



# 基于成果导向的软件工程实践教学模式研究

吴祖峰, 蓝天\*

(电子科技大学信息与软件工程学院, 成都 610054)

**摘要:** 针对工科学科基础实验教学中固定题目、过程模型、知识点、技术应用和考核中一报告定终身的“4 固定 1 单一”问题, 以工程能力提升为目标导向, 基于软件工程全生命周期, 构建了“5 阶协同”的全生命周期实验教学模式, 并基于此设计了“二要素, 量、质结合”的过程和结果考核相结合的评价考核模式。该教学模式将授课教师设计固定实验转变为学生自主设计, 能够培养学生探究性学习、创新型、自主学习能力。通过 OBE 达成度、成绩正态分布结果进行验证, 学习效果有效提升。

**关键词:** 软件工程; 全生命周期; 阶段协同; 里程碑审核; 量质结合

中图分类号: G642.1

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20230026

## A Study on Teaching Mode of Result-oriented Software Engineering Practice

WU Zufeng, LAN Tian\*

(School of Information and Software Engineering, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610054, China)

**Abstract:** Aiming at solving the “4 ‘fixed’ and 1 ‘simple’” problem, namely the fixed titles, fixed process models, fixed knowledge points, fixed technology applications in engineering basic experimental education and the regulation of judging everything simply by presentations in the assessment, and aiming to improve the engineering ability, based on the whole life cycle of software, we constructed the “five-order collaboration” full-life-cycle experimental teaching mode, based on which we designed the “dual elements, quantity and quality combined” mode of evaluation that combines process and result evaluations. This teaching mode converted the mode that teacher designs fixed experiments to that students design experiments themselves, which could develop students’ ability of researching, creative and initiative learning. Through the validation of OBE achievement degree and the normal distribution of score results, the learning effect was proved to be improved effectively.

**Key words:** software engineering; full life cycle; phase synergy; milestone auditing; quality combination

随着信息时代的到来, 高质量软件已经成为产业升级、产业赋能的重要途径。2022 年 8 月, 工信部副部长王江平在“中国软件杯”大赛颁奖致辞中指出, 要将软件人才培养作为产业发展的基础和关键<sup>[1]</sup>。软件是现代科学技术发展的产物, 随着其规模和复杂性的提高和适用范围的扩大, 其所需人才的工程能力要求越来越高。软件工程学科依托数学、逻辑学、管理科学等原理, 支撑构建和维护有效、实用和高质量软件的学科, 旨在培养学生分析与设计软件系统的能力, 熟练使

用各类流行软件技术解决实际问题的能力和控制软件质量的能力<sup>[2]</sup>。

软件工程基础与实践课程作为培养软件工程学科的基础课程, 是一门研究应用计算机技术进行分析、设计、验证、确认、实现、应用和维护以及软件开发管理的课程, 承担着学生构建学科知识体系框架和培养基础工程能力的作用, 其实践教学部分是培养软件工程基础能力的重要环节。

成果导向教育正是与此目标相契合的先进教

收稿日期: 2023-01-17; 修回日期: 2023-06-21

基金项目: 中国高校计算机教育 MOOC 联盟线上线下混合式教学改革项目(B190202)。

作者简介: 吴祖峰(1978-), 男, 博士, 副研究员, 主要从事软件工程、数据挖掘的教学、管理与研究。

\*通信作者: 蓝天(1977-), 男, 博士, 研究员, 主要从事软件工程、语音与文本信息处理的教学与研究。E-mail:

lantian1029@uestc.edu.cn

育理念, 近来已广泛应用于我国高等工程教育教学改革<sup>[3-6]</sup>, 在多个学科的实验和实践中取得了良好效果。作为工程型学科, 软件工程的学科基础课程——软件工程基础与实践, 不仅要求学生具备学科框架性知识体系和能力<sup>[7-8]</sup>, 还应具备分析设计、程序实现、质量保证、项目管理等全生命周期的复杂问题解决能力和一定创新能力, 以满足行业人才需要<sup>[9-10]</sup>, 因此重构一套基于软件开发全生命周期的, 具有探究性、挑战性、团队协作、自主性强的课程实验, 对于构建满足实践能力、创新能力培养要求非常必要。

