

人工智能在工业设计中的应用研究进展

任思羽¹, 鲁瑶², 王光硕^{2*}

¹四川美术学院设计学院, 重庆

²河北工程大学材料科学与工程学院, 河北 邯郸

收稿日期: 2025年8月22日; 录用日期: 2025年9月22日; 发布日期: 2025年9月30日

摘要

人工智能技术处于快速发展态势, 它在工业设计里的应用已从辅助工具转变为创新合作伙伴。文章介绍了工业设计的发展过程和人工智能技术的基本概念, 随后详细剖析了人工智能在产品概念生成、造型设计、材料选择以及人机工程学优化等应用详情。本文借助典型案例分析, 探讨了人工智能技术在提高设计效率、优化设计方案以及达成个性化定制方面的优势。最后, 本文指出了当前人工智能在工业设计应用中所面临的挑战, 展望了人工智能与工业设计融合的未来发展走向。

关键词

人工智能, 工业设计, 研究进展, 未来展望

Research Progress on the Application of Artificial Intelligence in Industrial Design

Siyu Ren¹, Yao Lu², Guangshuo Wang^{2*}

¹School of Design, Sichuan Fine Arts Institute, Chongqing

²School of Materials Science and Engineering, Hebei University of Engineering, Handan Hebei

Received: August 22, 2025; accepted: September 22, 2025; published: September 30, 2025

Abstract

Artificial intelligence (AI) technology is in a phase of rapid development, and its application in industrial design has evolved from a supportive tool to an innovative partner. This article outlines the progression of industrial design and the fundamental concepts of AI technology, followed by a detailed analysis of AI's applications in product concept generation, form design, material selection, and ergonomic optimization. Through case studies, it explores the advantages of AI in enhancing

*通讯作者。

文章引用: 任思羽, 鲁瑶, 王光硕. 人工智能在工业设计中的应用研究进展[J]. 人工智能与机器人研究, 2025, 14(6): 1261-1267. DOI: 10.12677/airr.2025.146118

design efficiency, optimizing design solutions, and achieving personalized customization. Finally, the article highlights the current challenges in the application of AI in industrial design and envisions future trends in the integration of AI and industrial design.

Keywords

Artificial Intelligence, Industrial Design, Research Progress, Future Prospects

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

工业设计(Industrial Design)是一门综合性的交叉学科,旨在通过创新性的设计解决产品在功能、形态、用户体验、生产制造及市场竞争力等方面的系统性问题。其核心是将技术、艺术、商业和用户需求融合,创造兼具实用价值与美学价值的产品或服务。工业设计作为衔接工程技术与人文艺术的核心纽带,在增强产品市场竞争力、优化用户使用体验及驱动创新发展进程中占据关键地位。伴随人工智能(Artificial Intelligence)技术的飞速演进,其正逐步重塑传统工业设计的工作范式与实践路径。从早期的计算机辅助设计系统,到当下备受关注的生成式设计方法,人工智能技术为工业设计领域带来了以往未曾出现的发展机遇,同时也带来了待应对的现实挑战。

本文旨在对人工智能在工业设计领域的最新研究成果进行系统梳理,剖析人工智能技术在设计全流程各阶段的应用现状,探究其引发的行业变革及面临的核心挑战。通过上述研究,为理解人工智能与工业设计的融合发展提供理论参照与实践指引。

2. 工业设计与人工智能概述

工业设计作为一门综合应用学科,其最关键的是借助创新性的产品、系统、服务以及体验设计,达成提升用户生活品质与增进企业商业价值这两个目标[1],传统工业设计流程囊括多个相互关联的阶段,一般有需求分析、概念设计、详细设计、原型制作以及测试评估等环节,其推进在很大程度上依赖设计师的实践经验与创造能力[2]。随着数字化技术不断发展,计算机辅助设计工具已然成为工业设计实践里不可缺少的关键部分。

