

# 新工科背景下高校计算机组成原理“三维一体”教学改革与实践

孙鹤 朱凯 张霖

昆明理工大学津桥学院 云南 昆明 650000

**【摘要】**：人工智能、大数据等技术集群式突破重构全球产业格局，推动“新工科”理念成为高等工程教育转型的核心指引。计算机组成原理作为计算机类专业的核心课程，其教学质量直接关乎学生系统抽象能力、软硬件协同设计能力及复杂工程问题解决能力的形成。面对传统教学“内容滞后于技术前沿、能力培养脱离工程实际、评价维度单一”的三重困境，本文基于新工科“工程卓越”与“立德树人”的双重要求，构建“教学内容重构、能力训练强化、评价机制升级”三维一体课程改革框架。通过引入异构计算与硬件安全等前沿技术、开展芯片设计与系统优化类项目驱动教学、实施融合技术方案、团队协作与工程伦理的多维过程评估，并借助虚拟仿真与课程思政深度融合，重构课程知识图谱与教学模式。研究表明，该方案有效衔接产业需求与人才培养目标，显著提升学生系统级设计能力与工程素养，为同类课程教学提供了可借鉴的范式。

**【关键词】**：计算机组成原理；新工科；教学改革；三维一体课程体系；复杂工程问题解决能力

DOI:10.12417/2982-3803.25.07.011

“新工科”是我国为适应新时代需求而提出的工程教育新理念，旨在培养具备创新与实践能力的高素质工程技术人才。“计算机组成原理”作为计算机专业核心课程，系统阐述计算机硬件系统的组成、原理与设计方法，肩负贯通软硬件知识与系统思维培养的关键使命。然后，其传统教学模式面临三大挑战：教学内容滞后于异构计算、硬件安全等前沿领域；能力培养重知识灌输、轻系统优化与软硬件协同设计训练；评价方式单一，难以有效衡量复杂工程问题解决能力。这些问题制约了新工科“解决复杂工程问题”目标的实现。因此，必须推进课程改革，构建如图 1-1 所示的“三维一体”课程体系，通过教学内容重构、能力训练强化、评价机制升级三大支柱，推动知识传授、能力培养与价值塑造的深度融合，培养适应新时代需求的高素质工程技术人才。

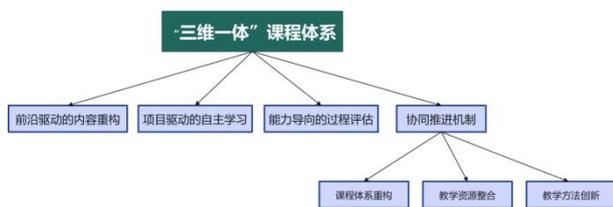


图 1-1 “三维一体”课程体系

具体改革路劲如下：

前沿驱动的内容重构，将异构计算架构（多核调度）、硬件安全机制等新兴技术融入课程体系，突破传统以冯·诺依曼架构为中心的单一内容框架，形成“基础原理-前沿应用-交叉融合”的三级内容框架。

项目驱动的主动学习，设计涵盖芯片设计、系统优化等真实工程场景的实践项目，强化学生在系统级设计中的权衡分析能力与软硬件协同开发能力。

多维立体的过程评估，建立包含技术方案设计、团队协作、工程伦理等多维度的评价体系，精准衡量学生解决复杂工程问题的综合能力。

通过系统性改革，可以进一步重构课程体系，整合教学资源，创新教学方法和手段，实现新工科人才的高质量培养，最终全面提升学生在创新系统设计中的综合能力与复杂问题解决中的工程素养。

## 1 新工科建设对课程教学的核心要求

新工科教育形态强调培养适应未来社会需求的工程技术人才，要求计算机组成原理课程必须不断更新知识体系和内容，以体现新工科的“新”元素。具体而言，课程应涵盖最新的计算机硬件技术、体系结构和设计方法，使学生能够紧跟时代步伐，掌握前沿知识。同时，新工科建设强调理论与实践相结合，注重培养学生的学习、创新能力和团队协作。因此，计算机组成原理课程的教学模式也需进行相应调整。传统的讲授式教学已难以满足新工科人才的培养需求，必须引入更多实践性、探究性和合作性的学习方式，让学生在实践中深化理论知识，培养解决实际问题的能力<sup>[1]</sup>。