实验教学的设计与课程教学的协同是贯彻落实理论、实践同向互促的重要手段, 在讲授理论知识的同时, 紧密开展实验教学, 让技术应用场景与理论学习紧密结合, 能够有效提高教学的实效。本文借鉴以学生为中心的产出导向的教学理念<sup>[11-13]</sup>, 重新设计理论与实践协同的教学模式, 让理论教学与实践教学同向协同, 在进行理论教学的同时, 使探究性、挑战性、自主性实践紧密同行, 让学生学即用、用则通、通则举一反三, 提升教学最大效能, 以改变“教”与“学”关系, 尤其对于知识点密集的学科基础课程作为学科知识体系建立的基础课程, 更应该受到重视。

## 1 问题及研究现状

在追求高效率学习和期望快速获得回报的今天, 许多重要的工程理论计算方法逐渐被工程软件计算代替<sup>[14]</sup>, 因此高质量的软件就更加重要。对于软件工程学科, 基础工程能力的培养愈发重要, 学科基础课程的实践环节设计具有重要的基础性作用。《软件工程基础与实践》课程作为软件工程学科的基础课程, 涵盖了软件过程认知、需求分析、设计、实现、测试及项目管理等几乎软件工程相关的所有分支内容, 具有知识内容广、学科跨度大、不同知识点教学要求差异大等特点。而在传统教学中, 课程实验往往表现为“4 固定 1 单一”, 在自主性思维启发、挑战性实践、创新能力培养等方面无法满足创新人才培养的目标要求。

根据多年教学经历, 对于传统实践教学“4 固定 1 单一”问题总结如下。

1) 固定题目。实验内容千人一面, 团队成员学习效果不均衡。传统实验题目多为预置体验类

题目, 多年未变, 很难激发学生自主学习和探究式学习动力。

2) 固定知识点。实验过程设计固定在相关知识点, 如: MIS 系统的增、删、改、查, 用户登录的权限处理等基本功能的用例分析、时序设计、泳道设计、测试用例设计等相对固定知识内容, 学生创新性学习不足。

3) 固定过程模型。虽然课堂教授了很多过程模型, 但是由于题目受限, 软件类型特点等原因, 基本采用最传统的瀑布模型, 在其他行业应用更广的过程模型无法得以实践, 从而导致不具备新型过程模型的应用意识和能力。

4) 固定技术应用。由于所涉及的软件功能相对固定, 对数据的常规应用、用户权限处理等技术手段应用相对固定, 很难拓展到决策支持、游戏设计、深度学习等挑战性内容所涉及的技术应用。

5) 考核模式单一。未与教学形成同向激励。传统实践环节考核多采用报告审核的一次性终期考核, 未兼顾过程评价和能力评价, 考核目标与教学目标存在两张皮现象。同时实验环节设计与课程讲授内容安排不合理, 往往在采用知识点讲授后, 再进行课程实践, 降低了知识热度。

在“4 固定 1 单一”的模式下, 无法激发学生自主性学习、探究性学习、挑战性实践、创新性训练, 甚至部分学生会从学长处借鉴、抄袭, 让学科基础课程成为工程学科知识点堆叠的课程。为提高课程教学质量, 尽量规避目前实践教学存在的弊端, 基于学科基础课程特点, 通过不断探索与实践, 设计了基于“5 阶段协同”的全生命周期的软件工程挑战性课程实验, 有效提升工程能力和创新能力培养效果。

## 2 “5 阶段协同”的全生命周期实践教学模式设计

针对学科基础课程实验的教学难点, 依托团队多年教学经验总结, 结合理论教学的进度安排, 进行了“5 阶段协同”的全生命周期实践教学模式设计。第一阶段进行体系知识框架、过程模型、基础概念的知识预备, 同步实验组队, 一组一题进行自主拟题和题目可行性分析论证; 第二阶段针对需求分析进行理论知识讲授, 紧密衔接开展需求获取、提炼、描述和验证实验; 第三阶

