

老旧小区公共空间设施适老化评价研究

朱文龙^{1,2}, 黄威豪¹, 岳迪¹, 程言博^{2,3}

(1.中国矿业大学, 江苏 徐州 221116; 2.徐州医科大学养老研究院, 江苏 徐州 221000;

3.徐州医科大学附属医院, 江苏 徐州 221000)

摘要: 目的 为强化老旧小区公共空间设施适老化需求要素与产品设计之间的联系, 优化老年人的使用体验, 提出一种基于KJ法、AHP-熵权法和SD法的综合评价体系。方法 首先, 运用KJ法收集、整合、筛选老旧小区公共空间设施产品的适老化需求要素; 其次, 运用层次分析法构建评价指标体系, 通过AHP-熵权法计算各需求指标的综合权重并进行优先级排序, 针对徐州市某老旧小区的公共空间设施产品, 运用SD法进行适老化满意度评价; 最后, 结合指标权重与满意度评价结果得出该小区公共空间设施适老化评价得分。结果通过实际案例验证了评价体系的科学性和实用性, 根据综合评价结果提出公共空间设施产品适老化设计优化方向。结论 评价模型结合了老年群体的实际需求和行业专家的专业判断, 为老旧小区公共空间设施产品适老化设计优化提供了理论依据和量化指标, 对提升老年群体的使用满意度具有重要作用。

关键词: 老旧小区; 公共空间设施适老化; AHP-熵权法; 满意度; 综合评价模型

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)08-0169-09

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.08.017

Evaluation of Elderly-oriented Public Space Facilities in Old Neighborhoods

ZHU Wen-long^{1,2}, HUANG Wei-hao¹, YUE Di¹, CHENG Yan-bo^{2,3}

(1. China University of Mining and Technology, Jiangsu Xuzhou, 221116, China;

2. Elderly Care Research Institute of Xuzhou Medical University, Jiangsu Xuzhou, 221000, China;

3. The Affiliated Hospital of Xuzhou Medical University, Jiangsu Xuzhou, 221000, China)

ABSTRACT: The work aims to propose a comprehensive evaluation system based on KJ method, AHP-entropy weight method and SD method to strengthen the connection between the elderly-oriented demand elements of public space facilities in old neighborhoods and the product design and optimize the experience of the elderly in using such facilities. Firstly, the KJ method was used to collect, integrate and screen the elderly-oriented demand elements of public space facilities in old neighborhoods. Secondly, the evaluation index system was constructed by the AHP method, and the comprehensive weights of each demand index were calculated and prioritized by the AHP-entropy weight method. The SD method was applied to evaluate the satisfaction to elderly-oriented public space facilities in an old neighborhood in Xuzhou. Finally, the elderly-oriented evaluation score of the public space facilities in the neighborhood was derived according to the index weights and satisfaction evaluation results. The scientificity and practicality of the evaluation system were verified through actual cases, and the direction of optimizing the elderly-oriented design of public space facilities was proposed based on the comprehensive evaluation results. The evaluation model combines the actual demands of the elderly groups and the professional judgment of industry experts, providing a theoretical basis and quantitative indicators for optimizing the elderly-oriented design of public space facilities in old neighborhoods, which is important for improving the satisfaction of the elderly groups in using public space facilities.

KEY WORDS: old neighborhoods; elderly-oriented public space facilities; AHP-entropy weight method; satisfaction; comprehensive evaluation model

收稿日期: 2022-11-16

基金项目: 徐州市社会科学研究项目 (22XSM-077)

作者简介: 朱文龙 (1973—), 男, 硕士, 副教授, 主要研究方向为城市更新、人居环境提升、乡村振兴。

通信作者: 岳迪 (2000—), 女, 硕士生, 主攻城市更新和适老化设计与评价。

目前,我国已经进入老龄化快速发展阶段,第七次人口普查数据显示,我国 60 岁以上人口数量占总人口数的 18.7%。2022 年我国迎来了第二次老龄化增长的高峰,未来我国老龄化程度将会进一步加深。受传统思想的影响,我国大部分老年人更倾向于居家养老^[1]。由于老年人的归属感和感情依赖等方面的需求更加强烈,以社区为依托的居家养老方式成为城市中大多数老年人的首要选择,导致老旧小区中老年人口比例较高^[2]。2022 年 11 月,住房和城乡建设部印发的《民政部办公厅关于开展完整社区建设试点工作的通知》提出,要顺应居民对小区美好生活环境的需求,加强基础设施建设,推进小区适老化改造,营造安全健康的生活环境。老旧小区内部的公共空间是老年群体日常活动的主要载体,公共空间设施适老化作为养老环境研究体系的重要内容,其品质也决定着老年群体自发性活动产生的频次^[3]。国内外学者从不同角度对设施产品适老化设计进行了研究,例如王天赋等^[4]采用感性工学与模糊综合评价方法构建评价体系,得到上海某养老设施满意度评价结果,进而提出养老设施适老化产品的优化方向。王艳艳^[5]基于老年友好理念,从老年人群的心理感受与行为特征出发,提出集产品—设施—服务于一体的城市公共交通系统适老化设计策略与发展思路。Agneta 等^[6]为了改善老年群体的活动环境,通过研究老年群体户外活动的参与情况,结合老年居民和市政代表的意见对影响户外环境可达性与安全性的具体改进措施进行重要程度排序。在进行评价研究时,需要根据研究对象、具体条件和

