

新工科应用型人才培养“双线三阶四维” 数字化智慧教学模式的构建与实践

吴昊年, 何 芳, 张 军

长江师范学院机器人工程学院, 重庆

收稿日期: 2026年9月20日; 录用日期: 2026年10月17日; 发布日期: 2026年10月23日

摘 要

针对新工科课程线上线下衔接不充分、能力进阶路径不清及育人目标分散等问题, 本文在建构主义、情境学习与成果导向教育基础上, 构建双线融合、三阶递进、四维赋能数字化智慧教学模式。双线组织诊断与反馈, 三阶安排任务复杂度和实践参与程度, 四维将价值塑造、数智赋能、工程实践和研创贯通落实为任务评价要求; 三者通过同一学习证据形成教学调整循环。以《机械制图及CAD》为案例, 说明多元图谱、线上线下协同、实践任务链与虚实联动场景的实施方式, 并讨论理论课与实践课、工科与文科的调整策略及资源、师资和技术边界。案例展示了框架的可实施路径, 其学习增益和跨课程效果仍需进一步验证。

关键词

新工科, 智慧教学, 双线融合, 三阶递进, 四维赋能, 人工智能

Construction and Practice of a “Dual-Line, Three-Stage, Four-Dimensional” Digital and Intelligent Teaching Model for Cultivating Application-Oriented Talent in Emerging Engineering Education

Haonian Wu, Fang He, Jun Zhang

School of Robot Engineering, Yangtze Normal University, Chongqing

Received: September 20, 2026; accepted: October 17, 2026; published: October 23, 2026

文章引用: 吴昊年, 何芳, 张军. 新工科应用型人才培养“双线三阶四维”数字化智慧教学模式的构建与实践[J]. 教育进展, 2026, 16(10): 1606-1615. DOI: 10.12677/ae.2026.16102267

Abstract

To address the insufficient integration of online and offline instruction, unclear pathways for progressive competency development, and fragmented educational objectives in emerging engineering education, this study develops a digital and intelligent teaching model characterized by “dual-line integration, three-stage progression, and four-dimensional empowerment”, drawing on constructivism, situated learning, and outcome-based education (OBE). The dual-line approach organizes diagnosis and feedback, while the three-stage approach progressively increases task complexity and the level of practical engagement. The four-dimensional approach translates value cultivation, digital intelligence empowerment, engineering practice, and innovation and research into explicit task and assessment requirements. These three components are interconnected through a shared body of learning evidence to establish a continuous cycle of instructional adjustment. Using Mechanical Drawing and CAD as a case study, this paper illustrates the implementation of diversified knowledge and competency maps, online-offline collaboration, practice-oriented task sequences, and virtual-physical integrated learning environments. It also discusses adaptation strategies for theoretical and practical courses, as well as engineering and humanities courses, while examining the constraints imposed by resources, faculty capabilities, and technological conditions. The case demonstrates the practical implementation of the proposed framework; however, its learning gains and effectiveness across different courses require further validation.

Keywords

Emerging Engineering Education, Intelligent Teaching, Dual-Line Integration, Three-Stage Progression, Four-Dimensional Empowerment, Artificial Intelligence

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

随着新一轮科技革命和产业变革加速演进，人工智能、大数据、物联网、数字孪生等新一代数字技术加速向制造业和工程技术领域渗透，推动产业形态、生产方式与工程实践模式深刻变革，也对工程人才的数字素养、工程实践和创新能力提出了更高要求。新工科建设背景下，高等工程教育亟需顺应产业数字化、智能化发展趋势，推动数字技术与教育教学全过程深度融合，创新人才培养模式，培养具有数字化思维、工程实践能力和创新能力的高素质应用型工程人才。

围绕新工科人才培养与数字化教学改革，国内外学者开展了较为丰富的研究。国内研究主要聚焦科教融合、产教协同及教学资源重构。赵生慧等探索了应用型高校科教融合人才培养路径，提出将科研资源融入人才培养过程，以强化学生实践创新能力[1]；吴飞等提出以科教融合和产教协同促进人工智能创新人才培养，推动科研、产业与教育教学有机衔接[2]；盛明科等研究了高校科研成果向教学资源转化的理论逻辑与实践路径，为科研资源课程化、教学化提供了参考[3]。

