

# 面向自主可控信息产业的计算机专业实验教学改革

苏婷<sup>1</sup> 薛睿<sup>1</sup> 王鸿鹏<sup>2</sup> 仇洁婷<sup>1</sup>

1. 哈尔滨工业大学（深圳）实验与创新实践教育中心，深圳 518100  
2. 哈尔滨工业大学（深圳）计算机科学与技术学院，深圳 518100

**摘要** 从技术的源头开始培养具有基础性技术创新实践能力的战略性人才，才能真正的实现自主可控。针对我国计算机专业的教学体系更多教学生如何“用”计算机而不是“造”计算机，人才培养中的“重理论、轻实践”现象导致教育与工程实际的严重脱节问题。探讨了面向自主可控信息产业探索计算机专业实验教学改革实践，提出了面向产业领域引入业界自主可控技术构建一体化创新实践生态的举措。

**关键字** 自主可控；系统能力；实验教学；人才培养

## Reform of Computer Professional Experimental Teaching for Autonomous and Controllable Information Industry

Ting Su Rui Xue (corresponding author)

Hongpeng Wang

Education Center of Experiments and Innovations  
Harbin Institute of Technology ShenZhen  
ShenZhen 518100,China  
suting@hit.edu.cn

College of Computer Science and Technology  
Harbin Institute of Technology ShenZhen  
ShenZhen 518100,China

Jieting Qiu

Education Center of Experiments and Innovations  
Harbin Institute of Technology ShenZhen  
ShenZhen 518100,China

**Abstract**—Only by cultivating strategic talents with fundamental technological innovation and practical abilities from the source of technology can we truly achieve autonomy and controllability. In response to the fact that the teaching system of computer science in China teaches students more about how to use computers rather than build them, the phenomenon of emphasizing theory over practice in talent cultivation has led to a serious disconnect between education and engineering practice. Explored the reform and practice of experimental teaching in computer science for the independent and controllable information industry, and proposed measures to introduce industry independent and controllable technologies to build an integrated innovation practice ecosystem in the industrial field.

**Keywords**—Autonomous and controllable, System capabilities, Experimental teaching, Personnel training

## 1 引言

党的二十大报告强调“教育、科技、人才是全面建设社会主义现代化国家的基础性、战略性支撑”。深刻把握教育、科技、人才“三位一体”是推进中国式现代化的客观要求。目前国内自主可控信息产业正处于蓬勃兴起的阶段，高校的人才培养要真正打破围堵，把人才培养与社会需求全方位融合。关键核心技术是

国之重器，关键核心技术自主可控更是实现经济高质量发展、突破国际围堵、掌握发展主动权的胜负手，长期以来，中央高度重视以电子信息产业为代表的核心关键技术产业的自主可控<sup>[1]</sup>。对于科技产业，尤其是在知识产权壁垒森严和分工协作紧密的信息技术产业，只有从技术的源头或者主干开始创新，才能做到自主可控<sup>[2]</sup>。

信息产业的自主可控是一项复杂的系统工程，要实现我国信息产业的自主可控，必须强化工程教育理念，把计算机专业教学内容从“用”计算机向“造”计算机转变。高端芯片、操作系统等信息技术应用创新产业亟待实现自主可控，这是打破信息技术领域被

\* **基金资助：** 广东省教育科学规划项目，面向粤港澳大湾区开源人才培养的创新实践教育体系探索与建设，2022GXJK095，2022.9-2024.9；高等教育教学改革项目，智能时代面向计算机系统能力培养的创新实践教学探索，HITSZERP20031，2020.11-2023.10。

