doi:10.13582/j.cnki.1674-5884.2025.06.006

工程教育认证视域下的研讨式教学模式探究

——以“数据结构”课程为例

刘述钢[1],雷伟桦[1],张珊明[2]
(湖南科技大学 1.物理与电子科学学院;2.教育学院,湖南 湘潭 411201)

摘　要:为践行工程教育认证“学生中心、产出导向、持续改进”的理念,以“数据结构”课程为载体,聚焦传统教学中教学内容与工程实践脱节、教学方法过于单一和固化、课程评价与实际认证要求脱节等问题,构建贯通复杂工程问题解决、系统设计与团队协作能力培养的研讨式教学模式,以实现抽象工程能力要求向具象教学任务的转化,为课程教学与工程认证标准的衔接提供可推广的范式。*T* 检验结果表明:实验组各项能力均显著优于对照组,其中,批判性思维与沟通协作能力的提升尤为显著。

关键词:工程教育认证;研讨式教学;数据结构;教学改革
中图分类号:G642　　**文献标志码:**A　　**文章编号:**1674-5884(2025)06-0036-07

在全球工程教育认证加速演进的背景下,各类认证机制蓬勃发展并日益完善。作为“华盛顿协议”的创始成员,美国工程与技术认证委员会(accreditation board for engineering and technology, ABET)率先将“成果导向教育”(outcome-based education, OBE)理念深度融入认证标准,形成“目标设定—过程实施—持续改进”的完整范式[1]。欧洲工程教育认证网络(european network for accreditation of engineering education, ENAEE)借鉴德国等国的实践经验,通过构建模块化课程设计与产业适配机制相结合的质量保障体系,为全球工程教育改革提供了有益借鉴。自我国于 2016 年加入“华盛顿协议”后,工程教育认证逐步确立了以“学生中心、产出导向、持续改进”为核心的 OBE 框架。这一框架推动了课程体系与产业需求的精准对接,同时,强化了学生核心能力达成度这一导向。

然而,当前工程教育改革仍面临诸多现实困境。传统教学模式难以系统培养学生解决复杂工程问题的能力,导致约半数的工科毕业生存在“知识应用断层”问题[2]。同时,教学评价与认证标准关联不强,仅有不足四分之一的高校建立了动态追踪与闭环反馈机制[3]。究其原因:一方面,传统“讲授—练习”模式无法有效支撑复杂工程问题解决能力、团队协作能力等关键能力的培养,学生多停留在知识理解层面,缺乏将知识应用于工程实践的能力;另一方面,课程目标与认证标准间映射模糊,教学评价缺乏对工程思维形成过程的动态监测,使得持续改进机制流于形式[4]。作为电子信息领域的核心基础课程,“数据结构”不仅是算法逻辑的抽象载体,更是系统设计能力的重要实践平台,其教学改革成效直接关系到工程人才计算思维与创新能力培养质量。本研究围绕“数据结构”课程,以工程教育认证标准为纲领开展教学实践,并创新性提出以工程教育认证为导向的研讨式教学模型。

研讨式教学以学生为中心,通过师生互动和生生讨论,引导学生自主探索知识并解决工程问

收稿日期:2025-05-13
基金项目:湖南省普通高等学校教学改革研究重点项目(HNJG-20230627,HNJG-2022-0166)
作者简介:刘述钢(1978—),男,湖南邵阳人,讲师,博士,主要从事电子信息、集成电路设计教学研究。

题,突破传统单向灌输的局限,契合工程教育对能力培养的要求[4]。通过深度参与研讨与实训,学生的复杂工程问题解决能力、团队协作能力等得到有效提升,实现对工程教育认证标准的对标。一是基于反向设计(backward design)理论[5]解构“问题分析”“系统设计”“团队协作”等核心指标,构建“认证标准—课程目标—教学行为—评价工具”四级映射机制,将抽象的工程能力要求转化为具象的教学任务。二是构建“双循环”教学框架:在课程目标层面,引入图书管理系统和文件目录管理系统等企业级项目,重构教学内容,形成“数据结构建模—算法优化—系统集成”的工程能力培养链;在教学层面,设计“情境导入—协作探究—反思迭代”的教学流程,借助仿真平台模拟企业开发过程,引导学生以团队协作的方式完成需求分析、方案设计、调试优化等工程任务,提升其综合实践素养。此外,开发涵盖知识整合、问题拆解、协作贡献等维度的过程性评价工具,完善“教学—评估—反馈—改进”的闭环机制,以提升教学的可控性及其持续改进的科学性。

