

研究生《软件系统与工程》混合式 课程建设探索与实践^{*}

于璩^{**}

安徽理工大学计算机科学与工程学院, 淮南 232001

摘 要 为了解决计算机相关专业研究生《软件系统与工程》课程教学实践中存在的理论教学与实践环节脱节、部分技术体系更新滞后、实验教学比重不足等问题, 本文基于课程教学内容体系与结构、师资队伍建设和现代教学方法和手段、课程考核评价体系等维度, 在混合式教学模式, 对研究生《软件系统与工程》课程进行了改革探索与实践。采取创新教学理念、调整教学内容、强化自主学习、融入实际项目、改革课程评价等举措后, 构建模块化课程体系, 打造协同实践环境, 建立多维评价体系, 提升了教学质量。近3年教学实践数据表明, 学生的系统设计能力和团队项目持续集成实践达成度明显提高, 在国家级赛事中获得15个奖项。该课程改革实践获得2024年全国煤炭行业教学成果二等奖, 为研究生课程教学模式创新提供了一种参考路径, 促进了研究生人才培养模式创新和研究生课程建设高质量发展。

关键字 软件系统与工程, 课程建设, 混合式教学, 实践教学

Exploration and Practice of Hybrid Course Construction for Graduate Students in “Software Systems and Engineering”

YU Li

College of Computer Science and Engineering
Anhui University of Science and Technology
Huainan 232001 210009, China

Abstract—In order to solve the problems of theoretical teaching and practical links being disconnected, some technical systems being outdated, and the proportion of experimental teaching being insufficient in the teaching practice of the course “Software Systems and Engineering” for graduate students majoring in computer related majors, this article explores and practices the reform of the course “Software Systems and Engineering” based on the dimensions of course teaching content system and structure, teacher resource team construction, modern teaching methods and means, and course assessment and evaluation system in a blended learning mode. After adopting innovative teaching concepts, adjusting teaching content, strengthening self-directed learning, integrating practical projects, reforming curriculum evaluation, and other measures, a modular curriculum system was constructed, a collaborative practice environment was created, and a multidimensional evaluation system was established to improve teaching quality. The teaching practice data in the past three years shows that students' system design ability and continuous integration of team projects have significantly improved. They have won 15 awards in national competitions such as the CNCC System Challenge. The curriculum reform practice won the second prize of the 2024 National Coal Industry Teaching Achievements, providing a reference path for the innovation of graduate course teaching mode and promoting the innovation of graduate talent cultivation mode and the high-quality development of graduate course construction.

Keywords—Software Systems and Engineering, Curriculum Development, Blended Learning, Practice Teaching

1 引 言

《软件系统与工程》是面向软件工程专业研究生开设的一门重要专业基础课, 课程内容广泛、涵盖软件系统基本概念、基本原理和基本方法。该课程对研究生工程实践能力培养具有十分重要的作用, 是研究

生接受有关软件系统和工程方面知识教育的重要平台。但这门课本身也存在一些问题, 比如部分教学内容陈旧、教学模式落后、在实践教学中存在薄弱环节。要解决这些问题, 就需要对教学方法和教学手段进行改革, 不断提高这门课的教学质量。针对研究生《软件系统与工程》课程建设过程中遇到的问题, 本文提出了该课程建设与改革的措施。

2 《软件系统与工程》课程建设现状

学校面向计算机相关专业研究生开设的《软件系

^{*} **基金资助:** 本文得到2023年度安徽省教育厅新时代育人质量工程项目(编号: 2023jjjxggjY121)、安徽理工大学研究生核心课程项目(编号: 13230519)的资助。

