

基于 QFD 与 FBS 的可移动电力检测设备创新设计

陈国强¹, 戴成¹, 申正义², 张鹏¹, 唐子琛¹

(1.燕山大学 艺术与艺术学院, 秦皇岛 066004; 2.燕山大学 机械工程学院, 秦皇岛 066004)

摘要: **目的** 为了客观准确地将目标用户认知需求转化为产品技术特性的设计要求, 提升可移动电力检测设备目标用户认知需求满意度及明确产品创新方向, 提出 QFD 和 FBS 集成的创新设计模式。**方法** 首先, 通过访谈和问卷调查获取用户需求, 借助 AHP 法求解用户认知需求权重; 其次, 运用 QFD 法构建质量屋, 明确可移动电力检测设备待改进的关键技术特性指标; 最后, 将用户旅程图引入 FBS 的功能—行为—结构展开模型中, 以解决可移动电力检测设备的关键技术特性问题, 指导产品创新设计。**结论** QFD 与 FBS 理论的融合应用能够将用户认知需求精准转化为技术特性层面的设计要求, 对可移动电力检测设备的人机、造型、功能、收纳等方面的不足提出了相应的解决方案, 实现了用户认知需求与产品技术特性之间的映射转换, 证明了该方法具有可行性。

关键词: 创新设计; QFD; FBS; 可移动电力检测设备

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)02-0043-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.02.007

Design of Movable Electric Testing Station Based on QFD and FBS

CHEN Guo-qiang¹, DAI Cheng¹, SHEN Zheng-yi², ZHANG Peng¹, TANG Zi-chen¹

(1.School of Art and Design, Yanshan University, Qinhuangdao 066004, China;

2.School of Mechanical Engineering, Yanshan University, Qinhuangdao 066004, China)

ABSTRACT: The work aims to objectively and accurately transform target user cognitive demands into product technical characteristic design requirements, improve the satisfaction of target user cognitive demands of movable power testing equipment and clarify the direction of product innovation, and propose an innovative design model based on QFD and FBS integration. Firstly, the user demands were obtained through interviews and questionnaire surveys, and the AHP method was used to solve the weight of user cognitive demands; secondly, the QFD method was used to build a house of quality and identify the key technical characteristics to be improved for the movable power testing equipment; finally, the user journey map was introduced into the FBS expansion model to solve the key technical characteristics of movable power testing equipment and guide product innovation design. The converged application of QFD and FBS can accurately transform user cognitive demands into design requirements at the technical characteristic level, propose corresponding solutions to the deficiencies of movable power testing equipment in man-machine, shape, function, storage, etc., and realize the mapping and conversion between user cognitive demands and product technical characteristics, proving the feasibility of the method.

KEY WORDS: innovative design; QFD; FBS; movable power testing equipment

截至 2019 年 12 月, 中国合计拥有 2 800 余个县级区划, 其中多数县级电力部门电力检修工器具使用

频繁, 易出现器械隐性故障。可移动电力检测设备可对电力工器具实行预防性检测, 确保及时排查电力工

收稿日期: 2020-08-10

基金项目: 河北省社会科学基金 (HB19YS004)

作者简介: 陈国强 (1975—), 男, 河北人, 博士, 燕山大学艺术与艺术学院教授, 主要研究方向为高端装备创新设计理论及方法。

通信作者: 戴成 (1994—), 男, 湖南人, 燕山大学艺术与艺术学院硕士生, 主攻高端装备创新设计。

器具故障,避免使用中的电力工器具因故障而引发人身事故。目前国内可移动电力检测设备设计研究重点在于关键部位的技术结构实现^[1-3],以用户认知需求为核心的设计研究较少,导致产品的操作使用不能满足目标用户认知需求^[4-5]。如何将用户认知需求准确地与产品创新方向相关联是产品优化中的关键。近年来,学者在质量功能展开(Quality Function Deployment,简称QFD)与功能—行为—结构(Function-Behavior-Structure,简称FBS)在外观设计、服务质量提升等方面有着广泛的研究。国内学者吕中意^[6]建立了QFD基础需求模型,提升了草案选型和聚合性改进设计效率;余苗文^[7]利用QFD工具将用户认知需求转换成了健康体检服务的质量改进要素,提升了医院的服务管理质量;许艳秋^[8]利用QFD和FBS模型研究了坐便器多适性设计,使最终产品的客观表现与用户认知需求之间实现了精准映射匹配。

