

基于 AHP、QFD 与 AD 的居家适老座椅设计研究

戴宇轩¹, 章彰¹, 陈宁峰¹, 唐琳²

(1.华东理工大学, 上海 200237; 2.红星美凯龙家居集团股份有限公司, 上海 201106)

摘要: **目的** 在老年人的居家养老生活中,“坐”是他们日常最主要的行为之一,运用 AHP、QFD 及 AD 等方法,最终实现居家型适老化座椅的创新设计研究。**方法** 综合分析适老化家具市场现状,明确了设计缺口,实地调研挖掘用户需求,运用 AHP 确定目标用户需求权重, QFD 确定设计需求权重,最后使用 AD 对 QFD 进行修正,以补充设计方案策略评价中的不足;通过构建相关产品功能概念矩阵,设计一款满足老年人生理及心理需求的居家适老化座椅。**结论** 明确了用户需求,分析了适老化座椅的设计特征,设计出一款座椅产品;借助适老化功能座椅实际模型,验证 AHP、QFD、AD 方法的可靠性与安全性,为适老化座椅系列产品设计研究提供了一定的参考依据,为未来开发适老化家具提供了研究思路。

关键词: AHP; QFD; AD; 居家养老; 座椅

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2022)20-0228-09

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2022.20.025

Design of Home-suitable Seat for the Elderly on AHP, QFD and AD

DAI Yu-xuan¹, ZHANG Zhang¹, CHEN Ning-feng¹, TANG Lin²

(1.East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China;

2.Red Star Macalline Group Corporation Ltd, Shanghai 201106, China)

ABSTRACT: In the elderly's home care life, "sitting" is one of their most important daily behaviors. This study aims to use AHP, QFD and AD methods to finally realize the innovative design of home-type seats for the elderly. The current situation of the age-appropriate furniture market is analyzed comprehensively and the design gaps are clarified. Field research is used to explore user needs, AHP is used to determine the weight of target user needs, QFD is used to determine the weight of design requirements, and finally AD is used to modify QFD to supplement the design strategy evaluation. By constructing a functional concept matrix of related products, a home-friendly seat that meets the physical and psychological needs of the elderly is designed. The user needs are clarified, the design features of age-adaptable seats are analyzed, and a seat product is designed; with the aid of the actual model of functional seats for the elderly, the reliability and safety of AHP, QFD, and AD methods are verified, which provides a certain reference for the design and research of the seat series products for the elderly and research ideas for the future development of furniture for the elderly.

KEY WORDS: AHP; QFD; AD; home care for the aged; seat

截至 2019 年底,全国 60 岁以上老年人口高达 2.54 亿人,约占总人口数的 18.1%^[1]。随着人口老龄化加剧,设计符合老年人身心需求的家具是提高老年

人居家生活质量的关键。目前居家养老是我国最主要的养老模式,还包括机构养老模式、混合型养老模式^[2]。本研究主体为 65~75 岁的老年用户,该类用户拥有一

收稿日期: 2022-05-22

基金项目: 2020 年上海市浦江计划 (2020PJC026); 华东理工大学设计与艺术研究所科研基地专项基金; 2022 年上海市高峰高原研究团队项目“社会创新与绿色设计研究”; 2022 年上海梦基金项目; 2022 年上海市文教结合项目“海派绘画数字化传播与创新设计工作室”(2022shwj08); 2022 年上海市促进文化创意产业发展财政扶持资金拟支持项目(第一批)上海设计创新型城市评价指标体系研究(2022020026-V0)

作者简介: 戴宇轩(1998—),男,硕士生,主攻服务设计、用户数据分析、人机工程与产品设计。

通信作者: 章彰(1986—),女,博士,副教授,主要研究方向为家具设计、设计管理与产品服务体系设计。

定的自主活动能力, 身体机能正在逐步衰退, 坐起过程中存在一定困难, 需要借助支撑完成相关活动。相关家具最为贴近老年人的日常生活, 能够辅助完成相关活动^[3]。但目前市面上的辅助座椅都过于笨重, 体量感较大, 机械冷冰^[4], 容易引起老年人内心情绪波动, 甚至产生自卑、失落或孤独感^[5]。本研究运用定量与定性相结合的方式, 探索满足人机功能显性需求及用户心理隐性需求的居家座椅。

1 用户需求分析

本阶段对现有适老化家具产品进行分析并查阅了相关文献, 为进一步了解目标用户需求, 研究人员

前往上海桂林公园、徐汇斜土路敬老院进行实地调研。通过实地访谈目标年龄层的老年人, 对市面上现有的适老化产品以及居家养老家具的使用体验进行分析, 着重观察目标老年人与桌椅的交互关系^[6]。绘制 15 位老年用户的任务画像, 并通过综合分析上述老年用户画像的交互体验感受, 得到适老化座椅的用户需求。

