

面向新工科的机械设计基础课程通专融合 教学改革探索

王聪慧, 罗彦茹, 贾艳辉, 王顺, 杨智鑫
吉林大学机械科学与工程学院, 吉林 长春 130025
DOI: 10.61369/SDME.2026100037

摘 要 : 在新工科建设与复合型人才需求背景下, 针对《机械设计基础》课程面向多专业、大规模班级教学时存在的内容体系固化、教学模式单一、资源供给同质化等突出问题, 以通专融合与差异化教学为核心理念, 开展了系统性教学改革。研究重构了“纵向产品设计流程+横向模块化”的矩阵式课程内容体系, 创建了“三阶段两空间”线上线下融合的分层教学模式, 并搭建由新形态教材、课程知识图谱与 AI 助教构成的数智化资源生态, 形成“内容—模式—资源”三位一体改革框架。两轮教学实践表明, 学生课程平均成绩与优良率显著提升, 教学模式认可度高, 数智化手段对学习支撑作用明显。该研究为新工科背景下机械类基础课程实现通专融合、分层教学与精准育人提供了可复制的实践路径。

关 键 词 : 新工科; 通专融合; 机械设计基础; 数智化; 分层教学

Exploration on Integrated General and Professional Teaching Reform of Fundamentals of Mechanical Design Course for Emerging Engineering Education

Wang Conghui, Luo Yanru, Jia Yanhui, Wang Shun, Yang Zhixin
School of Mechanical Science and Engineering, Jilin University, Changchun, Jilin 130025

Abstract : Against the backdrop of emerging engineering education construction and the demand for interdisciplinary talent training, systematic teaching reform is carried out centered on the integration of general and professional education as well as differentiated teaching, targeting the prominent problems of the Fundamentals of Mechanical Design course in multi-major and large-class teaching, such as solidified content system, single teaching mode and homogenized resource supply. This study reconstructs a matrix curriculum content system featuring vertical product design process and horizontal modularization, constructs an online-offline integrated hierarchical teaching mode of "three stages and two spaces", and builds a digital intelligent resource ecosystem consisting of new-form textbooks, curriculum knowledge graphs and AI teaching assistants, forming a trinity reform framework of "content-mode-resource". Two rounds of teaching practice verify that students' average course scores and excellent rate have been significantly improved, the teaching mode gains high recognition, and digital intelligent tools provide strong support for student learning. This research provides a replicable practical path for realizing general-professional integration, hierarchical teaching and targeted education in basic mechanical courses under the background of emerging engineering education.

Keywords : emerging engineering education; integration of general and professional education; fundamentals of mechanical design; digital intelligence; hierarchical teaching

引言

在新一轮科技革命与产业变革推动下, “新工科”建设成为我国高等教育改革的重要方向, 旨在培养具备跨界整合能力、工程实践与创新思维的高素质复合型人才^[1]。《机械设计基础》作为连接机械学科基础理论与工程实践的关键课程, 原仅面向食品、生物制药等

项目信息:

2025年度吉林省高等教育教学改革研究课题: 新工科背景下需求导向的《机械设计基础》通专融合课程体系建设(2025UT308RA0016);
吉林大学2025年本科教育教学改革研究项目: 基于科研项目解构的本科生阶梯式教学体系研究(25CG112)。

非机械类专业，帮助学生认知常用机械设备、分析工作原理并理解设计逻辑。

随着新工科持续推进，该课程已扩展至材料科学、车辆工程、工业设计等近机械类与机械类专业，受众规模大幅增加，不同专业的培养目标与岗位需求差异显著，给课程内容体系与教学实施带来新挑战。

近十年来，各高校围绕该课程开展了大量教改探索。卢钟岳等^[2]对内容进行“升维、落地、铸魂”重构；金鑫等^[3]以产品设计为主线整合多门课程；巴文兰等^[4]采用模块化任务驱动教学，打破章节壁垒；郑静等^[5]融入有限元等现代设计方法；卢钟岳等^[1]引入仿生机器人等前沿案例；卢文娟等^[6]提出“一中心二方式三融入四结合”理念；梁医等^[7]探索数字化背景下的混合式教学。

