

双师协同·AI 赋能·能力导向：深度学习实验教改探索

*

匡慈维 王婷** 薛睿

哈尔滨工业大学（深圳） 实验与创新实践教育中心（分析测试中心），深圳 518055

摘 要 针对传统深度学习实验教学内容滞后、模式单一、评价片面等问题，本研究构建了“双师协同、AI 赋能、能力导向”三位一体的实验教学改革模式。该模式通过人类教师与 AI 智能体的结构化协同，设计“基础-核心-综合”三级递进实验内容体系，并基于多模态学习数据构建可视化“能力图谱”评价系统。一学期对比教学实验表明，该模式能显著提升学生的实践创新能力、学习投入度与自主学习能力，为人工智能类课程实验教学改革提供可复制、可验证的实施路径与范式参考。

关键字 深度学习；实验教学改革；双师协同；AI 赋能；能力图谱

Dual-Teacher Collaboration, AI Empowerment, and Capability Orientation: Exploration of Deep Learning Experimental Teaching Reform

Kuang Ciwei Wang Ting Xue Rui

Education Center of Experiments and Innovations Analytical and Testing Center
Harbin Institute of Technology, ShenZhen
ShenZhen 518055, China;
wangting5060@hit.edu.cn

Abstract—Addressing the issues of lagging experimental teaching content, monotonous modes, and one-sided evaluations in traditional deep learning, this study has constructed a trinity experimental teaching reform model featuring "dual-teacher collaboration, AI empowerment, and capability orientation". This model designs a three-level progressive experimental content system, namely "basic-core-comprehensive", through structured collaboration between human teachers and AI agents. Additionally, it constructs a visual "capability map" evaluation system based on multimodal learning data. A semester-long comparative teaching experiment shows that this model can significantly enhance students' practical innovation ability, learning engagement, and autonomous learning ability. It provides a replicable and verifiable implementation path and paradigm reference for the reform of experimental teaching in artificial intelligence courses.

Keywords—deep learning; experimental teaching reform; dual-teacher collaboration; AI empowerment; capability map

1 引 言

深度学习作为人工智能领域的核心技术，已广泛融入计算机科学与数据科学等专业的人才培养体系。随着产业智能化进程加速，企业对具备扎实理论基础与工程创新能力的高素质人才需求日益迫切，对高校

* **基金资助**：本文得到哈尔滨工业大学（深圳）2025 年 AI 智能体赋能教学创新“揭榜挂帅”计划未来学习中心智能体项目：“1+1+N”架构的混合式未来学习中心（HITSZUA125011）和校区教学质量与教学改革工程项目（高等教育教学改革）：智能体赋能、交叉融合：《统计机器学习》分层实践教学模式探索与实践（HITSZUQP25019）项目基金的资助。

** 通讯作者：王婷 wangting5060@hit.edu.cn

实验教学提出了更高的要求。然而，当前深度学习实验教学普遍面临教学内容滞后、教学模式单一、评价体系片面等诸多问题，难以支撑学生高阶能力的培养目标^[1-4]。

与此同时，以生成式大模型为代表的 AI 技术正深度介入教学过程，为人机协同教学提供了新的可能^[5]。如何将 AI 从辅助工具提升为教学系统的结构性要素，实现教学内容智能化组织、教学过程个性化支持和教学评价精准化反馈，已成为推动实践类课程教学改革的关键议题^[6]。

为此，本研究以深度学习实验课程为载体，构建并实施了一套以“双师协同、AI 赋能、能力导向”为

核心的实验教学改革模式。通过系统化教学设计、递进式实验体系与智能化评价机制的融合,探索 AI 赋能实践教学的有效路径,并通过一学期对照实验验证其教学成效,以期为人工智能相关课程的实验教学改革提供可借鉴的经验与范式^[7]。

2 国内外实验教学研究现状分析

2.1 深度学习实验教学的主要困境

当前实验教学普遍面临三重脱节^[2-4,8]:一是教学内容与产业前沿、科研热点脱节,案例多围绕经典模型展开;二是教学模式以“教师演示-学生复现”为主,学生缺乏主动探究与真实问题解决的机会;三是评价方式重结果、轻过程,难以全面反映学生在工程思维、协作创新等方面的成长。此外,学生基础差异大,统一的教学安排难以实现个性化培养。

