

人工智能赋能机械设计：新理念、新价值与新方向

周洪婷

四川工业科技学院教育学院，四川 德阳

收稿日期：2025年9月8日；录用日期：2025年10月28日；发布日期：2025年11月4日

摘要

在机械设计领域，人工智能技术的融入正引发深刻变革。本文详细阐述人工智能为机械设计带来的新理念，如智能生成式设计、数据驱动决策等；深入剖析其创造的新价值，涵盖设计效率提升、成本降低、创新能力增强等方面；并全面展望未来发展新方向，包括AI主导设计全流程、绿色化转型、敏捷化与个性化定制等。通过多维度探讨，揭示人工智能赋能机械设计的巨大潜力与广阔前景，为行业发展提供理论支撑与实践指导。

关键词

人工智能，机械设计，新理念，新价值，新方向

Artificial Intelligence Empowers Mechanical Design: New Ideas, New Values and New Directions

Hongting Zhou

College of Education, Sichuan Institute of Industrial Technology, Deyang Sichuan

Received: September 8, 2025; accepted: October 28, 2025; published: November 4, 2025

Abstract

The integration of artificial intelligence (AI) technology is driving transformative changes in mechanical design. This paper elaborates on AI-driven innovations in mechanical design, including intelligent generative design and data-driven decision-making. It provides an in-depth analysis of the emerging value streams, such as improved design efficiency, cost reduction, and enhanced innovation

文章引用：周洪婷. 人工智能赋能机械设计：新理念、新价值与新方向[J]. 人工智能与机器人研究, 2025, 14(6): 1293-1301. DOI: 10.12677/airr.2025.146121

capabilities. Furthermore, it outlines future development trends encompassing AI-led full-process design, green transformation, agile manufacturing, and personalized customization. Through multidimensional exploration, this study reveals the immense potential and broad prospects of AI in empowering mechanical design, offering theoretical foundations and practical guidance for industry advancement.

Keywords

Artificial Intelligence, Mechanical Design, New Concept, New Value, New Direction

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

机械设计作为工业发展的关键环节，其发展水平直接影响着产品性能、生产效率以及企业竞争力。从人类早期简单工具的设计，到现代复杂机械设备的研发，机械设计不断演进，满足着社会日益增长的多样化需求。20 世纪中叶以来，计算机技术、信息技术和新材料技术的迅猛发展，推动机械设计从依赖经验向基于科学的范式转变。计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助工程(CAE)和计算机辅助制造(CAM)等技术的广泛应用[1]，显著提升了设计效率与精度，构建起产品全生命周期的系统思维，多学科交叉融合拓展了机械设计的边界。如今，随着人工智能技术的飞速发展，机械设计领域正迎来新一轮的深刻变革。人工智能凭借强大的数据处理能力、智能算法和学习能力，为机械设计带来全新理念，创造出诸多新价值，并指明未来发展的新方向。深入研究人工智能在机械设计中的应用，对于推动机械设计行业创新发展，提升工业整体水平具有重要意义。

2. 人工智能赋能机械设计的新理念

人工智能赋能机械设计新理念与关键特征如下表 1。

Table 1. New concepts and key features of AI-enabled mechanical design

表 1. 人工智能赋能机械设计新理念与关键特征

新理念	核心逻辑	技术支撑	优势表征
智能生成式设计	“历史数据 + 生成式模型” 协同驱动	1. 需求转化：自然语言转数学模型 2. 方案生成：GANs、RL 算法自动生成方案 3. 智能优化：机器学习仿真评估与迭代	1. 突破人工经验局限，生成数百种方案 2. 包含独特拓扑结构 3. 缩短方案探索周期
数据驱动的设计决策	基于海量数据挖掘规律，建立预测模型	1. 数据整合：收集设计案例、性能、材料等数据 2. 规律挖掘：数据挖掘技术识别参数与性能关联 3. 决策支持：机器学习预测模型输出性能结果	1. 决策从“经验直觉”转向“数据量化” 2. 精准评估方案优劣，降低决策失误率 3. 为高性能产品设计提供科学依据
人机协同的设计理念	人机优势互补，分工协作	1. AI 职责：数据处理、方案生成、仿真预警 2. 设计师职责：创意构思、方案筛选、方向把控 3. 互动机制：实时信息反馈与方案迭代	1. 释放设计师精力，专注创造性工作 2. 结合 AI 效率与人类专业判断力 3. 提升设计质量与用户需求匹配度

