

Research on the Path of Mechanical Design Teaching Reform in New Engineering with Performance Design Thinking

Xuejie Zhang Bichun Dong Xuehui Chen*

Anhui Jianzhu University, Hefei, Anhui, 230009, China

Abstract

To address the limitations in mechanical design education—prioritizing local aspects over systems, static over dynamic, and experience over optimization—this study establishes a new engineering education reform framework guided by “performance design thinking.” Centered on product lifecycle performance optimization, the framework proposes a “five-in-one” systematic approach: restructuring competency-oriented teaching objectives, creating an integrated curriculum system, developing a tripartite blended teaching model, building a “cloud-practice-creation” integrated platform, forming a multi-dimensional collaborative competency evaluation system, and supporting it with a three-dimensional safeguard mechanism. The research outcomes achieve a paradigm shift from knowledge transmission to competency development, providing a comprehensive and actionable solution for cultivating outstanding mechanical engineering talents, which holds significant value for advancing engineering education reform.

Keywords

mechanical design; new engineering; performance design thinking; teaching reform

性能设计思维引领新工科机械设计教学改革的路径研究

张雪洁 董必春 陈雪辉*

安徽建筑大学, 中国·安徽 合肥 230009

摘要

为破解机械设计教学中“重局部轻系统、重静态轻动态、重经验轻优化”的局限,本研究构建了以“性能设计思维”为引领的新工科教学改革框架。该框架以产品全生命周期性能优化为核心,提出“五位一体”系统路径:重构能力导向的教学目标,建立纵横融合的课程体系,构建三元融合教学模式,建设“云-实-创”一体化实践平台,形成多元协同能力评价体系,并辅以三维保障机制。研究成果实现了从知识传授到能力生成的教学范式转型,为机械工程卓越人才培养提供了可操作的完整解决方案,对深化工程教育改革具有重要价值。

关键词

机械设计; 新工科; 性能设计思维; 教学改革

1 引言

面对以人工智能、大数据、物联网等为代表的新一轮科技革命对制造业生态的系统性重塑,我国“新工科”建设旨在培养具备卓越创新能力、跨界整合能力与工程实践能力的新型人才^[1]。在此战略背景下,机械工程传统“知识传授”范式亟待向“能力建构”转型^[2]。当前机械设计教学仍面临三重局限:认知上“重局部轻系统”,缺乏对产品整体

性能的系统训练;方法上“重静态轻动态”,疏于复杂工况下多物理场耦合问题的探讨;过程上“重经验轻优化”,未充分融入基于模型与数据的现代设计方法学,与产业界“性能驱动创新”的需求严重脱节^[3,4]。

为破解上述困境,亟须推进教学理念的根本性革新。本研究提出“性能设计思维”作为衔接新工科目标与教学实践的理论桥梁。该思维以产品全生命周期性能综合优化为核心,构建“性能定义-建模仿真-迭代优化-实验验证”的闭环流程,从而为重塑教学目标、整合课程体系、革新教学方法与重构评价机制提供贯穿始终的逻辑主线,推动教学从“零散知识增补”向“围绕性能实现的系统重构”的根本范式转变。本研究旨在探索该思维引领下的系统化改革路径,构建可操作、可迁移的实践框架,为新工科机械创新人才培养提供方案。

【基金项目】机械设计制造及其自动化专业“101计划”建设改革项目(项目编号:2023yljh025)。

【作者简介】张雪洁(1991-),女,中国安徽宿州人,博士,讲师,从事机械工程研究。

【通讯作者】陈雪辉(1977-),男,中国安徽合肥人,博士,教授,从事机电装备智能化传动、激光先进制造研究。

2 性能设计思维的理论内涵及其教学适切性分析

2.1 理论建构与内涵解析

性能设计思维作为一种面向现代复杂工程系统的设计范式，其形成具有深厚的理论渊源。它继承了系统化设计方法的整体性思维，吸收了质量功能展开中需求驱动的经营理念，融合了基于模型设计的数字化表达与验证手段，并建立在多目标优化理论与决策分析的数学基础之上^[9]。相较于传统设计思维，其理论突破在于实现了从“满足规范”到“追求卓越”、从“经验主导”到“模型驱动”、从“单点优化”到“系统平衡”的范式转变。其内涵体现为四个相互关联的维度：在目标上，强调对多元性能指标的量化定义与追踪；在系统层面，注重整体性能的涌现性及多领域要素的协同；在过程上，建立“建模-仿真-优化-验证”的数据驱动闭环迭代循环；在知识上，要求融合多学科知识于统一数字化模型中进行协同表达与优化。这一思维模式，本质上推动了工程设计从静态、局部、经验导向的传统范式，向动态、系统、模型驱动的现代范式的深刻转型。

