

智能制造背景下机械设计基础教学改革研究

王沛志

山东大学 机械工程学院, 山东 济南 250061

[摘要]在智能制造快速发展的时代背景下,传统机械设计基础课程面临着知识体系滞后、教学手段陈旧、前沿应用案例匮乏、教师跨学科素养欠缺等现实挑战,亟需进行全面系统的教学改革。本研究通过分析智能制造对机械设计人才提出的新要求,系统梳理了现有课程体系的不足之处,并据此提出从教学内容升级、教学模式创新、实践环节强化等多维度推进改革的具体路径。旨在构建以能力培养为核心、多学科交叉与技术融合为特色、产教协同为保障的新型教学模式,以提升学生的工程实践能力和创新素养,更好地满足智能制造时代对复合型高素质技术人才的培养需求。

[关键词]智能制造;机械设计基础;教学改革;实践教学;课程体系

DOI: 10.33142/fme.v6i5.16571

中图分类号: G642

文献标识码: A

Research on the Teaching Reform of Mechanical Design Fundamentals under the Background of Intelligent Manufacturing

WANG Peizhi

School of Mechanical Engineering, Shandong University, Ji'nan, Shandong, 250061, China

Abstract: In the context of rapid development of intelligent manufacturing, traditional mechanical design basic courses are facing practical challenges such as outdated knowledge systems, outdated teaching methods, lack of cutting-edge application cases, and inadequate interdisciplinary competence of teachers. It is urgent to carry out comprehensive and systematic teaching reforms. This study analyzes the new requirements of intelligent manufacturing for mechanical design talents, systematically sorts out the shortcomings of the existing curriculum system, and proposes specific paths to promote reform from multiple dimensions such as upgrading teaching content, innovating teaching modes, and strengthening practical links. Aiming to build a new teaching model with ability cultivation as the core, interdisciplinary and technological integration as the characteristic, and industry education collaboration as the guarantee, in order to enhance students' engineering practice ability and innovation literacy, and better meet the training needs of composite high-quality technical talents in the era of intelligent manufacturing.

Keywords: intelligent manufacturing; fundamentals of mechanical design; education reform; practical teaching; curriculum system

引言

作为“中国制造 2025”战略推进的关键引擎,智能制造的深化发展正在重构制造业的底层技术逻辑与人才能力图谱。机械设计基础课程作为制造类专业基础课程,正经历着从传统静态零件设计向智能系统设计的范式转变。当前课程体系在数字化、智能化设计等新兴技术维度存在明显断层,传统教学模式难以适应智能制造背景下个性化学习与工程能力协同培养的双重诉求。推进该课程的深度改革,既是突破知识传授与产业需求错位困境的必然选择,更是支撑智能制造产业链创新发展的基础性工程。本研究立足智能技术渗透制造业的宏观趋势,探究机械设计基础教学面临的现实难题,拟定具有可行性的改革办法,为新时代工科教育现代化提供理论与实践参考内容。

1 智能制造背景下机械设计基础教学的转型需求概述

智能制造作为“中国制造 2025”国家战略的核心举措,正引领着新一轮工业革命的浪潮。这一革命性制造范

式深度融合了人工智能、工业物联网、大数据分析、智能机器人等前沿技术,通过实现生产全流程的自动化、数字化和智能化转型,显著提升制造效率、降低运营成本、优化产品质量并增强生产系统的柔性化程度。在当今信息技术呈现指数级发展的时代背景下,数字化、网络化技术的普及应用,以及智能化技术的深度融合,共同构成了推动智能制造发展的核心引擎^[1]。

智能制造这一深刻变革对机械设计基础教学提出了全新的要求。传统的机械设计主要基于经典力学原理进行几何建模和零部件设计,而在智能制造环境下,机械设计的内涵已扩展为涵盖机电一体化系统设计、数字化建模与仿真、智能传感与控制系统、虚拟样机技术以及复杂系统集成等多元化的知识体系。作为机械工程学科的专业基础课程,机械设计基础课程教学亟需顺应智能制造发展趋势,重构课程体系与教学内容,着重培养学生的跨学科知识整合能力、数字化设计能力以及创新实践能力,为智能制造时代培养具备系统思维和创新能力的复合型机械设计人才奠定坚实基础。

2 当前机械设计基础教学中存在的主要问题

2.1 课程内容脱离智能制造实际需求

当前,部分高校机械设计基础课程的教学内容普遍存在与智能制造产业发展需求脱节的问题。具体表现为:课程体系仍以传统机械设计理论为核心框架,过度强调机械原理的公式推导和静态工况下的零件强度计算等基础性内容,而未能及时融入智能制造时代所必需的数字化设计方法和智能化技术手段。这种滞后性主要体现在三个方面:首先,课程缺乏对计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助工程分析(CAE)等现代设计工具的深度整合;其次,未能建立起数据驱动的优化设计思维培养体系;最后,忽视了对多物理场耦合、智能算法应用等交叉学科知识的传授。这种教学现状导致难以满足智能制造领域对复合型人才的需求,特别是在处理复杂机电系统设计、数字孪生建模等前沿工程问题时显得力不从心。

