

面向智能结构振动控制的研究生课程教学改革实践

裴 培

(江苏科技大学,江苏镇江 212100)

[摘 要]随着智能材料与结构振动控制技术的发展,研究生教育对系统建模与科研实践能力提出了更高要求。针对传统课程中学科内容分散、工程与科研训练不足等问题,本文以研究生课程《智能材料与结构振动控制技术》为例,探讨面向智能结构振动控制的跨学科课程设计与实施方法。课程内容涵盖磁流变液、磁流变弹性体等智能材料的力学分析、控制策略及优化设计,并通过仿真与实验相结合的项目式教学,引导学生完成“材料—装置—结构—控制”的系统建模与分析。本文总结了课程思路、教学实施过程及自评框架,并分析了教学效果,为智能结构振动控制领域研究生跨学科课程建设提供参考。

[关键词]智能材料;结构振动控制;跨学科课程设计;研究生课程;科研实践能力培养

[中图分类号] G642.0; TB535

[文献标识码] A

[文章编号] 2096-711X(2026)15-0190-03

doi:10.3969/j.issn.2096-711X.2026.15.064

[本刊网址] <http://www.hbxb.net>

随着新一轮科技革命和工程技术的快速发展,现代工程系统正呈现出规模大型化、结构复杂化和运行环境多样化等特征,工程问题的复杂性与不确定性显著增加。传统以单一学科知识为主导的人才培养模式,已难以满足工程实践对系统分析能力、综合设计能力与创新能力的要求。如何在研究生阶段培养具备跨学科视野和工程实践能力的高层次创新型人才,成为当前工程教育改革的重要议题。

研究生课程是高层次工程人才培养的重要载体,不仅承担理论知识深化的功能,也在培养系统思维、问题导向意识和科研创新能力方面发挥关键作用。通过跨学科课程整合不同领域的理论与方法,有助于提升学生解决复杂工程问题的能力,因此已成为研究型大学课程体系改革的重要方向。相关政策文件也多次强调,应通过课程建设促进学科交叉融合,强化工程实践与创新能力培养。

然而,目前我国研究生跨学科教育的研究多集中于培养目标和管理机制等宏观层面,而针对课程层面的系统化课程设计与实施路径研究仍相对不足。在部分跨学科课程实践中,课程整合、教学组织方式和学习评价机制等方面仍缺乏成熟且可推广的教学模式。因此,从具体课程实践中总结可操作、可复制的教学经验,对于完善研究生跨学科课程建设具有重要意义。

基于此,本文以新开设的研究生课程《智能材料与结构振动控制技术》为例,围绕复杂工程问题导向的跨学科人才培养需求,系统分析课程开设背景与设计动机,阐述课程定位与教学设计方法,并对教学实施过程及效果进行总结与反思,以期对工程类研究生跨学科课程建设提供实践参考。

一、课程开设背景与动机

随着工程结构设计理念由传统安全性导向逐步转向性能可控与状态可调,结构振动控制在工程中的作用日益突出。相较于早期以单一构件或局部响应为对象的控制方法,现代工程更强调结构在复杂工况及长期服役条件下的适应性与可调能力,使振动控制从依赖固定参数的被动措施逐步向智能化响应调控技术发展。

以磁流变材料为代表的智能材料通过外场调控实现力

学性能的实时可变,为半主动与智能振动控制技术提供了重要基础。然而,其工程应用通常需要依托磁流变阻尼器、磁流变弹性体隔振支座等控制装置,并与结构体系及控制算法协同工作,形成完整的振动控制系统。因此,智能结构振动控制本质上是一个跨越“材料—装置—结构”多个层级的系统工程问题,涉及材料力学行为、装置动力建模、结构动力响应分析与控制策略设计等多个环节,具有显著的多学科交叉特征。

