality function configuration house

4.2.2 基于用户需求的发散性创新

发散性创新以满足质量功能配置屋左墙的用户需求为核心，兼顾质量特性要求^[24]。图 4 所示质量功能配置屋左墙中重要度不低于均值 10 的用户需求（分别为“标准规格、轻量箱体、易于堆叠、防腐透气、易于搬运”）为发散性创新提供了设计切入点。在草案数量得到保证的基础上，依据前文图 3 所示的需求层次结构进

行草案的初步筛选，从较开阔的视角思考设计切入点，避免受到既成概念和现有方案的影响而落入惯性通道。经过设计团队筛选，以下草案 I、II、III 分别针对图 4 质量功能配置屋中所分析的 A、B、C 3 类竞品，在通用性、防护性、易用性上皆有较好创意，可纳入聚合性优化方案清单。图 5 所示草案 I 针对竞品 A，图 6 所示草案 II 针对竞品 B，图 7 所示草案 III 针对竞品 C。

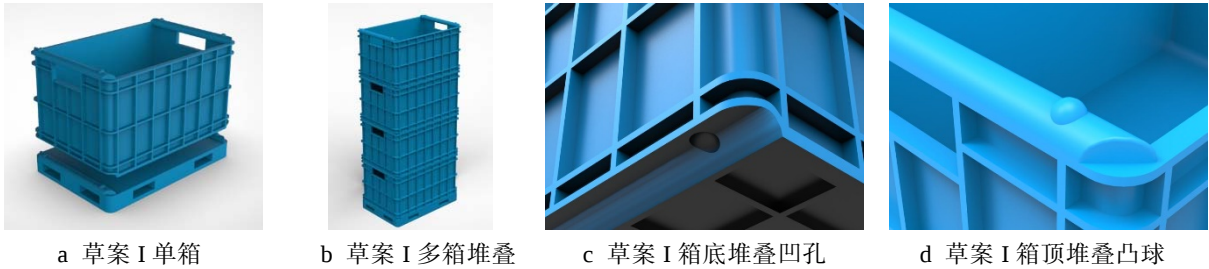


图 5 发散性创新设计草案 I
Fig.5 Draft of divergent innovative design I

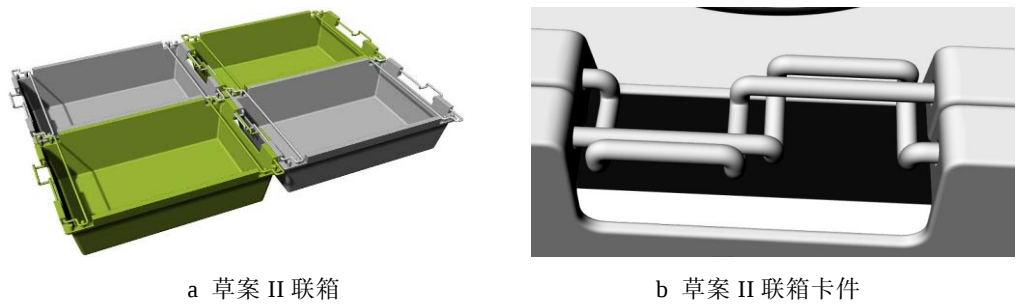


图 6 发散性创新设计草案 II
Fig.6 Draft of divergent innovative design II

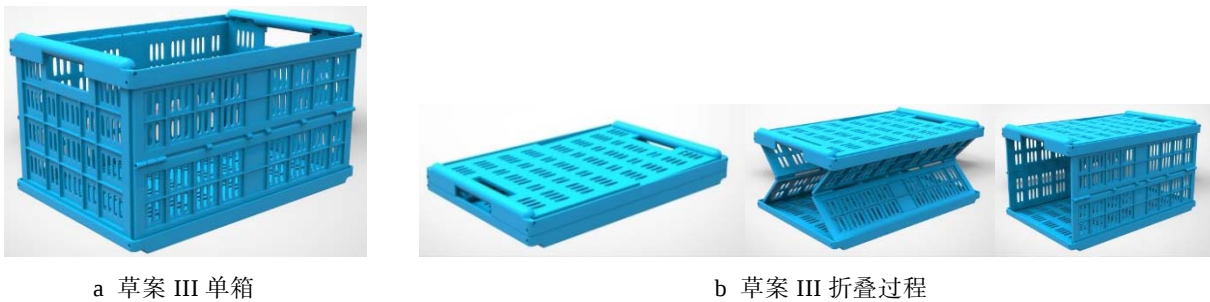


图 7 发散性创新设计草案 III
Fig.7 Draft of divergent innovative design III

4.2.2 结合李克特量表评估的聚合性优化

邀请工业设计师生 3 人、某水果物流周转箱生产企业厂长 1 人、用户 3 人对上述草案 I、II、III 进行李克特 5 级量表评估，其评分标准见表 8，评估指标为质量功能配置屋左墙中重要度不低于均值 10 的用户需求，评估系数为各项需求重要度，以草案 I 为例，评估详情见表 9。草案 I、II、III 的评估得分分别为 3.68、4.15、3.92，分别表示“介于满意与一般之间”“介于非常满意与满意之间”“介于满意与一般之间”，据此选择草案 II 为聚合性优化对象。

表 8 满意度李克特量表评分标准
Tab.8 Likert satisfaction scale scoring criteria

数值	5	4	3	2	1
意义	非常满意	满意	一般	不满意	非常不满意

表 9 草案 I 李克特 5 级量表评估详情
Tab.9 Draft I Likert level 5 scale assessment details

项目	李克特 5 级量表评估数量					评估系数 (重要度)	评估 总分	评估得分 (评估总分/评估人数/评估系数之和)
