

基于 FBS-TRIZ 的园艺拖拉机设计研究

董佳丽¹, 张健瑞¹, 郑明霄²

(1. 江苏大学, 江苏 镇江 212013; 2. 零跑科技股份有限公司, 杭州 310051)

摘要: **目的** 关注园艺拖拉机使用过程中驾驶者的相关行为, 提取园艺拖拉机驾驶者的使用需求, 并将其转化为产品技术特性的设计要求, 提升园艺拖拉机驾驶者的用户需求满意度。**方法** 将 FBS-TRIZ 理论融合作为研究园艺拖拉机功能需求映射的方法。通过对用户行为特征的分析, 结合用户访谈、问卷调查等方式获取用户需求, 运用 FBS 模型, 构建出园艺拖拉机功能需求模型, 将行为作为连接功能需求与产品结构的纽带, 通过分析获取解决设计问题的方法; 运用 TRIZ 理论进行冲突问题的分析与转化, 并针对设计层面产品特性的矛盾提出解决方案。**结论** FBS 与 TRIZ 理论的融合应用能够将用户需求精准转化为技术特性层面的设计要求, 对园艺拖拉机用户需求设计方面的不足提出了相应的解决方案, 为设计师提供了将用户需求向功能结构的映射转化的指导, 验证了该方法的有效性。

关键词: 用户需求; 园艺拖拉机; FBS; TRIZ

中图分类号: TB472 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3563(2024)04-0115-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2024.04.012

Design of Gardening Tractor Based on FBS-TRIZ

DONG Jiali¹, ZHANG Jianrui¹, ZHENG Mingxiao²

(1. Jiangsu University, Jiangsu Zhenjiang 212013, China;

2. Zero Run Technology Co., Ltd, Hangzhou 310051, China)

ABSTRACT: The work aims to improve the use satisfaction of gardening tractor drivers by focusing on the related behaviors of drivers during the use of gardening tractors, and exploring their use requirements and transforming the requirements into design requirements of product technical characteristics. Initially, FBS-TRIZ was incorporated as the method for mapping the functional requirements of gardening tractors. By analyzing user behavior in combination with user interviews, questionnaire surveys and other methods, the user requirements were identified. FBS model was used to construct a functional requirement model for gardening tractors, with behavior used as a link between functional requirements and product structure, and the analysis was conducted to obtain method to solve design problems. Finally, TRIZ theory was applied to analyze and transform contradiction problems, and solutions were proposed for contradictions in product characteristics at the design level. The integrated application of FBS and TRIZ theory can accurately transform user requirements into design requirements at the technical characteristic level, and corresponding solutions are proposed for the deficiencies in user requirement design of gardening tractors, which provides guidance for designers to map and transform user requirements into functional structures, and verifies the effectiveness of this method.

KEY WORDS: user requirement; gardening tractors; FBS; TRIZ

根据国家统计局数据查询, 从 2016 年起, 我国果园面积逐步攀升, 2022 年我国果园面积达 1.841 5 亿亩。随着劳动力成本的提升及农业机械化水平的发展, 多数地区的果园农业也由人力、畜力逐步转向机械化^[1]。传统拖拉机主要以技术创新为驱动, 但随着

社会的发展, 用户的可选择性也逐渐增多, 企业意识到用户需求的重要性, 产品设计也逐渐由技术导向转变为需求导向。通过文献研究发现, 目前国内园艺拖拉机的设计研究重点集中于园艺拖拉机本身的性能方面, 对园艺拖拉机用户群体需求方面的关注度较

低,导致产品在功能使用方面与用户的使用习惯不符,无法满足用户的需求。

胡鹏骁等^[2]将情景分析法引入用户调研中,假定了公交车应急场景,通过 FBS 和 TRIZ 集成的方式对公交车把手进行设计。秦雄等^[3]将 FAST、FBS、TRIZ、FMEA 集成,提出了一种基于“目的-方案-优化-验证”的产品创新设计全流程研究策略,最后以振动筛设计为实例验证了该创新流程的可行性。杜冠男等^[4]提出了将 TRIZ 和 FBS 集成的产品创新设计方法,最后以搓澡机为实例,验证了该集成方法的可行性。

以上文献利用 FBS 和 TRIZ 理论在功能设计方面有效解决了产品存在的问题,为由于目前较少学者关注园艺拖拉机用户需求研究,因此 FBS 和 TRIZ 理论在该行业领域也鲜少应用。基于此将用户行为地图引入用户需求调研中,可以更加全面地获取用户需求,然后通过 FBS 模型,展开“功能-行为-结构”的映射转化模型,以 TRIZ 理论为设计末端,解决产品既有结构与新引入结构所造成的物理或技术冲突,解决关键设计问题,构建基于用户需求的园艺拖拉机设