以上案例利用QFD和FBS理论成功地解决了问题,对可移动电力检测设备的设计提供一定参考,但目前针对电力移动检测装备的研究仍然较少。因此,尝试引入QFD与FBS理论对可移动电力检测设备进行研究。通过构建QFD质量屋,计算得出关键设计要求,并将用户旅程图运用至FBS中,展开“功能—行为—结构”的映射转化模型,解决关键设计问题,帮助设计师快速、准确地实现方案创新。

1 可移动电力检测设备设计分析

可移动电力检测设备是一种预防性检测设备,属于典型的大型机械装备。本文研究的可移动电力检测设备是由电力安全工器具检测设备和舞台车结合在一起的,见图1。构成一个可移动的检测站,特别适用于偏远的基层电力站所。该可移动电力检测设备可对安全帽、安全带、安全绳、个人保安线、绝缘梯、绝缘杆、携带型短路接地线、电容型验电器DL/T1476-2015等标准规定的二十五大类电力安全工器具实行预防性检测,通过电学实验及机械物理实验判定电力工器具的合格指标。本文研究的可移动电力检测设备在行业内具备一定的创新性,产品功能覆盖面较广,但受限于产品发展年限较短,目前可移动电力检测设备仍存在以下两个问题。

1) 电力移动检测产品对人的研究较少。虽然近些年国内电力检测行业发展较快,衍生的电力检测装备种类较多,但是对产品与人的操作互动性考虑较少。在产品作业环节,仍以人工为操作载体,操作流程繁琐;部分设备的操作未考虑用户的使用习惯与基本认知。

2) 产品创新性不足。大部分电力移动检测产品造型简单,缺少美感,功能配置不合理。因此,用科学的设计方法快速为企业提升产品竞争力尤为重要。



图1 可移动电力检测设备
Fig.1 Movable electric testing station

2 基于QFD与FBS的产品创新设计模型

2.1 QFD与FBS概述

QFD由赤尾洋二(Yoji Akao)教授于1972年提出^[9],QFD是一个现代的品质系统,其核心是以用户为出发点,能将用户的主观需求准确地转化为产品的设计要求^[10],使所设计的产品能真正地满足用户认知需求,而这一直是产品设计研究的热点。

FBS模型是由Gero等人提出的概念,模型主要通过功能—行为—结构进行映射转换,并协助设计者从事创新性产品设计开发^[11]。利用FBS模型实现从产品功能(F)到行为域(B)的映射过程,并通过对人的操作行为的分析,再映射到具体的设计要求(S),提高大型装备概念设计阶段的合理性。

2.2 QFD与FBS融合应用流程

QFD能够为设计指明方向,但却无法提供具体的解决方式;FBS可实现设计需求的映射转化,但未将用户认知需求分析包含其中^[12]。然而QFD和FBS的融合应用能够挖掘关键创新问题并加以解决,QFD与FBS融合应用流程见图2。

