

轻量级进阶式计算机系统能力培养探索与实践

陈文字 余盛季** 孙明 刘峤

电子科技大学计算机科学与工程学院, 成都 611731

摘要 以解决复杂问题的系统能力提升为目标,立足系统性课程体系和工程实践体系构建,以对标金课的挑战性课程建设和多元评价机制为抓手,改革传统教学模式和手段,注重教学基层组织建设。提出了以“软/硬件紧密结合、项目驱动、系统思维逐级提升”的新思路,“以轻量级构建和逆向分析为基础的多级系统能力”培养新模式,重构了传统的计算机专业课程,融合为“系统能力逐级提升”系列课程,突出系统级综合性课程及系统实践动手能力培养。经过多年探索与实践,形成了轻量级进阶式计算机系统能力培养模式,对新工科建设与发展具有推广价值。

关键字 轻量级, 进阶式, 计算机系统能力, 新工科建设

Exploration and Practice on the Cultivation of Lightweight and Progressive Computer System Capabilities

Wenyu Chen Shengji Yu** Ming Sun Qiao Liu

School of Computer Science and Engineering
University of Electronic Science and Technology of China
Chengdu 611731, China

Abstract—With the goal of enhancing systemic capabilities in solving complex problems, this study focuses on constructing a systematic curriculum system and an engineering practice system. It takes the development of challenging courses aligned with "golden courses" and the establishment of a multi-dimensional evaluation mechanism as key approaches to reform traditional teaching models and methods, while emphasizing the building of grassroots teaching organizations. A new idea characterized by "close integration of software and hardware, project-driven learning, and progressive improvement of systems thinking" is proposed, along with a novel training model for "multi-level systemic capabilities based on lightweight construction and reverse analysis." This model reconstructs traditional computer science courses into a series of courses themed around "progressive enhancement of systemic capabilities," highlighting the cultivation of system-level comprehensive courses and hands-on practical skills in system engineering. Through years of exploration and practice, a lightweight and progressive training model for computer systemic capabilities has been formed, which holds promotional value for the construction and development of emerging engineering education.

Keywords—Lightweight, Progressive, Computer Systemic Capability, Emerging Engineering Education Construction

1 引言

计算机专业学生需要更多地关心计算系统的整体特性,培养自身计算机系统能力^[1],系统能力培养是提高计算机专业本科教学质量和水平的一个重要方向^[2]。系统能力的培养依赖于计算机专业理论与实践教学的有效联动^[3]。随着人工智能、大数据、云计算、物联网等新技术的快速发展和广泛应用,社会和产业对计算机系统级人才的需求日益强烈。在新工科的计算机类专业建设和教育提升中,系统能力培养是首当其冲的重要内容^[4],计算机专业学生的系统思维能力显得尤为重要^[5];需要重塑相应课程及的实践内容^[6],培养具备创新能力的工科人才^[7]。

2 改革思路

于当前存在的主要教学问题,例如:难以胜任复

杂的涉及软/硬件协同设计的任务,无法解决系统层面的问题;对于计算机系统的核心内容掌握不够,缺乏系统性的综合实践环节等,提出了一系列解决思路。

2.1 以轻量级构建和逆向分析为基础的多级系统能力培养新模式

重量级系统能力的培养需构建系统软件,如操作系统、编译系统等。其限制在于时间和个体能力。

轻量级系统能力培养,以实验驱动的病毒课程为核心,融合逆向分析,可以让学生迅速的淬炼底层系统能力,并将诸多重要的系统级课程,如操作系统、编译原理、汇编语言等的相关内容应用起来,有趣,并具有挑战性。在此轻量级的系统能力原核上,以模块化分级的方式,提供运行时库、加载器的撰写等复杂的系统级项目课程,进一步提供系统的关键视角和实践。避免了重量级全栈式方法的难度,能为更多人

