

基于华为云的“计算机组成原理” 新形态实验教学改革*

刘晓颖^{1,*} 张策^{1,2} 李剑雄¹ 何辉¹

1. 哈尔滨工业大学（威海）计算机科学与技术学院，威海 264209
2. 哈尔滨工业大学（威海）国际教育学院、继续教育学院，威海 264209

摘要 通过分析传统实验箱操作与现代云计算技术之间的差异，提出了一种融合线上线下资源的混合教学策略。该策略通过多样化教学方法，促进了学生从基础到进阶的平稳过渡。此外，还提出了面向产业技术的实验教学内容重构，以及完善实验教学体系的策略，确保了教学内容的时效性和前瞻性。最后，给出了完善考核机制的建议，采用多元化的考核方法全面评估学生的学习成果。通过这些综合性改革，实验教学模式得到了显著优化，学生的综合素质和创新能力得到了有效提升。

关键字 计算机组成原理；线上线下混合教学；产业技术导向；新形态实验教学

New form experimental teaching reform of "Computer composition Principle" Based on Huawei Cloud

Liu Xiaoying¹ Zhang Ce^{1,2} Li Jianxiong¹ He Hui¹

- 1.School of Computer Science and Technology, Harbin Institute of Technology (Weihai), Weihai 264209, China 2.Continuing Education College and International Education College, Harbin Institute of Technology (Weihai), Weihai 264209, China

Abstract—By analyzing the distinctions between traditional experimental box operations and contemporary cloud computing technology, a hybrid teaching strategy that integrates online and offline resources is proposed. This strategy promotes a smooth transition for students from basics to advanced levels through diverse teaching methods. Additionally, strategies have been proposed to reformulate the experimental teaching content pertinent to industrial technology, as well as enhance the experimental teaching system that ensure both timeliness and foresight in instructional content. Finally, recommendations were proposed to enhance the assessment framework and implement a variety of evaluation methods to holistically assess students' learning outcomes. Through these comprehensive reforms, the experimental teaching mode has been significantly optimized, and students' comprehensive quality and innovation ability have been effectively improved.

Keywords—Principles of Computer Organization; Blended online and offline teaching; Industrial technology orientation; New Forms of Experimental Teaching

1 引言

在数字化浪潮的推动下，全球经济和社会结构正在经历前所未有的变革，这不仅重塑了人才市场的需求，也对科技创新和产业升级提出了更高的要求^[1]。面对这些挑战，国家对于具备创新能力和领导未来潜力的顶尖人才的需求日益增长^[2]。在这种背景下，传统的实验教学模式已经难以满足高素质人才培养的需求，迫切需要进行深层次的改革。

为响应这一需求，教育部联合华为技术有限公司

在 2020 年推出了“智能基座”产教协同育人基地项目^[3]。旨在深化信息技术领域人才培养模式改革和协同创新，着力构建以信息领域关键核心技术为基础的产业与人才生态^[4]，“产教融合”逐渐成为当前教育改革的核心方向^[5,6]。

“计算机组成原理”作为计算机科学与技术专业的基石课程^[7]，其教学的卓越性直接决定了学生能否深入理解计算机硬件的核心机制，以及能否将理论知识与实践技能有效结合，进而软件与硬件的交互中游刃有余。为了适应快速发展的行业需求，培养具有深厚理论素养、出色实践技能和创新思维的计算机专业人才显得尤为迫切^[8]。

* 基金资助：哈尔滨工业大学（威海）实验教学和教学实验室建设研究项目（项目编号：2024SYZZ03）。

** 通讯作者：刘晓颖 lxy454046618@163.com 。

近年来，国内高校在“计算机组成原理”实验教学改革方面展开了广泛的探索与实践，相继推进了基于工程教育认证(OBE)理念的教学体系重构、虚实结合的实验平台建设等^[9]，但从整体发展态势来看，仍面临着深层次的挑战，制约了学生系统性思维与工程创新能力的培养。首先，实验教学模式存在滞后性：当前多数高校仍依赖于传统箱式平台，内容多聚焦于单一功能部件的验证性实验，学生通过机械式导线连接与电平开关控制实现功能验证，以信号灯变化观察输出结果，难以动态感知硬件在时钟节拍下的状态迁移过程，无法深入理解控制信号生成及指令执行时序等机制，割裂了实验操作与理论知识之间的内在联系^[10]。