2.1. 智能生成式设计

传统机械设计模式，尤其是在早期 CAD 阶段，主要以人工主导建模。设计师需依据设计需求，手动搭建模型、设置参数，并对性能进行验证。这一过程高度依赖设计师的专业素养与经验积累，且由于人力和时间的限制，难以全面探索所有可能的设计方案。随着生成式人工智能技术的兴起，智能生成式设计应运而生，彻底革新了传统设计逻辑，将设计推进到以数据和模型为主导的新阶段。智能生成式设计的核心机制是“历史数据 + 生成式模型”协同驱动。其构建过程极为复杂且精妙，首先要广泛收集并整合行业内海量的历史设计案例，这些案例涵盖了不同类型、不同应用场景下的机械设计方案，是宝贵的知识财富[2]；同时，纳入全面的材料性能数据，包括各种材料在不同环境和工况下的物理、化学性能参数；此外，详细梳理各类工艺约束条件，例如制造工艺的精度限制、加工时间要求、成本预算约束等。基于这些丰富的数据资源，构建起一个庞大而精细的知识图谱，该图谱如同一个智能知识库，涵盖了设计知识、性能标准以及制造规则等多方面关键信息。在此基础上，结合先进的生成式 AI 算法，如生成对抗网络(GANs)和强化学习(RL)算法，实现设计过程的自动化与智能化。在实际设计流程中，智能生成式设计分为三个紧密相连的关键环节。在需求转化环节，设计师只需输入产品的核心目标，例如“设计一款能够承受 5000 N 载荷的机械结构”“产品重量需控制在 10 kg 以内”“生产成本不能超过 500 元”等明确要求，同时设定相应的约束条件，如规定使用某种特定材料、对产品体积或外形尺寸的限制等。系统便能迅速将这些自然语言描述的需求精准转化为数学模型，为后续的设计方案生成奠定基础。进入方案生成环节，生成式 AI 基于构建的知识图谱和海量历史数据[3]，如同一位创意无限的设计师，自动生成数十种甚至数百种符合既定条件的设计方案。这些方案往往具有极高的创新性，其中可能包含人工设计中难以构思出的独特拓扑结构，比如类似蜂巢的高效镂空设计，这种结构在保证强度的同时，能极大地减轻产品重量，优化材料使用效率。最后在智能优化环节，系统运用机器学习算法对生成的众多设计方案进行全面的性能仿真与评估。通过模拟产品在实际工作环境中的各种工况，如力学性能测试、热性能分析、疲劳寿命预测等，淘汰那些不符合性能要求的方案，并对表现优秀的方案进行多轮迭代优化。经过多轮筛选和优化，最终输出 3~5 个综合性能最优的方案供设计师进一步选择和完善。智能生成式设计的出现，使机械设计从传统的线性、经验式流程转变为高效、智能、创新的设计模式，为机械设计领域注入了全新活力，极大地拓展了设计的可能性边界。