图 1 用户自行焊接的工具箱
Fig.1 Tool box welded by users

2 基于 FBS 与 TRIZ 的园艺拖拉机设计研究框架

2.1 FBS 模型与 TRIZ 理论的概述

FBS 模型是由美国学者 Gero 于 1990 年提出的一种设计过程模型^[5]。主要是通过对模型中的三个变量即功能(Function)、行为(Behavior)及结构(Structure)的分析,利用逐级映射将模糊化的产品设计问题逐步变得清晰,建立了从产品功能需求到人的行为再到产品设计要求的映射机制,使产品设计过程变得更加具有逻辑性及合理性。

TRIZ 理论由前苏联科学家 G.S.Altshuller 提出。它对各种技术发展进化的规律进行了总结,提出了技术冲突的解决原理和法则,为技术创新提供了理论基础及方法指导^[6]。将 TRIZ 理论中的创新辅助工具应

计研究框架,为园艺拖拉机的设计研究提供借鉴与参考。

1 园艺拖拉机现有产品分析

园艺型拖拉机主要用于果园、茶林、设施农业等狭窄地块的各种作业,特点是机身结构紧凑、功率小、体积小、机身低、重量轻,如多功能微耕机和兼用手扶拖拉机等。本文研究适用于北方果园,地形以平原为主,果园面积较大,适用于轮式园艺拖拉机作业。我国园艺拖拉机设计研究相较于西方发展较晚,目前研究主要集中在性能方面,虽然近些年国内园艺拖拉机发展较快,但是对产品与人的操作互动性考虑到较少,并且对用户需求度关注不足。在园艺拖拉机实际使用中,部分园艺拖拉机的部件功能未考虑用户的使用习惯,从而导致用户被迫对其自行修改或适应等问题(见图 1~2)。运用科学的方法研究用户需求并转化为产品技术特性,可以为企业提供新产品的开发思路,提升园艺拖拉机的行业竞争力。



图 2 用户购置的第三方遮阳篷
Fig.2 Awnings purchased by users from third-parties

用到产品设计中,可以帮助设计者解决物理、技术方面的冲突问题,提升设计效率。

2.2 基于 FBS 与 TRIZ 的园艺拖拉机设计研究框架

现阶段对于产品设计全流程的设计策略研究相对欠缺,往往仅针对一个或几个阶段展开研究。同时单一设计方法研究也具有着产品设计各流程不能紧密联系的不足^[7]。FBS 利用从功能到行为再到结构的逐级映射将设计问题由抽象转为具体,逐步明确产品设计,建立起用户需求与功能结构之间的映射转化。然而 FBS 模型存在着前期调研的不充分性及无法解决功能结构间的矛盾冲突等问题,所以在前期调研中引入用户行为研究,充分挖掘园艺拖拉机驾驶者在使用过程中的隐性需求,在后期的功能结构冲突解决方面,可将核心问题描述成 TRIZ 理论系统的表达方式,利用 TRIZ 理论中提供的解决原理对核心问题进

行削弱或者消除, 从而找到核心问题的理想解决方案^[8]。综上所述, 采用 FBS 与 TRIZ 理论融合的方式, 可对园艺拖拉机的设计全流程提供更为科学的指导 (见图 3)。

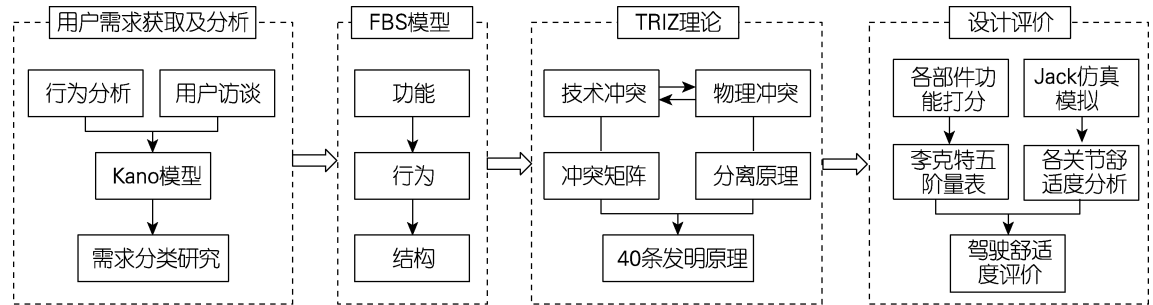


图 3 基于 FBS-TRIZ 的园艺拖拉机设计研究框架
Fig.3 Design and research framework of gardening tractor based on FBS-TRIZ

3 园艺拖拉机设计实例

3.1 园艺拖拉机驾驶者行为研究

在用户日常工作中, 一些无意识动作的背后都隐藏着隐性需求^[7]。由于隐性需求往往存在于用户潜意识中难以被察觉, 所以通过分析用户行为有助于设计师发现用户不自知的隐性需求, 以更令用户满意的服务^[9]。本次调研前往天津市周边果园农场, 首先

