[文章编号] 1003－4684(2025)03-0091-07

基于 KJ/QFD/TRIZ 的单人采茶机创新设计研究

苏 晨，高春虎，黄其瑞，杨圣林

（湖北工业大学工业设计学院，湖北 武汉 430068）

[摘 要] 针对国内单人采茶机自动化程度低、人机协同性差、轻量化程度不足等主要问题，提出将 KJ 模型、质量功能展开 QFD 和发明问题解决理论 TRIZ 相结合的农机设备创新设计集成方法，对单人采茶机进行改进创新设计，实现了采摘、收集一体化的作业模式。首先采用用户访谈法和文献调查法搜集用户需求，通过 KJ 模型将用户需求进行定性分析和等级划分，利用模糊层次分析法量化用户需求，结合质量动能展开理论构建单人采茶机质量屋模型，明确设计重点以及存在的矛盾冲突，在此基础上，用 TRIZ 中发明原理解决相对应的矛盾冲突，完成对单人采茶机的设计输出指导。通过三种理论的集成方法，满足了用户的实际需求，对产品结构布局、收集模式、便携性、整体外观等方面进行改进创新设计。

[关键词] 单人采茶机；KJ；QFD；TRIZ；工业设计

[中图分类号] TB472 [文献标识码] A

在《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》中，国家提出要全面实施乡村振兴战略，加快农业农村现代化的进程，茶叶产业是我国农业产业的重要组成部分[1-2]。由于我国大部分茶叶种植在陡坡、丘陵地带，丘陵地区地形复杂，茶园零散，阶梯相成，道路条件差，大大增加了采茶机械移动程度，导致大、中型采茶机械无法采摘[3]。在茶叶的采摘过程中，单人采茶机灵活性更高，采摘效率高，应用最广泛[4]。现阶段国内单人采茶机按动力结构分为手动式、汽油式、电动式三种，存在以下缺点：1）大多数机械采摘、收集分开进行，导致用户劳动强度高，便携性差，采摘效率低；2）采茶机械结构裸露，产品安全性低，美观性差；3）对于单人采茶机的研究主要注重于结构和功能，而忽略了用户的实际需求，导致产品同质化严重。

近年来，许多学者采用了创新设计理论对产品进行了优化。陈晨等[5]结合 KJ 和 QFD 完成了核酸检测机器人的创新设计。苏建宁等[6]运用 QFD 和 TRIZ 方法，完成了玫瑰花蕾采摘机的设计，提高了花蕾采摘的效率。Yang Wenda 等[7]运用 QFD 和 TRIZ 完成了风力发电系统的设计开发。曾曦等[8]运用 QFD 和 TRIZ 集成模型，完成老年人轮椅的创新设计，解决了老年人轮椅使用中用户体验差、使用率不高和身体恢复治疗效果欠佳的问题。李晓杰等[9]针对发生地震灾害时，救援环境复杂、时间紧急、救援难度大等问题，运用 QFD 与 TRIZ 相结合的方法，实现了地震救援机器人的创新设计。综上所述，QFD 与 TRIZ 相结合的方法能够为文中采茶机的产品创新设计提供借鉴与参考。以用户需求为驱动进行农机产品创新设计，能够解决当前农机产品同质化严重、创新性不足的问题。

本文利用 KJ 模型法搜集划分用户需求，结合 QFD 将用户需求转化为设计要素，为产品设计开发提供支撑。TRIZ 能够针对产品设计中存在的问题，提供最优的解决方法。据此，本文将从用户需求出发，将三者的理论方法相结合，完成对单人采茶机的整机的改进创新设计。

1 单人采茶机设计现状及创新设计流程

1.1 单人采茶机设计现状

市场上现有两种类型的单人采茶机，如图 1 所示。左图工作原理为电机驱动提供动力，采用往复切割的方式进行采摘，茶叶切割后由用户放入集叶袋内。右图工作原理是汽油机驱动提供动力，采用往复切割的方式进行采摘，茶叶切割后由鼓风机吹入集叶袋。图中两种单人采茶机采摘与人手工采摘

[收稿日期] 2023－05－23

[基金项目] 湖北省教育厅哲学社会科学重点项目(ZXKY2021155)