2.2. 数据驱动的设计决策

在传统机械设计流程中，设计决策很大程度上依赖设计师个人的经验和直觉。虽然设计师积累的经验在一定程度上能够保障设计的可行性，但这种方式存在明显局限性。一方面，个人经验受限于设计师自身的知识储备和项目经历，难以全面应对复杂多变的设计需求和不断更新的技术挑战；另一方面，直觉判断缺乏量化的数据支持，在面对多种设计方案抉择时，难以精准评估各方案的优劣，容易导致决策失误。人工智能技术的融入，使机械设计迈入数据驱动决策的新阶段。通过构建庞大而精细的设计数据库，收集和整合各类机械设计相关数据，包括但不限于历史设计案例、产品性能数据、材料特性数据、工艺参数数据以及市场反馈数据等。利用数据挖掘技术，能够从海量数据中发现潜在的模式和规律。例如，通过分析大量不同型号发动机的设计数据与实际运行性能数据之间的关联，挖掘出某些设计参数与发动机燃油经济性、动力输出之间的内在关系。机器学习算法则可基于这些数据和挖掘出的模式，建立精准的预测模型。在设计新型发动机时，设计师输入初步设计参数，预测模型便能快速输出该设计在不同工况下的性能预测结果，如预估燃油消耗率、功率输出范围、可靠性指标等。基于这些量化的数据和预测结果，设计师能够更加科学、准确地做出设计决策。例如，在比较不同设计方案时，依据预测模型提供的性能数据，清晰直观地判断各方案的优势与不足，从而选择最符合设计目标和市场需求的方案。

数据驱动的设计决策理念，使机械设计决策从依赖经验和直觉转变为基于科学数据和精准预测，显著提高了设计决策的科学性、准确性和可靠性，为打造高性能、高质量的机械产品奠定坚实基础。

2.3. 人机协同的设计理念

人机协同设计理念的兴起，重新定义了设计师与人工智能在机械设计过程中的角色定位。在传统设计模式下，设计师包揽从概念构思到详细设计再到最终方案确定的全部工作，工作负担繁重，且受限于人类自身的认知和计算能力，在数据处理和方案探索方面存在较大局限性。随着人工智能技术在机械设计领域的深度应用，人机协同设计模式逐渐成为主流。在这种模式下，人工智能充分发挥其强大的数据处理能力和高效的运算速度优势。它能够在短时间内对海量设计数据进行分析 and 处理，快速生成多种设计方案，并通过仿真模拟对这些方案进行性能评估和优化[4]。例如，在设计复杂的机械传动系统时，人工智能可以迅速计算出不同齿轮齿数、模数、齿形参数组合下的传动效率、承载能力等性能指标，为设计师提供大量可供参考的设计方案。同时，人工智能还能够实时监测设计过程中的数据变化，当发现设计参数冲突或不符合设计规范时，及时向设计师发出预警并提供调整建议。而设计师则专注于发挥自身独特的创造性思维和专业判断力。设计师凭借对行业趋势的敏锐洞察力和丰富的设计经验，负责提出创新性的设计理念和概念，从宏观层面把控设计方向。在面对人工智能生成的众多设计方案时，设计师运用专业知识和审美能力，对方案进行筛选、评估和优化，确保设计方案不仅满足技术性能要求，还能符合市场需求和用户体验。例如，在产品外观设计中，设计师充分考虑产品的目标用户群体、使用场景以及品牌形象等因素，赋予产品独特的外观造型和人性化设计。人机协同设计模式并非简单地将设计任务在人与机器之间进行划分，而是通过人与人工智能的深度协作与互动，实现优势互补。在设计过程中，设计师与人工智能频繁进行信息交流和反馈，共同推动设计方案不断完善和优化。这种人机协同的设计理念，既充分发挥了人工智能在数据处理和计算方面的强大能力，又保留了设计师的创造性和专业判断力，显著提升了机械设计的效率和质量，为机械设计领域带来了全新的发展活力。

