

“开放性实验 + 线上线下混合”教学模式的探索与实践

——以《核辐射监测》课程为例

夏文明*, 龚军军, 梁成强, 陈君军

海军工程大学核科学技术学院, 湖北 武汉

收稿日期: 2026年4月1日; 录用日期: 2026年4月29日; 发布日期: 2026年5月8日

摘要

为适应新工科背景下学时压缩与工程能力培养深化的双重挑战, 该研究以工科院校《核辐射监测》课程为载体, 系统构建并实践了“开放性实验 + 线上线下混合”教学模式。该模式以成果导向教育(OBE)和设计本位研究(DBR)为理论指导, 创新性地提出“设计迭代环”(线上)与“实证验证环”(线下)双环耦合驱动机制, 并设计了“任务启动与知识构建 - 方案设计与模拟优化 - 方案实施与数据采集 - 数据分析、报告撰写与反思迭代”的四阶递进混合式教学流程。通过开发“核心项目 - 虚拟仿真 - 案例数据”三位一体的开放性实验资源包, 以及构建基于“全过程数字档案”的多维度形成性评价体系, 有效破解了传统实验教学在时空弹性、探究深度与个性化支持方面的局限。教学实践表明, 该模式显著提升了学生在复杂工程问题识别与界定、多约束条件下系统方案设计、团队协作与专业沟通等方面的综合素养, 为军队工科专业乃至同类院校的实践教学改革提供了可复制、可操作的系统性解决方案。

关键词

开放性实验, 线上线下混合式教学, 核辐射监测, 工程思维能力, 教学模式改革, 形成性评价, 军事高等教育

Exploration and Practice of the “Open Experiments + Online-Merge-Offline” Teaching Model

—A Case Study of the *Nuclear Radiation Monitoring Course*

Wenming Xia*, Junjun Gong, Chengqiang Liang, Junjun Chen

College of Nuclear Science and Technology, Naval University of Engineering, Wuhan Hubei

*第一作者。

文章引用: 夏文明, 龚军军, 梁成强, 陈君军. “开放性实验 + 线上线下混合”教学模式的探索与实践[J]. 教育进展, 2026, 16(5): 220-227. DOI: 10.12677/ae.2026.165847

Abstract

To address the dual challenges of reduced instructional hours and the demand for enhanced engineering competency in the context of emerging engineering education, this study systematically constructs and implements the “Open Experiments + Online-Merge-Offline” teaching model using the *Nuclear Radiation Monitoring* course in an engineering academy as a case study. Guided by Outcome-Based Education (OBE) and Design-Based Research (DBR), the model innovatively proposes a dual-loop coupling mechanism consisting of a “design iteration loop” (online) and an “empirical validation loop” (offline). A four-stage progressive blended teaching process is designed: (1) task initiation and knowledge construction, (2) solution design and simulation optimization, (3) implementation and data collection, and (4) data analysis, report writing, and reflective iteration. By developing an open experiment resource package integrating “core projects, virtual simulations, and case data”, and by constructing a multidimensional formative assessment system based on “comprehensive digital portfolios”, the model effectively addresses the limitations of traditional experimental teaching in terms of temporal and spatial flexibility, depth of inquiry, and personalized support. Teaching practice demonstrates that the model significantly enhances students’ competencies in identifying and defining complex engineering problems, designing systematic solutions under multi-constraint conditions, and engaging in teamwork and professional communication. This study provides a replicable and actionable framework for practical teaching reform in military engineering disciplines and similar institutions.

Keywords

Open Experiments, Online-Merge-Offline Blended Teaching, Nuclear Radiation Monitoring, Engineering Thinking, Teaching Model Reform, Formative Assessment, Military Higher Education

Copyright © 2026 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

随着新一轮院校教育教学改革的推进，辐射防护与核安全专业本科人才培养方案中专业总学时被大幅压缩，其中核心专业课程《核辐射监测》的学时由 60 学时调整为 48 学时。学时的精简并非教学要求的降低，相反，它要求课程教学必须从“知识灌输”和“技能复现”向“能力建构”与“思维养成”进行深刻转型。