2.2 AI 赋能实验教学的研究进展

人工智能技术已在自适应学习、智能辅导、自动化评价等领域得到应用^[5-6]。然而,现有研究多集中于编程入门、语言学习等中低阶场景,在深度学习这类知识密度高、实践性强、迭代快速的高阶课程中,AI 与教学的系统性融合仍处于探索阶段,缺乏成体系的教学设计、实施路径与效果验证^[9]。近期,大模型赋能的人工智能实践教学^[10]以及线上线下融合的计算机类课程实践教学^[11]为本研究提供了可借鉴的思路。

2.3 本研究的定位与创新

本研究旨在突破当前实验教学中“技术应用表层化、教学改革碎片化”的局限,以“双师协同”为纽带,推动 AI 从辅助工具走向教学结构的有机组成部分^[12],构建“内容—过程—评价”一体化的实验教学新生态,并为高阶实践类课程的教学改革提供可迁移的框架。

3 改革理念与整体架构设计

3.1 核心理念的深度阐释与创新内涵

本实验教学改革以“双师协同、能力导向、学评一体”为核心理念,构建了一套适应智能化教学环境、面向高阶能力培养的教学体系^[13],具体内容如下:

(1) 双师协同:从工具辅助到结构融合。

将 AI 智能体定位为“结构性教学参与者”,与人类教师形成优势互补、动态适配的协同关系。人类教师侧重于情境创设、思维激发与价值引领;AI 依托其知识处理、实时反馈与数据分析能力,提供个性化学习支持。二者通过“课前—课中—课后—评价”四阶段闭环,实现教学资源的智能配置与过程的精准调控。

(2) 能力导向:从知识传授到能力图谱驱动。

确立以“工程实现、理论理解、创新应用、协作沟通”为核心的四维能力框架。通过设计三级递进实验体系,将模糊的能力目标转化为可观测、可培养、可评价的显性指标,并依托“能力图谱”实现学习路径的个性化,驱动教学目标从知识传递向综合能力发展根本性转变。

(3) 学评一体:从终端考核到过程数据驱动。

将评价深度嵌入学习全过程,基于多模态学习数据自动采集与分析,构建动态能力成长模型,并通过可视化的能力图谱与成长曲线提供即时反馈,形成“学习即评价、反馈即引导、数据即证据”的良性闭环。

3.2 系统化整体架构设计

基于上述理念,本研究构建了“三层支撑、双线协同、一体贯通”的系统化改革架构(见图1),实现教学内容、教学过程与教学评价的有机统一。

(1) 三层递进的实验内容体系

该体系遵循“认知—探究—创新”的能力发展规律,设计三个相互衔接、逐步深化的层次,具体内容:

基础层(AI 增强理解):在验证性实验中融入 AI 增强机制(如代码解释、可视化工具、智能诊断),助力学生完成从“知其然”到“知其所以然”的深度概念建构。

核心层(AI 赋能探究):设计半结构化挑战性任务(如对抗样本攻防),AI 作为“探究伙伴”提供文献、代码优化建议及方案预评估,支持学生批判性思维与问题解决能力发展。

综合层(AI 支撑创新):引入前沿或产业真实项目,AI 在全流程提供智能支持,培养学生完成复杂系统构建与创新整合的能力。

(2) 双线协同的教学实施流程

本架构创新性地设计了“教学协同线”与“数据驱动线”双线并行的实施流程:

教学协同线:构建“教师—AI—学生”三元互动新生态。课前教师设计情境,AI 生成个性化资源;课中教师引导研讨,AI 提供实时调试与概念解释;课后教师进行深度评价,AI 完成自动化检查与资源推荐。

数据驱动线:建立“采集—分析—反馈—优化”智能闭环。平台自动采集全流程多模态数据,利用学习分析技术构建学生画像与能力模型,基于能力图谱为教学干预与个性化学习提供决策支持,并持续优化教学设计。

