

“四位一体”育人导向下复合材料原理课程 课堂教学改革研究

刘 正, 吴 丹*, 贺国文

湖南城市学院材料与化学工程学院, 湖南 益阳

收稿日期: 2026年3月20日; 录用日期: 2026年5月14日; 发布日期: 2026年5月25日

摘 要

复合材料原理是材料科学与工程专业的核心课程, 内容抽象、理论性强, 传统教学模式难以激发学生兴趣且理论与实践脱节。针对这一问题, 本文以“四位一体”为育人目标, 融合“以学生为中心”与“以发展需求为中心”的双中心理念, 借助数字化手段开展课堂教学方法改革。构建了课前任务链驱动自主学习、课中问题链引导探究式研讨、课后项目式拓展的三阶段教学流程, 引入AI学情诊断、虚拟仿真、AR展示及多模态资源库, 重构了基于学习分析的过程性考核体系。实践表明, 该模式显著提升了学生的高阶思维与自主学习能力, 可为复合材料类课程改革提供参考。

关键词

四位一体, 双中心, 复合材料原理, 课堂教学改革, 教育数字化

A Study on Classroom Teaching Reform in the Course on Principles of Composite Materials under the “Four-in-One” Educational Approach

Zheng Liu, Dan Wu*, Guowen He

College of Materials and Chemical Engineering, Hunan City University, Yiyang Hunan

Received: March 20, 2026; accepted: May 14, 2026; published: May 25, 2026

Abstract

Principles of Composite Materials is a core course for materials majors, characterized by abstract

*通讯作者。

文章引用: 刘正, 吴丹, 贺国文. “四位一体”育人导向下复合材料原理课程课堂教学改革研究[J]. 创新教育研究, 2026, 14(5): 275-283. DOI: 10.12677/ces.2026.145344

content and strong theoretical concepts. Traditional teaching methods often fail to engage students and create a disconnection between theory and practice. Addressing this issue, this paper adopts the “Four-in-One” educational goal, integrates the “Dual-Center” concept, and leverages digital tools to reform classroom teaching. A three-stage teaching process was constructed: pre-class task chains for self-directed learning, in-class problem chains for inquiry-based discussion, and post-class project-based extension. Digital tools including AI-based learning analytics, virtual simulation, AR displays, and multimodal resource libraries were introduced, alongside a reconstructed process assessment system based on learning analytics. Practice shows this model significantly enhances students’ higher-order thinking and self-learning abilities, offering a reference for reforming composite materials courses.

Keywords

Four-in-One, Dual-Center, Principles of Composite Materials, Classroom Teaching Reform, Educational Digitalization

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

复合材料原理是材料科学与工程专业的核心必修课，通常在我校材料专业大三年级上学期开设。此时学生虽然已经完成了大学物理、有机化学、无机化学和材料科学基础等前置课程的学习，具备了一定的专业基础知识储备，但面对复合材料原理这门课程时，仍然普遍感到吃力[1]。这门课程主要讲授几种典型增强体与基体的特性及制备方法、增强体与基体复合后的界面行为，以及陶瓷基、金属基、高聚物基复合材料设计中所涉及的重要理论和原理。课程内容覆盖面广，既有颗粒增强原理、短纤维增强原理等基础理论，也有界面效应、应力传递机制等微观机理，还涉及大量数学公式推导[2]。

问题的关键在于，这些内容抽象枯燥、晦涩难懂。纤维与基体之间的界面结合如何影响宏观力学性能？裂纹在多层复合材料中如何萌生与扩展？这些过程发生在微观尺度，看不见摸不着，传统的“板书+PPT”讲授模式难以直观呈现宏观微观之间的关联。学生在课堂上听得云里雾里，课后看书又是一头雾水，久而久之学习兴趣自然提不起来[1]。更要命的是，课程普遍存在重理论轻应用、知识传授与能力培养割裂的现象[3]。学生背了一堆公式和概念，真遇到实际问题——比如为什么某款碳纤维自行车车架会断裂？该如何为新能源汽车设计轻量化部件？——就完全不知道从何下手。这种“学完不会用”的尴尬，恰恰说明学生解决复杂工程问题的能力难以落地。

