

基于 OBE+CDIO 的软件工程研究生课程 教学改革与实践^{*}

张明哲^{**} 郑向伟 于晓梅 嵇存

山东师范大学信息科学与工程学院, 济南 250358

摘要 以软件理论与工程课程为例, 针对当前课程存在的课程内容滞后、工程属性薄弱、教学模式单一等问题, 基于 OBE (Outcome Based Education) 与 CDIO (Conceive, Design, Implement, Operate) 理念进行了课程教学改革。通过 OBE 明确学生在知识、能力和素养方面的课程目标, 重构课程教学内容; 结合 CDIO 工程教育模式, 将实践教学过程进行阶段划分, 构建项目驱动的实践教学体系。同时, 引入多元评价体系开展过程性评价, 将代码质量、项目贡献度、创新性解决方案等纳入考核指标, 全面培养学生的工程实践能力和创新意识。结果表明, 改革后学生的创新能力与实践能力提升, 教学效果得到有效改善。

关键字 专业学位研究生, 教学改革, OBE, CDIO

Teaching Reform and Practice of Software Engineering Graduate Courses Based on OBE+CDIO

Mingzhe Zhang ^{*} ^{*} Xiangwei Zheng Xiaomei Yu Cun Ji

School of Information Science and Engineering
Shandong Normal University,
Jinan 250358, China;

Abstract—Taking the Software Theory and Engineering course as an example, this study addresses current issues such as outdated course content, weak engineering attributes, and a single teaching model. Based on the principles of OBE (Outcome-Based Education) and CDIO (Conceive, Design, Implement, Operate), a teaching reform was implemented. By applying OBE, the course objectives for students in terms of knowledge, skills, and competencies were clarified, and the course content was restructured. Integrating the CDIO engineering education model, the practical teaching process was divided into stages, and a project-driven practical teaching system was constructed. Additionally, a diversified evaluation system was introduced to conduct formative assessments, incorporating metrics such as code quality, project contribution, and innovative solutions into the evaluation criteria, thereby comprehensively cultivating students' engineering practice abilities and innovative awareness. The results show that the reform significantly enhanced students' innovation and practical abilities, effectively improving teaching outcomes.

Keywords—Professional degree graduate students; teaching reform; OBE; CDIO

1 引言

专业学位研究生教育是培养高层次应用型专门人才的主渠道。自 1991 年开始实行专业学位教育制度以来, 我国逐步构建了具有中国特色的高层次应用型专门人才培养体系, 为经济社会发展作出重要贡献。据教育部《专业学位研究生教育发展方案(2020-2025)》规划^[1], 到“十四五”末将专业学位硕士研究生招生规模扩大到硕士研究生招生总规模的三分之二左右,

专业学位研究生培养已成为驱动国家战略实施与产业升级的核心人才引擎。

当前, 软件行业在金融、医疗、制造、交通等各个领域的深度渗透, 软件工程方向的专业学位研究生能够直接推动行业技术进步和解决复杂工程问题, 满足社会对高层次应用型人才的需求。在软件工程方向的专业学位研究生培养中, 创新实践能力至关重要^[2]。通过培养创新实践能力, 研究生不仅能够深入理解理论知识, 还能在真实项目中灵活应用, 解决复杂工程问题, 推动技术进步。因此, 强化创新实践能力的培养, 不仅是提升学生职业竞争力的关键, 也是推动软件工程领域持续发展的核心动力。曹雷等人通过课程学习、导师指导、实践活动和学位论文的系统化设计, 全面提升专业学位研究生的创新实践能力^[3]。

^{*} **基金资助:** 本文得到山东省研究生教育教改研究项目(编号:SDYJG21104); 山东省研究生优质教育教学资源项目(编号:SDYKC2024146); 山东师范大学校级教改重点项目(编号:2024ZJ43)资助。

^{**} **通讯作者:** 张明哲 zzm420@126.com。

陈维霞等人依托“政校行企”协同育人模式，构建创新课程体系和实践平台，强化师资队伍建设和推动创新实践能力的培养^[4]。王自力等人通过产学研结合，优化课程体系、导师队伍和实践基地，培养具有创新意识和实践能力的高水平应用型人才^[5]。张春明等人通过校企联动，优化实践教学、毕业设计和制度建设，促进课内外知识与校内外实践的深度融合，提升专业学位研究生的创新实践能力^[6]。

