

机械设计制造及其自动化研究

胡兴亮 刘际波

宁波雷奥自动化设备有限公司 浙江 宁波 318054

摘要：本文聚焦机械设计制造及其自动化研究。先阐述基础理论，涵盖机械设计、制造工艺与自动化技术基础。接着探讨关键技术，包括数字化设计、模块化与标准化设计、智能设计辅助系统。然后分析机械制造过程自动化技术，如数控加工、工业机器人应用等。还研究自动化系统集成与控制，涉及智能制造系统架构等方面。旨在为该领域发展提供全面的理论支持与实践参考。

关键词：机械设计制造；自动化；优化设计

1 机械设计制造及其自动化基础理论

1.1 机械设计基础

机械设计基础是机械设计制造及其自动化领域的基石。它涵盖了力学原理、材料科学以及机械制图等多方面知识。力学原理为机械部件的受力分析提供依据，确保设计的机械结构在各种工况下都能安全稳定运行。材料科学则聚焦于不同材料的性能特点，如强度、硬度、韧性等，帮助设计师根据机械的功能需求选择恰当的材料。像航空发动机叶片，需要选用耐高温、高强度的特殊合金材料。机械制图是设计师将设计思想转化为可视化图纸的重要手段，通过精确的绘图规范和标准，将机械零件的形状、尺寸、公差等信息准确表达，为后续的制造和装配提供详细指导^[1]。机械设计基础还包括常用机构的设计与分析，如连杆机构、凸轮机构等，这些机构是实现机械运动和动力传递的关键部分，设计师需掌握其运动特性和设计方法，以根据实际需求设计出合理的机构。

1.2 机械制造工艺

机械制造工艺是将设计图纸转化为实际产品的关键环节。它包含多种加工方法，如切削加工、铸造、锻造、焊接等。切削加工是利用刀具从工件上切除多余材料，以获得所需形状和尺寸的零件，常见的有车削、铣削、钻削等。每种切削加工方法都有其适用的加工范围和精度等级，例如车削主要用于加工回转体零件，能获得较高的尺寸精度和表面质量。铸造是将熔融金属浇入铸型，冷却凝固后获得零件的方法，适用于制造形状复杂且对力学性能要求不太高的零件，如发动机缸体。锻造则是通过对金属坯料施加压力，使其产生塑性变形，从而提高零件的力学性能，常用于制造承受重载的轴类、齿轮等零件。焊接是通过加热或加压，使焊件达到原子结合的一种加工方法，广泛应用于金属结构的连

接，如船舶制造、桥梁建设等。机械制造工艺还涉及加工工艺规程的制定，它综合考虑零件的材料、形状、尺寸精度要求以及生产批量等因素，合理安排加工工序、选择加工设备和工艺装备，以确保生产效率和产品质量。

1.3 自动化技术基础

自动化技术基础为机械设计制造的自动化发展提供了理论支撑。它主要包括自动控制原理、传感器技术、计算机控制技术等。自动控制原理研究自动控制系统的基本规律和分析设计方法，通过反馈机制实现对系统输出量的自动调节，使系统按照预定的性能指标运行。例如，在恒温控制系统中，利用温度传感器检测实际温度，并与设定温度进行比较，通过控制器调节加热或制冷设备的功率，从而使温度保持在设定值附近。传感器技术是自动化系统的“感官”，它能够将各种物理量、化学量等非电信号转换为电信号，以便计算机进行处理。常见的传感器有温度传感器、压力传感器、位移传感器等，其性能直接影响自动化系统的检测精度和可靠性。计算机控制技术则是自动化系统的“大脑”，通过编写控制程序，实现对生产过程的实时监控和精确控制。计算机可以快速处理大量的数据，并根据预设的算法做出决策，指挥各种设备协同工作，大大提高了生产效率和产品质量。

2 机械设计自动化关键技术研究

2.1 基于数字化的设计方法

基于数字化的设计方法是当今机械设计领域的重要发展方向。它借助计算机辅助设计（CAD）、计算机辅助工程（CAE）等数字化工具，实现设计过程的数字化和智能化。CAD技术使设计师能够在计算机上创建三维模型，直观地展示机械产品的外观和结构，方便进行设计修改和优化。通过参数化设计功能，设计师可以快速调整模型的尺寸参数，生成一系列不同规格的产品设计

方案。CAE技术则侧重于对设计产品进行性能分析和仿真，如结构强度分析、流体动力学分析、热分析等^[2]。在设计汽车车身时，利用CAE技术可以模拟汽车在不同行驶工况下的受力情况，提前发现潜在的结构弱点，从而优化车身结构设计，提高汽车的安全性和可靠性。数字化设计方法还支持协同设计，不同地区的设计团队可以通过网络实时共享设计数据，共同参与产品设计，大大缩短了设计周期，提高了设计效率。

