

《传热学》课程教学改革与实践研究——基于“理论-虚拟-实验-项目”四位一体教学模式

田云龙

西华大学能源与动力工程学院，四川成都

摘要：课程教学改革在新工科背景下被教育界广泛关注。研究基于传热学课程在教学过程中存在的针对性教学资源欠缺、教学方式陈旧、教学内容系统性和逻辑性不强以及考核形式缺乏科学性等问题，本研究开展了系统深入的教学改革与实践探索。坚持以“学生为中心、成果为导向、能力为核心”的教育理念，构思并实践了“理论教学-虚拟仿真-实验探究-项目实践”四位一体的混合式教学模式。通过重新构建一种新型的教学内容体系、设计贯穿式（Project-Based Learning PBL）项目并融合（Computational Fluid Dynamics CFD）数值仿真技术、全面改革考核评价方法等一系列的措施，确切的提高了学生面对复杂工程问题时的综合素质，显著的激发了学生的学习兴趣与主动性，明显的加强了他们在工程建模、数值计算与创新设计等方面的实践能力。

关键词：传热学；教学改革；四位一体；PBL项目；CFD仿真

Research on Teaching Reform and Practice of Heat Transfer Course——Based on the Four in One Teaching Mode of “Theory Virtual Experiment Project”

Yunlong Tian

School of Energy and Power Engineering, Xihua University, Chengdu, Sichuan

Abstract: The reform of curriculum teaching has been widely concerned in the education sector under the background of new engineering. Based on the lack of targeted teaching resources, outdated teaching methods, weak systematic and logical teaching content, and lack of scientific assessment forms in the teaching process of heat transfer courses, this study has carried out a systematic and in-depth exploration of teaching reform and practice. Adhering to the educational philosophy of “student-centered, outcome oriented, and ability centered”, we have conceived and implemented a blended learning model of “theoretical teaching virtual simulation experimental exploration project practice”. By rebuilding a new teaching content system, designing Project Based Learning (PBL) projects and integrating Computational Fluid Dynamics (CFD) numerical simulation technology, and comprehensively reforming assessment and evaluation methods, a series of measures have been taken to effectively improve students’

* 作者简介：田云龙（1995.11-）男，汉族，河南商丘人，工学博士，西华大学能动学院讲师，硕士生导师，主要从事能源高效清洁利用领域的研究。

comprehensive quality when facing complex engineering problems, significantly stimulate their learning interest and initiative, and significantly strengthen their practical abilities in engineering modeling, numerical calculation, and innovative design.

Keywords: Heat Transfer; Reform in Education; Four in One; PBL Project; CFD Simulation

1 引言

随着“中国制造2025”战略的深入推进和新工科建设的持续开展，社会对工科毕业生的能力要求已经发生了根本性转变那就是让学生从单纯掌握理论知识的情况，转变为自身具备运用知识进行工程设计、技术集成和创新的能结合理论知识来解决实际问题的能力[1]。而《传热学》作为能源与动力工程、机械工程、航空航天等诸多工科专业的核心课程，其中所教授的相关理论体系也成为了解决各个领域中能量传递、转换与控制问题的关键技术基础。这门课也是急需让学生实际转变能力需求的课程。这种转变要求我们的教学模式必须与时俱进，从注重知识传授转向强调能力培养。但是，不可否认的是，经历了长期的传统的《传热学》教学以来，普遍纯在的一个教学模式就是“教师讲、学生听”的单向灌输模式。这样的教学模式太过于强调于数学公式的推导与解析求解，而在传热现象的物理本质及其在庞大工程系统中的应用场景这一方面选择了忽视。其中具体的表现为在课堂中，教师通常会花费大量的时间讲解傅里叶定律、牛顿冷却定律等基本理论的数学表达式，却缺少对其物理意义和工程上的实际应用的讲解和讨论。这样的教学方式所导致的结果就是让学生陷入了一种为了考试而学习的功利性学习状态，如果当他们面对真实的工程热问题时，就会表现得手足无措，这是因为缺乏将理论知识转化为实际解决方案的能力。除此之外，通过依赖期末闭卷考试的单一考核方式，很难全面、公正地评价学生在项目学习、团队协作、创新设计等方面的过程努力与综合素养。

为了针对以上所描述的问题，此研究基于地方

高校工程教育认证的实际需求，以本校的能源与动力工程专业为测试点，对《传热学》课程进行了系统性、综合性的教学改革研究，为新工科背景下的工程教育改革提供可借鉴的实践案例。