2.2 教学方式单一、学生参与度不高

在当前的机械设计基础课程教学中,传统的“教师主导型”模式仍占据主流,教学方式单一,学生参与度普遍较低。课程内容多以教师PPT展示为核心,侧重于公式推导与设计流程的讲解,课堂互动匮乏,学生被动接受知识,缺乏主动思考的机会。例如,教师往往花费大量时间逐页讲解理论公式,却很少引导学生通过案例分析、小组讨论或实践项目来应用知识,导致课堂氛围沉闷,学习兴趣难以激发。此外,教学过程中缺乏开放性问题的设计,学生思维被局限在固定框架内,创新能力与工程实践能力得不到有效锻炼。这种单向灌输式的教学不仅降低了学生的课堂参与感,也忽视了机械设计学科所需的实践性与创造性,最终影响教学效果与人才培养质量。

2.3 前沿应用案例缺乏

当前机械设计基础课程的应用案例存在明显不足,习题设计大多停留在知识点的机械重复训练上,缺乏与实际工程相结合的综合性案例。课程中涉及的机械设计案例往往过于陈旧,例如仍以传统齿轮、轴系设计为主,而很少引入智能制造、机器人结构、轻量化设计等前沿领域的应用实例。这种滞后的教学内容难以激发学生的学习兴趣,也无法帮助他们理解现代机械工程的发展趋势。此外,习题通常仅针对单一公式或理论进行练习,缺少从需求分析到方案设计的完整流程训练,导致学生难以将零散的知识点整合为实际设计能力。由于缺乏前沿案例的引导,学生既无法掌握行业最新技术动态,也难以培养解决复杂工程问题的创新思维,最终影响其职业竞争力与行业适应能力。

2.4 教师跨学科素养欠缺

当前机械设计基础课程的教师队伍存在一定的复合能力短板,部分教师虽然理论功底扎实,但对智能制造、数字化设计等前沿技术缺乏深入理解,难以将这些新兴领域融入传统教学内容。由于长期专注于经典机械设计理论,

部分教师对工业机器人、增材制造、智能传感等现代技术的实际应用场景知之甚少,导致课程内容仍停留在传统设计方法上,未能体现智能制造对机械设计的革新影响。例如,在讲解机构设计时,教师往往仅分析静态力学特性,而忽略智能控制、数字孪生等现代技术的协同应用。这种理论与实践、传统与前沿的脱节,使得学生难以掌握行业最新发展趋势,也削弱了课程的实用性和前瞻性。教师跨学科素养欠缺,已成为制约机械设计基础课程适应智能化时代需求的关键瓶颈。

3 智能制造导向下的教学改革策略

3.1 课程体系优化与智能制造融合

对机械设计基础课程内容体系实施优化,在传统机械设计基础上,以数字化设计与智能技术为核心重构知识体系。首先,引入CAD/CAE/CAM一体化工具,强化参数化建模、拓扑优化等数字化设计方法,结合VR/AR技术构建虚拟装配与仿真场景,提升学生三维可视化与交互设计能力^[2]。其次,融入智能制造关键技术,如增材制造工艺优化、数字孪生应用及智能生产线仿真,突出机电软一体化设计思维。课程需打破学科壁垒,整合材料科学、传感器技术及工业大数据分析,通过项目驱动培养学生跨学科协作能力。最终形成“基础理论-数字化工具-智能系统集成”的三层教学框架,为智能制造领域输送具备创新能力的复合型人才。

3.2 构建虚实结合的实践教学平台

机械设计基础课程的虚实结合实践教学平台构建,需整合虚拟仿真与物理实验资源,形成多维能力培养体系。依托线上平台工具搭建虚拟实验室,支持机构运动仿真、应力场可视化等沉浸式训练,结合AR辅助装配系统实现零部件的空间定位与交互调试。通过数字孪生技术,将数控机床、工业机器人等实体设备映射为虚拟模型,构建“设计-仿真-实测”闭环:学生在云端完成参数化建模后,可实时驱动物理设备加工原型,并通过传感器反馈数据优化虚拟模型。线下实践中心配备3D打印机、多轴机械臂等智能装备,与虚拟平台形成双向数据流,实现工艺验证与设计迭代的无缝衔接。该架构突破传统实验室时空限制,既保障复杂系统的安全操作训练,又通过虚实数据对比深化理论认知,最终培养学生在智能制造场景下的数字化协同设计与工程优化能力^[3]。

3.3 实施案例/项目驱动的教学模式

在机械设计基础课程中,实施案例/项目驱动的教学模式可有效提升学生的工程实践能力和创新思维。课程围绕典型工程案例展开,如“智能机器人机构设计”,将理论知识与实践任务紧密结合。学生以小组形式协作,从需求分析、方案设计到三维建模、仿真验证和原型制作,完整经历机械产品开发全流程。教学过程中融入数字化工具(如SolidWorks、ANSYS)和智能制造技术(如3D打印、

运动控制), 强化学生的技术应用能力。通过阶段性方案评审、原型测试和优化迭代, 培养学生的系统思维和工程决策能力^[4]。相比传统理论教学, 该模式更强调主动探究和团队协作, 使学生在解决实际问题的过程中掌握设计方法, 同时提升沟通表达和项目管理能力, 为未来从事智能制造领域的研发工作奠定扎实基础。

