

基于 QFD 与 AHP 的老年人健身器械造型设计

唐琳, 常瑜, 王子瑞
(天津商业大学, 天津 300134)

摘要: **目的** 为积极推进老龄化研究, 满足老年人健身需求, 完善老年人健身器械的设计方法。**方法** 运用功能质量展开法(QFD)进行用户调研分析, 完成老年人健身器械造型设计需求质量特性展开并形成多层次结构的设计指标; 结合层次分析法(AHP)构建判断矩阵, 计算得出各设计指标的权重值, 以此完成设计决策, 形成老年人健身器械造型设计创新方案, 采用李克特 7 点量表法进行设计评价; 以老年人健腹器造型创新设计作为实例, 验证设计过程的科学性。**结论** 作为针对老年人健身需求的产品造型设计, 综合运用 QFD 与 AHP 相结合的分析方法进行设计指标决策, 将有助于提高设计过程的科学性, 形成符合老年人用户需求的产品造型意象, 为同类产品设计提供参考。

关键词: 产品设计; 健身器械; 功能质量展开法; 层次分析法; 老年人

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)24-0199-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.24.032

Modeling Design of the Elderly Fitness Equipment Based on QFD and AHP

TANG Lin, CHANG Yu, WANG Zi-rui
(Tianjin University of Commerce, Tianjin 300134, China)

ABSTRACT: The work aims to actively promote the aging research, meet the fitness needs of the elderly and improve the design method of the elderly fitness equipment. The quality function deployment (QFD) method was used for the user research and analysis to complete the quality characteristic deployment of the modeling design needs of the elderly fitness equipment and form a multi-level design index. The weight value of each design index was calculated by the judgement matrix in analytic hierarchy process (AHP) method to make the design decision. Finally, the innovative scheme of the modeling design of the elderly fitness equipment was formed and the design evaluation was carried out by the 7-point scale of Likert. The scientificity of the design process was verified by the example of the elderly abdominal trainer design. As a product modeling design for the elderly's fitness needs, the analysis method in combination with QFD and AHP used for the decision-making of design indexes will help improve the scientificity of the design process and form the product modeling image that meets the elderly users' needs. It provides reference for similar product design.

KEY WORDS: product design; fitness equipment; QFD; AHP; the elderly

我国正在步入老龄化社会, 统计数据显示 2016 年我国 60 周岁及以上人口 23086 万人, 占总人口 16.7%^[1]。随着社会和科技的发展, 我国当前中低龄老年人身体状况良好^[2], 具有一定的健身需求。因此, 老年人体育健身服务的发展可以减少我国人口老龄

化的负面影响, 改善老年人的身心健康, 促进体育锻炼和老年人健康的科学化^[3], 以此形成积极应对人口老龄化的措施。部分学者展开了针对老年人健身器械设计的研究, 杨红春等^[4]分析了常见力量型器材现状特点, 杨爱慧等^[5]从情感需求的视角研究了老年健身

收稿日期: 2019-07-11

基金项目: 天津市大学生创新创业训练计划项目(201910069095)

作者简介: 唐琳(1980—), 男, 黑龙江人, 天津商业大学副教授, 主要从事服务设计、产品创新设计理论与实践研究。

通信作者: 常瑜(1986—), 男, 山西人, 天津商业大学讲师, 主要从事产品创新设计及理论研究。

车造型设计, 苗艳凤等^[6]对老年人助步工具的设计原则进行了探索。国外针对健身器械的研究比较偏重工程技术领域, 如启动喷泉技术^[7]、物联网技术^[8]等。现有设计过程中缺乏针对老年用户设计需求的层次分析以及需求的权重分析, 不能有效地为创新设计提供决策, 因此, 本文将结合功能质量展开法(QFD)与层次分析法(AHP), 对老年人健身器械进行设计创新, 为老年人提供健身服务。

