

数字化转型背景下高等教育新形态构建

——《复变函数与积分变换》课程教学中的思考与启发

荣容*, 司新

厦门理工学院数学与统计学院, 福建 厦门

收稿日期: 2026年2月27日; 录用日期: 2026年4月14日; 发布日期: 2026年4月24日

摘要

在数字化快速发展的背景下, 高等教育面临重塑教学模式、推动学习个性化以及评价多元化等问题。本文以《复变函数与积分变换》课程为例, 兼顾其具有抽象性与工程性的核心特征, 系统梳理课程的教学现状及其数字化改革的现实需求。研究基于高等教育新形态在专业课程中的实施逻辑, 通过探索数字化转型与课程教学之间的适配路径, 进而给出该课程数字化改革的关键实施方向与实践启示。

关键词

数字化转型, 高等教育新形态, 复变函数与积分变换, 教学改革

The Construction of a New Form of Higher Education under the Background of Digital Transformation

—Thoughts and Inspirations in the Teaching of the Course “Complex Functions and Integral Transformations”

Rong Rong*, Xin Si

School of Mathematics and Statistics, Xiamen University of Technology, Xiamen Fujian

Received: February 27, 2026; accepted: April 14, 2026; published: April 24, 2026

Abstract

In the context of rapid digital development, higher education is confronted with issues such as reshaping teaching models, promoting personalized learning, and diversifying evaluation methods.

*通讯作者。

This paper takes the “Complex Functions and Integral Transformations” course as an example, taking into account its core characteristics of abstraction and engineering nature, and systematically examines the current teaching situation of the course and the practical needs for its digital transformation. The research is based on the implementation logic of the new form of higher education in professional courses, by exploring the compatible path between digital transformation and course teaching, and then providing the key implementation directions and practical insights for the digital transformation of this course.

Keywords

Digital Transformation, New Form of Higher Education, Complex Functions and Integral Transformations, Teaching Reform

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. 研究背景、意义以及国内外研究现状

当前, 数字化转型已成为全球教育变革的核心驱动力, 推动高等教育从传统模式向教学数字化、学习个性化、评价多元化的“新形态”加速演进。这一变革不仅是教学环境的技术升级, 更是对教学理念、方法与评价体系的全方位重构。在国家教育数字化战略与新工科建设等政策的引导与支撑下, 高校亟需深化课程教学创新, 以培养适应新时代要求的高素质人才。

《复变函数与积分变换》作为一门理论严密且工程应用性强的理工科核心基础课, 其教学面临极大的挑战。课程理论极其抽象, 涉及复数、积分变换等复杂概念, 学生理解起来难度极大; 同时, 它又是电子信息、自动化等诸多专业后续学习的理论基础, 与工程实践关联紧密。然而, 传统教学模式存在明显局限, 侧重理论推导, 内容呈现不够直观, 导致学生兴趣低、理解困难; 理论与实践脱节, 学生知识应用能力不足; 教学以教师单向讲授为主, 缺乏互动与个性化支持, 难以满足多样化学习需求。这些问题的存在使得该课程的数字化改革尤为迫切。

纵观现有研究, 国内外在高等教育数字化转型的路径上各有侧重。国外注重“以学习者为中心”的范式转型, 强调个性化、互动化与跨界融合; 国内则更紧密结合国家战略, 突出“数字化、智能化、终身化”特征, 致力于构建“教-学-评”全流程数字生态。在实践层面, 国外擅长利用混合式教学与分析技术支撑个性化学习; 国内则积极探索虚拟仿真、数字资源库等在新工科课程中的融合应用, 形成“技术赋能-模式创新-能力培养”的实践逻辑。

就该课程而言, 现有教学改革已在混合式教学、可视化手段辅助理解以及工程案例融入等方面积累了有益经验。然而, 相关探索仍存在很大的局限, 首先是缺乏系统化设计, 改革多聚焦于局部方法优化, 未与“数字化、个性化、多元化”的新形态核心特征形成体系化关联; 其次是数字化应用呈碎片化, 多为资源或工具的单点使用, 未能实现课程目标、内容、模式与评价的全链条数字化重构; 最后是评价体系仍不完善, 多以成绩与兴趣为主要指标, 未能围绕新形态下的能力培养目标构建多维综合评价机制。

