

研究生《机电控制技术》课程理实一体化教学改革与实践

宋晓文, 张艳锋, 吕贺, 郭晓栋, 唐术锋, 武建新
内蒙古工业大学机械工程学院, 内蒙古 呼和浩特 010051
DOI: 10.61369/ETR.2026170022

摘 要 : 在跨学科深度融合与智能制造深入发展的宏观背景下, 研究生《机电控制技术》作为连接机械工程与自动化控制的关键枢纽课程, 其教学质量直接关乎高层次复合型工程人才的培养成效。然而, 传统教学模式面临着理论内容滞后、实践环节虚化、课程思政不足及评价机制单一等多重困境, 难以满足产业界对复杂工程问题解决能力的迫切需求。鉴于此, 本文基于理实一体化教育理念, 提出构建“模块化知识体系 + 虚实融合项目驱动 + 全过程多元评价”的教学改革新范式。通过重构包含多轴同步控制、数字孪生、边缘计算等前沿技术的课程内容, 实施从仿真到真机调试的闭环项目式教学, 并深度融入课程思政元素, 旨在系统提升研究生的技术创新能力与工程伦理素养, 为同类研究生工程课程改革提供理论依据与实践参考。

关 键 词 : 机电控制技术; 产教融合; 理实一体化; 项目式教学

Teaching Reform and Practice of Theory-Practice Integrated Teaching for the Postgraduate Course "Mechatronic Control Technology"

Song Xiaowen, Zhang Yanfeng, Lv He, Guo Xiaodong, Tang Shufeng, Wu Jianxin
College of Mechanical Engineering, Hohhot, Inner Mongolia 010051

Abstract : Against the backdrop of deep interdisciplinary integration and advanced intelligent manufacturing, the graduate course Mechatronic Control Technology acts as a key bridge linking mechanical engineering and automation control, whose teaching quality directly determines the cultivation of high-caliber interdisciplinary engineering talents. However, traditional teaching models suffer from outdated theoretical content, inadequate practical training, insufficient integration of ideological-political education, and simplistic evaluation systems, failing to meet industry demands for professionals with complex engineering problem-solving capabilities. To address these issues, this study proposes an innovative theory-practice integrated teaching reform paradigm featuring a "modular knowledge system + virtual-real fusion project-driven approach + comprehensive multi-dimensional evaluation". By updating the curriculum with cutting-edge technologies such as multi-axis synchronization control, digital twins and edge computing, it adopts a closed-loop project-based learning mode from simulation to physical debugging. Meanwhile, ideological-political elements are integrated into the course to systematically enhance postgraduates' technological innovation capacity and engineering ethics literacy. This reform provides a theoretical basis and practical reference for similar graduate engineering course reforms.

Keywords : mechatronic control technology; integration of production and education; integration of theory and practice; project-based learning

一、背景及现状

(一) 教学改革背景

高层次工程人才培养要求研究生具备跨学科整合能力、复杂工程问题解决能力及技术创新应用能力, 这一目标在机械类研究生教育中尤为关键。当前, 智能制造正迎来爆发式发展, 工业机

器人、数字孪生、智能传感等技术广泛应用于生产一线, 人工智能算法正深度渗透至控制决策环节, 如基于深度学习的故障诊断系统及强化学习优化的机器人轨迹规划等。这些技术变革要求研究生不仅要精通经典控制理论, 更需具备整合机械、电子、计算机与人工智能的跨学科知识结构。特别是处于从技术跟跑向技术领跑转变的关键时期, 研究生作为高层次应用型人才的储备军,

基金支持: (1)2024年内蒙古工业大学校级研究生核心课程建设项目(YHX2024003); (2)2025年内蒙古自治区研究生教改项目(JG2025024C), (3)2024年内蒙古工业大学研究生教改思政项目(YJG2024002), (4)2025年内蒙古工业大学课程思政示范专业建设项目(SZZ202501)。

其系统建模能力、算法落地能力及工程伦理素养将直接决定国家制造业的核心竞争力。然而，现有的机电控制技术课程多沿用本科阶段的知识体系与教学模式，未能充分体现研究生教育的研究性与工程性双重属性，亟需构建一套适配能力进阶的教学新范式。