然而,在现有研究生课程体系中,相关教学内容往往分散设置、理论偏重而工程实践不足。材料类课程多关注材料机理与性能表征,结构振动控制或控制工程课程则侧重控制理论与算法推导,装置层在教学中相对薄弱,导致学生难以理解材料性能如何通过控制装置转化为结构响应调控能力,也难以系统掌握从材料选择、装置建模到结构控制与优化设计的完整工程链条。同时,智能结构振动控制技术的发展对研究生的能力提出了更高要求,学生不仅需要扎实的材料力学与结构动力学基础,还需具备系统建模、数值仿真、控制策略设计及实验验证等工程化能力。

基于此,有必要系统开设《智能材料与结构振动控制技术》研究生课程。课程以“材料—装置—结构”协同机制为主线,整合智能材料理论、控制装置建模、结构振动控制方法与优化设计内容,并通过仿真分析、实验验证与项目实践相结合的教学方式,构建贯穿“材料特性—装置实现—结构控制”全过程的教学体系,以培养具备系统思维、工程实践能力与创新潜力的复合型工程技术人才。

二、课程定位与教学设计方法

(一)课程定位

《智能材料与结构振动控制技术》定位为面向土木与交通工程等相关专业研究生开设的交叉型、工程导向型课程,旨在服务智能结构振动控制领域对复合型工程人才的培养需求。课程以智能材料在结构振动控制中的工程应用为核心,在学生已具备材料力学与结构动力学基础的前提下,强调材料力学、结构动力学与控制理论的融合应用,引导学生理解智能材料与控制装置在结构振动控制系统中的作用机理及工程实现路径。课程突出“材料—装置—结构”协同机

收稿日期:2026-4-3

基金项目:本文系国家自然科学基金青年项目“基于磁流变弹性体的海洋平台结构随机最优隔振控制研究”阶段性成果(项目编号:52408333)。

作者简介:裴培(1993—),女,安徽芜湖人,江苏科技大学讲师,主要从事智能材料与结构控制研究。

制,强化多学科知识在工程问题中的综合应用,帮助学生建立系统化的智能结构振动控制认知框架,同时通过工程案例、仿真分析与实验现象相结合的教学方式,使学生关注控制效果、参数敏感性及工程可实施性,发挥连接基础理论与工程实践的桥梁作用。

(二)教学内容的模块化与层次化设计

课程以磁流变材料及其结构振动控制应用为主线,采用模块化与层次化设计。首先讲授智能材料基础与力学机理,使学生掌握磁流变材料的流变特性、本构关系及实验表征方法;随后进入控制装置层,重点介绍磁流变阻尼器与弹性体隔振支座的构造、动力建模及工程应用,实现“材料—装置”知识过渡。在此基础上,系统讲解结构振动控制理论与方法,包括被动、主动及半主动控制策略,并结合装置应用说明其实现机制。课程后期侧重控制算法与系统仿真,通过算例训练学生将控制策略与结构动力模型结合,并引入优化与鲁棒性分析,从系统层面评估控制效果。最后,通过工程案例、文献研读与综合项目,使学生在真实工程情境中完成系统建模与性能评估,实现知识综合应用。

(三)教学流程与教学方法设计

教学流程采用“理论引导—方法训练—综合应用”的渐进式设计。理论教学阶段结合工程案例引入关键概念;建模与控制方法阶段以仿真驱动教学,通过程序演示与算例强化方法训练;课程后期通过项目驱动与研讨,引导学生独立开展建模、仿真与性能评估。同时,课程提供程序模板、仿真示例及参考文献,并通过课堂讨论与阶段性反馈动态调整节奏。整体教学设计有效提升学生在智能结构振动控制领域的系统建模、工程分析及创新设计能力。

(四)考核方式与评价设计

为更加全面、客观地反映学生的学习过程及能力提升情况,本课程采用过程性评价与结果性评价相结合的考核方式。在关注学生学习参与度与课堂表现的基础上,重点考查其对专业知识的理解深度以及综合应用能力。课程考核内容主要包括课堂表现、文献研读汇报、仿真作业以及综合课程项目等多个方面。通过构建多维度的考核评价体系,课程能够对学生在理论理解、建模仿真、系统分析与工程应用等方面的能力进行系统评估,并为其后续的科研训练与工程实践提供有效的反馈与指导。

