基于 QFD 与 FBS 模型的坐便器多适性设计研究

许艳秋，宋端树，辜俊丽，冯卫国
（江苏师范大学 机电工程学院，徐州 221116）

摘要：目的 设计能够适应多类用户群体的多适性坐便器，让老年用户也能够平等的使用。**方法** 以针对一般群体的主流坐便器为设计基础，合理融入老年人群的特殊需求。运用质量功能展开（Quality Function Deployment，QFD）建立多适性坐便器用户需求与设计要求关系矩阵，确定关键设计要求的目标作为功能引入 FBS（Function-Behavior-Structure）模型，最终获得坐便器结构化信息。**结论** 结合运用 QFD 和 FBS 模型展开的坐便器多适性设计研究，能够精确有效地将用户需求转化为设计要求，使最终的产品客观表现与用户需求之间能够精准映射匹配。同时验证了 QFD 和 FBS 融合应用的可行性和有效性。

关键词： 坐便器；QFD；FBS 模型；老年人群；多适性
中图分类号： TB472 **文献标识码：** A **文章编号：** 1001-3563(2018)24-0283-05
DOI： 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.24.050

Multi-suitability Design of Toilet Based on QFD and FBS Model

XU Yan-qiu, SONG Duan-shu, GU Jun-li, FENG Wei-guo
(School of Mechanical Engineering, Jiangsu Normal University, Xuzhou 221116, China)

ABSTRACT: The work aims to design a multi-suitability toilet, so that the elderly users can use it equally. Taking the mainstream toilets for the general population as the basis of design, the special needs of the elderly population were integrated reasonably. Quality function deployment(QFD) was used to establish the relationship matrix between the user needs and design requirement of the multi-suitability toilet. The target of the key design requirement was defined as the function to introduce the FBS(Function-Behavior-Structure) model, and the structural information of the toilet was finally obtained. Combined with the use of QFD and FBS model, the study on the multi-suitability design of toilet carried out can transform the user needs into the design requirements accurately and effectively, so that the accurate mapping between the final product's objective performance and user needs can be achieved. Meanwhile, the feasibility and effectiveness of the application of QFD and FBS fusion are verified.

KEY WORDS: toilet; QFD; FBS model; the elderly population; multi-suitability

卫浴空间作为居家生活中一个重要的功能性活动空间，老年人群对该空间有着特殊性需求，卫浴产品作为每天都要面对的生活必需品，其技术与设计的优劣直接关系到他们的生活品质[1]。而目前的坐便器设计主要集中在单方面满足一般群体需求的主流设计层面或是针对残障人群的无障碍设计层面，亦或是旨在满足所有人群需求的通用设计层面；前两者产品受众人群单一，且对残障群体的心理会造成负面影响[2]，而通用设计又是一个过于理想化的目标[3]，当下针对坐便器综合考虑多类用户需求的多适性设计研究尚不够深入，因此，本文将 QFD 与 FBS 结合运用进行坐便器多适性设计研究。以用户需求为起点切入，运用 QFD 来构建用户需求与坐便器的设计要求之间的关系矩阵。通过归纳关键设计要求目标（功能）来引

收稿日期： 2018-09-27
基金项目： 江苏省重点研发项目（BE2016651）
作者简介： 许艳秋（1992—），女，安徽人，江苏师范大学硕士生，主攻工业设计。
通信作者： 宋端树（1982—），男，江苏人，博士生，江苏师范大学副教授、硕士生导师，主要从事产品通用设计、人因工程等方面的研究。

导设计要求的执行，展开 FBS 模型中功能—行为—结构的映射转化过程，来扩大主流坐便器设计的适用群体。

1 QFD 与 FBS 模型

1.1 QFD

QFD 是由日本质量专家于 20 世纪 70 年代初提出的一种以满足用户需求为设计目标的质量展开理论[4]。运用 QFD 原理，可将用户需求有效地转化为产品的设计要求，以用户为出发点，使所设计的产品能真正地满足顾客需求。

1.2 FBS 模型

FBS 模型是 Gero 教授提出的产品概念设计过程模型[5]。功能（F）指能够满足用户需求的产品技术功能，行为（B）指功能的实现方式及与用户的交互方式，结构（S）指实现结构的组件或结构形式及其相互之间的组合、位置关系。该模型是将产品的功能作为整个设计过程的起点，通过功能—行为—结构 3 个变量知识之间的逐层映射转化来实现功能到结构的求解，最终实现产品创新设计。