尽管成果丰富，但面向大规模、多专业、差异化需求的系统性教学实施策略仍较缺乏。为此，课程团队依托吉林省高等教育教学改革课题，系统开展了面向新工科的《机械设计基础》通专融合与差异化教学改革。本文在总结两年多实践成果基础上，阐述课程在内容体系、教学模式与资源生态方面的创新路径与成效。

一、传统课程教学的困境分析

传统《机械设计基础》课程在新工科与通专融合背景下，面临三重困境，难以适应多元化、个性化、高阶化人才培养需求。

（一）内容体系与多专业需求错位

课程受众已从非机械类扩展至材料、车辆、能源、生命科学等近机械或机械类专业，但内容仍沿用固化架构，未按各专业培养目标与岗位场景进行差异化重构。导致内容与需求脱节：部分学生认为理论偏深、脱离实际，部分觉得知识泛化、缺乏针对性，普遍学习动力不足、效率低下。

（二）教学模式对高阶能力支撑不足

仍以“课上讲授、课后刷题、期末应试”为主，停留于知识传递与浅层讨论，缺乏探究式、项目式设计，难以培养工程分析、协同创新等高阶能力。基础较好的学生更缺少进阶任务与创新空间，学习体验不佳。

（三）教学资源与个性化需求不匹配

大班多专业教学下，统一的课件、案例、习题、进度及答疑方式，无法适配不同基础、节奏与兴趣的学生，难以实现因材施教。

二、教学改革的核心举措

针对上述困境，本研究确立了“内容—模式—资源”三位一体的改革框架，以“专通融合”为核心内容理念，以“分层融合”为核心教学模式，以“数智赋能”为核心资源支撑，系统重构课程体系。

（一）课程内容体系重构：从固化章节到矩阵模块

1. 以产品设计流程为纵向主线重组内容

打破传统“机构—传动—联接—轴系”的递进顺序，遵循机械产品设计自然流程，将内容整合为三个核心篇章：机构篇（运动方案设计，涵盖机构结构分析、运动分析及常用机构）、典型零件篇（零部件强度与寿命设计，强调“失效分析→设计准则→参数确定→校核优化”逻辑）、精度设计篇（制造与装配精度，涵盖公差与配合选择）。重组后学生能建立“设计流程”全局观念，理解各知识点在整体中的位置。

2. 以机构/零件类型为横向分支的模块化组织

各篇章内部按机构或零件类型组织为独立模块，如连杆机构模块、凸轮机构模块、齿轮机构模块等。各模块自含“原理→类型→设计方法→案例”，通过“运动功能”主线关联。矩阵结构带来两点优势：学生可依专业和兴趣灵活跳过或深入模块；教师可弹性组合模块，形成定制化教学方案。

3. 突出“原理性—规律性”核心知识，提升迁移能力

避免学生陷入记忆过载，重点强化三类高迁移性知识：

机构分析的通用方法：如置换机架法，可跨机构解决连杆、凸轮、轮系等问题。

基于失效的零件设计逻辑：所有零件设计遵循“分析失效→设计准则→参数确定→校核”的通用框架，反复训练形成条件化思维。

精度设计的“功能—公差”映射：强调功能要求与制造成本的平衡，通过独立原则、最大实体要求等实现功能向公差的转化。

该策略使学生面对陌生机械问题时能运用底层原理推理，而非套用公式。

4. 面向不同专业的“共性+特色”案例矩阵

开发多专业工程案例库：车辆工程以自动变速器的行星齿轮机构、主减速器锥齿轮为案例；材料成型以曲柄压力机机构、模具导向精度为案例；食品与生物工程以灌装机凸轮—连杆组合机构、输送带传动系统为案例，显著增强内容专业相关性。