通过对现有适老化产品及相关文献的整理, 得到外观、功能、价格、操作与心理共五个需求层面的评价标准; 将五个需求层面作为准则层 ($A_1 - A_5$), 通过对目标老人的需求进行归纳总结, 得到 24 个适老化座椅具体指标层 ($a_1 - a_{24}$)^[7], 如图 1 所示。

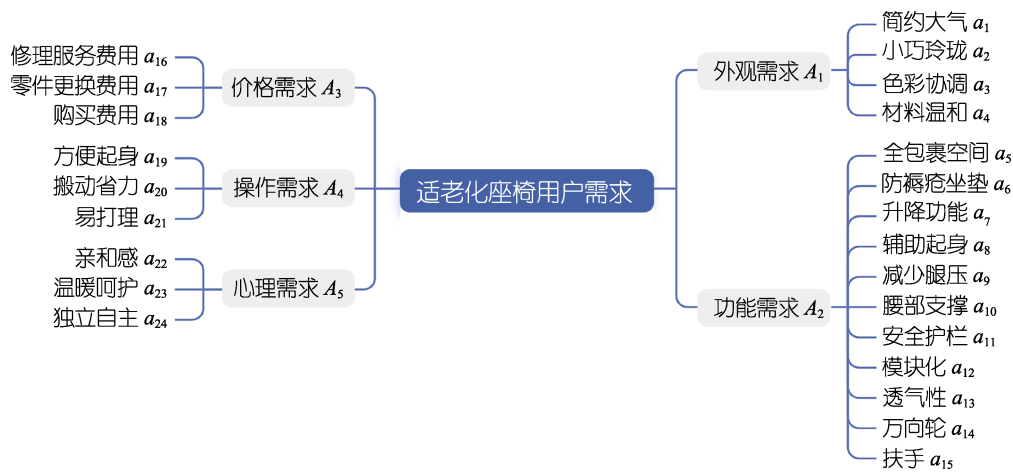


图 1 适老化座椅用户需求图

Fig.1 Hierarchy diagram of target user requirements

2 基于 AHP、QFD 及 AD 的适老化座椅设计流程

2.1 AHP 方法概述

AHP (Analytic Hierarchy Process) 最初由匹茨堡大学的美国运筹学家萨蒂教授于 1971 年提出。通过将决策问题相关因素逐级分解, 对相关决策进行分析^[8]。在与人体相关的产品设计中, AHP 常用于构建相关因素之间的层次结构、判断矩阵, 继而求出相应层级中各类需求因素所对应的权重, 最后经过综合分析求出总体目标的综合权重。

2.1.1 基于 AHP 的用户需求权重分析

AHP 根据相关需求之间的重要程度, 构建比较判断矩阵并进行一致性检验, 得出不同需求层所对应的权重值。萨蒂教授对目标用户需求的准则层与指标层进行相互比较, 提出 9 个重要性等级^[9]。根据指标层相对重要性程度, 采用二元对比法对同一层的指标进行互相比并赋值, 相关重要性比较数值由 1~9 及非零数值对应倒数组成^[10]。

本文针对目标用户需求指标设计 AHP 调查问卷。邀请 5 位设计相关从业人员和 15 位工业设计领域

专家对所整理的需求进行两两比较, 请他们对上述适老化座椅相关需求进行对比打分, 并构建相关判断矩阵:

$$B = (b_{ij})_{n \times n} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & b_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中, b_{ij} 为指标 A_i 和指标 A_j 相比较, 在同一指标层下, 任意两个指标相关重要性的比较数值。由于矩阵 B 为正互反矩阵, 故 $b_{ij} > 0, b_{ii} = 1, b_{ij} = \frac{1}{b_{ji}}, (i, j = 1, 2, \dots, n)$

将相关判断矩阵 B 中的每一列进行归一化处理, 得到矩阵 $C = (C_{ij})_{n \times m}$, 其中:

$$c_{ij} = \frac{b_{ij}}{\sum_{i=1}^n b_{ij}} (i, j = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

将按列归一化处理的矩阵 C 按行相加求和:

$$d_i = \sum_{j=1}^n c_{ij} (i, j = 1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

将向量 $D = (d_1, d_2, \dots, d_n)$ 进行归一化处理, 得到各指标的权重 $\omega_i (i = 1, 2, \dots, n)$, 其中:

$$\omega_i = \frac{d_i}{\sum_{i=1}^n d_i} (i = 1, 2, \dots, n); \text{ 且 } \sum_{i=1}^n \omega_i = 1 \quad (4)$$

计算判断矩阵的最大特征值 $\lambda_{\max}$ ，用于判断矩阵的一致性：

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{\omega_i} (i = 1, 2, \dots, n), \text{ 其中 } (AW)_i \text{ 为向}$$

量 AW 的第 i 个分量。
进行归一化处理后，计算一致性指标：
 $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$ 。通过对一致性比率 CR 的计算以验证一致性，当 $CR = \frac{CI}{RI} < 0.1$ 时，判断矩阵服从一致性检验，权重有效。判断矩阵 RI 取值如表 1 所示。

