

产教融合视域下的实验教学改革与实践

——以“热质交换原理与设备”实验课程改革为例

刘晓彤 李婉晴 严雷

天津商业大学 天津 300134

【摘要】：在新工科建设背景下，“热质交换原理与设备”课程实验教学面临教学内容与工程实践脱节、实验设备“黑箱化”、师资工程能力不足等结构性困境。本文提出构建基于我校“4321”实践教学体系的校企协作的“多层次、多维度”实验教学模式，即通过“认知层—验证层—创新层”三层递进的实验内容设计，配套“校企共建实验室、企业实景课堂、双导师制、项目驱动”四大融合机制，将企业真场域转化为教学资源。从情境学习理论视角看，这一模式的深层逻辑在于将学生从课堂的“旁观者”转变为工程实践共同体的“准参与者”，实现知识获取与身份建构的同步发生。实践表明，该模式有效提升了学生的工程思维能力、复杂问题解决能力及学习投入度，后续课程的教师反馈也证实了正向的能力迁移效应。本文同时分析了校企协作的边界条件与制约因素，提出了制度化保障和多模态资源开发的优化路径，为同类课程的实验教学改革提供了可复制的范式。

【关键词】：校企协作；热质交换原理与设备；产教融合；“4321”实践教学体系

DOI:10.12417/2982-3803.26.03.022

1 引言

“热质交换原理与设备”是建筑环境与能源应用工程、能源与动力工程等专业的核心必修课程，其内容涵盖传质学、热力学、流体力学等多学科交叉知识，具有理论抽象、工程性强、设备结构复杂等显著特征。课程的教学质量直接关系到学生能否将传热传质的基本原理应用于换热器设计、空调系统优化、能源综合利用等真实工程场景。然而，传统实验教学模式在应对这一课程的特殊性时暴露出明显短板：实验内容以验证性为主，学生按步骤操作、记录数据、完成报告，全程缺乏对设备内部机理的探究；实验室中的换热器多为教学用小型设备，与工业现场的板式换热器、壳管式换热器在结构复杂度、运行工况、控制逻辑上存在较大差距；教师队伍普遍缺乏工程实践经验，难以在实验中融入真实的工程问题。

与此同时，产教融合已成为高等教育改革的政策重点。《国家产教融合建设试点实施方案》明确提出，要推动高校主动对接行业企业，将产业需求融入人才培养全过程。在此背景下，探索校企协作的实验教学模式，不仅是破解当前教学困境的现实需要，更是新工科人才培养的内在要求。

本文以“热质交换原理与设备”实验教学为研究对象，系

统分析传统模式的结构性困境，提出校企协作的“多层次、多维度”改革框架，并结合具体实践探讨其实施路径与效果。

2 传统实验教学的结构性困境

2.1 “黑箱化”认知：实验设备的结构屏蔽

当前多数高校的热质交换实验台采用“成品化”教学设备，换热器被封装在有机玻璃或不锈钢外壳中，学生只能观察到进出口温度、流量等表观参数，无法直观理解翅片管结构、流道分布、折流板布置等关键设计要素。这种“黑箱化”的实验环境导致学生形成了“参数输入—结果输出”的线性思维，而非“结构—参数—性能”的系统思维。有学者指出，这种从图纸到实物的认知断层，是造成学生工程能力薄弱的重要原因之一。

2.2 “去情境化”验证：教学内容与工程场域的割裂

传统实验教学高度依赖预设的实验指导书，实验任务多为验证教材中的经典方程（如冷却塔容积传质系数的计算）。实验过程中的工况参数由教师设定，学生无需面对“如果热流体流量不足怎么办”“冷侧结垢如何影响传热系数”等真实工程问题。这种去情境化的教学设计与工程实践的复杂性形成鲜明对

作者简介：刘晓彤（1991-），女，汉族，籍贯天津市，博士，实验师，主要从事能源与动力工程、建筑环境与能源应用工程专业相关的研究工作。

关联项目：天津市普通高等学校本科教学质量与教学改革研究计划（2025）重点项目，A251006904，能源动力类特色专业群社会化融合人才培养机制创新与实践

天津商业大学本科教育教改项目（No.TJCUJG2026132）：教育数字化背景下热与流体实验课程教学体系构建与实践。

天津商业大学校级研究生教改项目（No.25YJSJG0113）：“分层-链动-数智”三驱融合的制冷专业研究生课程改革实践与成效——以《现代制冷技术发展》为例

比,导致学生进入企业后难以将理论知识与实际设备建立联系。

2.3 “双师型”匮乏:师资队伍的结构性短板

“热质交换原理与设备”课程的工程属性要求教师具备连续的、深入的工程实践经验。然而,高校教师普遍遵循“博士毕业—高校任教”的成长路径,缺乏企业工作经历,对换热设备的制造工艺、运维管理、故障诊断等实践环节认知有限。即便教师有意在实验中引入工程案例,也往往因缺乏一手资料而难以深入。