从实用观点来看,人工智能是一门知识工程学,以知识为对象,研究知识的获取、知识的表达方式以及它的使用[3]。但广义的人工智能是一个集合概念,包含模拟、延伸以及扩展人类智能的理论、方法和技术,当下正深刻改变多个行业领域。在工业设计方面,应用的人工智能技术有多样化特点,主要有机器学习、深度学习、计算机视觉、自然语言处理以及生成对抗网络等,这些技术让计算机系统可执行以往依赖人类智能完成的任务,比如模式识别、决策制定和创意生成等。

人工智能与工业设计的融合历经了多个发展阶段:早期是以基于规则的专家系统为主,主要用来辅助设计决策,中期发展成为数据驱动的设计优化工具,核心功能是优化设计过程,现阶段进入了创意协作阶段,人工智能能承担重复性任务,还可以参与创新过程,和设计师形成互补合作关系。这一演变轨迹清楚呈现了人工智能技术从工具性应用向创造性参与的转变[4]。在科技高速发展的数字化时代,运用模拟人类认知的人工智能替代人类大脑活动的智能化技术已经开始步入正轨。从未来发展来看,模拟人类思维过程进行工业设计的概念设计,或者提出更多创造性的设计已经不是遥不可及的事了。可以预计

人工智能在未来的工业设计领域中，将会对社会的发展起到促进作用[5]。

3. 人工智能在工业设计中的主要应用领域

在产品概念生成这个阶段当中，人工智能技术所呈现出来的创新潜力是比较强的，依靠生成对抗网络也就是 GANs 与变分自编码器即 VAEs 这样的算法，可去学习数量众多的现有的设计数据，自动生成新颖的产品概念方案[6]，比如说 Autodesk 公司的 Dreamcatcher 系统，它可以按照设计约束以及目标，自动生成数千种可行的设计方案，这在很大程度上拓展了设计师的创意选择范围。自然语言处理技术让人工智能可理解用户反馈以及市场趋势，辅助设计师更加精准地把握设计方向。

在造型设计以及美学优化这个层面上，计算机视觉与深度学习技术相结合，给予了人工智能系统分析设计美学规律以及评估设计方案美学价值的能力，有部分研究利用卷积神经网络也就是 CNN 来预测产品设计的视觉吸引力[7]，为设计师优化产品外观给予支持。风格迁移算法可把特定的艺术风格或者品牌特征应用到新产品设计当中，有效地保持设计语言的一致性。

在材料选择以及结构优化这个领域，人工智能技术所发挥的作用也是很突出的，机器学习算法可对材料性能数据库展开分析，推荐适合特定应用场景的材料组合[8]，在结构设计方面，生成式设计算法可依据力学性能以及制造约束，自动生成最优的结构拓扑。以空中客车公司作为例子，它借助人工智能技术重新设计飞机舱内隔板，在保证强度的情况下实现了 45% 的减重。人工智能正深度变革材料选择领域，其核心在于通过挖掘海量数据实现高效精准的决策。机器学习算法能够分析材料成分、工艺参数与性能指标间的复杂关联，进而构建预测模型；该模型可在实验开展前对未知材料的力学特性、环境耐受性等关键性能进行预测，从而显著降低传统试错模式的成本。生成式设计技术能够融合多目标约束条件，包括轻量化、成本控制及可持续性等要求，并在此基础上自动探索最优材料组合方案。知识图谱技术致力于整合跨领域数据，涵盖失效案例、供应链信息及环保标准等内容，这使得系统能够依据特定场景的需求(如生物相容性要求、极端温度环境适配性等)智能推荐候选材料，进而有效规避经验决策带来的认知局限。

在人机工程学以及用户体验优化方面，人工智能技术借助分析用户行为数据以及生理信号，帮助设计师打造出更加符合人体工学以及认知习惯的产品[9]，计算机视觉可捕捉用户与产品的交互方式，机器学习算法则可以识别使用过程中的痛点，而虚拟现实也就是 VR 与人工智能的结合，让设计师可在数字环境中快速测试并且优化产品的人机交互体验。