通过观察法记录并梳理了园艺拖拉机驾驶者操作园艺拖拉机的作业流程, 从准备工作前的保养检查开始到结束工作机器回仓, 全流程观察用户行为, 记录园艺拖拉机驾驶者作业中存在的问题, 分析驾驶者作业流程中的痛点; 其次通过用户访谈获取用户期望; 最后整理出园艺拖拉机驾驶者用户行为地图。操作阶段分为作业前的准备、正式作业以及作业结束三个阶段, 行为分析包括行为记录、接触点及痛点和对应的用户期望整理, 见图 4。

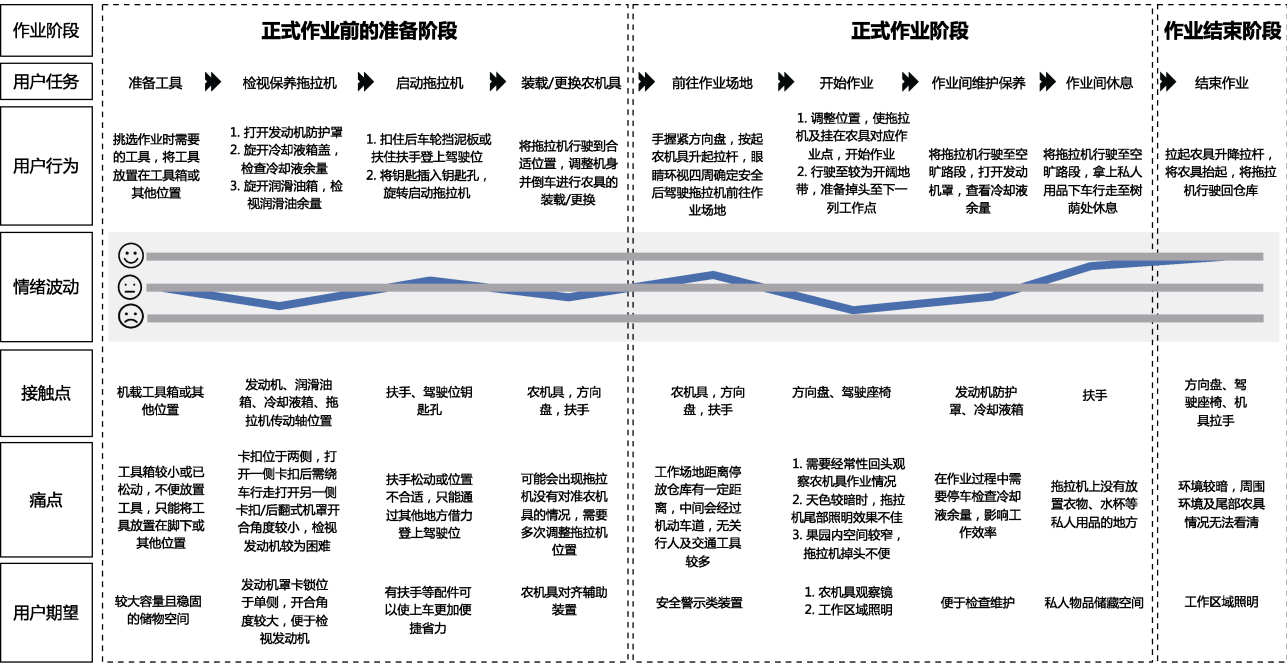


图 4 园艺拖拉机驾驶者用户行为地图
Fig.4 User behavior map for gardening tractor drivers

为避免用户需求获取过于主观, 寻找天津市周边果园中园艺拖拉机驾驶者进行专家访谈对需求获取部分进行修改及完善, 园艺拖拉机用户需求见表 1。

3.2 园艺拖拉机用户需求分析

KANO 模型可以将用户的主观感受进行量化,

便于设计师了解用户对于产品功能的满意度, 根据用户打分可将用户需求要素分为魅力属性 (A)、期望属性 (O)、无差异属性 (I)、必备属性 (M) 和反向属性 (R)^[10]。通过 KANO 模型对用户需求属性进行分类, 可以直观地找到用户的迫切需求, 从而提升用户对产品设计的满意度。本研究将调研地点定为天津

表 1 园艺拖拉机用户需求
Tab.1 Gardening tractor user requirements

需求类型	编号	需求描述	编号	需求描述
功能	A1	工具放置	A4	装载/更换农具定位
	A2	遮阳、挡雨	A5	私人物品储存空间
	A3	工作区域照明	A6	便于观察农机具工作状态
人机	B1	便于维护保养	B3	安全警示性强
	B2	驾驶舒适		