与此同时，工程教育专业认证对学生的知识应用能力和实践能力提出了明确要求。如何将抽象的理论知识转化为学生解决实际问题的能力，已经成为复合材料原理课程改革必须直面的核心问题。

1.1. 新工科背景下的改革诉求

“新工科”建设的核心目标是培养具有跨学科视野、创新能力和工程实践能力的复合型人才[4]。具体到复合材料领域，这意味着课程教学不能固守陈规，必须紧跟行业前沿。现实情况却是，复合材料技术迭代速度很快——今天风电叶片用的玻璃纤维增强复合材料，明天可能就被碳纤维或天然纤维增强复合材料取代；今天还在实验室研究的纳米复合材料界面行为，明天可能就成为工程现场的工艺难题。传统教学内容滞后于产业发展，学生在课堂上学的东西，还没毕业就可能已经过时了。

更要紧的是,工程教育认证强调成果导向(OBE),要求课程设计必须支撑毕业要求的达成。这意味着教师不能只管“教过没有”,更要问“学会没有”;不能只管“考了多少分”,更要看“能干什么活”。有研究指出,实施创新创业教育改革的学生,在面对专业技术问题时更容易找到解决策略,综合利用材料及设计复合材料的创新能力也更强[5]。这提示我们,将信息技术深度融合教学,打通课堂与工程现场,已经成为复合材料原理课程改革的必然选择。

1.2. “双中心”理念的内涵与教学适配

所谓“双中心”,一头是“以学生为中心”,一头是“以发展需求为中心”。前者强调关注学生的个体差异和学习体验,激发学生的内生动力——说白了,就是让学生愿意学、主动学。后者强调教学内容要与产业前沿、社会需求紧密对接,也就是说让学生学了有用、会用。二者融合,对教师提出了更高要求:不仅要让课堂“活”起来,更要让知识“用”起来。

在复合材料原理课程中,这意味着既要尊重学生的认知规律——他们抽象思维能力还在发展中,需要直观形象的教学手段来帮助理解微观机理;又要瞄准航空航天轻量化、新能源材料、国防军工等国家战略需求——这些领域恰恰是复合材料大显身手的舞台。有课程团队在教学中引入航空企业真实案例,邀请行业专家共同授课,打造出理论与实践深度融合的“金课”,这种做法值得借鉴。培养具备工程视野和创新潜质的复合型人才,不能只停留在口号上,必须落实到每一节课、每一个教学环节中。