QFD 是一种将用户或市场的要求转化为设计要求、零部件特性、工艺要求、生产要求的多层次演绎分析方法^[9], 近年来国外学者研究也将 QFD 方法应用在产品质量分析^[10]、产品服务系统^[11]、产品开发协作^[12]等层面。因此, 运用 QFD 的方法进行老年人健身器械造型设计是为了保证健身器械设计在技术保障的基础上, 实现功能、人机与审美的综合要求。在具体设计实践中, QFD 理论可以辅助实现老年人健身器械造型设计需求分析, 一般情况下, 再通过使用质量屋, 可得到相关要素关系和比较^[13]。本文要解决的主要是产品造型设计问题, 涉及的设计要素较多且关系复杂, 因此, 在完成功能展开的基础上, 引入 AHP 法作为计算设计要素间权重的手段, 将能够提升设计过程的科学性。

1 老年人健身器械设计存在的问题

1.1 设计的局限性

1) 缺少肌肉适能训练。体质健康包含心肺耐力和肌肉适能两个重要方面, 因此, 包含老年人在内的所有群体都要同时进行有氧训练和力量训练, 才能达到提高体质健康水平的目的。通过查阅文献得知, 肌力流失导致机体衰弱使许多老年人不能获得良好的生活质量, 如容易摔倒造成损伤成为引发其他疾病的重要原因^[14]。当前我国老年人健身器械以辅助有氧运动为主且缺乏专业性, 见图 1, 不利于满足老年群体广泛的健身需求。

2) 设计应关注具有行动障碍的老年群体。目前, 老年人健身器械的设计对象多为身体较为健康的群体, 但对由于疾病造成的肢体残疾或运动功能障碍的老年人而言, 使用健身器械进行辅助康复的运动训练更为重要。

3) 缺乏高效率且具有科学性的健身指导等相关服务。对老年人来说, 既要达到运动强度以获得理想的效果, 又要保证运动的安全性^[15]。我国广大老年人基本上不可能在专业的健身指导下进行锻炼, 然而, 老年人在进行健身活动中, 进行适当的肌力训练又十分有必要, 因此提供科学、有效的健身指导显得尤为重要。



图 1 老年踏步器
Fig.1 Treadmill for the elderly

1.2 老年人健身器械设计的功能变化

老年人健身器械相较于一般的健身器械不同, 在于设计对象发生了变化, 进而导致了功能上的变化, 主要如下。

1) 运动负荷的变化。一般以增强肌力为目的的健身器械应考虑运动负荷, 但老年人肌肉力量以及身体功能的增龄性特点决定了相应健身器械的设计在运动负荷与频率上均要做出调整。首先, 要有更详细的运动负荷选择, 同时在必要的时候应能够提供支撑, 以解决老年人因肌力与耐力突然下降的困境。其次, 不再单纯地增强运动负荷以达到健身目的, 要选择合适负荷的同时, 考虑对老年人平衡能力、灵活性等方面的锻炼, 以全面提高老年人肌力。

2) 交互方式的变化。为老年人提供更有效的健身服务, 可以应对用户与器械之间交互方式的变化。随着移动互联网的快速发展, 基于信息科技和感知技术的智能产品不断涌现^[16]。在老年人健身器械创新设计过程中, 如何合理利用最新的技术条件, 以解决产品功能和实现形式的设计冲突, 满足老年群体的特定需求, 成为关注的热点话题。

2 老年人健身器械设计过程分析

老年人健身器械的造型设计属于创新设计, 对其进行改进设计首先是进行用户需求分析。产品需求的获取是 QFD 理论中的关键点^[5]。

为保证老年人健身器械造型设计质量, 使造型设计满足技术功能的需求, 要基于 QFD 法研究用户需求并进行甄别、归类, 目的在于将感性的、不可描述的用户需求转化为与产品造型设计相关的需求质量; 同时, 要结合 AHP 法对需求要素进行权重值的计算与排序, 完成设计决策。具体设计过程见图 2。