^{**} **通讯作者:** 于璩, 教授, 博士, E-mail: liyu@aust.edu.cn

统与工程》专业基础课程, 涵盖软件系统设计、系统分析与软件项目管理三大核心模块, 在构建学生软件工程思维体系和提升复杂系统开发能力方面具有重要支撑作用^[1-4], 促进了学生软件工程思维方式构建及复杂系统开发能力的培养。然而, 在以往教学实践中发现, 该课程存在理论教学与实践环节脱节、部分技术体系更新滞后、实验教学比重不足等问题。由于该课程本身具有较强的理论性, 涉及大量抽象概念与数学模型, 当前教学实施过程中存在过度侧重理论讲授的现象, 导致学生对设计模式、架构原理等核心知识的理解停留在表层认知层面, 缺乏对学生实际动手能力的培养。近 5 年教学评估数据显示, 约 65% 的修课研究生反馈课程内容与实际工程需求契合度不高, 授课内容达不到真实工种需求; 42% 的学生表示难以有效建立理论知识与工程实践之间的映射关系, 无法将所学知识内化成自己的实际本领, 最终影响知识体系的深度建构与创新能力培养。

3 《软件系统与工程》课程建设举措

3.1 创新教学理念, 更新课程内容

立足于“立德树人”, 打造“五育融合+创新能力”立体化课程体系, 贯彻以成果为导向的教育理念, 将社会主义核心价值观、工程伦理与职业素养有机结合到课程思政模块中^[5-9]。比如, 在软件工程案例教学时嵌入社会责任、可持续发展等相关课题, 并通过项目式学习完成协同育人的德育和专业教育融通工作。采用“基础模块-前沿模块-交叉模块”三层模块式课程体系架构, “基础模块”以 MOOC 平台为基础完成基础知识学习, 利用 AI 学情分析系统形成个人个性化预习方案; 并巩固算法设计、系统架构等知识点, 引入开放课程资源, 完善动态更新的知识图谱; “前沿模块”内容包括量子计算、AI 原生开发、绿色软件工程等最新领域, 采用基于真实产业场景的敏捷开发实战, 由“双师制”(高校教师、企业导师)开展指导, 融合 DevOps 全流程实践、“科技前沿工作坊”研讨, 全面提升学生的理论知识水平和动手实践能力; “交叉模块”开设人工智能、区块链、社会治理等相关课程, 构建培育复合型创新能力的“厚基础, 宽口径”的课程体系框架, 形成研究生专业理论知识结构、专业实践技能结构和素质结构, 提高研究生专业知识结构的完整性, 使学生掌握在该领域内开展研究应具备的知识系统及综合素质, 为后续深入研究奠定基础^[10-12]。

开展“科研反哺教学”动态更新机制, 搭建“产学研用”四位一体资源建设体系。将国家级科研项目作为案例库并纳入到教学中, 每学期更新案例不少于总案例量的 30%; 构建虚实结合实验平台, 并运用数字孪生等技术打造“元宇宙实验室”, 提供远程协作和沉浸式开发环境; 编写模块化活页教材, 设置弹性

化知识模块, 由学生根据自身研究方向自由组合形成学习单元, 有利于不同类型、不同层次研究生的学习, 着重锻炼研究生的知识、能力、素养。

3.2 坚持因材施教, 调整教学内容

通过实施该课程建设与改革, 研究生能够掌握软件工程领域核心理论和技术、具有复杂系统分析和设计的能力; 有工程伦理意识和团队合作能力; 获得 CMMI3 级标准项目开发的经验, 实现“理论进阶-实践强化-创新提升”的培养目标, 满足专业相应的技术认证标准需求, 实现精准育人。

3.3 线上线下结合, 强化自主学习

依据国际电气电子工程师协会当前制订的软件工程知识体系展开教学活动, 重在培养学生将系统化软件开发生命周期思想运用于实践中, 并基于现代化统一过程的方法、面向对象的开发方法和标准化建模语言开展软件开发。该课程内容主要以需求工程、架构设计、质量保证以及项目管理为主, 采用理论与实践相结合的教学方式, 让学生更加了解现代软件工程的方法论、技术规范以及工具。此外, 该课程还非常重视将知识体系转译到真实开发场景中, 培养学生综合性的工程实践能力。