2. 改革的理论框架与路径设计

2.1. “四位一体”课程目标的解构

如图1所示,本改革将“智慧启迪、价值塑造、能力培养、知识传授”作为课程顶层目标。这四个层面不是并列关系,而是层层递进、有机融合的整体。

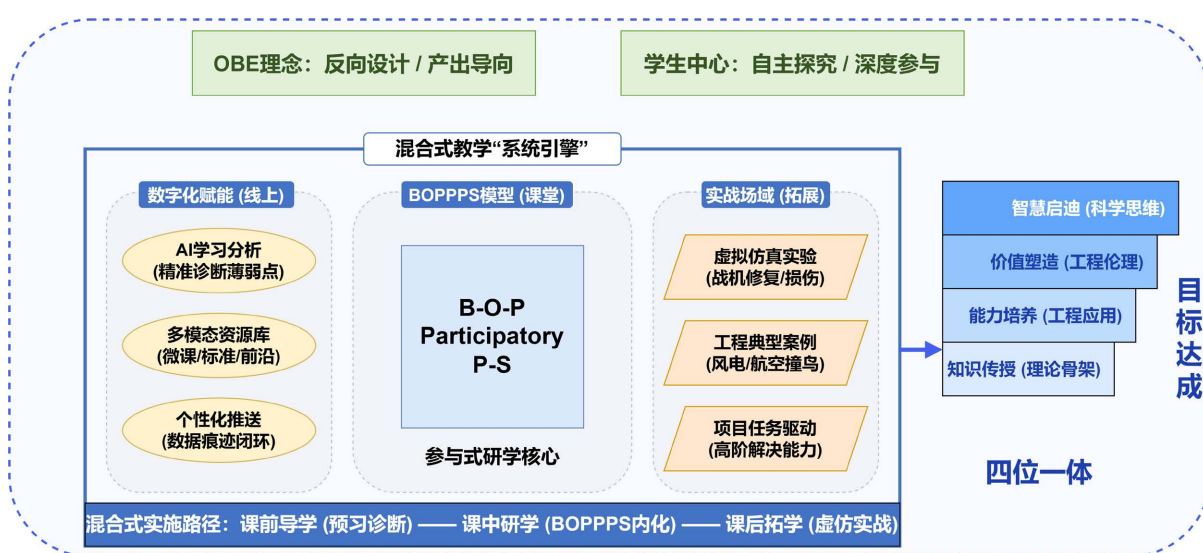


Figure 1. Theoretical framework and roadmap for reforming the teaching of composite materials principles

图1. 复合材料原理教学改革理论框架与路径图

知识传授是基础。学生需要掌握复合材料的基本概念、分类方法、复合原理,熟悉玻璃纤维、碳纤维、芳纶纤维等增强材料的性能与制备工艺,了解聚合物基、陶瓷基、金属基复合材料的设计方法。这些知识点构成了课程的骨架,没有这个骨架,能力培养就是空中楼阁。

能力培养是核心。学生不仅要“知道”，更要“会做”。这包括工程问题分析能力——给定一个工程场景，能否识别出其中的复合材料问题；材料体系设计能力——面对性能需求，能否选择合适的增强体和基体，设计出合理的复合方案；实验与仿真能力——能否运用均质化模型模拟复合材料的环境劣化效应。

价值塑造是目标。复合材料广泛应用于航空航天、国防军工、新能源等战略领域，从业者的工程伦理意识和社会责任感至关重要。课程融入工匠精神和可持续发展理念，引导学生思考材料全生命周期的环境影响，理解“造得出”和“造得好”之间的区别。

智慧启迪是更高层次的追求。透过复杂的宏观现象把握材料的微观本质规律，这种科学思维的培养，远比记住几个公式更有价值。当学生面对一个从未见过的新型复合材料，能够运用基本原理分析其可能的性能特点，智慧启迪的目标就达成了。

2.2. 基于 OBE 理念与 BOPPPS 模型的混合式教学设计

OBE 理念的核心是“反向设计”——先明确学生学完这门课后应该具备什么能力，再倒推教学内容和方法。具体到复合材料原理课程，我们首先梳理出几个核心模块的预期学习产出：学完“复合原理及界面”模块，学生应该能解释纤维表面处理对界面剪切强度的影响机制；学完“层合板强度”模块，学生应该能运用蔡-吴强度准则进行简单的层合板强度分析。这些学习产出直接支撑毕业要求中的相应指标点。

有了清晰的产出目标，接下来就是设计教学流程。我们引入 BOPPPS 模型作为线下课堂的基本框架。BOPPPS 包含六个环节：导入(Bridge-in)——用问题或案例勾起学生兴趣；目标(Objective)——明确告诉学生这节课要学会什么；前测(Pre-assessment)——摸清学生的知识储备；参与式学习(Participatory Learning)——这是核心环节，学生动起来、课堂活起来；后测(Post-assessment)——检验学习效果；总结(Summary)——梳理知识脉络。这个模型的好处是结构清晰、环环相扣，每个环节都有明确的功能定位。

当然，光靠线下课堂还不够。我们结合线上资源，构建“课前导学、课中研学、课后拓学”的混合式闭环。课前，学生在平台上看微课、做预习题；课中，带着问题来研讨；课后，完成项目任务巩固提升。这种设计确保教学环节环环相扣，目标达成可测可控。本研究框架在 TPACK (整合技术的学科教学知识) 基础上，通过“四位一体”目标强化了价值导向，并实现了 SAMR 模型从“增强”到“重构”的跨越。相比于单纯的技术工具应用，本研究通过“双中心”理念解决了数字化工具与材料专业逻辑深度融合的难题。

2.3. 数字化赋能路径：AI、虚拟仿真与资源库建设

数字化工具的价值在于突破传统教学的难点。我们主要从三个方向发力：

一是 AI 学习分析技术的应用。学生在在线平台上的每一次点击、每一道习题、每一条讨论发言，都会留下数据痕迹。通过分析这些数据，教师可以诊断学生的知识薄弱点——比如发现很多学生在“细观力学”部分反复观看视频却仍然答错题，就可以有针对性地推送补充学习资源。这种个性化推荐，是传统大班教学做不到的[6]。

