

# 科学技术先锋

*Scientific and Technological Pioneers*

第3卷 第8期 总第23期

2025.08



# 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：

林彦泽 杜心怡 宋瀚霖 刘昭屹

张云翔 马景辰 王泽安 钟嘉睿

秦若仪 江思敏 黄睿 周沁

沈朗 唐俊宸 叶清潼 梁若琪

吕依澄

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

智能化家具制造体系的自适应控制策略研究 .....	梁沐辰 001
家具产业数字工厂的构建与智能生产模式探索 .....	张清遥 006
机器视觉驱动的家具表面缺陷检测算法研究 .....	顾晨扬 012
家具制造能耗监测与节能调度的智能模型设计 .....	沈若溪 017
可持续材料导向的家具设计创新与生态价值评估研究 .....	周思渝 024
家具生产线机器人协同与学习型控制系统研究 .....	韩逸哲 028
家具产业链绿色转型的多维数据决策机制 .....	吴婧怡 036
基于 AI 优化的家具结构强度与轻量化设计分析 .....	黄敬尧 042
家具制造装备的智能运维与故障预测系统构建 .....	邱映泽 050
云计算环境下家具企业制造资源智能调度平台研究 .....	陈诗蕾 055
家具产业碳排放监测系统的数字化实现路径 .....	姚振川 062
AI 驱动的家具用户体验交互设计与个性化感知机制 .....	罗清晗 069
绿色制造理念下家具原材料供应优化研究 .....	潘昕然 077
智能仿生材料在未来家具设计中的创新应用 .....	黎承远 083
家具产业全流程能效优化的数字孪生应用研究 .....	钟语珊 090
面向可持续发展的家具包装设计智能评估体系 .....	王子衡 096
家具行业智能安全体系构建与作业风险感知模型 .....	杜心禾 101
大数据支持下家具企业运营智能决策系统研究 .....	程韵桐 108
家具设计中人工智能审美分析的模型构建与应用 .....	何靖安 115
家具产业绿色智能化升级的战略路线与政策建议 .....	赵瀚宇 121

# 可持续材料导向的家具设计创新与生态价值评估研究

周思渝

(浙江 浙江大学 310058)

## 摘要：

在碳中和政策与绿色消费理念不断深化的背景下，家具设计正面临从传统材料依赖向可持续材料优先的结构性转型。本研究聚焦家具设计中的可持续材料应用，结合生命周期评价与生态设计方法，分析不同材料在环境性能、工艺适配性与用户接受度之间的平衡关系。通过对竹基复合材料、回收塑料、天然纤维等典型材料的使用场景与设计逻辑进行梳理，识别其在实际设计中对结构稳定性、视觉表达与功能实现的影响。选取若干家具产品进行生态性能比对，量化其碳排放、能源消耗与材料可循环性等指标，并结合用户调研反馈探讨感知价值与生态价值之间的关系。

研究结果显示，早期材料决策的介入能够有效降低环境负担，同时优化用户的绿色体验认同。在此基础上，提出融合生态性能评估工具与材料设计数据库的优化策略，回应家具行业绿色转型过程中的设计治理与价值再分配问题。

关键词：可持续材料、家具设计创新、生态价值评估、绿色制造、材料选择策略、循环经济导向设计

## 一、材料革新与家具设计的生态转向

### 1.1 家具行业的可持续转型驱动因素

近年来，全球气候变化、资源枯竭与碳排放监管的压力日益增强，推动制造业在生产方式与材料选择方面加速转型。家具行业作为木材、塑料、金属等资源高度依赖型产业，其产业链中存在原材料浪费、生命周期短、碳足迹高等问题，在“双碳”目标和循环经济战略背景下，亟需构建绿色低碳的发展路径。与此同时，消费者环保意识的提升也推动了家具产品的环保诉求，从功能导向逐步向可持续性与生态责任倾斜，为绿色材料和设计创新提供了现实动因与社会基础。