市周边果园农场，调研人群为园艺拖拉机驾驶者，因园艺拖拉机用户群体较小且分散，故本次问卷调研采用了线上、线下结合的方式。本次共计发放了 75 份

表 2 用户需求分类结果
Tab.2 User requirements classification results

	编号	M/%	O/%	A/%	I/%	R/%	Better (B) /%	Worse (W) /%	要素类型
功能属性	A1	19.44	45.83	25	9.72	0	70.83	-65.28	O
	A2	25	20.83	43.06	11.11	0	63.89	-45.83	A
	A3	40.28	26.39	20.83	12.5	0	47.22	-66.67	M
	A4	29.17	12.5	19.44	38.89	0	31.94	-41.67	I
	A5	16.67	23.61	48.61	11.11	0	72.22	-40.28	A
	A6	25	20.83	41.67	11.11	1.39	63.38	-46.48	A
人机属性	B1	41.67	25	19.44	13.89	0	44.44	-66.67	M
	B2	18.06	45.83	25	11.11	0	70.83	-63.89	O
	B3	44.44	16.67	27.78	11.11	0	44.44	-61.11	M

$$B = (A' + O') / (A' + O' + M' + I')$$
 (1)

Worse 系数代表消除后的不满意系数，可以描述为当产品不具备某项功能时，用户对该产品的满意度下降。Worse 系数数值为负，数值越小表示调研用户满意度下降的速度越快^[13]，产品不具备此项功能的 Worse (W) 系数见式 (2)。

$$W = -(O' + M') / (A' + O' + M' + I')$$
 (2)

Better-Worse 系数分析见图 5。

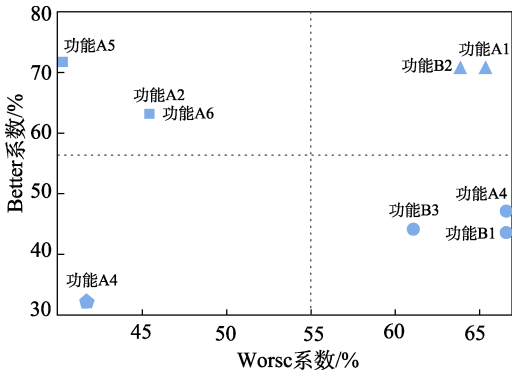


图 5 Better-Worse 系数分析

Fig.5 Better-Worse coefficient analysis chart

由图 5 可知，园艺拖拉机设计应具有 8 项需求，分别有 5 项功能需求：期望需求 A1、魅力需求 A2、A5、A6 及必备需求 A3；3 项人机需求：期望需求

问卷，经过筛选统计后回收得到有效问卷共计 73 份。完成问卷收集工作后对各项需求的问卷结果进行统计，并对各项用户需求进行属性分类，用户需求分类结果见表 2。

运用 Better-Worse 系数分析法获取各项需求的满意度系数^[11]，可以表示为某功能增加满意度或消除不满意的影响程度。式 (1) 中 A'、O'、M'、I' 分别对应 KANO 模型中的魅力、期望、必备及无差异 4 种属性。

Better 系数代表增加后的满意度系数，可以描述为当产品具备某项功能时，用户对该产品的满意度将提高，数值则为正^[12]，数值越大表示调研用户满意度提升得越快。产品具备此项功能的 Better (B) 系数表示见式 (1)。

B2、B3 及必备需求 B1。

3.3 FBS 映射转化

将 FBS 中三个变量的转化流程展开，通过逐级映射的方式将用户需求的技术特性细化为结构化特征。其中功能 (F)、行为 (B)、结构 (S) 3 个变量的定义如下。

1) 功能 (F)：被描述为设计的目的，对应 KANO 模型对用户行为分析及访谈分析得出的待改进的用户需求。

2) 行为 (B)：被描述为从结构或预期结构派生出的属性，即研究对象达成上述功能所发生的行为过程。

3) 结构 (S)：被描述为人工制品的组件元素及其关系，其中既包含产品设计方案实际结构，又包含由行为映射得到的抽象结构。

根据用户需求分析的结果，将 8 项用户需求作为园艺拖拉机设计要素，进行功能-行为-结构的映射，在功能-行为的映射阶段，可将通过用户调研所得出的功能需求转换为可以执行这些功能需求的行为。在行为-结构的映射阶段，可将预期的行为转变为执行这些行为的结构。根据功能-行为映射结果对行为结构进行推理与变形。园艺拖拉机设计要素 FBS 映射机制见图 6。