此外，传统实验设备具有建设成本高、维护复杂、空间占用大等特点，扩展性与灵活性不足，制约了设计性、综合性与探究性实验的广度和深度。其次，教学内容体系与产业前沿技术脱节，系统能力培养缺位：现有实验体系多聚焦于孤立模块的功能实现，缺乏对整机系统集成与协同运行机制的系统性设计，导致学生在完成各单元实验后难以构建完整的计算机系统观，无法理解指令流、数据流在多部件间的动态交互与资源调度机制。更为突出的是，教学内容未能及时吸纳产业界主流技术前沿成果，如鲲鹏处理器微架构特性等，致使课程内容滞后于技术发展，难以激发学生的探究兴趣与创新潜能，尚未形成可持续的产教融合生

态，难以有效支撑国家信息技术应用创新战略对高水平系统级人才的迫切需求。

本文拟从理论研究与实践探索角度开展针对性的“计算机组成原理”实验教学改革，立足于产业技术演进趋势，提出面向产业技术新发展、线上与线下混合的新形态实验教学改革创见，通过实验教学形态、模式、内容、技术与手段的深度改革，强化实践动手能力、紧密跟踪行业动态，旨在为“计算机组成原理”课程的教学改革提供一套系统而全面的解决方案，以期实现教学质量的显著提升和人才培养目标的全面达成。

2 实验教学改革策略

为革新“计算机组成原理”的实验教学，采取融合传统实验与华为云端资源的策略，探索线上与线下相结合的教学新模式，以建立学生解决复杂问题的综合创新思维与本领提升路径为目标，以形成线上线下混合新形态实验教学基本机理及面向产业技术进行实验内容动态重构机制为重点，构建数字时代“计算机组成原理”实验教学新体系。

聚焦于通过精心设计的实验内容和方法，将理论知识与实际操作紧密结合，同时融入现代云计算技术，以提升学生的学习效果和实际应用能力。图 1 给出了实验改革框架结构。

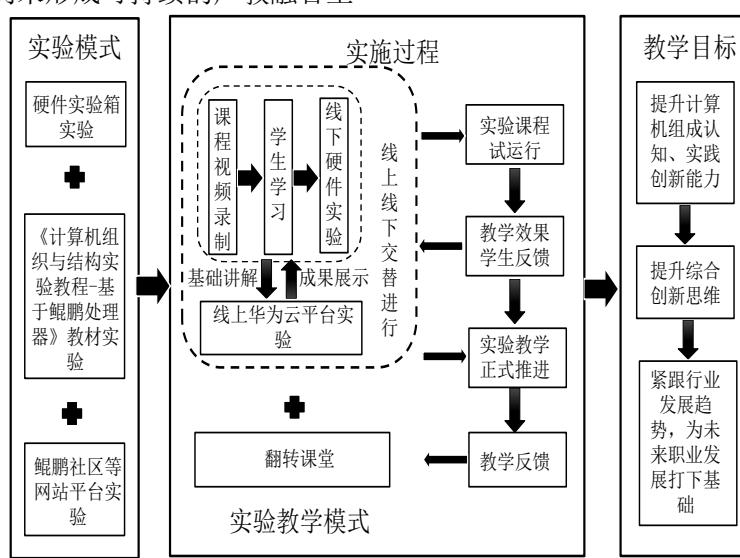


图 1 实验改革框架结构

2. 1 线上线下混合新模式的实验教学策略

(1) 实验教学模式的理论基础。

针对“计算机组成原理”课程的教学需求，本研究提出了一种线上线下混合新模式。该模式针对“计算机组成原理”课程特征与教学要求，深入剖析基于传统实验箱的线下实验与依托云平台的线上实验二者