* * 通讯作者: 余盛季 sjyu@uestc.edu.cn。

快速培养面向工程实践的系统能力。

2.2 顶层设计、迭代研讨,贯通整个计算机专业教育过程形成体系

以计算机专业教育“软/硬结合”为宗旨,培养学生技能逐步提升,在毕业之时能够完整地用硬件搭建计算机系统,用软件搭建原型操作系统,同时具备程序编译器、接口控制、网络通信、数据库访问控制等一系列软/硬件相结合的开发实践能力。“计算机系统级能力训练进阶式课程体系”是由16门理论课程+15门实验课程凝练的一套计算机本科专业课程体系,建立逐级递进的基于项目的新工科课程体系横跨大学三年,贯穿整个计算机专业本科教学过程。

2.3 问题导向、逐级递进,提高课程难度以突出挑战性、成果显示度

课程体系采用项目导向的教学过程,实施从易到难逐步提高难度的教学模式。逐步完善以成果输出为导向的考核评价方式,学生依托所学,提交的成果须有显示度。硬件类课程要达成实打实的硬件组装和系统调试,软件类课程要做到设计实现系统的功能完整性、可用性、高效性。以“递进式、高难度、高阶性”为标准,持续推进挑战性、研究型教学改革,打造金课。重点稳抓课程培养的达成度,以学生学有所长、学有所成为不变宗旨。

2.4 实施层次化实验教学方法,构建植入式、开放性实践课程体系

计算机硬件实验教学分为四个层次:综合性、设计性、研究性和创新性实验教学。开放性工程实践课程覆盖了三年级下学期到四年级下学期(可作为毕业设计),该课程的项目完全来自科研和实际需求的项目。以完成有社会影响力的系统、专利申请、软件版权为成果。形成真正的用中学,学中用的能力提升。

2.5 分阶段过程考核,全面建设在线虚拟实验平台,自动精准考核贯穿练习和考试,激发学生实践积极性

以项目驱动,学生为主,教师引导和辅助,培养软实力。实施过程采用分阶段定期检查方式进行考核;全面建设在线虚拟实验平台,自动精准考核贯穿练习和考试,激发学生实践积极性;建成了在线实验和练习系统自动批改,能有效精准考核大量学生。

2.6 建立基于新工科教育理念的教学模式,开展多样性的教学方法与考核方式

基于面向产出的OBE教学理念,探索了多样性的教学方法和评价方法。基于翻转课堂的混合式教学法已

经在离散数学,程序设计基础,数据结构与算法,计算机组成原理等课程开展多轮。大力建设MOOC/SPOC课程,其中有数门高质量MOOC在中国大学MOOC上线,4门课程入选国家精品在线开放课程。并探索各种现代工具的使用,如雨课堂,爱课堂,飞书,腾讯课堂等多种在线工具与课堂教学结合。

在上机考核、实践考核、小论文考核等各种非标准答案的考核方面做了大量探索,促进学生的能力培养,加强动手应用训练,促进自学和深入探索应用。

2.7 面向未来、全球接轨,强调软实力与硬实力融合,具有快速进化能力

计算机学科的新知识、工具与产业模式层出不穷。要求计算机专业教育必须面向未来,培养软/硬实力相结合,具有自主学习能力,具备终身学习素养。计算机专业人才必须具有快速进化的能力,才能在未来更好地为实现中华民族伟大复兴服务,承载起更大的国家民族责任。

3 实施方案

3.1 专业理论课程建设实施方案

如图1所示,专业理论课程由“16门理论课+15门实验课+35位教师”组成,覆盖大二、大三、大四本科贯通式教学,旨在系统化地训练学生进阶式的完成整个计算机的软/硬件及应用控制系统,为引领互联网发展潮流奠定基石。

3.2 有机贯通系列课程,构建核心软件能力知识体系,对标打造金课群

专注梳理软件核心课程内容,重构课程体系,建立了以离散数学为数学核心,程序设计基础,面向对象技术C++/Java,数据结构与算法为基石,围绕数据库,计算机网络,汇编语言与接口,编译原理,操作系统,建立软件开发教育的核心架构,从而培养学生工程能力、科研能力和创造能力等持续发展的核心竞争力。

