

知识快速迭代背景下科技前沿动态融入研究生微机械制造技术课程的教学改革与实践

闫正虎 蒋新广 张长富 张静静

西安工业大学机电工程学院, 中国·陕西 西安 710021

摘要: 针对知识快速迭代背景下研究生微机械制造技术课程教学中前沿动态融入不足、教学方法单一、评价体系滞后的问题, 围绕立德树人根本任务开展了教学改革与实践。教学内容层面, 构建了“课程知识点+科技前沿动态+研究生研究方向”与“课程知识点+科技前沿动态+课程思政”两种融合模式; 教学方法层面, 根据课程知识点特色匹配讨论式、翻转课堂、案例式、对比分析等教学方法, 并贯穿团队学习机制; 考核评价层面, 构建了“课堂听课—个人分享—协作汇报—课程报告”四阶段过程性评价体系, 将前沿动态掌握情况与思政学习效果纳入考核。通过课程改革实现了科技前沿动态与课程教学的有机融合, 为制造类研究生课程建设提供了参考。

关键词: 微机械制造技术; 科技前沿动态; 课程思政; 过程性评价; 教学改革

Teaching Reform and Practice of Integrating Frontier Developments in Science and Technology into the Postgraduate Course "Micro-Manufacturing Technology" Against the Background of Rapid Knowledge Iteration

Yan Zhenghu, Jiang Xinguang, Zhang Changfu, Zhang Jingjing

School of Mechatronics Engineering, Xi'an Technological University, China Shaanxi Xi'an 710021

Abstract: Against the background of rapid knowledge iteration, the postgraduate course "Micro-Manufacturing Technology" faces several problems in its teaching, including insufficient integration of frontier developments, monotonous teaching methods, and a lagging evaluation system. To address these problems, teaching reform and practice were carried out around the fundamental task of fostering virtue through education. At the level of teaching content, two integration modes were constructed: "course knowledge points + frontier developments in science and technology + postgraduate research directions" and "course knowledge points + frontier developments in science and technology + ideological and political education." At the level of teaching methods, discussion-based teaching, the flipped classroom, case-based teaching, and comparative analysis were matched to the characteristics of different knowledge points, with a team-learning mechanism running throughout the teaching process. At the level of assessment, a four-stage process-oriented evaluation system of "classroom performance—individual presentation—team collaborative report—course report" was established, in which students' mastery of frontier developments and the learning outcomes of ideological and political education were incorporated into the assessment. Through this reform, the organic integration of frontier developments into course teaching was achieved, providing a reference for the development of manufacturing-related postgraduate courses.

Keywords: Micro-manufacturing technology; Frontier developments in science and technology; Ideological and political education; Process-oriented evaluation; Teaching reform

1 前言

1.1 研究背景

2015 年 5 月, 国务院印发《中国制造 2025》, 将建设制造强国上升为国家战略; 2024 年 5 月, 国务院常务会议审议通过《制造业数字化转型行动方案》, 明确将制造业数字化转型作为推进新型工业化、建设现代化产业体系的重要举措。习近平总书记高度重视我国制造业转型升级,

强调“制造业特别是装备制造业高质量发展是我国经济高质量发展的重中之重”。

微机械制造是制造业的重要分支, 深刻影响国民经济与国防工业的发展。随着 MEMS 技术、新型材料技术与微加工技术的迅速发展, 各类机械产品呈现微型化趋势, 微机械制造技术在国防工业、航空航天、现代医学、微电子工业等领域得到广泛应用, 机械产品在结构形状、使用功

能与可靠性方面的性能不断提升。制造产业的转型升级以及新产业、新业态的产生,对人才的知识结构提出了新要求,亟须培养具有扎实专业知识、创新思维与创新能力的工程技术人才。与此同时,我国微机械制造行业在光刻机、芯片、触觉传感器、手机射频器件等领域仍面临诸多“卡脖子”问题,迫切需要培养既掌握微机械制造技术,又具有爱国主义情怀、科技强国梦想、开拓精神与奉献精神的高层次人才。