内在差异，挖掘其关联特性，以实现教学资源的优化配置和教学效果的最大化。

(2) 教学内容与方法的整合。

结合短视频预习，采用线上线下交替教学模式，并辅以翻转课堂的互动方式，引导学生在 PC 端学习实验基础内容及华为鲲鹏知识，随后现场操作华为云平

台进行展示。这种教学方式有效促进学生从基础到进阶的平稳过渡，实现实验教学的全面优化与提升。

① 预习阶段：提前录制实验课程相关短视频，包括安全类、流程类、要点类等，利用“云班课”平台向学生发布相关视频及实验文档材料，以便学生能够提前预习实验内容。

② 线下实验体验：教学过程初始阶段在线下环境中展开，学生们通过亲自操作实验箱来获得直观的实验体验。在此基础上，教师简要介绍华为云平台的功能和操作方法，为学生提供了一个过渡到线上学习的桥梁。

③ 线上深入学习：学生转至线上环境，独立在华为云平台上完成更为深入的实验任务，这一步骤旨在培养学生的自主学习能力和解决复杂问题的能力。

④ 成果展示

教学活动最终回归线下，学生们在实验课程中展示他们在线上实验中取得的优秀成果，教师进行点评和指导。

(3) 翻转课堂的教学策略

引入翻转课堂的教学策略，进一步丰富了教学模式的多样性。在这种策略下，学生被鼓励在课前通过个人电脑学习有关华为鲲鹏处理器的理论知识。课堂上，教师的角色转变为指导者和促进者，学生们则在现场直接操作华为云平台，将所学知识应用于实际的

实验演示中。

(4) 实验教学的全面优化

通过上述混合新模式的实施，实验教学得以全面优化与提升。学生不仅能够在实验中获得丰富的学习体验，还能够在实际操作中深化对理论知识的理解和应用。此外，教师能够更有效地指导学生，提高教学的针对性和实效性。

2. 2 面向产业技术重构实验教学内容

(1) 实验教学内容的设计与研制

面向国产电子信息领域领军企业（如华为公司）先进的产业技术与优质丰富的线上教学资源，针对性的设计、研制实验教学内容，与理论课程教学内容紧密结合、相辅相成，二者相互配合，在夯实基础硬件实验的基础上，以面向产业新技术、新突破为牵引，大幅度增加对华为鲲鹏实验的内容设置。通过结合“计算机组成原理”实验箱与华为鲲鹏处理器开展丰富多元的单元实验，同时深化综合实验课程设计以强化实践应用，辅以丰富的自主学习资源，促进学生全面掌握鲲鹏技术并实现创新实践能力的提升，实现从基础电路认知到国产处理器架构理解的跃迁。

(2) 实验教学内容体系的构建

依据理论教学内容与线索，紧密结合华为鲲鹏920处理器内部构造与华为云平台实验资源，构建了如图2所示的新形态实验教学内容体系。

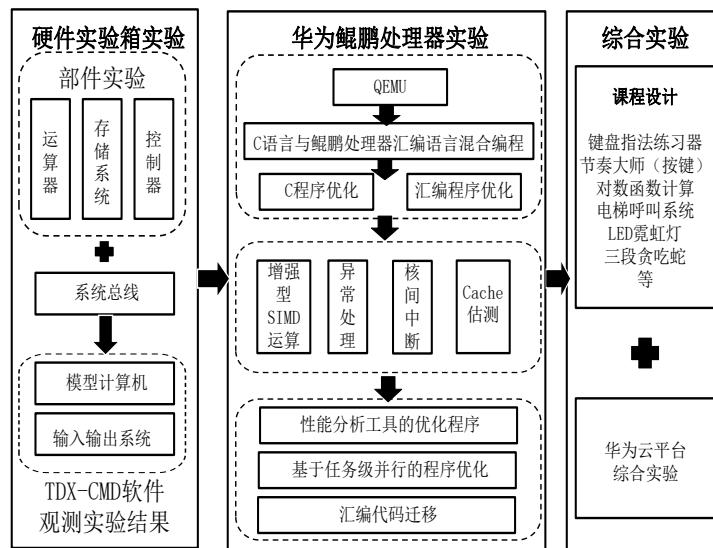


图 2 新形态实验教学内容体系

① 基于“计算机组成原理”实验箱开展的实验

在传统的实验教学中，实验箱的使用是核心环节。本次改革中，硬件实验箱与PC联机操作，进行静态随机存储器实验及基本运算器实验。学生可通过实验箱

上LED灯显示观测实验结果，也可通过软件中的数据通路图、信号时序图来观测实验结果，要求学生记录实验现象，总结实验过程中的关键发现和体会。基于“计算机组成原理”实验箱可开展运算器、存储系统、控制器、系统总线与总线接口、模型计算机、输入输