2.2 与新工科教学改革的内在适切性

性能设计思维与新工科人才培养目标存在深刻的结构性契合，其适切性在能力建构、课程整合与教学转型三个层面得以系统性彰显。该思维以多目标系统优化为核心方法论，直接支撑复杂工程问题解决能力的培养；其多领域协同的知识过程内嵌跨学科整合训练；通过“建模-仿真-优化”的迭代机制系统建构创新能力发展路径；并以为全流程虚实验证为工程实践能力提供完整载体。同时，它以“性能目标”为元叙事重构课程体系，驱动教学范式发生系统性迁移：教师角色从讲授者转型为设计情境的架构师，学生身份从接收者演变为在主动探索中建构能力的认知主体，教学评价则从终结性判断转向对过程与能力生成的形成性关注。以此，在能力、课程与教学三者间形成从理念锚定到实践落地的逻辑闭环，系统性地新工科顶层诉求转化为可操作的教学实施路径。

3 五位一体教学改革路径构建

基于性能设计思维对新工科教学改革的引领逻辑，必须将其转化为一个系统化的操作框架。本部分从教学目标、课程体系、教学方法、实践平台与评价机制五个核心维度，构建一体化的改革路径。

3.1 重构能力导向的教学目标

教学改革始于目标体系的重构，其根本宗旨是培养具备系统性性能设计思维的复合型工程人才，实现从“知识掌握”到“能力生成”的范式转变。基于此，构建了由“知识认知-核心能力-综合素养”构成的三层递进目标体系：在知识认知层，引导学生从“知晓计算”向“理解计算与性能的关联”跃迁，奠定“设计即性能实现”的底层逻辑；在心

能力层，系统建构精准定义需求、多物理场建模与预测、多目标优化决策及建立“设计-仿真-实验-优化”闭环迭代四项关键能力；在综合素养层，通过真实项目实践融合跨学科协作、项目管理与工程伦理，塑造职业品格。这三层目标相互支撑，共同推动教学从“知识传递”的输入导向，彻底转向以“能力生成”与“性能实现”为标尺的输出导向，为新工科人才培养确立清晰、可评估的行动指引。

3.2 建立纵横融合的课程体系

为实现从“知识传递”到“能力生成”的目标转型，必须打破学科壁垒，系统重构以性能设计思维为主线的纵横融合课程体系。纵向建立贯穿培养全程的“机械系统性能设计与实践”核心课程链，按“基础认知-应用强化-综合创新”三阶段系统设计，形成能力培养连续体。横向重构教学内容，构建聚焦数字化建模、科学决策、协同设计与工艺实现四大核心能力的系统建模、优化决策、控制集成、制造验证知识模块。在此基础上，建立覆盖“部件级-系统级”的阶梯式项目库，以真实工程挑战驱动学生综合运用模块知识，在解决复杂问题中实现知识建构与能力内化，最终以“理论实践螺旋上升”的立体化模式重塑学生的学习路径与认知体验。

3.3 构建三元融合教学模式

为将性能设计思维有效转化为教学实践，必须革新教学方法，需构建由项目驱动、数字赋能与虚实融合三大支柱共同支撑的三元融合教学模式。该模式以基于项目的学习作为主导逻辑，通过真实或高仿真工程任务驱动学生在跨学科团队中完成“需求-概念-建模-仿真-验证”的完整设计流程，以此系统化培养其专业技术能力、系统思维与团队协作素养。在这一模式下，数字技术生态的深度融入是关键赋能。通过整合参数化CAD、多物理场仿真与优化算法，构建“设计即建模、验证即优化”的一体化数字工作流程，使学生能够直观洞察设计参数与系统性能的定量关联，从而培养数据驱动的迭代设计思维与决策能力。

教学组织重构为“线上自主探究+线下设计工作坊”的混合形态，推动教学关系发生根本转变。教师角色从知识讲授者转型为项目导师与过程引导者，线下课堂聚焦于方案评审、技术研讨等高阶思维训练。同时，构建开放式的产学研协同生态，通过引入企业课题、行业专家与产业实践，实现教学内容与工程前沿的动态对接，形成教育体系与产业发展的良性互动循环。

3.4 建设“云-实-创”一体化实践平台

为支撑教学改革的全面落地，须系统建设云端仿真、实体验证与开放创新三位一体的现代化实践平台体系，形成覆盖“虚拟探索-实体验证-自主创新”全链条的物质支撑。该体系涵盖以下三类平台：云端仿真平台，以突破时空限制，为复杂系统多物理场仿真、数字孪生等前沿探索提供无限虚拟验证环境；智能化实体验证平台，通过集成高精度传感与快速制造设备，构建“设计-制造-测试-反馈”快速迭代