段针对系统设计进行理论知识讲授, 紧密衔接开展概要设计、详细设计实验; 第四阶段进行程序语言讲授, 并平行开展程序实现的软件原型开发实验; 第五阶段针对软件质量保证、测试策略、测试技术讲授, 紧密衔接开展软件测试实验。指导课题论证同向并行、需求分析技术应用串行衔接、系统设计技术应用精化串行、程序代码实现

阶梯并行迭代到软件测试技术应用串行衔接的五阶段顺序推动, 让阶段理论教学与实验教学紧密协同, 并在阶段节点开展里程碑审核。形成阶段性模块理论到实践紧密衔接、知识高热度期间开展实践学习、从“知识预备-实验指导-阶段纠偏完善”的 5 阶段协同的实验教学模式。具体实验教学模式设计如图 1 所示。

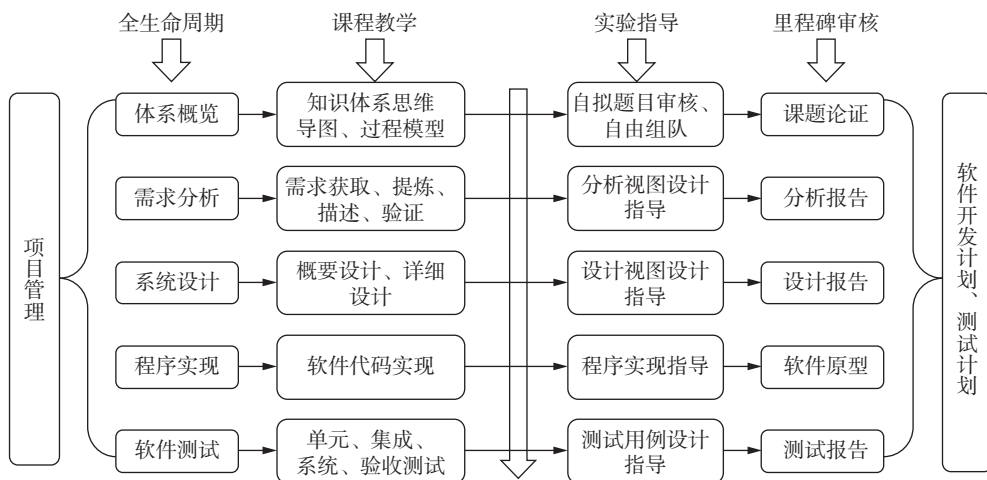


图 1 基于全生命周期“5 阶段协同”实验教学模式

### 2.1 一阶同向并行协同

预备知识准备和实验初期准备同步开展。通过学科知识体系思维导图进行体系知识概览、过程模型优缺点和适用场景分析、软件实践团队组建指导、基础概念等实验知识预备。结合过程模型和团队组建知识, 指导学生同时开展实验准备, 组建 3~5 人规模的实验小组, 开展小组实验题目的拟定和过程模型选择, 按照业务场景相对熟悉、人均模块量、三年周期不重复的原则进行一组一题的实验题目拟定, 完成第一阶段工作。

### 2.2 二阶串行衔接协同

需求分析阶段理论和实践串行紧密衔接协同。理论教学中进行分析阶段任务、获取技术、提炼技术、描述和验证知识讲授, 指导学生在三阶段开始前进行访谈、会议讨论等需求获取技术训练, 完成涉众分析、用例图绘制、泳道图绘制、用例规约描述等需求提炼技术的实验内容, 形成简要需求分析报告作为里程碑, 并就报告进行里程碑审核和纠偏指导。在需求分析阶段进行知识、技术讲授后, 紧密衔接开展分析技术应用实验, 紧握知识热度进行实践巩固, 培养需求分析技术能力。