表 1 判断矩阵 $R/$ 值
Tab.1 Judgment matrix RI value

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.52

2.1.2 适老化座椅用户需求权重分析

本阶段通过实地用户访谈以及对适老化产品的整理分析，收集到适老化座椅的用户需求，运用 AHP 层次分析法对适老化座椅的用户需求进行权重分析。

首先邀请 20 位专家对适老化座椅相关需求进行 9 个重要性等级的比较评价，将评价后的结果构建相关判断矩阵，通过归一化处理得到适老化座椅一、二级指标，以此计算判断矩阵用户需求的权重值，如表 2—表 7 所示。

表 2 一级指标判断矩阵
Tab.2 Primary indicator judgment matrix

需求目标	外观需求	功能需求	价格需求	操作需求	心理需求	权重 ω_{1i}
外观需求	1	1/3	2	1/3	1/3	0.104 8
功能需求	3	1	3	1	5	0.347 0
价格需求	1/2	1/3	1	1/3	1/3	0.078 6
操作需求	3	1	3	1	3	0.305 6
心理需求	3	1/5	3	1/3	1	0.164 0

表 3 外观需求所属二级指标判断矩阵
Tab.3 Judgment matrix for secondary indicators of appearance requirements

外观需求	简约大气	小巧玲珑	色彩协调	材料温和	权重 ω_{2i}
简约大气	1	1/2	1/3	1/5	0.088 0
小巧玲珑	2	1	1/3	1/5	0.123 9
色彩协调	3	3	1	1	0.345 0
材料温和	5	5	1	1	0.443 1

表 4 功能需求所属二级指标判断矩阵
Tab.4 Judgment matrix for secondary indicators of functional requirements

功能需求	全包裹空间	防褥疮坐垫	升降功能	辅助起身	减少腿压	腰部支撑	安全护栏	模块化	透气性	万向轮	扶手	权重 ω_{3i}
全包裹空间	1	1/5	3	1/5	1/3	3	3	3	3	2	3	0.111 3
防褥疮坐垫	5	1	2	3	1	2	2	3	3	2	2	0.164 2
升降功能	1/3	1/2	1	1/5	1/2	1/2	1/3	1/2	1/2	1/2	1/2	0.037 3
辅助起身	5	1/3	5	1	1/3	5	3	2	2	2	3	0.149 7
减少腿压	3	1	2	3	1	2	3	3	3	2	2	0.158 3
腰部支撑	1/3	1/2	2	1/5	1/2	1	1/2	1/2	2	2	2	0.064 9
安全护栏	1/3	1/2	3	1/3	1/3	2	1	2	1/3	2	1	0.068 1
模块化	1/3	1/3	2	1/2	1/3	2	1/2	1	1/3	1/3	1/3	0.045 3
透气性	1/3	1/3	2	1/2	1/3	1/2	3	3	1	2	2	0.079 4
万向轮	1/2	1/2	2	1/2	1/2	1/2	1/2	3	1/2	1	1/2	0.056 8
扶手	1/3	1/2	2	1/3	1/2	1/2	1	3	1/2	2	1	0.064 7

表 5 价格需求所属二级指标判断矩阵
Tab.5 Judgment matrix for secondary indicators
of price demand

价格需求	维修服务 费用	零件更换 费用	购买费用	权重 ω_{4i}
维修服务费用	1	2	1/2	0.311 9
零件更换费用	1/2	1	1/2	0.197 6
购买费用	2	2	1	0.490 5

表 6 操作需求所属二级指标判断矩阵
Tab.6 Judgment matrix for secondary indicators
of operation requirement

操作需求	方便起身	搬动省力	易打理	权重 ω_{5i}
方便起身	1	1	2	0.387 3
搬动省力	1	1	3	0.442 9
易打理	1/2	1/3	1	0.169 8

表 7 心理需求所属二级指标判断矩阵
Tab.7 Judgment matrix for secondary indicators
of psychological needs

心理需求	亲和感	温暖呵护	独立自主	权重 ω_{6i}
亲和感	1	1/2	1	0.261 1
温暖呵护	2	1	1	0.411 1
独立自主	1	1	1	0.327 8

计算最大特性值 $\lambda_{\max 1-6}$ ，一致性比率 CR_{1-6} ，以检验判断矩阵的一致性，经查表 2，由公式计算 CR ，相关数值见表 8。

从表中可知， CR_{1-6} 均小于 0.1，故判断矩阵具有一致性，权重有效，将权重 ω_{1-6i} 进行归一化处理，得到用户需求的综合权重值，用户需求权重优先级如图 2 所示。

表 8 最大特性值
Tab.8 Maximum characteristic value

最大特性值 $\lambda_{\max}$	$\lambda_{\max 1}$	$\lambda_{\max 2}$	$\lambda_{\max 3}$	$\lambda_{\max 4}$	$\lambda_{\max 5}$	$\lambda_{\max 6}$
数值	5.373 3	4.093 5	12.512 4	3.053 7	3.018 3	3.053 7
一致性比率 CR	CR_1	CR_2	CR_3	CR_4	CR_5	CR_6
数值	0.083 3	0.034 6	0.099 5	0.046 3	0.015 8	0.046 3