在政策层面，国家相关部门陆续出台绿色制造体系建设方案与绿色产品评价标准，引导企业加快绿色工艺改造与环保材料替代。从行业发展逻辑来看，材料不仅是产品构造的物质基础，也是生态价值转化的关键变量。可持续材料的广泛应用，不仅关乎资源利用效率，更成为家具企业品牌竞争力与国际化发展的重要支点。

### 1.2 可持续材料在家具设计中的应用现状

当前家具行业在可持续材料的应用方面呈现出多元探索趋势。主要包括生物基材料（如竹、藤、麻类复合材料）、回收再利用材料（如再生塑料、人造板二次利用）以及低挥发性环保涂层等。部分领先企业在生产实践中引入生态材料组合策略，提升产品全

生命周期的环境表现。例如，将可降解材料与模块化设计相结合，实现拆装便利与材料回收；或利用大数据优化材料用量与结构匹配，减少冗余浪费。

现阶段仍存在诸多制约问题：部分可持续材料性能尚未稳定，应用范围受限；产业链上游绿色材料供给不充分，价格波动大；同时，设计端与制造端在绿色材料应用的协同程度不足，导致绿色设计落地难度较高。因此，有必要从材料属性出发，系统分析其对家具设计语言、结构、使用逻辑及用户体验的深层影响，以实现从材料选择到生态价值表达的有机统一。

### 1.3 研究目标、内容框架与技术路线

本研究聚焦可持续材料在家具设计中的应用机制与生态效益评估，旨在明确材料选择与设计创新之间的逻辑关联，并提出系统性评估路径。研究主要内容包括：一是分析家具产业绿色转型背景下材料革新的趋势与挑战；二是探讨不同可持续材料的设计适应性与功能转换方式；三是构建基于生命周期评价（LCA）的家具生态价值评估模型，验证材料选择对环境绩效的影响敏感性；四是结合企业案例，总结绿色设计的实践路径与策略建议。

在技术方法上，研究将综合运用文献分析、LCA建模、设计实践观察与案例比较等手段，形成“材料—设计—评估”三位一体的分析框架。通过理论与实证结合的方式，推进材料导向家具设计的生态化转型，为绿色制造理念在家具行业的深度融合提供理论支撑

与实践参考。

## 二、绿色材料体系与家具设计策略

### 2.1 可持续材料的分类与性能特征

在家具设计中，材料不仅决定产品的结构与性能，更在生命周期中承担环境影响的核心责任。基于可持续发展导向，可持续材料大致可分为三类：天然可再生材料、回收再利用材料以及低环境负荷复合材料。其中，天然类材料如竹、麻、藤、软木等具有快速再生能力、低能耗加工程度，适用于结构性与装饰性设计。回收材料如再生塑料、再生金属、人造板残材二次利用，强调资源循环性，适用于标准化、模块化设计。低负荷材料则包括生物基复合材料、环保涂料、水性胶黏剂等，突出减少有害物质释放与使用过程的环境污染 [1]。

这类材料的性能特征包括：重量轻、强度适中、加工适应性强、生物降解性良好等，但同时也面临稳定性差、成本高、耐候性不足等技术难题。因此，合理评估其力学性能、环境适配性和加工可行性，成为绿色材料在家具设计中广泛应用的前提。

### 2.2 材料属性对家具设计要素的影响机制

材料的物理与化学属性直接影响家具产品的功能表现、结构构成与审美特征。首先，在结构设计方面，材料的强度与延展性决定了构件连接方式和整体稳定性，如竹类材料适合构建弯曲造型，而硬木则适合承重构件的设计。其次，在造型语言上，材料的纹理、颜色与肌理对家具的风格走向起导向作用，天然材料更倾向表达自然主义或东方美学风格，而再生复合材料更适用于现代简约与工业风设计。

此外，材料属性还影响功能集成与用户体验。可持续材料因其良好的环保属性，更适用于亲肤性强、接触频率高的家具部件设计，如座椅面料、桌面覆盖等。若材料具备良好的声学或热调节性能，可进一步拓展智能家具中人居环境调节的功能表达。设计师需基于材料属性制定差异化的设计逻辑，实现功能、审美与生态价值的统一 [3]。