1.3 QFD 和 FBS 融合应用

QFD 虽然能够解决为满足用户需求应该“做什么”但却不能解决“如何做”的问题，无法提供相关创新的思路[6]。而 FBS 模型解决了“如何做”的问题，但其始于功能，止于结构，并未将用户需求涵盖其中[7]。将 QFD 和 FBS 结合起来解决产品创新问题，两者融合应用能够优势互补。

在使用 FBS 模型进行产品开发前，首先运用 QFD 来建立用户需求与产品设计要求之间的直接映射关系，从而确保用户需求与产品设计要求的高度一致性[8]。进而利用 QFD 的优势突出关键设计要求，确定设计要求目标[9]。然后将其作为 FBS 模型的功能要素，并以此为基础展开 FBS 模型的映射过程。这能够使得 FBS 设计阶段的产品功能设计方向更加明朗化，最终细化为产品结构化和形式化的信息。

2 研究方法与流程

2.1 基于 QFD 和 FBS 模型的创新设计方法

基于 QFD 和 FBS 模型，建立“用户需求—产品设计要求—产品设计要求目标（功能）—行为—结构”的 QFD 与 FBS 模型集成应用范式，能更好地指导产品创新设计。QFD 和 FBS 集成应用流程见图 1。

2.2 研究过程描述

QFD 和 FBS 融合应用的具体研究过程描述，见表 1。

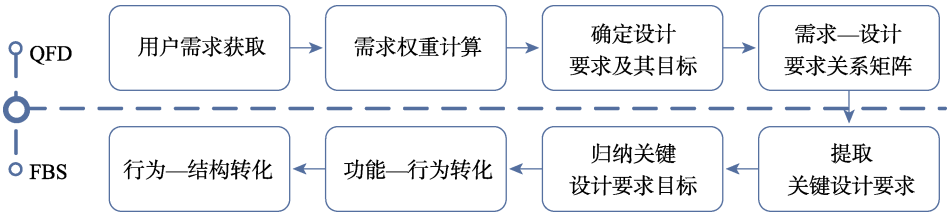

图 1 QFD 和 FBS 集成应用流程

Fig.1 QFD and FBS integration application process

表 1 QFD 和 FBS 模型融合应用过程描述

Tab.1 Description of QFD and FBS model fusion application process

研究过程		过程描述
QFD	确定用户需求及权重	确定主要研究的用户群体及其需求。 分析、计算用户需求权重。
	用户需求→设计要求→设计要求目标	将用户需求转化为设计要求，并结合用户需求确定设计要求目标。
	构建需求—设计要求关系矩阵	建立用户需求与设计要求之间的关系矩阵。
FBS	归纳关键设计要求目标	提取关键设计要求，并归纳其所对应的设计要求目标，作为 FBS 模型的功能设计要素。
	功能→行为	将功能细化为其实现方式及其与用户的交互方式或形式。
	行为→结构	将行为细化为实现功能的组件或结构形式。

在 FBS 的两个映射过程中，主要遵循以下几点事项。

1）在功能—行为转化过程中：一个行为与另一行为存在冲突，即这两个行为不能够同时进行；一个行为与另一行为之间形式或是空间相近似，这两个行为可以整合。

2）在行为—结构转化过程中需要考虑：行为与行为的矛盾要求对这些结构的执行动作加以某些限

制，避免产生冲突；一个行为可能需要多个部分组合完成，要求考虑用户的行为尺度，合理分布这些结构；一个结构可实现多种功能，要求考虑两个行为之间的相似处和差异处，运用基于类比的推理方法来产生创新结构。

3　多适性坐便器设计应用

3.1　确定用户需求与权重

鉴于本文的多适性坐便器设计是以现有普通坐便器的主流设计为基础，合理融入老年用户的特殊性需求，以多适性来满足不同用户群体的差异化需求，因此，主要研究对象为老年用户群体。

3.1.1　老龄用户类型群化

依据“《老年人建筑设计规范》中，老年人群的划分标准——生理状态及生活自理能力的不同[10]”，本文将主要研究对象定位为自理老人（生活可以自理，能够独立生活，行动不需要他人帮助，但其日常行为速度稍慢，动作幅度稍小）和介助老人（生活无法完全自理，日常行为需借助扶手、轮椅等辅助工具来完成）。

3.1.2　现有普通坐便器的便溺行为流程

坐便器对应的是用户卫浴生活中的便溺行为，该行为主要包括坐姿与站姿及两姿势之间的转换动作[11]。用户使用现有普通坐便器的一般便溺行为流程，见图 2。

图 2　现有普通坐便器的便溺行为流程
Fig.2 The defecation behavior process of current ordinary toilet

