

基于OBE-RDIO双循环模型的计算机类生产实习教学改革

向华政*, 张龙信, 陶立新, 唐承亮

湖南工业大学计算机与人工智能学院, 湖南 株洲

收稿日期: 2025年10月23日; 录用日期: 2025年12月2日; 发布日期: 2025年12月12日

摘要

当前计算机类专业生产实习存在投入大(学分占比高, 资金投入大), 产出低(教学效果一般)的现象, 其原因主要有教师和学生重视程度不够、实习内容与产业需求脱节、实习内容与课程目标不一致、实习评价单一、综合素质培养缺失等。针对这些问题, 基于OBE理念和《华盛顿协议》标准, 本文构建计算机类生产实习“OBE-RDIO”双循环教学模型。该模型通过反向设计(需求→能力→任务)、校企协同及多元评价, 强化学生复杂工程问题解决能力和学生综合素质的培养。结果表明, 该模型能有效提高实习过程中的工程实践能力达标率和企业满意度, 并形成实习课程的持续改进闭环。

关键词

OBE理念, 工程教育认证, 生产实习, RDIO模型

Teaching Reform of Computer-Related Production Internships Based on the OBE-RDIO Dual-Cycle Model

Huazheng Xiang*, Longxin Zhang, Lixin Tao, Chengliang Tang

School of Computer Science and Artificial Intelligence, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan

Received: October 23, 2025; accepted: December 2, 2025; published: December 12, 2025

Abstract

Currently, there is a phenomenon of high input (high credit weight and substantial funding) but low

*通讯作者。

output (moderate teaching effectiveness) in production internships for computer-related majors. The main reasons include insufficient attention from both teachers and students, a disconnect between internship content and industry demands, misalignment between internship content and course objectives, single-dimensional internship evaluation, and a lack of comprehensive quality development. To address these issues, this paper constructs a “OBE-RDIO” dual-cycle teaching model for computer-related production internships based on the OBE concept and the Washington Accord standards. This model enhances students’ ability to solve complex engineering problems and fosters comprehensive quality development through reverse design (demand → capability → task), university-enterprise collaboration, and diversified evaluation. The results demonstrate that the model effectively improves the pass rate of engineering practice competencies and corporate satisfaction during internships, while establishing a continuous improvement loop for internship courses.

Keywords

OBE Concept, Engineering Education Accreditation, Production Internship, RDIO Model

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

工程教育专业认证的 OBE 理念在 20 世纪 90 年代初，由美国学者斯派蒂(Spady W. G.)提出，该理念依据教学产出组织、实施和评价教学的模式，保证学生离开学校时能具备工作所需要的能力和素质[1]。OBE 理念非常符合应用型人才的培养需求，在相关专业课程的教学体系设计、教学内容制定、考核评价改革中都得到了一定的应用[2]。CDIO 工程教育模式由麻省理工大学联合其他 3 所高校共同开发，该模式以项目驱动的教学方法为主，以构思(conceive)、设计(design)、实现(implement)和运作(operate)为教学实施流程，实现专业知识、实践技能的掌握，培养学生的实践应用和创新能力。近年来，一些研究将 OBE 教育理念和 CDIO 工程教育模式相结合形成 OBE-CDIO 理念，部分学者探索开展 OBE-CDIO 工程教育改革，取得了不错的成效[3]。也有学者将 OBE-CDIO 理念应用于专业实践教学模式改革，通过确定教学目标，建立课程与学习产出匹配矩阵，再按 CDIO 模式组织课堂教学，实现教学产出[4]。但目前将 OBE-CDIO 理念应用于计算机类专业实习教学的研究还尚不多见。