2 课程教学中存在的问题

软件是一类特殊的复杂系统，既需要开发人员具有系统观和系统层面的认知和开发能力，也需要掌握工程化的方法来应对复杂的工程问题；同时，软件开发还是一项创造性活动，开发人员需具备创新实践能力，才能利用软件来创新性的解决问题。软件理论与工程这门课是软件工程专业学位研究生的必修课，是培养具备创新实践能力软件人才的重要课程，然而，在具体教学实践中，发现现有课程教学中存在如下问题。

2.1 课程内容滞后于学科前沿发展

软件工程领域的技术和方法更新迅速，云计算、人工智能、DevOps 等新兴技术不断重塑行业格局，企业对软件开发效率和质量的要求也在持续提升。然而，许多高校的软件工程课程仍以传统的结构化开发方法、瀑布模型等为核心教学内容，未能及时引入敏捷开发、自动化测试等现代工程实践。这种滞后性导致学生在校所学与企业实际需求之间存在显著脱节。传统的重型软件开发方法和过程虽然在过去被广泛应用，但在当今强调快速迭代、灵活响应变化的开发环境中，已显得过于僵化和低效。如果课程内容仍停留在过时的理论框架上，学生将难以掌握行业所需的实际技能，进而影响其就业竞争力和职业发展。

2.2 课程工程属性没有被充分体现

传统课堂教学内容偏重理论，缺乏对实际开发环境的模拟和实践机会。通过引入群体化开发方法和分布式版本管理等实践性强的内容，可以帮助学生更好地将理论应用于实际项目中，提升他们的综合能力。

当前“软件理论与工程”课程的教学模式仍存在理论与实践脱节的问题，未能充分体现软件工程学科的工程实践属性。具体表现在以下几个方面：首先，课程内容过度依赖教材理论讲解，例如软件开发模型、设计模式等知识多以静态方式呈现，缺乏真实项目案例的支撑，导致学生难以理解这些方法论在实际工程环境中的应用场景。其次，教学环节中工程化训练不足，虽然课程可能包含实验环节，但通常局限于小型验证性实验（如单一设计模式的代码实现），而缺少

完整的软件生命周期实践，包括需求分析、架构设计、团队协作、代码审查、持续集成等关键工程环节。此外，现有的考核方式仍以笔试或小型作业为主，未能有效评估学生的工程实践能力，例如代码质量管控、文档规范化、项目管理等职业核心素养。

2.3 课程教学模式单一

当前课程的教学模式仍以传统的单向知识传授为主，未能充分适应软件工程学科的实践性与创新性要求。首先，课堂教学主要采用“教师讲授+PPT演示”的单一形式，学生被动接受知识，缺乏互动性和参与感。这种填鸭式教学难以培养学生的主动学习能力和工程思维。其次，实践环节设计简单化，往往局限于验证性实验或小型编程作业，缺乏贯穿软件全生命周期的综合性项目训练，导致学生难以建立完整的工程认知体系。

在教学手段方面，现代教育技术的应用明显不足。线上教学平台多仅用于资料分发，未能充分发挥混合式教学的优势；虚拟仿真、云开发环境等数字化工具使用较少，限制了学生的实践广度和深度。此外，考核方式过度依赖期末考试和书面报告，未能有效评估学生的工程实践能力和创新思维。这种单一的教学模式既难以激发学生的学习兴趣，也无法培养其解决复杂工程问题的能力。

3 基于 OBE+CDIO 理念的课程教学改革

针对软件理论与工程课程教学中存在的问题，本文基于新型软件人才的培养要求，将OBE的成果导向与CDIO的工程实践过程有机融合，对课程教学目标、内容、模式等进行改革，确保学生在课程学习过程中实现预期的知识、能力和素养目标，努力解决软件工程课程教学所面临的“重理论轻实践”等普遍性问题，提高课程教学成效和学生创新实践能力。

“以产出为导向、以学生为中心、持续改进”的成果导向理念（OBE）侧重于学生最终能力的培养，致力于培养“知识-能力-素质”并重的人才^[7,8]。其明确的目的性使OBE理念对专业学位研究生培养模式改革具有广泛适用性。

