

基于 Kano-QFD 的健身游戏系统优化设计

邓杏仪, 刘林, 张瑞秋
(华南理工大学, 广州 510006)

摘要: **目的** 有效获取健身用户对健身游戏系统的功能需求及其权重, 并确定健身游戏系统的关键性设计要求, 从而提升健身游戏系统的用户满意度。**方法** 通过绘制用户旅程图对健身用户的行为路径进行分析, 探求健身用户的需求, 根据 Kano 模型对功能需求进行属性归类, 并量化计算出用户需求重要度; 然后基于 QFD 模型, 获取健身游戏系统的设计要求, 确定其重要度权重, 通过对比分析得出关键性设计要求。**结果** 健身功能设计要求和教育指导设计要求的重要度权重最大, 是健身游戏系统设计优化过程中的关键性设计要求。**结论** 通过用户旅程图、Kano 模型和 QFD 模型的结合, 以动感单车健身游戏为例进行研究, 验证了该方法的可行性, 从用户需求的角度为健身游戏系统的功能提供设计和优化的依据。

关键词: Kano-QFD 模型; 用户旅程图; 健身游戏系统; 用户需求; 设计要求

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)14-0148-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.14.017

Optimal Design of Fitness Game System Based on Kano-QFD

DENG Xing-yi, LIU Lin, ZHANG Rui-qiu
(South China University of Technology, Guangzhou 510006, China)

ABSTRACT: The work aims to effectively obtain the weight of functional requirements and determine the key design requirements for fitness users, so as to improve the user satisfaction of fitness game system. Firstly, the user journey map was used to analyze the behavior path and explore the needs of fitness users. Then, according to Kano, the functional requirements were classified and the weight of user requirements were quantified. Finally, based on the QFD, the design requirements were obtained and quantified, and key design requirements were determined through comparative analysis. Fitness function and educational instruction have the most important weight, which are the key design requirements in the fitness game system design process. Through the combination of user journey map, Kano and QFD, the feasibility of this method is verified by taking fitness bike game as an example, which provides the basis for the design and optimization of fitness game system functions from the perspective of user needs.

KEY WORDS: Kano-QFD; user journey map; fitness game system; user requirements; design requirements

随着体感技术的发展, 人们对健康问题的关注度持续上升, 健身游戏的形式也持续更新。目前, 健身游戏的研究主要集中在技术和模式上, 缺少对健身用户进行需求分析, 导致用户在使用健身游戏时满意度不高。

在健身游戏研究范畴上, 健身游戏的技术发展比较成熟, 功能模式层出不穷。张金成利用 Kinect 体感

设备设计了一款健身游戏, 对传统切水果游戏界面进行创新^[1]; 严资情等人通过 Kinect 动作识别, 对健身过程中的体感交互行为进行创新设计^[2]; 陈敏等人连接体感游戏设备与健康数据平台, 通过用户的健身数据提出相应的健身指导^[3]。可见, 目前针对健身游戏的研究倾向于单一的功能技术的研究, 而这类功能技术对用户满意度的影响程度还有待考究。本研究以

收稿日期: 2021-04-03

作者简介: 邓杏仪(1995—), 女, 广东人, 华南理工大学硕士生, 主攻信息与交互设计。

通信作者: 刘林(1960—), 男, 湖南人, 硕士, 华南理工大学教授, 主要研究方向为机械设计与工业设计。

Kano 和 QFD 模型为基础,结合用户旅程图分析方法,探讨用户对健身游戏功能的满意度,并设计出符合用户需求健身游戏系统。

1 Kano-QFD 在健身游戏系统的应用

Kano 模型是一种需求定性的分析方法。把 Kano 模型应用到健身游戏系统用户需求分析上,有助于对健身游戏用户的需求属性分类,筛选出对健身游戏系统设计有利的用户需求。

