

智能制造时代机械设计技术研究

张 伟 折向前 陶学礼

宁夏小巨人机床有限公司 宁夏 银川 755000

摘 要：随着科技的飞速发展，智能制造时代已然到来，制造业正经历着前所未有的变革。本文聚焦于智能制造时代的机械设计技术展开深入研究。阐述了该时代机械设计技术具备智能化、数字化、集成化、绿色化的特点。分析其现状，包括智能化设计技术应用愈发广泛、数字化设计工具成为主流、集成化设计体系初步建立。同时探讨了增材制造、柔性制造、虚拟制造、智能制造等先进制造技术在机械设计中的应用。最后指明其发展趋势，即多学科交叉融合深化、智能化水平提升、数字化设计向全生命周期数字化管理拓展、绿色设计成为必然。通过研究，为智能制造时代机械设计技术的发展提供参考。

关键词：智能制造；时代机械；设计技术；研究

引言：在科技飞速发展的当下，智能制造时代已然来临。机械设计技术作为制造业的关键支撑，正经历着深刻变革。传统机械设计技术已难以满足现代制造业高效、智能、绿色的需求。智能制造时代赋予了机械设计技术新的内涵与特点，对其现状和发展趋势的研究至关重要。了解先进制造技术在机械设计中的应用，有助于推动机械设计技术的创新与发展，提升制造业的竞争力，因此，对智能制造时代机械设计技术展开研究具有重要的理论和现实意义。

1 智能制造时代机械设计技术的特点

1.1 智能化

在智能制造时代，机械设计技术的智能化是核心特征之一。智能化设计借助人工智能算法、机器学习等技术，让机械设计系统具备自主学习和决策能力。例如，通过对海量历史设计数据的学习，设计系统能够自动识别设计规律，预测设计过程中可能出现的问题，并提供优化方案。在复杂机械产品设计中，智能化系统可根据用户需求，快速生成多种设计方案，并通过模拟仿真对方案进行评估和筛选，大大提高设计效率与质量。同时，智能化还体现在机械产品的自诊断和自适应能力上，使产品在运行过程中能够实时监测自身状态，及时发现故障并进行自我修复或调整，降低维护成本，增强产品可靠性。

1.2 数字化

数字化贯穿于智能制造时代机械设计的全过程。从设计初期的概念建模，到详细设计、分析仿真，再到生产制造环节的数字化加工，都离不开数字化技术的支撑。设计师利用计算机辅助设计（CAD）软件，能够将设计理念以精确的数字模型呈现，方便进行修改和优

化。数字化分析工具，如有限元分析（FEA），可对机械结构的强度、刚度等性能进行模拟分析，提前发现设计缺陷，避免传统设计中反复试验的繁琐过程。此外，数字化技术还实现了设计数据的高效管理和共享，不同部门、不同地区的设计人员可以实时协同工作，打破信息壁垒，提高设计效率，缩短产品研发周期，使机械产品能够更快地推向市场。

1.3 集成化

集成化是智能制造时代机械设计技术的重要发展方向。它涵盖了设计流程、技术、资源等多方面的集成。在设计流程上，将产品设计、工艺设计、生产规划等环节进行有机整合，实现从设计到生产的无缝衔接，减少中间环节的信息传递误差和时间浪费。在技术集成方面，将机械设计与电子技术、信息技术、控制技术相结合，使机械产品具备更多功能和更高性能。例如，智能机器人的设计就集成了机械结构设计、传感器技术、自动控制算法等多种技术。同时，集成化还体现在资源的优化配置上，通过建立统一的设计平台，整合企业内外的设计资源，实现设计数据、知识和经验的共享，提高企业的整体设计能力和市场竞争力。

1.4 绿色化

随着环保意识的增强和可持续发展理念的深入，绿色化成为智能制造时代机械设计技术的必然要求。绿色设计在机械设计中强调从产品的全生命周期出发，考虑产品在设计、制造、使用、回收等各个阶段对环境的影响。在材料选择上，优先采用可回收、低能耗、无污染的绿色材料；在制造过程中，通过优化工艺参数，减少能源消耗和废弃物排放；在产品使用阶段，提高产品的能源利用效率，降低运行成本；在产品报废后，设计便

于拆解和回收的结构,使零部件能够重复利用,减少资源浪费和环境污染。绿色化设计不仅符合社会发展的需求,也能为企业带来良好的经济效益和社会效益,提升企业的品牌形象和市场竞争能力^[1]。

