



基于新工科的流体力学多途径整合式 教学实践探索

李 艳^{1,2}, 李晋川^{1,2}, 郑庭辉^{1,2}, 邵冰莓^{1,2}, 王柏弋^{1,2}

(1. 四川大学 建筑与环境学院, 成都 610065; 2. 四川大学 四川省力学实验教学示范中心, 成都 610065)

摘要: 以流体力学中伯努利方程的教学实践为例, 系统介绍了四川大学流体力学课程的教学方法改革探索。改革实践表明, 多途径整合式教学将项目式教学融入全过程考核中, 采用“学、练、验、用”多途径结合及教学资源整合的方式, 尤其是自主实验和应用实践, 激发学生学习热情与参与度, 有助于提升学生的实践与创新能力。改革定位于新工科建设培养要求, 突出以学为中心的教育理念, 在应用中取得了良好的效果, 为进一步优化项目式教学、完善全过程考核提供了有益探索。

关键词: 流体力学教学; 项目式教学; 全过程考核; 新工科建设; 实验实践

中图分类号: G642.0

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20200251

The Exploration of Multi-way Integrated Teaching Practice of Fluid Mechanics Based on the New Engineering Disciplines

LI Yan^{1,2}, LI Jinchuan^{1,2}, ZHENG Tinghui^{1,2}, SHAO Bingmei^{1,2}, WANG Baiyi^{1,2}

(1. College of Architecture and Environment, Sichuan University, Chengdu 610065, China;

2. Mechanics Experiment Teaching Demonstration Center of Sichuan Province, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract: An exploration of teaching approach reform in the fluid mechanics course of Sichuan University is introduced in this paper, taking the teaching practice of the Bernoulli equation in fluid mechanics as an example. The teaching reform practice shows that this multi-way integrated teaching approach integrates the project-based teaching into the assessment of the whole process, and adopts a variety of approaches including “learning, practicing, testing and application” and the integration of teaching resources, especially self-motivated experiments and application practices, to promote students’ enthusiasm and active participation in learning, helping them to improve their practical and innovative abilities. The teaching reform which is oriented to the requirements of the establishment of China’s new engineering disciplines, highlights the learning-centered educational philosophy, and has achieved good results in its application, providing a useful exploration for further optimizing the project-based teaching and improving the implementation of the whole process evaluation.

Key words: fluid mechanics teaching; project-based teaching; whole process assessment program; new engineering disciplines construction; experiments and practices

流体力学是力学专业核心课程, 也是水利、土木、环境和能源动力类专业的重要技术基础课程, 在各工科专业学生学习中占据重要地位。目前国家大力发展“新工科”建设, 其主要目标就是培养造就一批具有交叉创新能力、基础扎实、素质卓越的复合型工程技术人才^[1]。在多年的流体

力学理论和实践教学, 笔者发现一方面学生局限于理论知识的学习; 另一方面学生想学以致用、发展创新却无门而入。简单的作业题和验证性实验已经无法满足学生探索的成就感, 更不能激发学生自主创新的热情。笔者希望借助“新工科”建设探索新的教学模式, 解决上述教学中的

收稿日期: 2020-05-26; 修回日期: 2021-03-11

基金项目: 教育部第二批新工科研究与实践项目(E-JSJRJ20201338); 四川省高等教育人才培养质量和教学改革资助项目(JG2018-32); 四川大学实验技术立项重点资助项目(SCU202010)。

作者简介: 李艳(1984-), 女, 博士, 讲师, 主要从事力学实验教学与管理方面的研究。

通信作者: 郑庭辉(1973-), 女, 博士, 教授, 主要从事流体力学与血流动力学方面的研究。E-mail: tinghui@scu.edu.cn

痛点问题。项目式教学以其紧扣学习过程、贴合实践应用的特点,成为高校新工科人才培养教育中的一环^[2-3],引起了众多高校教师的关注和实践探索。在新工科建设要求下,如何有效地将项目式教学方法应用到流体力学课程教学中,并充分整合理论课堂、实验室、生活实践等多种教学资源,利用好师生互动、同侪效应,达到激活学生自发学习能量、提升学生创新能力的培养目标,是四川大学进行流体力学课程教学改革探索的初衷。

本文以流体力学中伯努利方程的教学过程为例,介绍了四川大学流体力学课程的教学改革模式——多途径整合式教学方法。从改革的实践效果来看,多途径整合式教学将项目式教学融入全过程考核中,采用“学、练、验、用”多种途径,注重学生实验与实践能力的培养,激发学生学习热情与参与度,有助于学生掌握理论知识、拓展应用领域、提升创新能力,是在新工科建设思路指导下的一次积极探索。