(3) 一体贯通的能力评价系统

评价系统贯穿始终，其创新性体现在：维度综合（涵盖工程、理论、创新、协作、伦理等多维能力）；

方式融合（量化数据与质性评估相结合）；反馈即时（通

过动态能力图谱实现可视化、个性化指导）；结果成长性（注重能力轨迹追踪与进步幅度，而非静态排名）。

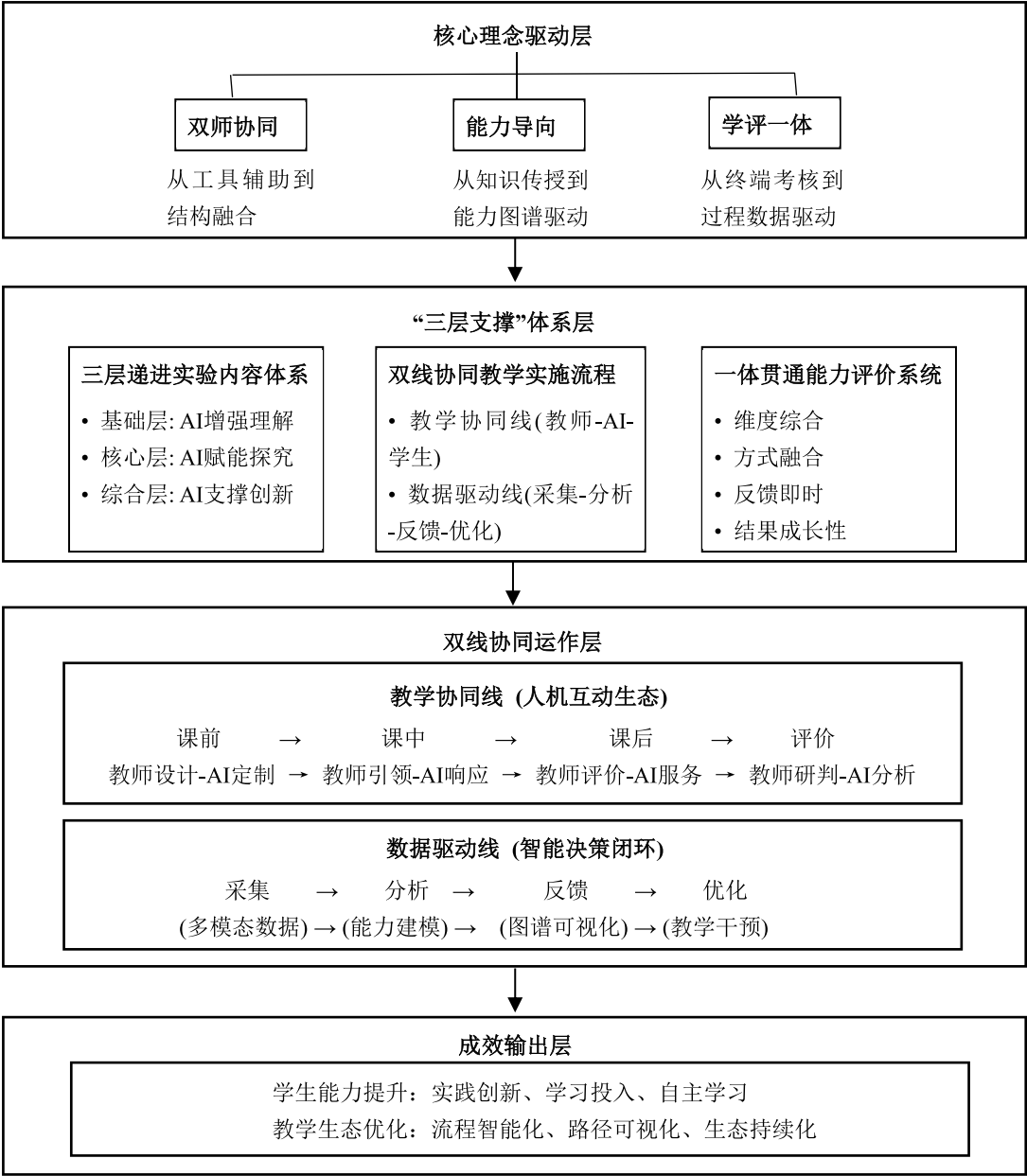


图 1 深度学习实验教学改革系统架构图

4 教学改革实施路径

基于前述“双师协同、能力导向、学评一体”的核心理念与“三层支撑、双线协同、一体贯通”的整体架构，本节将具体阐述教学改革的实施路径，包括双师协同机制的设计、三级实验内容的落地方式，以及能力图谱评价系统的构建与应用。