2 智能制造时代机械设计技术的现状

2.1 智能化设计技术应用逐渐广泛

在当下智能制造时代,智能化设计技术的应用正呈现出快速拓展的态势。众多制造企业已将人工智能算法引入机械设计流程,通过构建基于大数据的智能设计平台,显著提升设计效率与创新能力。以汽车制造行业为例,利用深度学习算法分析海量的汽车设计数据,能够快速生成符合空气动力学与用户需求的车身外形设计方案,大幅缩短设计周期。同时,在工程机械设计领域,智能化设计系统可依据工况数据自动优化机械结构参数,提高产品性能与可靠性。随着人工智能技术的不断进步,智能化设计技术在机械制造领域的应用场景将持续丰富,成为推动行业发展的关键力量。

2.2 数字化设计工具成为主流

数字化设计工具已全面渗透到机械设计的各个环节,成为设计师不可或缺的核心工具。计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助工程(CAE)等软件在行业内广泛普及,几乎所有机械设计企业都采用数字化设计手段。这些工具不仅能实现精准的三维建模与工程分析,还支持参数化设计与协同设计功能,极大地提高了设计效率与质量。例如,在航空航天领域,设计师利用数字化设计工具进行复杂零部件的设计与仿真,通过虚拟装配与干涉检查,提前发现设计问题并优化,确保产品一次成型。此外,云平台与移动终端的发展,使数字化设计工具的使用更加便捷,随时随地的设计协同成为现实,加速了机械设计的数字化进程。

2.3 集成化设计体系初步建立

目前,机械设计行业已初步构建起集成化设计体系,实现了设计流程、技术与资源的有效整合。许多企业通过建立统一的产品生命周期管理(PLM)平台,将设计、工艺、制造等环节紧密连接,打破信息孤岛,实现数据的无缝流转与共享。在技术集成方面,机械设计与电子信息技术的融合日益深入,机电一体化产品不断涌现,如智能数控机床、自动化生产线等,通过集成传感器、控制系统与机械结构,实现了高度自动化与智能化。同时,企业间的协同设计也逐渐兴起,通过整合产业链上下游的设计资源,形成优势互补的集成化设计模式,提升了企业的整体设计能力与市场响应速度。

2.4 绿色设计理念得到重视

随着环保法规的日益严格与可持续发展理念的深入人心,绿色设计理念在机械设计领域受到广泛重视。越来越多的企业将绿色设计纳入产品研发战略,在设计过程中充分考虑产品全生命周期的环境影响。在材料选择上,积极探索新型绿色材料,如生物可降解材料、再生金属材料等;在制造工艺方面,推广节能高效的加工技术,减少能源消耗与污染物排放。例如,家电制造企业通过优化产品结构,采用模块化设计理念,便于产品回收拆解与零部件再利用。此外,一些企业还通过开展产品生命周期评价(LCA),量化评估产品的环境绩效,为绿色设计提供数据支持,推动机械设计行业向绿色化方向发展。

3 先进制造技术在机械设计中的应用

3.1 增材制造技术

增材制造技术,即3D打印技术,凭借离散-堆积原理,通过逐层累加材料实现三维实体构建,与传统减材制造有着本质区别。在机械设计领域,这项先进技术的应用正深刻改变着行业格局。(1)增材制造技术极大地突破了传统制造的设计限制。传统机械加工手段受工艺制约,难以实现复杂几何结构的制造,而增材制造技术能轻松构建镂空结构、内部流道以及仿生形态等复杂造型。以航空航天领域为例,利用增材制造技术生产的航空发动机涡轮叶片,通过复杂的内部冷却通道设计,有效提升了叶片的耐高温性能和工作效率。(2)该技术为个性化定制生产提供了强大支撑。在机械设计中,不同客户的需求和特殊工况往往需要定制化的零部件。增材制造技术无需重新开模,仅需调整数字模型,就能快速生产出满足特定要求的产品,大大缩短交付周期,提升产品在市场中的竞争力。(3)增材制造技术显著降低了机械设计的研发成本。在新产品研发阶段,利用该技术可快速制作功能原型和试验件,方便设计师进行设计验证和性能测试。通过及时发现并修正设计缺陷,避免了传统制造中因设计失误导致的大量原材料浪费和重复加工成本,有效提高了研发效率。随着材料和工艺的不断创新,增材制造技术将在机械设计领域发挥更为重要的作用^[2]。

3.2 柔性制造技术

柔性制造技术是一种以信息技术为基础,能够快速响应市场需求变化,实现多品种、小批量生产的先进制造模式。在机械设计领域,它打破了传统刚性生产的局限,为机械产品的高效、灵活生产提供了有力保障。