1　“数据结构”课程教学存在的问题

在工程教育认证对实践能力的要求持续提高的背景下,当前“数据结构”课程教学面临三重困境,严重制约着学生工程实践能力与综合素养的有效提升[6-7]。

首先,教学内容与工程实践脱节。传统的“讲授—练习”教学模式过度关注算法的时间与空间复杂度分析,使得大量课时耗费于理论推导和公式演算,而忽视与实际工程应用的结合。例如,在排序算法教学中,教师往往侧重于讲解快速排序、归并排序等算法的复杂度证明,却忽视了不同数据规模与特性下的数据结构选型与数据设计策略分析。此外,课程设计普遍缺失数据结构工程化选型与系统集成环节,学生难以建立“算法—数据—系统”的认知框架,导致理论知识难以迁移到工程实践中,形成“学用割裂”的现象。

其次,教学方法过于单一和固化。当前的课程教学中,以教师讲授为主、学生被动接受的单向灌输模式仍占据主导地位。课程案例局限于二叉树遍历、图搜索等经典题型,这些案例虽然有助于学生理解基本概念,但往往缺乏贴近真实场景的复杂工程问题。例如,在图搜索算法教学中,教师通常只使用迷宫寻路、最短路径等简化问题,而未引入城市交通路径规划等复杂工程场景。这种做法难以激发学生的探索动机和创新思维,也抑制了其高阶工程问题解决能力的发展。

再次,课程评价与实际认证要求脱节。当前,标准化考试仍是主要评估手段,题型以考查知识记忆与简单应用能力的选择题、算法应用题等为主,难以全面评估“复杂问题拆解”“跨学科协作”等核心能力。此外,现有评价体系对团队协作能力、沟通能力、问题解决思维等关键能力的考查不够重视,导致评价结果难以真实反映学生的工程实践能力与综合素质。

尽管已有研究尝试通过项目式学习或案例教学提高课程教学质量,但在实际应用中,仍存在“碎片化实践”或“低阶重复”的局限。部分项目只涉及单一数据结构,未能形成完整的工程链。而滞后的教学案例难以与最新技术与行业需求相融合,导致“理论建构—工程实践—反思迭代”的系统化培养路径缺失。因此,亟须构建一个符合工程认证标准,能够融合理论与实践并促进知识迁移的新型教学模式,以切实提升“数据结构”课程的教学实效。

2　工程教育认证导向的研讨式教学模式设计

2.1　认证标准与教学要素的映射方法

本研究基于反向设计理论,从毕业要求出发,聚焦“问题分析”“系统设计”“团队协作”等三大核心指标[8-10],构建“工程认证指标—研讨式教学要素—教学行为—评价工具”四级映射矩阵(见表 1),以实现认证标准与教学要素的有机耦合,推动课程改革系统化,可操作化。

(1)复杂工程问题解决能力:依托实际工程,引导学生进行数据结构选型与算法设计。例如:在图书管理系统中,根据订单数量动态增长的特性,指导学生合理选择线性表(顺序表/链表)以实现高效存储与检索;在文件系统管理中,运用树结构优化目录层级,以提升文件查询与管理效率。由此,强化学生在真实问题中迁移与运用理论知识的能力。

(2)系统设计能力:强化数据结构、算法与系统功能的协同优化。学生须从系统架构出发,统筹考虑模块设计与接口规范。例如:在图书管理系统中,实现基于线性表的员工信息模块与基于树结构的组织层级模块的系统集成。