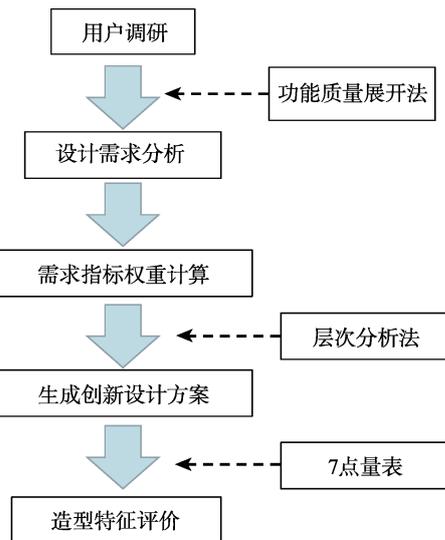


图 2 设计过程图
Fig.2 Design process diagram

3 设计实例——老年人健腹器造型设计

老年人健身器械造型设计呈现诸多设计要素且相互制约,通过 QFD 与 AHP 相结合进行造型设计需求分析并计算相关指标的权重,可以对老年人用户需求进行客观、科学、高效地设计分析与评价,提高老年人健身器械设计的创新性与针对性。本文将选取老年人健腹器造型设计作为设计实例展开设计实践。

3.1 基于 QFD 的老年人健身器械造型设计需求分析

在造型设计中,为保证设计质量,满足用户需求,首先建立需求质量特性展开,文中基于同类健身产品样本分析,见图 3。在具体的分析过程中结合 20 名用户进行调研分析,其中包含 60 至 65 岁的老年健身

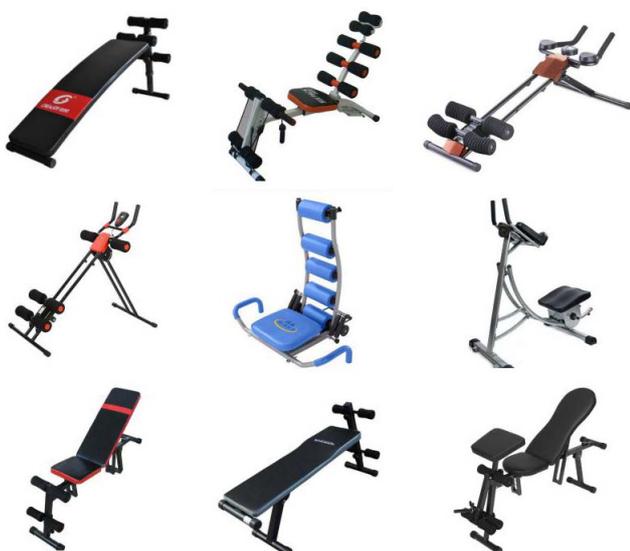


图 3 典型健腹器设计样本
Fig.3 Typical design sample of abdominal trainer

器械用户 10 名、职业医师 2 名、产品设计专业硕士生 5 名、产品设计专业教师 3 名,对老年人健身器械造型设计展开需求分析,完成 3 次需求质量特性展开,具体过程如下:(1)通过互联网、书籍等多个渠道收集不同类型健腹器设计样本进行用户评价,部分样本见图 3;(2)以健腹器的形态、功能等方面为切入点,获取调研用户的需求及满意度;(3)提炼调研用户的设计需求,拟定老年人健腹器相关质量展开的要素;(4)运用焦点小组法等确定各层级需求质量特性,最终完成老年人健腹器设计需求质量特性展开,具体结果见表 1。

表 1 老年人健身器械造型设计需求质量特性展开
Tab.1 Quality characteristic deployment of modeling design demands of the elderly fitness equipment

第 1 次	第 2 次	第 3 次
		运动负荷
	安全	材料强度
		辅助肢体障碍者
符合老年人生理与心理需求的健腹器设计	易用	健身引导 社交功能 子女监护
	美观	基本形态 连接件形态 色彩

3.2 老年人健身器械造型设计质量要素权重分析

基于上文对老年人健身器械造型设计需求质量特性的展开分析,结合层次分析法(AHP)构建设计决策模型,展开对老年人健身器械造型设计需求的权重分析。

1) 将第一次展开结果设定为目标层,即符合老年人生理与心理需求的健腹器设计,用字母 A 表示。

2) 将第二次需求质量特性展开结果定义为准则层,即将安全、易用和美观作为准则层的指标,分别用字母 B_1 , B_2 , B_3 表示。

3) 方案层则选取第三次需求质量特性展开的结果,即运动负荷、材料强度辅助肢体障碍者、健身引导、社交功能、子女监护、基本形态、连接件形态和色彩,分别用 B_{11} , B_{12} , B_{13} , B_{21} , B_{22} , B_{23} , B_{31} , B_{32} , B_{33} 表示,以此形成设计决策模型,见图 4。