传统人机工程学的研究主要依靠静态人体模型以及数量有限的用户反馈，这样很难全面地捕捉到人机交互过程里的动态特征以及细微的生理响应情况，人工智能技术的深度融入正在从根本上对这一领域进行革新，促使其朝着数据驱动、精准预测的研究范式转变。它的核心突破在于达成了对多维数据的深入解析，可高效地处理像用户行为日志、点击流这类显性交互数据，而且还可以精确地解读眼动轨迹、肌电信号、皮电反应甚至脑电波等深层生理指标。这些以往难以进行量化的人体反应数据，可以揭示出用户潜在的认知负荷、情绪波动以及真实的疲劳状态，为设计优化提供了前所未有的客观依据，计算机视觉技术就如同一个持续运行的观测系统，可精确地捕捉用户与产品交互时的细微姿态、手势路径以及无意识迟疑动作，把动态使用过程转化成可视化的数据流。

基于上述的数据基础之上，机器学习算法呈现出了强大的模式识别与预测能力，可从海量的行为与生理数据中挖掘出潜在的关联，精准地定位导致操作失误、效率低下或者不适感的设计痛点所在，甚至可以前瞻性地预测新方案在实际应用中的潜在问题。

虚拟现实也就是 VR 与人工智能相互融合构建起了高效虚拟验证环境，设计师可在高仿真数字场景中快速地部署并迭代原型，人工智能系统则会实时采集用户在虚拟交互中的生理与行为反馈，依据这些

生成针对性的优化建议。这种模式大幅度地压缩了实体原型制作与测试的周期以及成本，而且还让“以人为本”的设计优化可在开发早期以高频次、低成本的方式得以实现。

4. 人工智能在工业设计中的优势和挑战

人工智能技术在工业设计领域得以应用，这给予了变革优势，也面临着不少现实挑战，需要以辩证的眼光去审视并理性应对[10]。从优势方面来讲，人工智能首先提升了设计效率与生产力，在传统设计流程里那些耗时费力的市场调研、草图绘制以及方案迭代等工作，如今可由人工智能系统在较短时间内完成。就拿 Autodesk 的生成式设计工具来说，它可在数小时内完成传统团队数周的工作量，使得整体设计周期缩短 60%以上，这种效率的提升体现在速度上，还体现在人工智能可以 24 小时不间断工作，突破了人类设计师的生理限制，人工智能提高了设计创新能力与多样性，凭借深度学习来分析全球设计数据库，人工智能可以发现人类设计师难以察觉到的跨领域设计模式和趋势，突破传统思维定式[11]。Adidas 与 Carbon 合作开发的 3D 打印运动鞋中底就是典型例子，其人工智能生成的仿生结构呈现出超越传统设计的性能优势。人工智能实现了真正意义上的个性化定制，传统大规模生产模式难以契合的个性化需求，现在可以依靠人工智能分析用户数据来实现精准匹配。

Nike 的人工智能设计系统能依据用户足部扫描数据生成完全个性化的鞋楦设计，大幅提升了产品舒适度。Nike 公司使用过人工智能技术设计的球鞋，人工智能优化了设计决策过程，凭借多维度模拟分析，人工智能可同时评估数百个工程参数，预测设计方案的制造可行性、成本效益和市场潜力，降低产品开发风险，然而人工智能在工业设计中的应用也面临诸多挑战，最突出的是创意局限性问题，当前人工智能系统的“创造力”本质上是对已有设计数据的重组优化，难以实现真正的突破性创新。