出系统等多项实验内容。

② 基于华为鲲鹏处理器开展的云平台实验

将《计算机组织与结构实验教程——基于鲲鹏处理器》教材及华为鲲鹏相关网址中实验内容作为本课程实验教学的改革素材，通过云端编程实验操控鲲鹏处理器运行，提出一种全新的实验思路：学生登录华为云，在基于鲲鹏的华为云上采用 C 语言和汇编语言混合编程的方式，以软件驱动硬件运行，以此了解和掌握鲲鹏处理器的工作原理和设计特点。学生可进行 C 语言与鲲鹏汇编语言混合编程、基于鲲鹏硬件特性的 C 程序优化和汇编程序优化、鲲鹏处理器的增强型 SIMD 运算，以及鲲鹏处理器的异常处理、中断、Cache 特性，鲲鹏处理器的性能分析工具、并行计算，以及 X86 汇编代码向鲲鹏架构的迁移等多项实验。云平台实验设计的意图在于利用现代信息技术为学生提供更灵活的学习环境与实验空间。学生可随时随地登录鲲鹏社区实验平台访问实验资源，自主选择实验进度与内容。

③ 综合实验

基于前期硬件实验箱实验基础，可进一步开展系列课程设计，包括但不限于键盘指法练习器、节奏大师（按键）、对数函数计算、电梯呼叫系统、LED 霓虹灯、三段贪吃蛇等内容。

（3）支持学生自主学习及实践的资源

为支持学生自主学习及实践，向学生提供鲲鹏社区网址、鲲鹏开发者系列课程网址、云端鲲鹏沙箱实验项目网址等，为学生提供一个自由学习与实验环境，可利用这些资源进行相关实验，使其能够自主深入地学习和实践鲲鹏技术。

2. 3 完善实验教学体系、管理流程重塑、保障机制

（1）实验教学体系的完善

根据“计算机组成原理”的最新学术进展和行业发展需求，通过深化实验教学改革与创新，深度融合线上优质教学资源与线下实操，优化操作流程，完善实验指导书，完善实验教学体系、管理与保障机制，实现线上线下混合教学的无缝衔接，同时结合华为鲲鹏处理器的独特性，形成系统完整、高效实用、具备行业引领作用的实验教学新体系，为学生提供更优质的学习资源和更广阔的实践平台，进而提升实验教学的质量和水平，确保实验教学能够紧密贴合行业需求及社会发展趋势，保持与时俱进。

（2）管理流程的重塑

采用多种教学方式，覆盖翻转课堂、线下实验教

学、线上云平台资源等，利用虚拟仿真软件及平台开展针对性的实验教学。对实验教学进行全面、系统的设计，对教师教学及学生学习情况进行及时有效监管并建立完善的反馈与改进机制。

（3）保障机制的建立

加强对实验教师的系统培训，使其能够及时掌握华为鲲鹏处理器技术等，确保教师团队能够紧跟课程发展趋势及行业发展要求，将这些技术有效地融入到教学中，并实时跟踪教学进度，记录学生的参与度和学习成果。建立及时有效的反馈与改进机制，要求教师和学生都能参与到教学评估中来，通过多种方式收集教师和学生的意见和建议。

（4）教学循环闭环反馈系统

为确保实验教学体系的有效运行，本研究构建了一个教学循环闭环反馈系统，如图 3 所示。该系统涵盖了教学设计、教学实施、学生反馈、教师评估和计划改进等多个环节，确保了教学过程的连续性和动态性。通过这一系统，可以及时收集和分析学生和教师的反馈，不断调整和优化教学策略，以提升实验教学的整体效果。