三、教学实践与实施效果分析

为验证面向系统建模与科研实践能力培养的课程教学设计的可行性与有效性,《智能材料与结构振动控制技术》课程在开设过程中对教学内容组织、教学方式与考核评价进行了整体实施。本章结合课程运行情况,从教学实施过程、学生学习表现及教学成效与不足等方面,对课程教学实践进行总结与分析。

(一)教学实施情况概述

为验证课程教学设计的可行性与有效性,《智能材料与结构振动控制技术》在开设过程中对教学内容、教学方式与评价体系进行了整体实施,并结合教学过程与学生反馈对教学效果进行总结分析。考虑到学生在理论基础与数值计算能力方面存在差异,教学过程中采用循序渐进的组织方式,通过理论讲授、仿真训练、文献研读与综合项目等环节逐步推进,引导学生由基础理论理解过渡到系统建模与工程应用。

(二)教学过程实施效果分析

从教学过程看,课程实施呈现出明显的阶段性特征。前期主要讲授智能材料基础与控制装置原理,帮助学生建立材料—装置层面的基本认知;中期引入结构振动控制原理与系

统建模方法,通过仿真分析与工程案例训练学生的系统分析能力;后期则以控制系统优化设计与综合课程项目为核心,鼓励学生自主完成模型构建、算法选择与性能评估。教学实践表明,大部分学生能够逐步将材料特性、控制装置模型与结构动力响应联系起来,完成基本控制系统建模与仿真分析,系统设计意识和主动学习能力明显提升。

(三)学生学习成效与教学反馈综合分析

课程结束后通过能力自评量表与匿名问卷对教学效果进行评估。结果表明,学生在理论理解、建模与仿真、系统分析及工程应用等方面均有不同程度提升,其中结构—控制系统建模与振动控制仿真能力提升较为明显。多数学生认为模块化与递进式的课程结构有助于建立“材料—装置—结构—控制”一体化认知框架,仿真训练与工程案例对理解控制机理具有重要作用。同时,部分学生反映后期控制算法与优化设计内容对编程基础要求较高。总体来看,课程在提升系统建模与工程分析能力方面取得了较好的教学效果,并为后续教学优化提供了重要参考。

四、结语

本文以研究生课程《智能材料与结构振动控制技术》为例,系统介绍了课程教学改革的设计思路、实施过程及教学效果。课程通过模块化与层次化的内容组织,并结合理论讲授、文献研读、仿真分析与综合项目等教学环节,构建了由基础理论到系统建模与工程应用逐步递进的教学体系。教学实践表明,该课程有助于学生系统理解智能材料及结构振动控制的核心理论与方法,并在仿真训练和项目实践中提升系统建模、工程分析及综合设计能力。

从教学反馈与学习成效来看,学生在跨学科认知、“结构—控制”系统建模及振动控制仿真分析等方面均取得明显提升,表明课程在强化工程导向与实践能力的培养方面具有良好的实施效果。总体而言,本研究为智能结构振动控制及相关交叉领域研究生课程建设提供了一种可参考的教学模式。未来工作中,可进一步丰富工程案例与科研训练内容,引入更具挑战性的实际工程问题,并持续优化教学评价与学习支持机制,以不断提升研究生的工程实践能力与创新能力。

参考文献:

- [1] Grenyer A., et al. A systematic review of multivariate uncertainty quantification for engineering systems [J]. CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, 2021, 33: 188–208.
- [2] 郝莉,冯晓云,宋爱玲,等. 新工科背景下跨学科课程建设的思考与实践[J]. 高等工程教育研究, 2020(2): 31–40.
- [3] 贾永堂,高明洁. 科教融合型工科研究生培养方式探索——以中国科学院宁波材料技术与工程研究所为例[J]. 高等工程教育研究, 2024(5): 174–180.
- [4] 教育部,财政部. 国家发展改革委关于深入推进世界一流大学和一流学科建设的若干意见[Z]. 教研[2022]1号, 2022.
- [5] Pei P., Peng Y. Constitutive modeling of magnetorheological fluids: A review[J]. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 2022, 550: 169076.
- [6] Morillas J. R., Vicente J. Magnetorheology: a review [J]. Soft Matter, 2020, 16(42): 9614–9642.
- [7] Choi S. B., et al. State of the art of control schemes for smart systems featuring magnetorheological materials[J]. Smart Materials and Structures, 2016, 25: 043001.