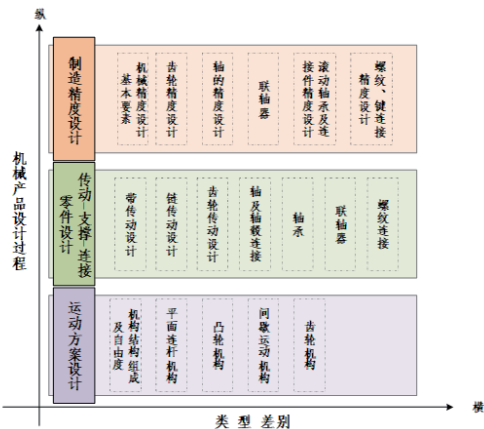


图1 机械设计基础通专融合内容体系

（二）创建“三阶段两空间”线上线下融合式分层教学模式

在课程内容重构的基础上，教学模式的革新成为落实培养目标的关键。本研究提出了三阶段两空间融合式分层教学模式，对应的教学活动如图2所示。

1. 课前线上自主学习阶段

在每次面授课前约3-5天，教师通过在线学习平台（吉林大学在线学堂）发布“自学任务引擎”，任务引擎包含以下内容：

①“学”：观看若干微视频（每个5-12分钟），内容主要为基本概念、方法、简单公式推导等基础认知层知识。②“练”：完成基础性或综合性自测题客观题、作图题或计算题），检测对视频内容的理解程度。③“思”：参与一个与知识点相关的开放性思考问题（如“为什么带传动通常放在高速级？”），鼓励学生在讨论区发表看法并相互质疑。④“拓”：提供学生自学内容相关的拓展性学习资源，如文献、专著等。

该阶段的设计逻辑在于：将低阶认知目标（记忆、理解）前置到课外，释放课堂时间用于高阶认知活动（应用、分析、评价、创造）。同时，教师通过平台统计的学生答题正确率、视频观看断点等数据，精准定位共疑难点，为线下教学提供针对性依据。

2. 课中线下深度参与阶段

面授课不再重复讲授学生可以通过视频自学的浅层内容，而是围绕“难点突破—案例整合”展开。

（1）难点突破：教师针对课前自测中错误率超过40%的问题进行精讲，通常引入新的表征方式（如动画演示、实物模型、AI辅助仿真）来降低认知难度。

（2）案例整合：围绕一个典型案例，教师采用“苏格拉底式提问”逐步推进计算或设计过程，既体现了知识整合，也渗透逻辑推演、思辨与创新训练。

3. 课后分层巩固与拓展阶段

课后环节的设计充分体现了“差异教学”理念。教学团队开发了三类不同挑战度任务，学生可依据自身情况自主选择至少一类完成，在同一教学班内实现隐性分层教学，使每位学生都能在其“最近发展区”内获得成长。

（1）常规习题类任务：面向基础较为薄弱或时间紧张的学生，题目形式与考试相近，主要目标是强化理论、方法和核心公式等知识点的运用。

（2）综合应用类任务：面向中等及以上学生，要求完成一个完整子系统的设计计算、强度校核与标准件选型，并提交简化的计算说明书。该类任务通常以个人形式完成，培养学生解决问题的能力。

（3）创意设计类任务：面向学有余力或对创新有兴趣的学生，要求针对一个开放式工程问题，如设计一种可折叠的轮椅踏板折叠机构、轮足复合行走机构、仿生机械、串并联机器人等。设计以个人或小组形式完成都可，提交包括设计方案、方案说明和机械系统运动仿真视频等形式成果。



图2 三阶段两空间分层教学活动

4. 重视过程，推动综合素养形成

课程采用过程性和综合性考核结合的方式评定学生成绩和课程目标达成情况。其中过程性考核结合教学活动实施，考核项目包括自主学习、实验、任务和课堂活动参与，从知识学习、技能达成和素质养成三方面追踪学生成长，评价学生获得，评定目标达成情况，评价体系如图3所示。

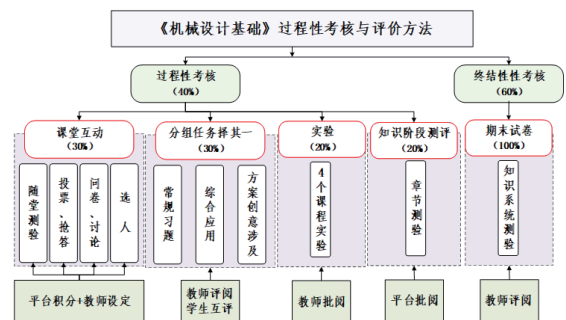


图3 机械设计基础课程评价体系

（三）数智化资源生态建设：支撑精准化教与学

1. 新形态教材建设

课程团队于2025年8月在高等教育出版社出版《机械设计基础》新形态教材。教材在保留经典知识体系的基础上，于核心知识点处嵌入数字化二维码，学生扫码即可观看配套讲解微视频与动画演示，将抽象机械结构与运动关系转化为直观可视化内容，实现随时随地碎片化学习与具象化理解，有效突破传统教材静态呈现的局限。