评价方法的特点选取一种或几种方法进行评价,常用的评价分析方法有层次分析法、熵权法、量表法(李克特量表法、语义分析法)、模糊评价法和建立在数学与统计学基础上的数据统计分析法^[7]。陈宁峰等^[8]运用 INPD、AHP 法和熵权法对居家适老护理床产品设计研究,并通过实地调研与深入访谈明确产品设计机会点,得出最终的产品设计优化方案。胡珊等^[9]基于累积前景理论,结合 AHP-熵权法构建了老年智能导购车设计评价指标体系,能够有效帮助老年智能导购车的设计者进行设计方案整体评价与决策。宋夷白等^[10]使用 KJ-AHP 法,从针对人群、使用功能和结构系统 3 个方面提出老旧小区老年设施设计策略。Lin 等^[11]运用 AHP-TOPSIS 法,构建了以用户为导向的产品设计评估框架,以帮助设计人员确定用户需求。

在研究老旧小区公共空间设施产品适老化时,发现虽然我国对老旧小区的改造给予了很大的支持,但改造结果却不尽如人意,结合我国尚缺乏系统的老旧小区公共空间设施产品适老化评价体系的现状,建立老旧小区公共空间设施产品适老化综合评价体系,为克服单一评价方法的局限性,采用主、客观赋权相结合的权重计算方法,根据综合权重计算结果判别公共空间设施产品适老化需求要素的重要程度,并对老年群体的使用满意度进行量化评价,结合综合权重得到公共空间设施产品适老化评价结果。不仅对老旧小区的适老化建设具有现实意义,而且为适老化产品设计提供科学的参考依据,推进公共空间设施产品适老化设计的创新发展,技术路线见图 1。

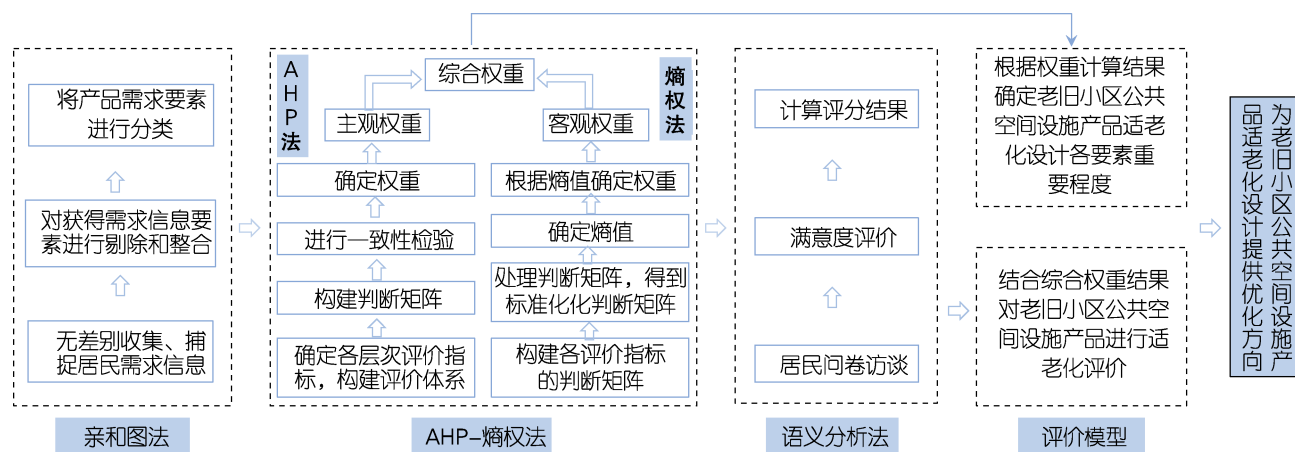


图 1 技术路线
Fig.1 Technical route

1 研究框架

1.1 评价指标搜集与筛选

亲和图法又称 KJ 法,由日本人文学家川喜田二郎教授提出,是将用户群体的所有想法与意见无差别地进行收集,利用其内在的相互关系进行归类,找出解决问题的途径^[12]。在研究过程中,此方法可

用于获取老年人对小区公共空间设施的本质需求。本文以“老旧小区公共空间设施产品适老化设计”为关键词,通过文献检索、头脑风暴、访谈等多种途径进行捕捉,并收集公共空间设施产品适老化需求相关词汇。运用 KJ 法,对收集的感性词汇进行整合、分类、筛选,最终得出 14 个核心需求词汇,见表 1。

表 1 核心需求词汇
Tab.1 Core demand vocabulary

序号	核心需求词汇	序号	核心需求词汇
1	实用性	8	简洁性
2	易用性	9	美观性
3	多样性	10	易识别性
4	智能性	11	外观配色
5	结构坚固	12	材料工艺
6	性能稳定	13	感官代偿
7	避免尖角	14	心理代偿

1.2 评价指标体系的构建与权重计算

根据前期的调研结果,运用层次分析法将老旧小

区公共空间设施产品从设施功能、安全性、外观样式和代偿设计 4 个方面建立适老化评价指标体系,共包含 14 个指标层,见图 2。由于运用 AHP 法计算指标权重所得结果较为主观,故通过引入熵权法应对因指标的差异性带来的影响,提高评价指标权重的客观性与科学性,从而确保评价结果的可信度。

1.2.1 AHP 权重计算

AHP 法通过逐级分解决策问题的相关因素,对相关决策进行分析,将复杂的信息和数据进行量化计算^[13]。针对专家问卷结果进行处理以获得初始数据,通过式(1)及表 2 方法构建因子判断矩阵的方式对指标进行重要性判断,获得各评价因子的主观评价结果^[14],在对指标的相对重要性关系进行判断时,采用“九分位比例标度”见表 3。

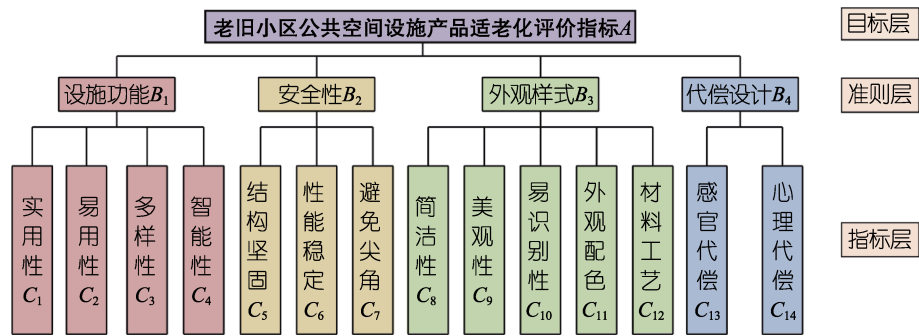


图 2 老旧小区公共空间设施产品适老化评价指标体系

Fig.2 Evaluation index system for elderly-oriented public space facilities in old neighborhoods

