

面向新工科的计算机类专业系统能力 培养研究与实践^{*}

毛艳艳** 李晋江 范辉

山东工商学院计算机科学与技术学院, 烟台 264005

摘要 在新工科与智能时代背景下, 计算机类专业系统能力培养已经成为提升本科教育质量的关键, 需适应技术变革与产业需求。本文分析系统能力内涵, 借鉴国内外经验, 构建以课程群重构、教学方法创新、实践体系优化为核心的培养模式, 优化教学管理, 探索创新路径。通过教学实践验证其有效性, 为高校相关专业人才培养提供参考, 助力培养具备复杂工程能力与系统创新能力的高素质人才。

Research and Practice of Computer System Ability Training for New Engineering

Yanyan Mao Jinjiang Li Hui Fan

School of Computer Science and Technology, Shandong Technology and Business University
Yantai 264005, China;

Abstract—In the context of the new engineering and intelligent era, system ability training in computer-related majors has become the key to improving the quality of undergraduate education, and needs to adapt to technological changes and industry demands. This article analyzes the connotation of system capability, draws on domestic and foreign experience, constructs a training model centered on curriculum group reconstruction, innovative teaching methods, and optimized practical systems, optimizes teaching management, and explores innovative paths. Through teaching practice, its effectiveness is verified, providing reference for the cultivation of relevant professional talents in universities, and helping to cultivate high-quality talents with complex engineering and system innovation abilities.

Keywords—Computer-related Majors, System Ability Training, New Engineering

1 引言

随着人工智能、大数据等新一代信息技术与传统产业的深度融合, 以及国家信息技术自主创新战略的深入推进, 产业界对高层次技术人才的需求发生了显著转变。在此背景下, 具备跨学科知识整合能力、创新思维和复杂工程问题解决能力的复合型人才, 已成为推动产业转型升级和实现关键技术突破的核心要素。强化系统能力培养已成为计算机类专业适应技术变革、支撑产业发展的关键所在。

在创新驱动发展战略和“中国制造 2025”等国家战略的推动下, 教育部自 2017 年起全面启动新工科建设, 新工科提出了工程教育的新理念、学科专业的新结构、人才培养的新模式、教育教学的新质量以及分类发展的新体系“五个新”改革框架。这一变革旨在培养具有实践创新能力、国际竞争力的复合型工程人

才^[1]。作为新工科建设的核心领域, 计算机类专业呈现出双重发展趋势, 一方面内部孕育出人工智能、机器工程等新兴学科; 另一方面与金融、制造等领域深度交叉, 形成智慧金融、智能制造等创新方向。因此, 构建以系统思维为导向的新型培养体系, 实现从底层硬件到上层应用的全栈能力提升, 成为新工科背景下计算机教育改革的关键路径。

2 系统能力培养的内涵和发展

新工科建设与工程教育专业认证高度聚焦“解决复杂工程问题”能力的培养, 将其确立为育人目标。对于计算机类专业而言, 这一能力的核心集中表现为“系统能力”, 其不仅构成专业区别于其他学科的核心竞争力, 更是驱动专业人才适应行业发展的关键要素。系统能力培养的关键在于塑造学生的系统思维, 使其具备全局视野和多技术融合能力, 以应对复杂工程问题的挑战。表1是计算机系统能力的三个层次^[2]。

为深化新工科建设, 破解系统能力培养的难题, 教育部计算机类专业教指委组织实施了“新工科计算

***基金资助:** 本文得到山东省教育教学“十四五”规划一般专项课题“人工智能在高校财务管理中的应用研究”(2021CYB012)项目资助。

****通讯作者:** 毛艳艳 maoyanyan@sdtbu.edu.cn。

机类专业系统能力培养改革与实践”研究项目。该项目通过遴选清华大学、南京大学、北京航空航天大学等8所高校作为示范单位，并设立系统能力培养试点院校，全面推进计算机类专业在培养模式、课程体系、知识框架等方面改革创新。这一举措旨在系统提升学生的综合素质和产业适应能力，从而显著提高计算机类专业人才培养质量。