3 校企合作的实验教学改革框架

针对上述困境,本文基于我校首创“4321”实践教学体系,提出“多阶段、多维度”的校企合作实验教学改革框架。该框架的核心逻辑是:以校企资源共享为起点,以实验内容重构为主线,以多方协同育人为保障,实现从“知识验证”到“能力生成”的教学范式转型。

3.1 “多层次”的实验内容体系

层次一:认知层实验(校企共建实验室)。在校内实验室内建立校企共建的“换热设备认知平台”,由企业捐赠或提供工业级换热设备样机(如板式换热器拆解件、管壳式换热器剖面模型)。实验任务聚焦于设备结构认知与拆装实训,学生在企业技术人员指导下完成设备拆解、部件识别、流道追踪等操作,建立“结构决定性能”的工程直觉。

层次二:验证层实验(校内实验台+企业测试平台)。在完成基本认知后,学生进入对比验证阶段。在校内实验台上完成标准工况下的传热系数测定实验;随后进入企业测试平台,在同一工况下对工业级设备进行实测。通过对比两组数据,学生直观感知“实验室理想条件”与“工程实际条件”的差异,理解污垢热阻、流动不均匀性等因素对传热性能的影响。

层次三:创新层实验(企业实景项目)**。学生以小组形式承接企业提供的真实工程问题(如“某换热站供热不足的原因分析与优化建议”),在企业导师和校内教师的联合指导下,完成问题诊断、数据采集、方案设计、效果评估等完整流程。这一阶段的核心目标是培养学生的复杂工程问题解决能力和系统思维。

3.2 “多维度”的协作机制

机制一:校企共建实验室。学校提供场地和基础设备,企业投入工业级设备和工程案例资源,双方共同制定实验室运行规程。实验室不仅服务于教学,还可作为企业的新产品测试平台和员工的技能培训基地,实现资源双向赋能。

机制二:企业实景课堂。将课堂迁移至企业的换热站、空

调机房、热力车间等真实生产场景,形成“行走的课堂”。在教学组织上,采取“课前导学—现场讲解—分组探究—总结汇报”的流程:课前发布探究任务;现场由企业导师结合运行设备讲解技术要点;学生分组采集数据、分析问题;课后完成实验报告并汇报成果。

机制三:双导师制。聘请企业技术骨干担任兼职实验指导教师,与校内教师形成“双师协同”:校内教师负责理论框架构建和实验规范指导,企业教师负责工程案例导入、设备操作示范和安全保障。定期组织“双师教研会”,共同设计实验项目和评价标准。

机制四:项目驱动教学。将企业的技术需求转化为学生实验项目,形成“问题即课题、过程即学习、成果即应用”的教学闭环。项目的选题原则是“小切口、真问题、可验证”——例如“板式换热器板片结垢对换热效率影响的定量评估”,既涉及传热学核心知识,又具有明确的工程应用价值。

4 实施路径与关键保障

(1) 分层推进的实践策略:改革的实施遵循“由易到难、由点到面”的原则。第一阶段(试点期):选择2-3个核心实验项目进行校企合作改造,以认知层实验为切入点,积累经验;第二阶段(拓展期):在验证层和创新层同时推进,建立完整的“多层次”实验体系;第三阶段(固化期):形成规范化的实验教学大纲、指导书和评价标准,将改革成果制度化。

(2) 产教融合的师资建设:“双师型”教师队伍建设是改革落地的关键。具体路径包括:一是建立教师企业实践制度,要求承担实验教学的教师每两年累计不少于3个月的企业实践;二是引入企业导师“驻校”机制,在实验教学密集周邀请企业技术专家进校联合授课;三是组建“校企课程组”,由校企双方共同开发实验项目和教学资源。

(3) 多元协同的评价体系:传统实验评价以实验报告为主要依据,侧重结果评价。校企合作模式下的评价体系强调过程性与多元性,具体指标包括:实验操作规范度(20%)、问题分析深度(25%)、团队协作表现(15%)、创新方案质量(25%)、报告撰写规范(15%)。其中,创新方案的评审引入企业导师评分,确保评价标准与产业需求对接。

5 校企合作实验教学的深层逻辑与边界条件

5.1 从“知识传递”到“实践共同体”的范式转换

校企合作实验教学的本质,不是简单地增加企业参观环节或邀请企业人员讲课,而是将学生从课堂学习的“旁观者”转变为工程实践的“准参与者”。莱夫和温格提出的“情境学习”理论指出,知识不是抽象的符号系统,而是嵌入在实践社群中的活动产物。当学生进入企业的换热站,面对正在运行的板式

