

# 基于 PBL 模式的能源动力专业实验教学探索

## ——以热能工程专业实验课程为例

胡晓红 胡 频

上海理工大学能源与动力工程学院 上海 200093

**【摘要】**：针对传统专业实验课程教学方法单一、学生被动参与、综合运用能力培养薄弱等问题，在工程教育认证与 OBE 理念引领下，将 PBL 教学模式引入热能工程专业实验课程。围绕能源动力系统与设备中的典型工程问题，设计了六个综合性实验项目，每个项目均设置贴近工程实际的问题情境与差异化探究任务。以“并联管组流量分配实验”为例，系统阐述了 PBL 教学模式从课前准备、课堂实施到过程评价的全流程实施路径。课程达成度评价显示，相关综合能力指标达成度提升 29.6%。实践表明，该模式有效激发了学生的学习内驱力，显著提升了其解决复杂工程问题的综合能力，为专业实验教学改革提供了可借鉴的方案。

**【关键词】**：工程教育认证；能源动力专业；实验教学；PBL 教学模式

DOI:10.12417/2982-3811.25.08.021

### 引言

上海理工大学能源与动力工程专业热能工程方向以发电动力设备、动力辅机及污染物处理系统等为教学对象，培养具备能源生产、转化与利用领域扎实理论基础，能从事热力系统及设备开发、设计、制造，且具有较强工程实践能力与创新意识的工程技术人才。作为工科人才培养的关键支撑，该专业实验课程着重锤炼学生融会贯通基础理论、工程知识与实验技术的综合能力，助力其将知识储备转化为解决复杂工程问题的核心素养。近年来，在工程教育认证、新工科及“双一流”建设驱动下，天津理工大学<sup>[1]</sup>、山东大学<sup>[2]</sup>、哈尔滨工业大学<sup>[3]</sup>等高校围绕能源动力类实践课程，在教学理念、模式与体系重构上开展了深入探索，如引入 CDIO 理念(构思-设计-实现-运作)、BOPPPS 模型(导入-目标-前测-参与式学习-后测-总结)及构建全链条训练体系等，致力于打破传统实验教学的局限，构建以学生为中心、以能力产出为导向的新型实验教学生态，从而为培养符合时代需求的创新型、复合型工程技术人才提供有力支撑。

本文以我校能源动力工程专业为例，在工程教育认证的驱动下，以 OBE(成果导向教育)理念为导向，将 PBL(问题驱动)教学模式应用于热能工程专业实验教学实践，旨在引导学生熟练掌握实验操作技能，同时深化对理论知识的理解，在分析和解决具体工程问题的过程中，培养自主思考与自主学习能力，强化工程师职责、工程规范、社会责任等核心素养。

### 1 PBL 教学模式优势

PBL 教学模式于 1969 年在加拿大麦克马斯特大学被引入

<sup>[4]</sup>。此后被广泛应用于管理学、工程学、医学等多个学科领域<sup>[5-6]</sup>。作为一种以探究问题为导向的教学方法，PBL 强调学生主动思考，以自主学习的形式开展问题解决过程，核心在于帮助学生运用多样化学习资源，攻克所面临的课题或问题。在教学过程中，教师扮演引导者角色，通过提供指导与相关问题促使学生解决。PBL 教学法的核心在于借助情境化问题，激发学生探索知识与解决问题的主动性。教师需依据教学目标及学生特点设计问题情境，引导学生深入思考、逐步探索解决方案。

热能工程专业实验课程的理论内容较为抽象枯燥，传统讲授式教学往往难以引发学生的学习兴趣，而在该课程中引入 PBL 教学模式，能够有效调动学生的学习积极性，提升课堂参与度。具体而言，PBL 教学模式的显著优势主要体现在以下三个方面。首先，在调动学生主动学习方面，该模式通过创设真实且贴合实际的问题情境，将学习内容与生活实践、专业领域的现实问题紧密结合，让学生切身感受到学习的实用价值与重要意义，进而激发学习兴趣与内在动力，实现从“被动接受知识”到“主动探求知识”的转变，有效提升学习成效。其次，在培养学生综合能力方面，学生在解决问题的过程中，需要综合运用多学科知识与技能，这不仅有助于打破学科壁垒，促进知识的有机整合，还能锻炼学生的系统性思维，引导学生从多角度审视问题、分析问题，进而激发创新意识与创新能力。最后，在提升职业素养方面，PBL 教学让学生提前体验真实的工作场景与职业要求，有助于其树立正确的职业道德、强化责任意识、端正职业态度，为未来步入职场、胜任工程岗位做好充分的心理准备与素养储备。