CDIO教育模式是国外工程教育模式改革的一个重要成果^[9,10]。CDIO 教育模式的最终目的是使学生在理解和掌握相关课程知识的基础上，不断促进学生的自学能力、组织沟通能力和协调能力的持续提升。在课程设置方面，要注重理论知识与实践能力的有机结合，突出研究生专业技能的培养，促使其专业素质与综合素质共同提高。

首先，基于OBE理念以软件工程专业学位研究生为培育对象和工作中心，强化实践创新能力提升，反向

设计课程教学目标和教学内容。然后，基于CDIO教育模式开展案例驱动式教学方式，以项目任务为主线，通过指定项目选题、确定实施方案、具体实现、测试验证改进、部署等过程，更好地掌握相关理论知识及其应用方法，真正做到理论与实践相结合，切实提升专业学位研究生的实践创新能力。

3.1 课程教学内容的设计和组织的

基于OBE成果导向理念，课程设置了如表1所示的课程目标。

表 1 软件理论与工程课程目标

课程目标	目标描述	预期成果
知识目标	掌握软件工程核心理论、开发流程、架构设计、测试与维护等知识。	能清晰表达需求、绘制架构图并进行编码
能力目标	具备从需求分析到软件实现的工程实践能力，掌握软件开发工具与技术，如版本控制（Git）、测试与运维。	能在项目中独立完成设计、开发与测试任务
素养目标	培养团队协作、质量意识等，形成创新与解决问题的能力。	能在团队中高效协作，并解决复杂问题

在课程教学目标的指导下对课程知识体系进行了完善和优化。首先，对《中国软件工程知识体系》、《计算机核心课程规范-软件工程》等专业规范、课程规范进行了调研，明确了软件理论与工程课程所需包含的知识模块和知识点。同时，根据课程教学学时和学科专业发展情况对课程知识点进行了调整，如增加群体化开发方法^[11]、开源软件和分布式版本管理等内容，弱化重型软件工程过程模型、软件项目管理等内容，以更好的反映学科专业发展以及人才培养需求。此外，项目组还引入了一些软件案例，通过软件案例加强知识点理解和推动课程实践。其次，软件工程专业研究生多具有计算机专业背景，绝大多数学生在本科阶段学习过软件工程相关课程（根据前期调研，约68%的学生本科阶段学习过软件工程课程）。为了避免学生重复学习相同内容，对选课学生的软件工程相关知识掌握情况进行了调研摸底，并根据调研结果对课程知识点进行了进一步的设计和优化，课程教学内容如表2所示。

表 2 软件理论与工程课程教学内容

知识单元	知识点	知识单元	知识点
1、软件开发过程和方法	软件过程模型	6、软件详细设计	软件详细设计概述
	敏捷开发方法		软件详细设计的UML表示
	开源软件和群体		软件详细设计的过程
			软件详细设计的

2、软件需求获取	化软件开发方法	7、软件编码实现	输出及评审
	导出和构思软件需求		软件实现的概念
	描述初步的软件需求		代码片段重用
3、软件需求分析	确认和验证初步软件需求	8、软件测试	编码任务和方法
	分析软件需求的任务和过程		软件测试概念
	软件需求分析的UML模型		软件测试技术
4、软件设计基础	软件需求分析的文档化和评审	9、软件部署	自动化软件测试
	软件设计		软件与环境
	软件设计的过程和原则		软件部署的概念及方式
5、软件体系结构设计	软件设计的输出及评审	10 软件维护与演化	软件部署的方法
	软件体系结构概述		软件维护和演化的概念
	软件体系结构的UML表示方法		软件逻辑老化问题
	软件体系结构设计的过程		软件维护技术
	软件体系结构文档化和评审		软件维护过程及软件可维护性

3.2 工程化实践教学的设计及评价

重理论、轻实践的教学模式导致学生虽然掌握了基础概念，但面对企业级软件开发需求时，往往缺乏系统性的工程思维^[12]。“工程”意味着要开展实践，并且要采用“工程化”的方法进行实践。“工程化”意味着实践需具备一定的系统性和规范性，实践过程应是可量化的；同时“工程”意味着实践对象要具有规模，具备一定复杂度和代码量。现代软件工程强调团队协作、工具链集成和工程化管理，而这些能力的培养必须依托于接近真实工作场景的训练。因此，课程改革应加强工程实践环节的设计，例如引入基于Git的团队协作开发、采用敏捷开发流程管理项目等，从而真正体现软件工程的学科特点，提升学生的职业竞争力。