质量功能展开理论(QFD)是一种对需求进行分析的定量分析方法。结合质量屋的研究方法,可根据健身游戏用户需求,整理分析获得健身游戏系统的设计要求,并量化计算出设计要求的最终重要度权重,从而提高用户对健身游戏系统的满意度。Kano 模型在获取健身游戏用户需求上具有优势,但只能达到定性分析的效果,存在主观误差。而质量功能展开理论(QFD)则借助矩阵计算的方式有效量化用户需求的重要度。因此本文将 Kano 理论和 QFD 联结起来,借此有效归类用户需求和计算设计要求重要度。

2 健身游戏系统研究方法过程

2.1 基于 Kano-QFD 模型的创新研究方法

Kano 和 QFD 模型的结合,能够把调研获得的用户需求参数化,量化获取设计要求。但健身游戏系统设计属于新兴设计,其用户需求仍不明确。而用户旅程图作为流程分析工具,能够通过观察用户体验产品或服务的行为路径获取用户需求要素。因此,本研究把 Kano 模型和 QFD 模型结合起来,并引入用户旅程图的方法,建立“用户需求获取—用户需求分类—用户需求量化—设计要求量化”的创新研究方法,能够为健身游戏系统的功能设计和系统优化提供研究方向。健身游戏系统创新研究方法见图 1。

2.2 研究过程

研究过程根据图 1 的创新研究方法进行,共分为以下 4 个步骤。

2.2.1 基于用户旅程图获取用户需求要素

用户旅程图是一种全阶段的流程分析工具^[4],把健身游戏过程划分为不同阶段,通过观察获取用户在

不同阶段的行为路径,并通过用户反应或用户访谈获得用户对每一个行为接触点的满意度水平。满意度高的为愉悦点,满意度低的为痛点,愉悦点和痛点均可转化为用户的初始健身游戏需求。

2.2.2 基于 Kano 模型设计用户需求问卷

根据用户旅程图获得的初始健身游戏需求要素,设计用户需求问卷,通过问卷数据获取相关参数,可减少用户旅程图带来主观性偏差。健身游戏用户需求问卷分为双因素问卷调研、需求重要度调研以及市场竞争性评估研究。

双因素问卷,可确定健身游戏用户需求的 Kano 属性。用户需求的 5 种属性分别为必备型需求(M)、期望型需求(O)、魅力型需求(A)、无差异型需求(I)和反向型需求(R)^[5]。双因素问卷中每项需求均有五种回答,每项需求均使用正反提问的方式^[6]。根据收集的数据,选取数量最多的属性分类为最终结果。分类方式见表 1。

需求重要度问卷,采用 5 阶李克特量表法,以确定健身游戏用户的初始需求重要度。请受测用户为各个需求要素的重要度进行评分,分值范围是 1~5,1 代表最不重要,5 代表最重要,以平均值作为用户的初始需要重要度 H_i 。

市场竞争性评估通过调查问卷获取健身游戏用户的当前满意度 S_o 和目标满意度 S_i ,一般选取现有产品作为竞争性对象,请受访者对不同的比较性对象进行满意度评分。

2.2.3 量化 Kano 模型获取最终用户需求重要度

双因素问卷获得的数据,可计算出提供需求后的满意系数(SII)与取消需求后的不满意系数(DDI)^[7],计算见公式(1—2)。

$$SII = (A + O) / (A + O + M + I) \quad (1)$$

$$DDI = -(O + M) / (A + O + M + I) \quad (2)$$

当 $|SII|$ 或 $|DDI|$ 值趋向 0 时,该项需求对满意度的影响越小;当 $|SII|$ 或 $|DDI|$ 值趋向 1 时,影响越大^[8]。因此,用户满意度指数 T_i 的计算见公式(3)。

$$T_i = \max(|SII|, |DDI|) \quad (3)$$

根据市场竞争性评估获取健身游戏满意度,包括当前满意度值 S_o 和目标满意度值 S_i ,可得出用户需求满意度的目标改进率 IR_o ^[9]。计算见公式(4)。