二是虚拟仿真实验的引入。针对复合材料界面结合、裂纹扩展等不可视的微观过程，我们引入虚拟仿真实验项目，让学生“亲手”设计实验参数、观察材料响应。有课程团队配套开发了《战机复合材料构件制备与损伤修复虚拟仿真实验》，入选国家级虚拟仿真实验一流课程。学生在虚拟环境中体验从设计、选材、成型到修复的全过程，这种身临其境的感受是普通实验无法替代的。

三是多模态资源库的建设。我们收集整理行业典型案例——比如风电叶片的雷击损伤分析、飞机复合材料尾翼的鸟撞模拟——作为案例教学素材。同时收录名师微课、前沿文献、技术标准等内容，形成

资源库支撑学生的自主探究与深度学习。资源库不是静态的,而是随着行业发展和技术进步持续更新[7]。

3. 课堂教学方法改革实践方案

3.1. 课前：需求驱动的自主学习任务链

课前预习这个环节,很多课程都在做,但效果往往不尽如人意。问题出在哪里?学生拿到的是教材和一串阅读页码,预习变成了“看书”,看着看着就犯困了。我们改变这种做法,设计任务链来驱动自主学习。

以“复合材料界面理论”这一章为例。在正式上课前一周,我们在平台发布任务:先看一段微课视频,讲的是碳纤维自行车车架断裂的案例——这是真实发生的工程问题,视频中展示了断口形貌的微观照片,让学生直观看到纤维从基体中拔脱留下的孔洞。看完视频后,学生需要回答几个思考题:为什么断裂发生在界面而不是纤维内部?如果改变纤维的表面处理工艺,结果会有什么不同?这些思考题不是简单的记忆性提问,而是需要学生带着问题去查阅资料、尝试分析。

与此同时,在线平台自动统计学生的预习完成情况和答题正确率。我们发现,有些学生在“界面结合强度”这个知识点上反复出错,系统就把这些学生标记出来,同时推送相关的补充学习材料。上课前,教师登录后台看一眼学情报告,就知道这节课的重点难点在哪里、哪些学生需要特别关注。这种学情预诊,为课堂研讨提供了精准起点。

3.2. 课中：问题链与探究式研讨

课堂不再是教师一个人从头讲到尾,而是围绕“问题链”展开研讨。所谓问题链,是一组层层递进的问题,引导学生一步步深入思考。

还是以界面理论为例。第一个问题:纤维和基体之间靠什么力结合在一起?这是复习性的,学生看了预习资料就能回答。第二个问题:如果纤维表面有一层油污,界面结合强度会怎么变化?这是应用性的,需要学生把物理化学中学过的表面浸润原理迁移过来。第三个问题:界面结合太强和太弱分别会导致什么后果?这是分析性的,学生需要结合材料的断裂机制来讨论。第四个问题:工程中如何调控界面结合强度?这是设计性的,没有标准答案,但需要学生综合运用所学知识提出方案。

课堂上,我们分组研讨这些问题。学生七嘴八舌讨论得热火朝天,教师在各组之间走动,适时抛出引导性问题。讲到关键处,引入增强现实(AR)技术——用手机扫描教材上的图片,屏幕上就弹出三维动态模型,把抽象的“界面脱粘”过程直观展示出来,裂纹如何萌生、如何扩展,看得一清二楚。这种技术手段不是花架子,而是真能帮助学生理解微观机理。

课堂上穿插即时小测和学生互评。讲完一个知识点,扔出几道选择题,学生用手机作答,结果实时投到大屏幕上。看到正确率不高,教师就知道这个地方得再讲一遍;看到有学生答得特别好,就请他站起来说说思路。这种即时反馈机制,让课堂节奏随时可调,真正实现高效互动。

3.3. 课后：项目式拓展与形成性评价

课后作业不再是几道计算题了事,而是封装成微课题。比如学完“复合材料设计原理”模块,我们发布任务:“新能源汽车轻量化部件的选材优化”。要求以小组为单位,为一款电动汽车的某个部件(比如电池箱盖、车门内板)设计复合材料选材方案。任务背景是真实的——整车厂确实在追求轻量化以提升续航里程。