1.2 现状分析

针对上述人才需求,面向机械工程专业硕士研究生开设微机械制造技术课程具有重要意义。该课程主要讲授常用微机械制造技术的理论基础、加工工艺及应用场合,旨在培养学生运用微机械制造技术实现微纳器件高性能制造的思维能力、微纳结构创新设计能力,以及对新知识的敏感性和捕捉能力,并在教学过程中引导学生树立工匠精神、创新精神与家国情怀。

围绕前沿成果融入课程教学,国内学者已开展了一系列探索:王建明等从课程建设视角系统论述了科研成果引入教学的实施途径与外部保障^[1];龚春梅等将科研前沿引入植物生理学课程教学,验证了其对学生学习效果与创新能力的促进作用^[2];靳晓颖等探索了科研成果进课堂的教学模式并取得良好成效^[3];邵高聳等以研究生课程为例,研究了科研成果融入课程教学的路径^[4];张英杰等基于科教融合理念将科技前沿知识融入课程教学,同步构建了多元化综合评价体系^[5]。然而,在知识快速迭代的背景下,微机械制造领域的科技前沿动态日新月异,课程教学中逐渐暴露出以下问题:

(1) 教学内容重教材、轻前沿,知识点时效性滞后。与课程内容相关的科技前沿动态主要以科研文献、公众号、科技论坛等网络资源形式呈现,更新速度远快于教材版本。课程教学若仍以教材知识点的讲授为主,学生便难以及时了解与课程内容相关的前沿进展,不利于创新精神的培养。

(2) 教学方法相对单一,前沿动态融入生硬。以往教学以教师单向讲授为主。在知识不断迭代的背景下,若前沿动态仍以讲授方式加入课堂,前沿内容与课程知识点容易形成“两张皮”,既达不到潜移默化的融入效果,也难以激发学生的学习兴趣。

(3) 评价体系滞后于教学改革,德育成效体现不足。将前沿科技动态融入课程教学,必然要求采用多种方式相结合的教学模式,原有的“考试成绩+平时成绩”终结性评价体系已不能满足考核要求。此外,以往评价侧重理论

知识掌握,对学生的爱国主义情怀、团队合作精神和工匠精神等德育培养成效关注不够,评价体系亟待完善。

综上所述,本文围绕立德树人这一根本任务,从教学内容、教学方法与考核评价三个层面开展教学改革:构建科技前沿动态与课程知识点的融合模式,解决科技前沿动态“教什么”的问题;研究适用于科技前沿动态融入的多元化教学方法,解决“怎么教”的问题;建立多元化教学评价体系,解决“怎么评”的问题,为培养德才兼备的新时代研究生提供支撑。

2 科技前沿动态融入课程教学的改革与实践

2.1 科技前沿动态与课程教学内容的融合模式

在知识快速迭代背景下,微机械制造领域的科技前沿日新月异、成果繁多。将课程知识点与科技前沿动态相结合,能够在传授知识的同时拓宽学生视野,引导学生主动追踪学科前沿,培养创新意识与创新能力。具体实施路径为:依据研究生培养方案与课程教学大纲,将课程教学内容分解细化为具有内在逻辑与脉络的知识点体系;通过科研文献、行业报告、科技媒体等渠道,系统收集与微机械制造技术相关的科技前沿热点;进而将前沿动态与分解后的知识点逐一匹配、有机融合。在融合模式上,结合课程的知识目标、能力目标与研究生的研究方向,构建“课程知识点+科技前沿动态+研究生研究方向”的融合模式;结合课程的思政目标,构建“课程知识点+科技前沿动态+课程思政”的融合模式。在此基础上,将融入前沿动态的课程知识点转化为教学案例,逐步建立可持续更新的课程教学案例库。