(1)柔性制造技术显著提升了机械生产的应变能力。传统生产线往往针对单一产品设计,难以快速切换生产不

同型号或规格的机械零件。而柔性制造系统通过数控设备、自动化物流系统与计算机控制系统的集成,能够在短时间内调整生产参数和工艺流程,实现不同产品的快速切换生产。例如,汽车制造企业利用柔性生产线,可在同一条生产线上完成多种车型零部件的生产,极大地提高了生产效率和市场响应速度。(2) 该技术有效降低了机械设计与生产的成本。柔性制造技术减少了因产品更换带来的设备重新配置和调试成本,同时避免了传统批量生产中因预测失误导致的库存积压问题。通过优化生产流程和资源配置,企业能够以更低的成本生产多样化产品。此外,柔性制造技术还可实现设备的共享使用,提高设备利用率,进一步降低生产成本。(3) 柔性制造技术促进了机械设计的创新与优化。设计师在柔性制造的支持下,无需过多考虑生产工艺的限制,可以更加自由地探索新的设计理念和结构形式,实现产品功能与性能的提升。

3.3 虚拟制造技术

虚拟制造技术是借助计算机仿真、建模和虚拟现实等技术,在虚拟环境中模拟产品的设计、制造及装配全过程的先进技术。它无需实际生产物理原型,就能对产品性能和制造过程进行评估与优化,为机械设计开辟了高效、精准的新路径。(1) 虚拟制造技术大幅缩短了机械设计的研发周期。传统机械设计流程中,设计方案需经过多次物理样机制作与测试才能完善,耗时耗力。而虚拟制造技术通过构建产品的三维数字模型,结合仿真分析软件,可模拟产品在不同工况下的运行状态,提前发现结构缺陷、干涉问题等设计隐患。例如在复杂机械传动系统设计中,利用虚拟制造技术能快速验证齿轮啮合、轴系受力等关键性能,及时调整设计参数,避免因设计失误导致的反复修改,将研发周期缩短30%~50%。

(2) 该技术显著降低了机械设计与生产的成本。虚拟制造无需制造大量物理样机,节省了原材料、加工和试验费用。同时,通过对制造工艺的虚拟仿真,可提前优化加工参数、刀具路径和装配流程,避免实际生产中因工艺不合理造成的设备损耗、废品率上升等成本浪费。以航空发动机叶片制造为例,借助虚拟制造技术优化五轴加工工艺,能减少刀具磨损,降低生产成本约20%。

(3) 虚拟制造技术推动了机械设计的协同创新。在虚拟环境中,设计、工艺、制造等多领域人员可实时共享数据,协同参与产品开发。设计师能根据制造工艺反馈及时调整设计方案,工艺人员可提前介入优化生产流程,实现设计与制造的深度融合。

3.4 智能制造技术

智能制造技术是以新一代信息技术为基础,融合人工智能、大数据、物联网等先进技术,实现机械产品设计、生产、管理等全流程智能化的制造模式。它通过赋予设备自主决策和自适应能力,重塑机械设计与制造的流程与形态。(1) 智能制造技术显著提升机械设计的自动化与智能化水平。传统机械设计依赖人工经验进行参数设定和方案调整,效率低且易出错。而智能制造技术借助机器学习算法,能够自动分析海量设计数据,挖掘最优设计方案。例如,在复杂机械结构设计中,通过遗传算法优化结构参数,可快速找到兼顾强度与轻量化的设计方案。同时,智能设计软件能根据设计规则自动检查设计缺陷,实现设计错误的实时预警与修正,极大提升设计效率与质量。(2) 该技术推动机械设计向全生命周期管理迈进。智能制造技术通过物联网实现机械产品从设计、制造到使用、维护的全流程数据采集与共享。设计师可基于产品运行过程中的实时数据,分析产品性能变化,优化后续设计。如工程机械在实际作业中,传感器将设备运行参数反馈至云端,设计团队据此改进结构设计,增强产品可靠性。这种闭环反馈机制打破了设计与使用环节的信息壁垒,实现设计的持续优化。(3) 智能制造技术促进机械设计与制造的深度融合与协同创新。在智能制造系统中,设计模型与制造工艺规划实现无缝对接,设计数据可直接转化为生产指令,基于数字孪生技术,设计师能在虚拟环境中模拟制造过程,提前验证工艺可行性,优化制造流程。