1 多途径整合式教学方法介绍

1.1 教学实践起源

在教学中实行全过程考核毫无疑问可以提升教与学的互动性。但是诸如出勤、小测验、课堂表现等过程考核方式仍浮于形式,并没有触到知识创新的堂奥。笔者认为,真正意义上对知识吸收有帮助并让学生产生“学有所成”和学习激情的过程考核应该是以“项目”形式开展的。

项目式教学是学生在教师的指导下通过完成一个完整的项目而进行学习的教学模式。它将传统的学科体系中的知识内容转化为若干个“教学

项目”,围绕项目开展教学,使学生通过自主学习直接参与教学全过程,主动地进行体验、感悟与探究^[4-5]。项目式教学具有以学生为中心、强调互动沟通和团队协作、重视学习过程评价等特点^[6],这使其自然而然融入全过程考核当中。然而这种融合要达到炉火纯青的境地,只靠课堂与教师显然力所不逮,唯有将课堂从教室扩展到实验室、寝室、校园、社会等生活实践中,将学习主体由学生个人扩展到师生互动、团队协作中,才能充分发挥项目式教学的实力和魅力。究其根源,这是一种资源和思维的整合。根据流体力学教学改革实践,我们将这种模式概括为“多途径整合式教学方法”。

1.2 实施途径

多途径整合式教学方法采用“学、练、验、用”4个途径,实际是4个步骤,即从应用案例出发,经历理论学习、练习思辨、实验验证和生活实践,最后回归应用。学生是学习的主体,通过不断地实践建构自己新的知识和经验,在完成真实任务和难题过程中完善自己的知识结构和体系^[7]。

在4个途径中,“学”即理论教学,“练”既包含对理论的简单使用和练习,又扩充到对理论应用局限性的理解。在流体力学教学中这种局限主要指使用方程的前提条件和各种假设。“验”是实验和验证。学生根据已掌握的理论知识,结合具体的主题“项目”进行实验设计,验证理论知识,探索知识边界。最后在所学基础上,从生活中找到相关实例,详细分析,溯其根源,进而提出改进或解决措施,达到“用”的境界。整个过程将各项教学资源和学习场景囊括其中。具体实施途径如图1所示。

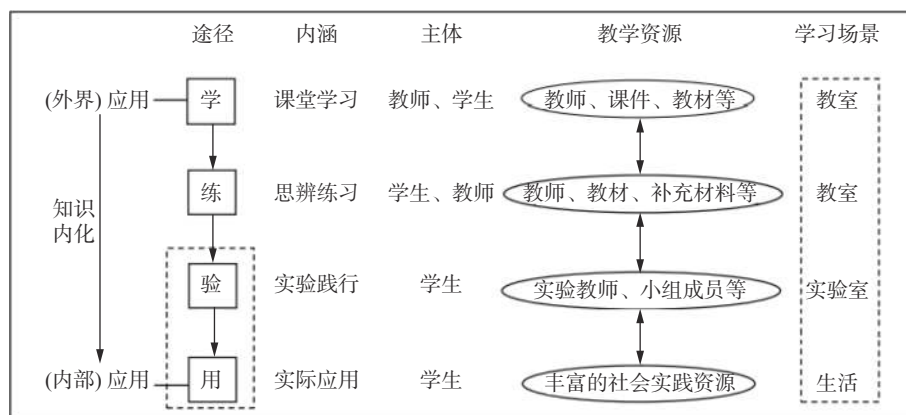


图1 多途径整合式教学方法示意图

2 多途径整合式教学方法实施案例

多途径整合式教学方法是笔者在多年的流体力学教学中总结出来的。通过选择合适知识点,使用项目式教学,采用“学、练、验、用”4个途径,层层递进,且相互衔接,可以极大地提高学生的学习热情和实践能力。目前笔者在流体力学教学中运用该方法的教学项目包括:流体静力学中千斤顶、虹吸现象、毕达哥拉斯杯和非牛顿流体性质等;流体运动学中行车记录仪(拉格朗日方程)和天眼(欧拉方程)等;流体动力学中伯努利方程和动量方程等。下面以伯努利方程为例,详细阐述教学过程。

2.1 伯努利方程的“学”

