[文章编号] 1003－4684(2026)03-0130-08

基于 KANO-QFD 模型与感性工学的老年助浴产品设计

郭履新[1]，石元伍[2]，冯泽瑾[2]

(1 湖北工业大学工业设计学院，湖北 武汉 430068；2 武汉纺织大学艺术与设计学院，湖北 武汉 430200)

[摘 要] 为设计出兼顾老年人对于产品的功能需求以及情感需求的助浴产品。通过结合 KANO 模型和 QFD 模型，实现获取用户需求并转化为工程要素。通过感性工学理论满足产品外观设计的感性需求；结合人机工程学数据，分析用户行为状态以及材料结构，产出一个合理且科学的老年人助浴产品的设计策略，设计出兼顾老年人对于助浴床的功能需求和情感需求的助浴产品，并通过 JACK 仿真与模糊综合评价法进行设计验证。

[关键词] KANO；QFD；感性工学；JACK 人因仿真；模糊综合评价

[中图分类号] TS976.8 [文献标识码] A

随着我国老年人生活水平的不断提高，市场出现不少应对老年人需求的助浴设备。“十四五”期间，国家对老龄事业发展和养老服务体系的规划也强调发展针对老年人的助浴服务和产品的重要性[1]。但当前的助浴设备存在着隐私性薄弱、缺乏辅干功能、外观欠佳等问题。如何设计出兼顾功能与情感需求的老年洗浴产品具有重要意义。现有的助浴产品仅满足最基础的需求，在适老化与人性化方面仍然有缺陷。基于此，本研究旨在为 60 岁以上的半失能老人和失能老人设计合适的老年人助浴床。本研究聚焦于老年人助浴床的功能和外观需求进行设计，其成果既扩充相关领域的研究，也为设计实践提供有价值的参考。

1 老年人助浴床概况

根据国家卫生健康委员会老龄健康司公布的数据，截至 2021 年，中国的失能、半失能以及患有痴呆症的老年人口已经达到 4500 万[2]。北京大学 Yanan Luo 研究显示，到 2030 年，我国失能老人规模将超过 7700 万[3]。届时老年人洗浴将会是养老服务中重要一环，因此有必要对这个庞大的用户群体使用的助浴设备进行人性化设计。杨元通过对社区居家养老服务调研设计上门助浴产品[4]，李然针对失能老人设计洗浴椅[5]。这些研究都对助浴产品的改善提供方向。在此基础上，本研究将为老年人助浴设备提供更多的改善，例如辅干身体，加强隐私保护等。

1.1 研究方法

为解决现有设计方法无法兼顾老年人助浴产品功能和心理需求的问题，本研究构建一套综合性方法以解决该问题。该方法综合 KANO、QFD、感性工学三种理论的优点，并能够相互弥补各自理论的不足。

在功能层面 KANO 模型可用于识别使用户满意的因素，但无法直接辅助设计师确定设计要素。QFD 模型有助于确保顾客的真正需求能够传递并体现在产品设计中，周红宇借助 QFD 设计了老年人淋浴产品[6]。在外观层面需借助感性工学致力于具体化并量化用户的感性体验[7]，从而更深入地分析其与产品特性之间的相互作用并辅助外观设计[8]。综上，本研究整合 KANO、QFD 及感性工学理论的优点，从而针对性地解决老年人助浴床在设计中缺乏功能和造型缺陷的问题，设计符合老年人功能与心理需求的助浴床。

1.2 代表性样式搜索与筛选

本研究通过商业平台和各品牌官方网站搜集 34 种不同的助浴产品，并从中筛选出 10 种典型产品进行优缺点分析。功能上主要问题包括没有保护隐私、缺乏辅助干燥功能、缺乏调整姿态功能、不便移动、缺乏恒温功能等。外观上的问题主要体现为造型硬、直线多、机械结构裸露，且大多数采用与医疗设备相同的蓝白色调，让人容易产生抵触心理[8]

