

面向系统能力培养的 计算机组成原理课程改革与实践^{*}

杨晓霞 孙永香 张承明^{**}

山东农业大学信息科学与工程学院, 泰安 271018

摘 要 针对计算机组成原理课程教学中存在的课程衔接断层、实践内容与实际生产问题脱节、实践环节缺乏连贯性等痛点, 本文提出面向系统能力培养的“三元贯通”改革理念。重构了知识链贯通的教学内容, 建设了“基础-综合-创新”贯通的教学资源, 构建了“课前-课中-课后”贯通的协同教学模式。三年教学实践表明, 教学改革实施以来, 学生学习兴趣得到提升, 智慧平台学习时长增加 211%, 课程目标达成度提高 26.1%, 教学团队教学创新能力提高, 获批省级教学奖励 4 项, 省级教学改革项目 3 项, 撰写教学研究论文 7 篇。教学改革为计算机系统能力培养提供了可复制、可推广的解决方案。

关键字 计算机系统能力, 计算机组成原理, 教学改革, 贯通式实践, 产教融合

Reform and Practice of Computer Organization and Architecture Course Oriented towards System Capability Cultivation: A Three-Stage Integration Approach

Yang Xiaoxia Sun YongXiang Zhang Chengming^{**}

College of Information Science and Engineering, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China;

Abstract—In response to prevalent issues in the teaching of Computer Organization and Architecture, such as disconnections between courses, lack of continuity in practical components, and a gap between practical content and real-world production problems, this paper proposes a reform framework centered on "Three-Stage Integration" for system capability cultivation. The reform is implemented through three core dimensions: reconstructing the content system to integrate knowledge chains across prerequisite, current, and subsequent courses; developing teaching resources that establish a progressive practical path from fundamental to comprehensive and innovative levels; and innovating the teaching model to achieve a closed-loop instructional process and a synergistic ecosystem involving students, instructors, and AI mentors. Feedback and data analysis from three years of teaching practice demonstrate that this reform effectively enhances students' computer system capabilities, increases learning engagement and performance, and yields substantial teaching achievements.

Keywords—Computer System Capability, Computer Organization and Architecture, Teaching Reform, Integrated Practice, Industry-Education Integration

1 引 言

计算机系统能力指能够从整体视角理解计算机系统运作, 并综合运用软硬件知识进行系统分析、设计、构建与优化的能力^[1]。当前, 人工智能技术正推动新一轮科技革命与产业变革, 计算机专业教育急需从知识传授向系统能力培养转型^[2]。

计算机组成原理课程是面向计算机、物联网、人工智能等本科专业开设的专业核心课程, 围绕计算机五大部件介绍其基本工作原理, 引导学生建立整机概

念。该课程是培养计算机系统能力的重要环节^[3], 但是在传统的教学过程中存在课程衔接断层、实践环节缺乏连贯性、实践内容与实际生产问题脱节等问题, 导致学生难以建立计算机系统的全局观, 更无法将知识转换为复杂工程问题解决能力。

2 教学的痛点问题

计算机组成原理具有教学内容多、难度大、综合实践性强的特点。学生在学习过程中出现了无法建立课程之间的关联、难以消化理解理论、轻视实践等现象^[4], 针对这些现象总结教学痛点问题如下:

2.1 课程衔接断层

^{*} **基金资助:** 文得到山东省教育厅 2024 年本科教学改革项目“从计算思维到人工智能思维: 通识人工智能‘1+1+X’课程体系的构建”(M2024119)的资助。

^{**} 通讯作者: 张承明 chming@sdaa.edu.cn。

计算机组成原理先修课程为电子技术基础、数字逻辑、数据结构,后修课程包括操作系统、体系结构、编译原理等^[5]。课程与先修、后修课程之间存在紧密的联系,但是由于课时限制,传统教学过程往往侧重课内知识点的讲解,忽略了课程之间的关联,致使学生难以建立知识体系的整体观。