[第一作者] 苏 晨(1968－)，男，湖北黄石人，湖北工业大学教授，研究方向为工业设计及农机设备设计。

[通信作者] 高春虎(1998－)，男，河南信阳人，湖北工业大学硕士研究生，研究方向为工业设计及农机设备设计。

茶叶相比，虽都提升了采摘效率，但自动化程度不高，两者在茶叶的采摘过程中，都是由采摘者来控制集叶袋，增加了用户的劳动强度，大大影响了采摘速度，并且两种采茶机在人机交互、舒适性和轻量化方面欠缺对用户的考量，加剧了用户的承受力，从一定程度上影响了采摘效率。



图 1 单人采茶机

1.2 单人采茶机创新设计流程

如图 2 所示，文中按照产品设计的创新性，将用户需求进行归纳划分，量化用户需求并将用户需求转化为产品设计要素，确定产品设计创新性设计方向，解决产品设计要素中的矛盾冲突，完成产品创新设计实践，具体流程如下：

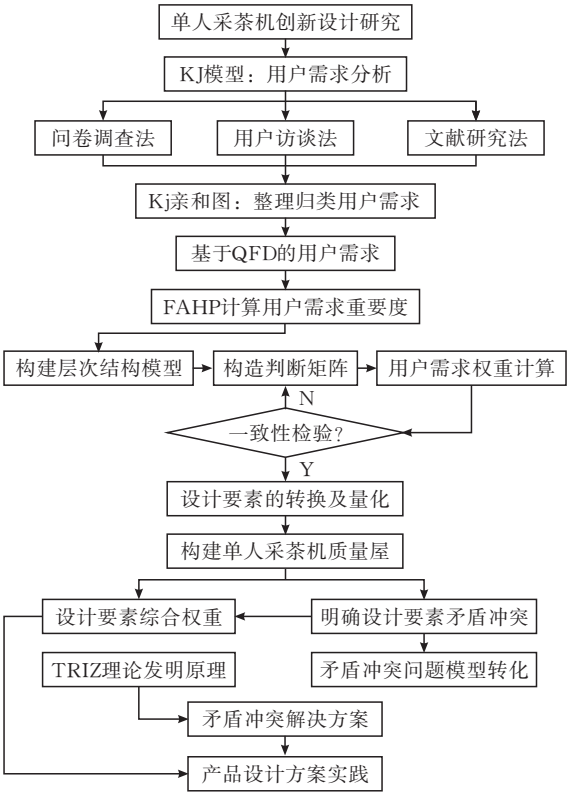


图 2 创新设计流程

1)KJ 模型需求三级划分。选择茶农和农业设备研发人员作为调研对象，通过用户访谈、市场调研和文献查阅的形式，搜集用户对单人采茶机的用户需求，再将用户需求进行三级分类，得到单人采茶机用户需求亲和图。

2)单人采茶机用户需求分析。将用户需求亲和图构建为单人采茶机的层次结构模型，并利用 FAHP 法建立判断矩阵，分别对层次结构模型中的准则层与指标层进行需求权重计算，获得用户需求权重排序。

3)QFD 设计要素矛盾冲突分析及权重排序。构建单人采茶机质量屋，分析 QFD 质量屋产品各设计要素的相关性，通过质量屋中用户需求与设计要素关联性进行打分，并进行设计要素权重及排序。

4)TRIZ 理论分析矛盾冲突及解决方案。分析单人采茶机创新设计中存在的矛盾冲突问题，并用 TRIZ 发明原理解决相对应的矛盾问题。

5)设计实践。根据 QFD 质量屋产品设计要素的重要度和 TRIZ 矛盾冲突问题解决方案，进行单人采茶机设计实践。

2 基于 KJ 模型的用户需求划分

通过文献研究法、用户访谈法和市场调研等对单人采茶机进行用户需求搜集，进行归纳和整理，最终得到 11 项用户需求，如表 1 所示。

表 1 用户需求

序号	用户需求	需求描述
1	人机交互性	增加用户与产品之间的沟通与交互性
2	操作姿势舒适	操作人员操作舒适，减缓疲劳感
3	无噪音	尽量没有噪音，减少刺耳感
4	易检修	方便维修人员检查修护
5	方便携带	尽可能减少重量，方便人员携带
6	自动化程度高	尽量保证能够边采边收
7	结构合理	尽量保证整体和各部分结构合理
8	未来感	造型和配色能具有未来感
9	收集装置合理	能够方便合理地将茶叶收集起来
10	成本低	造价和维护产品的费用不要太高
11	无污染	不会污染环境