3. 人工智能赋能机械设计的新价值

3.1. 提升效率

在传统机械设计流程中，从概念设计到详细设计，再到性能验证和优化，每一个环节都需要设计师投入大量的时间和精力。以一款新型汽车发动机的设计为例，设计师首先要根据汽车的动力需求、燃油经济性要求以及排放法规等，构思发动机的基本架构和主要参数，这一过程需要查阅大量的资料，参考以往的设计经验，往往需要数周甚至数月的时间[5]。在详细设计阶段，设计师要对发动机的各个零部件，如气缸体、曲轴、活塞等进行精确的尺寸设计、形状优化以及材料选择，每个零部件的设计都需要进行多次的计算和修改，以确保其满足强度、刚度、耐磨性等性能要求，这一阶段的工作繁琐且耗时，通常需要数月至数年的时间[6]。在性能验证环节，需要制作物理样机进行各种实验测试，如台架试验、道路试验等，以检验发动机的性能是否达到设计目标。如果发现性能不达标，还需要对设计进行反复修改和重新测试，这一过程不仅成本高昂，而且会耗费大量的时间，整个发动机的研发周期可能长达数年。而人工智能技术的应用，为机械设计效率的提升带来了革命性的变化。在概念设计阶段，智能生成式设计系统能够根据设计师输入的设计要求，在短时间内生成大量的设计概念和方案。例如，通过输入汽车发动机的功率、扭矩要求以及尺寸限制等参数，生成式 AI 系统可以在几分钟内生成数十种不同的发动机布局方案，包括气缸排列形式、进气排气系统设计等，为设计师提供丰富的设计灵感和选择，大大缩短了概念设计的时间。在详细设计阶段，人工智能可以利用机器学习算法，根据历史设计数据和性能数据，自动推荐合适的零部件参数和设计方案。例如，对于发动机活塞的设计，AI 系统可以根据发动机的工作

条件、材料特性等因素，快速计算出活塞的最佳尺寸、形状以及材料选择，并且能够对设计进行实时优化[7]。同时，AI还可以自动生成详细的设计图纸和技术文档，大大减少了设计师手动绘制图纸和编写文档的时间。在性能验证阶段，借助数字孪生技术，人工智能可以在虚拟环境中对设计方案进行全面的性能仿真和测试。通过模拟发动机在各种工况下的运行情况，如不同转速、负载条件下的动力输出、燃油消耗、热管理等性能指标，快速评估设计方案的可行性和性能优劣。如果发现性能问题，AI系统可以自动对设计进行优化调整，并重新进行仿真测试，直到设计方案满足性能要求为止。这种在虚拟环境中的快速迭代优化，避免了制作物理样机进行实验测试的高昂成本和时间消耗，大大缩短了性能验证和优化的时间。综合来看，引入人工智能技术后，机械设计的整体效率得到了大幅提升。以汽车发动机设计为例，研发周期可以从传统的数年缩短至1~2年，甚至更短，显著提高了企业的产品研发速度和市场响应能力[8]。

3.2. 降低成本

在传统机械设计与制造过程中，设计成本居高不下，主要体现在多个方面。首先，设计过程中的试错成本高昂。由于缺乏精准的预测和优化手段，设计师在设计过程中往往需要进行大量的尝试和修改。以设计一款复杂的航空发动机叶片为例，传统方法需要制作多个物理样机，通过实际测试来验证叶片的性能。每制作一个物理样机，都需要投入大量的材料成本、加工成本以及时间成本。而且，一旦在测试中发现叶片的性能不符合要求，就需要对设计进行修改并重新制作样机，如此反复，导致试错成本不断累积。其次，材料成本也是设计成本的重要组成部分。在传统设计中，由于对材料性能的利用不够精准，往往会选择安全系数较高但成本也较高的材料，以确保产品的性能和可靠性。这就造成了材料的浪费，增加了不必要的成本支出。此外，设计过程中的人力成本也不容忽视。传统机械设计高度依赖设计师的专业技能和经验，需要配备大量高素质的设计人员[9]。而且，由于设计周期较长，设计人员在项目上投入的时间和精力较多，导致人力成本居高不下。人工智能技术的应用为降低机械设计成本提供了有效途径。在减少试错成本方面，人工智能通过精准的性能预测和优化，大大降低了设计错误的概率。例如，在航空发动机叶片设计中，利用AI技术建立的仿真模型，可以在设计阶段就对叶片在高温、高压、高转速等复杂工况下的力学性能、热性能等进行精确模拟和分析。通过对大量设计参数的优化和筛选，能够在虚拟环境中找到最优的设计方案，避免了在实际制作样机过程中的反复试错。据相关数据统计，采用AI技术进行航空发动机叶片设计，可将试错次数减少60%以上，从而大幅降低了试错成本。在优化材料选择方面，人工智能可以根据产品的性能要求和材料数据库，精准推荐最合适的材料，在保证产品性能的前提下，实现材料成本的降低。例如，通过对材料的强度、韧性、耐腐蚀性等性能参数以及成本进行综合分析，AI系统可以为一款机械零件推荐性价比最高的材料[10]。同时，AI还可以通过优化产品设计，减少材料的使用量。例如，利用拓扑优化技术，AI可以在满足零件力学性能要求的前提下，对零件的结构进行优化，去除不必要的材料，实现材料的高效利用。在人力成本方面，人工智能承担了部分重复性、规律性的设计工作，如数据计算、图纸绘制、文档编写等，大大提高了设计师的工作效率。原本需要多个设计师花费大量时间完成的工作，现在借助AI工具，少数设计师可以在更短的时间内完成，从而降低了人力成本。综合来看，人工智能技术的应用能够显著降低机械设计的成本，为企业提升经济效益提供有力支持。