3.3 计算机工程类核心实验课程建设实施方案

将硬件课程的实验模块、工程训练模块、综合实践模块共同构建成了“两层四级一线”的实验课程教学体系,如图2所示。

以提高学生综合素质、培养创新精神和实践能力为重点,注重实践教学环节,构建“一个中心、两个平台、四个层次”的实践教学体系。如图3所示。

一个中心是指以OBE为核心。两个平台指软件和

硬件实验平台。四个层次包括：专业基本素质培养，主要内容是“程序设计基础课+理论高阶课程+实训”；专业综合能力培养，主要内容是“实验+实习+设计”；工程应用能力培养，主要内容是“企业工程师授课+系统级能力

校外实习基地”；工程创新能力，主要内容是“学生科技竞赛+创新创业”。这四个层次突出了从低年级到高年级贯穿始终的实践能力的培养。

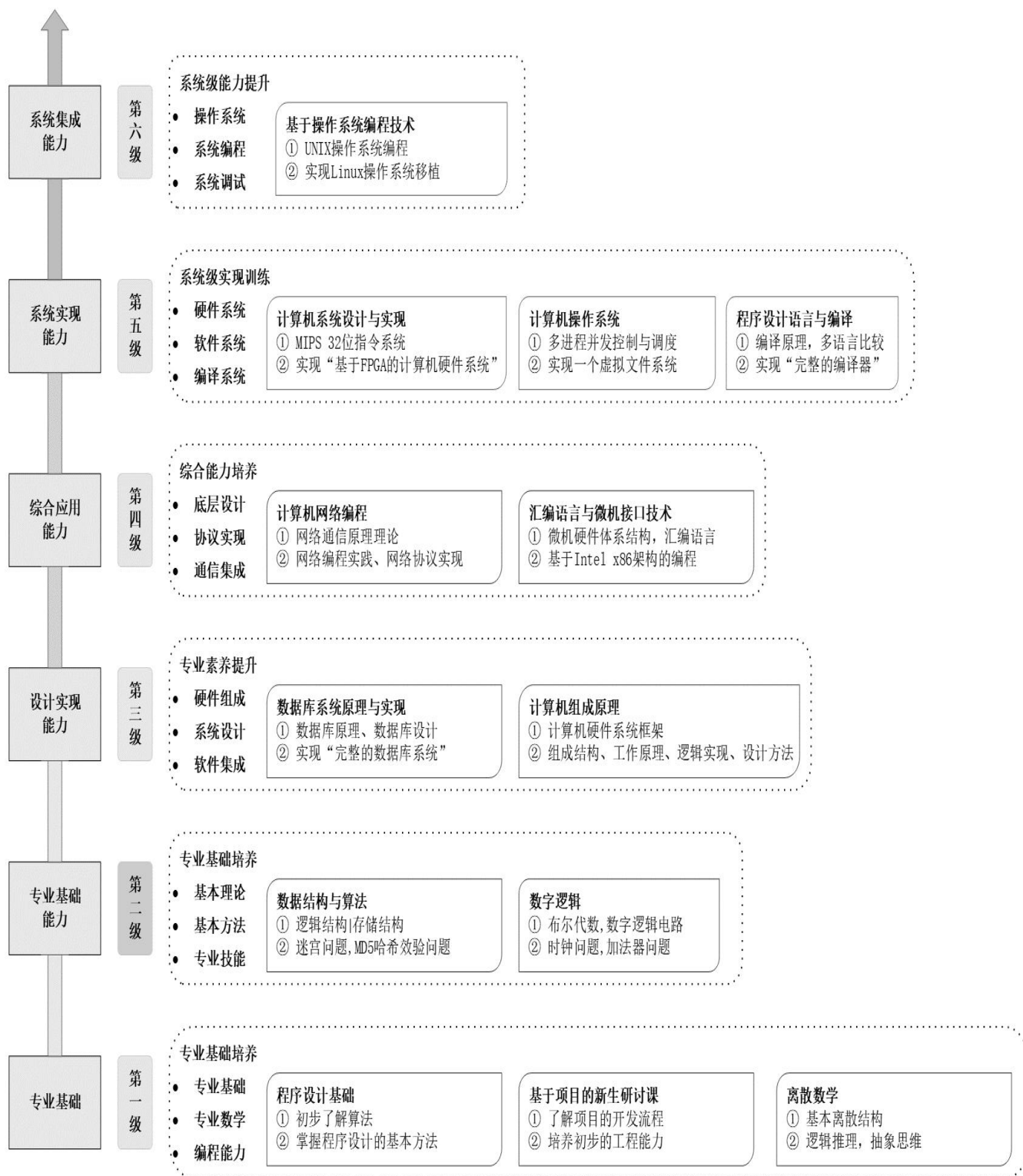


图 1 计算机系统级能力训练进阶式专业课程建设架构