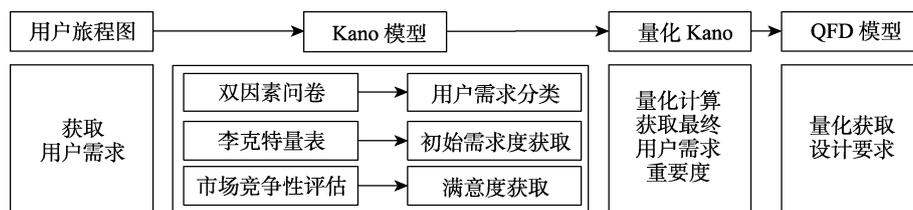


图 1 健身游戏系统创新研究方法

Fig.1 The innovative research method of fitness game system

表1 Kano 用户需求要素分类
Tab.1 Elements classification of Kano users' needs

		如果不具有此特性				
		喜欢	理应如此	无所谓	可以忍受	不喜欢
如果具有此特性	喜欢	Q	A	A	A	O
	理应如此	R	I	I	I	M
	无所谓	R	I	I	I	M
	可以忍受	R	I	I	I	M
	不喜欢	R	R	R	R	Q

$$IR_o = S_i / S_o \quad (4)$$

在健身游戏系统设计过程中, 必备型需求是基础服务需求, 健身游戏系统有义务满足此类需求; 期望型需求是用户关注的重点, 健身游戏系统应尽力满足此类需求; 魅力型需求能够有效快速地提升用户满意度, 应赋予最高重要度。因此为了精确用户需求的重要度, 对不同类型的需求引入不同取值的调整系数 K 进行计算, 结合 Chaudha A 等人的研究结果^[10], 必备型需求、期望型需求、魅力型需求的 K 值分别为 0.5、1、1.5。在公式(3)和公式(4)的基础上, 可计算需求调整改善率 IR_i ^[11]。计算见公式(5)。

$$IR_i = (1 + T_i)^K \cdot IR_o \quad (5)$$

根据需求调整改善率 IR_i 和用户需求重要度 H_i , 可求解出调整后的最终用户需求重要度 LR_i ^[11], 计算见公式(6)。

$$LR_i = IR_i \cdot H_i \quad (6)$$

2.2.4 基于 QFD 模型获取设计要求权重

结合 QFD 模型, 整理用户需求, 归纳得出健身游戏的设计要求, 从而构建用户需求与健身游戏设计要求的矩阵。邀请健身用户和健身游戏系统设计

人员按照 9、5、1 的标度为用户需求与健身游戏设计要求的相关程度系数 R_{ij} 打分, 相关性强的分值为 9, 相关性一般的分值为 5, 相关性弱的分值为 1, 并计算出各项设计要求的重要度。计算见公式(7)。

$$W_j = \sum_{i=1}^n LR_i \cdot R_{ij} \quad (7)$$

式中, W_j 为第 j 个设计要求的绝对重要度; LR_i 为第 i 个用户需求的最终重要度; R_{ij} 为第 i 个用户需求与第 j 个设计要求的相关程度系数^[12]。

3 健身游戏系统案例研究

文献调查发现, 每天坚持适度的有氧运动, 且锻炼时间超过半小时, 可达到健身目的^[13]。因此, 以运动强度为中等的动感单车健身游戏为例进行研究, 具有重要的社会意义。

3.1 动感单车健身游戏用户旅程图分析

动感单车健身游戏的主要目标用户为年轻人, 因此, 研究以 15~35 岁的用户作为调研对象。调研样本总数为 15 人, 其中专家用户 10 人(健身 1 年以上或玩健身游戏 3 个月以上), 普通用户(健身游戏新手) 5 人。

动感单车体感健身游戏过程划分成 5 个阶段: 游戏准备阶段、游戏选择阶段、理解学习阶段、游戏体验阶段、游戏结束阶段。根据访谈获得的反馈信息, 整理各个阶段的用户接触点、提取愉悦点和痛点, 以用户体验地图的形式记录下来, 动感单车健身游戏用户旅程图见图 2。

由于用户体验地图的需求点模糊、零散, 最后采用亲和图的方法把用户的愉悦点和痛点作为用户需求整理分成 4 类: 健身需求、游戏需求、社交需求、教育指导需求, 见表 2。