国外研究更多关注人工智能、知识图谱与成果导向教育对教学模式的重塑。Menekse 分析了人工智能赋能工程教育的机遇与挑战，指出其在个性化学习、教学支持和教学设计等方面具有重要潜力[4]；Hao 等通过综述与课程模块设计，探讨了人工智能融入工程高等教育的实施路径[5]；Liu 等系统分析了 161 项相关研究，发现人工智能已应用于虚拟实验、学习分析、智能辅导和自动评价等多个工程教育场景[6]。

在知识图谱应用方面，Abu-Salih 和 Alotaibi 系统梳理了教育知识图谱研究，指出其在个性化学习、课程设计和教育资源推荐等方面具有较高应用价值[7]；Lin 进一步探索了知识图谱支持高校个性化教学的实现路径[8]，相关研究还尝试将大语言模型与知识图谱结合，用于课程领域建模与个性化学习推荐[9]。在工程能力培养方面，相关研究表明，OBE 强调围绕预期学习成果反向设计教学活动与评价方式，有利于推动工程教育由知识传授向学生能力发展转变[10]。

总体来看，已有研究为新工科数字化教学改革提供了重要基础，但仍存在三个方面的不足：一是融合不深，线上资源、智能技术与线下课堂缺乏全过程协同，个性化学习支持不足；二是进阶不足，知识学习、工程实践与创新训练之间缺乏清晰的能力递进路径；三是赋能不强，数字技术更多应用于资源供给和教学辅助，在价值塑造、数字素养、工程实践与创新能力协同培养方面的作用尚未充分发挥。

基于此，本文以 OBE 理念为指导，以学生发展为中心，构建双线融合、三阶递进、四维赋能的数字化智慧教学模式。双线融合贯通线上智慧教学与线下实体课堂，形成全过程教学闭环；三阶递进构建基础认知、综合应用、创新拓展的能力培养路径，促进工程能力逐级提升；四维赋能将价值塑造、数智赋能、工程实践和研创贯通融入教学全过程。三者通过共同的学习任务和评价证据相互衔接，并以《机械制图及 CAD》课程开展实践，为新工科应用型人才培养和课程数字化转型提供参考。

2. “双线三阶四维” 数字化智慧教学模式的理论基础与构建逻辑

为回应新工科课程中学习支持、能力发展和育人目标相互脱节的问题，本文将双线界定为教学活动与反馈的组织方式，将三阶界定为学习任务的进阶结构，将四维界定为贯穿任务的育人目标。三者分别作用于过程、任务和目标，并通过同一学习证据相互连接，如图 1 所示。



Figure 1. Frame diagram of “two-line, three-order and four-dimensional” hybrid intelligent teaching mode

图 1. “双线三阶四维” 混合式智慧教学模式框架图

2.1. 理论依据与现有教学模型的衔接

建构主义强调学习者在已有经验基础上,通过问题解决、互动与反思主动建构知识[11]。据此,线上导学与自测用于识别先备知识和理解偏差,线下图样分析、建模讨论与项目实践促成概念重组,课后反馈支持修正与迁移;双线的关键因而是围绕同一任务形成连续的学习证据,而非简单叠加线上资源与课堂活动。

情境学习理论将知识形成与参与真实社会实践联系起来,强调学习者从边缘参与逐渐走向更充分的实践参与[12]。本模式将基础识图与规范训练、综合工程图样处理、开放性企业或科研任务安排为逐步提高真实性与自主性的任务序列;三阶并不等同于固定学期划分,而是依据任务复杂度、支持强度与评价标准的变化组织能力进阶。

与成果导向教育强调的目标反向设计及建设性对齐模型强调的目标、活动、评价一致性相衔接[10][13],本模式从预期成果确定每阶任务和表现性评价,再将价值塑造、数智工具运用、工程实践和研创能力嵌入同一任务的评价维度。四维不是在专业教学之外增加四类活动,而是规定学生完成工程任务时需要同时回应的质量要求。其整合贡献在于将混合教学的过程组织、工程任务的纵向进阶和育人目标的横向要求落实到可追踪的任务与证据中。