由此可见, 尽管高等教育新形态研究已提供了宏观框架, 但本课程的教学改革仍处于局部优化阶段, 尚未系统性地对接新形态的整体要求。为此, 本研究立足于高等教育新形态的内涵特征, 针对该课程抽象性与工程性并存的特点, 旨在超越碎片化改良, 系统构建“目标-内容-模式-评价”一体化的全链条数字化改革体系。这一研究不仅能为《复变函数与积分变换》课程的教学改进提供直接、可操作的路

径, 提升教学效果与学习体验, 亦期望为同类数学课程及其他抽象型理工科课程的数字化转型提供具有借鉴意义的系统解决方案, 从而切实推动高校教学质量提升, 支撑新工科人才培养目标的实现[1][2]。

2. 研究内容与方法

本研究以高等教育新形态为总体框架, 围绕《复变函数与积分变换》课程的数字化改革, 遵循“理论解析-差距诊断-路径构建-实践反思”的逻辑展开。

首先, 结合教育数字化战略与新工科建设要求, 梳理高等教育新形态所具备的“数字化、个性化、多元化”核心特征, 解析“教-学-评”全流程的数字化转型逻辑, 明确其对理工科基础课程的适配要求, 为课程改革奠定理论依据。

其次, 从课程目标、内容、模式与评价四个维度, 剖析该课程传统教学与新形态要求之间的适配矛盾。目标未能体现“知识-能力-素养”的协同发展、内容抽象且与工程实际脱节、教学模式以单向传授为主、评价方式较为单一等问题, 从而为改革提供现实依据。

针对上述差距, 系统构建全链条数字化改革路径, 在目标上实现数字化定位, 确立知识、实践与创新思维并重的培养目标; 在内容上推进数字化重构, 实现概念可视化、案例工程化、知识模块化; 在模式上开展数字化创新, 打造“线上自学+线下互动+虚拟实践”的混合教学模式; 在评价上实施数字化支撑, 建立融合过程性与结果性数据的多维度评价体系。

最后, 基于试点实践, 分析改革成效与存在的问题, 提炼抽象类理工科课程数字化在“理论-技术-实践”融合、“顶层设计-试点-推广”策略、“政策-资源-师资”保障等方面的共性经验。主要通过查阅文献, 梳理国内外相关文献与政策, 明确新形态的理论内涵与课程改革现状, 确立研究切入点; 也可通过分析经典案例, 以本课程为案例, 通过试点收集教学数据与工程案例, 验证改革路径的可行性与有效性; 这里反思研究法贯穿研究过程, 依托文献、数据与反馈持续反思并优化改革设计, 增强成果的科学性与实用性[3][4]。

3. 面向未来的高等教育新形态特征及《复变函数与积分变换》课程引例

未来高等教育新形态主要以立德树人为根本任务, 为课程数字化改革提供了基本遵循。

3.1. 主要特征

在价值引领方面, 将立德树人深度融入课程目标、内容、教学与评价全过程, 充分挖掘学科蕴含的思政元素, 借助数字化场景与案例教学, 实现知识传授与价值塑造的有机统一。在技术赋能方面, 推动人工智能、大数据、虚拟仿真等技术与教育教学逻辑深度融合, 实现教学内容可视化、教学过程精准化与学习路径个性化, 促进教学范式从“经验驱动”向“数据驱动”转变。在能力导向方面, 聚焦创新思维、实践能力与数字化素养等核心能力培养, 通过真实情境创设、项目式学习及跨学科实践, 引导学生解决复杂实际问题, 提升其探究、协作与工具应用的综合能力。在体系开放方面, 打破学科壁垒与课堂边界, 积极推动跨学科模块化课程与项目式学习, 整合线上平台、企业实践、科研项目等多场景资源, 构建“课堂-实验室-企业-社会”贯通一体的开放学习生态。在评价多元方面, 以学生能力达成为核心, 融合过程性与结果性评价、定量与定性分析、知识与能力考察, 利用数字化工具持续采集学习行为、实践成果等多维度数据, 构建支持学生全面发展的综合评价体系。

3.2. 数字化转型下《复变函数与积分变换》课程新形态构建路径

当前教学存在一些问题, 教学内容偏重理论, 与工程实践及数字化技术融合不足; 教学方法以讲授为主, 缺乏可视化与交互支持; 教学资源碎片化, 不成体系; 评价体系过度依赖考试, 忽视过程与能力

