

# AI 时代计算机组成与设计教学创新与实践\*

张瑞华\*\* 赵梦莹 栾峻峰

山东大学计算机科学与技术学院, 山东 青岛, 266237

**摘要** 生成式 AI 重塑就业市场, 岗位能力的重构和人才结构的转变, 要求教育改革。针对《计算机组成与设计》教学中专业人才需求与培养目标的失配、教师角色转型难等问题, 教学团队秉承“以学生为中心, 厚基础、强实践、重创新”的教学理念, 遵循课程的三性一度, 依托 AI 技术重构课程内容、创新教学方法, 并强化师资建设。教学改革后, 学生平均出勤率提升 6.2%, 作业、实验完成率分别提升 5.1%、6.9%; 课程期末成绩的优良率提升 13.8%, 及格率也提升至 95.6%。实践表明, 改革措施激发了学生学习的积极性, 提升了课堂满意度, 显著增强了学生的自主探索意识与综合设计能力, 为 AI 时代计算机系统能力培养提供了有益实践。

**关键字** 计算机系统能力, 生成式 AI, 计算机组成与设计

## Teaching Innovation and Practice of Computer Organization and Design in the Age of AI

ZHANG Ruihua ZHAO Mengying LUAN Junfeng

School of Computer Science and Technology  
Shang Dong University, Qing Dao, 266237, China

**Abstract**—The rise of generative AI is reshaping the job market, necessitating educational reforms to adapt to evolving job competencies and talent structures. Addressing issues in the Computer Organization and Design course, such as the mismatch between professional talent demands and training goals and difficulties in teachers' role transitions, the teaching team upholds the philosophy of "Student-Centered, Solid Foundation, Strong Practice, and Emphasis on Innovation." Guided by the "three characteristics and one standard" of high-quality courses, the team leverages AI technology to reconstruct course content, innovate teaching methods, and strengthen faculty development. Following the educational reform, the average student attendance rate increased by 6.2%, while the completion rates for assignments and lab experiments rose by 5.1% and 6.9%, respectively. The excellent rate in final course grades improved by 13.8%, and the passing rate reached 95.6%. Practice shows that these reforms have boosted students' enthusiasm, improved classroom satisfaction, and significantly enhanced their capacity for independent exploration and comprehensive design, and provided valuable practical experience for cultivating computer system competencies in the AI era.

**Keywords**—Computer System Capability, Generative AI, Computer Organization and Design

### 1 引言

随着新工科建设的不断深入, 高等院校人才知识结构和创新能力培养有了更高的要求, 更加聚焦于对学生科技素养、创新能力、实践能力及工程思维的培养。强调培养学生的系统、辨识、创新思维能力, 是计算机创新人才培养的需求, 同样也是计算机产业战略发展的需求<sup>[1-3]</sup>。

生成式 AI 的爆发正在彻底重塑就业市场, 对人才的需求发生了根本性转变。产业需求从工具操作者到价值创造者。产业界不再需要只会使用工具的操作工,

而是迫切需要具备 AI 系统思维和业务理解能力, 能够驾驭 AI 进行价值创造的复合型人才<sup>[4]</sup>。这与新工科的要求不谋而合。

计算机科学与技术专业面向国家重大战略需求, 培养具有系统的计算机理论知识、卓越的工程实践能力, 富有创新创业精神和能力的一流本科生。计算机组成与设计是该专业实施系统能力培养和提升硬件设计能力的核心专业基础课, 在教学计划中占有重要地位和作用。

生成式 AI 的颠覆性影响, 恰恰在于它迫使计算机教育进行一次深刻的价值回归。它剥离了可以被轻易自动化的表层技能, 让教育者和学习者更加聚焦于真正构成计算机科学基石的系统能力与底层逻辑。这不仅是应对技术变革的策略, 更是回归教育育人本质的必然选择<sup>[5-6]</sup>。