2.2 实践内容与实际生产问题脱节

课程现有实践环节基于实验箱或模拟环境,内容多为按固定步骤操作的验证性实验。此类实验屏蔽了真实应用场景中的工程复杂性,使学生局限于理想化情境,难以理解原理在性能优化、可靠性设计等实际挑战中的应用。同时,验证性实验偏重被动执行,缺乏对系统设计、故障排查及多约束权衡能力的培养,且技术内容常滞后于行业前沿^[6]。这导致学生虽掌握部件原理,却无法有效应对真实研发中的系统级问题,理论与实践之间存在显著鸿沟。

表 1 重构后的知识体系

先修	本课程	后修
二极管、三极管、门电路	概论	
补码、原码、全加器电路、乘法矩阵	数据表示及运算	多模态数据表示边缘计算
触发器、时序电路、高级语言数据存储与访问	存储体系层次结构	分布式存储云存储
函数、高级语言结构、遍历	控制器工作原理	并行处理器协处理器
同步方式、异步方式、晶体振荡器	系统总线	超导体量子传输
高级语言输入输出指令移位器	输入输出系统	具身智能联邦学习

2.3 实践环节缺乏连贯性

传统的环节通常针对计算机组成原理一门课程,未能形成“从门电路-部件-整机-软硬件系统”的贯通性训练,导致学生知识碎片化,系统观难以建立。同时实验多为并列式、同质化的验证任务,缺少“基础验证→综合设计→开放探索”的渐进阶梯,无法有效提升学生的计算机系统能力。

3 教学改革措施

3.1 重构教学内容-贯通知识链

系统梳理本课程与先修、后修课程之间的知识传承与递进关系。对应课程知识点,采用回顾方式关联

先修课程的硬件内容,并打破软硬件教学界限,将软件运行行为映射至相关硬件知识点。同时,在教学过程中适时引导介绍后修课程知识,确保知识流与能力链的平滑过渡与螺旋上升。通过深入剖析软硬件间的交互界面与协同机制,揭示计算机系统作为有机整体的运行本质,构建了一个有机连贯、脉络清晰的立体化知识网络。重构后的知识体系见表 1。

3.2 建设教学资源-贯通“基础-综合-创新”三级路径

为支撑教学内容重构,教学团队依托“智慧树”“雨课堂”等平台,系统建设了课件、教学视频、习题库等基础教学资源(见图 1)。教学视频细分为重难点精讲、知识点解析、习题辅导、真题剖析等类型,为学生课前、课后自主学习与个性化培养提供资源保障。



图 1 基础性教学资源建设

为打破理论课程与实际应用之间的壁垒,充分对接产业需求,提升学生系统能力,建设综合性课程案例 17 个,如图 2 所示。创新性的采用了“大案例引领,小案例辅助”的模式,依据我校办学特色和实际科研、生产项目,建设温室群环境边缘计算终端、农业无人机飞控系统、农产品质量追溯系统等 3 个大案例,大案例综合先修内容且体现软硬件协同,能够提升学生的系统能力,体现课程的高阶性、挑战性和难度。围绕重构后的 6 大知识模块,建设小案例集群,每组小案例对应一个知识模块,强化学生对应模块的学习,从而形成了小案例进行知识传输,大案例完成能力提升的有机统一。