2 教学现状与问题剖析

通过对本院系过往三届学生的教学反馈进行系统梳理和分析后，本人发现并归纳出本课程存在着一些不足之处，这些问题严重的影响了学生工程实践能力的培养。

第一，教学内容比较陈旧，知识点之间也缺乏联系。现在的教材内容依然以经典理论为核心，尽管其中的知识体系很完善，但是却缺乏了“与时俱进”的要求，与当代科技前沿联系并不密切。例如，在当今工程实践中日益重要的数据中心液冷技术、动力电池热管理系统、芯片封装散热等新兴领域的热问题，在传统教学内容中很少涉及。更为突出的是导热、对流、辐射三大传热方式在教学中往往是每个独自讲授的，缺乏了生动的联系。这导致了学生在学习过程中难以建立起“复合换热”的整体工程观念，而实际工程问题恰恰往往是多种传热方式共同作用的复杂系统[2]。第二，教学方法偏重灌输，学生参与感不强。目前的课堂教学依然是以教师讲授、通过PPT来演示上课内容，而师生之间的互动，学生之间的协作表现得严重不足。在这样的教学模式下，学生长期处于被动接收状态，他们的批判性思维与主动探究精神被无形抑制，学习的动力也随之逐渐消散，我们还在实际教学中观察到，即便是在课程的后期，大部分的学生仍然是习惯于等待教师给出问题的标准答案，而不是主动思考和探索解决方案[3]。第三，实践环节偏向“走过

场”，与理论之间存在脱节。在实验教学中大多数都是以验证性实验为主，而学生只需要按照既定的步骤进行操作，记录好实验的数据并与所给的理论值进行简单的对比就可以完成实验的任务。这样的实验模式，虽然是可以帮助学生理解基础理论，但是也严重的桎梏了学生的设计思维与探究能力[3]。而且理论教育与实践环节和课程设计之间存在着严重的脱节，没有能够达到相互协同教学的作用。第四，考核方式单一，重结果轻过程。仅仅通过一场考试就决定了课程的成绩，这种模式没有办法准确的反应出学生在项目学习、软件应用、团队协作等方面的成长与贡献，反而在一定程度上助长了应试学习的不良风气[3]。

3 “四位一体” 教学改革方案的构建与实施

针对上述的四点问题，本人构建出了系统的“四位一体”教学改革方案，并且在多个维度进行了深入实施。

3.1 教学内容的重构与优化

为了能够让课程能够与时俱进，学以致用，本人对教学内容进行了全面的模块化整合与动态更新。通过线上和线下两种方式的结合，对教学内容进行改变。在线上资源建设方面，充分的利用超星学习通的在线平台来建设（Small Private Online Course SPOC）课程，将导热、对流、辐射三大基础理论的精讲视频、知识点动画演示、在线自测题库等学习资源前置，要求学生在课前必须完成基础理论的学习。而通过这种方式可以有效的省出课堂时间，使教师可以将宝贵的课堂时间用来组织更深层次的研讨和案例的分析[4]。在线下教学方面，将案例教学的深化与应用进行一个特别重视，例如，在讲解“对流换热”这一重要章节时，就不会再是简单地介绍公式和计算方法，而是引入了“电动汽车电池包液冷系统设计”这一实际工程案例。通过这个案例，学生不仅需要运用对流换热理论进行计算，还要综合考虑流体阻力、泵功消耗、系统可靠性等多重工程因素。相同的，在讲授“辐射换热”

时，我们会结合“航天器再入大气层的热防护盾”这一高科技应用场景进行深入分析。通过这些生动具体的工程案例，让抽象的理论知识变得具象化，可以极大地激发了学生的学习热情和探索欲望。

3.2 教学方法的创新：PBL项目驱动

为了彻底改变学生被动学习的状态，本人专门设计了一项能够贯穿一整个学期的开放式项目任务：“高功率密度电子设备的先进散热系统设计与优化”。在这个项目中，学生可以自由组成4-5人的项目小组，每个小组的每一个人都需要扮演一个完整的工程师团队角色，从需求分析、方案设计、数值模拟到优化改进，集体的通过分工协作的方式完成一个完整的产品研发流程。而在项目的实施过程中，特别的着重于对学生工程思维方式的培养。例如，在项目启动阶段，我们要求学生不仅要考虑散热性能，还要综合评估成本、体积、重量、可靠性等多重约束条件。这种基于真实问题驱动的学习方法，有效地将离散的理论知识点整合为解决复杂工程问题的系统性知识网络。而从实际的实行效果上来看，学生们对于这样真实情景下的学习任务都表现出了特别高的参与度和积极[5]。

3.3 教学方式的融合：虚实结合，相互印证

我们推进虚拟仿真技术与传统实验教学深度融合，在课程中间开设专门的CFD软件实训课，带领学生完成基本的几何建模、网格划分、物理模型设置及后处理等基本操作，并且通过将仿真结果与理论计算值、实验测试值进行对比分析，培养学生正确理解不同的计算模型有其适合场合、存在一定误差的理念，这对培养学生的工程科学严谨态度非常重要。针对实验教学环节，一方面保留“一维稳态导热”这样的基础验证性实验，保证学生能掌握最基本的实验技能和数据处理方法；另一方面大力开发和引进综合性和设计性的实验项目，例如把传统的“自然对流换热”验证性实验转化为“探究加热表面朝向、尺寸变化对换热性能的影响”的开放型研究课题，让学生自己设计实验方案，确定测量参数和方法，解释实验现象、分析实验结果。一方面