\*\* **通讯作者：** 薛睿

掣肘的关键,从教育做起培养系统能力专业人才是各界人士的共同心声<sup>[3]</sup>。

清华大学计算机科学与技术专业贯彻统一的系统能力培养教学理念,以纵向视角组织教学内容与方法,采用基于同业标准的统一教学实验平台,针对数字逻辑电路等5门课程统一规划课程体系<sup>[4]</sup>;同济大学基于华为鲲鹏云平台开展多为嵌入式实践教学方法,将嵌入式实践与前沿技术紧密结合,并考虑个体特性及其发展意愿和能力培养要求,对学生进行差异化培养与多维的工程能力锻炼,实现产学研融合的目标<sup>[5]</sup>;国防科技大学利用空间数据库领域中的开源软件开展实验课程教学,促成了学生按照自身的能力与特点掌握响应空间数据库应用的能力,为其以后的科研深造或项目研发打下良好的知识与技能基础<sup>[6]</sup>;东北大学以“以多学科理论知识为基础、以案例为中枢、以项目为驱动”为主线,通过实践教学模式的改革,构建了新工科背景下计算机类专业软硬件协同培养的实践教学培养模式<sup>[7]</sup>;中科院计算机技术研究员建议教学内容上引入自主生态、产业前沿和工程实践思维,实践上对接相关实验平台,以实际解决方案场景,让学生得到面向整个产业生态体系的完整培养。

## 2 存在问题

### 2.1 以知识传授为核心,实验依附理论知识

传统教学体系中,以知识传授为核心,实验项目内容设计依附理论课程知识,以针对章节知识的小规模实验为主,虽然小规模实验可以达到让学生基本理解掌握系统运行原理和初步具备系统开发能力的目的,但是由于缺乏足够的工程开发工作量和面向工程系统性开发的思维,使得复杂系统中存在的较为深刻的问题难以暴露。

2015年11月15日,教育部高等学校计算机类专业教学指导委员会发布的“基于系统能力培养的计算机专业课程建设报告”指出,当前我国计算机类专业人才培养中存在一些普遍性问题:“课程知识体系缺乏系统性,学生不能很好地建立完整的计算机系统观念,且实践过程中缺乏足够的工程训练规模与难度”。

### 2.2 重理论、轻实践的人才培养模式与产业需求不匹配

传统重理论、轻实践的人才培养模式与产业需求不匹配,传统实验教学中,存在技术陈旧、不注重行业规范、方法缺失、实践平台落后、教学内容与行业需求脱轨等诸多问题。

开源技术的发展对信息技术产业的核心技术突破创新、建立产业生态有非常重要的意义。目前在国内尚未形成开源人才培养的实践教学模式,现有的创新

实践教育方式无法支撑开源人才的培养,相应的体系建设在国内尚属空白,在当前的国际形势下,建立以开源为核心的计算机专业创新实践教育体系是我们急需解决的问题,而且诸多企业蕴含大量的开源人才需求。缩小与企业人才需求的差距是高校人才实践教育改革的目标之一。

## 3 改革思路

哈工大深圳校区自2016年招收本科生以来,秉承为国育才的初心,立足高等工程教育为国家战略服务的定位,锚定自主可控信息产业技术的人才缺口,针对上述限制我国自主可控信息产业发展的人才问题,针对计算机科学与技术学院的系统课程开展了下列实践教学改革。

### 3.1 面向产业领域,目标导向,打造5+N的创新实践路

信息技术产业自底向上包括芯片、操作系统、网络协议栈、编译系统、数据库、行业应用等。<sup>[5]</sup>从技术的源头开始培养具有基础性技术创新实践能力的战略性人才,才能真正的实现自主可控。

我校以产业领域的需求为出发点,对标基础系统领域的核心技术,确立“一个CPU、一个操作系统、一个编译器、一个数据库、一个网络协议栈”5大核心计算机系统课程,培养学生扎实的核心计算机系统能力。梳理计算机专业选修课程,对标应用系统领域的核心技术,为学生提供“高性能计算、嵌入式系统、网络安全系统、软件应用系统”等N个应用系统的选项,培养学生在特定应用领域的计算机系统能力。

5+N的创新实践路径(见表1),以5+N的计算机系统为目标,梳理整合计算机系统知识栈及对应的实验课程,自顶向下构建贯通的实验课程群。学生需要在5大核心系统实践中完成必选实验和综合实践,并选修创新实践;在N个面向领域的应用系统中,选修若干领域的实践课程。