1) 用户认知需求分析。首先通过用户访谈的形式获取初始需求,归纳和筛选需求信息。然后通过

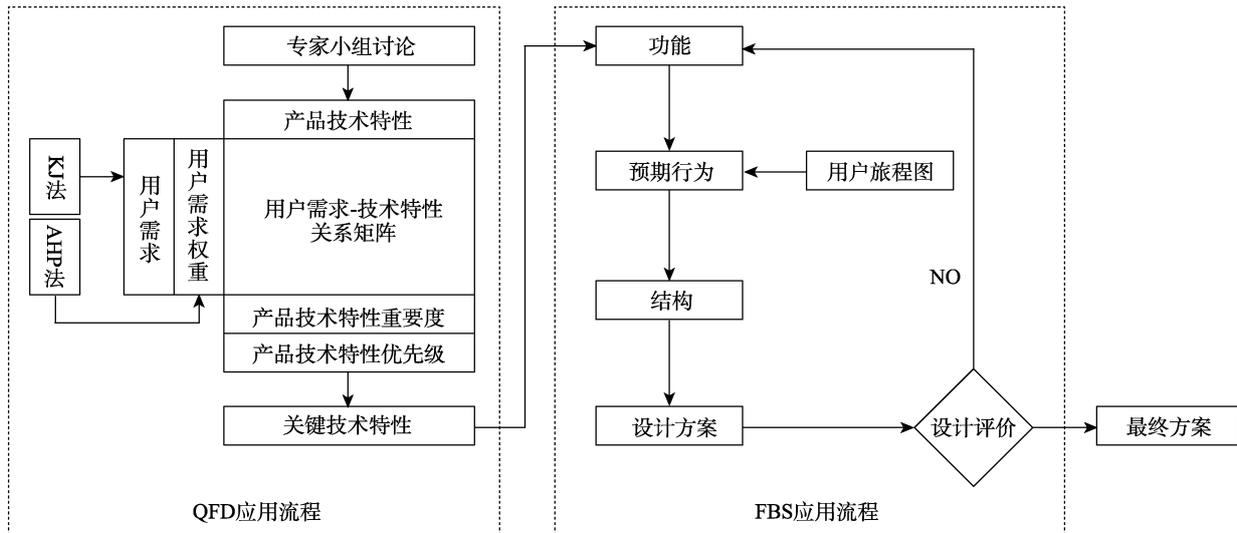


图 2 QFD 与 FBS 融合应用流程
Fig.2 QFD and FBS integration application process

KJ 法对收集的重复与相似的指标进行分类筛选，将各组数据再次归纳整理，以设计语言进行表达。再结合层次分析法(Analytic Hierarchy Process,简称 AHP)对用户认知需求进行定量分析，并确定每类用户认知需求的重要度。最后根据计算结果，建立用户认知需求扩展表。

2) 技术特性展开。通过专家小组分析可移动电力检测设备的功能结构及功能与部件之间的相关性，形成质量语言描述的产品技术特性，创建可移动电力检测设备技术特性扩展表。

3) 创建 QFD 质量屋关系矩阵。将创建的用户认知需求扩展表和可移动电力检测设备技术特性扩展表导入模型，建立需求—技术特性质量屋模型，计算技术特性权重 ω_j ：

$$\omega_j = \sum_{i=0}^n M_i R_{ij} \quad (1)$$

其中， M_i 对应用户认知需求的重要度， R_{ij} 为用户认知需求与技术特性之间的关系强度值。然后将计算得出的技术特性重要度规范化为技术特性的权重系数，第 j 项技术特性的权重系数 A_j ：

$$A_j = \omega_j / \sum_{i=0}^n \omega_i \quad (2)$$

4) FBS 映射转化。归纳分析关键设计需求，并以此为基础展开 FBS 模型。FBS 转化包含两个过程：

(1)“功能—行为”转化，将提取的关键设计需求要素分别转化为具体的行为实现方式；(2)在“行为—结构”转化中，行为包含预期行为与实际行为，实际行为对应操作产品时产生的实际操作行为，在产品生产后即产生实际行为，而本文主要研究产品优化前产生的行为构想，即预期行为，旨在将行为细化为具体的结构形式。FBS 模型中的“结构”并不再指代机械设计中的结构，而是指产品的结构，包括系统的设计方案、代码实现等具体内容。

表 1 用户认知需求展开

Tab.1 Expansion of user cognitive demand demands

第一层次需求（目标层）	第二层次需求	第三层次需求
用户满意的可移动电力检测设备	人机需求 A_1	操作舒适 A_{11}
		安全性 A_{12}
	造型需求 A_2	色彩时尚 A_{21}
		品牌识别 A_{22}
		形态简约 A_{23}
	功能需求 A_3	夜间作业 A_{31}
		移动方便 A_{32}
	收纳需求 A_4	稳定性强 A_{33}
		收纳整齐 A_{41}
		收纳方便 A_{42}

3 可移动电力检测设备设计实例

3.1 用户认知需求获取及权重

QFD 运用的第一步是获取用户认知需求，即对 60 名可移动电力检测设备厂家工程师、专家进行访谈。通过访谈得出初始用户认知需求，并经专家组进行分析筛选，获得 10 项典型需求。采用 KJ 法归纳整理需求，得出 4 组用户认知需求：人机需求 A_1 、造型需求 A_2 、功能需求 A_3 、收纳需求 A_4 ，并以此形成用户认知需求展开表，见表 1。