根据前期调研，约82%的学生本科阶段编写过的总代码量少于5000行（如图1所示），大多数学生缺乏稍大规模软件开发的实践和经验，缺乏工程思想和方法来指导软件开发，没有见过高质量的代码，不知道如何开发高质量的软件系统。基于调研结果，设计了两阶段的工程实践任务：1) 高质量开源软件代码阅读任务，该实践任务以高质量开源代码为中心，从具体的代码入手学习高质量的软件开发实践，为后序的软件开发工作奠定基础。2) 高质量开源软件代码维护任务，以小组为单位开展开源软件的代码维护任务，维护过程要求引入新的功能，利用在线协作平台来支持分布式团队开发实践，实践过程按照CDIO理念进行阶段划分，划分方式如表3所示。



图 1 学生代码量调研

表 3 基于 CDIO 理念等实践教学阶段划分及评价方式

阶段	CDIO 任务	OBE 成果导向	评价方式
构思(C)	需求分析、建模	能编写需求文档, 进行UML建模	小组讨论 + 需求文档评分
设计(D)	概要设计、详细设计	掌握设计模式, 完成架构设计文档	设计文档 + 答辩评分
实现(I)	编码、测试、版本管理	能进行编码、测试, 掌握版本控制工具, 能在团队中高效协作,	代码质量评分 + 单元测试覆盖率评估
运维(O)	部署、优化与改进	能独立部署、优化性能并编写运维报告	运维演示

传统的实践任务评价方法通过给定任务、提交结果、评定成绩等步骤开展, 侧重对实践成果的成绩评定, 缺少对实践过程的评价, 也缺乏量化数据作为评价依据。本文针对每个实践阶段引入了过程性评价, 评价采用多元评价体系开展, 将代码质量、项目贡献度、创新性解决方案等纳入考核指标, 全面培养学生的工程实践能力和创新意识。借助基于Git的实践项目版本库可以对学生们的贡献、代码量、活跃度等情况进行跟踪, 实现对实践成果和行为的持续、定量、科学考核和分析。

3.3 基于互联网的教学方式和理念升级

当前, 互联网技术的快速发展正深刻重塑教育模式与软件工程领域生态, 软件工程教学面临双重变革需求: 一方面需应对群体化协同开发、开源社区协作、Git版本控制等新型软件开发范式的行业实践需求; 另一方面需突破传统教学中课堂知识传授的局限性。为此, 进行了基于互联网的教学方式和理念升级, 具体包括以下方面:

(1) 教学方式的升级。软件工程课程包含大量抽象知识、模型的讲解, 传统的课堂授课方式难以吸引

学生, 通过“雨课堂”智慧教学平台开展课堂教学, 推动混合式教学, 多通道互动, 使学生能够积极参与到课堂教学中。

(2) 技术和工具的升级。当前, 互联网技术深刻影响着软件开发活动的方方面面, 依托互联网平台进行软件开发、分享软件开发知识和成果、贡献智慧和力量的群体化软件开发方法受到众多企业和个人开发者的追捧。为了适应这一变化, 使学生能够更好的掌握新颖的软件开发方法, 从课堂教学和实践教学两个方面入手: 课堂教学中, 将群体化软件开发方法、Git的使用等新方法、新技术引入教学大纲, 进行了课堂讲解; 实践教学中, 依托头歌实践平台提供的基于Git的项目托管功能, 对学生的分布式版本管理、协同开发等技术能力进行了训练, 提升了学生的群体化开发能力。

4 课程教学改革成效分析

4.1 创新能力有所提升

在进行课程教学改革后, 学生在创新思维和问题解决能力方面得到了显著提升。课程从传统的“理论讲授+实验验证”模式, 转变为基于项目的综合实践模式。学生在需求分析、架构设计、编码测试和运维改进的过程中, 需要不断提出解决方案并优化设计, 这种基于问题解决的学习方式有效提升了学生的创新能力。