通过“工程化项目驱动式”的实践教学,逐步培养学生的创新实践能力。基础实验注重与理论课授课知识内容的关联,将理论知识的章节与系统中的模块相对应;综合实践从培养学生系统需求分析、系统设计、系统开发、系统测试的角度出发,注重工程方法和工程内涵,要求学生在模块化基础上,设计并实现一个完整的系统,实验考核注重功能评价,旨在培养学生的工程实践能力;创新实践着重培养学生的创新能力,实验考核注重性能评价,要求学生在系统设计和开发的基础上,更注重系统分析和优化,让学习由被动变主动,不仅要会写“命题作文”,还要具备通过实践发现问题、解决问题的能力。除以上课程外,每

年向教师征集开放性课题，学生根据兴趣选题，组建创新团队，开展大一立项，大学生创新创业项目。由此形成一个完整的系统化培养体系。

### 3.2 引入产业界自主可控技术、标准化规范、工程化方法，共建自主可控生态链

自主可控技术的发展，依赖于生态体系的建立，需要企业与高校的双向奔赴。我校与国内计算机系统

方向自主可控技术的代表性企业华为、龙芯中科等深度合作，建立联合实验室、共建课程，共同打造自主可控技术生态链。实验设计注重技术与产业接轨、项目复杂度、创新性，把系统开发的标准化规范、工程化方法整合到课程体系当中。实验过程注重标准化规范、工程化方法，让学生从简单到复杂，逐步分阶段、分层次迭代更新功能，不断优化性能，最终完成一个“微工程”。并与企业合作开设企业创新实验课，培养学生使用鲲鹏、昇腾等国内领先技术开展自主创新。

表 1 5+N 创新实践路径

计算机系统	基础实验	综合实践	创新实践	学期
CPU	数字逻辑设计、计算机组成原理	计算机设计与实践、面向领域的设计与实践	计算机系统能力大赛-CPU 设计赛、嵌入式芯片与系统设计竞赛	大二上-大四上
操作系统	操作系统	面向领域的设计与实践	计算机系统能力大赛-操作系统设计赛、物联网设计竞赛	大二上-大四上
编译器	编译原理	编译原理、面向领域的设计与实践	计算机系统能力大赛-编译器设计赛	大三上-大四上
数据库	数据库原理	数据库原理	计算机系统能力大赛-数据库设计赛	大三上-大三下
网络协议栈	计算机网络	计算机网络	大创	大三上-大四上
高性能计算系统	高性能计算应用实践	面向领域的设计与实践、高性能计算应用实践	高性能计算应用实践、世界大学生超级计算机竞赛	大二上-大四上
嵌入式系统	嵌入式计算、人工智能、物联网技术及应用	面向领域的设计与实践	大一立项、大创、物联网设计竞赛、嵌入式芯片与系统设计竞赛、鲲鹏创新实践课程、昇腾创新实践课程	大一上-大四上
网络安全系统	网络与系统安全、密码学基础	面向领域的设计与实践	大创、全国大学生信息安全竞赛	大三上-大三下
软件应用系统	面向对象的软件构造导论	面向对象的软件构造实践、面向领域的设计与实践	大一立项、大创、全国大学生软件创新大赛	大一上-大四上

表 2 “CPU” 实验项目群

创新实践环节	实验内容	技术栈
计算机系统能力大赛-CPU 设计赛、嵌入式芯片与系统设计竞赛	功能强、性能好的 CPU 设计与实现	RISC-V、Loongarch、MIPS
面向领域的计算机设计与实践	复杂 CPU 设计与实现性能优化	RISC-V、Loongarch
计算机设计与实践	流水线 CPU 设计与实现	RISC-V
计算机组成原理	复杂 CPU 部件设计与实现	
数字逻辑设计	数字系统设计与实现	Verilog

开源对我国实现核心基础技术的自主可控带来了“弯道超车”的机会，我们需要重视开源，基于开源模式，加快发展并提升我国信息技术领域的核心竞争力。在计算机组成原理、操作系统、数据库、人工智能等课程中开展了一系列的基于开源生态的创新实践教学，实验项目采用自主可控的开源技术，如 RISC-V、Loongarch 指令集（见表 2），OpenEuler 操作系统、GaussDB 数据库、Mindspore AI 框架等，为学生构建基于自主可控技术的技术栈，解决了教学内容与行业需求脱节的问题。

