

科学技术先锋

Scientific and Technological Pioneers

第3卷 第11期 总第26期

2025.11



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：

林敬然 高诗颖 宋语昊 刘昭屹

张云翔 马景辰 林婧琪 宋泽昊

莫廷轩 杜思珩 黄睿 苏胜

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

人工智能在家具设计制造一体化中的应用框架研究	梁卓言 李芷涵	001
家具行业数字化工厂建设的路径探索与系统集成	魏思瀚	005
基于物联网的家具能源管理与绿色制造体系研究	陈予澄 林梓诺	012
智能化家具生产线的自适应控制系统设计	唐景昊	018
绿色制造背景下家具工艺能耗监测与优化策略	冯婉清	024
家具智能交互系统的语义识别与人机协同研究	莫泽轩 孙敬尧	031
数字孪生与人工智能赋能下的家具制造转型研究	黄梓铭	038
AI 视觉识别技术在家具表面瑕疵检测与质量分级中的实践	罗思远	043
家具产业碳排放核算体系的智能监控与生命周期分析	叶子翊	050
区块链支持下家具绿色供应链的可追溯性系统构建	潘奕衡	058
家具生产过程优化的多智能体调度算法研究	邱悦彤 江柏然	067
基于数字孪生的家具制造智能仿真模型开发	江哲凯	072
家具材料绿色创新与循环利用技术路径研究	林安雯	079
AI 驱动的家具有用户情感识别与个性化体验设计研究	高敬一 郑沐阳	086
面向可持续发展的家具企业低碳绩效评价体系构建	段依然	091
家具设计自动化系统的算法优化与审美共创机制	唐梓皓 李可沁	097
智能制造背景下家具生产安全控制与预警机制研究	赵子涵	102
基于大数据的家具消费趋势预测与产品创新策略	曹景然 林思怡	109
家具行业智能检测装备的发展现状与未来趋势	方润哲	115
AI 与绿色科技融合下中国家具产业的创新与国际化发展	钟语珩	122

数字孪生与人工智能赋能下的家具制造 转型研究

黄梓铭

(广东省 华南理工大学 510640)

摘要:

在智能制造与数字经济深度融合的背景下,中国家具制造业正处于由传统加工向智能化生产转型的关键阶段。本文以数字孪生与人工智能为研究核心,探讨家具制造业智能化转型的内在机制与实现路径。通过对智能制造理论、AI 驱动决策机制及家具产业技术演进的系统梳理,构建了“数字孪生—AI 驱动—动态优化”的智能生产体系模型。

研究基于南康家具集群与全友家居等典型企业的案例分析,揭示智能感知、虚实融合与柔性制造在实际生产中的协同作用。结果表明,数字孪生技术能有效提升生产过程的透明化与可控性,人工智能的引入则优化了资源配置与能耗管理,促进制造流程的动态反馈与持续优化。本文进一步提出了家具制造业智能化发展的战略路径,包括构建行业级数字孪生平台、完善数据协同机制与推进绿色智能制造体系建设,以期为中国家具行业的高质量转型提供理论支持与实践参考。

关键词:家具制造业;智能化转型;数字孪生;人工智能;生产模式优化;绿色制造

一、智能化转型的产业命题与研究起点

1.1 家具制造业的技术变革与时代背景

在智能制造与数字经济融合发展的背景下,中国家具制造业正经历由传统制造向智能生产的深度转型。人工智能、物联网与数字孪生技术的应用,使生产流程逐步实现数据化、可视化与预测化。与以往依赖人工经验和单一设备自动化的模式不同,智能制造通过算法优化与系统协同,构建了柔性化与网络化的生产体系。

在国家“智改数转”战略的推动下,家具行业正从劳动密集型向技术密集型转变。数字孪生技术支持虚实融合的过程管理,人工智能提升决策与质量控制水平,形成以数据驱动为核心的产业新生态。家具制造的创新已从单一产品层面扩展到系统性生产模式变革,技术升级正成为行业高质量发展的关键动力。