表 1　工程认证指标与教学要素的映射

工程认证指标	研讨式教学要素	教学行为	评价工具
复杂工程问题解决能力	实际工程项目中的数据结构选型与算法设计要求	以项目重构教学内容,如:在图书管理系统中进行线性表选型分析,在文件系统中设计目录树结构应用,等等; 落实“情境导入—协作探究—反思迭代”教学流程	课堂观察记录、阶段性测试报告(用以评估知识整合度与问题拆解效率)
系统设计能力	数据结构、算法与系统的协同	指导学生完成不同模块的系统集成,优化接口和数据交互,实现结构化系统设计	系统集成测试报告、模块兼容性评估结果(用以检验系统功能及其稳定性)
团队协作能力	跨角色沟通与任务协作能力	组织学生分组开展项目实践,明确分工并协作完成模块开发与接口对接	小组项目总结报告、成员互评表(用以量化考核协作贡献与沟通成效)

(3)团队协作能力:依托企业级项目,模拟真实工程团队协作流程。在图书管理系统与文件系统开发项目中,学生分组负责线性表(如员工信息)与树结构(如组织层级)模块,通过角色分工、定期研讨、交叉评审等环节,提升自身跨角色沟通协作效能。

此外,课程目标须涵盖创新思维激发与持续改进意识培育等维度,鼓励学生探索数据结构和算法的优化,从而推动知识应用创新性发展。同时,通过阶段性反思与迭代,培养学生“持续改进”的工程素养。

2.2　教学模式设计

在教学行为层面,本研究以企业级项目为载体重构“数据结构”课程内容,形成“数据结构建模—算法优化—系统集成”的工程能力培养链,并实施“情境导入—协作探究—反思迭代”三阶段研讨式教学模式[11]。同时,通过多维度过程性评价方式,形成“教学—评估—改进”闭环反馈,以确保工程能力要求在教学中得到有效落实。

(1)情境导入。紧扣工程需求,通过案例引入数据结构知识,激发学生的问题意识与工程思维。例如:利用图书管理系统比较顺序表与链表频繁插入、删除操作等性能;利用文件系统目录管理分析二叉树与 B 树在文件路径查找中的性能优势。通过这些具象化的工程问题设定,建立抽象数据结构知识与实际工程问题的直接关联,提升学生的情境理解与需求分析能力。

(2)协作探究。学生以 4~6 人为小组,分角色完成需求分析、算法设计、代码实现、测试验证等任务。例如:在图书管理系统中,学生基于双链表设计订单队列结构并优化排序算法;在文件系统和管理系统中,学生利用树结构实现文件数据索引查询,并通过 Git 平台进行协同开发与版本控制。教师通过小组间研讨、方案答辩等形式,引导学生就数据结构选型、算法优化策略展开批判性讨论,促进学生工程决策能力与逻辑表达能力的提升。

(3)反思迭代。采用“过程性评价+多维度反馈”机制,综合考查学生工程实践的过程与结果。通过采集学生问题拆解进度、代码提交频率、单元测试覆盖率等过程性数据,并结合集成稳定性和系统性能进行综合评价,全面评估学生的项目能力与知识迁移效果。项目结束后,学生提交成果报告并答辩,教师则依据工程认证指标提出针对性改进建议,推动学生在“发现问题—分析问题—解决问题”的螺旋式迭代中持续提升自身工程能力。

2.3　能力细分与评估指标

在工程认证框架下,复杂问题分析、系统设计和团队协作构成学生核心工程素养的关键维度。正如美国教育心理学家本杰明·布鲁姆的教育目标分类理论所强调的,能力的细分有助于清晰识别学习成果,并有效达成教学目标。在教育目标分类理论与工程教育认证标准的双重指导下,本研究对工程核心能力进行多方面的层级化细分,并设计科学的评估指标,以支撑教学设计与过程性评估。这不仅为工程认证导向下的教学实践提供了量化依据,更为推动工程教育质量的持续提升筑牢了根基。具体细分方法如下。

(1)复杂问题通常具有知识交叉、结构复杂、数据量大等特征。本研究将复杂问题分析能力细分为五项指标:知识综合运用能力,评估学生调动多学科知识解决问题的能力;逻辑推理与拆解能力,考查学生将问题结构化并提出解决路径的水