表 2 指标判断矩阵的建立方法
Tab.2 Methodology for the construction of the index judgment matrix

目标层 A	准则层 B ₁	准则层 B ₂	准则层 B ₃	...	准则层 B _n
准则层 B ₁	a ₁₁	a ₁₂	a ₁₃	...	a _{1n}
准则层 B ₂	a ₂₁	a ₂₂	a ₂₃	...	a _{2n}
...	...	...	...	...	...
准则层 B _n	a _{n1}	a _{n2}	a _{n3}	...	a _{nn}

表 3 九分位比例标度
Tab.3 Ninth-quartile scale

标度值	含义
1	表示两个因子相比,具有相同的重要性
3	表示两个因子相比,前者比后者稍微重要
5	表示两个因子相比,前者比后者明显重要
7	表示两个因子相比,前者比后者强烈重要
9	表示两个因子相比,前者比后者极端重要
2/4/6/8	表述上述相邻判断的中间值

参照判断矩阵,采用方根法计算各指标权重并需要进行一致性检验,公式如下:

$$a_{ij} = \begin{cases} a_i - a_j + 1, & (a_i > a_j) \\ 1, & (a_i = a_j) \\ 1/(a_j - a_i + 1), & (a_i < a_j) \end{cases} \quad (1)$$

$$M_i = \prod_{j=1}^n a_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

$$w_i = \sqrt[n]{M_i} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

$$W_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (4)$$

$$K_i = W_{i(\text{准})} \times W_{i(\text{指})} \quad (5)$$

$$l_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{nW_i} \quad (6)$$

$$CI = \frac{l_{\max} - n}{n - 1} \quad (7)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (8)$$

式中, A 表示构造的判断矩阵, a_i 表示元素 B_i 的重要性标度值, a_{ij} 为判断矩阵中第 i 行第 j 列元素, 用于表示 B_i 和 B_j 相对于 A 的重要程度, M_i 为判断矩阵第 i 行所有元素的积, w_i 为第 i 行 M_i 值的 n 次方根, W_i 为指标同级权重值, K_i 为指标全局权重, λ_{max} 表示

计算判断矩阵的最大特征值, CI 是判断一致性指标, CR 为随机一致性比率, RI 为随机一致性标准值, 取值见表 4。当 $CR < 0.1$ 时, 则说明满足一致性检验要求^[15]。

表 4 1-9 阶判断矩阵随机一致性指标 (RI 值) 对应表
Tab.4 Random consistency indexes (RI values) for judgment matrices of order 1 to 9

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

1.2.2 熵权法介绍

熵源自于热力学概念, 主要反映系统的混乱程度, 是一种对于不确定性的度量参考, 熵值理论反映了信息的无序化程度。该方法更关注数据之间的相互关系, 基于各指标包含的信息量确定权重值, 所得结果更具有客观性^[16]。若评价对象在某项指标的变异程度越大, 那么所得信息熵就越小, 说明提供的信息量较多, 所以在评价中所起的作用就越大, 对应的权重也就越大; 反之, 当评价对象某项指标上的变异程度越小, 信息熵也越大, 说明该指标提供的信息量较小, 权重也相应的越小^[17]。设有 m 个专家对 n 个指标进行权重计算, 得到数据矩阵 B , 表示如下:

$$B = (b_{ij})_{m \times n} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \cdots & b_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{m1} & b_{m2} & \cdots & b_{mn} \end{bmatrix}$$

根据数据矩阵计算权重, 步骤如下。

第 1 步, 采用极差法对各评价指标 b_{ij} 进行标准化处理。

$$\text{当 } b_{ij} \text{ 为正向指标时, } c_{ij} = \frac{b_{ij} - \min(b_{ij})}{\max(b_{ij}) - \min(b_{ij})} \quad (9)$$

$$\text{当 } b_{ij} \text{ 为负向指标时, } c_{ij} = \frac{\max(b_{ij}) - b_{ij}}{\max(b_{ij}) - \min(b_{ij})} \quad (10)$$

b_{ij} 表示第 i 个评价对象第 j 个评价指标的数值, c_{ij} 表示标准化后的指标值, $\max(b_{ij})$ 和 $\min(b_{ij})$ 分别代表 b_{ij} 的最大值和最小值。

第 2 步, 需要计算指标比重。

$$P_{ij} = \frac{c_{ij}}{\sum_{i=1}^n c_{ij}}, (i=1, 2, \cdots, n; j=1, 2, \cdots, m) \quad (11)$$

式中, P_{ij} 表示第 i 个评价对象第 j 个指标的指标比重, c_{ij} 表示标准化后的指标值。

第 3 步, 计算各指标的熵值。

$$H_j = -\frac{1}{\ln m} \times \sum_{i=1}^n [P_{ij} \times \ln(P_{ij})] \quad (12)$$

