

# 简析数字化技术在机械设计中的应用与发展趋势

陈善龙<sup>1</sup>, 李桂花<sup>1</sup>, 王其营<sup>2</sup>

(1. 济南冶金化工设备有限公司, 山东 济南 250000;

2. 中策橡胶(天津)有限公司, 天津 300452)

**摘要:** 首先介绍了数字化设计技术的含义和特点, 然后阐述了数字化设计技术在机械设计特别是橡胶产品/机械设计中的应用, 最后展望了数字化设计技术在机械设计领域的发展趋势。

**关键词:** 数字化技术; 机械设计; 应用; 发展趋势

**中图分类号:** TQ330.493

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1009-797X(2024)07-0001-05

**DOI:** 10.13520/j.cnki.rpte.2024.07.001

## 0 引言

机械设计是机械制造业的基础和关键环节, 直接影响到机械产品的综合性能、制造成本和使用效果。随着市场竞争的加剧, 企业对机械设计的要求越来越高, 传统的机械设计方法已经难以满足现代制造业的需求。近年来, 数字化设计技术在机械设计中的应用逐渐广泛, 为提高机械设计的效率和质量提供了有力支持。本文将对数字化设计技术的含义、特点进行介绍, 然后阐述数字化设计技术在机械设计特别是橡胶产品及橡胶机械设计中的应用, 最后对数字化设计技术在机械设计的发展趋势进行展望。

## 1 数字化设计技术的含义和特点

### 1.1 数字化设计技术的含义

数字化设计技术是指利用计算机、网络、大数据、人工智能等数字化手段, 对产品设计、制造和运行过程进行仿真、分析和优化的一种技术。数字化设计技术主要包括计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、计算机辅助工程(CAE)等。

随着数字化设计技术的不断发展, 使得CAD、CAM、CAE等技术的应用越来越深入, 它们之间的界限也越来越模糊, 形成了集成化的设计制造系统。这些技术的发展趋势包括更高的数值模拟精度、更快的计算速度、更智能的自动化工具、更紧密的设计-

制造集成, 以及更加注重用户体验和可持续性设计。通过这些技术, 设计师和工程师可以更快地开发出更高质量、更经济、更环保的产品, 如图1所示。



图1 数字化设计示意图

### 1.2 数字化设计技术的特点

数字化设计技术的特点是其核心优势, 在提高设计流程效率和设计质量、降低设计成本、提高协同创新能力等方面发挥着关键作用。

#### (1) 提高设计效率

计算机软件可以自动执行许多设计任务, 如生成

作者简介: 陈善龙(1976-), 男, 主要从事设备设计和焊接工作, 已发表论文1篇。

收稿日期: 2024-04-30

几何模型、进行分析和模拟，从而减少手动操作和重复工作，可以实现设计自动化，提高设计效率。

通过参数化模型，设计师可以快速修改设计参数，自动更新模型，实现参数化设计，完成设计的迭代。

利用数字化设计，在设计阶段即可进行各种仿真，如结构、热力学、动力学仿真；同时，可以验证设计的可行性和性能，减少实物原型测试的次数。

数字化工具可以有效管理设计数据，通过数据管理，实现版本控制和协作，确保设计信息的一致性和实时更新。

#### (2) 提高设计质量

利用计算机模拟技术，可以实现精确模拟，更准确地预测产品在真实环境中的行为和性能，从而使设计更有针对性。

通过仿真分析和优化算法，可以找到设计中的弱点并对其进行改进；即通过设计优化，可以提高产品的性能和可靠性。

在设计阶段通过仿真和验证，可以发现并纠正潜在的设计错误；即通过错误预防，避免在制造过程中出现重大问题，从而可以提高设计的准确性。

数字化设计工具允许设计师更好地与最终用户沟通，也就是说，通过用户体验，理解用户需求，从而设计出更符合用户习惯性的产品。

#### (3) 降低设计成本

通过虚拟仿真和测试，可以在制造实物原型之前发现和解决问题，减少昂贵的原型制作成本和纠错成本。

数字化设计工具可以帮助更好地利用设计资源，如材料、人力和设备，充分做到人尽其才、物尽其用，实现资源优化，减少浪费。

通过计算机辅助制造（CAM）技术，可以优化生产流程和数控编程，减少生产时间和重复频次，降低时间成本。

通过提前发现和解决设计问题，可以减少因设计错误导致的返工、修改甚至报废，节省工序成本。

#### (4) 提高协同创新能力

数字化设计技术通过以下方式可以促进协同创新进程，提高协同创新能力：

团队成员可以在不同地理位置共享和协作设计数据，即通过远程协作，加速决策进程和项目进度。

数字化工具提供了实时沟通平台，使得团队成员可以迅速交流想法和反馈，取得设计思路的一致和同

步。

数字化设计平台可以集成不同专业领域的知识和工具，促进跨学科合作和创新，提高不同专业之间的兼容。

设计数据可以在组织内外共享，使得外部合作伙伴和供应商都能够更早地参与到设计过程中，促进开放式创新，提高产品设计的全面性和完美性。

数字化设计技术通过其高效、高质量、低成本、协同创新的特点，正在彻底改变机械设计的面貌，使得设计过程更加智能化、自动化和协作化。随着技术的不断进步，这些特点将变得更加明显，为设计师和工程师提供更多可能性，以创造出更优秀、更经济、更环保的产品。