4.1 “双师协同”教学机制的结构化设计与动态实施

本改革以“双师协同”为中枢机制，突破“教师讲解—学生操作”的单向传递模式，构建“人机协同、优势互补、动态适配”的教学实施体系。

(1) 双师角色定位与协作逻辑的重构

人类教师角色转型：从知识传授者转变为学习设计者、思维激发者与价值引领者。核心职能在于创设真实问题情境、设计挑战性任务、组织深度研讨、关注学生思维过程，并在创新评价与伦理反思中发挥不可替代的作用。

AI 智能体功能深化：从工具性辅助升级为结构性教学支持。AI 不仅提供知识答疑与代码调试，更承担个性化学习路径推荐、学习行为实时分析、能力发展动态追踪等智能服务，成为教学过程中的“智能协作者”。

二者协同基于教学阶段与学生需求的动态调整：

项目初期以教师引导为主，AI 提供资源支持；实验探究阶段以学生自主探索为主，AI 提供实时反馈；项目总结阶段教师回归主导，组织反思与提升。

(2) 四阶段协同实施流程的精细化设计

基于上述角色定位，本研究构建覆盖教学全周期的四阶段协同实施流程（见表 1）。

表 1 “双师协同”四阶段教学实施机制

教学环节	人类教师核心任务	AI 智能体支持功能	协同模式与创新点
课前	设计项目主题、创设问题情境、规划研讨框架	生成个性化预习材料、推送适应性测验、推荐文献与代码案例	“教师设计—AI 定制”：教师把控教学目标，AI 实现资源个性化适配
课中	巡视指导、组织研讨、关注思维过程与障碍	实时代码调试与错误分析、可视化模型训练过程、即时答疑	“教师引领—AI 响应”：教师主导课堂节奏，AI 提供技术支持
课后	批阅报告、组织答辩、提供高阶反馈与拓展指导	自动化代码检查、智能推荐学习资源、论坛热点问题提炼	“教师评价—AI 服务”：教师聚焦创新评价，AI 承担标准化服务
评价	开展质性评价、组织创新评审、综合研判成长轨迹	分析多模态数据、生成能力发展报告、提供成绩统计与学情预警	“教师研判—AI 分析”：教师专业判断与 AI 数据洞察相结合

该机制实现教学资源的智能配置，AI 可根据学生表现动态调整支持策略，实现“千人千面”的学习支持；释放教师的高阶教学潜能，使其专注于教学设计、思维引导与创新评价；形成持续优化的教学闭环，教师可基于 AI 提供的学情分析数据动态调整教学策略。

4.2 三级递进实验内容体系的创新设计与实施

本改革构建“基础—核心—综合”三级实验内容体系，其创新性在于每一层级中 AI 赋能方式的差异化设计与深度融入。

(1) 基础层：AI 增强的理解性实验——从“操作复现”到“概念建构”。

传统验证性实验停留于代码运行与结果观察，学生难以建立深层理解。本改革嵌入“AI 增强理解”机制：通过可解释性 AI 工具（如 Grad-CAM、注意力可视化），让学生实时观察模型内部状态；通过引导式代码注解与思维提问，在关键代码节点插入问题促使同步思考；通过错误模式的智能诊断与概念关联，将代码错误与理论知识点关联解释，促进理解深化。

(2) 核心层：AI 赋能的探究性实验——从“跟随模仿”到“自主探究”。

核心层实验强调真实问题解决与批判思维培养：创设半开放式问题场景（如“面向噪声环境的语音识别模型鲁棒性优化”）；建立 AI 作为“探究伙伴”的协同机制，在学生提出方案时基于迁移学习快速模拟效果，提供预测建议以支持快速迭代；引导跨学科问

题整合与伦理思考（如“人脸识别公平性验证”实验），通过 AI 推荐伦理文献与偏差检测工具，引导学生思考技术的社会影响。

(3) 综合层：AI 支撑的创新性项目——从“实验完成”到“系统构建”。

综合层项目聚焦真实复杂问题解决与系统化能力培养：选题源自前沿与产业真实，确保教学内容与科技发展同步；构建全流程 AI 支持的项目实施框架，在设计、实现、评估、部署各阶段提供差异化智能支持；实施创新成果的多维度评价与展示，不仅关注模型性能，更通过 AI 辅助报告分析、演示视频生成等方式支持成果多样化呈现。