## 2 课程教学改革的意义

### 2.1 对接国家新工科战略需求

在科技和产业革命的浪潮中，世界高等工程教育正面临着前所未有的机遇与挑战。我国提出的“新工科”建设正是为应对这一变革，旨在通过技术创新和颠覆性思维，在全球竞争中获得先发优势。在此背景下，高校计算机组成原理课程的教学改革尤为关键，不仅有利于满足新工科的建设需求，更是培养面向新技术、新业态、新模式和新产业的综合性、复合型工程

科技人才的重要途径。通过教学改革,可以更新教学内容,引入最新的计算机硬件技术、体系结构和设计方法,确保学生紧跟时代步伐,掌握前沿知识。此外,教学改革还立足于国家的发展需求,融入本土文化意识和人才培养规律,致力于构建具有中国特色的新型工科理论体系,为新工科建设贡献中国智慧和方案<sup>[2]</sup>。

## 2.2 驱动高校工程教育革新

“新工科”背景下高校计算机组成原理课程的教学改革,是提升系统思维的关键突破点,更是响应产业升级需求的核心举措。课程教学改革成效直接决定学生能否形成系统抽象能力、软硬件协同设计能力及复杂工程问题解决能力,进而影响后续操作系统、嵌入式系统设计等核心课程的学习质量。在改革过程中,通过前沿技术融合与渐进式实践体系设计,突破传统以冯·诺依曼体系为中心的单一框架,直接服务人工智能、边缘计算等新工科专业的人才基础能力培养。

## 2.3 赋能学生工程能力提升

“新工科”背景下,计算机组成原理课程的教学改革通过分层实践体系与跨学科项目驱动,显著提升学生解决复杂工程问题的核心能力。课程教学改革着重强调提升学生的实践能力,通过项目驱动的教学方法,让学生在解决实际问题的过程中深入理解计算机硬件工作原理,同时激发其创新思维。通过构建“基础-系统-创新”三级能力培养体系,以及“学科竞赛-科研项目-开源社区”三位一体的实战生态,积极为学生创造更多实践机会。在具体的实践教学环节,依托高精度仿真系统与虚拟实验平台,学生可在零风险环境中完成硬件架构设计、系统调试与性能优化全流程。这种方式不仅显著降低了实验成本,也提升了实验的安全性与操作灵活性。更促使学生不断面对并解决各种实际问题与挑战,从而有效锻炼其分析和解决实际工程问题的能力。

## 3 教学改革的系统性实施路径

### 3.1 基于教学理念,明确教学目标

在“新工科”背景下,高校计算机组成原理课程的教学改革首要任务是更新教学理念,明确教学目标<sup>[3]</sup>。当前,部分教师的教学理念相对陈旧,仍以传统的讲授式教学为主,难以激发学生的创新思维 and 实践能力,不符合新工科建设对工程技术人才培养的要求。因此,需要进行教学理念的根本性改革。工程教育专业认证遵循成果导向和以学生为中心的基本理念,能够为计算机组成原理课程的教学改革指明方向。教师应深入理解并践行相关理念,将培养学生的工程实践能力和创新能力放在首位。具体而言,教师应明确课程的学习预期,包括工程问题解决能力、实际工作能力、系统性解决方案提供能力以及终

身学习能力。

例如,在课程设计上,教师可以围绕计算机硬件系统的基本组成、工作原理和设计方法,设置具有挑战性的实际问题,引导学生通过团队合作、查阅资料、动手实践等方式寻找解决方案。在此过程中,教师不仅要关注学生的知识掌握情况,更要重视学生的思维过程和实践能力的发展。教师还需以学生为中心,注重培养学生的工程知识、问题分析、设计开发解决方案、研究能力和使用现代工具的能力。通过引入项目式学习,让学生分组承担小型计算机系统的设计项目,从需求分析、方案设计、硬件选型、软件编程到系统测试,全程参与并主导项目的实施。