对搜集的用户需求进行分类和评估，最终总结归纳为 KJ 模型的三级需求指标，将所有三级需求指标进行分类归纳，并为每一个类别根据内在联系进行命名，得到二级需求指标，将所有得到的二级需求指标归纳到一级指标，得到 KJ 模型的亲和图：一级需求指标为单人采茶机设计美观、实用；二级需求指标为人机工效、外观造型、设计合理、成本经济；其中在二级需求指标下，人机工效需求中有 4 个三级需求，分别是结构合理、操作姿势舒适、人机交互性、维修方便、易拆卸；外观造型需求中有 2 个三级需求，为造型美观独特、色彩恰当舒适；设计合理需求中有 5 个三级需求，分别是自动化程度高、操作便捷、无噪音和污染、质量轻且易携带、收集装置方便合理；成本经济需求中有 2 个三级需求，为维护费用低、造价费用低。如图 3 所示。

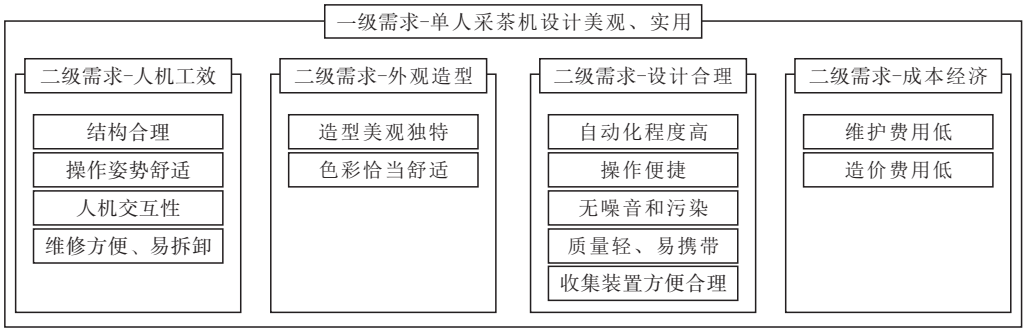


图 3　KJ 亲和图

3　基于 QFD 的用户需求分析

构建 QFD 的质量屋模型，首先得计算用户需求权重来搭建质量屋模型的左墙。利用模糊层次分析法(FAHP)计算用户需求权重，FAHP 能够量化用户需求，将用户需求权重排序[10]。运用 FAHP 层次分析法计算用户需求权重步骤如下。

3.1　建立层次结构模型

依据 KJ 模型需求指标分类，KJ 的一级、二级、三级指标需求分别对应 FAHP 层次结构模型的目标层、准则层和指标层，建立单人采茶机层次结构模型，如图 4 所示。层次结构模型图分为 3 个层次：目标层 A 为用户的总需求，准测层 A_i 对应的用户需求类别为人机工效、外观造型、设计合理、成本经济，指标层 A_{ij} 为四类准则层分别对应的具体用户需求。

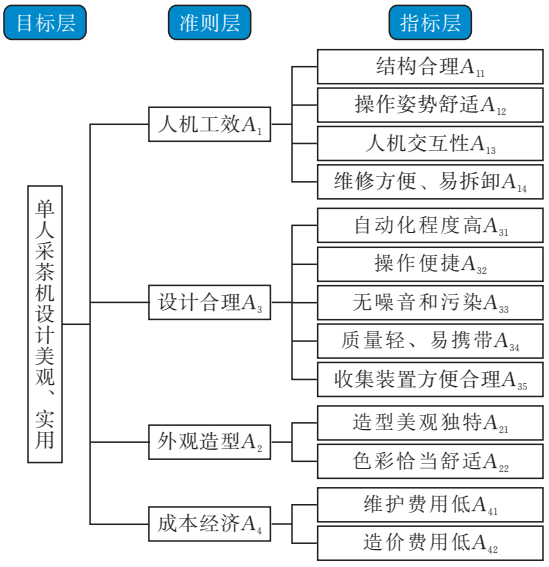


图 4　单人采茶机层次结构模型

3.2　构造判断矩阵

用 $a_{ij}(i,j=1,2,\cdots,n)$ 表示用户需求，邀请包括设计老师，研发人员，设计专业学生，茶厂人员在内的 15 位专家，对各需求要素打分并进行两两比较形成准则层判断矩阵。采用 1～9 级标度法，标度 1 代表两需求因素相比同等重要，标度 3，5，7，9，分别代表稍微重要，明显重要，非常重要，极端重要；标度 2，4，6，8 表示上述相邻判断的中间值。构建的准测层的判断矩阵，如表 2 所示。

