

科学技术先锋

Scientific and Technological Pioneers

第3卷 第9期 总第24期

2025.09



科学技术先锋

Scientific and Technological Pioneers



出版社信息

主管：香港星源出版社

主办单位：香港星源出版社

主编：潘志尧

执行主编：苏婉清

社内编辑：

江彦程	杜心怡	宋语昊	刘昭屹
张云翔	马景辰	林婧琪	钟嘉睿
莫韵澜	程柏屹	黄睿	周沁
沈朗	唐俊宸	温嘉铠	温依辰
彭子曜			

网址：<https://hksspub.com/>

电话：+852 6855 8145

邮箱：hksspub2022@163.com

刊期：月刊

STAR SOURCE PUBLISHING
香港星源出版社



3079 2180

目 录 CONTENTS

智能算法在家具制造能耗优化中的应用探索	黎浩然 001
家具产业数字孪生工厂的构建与智能监测体系研究	韩子涵 006
基于机器学习的家具表面纹理识别与加工控制模型	林韵泽 011
智能供应链系统在家具行业绿色协同中的实现机制	张博瀚 016
物联网环境下家具设备的智能化运维体系设计	陈慧珺 023
AI 辅助的家具功能创新设计与市场响应预测研究	姚景宁 030
家具制造过程中的碳排放数据智能管理与追踪技术	孙彦哲 038
基于智能机器人集群的家具生产自动控制模型	杜雅文 043
绿色工艺优化下家具制造废弃物回收与再利用研究	贾文峥 051
数字孪生驱动的家具生产全生命周期质量控制系统	罗一航 056
人工智能在家具设计趋势分析与消费者偏好建模中的应用	唐梓昀 062
家具行业节能技术的智能监测与评估体系构建	温若潼 069
AI 大模型赋能的家具产业创新生态系统研究	魏靖豪 074
基于虚拟仿真的家具人体工学性能优化方法	邵晨安 079
家具生产线智能安全防护系统的设计与实现	许意凡 086
人工智能驱动的智能家具系统设计与用户体验研究	段怀瑾 093
可持续制造理念下家具企业绿色绩效评价体系构建	李晨昊 098
数据驱动的家具生产效率预测与过程优化模型	赵舒扬 106
AI 视觉识别在家具质量检验与异常检测中的应用	吴佩珊 113
智能制造与绿色技术协同下中国家具产业的未来发展方向	何宇恺 118

人工智能驱动的智能家具系统设计与用户体验研究

段怀瑾
(江苏省 南京林业大学 210037)

摘要：

随着人工智能与物联网技术的深度融合，家具产品正从传统的功能性对象转型为具备感知、判断与交互能力的智能系统。本文聚焦人工智能驱动下的智能家具系统设计，围绕系统结构构建与用户体验机制展开研究。通过分析语音识别、行为预测与环境自适应等技术在智能家具中的集成方式，明确人工智能在系统感知层与执行层的功能分工与协同关系。结合情感计算与用户体验理论，构建基于“人-机-环境”交互逻辑的体验模型，探讨多模态交互条件下用户信任建立与情感响应的生成机制。

在设计实验中，通过原型系统测试用户在不同情境下的行为表现与情绪反馈，结果显示，智能算法的学习能力与个性化响应显著提升了用户的交互满意度与系统接受度。研究进一步从伦理与文化角度审视智能家具的社会影响，强调数据控制权、用户认知界限与拟人化设计风险等问题，提出面向人文关怀与技术融合的设计优化原则，为智能家具系统的设计创新与用户体验提升提供理论支持与实践路径。

关键词：智能家具系统、人工智能驱动、用户体验、情感计算、多模态交互、设计创新

一、人工智能语境下的家具设计革新与研究

1.1 智能家具设计的时代转向与行业变革

人工智能、物联网与大数据技术的融合，正在推动家具行业从“功能制造”向“智能服务”转型。传统家具以物理属性和材料工艺为核心，而智能家具则通过传感器、语音识别、数据分析与自适应算法实现动态响应与交互功能。家具不再是被动的使用对象，而成为具备环境感知与行为反馈能力的“智能主体”，承载居住者的行为信息与情绪反应。