### 3.3 以学生为中心，打造数字化实验空间，构建“课程-竞赛-社团”一体的创新实践生态

为配合以目标导向的项目学习模式，实验资源、实验平台的建设十分重要。我校统一建设了高性能计算云服务中心，支撑各类实验课程群，其中 CPU、嵌入式系统、网络安全系统 3 个实验课程群搭建了虚拟实验环境。计算机组成原理等 6 门课程的实验指导书、课程资源在 Gitee 开源平台上发布。助力学生灵活安排学习时间，为学生提供课前、课中、课后的全方位

支持,为创新实践环节增加了“空间”和“时间”的弹性。

“能力培养”与“兴趣培养”并重。建立创新实践社团,“全国大学生计算机系统能力培养大赛”CPU设计、编译系统设计、操作系统设计、数据库设计、超级计算、嵌入式芯片与系统设计、物联网设计、网络与信息安全8个创新竞赛团队。社团为兴趣提供土壤,课程为竞赛提供支撑,以赛促教、以赛促学,建立起课程-竞赛-社团三为一体的创新实践生态。

## 4 改革成效

面向自主可控信息产业的计算机专业实验教学改革自校区2016年招收计算机专业本科生起开展,于2019年完成首轮改革并持续改进。20级本科生在大三选择专业方向课程时,有25%以上选择了计算机系统方向(133人),在全国属于较高水平。在当前计算机系统领域不太热门的大前提下,充分印证了此项改革大大提升了学生投身计算机系统领域研究解决国家“卡脖子”技术的热情。

2022年校区获得全国计算机系统能力大赛CPU设计赛、操作系统设计赛、编译器设计赛,ASC世界超算竞赛,4项计算机系统领域竞赛的奖项共20项,获奖学生数达57人次,获奖学生数居全国首位。连续三年有同学参加以流片为目标的“一生一芯”计划,充分印证了此项改革可以规模化培养出能够深入理解并掌握计算机系统核心,具备创新能力,未来有希望成长为引导行业发展能力的拔尖创新人才。操作系统课程同学还参加了OpenEuler校园开发者大赛和华为云技术创新赛,积极参与openEuler操作系统和Linux-NOVA开源社区建设,为华为欧拉操作系统部门输送多名优招人才。获得华为“智能基座”华为云与计算先锋教师9人,3人获得华为“智能基座”产教融合协同育人基地奖教金,学生获得华为智能基座奖学金40余人。

## 8 结束语

针对计算机关键核心技术自主可控人才培养的需求,以培养学生的系统思维和创新能力的目标,利用国内自主可控技术发展的成果,面向产业领域以解决实际问题为目标,引进产业自主可控技术和业界标准化规范及工程化方法,结合“课程-竞赛-社团”的模式,自底向上设计了5+N的创新实践模式,培养学生掌握自主可控技术的综合创新实践能力和工程实践能力。并探索如何激发学生科技报国的家国情怀和使命担当,引导学生积极参与到国内开源社区中去贡献自己的力量。

在这几年的实践教学改革中,能够切实感觉到越来越多的学生愿意参与到计算机系统领域的大赛中来,也对国内自主研发的软硬件产品更有兴趣使用和研究。后续需要加大校企协同合作的力度,将国家人才需求、企业发展需求更多地融入到实践教学中来。

## 参考文献

- [1] 曲双石,肖尧.我国自主可控生态建设面临的最新外部形势及相关思考[J].科技中国,2020(10).
- [2] 詹剑锋.论中国如何发展自主可控和开放的科技产业[J].中国科学院院刊,2019(6):657-666.
- [3] 韩杨眉.信息产业急需“会造计算机人才”[N].中国科学报,2022-11-30(03). [4] 刘卫东,张悠慧,向勇,等.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] 郭玉臣,李育灵,王鹏凯.基于华为鲲鹏云平台的多维嵌入式实践教学改革[J].计算机教育,2023(5):135-139.
- [6] 秦磊华,谭志虎.强化系统能力 推进信息产业自主可控人才培养[J].中国大学教学,2016(7):37-43.
- [7] 王彤,陈锦柱等.面向新工科的计算机类专业软硬件协同创新实践教学模式探索[J].计算机技术与教育学报,2022(11):1-8.