Teaching Reform Practice in the Graduate Course on Intelligent Structural Vibration Control

PEI Pei

(Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang Jiangsu 212100, China)

Abstract: With the rapid development of intelligent materials and structural vibration control technologies, graduate education faces increasing demands for system modeling and research-oriented practical skills. To address limitations in traditional courses, such as fragmented disciplinary content and insufficient engineering and research training, etc., this paper presents the graduate course “Intelligent Materials and Structural Vibration Control Technology” as a case study to explore the design and implementation of an interdisciplinary curriculum. The course integrates mechanical analysis, control strategies, and optimization design of intelligent materials, including magnetorheological fluids and magnetorheological elastomers. Through project-based learning that combines simulation and experiments, students are guided to conduct system modeling and analysis across the “material—device—structure—control” framework. The paper summarizes the course design principles, teaching implementation, and self-assessment framework, and evaluates the teaching outcomes. The results provide practical insights for the development of interdisciplinary graduate courses in intelligent structural vibration control.

Key words: smart materials; structural vibration control; interdisciplinary curriculum design; graduate course; research-oriented practical ability training

(责任编辑:桂杉杉)

(上接第189页)

六、小结

课程改革是教育改革的核心,校本课程是课程改革的重点。职业教育校本课程的开发要时刻将职业教育的特色贯穿其中,体现其类型教育的特点,在此前提下,秉承“课堂与岗位对接、课堂教学与工作过程相对接”的要求,做到“教学做”合一,呈现出由学科本位到能力本位再到人格本位的发展总趋势。

参考文献:

[1] 杜怡萍,李海东,詹斌.从“课证共生共长”谈1+X证书

制度设计[J].中国职业技术教育,2019(4):9-14.

[2] 周光礼,马海泉.教学学术能力:大学教师发展与评价的新框架[J].教育研究,2013(8):37-47.

[3] 孙善学.对1+X证书制度的几点认识[J].中国职业技术教育,2019(7):74.

[4] 张立场,马国峰,邢志东.技能大赛全员化视角下中职“三教”改革探析[J].教育与职业,2022(10):66-69.

[5] 马君,郭小丽.职业学校教师教学学术能力的价值意蕴、现实表征与提升路径[J].教育与职业,2024(1):86-93.

Research and Development of School-based Curriculum for “Applied Writing” in Vocational Colleges: A Case Study of Marketing Major in Higher Vocational Institutions

LI Mei-cun

(Hainan Vocational University of Science and Technology, Haikou Hainan 571126, China)

Abstract: To advance the reform and development of vocational education, national-level documents such as “The National Vocational Education Reform Implementation Plan” and “The Guiding Opinions on Promoting the Pilot Program of the 1+X Certificate System” have been successively issued. Grounded in the requirements of the 1+X certificate system pilot initiative by the Ministry of Education, this study takes the marketing major in higher vocational institutions as its research subject, closely aligns with the realities of school-based curriculum development, and deeply integrates the “Applied Writing” course with the typical work processes of marketing. Systematic research and analysis are conducted from five dimensions: curriculum positioning, curriculum characteristics, curriculum design, curriculum implementation, and curriculum evaluation. The objective is to provide theoretical references and practical insights for vocational education curriculum reform, thereby facilitating vocational colleges in cultivating high-quality technical and skilled talents who meet the demands of industrial development.

Key words: vocational education; 1+X certificate system; curriculum reform; school-based curriculum; “Applied Writing”

(责任编辑:陈思婷)