### 2.3 材料导向下的设计方法与创新路径

在材料导向设计范式下，家具设计不仅是对形式与功能的构建，更是对材料潜能的再发现与再组织。设计方法应从“形式主导”转向“材料驱动”，强调以材料特性为中心的创作逻辑。这种方法强调在产品概念形成之初就将材料属性纳入设计思维框架，形成“材料—结构—功能”一体化的系统设计流程。

创新路径可从三个方面展开：其一是结构简约化与模块化设计，通过减少材料用量与简化构造实现绿

色节材目标；其二是异材融合设计，将不同种类可持续材料进行复合应用，实现性能互补与美学协调；其三是基于生命周期的设计优化，在产品设计阶段就考虑拆解回收、材料再利用的可能性，增强产品的循环性与可持续性。

随着数字制造与绿色工艺技术的兴起，可持续材料的加工适应性与精度不断提升，也为家具设计带来更大的形式自由度与技术实现可能。设计创新将在材料、工艺、结构与使用行为之间建立更紧密的联动机制，推动家具行业向更生态、高效与智能的方向发展 [4]。

## 三、家具产品的生态价值评估体系构建

### 3.1 生命周期评估（LCA）方法在家具领域的适用性

生命周期评估（Life Cycle Assessment, LCA）作为当前环境影响分析的核心方法，适用于家具产品从原材料获取、生产、运输、使用到废弃回收的全流程环境负荷分析。该方法强调“摇篮到坟墓”的系统评估逻辑，能够全面识别家具在其生命周期内的碳排放、水资源消耗、能源使用及污染物释放等关键指标。

在家具产业中，LCA方法可有效应对原材料多样、结构复杂与使用周期长等特征所带来的环境评估挑战。通过建立产品特定的LCA模型，可以识别碳足迹集中点、分析高耗能工序与材料构成对环境绩效的贡献率，为绿色设计优化提供决策支持。已有研究表明，家具制造阶段的能源消耗及原材料选取对整体碳排放影响最为显著，LCA可作为绿色设计的核心分析工具 [4]。

### 3.2 绿色设计绩效的评价维度构建

生态价值的评估不仅仅依赖单一的碳排指标，还需从多维度构建评价体系，涵盖环境影响、资源效率与再生能力等核心方面。在家具设计中，绿色绩效评价可划分为以下关键维度：材料可持续性（如再生性、可降解性）、能耗水平（加工与使用阶段）、可回收性与易拆解性、产品使用寿命与维护便捷性等。

在建立评价维度时，应结合家具产品的特性与生命周期节点，区分结构件与装饰件的环境敏感度，构建以功能单位（如“每件家具每年使用周期”）为基础的比较标准，增强评估结果的针对性和可比性。这一维度体系既能作为产品绿色设计的优化参考，也可支撑政策制定和行业绿色认证的指标体系建设 [2]。

### 3.3 评估工具与数据模型的技术实现路径

绿色设计绩效的量化需要依托科学评估工具与可靠数据支持。目前在家具领域常用的LCA软件包括

GaBi、SimaPro 与 OpenLCA 等，它们可结合行业数据库（如 Ecoinvent、CLCD）对不同材料和工艺参数进行环境影响计算。针对家具产品的复杂构件结构，还可引入 BIM（建筑信息模型）或 CAD 系统进行三维建模，辅助评估参数输入的精准性。

为提高数据的实用性与适配性，可结合企业现场调研、自建数据库与行业统计数据，构建适用于家具设计的简化评估模型。这一模型将以产品功能单元为核心，关联材料清单、工艺流程与运输路径，并融合碳排系数、水耗系数等关键因子，形成可复用的技术路径，服务于不同家具产品类型的绿色设计决策 [3]。

### 3.4 材料选择对生态绩效的敏感性分析

材料选择是影响家具生态绩效的最关键变量之一。不同种类材料在生产能耗、碳足迹、回收率等方面差异显著，构成产品生命周期环境负担的主要来源。通过对对比分析常用木材、人造板、金属、塑料与新型环保材料的生命周期数据，可量化其对整体生态指标的影响程度。