## 2 数字化技术在机械设计中的应用

### 2.1 计算机辅助设计（CAD）

计算机辅助设计（CAD）是指利用计算机系统及其图形设备帮助或增强设计人员进行设计活动的技术。CAD技术在机械设计中的应用主要包括以下三方面：

#### (1) 参数化设计

通过建立产品参数化模型，实现对产品形状、尺寸、结构等参数的快速修改和优化。这一点在轮胎结构设计及轮胎模具设计过程中的应用最为明显，即可以通过已有的参数化模型，根据轮胎的结构类型和特点、整体形状和尺寸、内部参数及相关条件，进行轮胎结构的快速设计；在轮胎结构设计完成，随之就可以设计需要的轮胎模具，其准确性、系统性大大提高。

#### (2) 特征识别与建模

通过对产品特征的识别和建模，实现对产品复杂形状的描述和生成。在CAD技术应用之前，轮胎设计比较抽象，在轮胎生产出样品之前，所有的图形都是两维平面图，除专业人员外，一般人员很难想象出轮胎的完整形状。但是利用CAD技术，可以根据三维或多维图形，在设计阶段就可以完整展现轮胎的形状和特点，通过可视性提高，在轮胎生产出成品之前就能让相关人员都能看到完整的轮胎，从而可以提出更多的优化建议。

#### (3) 参数化协同设计

实现设计人员之间的信息共享和协同工作，提高设计效率。由于轮胎结构是按照骨架材料或用途分为全钢、半钢（包括农业子午线轮胎）、斜交和工程胎等，对于相同结构的轮胎，可以使用相同或相近的模型和

参数,这样不但设计人员之间可以做到信息共享,而且不同规格但结构相同或相近结构的轮胎也可以做到参数共用,可以大大提高轮胎研发、设计、投放市场的速度,对快速占领市场、提高企业效益极为有利。

## 2.2 计算机辅助制造 (CAM)

计算机辅助制造 (CAM) 是指利用计算机技术对制造过程进行规划、仿真、优化、控制和管理的一种技术。CAM 技术在机械设计中的应用主要包括以下三方面:

### (1) 数控编程

利用计算机生成数控机床的加工指令,实现对零件的自动化加工。目前数控编程在轮胎模具加工过程中应用最为普遍,以前都是通过加工轮胎断面样板、人工或半人工进行摸索加工,不但费时、费力,而且加工精度较差,模具(及由此生产的轮胎)的一致性不高,这一点在半钢轮胎模具体现最为明显。如果轮胎模具加工精度差,轮胎的动平衡就不能满足乘用车高速行驶的要求。目前,国内半钢轮胎供不应求,也与模具加工精度高、产品质量稳定性好有直接的关系。

### (2) 生产过程仿真

通过对生产过程的仿真,优化生产流程,提高生产效率。目前,轮胎生产设备数字化、智能化越来越普遍,而设备数字化、智能化的普及和推广很大程度上是得益于在设备生产、加工过程中的仿真技术应用,不但提高产品质量,也提高了生产效率。

### (3) 制造资源管理

实现制造资源的优化配置,提高企业竞争力。由于人的精力有限、考虑问题受个人能力、阅历和经验等因素的影响较大,利用人进行制造资源管理很容易出现资源不匹配甚至浪费现象,而利用 CAM 技术则可以消除人管带来的不足,可以实现制造资源的最优配置,真正实现人尽其才、物尽其用的目标。

## 2.3 计算机辅助工程 (CAE)

计算机辅助工程 (CAE) 是指利用计算机系统对产品在制造和使用过程中进行仿真、分析和优化的一种技术。CAE 技术在机械设计中的应用主要包括以下三方面:

### (1) 结构分析

通过对产品结构的仿真分析,优化产品设计,提高产品的性能和可靠性,这一点在橡胶机械密炼机转子设计方面表现最为突出。众所周知,密炼机是轮胎

生产的关键设备,而密炼机的性能优劣很大程度上体现在转子的结构和性能上。通过对转子的仿真分析,可以对转子的结构不断优化、性能逐步提高,并尽最大可能地适应更多的胶料品种。