2.2 模块化与标准化设计

模块化与标准化设计堪称提升机械产品设计质量与生产效率的“法宝”。模块化设计，其核心在于将复杂的机械产品巧妙拆解为若干个具备独立功能且拥有特定接口的模块。这些模块如同积木一般，各自承担特定任务，又可通过标准接口实现无缝连接与协同工作。以自动化生产线设计为例，输送模块负责物料的精准输送，加工模块完成对物料的特定加工操作，检测模块则对加工后的产品进行质量检测。通过对这些模块进行标准化设计，明确其尺寸、性能、接口等规范，在实际生产中，就能依据不同产品的生产需求，像搭积木一样灵活组合这些模块。如此一来，无需每次都从头设计整个生产线，大大缩短了开发周期，降低了设计成本，还能快速适应市场多样化、个性化的需求。标准化设计则是制定统一且严格的设计规范与标准，确保机械产品的零部件具有高度的互换性和通用性。在机械行业里，广泛使用的螺栓、螺母等标准件就是标准化设计的典型代表。它们的尺寸规格、质量标准都有明确且统一的规定，设计师在设计产品时，可直接选用这些标准件，无需耗费时间和精力重新设计和制造。这不仅降低了生产成本，提高了生产效率，还极大地方便了产品的后期维护和维修。当某个零部件出现故障时，可迅速找到相同规格的标准件进行更换，减少设备停机时间，保障生产的连续性和稳定性。

2.3 智能设计辅助系统

智能设计辅助系统是借助人工智能技术为机械设计领域注入智能化活力的得力工具。它依托强大的机器学习算法，能够对海量的设计案例展开深入学习和细致分析。通过对这些案例的挖掘，系统可以精准总结出设计规律和宝贵经验，进而为设计师提供极具参考价值的设计建议。比如在设计齿轮传动系统时，设计师只需输入传动比、功率等关键传动参数，智能设计辅助系统就能凭借其学习到的知识，自动推荐出合适的齿轮模数、齿数等核心参数。不仅如此，它还会生成多种不同的设计方案，为设计师提供丰富的选择空间，拓宽设计思路。

同时，智能设计辅助系统还具备卓越的知识推理和决策能力。它能充分考虑设计过程中的各种约束条件，像材料的性能特点、加工工艺的难易程度等，对各个设计方案进行全面评估和精准优化。帮助设计师在众多方案中快速筛选出最优方案，大大提高设计效率和质量。另外，一些先进的智能设计辅助系统还支持自然语言交互功能。设计师无需复杂的操作，只需通过语音或文字与系统进行流畅沟通，就能便捷地获取所需的设计信息和专业帮助，让设计过程更加轻松、高效，推动机械设计向智能化、自动化方向迈进。

3 机械制造过程自动化技术

3.1 数控加工自动化

数控加工自动化是机械制造领域的重要自动化技术。它通过数控系统对机床的运动和加工过程进行精确控制，实现零件的自动化加工。数控系统根据预先编制的加工程序，控制机床的坐标轴运动，使刀具按照预定的轨迹对工件进行切削加工。数控加工具有加工精度高、加工质量稳定、生产效率高等优点。例如，在航空航天领域，对零件的加工精度要求极高，数控加工技术能够满足这些严格的要求，加工出形状复杂、精度要求高的航空零部件^[3]。数控加工还可以实现多工序的集中加工，减少工件的装夹次数和搬运时间，进一步提高生产效率。随着数控技术的不断发展，数控机床的功能也越来越强大，出现了多轴联动数控机床、高速数控机床等先进设备，能够加工更加复杂的零件，满足不同行业的生产需求。

3.2 工业机器人集成应用

工业机器人在机械制造过程中的集成应用越来越广泛。工业机器人具有高度的灵活性和可编程性，能够代替人工完成各种繁重、危险和重复性的工作。在焊接领域，工业机器人可以精确控制焊接参数和焊接轨迹，实现高质量的焊接作业，提高焊接效率和一致性。在装配环节，工业机器人能够快速准确地抓取和放置零件，完成复杂的装配任务，减少人工装配带来的误差和疲劳。此外，工业机器人还可以与视觉系统、力传感器等设备集成，实现对工作环境和工件的智能感知和识别，进一步提高生产的自动化和智能化水平。例如，在一些电子产品的装配线上，工业机器人通过视觉系统识别零件的位置和方向，然后准确地进行装配，大大提高了装配效率和产品质量。

