

“产学研赛”闭环融合式《热力基础与流体力学》 教学改革与实践

李彬 张璇

浙江农林大学光机电工程学院

摘要：针对目前《热力基础与流体力学》课程存在的理论脱离实践，学生工程应用能力弱的问题，提出“产学研赛”闭环融合的教学改革理念，从教学内容、教学方法和实践平台三个方面出发，围绕“产业需求导向—科研成果反哺—竞赛实践检验—反馈优化升级”的闭环体系开展全方位改革创新，效果良好。进一步表明基于闭环融通理念的工科基础课程教学改革对于培养学生的理论素养、工程实践和设计开发创新能力具有良好促进作用，为工科热流课程的教学改革和教学实践提供积极有效的新范式。

关键词：“产学研赛”；闭环融合；热力基础与流体力学；教学改革；工程实践

引言

《热力基础与流体力学》是工科类专业的核心基础课之一，由于这门学科的内容不仅涉及能源动力装置，还包含了航空航天、土木建筑以及环境工程等领域，因此这门课程的教学水平将直接影响学生的技术专业水平。

目前的高教正致力于“新工科”的建设，旨在培养有产业需求的，具备工程实践能力、创新能力以及跨界整合能力的高素质人才^[1]。《热力基础与流体力学》课程当前存在的问题如下：一是教学内容太偏向于讲授，过于注重理论推导，忽视了与工业生产相联系的内容，不利于学生掌握一些新的知识点和技术；二是教学方法依旧是“教师讲授+学生听讲”，这样的传统方式对学生来说效率不高，且其知识被动灌输给学生，并不会引起他们求知欲；三是实践教学环节薄弱，开设的大多是验证性的实验，而涉及到的实际项目很少，没有设计性工程项目的参与；四是产业—教学—科研—竞赛之间学术力量被分割，未能将四方面力量更好地融会贯通，未能效地将其融合、互补。

基于“产学研赛”协同育人的指导思想，通过构建闭环融合的教学模式，在融合产业发展需求、科研最新成果、各类学科竞赛等方式的基础上，在教学过程中引入实践操作，取代单一的理论学习的方式，达到“知识、能力、应用”等多方面的统一。

一、课程教学现状与问题分析

（一）教学内容与产业需求脱节

传统课程教学内容以经典的理论为教学核心，在

教材章节编排上采取“定义—公式推导—例题—习题”方式组织教学内容，已经完全脱离了工业生产的实际运行方式。如对于“换热器传热计算”章节而言，大部分教学方式都是针对一些理论公式的推导，而关

于工业换热器结构设计、节能、数值模拟等工程应用方面的知识介绍偏少；对于流体力学而言，过分强调理想流体运动规律的学习，对工业流体的黏性阻力，管路系统的优化，以及流体机械选型等内容的讲解不够充分，造成了很多同学毕业之后不能将所学知识应用于实践中，无法达到本行业对技术和能力的要求。

（二）教学方法单一

长期以来，该教学的教学方式均以教师讲授为主，学生只是被动地接受教育；加上本课程理论性较强，需要大量进行公式推导及讲解，单一的讲授式教学很难调动课堂气氛，难以提高学生的课堂学习兴趣及主动性。这样一来，也难以使学生联系实际将学到的理论知识应用到工程实践，不利于学生“学用脱节”、工程思维及创新意识培养。

（三）实践教学措施落后

当前多数高校本课程的实践教学措施已经落后于新工科的要求，具体表现在：一是

实验教学以验证性实验为主，如“伯努利方程验证”“运动流体雷诺数的测定”等，学生只需按照实验指导书步骤操作，无需进行自主设计和对实验背后意义的深入思考；二是实践平台长期以来均为校内实验室专用教学设备，与实际工业设备存在较大差距，

课题项目：项目名称“产学研赛”闭环融合式《热力基础与流体力学》教学改革与实践（项目编号：JG2025038）。

作者简介：李彬（1984—），男，博士，副教授，研究方向为农产品与检测技术。

学生无法真实地接触工程环境中的实践体验；三是实践教学与科研、产业的结合不够紧密，未能将企业实际项目和教师科研成果转化为实践教学内容，实践教学的工程性和创新性不足。