3.3. 增强创新能力

在传统机械设计模式下，设计师的创新思维往往受到多种因素的限制。一方面，设计师主要依赖自身积累的经验 and 知识进行设计，思维容易陷入固有模式。例如，在设计机械传动系统时，通常会优先考

虑常见的齿轮传动、带传动等传统方式，对于一些新型的、具有创新性的传动方式，可能由于缺乏相关经验和知识储备而难以想到。另一方面，传统设计方法在探索设计空间时存在局限性。由于设计过程中需要进行大量的计算和分析，依靠人工难以在有限的时间内对众多设计参数和方案进行全面、深入的探索。这就导致很多潜在的创新设计方案被忽略，难以突破传统设计的框架。人工智能技术的融入，为机械设计创新能力的提升带来了新的契机。人工智能强大的数据分析和学习能力，能够为设计师提供丰富的创新灵感。通过对海量历史设计数据、行业前沿技术资料以及跨领域创新案例的学习和分析，AI 系统可以挖掘出潜在的设计趋势和创新点。例如，AI 在分析大量不同类型机械产品的设计数据后，发现将某些在电子产品中常用的微型化、集成化设计理念应用到小型机械装置中，可以实现产品性能的大幅提升和结构的简化。设计师可以借鉴这些创新思路，为自己的设计带来新的灵感。同时，人工智能能够拓展设计空间，探索出更多创新的设计方案。以设计一款新型的工业机器人手臂为例，传统设计方法可能只会考虑几种常见的机械结构形式。而利用智能生成式设计技术，设计师输入机器人手臂的工作任务要求和约束条件后，生成式 AI 系统可以通过对设计参数的随机组合和优化，在短时间内生成数百种甚至上千种不同的机械结构方案。这些方案中可能包含一些独特的拓扑结构和创新的设计理念，是人工设计难以在短时间内构思出来的。通过对这些创新方案的筛选和优化，有可能开发出性能更优越、具有创新性的工业机器人手臂。此外，人工智能还可以辅助设计师进行创新方案的评估和验证。在设计过程中，设计师提出一些创新的设计概念后，AI 可以利用仿真技术对这些概念进行快速评估，预测其性能表现。如果发现设计存在问题，AI 可以提供改进建议，帮助设计师完善创新方案，提高创新设计的可行性和成功率。人工智能技术为机械设计创新注入了新的活力，打破了传统设计的思维局限，拓展了设计空间，有力地推动了机械设计领域的创新发展。

