

智能制造背景下机械设计优化方法研究

杨银花

宝鸡合力叉车有限公司 陕西宝鸡 721001

摘要：在智能制造浪潮席卷制造业的当下，机械设计作为产品制造的先导环节，亟待变革升级。本文深入剖析智能制造对机械设计提出的新要求，指出传统设计模式在效率、创新及智能化方面的局限与面临的挑战。明确以提升性能、降低成本、增强智能化为核心的优化目标与原则，从理念革新、技术应用、流程再造等维度提出优化策略，结合实际设计场景阐述具体路径，旨在为机械设计在智能制造时代的发展提供更具操作性的新思路与方法。

关键词：智能制造；机械设计；优化方法

引言

在信息技术高速发展的今天，智能制造凭借自动化、数字化、智能化的优势，重塑着制造业格局。机械设计作为产品从概念到实物的关键环节，其设计质量直接决定产品性能与生产可行性。但传统机械设计依赖经验驱动、设计流程割裂、技术手段滞后，难以匹配智能制造对产品快速迭代、精准制造、智能互联的需求，亟需通过理念与技术革新打破发展瓶颈。

1 智能制造背景下机械设计现状与问题分析

1.1 智能制造对机械设计的新要求

智能制造涵盖自动化生产线、工业机器人、物联网、大数据分析等多领域技术融合，对机械设计提出更高标准。在功能集成方面，要求机械产品不仅具备基础机械性能，还需集成传感器、控制器等智能模块，实现数据采集、实时监控与自主决策，比如智能数控机床需内置振动传感器和温度传感器，实时监测加工过程中的异常并自动调整参数。在设计协同性上，需打破传统设计各环节的壁垒，实现设计、工艺、制造、运维等多阶段数据共享与协同作业，例如设计师在设计初期就能获取制造部门的设备参数，避免后期因设备限制修改设计，从而缩短产品研发周期。同时，智能制造强调定制化生产，机械设计要能快速响应个性化需求，通过模块化设计、参数化建模，像家电生产线的机械臂可通过更换不同末端执行器，快速适配冰箱、洗衣机等不同产品的装配需求，实现产品的灵活配置与快速迭代开发。

1.2 传统机械设计模式在智能制造中的局限性

传统机械设计模式以经验设计为主，设计师凭借过往

积累的知识和案例进行产品构思，比如设计一款输送机时，多参考同类产品的结构尺寸，缺乏对新材料、新结构的系统探索，难以满足智能制造对产品功能创新和性能突破的要求。设计流程呈现线性、分散特征，设计部门完成图纸后移交工艺部门，工艺部门发现问题再返回修改，各环节相对独立，信息传递不畅，易导致设计方案与生产实际脱节，比如某零件设计时未考虑工厂现有的加工设备精度，生产时无法达到设计要求，出现设计反复修改、生产周期延长等问题。在技术手段上，多依赖二维图纸表达设计意图，设计师需通过想象还原三维结构，对产品结构、性能的可视化与仿真分析能力不足，无法精准预测产品在实际工况下的运行状态，比如无法提前知晓高速运转下零件的振动情况，增加设计风险与成本。

1.3 机械设计面临的主要挑战与发展瓶颈

机械设计在向智能制造转型过程中面临诸多挑战。技术层面，智能设计相关技术如人工智能辅助设计、数字孪生、多学科优化设计等尚不成熟，应用门槛高，比如数字孪生技术需要构建与物理实体完全一致的虚拟模型，涉及大量数据采集和模型校准，目前缺乏统一的技术标准和易用的工具平台，难以在实际设计中广泛应用。人才层面，既懂机械设计原理，又熟悉智能制造技术的复合型人才短缺，现有设计人员多擅长传统机械结构设计，对工业互联网、机器学习等技术了解有限，在设计中难以有效融入智能元素，难以适应设计模式变革的需求。管理层面，企业缺乏适应智能制造的设计管理体系，设计流程的标准化、规范化程度低，不同设计师的设计习惯差异大，数据管理混乱，设计文件版本众多且

难以追溯，部门间协作需通过繁琐的会议和邮件沟通，效率低下，难以实现设计资源的优化配置与高效利用。同时，行业内缺乏统一的设计标准与规范，不同企业、不同系统间的数据格式不兼容，交互与集成困难，比如甲企业的三维模型无法直接导入乙企业的仿真软件，阻碍了机械设计智能化发展。