在产业层面，中国家具制造业的智能化升级已成为推动供给侧结构优化的重要方向。政府政策、家居企业与AI技术企业的协同，促使家具产品设计逐步向数字孪生、数据驱动与交互体验延伸。家具产业正经历从手工制造、自动化生产到智能制造的第三次技术跃迁。家具设计的焦点，正从“外观造型”转向“智能交互系统”的构建。

1.2 用户体验驱动下的设计问题与研究空白

随着智能家具逐步进入家庭场景，用户体验问题成为制约其普及与创新的关键因素。现有研究多聚焦于硬件集成与功能扩展，而在交互逻辑、情感反馈与信任机制等层面存在明显不足。部分产品存在响应延迟、语义识别片面、用户感知负荷过高等问题，导致“技术可用”并未完全转化为“体验满意”。同时，人工智能算法的可解释性不足，使得用户在长期使用中对系统行为的理解与信任产生偏差。

从学术研究层面来看，当前关于智能家具的探讨主要集中于系统工程与人机交互技术，对“设计体验”的研究尚处于起步阶段。尤其在家具设计语境中，关于“AI驱动下的情感交互机制”“多模态感知与人机共生设计”仍缺乏系统理论框架。如何在技术理性与人文体验之间建立平衡，成为智能家具设计的关键研究空白。

1.3 研究目标与创新思路

本论文以人工智能驱动的家具系统为研究对象，旨在构建融合技术智能与用户体验的设计研究框架。研究目标包括：揭示AI技术介入下家具系统的设计逻辑；分析情感计算与多模态交互在用户体验中的作用机制；并通过设计实验与用户测试，验证AI系统优化对体验满意度与行为信任的影响。

论文的创新思路主要体现在三个方面。其一，从系统设计角度，提出“AI算法-感知反馈-用户响应”的循环设计模型，以解释家具在动态环境中的智能适配逻辑。其二，从体验视角，构建基于情感计算的交互机制，探讨智能系统如何在语音、触觉与视觉多通道中实现情感共鸣。其三，从设计研究方法上，融合实验验证与用户反馈分析，形成可操作的智能家具系统设计方法论。

二、人工智能赋能的家具系统逻辑

2.1 智能家具的系统结构与信息流路径

智能家具系统是由感知层、数据层与交互层构成的多层协同结构。感知层通过传感器网络实现对环境、用户行为及情绪信号的实时捕获；数据层利用人工智能算法进行语义理解与决策计算；交互层则将结果以语音、光效、动作反馈等形式输出，实现人机之间的动态沟通。

与传统家具的静态属性不同，智能家具的运行逻辑体现为“信息驱动的动态结构”。系统通过嵌入式AI模块，将环境状态与用户习惯纳入算法模型，实现多维数据的感知与再分配。例如，智能床具可根据用户睡眠周期自动调整床体角度；智能书桌则可依据环境光照与姿态识别结果调节照明亮度。

2.2 AI 技术的设计介入方式与运行机制

人工智能在家具系统中的设计介入主要体现为算法逻辑、感知交互与自适应决策三个维度。首先，算法逻辑为系统提供认知能力。家具系统通过语音识别、图像识别与机器学习算法构建对用户指令与行为模式的理解模型，从而实现个性化响应。其次，感知交互机制使家具具备多模态沟通能力。语音、触觉、姿态感应与环境光反馈构成复合式输入输出通道，使家具在交互过程中具备情境适应性与反馈一致性。最后，自适应决策机制通过深度学习与数据优化，使系统能够根据用户历史行为实现行为预测与偏好调整。

在设计层面，AI 的介入并非单一技术叠加，而是一种认知逻辑的嵌入。设计者需要将人工智能的学习与推理机制转化为体验语言，使产品既能以技术效率满足功能，又能以情感共鸣激发用户信任。例如，在家具系统中引入情感计算算法，可根据语音语调判断用户情绪，从而自动调整环境光色或语音反馈语气。这种具备“响应性情绪”的设计，标志着家具从功能载体向情感媒介的转变 [3]。