（二）国内外课程教学改革研究现状

近年来，围绕《机电控制技术》及相关研究生专业课程的教学改革，学术界与教育界已在课程资源建设、教学方法创新、实践环节重构及评价体系优化等微观维度开展了大量探索，呈现出从“知识灌输”向“能力产出”转型的鲜明趋势。

（1）课程资源与教学模式层面 为突破传统课堂的时空限制，窦建平、郁建平^[1]基于 SPOC 理念，开展了机电控制技术课程的混合式教学改革，通过建设微视频、在线测验库等“金课”资源，构建了“线上自主学习+线下深度研讨”的翻转课堂模式。肖梅宁等^[2]则在面向工程专业学位研究生的课程建设中，提出了“四突出”建设方案，强调课程内容需紧跟电子信息行业需求，通过数字化资源整合实现产教资源的深度融通。

（2）教学方法与过程实施层面 为解决研究生课程理论与应用脱节的痛点，刘海洋等^[3]在计算机控制技术课程中实施了“理实一体化项目式教学法”，将科学研究的方案制定、系统搭建、数据分析等基本过程融入课堂，使学生在完成典型工程案例中掌握核心理论。唐炜等^[4]基于“卓越工程师计划”，在电控类课程中引入了 CDIO 工程教育理念，采用“案例式+项目式”教学法，将企业的实际工程问题转化为教学案例，有效提升了学生解决复杂工程问题的能力。

（3）实践环节与创新能力培养层面 针对实践教学形式单一的问题，伊鹏等^[5]探索了“科研—竞赛融合”的实践培养路径，主张将研究生课程实践与高水平学科竞赛及导师科研课题挂钩，通过以赛促教、以研促学，激发研究生的创新内驱力。杜学芳^[6]则探讨了基于 PLC 任务驱动的理想一体化实践模式，主张打破实验室与教室的界限，实现“教、学、做”合一。此外，针对课程评价主体单一的痼疾，王鸿燕等^[7]构建了包含学生、同行、督导及企业专家的多元化评价体系，并利用多模态数据采集技术对课程实施全过程进行量化监控。

二、现有课程实施痛点分析

尽管高校工程教育改革持续推进，但受限于传统惯性与资源约束，当前研究生《机电控制技术》课程在实施过程中仍存在诸多结构性矛盾，集中体现在内容、模式、实践、价值与评价五个维度，严重制约了高层次复合型工程人才的培养质量。

（一）课程内容滞后，与产业技术迭代严重脱节

当前课程知识体系更新缓慢，难以匹配智能制造的爆发式发展需求。首先，核心知识体系与工业前沿存在代差，教学内容仍过度聚焦于经典 PID 控制、频域分析等传统控制理论，而对支撑工业 4.0 的关键技术——如神经网络、强化学习等智能算法，以及工业物联网、边缘计算等前沿技术涉及甚少。其次，跨学科融合

不足。课程未能打破学科壁垒，系统性地构建“机械—电子—计算机—人工智能”的完整知识链，导致学生在面对需要多学科交叉解决的复杂问题（如基于视觉反馈的机器人柔顺控制）时，知识储备支离破碎。最后，教学载体缺乏高阶工程约束，教学案例多基于高度简化的理想数学模型（如单电机调速），鲜少引入工业机器人协同、数字孪生驱动产线优化等企业级复杂系统案例，导致理论教学与工程应用之间存在差距。

（二）教学模式固化，工程闭环思维训练缺失

教学方法的僵化导致学生处于被动接受状态，工程思维训练严重匮乏。一方面，缺乏探究式与批判性思维训练，课堂教学主要围绕教师推导公式、讲解原理展开，缺乏问题导向（Problem-Based Learning）的探究式环节，学生难以发挥主观能动性。另一方面，工程训练闭环断裂。教学过程中未能构建“需求分析→方案设计→仿真验证→硬件实现→系统调试”的完整工程链条。学生往往只懂理论推导，一旦进入实际系统设计，面对参数不确定性、非线性摩擦及传感器噪声等真实物理约束时，往往束手无策，缺乏解决开放性复杂工程问题的系统思维与创新能力。