学生需要做几件事:调研现有材料的性能数据,分析不同增强体(玻璃纤维、碳纤维、天然纤维)和基体(环氧树脂、聚丙烯)的优缺点,考虑工艺可行性、成本约束、环境影响,最终形成一份选型报告。这个

过程中，学生自然会把课堂上学到的知识用起来——纤维含量怎么确定？界面结合怎么保证？层合板铺层怎么设计？遇到不会的，就去查文献、问老师、讨论。

项目评价贯穿全过程，不是只看最后交上来的报告。小组协作是否顺畅？数据来源是否可靠？方案论证是否充分？答辩表达是否清晰？每个环节都有评分标准。这种形成性评价闭环，促使学生在真实问题中迁移知识、锻炼协作能力。有课程团队在类似实践中发现，学生省级竞赛获奖率达到 30%，50%的毕业生投身材料产业一线。这说明项目式拓展确实有效。

4. 过程性考核体系重构

4.1. 多维度动态评价指标

“期末一卷定终身”的考核方式早该打破了。复合材料原理课程改革中，我们构建了多维度评价体系，从几个维度综合衡量学生的学习效果。

认知深度维度，看线上自学任务的完成质量。平台记录学生观看微课的时长、做预习习题的正确率、阅读拓展材料的深度。不是简单看“看了没”，而是看“看懂没”——答错的题有没有订正？反复观看的视频是哪些片段？这些数据能反映出学生的真实理解程度。

协作效能维度，看课堂研讨贡献度和小组项目表现。课堂上主动发言的次数、提出问题的质量、对他人观点的回应，都会被记录。小组项目中，通过互评机制让每个成员给其他人打分，防止“搭便车”现象。

工程伦理意识维度，看微课题报告中的相关内容。比如在选材方案中，是否考虑了材料的全生命周期环境影响？是否关注了生产过程中的安全与环保问题？这些不是硬性要求，但体现了学生的职业素养。

数字工具应用能力维度，看虚拟仿真软件的操作熟练度和数据分析能力。学生能否独立完成仿真参数设置？能否解读仿真结果中的关键信息？这些能力在未来的工程实践中越来越重要。

这种多维度评价不是给学生增加负担，而是让评价更全面、更公平。有研究指出，多元化考核方式能更好地考察学生知识和能力提高的程度。一个平时不善言辞但动手能力强的学生，在传统考试中可能吃亏，但在多维度评价中能通过仿真操作和项目报告展现自己的优势。

4.2. 基于学习分析的数据采集与反馈

在线学习平台每天都在产生海量数据。学生什么时候登录平台、在哪个资源页面停留最久、讨论区发了什么帖子、作业什么时间提交——这些数据看似琐碎，组合起来却能描绘出学生的学习轨迹。

教师通过分析资源点击热区，发现一个有意思的现象：每到“细观力学”这一章，学生的停留时间明显变长，视频反复观看的次数也增多。这说明这一章确实是难点。于是我们在课堂中增加案例讲解，用更直观的方式帮助学生理解单向板的工程常数预测。后来发现效果不错，学生的反馈也正面。

讨论区的语义聚类分析更有意思。我们用工具把学生发的帖子分类，发现有些话题反复出现——比如“植物纤维增强复合材料”“纳米复合材料界面”“生物基树脂”等前沿话题。这说明学生不满足于教材内容，在自发追踪行业前沿。针对这些共性困惑，教师及时录制补充微课发布，满足学生的求知欲。

这种基于数据的精准反馈，实现了教学决策从“经验驱动”向“数据驱动”的转变。以前靠感觉判断学生哪里没听懂，现在有数据说话，准确多了。

5. 改革成效与实证分析

5.1. 高阶能力对比

为了验证改革效果，我们设立了对照班和实验班。对照班沿用传统教学方法，实验班采用新教学模

式。学期结束时，我们设计了几道开放性问题进行对比测试。

其中一道题是：“设计一种耐高温复合材料体系，用于某型航空发动机的热端部件。”这个问题没有标准答案，需要学生综合考虑增强体的耐温性能、基体的热稳定性、界面的高温行为、成型工艺的可行性等多重因素。结果很有意思：实验班学生的答案表现出更强的跨尺度设计思维——有人从纤维尺度考虑碳化硅纤维的耐温极限，有人从层合板尺度考虑铺层角度对热应力的影响，有人从构件尺度考虑与金属件的连接问题。方案的系统性和创新性明显优于对照班。