1.2 智能化转型的研究问题与限制

家具制造业的智能化转型涉及技术、组织与产业结构的系统重构。尽管智能制造理念广泛传播,但多数企业在实施中仍停留于设备层面的自动化改造,缺乏系统化的数据模型与智能决策机制。行业面临的主要问题包括技术碎片化、数据孤岛与标准缺失等,限制了智能化体系的整体效能。

1.3 研究目标、思路与创新路径

本研究聚焦中国家具制造业的智能化转型,重点分析数字孪生与人工智能融合驱动下的生产模式优化

机制。研究旨在构建一个系统化的分析框架,以揭示技术协同、组织重构与产业演化之间的内在逻辑。研究从技术、管理与生态三个层面展开:在技术层面,探讨虚实融合与算法优化的应用机制;在管理层面,分析企业在智能化转型中的结构调整与流程再造;在生态层面,关注产业链协同与区域创新网络的形成。

研究路径以系统分析与实证比较相结合为主。通过对南康家具集群与全友家居的典型案例分析进行深入剖析,提炼智能制造的实践规律与适配条件。同时,结合文献资料与建模分析,探索数字孪生与 AI 在生产系统中的协同应用模式。研究提出基于“数字孪生—AI 驱动—绿色制造”的家具智能生产体系模型,从可持续发展的角度审视智能制造在行业升级中的长期价值与社会意义。

二、技术融合与智能制造的理论逻辑

2.1 智能制造的系统演进与学术脉络

智能制造的概念源于 20 世纪 80 年代的计算机集成制造系统(CIMS),其核心思想是通过信息技术与制造过程的融合实现生产自动化与智能化。进入 21 世纪,随着人工智能、物联网与云计算的发展,智能制造的研究逐步从“技术集成”向“系统智能”转变,强调生产过程的自适应、协同与优化能力。

在学术研究中,智能制造被视为复杂系统的动态演化结果,其理论基础涵盖控制科学、信息工程与管

理学等领域。其发展经历了三个阶段：自动化制造、数字化制造与智能化制造。当前阶段的智能制造不仅追求效率提升，还强调数据价值的挖掘与知识化决策的实现。家具制造业的技术升级正处于这一阶段，行业转型的关键在于实现从“设备智能”到“系统智能”的跃迁。

2.2 数字孪生与人工智能的协同机制

数字孪生技术通过建立物理对象的虚拟映射，实现虚实交互与过程同步，是智能制造体系的重要基础。其核心在于利用实时数据、模型仿真与动态预测，实现生产过程的数字复现与优化控制[2]。在家具制造场景中，数字孪生可用于监测生产状态、预测设备故障并优化工艺流程，使生产系统具备可视化与反馈调节能力。

人工智能在此体系中扮演“决策核心”的角色。通过深度学习、模式识别与算法优化，AI能够在数字孪生环境中进行数据挖掘与知识学习，辅助实现智能调度、质量控制与能耗管理。两者的协同机制体现为“感知—建模—优化—反馈”的闭环结构：数字孪生提供数据载体与仿真空间，人工智能提供分析与决策能力，二者共同构建动态演化的生产智能系统。

2.3 智能制造理论在家具产业中的适用性分析

家具制造业的生产特征具有定制化程度高、工艺流程复杂和人工参与度大的特点，这决定了传统制造模式在效率与精度上的局限。智能制造理论的引入，为行业转型提供了系统性解决思路。通过数字孪生构建虚拟工厂，可在生产前进行工艺仿真与资源配置优化；人工智能算法则能在生产过程中根据实时数据进行自适应调整，从而显著提升生产稳定性与资源利用率。