2 智能制造背景下机械设计优化目标与原则

2.1 机械设计优化的核心目标

机械设计优化的核心目标围绕提升产品性能、降低成本与增强智能化展开。通过优化设计，提高机械产品的精度、可靠性与稳定性，比如对精密加工机床的导轨结构进行优化，减少运行中的摩擦和振动，使其在复杂工况下仍能保持高效运行，满足智能制造对产品高质量的要求。在成本控制上，从设计源头优化材料选型、结构布局与制造工艺，比如采用轻质高强度材料减少材料用量，通过简化零件结构降低加工难度，优化装配流程减少人工成本，从而减少生产过程中的材料浪费、加工难度与能源消耗，降低产品全生命周期成本。增强产品智能化水平，使机械产品具备感知、分析、决策与自适应能力，例如智能冲压设备能通过传感器感知材料厚度变化，自动调整冲压力度和速度，实现与智能制造系统的互联互通，为智能生产、智能运维提供基础支撑，提升产品附加值与市场竞争力。此外，优化目标还包括提升产品的环境适应性，确保其在高温、高湿、多尘等特殊环境下稳定运行，进一步拓宽产品的应用场景。

2.2 机械设计优化遵循的基本原则

机械设计优化需遵循系统性、创新性、可行性与经济性原则。系统性原则要求从产品整体性能出发，综合考虑机械、电子、控制等多学科因素，进行协同设计与优化，比如设计工业机器人时，不仅要优化机械臂的结构强度，还要结合控制系统的响应速度和传感器的检测精度，避免因局部优化导致整体性能下降。创新性原则鼓励突破传统设计思维，引入新理念、新技术、新方法，比如借鉴生物仿生学设计机器人的运动结构，使其更灵活高效，推动产品功能创新与结构优化，满足市场对差异化产品的需求。可行性原则强调设计方案要充分考虑生产制造工艺、加工设备、成本预算等实际条件，比如设计的零件结构虽先进，但工厂现有的设备无法加工，就需调整设计，确保设计能够顺利转化为实际产品。经济性原则要求在满足产品功能与性能要求的前提下，合理

控制设计成本，通过优化设计减少不必要的结构与功能，比如去除产品中用户很少使用的附加功能，选择性价比高的材料与零部件，实现经济效益最大化。同时，还需遵循环保性原则，在设计中融入绿色理念，减少有害物质使用，降低能源消耗，符合可持续发展要求。2.3 优化目标与生产实际需求的平衡

在确定机械设计优化目标时，需充分考量生产实际需求，实现两者的动态平衡。根据企业的生产设备、工艺水平、人员能力等实际情况，制定合理的优化目标，比如中小企业若缺乏高精度加工设备，就不宜将零件的尺寸精度目标定得过高，避免目标过高导致设计方案无法实施或成本失控。同时，结合市场需求与产品定位，在满足基本功能与性能要求的基础上，合理分配资源进行设计优化，比如面向大众市场的普通机床，无需像精密机床那样进行极致的精度优化，避免过度设计造成成本浪费。在优化过程中，持续与生产部门沟通，定期组织设计人员到生产车间了解实际情况，根据生产反馈及时调整设计方案，比如生产部门反映某零件装配困难，设计人员就简化零件的连接结构，确保设计优化成果能够顺利应用于生产实践，实现设计目标与生产实际的有效衔接。此外，还需关注供应链的稳定性，设计时考虑零部件的采购难度和交货周期，避免因供应链问题影响生产进度。

3 智能制造背景下机械设计优化方法与策略

3.1 基于智能设计理念的设计方法革新

基于智能设计理念，需革新传统设计方法。引入人工智能技术，构建智能设计平台，平台可通过机器学习算法对大量设计案例、工程数据进行学习分析，总结不同结构参数与产品性能的关联规律，当设计师输入产品的基本参数和性能要求时，平台能快速提供设计方案推荐、参数优化建议等辅助，比如推荐合适的齿轮模数和材料组合，提高设计效率与创新性。利用数字孪生技术，在虚拟环境中构建产品的数字模型，模型能实时接收物理实体的运行数据，模拟产品全生命周期的运行状态，包括加工、装配、使用、维护等阶段，设计师可通过虚拟模型观察不同设计方案下产品的表现，实现设计方案的实时验证与优化，提前发现潜在问题并进行改进，比如在虚拟装配中发现零件干涉，及时调整结构尺寸。同时，智能设计平台还可集成故障诊断模块，通过分析产品历史故障数据，在设计阶段就针对性优化易损部位，提升产品可靠性。