[收稿日期] 2024－01－09

[第一作者] 郭履新(1997－)，男，湖北黄梅人，湖北工业大学硕士研究生，研究方向为适老化设计。

[通信作者] 石元伍(1971－)，男，湖北武汉人，湖北工业大学教授，研究方向为适老化产品设计及老年人服务设计。

（表 1）。

表 1　市面上典型助浴产品优缺点分析及评价

名称	外观	优点	缺点	评价
充气式助浴床		易于清洗，结构简单	功能单一，舒适度较低，暴露隐私	仅满足单一功能需求，缺乏多功能与外观设计
轮椅式助浴床		功能较多，能较好保护使用者的隐私	缺乏调整姿态和辅助干燥功能，舒适度较低	外观像医疗器械，让用户有抵触心理
无障碍康复气泡浴槽		功能较为齐全，能相对保护使用者隐私	缺乏调整姿态功能，缺乏辅助干燥功能	缺乏调整姿态功能，难以让助浴人员辅助老人洗浴
卧式助浴舱		保护隐私，功能较齐全，可调节高度	缺乏调整姿态功能，缺乏辅助干燥功能	缺乏调整姿态功能，且外观接受度低
柔性翻身助浴床		可调节高度，能排水，较为舒适	缺乏调整姿态和辅助干燥功能，未能保护隐私	功能较为齐全，外观接受度较低
可移动助浴车		可移动，转换场景较为方便	缺乏调整姿态和高度功能，缺乏辅助干燥功能	缺乏调整姿态功能，且外观接受度低
可调式助浴床		可调节高度和姿态，功能较为齐全	缺乏辅助干燥功能	各方面功能较为全面，外观接受度较高
智能助浴缸		可移动，转换场景较方便，功能较全	缺乏调整姿态和高度功能，缺乏辅助干燥功能	缺乏调整姿态功能，外观接受度高
坐式助浴设备		易于清洗，结构简单，无需额外操作	没有任何附加功能，且用户只能坐着无法躺下	各种功能较为缺乏，外观接受度适中
电动沐浴推床		易清洗，结构简单，可部分调节姿态	几乎没有任何附加功能，不能保护隐私	仅满足单一功能需求，缺乏功能与外观设计

1.3　基于 KANO-QFD 模型和感性工学的设计流程

本研究首先制定设计流程，通过问卷与访谈获取老年人在助浴中的需求，并与目标人群、家属和助浴师沟通后进行需求定性分析。然后利用 KANO 模型分析确定助浴床需求程度，为 QFD 质量屋提供数据，并结合专家建议和感性工学分析形成设计方案。最后使用 JACK 软件模拟验证产品的人机舒适度，并且通过模糊综合评价验证设计结果，确保设计流程的科学性和有效性（图 1）。

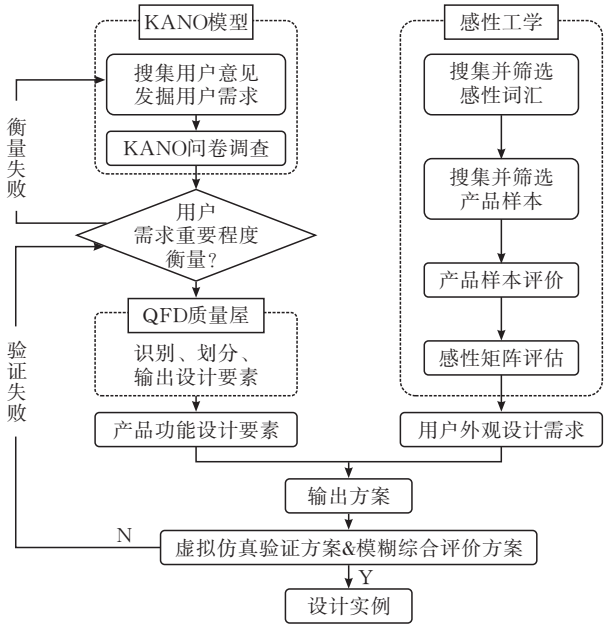

图 1　产品研究设计分析流程图

2　基于 KANO 理论的用户需求分析

2.1　获取用户需求

本研究综合多个研究建立老年人助浴床用户需求要素指标体系，包括缪珂提出的可用性、情感化、安全性、易用性四要素[9]，林峰提出的时间安全范围内[10]，白雪提出的材料亲和性[11]等，总结出八大功能需求：保护隐私，恒温恒热，方便移动，舒适防滑，姿态调整，柔和辅干，安全提示，方便操作。

2.2　老年人助浴床 KANO 问卷

KANO 理论中，影响用户满意度的不同类型的需求包括魅力型需求（A）、期望型需求（O）、无差异型需求（I）、必须型需求（M）以及反向型需求（R）[12]。本研究首先制定标准化的 KANO 正反问卷，然后选择调查对象，包括失能和半失能老人的家属及助浴师。共发放 92 份问卷，回收有效问卷 83 份，有效率为 90.2%。为保证问卷的可靠性，进行重复性检验，问卷一致性超过 85%，确保数据的可信度。将需求分类并统计（表 2）。