老年人用户群体具有一定的特殊性,为保证权重分析的一致性,继续选取参与需求分析的 20 名用户进行指标评价。在评价过程中,采用层次分析法所提供的判断矩阵标度进行赋值,此标度方式由模拟实验证明所得^[17],目的是在数值上体现两要素间重要程度的等级,见表 2。

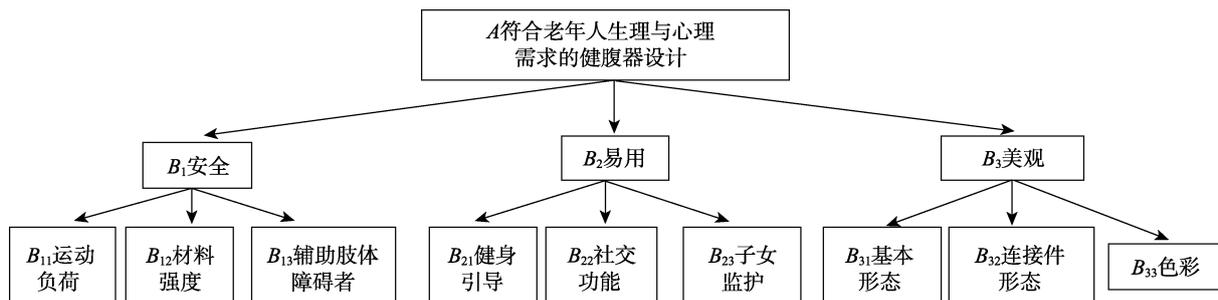


图4 老年人健身器械造型设计决策模型

Fig.4 Decision-making model for the modeling design of the elderly fitness equipment

表2 判断矩阵标度

Tab.2 Judgment matrix scale

标度	重要程度区分	涵义
1	同等重要	两要素对指定层次属性重要程度相同。
3	稍微重要	相对指定层次属性，如要素 B_1 比要素 B_2 稍微重要。
5	明显重要	相对指定层次属性，如要素 B_1 比要素 B_2 明显重要。
7	强烈重要	相对指定层次属性，如要素 B_1 比要素 B_2 强烈重要。
9	绝对重要	相对指定层次属性，如要素 B_1 比要素 B_2 绝对重要。
2, 4, 6, 8	中间值 标度倒数	折中 如要素 B_1 对要素 B_2 的标度为 3，反之为 1/3。

根据设计评价结果展开具体分析如下。

1) 依据老年人健身器械造型设计需求质量特性展开的结果，结合层次分析法构造相应判断矩阵并运用 Yaahp 软件计算计算权重，各项结果见表 3—表 6，评价结果均通过了一致性检验。

表3 符合老年人生理与心理需求的健腹器设计的判断矩阵及权重

Tab.3 Judgment matrix and weight of abdominal trainer design that conforms to the physical and psychological needs of the elderly

A	B_1	B_2	B_3	权重 (w)	一致性结果
B_1	1	3	4	0.614 4	
B_2	1/3	1	3	0.268 4	0.0707
B_3	1/4	1/3	1	0.117 2	

表4 安全准则判断矩阵及权重

Tab.4 Judgment matrix and weight of safety

B_1	B_{11}	B_{12}	B_{13}	权重 (w)	一致性结果
B_{11}	1	2	3	0.527 8	
B_{12}	1/2	1	3	0.332 5	0.0516
B_{13}	1/3	1/3	1	0.139 6	

表5 易用准则判断矩阵及权重

Tab.5 Judgment matrix and weight of usability

B_2	B_{21}	B_{22}	B_{23}	权重 (w)	一致性结果
B_{21}	1	3	1/2	0.332 5	
B_{22}	1/3	1	1/3	0.139 6	0.0516
B_{23}	2	3	1	0.527 8	