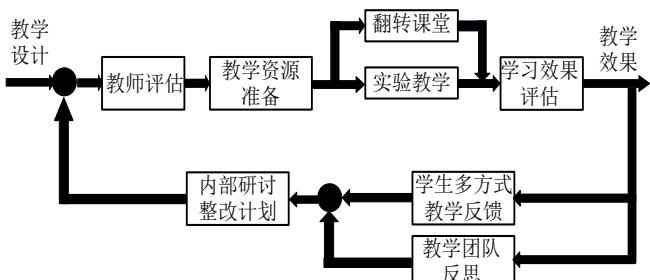


图 3 教学循环闭环反馈系统

2. 4 完善考核机制

为全面评估学生在“计算机组成原理”课程中的学习成效，培养学生的综合素质和创新能力，提出多元化的考核机制，全面评价学生的操作技能、安全意识、问题解决能力和创新思维。该机制旨在通过完善过程评价和结果评价，综合考量学生的知识掌握、技能应用和创新思维。

（1）线下实验考核

学生通过操作实验设备完成线下实践环节，每个实验均设有多级考核指标，全面评估学生在设备操作熟练度、实验安全意识、实验过程规范性以及实验目标达成度方面的表现。此外，学生需提交详尽的实验报告，深入分析实验设计、操作过程、数据分析及结果解释，以展示其对实验内容的全面理解。此环节不仅评价实验结果，更重视学生在实验过程中的参与和表现。

(2) 线上实验考核

学生在华为云操作平台上基于鲲鹏处理器完成线上实验，将实验中的优秀成果进行展示，并提交相应的实验报告。这一环节考核学生的远程操作技能和对云平台工具的运用能力。

(3) 翻转课堂教学

在翻转课堂教学模式下，要求学生承担“准讲师”角色，向同学和教师展示他们对特定主题的理解和分析，以此评估学生的自主学习能力和表达能力，在强调个人能力培养的同时，注重团队合作精神的培养。同时，通过小组内外的同伴评审机制，促进学生间的相互评价和反馈，评价标准包括项目创新性、实验方案合理性、研究成果深度及团队成员参与度。该机制旨在培养学生的批判性思维、自我反思能力和同行评价技能。

(4) 综合性项目作业

设计挑战性的项目作业，要求学生运用课程理论知识解决实际问题，以此考核学生的实践操作技能、问题解决能力和创新应用能力。这一环节强调学生将理论知识应用于实际情境中，展现其综合运用知识的能力。

(5) 考核机制的综合效应

该多元化考核机制通过加大实验过程的考核力度，增加对学生实验创新能力和科学精神的评价，有效激励学生主动参与学习，激发创新意识，确保教学效果评价的综合性、公平性和全面性。通过这种评价体系，可以更真实地反映学生的学习成效，促进其全面发展。

3 改革成效

3.1 教学质量与效率提升

创造性地将传统的面对面实验教学与现代云计算技术相结合，不仅紧跟时代发展趋势，还改变传统实验教学简单操作实验箱的不足。教学质量与效率提升如表 1 所示。

线下实验中，学生利用云班课预习获取每堂实验课的要点难点内容，课上能更快进入状态，快速理解和完成实验内容，平均实验完成时间缩短约 20%。学生可以根据软件中的数据通路图、信号时序图来观测实验结果，操作中出现的问题会及时反馈，减少了硬件平台的损耗，且线上实验也在一定程度上缓解了设备压力。

教师也可以从忙碌于众多学生中去解决学生实验过程中的问题转变为向学生提出更深层的问题。线上实验还可以极大地缓解实验教学高峰时段实验室压力，

融合华为鲲鹏处理器技术确保了教学内容的时效性和前瞻性，大幅拓宽了实验的范围与深度。

表 1 教学质量与效率提升

内容	成效
实验完成时间	缩短 20%
实验内容	传统实验转变至传统与前沿领域先进技术融合，拓宽了广度和深度
设备损耗	降低 30%
教师精力	解决简单问题转变至引导深层问题
实验室压力	降低 30%
评价体系	单一评价转变至多元展示，完善了评价体系

改革后的评价体系更加注重对学生实践能力、创新能力和发展综合素质的评估，多元化的评价方式和手段让学生有更多的机会展示自己的才华和潜力。该改革可以面向全校计算机、机器人、机械等多个专业，涉及千余名学生，促进教学质量和效率全面提升。