4 智能制造时代机械设计技术的发展趋势

4.1 多学科交叉融合进一步深化

在智能制造时代,机械设计技术正朝着多学科交叉融合的方向加速迈进,这一趋势在未来将愈发显著。机械设计与计算机科学的融合深度不断加深。计算机技术为机械设计提供了强大的模拟与分析工具,借助复杂的算法,设计师能够在虚拟环境中对产品进行全方位的性能模拟。例如,通过有限元分析软件,能精准预测机械部件在不同工况下的应力分布与变形情况,提前优化设计,大幅减少物理样机制作次数,降低研发成本与周期。同时,大数据与云计算技术让机械设计从孤立走向协同,设计师可实时共享数据,在全球范围内协同工作,共同攻克复杂项目。与材料科学的结合也在持续深化。新型材料不断涌现,如高强度、轻量化的复合材料,具有特殊性能的智能材料等。机械设计需要依据材料特性创新结构与功能,以实现产品性能的突破。

4.2 智能化水平持续提升

在智能制造时代,机械设计技术的智能化水平正呈

现持续提升态势。人工智能与机器学习算法的深度应用,让机械设计从依赖人工经验向数据驱动转变。设计软件通过对大量历史设计数据、产品运行数据的学习分析,能够自动生成初步设计方案,并依据性能指标要求进行优化迭代。例如,在航空发动机复杂部件设计中,智能算法可快速筛选出最佳的结构参数组合,大幅缩短设计周期。同时,随着物联网技术的普及,机械设计过程将实现更高效的协同与反馈。设备传感器实时采集的运行数据,能及时反馈至设计端,帮助设计师了解产品在实际工况下的性能表现,进而对设计方案进行动态优化。此外,虚拟仿真与数字孪生技术的进步,使得设计人员能够在虚拟环境中对机械产品进行全方位模拟测试,提前预判潜在问题,减少物理样机的制作成本与时间,推动机械设计技术朝着更智能、更精准的方向发展。

4.3 数字化设计向全生命周期数字化管理拓展

在智能制造时代,机械设计领域正从单一的数字化设计向全生命周期数字化管理深度拓展。传统设计环节与生产、使用环节的数据壁垒逐渐被打破,各阶段信息得以无缝衔接。在设计阶段,基于参数化建模、协同设计平台,设计团队能实时共享数据,快速调整设计方案。进入生产环节后,设计数据可直接转化为数控加工指令,通过智能制造系统精准执行,减少因数据转换导致的误差。产品投入使用后,物联网设备采集的运行数据,如温度、压力、磨损情况等,会实时反馈至数字化管理平台。设计师依据这些数据,可对产品性能进行评估,为后续优化升级提供依据。例如,工程机械制造商通过全生命周期数字化管理,能及时了解设备在不同工况下的运行状态,提前预判故障风险,同时将数据反哺设计,改进产品结构 with 性能。这种全流程的数字化管理模式,不仅提升了产品质量与可靠性,还实现了设计、生产、服务的协同优化,极大增强了企业在市场中的竞争力。

4.4 绿色设计成为必然选择

在环保意识提升与可持续发展战略推动下,智能制

造时代机械设计将绿色设计作为必然选择,这一趋势深刻影响着行业发展。第一,绿色设计要求在机械产品全生命周期中贯彻环保理念。设计阶段,设计师需优先选用可再生、低能耗的材料,避免使用含重金属等有害物质的材料,从源头减少对环境的污染。例如,汽车制造业逐步用铝合金、碳纤维复合材料替代传统钢材,不仅降低整车重量,提升能源效率,还能在车辆报废后更易回收利用。第二,制造环节同样是绿色设计的关键。通过优化制造工艺,采用先进的节能设备与技术,如数控加工、3D 打印等,减少能源消耗与废弃物产生。3D 打印技术凭借按需制造的特性,大幅降低材料浪费,有效提升资源利用率。第三,在产品使用阶段,绿色设计聚焦于提高产品能效与可靠性,延长使用寿命,减少更换频率。而产品报废后,绿色设计确保其易于拆解回收,让零部件和材料能重新进入生产循环。绿色设计不仅契合时代环保需求,更能为企业带来降低成本、提升品牌形象等竞争优势,成为智能制造时代机械设计不可或缺的发展方向^[3]。

结束语

智能制造时代,机械设计技术正处于变革与创新的关键时期。从智能化、数字化等特点,到各类先进技术的应用,再到多学科融合、绿色发展等趋势,机械设计技术不断突破传统边界,为制造业升级注入强大动力。未来,随着技术的持续演进,机械设计将在智能制造领域发挥更核心的作用,不仅推动产品性能与质量的飞跃,还将助力企业提升竞争力,实现可持续发展。

参考文献

- [1]杨青原.机械设计制造及其自动化的特点与优势探究[J].机械管理开发,2021,36(10):311-312+315.
- [2]张海成.提高机械设计制造及其自动化的有效途径[J].设备管理与维修,2020(24):134-136.
- [3]叶建华.机械设计制造及其自动化的发展方向分析[J].四川水泥,2020(07):82-83.