2.3 数字孪生与数据感知在家具系统中的协同作用

数字孪生技术的引入，使智能家具的系统逻辑得以从“物理响应”扩展至“虚实共生”。数字孪生通过建立家具产品的虚拟映射体，将物理实体的行为数据、环境参数与用户交互记录同步到虚拟模型，实现实时仿真与远程监测。

在此过程中，数据感知技术承担了虚实融合的基础任务。通过传感器网络、环境识别模块与AI 数据接口，系统能够持续收集家具使用过程中的动态信息，并进行语义标注与模式识别。虚拟模型与现实家具形成实时信息交互，构成“感知 - 分析 - 反馈 - 优化”的循环链条。

从设计视角看，数字孪生技术为智能家具提供了

新的认知层。它使家具系统能够在设计阶段即考虑用户行为反馈与长期使用数据，实现“以数据为中介的体验设计”。这种以AI为核心的虚实协同逻辑，预示着家具设计正从“物理制造”迈向“认知制造”的新阶段。

三、人机交互与情感体验机制

3.1 情感计算在人机交互中的设计转化

情感计算（Affective Computing）为人工智能系统提供了识别、理解与反馈人类情绪的能力，是智能家居实现人机共感的重要基础。与传统的机械交互不同，情感计算强调系统在交互过程中对用户情绪状态的动态响应，从而构建更具人性化的沟通模式。智能家具通过语音分析、面部识别与行为检测等方式，获取用户的情绪线索，并以语调、光效、动作或温度变化等方式实现情绪反馈 [1]。

在设计层面，情感计算的引入使家具从被动执行工具转变为具备感知和表达能力的交互主体。设计者需将算法逻辑转化为可感知的设计语言，如语音语气的柔化、光线亮度的渐变、触觉反馈的节奏化等。这种转化过程不仅关乎技术集成，更涉及情绪共鸣的设计策略。以智能床为例，其通过对用户睡眠情绪的语音采样与姿态数据分析，可自动调节音乐与温度，实现心理放松与舒适体验。

3.2 多模态交互设计的体验建构

多模态交互（Multimodal Interaction）是智能家居实现自然人机沟通的核心路径。与单一语音控制不同，多模态设计整合语音、视觉、触觉、姿态识别与环境感知等多种输入输出方式，使交互更加流畅与立体。用户通过手势、语音、触摸甚至表情完成指令输入，系统则通过声音、光线或动作反馈完成情绪回应，形成多通道的体验闭环。

这种体验建构不仅提升了交互效率，也强化了用户对系统智能性的感知。当家具具备对情境的自适应理解能力时，用户的使用行为从“命令执行”转向“自然交流”。例如，智能沙发可根据用户坐姿与体温自动调整硬度与加热强度，同时通过光色变化传递环境情绪，从而形成多感官一致的交互体验。

在设计方法上，多模态交互要求设计者在感官整合与认知负荷之间取得平衡。过度的多模态输入可能导致信息干扰，而过于单一则削弱沉浸感。理想的设计应建立“信息权重层级”，使视觉、语音与触觉信号协同作用，确保系统反应的逻辑一致性与感知连贯性。

3.3 用户心理模型与信任关系形成机制

用户对智能家具的信任形成，是人机关系稳定与长期使用体验的核心机制。信任不仅源于功能可靠性，也受到情感共鸣与系统透明度的影响。心理学研究表明，用户在与AI系统交互中会形成一种“拟社会关系”，即将智能系统视作具备意图与情绪的互动对象。当系统的反应符合预期、情绪表达真实且连续时，用户更容易产生信任与依附感。

在智能家具中，信任机制的建立可通过三层实现：认知信任（系统行为的可预测性）、情感信任（互动回应的情绪一致性）与结构信任（数据安全与隐私保障）。例如，用户若能明确理解家具的算法逻辑与数据使用边界，其信任感会显著增强。相反，当AI决策过程不透明或响应异常时，信任关系容易瓦解，影响整体体验。