表6 美观准则判断矩阵及权重

Tab.6 Judgment matrix and weight of aesthetics

B_3	B_{31}	B_{32}	B_{33}	权重 (w)	一致性结果
B_{31}	1	3	1/3	0.268 4	
B_{32}	1/3	1	1/4	0.117 2	0.0707
B_{33}	3	4	1	0.614 4	

2) 将方案层中各设计要素及类目的权重值进行合成，形成权重排序，以此作为老年人健腹器造型设计的参考，具体排序结果见表 7。

表7 各指标权重排序

Tab.7 Weight order of indexes

方案层指标	权重
运动负荷	0.324 3
材料强度	0.204 3
子女监护	0.141 7
健身引导	0.089 2
辅助肢体残障者	0.085 8
色彩	0.072 0
社交功能	0.037 5
基本形态	0.031 5
连接件形态	0.013 7

3.3 老年人健身器械造型设计实践

结合上文指标权重排序，在设计实践中将运动负荷、材料强度、子女监护、健身引导作为主要的参考指标，具体分析如下。

1) 在老年人健腹器造型设计中体现合理的运动负荷，并选择合理的尺寸为老年人提供特殊的支撑，见图 5，采用液压杆作为健身器械头部端支撑（可提供 500~800 mm 的调节范围），充分考虑了设计的功

能性和操作的人机效率问题。头部液压杆件给老年人用户提供了可调节的支撑力,在老年人施力困难时提供移动的辅助功能,使老年人在顺利完成脐上卷腹动作的同时保证了健身的安全性,避免受到运动伤害。同时,因各种慢性疾病导致活动能力减弱的老年人的数量逐年增多,液压杆可辅助下肢障碍者的康复性锻炼,上身板宽度为 470 mm,区别于一般健身板 300 mm 的宽度,增强了安全性;大腿支撑板为分体式设计,能够提供有效支撑,进行脐下的屈伸腿运动,防止老年人腿部肌力的弱化。

2) 通过高强度材料的选取,提升老年人健腹器安全的用户感性意象。健腹器造型整体为卧式设计,底部支撑架采用 3.0 mm 钢材,坐垫、腿部支撑垫采

用一体成型的乳胶材质,见图 5。同时,在色彩的选择上也体现材质强度,整体黑色作为主色调,橙色和银灰色作为副色相结合,使健身健腹器造型易获得安全稳定的意象。

3) 强化子女监护和健身引导功能。创新设计方案整体布局合理,人机交互顺畅。健身器械运用互联网云技术,在头部端底座部分内嵌了蓝牙模块和音响,可使健身器械与智能手持设备中的常用健身类 APP 连接,获取更科学有效的健身服务,并在老人使用过程中,逐步记录老人的习惯特征^[15],不断完善服务。同时,子女可通过 APP 对老年人的健身状况予以掌控,也为老年健身同好者提供了交流的云平台,具备社交同能。