生产实习是指学生在企业或相关机构参与实际工作，通过岗位实践验证理论知识、掌握相关技能的教学活动。生产实习一般具有如下的教学目标：(1) 提升学生复杂工程问题(CEPs)解决能力；(2) 塑造学生的职业素养；(3) 提升学生的就业衔接能力[5]。相比其他实验实训课程，生产实习投入相对比较大，不仅学分占比比较高，学校还需要支出一定的实习经费，所以如何保证和提高生产实习教学质量是很有意义也很有必要。随着《华盛顿协议》对工程教育能力本位的要求[6]深化，传统生产实习模式面临目标模糊、评价单一和反馈滞后的困境。同时传统模式未将毕业要求指标点(如解决复杂工程问题能力)分解到实习环节，导致培养目标与产业需求脱节；同时以实习报告为主的评价方式无法量化工程实践能力达成度，缺乏对团队协作、产品质量意识等软技能的评估；企业导师与学校教师评价标准不统一，或者缺乏企业导师的评价导致未能将企业的反馈纳入到教学的持续改进中来[7]。本文针对计算机类专业特点，融合成果导向教育(OBE)理念与 RDIO(需求分析 - 设计 - 实现 - 运作)软件工程教育框架，提出双循环教学模型。该模型通过“目标 - 实施 - 评价”的闭环设计，解决生产实习中的相关难题，对生产实习教学质量提升起到保障和促进作用。

2. 工程教育专业认证对计算机类生产实习教学的要求分析

工程教育认证强调计算机类专业生产实习教学应紧密围绕培养目标和毕业要求展开。首先是培养目标上，要求学生在毕业后5年左右具备职业胜任力，生产实习应体现这一长期目标；其次是毕业要求，明确要求通过生产实习等实践环节培养学生解决复杂工程问题的能力，同时需要培养其他能力[8]。

根据工程教育专业认证要求，以软件工程专业为例，可以提出如下的生产实习教学目标：(1) 根据企业或机构的软件系统需要，综合运用软件工程方法设计和评估针对复杂工程问题的解决方案。(2) 运用软件工程知识，掌握涵盖需求分析、设计、实现、测试、部署全周期的工程方法，考虑经济、社会、法律等约束条件。(3) 理解软件工程实践中的职业伦理和社会责任，评估软件系统对社会、健康、安全、法律及文化的影响。(4) 掌握至少两种主流开发工具和平台(如 Spring Boot、React、Django 等)，熟练完成系统的设计与实现。

上述目标对毕业要求的支撑如下表1所示。

Table 1. Support of production internship course objectives for graduation requirements

表 1. 生产实习课程目标对毕业要求的支撑

毕业要求	二级指标点	支撑强度	课程目标
2、问题分析	2-1 能够利用数学、物理及计算机的基础理论知识，识别软件工程领域复杂工程问题的关键环节。	H	目标 1
3、设计/开发解决方案	3-1 掌握软件工程领域工程设计和产品开发全周期、全流程的设计/开发方法和技术，了解影响设计目标和技术方案的各种因素。	M	目标 2
	3-2 能够针对特定需求，完成算法、流程、软件功能单元的设计。	M	目标 3
5、使用现代工具	5-1 了解专业常用信息技术工具、工程工具和模拟软件的使用原理和方法，并理解其局限性。	H	目标 4

3. 基于 OBE 与 RDIO 融合的软件工程生产实习教学模型构建

3.1. 理论框架基础分析

CDIO 模式[8]与软件工程实现过程在核心理念和实施框架上具有高度相似性。比如两者均遵循从构思到运行的完整生命周期。CDIO 的四个阶段构思、设计、实现、运行与软件工程的需求分析、系统设计、编码实现、测试运维等阶段一一对应。两者均重视团队协作和现代工具的使用。CDIO 要求学生在项目中培养人际团队能力，而软件工程开发同样重视团队协作和版本控制等工具。二者主要的区别是 CDIO 是教育框架，而软件工程是计算机软件工程实践。如果将 CDIO 中的构思(C)置换为与软件工程更为合适的表述需求分析(Requirements Analysis, R)，则可实现基于 RDIO 的软件工程生产实习的教学过程框架。再结合根据工程教育专业认证的 OBE(成果导向教育)理念得到的教学目标，即可构成生产实习的教学模型。该教学模型包含三个维度：(1) 成果导向(OBE)维度。以课程目标为成果导向基准，强调“综合运用软件工程方法设计解决方案”的能力产出，注重“软件工程全周期、全流程”的实践能力培养。(2) 软件工程过程实现(RDIO)维度。依据软件工程的实现过程，对学生实施阶段性的软件工程教育，在各个阶段完成成果导向维度的各个目标。(3) 持续改进维度。以持续改进为目标，确定课程考核的内容以及方式方法。