为了保证访谈所得的用户数据更具全面性，将访谈所得的用户认知需求数据设计成重要度问卷，组织 5 名相关专家填写问卷，汇总问卷原始数据并计算其加权平均数，再将其应用至 AHP 的判断矩阵中。利用 AHP 法对主观的用户数据进行数据化处理，获得判断矩阵，见表 2—6。首先，通过 MATLAB 软件工具计算第二层次需求相对第一层次需求的权重，见表 2；同理依次计算出第三层次需求相对于第二层次需

表2 第一层次需求判断矩阵及权重

Tab.2 The first level of demand judgment matrix and weight

A	A_1	A_2	A_3	A_4	权重 ω
A_1	1	1/3	1/3	1/2	0.104
A_2	3	1	1/2	3	0.322
A_3	3	2	1	2	0.409
A_4	2	1/3	1/2	1	0.165

表3 人机需求判断矩阵及权重

Tab.3 Man-machine demand judgment matrix and weight

A_1	A_{11}	A_{12}	权重 ω_1
A_{11}	1	2	0.667
A_{12}	1/2	1	0.333

表4 造型需求判断矩阵及权重

Tab.4 Modeling demand judgment matrix and weight

A_2	A_{21}	A_{22}	A_{23}	权重 ω_2
A_{21}	1	4	2	0.558
A_{22}	1/4	1	1/3	0.122
A_{23}	1/2	3	1	0.320

表5 功能需求判断矩阵及权重

Tab.5 Functional demand judgment matrix and weight

A_3	A_{31}	A_{32}	A_{33}	权重 ω_3
A_{31}	1	1/3	1/2	0.163
A_{32}	3	1	2	0.540
A_{33}	2	1/2	1	0.297

表6 收纳需求判断矩阵及权重

Tab.6 Storage demand judgment matrix and weights

A_4	A_{41}	A_{42}	权重 ω_4
A_{41}	1	3	0.750
A_{42}	1/3	1	0.250

表7 第三层次需求层次总排序

Tab.7 The third level of demand hierarchy

第三层次需求	总权重
A_{11}	0.069
A_{12}	0.035
A_{21}	0.180
A_{22}	0.039
A_{23}	0.103
A_{31}	0.067
A_{32}	0.221
A_{33}	0.121
A_{41}	0.124
A_{42}	0.041

表8 电力移动检车站技术特性展开

Tab.8 Expansion of technical characteristics of movable electric testing station

第一层次	第二层次	第三层次
	控制区 D_1	控制台 D_{11}
		控制台隔离门 D_{12}
整体外观 D_2		车身外壳 D_{21}
		车身裙板 D_{22}
		电线 D_{23}
市场竞争力的可移动电力检测设备	电源区 D_3	电线支撑杆 D_{31}
		升压设备 D_{32}
检测区 D_4		力学试验机 D_{41}
		绝缘杆试验架 D_{42}
		绝缘隔板实验桌 D_{43}
		鞋靴手套试验机 D_{44}
收纳区 D_5		收纳柜 D_{51}
		墙壁挂钩 D_{52}

求的权重,计算结果,见表3—6。由 $CR=CI/RI$ 计算可知,表2—6的一致性比率 CR 值分别为 0.053、0、0.016、0.009、0, CR 值均小于 0.1,故各判断矩阵满足一致性检验。最后计算第三层次需求中每个要素相对于第一层次需求的权重,以此总结第三层次需求排序,见表7。

3.2 技术特性展开

为了降低技术知识获取的片面性、差异性,通过查阅文献,实地调研产品的技术指标,访谈可移动电力检测设备生产企业技术人员等方式,收集产品技术特性相关资料,并通过用户认知需求转化为技术特性,整理后形成可描述的技术语言,具体电力移动检车站技术特性,见表8。

3.3 QFD 质量屋关系矩阵构建

将用户认知需求信息与技术特性展开要素引入 QFD,构建质量屋关系矩阵。关系矩阵是质量设计的基础,可以明确目标用户认知需求与技术特性间的对应关系,对“●”、“○”、“△”、“空白”三种表示关联程度的符号分别赋值 5、3、1、0,用户认知需求—技术特性关系矩阵见表9。