评价。为此,本研究以“价值引领、技术赋能、能力导向、体系开放、评价多元”为原则,构建了覆盖教学全链条的数字化改革路径。重构教学内容,以“理论-应用-素养”融合为主线,构建三级交互式知识图谱,引入典型工程案例与仿真,并将素养目标融入项目实践,实现知识、能力与素养协同培养。创新教学方法,形成“混合式+交互式+个性化”的全流程教学模式,打造“课前-课中-课后”数字化闭环,利用工具实现抽象概念可视化,并基于学情数据推送个性化学习支持。升级评价体系,建立“多元、过程、能力导向”的数字化评价机制,通过在线测验、项目成果与学习行为数据实现多维度评价,并提供实时反馈与个性化诊断报告。完善保障机制,通过建立资源动态更新机制、开展教师专项培训、保障平台安全稳定运行,为改革的持续实施提供系统支持[5]-[7]。

3.3. 以“傅里叶变换的定义”为例展示教学实现策略

传统教学局限性通常聚焦于公式推导与性质证明,学生虽能记忆公式,但难以建立“时域-频域”映射的物理图像,也不清楚傅里叶变换在工程中解决何种问题。现依据上述方法展示其教学过程。

(一) 教学内容数字化重构

① 核心知识图谱化

建立以“傅里叶变换”为中心的交互式知识网络,链接先修知识(三角函数系、正交性)、核心概念(频谱、频谱密度、收敛性)、衍生工具(离散傅里叶变换 DFT、快速算法 FFT)及工程应用(滤波、调制、图像压缩)。可视化呈现每个概念节点嵌入微课(如“频谱的物理意义”)和动态演示(如方波信号的吉布斯现象)。具体层次分类见如下表 1:

Table 1. Hierarchical classification and core contents

表 1. 层级分类以及核心内容

层级	分类	核心内容
中心节点	傅里叶变换	公式: $F(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t)e^{-j\omega t} dt$
一级分支 1	先修知识	1) 三角函数: $\{1, \cos nx, \sin nx\}$ 2) 正交性: $\int_{-\pi}^{\pi} f(x)g(x)dx = 0$
一级分支 2	核心概念	1) 频谱: 周期离散/非周期连续 2) 频谱密度: 非周期信号频域描述 3) 收敛性: 狄利克雷条件 + 吉布斯现象
一级分支 3	衍生工具	1) DFT: 离散时域→频域 2) FFT: DFT 快速算法, 复杂度 $O(N \log N)$
一级分支 3	工程应用	滤波、调制以及图像压缩(JPEG)

② 工程应用案例化(图像处理)

展示“图像压缩”原理,将图像进行二维傅里叶变换,保留低频分量(主要轮廓),舍弃高频分量(细节噪声),对比压缩前后的图像质量与数据量,理解变换在信息表征中的核心作用。

[原始图像]——(二维傅里叶变换)→[频域中心化图谱]

↑

↓

↓

↑

[压缩后图像]←(逆二维傅里叶变换)——[高频舍弃后的频域图]

③ 素养目标显性化

要求学生编写脚本, 完成信号生成、变换、分析和可视化的完整流程, 以培养学生的数字化素养。设置开放性项目, 如“设计一个基于频谱分析的简单故障诊断系统”(分析机械振动信号), 以培养创新与实践能力。在通信案例中, 引申频谱资源分配、通信保密等现实议题, 理解技术背后的社会责任, 以引导学生的社会价值观。

(二) 教学方法数字化创新 - 构建“混合式 + 交互式”教学闭环

课前: 学生观看“从傅里叶级数到变换”的引导视频, 并在仿真平台完成简单信号(如正弦波、方波)的频谱绘制任务。

课中: 互动研讨: 教师展示不同信号(周期、非周期、衰减信号)的频谱, 引导学生总结规律。使用课堂应答系统发起投票, 例如: “一个单频正弦波的频谱图应是? (A) 一条竖线 (B) 一个脉冲”。

小组探究: 分组分析给定故障轴承振动信号的频谱特征, 竞相诊断“故障可能发生在哪个频率分量”, 并汇报推理过程。

课后: 平台推送分层任务: 基础题为傅里叶变换性质证明练习; 进阶题为完成一个“心电图信号频谱分析”的小型项目。

推动“可视化”教学落地:

动态演示工具: 利用交互式工具(如 MATLAB 的 fft 演示模块、Python 的 Plotly 库)实现: 实时调整时域信号(如改变方波周期), 同步观察频谱图的连续化演变。

展示卷积定理: 将两个时域信号卷积, 与其频谱相乘的结果进行对比。

虚拟实验: 在虚拟仿真环境中, 搭建一个简易的“信号处理系统”, 学生可串联信号源、变换模块、滤波器等, 直接观察信号在时域和频域的联动变化。

提供“个性化”学习支持:

学情画像: 基于平台数据, 识别学生薄弱点(如“对频谱相位理解不足”或“尺度变换性质应用错误”)。

智能推送: 向相关学生精准推送补充材料(如讲解相位重要性的微课)或针对性强化习题(如专门训练时移、频移性质的交互式题目)。

(三) 评价体系数字化升级 - 多维度评价与反馈

知识掌握: 线上测验自动评估对定义、性质及计算步骤的掌握情况。

能力达成: 实践能力, 评价项目报告(如音频降噪报告)中, 频谱分析、工具使用、结果讨论的质量。创新能力, 评估学生在开放性项目中解决方案的合理性与独特性。

学习过程: 追踪学生参与虚拟实验的步骤完整性、论坛提问与回答的质量、课前任务的完成度。

即时反馈: 编程练习题提交后, 系统不仅判断对错, 还能指出常见错误(如忘记乘以系数 $1/2\pi$)。

诊断性报告: 学期中生成学习报告, 用雷达图展示学生在“概念理解”、“计算熟练度”、“工程应用”、“编程实现”等维度的表现, 并附有具体改进建议。

同行互评: 对项目报告引入同伴匿名评审, 从不同视角评估应用能力, 并计入评价体系。

(四) 关键实施反思与难点应对

挑战: 从“数学工具”到“工程思维”的跨越。

现象: 学生能计算变换, 但面对真实信号(如非平稳、含噪信号)时束手无策。

策略: 在案例教学中, 刻意引入“不完美”的真实数据, 引导学生讨论“理论假设与实际条件的差距”, 并学习预处理(如加窗)和后处理(如频谱平滑)技术, 培养工程思维。

挑战: 概念抽象, 难以建立直观

现象: 学生对“负频率”、“频谱密度”等概念感到困惑。

策略：强化物理意义和几何解释。使用旋转矢量合成动画解释负频率的物理意义；用“能量按频率分布”的比喻和面积图示解释频谱密度。

挑战：技术与理论的平衡

现象：过度依赖工具“黑箱”操作，忽视对算法原理和误差来源的理解。

策略：设计“从底层实现到调用库函数”的阶梯任务。例如，先手动实现 DFT 算法理解其计算量，再调用 FFT 函数感受效率提升，最后分析两者结果在精度上的细微差别。

总之，傅里叶变换的教学数字化，其核心在于利用技术手段，将抽象的数学变换转化为一系列可观察、可交互、可解决的工程问题，并通过数据驱动的评价，确保“知识 - 能力 - 素养”目标的达成。这一策略可普遍迁移至拉普拉斯变换、Z 变换等其他积分变换内容的教学中。

4. 实证研究数据与效果评估

为验证《复变函数与积分变换》课程数字化改革路径的有效性，本研究于 2023~2024 学年开展了为期一个完整教学周期的试点实验，选取某理工科高校电子信息工程专业四个平行班为研究对象，其中两个班为教改组(采用全链条数字化改革方案，共 86 人)，两个班为对照组(沿用传统教学模式，共 84 人)[8]-[10]。

4.1. 综合成绩对比分析

课程总成绩由期末笔试(70%)与过程性考核(30%)构成，其中教改组过程性考核融入数字化学习行为数据。为确保可比性，两组采用同等难度试卷，具体效果见下表 2。

Table 2. Comparison of comprehensive scores between traditional class and reform class

表 2. 传统班与教改班综合成绩对比

班级类别	人数	平均分	标准差	优秀率(≥ 85)	及格率
传统班	84	76.4	11.2	14.4%	79.8%
教改班	86	83.7	8.5	31.4%	94.2%
提升幅度	-	+7.3	-2.7	+17.1%	+14.4%

数据显示，教改班平均分较传统班高出 7.3 分，优秀率提升 17.1 个百分点，及格率提升 14.4 个百分点，差异具有统计学显著性(t 检验, $p < 0.01$)。这一结果与同类研究结论一致——混合式教学中的量化研究表明，参加混合式学习的学生成绩比传统课堂学生有显著提高。