与机械、电子等行业相比，家具制造的智能化基础较弱，但其发展潜力较高。理论适配的关键在于技术融合与产业环境匹配的平衡。智能制造体系在家具行业的应用应以渐进式推进为主，优先发展数据采集、信息集成与智能检测等基础环节，逐步构建跨设备、跨工序的智能协同平台。通过虚实融合与算法学习相结合的路径，家具制造业有望形成符合自身特征的智能生产体系，为产业链整体升级提供动力。

三、中国家具制造业的结构现状与转型约束

3.1 家具制造业的产业格局与区域集群特征

中国家具制造业经过四十余年的发展，已形成以珠三角、长三角、环渤海和中部地区为核心的产业布局。南康、顺德、成都、廊坊等地构建了集设计、生产、销售于一体的家具产业集群，成为推动行业规模化与

品牌化的重要力量。产业集群的形成提升了区域协作效率，但也造成了产业分布的结构性不均衡：东部沿海地区智能化程度高，而中西部地区仍以传统加工为主[1]。

当前行业总体呈现“规模增长快、技术积累弱、创新链不完善”的特征。大中型家具企业逐步引入智能设备与数字化管理系统，但产业链上游的中小企业仍处于低自动化阶段，缺乏数据互通与工艺优化能力。这种“双层结构”导致智能化发展水平在空间上存在明显差异，区域间创新资源与技术投入分布不均衡。

3.2 技术升级过程中的结构性障碍与治理瓶颈

家具制造业的技术升级面临多重结构性障碍。首先，行业标准化程度低，生产流程分散，难以形成统一的数据接口与技术规范。不同品牌、工艺与设备系统之间缺乏兼容性，制约了数字孪生与人工智能在全流程中的应用。其次，数据治理体系尚未完善，企业在数据采集、存储与分析环节普遍存在安全与隐私风险，影响了智能制造平台的信任机制建设。

此外，家具制造业的研发投入比例偏低，技术创新仍以引进与模仿为主，自主算法与系统集成能力不足。多数企业在推进智能化时依赖设备供应商或外包团队，导致技术内生能力薄弱，难以实现持续优化。行业治理层面亦存在管理分散与政策执行落差，地方政府的支持政策多聚焦于设备更新补贴，而对智能制造体系建设和人才培养的长效机制投入不足。

3.3 政策、资本与人才体系的现实约束分析

智能化转型需要政策引导、资本投入与人才供给的协同支撑。从政策角度看，国家层面虽已出台多项智能制造与绿色发展相关规划，但在家具行业的实施落地上仍显不足。家具制造被归类为传统轻工业，其在智能制造专项政策中处于相对边缘地位，缺乏行业针对性的技术指导与评价体系。

在资本层面，家具企业普遍存在资金流动性差、投资周期长的问题。智能化改造需投入大量前期资金用于设备采购、系统搭建与技术培训，而多数中小企业缺乏稳定的融资渠道，转型动力有限。

人才体系的短板亦制约了行业升级。智能制造对复合型人才的需求高于传统制造，但家具行业的从业者普遍以工艺型、经验型为主，缺乏具备算法理解与系统运维能力的技术型人才。高技能工人与工程师之间的结构性断层，导致技术落地效率低下。要实现真正意义上的产业转型，需建立校企协同的人才培养机制，推动职业教育体系与产业需求的动态匹配。

四、数字孪生与 AI 驱动的智能生产体系建构

4.1 智能感知与虚实融合的生产架构模型

数字孪生技术为家具制造业提供了一个虚实互动的系统平台，使生产过程从静态管理转向动态优化。通过在虚拟空间中建立与物理工厂同步的“数字映射”，企业可实现对生产设备、工艺参数与环境变量的实时监控与预测性控制 [1]。该体系的核心在于多维数据的集成与感知，包括设备运行数据、工艺信息、供应链物流数据及能源消耗指标。

在这一架构中，物联网传感器承担感知层任务，负责实时采集生产线数据；云计算与边缘计算形成传输与分析层，为数据交互与处理提供支持；数字孪生模型则构成决策层核心，通过虚实融合实现生产状态仿真与优化反馈。家具制造业可基于这一架构进行“虚拟试制”，提前预测加工误差与工艺瓶颈，降低物料浪费与能源损耗，从而提高整体制造效率与资源利用率。