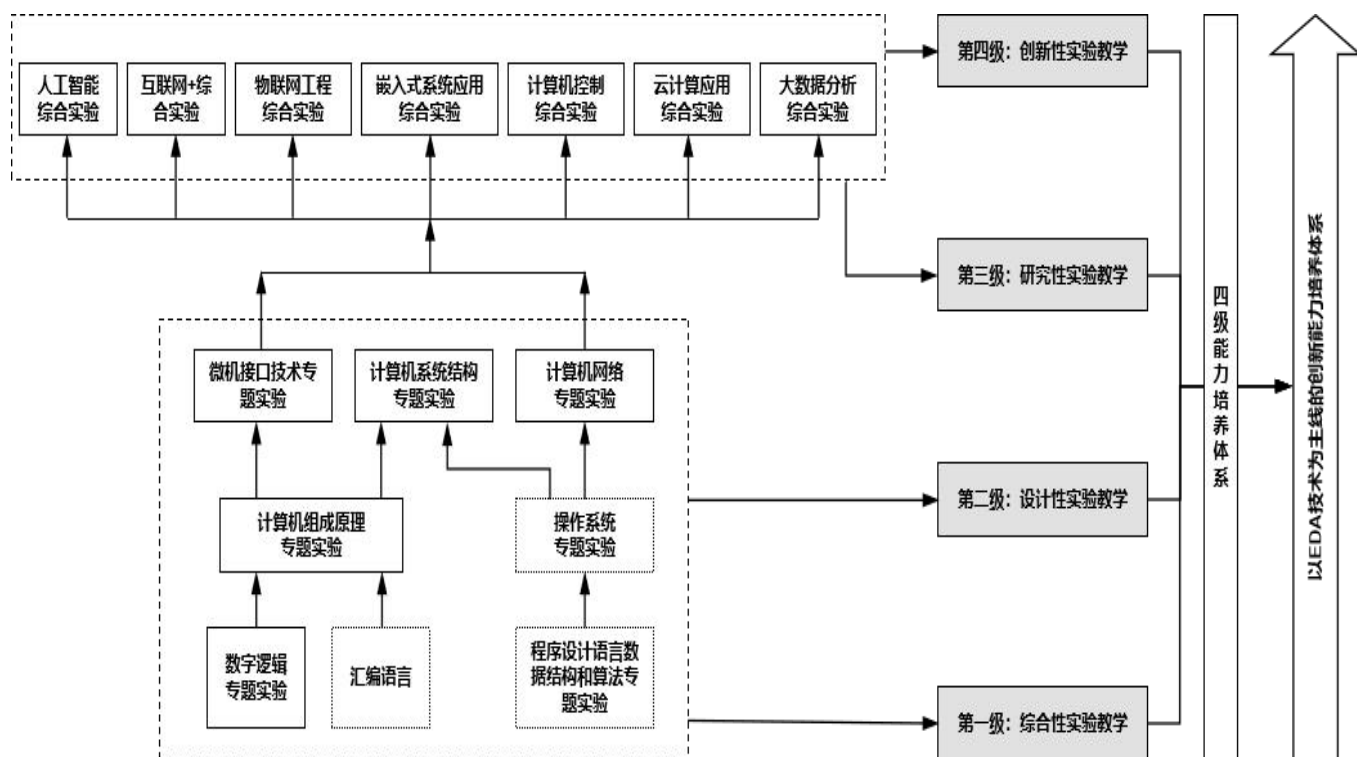


图2 计算机专业进阶实验课程教学体系

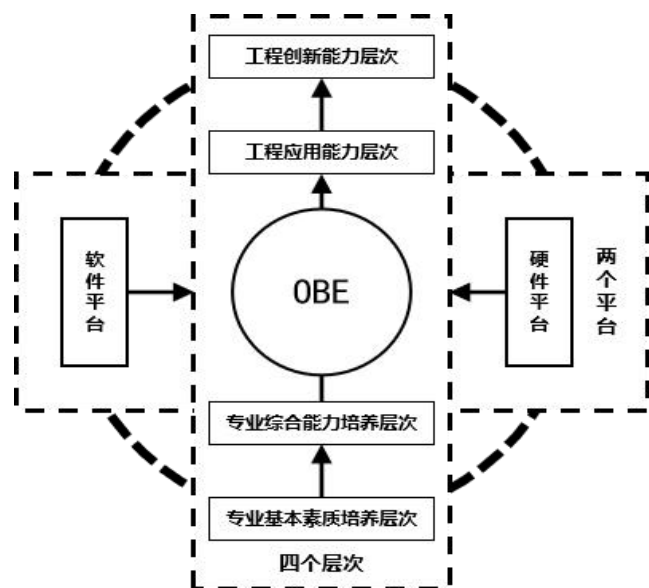


图3 以OBE为核心的“一个中心、两个平台、四个层次”的实践教学体系

3.4 基于项目的轻量级课程建设方案

基于项目的轻量级课程建设方案包含专业基础能力培养项目、大综合项目驱动和植入式软实力培养三个方面。第一部分有5门课完成系统核心能力铸造，第二部分在真实复杂项目中磨练和提升。第三部分，主要就是练习，所以更多是以教练辅导练习的方式植入到整个第二部分所占的3个学期。这部分的课程选择了画板、病毒、操作系统、运行时库、CPU设计与实现5

门软硬兼具的课程来培养。每一门课程都是针对一个核心点进行项目化设计。

4 建设成效

依托教育部高等学校计算机类专业教学指导委员会系统能力培养项目（试点院校），已经于2021年结题，由教育部高等学校计算机类专业教学指导委员会评价结果为优秀。

2023年5月12日-14日，教育部高等学校计算机类专业教学指导委员会（高校计算机教指委）主办的“第七届全国高校计算机类专业系统能力培养高峰论坛”上，计算机科学与工程学院代表电子科技大学荣获“计算机类专业系统能力培养优秀试点高校”荣誉。

4.1 培养高质量计算机专业人才成效显著

学生在学业、科研、竞赛、创新创业均有突出表现。如IEEE 极限编程大赛 全球第二名、ICIP视频压缩挑战赛（全国唯一）大奖、ASC世界大学生超级计算机竞赛全球冠军、CCF 计算机系统与程序设计竞赛冠军等，2024年度学科竞赛共获奖918人次，其中省市级及以上761人次，人才培养质量显著提升。

在电子科技大学“互联网+”复合精英人才培养计划人才体系建设中，分别和华为、腾讯、字节跳动等著名IT公司深度开展校企合作课程，包括鲲鹏聚数-基于华为GaussDB数据库的应用与实践，腾讯-电子科大Roblox三维游戏设计，信息创造价值-基于字节跳动