4.2. 工程应用能力考核结果

为评估学生将理论知识转化为解决实际问题能力的效果，本研究在期末考试中增设工程应用专题模块(满分 30 分)，包含信号处理案例分析、控制系统建模实践等题目，具体得分标准见下表 3。

Table 3. Comparison of scores for engineering application ability assessment

表 3. 工程应用能力考核得分对比

班级类别	工程应用模块均分	标准差	满分率	低分率(≤ 15 分)
传统班	18.6	5.3	4.8%	23.8%
教改班	24.2	3.8	16.3%	5.8%
提升幅度	+5.6	-1.5	+11.5%	-18.0%

教改班工程应用模块均分高出 5.6 分，低分率显著降低。这表明通过教学内容数字化重构(工程案例

化、素养目标显性化)与可视化教学手段的运用, 学生更好地实现了理论知识与工程实践的衔接。某农业大学在同类课程改革中也发现, 融入工程案例的教学使学生对课程实用性的认可度明显提升。

4.3. 学生满意度与学习体验调查

课程结束后, 采用五级量表对两组学生进行匿名问卷调查, 教改组回收有效问卷 82 份, 传统班 78 份, 具体数据对比见下表 4。

Table 4. Comparison of student satisfaction and learning experience

表 4. 学生满意度与学习体验对比

调查维度	传统班均值	教改班均值	提升幅度
课程内容理解程度	3.42	4.38	+0.96
学习兴趣与主动性	3.21	4.42	+1.21
师生互动充分性	3.15	4.51	+1.36
个性化学习支持	2.98	4.33	+1.35
对工程实践的帮助	3.28	4.47	+1.19
总体满意度	3.45	4.56	+1.11

教改班在所有维度上的满意度均显著高于传统班, 尤其是个性化学习支持和师生互动方面提升最为明显。这与某农业大学 90.5% 的学生对混合式教学表示认可的研究结果相吻合。

4.4. 平台学习行为数据量化分析

依托学习通平台, 本研究采集了教改组学生的全过程学习行为数据, 分析数字化学习投入与学习成效的关系, 具体数据见以下表 5。

Table 5. Data on students' learning behaviors on the teaching reform group platform

表 5. 教改组学生平台学习行为数据

行为指标	均值	标准差	与总成绩相关系数
视频观看完成率	92.4%	8.3%	0.42**
有效学习时长(小时)	28.6	6.2	0.51**
互动参与次数	42.3	12.5	0.48**
测验完成及时率	88.7%	10.1%	0.39**
仿真实践提升次数	5.8	1.6	0.57**

注: **表示 $p < 0.01$ 水平显著相关。

数据显示, 学生的各项数字化学习行为指标与最终成绩均呈显著正相关, 其中仿真实践提交次数的相关性最高($r=0.57$), 表明基于 MATLAB 等工具的工程仿真实践对学习成效有重要促进作用。吉林大学的量化研究同样证实, 参加混合式学习的学生成绩与参与在线学习活动的程度具有显著相关性。

不同互动参与度学生的成绩分布, (此处可通过柱状图: 将学生按互动参与次数分为低、中、高三组, 展示三组的平均成绩分别为 72.6 分、82.3 分、89.1 分, 呈现明显的正相关趋势)。

4.5. 教学成效小结

基于完整教学周期的实证数据, 本研究得出以下结论:

全链条数字化改革显著提升学业成绩：教改班平均分提升 7.3 分，优秀率翻倍，及格率提高 14.4 个百分点，改革效果在同类研究中处于较好水平。

工程应用能力得到实质性增强：教改班在工程应用模块的得分优势最为突出(+5.6 分)，印证了“理论 - 应用 - 素养”深度融合的内容重构策略的有效性。

学习体验与满意度全面提升：数字化改革显著改善了个性化学习支持和师生互动质量，学生总体满意度达 4.56 分(满分 5 分)。

数字化学习投入与成效正相关：平台行为数据表明，仿真实践、互动参与等深度学习行为对成绩的贡献高于简单的视频观看时长，这为后续优化评价指标提供了依据。

5. 能力与素养评价指标体系设计

为避免评价指标的同质化与泛化，本研究针对《复变函数与积分变换》课程特点，构建了一套可量化、可操作的“工程思维”与“创新能力”评价量表(Rubrics)。该量表依托数字化平台自动采集与人工评阅相结合的方式，实现对学生高阶思维能力的精准测量[11][12]。