在设计实践中，人工智能生成的方案往往缺乏文化深度和情感共鸣，也无法理解设计背后的社会文化语境，伦理与法律问题同样不能忽视，包括设计责任认定、算法偏见和知识产权归属等新型挑战：当人工智能生成的设计存在缺陷时，责任主体难以确定，训练数据中的偏见可能被人工智能放大，现行法律对人工智能生成设计的版权保护尚不明确[12]。数据依赖性构成另一重大限制，人工智能系统的表现与训练数据的质量和数量直接相关，在新兴领域或小众市场往往表现不佳，且数据获取成本高、企业间“信息孤岛”等问题也制约着人工智能的应用效果[13]，技术整合与人机协作的挑战同样现实，将人工智能融入现有设计流程需重新规划工作模式和组织结构，这大多时候遭遇设计师的抵触——调查显示超过 40% 的设计师对人工智能工具持谨慎态度，担心被替代或失去创作主导权。另外成本与技能门槛构成实际障碍，部署人工智能系统需要大量前期投资。

5. 经典案例分析

在汽车设计这个领域当中，人工智能技术的运用正在引发一场深刻的变革，而宝马公司在这方面所进行的创新实践是非常有代表性的，宝马公司的研发团队运用生成式设计算法来对车辆底盘部件的结构进行优化，结合人工智能技术设计的未来概念车，借助输入像是材料特性、受力条件以及制造约束等参数，人工智能系统可在几个小时之内生成数百种结构方案。最终所采用的某一个悬架部件设计方案，在保证碰撞安全性的情况下实现了 28% 的减重效果，还让制造成本降低了 15%，这样一个突破性的成果提升了车辆的性能，还为可持续发展提供了实践方面的支撑。

宝马公司在汽车设计里运用生成式设计算法，其核心技术在于人工智能系统要接收材料特性，像强度、密度这些，以及精确受力条件，包含动态载荷、碰撞冲击，以及制造约束，比如铸造与 3D 打印工艺限制等关键参数输入，依据这些参数，它的人工智能系统可在数小时内自动生成并且迭代数百种复杂的悬架部件结构方案，其方案探索效率达到了传统方法很难达到的程度。

特斯拉把人工智能技术应用到智能人机交互设计方面，它所研发的驾驶员监控系统依靠高精度计算机视觉算法，可实时捕捉驾驶员的面部表情、视线方向以及手势动作。这些数据经过深度学习模型分析之后，系统可自动调整中控屏的界面布局、字体大小以及功能优先级——比如说，当检测到驾驶员频繁查看导航信息的时候，就会自动放大地图显示区域，当识别到驾驶员出现疲劳特征的时候，就依靠调整空调出风方向以及温度来帮助提神，这种基于人工智能的主动式交互设计，让 Model 系列车型的人机界面荣获了 2023 年的红点设计大奖。

特斯拉的人机交互系统突破了安全与体验的融合，将传统的安全监控(疲劳检测)转化为无感的舒适提升(空调联动)，大幅度地降低了驾驶干扰，并且特斯拉公司定义了智能座舱新范式，通过人工智能系统预判需求，将被动操作转化为主动服务。

消费电子行业也同样呈现出了人工智能设计技术蓬勃发展的态势，苹果公司构建了一个庞大的用户行为分析平台，其机器学习系统每天处理超过 10 亿条全球用户交互数据，帮助设计团队发现很多细微但是关键的使用痛点，以此为例，人工智能分析说明用户单手握持大屏手机的时候，拇指舒适操作区域比预期小 20%，设计团队依据这个重新优化了界面元素的排布逻辑。三星电子开发的 Galaxy 人工智能系统可预测不同市场对新设计元素的接受程度，在 Galaxy S23 系列设计中，该系统准确预判了哑光质感背板在欧美市场的高认可度，这一判断后来得到了销售数据的验证。

苹果将海量行为数据转化为可量化的设计参数，解决了传统用户调研难以捕捉的微观体感问题；三星则开创了数据驱动的全球化设计验证模式，通过人工智能量化不同文化市场的审美偏好，大幅降低新品开发风险。二者共同推动消费电子设计从经验主导转向数据智能决策范式，实现精准化与全球化设计的突破。