另一道题考察均质化模型的应用能力。给出一组实验数据，要求学生预测某种复合材料在湿热环境下的性能退化。实验班学生更倾向于建立简化模型进行分析，而不是死套公式，这种建模意识正是工程实践所需要的。表 1 对实验班与对照班的教学成效进行了对比，t 是检验中用于推断两组数据均值差异是否显著的核心指标。在表 1 中，工程建模能力的 t 值最高(8.74)，且 $p < 0.001$ ，这有力地证明了“四位一体”目标导向下的项目式教学在提升学生解决复杂工程问题能力方面具有极显著的优势。

Table 1. Comparison of teaching outcomes between the experimental class and the control class

表 1. 实验班与对照班教学成效对比表

考核维度	实验班均分($\bar{x} \pm s$)	对照班均分($\bar{x} \pm s$)	t 值	p 值
期末理论考试	84.2 ± 6.5	78.5 ± 8.2	3.65	<0.01
项目报告评分	89.5 ± 4.2	81.3 ± 5.8	7.62	<0.001
工程建模能力测试	18.2 ± 1.5	14.6 ± 2.3	8.74	<0.001
创新方案设计	17.5 ± 2.1	13.8 ± 2.8	6.98	<0.001

注： $N_{\text{实验}} = 45$ ， $N_{\text{对照}} = 42$ 。t 值代表组间差异的统计显著性， $p < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。

5.2. 自主学习行为分析

平台数据显示，实验班学生的资源访问频次比对照班高出不少。更值得注意的是访问时段分布——很多登录发生在晚上、周末这些非教学时段，说明学生不是被逼着学，而是主动想学。

讨论区的变化更明显。刚开始时，讨论区大多是简单提问——“这个公式怎么推导的？”“作业第三题答案是多少？”后来慢慢变成深度探讨——“我查了一篇文献，发现碳纤维表面处理确实会影响界面剪切强度，实验数据在这里……”“有没有人想过用植物纤维替代玻璃纤维？虽然强度低一点，但密度也低，比强度说不定更高。”学生开始自发研讨前沿话题，这种转变让教师感到欣慰。

Table 2. Analysis of online learning behavior data on the platform

表 2. 平台在线学习行为数据分析表

行为指标	实验班(生均)	对照班(生均)	提升幅度
在线学习时长(min)	1240	680	82.3%
资源点击频次(次)	312	145	115.2%
讨论区有效发帖(条)	12.5	3.2	290.6%
虚拟仿真重复操作(次)	8.4	2.1	300.0%

另外，通过平台在线学习行为数据分析(表 2)我们发现，实验班跟对照班相比，讨论区活跃度提升了 290.6%：发帖量的大幅增长反映了从“被动接收”到“主动研讨”的质变。学生不再局限于教材问答，开始自发讨论“植物纤维替代”等行业前沿问题。而虚拟仿真操作，实验班学生平均每人重复操作 8.4 次，

说明 AR 展现及仿真技术成功解决了界面脱粘等微观机理“不可视”的痛点，激发了学生反复验证设计方案的兴趣。

5.3. 外部反馈

我们邀请企业导师参与微课题答辩环节。导师来自风电叶片制造企业和复合材料零部件供应商，都是行业一线的技术专家。听完学生的汇报，导师的评价很直接：“这些方案虽然还比较稚嫩，但思路是对的，有些甚至具备一定的工程落地价值。”有家企业当场表示愿意接收几名表现突出的学生去实习。

对毕业生的追踪反馈也印证了改革效果。参与教改的学生走上工作岗位后，适应期明显缩短。有学生回校交流时说，在公司碰到一个复合材料工艺问题，同事还在翻书找公式，他已经想到用仿真软件快速估算一下趋势——这是在课堂上练出来的本事。解决实际工艺问题的思路更开阔，这是用人单位反馈中最常提到的优点。