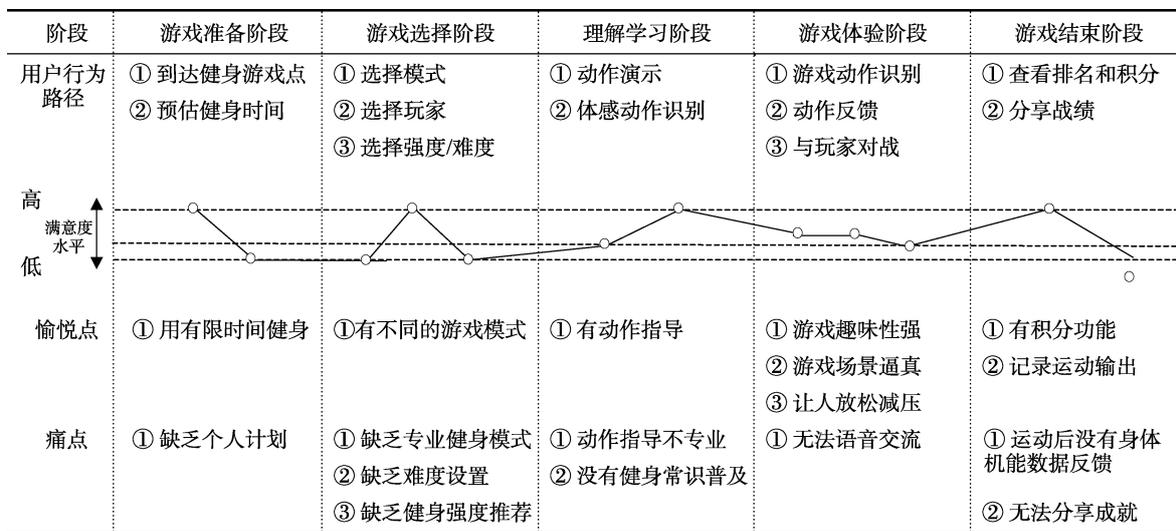


图2 动感单车健身游戏用户旅程图
Fig.2 The user journey map of fitness bike game

表 2 动感单车健身游戏用户需求
Tab.2 The user requirements of fitness bike game

一级用户需求	二级用户需求	编号	一级用户需求	二级用户需求	编号
健身需求	利用空余时间健身	C1	社交需求	健身游戏过程语音交流	C9
	运动后有身体机能数据反馈	C2		展示分享健身成就	C10
	记录运动输出	C3	教育指导需求	有专业的健身指导	C11
	有专业的健身模式	C4		普及健身常识	C12
游戏需求	游戏趣味性强	C5		根据身体数据推荐健身强度	C13
	游戏场景逼真	C6		定制个人健身计划	C14
	有不同的难度设置	C7			
	让人放松减压、娱乐消遣	C8			

表 3 问卷结果
Tab.3 The result of the questionnaire

需求要素编号	A	M	O	I	R	类型	初始需求重要度 H_i
C1	36	15	11	32	0	A	3.89
C2	31	21	22	20	0	A	4.00
C3	18	20	29	27	0	O	4.00
C4	32	13	18	31	0	A	4.06
C5	29	16	31	18	0	O	3.88
C6	38	7	12	37	0	A	3.56
C7	30	31	12	21	0	M	4.06
C8	24	18	27	25	0	O	4.03
C9	43	1	11	36	3	A	2.94
C10	33	35	6	19	1	M	3.26
C11	38	8	21	27	0	A	4.06
C12	34	10	17	33	0	A	4.00
C13	40	7	20	27	0	A	4.17
C14	45	7	17	25	0	A	4.13

表 4 当前满意度和目标满意度结果
Tab.4 The results of current satisfaction and goal satisfaction

