

机械设计与机械制造的技术探讨

吴 炆¹ 周燕军¹ 梅秀礼²

1. 诸暨市东雨汽车零部件有限公司 浙江 绍兴 311800

2. 广东神州燃气用具有限公司 广东 佛山 528300

摘 要：本文探讨机械设计与机械制造技术。先阐述机械设计传统、现代及前沿技术，涵盖原理、材料、CAD、FEA、虚拟设计等；接着介绍机械制造传统、先进与新兴技术，如切削加工、数控加工、微纳制造等。之后分析设计与制造技术融合趋势及意义，最后展望智能化、绿色化发展趋势，为机械行业发展提供参考。

关键词：机械设计；机械制造；技术融合；智能化；绿色化

引言：机械设计与机械制造作为工业发展的核心驱动力，其技术进步对提升产品质量、推动产业升级意义重大。传统设计制造技术历经长期发展，奠定了坚实基础。随着科技革新，现代与前沿设计技术、先进与新兴制造技术不断涌现。设计制造一体化趋势日益凸显，技术融合带来诸多优势。在此背景下，深入探讨机械设计与机械制造技术，对把握行业发展趋势至关重要。

1 机械设计关键技术

1.1 传统设计技术

机械设计的发展起源于传统设计方法的积累与完善，这些方法以经典力学理论和实践经验为基础，在长期的工程应用中逐步形成系统化的设计流程。其中，机械原理与结构设计是核心内容，主要涉及机构的运动传递、受力分析以及零部件之间的配合关系^[1]。通过合理选择传动方式、连接形式和支撑结构，确保设备在运行过程中具备良好的稳定性和可靠性。结构设计过程中还需考虑载荷分布、应力集中区域以及疲劳强度等问题，以提升整体系统的耐久性与安全性。材料选择与力学分析是传统设计中的关键环节。不同工况对材料性能提出不同要求，如强度、刚度、耐磨性及耐腐蚀性等，需结合具体应用场景进行优选。在选材基础上，还需运用材料力学、弹性力学等理论对零部件进行强度计算与变形校核，确保其在预期载荷下不会发生失效或过度变形。这一阶段的设计高度依赖经验公式与手册数据，设计人员通常依靠已有知识库进行反复验证与调整，以满足功能需求和技术规范。

1.2 现代设计技术

随着计算机技术的快速发展，现代设计手段逐步取代传统的手工绘图与经验估算方式，使机械设计向高效化、精确化方向迈进。计算机辅助设计（CAD）成为主流工具，借助三维建模软件可快速构建零件模型并完成装配关系的模拟验证。这种方式不仅提升了设计效率，

也便于后续制造信息的提取与工艺规划，实现从设计到生产的无缝衔接。有限元分析（FEA）的应用进一步增强了设计的科学性与可靠性。通过对复杂结构进行网格划分与边界条件设定，可以模拟实际工作环境下的应力应变状态，从而优化结构强度、减轻重量并提高材料利用率。该方法广泛应用于汽车、航空航天、重型机械等领域，显著降低了物理样机的制作成本与测试周期。此外，优化设计与创新设计方法逐渐受到重视。优化设计基于数学模型与算法支持，在满足性能指标的前提下，寻求最优参数组合，实现轻量化与高效能的统一。创新设计则强调思维突破与功能重构，借助系统化设计理论，推动产品向更高层次的功能集成与形态革新迈进，为新产品开发提供更具竞争力的技术路径。

1.3 前沿设计技术

虚拟设计技术通过构建数字化模型革新设计验证。先用三维建模软件创建产品几何模型，还原零件形状与装配关系。再结合虚拟现实（VR）、增强现实（AR）技术，模拟产品使用场景，设计师沉浸式体验功能，及时发现设计缺陷。对数字化模型进行运动仿真、性能模拟，替代物理样机测试，缩短研发周期、降低成本。协同设计技术打破地域与专业限制。基于网络平台，不同地域、专业设计团队共享数据与信息。通过实时通讯交流技术问题，利用版本控制确保数据一致。大型工程项目中，机械、电气等多专业团队同步设计，及时反馈冲突与需求，避免设计返工。仿生设计技术从生物系统获取灵感。观察生物形态、结构与功能，应用于机械产品设计。模仿鸟类翅膀设计飞行器机翼，借鉴蜂巢结构优化机械箱体，受荷叶表面启发开发自清洁涂层。通过研究生物适应机制，推动机械产品创新发展。