表 2 KANO 问卷用户需求分析

编号	造型要素	选择要素	非常喜欢	理应如此	无所谓	勉强接受	很不喜欢	要素类型
A1	您对具有适度保护隐私的助浴床感觉如何	具备	58	15	10	0	0	A
		不具备	0	0	19	13	51	
A2	您对具有恒温恒热的助浴床感觉如何	具备	32	23	28	0	0	M
		不具备	0	0	21	28	34	
……	……				……			
A7	您对具有安全提示的助浴床感觉如何	具备	39	27	17	0	0	A
		不具备	0	0	20	37	26	
A8	您对具有方便操作的助浴床感觉如何	具备	56	19	8	0	0	A
		不具备	0	6	16	33	34	

2.3 需求重要度计算

需求重要度通过 Better-Worse 系数进行计算。其中无差异特征“具备方便移动”(A3)不会对用户产生影响,可以将其删除(图 2)。

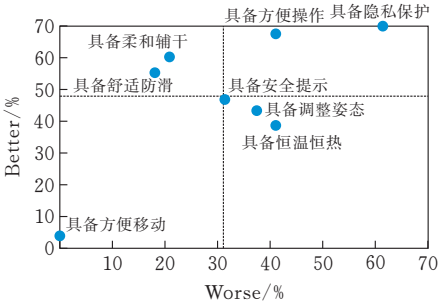

图 2 产品功能属性 Better-Worse 系数

针对老年人助浴床的 KANO 问卷设计一套 KANO模型的定量参数[12]。

$$W_j = \sqrt{\overline{X}_j^2 + \overline{Y}_j^2} \tag{1}$$

其中,$\overline{X}_j$ 代表不提供功能A_j时的用户平均满意度,$\overline{Y}_j$ 代表提供 A_j 功能时的用户平均满意度得分,W_j 表示某个 A_j 功能的重要性。通过计算可以确定用户需求的重要程度及其排名(表 3)。

表 3 用户需求重要度排序

用户需求	提供功能时满意度	未提供功能时满意度	重要度	排序
保护隐私 A_1	4.57	1.61	4.85	3
恒温恒热 A_2	3.81	2.06	4.33	7
舒适防滑 A_3	4.23	2.33	4.83	4
姿态调整 A_4	4.11	2.78	4.96	1
柔和辅干 A_5	4.25	2.10	4.74	5
安全提示 A_6	4.26	1.92	4.67	6
方便操作 A_7	4.58	1.79	4.92	2

3 基于 QFD 模型的老年人助浴床技术要求分析

3.1 技术要求的映射与分析

本研究运用 QFD 理论进行功能需求的进一步扩充,并构建需求要素与技术要求的联系矩阵,从而明确功能要求的权重,把关键需求要素映射成相应的技术要求[13],通过由三位高校教师与三位设计人员共同组成的专家组讨论将一级技术要素转化为二级技术要求,通过应用映射关系将功能需求转化为具体需求元素,并将其分解为可实施的部分,既满足用户需求,又确保技术实现的最优化(表 4)。

表 4 技术要求映射与分析

功能需求	一级技术要素	二级技术要求
保护隐私 A1	遮挡隐私部位 a1	可活动遮蔽帘 F1 隔绝皮肤接触手套 F2
恒温恒热 A2	控制水温在一定范围内 a2	温度感应器 F3 应用隔热材料 F4 电加热装置 F5
舒适防滑 A3	材料舒适,设计防滑 a3	皮肤接触面应用皮革、软布等材质 F6 脚踏、手扶等关键部位应用防滑纹理 F7 脚踏、手扶等关键部位应用防滑材质 F8
姿态调整 A4	调整躺、坐、翻身等不同姿态 a4	躺、坐、侧身等不同姿态的复合床 F9 智能调整、冗余设计手动调整 F10
柔和辅干 A5	暖风除湿风干水渍 a5	出风口、风机 F11 防水条、防水板 F12
安全提示 A6	洗浴时长安全监测 a7	启动计时功能 F13 语音安全提示 F14
方便操作 A7	人机协同、交互合理 a8	浴袋卡扣、外部把手 F15 注水排水功能 F16

3.2　构建老年人助浴床 QFD 质量屋模型

为转换用户需求到设计要素并确定设计权重，本研究创建老年助浴产品的质量屋模型。模型中，左墙体为用户功能需求，屋顶为助浴床技术要求，且功能需求与技术要求间的相关度以数值形式体现，由一个包含三位高校教师和三位设计专家的团队评分并对功能要求按照满足用户需求程度进行排序（表 5）。

表 5　老年人助浴床产品质量屋

需求要素		技术要求															
需求	重要度	A1		A2			A3			A4		A5		A6		A7	
		F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16
A1	4.85	◎	○							△							
A2	4.33			◎	△	◎									△		
A3	4.83	△				△	○	○	○	◎	△						
A4	4.96		△					△	△	◎	○					△	
A5	4.74		△									◎	△				△
A6	4.67			◎						○	△			△	△		
A7	4.92	△														○	○
权重		129	120	144	27	107	50	78	78	224	100	127	42	21	48	79	95
排序		3	5	2	15	6	12	10	10	1	7	4	13	16	14	9	8