（四）“产学研赛”协同机制缺失

当前教学过程中，教学、科研、产业、竞赛各环节相互独立、缺乏资源的合理联动，具体如下：高校教学与企业生产需求脱节，企业也未能深度参与课程设计和教学实施；教师主持的科研项目没能有效地实现对课程教学的支撑，课程教学与学科竞赛没有并轨，以实现竞赛过程对教学的反哺作用。

二、“产学研赛”闭环融合教学改革理念与框架

（一）改革核心理念

“产学研赛”闭环融合教学改革旨在树立“需求导向、协同育人、闭环反馈、持续优化”的指导思想，实现高校、企业和科研机构三方面结合，把产业技术、科研成果和竞赛标准融入整个教学过程，在教学的全过程中强化实践性、开放性，并采用基于“产业需求教学实施科研支撑竞赛检验反馈优化”的闭环方式，推动各环节有机衔接和循环发展，从而达到“专业的理论知识，较强的工程实践能力和创新精神”的协调培养理念^[2-4]。

（二）闭环融合教学框架

构建“四维一体、闭环联动”的教学框架结构和闭环体系中的四个核心维度以及闭环逻辑，具体包括以下几个方面。

1. 产业维度（需求输入）

根据上述方式对行业进行调研或校企合作或者岗位调查等方式调研了解产业对热力流体的知识和能力要求，并以此为依据确定教学内容重点和实践项目重点。

2. 教学维度（核心实施）

以产业发展和社会发展要求为导向改进和优化课程教学内容；采用多样的教学方法，使实践教学、产业最前沿的技术、最新竞赛的方向都能够在教学过程中发挥作用；同时使得教学过程成为学生从知识的输入到应用能力提高的过程。

3. 科研维度（支撑赋能）

把教师科研项目、科研方法、科研成果转化成教学案例、实践活动、探究性课题，循序渐进地实现教学内容前移，形成自主创新意识，培养创新精神和能力。

4. 竞赛维度（检验输出）

以学科竞赛为平台考察教学效果以及学生的能力，

把学科竞赛过程中发现的问题、取得的经验，反馈到教学、产业以及科研中，并且据此随时修正科研的方向。闭环逻辑内容如下：产业是为教改指明方向，教学是为学生成长搭台，科研是为教学当好保障，竞赛是检测教学效果的风向标，各环节之间可以互相反馈，优化完善闭环式教学体系，不断完善升级教学方式^[5-6]。

三、“产学研赛”闭环融合教学改革具体实践措施

（一）教学内容重构：对接产业需求，融入科研与竞赛元素

①对课程模块进行优化重组，以适应产业发展实际需要，在调研热电厂、水电厂等相关企业的过程中，了解这些行业的岗位对能力的需求情况，为学生培养核心能力找准定位。

②科研成果转化为教学内容：在教师主持的“超临界流体动力学”“蒸汽爆破热场分析”科研项目中提炼取得的项目研究精华，提取作为典型案例及探究性课题，采用 Fluent 等软件进行模拟计算，并结合工程实际去解决相关复杂的热流学方面的科学问题。

③竞赛融入教学：将全国各级大学生竞赛与热流学相关的研究课题融入课程教学。如在“热力学第一定律”教学中，引入节能减排竞赛中的热电厂“工业余热回收系统设计”课题，并让学生进行整套的热流学设备的参数设计和性能指标分析。

（二）教学方法创新：教学方法的多样化和实用性

①项目式教学（PBL）：根据具体的工程项目或者科研子课题来完成课程的内容的拆分，将知识点有机地结合起来，并将其分解为一个个的任务，如，“工程应用”模块设置的“对流式水冷设备的开发”，学生分组完成系统热力计算、流体管路设计、传热设备选型、经济性分析等工作。

②案例教学法：以实际工作的企业真实工程案例中“某水电站引水管道流体阻力优化”及课题研究案例“液压密封技术研究”为例，在课堂上组织同学们就以上两个案例的技术问题讨论如如何实现最佳阻力优化以及如何实现良好的液压密封的技术困难，具体的可实行的操作方案以及相关的理论支撑。

③混合式教学：利用学习通、MOOC 等线上平台，将理论推导、基础知识讲解等内容制作成线上课程，学生通过课前的自主学习，节约课堂的时间。而课堂时间则主要用于案例分析、项目讨论、实验指导和答疑解惑。