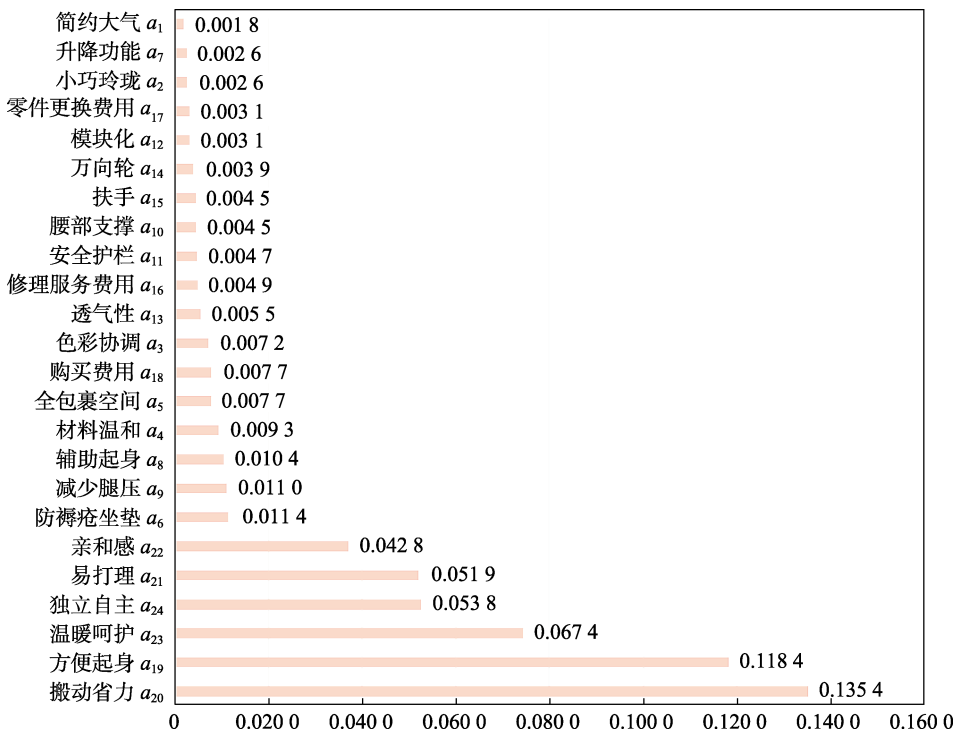


图 2 用户需求权重优先级图
Fig.2 User demand weight priority

2.2 QFD 方法概述

日本教授赤尾洋二和水野滋于 20 世纪 60 年代末提出 QFD (Quality Function Deployment)，即质量功

能展开方法。通过不断修正，质量功能展开 (QFD) 能够不断明确顾客需求和需求的过程，并将这些需求转化为技术特征，使每个功能领域和组织层面都能理解，从而实现对目标的改进^[11]。质量屋是质量功能展

开方法的核心要素,包括目标用户需求、相关设计需求、目标用户需求、相关设计需求的关系矩阵等^[12]。本方法能够保障最终产品满足用户需求。

2.2.1 基于 QFD 的设计需求分析

在 QFD 方法中,设计需求是构建质量屋模型的核心组成部分^[13]。基于用户需求及适老化座椅的产品特性,对适老化座椅的相关设计需求进行综合分析,从外观需求 E_1 、功能需求 E_2 、操作需求 E_3 、人机关系 E_4 四个方面分析得到适老化座椅的设计需求,适老化座椅设计需求见表 9。

2.2.2 适老化座椅设计需求权重分析

通过层次分析法得到的目标用户需求权重值,建立适老化座椅设计需求质量屋,根据 20 位专家小组对用户需求 (UR) 及设计需求 (DR) 之间关系的分析,得出关系矩阵 E , 如表 10 所示。

表 9 设计需求
Tab.9 Design requirements

一级设计需求	二级设计需求
外观需求 E_1	外观配色外观需求 e_1
	材料工艺外观需求 e_2
功能需求 E_2	散热功能需求 e_3
	辅助坐立功能需求 e_4
	缓解压力功能需求 e_5
操作需求 E_3	便于清理操作需求 e_6
	搬运便捷操作需求 e_7
人机关系 E_4	安全防护 e_8
	坐压分布 e_9