（三）实践环节薄弱，软硬件平台支撑力不足

实践教学是能力培养的短板，普遍存在“验证性多、探究性少，仿真多、实战少”的现象。一是实验设计低阶化。多数校内实验仅停留在电路连接、基础参数整定等验证性操作，缺乏针对多轴插补、高精度轨迹规划等高阶能力的综合训练。二是实践平台陈旧。实验室硬件普遍缺乏集成视觉传感的协作机器人、EtherCAT 工业总线、高性能运动控制器等主流工业设备；软件方面，对数字孪生（Digital Twin）、虚拟调试（Virtual Commissioning）等先进工业软件工具链的应用严重滞后。三是产教融合流于形式。企业的真实技术难题未能有效转化为课程项目，学生无法接触真实的工业环境与技术标准，导致学与用错位。

（四）价值引领缺位，课程思政育人功能弱化

在“大思政”格局下，现有教学实践往往陷入“唯技术论”的工具理性误区，忽视了技术背后的价值塑造。首先，家国情怀激发不足。教师在讲授核心控制技术时，往往只讲技术原理，未能深入挖掘我国在高端数控系统、伺服芯片等领域从“缺芯少魂”到“自主可控”的奋斗史，难以激发学生攻克“卡脖子”技术的使命感。其次，工程伦理教育不足。在涉及人工智能辅助决策、人机协作等前沿内容时，缺乏对数据安全、算法歧视及人机伦理等社会责任问题的探讨。再次，工匠精神培养不够。在实践环节，对代码规范、接线工艺、安全操作等细节要求不严，导致学生虽有技术能力，教学过程缺乏对学生严谨治学、精益求精的职业素养的培养^[8]。

（五）评价机制单一，综合素养考核效度失真

课程评价体系未能有效支撑能力导向的培养目标，存在重结果轻过程、重理论轻能力的倾向。一是考核形式单一。仍过度依赖期末笔试（通常占比 70% 以上），无法客观反映学生在项目实施过程中的方案构思能力、调试排错能力及创新思维。二是过程评价缺失。对于项目推进中的团队协作表现、阶段性设计评审

(Design Review)、原型迭代优化等关键环节,缺乏科学量化的观测点与评价标准。三是评价主体局限。评价权力完全掌握在教师手中,缺乏企业导师评价及学生互评机制,难以从多维度、多视角全面评估研究生的综合工程素养与团队合作能力。

三、教学改革实施路径

针对上述教学痛点,本文基于成果导向教育(OBE)理念,从内容重构、方法创新、价值塑造及评价改革四个维度,构建系统化的教学改革新体系。

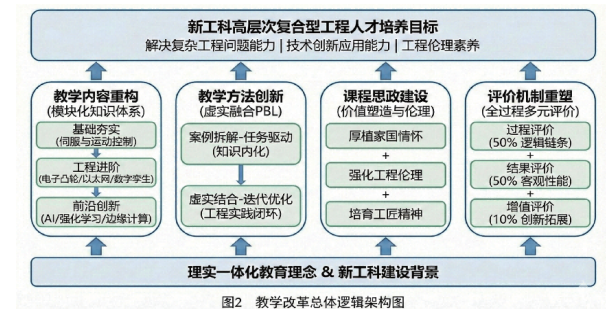


图2 教学改革总体逻辑架构图

图1 教学改革整体框架

(一) 教学内容重构

构建“基础-进阶-前沿”模块化知识体系针对研究生生源学科背景多元及工程基础差异显著的现状,课程打破传统教材章节的线性束缚,重构为“基础夯实-工程进阶-前沿创新”的三级递进式模块化知识体系。基础模块聚焦现代机电控制建模与仿真,以伺服与运动控制为切入点,利用 Simulink 工具链替代传统的手工推导,重点强化学生从物理对象到数学模型的抽象建模能力及状态空间法的应用能力,利用 SimScape 模块化建模替代复杂的机电动力学推导,重点强化学生处理非线性摩擦、刚度及背隙等工程实际问题的能力。该工具链能将搭建的物理样机模型转化为标准化的状态空间模型,使学生能够绕过底层代数计算,直接在高阶控制算法验证中应用现代控制理论^[9]。

(二) 教学方法创新

实施“项目驱动+虚实融合”的混合式教学为改变传统“填鸭式教学”单向模式,课程实施“虚实融合、双环驱动”的项目式混合教学策略(PBL)。构建“案例拆解-任务驱动”的知识内化小循环。依托翻转课堂模式,教师不再照本宣科,而是将企业真实工程痛点(如“高速机械臂的残余振动抑制”)转化为教学