4.2 AI 算法在制造决策与流程优化中的应用路径

人工智能技术的引入，使家具制造从经验驱动转向算法驱动。AI 在生产决策与流程优化中的应用主要体现在三个方向：一是基于机器学习的工艺优化。通过对历史生产数据进行特征提取与模式识别，AI 可自动调整加工参数，实现工艺自适应；二是基于深度学习的质量检测。利用视觉识别算法，对家具表面缺陷、尺寸误差等进行自动识别与判定，显著提升检测效率与精度；三是基于强化学习的生产调度。系统可在多任务约束条件下进行资源配置优化，实现多工序间的动态平衡与实时调度 [3]。

此外，AI 算法与数字孪生模型的结合形成“预测—反馈—优化”的循环机制。当虚拟模型识别潜在异常时，AI 可自动生成调整策略并在物理系统中执行，形成持续迭代的优化闭环。

4.3 家具制造的柔性化与数据驱动生产模式

家具产品的多样化与定制化需求决定了生产系统必须具备高度柔性。基于数字孪生与 AI 的智能体系，为实现柔性制造提供了技术支撑。通过数据驱动的生产管理，企业能够在同一生产线上快速切换不同规格与样式的产品，实现小批量、多品种的高效生产。

在这一模式中，数据成为驱动生产与决策的核心要素。实时数据采集与建模分析，使生产系统能够根据客户订单、市场反馈与库存状态自动调整生产节奏与工艺参数。AI 模型在分析消费者偏好、设计趋势与供应链状态时，可提供前端设计与后端生产的决策依据，形成从需求识别到制造执行的闭环响应机制。

通过对能源使用、材料损耗与碳排放的智能监测，企业能够在生产优化的同时实现环境绩效的动态平

衡。智能制造因此成为家具产业实现高质量与可持续发展的关键路径。

五、案例研究：企业智能化转型的路径实践

5.1 案例选择与研究设计说明

本研究选取南康家具产业集群与全友家居集团作为分析对象，以揭示家具制造业智能化转型的多层路径。南康家具代表地方集群的区域性协同创新模式，其特征产业在于产业链紧密与区域资源整合；全友家居则作为全国化大型企业，具备成熟的 AI 驱动生产体系与数字化管理基础。两者的比较有助于展示不同发展阶段与规模结构下的智能化实践差异。

研究采用“技术路径—管理模式—生态协同”的分析框架，结合实地调研报告、企业公开数据与行业文献，重点考察数字孪生系统的部署方式、人工智能算法在生产与管理中的应用，以及转型过程中政策与人才支持的作用。

5.2 南康家具集群的区域智能化协同路径

南康家具产业集群是中国家具制造业的重要集聚区，其智能化转型以区域协同和政府引导为主要特征。当地政府依托“赣州家具产业数字化转型专项行动计划”，推动建设智能制造示范工厂和数字管理平台，逐步形成了“政府规划—龙头带动—企业协同—平台支撑”的发展格局 [1]。

集群内企业通过共享云制造平台实现设备互联与数据共用，利用数字孪生技术进行生产仿真与订单调度，显著提高了资源配置效率。部分龙头企业建立了“家具大脑”系统，用于预测市场需求和优化供应链流程，使生产周期平均缩短 20% 以上。南康模式的核心在于以区域治理为抓手，促进中小企业在标准、数据与技术上的一体化协同，从而突破单一企业无法独立完成的智能化瓶颈。

5.3 全友家居的 AI 生产体系与管理创新实践

全友家居是中国家具行业率先实现 AI 驱动制造体系的企业之一，其“智能家居制造中心”已实现多维度数字化覆盖。企业构建了完整的数字孪生工厂模型，利用 AI 算法实现从设计、生产到配送的全流程管理。系统能够根据客户定制数据自动生成设计方案，并通过算法优化板材利用率与工艺路径，从而提升生产效率与材料利用率。