3.2 先进技术在机械设计优化中的应用

先进技术的应用是机械设计优化的关键。将大数据分析技术应用于设计过程,收集产品运行数据、市场反馈数据、生产过程数据等多源信息,通过分析这些数据找出产品性能的薄弱环节和用户的潜在需求,比如发现某型号电机在高温环境下故障率较高,据此在新设计中优化散热结构,为设计优化提供数据支持。采用多学科优化设计方法,综合考虑机械、力学、热学、电学等多学科因素,通过建立多学科优化模型,将产品的强度、重量、能耗等作为优化目标,利用优化算法进行全局寻优,比如在设计新能源汽车的驱动桥时,同时考虑结构强度、传动效率和重量,实现产品性能的综合提升。虚拟现实与增强现实技术可应用于设计评审与用户体验优化,设计师与用户可佩戴 VR 设备进入虚拟场景,直观查看产品的三维结构和操作流程,对设计方案进行评估与反馈,比如用户认为某设备的操作界面布局不合理,可实时在虚拟环境中调整,提高设计方案的准确性与用户满意度。此外,区块链技术可用于设计数据的溯源与保护,确保设计过程中数据的完整性和安全性,方便后续的责任追溯与知识产权保护。

3.3 机械设计流程的优化与再造

建立基于数字化平台的设计协同环境,平台整合设计软件、工艺规划系统、制造执行系统等工具,实现设计、工艺、制造、采购等部门的信息实时共享与协同工作,设计人员在平台上完成设计后,工艺人员可立即查看并提出工艺改进建议,通过并行工程的方式,提前考虑制造工艺、装配要求等因素,减少设计错误与变更。优化设计评审流程,采用线上线下相结合的方式,线上通过协同平台共享设计文件和仿真结果,线下组织多领域专家与用户进行集中评审,专家可通过平台标注评审意见,提高评审效率与决策科学性。同时,建立设计知识管理系统,系统可自动收集设计过程中的经验、数据、案例,进行分类整理与归档,形成企业设计知识库,设计师在进行新设计时可快速检索相关知识,比如查找类似产品的结构设计经验,为后续设计提供参考与借鉴,促进设计知识的传承与创新。另外,在流程优化中引入敏捷

开发理念,将设计过程划分为多个短周期迭代,每个迭代后进行小结与调整,快速响应市场需求变化,提升设计灵活性。

4 结论

通过分析现状问题,明确优化目标原则,提出从理念革新、技术应用到流程再造的系统优化方法与策略,为机械设计适应智能制造发展提供了方向。这些策略不仅能解决当前设计中的效率与创新瓶颈,更能推动机械设计与智能制造技术深度融合,形成良性循环。在实际应用中,需持续关注技术发展动态,加强既懂机械设计又掌握智能技术的复合型人才培养与技术创新,完善设计管理体系,建立跨部门协同的长效机制,推动机械设计优化方法的落地实施。唯有如此,才能真正助力制造业向智能化、高质量发展迈进,提升我国制造业的全球竞争力,在激烈的国际市场竞争中占据有利地位。

参考文献:

- [1] 邓彩林. 人工智能技术在机械设计制造中的应用 [J]. 农机使用与维修, 2025,(04):94-97.
- [2] 程显云. 智能制造时代机械设计制造及自动化深度应用研究 [J]. 中国设备工程, 2025,(05):33-35.
- [3] 程永康, 赵晨悦, 胡小波. 智能制造技术在机械设计制造领域中的应用 [J]. 内燃机与配件, 2025,(01):106-108.
- [4] 谭玲, 周崇龙, 黄辉, 等. 汽车智能制造技术在机械设计制造领域中的应用 [J]. 汽车知识, 2025,25(08):128-130.
- [5] 吴文华. 智能制造时代下机械设计技术探析 [C]// 广西网络安全和信息化联合会. 2025 年第三届工程领域数字化转型与新质生产力发展研究学术交流会议论文集. 浙江金大门业有限公司, 2025:262-263.
- [6] 范学宇. 智能制造技术在机械产品设计中的应用研究 [J]. 科技创新与品牌, 2025,(06):75-77.
- [7] 牛小凯. 智能制造背景下机械设计优化与自动化控制研究 [C]// 广西网络安全和信息化联合会. 第七届工程技术与数字化转型学术交流会议论文集. 三门峡中原精密有限公司, 2025:324-326.