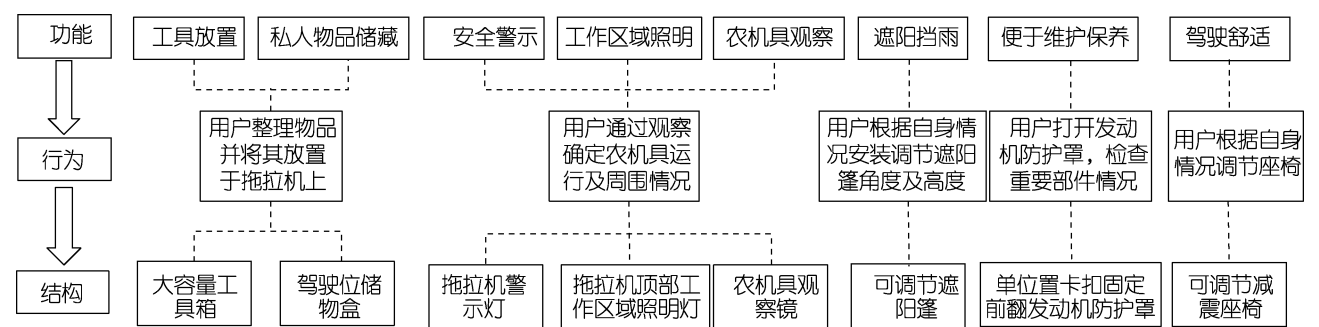


图 6 园艺拖拉机设计要素 FBS 映射机制
Fig.6 FBS mapping mechanism for design elements of gardening tractors

3.4 基于 TRIZ 的园艺拖拉机设计要素矛盾冲突求解

发明问题解决理论(TRIZ)包含 39 个工程参数、40 条发明创造原理、理想解等创新辅助工具，可以创造性地解决问题并进行产品设计^[13]。在解决问题前要明确问题，通过与多名从事工业设计相关人员进行访谈，明确园艺拖拉机功能部件结构设计的理想解，

并与目前设计进行对照，从中寻找理想解与设计实例之间的差距，从而精确定义设计部件所存在的问题。将问题对应 TRIZ 理论中矛盾冲突原理，通过将问题转化为 39 个工程参数，对照 Altshuler 发明原理查询解决原理提出解决方案，园艺拖拉机冲突理想解与实例对比见表 3。

表 3 园艺拖拉机冲突理想解与实例对比
Tab.3 Ideal solution and example comparison of contradiction for gardening tractors

设计部件	理想解	实例
大容量工具收纳空间	可分类放置各种工具及农具	使用工具箱，放置于后车轮挡泥板上，成本低但容量小且结构不稳
可调节遮阳篷	结构稳定、可根据自身情况调节高度及角度	通过螺栓或焊接固定，具有较高的结构强度但无法自由调节

冲突一为物理冲突，该冲突可以描述为若增大储物空间则势必会缩减其他部件所占的空间。在 TRIZ 理论框架的基础上，结合产品设计的外观、结构与功能需求，运用 TRIZ 理论中的“39 条标准工程技术参数”，将冲突问题转化为 No.8 静止物体的体积，将其对应至 Altshuler 发明原理，寻找相应的解决原理，冲突一的解决方案见表 4。根据发明原理 6 ①，可改变发动机防护罩造型，使其具备发动机防护的同时具备一定的储物功能。

表 4 冲突一的解决方案
Tab.4 Solution to contradiction 1

原理名称	原理描述
1 分割	①将物体分成相互独立的部分；②将物体分成容易组装和拆卸的部分；③提高物体的可分性
6 多用性	①使一个物体具有多项功能，消除了该功能在其他物体内存在的必要性（进而裁剪其他物体）

冲突二为技术冲突，该冲突可以描述为遮阳篷可根据用户自身情况进行调节，但可活动的结构将其变复杂，运用 TRIZ 理论中的“39 条标准工程技术参数”，将冲突问题转化为 No.35 适应性及通用性和 No.36.系统的复杂性，将其对应至 Altshuler 发明原

理，寻找相应的解决原理，冲突二的解决方案见表 5。根据发明原理 15 ②，可通过将遮阳棚与防翻架分离，其中采用螺栓固定，设置挡位，使其达到可调节的功能。

表 5 冲突二的解决方案
Tab.5 Solution to contradiction 2

原理名称	原理描述
15 动态特性	①将物体分成相互独立的部分
	②将物体分成容易组装和拆卸的部分
	③提高物体的可分性

3.5 设计方案

作物的种植间距是影响拖拉机能否正常通行的要素之一，该园艺拖拉机在设计方面考虑到了多种作物下的作业环境，主要适用于宽葡萄园和一般果园。宽葡萄园和一般果园的种植行间距较大，一般为 2.5 m~5 m，这类果园适用整车最小宽度在 1.437 m~1.482 m 的园艺拖拉机^[14]。园艺拖拉机设计宽度为 1.45 m，满足宽葡萄园和一般果园的适用整车最小宽度。园艺拖拉机设计结构展示见图 7：标号 a 对应需求 A1，根据 TRIZ 的物理冲突分析将工具放置空间与发动机防护