敏感性分析结果表明，材料选择对碳排放总量的贡献率通常超过 50%。尤其是在定制家具或结构复杂家具中，使用高再生率或低碳加工材料可显著降低整体生态负荷。材料的可拆解性与组合方式也对产品的后期回收利用产生深远影响。因此，在绿色设计决策中，需将材料生态性能纳入早期设计判断，结合性能—成本—环保性三者之间的平衡关系，实现更具系统性的生态优化路径 [1]。

## 四、企业案例研究与绿色设计实践

### 4.1 案例选取标准与研究方法说明

为探讨可持续材料在家具设计中的实践路径与生态价值表达，本研究选取了在绿色转型方面具有典型代表性的两家国内家具企业作为案例。选取标准包括：企业在材料可持续性方面具备实际应用与产品落地，公开展示绿色设计战略或环境责任报告；产品具有设计创新性，融合模块化、循环利用或绿色包装等理念；具备一定的数据透明度与产品全生命周期管理能力，能够追踪其绿色材料投入及环境影响数据。

研究方法采用文献资料收集、产品实地调研、企业技术人员访谈与生命周期简化评价相结合的方式。围绕设计端、材料端与使用端的数据结构，对家具产品中的材料选型逻辑、绿色结构方案与生态影响控制机制进行系统分析，并通过 LCA 工具进行辅助验证，以支撑绿色设计决策与生态效益评估之间的关联建构。

### 4.2 国内典型家具企业的绿色材料实践路径

慕思寝具（DeRUCCI）在健康环保与绿色睡眠系统构建方面提出了清晰战略。企业将绿色材料作为核心竞争力之一，引入天然乳胶、生物基海绵、环保纤维与 OEKO-TEX® 认证面料用于床垫与寝具产品。其床垫系统采用可替换垫层与分层结构，用户可根据功能需求更换部分部件，延长产品寿命并降低整体资源消耗。同时，慕思在生产工艺上配备 VOCs 排放监控系统，保障材料从采购到制造全过程的环保性能，并依托高校合作开展绿色材料舒适性与环境适配研究，推动从感官体验到环境价值的协同提升。

吱音（Ziinlife）作为新锐原创家具品牌，将可持续设计理念内化于产品哲学。产品设计坚持“结构极简”“材料可持续”与“包装环保”三大原则，广泛使用 FSC 认证多层板材与天然木蜡油饰面，避免使用复杂五金与不可降解连接件。其代表性家具均采用快装无螺丝设计结构，提升组装便捷性的同时，降低资源损耗与运输能耗。吱音还在包装环节引入扁平化设计与可回收环保填充物，完整实现绿色材料从产品结构到物流体系的闭环控制，体现出设计驱动型企业在绿色转型路径中的探索与价值表达。

这两家企业在绿色材料实践中各具特色：慕思注重健康性能与使用延续性，强调材料与人体环境的双重适配；吱音则通过设计逻辑的优化，聚焦资源节约与结构创新，反映出材料选择与设计策略协同驱动的绿色路径。这些实践表明，绿色材料的系统运用已成为家具企业产品战略与品牌价值构建的重要支撑。

### 4.3 生态价值导向的产品开发模型归纳

基于上述案例分析，可归纳出一种以生态价值为核心导向的家具产品开发模型，其逻辑结构表现为“绿色材料选择—结构设计集成—制造过程控制—生命周期管理”四个关键环节的协同互动。

在材料选择阶段，企业不再以成本与性能为唯一标准，而将碳排强度、可再生性、毒理性等环保指标纳入综合评估体系。设计阶段通过部件标准化、结构可拆卸性与模块化构建提升产品适应性与可维护性，从而延长产品使用周期。制造过程中引入数字化追踪工具如 MES 系统、材料可追溯平台，实现绿色材料比例与能耗数据的精准统计与动态优化。在使用与回收阶段，产品结构支持材料的分类回收与再利用，设计流程内嵌了对废弃处理阶段的责任预设。