传统的《核辐射监测》实验教学普遍采用“预习 - 讲解 - 操作 - 报告”的线性封闭模式。该模式虽有利于规范操作训练，但其内在局限性日益凸显：(1) 时空固化：固定的实验室开放时间与有限的仪器套数，严重制约了学生自主、深入探究的可能性；(2) 路径预设：实验目标、步骤与结果预期高度确定，学生扮演“操作工”角色，被动执行指令，缺乏对“为何如此设计”、“如何优化方案”等工程本质问题的思考[1]；(3) 评价单一：评价多聚焦于实验报告的完整性与数据准确性，对方案设计过程、团队协作、问题解决策略等关键能力关注不足。上述问题导致学生的工程系统性思维、创新设计与解决复杂工程问题的能力培养不足，难以满足未来岗位对“能设计、会分析、善创新”人才的需求。

与此同时,教育数字化战略行动为教学改革提供了历史性机遇。虚拟仿真、大数据、人工智能等技术与教育的深度融合,使得构建突破物理时空限制、支持个性化探究、实现过程性评价的智能化学习环境成为可能[2]-[4]。因此,探索一种能够深度融合信息技术、以开放性项目为载体、线上线下优势互补的新型实践教学模式,成为提升《核辐射监测》课程教学质量与效能的必然选择。本研究旨在回应这一现实需求,系统阐述该模式的构建逻辑、实施路径与实践成效。

2. 教学模式的理论框架与核心设计

2.1. 理论依据: OBE 理念与混合式学习理论的融合

本模式的构建以成果导向教育(Outcome-Based Education, OBE)理念[1]为统领,以混合式学习(Blended Learning)理论为方法论指导。OBE 理念强调教学设计与实施应紧紧围绕学生最终取得的学习成果(即毕业要求与能力指标)反向展开,确保所有教学活动均直接贡献于能力目标的达成[5]。混合式学习理论则将面对面的线下教学与在线学习的优势有机结合,通过重新规划和优化教学时间、空间与资源分配,以实现深度学习目标[6][7]。二者的融合,为本模式确定了“以学生综合工程能力发展为根本目标,以线上线下混合为实施路径”的核心原则。

为进一步明确本模式的理论定位,有必要将其“双环驱动”机制与国际上成熟的工程教育模型进行系统比较。项目式学习(Project-Based Learning, PBL)强调以真实项目为驱动,学生在完成项目的过程中整合知识、发展问题解决能力[8];本模式继承了这一核心思想,但进一步区分了“设计迭代环”与“实证验证环”,将线上虚拟仿真与线下实体实验分别定位于“设计优化”与“实证检验”两个不同功能模块。CDIO 工程教育模式(Conceive-Design-Implement-Operate)系统阐述了工程人才培养的完整链条[9];本模式的“四阶递进”流程与之高度呼应,但在此基础上强调了“迭代”与“混合”两个关键特征——通过“双环驱动”实现设计-验证的多次循环,并将线上虚拟仿真作为“设计”阶段的核心工具、线下实验作为“实施”阶段的核心载体。此外,本模式借鉴了翻转课堂“课前学习-课中实践”的基本逻辑[10],但进一步拓展了其适用范围,使实验设计、方案优化等高级认知活动也可以在线上完成。与上述模型相比,本模式的独特贡献体现在三个层面:机制层面,提出“双环耦合”驱动机制,有机联结了工程设计中的“探索性迭代”与“验证性实证”两种认知活动;流程层面,设计了“四阶递进”的混合式教学流程,为线上线下活动的时空分配提供了可操作的结构化方案;技术整合层面,将虚拟仿真、数字档案、智能辅助工具等信息技术嵌入工程设计的核心环节,实现了技术对认知过程的有效赋能。

2.2. 核心理念:从“线性执行”到“双环驱动”的范式转移

为彻底改变传统实验的线性流程,本项目提出了“设计迭代环”与“实证验证环”双环驱动的教学范式,如图1所示。

设计迭代环(线上为主):此环聚焦于工程设计的“无限可能”阶段。学生在线上平台,基于开放性的任务情境,进行资料调研、方案构思、小组论证,并利用虚拟仿真工具对监测方案(如布点策略、仪器选型、参数设置)进行反复模拟、测试与优化。该环节鼓励“大胆假设、小心求证”,允许试错,核心目标是训练学生的系统思维、创新意识和数字化设计能力。