4.3 基于多模态数据的“能力图谱”评价系统的构建与实施

传统实验评价以实验报告和最终结果为单一依据，难以全面反映学生能力发展。本改革构建的“能力图谱”评价系统，实现了评价的全程化、多维化与可视化。

(1) 多源异构数据的智能化采集与融合

系统集成多种数据采集渠道，构建覆盖学习全过程的数据生态：代码行为数据（编辑频率、调试次数）、交互行为数据（AI 问答记录、资源点击流）、认知过程数据（问卷与反思日志）、成果产出数据（实验报告、项目文档等多模态成果）。

(2) 四维能力模型的构建与动态更新

基于学习科学理论与行业能力需求，构建“工程实现、理论理解、创新应用、协作沟通”四维能力模型。每个维度下设多个可观测指标，通过机器学习方法动态更新权重，确保评价模型的适应性与科学性。

(3) 可视化能力图谱的生成与应用

系统为每位学生生成动态更新的个性化能力图谱：通过雷达图、成长曲线等形式可视化呈现个体能力画像；为教师提供群体能力分布的多维分析，支持精准教学干预；基于图谱智能推荐个性化学习路径；积累数据追踪与预测长期发展轨迹。

(4) 评价结果的多元化应用与教学改进

能力图谱不仅作为学生评价工具，更成为教学持续优化的数据基础：为学生提供自我调节依据；为教师提供精准教学支持；为课程体系的迭代改进提供实证依据。

4. 4 实施路径的系统整合与创新效应

上述三大实施路径形成有机衔接、相互支撑的系统化改革方案：“双师协同”机制为三级实验内容提供实施保障；三级实验体系为能力图谱提供丰富的数据来源；能力图谱评价又反过来优化双师协同策略。这一系统化实施路径实现了教学流程的智能化再造、构建了能力发展的可视化路径、形成了持续优化的教学生态，其“人机协同、层级递进、数据驱动”的核心逻辑对于其他高阶实践类课程教学改革具有可迁移的参考价值。

5 教学实践与效果分析

为验证上述改革模式的有效性，本研究于 2025 学年年秋季学期开展了对照教学实验。本节将从实验设计、实施环境、评估方法及结果分析四个方面展开汇报。

(1) 实验设计

选取 62 名大三学生，随机分为实验组（31 人，采用改革模式）与对照组（31 人，采用传统模式），进行为期 16 周的对比研究。

(2) 实施环境与工具

教学平台基于 JupyterHub 构建云端实验环境；AI 支持工具集成 GPT-4（课中答疑与报告辅助）、Pylint/CodeBERT（代码自动检查）、自研可视化插件（训练过程与可解释性分析），共同支撑“双师协同”与“能力图谱”的数据采集与功能实现。

(3) 效果评估方法

采用“定量+定性”混合研究方法。定量数据包括实验成绩、期末考试成绩、平台交互行为数据等；定性数据来源于学生访谈、学习反思报告、项目作品分析等。统计分析采用 SPSS 26.0 进行独立样本 t 检验，P<0.05 为差异显著。效应量采用 Cohen's d 衡量，计算公式如下：

$$d = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{(s_1^2 + s_2^2)/2}} \tag{1}$$

其中 M₁、M₂分别为实验组与对照组均值，s₁²、s₂²为两组方差。效应量判断标准为：d=0.2 为小效应，d=0.5 为中效应，d>0.8 为大效应，d>1.0 为极大效应。

(4) 结果与讨论

为系统评估改革效果，本研究从学习成效、创新能力、学习投入三个维度对实验组与对照组进行了对比分析，具体数据如见表 2。

实践与创新能力显著提升：实验组在项目成绩（88.5±5.2）与创新任务（4.2±0.8）上表现显著优于对照组，P 值均<0.001，效应量分别达到 1.24 和 1.20（极大效应），证明改革模式有效促进了学生的高阶实践能力与创新思维发展。

学习投入与深度学习发生：实验组平台交互频率（25.3±9.1）远超对照组（11.4±5.6），P<0.001，效应量高达 1.85（超大效应），表明改革极大激发了学习主动性与投入度。定性反馈证实实验组学生对理论理解更为深入。