图7 园艺拖拉机设计结构展示
Fig.7 Exhibition of gardening tractor design structure

罩相结合,当用户需要放置尺寸较小的工具时,可放置于发动机罩的置物空间中,当需要园艺拖拉机充当运输工具时,可将置物空间盖拆下,防护罩凹陷可放置较大尺寸物品;标号b对应需求A2遮阳棚可进行档位调节,适用于不同身高的农机手,根据TRIZ的技术冲突分析,遮阳棚与防翻架为两个单独部件,中间采用螺栓固定,在方便农机手调节的同时,不会影响防翻架的安全防护功能;标号c对应需求A3,当前农机具尾部工作区域照明位于后车轮挡泥板上,位置较低导致照明效果不佳,本设计将尾部照明灯与遮阳棚相结合,提升高度,增强照明效果;标号d对应需求A5,在驾驶位安装了可翻转的私人物品储藏空间,可放置水杯、手机等私人物品,可翻转的特性能保证该部件不会占用驾驶位空间;标号e对应需求A6,位于遮阳棚前端的农机具观察镜为可翻转结构,不仅起到观察镜的功能,还可充当遮阳板;标号f对应需求B1,前翻式发动机保护罩具备更大的开合角度,便于用户检视发动机;标号g对应需求B2,可调节高度及前后的减震座椅方便不同身高的农机手驾驶;标号h为位于驾驶座椅背部的储物盒,其中可放置如拖拉机说明书、保修单等纸质物品或可根据用户需要放置其他物品;标号i对应需求B3,位于遮阳棚顶部的安全警示灯为拖拉机最高点,可视性较强。该园艺拖拉机设计总体较为低矮紧凑,适用于大多数间距较窄的果园内工作。

4 园艺拖拉机设计方案评价

研究从用户需求出发,将设计点与用户需求相对应,探求设计方案的用户满意度,但人机工程学方面

无法从图7中直观看出,故设计方案评价将从两个方面展开评估:一是采用模拟仿真软件对园艺拖拉机驾驶舒适性进行人机评价;二是评估该方案的设计可行性。主要通过向典型目标用户及从事工业设计相关人员展示方案主要功能结构的设计效果图,并针对图7,将设计方案所包含的主要功能结构以渲染图的方式编入问卷,请典型目标用户及从事工业设计相关人员对方案的需求项实现程度进行评价。

4.1 人机舒适性评估

人机舒适性评价采用由西门子公司开发的Jack人体工学仿生软件进行验证,根据用户调研分析结果,在Rhino中建立园艺拖拉机3D模型并将其导入Jack仿真软件,以GB 10000—1988中的第50百分位人体数据为参考依据,建立人体数据模型^[15],见图8。

Jack软件中的Comfort Assessment工具可对园艺拖拉机驾驶舒适度进行评估分析,其中的Porter参数可对驾驶人的关节的合理弯曲度进行评估^[16]。驾驶员Porter舒适度分析见图9,黄线代表人体关节弯曲度限定值范围,而绿色则代表关节在限定的弯曲度范围内,数值越趋近于0,舒适度越高。由图9可见,虚拟人的各关节舒适度均在弯曲度范围内,可推断驾驶者舒适度较高。

4.2 方案可行性评估

为了验证园艺拖拉机设计的用户满意度,再次从前期调研的用户群体中,邀请10名典型用户与5名从事工业设计相关人员参与对设计方案评估的问卷调查。问卷采用5阶李克特量表,设置问卷评语集为

$C=\{\text{很不满意, 不满意, 一般, 满意, 相当满意}\}=\{1,2,3,4,5\}$ ，通过均值法获取用户评价。为了避免用户因不了解评估准则而造成的理解误差，在评估开始前将对目标用户讲解与评估相关的内容与准则，使用户在评估前对比拥有一定的了解，从而降低理解误差，同时为了能使评价者对园艺拖拉机具有全面了解，将对园艺拖拉机设计方案进行展示与阐述，评价结果见表 6。