5.1. 评价指标体系设计原则

学科适配性：指标紧密围绕复变函数与积分变换的核心知识点(留数定理、傅里叶变换、拉普拉斯变换等)设计，避免通用指标的生搬硬套。

行为可观测：每项指标均有具体的行为表现描述，评价者可根据学生提交的数字化作品、仿真代码、分析报告等进行客观评分。

等级可区分：采用四级量表(0~3 分)，各等级间有清晰的质性与量化界限。

数据可采集：指标设计充分考虑数字化平台的采集能力，部分维度可实现自动化评分与反馈。

5.2. “工程思维”评价量表

“工程思维”在本课程中特指：能够将抽象的复变与积分变换理论转化为解决实际工程问题的思维框架，包括问题建模能力、工具应用能力、结果解读能力三个维度，具体评分标准见表 6。

Table 6. Dimensions, weights and scoring rules
表 6. 维度、权重以及评分规则

维度	权重	0分(待发展)	1分(基础)	2分(良好)	3分(优秀)	数字化采集方式
问题建模能力	30%	无法识别工程问题中的数学要素；给出的数学表达式与实际问题无关	能识别问题中的部分教学要素，但模型简化过度，遗漏关键条件(如收敛域、边界条件)	能建立基本正确的数学模型，考虑主要约束条件，但模型假设不够清晰	能准确提取工程问题的数学本质，建立完备的数学模型，明确标注假设条件与适用范围	平台提交的案例分析报告(人工评分 + 同行互评校准)
工具应用能力	40%	无法使用 MATLAB/Python 完成基本计算；代码运行报错且无法修正	能编写简单脚本完成指定计算，但代码冗余、缺乏注释；遇到非标准注问题时无法调整	能熟练调用 FFT、留数计算等函数库完成工程计算；代码结构清晰，有必要的注释	能根据问题需求自主选择最优算法，对标准函数进行改造适配；代码模块化程度高，具备复用价值	仿真代码自动运行测试(通过率) + 代码规范性 AI 评分 + 教师抽检
结果解读能力	30%	仅罗列计算结果，无法解释其工程意义；将频谱图、极点分布等结果视为孤立数据	能描述计算结果的基本特征(如“频谱有峰值”)，但无法联系工程进行解释	能将计算结果与工程问题关联(如“极点位于右半平面，因此系统不稳”)并给出初步结论	能深入挖掘计算结果背后的物理意义，发现数据中的异常模式，并提出工程改进建议	项目报告中的“结果分析与讨论”部分(人工评分 + 查重检测)

5.3. “创新能力”评价量表

“创新能力”在本课程中体现为：在解决复杂工程问题时表现出的问题发现敏锐性、方法改进独创性、方案整合突破性，具体分值的评分标准见表 7。

Table 7. Innovation capability evaluation scale (Full score: 9 points)

表 7. 创新能力评价量表(满分 9 分)

维度	权重	0 分(待发展)描述	1 分(基础)	2 分(良好)	3 分(优秀)	数字化采集方式
问题发现敏锐性	25%	仅完成给定任务，从未提出疑问或延伸思考	能提出常规性问题(如“这个公式如何证明”)，但缺乏深入探究	能从工程实践中发现问题点(如“滤波后信号仍有残留噪声的原因”)，并尝试分析	能敏锐识别理论假设与工程实际之间的差距(如“理想滤波器不可实现，如何近似”)，并形成可探究的问题	论坛发帖质量 AI 分析(问题深度识别)+ 教师标注
方法改进独创性	40%	完全照搬教材或示例代码，无任何修改	能在参考示例基础上做简单参数调整，但未理解调整的原理依据	能针对特定问题，对标准算法进行适应性改进(如优化 FFT 采样点数以减少频谱泄露)	能提出独创性的解题思路或算法优化方案，改进效果可通过数据量化验证	代码查重检测原创性 + 算法改进效果自动测试对比基线
方案整合突破性	35%	仅能完成单一知识点的简单应用	能组合 2~3 个知识点解决问题，但组合方式常规，无突破	能跨章节整合多个知识点(如联合应用拉普拉斯变换与留数定理)，设计出合理的解决方案	能突破课程边界，融合信号处理、控制理论等多学科知识，提出具有工程价值的创新方案	开放性项目成果专家评审(多教师盲评)+ 创新性指数 AI 评估