2.2. 双线融合：贯通教学全过程的实施路径

构建线上智慧教学线与线下实体教学线协同运行机制,着力破解线上线下教学割裂和教学过程难以闭环的问题。线上依托智慧教学平台、知识图谱和 AI 智能体开展自主预习、智能导学、在线自测与学情采集,实现资源精准推送与学习过程动态诊断;线下聚焦研讨互动、工程实操和项目攻关,强化知识内化、实践应用与问题解决。通过任务衔接、数据互通和评价反馈,贯通课前、课中、课后,形成线上精准导学、线下深度研学、数据持续反馈的双线融合教学闭环。

2.3. 三阶递进：驱动工程能力发展的培养主线

遵循学生认知发展规律和工程能力形成规律,构建基础认知、综合应用、创新拓展三阶递进式培养路径。基础认知阶突出知识建构与基本技能训练,夯实专业基础;综合应用阶突出任务驱动与工程训练,强化知识迁移和综合应用;创新拓展阶突出项目实践、科研训练和创新探索,提升复杂工程问题解决与创新能力。三个阶段由低阶认知向高阶实践逐级提升,实现工程能力培养目标、教学任务和评价要求的阶梯化衔接。

2.4. 四维赋能：促进全面发展的育人内核

围绕新工科人才培养的综合要求,将价值塑造、数智赋能、工程实践和研创贯通四类育人要素贯穿课程教学全过程。以价值塑造强化工程责任、职业素养和工匠精神,以数智赋能提升数字化学习和智能工具应用能力,以工程实践强化真实问题解决能力,以研创贯通促进科研训练、学科竞赛与创新实践的深度融合,推动知识传授、能力培养、素养提升与价值塑造协同并进。

2.5. 三者的协同机制与框架贡献

以课程中的机械零部件表达任务为例,课前线上诊断识别空间想象与投影知识的薄弱点,课中在实物或三维模型支持下完成图样分析与协作建模,课后依据作品和反馈修订表达方案;同一任务可从基本识读逐步扩展到工程方案比较与改进,并以规范意识、数字工具选择、工程可行性和创新论证共同评价。线上诊断改变线下任务的起点,阶段任务决定需要采集的学习证据,多维评价又反过来调整下一阶段的资源与支持,形成从诊断、任务实施、表现评价到反馈再设计的循环。

这种协同效应表现为单一要素难以实现的连续改进：仅有双线，难以保证能力任务逐级加深；仅有三阶，缺少及时诊断便难以因材施教；仅有四维，若不进入具体任务与评价，容易停留于目标陈述。三者联动时，同一份学习作品既反映阶段能力，又提供多维评价与下一轮教学调整的依据。因此，本文所称协同是可检验的机制假设，而非对学习增益的数量判断；尚需通过跨课程对照和纵向数据验证其效果。

3. “双线三阶四维”模式的实施机制

3.1. 双线融合构建线上线下协同的教学闭环

针对线上线下教学相互割裂、资源重复和过程脱节等问题，以学生学习过程为中心，重构课前、课中、课后全过程，形成线上筑基、线下提质、双线联动的融合教学机制。线上智慧教学线重在精准导学与自主学习，依托智慧教学平台、知识图谱和 AI 助教整合微课、三维 CAD 模型、工程案例等数字资源，开展智能导学、在线自测、智能答疑和个性化资源推送，并采集学习行为与测评数据形成动态学情画像。线下实体教学线重在知识内化与能力提升，依据线上学情诊断精准定位共性难点和个体薄弱点，通过项目式、探究式和小组协作等方式开展重难点研讨、任务实践与项目攻关。双线联动则建立任务衔接、数据互通和评价反馈机制，以线上数据指导下线教学设计，以线下研讨和实践成果反哺线上拓展学习，形成从课前精准导学到课中深度研学、再到课后拓展提升的教学全过程闭环。

3.2. 三阶递进构建工程能力阶梯式培养路径

以 OBE 成果导向理念为引领，将课程目标分解为不同层级的能力要求，并配置与之相匹配的学习任务和实践项目。基础认知阶围绕核心知识和基本技能，线上完成自主学习、智能导学与基础自测，线下开展基础训练、操作演示和规范训练；综合应用阶打破单一知识模块边界，引入企业工程案例和三维建模任务，通过项目化综合实训、方案设计与协同实践提升知识迁移和工程应用能力；创新拓展阶将产业真实项目、学科竞赛和科研课题转化为开放性实践任务，组织团队协作、项目攻关和创新设计，推动学生实现从知识掌握到综合应用再到创新创造的逐级跃升。