表 2　准则层各需求要素(A_1～A_4)判断矩阵

A	A_1	A_2	A_3	A_4	A	A_1	A_2	A_3	A_4
A_1	1	5	1/3	8	A_3	3	7	1	9
A_2	1/5	1	1/7	3	A_4	1/8	1/3	1/9	1

3.3　各需求权重值计算

运用求和法计算准则层和指标层各需求的权重值并对矩阵进行基本一致性检验，计算步骤如下：

1)将矩阵中的元素按列归一化计算。

$$\bar{a}_{ij}=a_{ij}/\sum_{i=1}^{n}a_{ij}(i,j=1,2,\cdots,n) \tag{1}$$

2)将归一化后的各列相加，相加后的向量除以 n，即各需求的权重值。

$$\omega_i=\frac{\tilde{\omega}_i}{n}=\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\bar{a}_{ij}(i,j=1,2,\cdots,n) \tag{2}$$

3)计算最大特征根。

$$\lambda_{max}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{(A'\omega)_i}{\omega_i} \tag{3}$$

式中：ω 为权重系数，$(A'\omega)_i$ 为向量$\boldsymbol{A}'\omega$ 的第 i 个分量。

3.4　进行一致性检验

为保证构造的判断矩阵具有满意的一致性，即矩阵中各需求权重系数的公正合理性，进行一致性检验，将一致性指标 CI 和随机一致性指标 RI 进行比较，得到一致性比率系数 CR 的值[11](RI 取值见表 3)。

表 3　随机一致性指标 RI

阶数	RI 值	阶数	RI 值	阶数	RI 值
1	0	4	0.89	7	1.36
2	0	5	1.12	8	1.41
3	0.52	6	1.26		

检验一致性比率系数 CR 计算公式如下：

$$CR=\frac{\lambda_{max}-n}{(n-1)RI} \tag{4}$$

如果 CR＜0.1，则认为该判断矩阵通过一致性

检验合理，具有满意的一致性，若 CR≥0.1 就需要调整矩阵中的元素，使判断矩阵具有满意一致性。

通过上式可计算出准则层各需求权重为 $\omega=(0.299,0.089,0.569,0.043)$，$\lambda_{max}=4.172$，RI＝0.89，CR＝0.064＜0.1。同理可构造指标层各需求的相关性矩阵，根据公式(1)(2)(3)(4)计算可得准则层与指标层各需求权重系数，并计算 CR 值均小于 0.1，证明决策者构造的矩阵是满意一致性矩阵且可被接受的，同时计算各需求在整个体系中的综合权重，用指标层需求权重系数乘以准则层需求权重系数，即各需求的综合权重，并按照数值大小进行排序，如表 4 所示。

表 4 用户层次结构权重系数、综合权重及一致性检验

准则层需求权重系数	指标层需求权重系数	一致性检验	综合权重	排序
人机工效(A_1)＝0.299	结构合理(A_{11})＝0.061	$\lambda_{max}=4.152$ $RI=0.89$ $CR=0.057<0.1$	0.018	12
	操作姿势舒适(A_{12})＝0.268		0.080	5
	人机交互性(A_{13})＝0.125		0.037	8
	维修方便易拆卸(A_{14})＝0.546		0.163	2
外观造型(A_2)＝0.089	造型美观独特(A_{21})＝0.250	$n=2$ $RI=0$ $CR=0<0.1$	0.022	11
	色彩恰当舒适(A_{22})＝0.750		0.066	6
设计合理(A_3)＝0.569	自动化程度高(A_{31})＝0.465	$\lambda_{max}=5.225$ $RI=1.12$ $CR=0.050<0.1$	0.265	1
	操作便捷(A_{32})＝0.077		0.044	7
	无噪音和污染(A_{33})＝0.052		0.030	10
	质量轻易携带(A_{34})＝0.142		0.080	4
	收集装置方便合理(A_{35})＝0.263		0.150	3
成本经济(A_4)＝0.043	维护费用低(A_{41})＝0.833	$n=2$ $RI=0$ $CR=0<0.1$	0.035	9
	造价费用低(A_{42})＝.0.167		0.007	13

由表 4 可知，用户对于自动化程度高(A_{31})、维修方便易拆卸(A_{14})、收集装置方便合理(A_{35})、质量轻易携带(A_{34})的需求度高；对于操作姿势舒适(A_{12})、色彩恰当舒适(A_{22})、操作便捷(A_{32})、人机交互性(A_{13})的需求度相对较高；对于维护费用低(A_{41})、无噪音和污染(A_{33})有需求；对于造型美观独特(A_{21})、结构合理(A_{11})、造价费用低(A_{42})需求度低。