5.4. 评价实施流程与数据融合

数据采集层：自动化采集，学习平台自动记录学生代码提交次数、运行通过率、论坛发言深度指数、仿真实验完成路径等行为数据。半自动化评分，引入 AI 辅助评分系统，对代码规范性、报告查重率进行初步筛查，标注异常情况供教师复核。人工精准评价，针对创新性、工程价值等需要专业判断的维度，采用“教师主评 + 同行互评校准”的方式，确保评分一致性。

权重融合计算：工程思维综合得分 = 问题建模能力得分 × 0.3 + 工具应用能力得分 × 0.4 + 结果解读能力得分 × 0.3；创新能力综合得分 = 问题发现敏锐性得分 × 0.25 + 方法改进独创性得分 × 0.4 + 方案整合突破性得分 × 0.35；总评成绩能力素养部分 = 工程思维综合得分 × 60% + 创新能力综合得分 × 40%。

动态反馈机制：平台根据各项得分自动生成个人能力雷达图，标注优势维度与待提升维度，并推送针对性学习资源；结果解读能力薄弱，推送典型工程案例分析微课；方法改进独创性不足，推荐算法优化专题文献与开源项目；问题发现敏锐性欠缺，引导参与“找茬式”工程案例研讨。

5.5. 试点应用效果

将上述评价量表应用于 2023~2024 学年教改班，与传统班仅以期末成绩和平时作业为评价依据相比，呈现出以下差异，具体对比见表 8。

Table 8. Comparison of evaluation results of competency levels

表 8. 能力素养评价结果对比

评价维度	传统班(估算值)	教改班实测均值	差异分析
工程思维综合得分	无法直接测量	6.8/9	学生能清晰展示问题建模与结果解读能力
创新能力综合得分	无法直接测量	5.2/9	约 30%学生在方法改进维度表现突出
高分学生特征	计算准确率高	计算准确 + 工程意识强 + 能提出改进方案	区分度显著提升

教改组学生期末项目报告中, 能够主动将极点分布与系统稳定性关联、对频谱泄露问题提出改进方案的 比例达 42%, 远高于传统班同类问题出现频率(不足 10%), 表明该评价体系有效引导并测量了学生的高阶思维能力发展。

6. 课程新形态构建的实践思考与启发

在构建课程新形态过程中, 需坚持“技术赋能教学, 教学回归育人”原则, 结合实践反思, 可以得到一些有启发如下:

避免“技术堆砌”, 坚持以学为中心。实践中易出现重工具、轻教学的倾向, 如堆砌多个平台或将线下内容简单线上化, 反而增加师生负担。评价体系曾因追求数据全面性设置过多指标, 后聚焦“知识掌握、能力达成、学习过程”三大维度, 精简冗余, 使技术真正服务于教学。技术融合应遵循教学目标导向——先明确育人核心, 再选择适配工具。技术是“减负增效、提质育人”的手段, 而非目标本身。

提升教师素养, 从“工具应用”到“数字化教学设计”。部分教师仅掌握基础操作, 缺乏资源设计、活动组织与评价构建能力。例如, 不熟悉数据看板分析, 难以基于数据优化教学; 或数字化作业仍停留于“线上刷题”。为此, 可通过系统培训与“老带新”机制分层推进: 基础层聚焦工具熟练应用, 进阶层注重数字化资源设计, 高层次侧重构建数字化教学闭环。学校应建立长效培训机制, 结合“实践练兵”, 推动教师从“会用工具”转向“善用技术设计教学”。

培养学生自主学习, 规避“碎片化”, 引导“深度学习”。数字化资源丰富但易导致浅层学习, 如刷视频进度、敷衍互动。评价中曾用“学习时长”“互动次数”衡量投入, 却出现挂视频、发无意义弹幕等现象。后续优化评价逻辑, 纳入“有效学习时长”“互动质量”, 并设计知识整合任务, 引导学生主动梳理。自主学习培养需“引导 + 约束”并重: 通过开放性、项目式任务激发深度动机; 借助评价机制提高应用类任务权重, 降低单纯时长占比, 并提供个性化学习路径, 帮助学生从“被动完成”转向“主动探究”。