从设计视角来看，信任关系的形成依赖于可解释性设计与渐进式互动机制。设计者可通过可视化界面展示系统状态，让用户理解系统意图；或通过逐步适应式交互降低用户的心理防御。信任的建立过程因此不再是被动接受，而是人机间的共建结果。

3.4 智能家具的情感响应设计策略

情感响应是智能家具系统实现“人机共情”的关键环节。其设计策略应同时考虑感知维度、行为表达与文化符号的匹配，使系统在语义、语用与情感层面保持一致。有效的情感响应不仅要求技术上的识别准确，更强调在设计语言中传递“被理解”的体验。例如，家具可通过柔和的灯光变化表达安抚意图，或通过语音语调调节回应用户情绪状态，形成“感知-反馈-共鸣”的闭环。

设计策略的核心在于“个性化情感映射”。通过深度学习模型，系统能够识别不同用户的情绪模式与交互偏好，从而生成差异化反馈。例如，智能书桌可在检测到疲劳信号后启动休息提示与音乐播放，提升使用者的专注与健康体验。这种以数据为基础的情感响应机制，使家具具备持续学习与情绪适配能力。

更进一步，情感响应应避免机械式模拟，而应体现文化语境中的人文温度。东方家庭场景中的情绪表达往往内敛柔和，设计者应将文化心理特征纳入情感建模体系，使智能家具的反馈更符合用户的审美与社会认知。这种跨文化的情感响应策略，代表了AI家具设计由技术智能向情感智能的演进方向。

四、设计实验与系统原型开发

4.1 实验设计框架与研究方法说明

本研究采用“设计科学研究”方法论，结合用户体验分析与系统原型测试，构建人工智能驱动的智能

家具系统原型。实验目的在于验证人工智能技术在家具交互系统中的可行性，并通过用户反馈分析系统的情感响应与体验满意度。实验设计分为三个阶段：原型构建、场景测试与数据反馈分析。

在研究框架上，实验以“功能实现-体验验证-行为反馈”为主线。功能实现阶段，聚焦于AI算法在家具感知与响应模块中的嵌入方式；体验验证阶段，通过多模态交互任务模拟用户日常使用情境；行为反馈阶段，采用定性与定量结合的方法，对语音交互反应时间、情感识别准确率、用户满意度等关键指标进行分析。

数据采集工具包括语音识别模块日志、传感器记录数据与用户反馈问卷（开放式描述与五级量表结合），以确保结果的多维度可靠性。

实验样本由30名不同职业背景的参与者组成，涵盖20至45岁区间，分为技术熟悉型与非技术型用户两组，以观察系统可用性在不同认知水平下的差异性表现。通过系统操作记录、情绪反应观察与使用后访谈，综合评估AI驱动家具的情感响应效果与用户信任形成过程[2]。

4.2 智能家具系统原型的功能架构与设计流程

智能家具系统原型以语音交互与环境自适应控制为核心功能模块，架构分为三层：感知层、决策层与响应层。感知层通过多模态传感器实现语音识别、姿态捕捉与环境光感监测；决策层基于深度学习算法（CNN与RNN模型组合），完成情绪识别与行为预测；响应层则通过语音输出、灯光变化与机械反馈完成环境调节与情绪回应[1]。

设计流程遵循“场景导向-算法嵌入-交互验证”的迭代模式。首先，通过情境分析确定典型家庭场景（如阅读、休息、工作），提取用户的交互需求与行为路径。其次，在系统设计中引入AI语音识别模块与情感计算算法，确保家具能够理解语义与情绪双重信号。

在具体设计中，原型系统设定了三个核心交互任务：语音调节环境光、情绪识别与音乐推荐、姿态检测与姿势纠正提示。系统可通过语音分析识别用户语调变化，当检测到疲劳或负面情绪时，自动降低灯光亮度并播放舒缓音乐。同时，传感器实时监测用户姿态，当检测到久坐状态时发出轻度提醒，构建“物理-情感-认知”三层交互体验结构。

原型测试结果显示，用户在完成三类交互任务时的平均响应时间为1.2秒，系统语义识别准确率达92%，情绪识别准确率约为81%。多数用户表示系统反应自然，语音反馈具有“拟人特质”，能够增强家具