◎、○、△分别记为 3 分、2 分、1 分，表示强相关、中等相关、弱相关关系。

技术要求权重作为衡量其重要性的指标，通过分析每个技术要求与需求要素的相关性而确定。在需求与技术关系矩阵的基础上，研究强调老年人助浴床设计的核心，并侧重于关键技术要求。此外，为每个技术要求计算具体权重值，可以确定它们的重要性和优先级。

$$H_j = \sum_{i=1}^{n} W_i R_{ij} (j = 0,1,2,3,\cdots,m) \qquad (2)$$

其中，H_j 表示第 j 个功能要求绝对权重数值，R_{ij} 代表第 i 个用户需求与第 j 个功能要求之间的关系强度，对所有技术要求权重进行排列，躺、坐、侧身等不同姿态复合床 F9，温度感应器 F3，可活动遮蔽帘 F1，出风口、风机 F11，有着较高权重的技术要求，是老年人助浴床的设计重点。

4　基于感性工学的用户外观需求改进与转化

4.1　感性词汇语义空间的建立

本研究从老年人助浴产品设计的文献、制造商、设计师及用户反馈中收集 29 个感性词汇。经过专家团队讨论、整理和合并，最终确定 7 组关键词汇（表 6）。

表 6　老年人助浴床感性词汇

序号	感性词汇	序号	感性词汇
1	圆润的－方正的	5	稳重的－失衡的
2	柔和的－硬朗的	6	亲和的－冰冷的
3	简朴的－复杂的	7	激进的－保守的
4	精致的－粗糙的		

KJ 分析法，又名 KJ-Technique 法，是一种收集和分析与研究主题相关评价、构想和观点的方法，通过逻辑和图形化的手段来呈现复杂逻辑关系[14]。收集 34 个助浴产品样本，采用 KJ 法进行处理，筛选出 14 个在外观上具有特点的样本，确保样本的广泛性和中立性（表 7）。

表 7　具有典型特征的老年人助浴床样本

样本 1	样本 2	样本 3	样本 4
			
样本 5	样本 6	样本 7	样本 8	样本 9
				
样本 10	样本 11	样本 12	样本 13	样本 14
				

应用语义差异法，为选定的 14 个老年人助浴产品样本和 7 组感性词汇创建一个七点量表，其分值范围为－3 到 3，其中－3 表示受访者的感性认知更偏向量表左侧的形容词，而 3 表示更偏向右侧的形容词（表 8）。

表 8　样本调查问卷

圆润的	－3	－2	－1	0	1	2	3	方正的
柔和的	－3	－2	－1	0	1	2	3	硬朗的
简朴的	－3	－2	－1	0	1	2	3	复杂的
精致的	－3	－2	－1	0	1	2	3	粗糙的
稳重的	－3	－2	－1	0	1	2	3	失衡的
亲和的	－3	－2	－1	0	1	2	3	冰冷的
激进的	－3	－2	－1	0	1	2	3	保守的

并构建一份老年人助浴产品的语义差异调查问卷。发出 56 份问卷，回收 51 份，其中有效问卷 45

份，分析有效问卷的数据，得到每个样本的感性词汇组的平均值(表9)。

4.2 数据分析

计算问卷中各组感性词汇的平均分，进行主成分分析，生成公因子方差表[15]。其中提取值越接近1，意味该变量的因子分析越准确有效[16]，从表10可得，“激进的”是0.761，其余均为0.9以上，为有效结果(表10)。

表9 典型样本感性词汇平均值

样本	圆润的	柔和的	简朴的	精致的	稳重的	亲和的	激进的
1	−0.33	−0.28	−0.65	−0.68	−0.35	−0.56	−0.48
2	−0.65	−0.69	−0.78	−0.89	−0.78	−0.93	−0.67
3	0.18	0.25	0.36	0.28	0.13	−0.06	−0.15
4	−1.68	−1.33	−1.03	−0.96	−0.93	−1.98	−0.83
5	−1.98	−0.95	−1.69	−1.15	−0.96	−1.35	−1.58
6	0.56	0.39	0.13	0.56	0.35	−0.21	−0.06
7	−0.36	−0.83	−0.36	−0.88	−0.49	−1.07	−1.55
8	−0.09	−0.23	−0.36	−0.58	−0.09	0.08	−0.13
9	1.13	1.35	1.54	1.78	1.28	0.65	0.65
10	1.85	1.53	1.93	0.68	0.53	0.97	0.35
11	−1.33	−0.63	−1.35	−1.58	−0.83	−0.95	−0.43
12	0.5	0.32	0.25	0.38	−0.16	−0.05	0.18
13	−0.73	−0.65	−0.34	−0.53	−0.68	−0.33	−0.28
14	−1.26	−1.3	−0.95	−1.63	−0.73	−1.53	−1.95