**\*基金资助:** 本文得到山东省本科教学改革重点研究项目(Z2023205); 山东大学教育教学改革研究项目(2024Y174, 2025Y74)资助。

**\*\*通讯作者:** 张瑞华, Email: ruihua\_zhang@sdu.edu.cn

## 2 课程教学面临的挑战

自 2017 年新工科建设以来,计算机组成与设计以“理论授课和课程实验”为主的教学方式无法达成毕业要求,难以支撑课程目标,尽管进行了系列教学改革,但在 AI 时代存在新问题。

### 2.1 产业人才需求与教学培养目标匹配脱节

AI 技术正在重塑人才需求结构,传统教育培养的学生往往陷入中间地带的困境:底层原理不够深入,无法胜任芯片、操作系统等核心创新工作;顶层业务理解又不够宽广,难以进行产品设计和架构决策。而他们原本最擅长的中间层应用开发工作,正越来越多地被 AI 工具接管。教育重心必须从知识传授转向素养培育,重点培养学生的系统思维、批判性思维和创新思维能力<sup>[7]</sup>。

计算机组成与设计课程,面临的是学生过度依赖 AI 大模型完成作业和课程实验,独立思考能力、批判性思维能力下降,出现能力幻觉,对计算机的底层数据表示、存储层次和指令执行过程感到陌生,系统观薄弱,往往忽略 AI 大模型的加速是软硬协同的结果。

### 2.2 教师角色转型面临困境

教师的角色需要从知识的讲授者转变为学习的设计师和思维激发者,但这一转型面临巨大阻力。

许多教师自身对生成式 AI 等新技术的理解仍停留在浅表化、片面化的阶段,存在技术壁垒,难以将其有效融入具体教学实践。高校普遍缺乏推动教师主动升级教学能力的激励机制。缺乏系统性的“培训-实践-评估”教师发展体系,使得教师难以获得持续的支持来适应快速变化的技术环境。

在 AI 时代,《计算机组成与设计》课程的教学改革并非要颠覆其核心,而是要在坚守学科根基的同时,积极拥抱变化,将 AI 技术融入教学的全过程。基于上述问题,课程教学团队从教学内容、授课范式、师资建设等方面进行系列教学改革,构建人机协同的新型教学体系。

## 3 重构教学内容,守正与创新并重,保证课程的两性一度

### 3.1 重构课程内容,提升课程的高阶性和挑战度,构建素养导向的阶梯式体系

课程内容及其相互关系如图 1 所示,从宏观看,计算机硬件包括外设和主机,内含 CPU、总线、内存存储器;中观视角核心部件 CPU 有运算单元和控制单元,同时二者的支撑知识分别是运算方法和指令系统;微

观看控制单元 CU 有两种不同的设计方法:各部件软硬协同工作组成计算机整机系统。

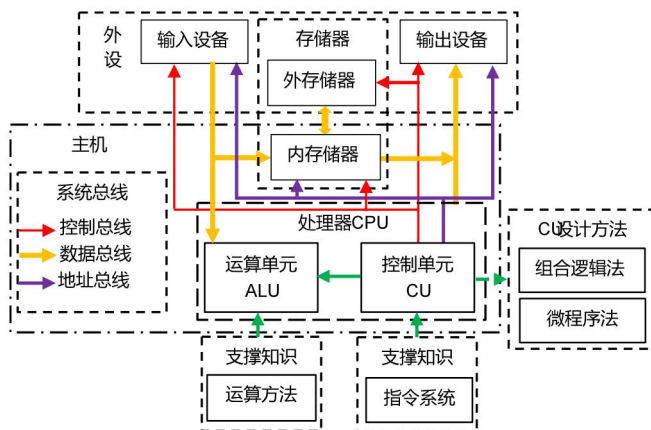


图 1 课程内容及其相互关系

教学团队基于教学内容的高阶性、理论知识的实践性以及知识运用的创新性,对课程内容整合重构,形成七大知识模块(图 2):运算方法、存储器、高速缓存 Cache、输入输出系统、指令系统、CPU 架构、控制器。每个模块根据知识点设置课程实验、创新实验和研讨项目。研讨项目是基于 AI 结合实际应用,设计一些与理论知识相辅相成、实践应用背景较强、学生感兴趣的题目。