表 10 目标用户需求——设计需求关系矩阵
Tab.10 Target user needs-design demand relationship matrix

		E_1		E_2			E_3		E_4		用户需求 权重
		e_1	e_2	e_3	e_4	e_5	e_6	e_7	e_8	e_9	
A_1	a_1		□	□			□	□		△	0.001 8
	a_2		□	□						△	0.002 6
	a_3	■									0.007 2
	a_4		■	■	□	□	□	□	□		0.009 3
A_2	a_5		□	■				△	□	□	0.007 7
	a_6		■	■			△			□	0.011 4
	a_7		□	△	■		△	△	△	△	0.002 6
	a_8		□		■				■	■	0.010 4
	a_9		□			■			△	□	0.011 0
	a_{10}		□		■	■			□	□	0.004 5
	a_{11}		△		△	△			■	△	0.004 7
	a_{12}	□	△	△			□	□		△	0.003 1
	a_{13}		■	■			△			△	0.005 5
	a_{14}							■		□	0.003 9
	a_{15}				■			■	△	△	0.004 5
A_3	a_{16}		□								0.004 9
	a_{17}		□								0.003 1
	a_{18}		□								0.007 7
A_4	a_{19}			■	■					□	0.118 4
	a_{20}						■	■		△	0.135 4
	a_{21}		△				■	△		△	0.051 9
A_5	a_{22}	■							□	□	0.042 8
	a_{23}								■	■	0.067 4
	a_{24}				■		□	□	△	■	0.053 8
设计需求权重		0.259 3	0.359 6	0.188 4	1.003 6	0.702 1	1.160 0	0.985 2	0.677 3	1.469 2	

注: ■、□、△分别对应用户需求及设计需求之间的关系程度,其中“■”代表强烈相关,取值为 5;“□”代表中等相关,取值为 3;“△”代表微弱相关,取值为 1,二者需求无相关则不进行标记,取值为 0。

采用 F_j 表示设计需求 DR_j 的重要程度, f_j 表示相对重要程度, w_i 为第 i 个用户需求的权重, E_{ij} 为两者所对应的关系数值:

$$F_j = \sum_{i=1}^n w_i \times E_{ij} (i, j = 1, 2, \dots, n) \tag{5}$$

$$f_j = \frac{F_j}{\sum_{j=1}^n F_j} (j = 1, 2, \dots, n) \tag{6}$$

将计算得出的相关设计需求重要程度经规范化后排序如图 3 所示, 根据适老化座椅功能需求的优先级构建功能需求模型, 主要功能需求模型由便于清理、辅助坐立、搬运便捷、坐压分布、材料工艺、安全防护组成。

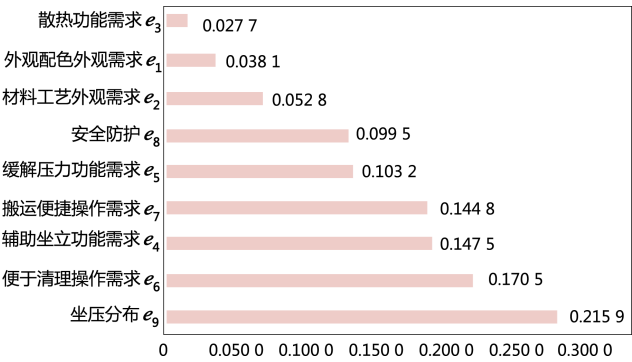


图 3 设计需求权重优先级图
Fig.3 Design requirement weight priority

2.3 AD 方法概述

AD (Axiomatic Design) 由美国麻省理工学院 Nam Pyo Suh 教授于 1990 年在著作《The Principles of Design》中提出^[14]。AD 旨在将用户需求映射到相关域值中, 通过公理化设计为设计师构建最优解。

2.3.1 基于 AD 的设计参数分析

对 QFD 中权重相对较高的相关设计需求进行定义并对应功能域中的功能需求 (FR), 与满足适老化座椅具体功能需求的设计参数 (DP) 构成对应物理域, 继而检验设计矩阵是否满足独立性公理^[15]。

基于 AD 设计理论, 将适老化座椅功能域中的功能需求 FR_s 与物理域中的设计参数 DP_s 进行映射, 二者之间的映射关系公式为:

$$\{FR\} = [G] \times DP \tag{7}$$

其中 $[G]$ 为设计矩阵, 使用 G_{ij} 表示适老化座椅功能需求 FR_i 与设计参数 DP_j 的关联程度:

$$FR_i = \sum_{j=1}^n G_{ij} \times DP_j \tag{8}$$

$$G_{ij} = \frac{\partial FR_i}{\partial DP_j} \tag{9}$$

式中, $i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$; 其中 n 对应表

示功能需求 (FR) 的数量, m 对应表示设计参数 (DP) 的数量。

一般设计矩阵 G_{ij} 有如下三种表现形式:

对角矩阵 (非耦合设计): $\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$; 三角矩阵

(解耦设计): $\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$;

一般矩阵 (耦合设计): $\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$

设计矩阵 G_{ij} 中通常用 1 或者 0 表示二者之间的关联程度, 1 表示强相关, 0 表示弱相关; 当设计矩阵 G_{ij} 为对角矩阵或者三角矩阵时, 设计矩阵满足独立性公理, 可以继续进行研究; 反之为一般矩阵时, 则不满足独立性公理^[16]。因此, 需要对适老化座椅的功能需求与设计参数进行调整。