有利于提高学生的实验设计能力；另一方面有利于激发学生的科研热情[6]。

3.4 考核评价体系的改革：过程性、多元化

为更好地对学生学习效果与能力提高进行全面客观评价，在原来考试成绩占70%的考核模式基础上构建了一个以能力评价为主的新的多元化考核评价体系，把期末闭卷考试成绩由原来的70%降为现在的40%，并增加了知识的理解运用能力和综合应用能力的考察比重；60%的成绩由平时的过程性考核中产生，主要包括：项目报告(20%)、仿真实验(15%)、实验技能(15%)和课堂/团队表现(10%)等内容。其目的在于让学生认识到除了要考好期末考试之外，还要不断地、全面地提高自己的各项能力。同时对学生而言也是一种全新的考核方式导向，有助于他们把精力更多的放在学习的能力培养上，让学生的整个综合素质获得发展。

4 改革实践效果的理论分析与预期评估

在经过一轮完整的教学实践，我们对改革效果进行了系统的理论分析和实证评估，发现了其中有着许多积极的变化和值得深入探讨的教学现象，总结包括了以下几点。

4.1 学生学习过程与行为模式的积极转变

对比于以前的教学模式，在经过这次改革之后的学生，在学习期间的观念和行为上都有了巨大的差异，而PBL项目对学生学习热情以及主动性有着重要的影响作用。尤其是方案论证期间，很多同学并不是拘泥于书本当中的例题或者课后习题上面，而是广泛搜索一些相关的学术期刊以及行业标准还有一些专利文献等等，并且在此过程中不断寻找自身的最优化的设计方案。这也更加符合工程教育的要求。

4.2 学生工程素养与综合能力的预期提升

此次的教学改革的核心目的是在于改善传统的教学模式，更加的重视于学生能够解决复杂工程问题能力的培养。在学生所提交的中期项目报告和

CFD仿真分析结果中，可以观察到有着许多积极的信号。尽管有一部分的小组在初期设计中数值仿真暴露出了各种问题，比如流动死区、局部过热等，但是他们展现出了明显的“发现问题-分析原因-优化设计”的工程思维流程，这充分说明了这样的改革措施也正在发挥出预期中的作用。特别值得注意的一点，通过虚拟仿真结果与理论计算的交叉验证，让学生们对传热学原理的理解正在从抽象的数学公式深化为可视化的物理图像和可操作的工程判断。就这个过程来说，实际上正是现代工程设计范式中的“初步设计-模拟验证-反馈优化”流程的初步实践，对于培养学生形成科学的工程思维方式具有重要价值。

4.3 教学相长与课程生态的良性构建

这套教学改革方案不仅有利于学生成长，而且也促进了教师团队和课程建设的共同发展，并将教学重点逐渐由“如何讲清楚”变为“如何引导学生做好”，这对教师提出了更高的要求，必须要具备更加丰富的工程实践经验、更强的课堂组织、引导能力。同时，多元化的考核评价体系建设正在发挥着它的积极作用，让学生认识到分数是阶段性的阶段性结果，更是由于持续的学习过程、全面的付出得到的结果，避免单一考绩观，启发更多的同学在学习中摆脱应试的心态，注重长远发展，潜心向学，这也对于良好学风建设有着深远的意义。

4.4 面临的挑战与持续改进的方向

从这套方案推行过程中，我们也发现了诸多问题：第一是PBL项目和CFD仿真的加入无疑加大了学生的学业负担，但我们应从实际情况出发，在一定难度基础上设定对学生的基本要求，并实现因材施教。二是由于新模式对于老师的要求更多，意味着老师投入的时间与精力也都会大大增加，如何在保证老师教学强度的基础上提供一定的工作便利，使得老师可以更好的投入新授课的同时避免超负荷的工作压力也是我们需要继续深究的问题；三是新的评价体系的建立也需要我们在以后不断摸索和完善，使其可以更准确地对学生的能力进行判定，并促使学生可以全面的发展自己的才能。

教学, 2014(3): 9-16.

- [2] 李芒, 徐承龙. 基于PBL的大学课程教学设计与实施[J]. 高等工程教育研究, 2018(5): 145-151.
- [3] 郑佳, 黄宏升. 新工科背景下传热学课程教学改革与探索[J]. 时代汽车, 2025, (13): 65-67.
- [4] 万辉. 教育数字化背景下基于SPOC教学平台的PBL教学模式在现代教育技术课程中的应用研究[J]. 科学咨询, 2025, (18): 166-169.
- [5] 王伟, 赵小明. 基于PBL模式的《传热学》课程教学改革研究[J]. 教育教学论坛, 2020(45): 145-146.
- [6] 李志义, 朱泓, 刘志军. 基于OBE的课程体系与教学方案设计[J]. 高等工程教育研究, 2014(1): 1-5.

5 结论

在新工科建设和发展的背景下, 以传热学课程现状为出发点, 通过从教学模式的改革和优化, 教学内容的重构和优化考核评价机制的改革等方面不断研究探索, 使得学生易于学习和掌握传热学基本知识、公式推导和工程应用的解决, 从而推动新工科建设和发展背景下的新能源科学与工程专业复合型人才培养。

参考文献

[1] 李志义. 适应认证要求 推进工程教育教学改革[J]. 中国大学