在管理层面，全友通过 MES 系统（制造执行系统）与 ERP 系统（企业资源计划）的集成，实现生产、库存与供应链信息的同步更新。人工智能被引入到设备维护与能耗管理中，通过机器学习预测设备故障，实现精准检修与能效优化。企业还通过建立 AI 决策辅

助平台，提升了生产调度与市场响应的速度，使管理体系从经验驱动转变为数据驱动。企业通过建立学习型系统，将 AI 融入决策链条，使管理模式更具透明度与前瞻性。

5.4 企业转型经验的比较与启示

南康家具与全友家居的智能化路径呈现出不同的特征：前者侧重区域协同与资源共享，后者聚焦企业内部系统集成与算法创新。两者的共通点在于均强调数据互联、流程优化与绿色制造理念的落地。

从比较来看，区域型集群更依赖外部政策引导与公共平台建设，而大型企业更具技术与资金自主性，能够在内部实现深层次智能化整合。这说明中国家具制造业的智能化转型需要差异化推进策略：区域集群应强化平台共享与标准化建设，大型企业应深化 AI 算法与数据治理能力的研发 [3]。

综合而言，智能制造的成功路径在于技术系统与组织体系的协同。数字孪生与 AI 的融合不仅改变了家具企业的生产方式，也推动了行业治理模式的创新，为其他传统制造业提供了可复制的经验框架。

六、智能化转型的绩效评估与综合影响

6.1 智能化转型的经济绩效与生产效率提升分析

智能化转型显著提升了家具制造业的生产效率与资源利用率。通过数字孪生与人工智能技术的结合，企业能够实现从生产计划、工艺优化到设备调度的全流程智能化管理。实时数据反馈与算法预测使生产系统具备自适应调整能力，生产节拍更加精确，设备稼动率提高 10%—25%，生产周期平均缩短 20% 以上。

同时，智能制造强化了生产管理的可视化与决策科学化。企业通过数据集成平台实现生产、库存、供应链的统一管理，减少了信息滞后与库存积压现象。AI 算法的应用促进了订单定制化生产，提升了市场响应速度与客户满意度。经济绩效的提升不仅体现在产值增长，也体现在成本结构优化与利润率改善上。

智能制造还带来了创新驱动的外溢效应。数据资源与算法模型成为新的生产要素，推动了家具行业从“制造”向“智造服务”的业态转型。企业开始以数字化能力为核心竞争力，形成了以研发、设计与智能管理为主导的价值链结构 [2]。

6.2 数字制造的能耗优化与碳排放减量效果

智能制造在能耗控制与绿色发展方面展现出显著优势。通过实时能耗监测与动态调度算法，家具制造企业能够实现能源使用的精细化管理。数字孪生模型可对设备能耗数据进行仿真分析，识别高能耗环节并提出优化策略，从而有效降低单位产品能耗。研究表

明，引入 AI 能耗管理系统的家具工厂，平均电能使用效率提升约 15%，碳排放量下降约 12%。

智能排程算法可在保证生产效率的前提下，合理分配高功率设备运行时间，减少峰值负荷带来的能源浪费。数字化质量控制也减少了废品率和物料损耗，对降低间接能源消耗具有显著作用。智能制造的节能与碳减排机制，不仅契合国家“双碳”战略目标，也为家具行业构建绿色供应链提供了可持续路径。

6.3 智能制造对劳动力结构与技能体系的影响

智能化转型对劳动力结构的重塑具有深远影响。随着自动化与算法控制的普及，传统手工与装配岗位数量减少，而数据分析、系统运维、智能控制等高科技岗位需求显著增加。产业劳动力结构由经验型向知识型转变，形成“技能升级与岗位分化并存”的新格局。