在进行适老化座椅设计过程中, 需要确保相应方案满足独立性公理。相应设计方案中的信息含量越少, 所对应的设计方案水准越高^[17]。对适老化座椅的功能需求 FR_i 而言, 设计方案的信息量 I_i 是满足对应功能需求 FR_i 概率 P_i 的对数函数, 对应计算公式:

$$I_i = -\log_2 P_i = \log_2 \frac{1}{P_i} \tag{10}$$

在有 n 个适老化座椅的功能需求 FR_s 的功能域中, 适老化座椅设计方案的信息总量 I_{sys} 为:

$$I_{sys} = \sum_{i=1}^n I_i = -\sum_{i=1}^n \log_2 P_i \tag{11}$$

2.3.2 适老化座椅设计参数分析

基于质量功能展开法计算得到重要程度较高的设计需求, 将其确定为适老化座椅的功能需求。针对各项适老化座椅功能需求, 结合 20 位专家小组的设计意见, 制定出满足相应设计需求的适老化座椅设计参数, 适老化座椅功能需求与设计参数如表 11 所示。

表 11 适老化座椅功能需求与设计参数对照表
Tab.11 Comparison table of functional requirements and design parameters for seats for the elderly

功能需求 FR	设计参数 DP
FR ₁ 便于清理	DP ₁ 半开放系统
FR ₂ 辅助坐立	DP ₂ 助力起身装置
FR ₃ 搬运便捷	DP ₃ 搬运装置
FR ₄ 坐压分布	DP ₄ 膝腘窝支撑装置
FR ₅ 材料工艺	DP ₅ 坐垫装置
FR ₆ 安全防护	DP ₆ 防护系统

将适老化座椅对应功能域中的功能需求 FR_5 与对应物理域中的设计参数 DP_5 进行对比映射, 根据式 (7) — (9), 得到功能需求与设计参数之间的映射关系矩阵 G 为:

$$G = \begin{bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \\ FR_3 \\ FR_4 \\ FR_5 \\ FR_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \\ DP_3 \\ DP_4 \\ DP_5 \\ DP_6 \end{bmatrix}$$

设计矩阵 G 为对角矩阵, 属于非耦合设计, 满足独立性公理, 故所提出的设计参数相对合理, 可以为后续设计提供支撑依据。

2.3.3 适老化座椅设计最佳方案选择

在功能需求 (FR_3 搬运便捷、 FR_5 材料工艺) 的设计参数 (DP_3 搬运装置、 DP_5 坐垫装置) 映射中, 细分为 DP_{3-1} 抓握搬运装置、 DP_{3-2} 万向轮装置; DP_{5-1} 防褥疮凝胶坐垫、 DP_{5-2} 乳胶坐垫, 通过式 (10) — (11) 计算信息量 I_i , 从而确定信息量最小的最优组合方案。借助模糊信息公理对以上细分的设计参数进行信息量计算, 通过材料成本、可落地性、可靠性、

安全性进行综合评价, 各个设计参数的信息量 I_i 如表 12 所示。

表 12 各设计参数的信息量 I_i
Tab.12 Amount of information of each design parameter I_i

	DP_{3-1}	DP_{3-2}	DP_{5-1}	DP_{5-2}
DP_j	抓握搬运装置	万向轮装置	防褥疮凝胶坐垫	乳胶坐垫
I_i	2.059 5	2.229 4	1.059 5	1.644 5

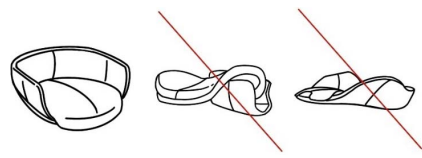
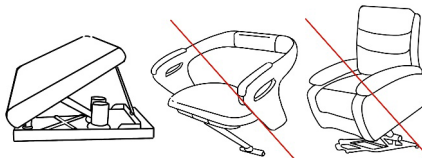
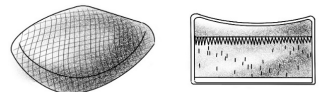
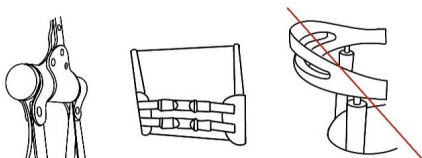
由 I_i 值可知, 在坐垫装置设计参数中, 防褥疮凝胶坐垫的设计方案信息量较小; 在搬运装置设计参数中, 抓握搬运装置的设计方案信息量较少, 因此防褥疮凝胶坐垫、抓握搬运装置的组合设计方案信息量最小, 与其余设计参数结合后为最佳设计方案。

3 适老化座椅功能定位及设计实践

3.1 产品功能概念矩阵

基于上述方法得到的设计方案, 进行适老化座椅设计实践。针对 6 种设计参数, 提出 17 种设计功能概念结构, 继而进行产品功能概念矩阵筛选, 如表 13 所示。