作者简介：胡晓红(1980.02-)，女，汉，浙江省丽水市人，博士，上海理工大学能源与动力工程学院助理研究员，主要研究方向为高效燃烧技术及实验实践教学研究。

## 2 基于 PBL 模式的热能工程专业实验教学内容设计

针对传统专业实验以验证和演示为主、内容孤立于工程实际、教学以教师讲授为中心、学生综合运用能力培养薄弱及考核方式单一等问题,本文立足我校能源与动力工程专业培养目标与工程认证要求,基于 PBL 模式对热能工程专业实验课程进行重构。围绕能源动力系统与设备中的典型工程问题,设计了“并联管组流量分配”、“锅炉能效测试”、“旋风除尘器性能测试”、“循环流化床电厂虚拟仿真”、“管内气液两相流型及其阻力特性”以及“煤的灰熔点测定”六个综合性实验项目。这些项目覆盖了从流量分配、能效测试、污染物控制到系统模拟、多相流及燃料分析等核心知识点,通过虚实结合与梯次递进的设计,以实际工程问题为引导,促使学生在完成具体任务的过程中锻炼工程思维、创新意识及团队协作能力,在实验过程中实现知识整合、技能训练与能力培养的有机统一,切实提升解决复杂工程问题的综合素养。

上述实验项目作为 PBL 教学的核心载体,每个均设计了贴近工程实际或科研探索的问题情境。例如,“并联管组流量分配实验”设置的问题为:①探究“Z型”“U型”“J型”布置下进、出口集箱与并联支管的流量分配特性;②探究“T型”“H型”“I型”布置下进、出口集箱与并联支管的流量分配特性;③选定某种布置,探究不同总流量对并联支管流量分配的影响;“旋风除尘器性能测试虚实结合实验”设置的问题为:①利用实验台测试不同进口风速下旋风除尘器的总效率;②利用虚拟仿真软件获得不同直径颗粒在旋风除尘器中的运动轨迹;③利用虚拟仿真软件获得不同进口风速下旋风除尘器的分级效率。

在教学实施过程中,学生以小组为单位,在教师引导下自主选择或分配任务,通过方案设计、实验操作、数据分析与讨论总结等环节,完成从问题识别到解决方案形成的全过程训练,从而深化对专业知识的理解,提升工程实践与创新能力。

### 3 PBL 模式教学过程

基于 PBL 模式的实验教学强调以学生为中心、以问题为起点、以项目完成为导向的完整学习闭环。其实施过程可系统划分为课前准备、课堂交互实施、课后总结与评价三个关键阶段。本节以“并联管组流量分配实验”为载体,具体阐述该模式在教学过程中的实施流程。

#### 3.1 课前准备:问题驱动与小组构建

在实验课开始前,教师将“并联管组流量分配实验”的指导书、教学课件、测量仪器(如流量计、压力传感器)的使用说明或演示视频等学习资料上传至在线课程平台,同时发布明确的预习任务:要求学生理解并联管组流量分配的基本原理与主要影响因素,熟悉实验系统构成与关键测量方法,并思考不同布置方式(如 Z 型、U 型、J 型等)可能对静压分布及流量

分配产生的影响。学生需在课前完成资料学习,并通过平台预约具体的实验操作时段,为课堂高效探究做好准备。

教师在开展实验前向学生阐明 PBL 教学模式的内涵、流程与要求。一个实验时段一般可容纳 9~10 人,学生自由组建 3~4 人小组,通常分为 3 个小组。所有后续学习活动均以小组为单位开展。为实现多角度探究与组间互评,各小组需选择不同的任务。例如,第 1 小组任选三种布置(如“Z 型”“U 型”“J 型”“T 型”“H 型”“I 型”中的三种),测试其进出口集箱与并联支管的流量分配特性;第 2 小组任选另外三种布置进行相同测试;第 3 小组负责研究某一固定布置下,不同系统总流量对并联支管流量均匀性的影响。各小组需基于问题任务进行研讨,确定实验流量、操作步骤及任务分工等。