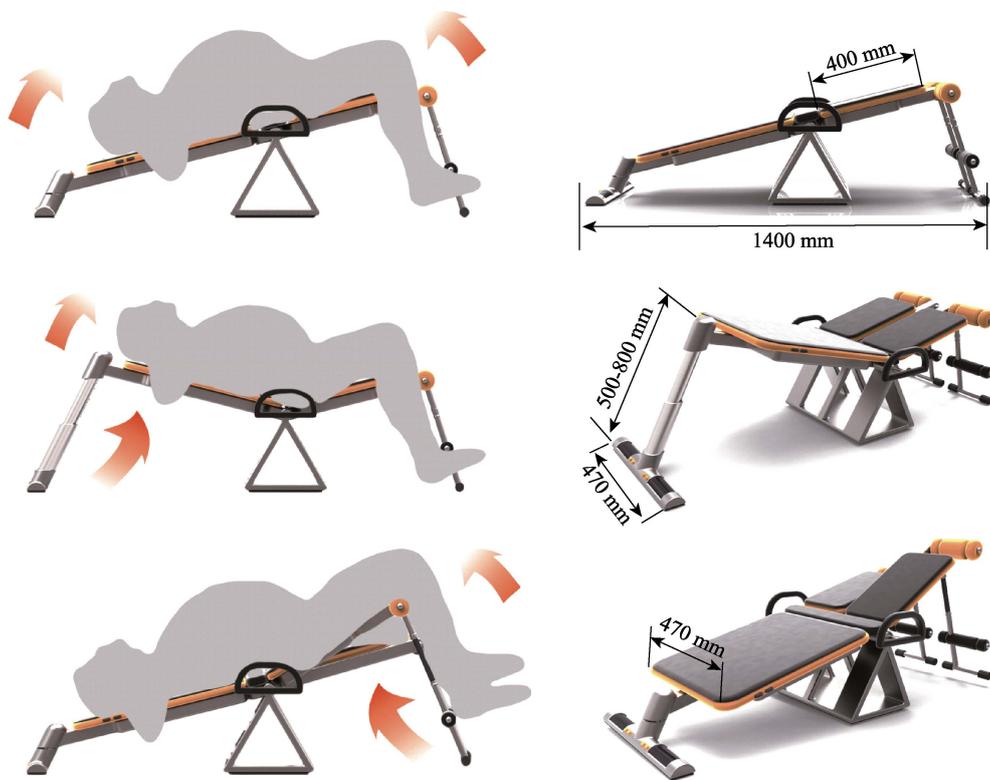


图 5 设计演示及基本尺寸
Fig.5 Design presentation and basic size



图 6 老年人健身器械整体设计方案
Fig.6 Integral design scheme of the elderly fitness equipment

3.4 设计评价

为完成老年人健腹器造型设计,继续邀请参加调研的20名用户对该造型开展设计评价,所有用户对前期选取的设计需求指标和上述造型创新设计特征进行了匹配度分析,并通过采用7点量表的问卷对评价结果予以量化,其中,横轴上显示设计评价指标,即“运动负荷、材料强度、子女监护、健身引导”以及整体满意度,纵轴显示分值,以1分、3分、5分、7分作为评分基准,评分等级越高代表用户满意度越高,老年人健腹器造型设计评价结果见图7。

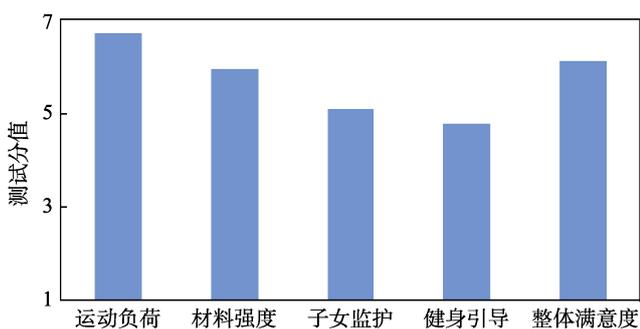


图7 设计评价结果

Fig.7 Design evaluation results

4 结语

本文在老年人健身器械造型设计过程中将QFD法与AHP法相结合,通过用户调研,完成设计需求质量特性展开,并进行了需求要素的权重分析,形成了适用于老年人健身器械造型设计的流程,为设计实践提供参考。针对老年人健腹器的造型设计实践表明,在设计中运用QFD与AHP相结合的方法,能够完成相互影响的需求因素间的综合考虑,提高设计效率,保证造型与用户需求的结合。

参考文献:

[1] 原新. 积极应对人口老龄化是新时代的国家战略[J]. 人口研究, 2018, 42(3): 3-8.
YUAN Xin. Actively Responding to Population Ageing is China's National Strategy in the New Era[J]. Population Research, 2018, 42(3): 3-8.

[2] 朱上上, 张一琦. 城市社区退休老年人休闲社交服务设计研究[J]. 包装工程, 2015, 36(12): 5-9.
ZHU Shang-shang, ZHANG Yi-qi. The Leisure Service Design for the Retired People in City Community[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(12): 5-9.