3.2 学生能力发展

建立分级的实验教学体系，根据学生的认知水平和实验技能，循序渐进地提升学生的能力。学生学习成效如表 2 所示。

表 2 学生学习成效

指标	数据表现
云班课平台利用率	95%
预习率	60%
翻转课堂展示率	70%
线下实验完成率	100%
线上实验完成率	100%

学生利用碎片化时间进行预习，使得在线课堂上能够独立地完成实验操作且在实验操作的规范性、准确性、熟练度等均有提升，根据云班课平台后台结果显示 95% 的同学借助云班课平台获取实验内容，能够课前实时查看学习从中获益的有 60%。华为云平台提供的丰富资源让学生随时随地进行实验，自由选择从入门到进阶到专业不同难度的实验内容，针对性提升实践能力、创新能力和综合素质，尽早接轨前沿技术。

学生在完成线上线下实验的基础上在翻转课堂中进行展示，参与展示的学生数可达 70%，进一步巩固对知识的掌握同时实现了对学生在组织结构、知识讲授以及团队协作配合能力的全面培养。多元化的评价方式使学生不再仅仅关注考试成绩，而是更加注重实验操作的过程和结果、项目作业的完成情况和质量以及自身综合素质的提升。这种变化激发了学生的学习热情和创新精神，培养了他们的实践能力和团队协作能力。

4 结束语

本研究通过实施线上线下混合教学模式，成功地将传统实验教学与现代信息技术相结合，为“计算机组成原理”课程的教学改革提供了一种有效的解决方案。通过精心设计的实验教学内容、创新的教学方法和完善的考核机制，本研究不仅提升了教师的教学能力，而且显著提高了学生的综合素质和创新能力。实验教学体系的完善、管理流程的重塑和保障机制的建立，为实现教学目标提供了坚实的支持。这些改革成果不仅符合当前教育发展的趋势，而且为学生的终身学习和未来的职业发展奠定了坚实的基础。未来，我们将继续探索和优化教学策略，以适应不断变化的教育需求和技术进步，确保教学质量的持续提升和学生的全面发展。

参 考 文 献

- [1] 金强国, 严奔, 郑江滨, 等. 华为云平台驱动的产教融合课程设计与实践探索[J]. 计算机技术与教育学报, 2024, 12(6):85-90.
- [2] 刘璐, 张新峰. 产学研协同的人工智能课程教学改革——以中国科学院大学“深度学习”课程为例[J]. 高等工程教育研究, 2023, (06):73-77.
- [3] 陈立斌, 胡琳, 曹新方, 等. 电子信息类专业产教融合路径的探索与实践——以西安交通大学-华为“智能基座”为例[J]. 高等工程教育研究, 2023, (05):30-34+53.
- [4] 洪军, 王小华, 王秋旺, 等. 校企协同、产教融合卓越工程科技人才培养探索[J]. 高等工程教育研究, 2024, (03):37-41+168.
- [5] 郭忠文, 蒋若冰. “产、教、学、研”四位一体研究生产教融合培养模式研究[J]. 计算机技术与教育学报, 2023, 11(02):18-22.
- [6] 邢延, 蔡述庭, 肖明, 等. 人工智能类课程产教融合教学模式探索与实践——以广东工业大学-华为智能基座课程“模式识别”为例[J]. 高等工程教育研究, 2024, (03):73-78.
- [7] 张磊, 何杰, 齐悦, 等. 工程认证背景下计算机组成原理课程设计改革[J]. 实验技术与管理, 2021, 38(04):179-185.
- [8] 郭萍, 庄伟, 许小龙. 人工智能背景下面向计算思维能力培养的《计算机组成原理》教学改革与实践[J]. 实验室研究与探索, 2023, 42(12):129-135.
- [9] 杨磊, 司国东, 王春桃, 等. 基于认知负荷理论的计算机组成原理实验教学设计与应用[J]. 实验室研究与探索, 2025, 44(01):177-181.
- [10] 张磊, 王建萍, 郑榕, 等. 基于VerilogHDL智能评测平台的“计算机组成原理”课程贯通式实验模式[J]. 实验技术与管理, 2021, 38(03):236-241.