4 单人采茶机质量屋构建

质量屋(HOQ)是质量功能配置(QFD)的核心，能够把顾客的要求转换成相应的产品生产技术要求[12]。质量屋由左墙、屋顶、天花板、右墙、房间及地板六个部分组成[13]。设计要素是质量屋关系矩阵中的重要组成部分，是产品质量特性的技术要求，即质量屋的天花板。根据文中单人采茶机层次结构模型进行提取，归纳出 8 项符合单人采茶机的设计要素，如表 5 所示。

表 5 单人采茶机设计要素

序号	设计要素	序号	设计要素
R_1	舒适性	R_5	便携性
R_2	可靠性	R_6	动力系统
R_3	轻量化	R_7	高效性
R_4	美观性	R_8	成本掌握

分别用 0，1，3，5 表示用户需求与设计要素的无相关、弱、中、强相关程度，将两者之间的相关性关系的数值填入对应位置，构建用户需求与设计要素的关系矩阵，即质量屋的房间。通过构建质量屋量化设计要素，获取相应的设计要素重要度，便于找出满足用户需求贡献值最大的设计要素，抓住设计要素间的主要矛盾，更好地进行优化设计。对单人采茶机质量屋中设计要素相关性进行分析，用“－”代表相互间矛盾冲突，“＋”代表相互间促进关系，空白处代表无相关性。单人采茶机的质量屋如图 5 所示。设计要素权重值计算式为：

$$W_j=\sum_{i=1}^{m}\omega_i C_{ij} \tag{5}$$

$$W_{jk}=\frac{W_j}{\sum_{j=1}^{n}W_j} \tag{6}$$

式中：W_j 为设计要素绝对权重，ω_i 为第 i 个用户的综合权重，C_{ij} 为第 i 个用户需求和第 j 个用户的相关性系数，W_{jk} 为设计要素相对权重。

5 TRIZ 矛盾冲突分析及解决方案

TRIZ 理论能够将质量屋中存在的矛盾冲突进行逐一分析，并利用发明原理解决矛盾，获得产品创新设计方案，从而缩短产品设计周期，提高设计效率[14]。TRIZ 理论将矛盾冲突分为技术冲突和物理冲突，技术冲突是指当技术系统的某个工程参数得到改善时，可能会引起另外一个工程参数的恶化；物理冲突是指为了实现某种功能，对同一个对象的同一个工程参数提出了互斥的、相反的要求[15]。

设计要素 / 用户需求	综合权重	舒适性 R_1	可靠性 R_2	轻量化 R_3	美观性 R_4	便携性 R_5	动力系统 R_6	高效性 R_7	成本掌握 R_8
结构合理(A_{11})	0.018	1	1	1				1	
操作姿势舒适(A_{12})	0.08	3						1	
人机交互性(A_{13})	0.037	3	3						
维修方便、易拆卸(A_{14})	0.163		1			3			
造型美观独特(A_{21})	0.022				5				
色彩恰当舒适(A_{22})	0.066	1	1		5				
自动化程度高(A_{31})	0.265		1				3	5	
操作便捷(A_{32})	0.044	3	1			3		1	
无噪音和污染(A_{33})	0.03	3	1				3	1	1
质量轻、易携带(A_{34})	0.08	3		5		5		3	
收集装车方便合理(A_{35})	0.15	3	1			3	3	3	
维护费用低(A_{41})	0.035								3
造价费用低(A_{42})	0.007				1				3
设计要素绝对重要度(×100)		123.9	84.7	42	44.7	148.9	133.5	218.7	12.6
设计要素绝对重要度(×100%)		15	10.47	5.168	5.527	18.41	16.51	27.04	1.558
排序		4	5	7	6	2	3	1	8