问题,引导学生课前通过 MOOC 自主学习基础理论,课上聚焦于工程中的非线性、强耦合等难点进行分组研讨与深度解析。

(三) 课程思政建设

润物无声的价值塑造与伦理教育在“大思政”育人格局下,课程深入挖掘专业知识背后的价值内涵,将“显性”技术传授与“隐性”价值引领有机融合。其一,厚植家国情怀与创新使命。在讲解伺服驱动与运动控制芯片时,系统梳理我国在高端装备领域从“缺芯少魂”到“自主可控”的艰辛历程,激发学生投身国产化替代与解决“卡脖子”技术难题的责任感与紧迫感。其二,强化工程伦理与社会责任。在人工智能与机器人控制章节,设立专题研讨,引导学生审视自动驾驶决策逻辑、工业大数据隐私保护及人机协作安全中的伦理边界,培养“技术向善”的底线思维。其三,培育精益求精的大国工匠精神。在项目调试与实施环节,建立严格的工程规范标准,对代码注释规范、电气接线工艺及安全操作规程进行严格把关,在潜移默化中培养研究生严谨治学、追求卓越的职业素养,实现知识传授与价值塑造的同频共振^[10]。

(四) 评价机制重塑

建立能力导向的全过程多元评价体系摒弃传统一次性终结考核静态模式,建立以复杂工程能力为导向的“过程+结果+增值”全过程动态评价体系。首先,强化过程导向的项目作业评价(占比40%),重点关注解决问题的逻辑链条,通过考察仿真设计文档及阶段性设计评审(Design Review)的表现,评估学生面对系统失稳等 Bug 时的排查思路与方案迭代的严密性。

四、结论与展望

本文针对研究生《机电控制技术》课程存在的痛点,通过重构模块化知识体系、引入“虚实融合”的项目式教学、植入课程思政元素及建立多元评价机制,构建了新工科背景下的研究生课程改革新范式。该研究为解决传统教学中理论与实践脱节的难题提供了新的解决思路,预期通过从“离线仿真”到“边缘部署”的完整工程闭环训练,能显著提升研究生解决复杂工程问题的“硬实力”及工程伦理与创新思维的“软实力”。未来,课程建设将进一步深化产教融合,利用工业互联网平台实现课程资源的云端共享,为智能制造领域德才兼备的高层次复合型人才提供可推广的理论依据与实践参考。

参考文献

- [1] 樊建平, 郁建平. 基于 SPOC 的机电控制技术混合教学探索与实践 [J]. 大学教育, 2023(7): 44-46.
- [2] 肖梅宁, 李飞, 张腾飞, 等. 面向工程专业学位研究生的“四突出”课程建设探索与实践 [J]. 学位与研究生教育, 2025(2): 35-39.
- [3] 刘海洋, 侯占峰, 宣传忠, 等. 理工院校研究生理实一体化项目式教学法的改革与实践 [J]. 科技风, 2023(25): 4-6.
- [4] 唐伟, 王红茹, 李忠国. 基于卓越计划的机电专业电控类课程教学改革 [J]. 黑龙江教育(高教研究与评估), 2019(4): 27-29.
- [5] 伊鹏, 田兴辉, 李福来. 科研-竞赛融合赋能机械类研究生创新实践培养 [J]. 科教导刊, 2024(4): 20-22.
- [6] 杜学芳. 机电控制技术课程理实一体化教学改革研究与实践 [J]. 河南机电高等专科学校学报, 2016, 24(5): 79-81.
- [7] 王鸿燕, 赵小燕, 林喆, 等. 工程类研究生课程教学质量多元化评价体系探索 [J]. 创新教育研究, 2025, 13(5): 394-400.
- [8] 焦玉成, 王娟. 线上线下混合式教学探究与实践研究——以“机电控制与 PLC 应用技术”课程为例 [J]. 工业和信息化教育, 2023(1): 49-54.
- [9] 李翔, 王丽, 马骥. “电机与电气控制技术”课程“岗课赛证”教学模式的改革与实践 [J]. 装备制造技术, 2022(9): 195-196.
- [10] 曾凡菊, 黄跃娟, 丁娟, 等. 面向工程强化实践《机电控制技术》课程改革与探索 [J]. 造纸技术与应用, 2023, 51(2): 66-68.