3.2. 教学模型架构设计

经过上面的分析，将 OBE 理念与 RDIO 框架融合，即可构建“目标 - 阶段 - 评价”三维教学模型。根据计算机类专业生产实习特点，可以得出该模型的内容，如下表2所示。

Table 2. Teaching model for computer science production internship**表 2. 计算机类生产实习教学模型**

维度	OBE 要素	RDIO 要素	融合方式
目标设定	学习成果	项目交付物	将能力目标映射为项目里程碑
教学过程	反向设计	四阶段流程	按 RDIO 阶段分解 OBE 目标
评价反馈	持续改进	运作反馈	建立多维度评价体系

目标设定维度主要任务是设定教学目标。生产实习的 OBE 要素学习成果即为要完成的课程目标，即在论文第一节中提出的生产实习的四个教学目标，主要体现为学生能够独立完成一个完整软件项目的需求分析、设计、编码和测试；掌握敏捷开发流程和团队协作工具(Git 等)的使用；具备编写规范技术文档的能力等。根据这些目标，可以得到如下的 RDIO 要素，即项目交付物为：(1) 可运行的软件系统原型；(2) 完整的需求规格说明书；(3) 系统设计文档；(4) 测试用例和测试报告。两方面要素确定后即可将能力目标映射为项目里程碑，假设教学计划为 8 周的生产实习则可设计出如下的教学计划及其目标，如下表 3 所示：

Table 3. Milestones of computer production internship projects**表 3. 计算机类生产实习项目里程碑**

时间	项目内容与交付物	核心能力	主要课程目标
第 1 周	项目计划书和需求分析文档	问题分析能力、工程伦理与规范	目标 1
第 2~3 周	完成系统设计文档和数据库设计	设计/开发解决方案能力、工程知识应用	目标 3
第 4~6 周	完成核心功能模块开发	现代工具使用能力、工程实践能力	目标 4
第 7 周	完成系统测试和用户手册	研究能力、质量意识	目标 2

教学过程维度的主要任务是实现教学过程。其主要方法是按 RDIO 四阶段任务分解 OBE 的目标。假设某实习小组从企业实际需求出发，要求设计“校园二手图书交易平台”开发项目，企业方主要要求包括：采用微服务架构；实现用户认证、商品管理、订单处理等核心功能；使用 Spring Boot + Vue.js 技术栈等。根据这些需求，可以得到教学过程维度的 RDIO 的四阶段流程为：(1) 需求阶段，分组进行用户调研，编写用例图和使用场景，主要培养学生的问题分析能力，包括需识别并表达复杂工程问题，通过文献研究分析需求，综合考虑可持续发展因素，同时兼顾工程伦理与规范方面素质的培养，需理解法律、伦理及社会责任，确保需求分析符合职业道德规范。(2) 设计阶段，通过绘制系统架构图、类图和数据库 ER 图等，培养学生的现代工具使用能力和工程知识应用能力，使得学生能够综合运用数学、自然科学及专业知识解决复杂工程问题，同时设计满足特定需求的系统架构、模块或算法，并考虑健康、安全、环境等可行性因素。(3) 实现阶段，采用 Scrum 方法进行迭代开发，每日组会，主要通过选择并运用编程语言、开发工具等技术资源，并理解其局限性等方面培养学生的现代工具使用能力和工程实践能力。(4) 运维阶段，测试系统，并部署到云服务器，收集用户反馈进行优化。这个阶段主要培养学生的工程与可持续发展能力、问题研究能力和质量意识。各阶段能力培养目标设定后即可对应完成相应的课程目标，需要注意的是，由于有些能力并不是本课程在工程认证中的核心培养目标，所以课程目标与能力培养方面有些侧重点有所差异。

评价反馈维度的主要任务是做好教学评价并最终为持续改进做好服务，其 OBE 要素为持续改进。可以采用的方法有：每周进行代码评审和技术分享会；中期邀请企业导师进行项目评审；末期组织项目答