[3] 陈磊. 我国老年群体健身服务的政策支持研究[J]. 西安体育学院学报, 2011, 28(5): 565-568.
CHEN Lei. The Research on the Policy Support to Health Services to Elderly Population in China[J]. Journal of Xi'an Physical Education University, 2011, 28(5): 565-568.

[4] 杨红春. 我国健身路径中常见力量型器材现状特点与开发设计展望[J]. 包装工程, 2017, 38(22): 43-47.
YANG Hong-chun. The Characteristics and Developme-

ntal Designing Prospects of Common Strength Equipment in China's Fitness Path[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(22): 43-47.

[5] 杨爱慧. 基于情感需求的老年健身车造型设计研究[J]. 机械设计, 2017, 34(11): 123-128.
YANG Ai-hui. Research on Modeling Design of Elderly Fitness Car Based on Emotional Needs[J]. Journal of Machine Design, 2017, 34(11): 123-128.

[6] 苗艳凤. 基于老年人健身的助步工具设计原则研究[J]. 包装工程, 2016, 37(2): 114-118.
MIAO Yan-feng. Design Principle for Walking Tool Based on the Elderly Bodybuilding[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(2): 114-118.

[7] CAO C, SHEN P, YANG J, et al. Application of Aerodynamic Fountain Technology in Fitness Equipment[C]// IOP Conference Series Materials Science and Engineering, 2018.

[8] YU H Y, WANG Y Y, LIU Z F, et al. Research on Android-based data management system for fitness equipment[C]// Chinese Automation Congress IEEE, 2018.

[9] 杨正强. 基于QFD的摩擦焊机造型设计[J]. 机械设计, 2015, 32(3): 119-122.
YANG Zheng-qiang. Modeling Design of Friction Welding Machine Based on QFD[J]. Journal of Machine Design, 2015, 32(3): 119-122.

[10] KOWALSKA M, PAZDZIOR M. Implementation of QFD Method in Quality Analysis of Confectionery Products[J]. Journal of Intelligent Manufacturing, 2018, 29(2): 1-9.

[11] SOUSA-ZOMER T T, MIGUEL P A C. A QFD-based Approach to Support Sustainable Product-service Systems Conceptual Design[J]. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2017, 88(1/4): 701-717.

[12] ZHANG X. User Selection for Collaboration in Product Development Based on QFD and DEA Approach[J]. Journal of Intelligent Manufacturing, 2017(3): 1-13.

[13] 杜鹤民. 基于感性意象和QFD的应急通信车设计研究[J]. 制造业自动化, 2013, 35(3): 137-143.
DU He-min. The Study of Emergency Communication Truck Design Based on the Kansei Image[J]. Manufacturing Automation, 2013, 35(3): 137-143.

[14] 谭思洁. 老年男性肌肉力量、身体成分与骨密度的关联性[J]. 中国老年学杂志, 2013, 33(1): 13-15.
TAN Si-jie. Association between Muscle Strength, Body Composition and Bone Mineral Density of Older Male[J]. Chinese Journal of Gerontology, 2013, 33(1): 13-15.

[15] 申潇竹. 阻抗训练对老年缺血性卒中患者预防骨质疏松的作用[J]. 实用医学杂志, 2012, 28(21): 3592-3593.
SHEN Xiao-zhu. Effect of Resistance Exercise Training in the Prevention of Osteoporosis in Elderly Patients with Ischemic Stroke[J]. Journal of Practical Medicine, 2012, 28(21): 3592-3593.

[16] 李雪亮. 移动互联网视角下老年人智能产品服务设计研究[J]. 包装工程, 2016, 37(2): 57-60.
LI Xue-liang. Intellectual Product Service Design for the Elderly from the Perspective of Mobile Internet[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(2): 57-60.

[17] 常瑜, 刘宝顺, 田园. 基于层次分析法的扫地车造型模糊综合评价方法及应用[J]. 机械设计, 2017(3): 121-125.
CHANG Yu, LIU Bao-shun, TIAN Yuan. Method and Application of Fuzzy Comprehensive Evaluation of Sweeping Vehicle Modeling Based on AHP[J]. Journal of Machine Design, 2016, 37(2): 57-60.