平;批判性思维能力,关注学生对现有方案的反思与优化;创新思维与策略构建能力,评估学生提出新颖、有效方案的能力;信息处理与分析能力,考查学生提取关键信息并进行关联分析的能力。

(2)系统设计能力是指学生对整体系统架构的掌控能力及其模块化思维的成熟度。本研究将其细分为四项指标:方案规划完整性,评估设计过程中学生是否对功能需求、技术约束、用户体验等关键要素进行了全面考量;模块构建合理性,考查系统结构划分的科学性与模块划分的独立性;性能优化意识,评估学生平衡与优化算法效率、资源配置等性能因素的能力;接口设计规范性,依据接口标准化程度、参数传递规范程度及异常处理机制的完备度进行综合评价。

(3)团队协作能力是指学生在实际工程任务中展现的组织协调力与合作执行力。本研究将其细分为四项指标:角色分工合理性,考查团队资源是否实现高效配置;沟通协作有效性,考查信息流通与任务推进是否顺畅且高效;团队目标达成度和成员贡献度,分别从整体成果和个人价值实现角度,综合评估团队的协作成效。

基于对复杂问题分析能力、系统设计能力和团队协作能力的细分,本研究在“数据结构”课程研讨式教学实践中设计了具体的能力评估指标(见表 2),旨在对学生能力进行全过程、全方位评估。

表 2　能力评估指标

能力维度	评估内容	评估方法	分值/分
复杂问题分析能力(100 分)	知识综合运用能力	设计跨章节的、多知识点融合的复杂问题场景,考查学生知识的全面性与灵活性	20
	逻辑推理与拆解能力	观察学生拆解复杂问题的过程,评估其问题分解能力、逻辑关系梳理能力和方案制定能力	20
	批判性思维能力	收集学生对现有方案的评价,评估其提出的改进建议的深度与可行性	20
	创新思维与策略构建能力	观察学生解决问题时是否能突破常规,提出新颖且实用的策略	15
	信息处理与分析能力	评估学生提取与分析关键信息的能力	25
系统设计能力(100 分)	方案规划完整性	评估学生设计的系统方案在功能、需求、技术、用户等方面的完整性	25
	模块构建合理性	评估学生在模块设计中体现的独立性、逻辑性和扩展性	25
	性能优化意识	评估学生在算法效率、资源分配等方面的性能优化意识	20
	接口设计规范性	评估接口标准化程度、参数传递规范性和异常处理机制完备度	30
团队协作能力(100 分)	角色分工合理性	评估团队成员间职责划分的均衡性和针对性	20
	沟通协作有效性	评估团队内部的沟通频率、信息传递质量和问题响应效率	30
	团队目标达成度	评估团队项目成果与任务目标的契合度及项目完成质量	25
	团队成员贡献度	通过自评、互评与教师反馈评估个人实际贡献	25

3　实施效果分析

为检验工程教育认证导向的研讨式教学的成效,本研究采用准实验方法,选取电子信息科学与技术专业 4 个班级(120 名学生)为研究对象,按照 4~6 名学生一组的标准组建协作团队,并将其划分为实验组(采用工程认证导向的研讨式教学,$n=62$)与对照组(采用传统“讲授—练习”模式,$n=58$)。

3.1　实施步骤

在研讨式教学实施中,以线性表和树为典型数据结构,依托“情境导入—协作探究—反思迭代”三阶段教学链条,推进“数据结构”课程教学改革,以推进理论知识与工程实践的融合。具体实施步骤见图 1。

(1)情境导入阶段。教师围绕工程认证标准中“复杂工程问题解决能力”培养目标设计真实工程案例并将其引入课堂教学。例如:在讲授线性表时,以图书管理系统数据存储与检索为情境,使学生直观理解线性表在实际问题中的应用价值;在讲授树结构时,设计文件系统目录管理情境,帮助学生理解树结构在层级数据处理中的优势,使其明确学习目标,并激发其问题意识。

