

Research on Mechanical Design Methods in the Context of Intelligent Manufacturing

Xiaojian Yang

Midea Washing Appliance Manufacturing Co., Ltd., Shunde District, Foshan City, Foshan, Guangdong, 528300, China

Abstract

This article focuses on mechanical design methods in the context of intelligent manufacturing, and explores in depth their innovation and transformation in the design and development stage. Through the analysis of key technologies in intelligent manufacturing, this article elaborates on how mechanical design can be deeply integrated with digital and intelligent technologies, including the application of intelligent design software, model-based systems engineering methods, and other mechanisms to improve design efficiency and quality. A detailed analysis was conducted on the implementation path of functional innovation, structural optimization, and reliability enhancement of mechanical products in the process of intelligent design. In depth research on mechanical design methods under the background of intelligent manufacturing is of great significance for improving China's mechanical design and manufacturing level and enhancing the core competitiveness of the manufacturing industry.

Keywords

intelligent manufacturing; Mechanical design; Intelligent design software; Functional innovation

智能制造背景下的机械设计方法研究

杨小剑

佛山市顺德区美的洗涤电器制造有限公司, 中国·广东 佛山 528300

摘要

本文聚焦于智能制造背景下的机械设计方法, 深入探讨其在设计研发阶段的创新与变革。通过对智能制造关键技术的剖析, 阐述了机械设计如何与数字化、智能化技术深度融合, 包括智能设计软件的应用、基于模型的系统工程方法等对提升设计效率与质量的作用机制。详细分析了在智能化设计过程中对机械产品功能创新、结构优化以及可靠性增强的实现路径, 深入研究智能制造背景下的机械设计方法, 对于提升我国机械设计制造水平, 增强制造业核心竞争力具有极为重要的意义。

关键词

智能制造; 机械设计; 智能设计软件; 功能创新

1 引言

随着信息技术与制造业的深度融合, 智能制造已成为全球制造业发展的重要趋势。在这一背景下, 机械设计作为制造业的源头环节, 面临着前所未有的机遇与挑战。传统机械设计方法在效率、精度、创新性等方面逐渐难以满足现代制造业的需求。智能制造技术的引入为机械设计带来了新的活力, 能够实现设计过程的数字化、智能化, 提高设计的灵活性, 促进机械产品的功能多样化与性能提升。

2 智能制造对机械设计制造的影响

智能制造是一种融合了信息技术与制造技术的先进制造模式。其核心特征在于将数字化、网络化、智能化技术贯

穿于产品设计、生产、管理等全生命周期。在模式上, 智能制造从传统的串行设计制造转变为并行设计制造, 各环节协同性更强。设计过程中可实时与制造、销售等环节交互, 快速响应市场变化。流程方面, 设计流程更加自动化与智能化, 智能设计软件能快速生成并优化设计方案, 减少人工干预。质量要求上, 借助高精度仿真分析与智能检测技术, 产品质量更可控且能提前预防缺陷^[1]。例如, 在机械设计时可通过虚拟装配与性能仿真提前发现问题, 制造中利用智能传感器实时监测产品质量, 使机械设计制造的整体质量与效率得到显著提升。

3 智能制造背景下的机械设计方法

3.1 智能设计软件的应用

在智能制造的大背景之下, CAD/CAM/CAE 等软件迎来了功能的巨大飞跃与拓展。以广泛应用的 CAD 软件来说, 其早已突破了单纯二维绘图与三维建模的基础功能框架。如

【作者简介】杨小剑(1992-), 男, 中国湖北黄冈人, 硕士, 工程师, 从事机械设计与制造工程研究。

今智能化的 CAD 软件具备了极为便捷高效的参数化设计特性,这意味着设计师在进行机械产品设计时,仅仅需要对关键参数予以修改调整,整个模型便能即刻自动更新与之适配,从而极大地提升了设计效率。例如在常见的机械零件设计流程之中,一旦更改零件的尺寸规格,与之存在关联的装配体、工程图等都能够同步实现自动更新,成功避免了传统设计过程中重复绘制所带来的繁琐与低效工作。

与此同时, CAM 软件与 CAD 软件之间的集成度也在持续不断地攀升,它能够直接读取 CAD 所构建的模型并以此为依据展开数控加工编程作业。通过其智能识别模型特征的强大功能,可自动生成经过优化处理的刀具路径,有效减少加工所需时间。就拿模具制造领域来讲,借助 CAM 软件,技术人员能够依据模具复杂多变的形状迅速生成高效精准的加工代码,在充分确保加工精度达标的同时,显著提高加工速度,有力推动了机械设计制造朝着智能化、高效化的方向大步迈进。

3.2 基于模型的系统工程

在机械设计全生命周期中,基于模型的系统工程发挥着关键作用。从概念设计阶段开始,就利用系统模型来描述产品的功能需求、性能指标和架构关系。例如在设计一款复杂的机电一体化设备时,通过建立系统模型,明确机械结构、电气控制、液压传动等各子系统之间的交互关系和接口标准。