3.4 构建复合型跨学科教学团队

机械设计基础课程的复合型跨学科教学团队建设需打破学科壁垒与技术断层, 通过整合多元领域资源实现师资能力的结构性升级。团队构建应以智能制造技术融合为导向, 引进具有工业机器人系统开发、增材制造工艺设计等实战经验的企业技术专家, 与理论型教师形成互补协作, 共同开发融入数字孪生、智能传感等技术的模块化课程。建立跨学科教研共同体, 联合自动化、信息工程等专业教师组建协同教学组, 在机构设计教学中构建“基础-核心-拓展”的递进式知识链条^[5]。实施教师能力迭代计划, 组织理论教师参与智能产线改造、数字化设计服务等校企合作项目, 通过实际工程案例积累智能装备协同设计的实践经验。构建常态化技术更新机制, 依托智能制造创新中心定期开展工业互联网、智能控制算法等专题培训, 促进教师掌握数字化设计软件与虚拟调试技术。在课程实施中采用双导师制, 由企业工程师演示智能生产线中的机械系统集成案例, 理论教师解析设计原理, 协同指导学生完成包含动态参数优化、虚实联动验证的综合性项目。这种融合型团队通过知识重构与能力互补, 既能保持传统机械设计理论的系统性, 又能将智能控制、数字化仿真等现代技术要素有机嵌入教学全流程, 推动课程内容与智能装备设计需求精准对接, 为培养具备跨领域技术整合能力的复合型人才提供核心支撑。

3.5 推进产教融合, 构建协同育人机制

机械设计基础课程的产教融合需以产业需求为导向, 构建贯穿人才培养全链条的协同育人机制。高校应与智能制造企业建立战略合作关系, 通过共建课程体系、共享技术资源、共研实训项目, 将工业机器人、增材制造等前沿技术转化为教学资源。企业技术骨干深度介入课程开发, 将智能生产线改造案例、数字化设计标准等产业经验融入教学内容, 例如在机构设计教学中嵌入数字孪生调试案例, 使经典理论与智能制造场景形成有机衔接。校企联合打造虚实结合的实践平台, 依托企业真实产线构建虚拟仿真系统, 学生在掌握传统设计方法的同时, 可通过智能控制算法优化、工业互联网交互等实训模块, 体验从设计建模到数字孪生验证的完整技术流程, 培养跨领域技术

整合能力^[6]。

协同育人机制的核心在于建立动态反馈与持续优化的闭环体系。高校联合企业构建“教学-实践-评价”联动模式, 邀请企业工程师担任项目导师, 指导学生完成基于智能装备研发的毕业设计, 如工业机器人末端执行器创新设计, 在真实工程场景中训练问题解决能力。校企共同制定能力评价标准, 围绕数字化设计工具应用、智能系统协同开发等核心技能开展双向评估, 根据产业技术迭代周期动态调整实训内容。通过共建智能制造创新工坊, 企业将智能产线拆解为模块化教学单元, 学生可参与从三维扫描逆向建模到增材制造工艺优化的全流程实践, 使课程内容与智能工厂实际需求精准对接。这种深度融合机制不仅破解了传统教学与产业应用脱节的困境, 更通过技术反哺推动教师能力升级, 形成产教双向赋能的教育生态。

4 结语

在智能制造快速发展的推动下, 机械设计基础课程正经历从传统教学模式向现代工程教育的重要变革。为适应制造业智能化升级的需求, 必须将前沿技术融入教学内容, 创新教学方法, 重构实践体系, 从而全面提升学生的工程实践能力和创新思维。这一改革需要政策支持、资源投入和师资培养的协同推进, 并建立长效的校企合作机制。未来, 应进一步深化产教融合, 促进理论教学与实践应用的有机结合, 为培养符合智能制造需求的高素质技术人才奠定坚实基础。

【参考文献】

- [1] 周济. 智能制造—“中国制造 2025”的主攻方向[J]. 中国机械工程, 2015, 26(17): 2273-2284.
- [2] 张宏基. 智能制造背景下机械设计基础教学改革研究[J]. 造纸装备及材料, 2025, 54(3): 169-171.
- [3] 李琰, 张佳琳, 饶星, 等. 基于数字化的高校虚拟仿真实验教学平台建设与实践[J]. 实验室研究与探索, 2023, 42(10): 233-238.
- [4] 王洪亮, 云介平, 赵千里. 智能制造背景下的机械制造装备设计课程教学改革与探索[J]. 大学, 2021(11): 130-131.
- [5] 张惠, 吴京津, 李德玉, 等. 跨学科课程知识模块整合方法创新—以北京航空航天大学生物医学工程交叉课程为例[J]. 教学研究, 2025, 48(1): 85-92.
- [6] 孙敏敏. 智能制造背景下机械设计实训教学改革探索[J]. 现代职业教育, 2019(19): 196-197.

作者简介: 王沛志(1992—), 男, 博士, 研究员, 山东大学机械工程学院, 研究方向: 机械设计及理论。