### 2.3 三阶精化串行协同

系统设计阶段从概要设计到详细设计阶段精化, 每个阶段理论与实践串行协同。在理论教学中进行概要设计的部署设计、子系统划分等知识与技术的讲解后, 指导学生开展部署图绘制、接口设计等概要设计技术实验; 进行详细设计的类设计、顺序图设计等知识和技术的讲授, 指导学生开展用例细化、类的选取与设计、顺序图绘制等详细设计阶段技术实验, 形成简要系统设计报告作为里程碑, 并就报告进行里程碑审核和纠偏指导。在进行系统设计的概要设计知识、技术讲授后, 衔接开展概要设计技术应用实验, 随后进入详细设计阶段, 对模块进行精化设计的知识、技术传授, 并开展详细设计技术应用实验, 使两个阶段逐步细化, 紧密衔接每个阶段理论和实践, 提升学生系统设计能力。

### 2.4 四阶阶梯并行迭代

程序实现阶段开展开发技术与开发实验, 按照阶段知识紧扣对应实验进行系统化的并行迭代。基本语法讲授后, 完成独立源代码段的实现; 类、接口技术讲授后, 完成类调用、消息传递、接口调用等类间调用代码的实现; 异常处

理、输入输出流、多线程、GUI 编程等技术讲授后，完成预定义类调用的代码实现。从小到大，逐步完成软件原型系统的源代码编写，形成源代码作为里程碑，并就系统原型、工作量等里程碑进行审核和纠偏指导。完成上一个阶段知识讲授后，紧跟编码实践，开展下一个阶段讲授，实现开发技术讲解与代码实践的并行迭代，提升学生程序实现能力。

### 2.5 五阶串行衔接协同

软件测试阶段理论和实践串行紧密衔接协同。在理论教学中进行软件质量保证、软件测试策略、软件测试技术等知识的讲授，指导学生随后开展测试用例设计、测试验证等软件测试技术的实验内容，形成简要软件测试报告作为里程碑，并就报告进行里程碑审核和纠偏指导。在软件测试阶段知识、技术讲授后，紧密衔接开展测试技术实践应用实验，紧握知识热度进行实践巩固，提升软件测试技术能力。

基于 5 个里程碑成果为导向的“5 阶段协同”

全生命周期实验教学模式，具有全生命周期设计、理论与实践紧密协同、挑战性题目实践、阶段性里程碑指导等优点。解决了传统实验教学中“4 固定 1 单一”的问题，让软件工程类的学科基础课程实验更具探究性、挑战性和创新性，有效提升教学效果。

### 3 “二要素，量、质结合”的考核模式设计

结合实验模式的科学的考核设计可以有效引导持续改进、助推学生有目的学习、主动学习和探索性学习。课程组借鉴持续改进的工程认证理念，充分考虑过程和结果等二维考核因素：教学过程考核，即在原有终期结果考核的基础上，增加里程碑审核的过程性考核和指导，避免一报告定终身，加强考核的客观性；同时针对最终报告，设计全面的量、质相结合的评价量表，提升结果考核的科学性。结果考核的过程文档、程序实现评价量表如表 1 和表 2 所示。

表 1 软件过程文档评价量表

视图数量(个)	视图质量(优、良、中、及格、差)	测试用例数量(个)	测试用例质量(优、良、中、及格、差)	文档规范性(是否按照模板撰写)	总分
(满分60分)		(满分30分)		(满分10分)	
∴	∴	∴	∴	∴	∴

注：1. 项目1、项目2的评分=归一化分数×等级；

2. 项目1、项目2评分规则，以数量最高为 $X_{max}$ ，未提交为0，数量最低为 $X_{min}$ 。归一化计算得分，等级优为100%、良为80%、中为70%、及格为60%，差为40%。

表 2 程序实现部分评价量表

评价指标	文档检查部分						演示部分		总分
	基本语法(20分)	类(20分)	接口(10分)	多线程(10分)	异常处理(10分)	GUI编程(10分)	文档规范性(5分)	软件正常运行情况(15分)	
数量									—
评分									—
比率	—	—	—	—	—	—	—	—	

注：1. 总分=(项目1评分+项目2评分+……+项目n评分)×软件复杂度；

2. 评分规则：以数量最高为 $X_{max}$ ，未提交为0，数量最低为 $X_{min}$ ，归一化计算得分。

通过二要素考核方案设计，全面考虑过程和结果，加强过程性考核，不仅解决一报告定终身的弊端，并与教学过程形成同向激励。以复杂度最高为满分标准，鼓励挑战性和创新性实践和引导大量实践；以知识点覆盖的量化评价，提高自主技术应用训练的质量，倡导自主性探索。