式中, H_j 表示指标的熵值, n 表示评价指标的个数, P_{ij} 表示第 i 个评价对象第 j 个指标的指标值比重。 $0 \leq H_j \leq 1$, 规定当 $P_{ij}=0$ 时, 则定义

$$\lim_{P_{ij}=0} P_{ij} \times \ln(P_{ij}) = 0 \quad (13)$$

第 4 步, 通过熵值计算各指标的客观权重。

$$w_j = \frac{(1-H_j)}{\sum_{j=1}^m (1-H_j)} \quad (14)$$

式中, w_j 表示指标 j 的权重, m 表示评价对象的个数。

1.2.3 综合权重

考虑到主观赋权法与客观赋权法各自的优缺点, 兼顾数据的重要性与差异性, 最大限度地克服单一权重计算的局限性, 将 AHP 权重与熵权法权重运用线性加权的方法结合, 使得结果更具有科学性。评价指标综合权重加权计算的公式如下:

$$Q = \alpha w^1 + (1-\alpha)w^2 \quad (15)$$

式中, Q 代表综合权重, w^1 代表由 AHP 法计算获得的主观权重, w^2 表示由熵权法计算获得的客观权重, 其中 α ($0 \leq \alpha \leq 1$) 表示比例系数, 具体数值由研究者视具体情况确定。参考组合权重计算常用的折中系数, 结合专家建议, 最终确定 α 的取值为 0.4, 综合权重计算公式如下:

$$Q_i = 0.4K_i + 0.6w_j \quad (i=j) \quad (16)$$

1.3 基于 SD 法的满意度评价

老年群体满意度是评判适老化产品设计品质的重要依据, 运用 SD 法获取老年人对公共空间设施产品设计的满意度。采用级段为 5 级的评价尺度进行满意度评分 (非常不满意为 -2 分, 不满意为 -1 分, 一般满意为 0 分, 满意为 1 分, 非常满意为 2 分), 由于满意度 SD_i 的范围为 -2~2, 为了使评价结果更符合评价习惯, 对 SD_i 进行百分制转换, 计算公式如下:

$$T_i = (SD_i + 2) \times 25 \quad (17)$$

转换公式中 T_i 为评价因子满意度得分, i 为评价指标序号 (范围是 1~14 中的其中一个), SD_i 为公共空间设施产品适老化评价各影响要素满意度平均值。 SD_i 等于 -2 时, 转换为百分制后等于 0, 对应评价结果为不满意, SD_i 等于 2 时, 转换为百分制后等于 100, 对应评价结果为非常满意, 以此得到百分制评分。

1.4 评价模型的构建

综上所述, 综合运用 KJ 法、AHP-熵权法与 SD 法建立针对老旧小区公共空间设施产品适老化评价体系, 评价结果的计算公式如下:

$$S = \sum_{i=1}^{14} T_i \times Q_i \quad (18)$$

式中, S 为最终得分, T_i 为评价因子满意度得分。根据分数区间将评价结果分为 5 个等级: 优秀 ($S \geq 90$)、良好 ($80 \leq S < 90$)、中等 ($70 \leq S < 80$)、及格 ($60 \leq S < 70$)、不及格 ($S < 60$)。运用此评价体系可以完整地评价老旧小区公共空间设施产品适老化程

度,根据综合评价中的各项得分为公共空间设施产品适老化设计提供参考依据。

2 实例研究

2.1 各级指标权重计算

2.1.1 AHP 指标权重求解

基于评价模型需要,设计专家问卷对各层级要素的重要程度进行赋值。为保证打分的公平性,削减职业主观性带来的影响,从大学教授、医生、居委会的工作人员及养老社区规划设计师等相关研究领域选取 15 位专家对各评价因子的重要程度进行打分,根据指标判断矩阵的建立方法(见表 2)建立判断矩阵,运用式(2)—(4)计算主观权重,各准则层的权重见表 5,各指标层的权重见表 6~表 9。所得结果运用式(6)—(8)进行一致性检验,一致性指标 CR 均小于 0.1,表明判断矩阵具有一致性,权重有效。

表 5 准则层对目标层的判断矩阵
Tab.5 Judgment matrix of the criterion layer to the target layer

目标层 A	设施功能 B_1	安全性 B_2	外观样式 B_3	代偿设计 B_4	权重 (w_i)
设施功能 B_1	1	1/2	2	3	0.277 6
安全性 B_2	2	1	3	4	0.466 8
外观样式 B_3	1/2	1/3	1	2	0.160 3
代偿设计 B_4	1/3	1/4	1/2	1	0.095 3
一致性检验	$CI=0.010\ 3$; $CR=0.011\ 6$				满足要求

表 6 指标层对准则层(设施功能)的判断矩阵
Tab.6 Judgment matrix of the index layer to the criterion layer (facility functions)

设施功能 B_1	实用性 C_1	易用性 C_2	多样性 C_3	智能性 C_4	权重 (w_i)
实用性 C_1	1	2	4	3	0.466 8
易用性 C_2	1/2	1	3	2	0.277 6
多样性 C_3	1/4	1/3	1	1/2	0.095 3
智能性 C_4	1/3	1/2	2	1	0.160 3
一致性检验	$CI=0.010\ 3$; $CR=0.011\ 6$				满足要求

表 7 指标层对准则层(安全性)的判断矩阵
Tab.7 Judgment matrix of the index layer to the criterion layer (security)

安全性 B_2	结构坚固 C_5	性能稳定 C_6	避免尖角 C_7	权重 (w_i)
结构坚固 C_5	1	2	3	0.539 6
性能稳定 C_6	1/2	1	2	0.297
避免尖角 C_7	1/3	1/2	1	0.163 4
一致性检验	$CI=0.008\ 8$; $CR=0.004\ 6$			满足要求

表 8 指标层对准则层(外观样式)的判断矩阵
Tab.8 Judgment matrix of the index layer to the criterion layer (appearance style)

外观样式 B_3	简洁性 C_8	美观性 C_9	易识别性 C_{10}	外观配色 C_{11}	材料工艺 C_{12}	权重 (w_i)
简洁性 C_8	1	1/2	1/3	1/3	1/4	0.073 5
美观性 C_9	2	1	1/2	1/2	1/3	0.120 8
易识别性 C_{10}	3	2	1	1	1/2	0.215 4
外观配色 C_{11}	3	2	1	1	1/2	0.215 4
材料工艺 C_{12}	4	3	2	2	1	0.375
一致性检验	$CI=0.008\ 3$; $CR=0.007\ 4$					满足要求