3.3. 四维赋能构建多维协同育人机制

将价值塑造、数智赋能、工程实践和研创贯通系统嵌入课程目标、教学内容、教学活动和评价过程。价值塑造突出立德树人，将工程文化、工匠精神、工程伦理和社会责任融入专业学习与工程实践；数智赋能突出数字素养，将 AI 工具、知识图谱、三维建模、数字孪生和虚拟仿真等技术融入学习任务；工程实践突出知行合一，构建从虚拟仿真到实体实训、再到企业实战的实践体系；研创贯通突出创新驱动，将教师科研项目、企业技术问题、学科竞赛和创新创业项目转化为教学资源与实践任务，实现以研促学、以赛促创、以创促用。

4. 实践应用案例：《机械制图及 CAD》课程改革

以国家级线上线下混合式一流课程《机械制图及 CAD》为实践载体，将双线三阶四维模式贯穿课程资源、教学过程、能力训练和实践创新全过程。课程在在线精品课程、课程思政示范课程及人工智能赋能智慧课程等建设基础上持续推进改革，以图谱组织资源、双线衔接课堂、三阶促进能力进阶、四维统合育人目标。

4.1. 重构知识、问题、目标多元图谱，夯实数智化教学资源底座

围绕课程知识结构和工程能力目标，系统梳理 156 个核心知识点及其内在逻辑关系，构建课程知识图谱，并进一步形成基于从基本立体构型到复杂形体构型再到机械结构构型的问题图谱与课程目标图谱，

实现知识点、工程问题与课程目标的多元关联。以图谱为枢纽，将 1016 分钟微视频、80 个思政案例、689 个三维 CAD 虚拟模型、145 个先进成图竞赛案例和 130 张地方产业工程图纸等多形态资源结构化挂载，推动课程资源由碎片化堆积向图谱化组织转变，学习内容由统一供给向按需推送转变，为自主学习和个性化学习提供资源支撑，如图 2 所示。



Figure 2. Knowledge map of Mechanical Drawing and CAD
图 2. 《机械制图及 CAD》知识图谱

4.2. 实施云端 + 课堂 + AI 智能体双线协同，重构全过程智慧教学闭环

依托智慧教学平台和 AI 智能体，将线上智慧学习与线下实体课堂有机贯通。课前，学生通过微课、知识图谱和三维模型开展自主学习与在线自测，AI 助教提供全天候答疑和个性化学习支持；课中，教师依据 AI 学情分析识别共性难点和个体薄弱点，针对性组织图样分析、三维建模、项目研讨和协作探究；课后，平台通过智能答疑、学习报告、作业查重和个性化资源推送开展巩固拓展与持续反馈。课程已引入 AI 学情分析、智能问答、AI 出题、作业查重、AI 教案等应用，形成从线上诊断到线下研学、再到智能反馈和持续改进的教学闭环，推动 AI 由单一工具逐步转变为贯穿教与学全过程的智能支撑。以机械制图与 CAD 为例，其智慧课程实践示意图如图 3。

4.3. 构建三阶段递进实践任务链，推动工程能力由基础训练向创新实战进阶

围绕基础认知、综合应用、创新拓展的能力递进培养主线，将课程知识、数字工具、工程案例和创新项目分层嵌入教学。基础认知阶以识图、绘图、基本构型分析和 CAD 基本操作为重点，强化知识理解与基本技能；综合应用阶引入复杂组合体、机械零部件及企业典型工程图样，通过三维建模、综合绘图和项目化任务强化知识迁移与工程应用；创新拓展阶进一步对接企业真实项目、先进成图技术与产品信息建模创新大赛及科研任务，通过团队攻关和真题真做，促进学生从识图绘图走向设计、工程问题解决和创新。



Figure 3. Schematic diagram of the practice of the intelligent course of Mechanical Drawing and CAD
图 3. 《机械制图及 CAD》智慧课程实践示意图