2 机械制造关键技术

2.1 传统制造技术

传统制造技术以材料成型与加工为核心。切削加工通过刀具与工件的相对运动实现材料去除，车削利用工件旋转和刀具进给加工回转体表面，铣削借助铣刀旋转与工件移动完成平面或轮廓加工，磨削则通过高速旋转的砂轮实现表面精细加工^[2]。铸造工艺将熔融金属浇入铸型，砂型铸造适用于单件小批量的复杂零件生产，金属型铸造则因模具耐用性更适合大批量铸件制造。锻造通过施加压力使金属坯料塑性变形，自由锻依靠简单工具完成单件生产，模锻则在专用模具中成型以获得高精度锻件。加工精度控制贯穿生产全程。尺寸精度依赖机床精度保持与刀具磨损补偿，通过精确调整切削参数确保零件符合设计要求；形状精度依靠优化机床运动轨迹与刀具刚性实现，如平面加工时保证导轨直线度。表面处理技术改善零件性能，淬火提升金属表面硬度，电镀增强耐腐蚀性，抛光降低表面粗糙度以优化外观和功能。

2.2 先进制造技术

数控加工（CNC）依托程序指令实现自动化生产，系统将加工信息转化为数控代码，驱动机床多轴联动完成复杂曲面加工。航空发动机叶片制造中，五轴CNC机床通过精准控制刀具姿态，一次装夹即可完成多工序加工，显著提升精度与效率。该技术自动化程度高，减少人工干预，适用于多品种小批量生产，有效保证加工质量稳定性。增材制造（3D打印）基于分层叠加原理，熔融沉积成型（FDM）将丝状材料加热熔化后逐层堆积，光固化成型（SLA）利用紫外光固化液态树脂。其优势在于能制造多孔结构、复杂内腔等传统工艺难以实现的零件，无需模具即可快速成型，在医疗植入物定制、航空航天复杂零件制造中大幅缩短研发周期。智能制造技术推动产业升级，自动化生产线集成加工、装配、检测等环节，工业机器人在汽车焊接、喷涂等场景中展现高精度持续作业能力。制造执行系统（MES）整合生产数据，实时监控设备状态与进度，优化资源配置，实现生产过程透明化管理，提升企业响应速度。

2.3 新兴制造技术

微纳制造技术聚焦微小尺度加工，光刻技术通过光化学反应与刻蚀工艺在基底上形成微结构，广泛应用于芯片制造；电子束加工利用高能电子束实现纳米级精度加工，用于制作微纳传感器元件，满足微机电系统（MEMS）等领域的精密制造需求。激光加工利用高能激光束与材料相互作用，激光切割通过聚焦光束熔化材料并配合辅助气体排渣，可加工金属与非金属材料，切口窄且精度高；激光焊接实现局部快速熔化融合，变形小、速度快，适用于精密零件连接；激光表面处理通过

改变材料组织结构提升耐磨性与耐腐蚀性。纳米成型技术实现高精度纳米结构制造，纳米压印技术通过模板压印在聚合物基底上复制纳米图案，用于制备微纳光学元件；自组装技术利用分子间作用力使物质自发形成有序结构，可制造纳米级电子器件，为纳米材料应用提供制造基础。

3 机械设计与机械制造的技术融合

3.1 设计制造一体化趋势

设计制造协同工作模式打破传统流程壁垒。以往设计与制造环节相互独立，设计阶段专注产品功能与结构构思，制造环节依据设计图纸开展生产，信息传递存在延迟与偏差。协同工作模式下，设计与制造团队从项目初始阶段便共同参与^[3]。设计人员在构思产品结构时，充分考虑制造工艺可行性，如零件的可加工性、装配难度；制造人员则反馈制造过程中的技术难点与成本因素，提出优化建议。通过跨团队沟通协作，在设计阶段及时调整方案，避免制造过程中出现设计不合理导致的返工与修改，提高产品开发效率。数字化技术成为推动设计制造一体化的核心动力。计算机辅助设计（CAD）、计算机辅助制造（CAM）软件构建起设计制造信息交互桥梁。CAD软件生成的三维模型包含零件几何形状、尺寸精度等详细信息，可直接传输至CAM系统，生成数控加工代码。产品生命周期管理（PLM）系统整合设计、制造、维护等全流程数据，实现信息实时共享与追溯。借助虚拟现实（VR）与数字孪生技术，构建虚拟制造环境，模拟产品制造过程，提前发现设计与制造环节潜在问题，优化工艺流程，使设计方案与制造工艺无缝衔接，真正实现设计制造一体化。