表 9 指标层对准则层(代偿设计)的判断矩阵
Tab.9 Judgment matrix of the index layer to the criterion layer (compensation design)

代偿设计 B_4	感官代偿 C_{13}	心理代偿 C_{14}	权重 (w_i)
感官代偿 C_{13}	1	2	0.666 7
心理代偿 C_{14}	1/2	1	0.333 3
一致性检验	$CI=0$; $CR=0$		满足要求

通过 AHP 法运算得出各准则层与指标层的权重,其中同级权重可用于各准则层内部的评价指标重要程度的比较,主观权重(全局权重)主要用于对所有评价指标重要程度的比较。基于以上运算结果得到老旧小区公共空间设施适老化评价指标权重,见表 13。

2.1.2 熵权法权重计算

将 15 位专家对准则层中的各个评价指标的评分进行规范化处理,评分结果见表 10,由于本次评价要素均为正向性指标,故运用式(9)进行标准化处理,处理结果见表 11。运用式(11)—(14)计算出各个指标的信息熵和权重,见表 13。

表 10 专家评价数据
Tab.10 Expert evaluation data

评分指标	实用性	易用性	多样性	智能性	...	外观配色	材料工艺	感官代偿	心理代偿
专家 1	7	7	5	4	...	7	5	5	4
专家 2	9	7	6	4	...	4	3	8	8
专家 3	8	6	2	4	...	5	4	2	5
专家 4	8	4	2	5	...	4	4	6	5
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
专家 12	8	9	4	6	...	3	8	9	5
专家 13	6	7	6	4	...	5	5	4	4
专家 14	9	6	5	8	...	7	5	4	3
专家 15	5	5	3	7	...	5	8	8	3

表 11 标准化处理后的专家评价数据
Tab.11 Standardized expert evaluation data

评分 指标	实用 性	易用 性	多样 性	智能 性	...	外观 配色	材料 工艺	感官 代偿	心理 代偿
专家 1	0.60	0.60	0.75	0.33	...	1.00	0.33	0.43	0.20
专家 2	1.00	0.60	1.00	0.33	...	0.25	0.00	0.86	1.00
专家 3	0.80	0.40	0.00	0.33	...	0.50	0.17	0.00	0.40
专家 4	0.80	0.00	0.00	0.50	...	0.25	0.17	0.57	0.40
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
专家 12	0.80	1.00	0.50	0.67	...	0.00	0.83	1.00	0.40
专家 13	0.40	0.60	1.00	0.33	...	0.50	0.33	0.29	0.20
专家 14	1.00	0.40	0.75	1.00	...	1.00	0.33	0.29	0.00
专家 15	0.20	0.20	0.25	0.83	...	0.50	0.83	0.86	0.00

2.1.3 综合权重计算

将 AHP 法与熵权法所得结果代入式（16）得到各项评价指标修正后的权重，将需求指标权重引入熵权法修正后，所得权重更为客观且更符合老年群体的实际需求，见图 3。对综合权重进行排序可以清晰地判别老年群体的主次需求，见表 13。

2.2 满意度评价计算

通过对徐州市主城区 20 个具有代表性的老旧小区进行实地调研和评估，最终选取徐州市某小区作为研究对象。该小区建成于 1994 年，作为徐州市“十四五”期间首批老旧小区改造规划的项目之一，现已完成基础类改造。目前，该小区公共空间设施种类较

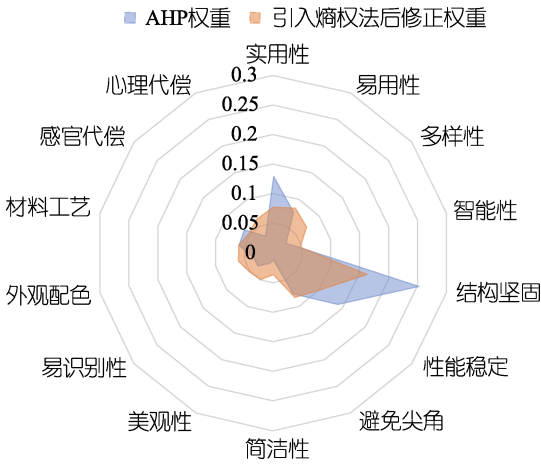


图 3 AHP 权重与引入熵权法后修正权重雷达图
Fig.3 Radar plot of AHP weights and modified weights by entropy weight method

为齐全，且居住人群中老年群体占比较大，具备大多数老旧小区的典型特征。

为保证问卷结果的准确性，对构建的 14 个指标因子设置具象描述，由于老年人理解偏差可能导致研究结果出现误差，故采取一对一访谈的方式。本次调研共发放居民问卷 300 份，回收有效问卷 278 份，从基本数据看，此调查样本老年人性别比例较均衡，该样本符合统计学意义。将居民问卷数据进行整理，见表 12。根据式（17）对各要素满意度的平均值 SD_i 进行百分制处理得到 T_i 。运用式（18）可以得到该小区公共空间设施产品适老化评价得分 $S=51.14$ ，见表 13。

表 12 各评价指标因子的相关描述及评分数据
Tab.12 Relevant description and scoring data of each evaluation index factor