	非常 满意	满意	一般	不满意	非常不 满意			
标准规格	5	2	0	0	0	26	858	1.51
轻量箱体	1	2	3	1	0	19	456	0.80
易于堆叠	1	1	4	1	0	14	322	0.57
防腐透气	0	1	2	3	1	12	204	0.35
易于搬运	1	2	4	0	0	10	250	0.44
草案 I 李克特 5 级量表评估								3.68

对草案 II 进行 7 项质量特性李克特 5 级量表分析。结果显示其在“造型尺寸”“体积重量”“平整防滑”3 项特性上满意度一般，需进行针对性优化；在“承载强度”“耐用防潮”“安全无毒”“使用寿命”4 项特性上满意度高。针对 3 项优化特性，草案 II 在以下层面进行改进：为将周转箱直边调整为燕尾榫式凹凸边，增加联箱卡件手柄并调整手柄至使用状态下可承担堆垛承压要求，增加透气孔，增加底部防滑方格，一方面强化联箱的稳定性和易操作性，提升防滑、防损腐功能，另一方面减轻周转箱重量，强化多箱堆垛的稳定性。为调整箱体尺寸，调整箱体厚度，优化箱体的规范性、承载强度和良好的空箱堆叠性。为明确了产品使用 HDPE 材料、不锈钢管冷弯加工、塑料件注塑成型及色彩等，见图 8—11。



图 8 优化方案

Fig.8 Optimization scheme



图 9 优化方案单层联箱

Fig.9 Single layer connection of optimization scheme



图 10 优化方案多层联箱堆垛

Fig.10 Optimization scheme multi-layer combined box stacking



图 11 优化方案多层空箱堆叠

Fig.11 Optimization scheme multi-layer empty combined box stacking

5 结语

本文面向水果物流周转箱创新设计探究了 KANO、AHP 及 QFD 的结合应用,一方面有效探寻用户需求并捕捉核心要素,提升了周转箱创新设计的靶向性,另一方面,在用户需求分析基础上进行深入的设计要素与质量特性分析,提升了设计的效率和合理性。KANO 模型的应用,对自产地经运输、存储到销售的水果物流全环节用户需求进行了初轮筛选;AHP 法将专家判断数据计算转换为设计要素权重值,对用户需求进行了定量分析,降低了主观因素对用户需求判断的影响;QFD 与发散性设计、聚合性优化的结合应用,有利于平衡创新设计中的方案扩展与优化收敛,符合设计工作规律;因此,本文所采用的组合方法虽面向水果物流周转箱,仍可作为解决一般设计问题的思路,供其他产品研发参考。在未来研究中,可进一步与智慧型物流容器、冷链物流设施配合,不断提升研究的深度与广度,助力水果物流行业降本增效,助力农业发展。

参考文献:

- [1] 袁越. 拆解中国农业生产率偏低之谜: 发展水平与增长前景[J]. 中国经济报告, 2021(5): 60-68.
YUAN Yue. Dismantling the Mystery of Low Agricultural Productivity in China: Development Level and Growth Prospect[J]. China Policy Review, 2021(5): 60-68.
- [2] 甘肃省农业农村厅. 谋好转型升级路 乡村振兴强后劲——甘肃全力推动“十四五”三农工作开好局起好步[N]. 农民日报, 2021-12-24(5).
Gansu Province Department of Agriculture and Rural Areas. We Will Find Ways to Transform and Upgrade Rural Areas to Sustain Development[N]. Farmers' daily, 2021-12-24(5).
- [3] 沈丽, 李成玉, 甘彦, 等. 考虑货损和碳排放的生鲜产品配送路径优化[J]. 上海海事大学学报, 2021, 42(1): 44-49.
SHEN Li, LI Cheng-yu, GAN Yan, et al. Distribution Route Optimization of Fresh Products Considering Cargo Damage and Carbon Emission[J]. Journal of Shanghai Maritime University, 2021, 42(1): 44-49.
- [4] 王敏. 水果产业物流供应链存在的问题及对策研究[J]. 中国果业信息, 2021, 38(3): 17-19.
WANG Min. Research on the Problems and Countermeasures of Fruit Logistics Supply Chain[J]. China Fruit News, 2021, 38(3): 17-19.
- [5] STEINGASS C B, DICKREUTER J, KUEBLER S, et al. Correction To: Influence of Fruit Logistics on Fresh-Cut Pineapple Volatiles Assessed by HS-SPME-GC-MS Analysis[J]. European Food Research and Technology, 2021, 247(7): 1631.
- [6] 禾本. 美国: 新型生物降解材料用于柑桔包装[J]. 中国果业信息, 2020, 37(6): 34-35.
HE Ben. United States: New Biodegradable Materials Used in Citrus Packaging[J]. China Fruit News, 2020, 37(6): 34-35.
- [7] 刘永红, 殷彦琳, 张军. 生态文明建设视域下的可持续设计参与绿色发展路径研究——兼“2021 绿色发展与生态设计泉州高端论坛”会议综述[J]. 生态经济,