表 13 产品功能概念矩阵
Tab.13 Product function concept matrix

设计参数	设计功能概念结构	设计参数	设计功能概念结构
半开放系统		膝腘窝支撑装置	
助力起身装置		防褥疮凝胶坐垫	
抓握搬运装置		防护系统	

对于适老化座椅服务居家养老模式下的老年人群体, 由上述构建的产品功能概念矩阵分析可得: 在半开放系统中, 选取半包围形式的结构, 便于老年人对椅子进行清扫打理。老年人坐起的过程中, 通常需要家属进行搀扶, 为了满足老年人独自坐起的需求、克服对机器的恐惧心理, 舍弃了将整个座椅抬起的形式, 选取了仅将坐垫抬起的设计方式。因为座椅在日常生活中存在移动需求, 为实现搬运功能, 因此在减

轻座椅自重的同时, 舍弃了传统木制结构的抓握扶手, 选取了皮质软抓握搬运结构。膝腘窝支撑装置舍弃复杂曲面转折的形式, 选取符合老年人坐姿形态的最简支撑方式, 满足了老年人对于简约生活的心理需求。防褥疮凝胶坐垫选取了散热性较好的凝胶材质, 当老年人久坐时, 凝胶坐垫分散坐压, 臀部热量、湿气得以及时散出, 避免产生褥疮。老年人在居家生活中, 更倾向于有包裹感的居家产品, 因此在防护系统

的设计中,通过限制老年人横向移动,从而实现防护安全。

3.2 适老化座椅设计方案

基于 AHP、QFD、AD 方法对适老化座椅功能的筛选,结合目标用户的需求以及专家小组的建议,完善适老化座椅的设计研究。通过与人机工程师的探讨,以男性老年人群体为例,计算满足目标人体尺寸的适老化座椅尺寸范围^[18]。其中目标老年人群体的第 95 百分位数人体坐高、小腿加足高和坐姿肘高尺寸数据分别为:909 mm、432 mm、291 mm;所对应的适老化座椅靠背高度、座面高度和扶手高度尺寸范围分别为:849~889 mm、435~458 mm、291~309 mm^[19]。

继而进行居家适老座椅的电脑 3D 建模、渲染,最终设计方案如图 4、图 5 所示。



图 4 适老化座椅效果图
Fig.4 Effect picture of suitable aging seat



图 5 适老化座椅效果图(辅助坐起)
Fig.5 Effect picture of suitable seat for the elderly (assisted sitting up)

该设计方案以木材作为座椅主框架,坐、靠垫选取浅棕色丝绒布料,烘托了温馨的生活氛围。借助藤编半包裹围栏,在确保透气性的同时营造出包裹感,给老年人一种视觉和心理上的安全感,靠背贴合人体脊柱曲线,为老人的后腰提供依托,减少久坐疲劳感。座面部分的辅助起身结构为物理结构,老人准备起身时大腿前部用力,整个坐垫同时上抬,为老人起身提

供助力,同时使用了防褥疮的新型材料,在一定程度上为久坐老人减轻了褥疮的伤病困扰。

4 结语

随着全社会老龄化问题的出现,老年人养老已经成为眼下及将来不可规避的社会难题之一。本研究以适老化座椅为研究目标,综合分析适老化家具市场的产品并明确设计缺口,实地访谈挖掘用户需求,引入 AHP、QFD 和 AD 创新研究方法,产出设计参数,构建产品功能概念矩阵,筛选设计功能概念结构,最终得到适老化座椅设计方案。本研究借助创新理论研究方法进行适老化座椅功能筛选,最终的设计方案,为今后适老化座椅系列产品提供了一定的参考依据。由于受到客观因素的限制,后续将在用户访谈与专家小组测评过程中扩大人员数量,补充更多研究数据以保障结果的客观性,增加相关坐起辅助实验,进一步完善居家适老座椅的设计研究。

参考文献:

- [1] 原新. 积极应对人口老龄化——从国情形势、行动实践到国家战略[J]. 人口与健康, 2021(4): 46-49.
YUAN Xin. Actively Respond to the Aging Population—From National Situation, Action Practice to National Strategy[J]. Population and Health, 2021(4): 46-49.
- [2] 王梓涵, 傅金辉. 基于情境法的卧室柜类家具适老化设计研究[J]. 包装工程, 2020, 41(18): 189-198, 206.
WANG Zi-han, FU Jin-hui. Suitable for Aging Design of Bedroom Cabinet Furniture Based on Situation Law[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(18): 189-198, 206.
- [3] 蔡媛, 周小儒. 探究老年人家居产品的适老化设计[J]. 居舍, 2019(1): 81-82.
CAI Yuan, ZHOU Xiao-ru. Explore the Aging-Suitable Design of Household Products for the Elderly[J]. Dwelling, 2019(1): 81-82.
- [4] 孙树淇, 金鑫, 黄阳露. 老年人助力起身座椅设计研究[J]. 工业设计, 2020(1): 157-158.
SUN Shu-qi, JIN Xin, HUANG Yang-lu. Research on Design of Elderly Powered Uplifting Seat[J]. Industrial Design, 2020(1): 157-158.
- [5] 干珑. 适老家具人性化设计的探析与实践[J]. 装饰, 2016(10): 134-135.
GAN Long. The Analysis and Practice on Humanized Furniture Design for Old People[J]. Art & Design, 2016(10): 134-135.
- [6] 章彰. 大数据背景下家具设计研究新范式: 方法、工具、路径[J]. 家具与室内装饰, 2021(05): 78-82.
ZHANG Zhang. New Paradigm of Furniture Design Research in the Context of Big Data: Methods, Tools, Paths[J]. Furniture & Interior Design, 2021(05): 78-82.