理论知识掌握保持稳定：期末考试成绩实验组（85.2±6.5）略高于对照组（82.4±7.1），但差异未达显著（P=0.098），效应量 0.41（中低效应），符合改革侧重实践能力培养的预期，实现了“增效不降质”。

表 2 实验组与对照组主要学习效果指标对比

评估指标	实验组（均值±标准差）	对照组（均值±标准差）	P值	效应量(Cohen's d)
实验项目总评成绩	88.5 ± 5.2	80.1 ± 7.8	<0.001	1.24
期末考试成绩	85.2 ± 6.5	82.4 ± 7.1	0.098	0.41
创新性项目完成度(5分制)	4.2 ± 0.8	3.1 ± 1.0	<0.001	1.20
平台每周平均交互次数	25.3 ± 9.1	11.4 ± 5.6	<0.001	1.85

学生认可与反思:学生高度评价 AI 支持的即时性与能力图谱的导向作用,同时提出需平衡 AI 使用与自主思考,避免过度依赖。

综上所述,表 2 数据形成完整证据链:改革模式显著提升学习投入度($d=1.85$),进而促进实践能力($d=1.24$)与创新能力($d=1.20$)发展,同时理论知识保持稳定($d=0.41$),实现了理想的改革效果。

6 结束语

本研究针对深度学习实验教学的现实困境,构建并实证了以“双师协同、AI 赋能、能力图谱”为核心特征的改革模式。教学实践表明,该模式能有效激发学习动力、提升创新与实践能力、支持个性化发展。本研究不仅为“深度学习”课程提供了可操作的改革方案,其“人机协同、层级递进、数据驱动”的核心逻辑对更广泛的工科实践教学也具有借鉴意义。未来工作将聚焦于开发轻量化工具、开展长期效能追踪及推动跨院校应用,以共建智能时代实验教学新生态。

参考文献

- [1] 吕明琪. 课题驱动式的深度学习研究生课程教学改革[J]. 计算机教育, 2024 (10): 29-33.
- [2] 曹建荣, 李成栋, 孙雪梅, 等. 深度学习课程实践教学案例库建设[J]. 计算机教育, 2024 (07): 124-128.
- [3] 赵卫东. 面向领域应用的新工科深度学习课程建设与实践[J]. 计算机教育, 2023 (S1): 77-80.
- [4] 杨阳, 何刚, 刘磊, 等. 行业应用背景下的高校深度学习课程教学改革[J]. 计算机教育, 2022 (10): 26-30.
- [5] 李竹, 陈龙, 马学条. 大模型赋能的远程 FPGA 实验教学模式重构研究[J]. 实验科学与技术, 2026, 24 (01): 11-18.
- [6] 包建荣, 秦艺鹏, 刘超, 等. LSTM 智能导向的电子信息实践教学探索[J]. 实验技术与管理, 2024, 41 (8): 222-229.
- [7] 严卫, 钱振江, 周立凡. 基于深度学习的大学计算机技术实验教学改革与实践[J]. 计算机教育, 2020 (1): 108-112.
- [8] 李伟, 崔晓晖, 朱卫平, 等. 深度学习课程教学中的创新思维和能力培养[J]. 计算机教育, 2022 (11): 29-32.
- [9] 赵地, 杜玉红, 丁振宇, 等. 基于深度学习的机器人目标识别实验教学设计 with 改革[J]. 实验技术与管理, 2022, 39 (9): 215-220.
- [10] 董帅, 庄宇, 李悦乔. 大模型赋能的人工智能导论实践教学教学改革[J]. 计算机技术与教育学报, 2024, 12 (05): 109-114.
- [11] 张文字, 王真, 袁恩, 等. 线上线下融合的计算机类课程实践教学探索[J]. 计算机技术与教育学报, 2025, 13 (05): 39-44.
- [12] 范慇慇, 刘丹. 在线同伴提问策略对深度学习能力的研究——以云计算课程为例[J]. 软件导刊, 2022, 21 (2): 226-230.
- [13] 严资林, 匡慈维. 基于“项目导向—以赛促学—AI 赋能—课程思政”的机器学习实验教学新路径[J]. 科教文汇, 2026 (02): 111-115.