### 4 教学实践结果分析

每一种教学模式的科学性、实际效果都需要

验证，而工程认证是国际认可的工程教育检验标准<sup>[15-16]</sup>，因此本文采用以 OBE 达成度分析作为第一种评价标准。同时在 OBE 目标的框架下，考试难度基本持平，而考试的成绩正态分布则可以作为第二种评价标准。截至目前，该教学策略的实践已经过两轮迭代，虽然实施前没有达成度模型设置和数据计算，无法进行量化对比，但是实施后提交的成果软件和作业文档质量都有明显提升，同时通过持续改进，第二轮教学较第一轮也

有明显的提升。

#### 4.1 基于 OBE 理念的课程目标达成度对比分析

本课程所在专业顺利通过专业工程认证,目标达成度获得专家认可,毕业目标、课程目标达成体

系合理有效。其中软件工程基础与实践作为学科基础课程,支撑多个 OBE 课程目标,如表 3 所示。

针对该课程目标,本轮迭代与上一轮的目标达成度对比数据如表 4 所示。

表 3 软件工程与实践 OBE 课程目标支撑

课程目标	权重系数	学习成果
CO1	0.2	CM1: 基本概念 CM2: 软件的生命周期、软件过程概念、常见的软件过程模型 CM3: 面向对象的需求分析方法
CO2	0.3	CM4: 面向对象的系统设计方法 CM5: 面向对象程序实现 JAVA CM6: 质量和质量保证的概念、软件评审、软件可靠性、ISO9000 质量标准、软件测试的策略和技术等内容
CO3	0.3	CM7: 软件维护的概念和分类、应注意的问题、软件维护过程模型和软件维护技术等内容 CM8: 软件系统开发管理、工程管理原理与经济决策方法
CO4	0.2	CM9: 选定一个软件项目,分组完成选题项目的需求分析、系统设计、程序实现和软件测试实验

表 4 两轮达成度对比分析表

课程目标	上次达成度	本次达成度	同比增减
CO1	0.698	0.75490	0.0569
CO2	0.752	0.74681	-0.0050
CO3	0.778	0.77853	0.0005
CO4	0.742	0.91728	0.1750
总体 CO	0.752	0.80827	0.0560

通过上表数据可以看出,作为考核能力部分的 CO4,达成度获得 17.5% 的提升,从 OBE 达成度分析上看,该实验教学模式取得了预期的效果。

#### 4.2 考试成绩对比分析

正态分布理论是对社会生活众多现象的基于概率论的经典概括,呈现出“中间大、两头小”的分布形态。在教育教学方面,正态分布理论具有一定的科学和指导意义<sup>[17]</sup>。按照工程认证的标准,OBE 实验课程目标相对稳定,同时考核环节采用考教分离、团队出题、多阶段审题等手段,保证考试难度的稳定性。在考试难度相对稳定的前提下,成绩的正态分布就具有比较意义。两轮考试成绩分布表如表 5 所示。其成绩对比曲线图分布如图 2 所示。

从表 5 和图 2 可以看出,本轮考试成绩较上一轮成绩,动态分布情况趋好,且趋势较明显,中间分数段(70 分~90 分)比例提升 14.3%,高分段(90 分以上)降低 0.4%,低分段(70 分以下)降低 13.09%,班级总体成绩分布更趋于正太分布。从成绩分布的角度反映出该教学策略达到了预期的

效果。同时实践部分提交的软件形式作业,相比传统教学模式,软件复杂度和质量都有较为明显的提升。

表 5 两轮课程成绩分布对比表

成绩段/分数	上轮成绩分布		本轮成绩分布		同比增减比例/%
	人数	占总人数的比例/%	人数	占总人数的比例/%	
90~100	12	13.6	9	13.2	-0.40
80~89.9	22	25.0	25	36.8	+11.80
70~79.9	25	28.4	21	30.9	+2.50
60~69.9	23	26.1	11	16.2	-9.90
0~59.9	6	6.8	2	2.9	-3.19