(1) “课程知识点+科技前沿动态+研究生研究方向”融合模式。以“微细电化学加工”知识点为例:讲授时首先讲解微细电化学加工的基本原理(基于法拉第定律的阳极溶解)、关键技术(微间隙控制、微电极制备与进给、脉冲电源)及典型应用(微孔、微槽、三维微结构),并强调其无宏观切削力、无热影响区、不受工件硬度限制的技术特点,与微细切削加工形成工艺互补。随后引入科技前沿动态,介绍纳秒/皮秒脉冲电化学加工、射流电解加工(Jet-ECM)、掩膜电解加工等最新进展,及其在航空发动机气膜冷却孔、植入式医疗器件、精密模具微结构制造中的应用。进而结合研究生的研究方向组织差异化研讨:面向微细电化学加工方向的研究生,围绕加工定域性与杂散腐蚀抑制问题,调研脉冲参数、电解液组分对加工精度的影响规律;面向微细切削加工方向的研究生,对比分析电解加工与微铣削在钛合金、高温合金等难加工材料

微结构制备中的适用边界,探讨电解一切削复合加工的技术路线;面向微细刀具制备方向的研究生,研讨电化学法制备微细工具电极与微铣刀的工艺方案,并从刃口质量、制备效率、成本等维度与线电极电火花磨削(WEDG)等传统方法进行对比论证。各方向研究生围绕同一知识点选取不同切入点,完成“文献调研—问题凝练—技术路线对比”的小型研讨报告,并在课堂上汇报互评。通过该环节,同一知识点在不同研究方向上转化为解决具体科学问题的工具,实现了课程学习与课题研究的双向促进,同时培养了研究生跨方向比较与学术表达的能力。

(2)“课程知识点+科技前沿动态+课程思政”融合模式。以“微细电火花加工”知识点为例:讲授时首先讲解脉冲放电蚀除材料的基本原理、微能脉冲电源与微细电极制备等关键技术,并介绍微细电火花加工的前沿应用,如航空发动机涡轮叶片气膜冷却孔、燃油喷嘴微孔、半导体封装模具型腔等。随后引入科技前沿动态,指出当前高端数控微细电火花机床仍主要由瑞士、日本厂商主导,我国在高精度主轴、微能电源等核心部件上存在差距。在此基础上自然融入课程思政:回顾20世纪60年代我国在前苏联电火花加工技术基础上首创往复高速走丝电火花线切割机床、并成为全球唯一实现该技术规模化产业国家的历程,引导学生认识立足国情、原始创新的价值;结合航空发动机气膜孔加工从“跟跑”到“并跑”的数十年工艺积累,阐释大国重器背后精益求精的工匠精神;最后组织研讨“微细特种加工领域实现自主可控的可能路径”,将科技报国的价值引领落脚于专业责任。

2.2 适用于融入科技前沿动态的课程教学方法

采用传统单向讲授式教学方法融入科技前沿动态时,存在三方面不足:一是前沿内容与课程知识点容易形成“两张皮”,学生被动接受、理解不深;二是科技前沿动态时效性强、更新快,教师单向备课难以持续跟踪;三是学生研究方向各异,统一讲授难以兼顾差异化需求。针对上述不足,根据不同知识点的内容特色匹配相应的教学方法,并按照“实施—评价—调整”的闭环迭代优化,直至达到较好的教学效果。

(1)讨论式教学法。适用于原理性、开放性较强的知识点(如硅微制造的工艺路线选择)。课堂上围绕前沿问题设置议题,组织学生分组讨论,教师巡回引导并集中点评。学生在讨论中碰撞思想、辨析观点,加深对知识的理解,同时训练批判性思维与学术表达能力。

(2)翻转课堂教学法。适用于与研究生科研方向结合

紧密的知识点。课前引导学生结合课程知识点与所在课题组的研究方向,自主检索、匹配并整理相关科技前沿动态,形成汇报材料;课堂上以学生主讲分享为主、教师补充纠偏为辅。该方式将前沿跟踪的任务转移给学生,既解决了前沿内容时效性强、教师难以全面覆盖的问题,又激发了学习兴趣,培养了学生的自主学习与学术汇报能力。