表10 公因子方差

	初始	提取		初始	提取
圆润的	1.000	0.923	稳重的	1.000	0.902
柔和的	1.000	0.994	亲和的	1.000	0.9
简朴的	1.000	0.922	激进的	1.000	0.761
精致的	1.000	0.909			

通过总方差解释表，可以看出主成分数目，成分1和成分2的初始特征值大于1，且累积占比分别为75.685%和90.172%，因此提取这两个成分作为主成分(表11)。

表11 总方差解释

成分	初始特征值		
	特征根	方差解释率/%	累积/%
1	5.298	75.685	75.685
2	1.014	14.488	90.172
3	0.331	4.735	94.907
4	0.191	2.723	97.629
5	0.093	1.329	98.958
6	0.044	0.63	99.589
成分	提取载荷平方和		
	总计	方差解释率/%	累积/%
1	5.298	75.685	75.685
1	1.014	14.488	90.172

成分矩阵表显示各感性词汇的排列顺序。其中，在主成分1中，“圆润的”和“简朴的”位列前两位，在主成分2中，“柔和的”和“亲和的”排在前两名(表12)。

表12 成分矩阵表

名称	成分		名称	成分	
	成分1	成分2		成分1	成分2
圆润的	0.181	0	稳重的	0.179	−0.065
柔和的	0.025	0.974	亲和的	0.179	0.07
简朴的	0.181	0.061	激进的	0.164	−0.081
精致的	0.178	−0.131			

5 老年人助浴床设计实践

5.1 老年人人机数据分析

老年人助浴床的设计，既要满足老年人机工程学的需求，也要满足通用设计的基本原则[20]。助浴床设计考虑助浴师和家属使用，需适配用户体型，确保适应性。本研究参照胡海涛对于老年人人体尺寸测量所得结果[17]，设计符合人体工程学的老年人助浴床(表13)。

表13 老年人人体尺寸测量数据

性别	身高/mm	体质量/kg	肩高/mm	肘高/mm	手功能高/mm	坐高/mm	坐姿肩高/mm	坐姿膝高/mm	坐姿肘高/mm	坐深/mm	坐宽/mm
男	1662	67	1382	1024	733	883	606	488	255	447	366
女	1523	59	1271	946	680	814	572	484	244	466	388

5.2 老年人助浴床设计策略

结合前文分析结论，老年人助浴床功能以及外观设计应遵循包容性设计、适应性设计和宜人性设计三原则。包容性设计对适老化的医疗服务流程设计具有参考价值[18]。适应性设计针对用户间人体尺寸的差异，提高产品适应性以增强使用舒适度[19]。宜人性设计原则着重于分析老年人的身体和心理需求，其助浴产品设计应侧重于安全性、舒适性、简易性以及实现干湿区域的独立分离[20]。该产品设计将设计为圆润简朴的造型以及柔和的色彩。

5.3 产品设计方案

产品设计省略分析及设计过程，功能设计方面，具备除A3外的A1-A8全部功能特征(图3)。

方案说明，图一为辅助调整姿态图；图二为保护隐私说明图；图三为老年人助浴床内壁两侧的滑轨能控制不透明遮蔽帘在竖直方向上位移，在可位移范围内，能调节至遮挡受助浴者的隐私部位上方，从而实现保护隐私的功能；图四为辅干功能；图五为倾