实证验证环:此环聚焦于工程实践的“客观检验”阶段。通过线下方案答辩,遴选优化后的可行方案进入实体实验室。学生在严格的安全规范与教员督导下,亲手操作真实仪器,执行自主设计的实验流程,采集客观数据。该环节强调严谨、规范与安全,核心目标是训练学生的动手能力、规范意识以及应对真实物理世界不确定性的能力。

“双环”并非割裂,而是通过“监测方案”这一核心载体紧密耦合。线上设计的方案指导下实施,

线下实施产生的现象、问题与数据又反馈至线上，触发新一轮的分析与优化。这一“设计-验证-再设计”的迭代过程，高度模拟了真实工程研发与问题解决的完整逻辑，有力促进了学生工程思维的完整构建。

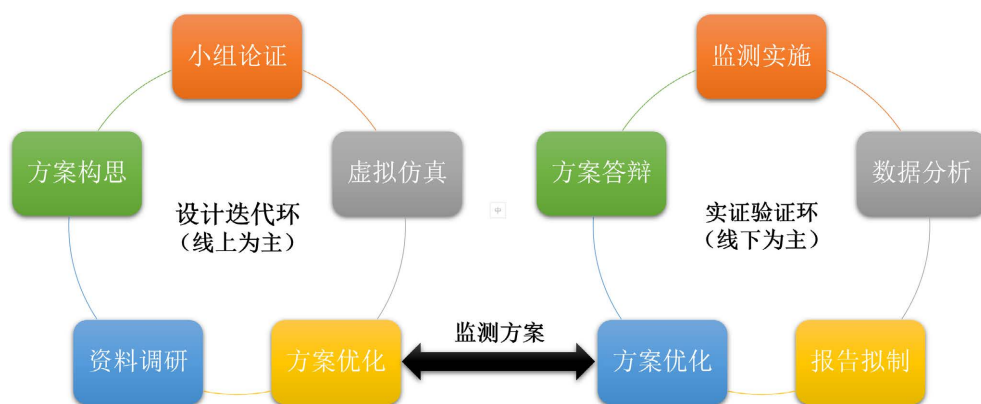


Figure 1. Schematic diagram of the dual-loop driven teaching paradigm: “Design Iteration Loop” (online) and “Empirical Validation Loop” (offline)

图 1. “设计迭代环” (线上)与“实证验证环” (线下)双环驱动的教学范式示意图

2.3. 结构设计：“双线并行、四阶递进”的混合式流程

基于双环驱动理念，我们重构了课程 48 学时的结构，设计了“双线并行、四阶递进”的混合式教学流程(如表 1 所示)，明确规定了线上线下各阶段的目标、活动与学时分配。

Table 1. Teaching process and credit hour allocation of the “dual-line parallel, four-stage progressive” blended learning model
表 1. “双线并行、四阶递进” 教学流程与学时分配

阶段	阶段名称	主要教学活动(线上)	主要教学活动(线下)	核心能力培养重点	建议学时
一	任务启动与知识构建	发布项目任务书；提供背景资料包、微课视频；学生自主调研、在线讨论。	核心概念与原理宣讲；辐射安全与操作规范强化教学。	信息检索、知识整合、安全规范意识。	线上 4 线下 4
二	方案设计与模拟优化	小组协作，完成方案初步设计文档；利用虚拟仿真平台进行方案验证与参数优化；提交方案初稿，接受教员异步评审。	(穿插)方案设计思路中期答疑工作坊。	系统设计、计算模拟、团队协作、批判性思维。	线上 8 线下 2
三	方案实施与数据采集	方案终稿提交与线上答辩准备。	方案公开答辩与评审；优化方案进入实验室实施；规范操作，采集原始数据。	沟通表达、动手操作、实验安全、数据采集。	线上 2 线下 12
四	数据分析与反思迭代	利用数据分析工具处理数据；撰写并在线提交综合性研究报告；进行虚拟与实测结果对比分析。	综合性成果汇报与答辩；课程总结与反思。	数据处理、科学写作、反思评估、综合呈现。	线上 6 线下 10
合计		线上 20 学时	线下 28 学时		48 学时