3.1.3　老龄用户需求获取

首先，基于便溺行为流程，通过查阅文献及对徐州市大型综合社区内 60 名有代表性的 60~70 岁年龄段的自理老人和介助老人进行访谈等形式，获得用户初始需求。经专家组分析筛选，最终主要获得 8 项典型需求。

其次，对这 8 项需求设计重要度问卷。将其两两比较，并采用 5 级李克特量表评价打分。共发放问卷 57 份，回收有效问卷 49 份。

最后，将用户的主观评价以数据形式处理表达，采用层次分析法（Analytic Hierarchy Process，AHP）对用户需求权重进行计算[12]。用户需求 C 及用户需求权重 K 值，见表 2。

表 2　用户需求及权重
Tab.2 User requirements and weight

用户需求 C	需求权重 K
C_1 易于老年用户起身	0.186
C_2 便于轮椅使用者冲水	0.198
C_3 便于轮椅使用者移位	0.204
C_4 冲水操作省力、简便	0.103
C_5 保持老年用户坐姿平衡	0.098
C_6 久坐不易疲劳	0.045
C_7 使用舒适	0.038
C_8 使用安全	0.026

3.2　确定设计要求及设计要求目标

设计要求是根据用户需求转化得到的，根据 QFD 原理，将用户需求转化为设计要求。以满足多类用户需求为目标，确定这些设计要求的目标。设计要求 D 及相应的设计要求目标，见表 3。

表 3　设计要求及相应的设计要求目标
Tab.3 Design requirements and their corresponding targets

设计要求 D	设计要求目标
D_1 起身设计	辅助起身
D_2 坐便器的使用方向	避免轮椅使用者转身动作
D_3 轮椅使用者移位设计	辅助轮椅使用者移位
D_4 冲水操作方式	适合老年使用者
D_5 冲水操作动作	避免精细动作
D_6 轮椅使用者冲水操作方向	与使用坐便器方向一致
D_7 轮椅使用者移位方式	简化移位动作
D_8 缓解疲劳设计	使用姿势缓解久坐疲劳
D_9 身体平衡设计	辅助身体平衡
D_{10} 坐便器的形态	美观舒适，有多种使用方式

3.3　确定用户需求与设计要求的关系

构建多用户需求与设计要求关系矩阵。通过分析用户需求与坐便器设计要求之间的关系，计算出坐便器设计要求的重要度 W_j。计算公式为：

$$W_j=\sum_{i=1}^{n}R_{ij}\cdot N_i \quad (i=1,2,\cdots,8;\ j=1,2,\cdots,10) \tag{1}$$

其中：R_{ij} 为第 i 项用户需求与第 j 项设计要求之间的关系值；N_i 为第 i 项用户需求权重。用户需求与设计要求关系矩阵见表 4。

3.4　多适性功能—行为—结构转化分析

通过对矩阵数据的分析，确定产品的关键设计要求，并对相应的设计要求目标进行归纳分析，作为多适性坐便器的功能要素引导 FBS 映射过程。

在 FBS 模型的两个转化过程中：（1）功能—行为转化，将提取的各个子功能分别转化为具体的实现

方式及与用户的交互方式。例如，在冲水的操作方式上，设计更适合老年用户操作能力的手部按压式控制形式，避免了较为精细的操作动作，便于老龄群体操作；（2）行为—结构转化，将行为细化为实现其对应功能的组件或结构形式，例如，基于行为主体相同，将按压式冲水按钮设计在趴伏台前上方，操作位置方便。具体的多适性坐便器功能—行为—结构映射转化过程，见图 3。

表 4 用户需求与设计要求关系矩阵

Tab.4 Relation matrix between user demands and design requirements

用户需求	设计要求									
	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7	D_8	D_9	D_{10}
C_1	●	△	△				△			
C_2		●		△	○	●			△	
C_3		●	●				●			
C_4		△		●		△				
C_5		△				△			●	
C_6		△			●			●	△	△
C_7	△	△	△	△	△	△	○	△	△	○
C_8	○	△	○				○		●	△
设计要求重要度	1.053	2.506	1.329	0.758	0.433	1.236	1.419	0.235	0.901	0.199
排序	5	1	3	7	8	4	2	9	6	10