图 5　单人采茶机质量屋

由图 5 可知，主要存在 2 对技术冲突和 1 对物理冲突。针对具体的矛盾冲突进行分析，技术问题的冲突背景在于，目前市场上的单人采茶机动力系统主要由电机或汽油机提供，安装于手持或背式设备中的动力系统在提高工作效率的同时会导致采摘工作负荷增加，大大降低了采茶机的舒适性。与此同时，采茶机动力系统配置所需的复杂结构，也将导致采茶机的便携性降低。因此，单人采茶机的动力系统与用户使用的舒适性、便携性之间，形成了两对技术矛盾冲突。而在采茶机设计中产生的物理冲突，则来源于整机轻量化与造型结构稳定性之间的矛盾。为保持机械结构的可靠性，需增加产品外壳厚度以提供足够的支撑力。然而，为了实现整机操作使用过程中的轻便需求，应尽可能减少产品的外壳质量。这就导致整机轻量化与造型结构稳定之间产生了一对物理冲突。把三对矛盾冲突的具体设计参数转化为 TRIZ 通用工程参数，得到 TRIZ 问题模型，如表 6 所示。

表 6　单人采茶机 TRIZ 问题模型

序号	负相关性	通用工程参数	矛盾类型
1	动力系统 便携性	39.生产率 33.操作方便性	技术矛盾
2	动力系统 舒适性	39.生产率 1.运动对象的重量	技术矛盾
3	可靠性 轻量化	13.结构的稳定性 1.运动物体的重量	物理矛盾

根据矛盾冲突类型和工程参数，在 TRIZ 矛盾矩阵表中找出与单人采茶机设计中三对矛盾冲突相对应的发明原理，如表 7 所示。根据发明原理逐一展开分析，提出具体解决方案[16]，如下所示：

1）动力系统和便携性矛盾。在 TRIZ 发明原理中选择嵌套原理，将采茶机收集茶叶的功能融合进动力系统内，形成一个紧密耦合的整体，背负在人的肩部，提高整机设备的便携性。

2）动力系统和舒适性矛盾。借助中介物质原理，将吸风机整合到动力系统内，实现采摘、收集一体化的模式，刀片将茶叶切断后，吸风机具有足够的动力将茶叶送进收集箱，实现自动化的采摘，摒弃了集叶袋的设计，提升用户采摘的舒适性。

3）可靠性和轻量化矛盾。运用空间分离法中的分割原理，将采茶机整体结构分为采摘与收集两个独立的部分，两者互不干预，保证了整机结构的可靠性。采摘部件设计为手持的使用方式，收集装置设计为背包的形式并包含市场上原有单人采茶机中风机装置，减轻了传统采茶装置对于手部的负担。

表 7　三对矛盾冲突与发明原理

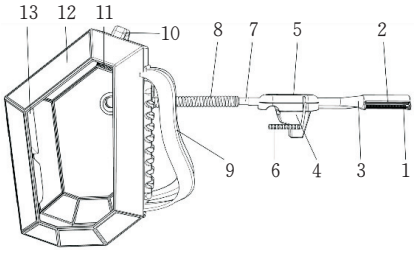
序号	TRIZ 发明原理	矛盾类型
1	01.分割原理 07.嵌套原理 10.预先作用原理 28.机械系统替代原理	技术矛盾
2	24.借助中介物质原理 26.复制原理 35.物理或化学状态和参数化原理 37.热膨胀原理	技术矛盾
3	空间分离法 (01、02、03、04、13、17、25、26、30)	物理矛盾

6　单人采茶机设计实践

6.1　整机方案设计

根据表 7 矛盾冲突问题解决方案，结合单人采

茶机质量屋设计要素分析，对单人采茶机整体结构布局、收集模式、便携性、整体外观等方面进行改进创新设计。单人采茶机的设计方案如图 6 所示。

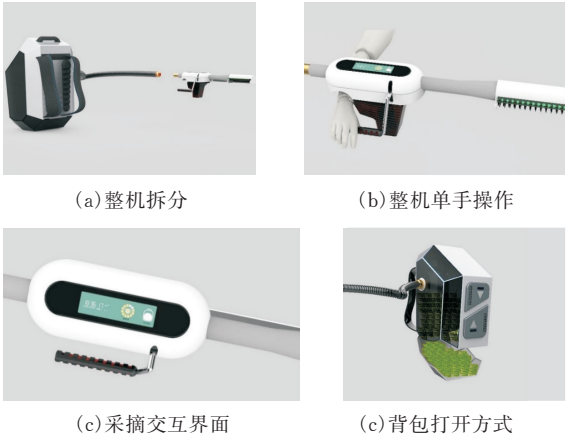


1—采摘刀具；2—挡板；3—壳体；4—动力结构部件；5—显示屏；6—把手；7—接头；8—输送管；9—背带；10—把手；11—吸风机；12—收集箱；13—电池仓

图 6 单人采茶机设计方案

由图 6 可知，单人采茶机可拆分为由输送管连接的左右两个部分，分别为采摘部分和收集部分。整机的工作原理为：当向上推动把手时，采茶机开始工作，采摘刀具开始切割茶叶颈部，由吸风机将切割后的茶叶通过输送管传输到收集箱，从而实现采摘、收集一体化的作业模式，改变了原有采摘机先收割，后收集的模式，便于采摘和运输，提高采摘机的自动化程度，增加了用户的便携性和采茶的效率。