2.4. 情境分析：工科院校特征对教学模式的影响与迁移调适

本研究的实施依托于工科院校这一特定教育情境，其学生特征、管理模式与资源支持对教学模式实施具有重要影响。学生特征方面，工科本科生普遍具有较强的逻辑思维与动手意愿，对项目式学习接受

度较高,有利于“双环驱动”中设计迭代的快速推进。但部分学生长期形成的“路径依赖”——习惯于等待明确指令与标准答案——在面对开放性任务时易产生启动焦虑,需要在“自由”与“结构”之间寻求平衡。管理模式方面,工科院校课内学时压缩后,学生课外时间自主安排空间较大,为线上学习与小组协作提供了时间弹性。然而,自主性也带来自律性挑战,部分学生可能出现学习投入不足或任务拖延,需通过阶段性节点检查与同伴互评等机制加以约束。资源支持方面,本研究所依托的院校在虚拟仿真平台、在线教学系统、实验仪器等方面具有较好基础,并与工程实践单位保持密切合作,为模式运行提供了可靠保障。但这一条件并非所有院校都能同等具备。

向其他情境迁移时,需审慎评估以下挑战:向综合性大学迁移时,需加强基础概念的支架支持;向文科或理论类课程迁移时,可将“实证验证环”改造为案例分析或逻辑推演闭环;向资源有限院校迁移时,可依托免费协作工具并采取“演示+分组轮转”降低硬件需求;向大班迁移时,需增配助教、引入自动化评价工具以控制指导负荷。

3. 教学资源开发与评价体系创新

3.1. 系统性教学资源的开发

为保障新模式有效运行,项目组开发了三大类核心资源,构成支撑开放性探究的“资源立方”。

3.1.1. 开放性实验项目库

围绕工程实际需求,设计了6个梯度分明、侧重点不同的核心项目,如“复杂地形环境 γ 辐射水平巡测方案设计”、“核设施异常排放的应急监测与评估”等。每个项目均配备“四件套”:《项目任务书》(明确开放式问题)、《背景资料包》(提供知识锚点)、《技术路线参考指南》(非标准答案,提供思路启发)和《多维评价量规》。

3.1.2. 数字化学习资源与智能辅助工具

(1) 微课与案例库:制作了超过10个高清微课,涵盖液体闪烁谱仪、就地 γ 能谱仪、总 α/β 低本底测量仪等核心仪器的原理与操作。整合了来自工程实践单位的6个以上真实监测案例、事故报告与行业标准,形成结构化数字案例库。

(2) 虚拟仿真平台:开发或集成了与实验项目配套的虚拟仿真模块,允许学生在虚拟环境中自由配置仪器、设置参数、模拟监测过程并可视化结果,为“设计迭代环”提供关键技术支撑。

(3) 智能辅助工具:针对数据处理的复杂性,开发了基于Python、LabVIEW或Matlab的轻量化脚本工具包,可辅助学生进行能谱分析、剂量计算、图表自动生成等,降低技术门槛,使学生更专注于分析本身。

3.1.3. 线上协作与管理空间

依托校内Canvas在线教学平台,搭建课程专用空间,集成文档协同、讨论区、作业提交、数据分析工具接口、以及全过程数字学习档案自动归档功能。

3.2. 以能力为导向的形成性评价体系构建

评价改革是本模式成功的关键。我们构建了“过程与结果并重、线上与线下结合、机器与人工互补”的形成性评价体系。

(1) 多维度分级评价量规:针对方案设计、虚拟仿真、实验操作、数据分析、团队协作、报告答辩等六个维度,开发了具体、可观测、分等级的评价指标。例如,“方案设计的创新性”维度下,会考察“是否提出了超越常规参考指南的独特设计思路”。