技术特性重要度以用户认知需求权重数值为基础,通过式(1)和式(2)计算得出。根据上述矩阵数据结果可知,排名前6的技术特性指标从高到低依次为力学试验机 D_{41} 、升压设备 D_{32} 、控制台隔离门 D_{12} 、车身外壳 D_{21} 、收纳柜 D_{51} 、控制台 D_{11} ,该6项技术特性指标权重占比为 71.7%,已占较大比重,故在设计过程中需要重点关注以上6个方面;此外,综合分析5个功能区的技术特性重要度可知,最重要的设计区域为检测区,占比为 33.5%,表明在6个功能分区中检测区的改良设计需重点考虑。

表 9 用户认知需求—技术特性关系矩阵
Tab.9 User cognitive demands-technical characteristics relationship matrix

用户认知需求	技术特性												
	控制区		整体外观			电源区		检测区				储物区	
	D_{11}	D_{12}	D_{21}	D_{22}	D_{23}	D_{31}	D_{32}	D_{41}	D_{42}	D_{43}	D_{44}	D_{51}	D_{52}
操作舒适 A_{11}	●							●					
操作安全 A_{12}	○				●	△		●	○		○		○
色彩时尚 A_{21}		△	●	○		△	○	○	△	△			
品牌识别 A_{22}		○	△	△				○				○	○
形态简约 A_{23}			○	△			○	△					
夜间作业 A_{31}		△			○							○	
移动方便 A_{32}		○				○	○	●		○		○	
稳定性强 A_{33}		○						○			△	△	
收纳整齐 A_{41}							△	△					△
收纳方便 A_{42}	△						△	○					△
技术特性重要度系数 (%)	7.1	10.7	9.6	5.2	2.9	6.7	12.9	23.0	2.3	6.5	1.7	8.4	3.0
重要度排序	6	3	4	9	11	7	2	1	12	8	13	5	10
设定技术特性目标值	改进	改进	改进	暂缓	暂缓	暂缓	改进	改进	暂缓	暂缓	暂缓	改进	暂缓

注：“●”表示强相关，“○”表示一般相关，“△”表示弱相关，“空白”表示不相关

表 10 力学试验机操作行为路径分析
Tab.10 Path analysis of mechanical testing machine operation behavior

阶段	接受任务	准备	测试	结束
场景流程	1. 判定任务种类 2. 接收待测器材	1. 固定待检器材 2. 远离力学试验机	1. 选择测试时长 2. 启动电源 3. 全程查看测试情况	1. 关闭电源 2. 取下已检测器材 3. 查看器材测试结果 4. 设备复位
D_{41} 预期操作行为	1. 手持、托举	1. 放置器材 2. 步行移动	1. 旋转 2. 按压 3. 站立或蹲坐	1. 按压 2. 解开、搬运 3. 弯腰查看

3.4 FBS 映射转化

展开 FBS 的功能—行为—结构转化流程，可将关键技术特性细化为结构化特征。其中 FBS 模型中 3 个变量的定义如下。

- 1) 功能：主要描述设计目标，本文的功能对应通过 QFD 得出的待改进的技术特性指标。
- 2) 行为：描述研究对象达成上述功能所发生的行为过程，即功能变量带来的预期属性。
- 3) 结构：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。

在 FBS 研究模型中，功能主要来自于用户，行为包含预期行为和实际行为，最终得出结构，并且输出方案。

3.4.1 功能—行为

将 QFD 法得出的前 6 项关键技术特性作为可移动电力检测设备的功能库，执行“功能—行为”的映射转换，“行为”主要指预期行为，通过用户旅程图描绘得出。其中 D_{21} 归属于视觉层面，故不执行“功

能—行为—结构”映射。除 D_{21} 之外，剩余前 5 项关键技术特性操作阶段与预期行为，见表 10—14，并以此为依据，对预期操作行为进行筛选合并，得出“功能—行为”映射流程，见图 3。

3.4.2 行为—结构

基于映射流程的功能行为知识表达，确定可移动电力检测设备基本行为知识库。行为元素一般由一些简单的产品操作行为特征构成，在以需求功能为目标的前提下进行行为结构推理与变型，见图 4。