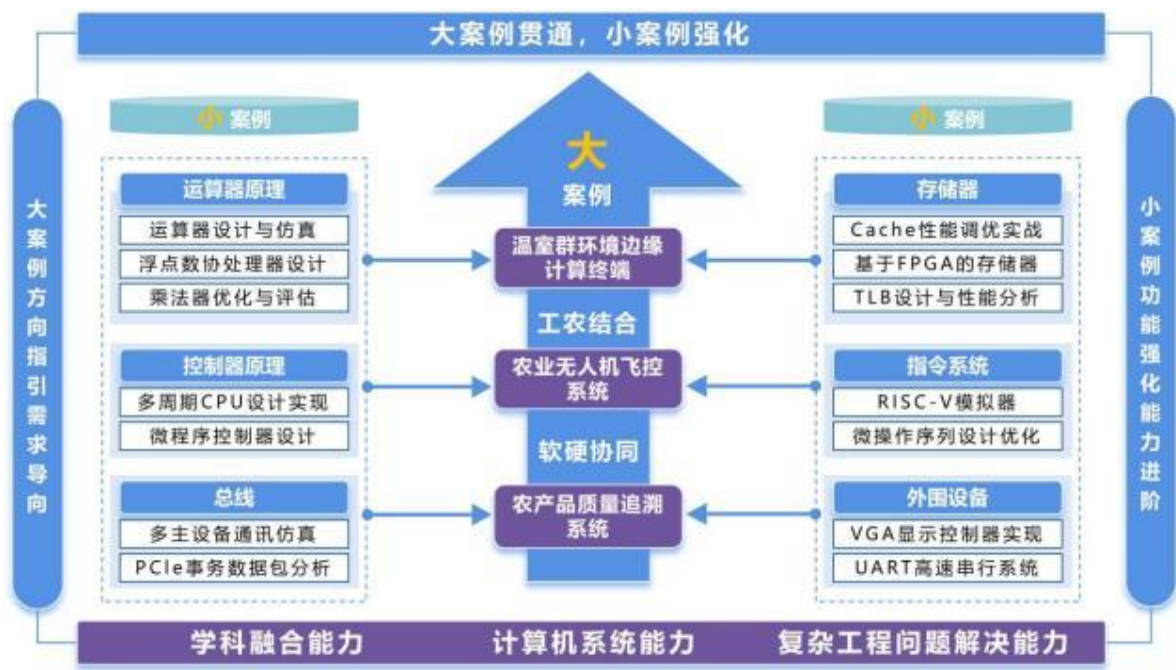


图 2 综合性教学案例库建设

此外，为更好的提升学生实践创新能力，建设三阶虚拟仿真实验平台，如图 3 所示。不同于以往的实验平台，虚拟仿真实验平台的建设集成了门电路级、芯片级和利用数字孪生技术还原出来的真实生产场景级的实验。其中门电路的实项目也可以用于先修课程实验，计算机组成原理课程中由任课老师指定部分先修的必做实验项目，在开课之前由同学们先行完成，作为先修知识的回顾。



图 3 创新性教学平台建设

芯片级的实验采用虚拟仿真模式模拟计算机 5 大部件，在课程进展过程中采用验证测试的方式帮助学生掌握计算机工作原理。真实场景级的项目则需要学生综合利用包括计算机组成原理在内的多门学科知识，在仿真环境中完成真实问题的解决。三级实验项目整合多门课程知识，在不同教学阶段循序渐进地提升学生的实践创新能力、系统能力及复杂工程问题解决能力。

决能力。

3.3 深化校企协同-构建企业导师全程参与机制

为破解实践内容与实际生产问题脱节的困境，教学团队着力构建系统化的企业导师参与机制，将产业资源深度融入人才培养全过程。

(1) 多元化企业导师队伍组建

教学团队与行业内领军企业及创新型科技公司建立稳定合作关系，组建了一支由 5 名企业专家构成的“课程导师团”。按照专业领域与参与深度，企业导师分为三类：一是“案例共建导师”，负责将真实产业案例转化为教学资源；二是“实践指导导师”，参与实验平台建设与项目指导；三是“前沿讲座导师”，定期开展技术前沿分享。所有企业导师均具备 5 年以上一线研发经验，其中高级工程师占比 80%，确保指导内容的专业性与实践性。