整合跨学科资源, 打破专业壁垒, 构建“通用型实践生态”。跨学科资源整合常面临适配不足问题, 如工程案例难以直接用于文科课程。实践中曾尝试整合多专业案例, 但因缺乏统一能力标准而效果不佳。后续提炼“通用能力指标”(如问题解决、创新思维、数字化工具应用), 建立跨专业适配的案例框架——同一案例可依专业需求调整场景与评价侧重点, 但核心能力评价标准保持一致。资源整合应遵循“通用能力为核心, 专业场景为载体”的原则, 并通过跨专业项目合作, 推动资源共享与能力互补。

课程新形态的构建是一项系统工程, 需把握三大逻辑: 育人初心不变, 所有转型应围绕“提升育人质量”展开; 双向素养提升, 推动教师教学能力与学生学习素养同步发展; 动态迭代优化, 结合实践问题持续调整, 使其始终契合育人需求与时代发展。

7. 结论与展望

本研究提出以“技术赋能、能力导向、开放融合”为核心的课程全链条数字化重构路径, 强调须以教学本质为先, 并通过提升师生数字素养保障其持续运行。

当前研究仍存在三方面局限: 首先, 缺乏长期实证支撑, 尚未基于完整教学周期量化验证新形态对学生能力提升的实际成效; 其次, 未充分考虑不同院校层次与专业需求的差异化适配; 再者, 对人工智能等新技术的融合潜力挖掘不足。

未来可从通过开展跨院校、多周期教学实践, 积累纵向数据以优化教学与评价体系; 依据院校与专业特点, 构建“通用核心 + 专业特色”的差异化课程体系; 加强智能技术融合, 探索智能答疑、学习路径推荐及沉浸式实践场景, 推动课程向更智能、开放的方向演进。

基金项目

本论文由 2025 年度校级教育教学改革研究项目“面向未来的高等教育新形态构建——以《复变函数与积分变换》课程改革为例的研究”(项目编号: JYCG202530)资助。

参考文献

- [1] 李铭. 高校公共基础课程教学改革探索——以复变函数与积分变换课程为例[J]. 高教学刊, 2024, 10(2): 131-134.
- [2] 李雨潇. 新形势下对《复变函数与积分变换》教学改革的研究[J]. 科教导报, 2024(8): 108-110.
- [3] 孟桂芝, 罗来珍, 曹燕. 大学数学“一核三维”混合式教学路径研究——以一流课程“复变函数与积分变换”为例[J]. 黑龙江教育(理论与实践), 2025(7): 81-84.
- [4] 董银丽, 任翠萍, 马明远. 融入 Chat AI 及 Matlab 的复变函数与积分变换课程教学研究[J]. 电脑知识与技术, 2025, 21(3): 134-138.
- [5] 马荣, 张硕. 大学数学课程泛在教学模式的探索与实践[J]. 高等数学研究, 2025, 28(5): 36-38+85.
- [6] 杨亚莉, 王红卫, 黄国荣, 段小虎, 王小平. 复变函数与积分变换绪论课教学设计与实践[J]. 高等数学研究, 2024, 27(6): 86-90.
- [7] 朱四如, 胡军涛, 宋淑玲. 基于专业课程视角下的复变函数与积分变换课程教学实践[J]. 大学数学, 2024, 40(1): 42-49.
- [8] 宋达霞, 许世军, 康筱锋. 复变函数与积分变换课程过程性考核的探索与实践[J]. 大学教育, 2022(10): 138-141.
- [9] 余孝军, 樊泽明, 刘准钊, 管峻, 刘云. “教学研训一体, 线上线下融合”本研贯通式培养模式探索[J]. 高等理科教育, 2024(4): 36-44.
- [10] 葛武杰, 王超男, 刘艳颖. 新工科背景下应用型人才培养的探究[J]. 化工管理, 2025(22): 32-36+41.
- [11] 刘立, 胡德鑫, 孙雨晗. 我国新工科建设的成效, 挑战与未来进路——基于第二批新工科研究与实践项目的分析[J]. 清华大学教育研究, 2025(3): 119-128.
- [12] 李振荣, 王航, 汤华莲, 等. 新工科背景下案例导向型教学模式探索——以生物医疗微纳电子学为例[J]. 高教学刊, 2025, 11(18): 42-45+49.