需求要素编号	研究对象		标杆对象		目标满意度 S_i
	现有动感单车健身游戏	当前满意度 S_o	传统健身房动感单车	新款主机健身游戏	
C1	3.7	3.7	2.6	4.1	4.5
C2	2.5	2.5	3.5	3.8	4.0
C3	3.7	3.7	3.1	4.5	4.5
C4	2.7	2.7	3.5	3.9	4.0
C5	4.1	4.1	3.4	4.5	4.5
C6	4.3	4.3	3.5	4.2	4.5
C7	3.1	3.1	3.7	4.5	4.0
C8	4.0	4.0	3.7	4.1	4.5
C9	2.3	2.3	3.1	2.5	3.5
C10	3.1	3.1	3.5	4.0	4.0
C11	2.3	2.3	3.3	3.3	3.5
C12	3.3	3.3	3.7	4.3	4.5
C13	2.7	2.7	3.5	4.1	4.0
C14	2.3	2.3	3.9	3.4	4.0

3.2 动感单车健身游戏 Kano 问卷分析

3.2.1 双因素问卷与初始重要度问卷分析

根据用户旅程图获得的 14 项需求要素设计问卷，并对 15~35 岁的健身用户发放问卷。根据 94 份有效问卷的数据，结合表 1 的 Kano 分类方式，最终问卷结果见表 3。

3.2.2 市场竞争性评估

本实验设立 5 阶李克特五点量表问卷，邀请用户对现有的动感单车健身游戏服务满意度进行评分，作为当前满意度值 S_o 。其次，本实验的市场竞争性评估选取传统健身房的动感单车和新款主机健身游戏作为标杆对象，邀请用户对两者的服务满意度进行评分，并结合健身用户的意见，确定目标满意度值 S_i 。本实验邀请 15 名调研对象进行调查，结果见表 4。

3.3 动感单车健身游戏的 Kano 量化

健身用户最终需求满意度的计算综合考虑了用户需求的满意度指数、目标改善率以及初始需求重要度评分等多项指标，因此可以相对客观地体现健身用

户的最终需要重要度。根据公式(1—6)，不同需求的各项指标的对应数值见表 5。

3.4 动感单车健身游戏的 QFD 模型计算

3.4.1 确定设计要求

将上文所述的 14 项用户需求进行整理归纳，可转化为 4 项一级设计要求和 12 项二级设计要求，见表 6。

3.4.2 确定设计要求与用户需求之间的关系

通过组织健身用户和设计人员对用户需求和健身游戏系统设计要求之间的相关程度打分，相关性强的分值为 9，用●表示；相关性一般的分值为 5，用○表示；相关性弱的分值为 1，用△表示。结合公式(7)，可计算获得设计要求重要度。计算结果见表 7。

根据表 7 结果可知，排序为前五的设计要素中，D2 和 D3 为健身功能设计要求，D10、D11、D12 为教育指导功能设计要求。因此在健身游戏系统设计的

表5 各项指标计算结果

Tab.5 The calculation results of various indicators

需求要素	KANO 类型	T_i	初始重要度 H_i	IR_0	K	IR_i	最终重要度 LR_i
C1	A	0.50	3.89	1.22	1.5	2.24	8.71
C2	A	0.56	4.00	1.60	1.5	3.12	12.48
C3	O	0.52	4.00	1.22	1	1.85	7.40
C4	A	0.53	4.06	1.48	1.5	2.8	11.37
C5	O	0.64	3.88	1.10	1	1.8	6.98
C6	A	0.53	3.56	1.05	1.5	1.99	7.08
C7	M	0.46	4.06	1.45	0.5	1.75	7.11
C8	O	0.54	4.03	1.13	1	1.74	7.01
C9	A	0.56	2.94	1.52	1.5	2.96	8.70
C10	M	0.44	3.26	1.29	0.5	1.55	5.05
C11	A	0.63	4.06	1.52	1.5	3.16	12.83
C12	A	0.54	4.00	1.36	1.5	2.6	10.40
C13	A	0.64	4.17	1.48	1.5	3.11	12.97
C14	A	0.66	4.13	1.74	1.5	3.72	15.36

过程中,设计师应把健身功能和教育指导功能作为关键性设计要素。在健身功能设计中, D3“提供专业的健身模式”的重要度最高,在设计过程中,应考虑多种合理有效的健身模式。而在教育指导功能中, D10“健身难度推荐功能设计”和 D12“健身计划推荐功能”的重要度较高,且两者与“健身数据”的相关性较大,因此在健身游戏系统设计过程中, D10“健身难度推荐功能设计”和 D12“健身计划推荐功能”与 D1“提供运动数据分析和记录”较为重要。