(2) 全流程参与机制设计

企业导师的参与贯穿课程教学全周期，形成“课前案例输入-课中协同指导-课后项目深化”的闭环机制，具体参与模式见表 2。

3.4 革新教学模式-贯通“课前-课中-课后”教学闭环

以教学案例为主线，以数字化、智慧化教学资源为基础，构建了由“教师+AI 导师”协同，贯穿“课

前-课中-课后”三个环节的“知识自学+实践启发+问题解决+内化反思”教学模式，如图4所示。AI导师依托智慧教学平台打造，由任课教师训练管理。课前AI导师推送相关知识的自学视频和自测习题，学生进行课前基础知识的自学自测，任课教师结合学生自学情况指定当堂教学内容。课中以课程案例为主线，借助虚拟仿真实验平台，由任课老师引导学生围绕案例展开探索与思考，通过互动讨论的方式提出解决方案，将知识的学习融于问题解决过程中。课后学生一方面可以借助智慧化教学平台完成知识的内化与反思，并由AI导师根据学生学习情况推送复习强化资源。另一方面，学生还可以在虚拟仿真实践平台上提升自身的实践能力。

表2 企业导师全流程参与机制

教学阶段	企业导师参与方式	具体内容	时间安排
课前案例开发	案例共建导师	将企业真实研发项目（如边缘计算终端的存储优化问题）转化为教学案例，提供原始需求文档、技术方案和测试数据	每学期开学前2周
课前案例评审	全体课程导师团	对转化案例的教育性与技术先进性进行联合评审，确保案例既贴近产业前沿又符合教学规律	每学期第1周
课堂教学	前沿讲座导师	每模块配套1次产业前沿讲座，结合案例讲解相关技术在产业界的应用现状与发展趋势	教学期间
课中实践指导	实践指导导师	通过线上工作坊形式，指导学生完成三级实验项目中真实场景级项目的方案设计，解答工程实践中的技术难题	实践环节
项目中期检查	课程导师团+任课教师	联合检查学生项目进展，从工程实现角度提出优化建议，引入产业界质量标准和评价维度	学期中段
课后项目深化	实践指导导师	指导优秀学生团队将课程项目延伸至学科竞赛、SRT项目或毕业设计，提供企业资源支持	持续
期末联合评审	全体课程导师团	参与课程设计答辩，从产业应用价值、技术创新性等维度评价学生成果，择优推荐至企业实习	学期末

学生在智慧化平台和虚拟仿真实践平台上的完成

情况将作为教师调整课堂节奏的重要依据。在这一过程中学生、教师、AI导师各司其职，形成“生-师-机”有机统一的整体。教师建设课程资源、引导学习方向、把握学习节奏、分析学情；AI导师则进行智慧化的资源推送，各项学情数据的收集；学生在教师和AI导师的协助下，既满足了个性化学习的需求，也完成了能力的提升。

4 教学改革成效

4.1 育人成效

教学改革实施三年来，成效显著。为比较教学改革效果，设立创新教学班进行教学改革，普通教学班仍然采用普通教学模式。通过对创新教学班与普通教学班开展了系列问卷调查，结果显示，创新教学班学生的学习兴趣较普通教学班提升146%，学习动机由“被动应试”向“主动探索”转变。课堂内外学习氛围明显改善，创新教学班学生参与课堂讨论的积极性提高93.75%，智慧平台学习时长增长211%。上述转变主要源于教学过程中对知识与产业实际问题相结合的重现。学生不再停留于知识记忆层面，而是通过参与真实问题解决，获得价值感与成就感，进而激发持续的学习热情，同时识别自身知识短板，形成主动学习与探究的良性循环。

在智慧化学习平台的支撑下，个性化资源推送与一对一学习互动得以实现。结课考试数据显示，创新教学班成绩80分以上学生人数为普通教学班的1.88倍，课程目标达成度较普通教学班提高16.1%。此外，改革突破了以教师为中心的课堂单向知识传递模式，教师角色由主导者、监督者转变为引导者与陪伴者，学生对教师满意度提升近25%，教学改革成效入图5所示。