④数值模拟与虚拟仿真教学：引入 ANSYS Fluent、MatLab 等工程软件，开设“热力流体数值模拟”实践课程，让学生掌握流体流动、传热过程的数值模拟方

法;利用虚拟仿真技术,构建虚拟仿真平台,学生可在虚拟环境中操作热力设备、并调整相应的运行参数,以观测相应的结果参数的输出^[6]。

(三)实践教学体系完善:搭建“校企协同”实践平台

①基础验证性实验升级:可保留“伯努利方程验证”“稳态平板传热实验”等经典验证性实验,增加实验的自主设计部分,比如:在“流体流动阻力测定”实验中,学生可以根据自己的兴趣选择流速、阀门开度等不同的参数,自主开展实验设计,通过自主分析总结出不同的流体参数对其阻力的影响结果,提高学生的设计能力和数据分析能力。

②综合设计性实验开发:结合校企合作以及科研项目,开发面向实践和科研训练的综合性和设计性实验项目。例如:“太阳能电热板的设计与性能分析”。

③竞赛与教学的融合:学科积极参与各类与热流应用相关的竞赛,学生在学校老师、企业的人指导下参加竞赛并以指导老师为主带队完成竞赛的项目。并把竞赛中涉及到的核心技术转化为教学内容。

(四)闭环反馈机制建立:实现各环节动态优化

①教学反馈:及时了解学生对课程教学效果的意见和建议,经渠道反馈后作为教学工作的持续改进依据。

②产业反馈:通过课程实践活动以及顶岗实习的意见反馈,了解毕业生在相关企业的职业适应性,收集学生和企业对课程教学的建议和措施。

③科研反馈:把学生做科研项目或者做课程设计中的技术反馈问题给老师做科研参考,并根据其不断修正和调整自己的科研方向和内容,这样才能保证教师的科研工作也是和教、学、产相适应的。

④竞赛反馈:分析学生活动中存在的一些共性问题及弱点,针对性地改进和完善教学内容、实践项目。

四、教学改革实践成效

通过上述措施进行了教学改革之后,本课程的教学质量有所提升,主要表现为学生的期末考试成绩上升;实验设计的教学内容更加规范;学生在分析和

解决热流学相关工程案例和问题的能力得到增强。同时,学校与企业的协同育人方案更加完善,目前校企联合开发的实践项目已达8项,企业为学生提供了实习岗位和就业岗位,构建了“人才培养—实习就业—产业反馈”的良性互动局面。同时,科研与教学的相互促进机制已经建立,显著提高了我校学生参与科研的积极性,形成“科研促教学、教学助科研”的良好局面。

五、结论与展望

《热力基础与流体力学》“产学研赛”闭环融合教学改革通过搭建“产业需求导向—教学内容重构—科研成果反哺—竞赛实践检验—反馈优化升级”的“产学研赛”闭环融合教学体系,弥补了传统教学理论与实践相脱节、培养创新能力不足等弊端,形成了将教学、科研、产业、竞赛有机结合的一体化协同育人的教学新模式,实践证明该教育教学模式既能够积极地促进本课程的教学质量,又能提高学生的工程应用水平和能力。

参考文献:

- [1] 教育部关于加快建设高水平本科教育全面提高人才培养能力的意见[J]. 中华人民共和国国务院公报,2019(3):34-41.
- [2] 范珍珍.新工科背景下应用型本科高校深化产教融合协同育人的探索与实践[J]. 教育信息化论坛,2025(7):124-126.
- [3] 董梦晨,刘家欣,孟庆强,等.新工科背景下产教融合协同育人模式探索与实践[J]. 内蒙古科技与经济,2022(21):50-51+161.
- [4] 胡良斌,高丽娟,李必文,等.新工科背景下校企产教融合协同育人模式探索与实践[J]. 中国教育技术装备,2020(21):134-135.
- [5] 黄现青,乔明武,赵秋艳,等.基于学科引领产教融合新工科背景下食品专业育人模式探索与实践[J]. 高教学刊,2021,7(13):160-164.
- [6] 金阿芳,胡国玉,富荣昌.工程流体力学课程BOPPPS教学模式实践探究[J]. 高教学刊,2025,11(28):58-61.