表 1 计算机系统能力的三个层次

能力层次	核心描述	典型示例
计算机基础系统能力	运用数学和物理等自然科学的原理，结合计算机相关技术，设计和开发计算机系统，包括计算机CPU、操作系统、编译系统等，构造基本计算系统。	处理器设计、操作系统开发、编译器构建
计算机领域系统能力	基于计算机基础系统原理，设计和开发计算机各个领域的专门系统，如软件开发、数据管理、网络服务等。	数据库系统、分布式计算框架、网络协议栈
计算机应用系统能力	运用计算机专业系统原理，设计和开发面向具体行业的应用系统，如智能制造、机器人、无线通信等。	工业自动化系统、智能机器人、5G通信系统

国内多所高水平大学在计算机系统能力培养中形成了特色鲜明的实践路径^[3-9]，取得了积极的效果。清华大学基于自主研发的 THINPAD 硬件平台，通过处理器架构的递进式开发强化硬件系统设计能力；北京航空航天大学以“CPU+操作系统+编译器”三位一体的工程化综合实践为突破口，构建软硬件协同开发体系；

南京大学依托“IA-32+Linux+GCC+C 语言”技术栈，通过贯通高级语言、汇编语言、操作系统与硬件原理的多层次联动教学，建立完整的系统层次化思维。这些实践与理论成果为新工科计算机教育提供了范式参考，通过贯通硬件设计、编译优化、系统集成等环节，培养能驾驭复杂工程问题的创新型人才，为智能时代产业升级提供核心支撑。

3 系统能力培养的举措

在新工科建设和工程教育认证背景下，山东工商学院计算机科学与技术学院经过十年的探索和实践，密切跟踪教指委系统能力培养要求，借鉴名校经验，构建了具有本校特色的计算机系统能力培养体系。山东工商学院于 2015 年获批教育部首批高等学校计算机类系统能力培养试点单位，2021 年在第六届全国高校计算机类专业系统能力培养高峰论坛的结题汇报中，受到与会专家高度评价，因改革特色尤为明显，改革效果尤为突出，被评为系统能力培养试点优秀高校。

3.1 以系统能力培养为主线，重构课程体系

以建设国家级一流本科专业为契机，依托学院的多个高水平教学科研平台，重构了以系统能力培养为核心的专业课程体系（见图 1）。计算机类专业课程体系从理论与实践两方面构建，课程模块呈递进式培养。系统能力课程模块打基础，专业融通课程模块促知识融合，专业创新课程模块重创新培养。以国家级一流本科专业和课程为核心引领，贯穿各层次课程，保障系统能力培养的质量与标准。

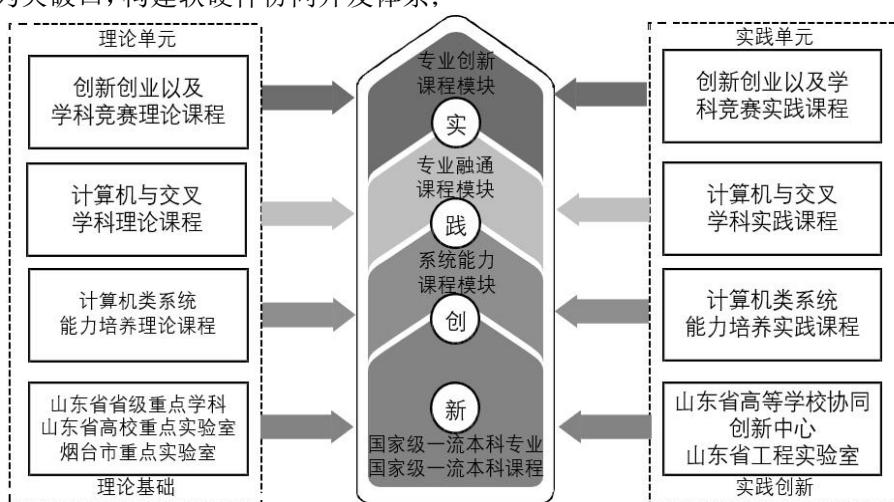


图 1 专业课程体系

理论单元聚焦系统能力培养主线，构建了三级理论框架。以计算机系统能力培养课程群为核心基础；融合交叉学科课程，贯通计算机系统原理与前沿技术，夯实系统级认知与创新能力；同时开设创新创业与学