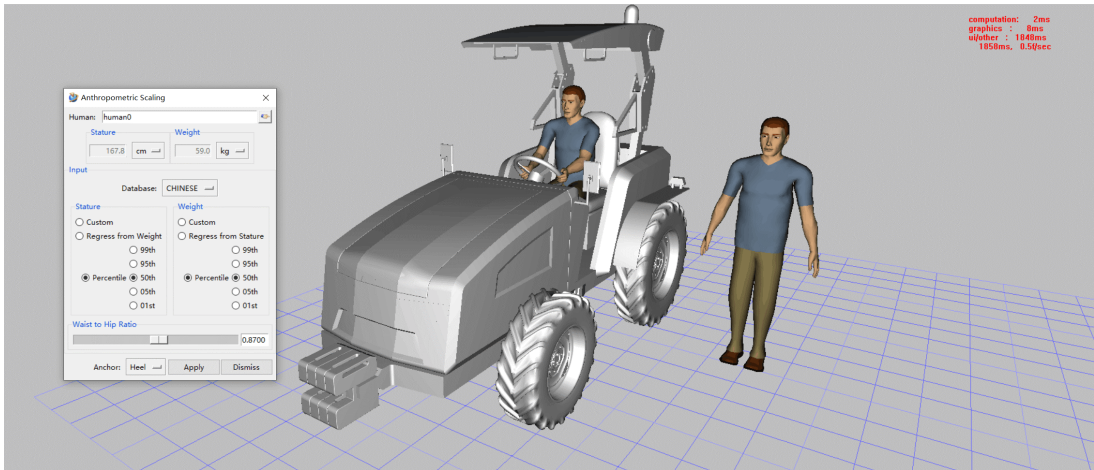


图 8 人体模型数据输入界面
Fig.8 Human body model data input interface

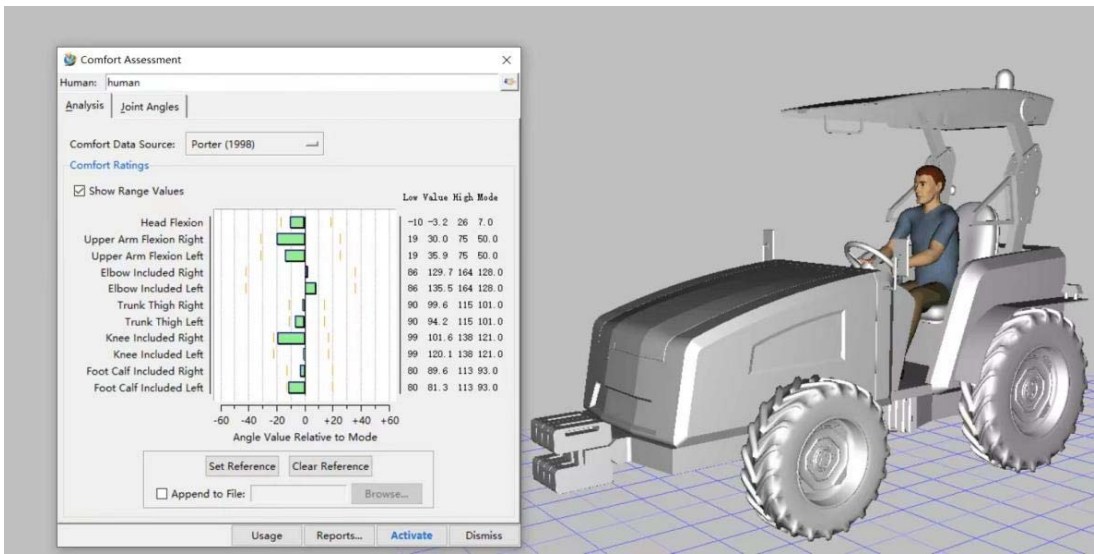


图 9 驾驶员 Porter 舒适度分析
Fig.9 Porter comfort analysis of drivers

表 6 设计方案评估
Tab.6 Design scheme evaluation form

评估项目	平均分	评估项目	平均分	综合评估雷达图
遮阳挡雨的功能	4.60	驾驶舒适性	4.67	
工作区域照明功能	4.40	安全警示性	4.47	
便于观察农机具工作	4.33	工具存放空间	4.53	
便于维护保养	4.40	私人物品储藏空间	4.73	

由设计方案评估表可知，与用户需求相对应的各项评估指标均在 4 分以上，说明该方案在需求实现及结构合理性方面反馈较好，较为完整的实现了目标群体对产品的使用需求。由于各项评估分数相差较小，本次设计评价引入雷达图增强结果可视化效果，通过评估结果可知农机具观察镜评估分数相对较低，主要

因为用户虽认可该解决方案,但担心视差问题,后续将针对农机具观察功能继续展开研究。

5 结语

基于 FBS 与 TRIZ 的园艺拖拉机研究,在前期调研中引入用户行为分析,挖掘用户在使用园艺拖拉机过程中存在的隐性需求,可以使设计师更加全面地了解用户需求,为后续设计提供有力依据;通过 FBS 与 TRIZ 融合应用的方式将用户的功能需求向功能结构映射,并解决其中存在的物理、技术冲突问题,使设计的产品更加符合用户的使用预期和习惯,提高了目标用户的满意度。通过设计实践验证,基于 FBS 与 TRIZ 的园艺拖拉机研究框架完成的产品设计在人机舒适度和方案可行性方面的用户评价均取得较好结果。

参考文献:

- [1] 刘芳,明莉,冯梅,等.丘陵山区果园智能农业转运机械设计研究[J].农机使用与维修,2022(5):1-3.
LIU F, MING L, FENG M, et al. Research on the Design of Intelligent Agricultural Transfer Machinery for Hilly Orchards[J]. Agricultural Machinery Using & Maintenance, 2022(5): 1-3.
- [2] 胡鹏骁,邓益民.基于 SA-FBS-TRIZ 理论的可变功能应急产品设计方法[J].机械设计与研究,2022,38(3):7-11.
HU P X, DENG Y M. Design Method of Adaptable-Function Emergency Products Based on SA-FBS-TRIZ Theory[J]. Machine Design & Research, 2022, 38(3): 7-11.
- [3] 秦雄,李文强,李彦,等.基于 FAST/FBS/TRIZ/FMEA 的产品创新流程研究与应用[J].制造业自动化,2015,37(9):148-152.
QIN X, LI W Q, LI Y, et al. The Innovation Process Research and Application with FAST/FBS/TRIZ and FMEA[J]. Manufacturing Automation, 2015, 37(9): 148-152.
- [4] 杜冠男,熊艳,曾雪蕾,等.基于 TRIZ 和 FBS 的闭环设计方法[J].机械设计,2013,30(9):1-7.
DU G N, XIONG Y, ZENG X L, et al. Closed Loop Design Method Based on TRIZ & FBS[J]. Journal of Machine Design, 2013, 30(9): 1-7.
- [5] 白仲航,张资恒,李晨辉,等.功能-行为-结构(FBS)模型方法研究综述[J].图学学报,2022,43(5):765-775.
BAI Z H, ZHANG Z H, LI C H, et al. Review on Research of FBS Model Method[J]. Journal of Graphics, 2022, 43(5): 765-775.
- [6] 韦艳丽,冀源,王超凡,等.基于 QFD&TRIZ 的帕金森患者助行器优化设计研究[J].包装工程,2023,44(2):158-166.
WEI Y L, JI Y, WANG C F, et al. Design of Walking Aid for Parkinson Patients Based on QFD & TRIZ[J]. Packaging Engineering, 2023, 44(2): 158-166.
- [7] 姜孟杰,徐兰芳.产品设计中的隐性需求提取研究综述[J].机电产品开发与创新,2023,36(2):165-168.
JIANG M J, XU L F. A Review of Research on the Extraction of Implicit Demand in Product Design[J]. Development & Innovation of Machinery & Electrical Products, 2023, 36(2): 165-168.
- [8] 陆雷.基于需求—功能综合模型的老年助行轮椅设计研究[D].镇江:江苏大学,2022.
LU L. Research on the Design of Elderly Wheelchairs Based on Demand-Function Integrated Model[D]. Zhenjiang: Jiangsu University, 2022.
- [9] 王伟伟,刘允之,杨晓燕,等.用户行为与情境导向下的文创产品设计研究[J].包装工程,2019,40(24):27-32.
WANG W W, LIU Y Z, YANG X Y, et al. Cultural and Creative Product Design under User Behavior and Situation Orientation[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(24): 27-32.
- [10] 肖飞,柳翰.基于 KANO 模型的智能儿童书桌用户需求研究[J].家具与室内装饰,2021(6):90-95.
XIAO F, LIU H. Research on User Demands of Intelligent Children's Desk Based on KANO Model[J]. Furniture & Interior Design, 2021(6): 90-95.
- [11] 余森林,程倩.基于 KANO 模型的办公桌功能改进设计研究[J].包装工程,2022,43(4):95-102.
YU S L, CHENG Q. Research on Improvement Design of Desk Function Based on Kano Model[J]. Packaging Engineering, 2022, 43(4): 95-102.
- [12] 邴媛,张建敏.基于 Kano 模型与层次分析法的农机造型设计研究[J].机械设计,2022,39(4):149-155.
BING Y, ZHANG J M. Research on Modeling Design of Agricultural Machinery Based on Kano Model and AHP[J]. Journal of Machine Design, 2022, 39(4): 149-155.
- [13] 武月琴,武雨飞,史志远.基于系统论和 TRIZ 理论的空轨货运动车设计[J].包装工程,2023,44(4):406-412.
WU Y Q, WU Y F, SHI Z Y. Design of Suspended Monorail of Freight Based on System Theory and TRIZ Theory[J]. Packaging Engineering, 2023, 44(4): 406-412.
- [14] 邹娇蓉,李晨硕,李继光.国外专业型果园轮式拖拉机的整机技术概述[J].拖拉机与农用运输车,2022,49(3):1-3.
ZOU J R, LI C S, LI J G. Overview of Complete Machine Technology of Foreign Professional Orchard Wheeled Tractor[J]. Tractor & Farm Transporter, 2022, 49(3): 1-3.
- [15] 苏珂,廖越.基于 JACK 的电动拖拉机驾驶室人机工程改进设计[J].机械设计,2018,35(8):106-110.
SU K, LIAO Y. Ergonomic Improvement Design of Electric Tractor Cab Based on JACK[J]. Journal of Machine Design, 2018, 35(8): 106-110.
- [16] 周艾,张建敏,杨勤,等.基于 JACK 的工业搬运车驾驶室人机工程仿真分析[J].机械设计,2020,37(1):26-34.
ZHOU A, ZHANG J M, YANG Q, et al. Ergonomic Simulation and Analysis of the Industrial Truck's Cab Based on JACK[J]. Journal of Machine Design, 2020, 37(1): 26-34.