(3)案例式教学法。依托课题组所建立的课程教学案例库实施。选取融入科技前沿动态的典型案列(如大国重器中的微纳制造案例),组织学生进行剖析、研讨与复盘,将抽象知识点置于真实工程情境中理解。同时以案例为载体承载课程思政,通过大国重器的分享与讨论激发民族自豪感与爱国热情、树立文化自信,引导学生以大国工匠精益求精的标准要求自己,养成严谨细致的工程态度与作风。

(4)对比分析教学法。适用于涉及国际竞争格局的知识点。横向对比我国与其他科技强国在微机械制造领域的差距,纵向对比关键技术的演进脉络,使学生理性认识“并跑”“跟跑”与“领跑”并存的现状,在潜移默化中树立为提升国家科技实力而奋斗、为国铸剑的志向。

此外,鼓励学生组成学习团队,以团队形式完成课程内容与科技前沿动态的检索、整理与分享,将团队协作贯穿上述各教学方法之中,培养学生的团队合作精神。

2.3 课程多元化教学评价体系

传统的“考试成绩+平时成绩”终结性评价重结果、轻过程,既无法反映学生对科技前沿动态的跟踪与掌握情况,也难以衡量课程思政的育人成效,已不能满足本课程的考核要求。为此,结合课程教学内容的特点,将考核分解到教学全过程,构建“课堂听课—一个人分享—协作汇报—课程报告”四阶段过程性评价体系:各阶段均设置可观测、可量化的考核观测点,将学生对科技前沿动态的掌握情况纳入考核;同时将思政教育的学习效果细化为具体指标并落实到各阶段评分中,使评价覆盖知识掌握、能力训练与价值塑造三个层面。

(1)第一阶段:课堂听课表现(权重20%)。教师在知识点讲解过程中通过提问与学生互动,根据回答情况现场评估并记录分值。观测点有两个:一是对课程知识点的理解程度;二是对课前发布的前沿动态阅读材料的关注与准备情况。该阶段以评促学,督促学生保持课堂投入并完成课前阅读。

(2)第二阶段:个人科技前沿动态分享(权重20%)。学生独立选题并登台讲解,考查其独立检索、筛选与讲解前沿信息的能力。观测点包括:选题与课程知识点、科技

前沿动态的匹配度, 前沿信息是否准确、来源是否权威、是否具有时效性; 汇报时间把控, 规定时长 10 分钟, 按实际用时与规定的偏差程度计分; 对分享内容的熟悉程度, 依据脱稿程度与回答现场提问的表现评定。

(3) 第三阶段: 团队协作汇报(权重 20%)。与前文所述的团队学习机制相衔接, 学生以小组为单位就某一专题开展协作汇报。观测点包括: 团队分工的合理性与协作完成度; 汇报资料的规范性, 文献引用是否规范、图表是否清晰标注来源, 以此强化学术规范意识; 思政表现, 能否在案例中自然地挖掘价值元素(如科技自立自强、工匠精神), 体现科技报国的责任感。评分采用教师评分与学生团队互评相结合的方式, 保证评价的客观性。

(4) 第四阶段: 课程报告(权重 40%)。课程结束时, 学生结合所在课题组的研究方向, 围绕某一课程知识点及其相关科技前沿动态, 独立撰写前沿技术调研报告。观测点包括: 选题价值, 知识点与前沿动态、研究方向的结合是否紧密; 前沿动态掌握的广度与深度, 文献调研是否全面, 是否涵盖近两三年的高水平文献, 对技术现状与发展趋势的分析是否有独立见解; 逻辑结构与学术规范性, 报告结构是否完整、论证是否严谨、引用格式是否规范; 思政素养, 能否在技术分析中体现工程伦理意识与科技报国情怀。课程报告将前沿动态的掌握从课堂延伸至课后的系统性整理, 是对第二、三阶段的深化, 同时全面考查学生的文献调研、综合分析 with 学术写作能力。