科竞赛理论课程，为实践环节提供方法论支撑。

实践单元通过“分层递进+产教融合”强化系统能力落地。依托省级协同创新中心与工程实验室，建

立“基础实验-综合项目-创新实践”的进阶式实践链，将系统能力培养实践课程与学科竞赛、双创项目深度融合，实现软硬件协同开发能力与跨学科工程实践能力的全面提升。

3.2 以系统能力培养为抓手，创新教学方法

以系统能力培养为重要着力点，积极创新教学方法，高度重视系统能力课程群建设。为助力学生构建完整系统观，依据工程教育认证标准对学生能力的要求，在深入“横向”剖析的基础上，着重“纵向”考量课程间关联。精心将程序设计基础、计算机系统基础、数字逻辑、计算机组成原理、操作系统、编译原理等课程整合为系统能力培养课程群，对理论与实验体系进行重新构建，使课程间有机衔接、协同发力，循序渐进培养学生系统能力，提升其专业素养与综合工程能力。

以系统能力课程群的核心课计算机组成原理为例

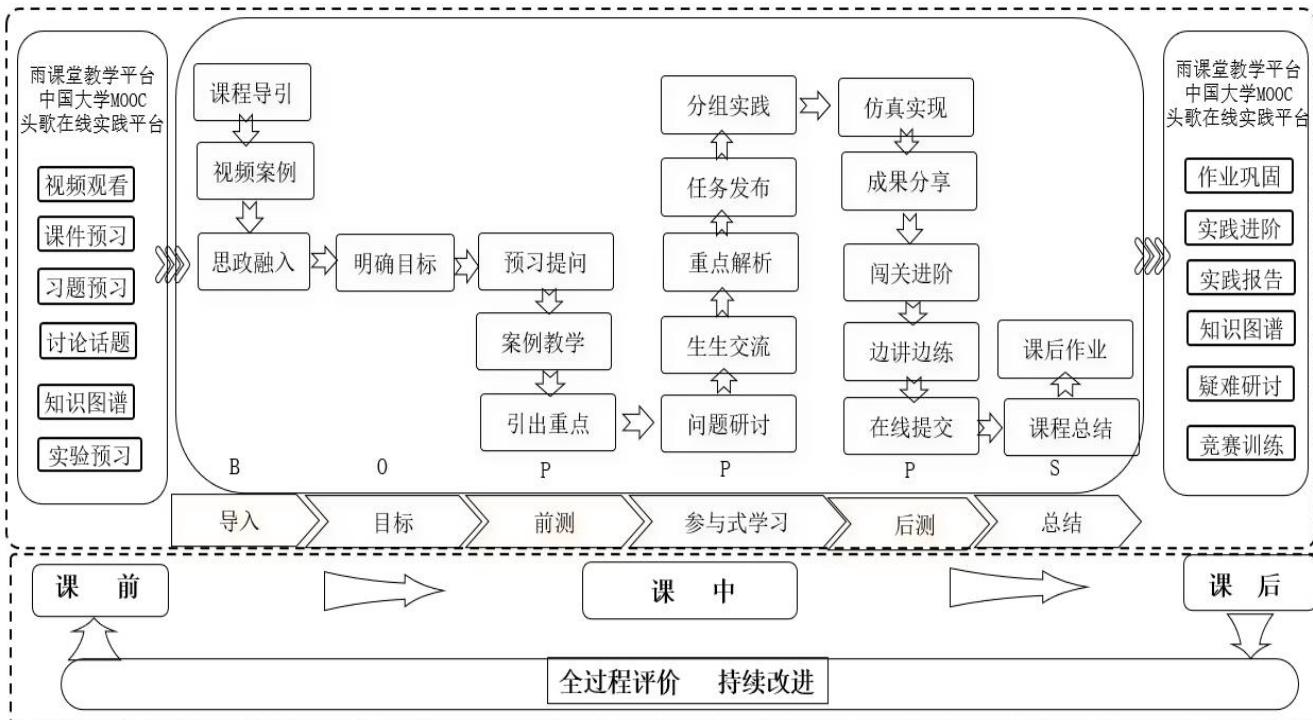


图 2 计算机组成原理创新教学方法举例

3.3 构建了“虚实结合、闯关进阶、平台协同”的系统能力实践教学体系

实践教学以提升系统能力为目标，与华中科技大学合作，通过虚实结合，构建“设计-仿真-实现”闭环；从基础逻辑到CPU设计的闯关进阶实验，激发学习动力与成就感；将传统实验箱升级为“Logisim仿真+头歌在线实践+龙芯FPGA”多元平台协同，打破时空限制，支持随时仿真和自动测评，降低硬件成本，适应工程教育需求。