单人采茶机外观造型简约现代，有助于提高产品操作的可用性与使用稳定性。色彩设计整体采用灰色系，降低视觉刺激有助于缓解操作者的疲惫感，且中性色彩能够使现代采茶机更好地融入自然。背带和把手采用柔性编织材料，背部带有硅胶材质保护垫，增加用户的舒适性，结构符合人机工程学要求；采用电机驱动的方式，降低了噪音，没有污染，可拆卸的电池仓既能为整机提供动力能源，又可以为充电带来便利；便捷的操作方式，让用户使用更加省力；交互显示屏人机交互界面，可显示天气、时间、以及背包容量和电量等信息，增加人机交互性，提升人机协同性。单人采茶机的设计效果及细节图如图 7 所示。



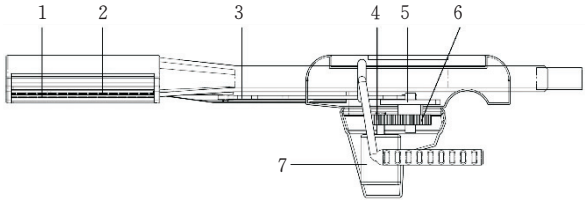
(a)整机拆分 (b)整机单手操作

(c)采摘交互界面 (c)背包打开方式

图 7 单人采茶机效果及细节

6.2 采摘部分内部机械结构

由图 8 知，采摘部分的机械工作原理为电机带动小齿轮，小齿轮与大齿轮啮合，带动同轴偏心轮转动，偏心轮和连杆组成曲柄连杆结构，带动刀片往复直线运动，实现对茶叶的剪切。曲柄连杆结构耐磨损，使用年限长，可承受较大载荷，便于加工制造，大大节约了制造成本 。



1—定刀片；2—动刀片；3—连杆；4—小齿轮；5—大齿轮；6—偏心轮；7—电机

图 8 采摘动力结构

为验证上述设计效果图方案的可行性，邀请 10 名行业内专家对方案中指标层综合权重系数较高的用户需求进行调查评估。根据评估结果形成用户评价反馈雷达图，如图 9 所示。12 项用户需求评估值中有 10 项在 8 分以上，达到用户预期。但质量轻易携带和造价费用低指标评估低于 8 分，需对其进行改进，具体改进措施如下：1)选用比较轻的材料制作产品，减轻产品整体重量；2)避免使用造价比较高的材料和复杂的加工工艺，降低产品成本。

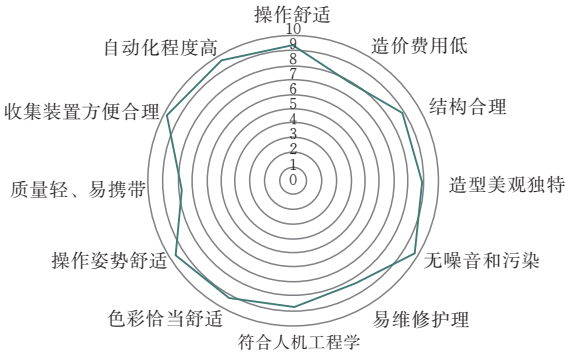


图 9 用户评价反馈雷达

7 结论

将 KJ、QFD 和 TRIZ 方法结合应用于单人采茶机的开发设计中，在保证设计质量，提升设计效率的同时，能够快速帮助设计人员找出设计重点，提出产品创新设计方案。以单人采茶机为例，首先用 KJ 模型总结分类用户需求，用模糊层次分析法确定用户需求权重；再运用 QFD 将用户需求转化为产品设计要素，明确设计重点；最后用 TRIZ 理论解决设计要素存在的矛盾冲突，提出具体的解决方案，完成单人采茶机的优化创新设计。通过设计实例，实现了单人采茶机采摘、收集一体化的作业模式，提升了

单人采茶机的自动化程度、用户体验、便携性等方面的性能，满足用户需求。验证了设计方法的可行性，可为同类型农机设备的设计提供参考。但该设计欠缺在采摘过程中对嫩芽和老叶的区分，尚需在后续的研究中进一步完善，通过机械结构或图像识别等技术，可使采摘更加智能化、精确化，从而简化茶叶生产流程，减少不必要的人力劳动。

[参 考 文 献]

[1] 张雪.乡村振兴战略视角下农村茶产业发展研究[J].核农学报，2021，35(03)：775.