(2)协作探究阶段。学生以小组为单位展开研讨与实践。在线性表项目中,各小组围绕图书

管理系统的结构选型,分析顺序存储与链式存储在插入、删除操作中的效率差异,并通过 Git 平台进行版本控制与协同开发,围绕功能模块进行设计与部署,由此提升自身团队协作与系统建模能力。在树结构项目中,小组围绕文件系统管理任务设计并优化树的遍历算法,利用仿真平台模拟系统运行,在实践中提升自身问题拆解与解决能力。

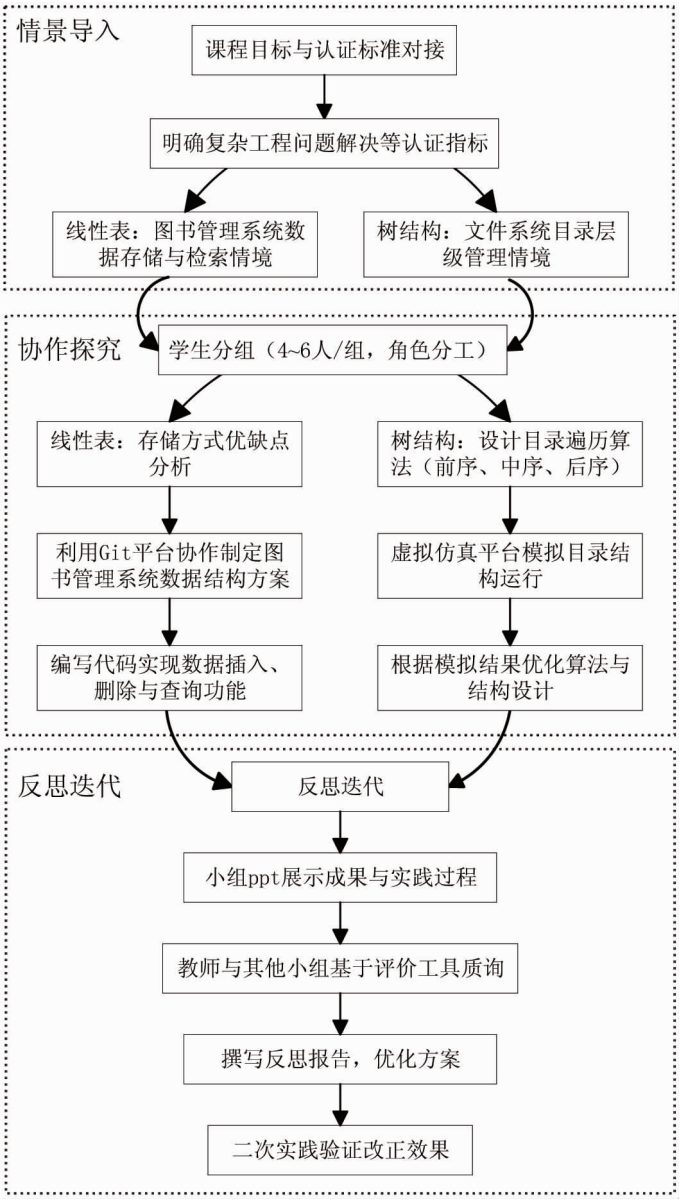

图 1　“情境导入—协作探究—反思迭代”教学模式实施步骤

(3)反思迭代阶段。各小组展示成果并接受质询。教师则从问题拆解、系统性能等维度进行量化与质性综合评价,指出存在的问题。学生依据反馈调整数据结构与算法逻辑,优化团队分工与协作流程,努力实现“教学—评估—改进”闭环,强化自身工程实践能力。由此,推动工程认证标准在教学中的有效落实。