课程以螺旋式教学法为基础, 聚焦 RUP 统一开发过程、面向对象技术、UML 建模语言三大核心要素, 并以需求分析、体系结构设计、测试工程等内容为载体, 让学生对各部分内容的认识逐步深化, 掌握理论与实践相融的过程化设计思路、工程化思维、基于面向对象思想的架构设计能力、工程化实践中的建模与测试能力。通过“双主体”互动理念开展启发式讲授、课堂研讨、协同开发三维教学空间建设, 并结合架构模式、设计原则等内容着重在缺陷分析、方案重构上开展深度研讨; 基于混合式学习方式, 打造智能教学平台, 集成课程资源库和过程数据中心, 在签到热力图、讨论语义分析、代码迭代等多个角度体现学生多维学习画像, 并依据教学过程进行动态诊断, 实施个性化干预, 最后形成为学生提供“理论认知-工程实践-反思提升”闭环学习链的教学实践范式, 见图 1。

3.4 融入实际项目, 培养实践技能

基于 OBE 理念与情境学习理论, 本实践教学体系构建了“产业项目嵌入-工具链支撑-能力阶梯成长”的培养模式。依托 Microsoft Project、Enterprise Architect、Git 等工业级工具链, 搭建覆盖需求建模、全栈开发 (Vue.js+Django)、自动化测试 (Postman+UnitTest) 的沉浸式工程环境, 通过企业真实项目案例的渐进式实施, 实现软件工程理论向实践能力的转化。设计“需求分析→项目制开发→专业

竞赛成果转化”的完整创新链条,构建包含需求评审会、代码走查、迭代演示的持续反馈机制。校企协同方面,建立双向动态调整机制:前端通过企业导师驻校授课实现技术栈同步更新,后端依托企业用人反馈数据,形成教学改进闭环。实践表明,该模式使学生的架构设计缺陷率降低,持续提升集成实践达标率,实现从工具应用到工程思维的跨越式发展。学生对本专业的基础知识和基本技能已经基本掌握,但是缺少

实际操作方面的能力,通过对口企业建立实习基地,不仅能使学生对所学课程有具体了解,而且能使学生对自己所学的企业研究开发、生产工艺有了一个清晰的认识,对自己今后的发展有一个很好的定位,从而深化对企业项目需求的认识;针对企业项目的需求,建立长期毕业生跟踪和用人单位需求反馈机制,培养满足社会和企业需求的创新型人才,以学生为本,以产出为先导。