4. 人工智能赋能机械设计面临的困境

4.1. 技术层面：核心算法局限与系统适配难题

智能生成式设计虽能快速生成海量方案，但算法存在“创意过剩与实用不足”的矛盾。一方面，生成式 AI 依赖预设的知识图谱与约束条件，若约束条件界定模糊或未覆盖特殊工况，生成的方案可能存在“理论可行但实际失效”的问题。例如，为机械结构生成的蜂巢式镂空拓扑，在虚拟仿真中满足强度要求，但实际制造时因材料加工精度限制、应力集中效应，可能无法承受复杂工况。另一方面，算法对“非量化需求”的转化能力不足，如机械产品的“人性化操作体验”“外观美学适配”等难以通过数学模型精准定义，导致生成方案在功能与用户需求的匹配度上存在偏差，需设计师大量后期调整，削弱了效率优势。AI 驱动的智能仿真验证虽能缩短周期，但面临“精度损耗”与“计算成本”的双重困境。传统 CAE 仿真依赖精细化模型，而 AI 仿真为提升速度常采用数据降维或模型简化策略，可能导致仿真结果与物理实验存在偏差^[11]。例如，航空发动机叶片的 AI 热性能仿真，若忽略叶片表面微小裂纹对热传导的影响，仿真得出的耐高温性能数据可能高估实际表现，增加后期试错风险。同时，复杂机械系统的全工况仿真，需处理海量数据，即使采用深度学习算法，仍需高性能计算硬件支撑，中小企业因算力不足，难以充分应用该技术，形成“技术可达但应用不可及”的局面。

4.2. 数据层面：数据质量缺陷与安全风险

数据驱动决策与智能设计优化高度依赖高质量数据集，但机械设计领域数据存在明显短板。一是“碎片化”严重，行业内历史设计案例、材料性能数据、工艺参数等分散于不同企业、研究机构，且数据格式不统一，难以形成标准化数据库。例如，某汽车零部件企业的发动机设计数据存储于内部 ERP 系统，而材料供应商的合金性能数据以纸质报告留存，数据整合需大量人工清洗，耗时且易出错。二是“同质化”

突出, 现有公开数据集多集中于常规机械产品, 针对特殊领域的的数据稀缺, 导致 AI 模型在小众、高端机械设计场景中泛化能力不足, 难以生成创新方案。数据共享是 AI 赋能机械设计的基础, 但伴随数据流通的安全隐患显著。一方面, 企业设计数据包含核心技术机密, 若在数据整合或模型训练过程中未采取加密措施, 可能面临数据泄露风险。例如, 某重工企业与 AI 服务商合作开发设计模型时, 核心起重机结构数据被非法获取, 导致竞争对手快速仿制, 造成经济损失[12]。另一方面, 数据“溯源难”引发知识产权争议, AI 生成设计方案的灵感源于海量历史案例, 若无法明确某一方案的创意来源, 可能涉及对原有设计专利的侵权。

4.3. 人才层面：复合型人才缺口与协作模式障碍

现有人才体系难以满足技术融合需求, 存在“懂机械不懂 AI”“懂 AI 不懂机械”的断层。一方面, 传统机械设计师虽具备丰富的工程经验, 但缺乏数据建模、算法原理等知识, 难以有效利用 AI 工具。例如, 设计师无法准确判断智能生成式设计系统的参数设置是否合理, 也难以解释 AI 优化方案的逻辑, 导致对 AI 输出结果过度依赖或盲目质疑。另一方面, AI 技术人才缺乏机械工程背景, 在开发设计算法时, 可能忽略机械设计的核心规律。例如, AI 工程师开发的机械臂优化算法, 仅关注运动精度提升, 却未考虑关节轴承的实际磨损寿命, 导致设计方案在实用性上存在缺陷。目前高校相关专业多侧重单一领域教学, 机械工程专业极少开设 AI 课程[13], 计算机专业缺乏机械设计实践, 复合人才培养滞后于行业需求。人机协同设计重新定义了人机角色, 但未形成清晰的协作规则与责任体系。一是“责任模糊”问题, 若 AI 生成的设计方案存在缺陷导致产品故障, 责任难以划分是设计师未充分校验方案, 还是 AI 模型数据偏差, 或是算法逻辑漏洞? 例如, 某机械制造企业采用 AI 优化的机床主轴设计, 实际运行中因主轴刚度不足断裂, 企业与 AI 服务商就责任归属产生纠纷, 因缺乏行业标准, 最终难以维权。二是“信任障碍”, 部分设计师对 AI 的“黑箱决策”存在抵触心理, 尤其在关键设计环节, 更倾向于依赖自身经验, 拒绝采纳 AI 提出的创新方案, 导致人机协同流于形式, 无法充分发挥 AI 的优势。