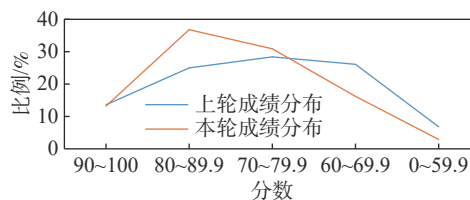


图 2 两轮课程成绩对比曲线图

## 5 结束语

从 OBE 课程目标达成度分析中可以看出,该教学策略相较上一轮在能力提升方面具有显著效果。团队基于 OBE 工程教育的成果导向理念,结合工程教育改革、软件工程专业的人才培养目标和软件工程生命周期的特点,优化了学科基础课的实验教学,提出了“5 阶段协同”的实验教学模式。同时根据软件工程专业特点,基于成果导向

的阶段性里程碑审核和过程性指导,设计了“二要素,量、质结合”的成果考核模式,切实优化了考核环节的科学性和客观性,提高了人才培养质量。

### 参考文献

- [1] 财联社. 工信部: 稳步实施国家软件发展战略加快培育开源生态[N/OL]. (2022-8-16)[2022-12-09]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1741385361632610101&wfr=spider&for=pc>.
- [2] 赵玉娟, 张浩军, 王晓松. 卓越背景下能力导向型软件工程课程群建设方案研究[J]. 计算机教育, 2015(12): 74-77.
- [3] SPADY W G. Outcome-based instructional management: A sociological perspective[J]. *Australian Journal of Education*, 1982, 26(2): 123-143.
- [4] 许吉. 基于OBE理念的课程教学评价与实践[J]. 黑龙江教师发展学院学报, 2021(1): 46-48.
- [5] 常志英, 崔维森. 国内成果导向教育研究主题及脉络演进[J]. 河北大学学报(哲学社会科学版), 2019, 44(5): 59-67.
- [6] 教育部办公厅, 工业和信息化部办公厅. 教育部办公厅工业和信息化部办公厅关于印发《特色化示范性软件学院建设指南(试行)》的通知[EB/OL]. (2020-6-11)[2021-7-21]. [http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/202006/t20200619\\_466895.html](http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/202006/t20200619_466895.html).
- [7] 鲁可, 张晓东, 孙丽君. “软件技术基础”实践教学探索[J]. 实验技术与管理, 2013(4): 169-170.
- [8] 娄久, 李秀坤, 张茹. 软件设计与开发实践课程探讨分析[J]. 实验技术与管理, 2012(4): 186-188.
- [9] 杨波, 许福, 李冬梅, 等. 针对软件工程课程的人工智能实验案例设计[J]. 计算机教育, 2022(9): 202-206.
- [10] 杨荣, 邓树文, 王电化. 软件工程课程教学改革的实践探索[J]. 湖北科技学院学报, 2022(3): 127-132.
- [11] 袁小平, 陈焯, 蔡丽. 基于产出导向的国家级线下一流本科课程建设研究[J]. 中国大学教学, 2022(9): 67-73.
- [12] 王怀民, 王涛, 毛新军. 升级大学软件教育[J]. 中国大学教学, 2022(9): 4-7.
- [13] 李季. 工科类专业基础课“工程形成”教学模式的构建与实施[J]. 高等工程教育研究, 2022(6): 75-79.
- [14] 王骥, 黄海波, 谢龙涛, 等. 工程学科专业建设中的基础课程问题[C]//2018年全国固体力学学术会议摘要集(下). 北京: 中国力学学会固体力学专业委员会、国家自然科学基金委员会数理科学部. 哈尔滨: [s. n.], 2018.
- [15] 王毅, 黄建忠, 张沪寅. 基于成果导向理念的计算机新工科人才培养[J]. 计算机教育, 2020(2): 8-11.
- [16] 于冷, 陈波. 基于CDIO-OBE的实验教学过程性考核模式[J]. 计算机教育, 2022(2): 168-173.
- [17] 赵福君. 正态分布在教学中的实际应用[J]. 思茅师范高等专科学校学报, 2022(6): 108-110.

编辑 王燕