### 3.2 打造翻转课堂,实现主动学习

翻转课堂是一种以学生为中心的教学模式,强调学生在课前通过视频、阅读材料等方式自主学习新知识,课堂时间则主要用于讨论、协作和解决问题。此种教学模式能够激发学生的学习兴趣,培养其自主学习能力,推进高校计算机组成原理课程的教学改革<sup>[4]</sup>。在“新工科”背景下,为实现翻转课堂的打造,教师可以制作高质量的课前学习材料,材料应涵盖计算机组成原理课程的核心知识点,并配有相应的习题和思考题,以引导学生进行自主学习和初步思考<sup>[5]</sup>。

例如,教师可以制作关于计算机硬件系统基本组成的视频,详细讲解各个部件的功能和工作原理,并配以实际案例,让学生在观看视频的过程中直观认识计算机硬件系统。教师还可以提供相关的阅读材料,包括学术论文、技术报告等,引导学生深入了解计算机硬件技术的最新进展。在课堂环节,教师应组织学生进行小组讨论和协作学习。教师可以提出关于计算机硬件系统设计的实际问题,即“如何设计一个高效的计算机硬件系统以满足特定应用场景的需求?”,让学生分组进行讨论,并提出解决方案。在讨论过程中,教师应鼓励学生积极发言,分享自己的观点和想法,并引导其进行深入思考和探究。教师还可以邀请行业专家或企业工程师进入课堂,与学生进行面对面交流,分享实际工作经验和案例,让学生更好地了解计算机硬件技术的应用和发展趋势。

### 3.3 任务驱动教学,提升核心素养

针对计算机组成原理课程高度抽象、系统性强的特点,采用分层递进式任务驱动教学法,可以有效提升学生的学习兴趣 and 实践能力。教学过程可以通过“情景创设-任务分解-协作探究-反思迁移”四阶循环,促进学生从硬件知识理解向系统设计能力跃迁。其核心实施路径如下:

#### 3.3.1 情境创设

教师可根据教材内容以及当前产业发展的实际情况,创设

尽可能真实的学习情境，以此来激发学生的学习兴趣；可通过提出具有挑战性的问题，如“如何优化 CPU 性能以提升程序运行速度”，或联系学生熟悉的软件运行慢、游戏卡顿、手机发热等现象，引导学生进入情境，激发探究欲望；还可利用可视化工具展示硬件内部工作过程，使抽象过程“可见”。

### 3.3.2 任务分解

教师需要设计出真实的任务，引导学生将情境中的复杂问题或最终目标，拆解成一系列相互关联、难度递增的子任务，形成清晰的学习路径图，再通过各个子任务的完成来攻克知识的阶梯，学习详细又具体的知识点，进而使学习过程更加直观和形象化，真正实现“做中学”。

### 3.3.3 协作探究

教师应鼓励学生在完成任务的过程中，积极思考和探索，以达到深化理解和掌握知识的目的<sup>[6]</sup>。根据学生能力差异组建小组，教师作为“顾问”参与讨论，经过小组协作、动手实践（设计、仿真、调试）、主动探索和问题解决，深化学生对相关知识的理解，培养工程实践能力；再通过多元角色互动深化知识建构，培育团队协作素养。

### 3.3.4 反思迁移

引导学生将计算机组成原理知识与操作系统（如进程调度）、编译原理（如指令选择）建立联系，构建知识网络，再进行系统性的知识梳理、经验总结和能力迁移，将所学原理、方法和技能内化并应用于更广阔的场景。

例如，在“信息处理技术”的计算机组成原理先导课中，教师可以构建模拟计算机内部数据处理的情境。通过让学生亲手操作二进制数与十进制数之间的转换，直观理解计算机如何处理和存储数据。教师还可以设计情境问题：“如何实现不同进制数之间的转换以满足计算机内部处理的需求？”或“如何通过补码运算来处理计算机中的负数？”进而引导学生深入探讨计算机的数据表示和运算机制。为进一步深化学生对计算机组成原理的理解，教师可以布置设计简易 CPU 的任务。学生需要分组合作，从 CPU 的基本组成、指令系统、数据通路等方面入手，设计能够执行简单指令的 CPU 模型。在此过程中，学生将深入研究计算机的系统结构，并通过实践来巩固所学知识。最后，各小组可以展示自己的设计成果，并进行交流分享。