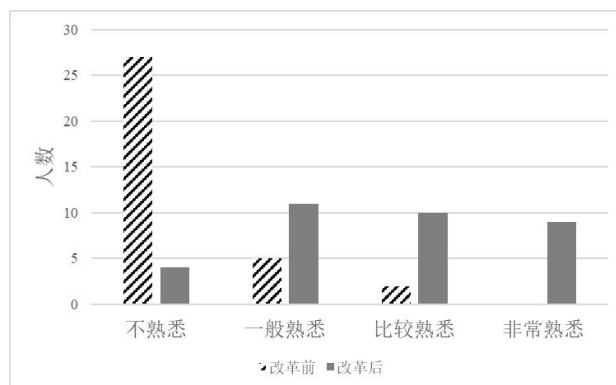


图 2 Git 掌握情况统计

4.2 实践能力有所提升

在工程化实践教学中,学生的工程实践能力得到了显著提升。课程改革采用 CDIO 理念,引导学生完整经历从需求到运维的开发流程,学生能够在实践中掌握:需求分析与文档编写;系统架构设计与算法实现;代码开发与测试;部署与性能优化。通过这种全过程实践训练,学生的工程化思维与实践能力显著增强。此外,实践环节引入 Git 版本管理平台,学生分组协作开发,采用分支管理、代码合并与冲突解决等工程化流程进行代码管理,学生在代码规范性、版本管理、代码审查等方面的能力得到显著提升。这种贴近企业的工程实践增强了学生对实际开发环境的适应能力,并激发了他们探索新技术、新方法的主动性。改革后学生在实践项目开发中的平均代码量达到约 9000 行,高于改革前的 5000 行;通过考核,某 34 人教学班中 56% 的同学能比较熟练的掌握 Git 的使用,远高于改革前仅 6% 同学能比较熟练使用 Git 的统计数据,如图 2 所示。

5 结束语

本文基于 OBE+CDIO 理念,对软件理论与工程课程进行了教学改革设计与实践。通过 OBE 理念的成果导向,明确了学生在知识、能力与素养方面的培养目标;结合 CDIO 工程教育模式,采用项目驱动与全流程实践,将课程划分为构思、设计、实现、运维四个阶段,构建了完整的工程化实践教学体系;教学改革显著提升了学生的创新能力与工程实践能力,增强了其在真实开发环境中的适应性与竞争力。

未来,将在教学过程中持续引入行业前沿技术,不断更新课程内容;强化产学研合作,引入企业真实

项目,进一步贴近实际工程环境;优化多元化评价体系,更全面地评估学生的创新与实践能力。

参考文献

- [1] 国务院学位委员会,教育部. 专业学位研究生教育发展方案(2020-2025) [EB/OL]. (2020-09-30)[2025-03-24]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A22/moe_826/202009/t20200930_492590.html.
- [2] 吴毅坚,彭鑫,张天戈. 专业学位研究生软件工程能力培养探索[J]. 软件导刊, 2022, 21(3):6.
- [3] 曹雷,才德昊. 全过程与系统化:专业学位研究生实践能力提升的有效路径探析[J]. 中国高教研究, 2018(1):6.
- [4] 陈维霞,韩志达,钱斌,等. 基于协同育人的专业学位硕士创新实践能力培养研究[J]. 广西社会科学, 2016(10):4.
- [5] 王自力,王鲜忠,赵永聚,等. 基于产学研结合的兽医专业学位研究生创新实践能力培养模式探索[J]. 中国兽医杂志, 2017, 53(11):4.
- [6] 张春明,钱之骋,李圣训. 校企联动模式下专业学位研究生实践创新能力的培养探索[J]. 印刷与数字媒体技术研究, 2024(3):142-150.
- [7] 李青,王赛赛,杨明睿,等. 基于 OBE 理念的管理类专业学位研究生的实践创新能力研究[J]. 创新教育研究, 2024, 12(7):517-522.
- [8] 安强身,冯素玲. 专业学位研究生实践创新能力提升:价值、困境与突破[J]. 现代教育科学, 2022(5):46-52.
- [9] 戴宏明,戴宏亮. 新工科背景下基于 CDIO 理念的软件工程应用型人才培养方案研究[J]. 计算机教育, 2020(1):4.
- [10] 许清,张翼飞. CDIO 模式下软件工程能力的精细化考核与评价[J]. 计算机教育, 2021(8):5.
- [11] 毛新军,卢遥. 群体化学习方法及其在课程教学中的应用[J]. 计算机科学, 2024(10).
- [12] 曾碧卿,丁美荣,汪红松. 软件工程领域新工科研究生创新人才培养研究[J]. 计算机技术与教育学报, 2021,9(1):92-96.