该模型强调生态价值不应仅作为设计结果的评估指标，而应成为家具产品从概念设计到生产实施全流程的指导思想。它要求企业具备整合材料科学、设计方法与环境工程的多学科能力，在生态逻辑、市场价值与社会责任之间形成动态平衡，为家具行业的可持

续转型提供可复制的技术路径与管理模式支持。

## 五、研究结论与产业政策建议

### 5.1 材料导向设计的理论价值与实践成果总结

基于前文研究与企业案例分析，可以归纳出以可持续材料为核心驱动的家具设计策略具有明确的理论意义与实践成效。从理论维度来看，材料导向设计重构了家具产品开发的价值逻辑，将传统以功能与美学为主的设计思路，扩展至环境绩效与生命周期控制，实现了“生态—技术—人本”多维融合的设计范式。它强调材料不仅是设计的物质基础，更是构建环境责任与系统优化的关键变量。

在实践层面，研究揭示了材料在家具设计创新中的系统作用路径：材料选择影响结构布局、连接工艺与模块化程度，进而决定产品的可拆解性、可回收性与整体生态绩效。企业案例也显示，绿色材料策略与设计协同有助于提升产品市场附加值，推动企业在“双碳”目标下实现高质量转型，验证了材料导向设计在产业层面可落地、可复制的应用潜力。

### 5.2 家具行业绿色转型的制约因素与路径建议

当前家具行业在绿色转型过程中仍面临多重结构性障碍。首先，绿色材料成本高、稳定性不足、供应体系不完善，使得中小企业应用意愿与能力较弱。其次，设计端缺乏针对可持续材料的标准化应用知识，造成“材料—设计—制造”链条断裂。此外，环保法规实施不均衡、绿色认证门槛偏高，也限制了材料创新与推广的广度。

针对上述问题，建议从以下路径推进优化：一是推动绿色材料标准体系建设，建立适用于家具行业的可持续材料性能数据库，供设计者与企业决策参考。二是加大对绿色设计教育与人才培训的投入，提升设计师的生态材料运用能力。三是通过财政补贴、绿色

金融支持等政策手段，降低企业绿色材料转型的初始投入压力。四是强化材料供应链的协同机制，推动上下游协作开发环保材料与配套工艺，形成共赢型绿色生态圈 [1]。

### 5.3 后续研究方向与模型优化建议

未来研究可从三个维度进一步深化。一是扩展生态设计模型的适用范围，将其应用于不同类型家具（如软体、办公、儿童家具）中，探讨材料属性与设计策略的差异化适配。二是加强对生态价值量化的多维评估工具开发，结合 LCA、碳足迹、材料可回收指数等综合指标，实现对产品从设计到回收的全生命周期绩效追踪。三是探索数字化技术与材料导向设计的融合路径，如基于 BIM、数字孪生与 AI 优化算法的材料决策系统，提升绿色设计的实时响应能力与系统集成度。

在绿色消费趋势推动下，可引入用户反馈机制，将消费者对材料认知、环保偏好等要素纳入设计环节，从而构建“设计—使用—再设计”的动态闭环系统，为家具行业的可持续发展提供更具弹性与适应性的创新动力 [4]。

### 参考文献：

- [1] 赵润九. 基于系统论的可持续材料选择与低碳家具设计研究 [J]. 材料科学, 2025, 15(1): 78 - 85.
- [2] 田牧冉. 浅析可持续理念下的现代家具设计研究 [J]. 设计, 2024, 9(5): 1012 - 1020.
- [3] 孙晨颖, 杨超, 路金涛, 朱晓冬. 基于生命周期评价的定制家具碳足迹与减排策略研究 [J]. 林业机械与木工设备, 2024, 52(5): 47 - 55.
- [4] 刘祎, 吴智慧, 徐伟. 生命周期评价在家具行业的应用 [J]. 城市生态与可持续发展, 2024(5): 57 - 63.

*Scientific and Technological Pioneers*

# 科学技术先锋



3079 2180