依托虚拟仿真平台及“生-师-机”一体化生态，实践环节中时间、空间与资源损耗等限制条件显著降低。学生实践平台参与度有效提升，工程工具链掌握程度增强，实践项目完成质量与数量同步提高。改革三年来，创新教学班累计获得省级以上学科竞赛奖励61项，申请软件著作权27项，授权专利9项，其中包括国际发明专利1项，主持国家级、省级SRT项目16项，发表高质量学术论文11篇，另有17名学生将虚拟仿真实验平台项目延伸至毕业实习与毕业论文撰写中。

4.2 教学成果丰硕

教学改革的实施提升了智慧化教学能力。计算机组成原理课程先后建成校级一流课程、校级智慧课程和课程思政示范课程。作者获批省级教学奖励4项，省级教学改革项目3项，撰写教学研究论文4篇。

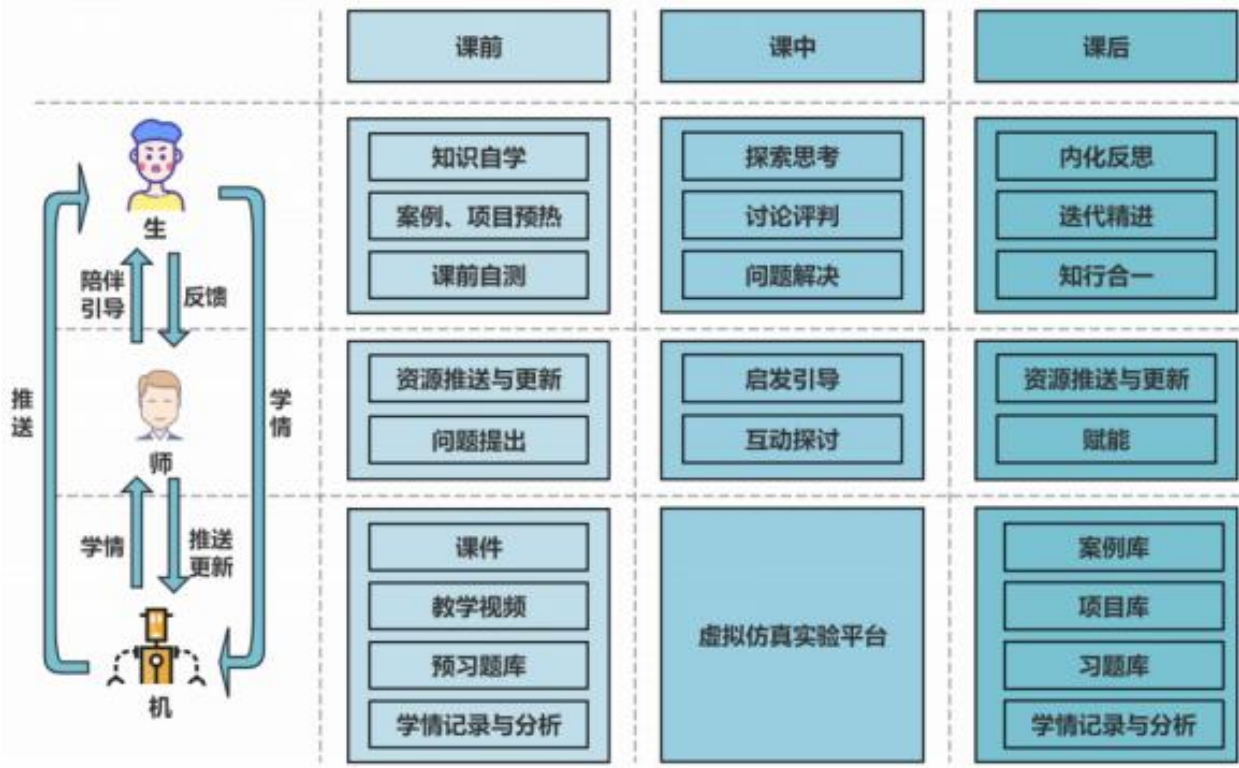


图 4 教学模式革新

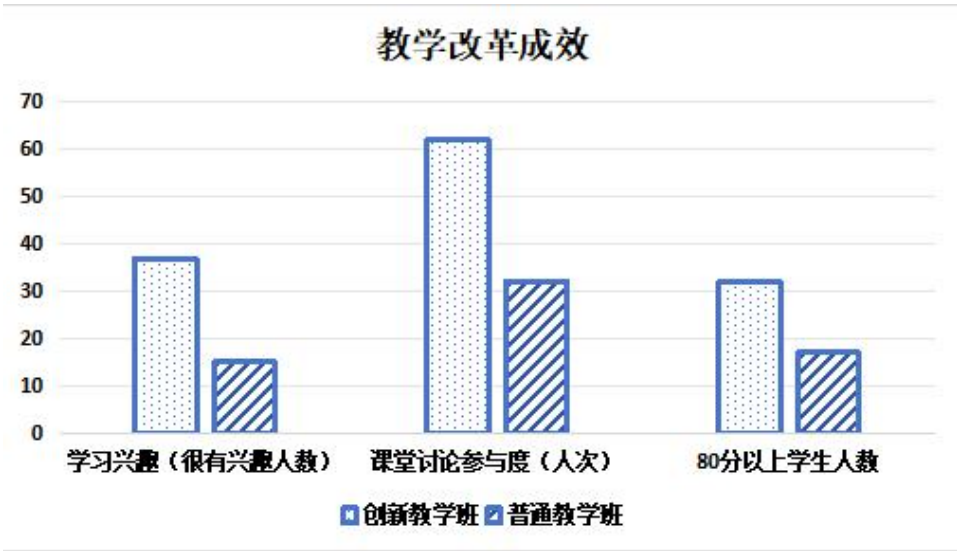


图 5 教学改革成效

5 结束语

本文针对计算机组成原理课程教学中的关键痛点，系统提出了以“三元贯通”为核心、面向系统能力培养的改革方案。

通过重构教学内容以打通课程壁垒、建设“大小案例结合”与“三阶虚拟仿真”的立体化资源、创新“生-师-机”一体化教学模式，有效促进了学生计算

机系统能力与复杂工程问题解决能力的提升，教学实践取得了显著的育人成效与丰富的教学成果。

展望未来，课程改革仍需在以下几个方面持续深化：首先，需进一步跟踪智能计算、新型体系结构等前沿技术动态，持续更新教学案例与实验项目，确保教学内容与产业发展同步。其次，需深化校企合作，吸引产业专家更深度参与案例开发与实践指导，推动产教融合育人机制做实做深。最后，需进一步完善 AI