6. 反思与推广

6.1. 可迁移的教学标准要素提炼

经过一轮完整的改革实践，我们提炼出适用于材料类课程的“虚实融合”教学规范。概括起来就是三句话：抽象机理可视化，这是“虚”——用 AR、虚拟仿真等手段把看不见的过程变得看得见；工程案例项目化，这是“实”——用真实问题驱动学习，让学生在做中学；学习评价过程化，这是“融”——把评价融入全过程，而不是放到最后算总账。这套规范可以为复合材料类相关课程的教学改革提供参考。

6.2. 数字化资源的共建共享

数字化资源的建设投入不小，如果各校各专业各自为政，难免低水平重复开发。建议构建区域性或行业性的数字化教学资源共建平台。比如依托中国复合材料学会或相关专业教学指导委员会，整合各高校优质的虚拟仿真项目、典型工程案例、名师微课资源，形成共建共享机制。资源用的人越多，价值越大，也越容易持续更新完善。

6.3. 教师数字素养提升

改革对教师的数字驾驭能力提出更高要求。AR 怎么用？虚拟仿真怎么设计？学习分析平台怎么看数据？这些技术不是天生就会的。高校应构建系统的教师数字素养培训体系，定期组织培训课程、技术沙龙、经验交流会。鼓励教学团队协作开发数字化资源，让技术真正服务于“育人”本质，而不是为用技术而用技术。教师用着顺手、用出效果，改革才能持续下去。

6.4. 分层次推广策略

资源有限的学校可以先从“问题链设计”和利用现有开放资源做起，逐步再开发自己的数字化内容。基础版(资源受限型)：侧重于“问题链”与“三阶段流程”的重构，利用超星、慕课等现有平台开放资源开展混合式教学，无需自主开发昂贵的数字化内容。进阶版(中等资源型)：在基础版之上，引入 AR 展示和过程性考核分析，利用开源工具进行学习行为监控。高级版(资源丰富型)：全面实施“虚实融合”，建设校本虚拟仿真金课及 AI 个性化推荐系统，实现全数据驱动的精准教学。

7. 挑战、局限与未来展望

改革初期部分学生对任务驱动模式存在“畏难”情绪，自主学习投入度差异较大。同时，教师需同时兼顾资源开发、学情分析与线下引导，人均工作量较传统模式增加约 40%。研究局限：受限于单校单

专业的样本规模($N = 87$), 结论的普适性有待跨校验证; 由于本轮改革仅持续两个学期, 对学生长期职业发展的追踪数据尚不充分。未来方向: 拟引入生成式 AI (LLM) 作为助教实时回答学生基础疑问, 以减轻教师负担; 同时计划开展多中心合作研究, 扩大样本容量。

基金项目

湖南省普通高等学校教学改革研究项目(项目编号: 202401001261), 教育部供需对接就业育人项目(项目编号: 2023123198093)。

参考文献

- [1] 郭威威, 李晓丹, 陈盛明, 等. 《复合材料原理》课程多元化教学与实效性探究[J]. 广州化工, 2021, 49(14): 168-169.
- [2] 陈飞, 赵玉涛, 陈刚. 《复合材料原理》课程教学改革研究[J]. 广州化工, 2020, 48(12): 137-138.
- [3] 刘少兵, 程绍娟, 何茜蝉, 等. 基于应用型人才培养的复合材料原理课程教学改革[J]. 山东化工, 2020, 49(7): 198-199.
- [4] 王帅, 程昆林, 胡彦伟. 新工科背景下创新研修类课程体系的探索[J]. 黑龙江教育(理论与实践), 2026(3): 50-52.
- [5] 洪珍, 谢小林, 薛名山, 等. “材料复合原理”课程教学改革探索与实践——基于南昌航空大学创新创业教育与复合人才培养[J]. 南昌航空大学学报(自然科学版), 2022, 36(1): 106-112+128.
- [6] 史春薇, 杨占旭, 梁福鑫. 化学教育数智化时代 AI 助力双循环全过程项目式教学实践——复合材料原理课程[J]. 化学教育(中英文), 2026, 47(4): 84-91.
- [7] 史春薇, 王婵, 伍永福, 等. 面向复杂工程问题解决能力培养的双螺旋教学模式——材料复合原理课程教学实践[J]. 化学教育(中英文), 2025, 46(2): 102-106.