的情感氛围感与信任感。

4.3 用户场景测试与反馈数据分析

用户测试采用情境模拟法，在控制环境下重现家庭使用场景。测试共分为三个维度：系统性能评价、交互体验感知与情感共鸣分析。通过语音日志与生理反馈数据（面部表情与语音语调分析），量化评估用户与系统的交互质量。

从性能维度来看，AI 语音识别与情感分析模块在噪声环境下的识别率下降约 7%，表明系统在复杂声学环境中仍需优化麦克风阵列与算法滤波模型。体验维度结果显示，用户普遍认可系统的自然反馈与个性化推荐，但部分用户在连续使用中出现认知疲劳现象，提示系统在交互频率设计上需要优化节奏与信息密度。

情感共鸣方面，约 76% 的用户在测试后表示系统具有“人性化陪伴感”，尤其是在语音反馈与灯光响应一致时，体验满意度显著提升。受访者普遍认为，系统在非指令性情境（如休息或沉思时）表现出温和与柔性特征，有助于情绪放松。用户反馈表明，智能家具的情感设计效果不仅取决于算法精度，更与语音语气、语义语境与文化心理匹配度密切相关。

综合来看，AI 驱动的智能家具系统在实现功能自适应与情感交互的同时，仍面临数据隐私、安全治理与算法透明度等问题。后续研究需在情感计算模型的文化适配与伦理约束方面进一步深化 [3]。

五、用户体验的行为观察与数据解析

5.1 用户行为特征与情感反应分析

智能家具的人机交互过程本质上体现为一种“行为 - 情感 - 反馈”的循环机制。为分析人工智能语境下的用户行为特征与情绪反应，本研究在实验原型测试中对 30 名受试者进行了多维度记录，包括交互频率、语音响应延迟、语调变化、生理表情与语义情绪强度。通过情感计算模型对语音与表情信号进行量化分析，绘制情绪反应曲线，并对不同交互任务进行对比研究。

结果显示，用户在执行语音控制与环境调节等指令型任务时，表现出较高的专注度与反应效率，而在涉及情感识别与音乐推荐等任务中，交互频率下降，用户更倾向关注反馈的自然度与情绪匹配性。积极情绪状态下的语音响应更快、语调更高，系统在此状态下的情感识别准确率达到 84%，在中性或疲劳状态下，准确率下降至 76%，表明多情境语义理解仍是系统优化的关键。

行为轨迹分析发现，用户在最初阶段表现出探索性操作，经过多轮交互后逐渐形成稳定的使用习惯。

随着互动的积累，用户对系统的认知从“工具感知”转向“情感陪伴”，表现出明显的心理依附倾向。当家具在语音反馈、灯光控制与环境调节中表现出协调一致性时，用户更容易产生情绪共鸣与信任感。这种变化说明，人工智能技术在家具设计中已不再局限于功能执行，而开始承担情绪支持与心理互动的角色 [1]。

5.2 用户满意度与体验评价模型构建

为了系统评估智能家居的用户体验效果，本研究构建了多维度的用户体验综合评价模型（UXE Model）。模型以交互流畅性、情感共鸣度、信任感知度和持续使用意愿为核心维度，通过问卷数据、语音记录与行为日志综合建模，并运用主成分分析法提取关键影响因子。

分析结果表明，情感共鸣度与信任感知度是影响用户体验的主要变量，占总权重的 65%。用户在体验过程中，更重视系统是否能理解情绪、回应语义，而非仅完成功能操作。当系统的语音语气、灯光变化与情绪反馈保持一致时，整体体验满意度提升约 18%。相反，响应延迟与语义误判往往会显著削弱用户的信任感。统计结果显示，每增加 0.5 秒响应延迟，体验评分下降约 7%，而情感反馈准确率每提升 10%，信任感上升约 8%。

用户对系统的持续使用意愿与其“人格化感知”密切相关。当系统呈现出自然语气与情绪连续性时，用户更容易赋予其“陪伴”属性。部分用户在测试中表示，系统的柔性回应有助于缓解心理压力与孤独感，这表明智能家具的设计价值已超越物理功能层面，延伸至心理支持与情绪调节领域 [2]。