辩会等。其 RDIO 要素为运作反馈，包括的内容主要有系统性能指标(响应时间、并发数等)；用户使用反馈收集；代码质量评估(单元测试覆盖率、SonarQube 扫描结果)等。最终结果是建立多维度评价体系，包括：(1) 过程评价(50%)，考勤、周报、阶段成果；(2) 技术评价(30%)，代码质量、文档质量、测试覆盖率；(3) 综合能力(10%)，团队协作、问题解决能力；(4) 创新评价(10%)，技术创新点、用户体验优化等。通过评价反馈维度的工作，可以使得在教学过程中发现的问题得到及时的反馈和改正，形成了课程内的循环反馈，而不是等到这一届学生实习完成后，发现的问题在下一届才得到改进。同时评价反馈的过程中邀请的企业导师进行项目评审和项目答辩，即成绩的评定包含的企业方面的意见，改变了过去实习成绩单由指导老师看实习报告给出的做法，满足工程认证的要求，同时更容易实现教学过程的持续改进。

4. 模型实证分析

笔者采用混合研究方法，结合定量与定性分析，通过多周期纵向数据对比验证 OBE-RDIO 模型的有效性。研究周期覆盖 2024~2025 年二个完整教学年度，涉及软件工程专业共 4 届学生。研究对象包括：(1) 实验组：2024~2025 共 2 届学生(每届约 120 人)，采用 OBE-RDIO 模型进行实习；(2) 对照组：2022~2023 共 2 届学生(每届约 80 人)，采用传统实习模式。项目类型涵盖校园二手图书交易平台、智能仓储管理系统、企业绩效管理系统等 21 个项目，其中包含 3 个校企合作项目。

评价工具包括：(1) 学生工程实践能力评估，包含项目成果质量评分表(含代码质量、文档完整性等维度)；(2) 企业满意度调查，包含企业导师评价表(含技术能力、团队协作等 5 个维度)和用人单位反馈问卷(含就业适应度、创新能力等指标)；(3) 学生自评与互评，包含实习过程自评表(含目标达成度、学习收获等)和团队互评表(含协作能力、贡献度等)。

实施过程主要包括：基于 OBE 理念的逆向设计逻辑，构建“需求 - 能力 - 任务”三级目标体系，将软件工程 RDIO 过程(需求分析 - 设计 - 实现 - 运作)与 OBE 目标进行映射。例如，在校园二手图书交易平台项目中，需求分析阶段对应“系统需求分析能力”，设计阶段对应“架构设计能力”。

按照上述实施过程获得 2024~2025 共 2 届学生 240 份生产实习相应的数据样本与以及 2022~2023 共 2 届共 160 份数据样本。对这些数据样本进行定量分析，主要通过 T 检验比较实验组与对照组在工程实践能力达标率上的差异，具体结果如下表 4 所示：

Table 4. Comparison of engineering practice ability compliance rates between experimental group and control group (T-test)
表 4. 实验组与对照组工程实践能力达标率比较(T 检验)

组别	样本量(n)	达标率(%)	均值 ± 标准差	T 值	P 值	显著性($\alpha = 0.05$)
实验组	240	85.6 ± 8.2	85.6 ± 8.2	3.45	0.001	显著
对照组	160	78.3 ± 7.8	78.3 ± 7.8			
总样本	400	82.0 ± 8.5	-			

从数据检验的结果可知，P 值 < 0.05，表明实验组与对照组达标率差异具有统计学意义。而实验组均值更高，说明新实习模式可有效的提升学生的工程实践能力。

定性分析方面，主要包括对企业导师访谈记录进行主题分析，由于实习单位相对固定，所以对 8 位企业导师进行了深度访谈，主要是调查企业对学生完成实习任务的满意度进行对比调查，结果表明，最近三届实习企业满意度从 62% 提升到了 79%。同时，也通过对企业导师的调查提炼出四个核心问题：(1) 能力需求与课程脱节。企业导师普遍反映毕业生存在“技术栈滞后”问题，如对容器化部署、微服务架

构等现代技术掌握不足;(2) 工程规范意识薄弱。80%的导师提到学生代码质量参差不齐,存在命名混乱、缺乏单元测试等问题。(3) 跨部门协作能力不足。访谈显示,学生在需求评审、项目进度同步等环节表现被动。(4) 职业素养待提升。学生的时间管理、任务优先级划分等软技能缺失。