2. 课程知识图谱建设

团队完成129个教学微视频录制、新版课件制作及470题标标准化题库建设，并在在线平台完成线上课程运行。在此基础上，系统梳理出约240个知识节点，精准界定知识点间的逻辑关联，包括前置依赖关系、同类并列关系及整体一部分关系三大类，并将微视频、课件、习题、文献等资源与知识点一一绑定，构建形成结构化、可追溯的课程知识图谱。学生可依托图谱完成自主测评、定位薄弱环节，并按照推荐路径开展闭环式再学习与再检测，实现学习过程的自主化、精准化管控。

3. AI助教与智能问答

基于课程数字资源、拓展文献、专著及视频资料构建专属课程知识库，完成问答对设计与模型训练，上线“机设小助”AI助

教。该助手可7×24小时为学生提供课程范围内的智能答疑，对超纲问题予以规范提示；同时通过对学生提问高频词与热点问题的统计分析，实时向教师反馈共性疑难知识点，为教学重点调整、课堂精准答疑与资源优化提供数据支撑。

三、改革成效

本次课程改革已完成两轮大规模教学实践落地，覆盖吉林大学材料、汽车、生命科学等6个学院、10个专业、86个班级，累计受益学生超2400人，整体育人成效显著，具体体现在以下三方面：

1. 学习成绩明显提升

学生课程平均成绩较改革前显著提高，稳定在74分以上，课程优良率突破44%，整体学业水平与知识掌握程度得到明显改善。

2. 教学模式认可度高

学生对“三阶段两空间”混合式教学模式接受度与满意度普遍较高，普遍认为该模式有效增强了学习的灵活性、自主性与节奏感，学习体验显著优化。

3. 数智化教学支撑作用突出

课程数智化平台累计互动量突破5万次，其中 AI 助教“机设

小助”累计完成答疑738次，充分体现数字化、智能化教学手段对学生自主学习、实时解惑的强力支撑作用，精准助力个性化学习与高效复习。

四、结语

面向新工科建设与复合型人才培养的时代要求，《机械设计基础》课程改革已从单点优化转向系统性、整体性重构。本研究立足“通专融合”核心理念，通过构建矩阵式模块化内容体系、创新“三阶段两空间”线上线下分层教学模式、打造数智化资源生态，有效破解了多专业、大规模班级教学中需求差异化、资源同质化、能力培养浅层化等共性难题。教学实践表明，改革方案显著提升了课程教学质量与学生学习成效，强化了工程实践与创新等高阶能力培养，为同类工科基础课程的差异化、个性化教学提供了可复制、可推广的实施路径。未来，研究团队将进一步深化生成式人工智能与课程教学的深度融合，重点探索个性化学习路径动态推荐、复杂工程问题智能辅导等前沿应用，持续以数智化手段赋能新工科人才培养，不断提升课程的高阶性、创新性与挑战度。

参考文献

[1] 钟登华. 新工科建设的内涵与行动 [J]. 高等工程教育, 2017, 3: 1-6.
[2] 卢钟岳, 罗自荣, 梁科山, 张萌, 蒋涛. "教为战"理念下机械设计基础课程内容的三维重构与实践探索 [J]. 高教学刊, 2025(35): 104-108.
[3] 金鑫, 李良军, 杜静, 刘静, 钟德明. 新工科背景下机械基础课程体系构建 [J]. 机械设计, 2018(35): 114-118.
[4] 巴文兰, 任宁. 《机械设计基础》模块化任务驱动式教学方法研究 [J]. 教育教学论坛, 2017, 4(14): 198-199.
[5] 郑静, 龙湘云, 伍素珍. 面向新工科人才培养的机械设计基础课程教学改革 [J]. 高教学刊, 2023(5): 117-120.
[6] 卢文娟, 曾达幸, 王帅, 梁经伦, 曹晓畅. 新工科背景下机械设计基础课程教学创新研究 [J]. 高教学刊, 2024(6): 69-72.
[7] 梁医, 祖莉, 范元勋, 宋梅利. 教育数字化战略下机械设计基础混合式教学研究 [J]. 高教学刊, 2022 (36) : 113-118.