导师的智能辅助功能, 加强对学生学习过程的全维度数据分析与个性化干预, 探索人机协同教学的新范式。通过持续迭代与创新, 本课程改革模式有望为同类工程专业核心课程的建设提供有益借鉴。

参 考 文 献

- [1] 刘刚,罗秋明,何文锋.面向系统能力培养的计算机系统类课程改革[J].计算机教育,2025,(06):163-167. DOI:10.16512/j.cnki.jsjy.2025.06.007.
- [2] 廖兴宇,刘海龙.新工科背景下《数据结构》课程重构与实践研究[J].计算机技术与教育学报,2025,13(1):42-46
- [3] 刘浩,钱振江,谢从华.“计算机组成原理”课程混合式教学改革研究[J].教育教学论坛,2025,(44):132-135. DOI:10.20263/j.cnki.jyxl.2025.44.036.
- [4] 李楠,邢艺兰,蔺佳良,等.“新工科”和“信创”背景下《计算机组成原理》课程建设[J].北华航天工业学院学报,2025,35(05):47-49+62.
- [5] 朱雪金,付楠.基于虚拟仿真平台的计算机组成原理实践教学探索[J].信息系统工程,2026,(01):126-128.
- [6] 郭萍,庄伟,许小龙.人工智能驱动下的计算机组成原理课程实验教学创新[J].计算机教育,2025,(09):151-158. DOI:10.16512/j.cnki.jsjy.2025.09.031.