（见图2），在改革实践的过程中采用任务驱动方式，在BOPPPS各环节中注重学生参与和反馈，实现教学全过程评价与持续改进。学生通过雨课堂、中国大学MOOC等平台进行课前预习，通过国产芯片等视频案例导入（B），融入思政元素激发兴趣，明确目标（0）导向，以前测（P）提问学生预习内容定位学情，结合任务发布、分组实践、生生交流进行参与式学习（P），以仿真实现、成果分享、闯关进阶后测（P）成效，辅以知识图谱串联碎片认知和竞赛研讨强化总结（S），实现理论向实践的能力迁移。

依托多元平台，“数智赋能”贯穿全过程。课前教师利用雨课堂智能备课助手、一键出题等功能提高备课效率；向学生推送视频、测试题等资源。课中通过雨课堂、Logisim、头歌三维联动，实现理论讲解、硬件仿真、自动测评动态耦合。课后学生依托知识图谱定位薄弱环节，通过智能学伴获取个性化辅导，教师进行智能批改、学情数据分析。

例如，借鉴华中科技大学实践教学平台^[10]，计算机组成原理实验内容从前导课程《数字逻辑与数字系统》的基础逻辑组件开始，逐步扩展到运算器、存储器部件设计，最终实现CPU整体设计，由简到难、由局部到整体，帮助学生建立系统观念（见图3）。多门课程统一实验平台，通过综合实训项目和高阶性、创新性实践体系，提升学生解决复杂工程问题的能力，培养其勇于挑战、善于创新的精神，同时增强学生的获得感和成就感。