### (2) 流体动力学分析

研究产品在工作过程中涉及的流体动力学问题,优化产品设计。由于密炼机在工作时,混炼室内的胶料翻转及受力接近于流体,因此对转子进行流体动力学分析,可以与转子的实际工作状态接近,有利于转子的设计。

### (3) 动力学分析

研究产品在工作过程中的动态特性,优化产品设计。由于转子在工作时的受力比较复杂,通过对转子进行动力学分析,可以实现转子各部位受力更加合理,避免出现因受力不合理出现胶料质量波动甚至转子受损现象。动力学分析示意图如图 2 所示。

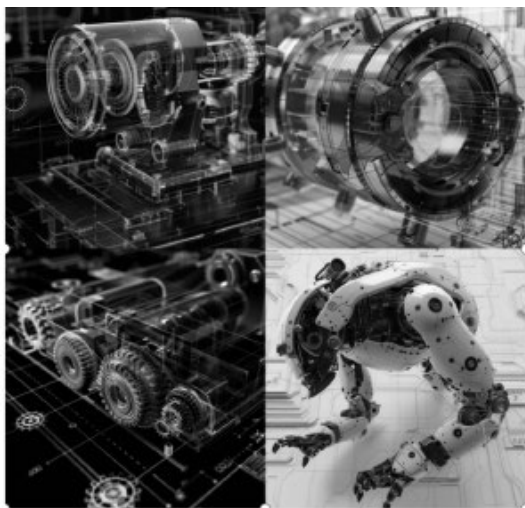


图 2 数字化技术在机械设计中的应用示意图

## 3 数字化设计技术在机械设计领域的发展趋势

数字化设计技术在机械设计领域的发展趋势体现了技术的进步和行业需求的变化<sup>[1]</sup>。可以从智能化、虚拟化、网络化、集成化、绿色化等五个方面得以体现。

### 3.1 智能化是数字化设计技术的重要发展方向

智能化设计过程利用人工智能 (AI) 技术,包括机器学习、深度学习和自然语言处理等,以实现设计过程的自动化、智能化和个性化。具体来说,智能化设计包括:

#### (1) 设计建议和优化

AI 可以分析大量的设计数据，为设计师提供基于数据驱动的设计建议和优化方案。

#### (2) 自适应设计

系统能够自动调整设计参数，以适应不同的使用场景和性能要求。

#### (3) 预测性维护

通过分析设计模型和实际使用数据，预测产品在特定条件下的寿命和性能。

#### (4) 自动化决策支持

AI 可以帮助设计师做出更明智的决策，通过模拟和预测帮助评估不同设计选项的后果。

### 3.2 虚拟化技术可以使产品设计等在虚拟空间中进行

虚拟化技术通过创建数字化的仿真环境，使产品设计、制造和运行的过程可以在虚拟空间中进行，从而有助于提高设计质量。具体包括：

#### (1) 虚拟仿真

利用软件模拟产品的工作环境和条件，评估产品在真实世界中的性能，从而减少实物原型测试的需求。

#### (2) 虚拟样机

创建产品的数字样机，允许设计师在虚拟环境中进行测试和验证，提高设计的可靠性。

#### (3) 虚拟制造

模拟制造过程，分析生产线上的潜在问题，优化生产流程和设备配置。

#### (4) 虚拟现实 (VR) 和增强现实 (AR)

通过 VR 和 AR 技术，设计师可以沉浸在虚拟环境中，更直观地体验和评估他们的设计。

### 3.3 网络化趋势可以实现资源共享

网络化趋势涉及到利用网络技术，实现设计资源、制造资源和市场资源的共享，以提高设计效率。具体包括：

#### (1) 云计算

通过云计算平台，设计师可以访问远程服务器上的工具和数据，实现资源的共享和弹性扩展。

#### (2) 数据共享和协作

利用网络工具，设计师和工程师可以实时共享设计数据，促进跨地区、跨专业和跨企业的协作。

#### (3) 供应链整合

通过网络技术，企业可以更好地管理和整合其供应链，提高物料采购和产品分销的效率。

#### (4) 在线客户反馈

网络平台允许企业收集和分析客户反馈，直接影响设计改进和市场策略。

### 3.4 集成化可以实现产品设计、制造和运行的整合

集成化是指将产品设计、制造、运行等环节整合在一起，以提高企业的核心竞争力。集成化的关键要素包括：

#### (1) 产品生命周期管理 (PLM)

通过 PLM 系统，企业可以管理产品从概念设计到退役的整个生命周期，确保信息的透明度和流程的效率。

#### (2) 企业资源规划 (ERP) 与设计制造集成

ERP 系统与设计工具和 CAM 系统的集成，确保企业资源与设计创新之间的紧密连接。

#### (3) 智能制造

通过自动化和网络化技术，实现制造过程的智能化，提高生产效率和产品质量。

#### (4) 数字孪生

创建产品的数字孪生，即一个与物理产品紧密相关的数字模型，用于模拟、分析和优化实际产品性能。

### 3.5 绿色化趋势可以实现绿色设计和绿色制造

绿色化趋势强调在产品设计过程中考虑环境保护，实现绿色设计和绿色制造。具体包括：

#### (1) 可持续材料选择

在设计阶段考虑材料的来源、生产和回收，选择对环境影响较小的材料。

#### (2) 生命周期评估

评估产品在整个生命周期内的环境影响，包括生产、使用和废弃阶段。

#### (3) 能源效率

设计高效能源利用的产品，减少能源消耗和碳排放。

#### (4) 回收和再利用

设计易于回收和再利用的产品，减少废弃物和资源浪费。

综上所述，数字化设计技术在机械设计领域的发展趋势体现了更加智能化、自动化、协作化和环保的设计理念。这些趋势不仅能够提高设计效率和质量，还能增强企业的竞争力和对环境的责任感。随着技术的不断进步，这些趋势将进一步塑造未来机械设计的方向。

#### 4 结语

数字化设计技术在机械设计特别是橡胶机械设计中的应用越来越广泛，为提高机械设计的效率和机械产品的质量提供了有力支持。随着科技的不断发展，数字化设计技术在机械设计领域的发展趋势将更加明显，为我国机械制造业的转型升级和可持续发展奠定坚实基础，也为中国橡胶机械的发展提供最强的助力。届时，设计工作将更加高效、全面、前瞻，设计的产

品将更加合理、智能、经济，制造过程将更加环保、便捷、可靠，产品使用将更多体现个性、简约、绿色。

#### 参考文献：

- [1] 杨方飞. 机械产品数字化设计及关键技术研究与应用 [D]. 中国农业机械化科学研究院, 2005.
- [2] 王成成. 现代数字化设计制造技术在机械设计制造上的实践研究 [J]. 河北农机, 2023(01).

## Brief analysis of the application and development trend of digital technology in mechanical design

Chen Shanlong<sup>1</sup>, Li Guihua<sup>1</sup>, Wang Qiying<sup>2</sup>

(1. Jinan Metallurgical Chemical Equipment Co. LTD., Jinan 250000, Shandong, China;  
2. Zhongce Rubber (Tianjin) Co. LTD., Tianjin 300452, China)

**Abstract:** This article first introduces the meaning and characteristics of digital design technology, then elaborates on the application of digital design technology in mechanical design, especially in rubber product/mechanical design, and finally looks forward to the development trend of this technology in the field of mechanical design.

**Key words:** digital technology; mechanical design; application; development trends

(R-03)

### 最新数据！柬埔寨对美轮胎出口持续飙升

Latest data! Cambodia's tire exports to the US continue to soar

国贸通大数据和美国海关数据表明，2024 年第一季度，美国半钢胎进口呈现颓势，进口量下降（同比，下同）10.4% 至 4 193 万条，进口额下降 18.2% 至 25.36 亿美元，均价下降 8.7% 至 60.49 美元 / 条。

在美国半钢胎进口量前十的国家和地区中，仅有自泰国、越南和柬埔寨的进口量呈增长态势，增幅分别为 17.7%、34.0% 和 47.5%，数量分别达 1 042 万条、404 万条和 192 万条，而来自中国的进口量为 41 万条，较 2023 年同期的 74 万条，大幅下降 44.1%。

进口均价方面，日本最高为 85.63 美元 / 条，越南最低为 36.30 美元 / 条，中国则为 37.92 美元 / 条。

全钢胎方面，进口量略有上扬，增长 2.5% 达 1 526 万条，然而进口额却下降 11.8% 至 18.22 亿美元，均价更是骤降 14.0% 至 119.44 美元 / 条。

其中，仅泰国、越南、柬埔寨和菲律宾的进口量出现增长，增幅分别为 22.7%、41.1%、181.3% 和 23.7%，柬埔寨因 2023 年同期基数较小故而增幅居首。从中国的进口量为 46 万条，相比 2023 年同期的 73 万条，下降 37.8%。进口均价最高的为加拿大 191.76 美元 / 条，最低为菲律宾 52.81 美元 / 条，中国则为 117.32 美元 / 条。

非公路轮胎方面，进口量微降 2.4% 至 15.5 万 t，进口额下降 10.4% 至 6.23 亿美元，均价也下降 8.2% 至 4 006 美元 / t。

其中，仅中国、泰国和越南的进口量有所增长，增幅分别为 7.8%、50.4% 和 34.6%，达 5.7 万 t、2.5 万 t 和 0.9 万 t。进口均价日本最高为 7 963 美元 / t，中国最低为 2 813 美元 / t。

编自“中国轮胎商务网”

(R-03)