在 AI 工具可以生成代码、解释概念的时代,对底层原理的深刻理解变得比以往任何时候都更加重要。计算机组成与设计课程所承载的计算思维和系统能力是学科的根基,必须坚守。强化数据表示、运算方法、指令集及 CPU 架构等基础理论,这是理解 AI 底层算力的基础。学生只有夯实底层原理,才能在使用 AI 工具时具备批判性思维,能够判断 AI 生成内容的优劣并进行优化,而不是被动接受。

针对课程重构体系的每个知识模块采用递进式教学设计(图 3)。

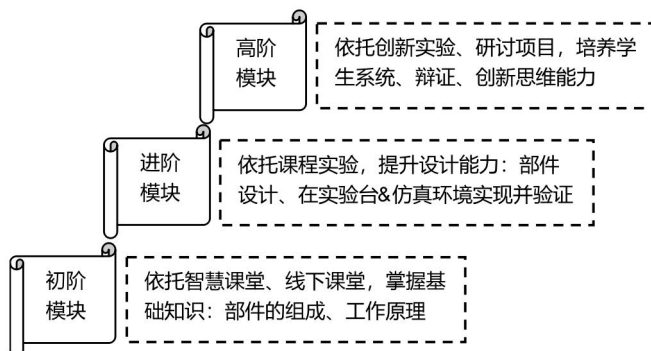


图 3 递进式教学设计

### 3.2 科教融合、赛学融合,引入 AI 系统案例,提升课程的前沿性和创新性

课程内容需要与时俱进，将AI系统作为新的教学案例和内容，让学生理解AI如何与计算机系统交互。

基于现有教材内容，建立前沿科研知识库，将与教材知识紧密相关的计算机行业前沿热点问题与基础知识整合，提升课程内容的科技性和前沿性。例CPU架构模块，添加GPU等AI加速硬件、AI芯片TPU的工作原理；运算方法模块，添加异构计算、分布式计算