- [7] 陈宁峰, 章彰, 戴宇轩. 基于 INPD 与熵权法的居家适老护理床设计研究[J]. 包装工程, 2022, 43(14): 107-114+138.
CHEN Ning-feng, ZHANG Zhang, DAI Yu-xuan. Study on Design of Aging Care Bed Based on INPD and Entropy Weight Method[J]. Packaging Engineering, 2022, 43(14): 107-114+138.
- [8] 张炳江. 层次分析法及其应用案例[M]. 北京: 电子工业出版社, 2014.
ZHANG Bing-jiang. Analytic Hierarchy Process and Its Application Cases[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2014.
- [9] 邓雪, 李家铭, 曾浩健, 等. 层次分析法权重计算方法分析及其应用研究[J]. 数学的实践与认识, 2012, 42(7): 93-100.
DENG Xue, LI Jia-ming, ZENG Hao-jian, et al. Research on Computation Methods of AHP Wight Vector and Its Applications[J]. Mathematics in Practice and Theory, 2012, 42(7): 93-100.
- [10] 王智远, 李国栋, 王勇华. 基于 AHP-TOPSIS 的桥梁设计方案优选决策模型[J]. 吉林大学学报(工学版), 2017, 47(2): 478-482.
WANG Zhi-yuan, LI Guo-dong, WANG Yong-hua. Optimization Decision Model for Bridge Design Based on AHP-TOPSIS[J]. Journal of Jilin University (Engineering and Technology Edition), 2017, 47(2): 478-482.
- [11] ROSNANI G, AULIA I, ALFIN F M, et al. Product Development with Quality Function Deployment (QFD): A Literature Review[J]. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, 1003(1): 12022-.
- [12] 陈以增, 唐加福, 侯荣涛, 任立义. 基于质量屋的产品设计过程[J]. 计算机集成制造系统-CIMS, 2002, 8(10): 757-761.
CHEN Yi-zeng, TANG Jia-fu, HOU Rong-tao, et al. Product Development Process Based on House of Quality[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2002, 8(10): 757-761.
- [13] 苏建宁, 魏晋. 基于 AHP/QFD/TRIZ 的玫瑰花蕾采摘机设计[J]. 机械设计, 2020, 37(8): 121-126.
SU Jian-ning, WEI Jin. Design of Rose Buds Picking Machine Based on AHP/QFD/TRIZ[J]. Journal of Machine Design, 2020, 37(8): 121-126.
- [14] SUH N P. The principles of design[M]. New York: Oxford University Press, 1990
- [15] 任嘉伟, 姚君. 基于 QFD 的家用消毒产品系统设计研究[J]. 机电产品开发与创新, 2021, 34(1): 61-63.
REN Jia-wei, YAO Jun. Design and Research of Household Disinfection Product System Based on QFD[J]. Development & Innovation of Machinery & Electrical Products, 2021, 34(1): 61-63.
- [16] 周生祥, 郑枫. 集成 AHP/QFD/AD 的产品设计方法研究[J]. 包装工程, 2021, 42(2): 150-154, 166.
ZHOU Sheng-xiang, ZHENG Feng. Product Design Method Integrating AHP/QFD/AD[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(2): 150-154, 166.
- [17] 杨涛, 吴婷, 朱悦涵, 等. 基于用户体验与 AD 理论的机器人磨抛生产线交互界面设计[J]. 包装工程, 2015, 36(24): 70-74.
YANG Tao, WU Ting, ZHU Yue-han, et al. The Robot Grinding and Polishing Production Line Interface Design Based on the User Experience and Theory of AD[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(24): 70-74.
- [18] 章彰, 程建新, 许柏鸣, 等. 意大利设计驱动型家具企业椅产品的设计方法与途径[J]. 林产工业, 2016, 43(4): 3-6.
ZHANG Zhang, CHENG Jian-xin, XU Bai-ming, et al. Design Methods and Ways for Chair Products of Design Driven Furniture Enterprises in Italy, China Forest Products Industry, 2016, 43(4): 3-6.
- [19] 孙世升. 老年人座椅舒适性研究[D]. 徐州: 中国矿业大学, 2015.
SUN Shi-sheng. Study on Chair Comfort of the Elderly[D]. Xuzhou: China University of Mining and Technology, 2015.

责任编辑: 马梦遥