4.4. 打造虚拟仿真 + 实体实训 + 企业实战实践场景，强化四维协同育人

将价值塑造、数智赋能、工程实践和研创贯通融入课程教学全过程。依托画法几何与机械制图虚拟仿真教学系统，将画法几何、机械制图、机械装配等 21 个仿真实验引入教学，通过沉浸式交互强化空间思维训练；结合 12 个企业实践基地，将地方产业工程图纸和企业工程任务转化为课程项目，推动虚拟训练与真实工程实践衔接；同时将课程思政案例、先进成图竞赛和科研创新任务融入不同教学阶段，构建从虚拟认知到仿真训练、实体实践、企业实战、研创提升的递进式实践育人链条。

通过上述改革，《机械制图及 CAD》课程将“双线三阶四维”从模式框架转化为具体教学实践，实现资源组织图谱化、教学决策数据化、能力训练阶梯化和育人过程协同化，为机械类专业课程数字化智慧教学改革提供了实践样本。

5. 改革成效与推广价值

围绕双线融合、三阶递进、四维赋能的改革目标，课程在资源建设、教学组织、实践创新和示范推广等方面形成了较为扎实的实践基础。鉴于现有材料主要提供课程建设、竞赛成果和推广应用等客观数据，本文从可验证的建设与应用成果出发分析改革成效，避免将尚缺少对照数据支持的能力提升幅度作定量推断。

5.1. 构筑双线融通的智慧教学生态，夯实精准教学基础

课程围绕 156 个核心知识点构建知识、问题、目标多元图谱，并集成 1016 分钟微视频、689 个三维 CAD 虚拟模型、80 个思政案例、145 个先进成图竞赛案例和 130 张地方产业工程图纸等资源，形成面向课前、课中、课后的数字资源体系。AI 助教、学情分析、智能问答等功能的引入，使线上学习数据能够服务线下教学决策，为由资源供给型混合教学向数据支持型融合教学转变提供了条件。

5.2. 形成三阶递进的工程能力培养链，强化赛课研创贯通

课程将基础训练、综合项目、企业真题、科研任务和学科竞赛纳入递进式实践体系，并持续将各项成果反哺课堂。团队指导学生参加全国大学生成图技术与中国机器人及人工智能大赛，第十五届获个人一等奖 1 项、二等奖 1 项、三等奖 4 项及团体三等奖 1 项；第十六届获个人二等奖 2 项、三等奖 2 项，

以及团体二等奖 2 项、三等奖 1 项。相关成果表明，课程已形成较稳定的竞赛、课程、科研与创新实践衔接机制，为学生开展高阶工程实践和创新训练提供了真实任务载体。

5.3. 打造四维协同的数智育人格局，拓展实践育人场景

课程已训练 AI 助教提供 24 小时学习支持，并开展个性化学习报告、智能问答、AI 出题、作业查重和 AI 教案等应用，同时建成涵盖画法几何、工程制图、机械装配等 21 个模块的 VR 虚拟仿真教学系统，并依托 12 个企业实践基地拓展真实工程场景。数字技术、虚拟仿真、企业实践、课程思政和竞赛科研的协同嵌入，拓宽了课程由知识教学向数字素养、工程实践、创新训练与价值塑造综合育人的实施空间，如图 4。