5. 人工智能赋能机械设计的新方向

5.1. 智能设计优化

一方面, 基于机器学习的设计方案优化。机器学习算法能够对海量的历史设计数据进行深度挖掘与分析。通过建立精准的数据模型, 算法可以快速识别出设计参数与性能之间的复杂关联。在机械产品设计中, 设计师只需输入设计目标与约束条件, 如机械结构的强度要求、重量限制、成本预算等, 机器学习模型便能依据过往数据经验, 自动寻找到最优的设计参数组合, 实现设计方案的快速优化。例如, 在汽车发动机的设计过程中, 利用支持向量机等机器学习算法, 对发动机的燃烧效率、动力输出、燃油经济性等关键性能指标进行优化, 使发动机在满足动力需求的同时, 有效降低了燃油消耗。另一方面, 生成式对抗网络(GAN)驱动的创新设计生成。生成式对抗网络作为人工智能领域的前沿技术, 在机械设计的创新概念生成方面展现出巨大潜力。GAN 由生成器和判别器组成, 生成器负责根据输入的随机噪声或设计概念生成全新的设计方案, 判别器则对生成的方案进行评估, 判断其是否符合设计要求与实际可行性。通过两者之间不断的对抗与博弈, 生成器能够逐渐生成越来越逼真、创新且实用的机械设计方案。以机械臂的设计为例, 工程师可以通过设定机械臂的工作任务、运动范围、负载能力等基本要求, 输入到基于 GAN 的设计生成系统中, 系统能够迅速生成多种不同结构形式、驱动方式和外形的机械臂设计方案, 为设计师提供丰富的创意灵感, 打破传统设计思维的局限。

5.2. 智能仿真验证

结合 AI 的高效仿真分析。在传统机械设计中, 仿真分析往往需要耗费大量时间与计算资源, 且由于

模型简化等原因,结果可能存在一定偏差。人工智能技术的融入有效改善了这一状况。深度学习算法可以对复杂的机械系统进行快速建模与仿真分析。通过学习大量的历史仿真数据,深度学习模型能够准确预测机械系统在不同工况下的性能表现,如应力分布、振动特性、热传递情况等。以航空发动机叶片的仿真分析为例,基于深度学习的仿真模型能够在短时间内精确模拟叶片在高温、高压、高转速等极端工况下的力学行为,帮助工程师及时发现潜在的设计缺陷,优化叶片的结构与材料选择,大大缩短了设计周期,提高了设计的可靠性。虚拟验证与数字孪生技术的融合。数字孪生技术通过构建与物理实体完全对应的虚拟模型,实现对机械产品全生命周期的实时监测与管理。在机械设计阶段,结合人工智能的虚拟验证与数字孪生技术,能够为设计师提供更加真实、全面的设计验证环境。设计师可以在虚拟世界中对设计方案进行各种工况下的测试与验证,模拟产品的实际运行过程,获取详细的性能数据反馈。同时,利用人工智能算法对这些数据进行分析与优化,不断改进设计方案。例如,在大型工程机械的设计中,通过建立数字孪生模型,结合人工智能的数据分析与预测功能,工程师可以提前预测设备在实际使用过程中可能出现的故障与磨损情况,优化设备的结构设计与维护计划,提高设备的可靠性与使用寿命。