在生产一线，智能设备的引入减轻了劳动强度，提升了操作安全性；在管理层面，数据化决策提高了员工参与度与信息透明度。智能化转型同时推动企业加快人才体系建设，通过职业教育与企业培训强化复合型技能培养。家具行业开始出现“技术工人 + 算法工程师”的混合岗位模式，反映出产业对跨学科复合人才的需求趋势。

然而，劳动力的转型升级也伴随着适应性挑战。部分中小企业在员工技能提升与培训体系建设方面投入不足，导致智能化设备的使用率与技术潜能未能充分发挥。为应对这一问题，行业应建立多层次人才支持机制，包括校企合作培训、技能认证体系与开放式学习平台，以实现劳动力结构与技术创新的同步升级 [2]。

七、家具制造业智能化的战略路径与政策启示

7.1 智能制造生态体系的演进路径与治理逻辑

家具制造业的智能化转型已从单点技术应用进入系统生态构建阶段，其发展路径体现出“技术融合—组织重构—生态协同”的演进逻辑。智能制造的核心不再仅是设备智能化，而是以数据驱动为基础的系统性重塑。企业需要在生产、管理与供应链间形成闭环反馈机制，实现信息流、物流与价值流的协同运行。

从治理逻辑上看，智能制造生态的构建是多主体参与的过程。政府、企业、科研机构与行业协会共同构成产业创新网络。政府在其中扮演制度供给者与标准制定者的角色，应通过政策引导与资金扶持推动公共数字基础设施建设；企业则需承担技术落地与商业模式创新的主体责任，推动技术与产业深度融合。科研机构与高等院校应强化算法研究、数字孪生建模及智能设计领域的前沿探索，为行业提供知识支撑与技

术外溢效应。

未来的智能制造生态应以开放性与可持续性为目标，通过共建共享机制实现产业链协同与区域创新联动。在此过程中，治理体系需从“单向监管”转向“协同治理”，推动数据标准、接口规范与安全体系的统一化，以实现家具产业的长期高质量发展。

7.2 政策制度与绿色制造的融合发展方向

智能制造与绿色制造的融合是家具行业转型升级的必由之路。随着“双碳”战略的深入实施，智能化技术在能耗管理、材料循环与生产优化中的作用日益突出。政策层面应进一步强化绿色技术创新导向，通过设立智能制造与碳管理结合的专项基金，引导企业在生产环节中采用高效能与可再生材料。

在制度建设上，需要完善智能制造的技术标准体系。家具行业目前仍缺乏统一的数据接口标准与智能装备评估规范，导致设备兼容性低、系统整合成本高。制定行业性标准将有助于形成良性竞争与创新环境，为中小企业提供公平的技术准入基础。

产业协同是智能化与绿色化融合的关键支撑。政府可推动建立“绿色智能制造联盟”，整合设计、制造、物流与回收环节的数据资源，实现全生命周期的碳排

放追踪与能耗评估。通过大数据与人工智能的协同分析，可动态优化生产计划与供应链结构，降低资源浪费。

从战略层面看，智能化发展应以“绿色导向、技术自立与人才支撑”为核心。构建复合型人才体系、完善跨学科教育结构，将为行业提供持续的创新动能。未来的家具制造业不仅是生产体系的智能升级，更是以可持续理念为基础的产业再造过程 [3]。

参考文献：

- [1] Xiong X., Yue X., Wu Z. Current status and development trends of Chinese intelligent furniture industry[J]. Journal of Renewable Materials, 2023, 11(3): 1353 - 1366.
- [2] 陈家璇, 熊先青. 家居智能制造过程中信息采集与处理技术的应用 [J]. 设计与制造, 2024, (2): 0080 - 0086.
- [3] 宋阿媛. 基于“人工智能+”赋能下的智能家具设计发展趋势研究 [J]. 家具与室内装饰, 2024.

Scientific and Technological Pioneers

科学技术先锋



3079 2180