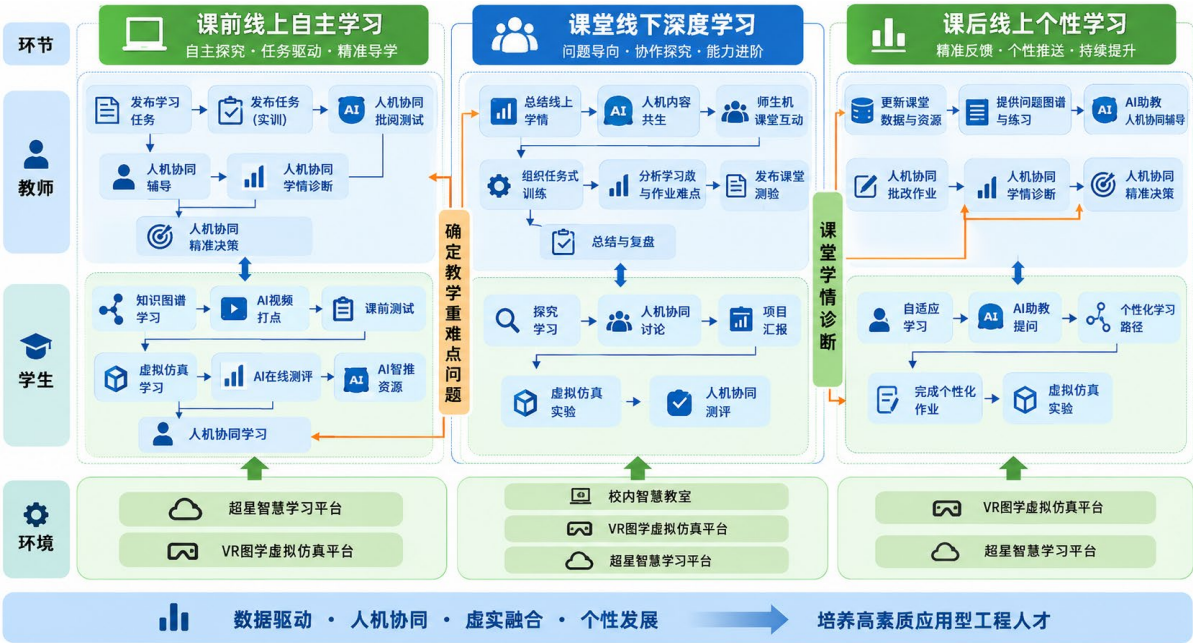


Figure 4. Schematic diagram of the implementation of deep mixed teaching under AI empowerment
图 4. AI 赋能下深度混合式教学实施示意图

5.4. 形成可复制的课程改革样本，增强示范辐射效应

依托国家级线上线下混合式一流课程及相关课程建设基础，《机械制图及 CAD》课程已运行 19 学期、服务 38 所高校，具备一定的跨校共享与推广基础。围绕模式框架、数字资源、多元图谱、智慧教学设计、企业项目案例和虚拟仿真实训等形成的建设成果，可为机械类专业基础课程和相关新工科课程的数字化转型提供参考。后续可在专业群和同类课程中进一步检验模式的迁移适用性，并通过学习过程数据、达成度评价和纵向对比持续验证改革效果。

6. 模式适用性、实施边界与分类推广

6.1. 不同课程类型的适用性与调整

该框架可迁移的部分是以线上线下协同获取学习证据、按任务复杂度组织进阶、将多维目标嵌入评价的设计原则，具体技术与任务形式则应随课程性质调整。理论类课程可将三阶设置为概念理解、案例解释与观点论证，线下重在讨论、推理和论证质量；实践类课程可设置为规范操作、综合任务与开放项

目,侧重作品、操作过程和现场表现。对难以形成实物成果的课程,可用案例分析、设计说明或反思报告作为表现性证据,不宜机械套用虚拟仿真或企业项目。

工科课程可依托设计、实验与产业情境,将工程规范、数字工具和方案迭代融入任务;文科课程可围绕文本解读、社会调查或公共议题,将四维中的工程实践调整为专业实践与问题解决,将研创贯通调整为资料考证、研究方法训练与原创表达。跨学科迁移应保持目标、任务、评价相一致,同时重新定义四维的学科内涵和可观察指标,避免将工程课程的资源清单当成普遍实施标准。

6.2. 实施边界与现实限制

本案例依托较丰富的课程资源、虚拟仿真系统、企业基地和教学团队,其建设条件不能直接代表一般课程。模式运行至少需要可供学生访问的基础资源与稳定的沟通渠道、教师对学习目标和阶段任务的持续设计、能够保存与解释学习证据的评价机制,以及与课程任务相匹配的实践情境。平台数据可能存在缺失或偏差,AI建议与自动评价需由教师核验;学生数字接入、数据保护与教师工作量也会影响实施质量。若缺少真实企业任务,可采用经过筛选的案例或模拟情境,但应明确其真实性边界。

本文的证据主要来自《机械制图及CAD》的建设与应用记录,尚不足以证明三要素联动带来的增量效果,也不能据此推断该模式在文科课程或资源较少学校具有同等成效。后续应结合前后测、作品量规、课程目标达成度及学生访谈,并设置可比较的课程或班级,检验各要素及其交互作用,同时记录投入成本与教师负担。

6.3. 分层分类的推广路径

资源有限的课程可先从一项核心学习成果入手,选取现有平台或纸笔工具完成课前诊断、课堂任务和课后反馈,以少量基础任务、综合任务和开放任务形成最小可行的三阶链条;已有稳定资源和团队的课程可建设共享案例库、统一作品量规和阶段反馈机制,逐步将多个模块贯通;具备企业合作与技术支持的课程可进一步引入真实项目、仿真和AI辅助分析,但应评估成本、可及性和数据治理。理论课优先完善概念迁移与论证任务,实践课优先完善操作与作品证据;推广时先开展同类课程试点,再跨学科调整指标并比较实施效果。

