ISSN：3080-2660
EISSN：3080-2679

新工科背景下《无机材料机械与热工设备》课程教学改革探索

阮梦楠[1] 宁彩珍[1] 刘德娥[1] 武 娟[2] 王成佐[1] 刘志锋[1*]

1. 天津城建大学材料科学与工程学院，天津 300384

2. 天津城建大学教务处，天津 300384

摘 要：《无机材料机械与热工设备》是材料科学与工程专业的核心课程，承担着连接热工基础理论与工业窑炉工程实践的重要使命。针对课程教学中存在的与产业发展脱节、与社会发展脱节、与科技前沿脱节的“三个脱节”问题，以及思政融入不足、考核方式单一等短板，借鉴“四个融合”的一流本科课程建设理念，构建了“思政元素与专业知识有机融合、产业前沿与教学内容深度融合、先进科技工具与课堂教学深度融合、多维度考核机制深度融合”的教学改革模式。通过挖掘设备发展史中的思政元素、引入水泥窑炉低碳转型与新能源电池热管理等产业案例、借助生成式人工智能与数值模拟工具辅助教学、实施过程性评价与终结性评价相结合的考核体系，有效提升了课程的高阶性、创新性和挑战度，增强了学生的工程实践能力、科研创新思维和跨学科综合素养，为培养适应新时代需求的高素质复合型工科人才提供了有益探索。

关键词：无机材料机械与热工设备；三个脱节；四个融合；工程实践能力

DOI：10.64649/yh.jydk.issn3080-2660.202611025

0 引言

人才是第一资源，高校是人才培养的主阵地。在新时代推进科教兴国战略和制造强国建设的背景下，培养具有解决复杂工程问题能力、敢于创新的复合型工科人才，已成为高等工程教育的核心任务[1]。《无机材料机械与热工设备》作为材料科学与工程专业的一门重要专业基础课程，系统讲授设备、水泥窑炉、陶瓷窑炉、玻璃窑炉等典型热工设备的结构、工作原理与设计方法[2]。该课程具有理论性、实践性与工程性并重的鲜明特点，在专业人才培养体系中充当基础理论与工程实践之间的桥梁，对于培养学生分析和解决材料工业热工领域复杂工程问题的能力具有不可替代的作用。

然而，近年来该课程的教学实践表明，传统教学模式逐渐暴露出与时代发展不相适应的深层矛盾。北京化工大学于鹏禄老师等[3]将热工基础及设备类课程教学中的突出问题概括为“三个脱节”，即与产业发展脱节、与社会发展脱节、与科技前沿脱节。这一判断同样适用于《无机非金属材料热工设备》课程。与此同时，赵蔚琳[4]老师等依据一流本科课程“两性一度”的建设标准，提出了专业知识点与思政元素有机融合、教学内容深度与广度相融合、现代信息技术与教学深度相融合、多维度考核机制相融合的“四个融合”教学模式，为工科专业课程的系统化改革提供了可资借鉴的框架。本文以《无机材料机械与热工设备》课程为依托，综合“三个脱节”的问题诊断与“四个融合”的建设理念，从思政融入、产业对接、技术赋能、科教融合和考核优化五个维度，探讨该课程教学改革的路径与策略，以期为同类课程建设提供参考。

1 课程教学存在的问题剖析

1.1 与产业发展脱节：教材内容更新滞后，工程能力培养薄弱

《无机材料机械与热工设备》课程内容涵盖了水泥、陶瓷、玻璃等主要无机非金属材料工业热工设备的基本原理与结构设计，体现了基础性与系统性。但课程内容更新速度难以跟上产业技术迭代的步伐。随着节能降碳政策的深入推进和智能制造技术的快速发展，水泥工业正在经历从传统回转窑向智能化、低碳化窑炉系统的转型，陶瓷行业则在积极探索电窑炉、氢能窑炉等新型热工装备。然而，课程中对这些产业前沿动态的反映相对有限，部分设备结构示意图和工艺参数仍以传统设备为主。问卷调查显示，学生普遍认为课程内容重要，但“不能很好地将课程知识与工程应用联系起来”，部分学生反映课程设计“难理解、费时间”[3]。企业方面则反馈应届毕业生“工程能力不足，增加了企业的培育成本”。这种供需错位正是课程内容与产业发展脱节造成的直接后果。

1.2 与社会发展脱节：教学方式偏于传统，学生主体地位不彰

《无机材料机械与热工设备》课程涉及大量设备结构图、工艺流程和热工参数计算，传统教学以多媒体讲授为主，辅以习题和随堂提

ISSN：3080-2660
EISSN：3080-2679

问，教学方式相对单一。在信息获取方式深刻变革的今天，学生习惯于碎片化、交互式、可视化学习，而课堂仍以教师单向传授知识为主，学生参与度和主动性不足。教学方式与社会发展脱节，不仅影响知识传授的效率，更制约了学生创新思维和实践能力的培养，难以满足新工科教育对“高阶性、创新性、挑战度”的要求。