## 3.4 融入思政教育，增强育人实效

“新工科”建设强调“立德树人”与“工程卓越”的有机统一，将思政教育深度融入计算机组成原理课程，是破解专业教育与价值教育“两张皮”现象的关键路径<sup>[7]</sup>。长期以来，我国高校专业教学往往侧重于学科知识的传授，却在一定程度上忽视对学生理想信念和职业精神的培养，与“新工科”强调的

综合性、复合型人才培养目标显然不符<sup>[8]</sup>。而计算机组成原理课程作为一门内容密集、重难点突出的专业课程，对学生的学习能力和专业素养有着较高的要求。例如，在讲授计算机硬件发展历程时，可以穿插介绍我国计算机事业的艰辛历程和取得的辉煌成就，通过生动讲述，激发学生的民族自豪感和工匠精神。在探讨计算机系统设计时，可以引导学生思考如何在设计中体现节能环保的理念，培养学生的社会责任感和环保意识。教师可以组织学生参观计算机硬件制造企业，让学生亲身体验计算机硬件的生产过程，感受工匠精神的魅力。还可以邀请计算机领域的杰出校友回校分享自己的成长故事和职业经历，激励学生树立正确的职业观和人生观。

## 3.5 依托虚拟仿真，组织实验活动

在“新工科”建设背景下，依托虚拟仿真技术组织计算机组成原理课程的实验活动，成为提升教学质量和实践效果的重要手段。虚拟仿真技术能够模拟真实的计算机硬件环境，使学生能够在无物理硬件限制的条件下，完成从硬件设计、功能验证到系统调试的全流程工程训练，从而有效解决传统实验教学中硬件资源紧缺、实验周期不足和故障容错率低等共性问题。

在具体实施中，教师应首先选择适合虚拟仿真技术的实验项目，如计算机组成原理实验、微程序设计实验等。随后，利用 Multisim、Proteus 等专业的虚拟仿真软件，搭建虚拟实验平台<sup>[9]</sup>。软件能够模拟各种电子元件和电路的工作状态，允许学生在虚拟环境中进行电路设计和调试。

例如，在计算机组成原理实验时，教师可以利用虚拟仿真软件设计如下表 1-1 所示的项目，包括 CPU、内存、输入输出设备等。

表 1-1 计算机组成原理实验项目

实验名称	核心内容	能力培养目标
运算器实验	使用 74LS181 芯片搭建 ALU，验证算术逻辑运算（加/减/与/或）及进位控制功能	掌握硬件功能单元实现逻辑与调试技能
存储器读写实验	静态 RAM（如 6116 芯片）数据写入与读取，分析读写时序波形	理解存储器工作特性及总线数据传输机制
通用寄存器实验	实现寄存器数据置入、移位（左/右移）及判零操作	掌握寄存器工作原理及数据暂存技术
数据通路实验	将运算器、存储器、寄存器等部件互联；构建数据在部件间流动的路径；模拟机器指令在数据通路上的执行	理解指令执行过程中数据在各功能部件间的流动与控制；培养子系统集成能力
总线传输与仲裁实验	总线协议设计、多设备仲裁策略实现	掌握系统级通信机制，培养总线架构设计能力
输入输出系统实验	中断处理流程、DMA	理解 I/O 系统工作原理，掌握外设与 CPU

	传输机制实现	的交互设计
基本模型机设计与实现	集成 CPU (运算器、控制器)、存储器、IO 接口; 定义并实现一套简单的指令系统; 编写测试程序并在自制模型机上运行调试	综合运用组成原理知识, 加深对计算机各部件协同工作的理解; 培养系统级的设计、集成、调试能力
RISC-V 处理器设计	实现 RISC-V 指令集中的部分指令, 使用开源指令集进行处理器的设计, FPGA 验证与测试	培养处理器架构创新能力, 掌握现代处理器设计技术
计算机系统性能分析	基准测试程序开发、性能瓶颈定位与优化	培养系统级调优能力, 理解计算机系统性能评价方法