在详细设计阶段,各学科领域的设计师基于统一的系统模型进行协同设计。机械工程师在模型中设计机械部件的结构和运动方式,电气工程师同步设计控制电路和传感器布局,软件工程师开发相应的控制程序。模型成为各学科沟通的桥梁,确保设计的一致性和兼容性。验证阶段,同样借助系统模型进行虚拟验证。通过输入各种工况参数,模拟产品的实际运行情况,对产品的功能、性能、可靠性等进行全面验证。如在航空航天产品设计中,基于模型的系统工程能够在地面模拟飞行环境,对飞机的各个系统进行联合测试,缩短了研发周期,实现产品质量有效提升。

3.3 大数据驱动的设计优化

大数据技术为机械设计提供了丰富的数据资源和强大的分析手段。在设计前期,通过收集市场需求数据、同类产品的性能数据、用户使用反馈数据等,设计师能够深入了解市场趋势和用户痛点,从而确定产品的设计定位和关键性能指标。例如,通过分析大量用户对某类机械设备的操作习惯数据,可优化产品的人机交互界面设计,提高用户体验。

在设计过程中,大数据分析可对海量的机械设计案例和工程知识进行挖掘。例如,对各种材料在不同工况下的性能数据进行整理分析,帮助设计师选择最合适的材料,确保机械产品在强度、重量等多方面达到理想平衡。同时,对于复杂机械系统的设计参数,利用大数据技术能快速筛选出最优组合。如在大型桥梁建设机械设计中,通过对不同结构参

数、动力系统配置等数据的分析,确定既能保证桥梁施工高效安全,又能降低成本和能耗的设计方案。而且,利用大数据分析设计参数与产品性能之间的关系。以机械传动系统设计为例,收集不同传动比、齿轮模数、材料等参数组合下的传动效率、噪声、振动等性能数据,通过大数据分析建立数学模型,找到最优的设计参数组合,实现产品性能的提升^[2]。与此同时,在产品使用过程中,持续收集运行数据,反馈给设计端,为产品的迭代升级提供依据,使机械设计能够不断适应实际工况的变化,保持产品的竞争力。

3.4 基于人工智能技术的机械设计要点

3.4.1 数据驱动的设计决策

在机械设计领域,大数据挖掘与分析正发挥着变革性作用。海量的历史设计数据、制造参数、材料性能及用户反馈等信息汇聚成一座珍贵的知识宝库。借助人工智能技术中的大数据挖掘与分析工具,能深度剖析这些数据,揭开隐匿其中的模式、趋势与关联,为设计决策筑牢数据根基。

以新型工业机器人设计为例,运用 AI 算法解析已有机器人设计数据库,可精准锁定影响机器人稳定性与工作效率的关节结构、驱动方式及材料选择等关键要素。这些源于数据的深刻洞察,助力设计师迅速锚定最优设计路径,规避反复试错。

机器学习辅助设计优化亦成效斐然。机器学习模型经海量数据训练后,可自动萃取设计特征与性能指标间的复杂关联,为设计变量优化提供精确预判。如汽车发动机设计,构建基于机器学习的性能预测模型,输入缸径、冲程等设计参数,输出功率、燃油经济性等关键指标。设计师据此调整参数,探寻性能与成本的最优平衡,达成数据驱动的设计优化,推动机械设计迈向智能化、精准化的新高度。

3.4.2 智能设计工具与软件集成

智能制造背景下,自动化设计工具借助人工智能技术显著提升了机械设计效率。这类工具能够依据预设的设计规则与算法,自动生成初步的机械设计方案。例如,在产品结构设计中,只需输入基本的设计要求,如承载能力、尺寸限制、材料特性等参数,自动化设计工具便可利用机器学习算法对大量已有设计案例进行分析学习,快速构建出符合要求的结构模型。它还能自动进行设计检查,识别潜在的干涉、应力集中等问题,并提供优化建议。这不仅减少了人工设计的时间与精力消耗,还降低了因人为疏忽导致的设计错误,加速了产品从概念到详细设计的进程,让设计师能够将更多精力聚焦于创新性思考。

此外,跨平台设计软件集成是实现智能制造的关键环节。不同的机械设计软件在功能上各有侧重,如 CAD 软件擅长三维建模,CAE 软件专注于仿真分析,CAM 软件用于数控加工编程。通过集成这些跨平台软件,可构建一个完整且流畅的机械设计生态系统。在设计过程中,设计师能够在不同软件间无缝切换与数据共享。例如,在 CAD 软件中完