获得可移动电力检测设备关键技术特性所对应的结构化特征，以此为基础进行方案改良设计，可移动电力检测设备设计结构说明见图 5：(A) 力学试验机 D_{41} ，该设备可对五点式安全背带、安全帽进行力学牵引及冲击试验，在设备旁的墙壁上设计有可折叠储物板，用于放置待检安全背带及安全帽，便于作业取放以及提升车厢整洁度，同时将该设备的控制开关设计于控制台中心，通过按钮控制其启动或关闭；(B) 升压设备 D_{32} ，升压设备为全车最重的设备，该设备

表 11 升压设备操作行为路径分析
Tab.11 Path analysis of booster equipment operation behavior

阶段	接受任务	准备	测试	结束
场景流程	1. 明确任务量 2. 组织人员准备共同操作	1. 松开固定脚轮 2. 选择电压 3. 移动设备至拓展平台	1. 人员退至作业危险区外 2. 启动电源	1. 关闭电源 2. 设备复位 3. 收纳固定
D_{32} 预期操作行为	1. 口头召集人员	1. 旋转 2. 按压、触摸 3. 推拉 4. 移动	1. 按压、触摸	1. 按压 2. 推拉 3. 旋转

表 12 控制台隔离门操作行为路径分析
Tab.12 Path analysis of console isolation door operation behavior

阶段	接受任务	准备	测试	结束
场景流程	1. 接收指令	1. 进入控制区	1. 关紧隔离门	1. 打开隔离门 2. 人员结束作业
D_{12} 预期操作行为	1. 口头传唤指令	1. 封闭隔离门	1. 观察测试情况	1. 复位

表 13 收纳柜操作行为路径分析
Tab.13 Path analysis of storage cabinet operation behavior

阶段	接受任务	准备	测试	结束
场景流程	1. 判定任务种类	1. 移步至相应收纳柜附近 2. 打开高度不一的柜门	1. 取出柜中物品 2. 放至指定位置	1. 将物品复位至柜中 2. 关紧柜门
D_{51} 预期操作行为	1. 准备开柜	1. 移动 2. 拽 3. 翻转	1. 抓取 2. 搬运	1. 搬运 2. 按压

表 14 控制台操作行为路径分析
Tab.14 Path analysis of console operation behavior

阶段	接受任务	准备	测试	结束
场景流程	1. 接收指令	1. 进入控制区 2. 选择功能 3. 连接电源	1. 启动功能 2. 临时坐靠休息	1. 起立操作 2. 关闭电源 3. 离开操作台
D_{11} 预期操作行为	1. 口头传唤指令	1. 移动 2. 翻转 3. 按压	1. 按压、旋转 2. 下蹲	1. 起身 2. 按压 3. 移动