等AI系统核心概念的介绍，帮助学生构建完整的知识体系，拓宽学生视野。

引入科研助手和教学助手一体化培养的模式，借助AI将教师的科研成果、比赛项目转化为课堂案例&创新实践项目，加速优质教学资源转化。

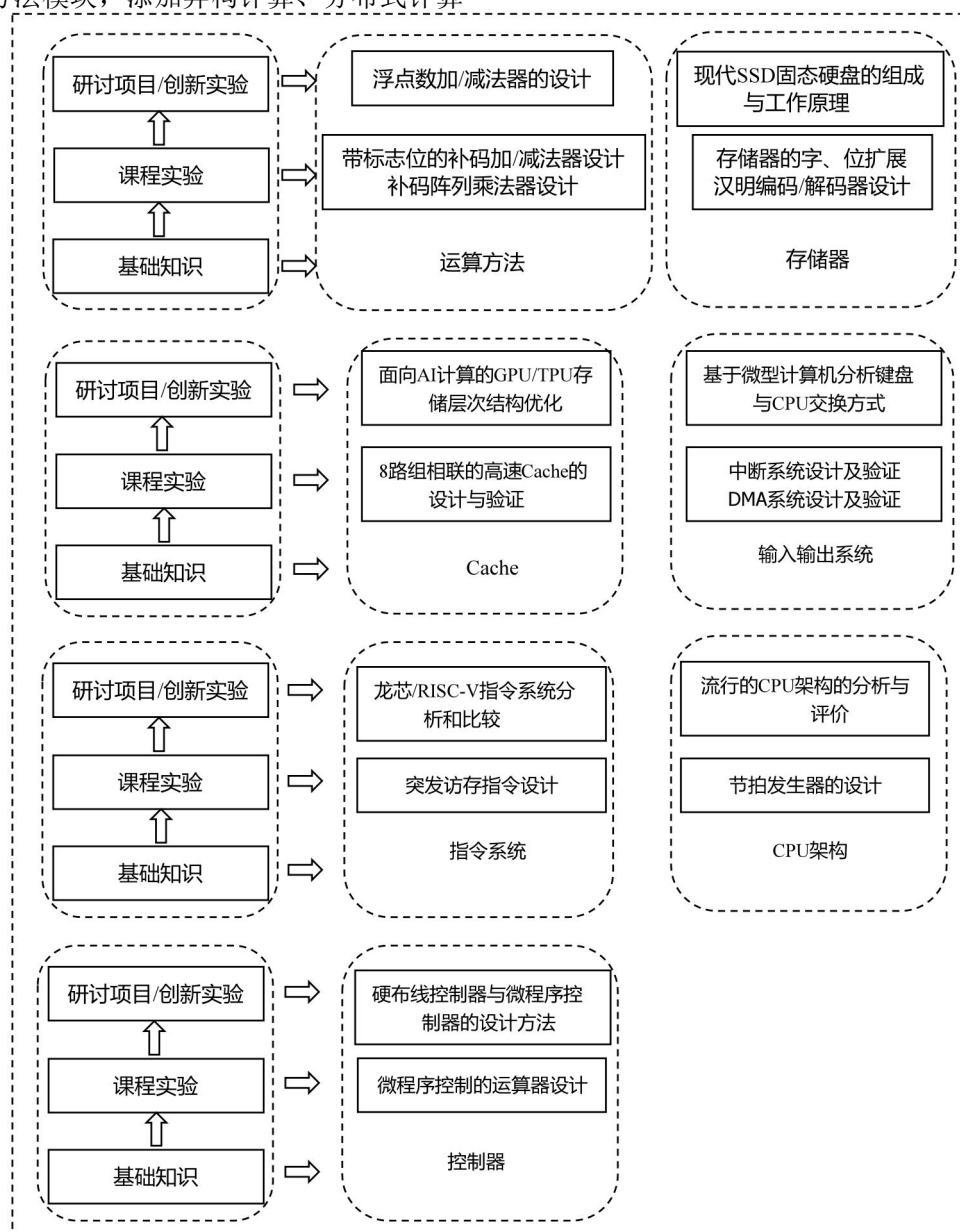


图 2 课程重构

### 3.3 关联跨课程知识，建立学生的系统观

课程教学团队横向角度确定课程的主要知识点，确保内容的完整性；跨层次贯彻“纵向”视角教学方法，明确层次之间的衔接点，从课程的相互关系入手，对完整的计算机系统进行全面说明。简单说，编译原理依赖操作系统和计算机组成与设计提供的运行环境；

操作系统则直接构建在计算机组成与设计所提供的硬件之上。三门课程知识体系及衔接关系见表1。

在讲解存储器的数据组织时，举例C语言中变量分配内存说明；讲解指令系统的操作码编码时，与数据结构中的哈夫曼编码关联，帮助学生融会贯通，建立系统观。

表 1 课程知识体系及衔接关系

| 课程       | 核心关注            | 为上层提供的抽象           | 对下层的依赖                                 |
|----------|-----------------|--------------------|----------------------------------------|
| 编译原理     | 如何将高级语言翻译为机器指令  | 可执行程序、运行时环境        | 依赖操作系统提供文件、内存、I/O；依赖CPU指令集、寄存器、内存模型    |
| 操作系统     | 如何管理硬件资源、提供公共服务 | 进程、文件系统、虚拟内存、网络等接口 | 直接构建在计算机组成原理之上，需要CPU支持特权级、中断、MMU、原子指令等 |
| 计算机组成与设计 | 硬件部件如何构成、指令如何执行 | 指令集架构、存储层次、I/O机制   | 最底层，依赖数字逻辑电路                           |

3.4 多维度整合教学资源，发布智慧课程

课程的线上资源始建于2012年，开始于学校的课程中心，有课件、优秀实验项目展示以及相关的阅读资源。依托教研项目，结合学校定位和学生特点，2021年在智慧树平台发布计算机组成与设计MOOC，已实施混合教学10期。2025年该课程升级为智慧课程。

智慧课程整合课程资源，包括线上视频168个，2113分钟，课件PTT资源121个，涵盖课程知识点、典型例题、实验平台&相关软件讲解以及扩充的学科前沿知识和思政案例；试题库资源，共698道题目，有客观和主观题；线下辅学资源，课后作业9次，必做实验14个，创新实验、研讨项目若干。