3.2　实施效果分析

经过一个完整教学周期的实践,针对复杂问题分析、系统设计及团队协作三大核心能力维度,依据表 2 评估指标体系,得到 T 检验统计结果(见表 3)。

(1)在复杂问题分析能力方面,实验组在各细化指标上均显著优于对照组:批判性思维能力($t=10.50$,$p<0.001$)和信息处理与分析能力($t=$

8.80,p<0.001)方面的差异尤为显著;创新思维与策略构建能力的 t(t=5.80,p<0.050)值较低,但两组差异依然显著。这表明研讨式教学通过工程项目驱动知识整合,通过开放研讨激发学生思维活力,通过任务导向强化学生信息处理能力,显著提升了学生分析复杂问题的能力。未来可通过优化工程项目教学、营造创新研讨环境、加强信息处理训练等途径,进一步提升学生复杂问题分析能力。

(2)在系统设计能力方面,实验组在各项指标上均优于对照组,其中,接口设计规范性(t=8.20,p<0.001)与方案规划完整性(t=6.20,p<0.010)方面的差异尤为显著。实践表明:小组合作有益于系统性方案构建与模块优化;经验交流有助于提升学生性能优化意识;标准导向则提高了接口设计质量。建议今后在教学中持续强化模块设计研讨、性能优化实践与接口设计规范训练,全面提升学生的系统设计能力。

(3)在团队协作能力方面,实验组整体表现同样显著优于对照组,其中,沟通协作有效性(t=14.50,p<0.001)和团队目标达成度(t=15.50,p<0.001)方面的差异尤为显著。研讨式教学借助任务驱动实现角色分工,借助交流提升学生沟通能力,并依托多元评价机制激发个体贡献,有效促进团队合作效能的提升。为进一步增强学生协作能力,建议在后续教学中加强沟通技巧训练,优化任务分解设计,并完善目标导向管理机制。

总之,实验组在三大核心能力的各项指标上均显著优于对照组,T 检验结果均达到统计显著性水平。这说明:工程认证导向的研讨式教学在提升学生工程核心能力方面优于传统“讲授—练习”教学模式。

表 3　实验组和对照组能力指标的 T 检验

能力指标	评估内容	实验组得分(平均数±标准差)	对照组得分(平均数±标准差)	t 值
复杂问题分析能力	知识综合运用能力	17.30±1.40	14.00±1.20	6.50**
	逻辑推理与拆解能力	18.40±1.10	15.20±1.00	7.80***
	批判性思维能力	18.20±1.10	14.00±1.10	10.50***
	创新思维与策略构建能力	12.50±1.00	10.20±0.90	5.80*
	信息处理与分析能力	21.00±1.20	16.80±1.30	8.80***
系统设计能力	方案规划完整性	21.60±1.50	18.10±1.10	6.20**
	模块构建合理性	20.80±1.30	17.80±1.20	4.80*
	性能优化意识	16.90±1.20	14.00±1.10	6.50**
	接口设计规范性	23.90±1.40	19.80±1.60	8.20***
团队协作能力	角色分工合理性	18.10±1.20	13.80±0.90	9.80***
	沟通协作有效性	22.70±1.10	16.60±1.20	14.50***
	团队目标达成度	19.70±1.10	14.00±1.10	15.50***
	团队成员贡献度	19.00±1.30	15.60±1.20	6.80**

注:* 表示 p<0.050,** 表示 p<0.010,*** 表示 p<0.001。

进一步聚合评估内容分析,得出实验组与对照组的三大核心能力总分差异,如图 2 所示:实验组的复杂问题分析能力(87.4±3.2)、系统设计能力(83.2±2.9)和团队协作能力(79.5±3.5)均显著优于对照组(70.2±2.8,69.7±2.6,60.0±2.4;p<0.001)。这也说明工程认证导向的研讨式教学模式在三大核心能力整体提升方面成效显著,特别是团队协作能力的显著提升与工程教育认证中“团队协作”指标要求相呼应。