3.3 增材制造与减材制造融合

增材制造（3D打印）与减材制造（传统切削加工）的融合是机械制造技术的新发展趋势。增材制造通过逐

层堆积材料的方式制造零件，具有制造周期短、材料利用率高、能够制造复杂结构零件等优点。例如，在医疗领域，可以根据患者的具体病情，利用增材制造技术快速制造出个性化的医疗器械和植入物。然而，增材制造在零件的表面质量和尺寸精度方面存在一定的局限性。减材制造则通过切削材料的方式获得零件，能够保证零件具有较高的表面质量和尺寸精度。将增材制造与减材制造相结合，可以先利用增材制造快速制造出零件的毛坯，然后再通过减材制造对毛坯进行精加工，充分发挥两种制造技术的优势，提高零件的制造质量和生产效率。例如，在航空航天领域，对于一些形状复杂且对性能要求高的零件，采用增材制造与减材制造融合的技术，可以缩短制造周期，降低成本，同时保证零件的质量。

4 自动化系统集成与控制

4.1 智能制造系统架构

智能制造系统架构是实现机械设计制造及其自动化全面智能化的关键框架。它涵盖了设备层、控制层、管理层等多个层次，将生产过程中的各种设备、系统和人员进行有机集成。设备层包括各种生产设备，如数控机床、工业机器人、增材制造设备等，这些设备是智能制造系统的执行单元。控制层负责对设备层进行实时监控和控制，通过工业网络将设备连接起来，实现设备之间的数据传输和协同工作。管理层则利用大数据、云计算等技术对生产过程中的各种数据进行收集、分析和处理，为生产决策提供支持。例如，通过对生产数据的分析，可以优化生产计划、预测设备故障、提高能源利用效率等。智能制造系统架构还强调系统的开放性和可扩展性，能够方便地集成新的技术和设备，适应不断变化的市场需求和生产环境。

4.2 智能感知与监测技术

智能感知与监测技术是智能制造系统实现自动化和智能化的重要保障。它利用各种传感器和监测设备，对生产过程中的各种参数进行实时感知和监测，如温度、压力、振动、位移等。通过智能感知技术，可以及时获取设备和生产过程的状态信息，为生产控制和决策提供依据。例如，在设备运行过程中，通过振动传感器监测设备的振动情况，当振动超过正常范围时，系统可以及时发出警报，提示工作人员进行检修，避免设备故障的发生。同时智能感知与监测技术还可以结合大数据分析

和机器学习算法，对监测数据进行深度挖掘和分析，实现对设备故障的预测和预防。通过对大量历史监测数据的学习和分析，建立设备故障预测模型，提前预测设备可能出现的故障，并采取相应的维护措施，提高设备的可靠性和可用性。

4.3 自适应控制策略

自适应控制策略是自动化系统在面对复杂多变的生产环境时能够自动调整控制参数，以保持系统性能稳定的一种控制方法。在机械设计制造及其自动化生产过程中，由于原材料的差异、环境温度的变化、设备磨损等因素的影响，生产过程往往存在一定的不确定性^[4]。自适应控制策略能够实时监测系统的运行状态和环境变化，根据预设的算法自动调整控制参数，使系统始终保持在最佳运行状态。例如，在数控加工过程中，由于刀具磨损会导致切削力发生变化，自适应控制策略可以根据切削力的变化自动调整进给速度和切削深度，保证加工质量和加工效率。自适应控制策略还可以应用于工业机器人的运动控制，使机器人能够根据工作环境的变化自动调整运动轨迹和姿态，提高机器人的灵活性和适应性。通过采用自适应控制策略，自动化系统能够更好地应对生产过程中的各种不确定性，提高生产的稳定性和可靠性。

结束语

机械设计制造及其自动化领域发展前景广阔。从基础理论到关键技术，再到制造过程自动化与系统集成控制，各方面不断革新。数字化、智能化、模块化等趋势推动着行业进步，提高了生产效率与产品质量。未来，随着科技持续发展，该领域有望在更多方面取得突破，为各行业提供更优质、高效、智能的机械装备，助力制造业迈向新高度。

参考文献

- [1] 朱家兴.机械设计制造及其自动化发展思考探究[J].华东科技(综合),2020(2):0269.
- [2] 徐嘉亮.浅谈我国机械设计制造及其自动化发展方向[J].科学与信息化,2020(7):96,101.
- [3] 陈威.机械设计制造及其自动化的优势及发展趋势探讨[J].机电产品开发与创新,2023,36(02):162-164.
- [4] 李昌龙.机械设计制造及其自动化的发展方向[J].中国设备工程,2023(05):127-129.