注：表中符号●为“强”相关，取值为 5；○为“中”相关，取值为 3；△为“弱”相关，取值为 1；空格表示无相关关系

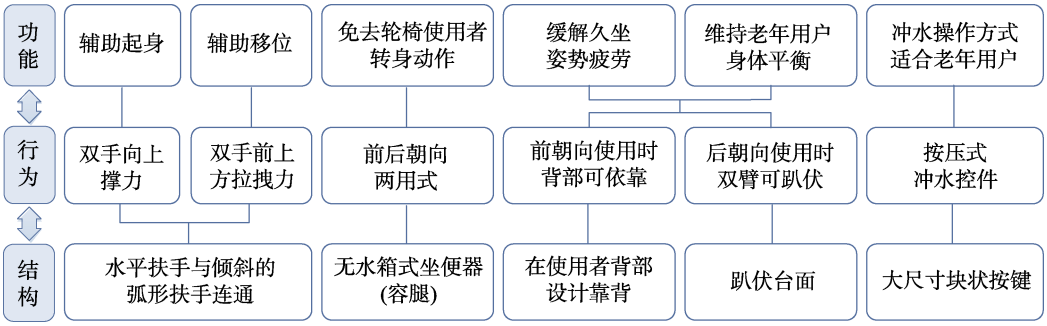

图 3 多适性坐便器功能—行为—结构映射转化过程

Fig.3 The function-behavior-structure mapping and transformation process of a multi-suitability toilet

4 多适性坐便器设计实例分析

基于 QFD 和 FBS 模型设计的多适性坐便器，见图 4a。靠坐、伏坐两用式同时满足了一般群体、自理老人及介助老人等多类用户的使用需求。

首先，该坐便器采用入墙式水箱，水向下流经地面管道及坐便器内部前侧管道进入坐便器上部冲水口，配合超旋式出水方式和虹吸式冲水方式，利用连通器原理，冲水时在虹吸管中形成水位差，借助冲洗水在坐便器的排污管内产生的吸力实现冲污功能。上水及冲水示意图，见图 4b。冲水操作形式设计成大尺寸的按压式按钮来控制冲水，能够适应老年用户逐渐衰退的操作能力，并且设置于趴伏台面前上方，位置易触及，冲水操作省力、简便。同时，扶手抓握部位采用防滑材质，能有效避免抓握时双手滑落状况的意外反生，见图 4c。

其次，靠背的设计，一方面为使用者靠坐使用时提供辅助支撑，维持身体平衡。另一方面也能够缓解久坐姿势造成的疲劳,提升使用者的舒适性体验，见图 4d。

然后，靠背两侧设有辅助移位的倾斜扶手，倾斜设计确保使用者双手拉动扶手时施力姿势更自然，操作更舒适；在辅助轮椅使用者起身移位时，可将施力分解为向上和向前两个方向的力，见图 4e。

再次，趴伏台的设计，一方面，能够让老年使用者移位到坐便器上后，双臂伏坐，维持身体平衡；另一方面，趴伏台面两侧略向前下倾，能够适应使用者舒适自然的趴伏姿势，保证舒适性，缓解疲劳，见图 4f。