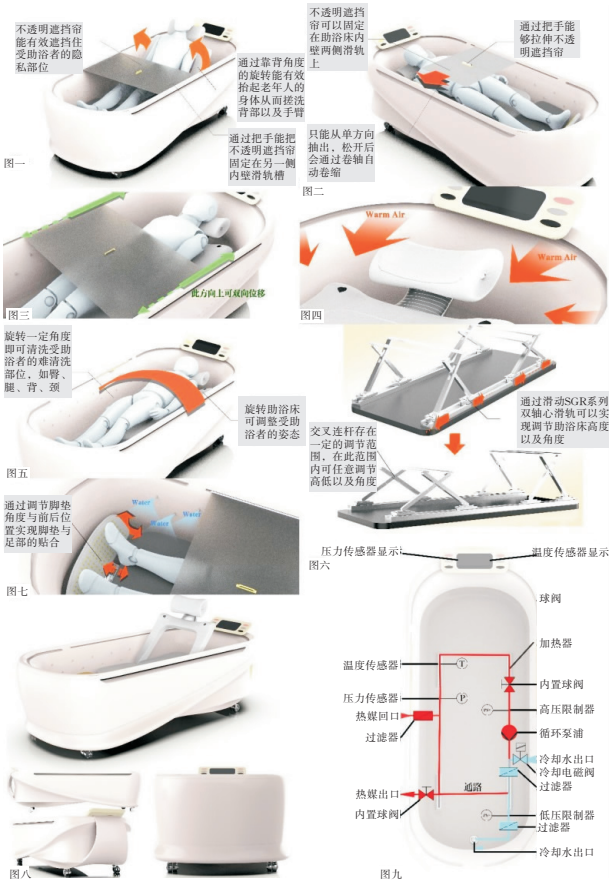

图 3　产品设计综合示意图

斜调整姿态功能；图六 SGR 系列双轴心滑轨和滑块能实现对老年人助浴床的高度、倾角、姿态调节。从而实现在不同角度下对受助浴者较难清洗部位的清洗，同时能保证老年人具有相当的舒适度，保证了助浴师在一个健康舒适的姿势下进行清洗工作，同时也节省了助浴师的体力，减少了助浴师在体力上和心理上的负担；图七两侧内壁上安有喷头能保证在助浴过程中及时补充冷热水流或者是水雾；图八为产品三视图及透视图；图九为通过在助浴床内壁安装水式模温机实现保温功能，其原理是利用循环水泵将热流体从内部装有加热器和冷却装置的机组输送至控温设备，经过用热设备后再返回至水式模温机内部重新加热或排出热水来进行降温。温度传感器将检测到的数据传送至控制面板，由控制器直接调节热流体的温度。通过以上设计既在外观上满足使用者的视觉需求与心理需求，也能在功能上满足使用者对助浴床功能的全部需求。

5.4　方案人机舒适度验证分析

为检验方案人机舒适性[22]，通过 JACK 虚拟仿真对老年人卫浴姿势进行模拟分析。分析模型身体各部位受力情况及总体疲劳度和舒适度。通过分析结果可知其中柱状图中的绿色部分越长，表示人机舒适性越好[23]。基于分析结果，可知该产品在使用舒适性方面具有较好表现。

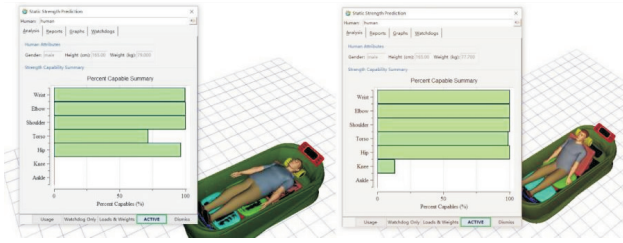

图 4　JACK 人机仿真舒适程度

5.5　模糊综合评估方案

通过建立层次结构、模糊判断矩阵和权重计算，处理决策问题中的模糊性和不确定性，以帮助决策者做出合理可靠的决策[15]。

最终方案将与另外两个方案进行评估对比，从而验证该设计流程的可行性。评估团队由三名高校老师、三名设计人员与三名老年人助浴床用户共同组成。并且选取两个成熟方案与设计方案进行对比。



图 5　方案评估对比组

通过评估团队对三个方案围绕功能是否完备、尺寸是否合适、外观是否美观、操作是否方便四个方面进行打分。它们的权值由评估团队定为 0.35，0.15，0.25，0.25，评估结果按照很好，较好，一般，较差，分别赋分为 5、3、2、1 分。根据此，建立模糊综合评价的因素集[25]。

熵权法是一种常用的多标准决策方法，用于确定各个指标在决策中的权重。其公式如下：

假设有 n 个指标，用 x_{ij} 表示第 i 个方案在第 j 个指标下的取值，其中 $i=1,2,\cdots,m$，$j=1,2,\cdots,n$。计算第 j 个指标的熵权值的公式如下：

$$E_j=\frac{1-\sum_{i=1}^{m}\left(\frac{x_{ij}}{\sum_{j=1}^{n}x_{ij}}\log\left(\frac{x_{ij}}{\sum_{j=1}^{n}x_{ij}}\right)\right)}{\log(m)} \tag{3}$$

其中 E_j 表示第 j 个指标的熵权值，m 表示方案的个数，n 表示指标的个数。x_{ij} 表示第 i 个方案在第 j 个指标下的取值。计算完所有指标的熵权值，对熵权值进行归一化处理，得到每个指标的权重[26]。通过熵权法计算得到产品 1、产品 2、产品 3 的指标权重向量 A。