课程有完整的知识图谱、问题图谱、能力图谱、思政图谱以及AI助手。课程具备系统化的课程结构，配有教学大纲、知识点分解、学习路径，帮助学生按阶段、按知识点有序学习；通过作业、测验和期末考有效评估和跟踪学生的学习进度，帮助学生自我监控

与个性化学习。

4 教学创新，从知识传授到能力建构的范式转型

教学方法的创新需以学生主动建构为核心，通过技术赋能与模式变革，实现从教到学的重心转移。基于自建的智慧课程，利用生成式AI等技术，重构教与学的场景，实现个性化和精准化教学。

4.1 基于生成式 AI 技术，重新定义循环混合式教学过程

针对每个知识模块设计了一套“循环混合式”教学方法，重新定义教学过程（图4）。

（1）课前准备：从经验驱动到数据驱动

教师转型为导演/编剧：教师基于AI备课，设计问题场景和项目任务，引导学生利用AI作为学习伙伴解决问题。

“循环混合式”教学，线上线下有机结合，形成学习闭环

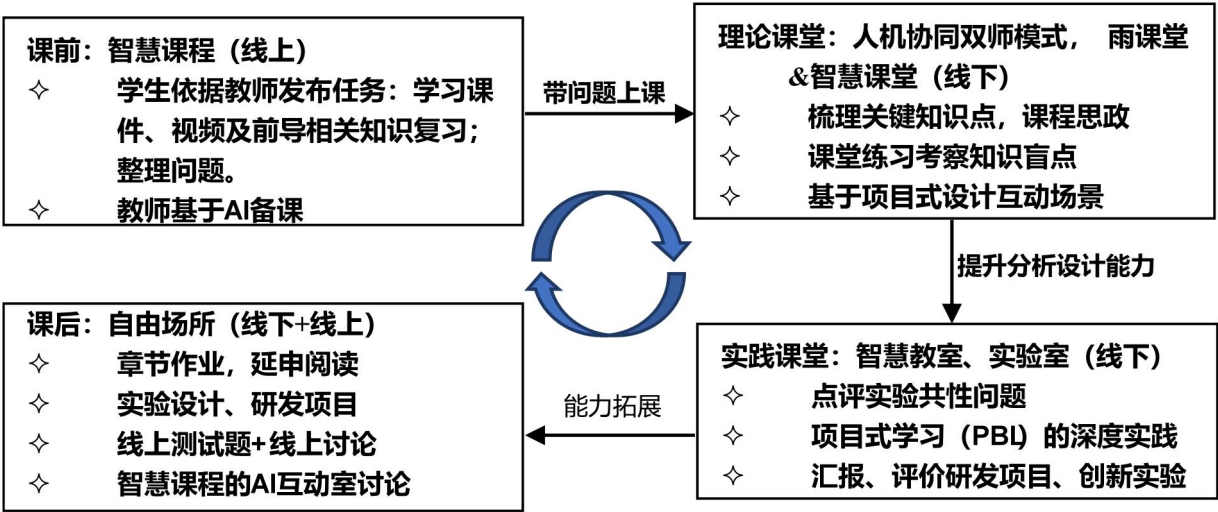


图 4 循环混合式教学方法

AI成为教师的超级备课助手，利用AI分析学生过往的作业、测验数据，快速生成学情报告，将教学主

题、教材内容和学情信息输入AI，生成或优化教案框架、设计课堂活动、提供跨学科素材，极大提升备课

效率。

#### (2) 理论课堂：从单向讲授到人机协同

课堂是AI赋能的核心场域，通过构建教师主导和AI辅助的双师模式，重构教学流程。雨课堂、智慧课程都有AI学伴助手，课堂上可随时使用。

基于知识模块，梳理关键知识点，概念性、记忆性的知识学生自学掌握。

课堂打造有情境、有任务、有协作、有创造的四有课堂，通过梯度问题群组、项目链组织教学。一些知识点的讲解以项目的形式引入，进行任务分解，启发式教学与学生进行互动。如讲解存储器字位扩展时，借助AI设计基于项目的教案—项目名称：打造8位复古计算机的内存核心，为这个项目寻找解决方案，引入所讲的相关知识点。课堂授课时，学生根据就坐位置4、5人分组，学生借助AI助教寻找解决方案。整个知识点的讲解过程基于做项目的思路，其核心是遵循一个系统化、结构化的流程，培养学生的系统性、工程性思维。