1.3 与科技前沿脱节：前沿技术融入不足，跨学科视野受限

当今世界正处于新一轮科技革命和产业变革的交汇期，人工智能、大数据、数字孪生、增材制造等新技术正在深刻改变材料工业的面貌。然而，《无机材料机械与热工设备》课程教学对科技前沿的反映明显不足。一方面，教材中较少涉及数值模拟、有限元分析、计算流体力学等现代工程分析工具在热工设备设计与优化中的应用；另一方面，热电材料余热回收、新能源电池热管理、高性能芯片散热等与传热传质理论密切相关的新兴技术领域，尚未被系统纳入教学内容。学生缺乏对学科交叉融合前沿的认知，不利于培养跨学科创新思维和科研能力。此外，生成式人工智能等新兴工具在教学中的应用尚属空白，教师对学生使用 AI 工具缺乏有效引导，存在“AI 幻觉”带来的信息甄别风险。

2 教学改革策略

针对上述问题，本文借鉴“四个融合”的建设思路，结合《无机材料机械与热工设备》的课程特点，从以下五个方面提出教学改革策略。

2.1 思政元素与专业知识有机融合，落实立德树人根本任务

立德树人是课程建设的根本指导思想。课程中涉及的水泥窑炉、陶瓷窑炉和玻璃窑炉等热工设备，其发展历程蕴含着丰富的思政教育资源。教师应系统梳理各章节的思政融入点，将价值引领有机嵌入知识传授之中。

在绪论部分，通过介绍中国水泥工业从引进消化到自主创新的发展历程，特别是新型干法水泥窑炉技术达到国际先进水平的成就，激发学生的民族自豪感和专业认同感。在讲授回转窑结构时，结合窑体断裂事故案例，引导学生认识工程设计参数选择的重要性，培养严谨负责的工程伦理意识。在分解炉和预热器章节，讲述中国水泥人自主研发旋风预热器与分解炉技术的历程，鼓励学生勇于探索、自主创新。在燃料燃烧与环保章节，结合“双碳”目标，讨论水泥窑炉协同处置废弃物的技术进展，强化绿色低碳理念和生态文明意识。在耐火材料章节，以镁铬质耐火材料中六价铬的环境危害为例，引导学生思考无公害耐火材料的开发方向，厚植社会责任感和可持续发展理念。通过上述方式，使思政教育与专业知识传授同向同行，实现“润物无声”的育人效果。

2.2 产业前沿与教学内容深度融合，强化工程实践能力

针对与产业发展脱节的问题，教学改革应主动对接无机非金属材料工业的转型升级需求，将产业前沿内容引入课堂、融入课程设计，构建“理论—案例—设计”一体化的教学内容体系。

在课堂教学中，结合姜洪舟教材的各设备章节，引入新型清洁窑炉设计、水泥窑炉低碳转型、新能源汽车电池热管理、高性能芯片热界面材料、太阳能水蒸发等产业前沿案例。例如，在讲授传热与干燥部分时，引入新能源汽车动力电池热管理系统的技术进展，引导学生运用传热学原理分析电池模组的散热需求与热界面材料的设计思路，这种“产业背景—理论分析—方案研讨”的教学链条，既增强了学生对行业现状的了解，又培养了其运用所学知识分析和解决产业实际问题的能力。

2.3 先进科技工具与课堂教学深度融合，提升课程“两性一度”

针对与社会发展和科技前沿脱节的问题，教学改革应积极引入先进科技工具，推动教学方式从单向传授向交互式、探究式转变，增强课程的高阶性、创新性和挑战度。

第一，建设微课视频与网络教学平台。依据教学大纲，提炼各章节关键知识点，设计短小精悍的微课教学视频（每个 5~15 分钟），重点展示热工设备的结构剖面、工作原理动画和运行过程仿真。微课视频中可嵌入自测题目，学生须解答后方可继续学习，以保障预习效果。同时，借助超星学习通等平台建立网络课程资源库，发布知识点讲解视频、设备结构动画、典型工程案例文献和国内外水泥热工设备宣传片，拓展学生自主学习空间。

第二，构建智慧课堂。借鉴 BOPPPS 教学法设计课堂教学流程：以图片、视频或工程案例导入新课（导言），展示知识—能力—素质教学目标（目标），通过弹题检查预习情况（前测），采用“PPT+ 图片 + 视频 + 仿真动画 + 板书 + 案例 + 思政元素”七位一体方式讲授知识点并安排小组讨论与互动（参与式学习），利用手机答题进行小测验（后测），最后总结本节课重点难点并布置课后网络作业（总结）。智慧课堂使课堂“动起来”、学生“忙起来”，在有限的学时内实现知识传授、能力培养与价值引领的有机统一。