(2) 全过程数字学习档案：这是评价体系的基石。平台自动、持续地记录并归档每位学生在整个学习周期内产生的所有“数字足迹”：包括每次的方案迭代版本、虚拟仿真日志、线上讨论记录、实验原始数据照片、数据处理中间结果、个人反思日志以及同伴互评记录。这份档案使得原本不可视的思维过程、努力程度与能力成长轨迹变得清晰可见。

(3) 评价的实施与反馈：教员和助教依据评价量规，结合学习档案中的过程性证据，进行评分并撰写个性化评语。评价贯穿四阶段，并在每个阶段结束后提供及时反馈，引导学生调整学习策略。期末总评由各阶段形成性评价成绩与终期答辩成绩按权重合成，大幅降低了一次性考试的决定性作用。

4. 实践应用、成效分析与反思

4.1. 实施过程

该模式于 2025 年秋季学期，在某教学班(15 名学生)中进行了首轮完整周期的教学实践。实施过程严格遵循“设计本位研究(DBR)”方法[11]，即“设计 - 实施 - 分析 - 再设计”的迭代研究路径。

4.2. 成效分析

通过收集平台学习行为数据、分析学生各阶段作品文本、开展前后测问卷调查以及组织焦点小组访谈，对教学成效进行了多维度评估：

(1) 学习投入与深度方面：平台数据显示，学生平均在线学习时长和资源访问深度较传统课程提升约 150%。方案设计文档平均迭代次数达到 3.5 次，显示出持续的优化努力。在反思报告中，超过 80% 的学生主动对比了虚拟与实测结果的差异并分析了原因。

(2) 工程能力发展方面：对标毕业要求指标点的分析表明，学生在“问题分析”、“设计/开发解决方案”和“研究”等维度的表现显著提升。特别是在“多约束条件(如安全、成本、效率)下进行系统权衡与决策”方面，表现出更强的意识与能力。来自工程实践单位的行业专家在参与终期答辩后评价，学生方案设计的完整性和贴近实战的考量“超出预期”。

(3) 学生反馈方面：问卷与访谈结果显示，绝大多数学生认可该模式“更有挑战性也更有成就感”，认为“自己更像一个工程师而不是操作员”。小组协作中的沟通与冲突解决也被认为是重要的软技能收获。

4.3. 问题反思与优化

4.3.1. 暴露问题

首轮实践也暴露出一些问题，需在后续迭代中加以重视和应对：

(1) 学生初期适应性挑战：部分学生在面对高度开放的实验任务时，表现出明显的“启动困难”和“路径焦虑”，出现“无从下手”的迷茫感。这反映出学生长期习惯于传统教学中明确指令与固定流程的“被动执行”模式，向以主动探究、自主设计为核心的“工程师思维”转型过程中，存在认知与心理上的过渡障碍，亟需系统性的教学支架与循序渐进的引导策略介入。

(2) 线上协作机制待优化：在线上异步协作阶段，部分学习小组暴露出协同效率不高的问题，具体表现为任务分工边界模糊、沟通反馈滞后、进展同步困难等。这既与学生在线协作经验与自律性有关，也反映出课程设计中线上协作流程、工具支持与监督机制尚未完全契合分布式、项目化学习的特点，影响了团队合力的有效形成与阶段性成果的稳步推进。

(3) 教员角色与能力转型压力：新模式对教员角色定位提出了根本性转变——要求其从传统意义上的知识“讲授者”与成绩“裁判员”，转型为学习项目的“设计者”、探究过程的“引导者”以及能力发展的“教练”。这一转变不仅涉及教学理念的更新，更对教员的跨学科课程设计能力、信息技术整合

素养、过程性学习诊断与反馈能力，以及动态课堂组织与协调能力提出了更高、更综合的要求，部分教员在此过程中面临一定的专业发展与适应压力。

4.3.2. 优化措施

针对上述问题，项目组将在第二轮教学实践中，采取以下针对性优化措施，以期促进模式运行的顺畅与效能提升：

(1) 强化初期引导，搭建“半结构化”学习支架：在“任务启动与知识构建”阶段，增设“问题界定与方案启动”环节，通过案例剖析、思维导图示范、任务分解练习等方式，引导学生逐步掌握开放性问题的分析框架与设计起点。同时，提供带有可选路径与提示节点的“半结构化”任务脚手架，帮助学生在自主性与指导性之间找到平衡，平稳度过思维转型初期。