#### (3) 实践课堂：项目式学习PBL的深度实践

项目式学习是重构式教学的核心载体，其关键在于：源于真实世界的开放性研讨项目、创新实验。学生以小组为单位，开展小组合作探究式学习，主动去思考、讨论、查阅文献资料，经历问题定义—方案设计—原型制作—测试优化—成果展示全流程。教师作为引导者提供资源支撑与思维点拨，而非直接给出答案。学生经过协作与迭代的学习过程，最终成果可申报专利或发表论文，增强学习的成就感与社会价值感。

#### (4) 课后巩固：从统一作业到个性化路径

基于智慧课堂，根据教学目标和学生水平，让AI设计分层作业、多样化题型如选择题、简答题、设计题，并生成配套的评分标准，兼顾知识巩固与思维发展。本课程的作业和实验设计，不限制使用AI助手，但反对照搬答案，要有真伪的辨识度，使学生聚焦于批判性思维与创造性解决问题，变成自己掌握的知识。AI可以自动批改客观题，即时生成分析报告，指出学生的共性错误与个性问题。

AI能够打破课后学习的时空限制，为每个学生提供定制化的学习支持。基于学生的课堂表现和作业情况，AI能规划适配其个体需求的学习路径，精准推荐复习资料和拓展练习，实现因材施教。

基于智慧课堂，AI学伴24小时实时辅助与答疑。学生在学习过程中遇到的疑问，AI可以提供实时的解答，让教师从重复性讲解中解放出来，聚焦于重难点突破和思维引导。

## 4.2 产教融合，加强实践项目的工程性，提升学生解决工程问题的能力

该课程与龙芯、华为都有合作，不仅有教学项目的合作，还不定期邀请公司的工程技术人员进行专题讲座，使学生能够接触到最新的知识和实用技术；与企业对接开展工程实践项目的开发设计。

龙芯中科提供20台龙芯高性能-并行计算教学实验系统，建立龙芯联合实验室。学生参与“百芯计划”自主设计CPU，以赛促教，提升学生系统设计的实践能力。

## 4.3 课程融入思政元素，实现教书育人相统一，教学相长

在思政建设方面，紧密结合课程的知识点，基于AI充分发掘思政案例建立思政案例库，充分打磨思政元素与现有知识的有机融合，将思政教育常态化、系统化（图5）。

智慧课程构建了系统化的思政图谱，实现思政元素与专业知识脉络的同向同行。依托该图谱及AI技术，课程打造了课前预设—课中贯通—课后检验的结构化闭环：课前精准推送相关案例引导价值思考；课中设计情境化讨论，推动价值塑造与知识应用同步深化；课后推荐实践项目与延伸资源，促成学生从认知—认同—践行的价值内化。

## 4.4 基于云FPGA实验平台，学生自主实验

实验是课程能力培养的关键，基于希冀云FPGA实验平台，完成课内实验和创新实验。平台包含服务器和7个FPGA计算节点，每个节点含有28块Xilinx XC7Z020-1CLG400C芯片。在线的FPGA云平台，允许300学生同时通过局域网随时随地设计实验并验证；系统含有自动化评测与分析工具，查重和管理实验报告，构建学生设计能力画像，及时评估实践教学效果。

课程教学团队与希冀平台的技术人员合作，从实验设计、实验评测、实验指导书的编写以及出版进行全方位合作，基于计算机组成与设计课程打造一整套实验教学体系，在华东地区进行推广。

实验有必做的课程实验和选做的创新实验；每个实验都是设计性实验，并有实验拓展部分。学生可以依赖AI进行设计，但助教在实验验收时，要求学生讲解设计原理。创新实验是综合实验，设计层次化的项目，如从ALU设计到CPU设计，支持学生进行“搭积木”式创新，让学生在实践中理解计算机系统软硬件协同工作机理。