#### 3.2 实验过程:操作实践与过程互评

各小组首先派代表向全体同学详细阐述本组的实验设计方案,内容包括对比工况设置(如选择哪几种布置方式)、参数调节计划、数据记录方案及组内分工。随后,三个小组开展交叉评议,围绕方案的科学性、可操作性、数据是否足以支撑结论等方面进行提问与质疑。各方共同讨论,对实验方案进行优化。

任课教师全程参与倾听,并在最后对各组的问答与讨论情况进行集中点评。点评不仅针对方案的可行性、安全注意事项进行补充与修正(如调节阀门的正确操作顺序、流量计的量程等),更着重引导学生思考实验设计背后的工程意义(例如“为什么电厂锅炉的并联水冷壁需特别关注流量分配?”),从而将实验操作与复杂工程问题背景紧密关联。经此环节,各小组形成最终可执行的实验方案。

方案确定后,学生进入动手实验阶段。此阶段强调规范操作与过程互动,三个小组依据最终方案开展实验,完成实验台排气、流量调节、并联管布置方式阀门切换、数据采集等操作。实验过程中,各组之间交互监督,并进行自评与互评。授课教师同步履行过程评价职责,监督各小组的操作规范性及数据记录的真实性与完整性。各组相互评议实验观察与记录的客观性、准确性。这种“操作-监督”双向互动机制极大提升了学生的参与度与责任感,有效保障了实验过程的质量。教师作为安全监控者与问题引导者,巡回指导,仅在发现共性问题或安全隐患时进行干预。

#### 3.3 实验考评:多元化的过程性评价

本课程采用过程导向的多元化考核方式,总成绩由三部分构成。其中,线上预习占比 20%,依托线上平台闯关模式,考核学生对实验指导书、课件及仪器使用说明的自学情况,重点考察其对实验台功能及仪器安全操作的掌握程度。实验过程与记录占比 50%,由教师现场观察记录与小组互评表综合评定,重点评价学生在实验现场对实验设计的阐述、操作规范性、应

急处理能力、团队协作表现以及实验数据记录的完整性与真实性。实验分析报告占比30%，要求学生深入分析实验数据，绘制相关曲线，并结合实验数据进行结果分析，进而总结工程启示，实现从实践操作到理论的有机衔接。

#### 4 结语

引入PBL教学模式后，热能工程专业实验教学实现了多方面的深刻转变：学生由“被动执行者”转变为“主动探究者”，学习热情与课堂参与度显著提升；学习过程由“单一技能训练”深化为“解决复杂工程问题的综合能力培养”，学生在方案设计、实验操作、团队协作与沟通表达等方面得到全面锻炼；教

师角色亦由“知识传授与操作示范者”转型为“学习引导者、资源提供者与过程评估者”。基于工程教育专业认证的课程达成度评价体系，PBL模式的引入显著提升了相关能力指标的达成效果。以“加深学生对热能工程专业知识的理解，掌握实验基本方法，培养动手能力，形成运用科学方法分析能源与动力工程领域复杂工程问题的基本能力”这一综合指标为例，其达成度由引入前的0.719提升至0.932，增幅达29.6%。该量化结果客观印证了PBL模式在系统培养学生自主学习、主动探究与创新实践能力方面的积极作用，为教学改革的有效性提供了有力支撑。

#### 参考文献：

- [1] 刘力健,田禾,崔明贤.CDIO结合项目驱动模式的能源动力类实验教学探索[J].高教学刊,2020,(02):97-99.
- [2] 王晓哲,刘丽萍,王京盈,等.BOPPPS模式下工程流体力学实验教学研究[J].实验室研究与探索,2024,43(05):206-210.
- [3] 姜宝成,刘辉,张昊春,等.面向新工科人才培养的能源动力类专业实验教学体系建设[J].高等工程教育研究,2019,(S1):43-44+52.
- [4] Perrenet J C,Bouhuijs P A J,Smits J G M M.The suitability of problem-based learning for engineering education:Theory and Practice[J].Teaching in higher education,2000,5(3):345-358.
- [5] 刘春城.PBL教学模式在工程训练教学中的探索与实践[J].实验技术与管理,2012,29(04):158-161.
- [6] Kilroy,D.A.Problem Based Learning.Emergency Medicine Journal,2004,(4):411-413.