编号	测试指标因子	-2 非常 不满意	-1 不 满意	0 一般	1 满意	2 非常 满意
C ₁	实用性（功能实用，符合老年人的使用需求并产生积极的效果）	7	32	50	151	38
C ₂	易用性（操作简单，易学习并使用；尺度符合老年人人体工程学需求）	3	11	42	142	80
C ₃	多样性（设施功能、样式多样，可满足不同老年人群使用需求）	39	67	107	46	19
C ₄	智能性（交互性强，可实现实时监测等正向有效反馈）	59	119	67	23	10
C ₅	结构坚固（结构安全合理，稳定牢固）	10	47	135	61	25
C ₆	性能稳定（产品不易出现故障）	49	112	59	29	29
C ₇	避免尖角（产品避免锐利尖角）	42	89	96	44	7
C ₈	简洁性（造型简洁，排列有序，洁净卫生）	13	21	30	129	85
C ₉	美观性（具有视觉美感，亲和力强）	17	18	111	83	49
C ₁₀	易识别性（易识别、易感知；具有特色，识别度高）	24	27	107	86	34
C ₁₁	外观配色（色彩亲和，令人心情愉快）	14	81	122	44	17
C ₁₂	材料工艺（材质舒适，满足产品的耐蚀性、耐磨性）	4	59	115	79	21
C ₁₃	感官代偿（可以利用优势感官补偿退化感官）	42	104	84	34	14
C ₁₄	心理代偿（产品给予人文关怀，满足老年人心理需求，产生愉悦的心理感受）	54	96	81	42	5

表 13 某小区公共空间设施产品适老化评价得分
Tab.13 Comprehensive evaluation score of the elderly-oriented public space facilities in a neighborhood

准则层	SD 法			AHP 法			熵权法		AHP-熵权法		$T_i \times Q_i$	评分 (S)
	指标层	SD_i	T_i 得分	准则层 权重	同级 权重	主观权 重 (K_i)	信息熵 (H_j)	客观权 重 (w_j)	综合权 重 (Q_i)	综合权 重排序		
设施功 能 (B_1)	实用性 (C_1)	0.651	66.275	0.2776	0.466 8	0.129 6	0.944	0.043 9	0.078 2	5	5.183 0	51.14
	易用性 (C_2)	1.025	75.625		0.277 6	0.077 1	0.886	0.090 2	0.085 0	3	6.426 5	
	多样性 (C_3)	-0.219	44.525		0.095 3	0.026 5	0.872	0.101 3	0.071 4	6	3.178 2	
	智能性 (C_4)	-0.700	32.500		0.160 3	0.044 5	0.94	0.047 3	0.046 2	13	1.501 6	
安全性 (B_2)	结构坚固 (C_5)	0.158	53.950	0.466 8	0.539 6	0.251 9	0.872	0.101 3	0.161 5	1	8.715 1	
	性能稳定 (C_6)	-0.514	37.150		0.297	0.138 6	0.906	0.074 3	0.100 0	2	3.716 2	
	避免尖角 (C_7)	-0.414	39.650		0.163 4	0.076 3	0.889	0.087 8	0.083 2	4	3.298 9	
外观样 式 (B_3)	简洁性 (C_8)	0.906	72.650	0.1603	0.073 5	0.011 8	0.934	0.052 5	0.036 2	14	2.626 3	
	美观性 (C_9)	0.464	61.600		0.120 8	0.019 4	0.913	0.069 2	0.049 3	12	3.036 8	
	易识别性 (C_{10})	0.284	57.100		0.215 4	0.034 5	0.921	0.062 2	0.051 1	11	2.919	
	外观配色 (C_{11})	-0.112	47.200		0.215 4	0.0345	0.902	0.077 6	0.060 4	8	2.849 8	
	材料工艺 (C_{12})	0.194	54.850		0.375	0.060 1	0.924	0.060 2	0.060 1	9	3.299 1	
代偿设 计 (B_4)	感官代偿 (C_{13})	-0.453	38.675	0.095 3	0.666 7	0.063 5	0.942	0.046 2	0.053 1	10	2.055 3	
	心理代偿 (C_{14})	-0.547	36.325		0.333 3	0.031 8	0.892	0.085 8	0.064 2	7	2.332 9	

2.3 评级体系数据处理结果及分析

经过评价模型计算，该小区公共空间设施产品适老化评价得分为 51.14，属于“不及格”等级。这是因为本次选取的小区只是为了验证模型的实用性，并且小区公共空间设施并不是针对老年群体设计的适老化产品。侧面反映出老旧小区改造缺少适老化产品，导致老年群体整体满意度较低。正因如此，评价结果也将实际问题放大，便于根据评价结果得出相应的优化方向，以指导未来公共空间设施产品的适老化设计。

从居民的满意度来看，在设施功能方面，只有易用性满意度（75.625）达到了中等水平，其余指标满意度均为较低，其中智能性满意度最低仅为 32.50，这反映出该小区设施产品在智能化方面不完善。安全性满意度评价中，发现多数设施质量不佳，导致性能稳定满意度降低。此外，部分产品存在尖角，造成一定的安全隐患。外观样式是产品最直观的外在表现，其品质影响了使用者对于该产品的接纳程度，从满意度评价结果来看，该小区老年群体对现有设施产品的外观配色和材料工艺不满意，不易识别性也直接影响产品的使用效率。在适老化产品中纳入代偿设计仅处于研究层面，通过研究国外的实践案例发现，结合代偿理论的产品确实能够更好地满足适老化需求，从而提升使用满意度。综合权重的数值能为设计者提供科学的适老化产品设计依据，将专家评价组合赋权后的重要度进行排序，从高到低依次为安全性>设施功能>外观样式>代偿设计。指标层中，权重位于前 5 位的

是结构坚固、性能稳定、易用性、避免尖角及实用性，说明这 5 项指标对设施产品适老化较为重要，在进行产品设计时这些方面应给予重点关注。

3 优化方向

基于综合评价体系的研究结果，结合相关文献阅读并借鉴优秀产品设计案例，从以下 4 个方面提出老旧小区公共空间设施产品适老化设计优化方向，期望未来的老旧小区公共空间设施产品适老化设计能够更符合老年人的真实需求，进一步提升老年群体的民生福祉。