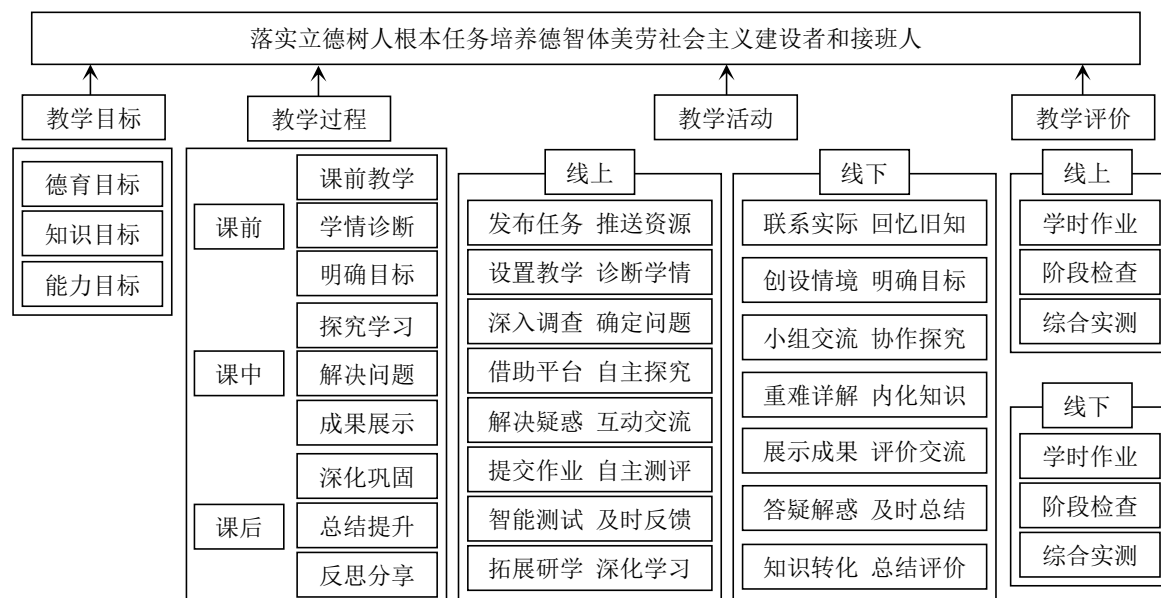


图1 线上线下课程建设思路

3.5 改革课程评价,提升培养实效

围绕课前、课中、课后环节,构建“课前预习-课中互动-课后实践”立体化评价机制,采用“课堂研讨+项目迭代+学术产出”的多维度考核方式;利用智慧教学平台打造基于学习行为分析的学习画像模型,对学生在线签到频次、论坛观点互动能、代码提交版本树等过程性数据进行采集,形成学习画像。考核内容由三个方面组成:①平时成绩主要考察概念理解及知识迁移情况,从案例解析报告和架构设计答辩两方面进行评判;②项目成绩重点考查学生的工程实践能力,通过代码评审和质量测评共同确定项目的成绩;③期末成绩考查学生的系统思维能力,在云原生环境中模拟持续集成场景,对于云原生环境下编写的代码进行部署执行,并基于不同的评测标准测评代码质量。引入数字孪生技术搭建虚实融合的实验平台,支持学生开展需求变更模拟、架构重构验证等工程实践,经过语义分析,将学生实践结果转化为能力发展的雷达图,并将评价数据经过Apriori算法计算,发现评价数据间的关联规则,向每位同学推送专属的能力提升路径,从而达到“评价-诊断-改进”的质量提升闭环的目的^[13-15],见图2。

4 《软件系统与工程》课程建设成果

该课程建设与改革成果突出体现在:以发掘培养学生创造性潜能和培育学生的协同合作素养为重点,面向工程教育专业认证,实施融合学术和工程应用贯通一体的课程教学体系;通过实施基于双师协同、任务驱动、项目实践的教学范式,促使学生逐步树立自主探究意识,掌握批判性思维、跨学科协作能力等要素;围绕构建需求建模、架构优化、测试验证等全方位系统性工程方法体系知识图谱,以及做好配置管理、过程改进等方面需具有的工程化实践要求,着力开展真实项目全过程全周期实践,充分激发学生创新创造动机;基于教学改革引领促进学生知识迁移,培养学生解决复杂工程问题的能力,由此铸就学生的技术综合整合、方案作出决策、团队组织管理等方面的核心竞争力,最终夯实培养符合智能时代需求的卓越工程师之基础。

根据工程教育认证标准开展该课程建设与改革,建立“知识建构-能力培养-素质提升”三维育人模式,采用混合式教学方法,设计覆盖“需求分析-架构设计-持续交付”等教学内容和符合企业业务开发及开发效率目标的螺旋式工程课程模块,形成“企业级项目

逆向解析、敏捷开发实战、质量门禁设置”的完整训练链路。建立包含过程指标与9大能力标准的量化评价体系,运用GitLab、Jira等全程跟踪各项目全流程。近3年建设数据表明,学生的系统设计能力和团队项目持续集成实践达成度明显提高;教学改革获得省级重点教改项目立项,云原生案例库已被8所高校采用,毕业后架构师岗位胜任力评价有明显提高。此外,课程建设引入双闭环质量保障机制:①教学端每年更新30%以上实践案例;②学生端通过数字画像生成学生能力域雷达图。根据雇主满意度调查发现:工程化思维达成率相较改革前有大幅提高,见表1。该课程改革实践成果获得2024年全国煤炭行业教学成果二等奖。

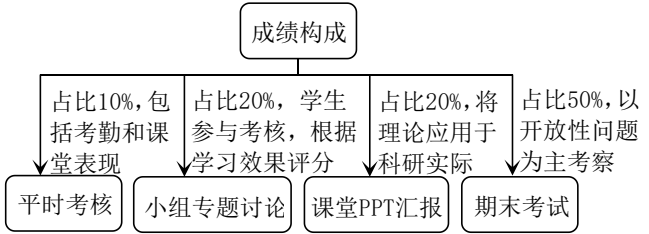


图 2 多元化课程考核构成

表 1 课程建设前后的效果对比

评价指标	建设前	建设后	提升幅度
专业认证通过率	50.2%	71.8%	43.1%
高水平竞赛获奖数	年均3项	年均5项	66.7%
企业项目参与度	37%	82%	121.6%
岗位适应期缩短	无显著变化	缩短31%	显著变化
服务地方产业比例	55%	71%	29.1%