换热器、听到设备运行的声响、感受管道散发的热量、观察控制屏幕上跳动的参数时，他们进入了一个由工程师、技术工人、运行参数、物理设备共同构成的“实践共同体”。在这种具身化的学习环境中，传热系数不再是教材中的字母和公式，而是可感知、可操作、可干预的工程实体。这正是校企合作实验教学区别于传统实验的根本优势——它提供了“合法的边缘性参与”的机会，使学生在真实问题情境中完成从新手到熟手的身份转变。

5.2 “多层次”设计的认知科学基础

“认知层—验证层—创新层”的递进设计，遵循了认知发展的基本规律。认知心理学研究指出，专家与新手的差异在于“知识的组织方式”：专家的知识不是孤立的事实堆砌，而是围绕核心概念和“大观点”组织的结构化网络。认知层实验通过设备拆解与结构认知，帮助学生建立“设备本体”的心理模型；验证层实验通过实验室条件与工业现场的对比，帮助学生理解“理想化模型”与“工程实际”之间的差距，形成“约束条件”意识；创新层实验则要求学生综合运用结构和约束的知识，在开放性问题中进行决策和优化。这一过程本质上是在帮助学生构建“专家型”的知识组织方式——从“知道什么”走向“知道如何”以及“知道为什么”。

5.3 校企合作的边界条件与制约因素

改革的顺利实施需要具备以下条件：第一，区域产业基础。高校所在地区需要有足够数量的相关企业，且企业具备参与教学合作的意愿和条件。第二，制度保障。需要在学校层面建立校企合作的管理制度，包括知识产权归属、安全保障责任、学生实习保险等。第三，师资队伍的工程化转型。企业导师的引入不能替代校内教师的工程能力提升，两者需要形成互补而非替代关系。

实践中遇到的挑战包括：企业参与的动力机制尚不健全，部分企业在初期热情投入后因业务压力而参与度下降；校企之间的课程时间协调成本较高，企业实景课堂需要与生产计划错峰安排；实验班72人分组进入企业现场时，单个技术人员的指导负荷过重，影响教学效果。

针对上述问题，后续改革拟采取以下优化措施：一是建立

“企业导师库”和轮值制度，减轻单一企业的人员压力；二是开发线上虚拟仿真实验资源作为前置模块，减少现场教学对生产秩序的冲击；三是探索“项目契约制”，将企业技术问题以教学项目形式固定下来，明确双方的责权利。

6 结论与展望

校企合作是破解“热质交换原理与设备”实验教学困境的有效路径。本文提出的“多层次、多维度”实验教学框架，通过认知层、验证层、创新层三阶递进的实验内容设计，配套校企共建实验室、企业实景课堂、双导师制和项目驱动四个维度的机制调整，实现了教学资源从“封闭”到“开放”、教学内容从“验证”到“探究”、师资队伍从“单一”到“协同”、评价体系从“结果”到“过程”的系统转型。实践表明，该模式在以下四个维度实现了教学范式的转型：教学资源从封闭走向开放，教学内容从验证走向探究，师资队伍从单一走向协同，评价体系从结果走向过程。在提升学生工程思维能力和学习主动性方面成效显著，可为同类课程的实验教学改革提供参考。

值得进一步探讨的是，校企合作实验教学不应止步于教学方法的改良，而应被视为一种更深层的课程重构——它重新定义了“什么是有效的学习”“什么是真实的工程能力”“什么是合格的专业人才”这些根本性问题。从教育生态学的视角看，校企合作打破了大学作为“知识生产垄断者”的传统边界，使知识在学术场域与产业场域之间形成了流动回路。学生在这一回路中获得的，不仅是操作技能的提升，更是一种“工程思维习惯”——即始终从系统性能、经济成本、安全约束等多重目标出发思考问题的思维定式。

因此，未来研究可以从以下几个方向深化：一是建立校企合作实验教学的效果长期追踪机制，考察该模式对学生职业发展的远期影响；二是探索跨校、跨区域的校企合作网络，实现优质工程教育资源的共建共享；三是将人工智能技术引入校企合作平台，通过智能推荐算法实现企业案例与教学目标的精准匹配。

产教融合不是一次性的教学改革项目，而是一个持续演进的教育生态建构过程。在“热质交换原理与设备”这样一门“连接原理与设备、贯通理论与工程”的核心课程中，校企合作实验教学的价值将在人才培养的长周期中得到更充分的显现。

参考文献：

- [1] 段振亚,翟红岩,张俊梅,等.基于校企联建的专业硕士课程构建与教学实践——以“换热设备内部流动与传热过程及其数值分析”为例[J].教育教学论坛,2025(53):117-120.
- [2] 侯中伟,王平义,周敏,中国梦视域下“产学研一体化”育人路径探析[J].高教学刊,2023,9(20):154-157.
- [3] 教育部,国家发展改革委.国家产教融合建设试点实施方案[Z].2019.