3.1 保障设施易用性和多样化，加快智能化发展

根据评价结果可以看出，设施功能权重值较高，满意度一般，整体上属于“高重要、较低满意”的评价指标。其中，易用性和实用性的权重和满意度均较高，这说明小区内现有的公共空间设施在易用性和实用性方面可以满足老年人的使用需求，应给予肯定。多样化权重较高但是满意度相对略低，属于“高重要，低满意”的评价指标，应在此方面尽可能地满足老年群体需求，以提升产品的满意度。在智能性方面，权重和满意度均较低，属于“低重要、低满意”的评价指标，这是后续改进之处，需要逐步完善^[18]。综上所述，鉴于多数老年人对新事物接纳度较低，在适老化产品设计时应尽可能地遵守“实用、易用”的原则，充分考虑老年人因身体机能的退化而产生的特殊需求。在公共空间设施产品适老化设计时，可以对同一

设施纳入多种功能,并通过设施智能化技术,建立智慧信息平台,引导老年人进行简单易学的人机交互操作。例如,智能照明设施通过纳入环境监控、实时监控等功能辅助构建智慧社区,这不仅方便对小区老年群体的实时监护和紧急救助,还可以为老年人提供小区通知、健康宣传、天气预报信息等服务,以智能科技引领智慧养老模式的发展,让老年人群享受数字时代的便利^[19],见图4。



图4 多功能智能照明设施设计
Fig.4 Design of multifunctional intelligent street light

3.2 充分考虑设施安全性设计

在安全性方面,各指标权重均较高,但是满意度偏低,整体上属于“高重要、低满意”的评价指标,这反映了现有设施产品在安全性方面的考虑不足,从而成为影响公共设施产品适老化满意度的重要因素,在适老化产品设计的过程中应给予重点关注。老年人身体各项机能都存在不同程度的衰退,容易出现摔倒磕碰等危险情况,因此在设计中应注重防滑处理和应急缓冲设计,可纳入肢体辅助装置为老年人提供外力支撑,降低由于体力不支而导致发生危险的概率。在产品边缘应选用圆润的外形,避免尖锐转角带来的安全隐患^[4]。更重要的是,设施适老化产品应该结构坚固、性能稳定,这不仅可以防止产品对老年人产生物理伤害,还可以消除老年人对新产品的排斥心理。

3.3 打造简洁美观、易识别的外观样式

外观样式的权重较低,满意度较高,属于“低重要、高满意”的评价指标。反映出简洁、美观、易识别的外观样式,虽然不是影响设施整体满意度的核心因素,但还是应当不断优化,保障产品属性信息的准确表达,以提高整体满意度与使用舒适度。其中,外观配色与材料工艺权重相对较高,但是满意度略低,这可能与本研究选取的小区内部设施产品色彩和形态过于一致有关,在不同的功能空间可选用不同色彩和材质的设施产品,给予老年人积极的视觉引导。在材料工艺方面,该小区在进行改造时布置了大量的石

材休憩设施,未充分考虑到季节性气候对产品使用感受和满意度带来的消极影响。故在适老化产品设计时,可选用柔性材料来提高舒适度。

3.4 介入代偿设计,显示人文关怀

在代偿设计方面,权重值较低,满意度也仅达到中等水平,属于“低重要、低满意”的评价指标,侧面反映出设施适老化产品设计的新视角,可逐步对公共空间设施适老化产品纳入代偿设计,利用老年人优势感官代偿弱势感官,为不同健康状况的老年人提供平等的公共空间使用体验,以体现工业设计的人文关怀。目前,国内关于代偿设计的研究从最初的将感官代偿运用到产品设计中,验证感官代偿设计的有效性^[20],发展到联合运用感官代偿、心理代偿和运动辅助代偿等理论,提出适老智慧产品交互设计策略^[21];也有学者依据感官代偿相关研究,总结出可采用的感官代偿形式,设计老年回忆录产品,优化老年人缅怀往事的方法^[22]。结合现有研究发现,缺少对纳入代偿设计的公共空间设施产品适老化的研究。例如在座椅设计中,可以采用围合式座椅以方便老年人看清彼此的口型与面部表情,正常的成年人在光线充足的情况下,相距5m内可以清楚地看清彼此的表情,适老化的围合式座椅尺度设计应适当缩短间距,用视觉代偿听觉,为老年人的日常交流创造良好的氛围。此外,公共空间适老化设施产品还可以通过制造声音、采用鲜明的颜色和不同触感等方面介入代偿设计。在存在较大高差的道路上设置防碰撞提醒装置^[23],可保障眼疾严重的老年人安全地进行日常活动,对区域的识别也具有积极作用,见图5。值得关注的是,老年人的心理需求容易被忽略,由于老年群体普遍存在健康状况下降和心理感受更为敏感的双重变化,进而反映出对公共空间设施更为特殊的需求。老年人在心理上极易出现孤独抑郁、失落焦虑等消极现象,更渴望得到家庭与邻里的归属感与认同感,在产品方面,可