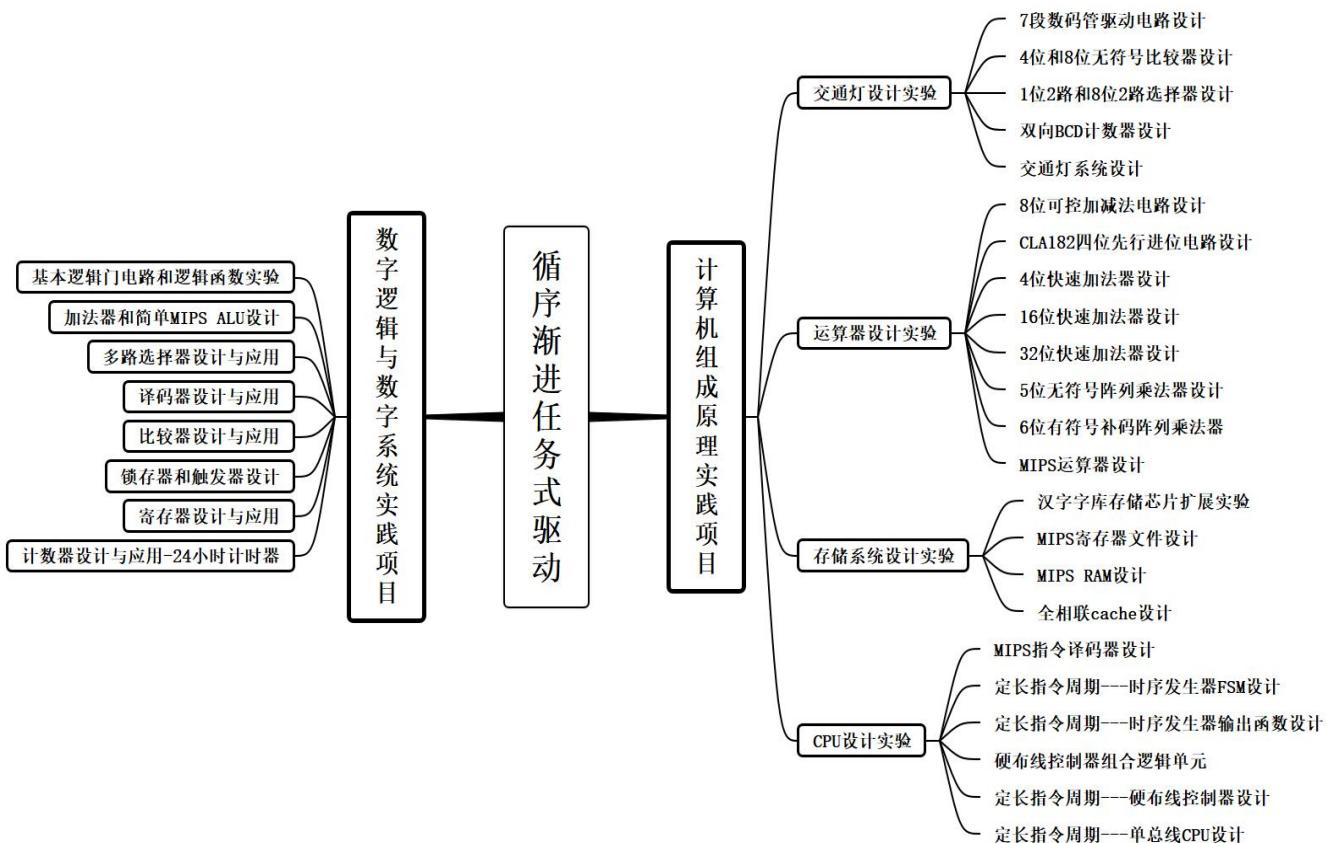
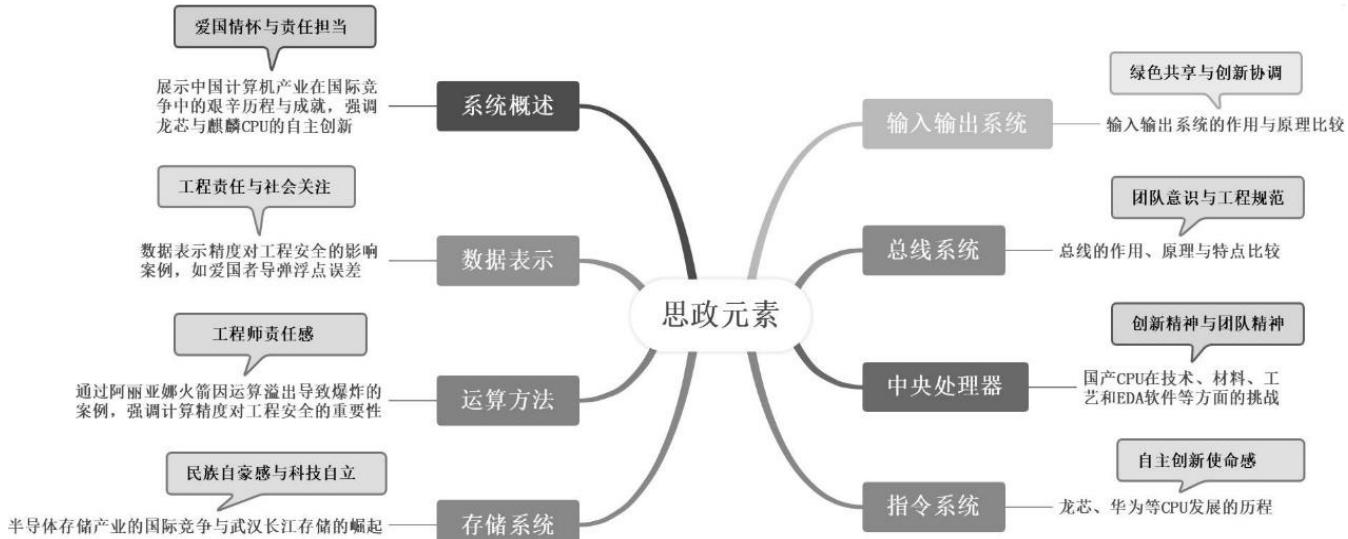