(2) 优化线上协作工具与流程，提升团队协同效率：引入适用于项目管理的线上协作工具，可视化任务分工、进度节点与交付物要求，并要求各小组定期(如每半周)举行简短的会议，汇报进展、协商问题、调整计划。通过工具赋能与制度性同步机制相结合，强化过程透明化与小组沟通效能。

(3) 系统支持教员专业发展，促进角色顺利转型：组织教员开展以“混合式教学设计与实施”、“项目化学习中的引导技术”、“形成性评价工具的开发与应用”等为主题的专题教学法研讨工作坊，并配套提供教育技术应用实操培训。同时，用好课程组定期集体备课与反思机制，通过同行互助、案例分享，持续提升教员应对新模式要求的综合教学能力，减轻转型过程中的教员个体压力，凝聚团队教学智慧。

5. 结论与展望

本研究针对工科专业实践教学改革的迫切需求，成功构建并初步验证了《核辐射监测》“开放性实验 + 线上线下混合”教学模式的可行性与有效性。该模式通过“双环驱动”的理念创新、“四阶递进”的结构重组、“资源立方”的立体支撑以及“基于证据的形成性评价”，系统性破解了传统实验教学的困局，有效促进了学生复杂工程问题解决能力与高阶思维的发展。

本成果的价值不仅限于一门课程。其所形成的“以能力产出为目标、以开放项目为牵引、以数字技术为赋能、以过程证据为评价”的改革框架，具有普遍的迁移价值。未来，项目组计划：第一，将模式系统推广至本校核工程与核技术等相关专业；第二，加强与同类工科院校的交流，分享改革蓝本与资源；第三，深化与工程实践单位的联合育人，将实践中形成的优质项目与案例，进一步转化为面向工程实践单位的在职人员的模块化培训课程，实现院校教学与工程实践单位人才发展的无缝衔接，为提升辐射防护与核安全领域人才队伍建设质量贡献更具实效的方案。

基金项目

本文系海军工程大学教学改革项目“《核辐射监测》‘开放性实验 + 线上线下混合’教学模式构建与实践”的阶段性研究成果。

参考文献

- [1] 王路, 张华, 程翠林. 我国高等工程教育改革中成果导向教育的问题与对策[J]. 黑龙江教育学院学报, 2017, 36(7): 1-3.
- [2] Biggs, J., Tang, C. and Kennedy, G. (2022) *Teaching for Quality Learning at University: What the Student Does*. 5th Edition, Open University Press.
- [3] 白雪莲, 万家静, 章华伟, 等. 以学生为中心的“自助餐”式教学改革与实践[J]. 高教学刊, 2026, 12(2): 141-144.
- [4] 曹海艳, 孙跃东, 罗尧成, 等. 高校混合式教学改革的推进策略研究[J]. 化工高等教育, 2022, 39(2): 12-17.
- [5] Spady, W.G. (1994) *Outcome-Based Education: Critical Issues and Answers*. American Association of School

Administrators.

- [6] Garrison, D.R. and Vaughan, N.D. (2008) Blended Learning in Higher Education: Framework, Principles, and Guidelines. Jossey-Bass. <https://doi.org/10.1002/9781118269558>
- [7] 冯晓英, 王瑞雪, 吴怡君. 国内外混合式教学研究现状述评——基于混合式教学的分析框架[J]. 远程教育杂志, 2018, 36(3): 13-24.
- [8] Thomas, J.W. (2000) A Review of Research on Project-Based Learning. Autodesk Foundation.
- [9] Crawley, E.F., Malmqvist, J., Östlund, S., *et al.* (2014) Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach. 2nd Edition, Springer.
- [10] 何克抗. 从“翻转课堂”的本质看“翻转课堂”在我国的未来发展[J]. 电化教育研究, 2014, 35(7): 5-16.
- [11] Anderson, T. and Shattuck, J. (2012) Design-Based Research: A Decade of Progress in Education Research. *Educational Researcher*, **41**, 16-25. <https://doi.org/10.3102/0013189x11428813>