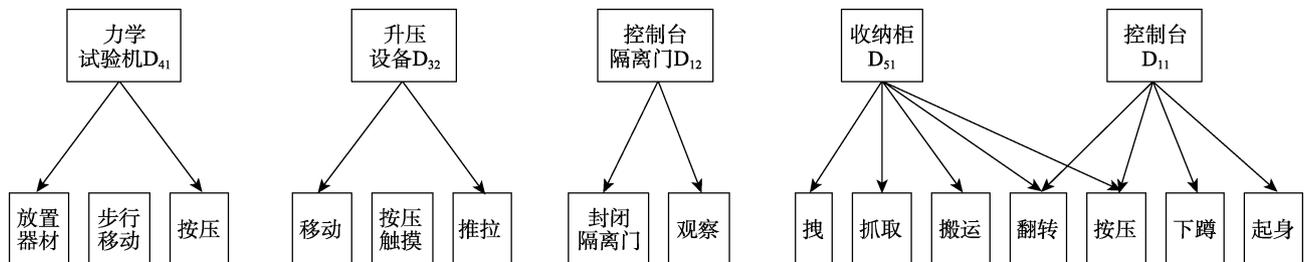


图 3 “功能—行为”映射流程
Fig.3 “Function-behavior” mapping process

可为各设备测试作业提供高电压，每次检测作业升压设备均需移动至拓展平台指定位置，为了更好地短距离移动，故增加可移动底盘，方便升压设备编组移动，

此外，给升压设备设计有推拉杆，方便作业人员手动推拉；(C) 控制台隔离门 D_{12} ，隔离门采用封闭式设计，无需开合，简化操作程序，上半部分采用镂空设

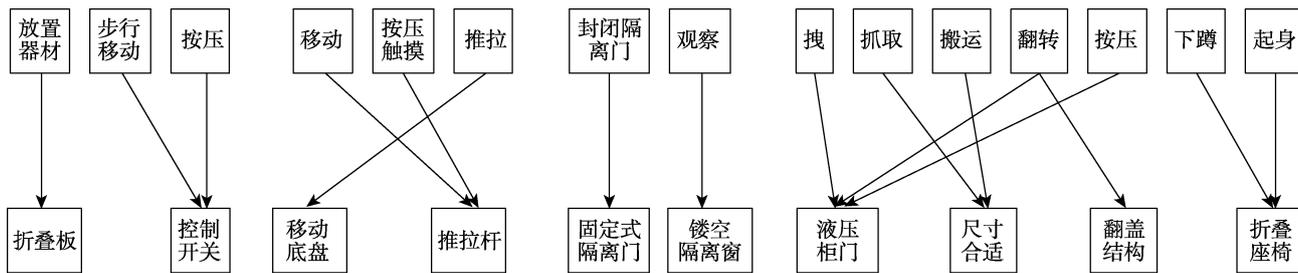


图 4 “行为—结构”映射流程

Fig.4 “Behavior-Structure” mapping process



图 5 可移动电力检测设备设计结构说明

Fig.5 Design structure description of movable electric testing station



图 6 可移动电力检测设备设计方案

Fig.6 Design scheme of movable electric testing station

计,方便控制区域的工作人员透过隔离网观察与检测作业情况;(D)收纳柜 D_{51} ,为提升收纳柜使用体验,将柜门设计成液压开启方式,方便开合,高度为 1.5 m,适合成年男性取放物品;(E)控制台 D_{11} ,在控制台区域加装折叠座椅,供作业人员在测试间隙临时休息,另外将电脑设置成翻盖式结构,减少电脑共振摇晃,保证电脑不受外部损坏。

综合考虑产品使用特点,辅助完善控制区、整体外观、电源区、检测区、储物区这 5 个功能区的不足,最终完成了一款完整的可移动电力检测设备设计方案,见图 6。

3.5 设计评价

由于可移动电力检测设备创新设计过程中仍存在不确定性因素,所以引入模糊综合评价方法对设计方案进行评价,佐证方案的合理性。

根据 5 级李克特量表设置评语集, $E = \{\text{非常满意, 满意, 一般, 不满意, 很不满意}\}$, 对应分值 90, 80, 70, 60, 50。

邀请 10 位专家对可移动电力检测设备第三层次需求中的每个指标进行打分,得到相应评价矩阵:

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.4 & 0.1 & 0.0 & 0 \\ 0.4 & 0.1 & 0.4 & 0.1 & 0 \end{bmatrix} \quad (3)$$

式(3)中, R_1 表示第二层次人机需求下的三层次需求指标对可移动电力检测设备的模糊综合评价矩阵。同理可得出造型需求 R_2 、功能需求 R_3 、收纳需求 R_4 的模糊综合评价矩阵。依据表 2 的权重值计算可知, 一层次需求层的权重向量为 $W_A=(0.104, 0.322, 0.409, 0.165)$; 依据表 3—6 的权重值计算可知, 二层次需求层的人机需求、造型需求、功能需求、收纳需求的权重向量分别为 $W_{A1}=(0.667, 0.333)$, $W_{A2}=(0.558, 0.122, 0.320)$, $W_{A3}=(0.163, 0.540, 0.297)$, $W_{A4}=(0.750, 0.250)$ 。由此可计算出可移动电力检测设备二次需求层 4 个方面的评价权重向量: $B_1=W_{A1} \times R_1=(0.467, 0.3, 0.2, 0.033, 0)$, $B_2=W_{A2} \times R_2=(0.547, 0.309, 0.132, 0.012, 0)$, $B_3=W_{A3} \times R_3=(0.525, 0.246, 0.154, 0.075, 0)$, $B_4=W_{A4} \times R_4=(0.375, 0.350, 0.200, 0.075, 0)$

将上述二次需求权重向量组合得到评价矩阵 B , 对该设计方案进行综合评价, 得出该方案综合评价向量: $W=W_A \times B=(0.502, 0.289, 0.160, 0.050, 0)$ 。

将产品总评价权重向量与评语集相计算, 该设计方案最终得分为 82.50 分, 参照评语集可知该得分位于满意区间, 表明该设计方案具有一定的合理性, 整体方案得到了用户肯定。