图 3 系统能力任务驱动实践教学举例

3.4 思政赋能，助力系统能力培养

为响应国家科技自立自强战略，构建“系统能力培养+课程思政”双主线教学体系。教学内容上，重构“硬件-软件-网络-应用”知识链，将计算机组成原理、操作系统等核心课程与我国科技发展史结合，在讲解技术原理时融入“卡脖子”困境与攻坚案例，厚

植家国情怀。实践环节采用“案例研讨+项目实战”模式，通过分析科技伦理争议案例，培养学生数据安全意识与职业操守。同时，组建跨学科师资团队，开展“系统思维+思政元素”教学能力培训，建立“知识掌握-能力提升-价值塑造”三维评估机制，确保培养既熟练掌握计算机系统设计、又具家国情怀的高素质计算机人才。



以计算机组成原理课程为例,紧跟科技前沿,将全球超算Top500、指令系统、芯片设计等前沿知识融入教学,结合我国计算机硬件领域的“卡脖子”问题,挖掘思政元素,培养学生的社会责任感和民族自豪感。通过华为中兴事件、阿丽亚娜-5火箭爆炸等典型案例,建立课程思政案例库,收录20余个案例,应用于400余课时,形成思政与专业知识融合的特色教学体系。图4汇总了计算机组成原理各章节的思政元素。