- 2022, 38(1): 224-229.
- LIU Yong-hong, YIN Yan-lin, ZHANG Jun. Research on the Path of Sustainable Design Participating in Green Development from the Perspective of Ecological Civilization Construction: Concurrently a Summary of the "2021 Green Development and Ecological Design Quanzhou Forum" [J]. Ecological Economy, 2022, 38(1): 224-229.
- [8] 王富玉, 郭金强, 张玉霞, 等. 塑料包装材料的减量化与单材质化技术[J]. 中国塑料, 2021, 35(8): 136-145.
- WANG Fu-yu, GUO Jin-qiang, ZHANG Yu-xia, et al. Technologies of Use-Reduction and One-Component Materials for Plastics Packaging Materials[J]. China Plastics, 2021, 35(8): 136-145.
- [9] 陈龙, 黎英, 刘洸. 基于大数据库的物流共享包装设计研究[J]. 包装工程, 2020, 41(10): 205-210.
- CHEN Long, LI Ying, LIU Wei. Logistics Shared Packaging Design Based on Large Database[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(10): 205-210.
- [10] 李晓茹, 江河, 顾君忠. 新零售模式下的物联网智能生鲜物流终端设计[J]. 计算机应用与软件, 2021, 38(7): 23-28.
- LI Xiao-ru, JIANG He, GU Jun-zhong. Design of Internet of Things Intelligent Fresh Food Logistics Terminal under New Retail Mode[J]. Computer Applications and Software, 2021, 38(7): 23-28.
- [11] 陈克复, 陈广学. 智能包装——发展现状、关键技术及应用前景[J]. 包装学报, 2019, 11(1): 1-17.
- CHEN Ke-fu, CHEN Guang-xue. Intelligent Packaging: Development Status, Key Technologies and Application Prospects[J]. Packaging Journal, 2019, 11(1): 1-17.
- [12] 丘少桦, 莫凯淇. 生鲜水果冷链物流过程可视化研究[J]. 合作经济与科技, 2020(12): 89-91.
- QIU Shao-hua, MO Kai-qi. Visualization of Fresh Fruit Cold Chain Logistics Process[J]. Co-Operative Economy & Science, 2020(12): 89-91.
- [13] QIU Shao-hua, MO Kai-qi. Research on Visualization of Cold Chain Logistics Process of Fresh Fruit[J]. Cooperative Economy and Science and Technology, 2020(12): 89-91.
- [14] 张丁伟, 陈烈胜. 智能交互在果蔬生鲜包装中的设计与研究[J]. 包装工程, 2021, 42(4): 202-209.
- ZHANG Ding-wei, CHEN Lie-sheng. Design and Research of Intelligent Interaction in Fresh Fruit and Vegetable Packaging[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(4): 202-209.
- [15] 阮晓华, 杨若瑜, 林沛祺, 等. 基于标准化的果蔬产品运输包装技术及其应用研究[J]. 农产品加工, 2021(12): 90-94.
- RUAN Xiao-hua, YANG Ruo-yu, LIN Pei-qi, et al. Research on Transportation and Packaging Technology of Fruits and Vegetables Based on Standardization and Its Application[J]. Farm Products Processing, 2021(12): 90-94.
- [16] 董晓玮, 王卉. 基于新零售背景下新型水果快递箱的设计研究[J]. 设计, 2019, 32(8): 121-123.
- DONG Xiao-wei, WANG Hui. Design and Research of Fruit Courier Box Based on New Retail Background[J]. Design, 2019, 32(8): 121-123.
- [17] 汪天雄, 周美玉. 基于用户感性需求的文创产品设计范式构建[J]. 包装工程, 2020, 41(20): 14-18, 23.
- WANG Tian-xiong, ZHOU Mei-yu. Construction of Cultural and Creative Product Design Paradigm Based on User Kansei Needs[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(20): 14-18, 23.
- [18] 李雪瑞, 侯幸刚, 杨梅, 等. 基于多层次灰色综合评价法的工业设计方案优选决策模型及其应用[J]. 图学学报, 2021, 42(4): 670-679.
- LI Xue-rui, HOU Xing-gang, YANG Mei, et al. The Optimal Decision-Making Model of Industrial Design Scheme Based on Multi-Level Grey Comprehensive Evaluation Method and Its Application[J]. Journal of Graphics, 2021, 42(4): 670-679.
- [19] 张迪婧, 侯增选, 黄磊, 等. 融合用户满意度的产品需求配置方法研究[J]. 图学学报, 2020, 41(4): 649-657.
- ZHANG Di-jing, HOU Zeng-xuan, HUANG Lei, et al. Research on the Product Demands Configuration Method Based on User Satisfaction[J]. Journal of Graphics, 2020, 41(4): 649-657.
- [20] 吕中意, 杨波, 黄峰. 基于QFD的复杂产品外观设计改进[J]. 机械设计, 2019, 36(11): 119-126.
- LYU Zhong-yi, YANG Bo, HUANG Feng. Appearance Design and Improvement of Complex Products Based on QFD[J]. Journal of Machine Design, 2019, 36(11): 119-126.
- [21] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 果蔬类周转箱尺寸系列及技术要求: GB/T 39907—2021[S]. 北京: 中国标准出版社, 2021.
- State Administration for Market Regulation, Standardization Administration. Dimensions and Technical Requirements of Fruit and Vegetable Cycling Container: GB/T 39907—2021[S]. Beijing: Standards Press of China, 2021.
- [22] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 果蔬类周转箱循环共用管理规范: GB/T 40065—2021[S]. 北京: 中国标准出版社, 2021.
- State Administration for Market Regulation, Standardization Administration. Specification for Circular Sharing Management of Fruit and Vegetable Cycling Container: GB/T 40065—2021[S]. Beijing: Standards Press of China, 2021.
- [23] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 塑料物流周转箱: BB/T 0043—2007[S]. 北京: 中国计划出版社, 2007.
- National Development and Reform Commission. Plastic Logistics Containers: BB/T 0043—2007[S]. Beijing: China Planning Press, 2007.
- [24] 吕中意. 基于意图认知的复杂电气产品外观设计策略[J]. 图学学报, 2020, 41(5): 779-787.
- LYU Zhong-yi. Exterior Design Strategies of Complex Electrical Products Based on Intention Cognition[J]. Journal of Graphics, 2020, 41(5): 779-787.

责任编辑: 陈作