采用云FPGA平台，突破了硬件和时空限制，支持更复杂的实验设计，学生可以像闯关游戏一样自主完成实验，极大地提升了学生的动手能力和学习兴趣。



图 5 课内、课外全过程思政育人

5 聚力培育教师专业成长，健全数智转型发展评价体系

结合最新的教育政策和前沿实践，在生成式AI迅猛发展的背景下，教师的培养已经不再局限于简单的技术工具使用，而是转向了更深层次的角色重构、人机协同能力的培育。

学校层面：建立健全授课教师遴选、评价、督导和荣誉体系，配套院、校、国家三级名师认定体系，强化过程管理、树立标杆引领，激发教师育人活力。

学校教发中心，定期举办系列培训会，专注于生成式AI背景下，教师角色重塑，教师必须成为AI应用的决策者而非盲从者。推动教师围绕课程产出数字资产，实现师资能力与时代需求同频。

教师是教学创新的践行者，通过做中学的沉浸式研修突破能力瓶颈。教发中心组织人工智能+科学教育项目式工作坊，利用生成式AI作为教研伙伴，自动生成教研主题，让教师亲手拆解典型案例、共创教学设计，在不敢教到能设计的跨越中，成为新技术、新方法的先行者。

学院层面：学院制定发布AI时代未来教师能力标准，作为教师遴选、培训、考核、认定的统一依据。学院积极组织教师参加学校的培训会、青教赛、教创赛。学院设置多个教研室，每月中旬周四下午有1次教学研讨，讨论授课中遇到的各种问题以及解决方法；交流AI在备课、教学、评价、管理全流程的应用。

课程教学团队一起AI备课，针对案例进行讨论，如何讲解；通过科研反哺教学机制，将科研项目分解

为教学子课题、将科研思维融入课堂引导、将科研成果转化为教学案例，实现教研相长。

6 教学改革效果

教学改革在2024级学生计算机组成与设计课程中开展了教学实施，通过数据分析发现，课程教学问题不仅得到有效解决，还取得了一定的教学成效。

(1) 学生学习积极性与课堂满意度实现双提升

基于线上线下混合式教学方法，课堂以深度讲授和引导讨论为主，通过小组讨论、互评，课堂活跃度明显提高，课程主体知识与案例、前沿学科技术的结合以及AI的参与提高了学生学习兴趣和积极性，自主的参与学习，形成了“课上主动参与、课下自主探究”的良性学习生态。

通过云FPGA平台的实验记录、作业提交情况、研讨项目/创新实验评价结果分析，改革前后学生学习表现情况对比，见表2。

表 2 改革前后学生学习表现对比

| 评价指标          | 改革前   | 改革后   | 变化情况   |
|---------------|-------|-------|--------|
| 平均出勤率         | 79.2% | 85.4% | 提升6.2% |
| 作业完成率         | 92.7% | 97.8% | 提升5.1% |
| 实验完成率（必做）     | 90.3% | 97.2% | 提升6.9% |
| 创新实验完成项目数（选做） | 49项   | 63项   | 提升14项  |

从学生汇报创新实验成果看，创新实验完成度更高，项目展示较往届更加精彩，完成创新实验的数量提升14项、人次提升8人。学生综合分析设计复杂问题的能力 and 创新实践能力均得到有效提升。