确定计算指标项 U 以及平聚集 V。

$$U=\{u_1,u_2,\cdots,u_m\}$$

$$V=\{v_1,v_2,\cdots,v_m\}$$

通过 4 个指标(0.35、0.15、0.25、0.25)与 4 个评语(很好、较好、一般、较差)进行模糊综合评价,再使用主因素突出型 M(∧,∨)算子进行研究;首先由评价指标权重向量 $\boldsymbol{A}$,通过构建出 4×4 的权重判断矩阵 $\boldsymbol{R}$,最终进行分析得到 4 个评语集隶属度。产品 1、产品 2、产品 3 的权重判断矩阵分别为 $\boldsymbol{R}_1$、$\boldsymbol{R}_2$、$\boldsymbol{R}_3$。

$$\boldsymbol{R}_1=\begin{bmatrix}0.22 & 0.66 & 0.11 & 0\\ 0.77 & 0.11 & 0.11 & 0\\ 0.66 & 0.22 & 0.11 & 0\\ 0.55 & 0.22 & 0.22 & 0\end{bmatrix}$$

$$\boldsymbol{R}_2=\begin{bmatrix}0.33 & 0.44 & 0.11 & 0.11\\ 0.88 & 0.11 & 0 & 0\\ 0.11 & 0.22 & 0.55 & 0\\ 0.33 & 0.44 & 0.22 & 0\end{bmatrix}$$

$$\boldsymbol{R}_3=\begin{bmatrix}0.77 & 0.22 & 0 & 0\\ 0.88 & 0.11 & 0 & 0\\ 0.66 & 0.22 & 0.11 & 0\\ 0.66 & 0.33 & 0 & 0\end{bmatrix}$$

通过式(4)计算得到三个产品的隶属度矩阵结果。

$$\boldsymbol{B}=\boldsymbol{A}\cdot\boldsymbol{R}=(a_1,a_2,\cdots,a_m)\begin{pmatrix}r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n}\\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n}\\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots\\ r_{m_1} & r\,m_2 & \cdots & r\,m_n\end{pmatrix}=(b_1,b_2,\cdots,b_n) \tag{4}$$

模糊综合评价的综合得分,可用于对总体评价情况进行评估,针对很好、较好、一般、较差,分别赋分为 5、3、2、1 分;省略计算过程。最后根据计算得到结果:产品 1 的综合得分是 3.622,产品 2 的综合得分是 3.182,产品 3 的综合得分是 3.807。可知产品 3>产品 1>产品 2。因此验证该产出方案的有效性以及该设计流程对于设计老年人助浴产品的意义。

6 结束语

本文综合性地建立针对老年人产品需兼顾功能与心理需求的设计流程:首先通过 KANO 模型获取用户的功能需求,然后通过 QFD 质量屋实现从需求到技术的转化,并结合感性工学理论进行设计方案的制定。最后输出设计方案,运用 JACK 软件验证人机舒适度,并利用模糊综合评价法验证方案有效性。相比以前的研究,运用此设计流程,老年人产品设计能更具科学性和实用性,兼顾老年人的多重需求。

[参 考 文 献]

[1] 国务院,国务院关于印发“十四五”国家老龄事业发展和养老服务体系规划的通知 000014349/2021-00150.

[2] 马晓伟,国务院关于加强和推进老龄工作进展情况的报告[EB/OL]中国人大网,[2022-08-31]. http://www.npc.gov.cn/npc/c2/c30834/202208/t20220831_319086.html.

[3] LUO Y, SU B, ZHENG X. Trends and challenges for population and health during population aging-China, 2015-2050[J]. China CDC Weekly, 2021, 3(28): 593.

[4] 杨元,龙万里,那成爱,等.基于社区居家养老服务的上门助浴设施设计研究与实践[J].家具与室内装饰,2023,30(09):58-63.

[5] 李然,支锦亦,王江平,等.针对中国家庭失能老人洗浴椅的研究与设计[J].包装工程,2019,40(12):151-156.

[6] 周红宇,王嘉伦.基于 KANO-QFD 的适老化卫浴产品设计研究[J].包装工程,2023,44(04):150-157.

[7] 胡珊,符凯杰,蒋旭,等.基于感性工学的衣柜造型设计[J].林业工程学报,2021,6(04):176-183.

[8] 丁满,程语,黄晓光,等.感性工学设计方法研究现状与进展[J].机械设计,2020,37(01):121-127.

[9] 缪珂,杨赟.面向介助与介护老人群体的适老化沐浴设施产品设计[J].设计,2020,33(09):119-121.

[10] 林峰,吕虹漫,沈通,等.面向失能老人的助浴浴缸设计研究[J].设计,2023,36(04):130-133.

[11] 白雪,王丽.适老助浴辅具及产品标准现状[J].大众标准化,2023(16):1-3.