5 结束语

《软件系统与工程》实践“需求驱动-分层递进-虚实融合”育人途径,运用分层靶向教学设计(PBL案例教学)-基础层案例解析-进阶层架构重构-创新层DevOps全链路的技术路线,对学生进行分层递进式培养,并通过协同实践平台提高学生实战水平。该课程建设与改革的三个重点:一是构建模块化课程体系,分别以需求工程、架构设计和测试维护为主干形成三大模块化的课程;二是打造协同实践环境,编写研究生数字孪生实验室使用手册和分级实训指南,引导师

生共同完成协同实验教学任务;三是建立多维评价体系,在已经实践的代码贡献度、代码质量指数、代码架构评审答辩以及是否通过持续集成等量化指标的基础上,探索学生学习全过程全要素的教学过程追溯,并对校企共建软件工程实训基地提供的云开发环境进行评测,近3年校企合作平均每年为1-3个工程实践小组开展测试、编译及相关实践活动提供技术服务支持,研究生获得国家级竞赛奖15项。课程改革促进了研究生人才培养模式创新和课程建设高质量发展。

参 考 文 献

[1] 罗铭,黄海凤. 软件类研究生课程教学中应用基于OBE理念的翻转课堂教学模式[J]. 计算机教育, 2019(7): 138-141,145

[2] 张广泉. 新时代软件卓越工程师人才培养研究与探索[J]. 计算机技术与教育学报, 2025, 13(1): 108-112

[3] 李文,杨莉,宋德志. 线上线下混合式课堂教学改革探究基于MOOC平台:以医用传感技术课程为例[J]. 大学教育, 2018(9): 70

[4] 方维,袁宝库,梁峰琦. 基于PTA平台的程序设计类课程教学改革实践[J]. 计算机技术与教育学报, 2022, 10(1): 97-100

[5] 傅继彬. 构建计算机网络课程中的思政教育协议栈[J]. 计算机技术与教育学报, 2022,10(05): 23-26

[6] 李欢.《教学改革探索与实践》以混合式教学模式为基础[J]. 高等教育学刊, 2016(4): 133-134

[7] 曲玮玮,雷泉龙. 浅谈线上线下混合式教学模式[J]. 中国新通信, 2020(1): 203

[8] 赵梓翔,陈静. 全案例教学模式设计:以在线下混合式教学为基础:《战略管理》课程案例研讨会为例[J]. 教育现代化, 2019,6(92)

[9] 李博,王来军,马壮林,等. 针对研究生创新能力培养的多元混合教学模式及建设方案:以企业管理专业为例[J]. 创新教育研究, 2018,6(2): 115

[10] 夏宝飞,姜惠敏,腾叶. 概率论与数理统计课程[J]. 混合式教学实践与考核教育教学论坛, 2020(21): 321-322

[11] [刘瑞芳,贾会才. 构建一流运筹学课堂的高校线上线下混编讨论[J]. 科技文汇, 2020(484): 53-54

[12] 姚金阳,刘福东,单征,等. 数据库系统基于形成性评价反馈的网上教学法练习[J]. 计算机教育, 2021(4): 15-18

[13] 谭貌,段斌,周彦,等. 面向产出落实工程教育认证标准的院系机制与实践[J]. 计算机技术与教育学报, 2023,11(5): 16-20

[14] 曾德真. 基于大数据技术的企业安全警报系统设计与实现[J]. 计算机技术与教育学报, 2022,10(3): 1-8

[15] 王婕婷,李飞江,钱宇华,等. 新工科背景下机器学习教学改革探索与实践[J]. 计算机技术与教育学报, 2025,13(1): 65-7