的最佳实践等。

依托优秀的系统能力培养方案、丰富的课程资源和良好的培养效果，在培养计算机科学领域世界一流科学家为目标的“珠峰计划”中应用了该方案。

此外，依托在计算机科学技术与人工智能等信息科技方面以及西南财经大学在金融方面的学科专业优势，充分整合两校的优质教育资源，以计算机科学与技术（智能金融与区块链金融“双A”联合学位实验班）为载体，采用“新工科+新商科”的模式，结合系统能力培养方案，进行信息科技与现代金融深度交叉融合。

4.2 计算机专业核心课程资源建设数量多、质量高，影响力大

依托计算机系统能力培养方案，建设了多门优质课程，包括国家精品资源课程、国家双语示范课程、国家数字共享资源课程、国家精品在线开放课程以及国家一流本科课程等，取得了良好的教学效果并辐射引领西部高校。

建设了10门中国大学MOOC课程，其中5门课程入选教育部国家一流本科线上课程，如表1所示，选课学生来自全国各地，有研究生、本科生，专科生和中学生，包括计算机和非计算机专业同学，受益面非常广泛，获得广大师生和社会学习者的认可和赞誉。

表 1 国家精品在线开放课程

课程名称	选课人数	荣誉奖项
程序设计基础	15 万	国家精品在线开放课程 MOOC 联盟优秀课程
数据结构与算法	14.5 万	国家精品在线开放课程 MOOC 联盟优秀课程
离散数学	14.7 万	国家精品在线开放课程 MOOC 联盟优秀课程
计算机操作系统	4.8 万	国家精品在线开放课程 MOOC 联盟优秀课程
计算机组成原理	23.8 万	国家精品在线开放课程 MOOC 联盟优秀课程

5 结束语

提出了“以轻量级构建和逆向分析为基础的多级系统能力”培养新模式，包含“轻量级构建+逆向分析的系统能力培养”和“教练技术驱动的软实力培养”，

此模式不同于国内多所著名一流高校的重量级协调能力培养模式，轻量级模式能帮助大多数学生，快速达成系统能力提升，具有良好的实用价值以及推广价值。

建构了“系统能力逐级提升”理论和实验课程体系，建立了以离散数学为数学核心，程序设计和数据结构与算法为基石，围绕数据库，面向对象技术C++/Java，计算机网络与编程，汇编语言与接口，编译原理和操作系统，建立了软件开发的核心架构，培养学生工程能力、科研能力和创造能力等可持续发展的核心竞争力。该体系对于计算机学科本科生的课程体系的构建具有可操作性和借鉴性。

实施了对标金课的挑战性课程建设和多元评价机制，强调对标金课的挑战性课程建设。提出“递进式、高难度、高阶性”的标准，建设的课程水平高，可展示性好，培养学生效果好。

经过多年探索与实践，形成了轻量级进阶式计算机系统能力培养模式，专业人才培养成效显著（表2统计了近三年计算机专业应届毕业生的相关数据，其中，论文为CCFA/B或JCR二区及以上论文；竞赛为教育部认可的国家级A类赛事），对新工科建设与发展具有推广价值。

表 2 专业人才培养成效

毕业年份	发表论文	竞赛获奖	升学率	就业率
2023 届	6 篇	94 项	68.13%	90.27%
2024 届	6 篇	133 项	69.76%	90.73%
2025 届	4 篇	165 项	72.70%	90.30%

参 考 文 献

- [1] 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. 2013.05.1-6
- [2] 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, 2014.10.80-84
- [3] 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, 2017.09.48-52
- [4] 王志英. 计算机系统能力培养现状与发展[R]. 天津: 第三届全国高校计算机系统能力培养高峰论坛, 2016.
- [5] 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, 2024.11(4):132-136.
- [6] 郭海如, 孔霞, 万兴, 武云云, 李志敏. 新工科背景下“以赛促能”式金课建设探索[J]. 计算机技术与教育学报, 2024, 12(1): P112-116.
- [7] 孟文龙, 张策, 张小东. 新工科背景下“计算机程序设计基础”课程教学改革探索[J]. 计算机技术与教育学报, 2024, 12(1): 85-90.