7. 结语

本文在建构主义、情境学习与成果导向设计的基础上,提出以双线组织学习过程、三阶安排任务进阶、四维界定任务质量的整合框架,并在《机械制图及CAD》中形成了相应的资源、教学与实践路径。其核心机制是利用同一任务的学习证据连接诊断、实践、评价和再设计。现有材料支持描述课程建设和实施方式,但尚不能量化联动效应。后续需在不同课程与资源条件下开展纵向及对照研究,检验学习成效、迁移适用性和实施成本。

基金项目

重庆市教育教学改革研究项目(263265);长江师范学院现代食品产业产教融合专业群教育教学改革研究培育项目(编号:SPQJY2521);长江师范学院教育教学改革研究重大项目(编号:JG2025103);长江师范学院课程思政师范课程建设项目(项目编号:KCSZ202402);长江师范学院教育教学改革研究项目(项目编号:JG2023324)。

参考文献

- [1] 赵生慧,陈桂林,于春燕,等.面向应用型高校的科教融合信息类人才培养探索[J].滁州学院学报,2022,24(2):

- 103-107.
- [2] 吴飞, 吴超, 朱强. 科教融合和产教协同促进人工智能创新人才培养[J]. 中国大学教学, 2022(Z1): 15-19.
 - [3] 盛明科, 杨可鑫, 牛敬丹. 高校科研成果转化为教学资源的理论逻辑与实践路径[J]. 当代教育理论与实践, 2019, 11(6): 5-10.
 - [4] Menekse, M. (2023) Envisioning the Future of Learning and Teaching Engineering in the Artificial Intelligence Era: Opportunities and Challenges. *Journal of Engineering Education*, **112**, 578-582. <https://doi.org/10.1002/jee.20539>
 - [5] Hao, Y., Liu, Y., Liu, B., Amaratidis, G. and Ghannam, R. (2025) Integrating AI in Engineering Education: A Comprehensive Review and Student-Informed Module Design for U.K. Students. *IEEE Transactions on Education*, **68**, 173-185. <https://doi.org/10.1109/te.2025.3536105>
 - [6] Liu, C., Wang, G. and Wang, H. (2025) The Application of Artificial Intelligence in Engineering Education: A Systematic Review. *IEEE Access*, **13**, 17895-17910. <https://doi.org/10.1109/access.2025.3532595>
 - [7] Abu-Salih, B. and Alotaibi, S. (2024) A Systematic Literature Review of Knowledge Graph Construction and Application in Education. *Heliyon*, **10**, e25383. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25383>
 - [8] Lin, W. (2023) Research on Individualized Teaching in Colleges and Universities Based on Knowledge Graph. *Proceedings of the 2023 4th International Conference on Big Data and Informatization Education (ICBDIE 2023)*, Zhangjiajie, 7-9 April 2023, 830-835. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-238-5_107
 - [9] Abu-Rasheed, H., et al. (2025) LLM-Assisted Knowledge Graph Completion for Curriculum and Domain Modelling in Personalized Higher Education Recommendations. 2025 *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, London, 22-25 April 2025, 1-5. <https://doi.org/10.1109/EDUCON62633.2025.11016377>
 - [10] Jadhav, M.R., Kakade, A.B., Jagtap, S.R. and Patil, M.S. (2020) Impact Assessment of Outcome Based Approach in Engineering Education in India. *Procedia Computer Science*, **172**, 791-796. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.05.113>
 - [11] Jonassen, D.H. (1999) Designing Constructivist Learning Environments. In: Reigeluth, C.M., Ed., *Instructional-Design Theories and Models: A New Paradigm of Instructional Theory*, Vol. 2, Lawrence Erlbaum Associates, 215-239.
 - [12] Lave, J. and Wenger, E. (1991) *Situated Learning*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511815355>
 - [13] Biggs, J. (1996) Enhancing Teaching through Constructive Alignment. *Higher Education*, **32**, 347-364. <https://doi.org/10.1007/bf00138871>