4 结语

QFD 与 FBS 的融合应用提高了需求识别的准确度, 解决了产品创新阶段用户认知需求向具体解决方案导向不明确的问题, 有助于合理优化产品整体设计方案, 实现各项设计要素的有效配置, 为设计人员在项目决策过程中提供清晰的解决思路。实例表明, QFD 与 FBS 的融合应用能将可移动电力检测设备的主观用户认知需求因素与客观的产品技术特性因素有效结合起来, 从而有效解决了可移动电力检测设备存在的具体技术特性问题, 输出了一个评价得分位于满意区间的方案, 实现了可移动电力检测设备的创新, 论证了 QFD 与 FBS 融合应用的可行性。

参考文献:

- [1] 武汉特试特科技有限公司. 电力试验车车载设备的布置结构: 中国, CN201665179[P]. 2010-12-08.
Wuhan Special Test Technology Co Ltd. Layout Structure of On-board Equipment of Electric Test Vehicle: China, CN201665179[P]. 2010-12-08.
- [2] 杭州西湖电子研究所. 一种电力试验车: 中国, CN201639176[P]. 2010-11-17.

- Hangzhou Xihu Electronics Research Institute. An Electric Power Test Vehicle: China, CN201639176[P]. 2010-11-17.
- [3] 苏州市华电电气技术有限公司. 外装式电力综合试验车: 中国, CN201382983[P]. 2010-01-13.
Suzhou Huadian Electric Technology Co Ltd. Externally Mounted Electric Comprehensive Test Vehicle: China, CN201382983[P]. 2010-01-13.
- [4] 刘长玺. 新乡供电公司高压电气设备综合试验车的设计与应用[D]. 北京: 华北电力大学, 2014.
LIU Chang-xi. Design and Application of High Voltage Electrical Equipment Comprehensive Test Vehicle in Xinxiang Power Supply Company[D]. Beijing: North China Electric Power University, 2014.
- [5] TIMOSHENKO A, HAUSER J R. Identifying Customer Needs from User-generated Content[J]. Marketing Science, 2019, 38(1): 1-20.
- [6] 吕中意, 杨波, 黄峰. 基于 QFD 的复杂产品外观设计与改进[J]. 机械设计, 2019, 36(11): 119-126.
LYU Zhong-yi, YANG Bo, HUANG Feng. Appearance Design and Improvement of Complex Product Based on QFD[J]. Mechanical Design, 2019, 36(11): 119-126.
- [7] 余苗文, 王丽芝. 基于 QFD 的健康体检服务质量改进研究[J]. 中国卫生事业管理, 2018, 35(6): 465-468.
YU Miao-wen, WANG Li-zhi. Improvement of Health Examination Service Quality Based on QFD[J]. China Health Service Management, 2018, 35(6): 465-468.
- [8] 许艳秋, 宋端树, 辜俊丽, 等. 基于 QFD 与 FBS 模型的坐便器多适性设计研究[J]. 包装工程, 2018, 39(24): 283-287.
XU Yan-qi, SONG Duan-shu, GU Jun-li, et al. Multi-adaptive Design of Toilet Based on QFD and FBS Model[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(24): 283-287.
- [9] YIJI A. New Product Development and Quality Assurance: Quality Deployment System[J]. Standardization and Quality Control, 1972, 25(2): 7-14.
- [10] 苏晨, 章莎莉, 肖莉. 基于 QFD 和 TRIZ 的瓦楞纸板生产线造型设计研究[J]. 包装工程, 2019, 40(20): 118-124.
SU Chen, ZHANG Sha-li, XIAO Li. Modeling Design of Corrugated Board Production Line Based on QFD and TRIZ[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(20): 118-124.
- [11] CASCINI G, FANTONI G, MONTAGNA F. Situating Needs and Requirements in the FBS Framework[J]. Design Studies, 2013, 34(5): 636-662.
- [12] 杨静. 基于 QFD 与 TRIZ 的陕西唐文化旅游纪念品创新设计[J]. 包装工程, 2017, 38(14): 203-207.
YANG Jing. Innovative Design of Shaanxi Tang Cultural Tourist Souvenirs Based on QFD and TRIZ[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(14): 203-207.