在家居设计领域，人工智能技术正在重新界定个性化定制的边界。宜家推出的 IKEA Kreativ 设计平台整合了提高现实、计算机视觉以及生成式设计技术，用户只要拍摄房间照片，系统就能自动识别空间尺寸、采光条件以及现有家具风格，并且在 5 分钟内生成 3 套完整的家居设计方案，更值得一提的是，系统可凭借学习用户调整偏好来实现方案的自动优化，数据显示其用户满意度达到了 92%，比传统设计服务 75%的水平要高很多。“ModiLiving”等初创企业正在探索前沿应用，其开发的生成对抗网络可创造全新的家具形态，这些人工智能生成设计符合人体工学原理，又有独特的艺术美感，已经有多项作品被纽约现代艺术博物馆收录。

但是人工智能在家具设计领域的开发略显不足，人工智能可以在人居设计领域构建动态生命体响应系统，达成空间与人的深度共生关系，此系统借助部署生物行为感知网络来突破现有环境扫描技术的局限，利用毫米波雷达捕捉人体微行为，像老年人扶墙借力的频率以及儿童高频接触的区域，同时结合温湿度传感器构建空间压以此来谱。一旦系统识别出老年人夜间起身路径存在跌倒风险，便会自动生成嵌入式帮助扶手的优化方案，要是检测到幼儿频繁碰撞柜角，就会对家具曲面形态进行适应性重构，系统建立起用户与 AI 的协同进化机制，用户手动调整虚拟方案，比如灯具位置移动的操作会被实时转化为训练数据，以此驱动算法深入理解用户潜在需求，AI 同步生成《居住行为白皮书》，揭示用户未言明的习惯变迁，例如工作区使用率下降可能意味着职业转型，并且主动推荐书房改造冥想角等适配方案。另外系统融合神经科学与生成艺术方法，凭借采集用户脑电波对设计方案的 α 波响应数据，训练生成对抗网络模型来生成本能级舒适形态，举例来说，当检测到曲线造型引发放松脑电波时，会自动衍生出符合个体神经美学特征的波浪形书架，其 3D 打印活性材料构件可随季节湿度变化实现曲率微调。该系统的终极以便赋予家居空间类有机生命体的适应智慧，新婚公寓可随着婴儿诞生自主拓展安全活动区域，独居老人住宅能依据步态衰退程度逐步优化动线设计。

6. 未来发展趋势及展望

人工智能技术不断演进,正深刻地对工业设计的理论体系以及实践范式给予重构,它的功能定位从最初阶段作为辅助性工具的角色,逐渐朝着有协同创新能力的智能协作体演变[14]。人工智能跟工业设计深度结合,正在催生出一系列关键的发展方向,其中提高创造力是首要趋势。下一代人工智能系统会更着重于支持人类创造力,而不是取代它,达成真正的创意协作,对可持续设计的支持正成为关键应用领域,人工智能可帮助设计师评估产品整个生命周期的环境影响,优化其可持续性表现。跨学科协作平台的兴起,会整合工程设计、材料科学、市场分析等多个领域的知识,为更全面的设计决策提供支持[15]。

在技术发展方面,多模态人工智能系统将拥有同步处理视觉、触觉、语言等多种与设计有关信息的能力,提供更丰富的设计支持,提高现实也就是AR与人工智能的融合,会构建更直观的设计交互场景[16],让设计师可实时调整并评估虚拟原型。基于区块链的设计协作平台,有希望解决人工智能生成设计所涉及的知识产权界定和信任构建问题。

从行业影响来说,人工智能技术将推动工业设计教育体系的重塑,设计师需要掌握新的技能组合,以便高效运用人工智能工具,设计服务模式也会发生转变,从传统的一次性交付向持续优化的服务形态发展[17][18]。中小企业可以借助云端人工智能设计平台,获取过去只有大型企业才可负担得起的设计资源,这一变化将促进形成更加公平的行业竞争环境。