5.3. 智能辅助决策

自然语言处理(NLP)助力人机交互设计。自然语言处理技术使得设计师与设计软件之间能够实现更加自然、流畅的交互。设计师无需再花费大量时间学习复杂的软件操作指令,只需通过简单的自然语言描述,即可向设计软件传达设计意图与需求。例如,设计师可以直接对软件说:“设计一个能够在狭小空间内灵活搬运重物的机械装置,最大负载为 500 公斤,尺寸限制在长 2 米、宽 1 米、高 1.5 米以内。”设计软件利用自然语言处理技术理解设计师的需求后,能够自动生成相应的设计框架,并提供一系列符合要求的设计建议与参考方案。这不仅极大提高了设计效率,还降低了设计门槛,使更多非专业设计人员也能够参与到机械设计过程中。基于大数据分析的智能决策支持。机械设计过程中涉及众多复杂的决策环节[14],如材料选择、零部件选型、工艺路线制定等。人工智能通过对大量的设计数据、市场数据、生产数据以及用户反馈数据等进行深度分析,能够为设计师提供基于数据驱动的智能决策支持。例如,在材料选择方面,人工智能系统可以根据机械产品的使用环境、性能要求、成本预算等因素,综合分析各类材料的物理性能、化学性质、价格波动以及市场供应情况等数据,为设计师推荐最合适的材料方案。在零部件选型时,系统可以根据零部件的可靠性、兼容性、维护成本等指标,从海量的零部件库中筛选出最优的选型方案,帮助设计师做出更加科学、合理的决策,提高设计质量与产品竞争力。

6. 结语

人工智能技术与机械设计的深度融合,正以“新理念重塑逻辑、新价值驱动变革、新方向引领未来”的态势,推动机械设计领域从传统经验驱动向智能数据驱动跨越。智能生成式设计打破人工方案探索的局限,数据驱动决策提升设计科学性,人机协同模式重构设计分工,三者共同构建起机械设计的智能化新范式;而效率提升、成本降低与创新能力增强的价值释放,不仅为企业优化资源配置、提升市场竞争力提供了核心抓手,更成为破解传统设计周期长、试错成本高、创新瓶颈突出等痛点的关键路径。

基金项目

2023 年四川工业科技学院校级项目(编号:cgkjg-202329)。

参考文献

- [1] 李存利. 人工智能技术在机械设计及自动化中的应用研究[J]. 凿岩机械气动工具, 2025, 51(8): 222-224.

-
- [2] 柴葳葳, 王妍, 程颖菲. 基于人工智能的造纸机械运行状态实时监测系统[J]. 造纸科学与技术, 2025, 44(7): 25-28.
 - [3] 罗歆. 人工智能技术在机械设计制造中的应用研究[J]. 中国设备工程, 2025(13): 29-31.
 - [4] 汪洋, 王鹏. 基于人工智能的机械设计制造自动化系统优化研究[J]. 装备维修技术, 2025(3): 86-89.
 - [5] 叶康. 人工智能在汽车配件机械设计与制造中的应用[J]. 内燃机与配件, 2024(12): 114-116.
 - [6] 李文辉. 人工智能在机械设计制造及自动化中的应用——评《智能设计:理论与方法》[J]. 现代雷达, 2022, 44(3): 110.
 - [7] 明玉健, 王保存. 汽车发动机设计与优化研究[J]. 汽车测试报告, 2023(11): 10-12.
 - [8] 程坚. 人工智能驱动的汽车发动机性能优化分析[J]. 汽车电器, 2025(6): 149-151.
 - [9] 刘稳. 关于人工智能对机械工程发展带来的机遇探讨[J]. 机电产品开发与创新, 2024, 37(6): 94-97.
 - [10] 陈威望, 张洪, 李铭, 等. 整经机经轴上落运输智能机器人机械结构设计[J]. 上海纺织科技, 2018, 46(1): 59-62.
 - [11] 周野飞, 赵传军, 许丽媛, 等. AI 赋能“机械精度设计与先进测量技术”课程建设改革与探索[J]. 科教文汇, 2025(14): 100-103.
 - [12] 闫齐凯, 胡海峰. 基于人工智能的起重运输机械设计研究[J]. 中国机械, 2025(4): 42-45.
 - [13] 苏宁, 张翼飞, 李赵辉, 等. 基于通用大模型的“机械基础”课程 AI 教学助手设计与开发研究[J]. 中国信息技术教育, 2025(7): 102-106.
 - [14] 李金龙. 人工智能技术在机械设计制造及其自动化中的应用研究[J]. 仪器仪表用户, 2024, 31(6): 10-12.