闭环,深化工程认知;开放型创新实践平台,配备先进资源与灵活机制,作为课外科创与创新创业的孵化基地,旨在激发自主创新潜能。这三类平台相互支撑、有机协同,共同构成一个虚实结合、学研并重的现代化实践教学体系。这一体系通过提供从无限虚拟探索到严谨物理验证、再到自主创新实现的完整支持链条,使学生在系统性的工程训练中,全面培养起支撑新工科人才培养目标所必需的扎实工程实践能力与创造性解决问题的能力。

3.5 构建多元协同能力评价体系

为确保教学改革形成有效闭环,评价机制必须进行系统性重构,建立与能力生成目标相匹配的多元协同评价体系,实现从知识考核到能力评估的范式转型。该体系的核心在于构建一个多维、过程化且主体多元的评估框架。具体而言,在评价维度上,应建立涵盖知识整合应用、过程实践表现、工具方法素养及成果综合质量的四维框架,以全面追踪能力形成轨迹。在评价方式上,需确立过程性评价的主导地位,通过设计迭代日志、阶段性评审等工具构建动态反馈机制,实现从终结性判断到形成性引导的根本转变。在评价主体上,应组建由专业教师、行业专家、项目同伴等构成的多元评价共同体,通过多视角交叉验证,形成对学生能力的立体化诊断。这一重构不仅更新了评估工具,更深层地重塑了教学动力机制。它以过程性、能力化的评价导向,引导学生从被动应试转向主动建构,推动教师从简单评判转向专业引导,最终培育以持续改进为核心的教学质量文化。

4 改革保障与挑战对策

4.1 系统保障机制的构建

为确保性能设计思维引领的教学改革系统化推进与持续深化,必须构建资源、师资与制度三维协同的保障机制。资源保障旨在建立“统筹规划-多元投入-开放共享”的供给体系,通过设立专项基金、推动形成区域教学联盟以及开发数字资源平台来建设核心能力。师资发展需构建“分层培养-跨界融合-激励引导”的成长体系,通过能力提升计划、校企双师结构及将教学创新纳入考评来激发内生动力。制度创新则应推进“管理创新-质量闭环-协同育人”的机制建设,依托学分制改革、全过程质量监测及深化产教融合提供制度支撑。三者相互啮合、协同驱动,共同构成教学改革稳步实

施与持续深化的系统性保障基础。

4.2 实施挑战与对策

教学改革的实施过程需系统预见并应对多重现实挑战。观念上,应通过渐进策略与教师发展中心推动理念转型;资源上,采取“重点突破、分步实施”的建设路径,优先投入核心平台并探索校企共建,以提升现有资源利用效率;能力上,构建包含工作坊、微认证的系统培训体系,配套建设数字化教学支持平台,针对性提升教师的专业能力和素养;评价上,同步推进以能力为导向的评价机制改革,将多元化评估方式纳入教学管理体系。此外,实施差异化策略并建立区域交流平台以促进协同创新,最终通过构建“设计-实施-评估-改进”的闭环管理机制,形成持续优化的改革生态,确保改革实现从理念到实践的系统转化与人才质量的实质性提升。

5 结语

本研究构建了性能设计思维引领的机械设计教学改革框架。研究形成了三位一体的成果:在理论层面厘清了思维内涵与教学适切性;在路径层面构建了覆盖教学目标、课程体系、教学方法、实践平台与评价机制的“五位一体”实施方案;在保障层面确立了资源、师资、制度协同的支撑体系。该体系以其系统性、迭代性与优化性特征,为破解传统教学“重局部轻系统、重静态轻动态、重经验轻优化”的深层问题提供核心理念,精准契合了新工科对复杂工程问题解决、跨学科整合与创新实践能力的培养诉求。

参考文献

- [1] 王建国, 李华. 人工智能赋能工程教育转型: 机理、挑战与路径[J]. 中国高教研究, 2023(10): 78-84.
- [2] 教育部高等学校机械类专业教学指导委员会. 面向智能制造的机械工程专业建设指南(2023版)[R]. 北京: 高等教育出版社, 2023.
- [3] 王磊. 突破学科壁垒 激活产教动能——西南科技大学系统性重构机械大类课程群[N]. 中国教育报, 2025-03-15(03).
- [4] 郭东明. 高性能制造: 由“精度”到“性能”的跃升[J]. 极端制造(国际英文版), 2025, 7(1): 010201.
- [5] 谢友柏. 现代设计的理论、方法与技术[J]. 机械工程学报, 2004, 40(8): 1-9.