ISSN：3080-2660
EISSN：3080-2679

2.4 深化科教融合，培养科研创新思维与跨学科视野

科教融合是提升课程高阶性的重要途径。教学团队应将科研成果和科技创新案例引入课堂，使学生在学习基础理论的同时，了解知识的生产过程和应用前沿，培养科研意识和创新思维。

在传热与传质章节，结合热电材料在钢铁厂余热回收中的应用，介绍热电材料的工作原理、功能特性及其在热工系统中的潜在应用前景。在干燥与传热部分，引入新能源汽车电池热管理、高性能芯片散热、太阳能海水淡化等领域的技术进展，引导学生思考传热传质理论在新材料、新技术研发中的应用。结合“碳中和、碳达峰”目标，引导学生分析其对水泥、陶瓷、玻璃等行业热工设备设计与运行的影响，以发展的眼光看待技术演进与产业变革。此外，教师可将自身科研项目中涉及的热工设备数值模拟、热工标定等内容转化为教学案例，让学生了解科研工作的基本方法和工程问题的解决路径，实现“科研反哺教学、教学促进科研”的良性循环。

3 改革实施成效与反思

上述改革策略在《无机材料机械与热工设备》课程教学中进行了初步实践，取得了积极成效。学生学习积极性明显提高，课堂互动频率和网络平台访问量显著增加；课程设计作品中，学生能够自觉运用产业调研资料和数值模拟工具进行方案论证，工程思维和综合设计能力得到锻炼；期末试卷中“能力”和“素质”类试题的得分率较改革前有所提升，表明学生对知识的深层理解和迁移应用能力有所增强。同时，教师通过参与微课建设、网络平台维护和 AI 工具教学应用，教学理念和教学手段也得到了更新。

4 结语

《无机材料机械与热工设备》课程作为材料科学与工程专业的核心课程，其教学质量直接关系到学生工程实践能力和创新素养的培养。本文综合“三个脱节”的问题诊断与“四个融合”的建设理念，从思政融入、产业对接、技术赋能、科教融合和考核优化五个维度构建了教学改革框架。实践表明，将思政元素有机嵌入专业知识、将产业前沿与教学内容深度融合、将先进科技工具引入课堂教学、将科研成果转化为教学资源、将过程性评价与终结性评价相结合，能够有效破解课程教学与产业、社会、科技前沿脱节的困境，提升课程的高阶性、创新性和挑战度。在未来的教学中，应继续跟踪无机非金属材料工业的技术演进和高等工程教育的最新要求，动态优化教学内容与方法，为培养具有突出工程能力和创新精神的高素质复合型人才贡献力量。

参考文献：

[1] 王英梅 , 马高生 , 刘杰 . 基于 CiteSpace 的热工基础学科研究热点及趋势分析 [J]. 高教学刊 , 2024, 10(11): 18−23.

[2] 姜洪舟 . 无机非金属材料热工设备 [M]. 武汉 : 武汉理工大学出版社 , 2019.

[3] 于鹏禄 , 曾晓悦 , 于运花 , 等 . 热工基础及设备课程教学的问题及应对策略 [J]. 化工高等教育 ,2025,42(2):68−72. DOI:10.3969/j.issn.1000−6168.2025.02.012.

[4] 赵蔚琳 , 段广彬 , 杨长江 , 等 . 构建“四个融合”助推一流本科课程建设——以硅酸盐水泥热工设备课程为例 [J]. 高等建筑教育 , 2024, 33(4): 111−117.

[5] 高怀斌 , 马逾 , 魏若男 , 等 . 新工科背景下机械类专业热工基础案例式教学改革与实践 [J]. 汽车实用技术 , 2023, 48(23): 176−179.

作者简介：阮梦楠（1991—），女，汉族，天津宝坻人，博士研究生，副教授，硕士生导师，研究方向：有机光电催化及可穿戴智能材料。

通讯作者：刘志锋（1977—），男，汉族，河北唐山人，博士研究生，教授，硕士生导师，研究方向：建筑低碳功能材料、能源环境催化材料及光电材料与建筑一体化。

项目信息：2023 年天津市教改项目“产教融合背景下材料科学与工程专业复合应用型人才培养模式探索与实践”（项目编号：B231079204）；2025 年校级教改项目“人工智能时代下《无机材料机械与热工设备》课程教学改革研究”（项目编号：JG−YB−25084）；2025 年天津城建大学校级智慧课程建设项目《无机材料机械与热工设备》；2025 年天津城建大学校级智慧课程建设项目《无机非金属材料工学》。