最后，在趴伏台面下方两侧设有辅助起身扶手，与移位扶手相连。考虑到其所在位置，将其略向两侧外扩，便于伏坐方式起身时两臂施力，见图 4g。

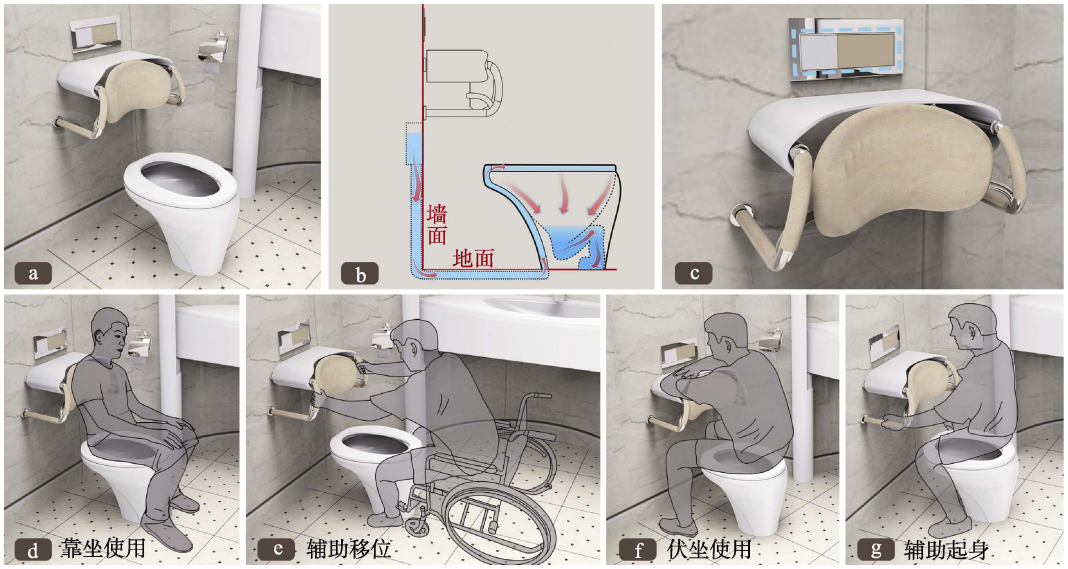

图 4　多适性坐便器设计方案

Fig.4 The design proposal of multi-suitability toilet

5　结语

基于 QFD 和 FBS 模型展开坐便器多适性设计研究，发掘老年用户需求融入主流设计，最终获得坐便器结构化信息，让不同用户用同样的方法或不同方式达到使用的目的。整个研究过程，从需求层设想前瞻化、到行为层贴合最大化，逐步得出结构层的交互自然、合理化，既能够贴合老年用户的生理特征，又能够引导用户行为，极大地增强坐便器的多适性。其研究内容及方法，也有望为相关设计研究提供一种全新的设计理念与研究思路，让同一产品在适用普通大众的同时，也能适用于老年人这个弱势群体。后续研究可结合用户需求的动态性从环境变量方面展开。

参考文献：

[1] 孙文涛，常成. 基于老龄化社会的老年人产品关怀设计研究[J]. 包装工程, 2017, 38 (4): 148—152.
SUN Wen-tao, CHANG Cheng. Study on Product Care Design of Elderly People Based on Aging Society[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(4): 148—152.

[2] ZHENG Gang-qiang, DONG Teng, DENG Yu-wei. Theoretical Model of Special Product Design for the Elderly[J]. Art and Design Review, 2016, 4(1): 1—7.

[3] MUSTAQUIM M M. A Study of Universal Design in Everyday Life of Elderly Adults[J]. Procedia Computer Science, 2015, 67: 57—66.

[4] 陈明. QFD 在坐便器开发中的运用研究[J]. 佛山陶瓷, 2016, 26(5): 34—37.
CHEN Ming. Research on the Application of QFD in the Development of Toilet[J]. Foshan Ceramics, 2016, 26(5): 34—37.

[5] 胡志刚，王延超，吴群，等. 基于自然交互的 FBS 设计模型[J]. 包装工程, 2017, 38(2): 127—130.
HU Zhi-gang, WANG Yan-chao, WU Qun, et al. FBS Design Model Based on Natural Interaction[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(2): 127—130.

[6] 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. Innovation Design of Tang Culture Tourism in Shaanxi Based on QFD and TRIZ[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(14): 203—207.

[7] 孟祥斌，孙苏榕. 融合语义学的产品概念设计过程模型研究[J]. 机械设计, 2017(2): 110—114.
MENG Xiang-bin, SUN Su-rong. Research of Product Conceptual Design Process Model Integrated Semantics [J]. Mechanical Design, 2017(2): 110—114.

[8] 张芳兰，杨明朗，刘卫东. 基于 QFD 的汽车造型设计特性优先度评价方法[J]. 包装工程, 2014, 35(24): 59.
ZHANG Fang-lan, YANG Ming-lang, LIU Wei-dong. Evaluation of Automobile Form Design Characteristics Priority Based on QFD[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(24): 59.

[9] 李永锋，徐育文. 基于QFD的老年人智能手机APP用户界面设计研究[J]. 包装工程, 2016, 37(14): 95—99.
LI Yong-feng, XU Yu-wen. Design of QFD-based Elderly Smart Phone APP User Interface[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(14): 95—99.

[10] 高玉卓，刘树老. 介助老人家居环境卫生间智能化设计[J]. 家具, 2016(6): 93—98.
GAO Yu-zhuo, LIU Shu-lao. Intelligent Design of the Home Environment Bathroom for the Device-aided Elderly[J]. Furniture, 2016(6): 93—98.

[11] 王嘉. 基于用户行为的智能卫浴产品设计研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2016.
WANG Jia. Design Research on Intelligent Bathroom Products Based on User Behavior[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2016.

[12] 宋端树，黄悦欣，崔天琦，等. 基于 AHP 和 PCA 的自理老人厨房需求权重研究[J]. 江苏师范大学学报(自然科学版), 2016, 34(4): 71—74.
SONG Duan-shu, HUANG Yue-xin, CUI Tian-qi, et al. Research on Weights of Kichen Demand for Self-Care Elderly Based on AHP and PCA[J]. Journal of Jiangsu Normal University(Natural Science Edition), 2016, 34 (4): 71—74.