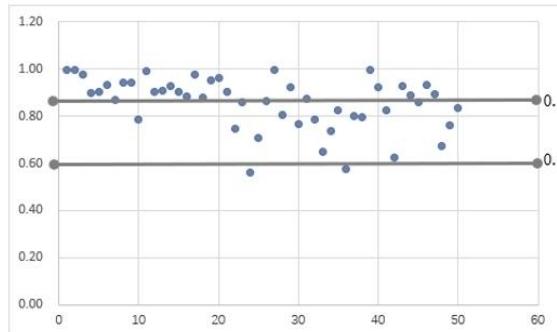
4 系统能力改革的效果

4.1 课程达成度稳步提升

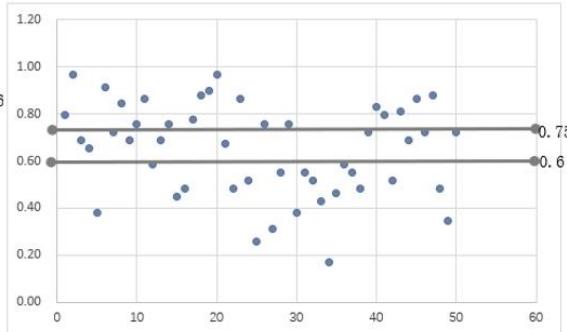
实施教学改革后,系统能力课程群的课程目标达

成度稳步提升,彰显学生在实践能力、系统能力以及创新思维等方面取得显著进步。

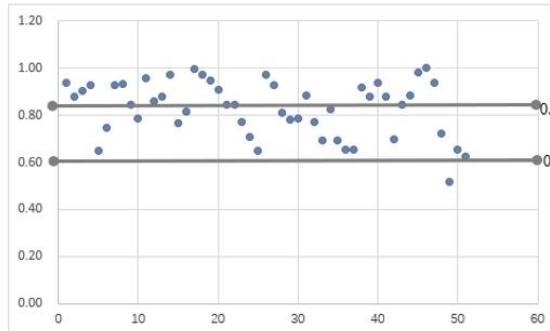
以核心课程计算机组成原理为例,图5呈现了计算机科学与技术专业2023级学生该课程目标达成情况的散点图。从图中可以清晰看到,课程目标1至课程目标4的达成度分别为0.86、0.75、0.83、0.92,经过多年持续的教学改革,该年级学生在这门课程的个体目标达成上呈现出整体良好的态势。多数学生的达成度分布在较高区间,且离散程度合理,既体现出改革对学生系统能力培养的普遍促进作用,也反映出在兼顾个体差异的基础上,学生们均能较好地达到课程设定的能力要求,进一步印证了教学改革在提升学生个体素养方面的显著成效。



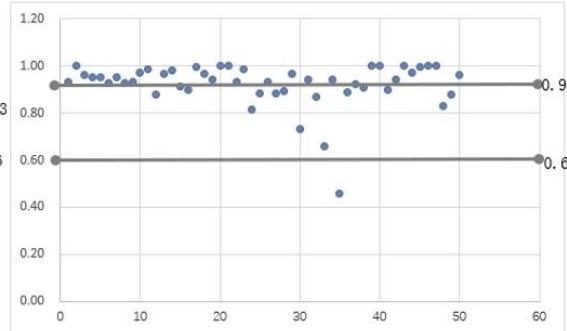
课程目标1 学生达成情况散点图



课程目标2 学生达成情况散点图



课程目标3 学生达成情况散点图



课程目标4 学生达成情况散点图

图5 计算机组成原理2023级学生课程目标达成情况散点图

计算机科学与技术专业2021-2023级学生的计算机组成原理课程目标达成度呈现出清晰的逐年上升趋势(见图6)。这一持续攀升的态势,直观且有力地彰显了系统能力培养教学改革在持续推进过程中所取得的明显成效。这不仅体现了改革措施在教学实践中的逐步深化与落地,也反映出学生在系统思维构建、硬件原理掌握以及实践应用能力等方面持续进阶。这种逐年向好的发展态势,充分证明了教学改革方向的正确性和实施的有效性,为后续进一步优化系统能力培养体系提供了坚实的实践依据。

4.2 人才培养效果显著

计算机类专业系统能力培养的改革实践,在提升学生综合素养方面展现出显著成效,尤其在实践能力和创新能力的强化上效果突出。近三年,学生在互联网+、挑战杯、ICPC国际大学生程序设计竞赛、全国大学生电子设计竞赛等各类学科竞赛中,获省部级以上奖项400余项,为学生的高质量就业与升学奠定了坚实基础。

在升学领域,改革后学生的学术潜力得到充分挖掘,多名同学凭借扎实的专业功底和突出的科研素养,成功考取中国科学院大学、电子科技大学等国内顶尖高等学府,继续深造以探索更广阔的学术天地。