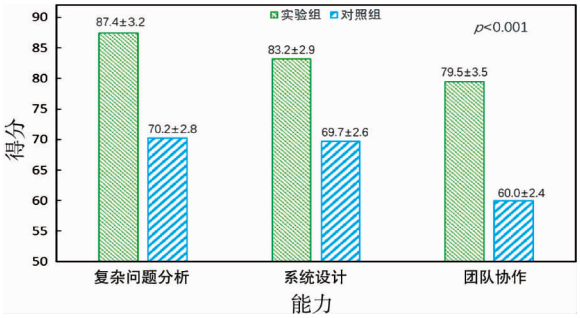

图 2　实验组与对照组三大核心能力总分对比

4　结论

本研究创新构建了工程教育认证视域下的研讨式教学模式,深入解构工程认证毕业要求,建立“工程认证指标—研讨式教学要素—教学行为—评价工具”四级映射矩阵,将抽象能力要求转化为具体教学任务。同时,提出“双循环”教学框架:在课程目标层,以企业级项目重构教学内容;在实施层,融合“情境导入—协作探究—反思迭代”研讨式教学链,借助仿真平台模拟真实开发流程,打破理论与实践间的壁垒。此外,结合认知负荷理论优化教学资源配置,构建多维度过程性评价体系,形成闭环反馈机制。教学实践表明,该模式显著提升了学生工程核心能力。*T* 检验结果显示,实验组学生复杂问题分析能力、系统设计能力与团队协作能力三项核心能力均显著优于对照组。该研究为破解工程教育中教学与认证标准脱节、工程能力培养不足等共性难题提供了新思路。未来可进一步拓展应用范围,完善评价机制,推动产教融合高质量发展。

参考文献:

[1] SPADY W G. Outcome-based education: critical issues and answers[M]. Arlington, VA: American association of school administrators, 1994: 8-25.

[2] 张峰,张永恒,艾晓燕,等.专业认证背景下“通才”与“专才”深度融合的 IT 类人才培养模式[J].计算机教育,2021(7):9-13.

[3] SWELLER J. Cognitive load theory and educational technology[J]. Educational technology research and development, 2020(1): 1-16.

[4] 王永泉.工程教育专业认证“底线”问题的解析与释疑:从课程目标达成评价谈起[J].高等工程教育研究,2022(5):50-56.

[5] 艾明晶.大学计算机课程的研讨式教学模式探索[J].计算机教育,2019(4):56-60.

[6] 兰浩良,徐杰,薛益时,等.新工科背景下的数据结构课程教学改革探索[J].计算机教育,2025(2):180-185.

[7] 胡家俊,王一波,赵亮凯.工程教育专业认证背景下课程目标达成度研究[J].高教学刊,2025(S2):84-87.

[8] 柳欣,李保田,薛玉利,等.基于 OBE 理念的问题驱动教学改革与实践:以数据结构进阶课程为例[J].大学教育, 2022(7): 114-117.

[9] 林丽,薛芳.工程教育认证背景下数据结构课程教学实践[J].集美大学学报(教育科学版),2021(6):72-80.

[10] 孙涵,高航,黄元元,等.工程教育专业认证背景下的计算机类课程教学目标与评价重构探索[J].计算机教育, 2020(2): 105-108.

[11] 蒋宗礼.工程教育专业认证中的几个问题刍议[J].中国大学教学,2024(6):4-10.

A Study on the Seminar-Based Teaching Model from the Perspective of Engineering Education Accreditation: Taking the “Data Structures” as a Case

LIU Shugang[1], LEI Weihua[1], ZHANG Shanming[2]

(1. School of Physics and Electronic Science, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China);
2. School of Education, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China)

Abstract: To implement the core concepts of “student-centeredness, outcome orientation, and continuous improvement” in engineering education accreditation, this study takes the “Data Structures” course as a case and focuses on the problems existing in traditional teaching—such as the disconnection between teaching content and engineering practice, overly single and rigid teaching methods, and the mismatch between course evaluation and the actual requirements of accreditation. A seminar-based teaching model is proposed to integrate the development of competencies in solving complex engineering problems, system design, and teamwork, thus transforming abstract requirements for engineering competencies into specific teaching tasks and providing a scalable paradigm for aligning course teaching with engineering accreditation standards. *T*-test results show that the experimental group significantly outperforms the control group in all indicators, with particularly notable improvements in critical thinking and communication-collaboration skills.

Key words: engineering education accreditation; seminar-based teaching; data structures; teaching reform

(责任校对　葛丽萍)