成产品建模后,可直接将模型数据传输至 CAE 软件进行结构强度、流体力学等性能分析,分析结果又能反馈至 CAD 模型进行优化调整,最后将优化后的模型导入 CAM 软件生成加工代码。这种集成化的工作方式打破了软件之间的信息壁垒,提高了设计数据的准确性与一致性,使得机械设计、分析、制造等环节紧密衔接,极大地提升了整个机械设计制造流程的协同性与智能化水平。

4 机械产品智能化设计的实现路径

4.1 功能创新设计

智能制造技术为机械产品的功能创新提供了丰富的手段与机遇。借助物联网技术,机械产品能够实现与外部环境及其他设备的互联互通,从而拓展出全新的功能。比如,智能家居中的智能扫地机器人,通过内置的传感器与物联网模块,可实时感知家居环境信息,并与手机 APP 相连,用户能远程控制其工作模式、设定清扫计划,甚至在机器人遇到故障时自动发送警报信息并预约维修服务。这不仅提升了产品的自主性与智能性,还满足了用户对便捷、个性化家居清洁的需求。而且,微型传感器也逐渐进入人们的生活,当前很多微型设备都采用了硅构成,其重量相对较轻,且具有较强的耐腐蚀性,在节约资源的同时也大大降低了传感器的体积,微型传感器的应用范围逐渐广泛,改变了人们的生活方式,也促进了我国电子设备的自动化发展。

另外,人工智能技术的应用也推动了机械产品功能创新。通过机器学习算法对大量用户数据和使用场景的分析,机械产品能够自动适应不同工况并提供个性化的功能服务。以智能工业机床为例,它可以根据加工零件的材料、形状、精度要求等信息,自动调整切削参数、刀具路径以及加工顺序,实现智能化的加工过程,提高加工效率和产品质量,满足制造业对高精度、高效率生产的个性化需求。

4.2 进行结构优化设计

仿真分析技术在机械产品结构优化设计中扮演着关键角色。在设计阶段,利用有限元分析软件对机械产品的结构进行模拟分析,能够准确预测产品在不同工况下的应力、应变、振动等力学性能。例如,在汽车发动机设计中,通过对发动机缸体、曲轴等关键部件进行强度和模态分析,可提前发现结构设计中的薄弱环节,并针对性地进行优化改进,确保发动机在高速运转时的可靠性^[1]。拓扑优化技术则是实现结构轻量化与合理化的有效方法。它基于给定的设计空间、载荷条件和约束要求,通过数学算法寻求材料在结构中的最

优分布形式。

4.3 可靠性设计与验证

在智能化设计过程中,对机械产品可靠性的评估与提升至关重要。采用故障树分析(FTA)和失效模式与影响分析(FMEA)等方法,能够全面识别机械产品在设计、制造、使用等各个环节可能出现的故障模式及其对产品功能和性能的影响,并确定相应的预防措施和改进方案。在电梯设计中,通过 FMEA 分析电梯的电气系统、机械传动系统、安全保护系统等各个子系统可能出现的故障,如电机故障、钢丝绳断裂、安全制动失效等,并对这些故障的严重程度、发生频率和检测难度进行评估,制定相应的维护计划和应急预案,确保电梯在运行过程中的可靠性和安全性。

与此同时,利用智能传感器和大数据技术对机械产品的运行状态进行实时监测和数据分析,实现对产品可靠性的动态评估和预测性维护。例如,风力发电机组通过安装在关键部位的传感器实时采集温度、振动、应力等运行数据,并传输至云端大数据平台进行分析处理。一旦发现数据异常,系统可提前预警并提供故障诊断建议,及时安排维护人员进行检修,避免故障的发生或扩大,有效提高了风力发电机组的可靠性和发电效率,降低了运维成本。

5 结语

经过以上论述可以看到,智能制造背景下的机械设计方法正经历着深刻的变革与创新。通过数字化、智能化技术的广泛应用,机械设计在效率、质量、创新性等方面取得了显著突破。从智能设计软件的应用到基于模型的系统工程,从大数据驱动的设计优化到人工智能辅助设计,多种方法共同推动着机械产品向功能更强大、结构更合理、可靠性更高的方向发展。尽管目前在技术融合、人才培养等方面仍面临一些挑战,但随着技术的不断进步与应用经验的积累,智能制造背景下的机械设计必将迎来更加辉煌的发展前景。机械设计研发人员应积极拥抱变革,不断学习和应用新技术,以推动机械设计制造行业在智能制造时代实现跨越式发展。

参考文献

- [1] 陈永虎,高刚毅,鄢发东.智能制造背景下纺织机械设计制造及自动化技术的发展趋势浅析[J].化纤与纺织技术,2023,52(2): 128-130.
- [2] 秦伟,王少峰.智能制造背景下机械设计制造及自动化技术发展趋势研究[J].电脑校园,2023(9):8289-8290.
- [3] 于洪杰,魏原芳,刘艳萍.基于智能制造的机械设计方法研究[J].2024.