表6 设计要求

Tab.6 The design requirements

一级设计要求	二级设计要求	编号
健身功能设计	提供时间选择模式	D1
	提供运动数据分析和记录	D2
	提供专业的健身模式	D3
	运动数据载入手机 APP	D4
游戏功能设计	与虚拟现实等体感设备结合	D5
	提供多种游戏模式	D6
	设置不同的游戏难度	D7
社交功能设计	语音功能设计	D8
	截图分享功能设计	D9
教育指导功能设计	健身难度推荐功能设计	D10
	健身常识模块设计	D11
	健身计划推荐功能	D12

4 动感单车健身游戏系统案例设计

基于设计要求重要度的分析结果,本设计着重考虑动感单车健身游戏系统中的教育指导功能设计,从用户需求重要度出发,通过功能和内容优化,为健身用户解决核心需求。

作为健身用户优先关注的设计要求,“提供专业的健身模式”与教育指导功能具有相关性,因此在首页菜单中,应具有不同的模式选项,且具有指导或训练模式,见图 3a。在“训练模式”的二级菜单中,“健身难度推荐功能”与“健身计划推荐功能”作为关键性功能,能够满足健身用户对健身指导的需求,功能设计页面效果见图 3b。鉴于“健身难度推荐功能”

表7 健身游戏用户需求和设计要求的关系矩阵表

Tab.7 The correlation matrix of user requirements and design requirements for fitness game

用户需求	设计要求											
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12
C1	●			○	○							△
C2		●	○	●			○			○		○
C3		●	○	●			○			○		○
C4		○	●							●	○	●
C5					●	●	○	○				
C6					●		△	△				
C7	○		●			●	●			●		○
C8					○	●	△	○				
C9								●				
C10		○		●					●			
C11	△	○	●							○	○	●
C12		△	○							△	●	
C13		●	●				○			●	○	●
C14	●	●	●							●	△	●
重要度	265	591	688	268	205	190	277	155	45	595	294	616
排序	8	4	1	7	9	10	6	11	12	3	5	2



图 3 功能页面设计

Fig.3 Design of the function pages

“健身计划推荐功能”与“运动数据分析记录”具有一定相关性,因此“素质测试”和“运动数据分析”功能也相对重要,页面设计见图 3c—d。

5 结语

本研究把用户旅程图、Kano 和 QFD 模型结合使用,既能通过用户旅程图和 Kano 模型对用户需求定性分析,对大量用户需求排序,也能通过 QFD 模型量化重要度权重,避免 Kano 模型导致设计人员对用户需求分析产生主观性偏差。经过定性和定量分析,对健身游戏系统进行功能需求的总结,为健身游戏系统设计人员提出设计研究的方向。需要关注的是,所有用户需求都值得设计人员进行设计和优化,但在资源有限的生产设计过程中,设计师应优先处理关键性设计要求和重要度权重较高的设计要求,在设计成熟的基础上,再考虑其他的用户需求。逐步提升健身游戏系统的用户满意度,是一个漫长且需要循序渐进的过程。

参考文献:

- [1] 张金成. 基于 Kinect 的健身游戏的设计与实现[D]. 武汉: 华中师范大学, 2017.
ZHANG Jin-cheng. The Design and Implementation of Fitness Game Based on Kinect[D]. Wuhan: Central China Normal University, 2017.
- [2] 严资情, 张宇红. 面向健身的体感交互行为设计研究[J]. 设计, 2017(5): 134-136.
YAN Zi-qing, ZHANG Yu-hong. Research on the Design of Somatosensory Interaction Behavior Design for Fitness[J]. Design, 2017(5): 134-136.
- [3] 陈敏, 李晓风, 赵赫, 等. 基于体感游戏的健身训练系统设计及实现[J]. 计算机技术与发展, 2015, 25(11): 163-167.
CHEN Min, LI Xiao-feng, ZHAO He, et al. Design and Implementation of Fitness Training System Based on Somatic Game[J]. Computer Technology and Development, 2015, 25(11): 163-167.
- [4] 吴春茂, 李沛. 用户体验地图与触点信息分析模型构建[J]. 包装工程, 2018, 39(24): 172-176.
WU Chun-mao, LI Pei. User Experience Map and Construction of Touchpoint Information Analysis Model[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(24): 172-176.
- [5] XU Q, JIAO R J, TANG X, et al. An Analytical Kano Model for Customer Need Analysis[J]. Design Studies, 2009, 30(1): 87-110.
- [6] 徐育文, 李永锋, 朱丽萍. 基于 Kano 模型的老年人智能手机 APP 用户界面设计研究[J]. 包装工程, 2017, 38(16): 163-167.
XU Yu-wen, LI Yong-feng, ZHU Li-ping. Design of the Elderly Smart Phone APP User Interface Based on Kano Model[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(16): 163-167.
- [7] 徐育文. 基于 KANO-QFD 的老年人智能手机 APP 用户界面设计研究[D]. 徐州: 江苏师范大学, 2017.
XU Yu-wen. Design of the Elderly Smart Phone APP User Interface Based on KANO-QFD[D]. Xuzhou: Jiangsu Normal University, 2017.
- [8] TONTINI G. Integrating the Kano Model and QFD for Designing New Products[J]. Total Quality Management & Business Excellence, 2007, 18(6): 599-12.

- [9] 李松林. 基于 Kano-QFD 集成方法的高校物流服务设计要素研究[J]. 西部经济理论论坛, 2018, 29(4): 63-74.
LI Song-lin. Research on Design Factors of University Logistics Service Based on Kano-QFD Integration Method[J]. Western Economic Management Forum, 2018, 29(4): 63-74.
- [10] CHAUDHA A, JAIN R, SINGH A R, et al. Integration of Kano's Model into Quality Function Deployment (QFD)[J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2011, 53(58): 689-698.
- [11] 屠星亚. 结合情境故事法、Kano 模型和 QFD 法的文化景观旅游体验设计研究[D]. 杭州: 浙江工业大学, 2014.
TU Xing-ya. Application QFD and KANO Model to Experience Design for Cultural Tourism[D]. Hangzhou: Zhejiang University of Technology, 2014.
- [12] 薛景梅, 邢可欣. 基于 Kano-QFD 模型的校园快递服务质量提升研究[J]. 河北科技大学学报(社会科学版), 2019, 19(2): 31-38.
XUE Jing-mei, XING Ke-xin. Research on Quality Improvement of Campus Express Service Based on KANO-QFD Model[J]. Journal of Hebei University of Science and Technology (Social Science Edition), 2019, 19(2): 31-38.
- [13] 李皓. 利用碎片化时间大学生体育锻炼的前景分析[J]. 当代体育科技, 2017, 7(27): 253-254.
LI Hao. Analysis on The Prospect of College Students' Physical Exercise Using Fragmented Time[J]. Contemporary Sports Science and Technology, 2017, 7(27): 253-254.

(上接第 125 页)

- [12] 章勇, 徐伯初, 支锦亦, 等. 高速列车旋转座椅的人机工程改进设计[J]. 机械设计, 2016, 30(8): 109-112.
ZHANG Yong, XU Bo-chu, ZHI Jin-yi, et al. Ergonomic Improvement Design of Rotating Seats for High-speed Trains[J]. Mechanical Design, 2016, 33(8): 109-112.
- [13] 国家技术监督局. GB 10000-1988, 中国成年人人体尺寸[S]. 北京: 中国标准出版社, 1989.
State Technical Supervision Bureau. GB 10000-1988, The Size of the Human Body of Chinese Adults Body Size[S]. Beijing: China Standard Press, 1989.
- [14] 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 Ke, LIAO Yue. Ergonomic Improvement Design of Electric Tractor Cab Based on Jack[J]. Mechanical Design, 2018, 35(8): 106-110.