学生可以在虚拟系统中进行指令的编码、译码和执行等操作, 观察计算机硬件系统的运行状态和数据处理过程。在微程序设计实验中, 学生可以设计并调试微指令序列, 模拟计算机硬件系统的控制流程。教师还可以结合具体的应用场景, 设计综合性的实验项目。通过设计能够处理简单图像处理的计算机系统, 要求学生从硬件设计、软件编程到系统测试全程参与。学生可以利用虚拟仿真软件进行硬件设计, 使用 C 语言或汇编语言进行软件编程, 并在虚拟环境中进行系统测试和调试。如此, 学生不仅能够深入理解计算机组成原理, 还能提升硬件设计和软件开发的能力。为进一步提升实验效果, 教师还可以引入在线协作工具, 即 GitHub、Zoom 等, 让学生在虚拟环境中进行远程协作和交流。通过分享实验设计、讨论问题解决方案、展示实验成果等方式, 学生能够在实践中深化理论知识, 培养团队协作和创新能力, 进而实现计算机组成原理的实验课程教学改革。

## 参考文献:

- [1] 李会丽,刘琦.“新工科”背景下高校计算机组成原理课程教学改革研究[J].大学,2024,(35):130-133.
- [2] 夏慧玲,黄玉兰,蔡静.新工科背景下计算机组成原理课程混合式教学的改革探索[J].电脑知识与技术,2024,20(23):165-167.
- [3] 晋晓雨,张俊楷.融合多平台的计算机组成原理问题式教学研究[J].电子质量,2024,(07):116-119.
- [4] 翟伟芳,冯娟,卢秀丽.新工科背景下计算机组成原理课程思政融入教学实践研究[J].电脑知识与技术,2024,20(04):148-150.
- [5] 宋婷婷,叶逸琛.“新工科”背景下计算机组成原理课程教学改革探析[J].中国新通信,2023,25(04):72-74.
- [6] 项立,王雨,蔡婉芬,等.新工科背景下“计算机组成原理”课程教学改革[J].西部素质教育,2022,8(20):128-130+192.
- [7] 吴昊, 刘路路.OBE 理念下计算机组成原理课程思政探索与实践[J].成都中医药大学学报(教育科学版),2022,(4):123-126.
- [8] 王建东,邹惠.新工科背景下计算机组成原理课程教学[J].福建电脑,2020,36(11):184-185.
- [9] 游磊,肖小琼,古沐松,等.地方高校在新工科背景下计算机组成原理课程教学改革探索——以成都大学计算机学院为例[J].信息系统工程,2020,(09):147-148.

## 4 总结

在“新工科”驱动高等工程教育转型背景下, 高校计算机组成原理课程教学改革以工程教育认证理念为指引, 构建“教学内容重构、能力训练强化、评价机制升级”三位一体改革框架, 实现育人价值与工程能力培养的深度协同, 核心突破体现在三方面:

其一, 知识体系迭代重构。以系统能力培养为核心, 搭建“基础原理-前沿技术-交叉融合”三维知识图谱, 采用模块化课程架构革新教学体系, 建立适配产业演进的内容动态更新机制, 融入异构计算架构、硬件安全防护等新工科核心技术方向, 夯实学生系统底层认知与技术迁移能力。

其二, 工程能力进阶培养。构建“阶梯式项目实践(基础验证-部件设计-系统集成)-学科竞赛牵引-校企双导师制协同”的工程实践育人链, 通过芯片级设计、系统性能优化等真实场景训练, 锤炼硬件设计与系统集成能力, 强化工程规范与技术文档素养, 提升复杂工程问题解决能力与创新应用能力。

其三, 育人范式创新升级。践行 OBE (成果导向教育) 理念, 将“卡脖子”技术攻关、科技伦理等思政元素融入课程思政教学载体; 采用“线上 MOOC 探究+线下雨课堂互动”的混合式教学模式, 优化教学效能; 建立涵盖知识掌握度、实践能力、协作素养的多维度评价耦合机制。

本改革为计算机类专业新工科建设提供可迁移的教学改革范式, 通过校企协同形成产教协同育人资源库与共享生态, 对接新时代工程人才需求, 为高校工程教育革新提供具象路径。后续将依托持续改进机制优化措施, 进一步赋能学生系统设计能力与工程素养的协同提升。