5. 模型的实施条件与挑战

在该模型的实施过程中,需要一些必要条件的协同和配合,主要体现在如下方面:(1) 制度保障机制。需建立配套的激励政策,最好能将模型实施成效纳入系部教师绩效考核、企业合作评价体系,形成制度性约束与正向引导;(2) 资源整合平台。搭建校企协同的信息化管理系统,实现需求发布、任务分配、过程监控、成果评价的全流程数字化管理,降低协同成本;(3) 能力建设支持。针对校内教师开展 OBE 理念与软件工程实践的双重培训,提升其反向设计能力与工程指导水平;和企业导师进行常态性的教学能力专项研讨,确保其有效参与目标分解与过程评价;(4) 建设学生能力达成度动态追踪系统,以数据化呈现教学改进成效,增强校内外导师和学生的成就感,同时通过能力达成度作为产出数据及时发现教学设计中存在的问题,以做到一个实习周期内部的持续改进。

6. 结论

基于 OBE-RDIO 双循环模型的计算机类生产实习教学改革实践表明,该模型能有效解决传统实习模式中存在的三大核心问题:目标达成度提升,通过将毕业要求指标点分解到 RDIO 各阶段,实现了能力培养与产业需求的无缝衔接。实证数据显示,采用该模型后学生工程实践能力达标率提升 7.3%,企业满意度提高 18%。评价体系优化,构建的过程评价(50%)、技术评价(30%)、综合能力(10%)和创新评价(10%)四维考核体系,有效量化了传统实习中难以评估的团队协作、代码质量等软技能指标。企业导师参与度从原有不足 60%提升至 78%。持续改进闭环形成,通过每周代码评审、中期企业评审、期末答辩的三级反馈机制,使 70%的实习问题能在 1 周内得到教学调整。典型案例显示,“校园二手图书交易平台”项目经过 3 轮迭代后,用户界面友好度评分从 6.1 提升至 8.2。本模型的创新性体现在将 RDIO 框架(需求分析→设计→实现→运作)与 OBE 理念系统化融合,设计了基于 OBE-RDIO 的双循环教学模型,建立了校企双导师协同的实时反馈通道。建议后续研究可进一步探索人工智能技术辅助的实习过程动态监测与实习结果的智能分析。

基金项目

2023 年湖南省普通高等学校教学改革研究项目“工程教育专业认证院级教学管理平台研究与实现”(HNJG-20230730); 2023 年湖南省普通高等学校教学改革研究项目“基于在线优质资源的网络工程专业信息化教学模式探索与实践”(HNJG-20230744); 2025 年湖南工业大学一流本科课程项目产教融合课程“软件项目管理”资助。

参考文献

- [1] Spady, W.G. (1994) Outcome-Based Education: Critical Issues and Answers. American Association of School Administrators.
- [2] 杨慧, 闫兆进, 慈慧, 等. OBE 驱动的工程教育课程教学创新设计[J]. 高等工程教育研究, 2022(2): 150-154.
- [3] 顾佩华, 胡文龙, 陆小华, 等. 从 CDIO 在中国到中国的 CDIO: 发展路径、产生的影响及其原因研究[J]. 高等工程教育研究, 2017(1): 24-43.
- [4] 李刚, 秦昆, 万幼川. 新工科背景下遥感实验教学 CDIO-OBE 模式改革[J]. 测绘通报, 2019(6): 140-145, 151.
- [5] 李岩. 基于“学-问-讲-练”的生产实习教学模式改革[J]. 教育教学论坛, 2023(21): 63-66.

-
- [6] 中国工程教育专业认证协会. 工程教育认证标准(2024 版) [Z]. 2024.
 - [7] 邓洪达, 赵美玉. 中加大学工程类专业生产实习成绩评价比较[J]. 中国培训, 2016(12): 23-24.
 - [8] 王海军, 金涛, 张晓娇, 等. 基于OBE-CDIO理念的Python语言程序设计课程教学探索[J]. 计算机教育, 2024(9): 127-131, 136.