[12] 朱红灿,胡新,李顺利.基于 KANO 模型的政府数据开放平台用户体验要素分类研究[J].现代情报,2018,38(12):13-21.

[13] 邢志鹏.基于 KANO 模型和感性工学的适老化坐便器研究[J].家具与室内装饰,2023,30(05):86-91.

[14] 任光培,王子卿,于东玖.基于 KJ 法的餐盒可持续创新设计[J].包装工程,2018,39(08):161-165.

[15] Scientific Platform Serving for Statistics Professional 2021. SPSSPRO. (Version 1.0.11)[Online Application Software]. Retrieved from https://www.spsspro.com.

[16] 何晓群.多元统计分析[D].北京:中国人民大学出版社,2012.

[17] 胡海滔,李志忠,肖惠,等.北京地区老年人人体尺寸测量[J].人类工效学,2006(01):39-42.

[18] 白仲航,胡欣,李雄飞,等.基于包容性的适老化服务设计研究[J].包装工程,2023,44(02):113-121.

[19] 丁福鸿,王选政.具身认知视角下的老年助行产品设计研究[J].包装工程,2023,44(S1):70-78.

[20] 沈永坤.老人卫浴宜人性设计[J].中国新技术新产品,2021(15):90-92.

[21] 胡飞,张曦.为老龄化而设计:1945 年以来涉及老年人的设计理念之生发与流变[J].南京艺术学院学报(美术与设计),2017(06):33-44.

[22] 李晓英,赵安琪.口腔医生坐姿改良座椅人机工程设计[J].机械设计,2023,40(11):170-176.

[23] ZHANG JIAN-MING, LUO BING.Man-machine-environment virtual design and JACK simulation of rosa roxburghii picking machine[J]. E3S Web of Conferences, 2020, 179: 01007.
[24] 王美慧，唐德善，尚静.改进模糊综合评价模型在长江三角洲地区农业用水效率评价中的应用[J].水电能源科学，2021，39(09)：58-62.
[25] 程启月.评测指标权重确定的结构熵权法[J].系统工程理论与实践，2010，30(07)：1225-1228.

Research on the Design of Elderly Bathing Products Based on KANO-QFD Model and Perceptual Engineering

GUO Lyuxin[1], SHI Yuanwu[2], FENG Zejin[2]
(1 *School of Industrial Design, Hubei Univ. of Tech., Wuhan* 430068, *China*;
2 *College of art and design, Wuhan Textile Univ., Wuhan* 430200, *China*)

Abstract: This study aims to design bathing products that consider the functional and emotional needs of the elderly. First, by combining the KANO model and the QFD model, the user requirements were obtained and transformed into engineering elements. Second, the perceptual engineering theory is used to meet the perceptual needs of product design. Third, combined with ergonomic data, and the analysis of the user's behavior state and material structure, a reasonable and scientific design strategy of the elderly bathing products was produced. Results show that a bathing product that takes into account the functional and emotional needs of the elderly for bathing beds was designed, and the design verification was carried out by JACK simulation and fuzzy comprehensive evaluation method. The scientificity and effectiveness of the design process have been verified and can provide reference significance for the future design of elderly bathroom products.

Keywords: KANO; QFD; kansei engineering; JACK human-machine simulation; FCE Method

[责任编校：闫　品]

(上接第 64 页)

Analysis of Spatiotemporal Characteristics and Influencing Factors of Carbon Emission Intensity in the Construction Industry of the Yangtze River Economic Belt

YU Yi, HU Erqin
(*School of Science,. Hubei Univ. of Tech., Wuhan* 430068, *China*)

Abstract: This paper employs night-time light data to estimate carbon emissions from the construction industry(CECI) across 11 regions within the Yangtze River Economic Belt (YREB) between 2004 and 2022. The Theil index is employed for the purpose of analyzing the spatial disparities in the intensity of CECI (ICECI). Moreover, the GTWR model is employed to examine the spatio-temporal heterogeneity of its influencing factors. The findings show that while the aggregate CECI in the YREB has exhibited an annual increase over the period from 2004 to 2022, the overall ICECI has generally decreased. A comparison of the Theil indices across regions reveals that the disparities in the ICECI within different parts of the YREB initially exhibited a gradual increase, followed by a subsequent decrease and an eventual increase. Notable spatiotemporal differences exist in the impact of various elements on the ICECI in the YREB. Specifically, the upstream region is primarily influenced by factors such as population size, urbanization rate, energy intensity, and technological support. The midstream region is mainly affected by per capita construction area and energy structure, whereas the downstream region is significantly influenced by the total output value of the construction industry and labor efficiency.

Keywords: CECI; nighttime light data; Theil index; GTWR

[责任编校：闫　品]