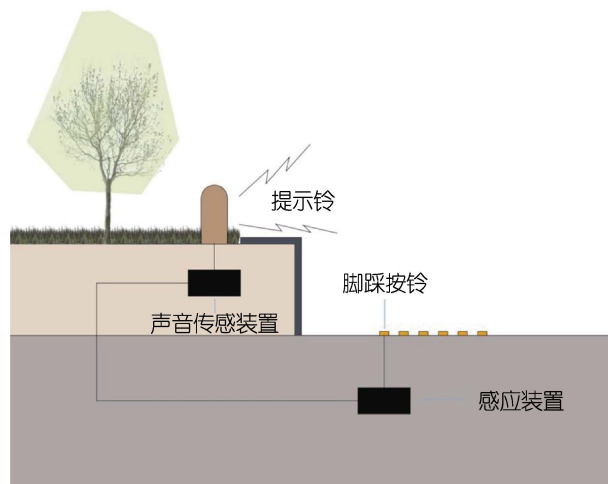


图5 步行道路声音提醒装置设计
Fig.5 Design of sound alert device for pedestrian path

以纳入具有时代特征的元素,这不仅有助于缓解老年人的心理孤独感,还可以促进其幸福感和自我价值认同感的提升。

4 结语

通过提炼老年群体对老旧小区公共空间设施的适老化需求,构建了以设施功能、安全性、外观样式和代偿设计为一级评价指标的综合评价体系,并以徐州市某小区为例进行实例研究,所提出的适老化评价模型具有可行性和前瞻性。在评价结果的基础上,提出相应的适老化优化方向,希望以此为相关领域设计提供指导意见,同时为我国老旧小区改造提供科学的依据。本文所提出的评价模型能够进一步促进适老化评价体系的完善,对指导建设老年友好型城市具有重要意义。这体现了社会对弱势群体的关怀,充分展现了以人为本的社会理念。由于我国老旧小区存在差异性,评价模型在不同地区的小区应用时,可以根据具体情况增减评价指标。本研究所得出的优化方向均源自综合评价体系数据,缺少满意度验证,后续研究会进行实践验证并不断调整。

参考文献:

- [1] 白维军, 宁学斯. 从经济救助型到照料服务型: 我国养老保障政策的目标转向[J]. 内蒙古社会科学, 2022, 43(2): 155-162.
BAI Wei-jun, NING Xue-si. From Economic Assistance to Care Service: The Goal Changes of China's Old-Age Security Policy[J]. Inner Mongolia Social Sciences, 2022, 43(2): 155-162.
- [2] 邹樱, 李爱群. 居家养老背景下北京老旧小区改造作用要素及流动性分析[J]. 中国老年学杂志, 2022, 42(22): 5655-5658.
WU Ying, LI Ai-qun. Analysis on the Function Factors and Liquidity of Old Residential Areas in Beijing under the Background of Home-Based Care for the Aged[J]. Chinese Journal of Gerontology, 2022, 42(22): 5655-5658.
- [3] 董潇丽. 广州老年友好型社区户外景观评价及设计研究[D]. 广州: 广州大学, 2022.
DONG Xiao-li. Study on Outdoor Landscape Evaluation and Design of the Old Friendly Community in Guangzhou[D]. Guangzhou: Guangzhou University, 2022.
- [4] 王天赋, 王睿. 养老设施适老化产品满意度多层次模糊综合评价[J]. 包装工程, 2022, 43(12): 192-198.
WANG Tian-fu, WANG Rui. Multi-Level Fuzzy Comprehensive Evaluation of Satisfaction of Age-Appropriate Products in Elderly Facilities[J]. Packaging Engineering, 2022, 43(12): 192-198.
- [5] 王艳艳. 老年友好城市下宁波公共交通适老化设施发展对策研究[J]. 设计, 2018(17): 108-110.
WANG Yan-yan. Study on Aging Facilities of Ningbo Public Transportation under the Elderly Friendly City[J]. Design, 2018(17): 108-110.
- [6] STÅHL A, CARLSSON G, HOVBRANDT P, et al. "Let's Go for a Walk!": Identification and Prioritisation of Accessibility and Safety Measures Involving Elderly People in a Residential Area[J]. European Journal of Ageing, 2008, 5(3): 265-273.
- [7] 张霞, 何南. 综合评价方法分类及适用性研究[J]. 统计与决策, 2022, 38(6): 31-36.
ZHANG Xia, HE Nan. Study on Classification and Applicability of Comprehensive Evaluation Methods[J]. Statistics & Decision, 2022, 38(6): 31-36.
- [8] 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[J]. 包装工程, 2022, 43(14): 107-114.
CHEN Ning-feng, ZHANG Zhang, DAI Yu-xuan. Design of Aging Care Bed Based on INPD and Entropy Weight Method[J]. Packaging Engineering, 2022, 43(14): 107-114.
- [9] 胡珊, 杨梓桐, 贾琦, 等. 基于累积前景理论的老年智能导购车设计评价[J]. 机械设计, 2022, 39(2): 146-153.
HU Shan, YANG Zi-tong, JIA Qi, et al. Evaluation of Intelligent Guided Vehicle Design for the Elderly Based on Cumulative Prospect Theory[J]. Journal of Machine Design, 2022, 39(2): 146-153.
- [10] 宋夷白, 宣炜, 蹇宇珊. 基于 KJ-AHP 法的旧社区老年设施全龄化设计研究[J]. 包装工程, 2021, 42(22): 165-169.
SONG Yi-bai, XUAN Wei, JIAN Yu-shan. Design the Old Community Elderly Facilities for all Ages Based on KJ-AHP[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(22): 165-169.
- [11] LIN M C, WANG Chen-cheng, CHEN Ming-shi, et al. Using AHP and TOPSIS Approaches in Customer-Driven Product Design Process[J]. Computers in Industry, 2008, 59(1): 17-31.
- [12] 陈丽敏, 赵乘. 基于 KJ 法对石兴菜市场服务模式的更新[J]. 包装工程, 2022, 43(8): 348-357.
CHEN Li-min, ZHAO Cheng. Update of the Service Model of Shixing Vegetable Market Based on KJ Method[J]. Packaging Engineering, 2022, 43(8): 348-357.
- [13] 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 Case[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2014.
- [14] SIRISAWAT P, KIATCHAROENPOL T. Fuzzy AHP-TOPSIS Approaches to Prioritizing Solutions for Reverse Logistics Barriers[J]. Computers & Industrial Engineering, 2018, 117: 303-318.
- [15] 崔蕾, 张海瑞. 基于机动作战保障能力评估的综合保障车配置优化[J]. 导弹与航天运载技术, 2021(6): 87-94.
CUI Lei, ZHANG Hai-rui. Configuration Optimization of Integrated Support Vehicle Based on Mobile Warfare Support Capability Evaluation[J]. Missiles and Space Vehicles, 2021(6): 87-94.

(下转第200页)