近三年课程目标达成度对比

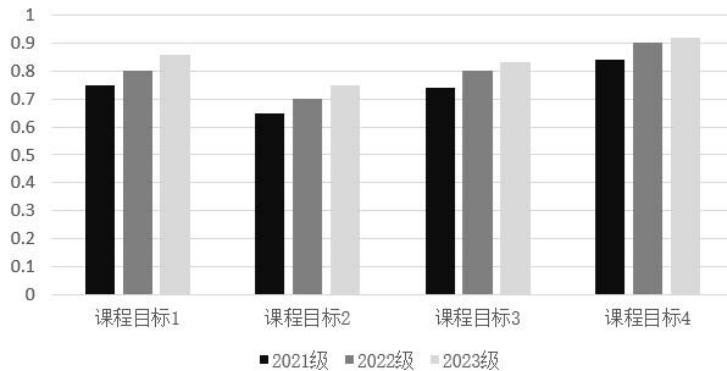


图 6 计算机组成原理近三年课程目标达成情况对比

就业方面，学生的就业质量呈现逐年提高的良好态势。得益于改革中对实践技能和系统思维的重点培养，众多学生凭借过硬的技术能力和创新意识，成功入职阿里、百度、腾讯、字节跳动等行业内的知名企业，在核心技术岗位上展现出较强的竞争力，成为企业发展中不可或缺的新生力量。这一系列成果，充分印证了系统能力培养改革在对接社会需求、助力学生职业发展方面的重要价值。

4.3 教学研究成果丰富

在计算机类专业系统能力培养教学改革实践中，项目组教师通过深入学习国内外先进教学理念与方法，与知名专家深入交流和学习，不断打磨教学环节、调整教学策略、完善评价体系，实现了教学能力的全面提升。

通过持续的教学实践与反思，项目组成功凝练并孵化出一系列高水平、标志性的教学成果。建设了2门国家级一流本科课程，打造了3部山东省普通高等教育一流教材，并斩获了4项省级教学成果一等奖。这些成果不仅显著提升了课堂教学质量，更为后续深化教学改革积累了宝贵经验，它们为项目组乃至全校后续深化教学改革，如课程思政体系化建设、新形态数字化教材开发、人工智能赋能教学评价等，积淀了可复制、可推广的宝贵经验与坚实的实践基础，形成了“学习-实践-创新”的良性循环发展机制。

5 结束语

在新工科建设背景下，计算机类专业的系统能力教学改革实践，有效提升了学生的系统思维和解决复杂工程问题的能力。改革成果已逐步推广至校内外相关专业，并取得显著成效，但在实施过程中仍面临诸

多挑战。未来将持续借鉴国内外先进经验，深度融合新一代信息技术，从课程体系重构、教学方法创新、实践平台优化等多维度持续推进改革，建立“以学生为中心、成果为导向”的持续改进机制。计算机类专业系统能力培养是一项需要长期探索的系统工程，本研究提出的培养思路和实施路径，为应用型本科院校在新工科背景下培养创新型卓越人才提供了有益参考，后续将进一步完善，最终实现计算机类专业人才系统能力培养的目标。

参 考 文 献

- [1] 董跃宇,强振平,胡坤融,王晓锐. 新工科理念下的计算机系统能力培养教学体系建设探讨[J]. 大学教育, 2021(6):115-117
- [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(4):1-6
- [3] 王志英,周兴社,袁春风,吴功宜,张钢,何炎祥,陈向群. 计算机专业学生系统能力培养和系统课程体系设置研究[J]. 计算机教育, 2013(9):1-6
- [4] 刘卫东,张悠慧,向勇,王生原,李山山. 面向系统能力培养的计算机专业课程体系建设实践[J]. 中国大学教学, 2014(8):48-52
- [5] 袁春风,王帅. 大学生计算机专业教育应重视“系统观”培养[J]. 计算机教育, 2013(20):70-76
- [6] 高小鹏. 计算机专业系统能力培养的技术途径[J]. 中国大学教学, 2014(8):53-57
- [7] 何施茗,曹嵘晖,徐梓柔,黄敏,龙际珍. 长沙理工大学面向系统能力培养实践课程体系的改革和成效综述[J]. 计算机技术与教育学报, 2025.13(1):71-75
- [8] 乔静静,李孟军. 面向系统思维能力培养的课程教学方法探索-以计算机系统基础为例[J]. 计算机技术与教育学报, 2024.12(4):132-136
- [9] 蒋永国,洪峰,董军宇. 面向系统能力培养的计算机组成原理核心课程建设[J]. 计算机教育, 2015(21):3-6
- [10] 谭志虎,秦磊华,胡迪青. 面向系统能力培养的计算机专业实践教学模式[J]. 中国大学教学, 2017(9): 80-84