评价体系运行后, 通过成绩分布统计、学生问卷调查以及往届学习效果的纵向对比, 检验各观测点的区分度与合理性, 并据此对权重分配与观测点设置进行动态调整, 形成“评价—反馈—改进”的闭环。

3 结语

针对知识快速迭代背景下微机械制造技术课程教学中前沿动态融入不足、教学方法相对单一、评价体系不能满足考核要求等问题, 本文围绕立德树人这一根本任务, 从教学内容、教学方法与考核评价三个层面开展了教学改革与实践。

(1) 在教学内容层面, 将课程内容分解为具有内在逻辑的知识点体系, 构建了“课程知识点+科技前沿动态+研究生研究方向”和“课程知识点+科技前沿动态+课程思政”两种融合模式, 并以微细电化学加工、微细电火花加工为例给出了具体融入路径; 在此基础上建立可持续更新的课程教学案例库, 弥补了教材内容时效性滞后的不足。

(2) 在教学方法层面, 根据不同知识点的内容特色匹

配讨论式、翻转课堂、案例式、对比分析等教学方法, 并以团队学习机制贯穿始终。前沿动态的检索与跟踪由教师单向备课转变为学生自主完成, 既解决了前沿内容更新快、教师难以全面覆盖的问题, 又使前沿融入不再生硬, 同时培养了学生的自主学习能力、批判性思维、学术表达能力与团队协作精神。

(3) 在考核评价层面, 构建了“课堂听课—个人分享—协作汇报—课程报告”四阶段过程性评价体系, 将学生对科技前沿动态的掌握情况和思政教育学习效果纳入考核, 使评价覆盖知识掌握、能力训练与价值塑造三个层面, 并通过成绩分布统计、问卷调查与纵向对比形成“评价—反馈—改进”的闭环。

上述改革将科技前沿动态有机融入课程教学全过程, 实现了课程学习与课题研究的双向促进, 在传授专业知识的同时培养了学生的创新思维、对新知识的敏感性与捕捉能力, 以及工匠精神和科技报国情怀。后续将持续跟踪教学效果, 对融合模式、教学方法与评价权重进行迭代优化, 并将该教学模式推广至其他制造类研究生课程。

参考文献:

- [1] 王建明, 周洁. 从课程建设视角谈科研成果引入教学[J]. 江苏高教, 2007(3): 84-86.
- [2] 龚春梅, 王俊惠. 引入科研前沿对植物生理学教学方法的改进和效果分析[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(2): 373-376.
- [3] 靳晓颖, 张鹏飞, 刘翠. 基于水利创新人才培养的科研成果进课堂教学模式探索[J]. 黄河水利职业技术学院学报, 2022, 34(3): 67-72.
- [4] 邵高聿, 郭玉龙, 卢林刚等. 科研成果融入研究生课程教学研究——以“洗消剂及其应用”课程为例[J]. 中国人民警察大学学报, 2023, 39(10): 92-96.
- [5] 张英杰, 同小娟. 基于科教融合的“气象学”课程教学改革探索[J]. 中国林业教育, 2024, 42(3): 68-72.

基金项目: 西安工业大学校级研究生教育教学改革研究项目“知识迭代背景下融入科技前沿动态的《微机械制造技术》课程改革与实践”(项目编号: XAGDYJ240203), 西安工业大学校级本科教学改革研究项目“基于‘科研反哺、科教融合’理念的机械制图课程教学模式探索与实践”(项目编号: 25JGY08)。

作者简介: 闫正虎, 男, 汉族, 湖北省襄阳市, 副教授, 博士, 研究方向: 复杂曲面数字化制造技术、电化学加工技术。