通过智慧课程平台集成的AI辅助分析工具可知，课下51%的学生进行个性化学习。

教师教学质量综合评价成绩优秀，学生评教成绩均在学院前2%。

学生在学习体验和知识掌握两方面均有积极变化。24小时AI 学伴有效解决了学生学习疑问响应不及时痛点。基于课程期末成绩改革前后对比如图6所示。

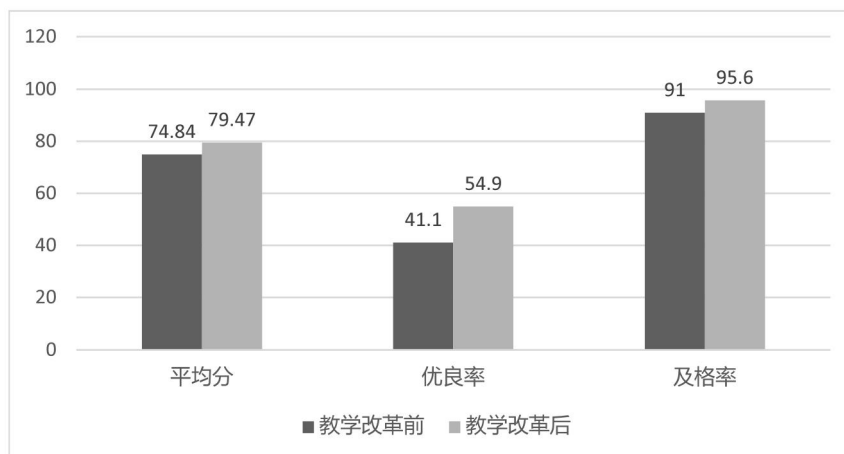


图 6 课程期末成绩对比

从图6可以看出，学生课程期末成绩优良率提升了13.8个百分点，80分以上的学生超过一半以上。

### （2）产出多起来，赛学融合，激发学生学习兴趣

改革方案的实施充分调动学生学习、创新的主动性和积极性，学生的计算机系统能力有了明显提高。学生积极参加各种系统设计竞赛，并取得不错的成绩。在大学生计算机系统与程序设计竞赛(CCSP)中，2025年获银奖7项，铜奖8项。在全国大学生计算机系统能力龙芯杯大赛中，面向CPU、操作系统设计赛获一等奖1项、二等奖2项、三等奖1项等。

### （3）教师基于AI的教学更有信心

AI备课不仅缩短了教师教案设计的耗时，还提高了教案质量，备课效率得到显著提升。AI学伴节省教师和助教许多答疑时间。基于智慧课程、云FPGA平台，教师、助教可以精准把握学生学习数据，如作业、实验完成情况，准确率等，实现及时提醒和帮扶。

本课程教学团队在课程建设、教研项目以及高校教创赛、青教赛以及高等教育教学成果方面都有一定的收获，做到以建促教，以教助教；以赛促教，以赛促学；以教带研，以研助教。

## 7 结束语

面向智能时代，融合AI大模型与知识图谱的智能化学模式应运而生，对课程的教学有更高的要求。

AI不是对手，而是教学改革的催化剂。《计算机组成与设计》需回归工程本质，培养具备系统思维和创新能力的聪明协作者。未来研究将聚焦 AI 技术的深度应用，探索“AI+计算机组成与设计”教学场景，呼吁教师终身学习，持续更新知识结构，将AI深度融入教学全流程，服务国家战略对系统型人才的需求。

## 参考文献

- [1] 郑纬民. 计算机专业大学生的系统能力培养[J]. 中国大学教学, 2021年第5期, 19-23.
- [2] 言十. 计算机系统能力培养的回顾与前瞻[J]. 计算机教育, 2024, (04):1-6.
- [3] 教育部高等学校计算机科学与技术专业教学指导委员会. 高等学校计算机科学与技术专业人才培养能力构成与培养[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [4] 许鹰翔. 生成式人工智能在信息技术服务产业岗位的应用情况[R]. 生成式人工智能时代的应用型本科计算机专业课程体系改革之路. 安徽合肥, 2025.12.27. <https://www.ccf.org.cn/YOCSEF/xwdt/lt/2025-12-31/855773.shtml>.
- [5] 刘江, 魏嘉祺, 温云翔, 龚明道, 章晓庆. 教育智能-人工智能与教育深度融合赋能计算机专业人才培养探索[J]. 计算机技术与教育学报, 2026, 14(3):20-26.
- [6] 徐说, 黄子文, 宋雨轩, 等. 从AI大模型看高校计算机教育面临的机遇与挑战[J]. 计算机技术与教育学报, 2024, 12(03): 88-106.
- [7] 余红珍, 马晓倩. 高校计算机教育的思维转向: 从掌握工具到塑造心智[R]. 江西省高校人文社会科学重点研究基地项目课题阶段性成果, 江西. 2025.12.01. [http://gx.china.com.cn/2025-12/01/content\\_43290393.html](http://gx.china.com.cn/2025-12/01/content_43290393.html).