展望未来,工业设计与人工智能的融合将迈向新维度。人工智能能通过海量数据挖掘用户深层需求,在形态、功能、材料等维度生成多元设计方案,并动态优化细节。设计师则聚焦于文化内涵与情感共鸣的注入,人机协同让设计既精准匹配技术可行性,又能触动用户精神层面的需求。

7. 结束语

本研究梳理了人工智能在工业设计领域的最新应用进展,探讨了其如何重塑设计流程、带来的变革优势以及面临的现实挑战。研究发现,人工智能已从辅助工具演变为创新伙伴,在产品概念生成、造型优化、材料选择与结构优化、人机工程学及用户体验提升等方面展现出巨大潜力,显著提高了设计效率、方案多样性和个性化定制能力。典型案例(如宝马减重、特斯拉设计的人机交互系统)进一步验证了人工智能在优化设计决策和推动可持续性方面的价值。然而,当前人工智能应用存在明显局限,包括其创造力本质上源于数据重组而难以实现突破性创新、伦理责任归属模糊、算法偏见风险以及对高质量大数据的强依赖性。未来研究与实践需着力发展人机协同的创新模式,深化人工智能对可持续设计的支持能力,构建跨学科协作平台,并探索利用多模态人工智能、区块链等技术解决伦理与知识产权问题,以推动人工智能与工业设计的深度融合和长远发展。

参考文献

- [1] 张宪荣, 陈麦, 季华妹. 工业设计理念与方法[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1996.
- [2] 史忠植. 高级人工智能[M]. 北京: 科学出版社, 2011.
- [3] 姚锡凡, 李旻. 人工智能技术及应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 2008.
- [4] 简召全, 冯明, 朱崇贤. 工业设计方法学[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2000.
- [5] 唐馥芸. 人工智能对未来工业设计的影响[J]. 艺术教育, 2013(9): 192.
- [6] 史骏. 人工智能在工业设计中的应用探究[J]. 中国科技投资, 2025(1): 53-55.
- [7] Huang, X. and Belongie, S. (2017). Arbitrary Style Transfer in Real-Time with Adaptive Instance Normalization. *IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, Venice, 22-29 October 2017, 1510-1519. <https://doi.org/10.1109/iccv.2017.167>
- [8] Chandrasekhar, A., Sridhara, S. and Suresh, K. (2022) Integrating Material Selection with Design Optimization via

Neural Networks. *Engineering with Computers*, **38**, 4715-4730. <https://doi.org/10.1007/s00366-022-01736-0>

- [9] 刘慧莹. 人工智能技术在工业设计中的应用[J]. 工业设计, 2022(4): 107-109.
- [10] 米欣悦. 人工智能视域下的工业设计创新与发展思考[J]. 鞋类工艺与设计, 2025, 5(3): 107-109.
- [11] 李娜. 人工智能辅助汽车造型设计方法综述[J]. 包装工程, 2021, 42(18): 35-41.
- [12] 陈兵. 人工智能应用的科技伦理与法治化建设[J]. 人民论坛, 2024(12): 66-70.
- [13] 王玉容. 智能制造环境下工业设计优化策略探究[J]. 艺术科技, 2024, 37(21): 79-81.
- [14] 张玉函. 人工智能在工业设计中的应用研究[J]. 专用汽车, 2022(9): 69-71.
- [15] 任宇龙. 基于人工智能技术的工业设计流程研究[J]. 设计, 2024, 9(6): 485-491.
- [16] 李伯虎, 柴旭东, 刘阳, 李潭, 林廷宇, 韦达茵, 李艳东. 工业环境下信息通信类技术赋能智能制造研究[J]. 中国工程科学, 2022, 24(2): 75-85.
- [17] 李东海, 刘星, 王鹏. 人工智能赋能职业教育高质量发展的价值、挑战与创新路径[J]. 教育与职业, 2023, 1028(4): 13-20.
- [18] 金雅庆, 杨心冉. 人工智能时代对艺术设计的影响及应对策略[J]. 工业设计, 2024(6): 44-47.