[2] 肖宏儒，秦广明，宋志禹.茶叶生产机械化发展战略研究[J].中国茶叶，2011，33(07)：8-11.

[3] 李定芳，吴竞艺.基于智能美学的采茶机外观优化设计[J].农业技术与装备，2021(12)：49-50.

[4] 易文裕，程方平，邱云桥，等.单人采茶机研究现状与发展趋势[J].中国农机化学报，2020，41(11)：33-38.

[5] 陈晨，林昱希，王志轩，等.基于 KJ，FAHP 和 QFD 模型的核酸采集服务机器人设计[J].机械设计，2022，39(S1)：191-198.

[6] 苏建宁，魏晋.基于 AHP/QFD/TRIZ 的玫瑰花蕾采摘机设计[J].机械设计，2020，37(08)：121-126.

[7] YANG W D，CAO G Z，PENG Q J，et al.Effective Radical Innovations using Itegrated QFD and TRIZ[J].Computers & Industrial Engineering，2021，162：10776.

[8] 曾曦，易梦迪.基于 QFD/TRIZ 集成模型的老年人轮椅设计[J].机械设计，2021，38(04)：134-138.

[9] 李晓杰，梁健，李海泉.基于 AHP/QFD 与 TRIZ 的地震救援机器人设计[J].机械设计，2021，38(11)：121-128.

[10] 刘月林，赵玲玲，李嘉玲.基于 Kano 模型与 FAHP 分析的滑雪护腕设计与评价[J].包装工程，2021，42(04)：148-153.

[11] 赵艳晓，应放天，方倩怡，等.基于 FAHP 的肿瘤儿童医疗游戏辅导玩具设计研究[J].包装工程，2022，43(04)：135-141.

[12] 韦艳丽，李安，徐曦，等.基于 Kano-QFD 的云养宠 APP 可用性设计研究[J].包装工程，2022，43(02)：378-386.

[13] 王琴，刘毅.基于网络评论情感分析和 QFD 的产品改进设计[J].包装工程，2021，42(24)：169-174.

[14] KIM TAEHOON，LIM HYUNSU，CHO KYUMAN.Conceptual robot design for the automated layout of building structures by integrating QFD and TRIZ[J].International Journal of Advanced Anufacturing Technology，2022，120(3-4)：1793-1804.

[15] 李小彤，胡昌格.基于 QFD-TRIZ 理论的筒纱包装生产线造型设计[J].包装工程，2022，43(08)：92-100.

[16] 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.

Research on Innovative Design of Single person Tea Picker Based on KJ/QFD/TRIZ

SU Chen，GAO Chunhu，HUANG Qirui，YANG Shenglin

(*School of Industrial Design*，*Hubei Univ. of Tech.*，*Wuhan* 430068，*China*)

Abstract：In view of the main problems of low automation，poor human-computer cooperation，and insufficient lightweight of domestic single person tea picking machine，an innovative design integration method for agricultural machinery equipment was proposed，which combined KJ model，mass kinetic energy deployment theory (QFD) and invention solution theory (TRIZ)，to improve the innovative design of single person tea picking machine，and to realize the operation mode of integration of picking and collection. Firstly，user needs were collected by means of user interviews and literature surveys. The KJ model was used to grade user needs. The fuzzy analytic hierarchy process was used to calculate the weight of each level of user needs and rank user needs. The quality house model of single person tea picking machine was constructed by using the theory of quality kinetic energy expansion，and the design focus and existing conflicts were clarified. On this basis，the invention principle in TRIZ is used to solve the corresponding contradictions and conflicts，and the design output guidance for single person tea picking machine is completed. Through the integration of three theories，the actual needs of users were met，and the product structure layout，collection mode，portability，overall appearance and other aspects were improved and innovated. The feasibility of the design process is verified，which has a greater reference and theoretical guidance for the development and design of the same type of agricultural machinery equipment，and helps the development of China's agricultural industrialization.

Keywords：Single tea picking machine；KJ；Quality Function Deployment；Theory of the Solution of Inventive Problems；Industrial design

[责任编校：闫　品]