3.2 技术融合的意义与价值

技术融合显著提升产品质量与生产效率。设计阶段融入制造工艺知识，可优化产品结构设计，避免因工艺限制导致的质量缺陷。例如，合理设计零件结构，减少加工难度，提高尺寸精度与表面质量。在生产过程中，基于设计信息的数字化制造系统能够精确控制加工参数，确保零件制造精度一致性。自动化生产线与智能设备的应用，配合设计制造一体化流程，实现生产流程的高效运转，减少人工干预，降低人为因素造成的质量波动，提高产品整体质量与生产效率。技术融合对降低成本与缩短研发周期作用明显。设计制造协同避免因设计失误导致的制造返工，减少材料浪费与时间成本。数字化技术的应用，使产品研发过程从实体原型制作转向虚拟仿真验证，降低原型制作成本。通过模拟制造过程，提前规划生产流程，优化资源配置，减少设备闲置与库

存积压,降低生产成本。设计制造一体化加快信息传递与决策速度,各环节高效衔接,避免因信息不畅造成的时间延误,大幅缩短产品研发周期,使企业能够更快响应市场需求,推出新产品,增强市场竞争力。

4 机械设计与机械制造技术的发展趋势

4.1 智能化发展方向

人工智能为机械设计制造带来革新可能。在设计环节,人工智能算法可处理海量数据,分析产品性能与结构参数关系,自动生成多种设计方案并对比优化。通过学习历史成功案例与失败经验,辅助设计师快速识别潜在设计缺陷,提出创新设计思路。在制造过程中,人工智能助力设备故障诊断与预测性维护,利用传感器采集设备运行数据,结合机器学习算法分析数据特征,提前预判设备故障风险,安排维护计划,减少停机时间^[4]。人工智能驱动的质量检测系统可快速识别产品表面缺陷与内部质量问题,提升检测效率与准确性。智能工厂与自动化生产线将迈向更高阶段。智能工厂集成物联网、大数据等技术,实现设备、物料、人员的互联互通。生产设备自动感知生产任务,自主调整加工参数,依据物料库存情况触发补货指令。自动化生产线从固定流程生产向柔性化生产转变,通过模块化设备与可重构系统,快速切换产品类型与生产工艺,满足多样化市场需求。智能工厂利用数字孪生技术,构建虚拟生产环境,实时映射物理工厂运行状态,优化生产调度与资源配置,提高生产效率与管理水平,推动机械制造向智能化、无人化方向发展。

4.2 绿色化与可持续发展

绿色设计与制造技术成为行业发展关键。绿色设计从产品源头考虑环境影响,优化产品结构与材料选择,减少资源消耗。采用模块化设计理念,方便产品维修、升级与拆解回收,延长产品生命周期。在制造环节,绿

色制造技术注重节能减排,优化工艺流程,采用高效低耗加工工艺,降低能源消耗与废弃物产生。开发环保型切削液、润滑剂等辅助材料,减少对环境的污染。同时建立产品全生命周期环境管理体系,跟踪产品从原材料采购到废弃处理全过程的环境影响,确保产品符合绿色环保标准。节能减排在机械领域不断拓展实践路径。机械产品设计中,通过优化动力系统与传动结构,提高能源利用效率。研发高效节能电机、优化液压系统,降低设备运行能耗。在生产过程中,推广应用清洁能源,如太阳能、风能等,替代传统化石能源。采用余热回收技术,将生产过程中产生的废热转化为可用能源,提高能源综合利用率。加强废弃物循环利用,对加工废料、废旧零部件进行回收处理,通过再制造技术赋予其新的使用价值,减少资源浪费,实现机械行业的绿色可持续发展,降低对生态环境的负面影响。

结束语

机械设计与机械制造技术不断发展,传统与现代、前沿技术相互交融,设计与制造的融合趋势为行业发展带来新机遇。智能化与绿色化发展是未来方向,将推动机械行业向更高效、环保迈进。企业应紧跟技术潮流,加强技术创新与人才培养,以适应市场需求,实现可持续发展,在激烈竞争中占据优势。

参考文献

- [1]陈力浩.机械设计与制造技术的创新实践研究[J].造纸装备及材料,2023,52(07):96-98.
- [2]刘飞.机械设计与制造技术相关先进技术的发展研究[J].内燃机与配件,2023,(09):79-81.
- [3]戴琪,马强.机械设计与制造中的自动化技术分析[J].机械工程与自动化,2024(2):221-223.
- [4]盛艺婷.机械设计与制造中的绿色技术创新应用研究[J].科技资讯,2025,23(1):170-172.