AI 驱动的家具体验模型强调技术精度与情感设计的双重协调。语音识别、情绪分析与行为反馈之间的时序一致性，是形成积极体验的关键。用户信任、交互自然度与心理共鸣共同构成体验满意度的核心机制，也为后续系统优化提供了可量化的评估依据。

六、智能设计的伦理与文化反思

6.1 拟人化设计的边界与伦理风险

智能家具系统在提升用户体验的同时，也引发了关于拟人化设计的伦理讨论。通过情感计算与语音交互技术，家具逐渐具备“回应”“理解”与“表达”等行为模式，使用户在使用过程中形成类似于人际互动的情感投射。这种设计手法虽然增强了使用黏性，但也容易模糊人机界限，引发对过度依赖与情感误认的担忧。

当用户在认知上将系统拟人化，可能会产生误解

甚至情感依附，而这些情感回应是由算法模拟构建，缺乏真实情感基础。这不仅改变了用户的交互预期，也可能在心理层面形成依赖性，特别是在心理脆弱或孤独状态下，用户更易将系统视作真实陪伴对象。拟人化的边界不清还可能影响道德判断，例如用户是否应对家具系统“负责”或“体谅”，这挑战了传统产品与人的伦理定位。

在设计过程中需要明确区分功能性拟人与情感性拟人之间的边界，防止技术模拟替代真实社交，特别是在教育、护理等敏感领域，拟人化的程度与语义设计需进行伦理评估与适度调控。

6.2 智能家具的数据隐私与用户控制权问题

随着智能家具系统的深度感知能力增强，用户在家庭场景中的行为、语音、习惯甚至情绪状态均被实时采集。这种“无感知记录”机制在提供个性化服务的同时，也埋下了隐私泄露与数据滥用的风险。

一方面，用户数据往往通过云端处理与算法学习而不断扩充，使得家具厂商对用户生活拥有高度可视化理解；另一方面，多数系统的使用协议复杂，普通用户对其数据流向、处理方式及存储机制缺乏透明认知，难以实现真正意义上的“知情同意”。

此外，目前多数智能家具并未提供足够细化的数据控制接口，用户难以选择关闭部分传感器或删除个别记录，导致个人数据权利被架空。在数据驱动的商业模式下，设计者与开发者需要承担起更高的信息治理责任，包括数据最小化收集原则、边缘计算设计优化以及隐私模式可视化等措施，以确保用户在体验便利的同时，保有基本的控制权与决策权。

6.3 智能家具设计的人文价值与社会责任

技术导向的家具设计已逐步从功能性创新转向文化性反思。在智能化趋势驱动下，家具不再只是物理形态的使用工具，而是嵌入用户日常生活的交互对象。系统设计应关注其在家庭伦理、代际关系、文化认同等方面的影响，回归人本价值与社会责任。

智能家具若过度强化效率与控制逻辑，可能将居家空间变为数据操控场，削弱了生活的柔性与情感深度。因此，设计过程需要融入文化敏感性与伦理预设，避免技术冷漠化、交互机械化现象的发生。设计者应思考如何使智能系统尊重家庭成员之间的情感边界，促进人际交流，而非取代或弱化。

同时，在绿色可持续发展的全球背景下，智能家具系统还承担着节能减排、循环利用等社会责任。系统设计不仅应体现技术先进性，更应体现社会可持续发展的价值导向，使家具在“智能”之外，也具备“智慧”的公共意义。

参考文献：

- [1] Sensors Editorial Team. Exploring Smart Furniture: A Systematic Review of Integrated Smart Furniture Research[J]. Sensors, 2025, 25(22): 6900.
- [2] 王晨阳, 李晓婷. 基于用户体验的智能家具设计研究——以书房家具为例 [J]. 包装工程, 2023, 44(12): 142 - 150.
- [3] 陈嘉琪, 孙泽宇. 基于用户需求的智能家具产品设计路径研究 [J]. 设计, 2022(20): 65 - 68.

Scientific and Technological Pioneers

科学技术先锋



3079 2180