伯努利方程是流体动力学中的一个重要原理,在诸多工程技术领域和实践中应用广泛。由案例出发,讲述方程的实际应用,如奥林匹克号离奇撞船事件、高铁站台两米安全线的规定、香蕉球原理等,激发学生的学习兴趣。在好奇心被激起后,教师再阐释方程的原理与推导过程,然后给出伯努利方程:

$$p + \rho v^2 / 2 + \rho gh = C$$

式中, p 为流体中某点的压强, ρ 为流体密度, v 为该点的流速, g 为重力加速度, h 为该点铅锤高度, C 是一个常量,说明其本质是流体的机械能守恒。此时,教师还需提醒学生,方程有适用条件,引导学生找出推导过程中的隐藏假设。

2.2 伯努利方程的“练”

了解了理论方程之后,教师精选练习题,引导学生进一步理解方程应用的局限性,即使用时应考虑假设条件。如四川大学流体力学影印本教材上的一道习题^[8],敞口容器下方有一喷嘴,已知垂直流中点②速度,求点⑤的流速,题图如图2所示。

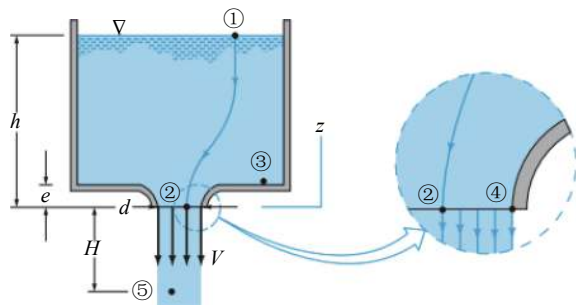


图2 关于伯努利方程的一道习题

在大部分学生运用伯努利方程得出结果之后,教师引导学生发现图中的矛盾点:图2中点⑤和点②两处看似截面面积相同,那么根据连续性方程,两点速度必然相等,这显然不符合之前根据伯努利方程得到点⑤速度大于点②速度的计算结论。问题出在哪儿呢?很显然不是伯努利方程有误,而是习题图绘制得不严谨,但是根本原因是什么,真实图例该如何画,能否用其他方法加以验证?在习题练习过程中,教师采用问题引导的方式,启发学生思维,鼓励学生从其他角度解题^[9]。

一名学生运用连续性定理和动量方程进行了解答,在解题过程中对伯努利方程的连续介质假设这个前提条件有了更深的认识。同时该生还考虑到自然界水流的重力和表面张力,进一步推导演算出喷嘴下方水流截面的半径值,由此发现水流应具备“越流越细”的特性。真实情况是否如此呢?问题又激发了这位同学进一步去实践验证的探索之心。

2.3 伯努利方程的“验”

在“验”环节,学生要充分利用实验室条件。首先在实验教师的带领下完成伯努利实验的演示和测定,然后在任课教师指导下自行分组、选题,运用简单的仪器设备,搭建实验环境,进行实验验证^[10-11]。只有在接收到学生的求助信号后,实验教师才给予适当协助和点拨,促使学生对实验方案进行改进,使实验设计更科学,结果更真实可信。

上述练习中发现“水越流越细”的学生使用水龙头、三角尺和相机等简单设备验证了他的结论,加深了其理论知识理解并在此过程中获得了成就感。另一组学生关注小孔出流速度与孔面积的关系,希望通过实验验证伯努利方程推导出的公式。他们借助实验室的3D打印设备,在水槽上分别打印出方形、圆形及矩形小孔,控制边长、直径和高度,测定水流从小孔射出去的最远距离和时间(使用直尺和秒表),以此得出出流速度与孔面积的关系。学生设计的实验设施和部分实验结果如图3所示。

学生得到实验结论,出流速度随小孔面积变化的大致趋势符合伯努利方程的推导结果。通过细心观察,学生还发现了造成误差的诸多原因:如水流在流出小孔时速度方向并没有垂直于小孔所在的平面,将会影响到测得的射程;由于3D打

印误差,小孔的形心高度不一定处于同一水平面上;肉眼观察最远射程存在误差等。除此之外,还有收获与反思,如“学会和同学协作统筹完成一个完整的实验”“在做实验的过程中更加深入地认识到流体力学与理论力学等固体力学的差异”“在实验数据处理手段上仍有待改进”。该

组学生将实验过程和结果以答辩形式向老师和其他同学展示。教师给予点评反馈:“在小孔出流问题中,要保证小孔相对于水槽面积足够小,本次实验忽略了实际值与理论值的比较”。该组学生准备优化实验方案,继续针对小孔出流问题和伯努利方程的应用进行深入探讨。

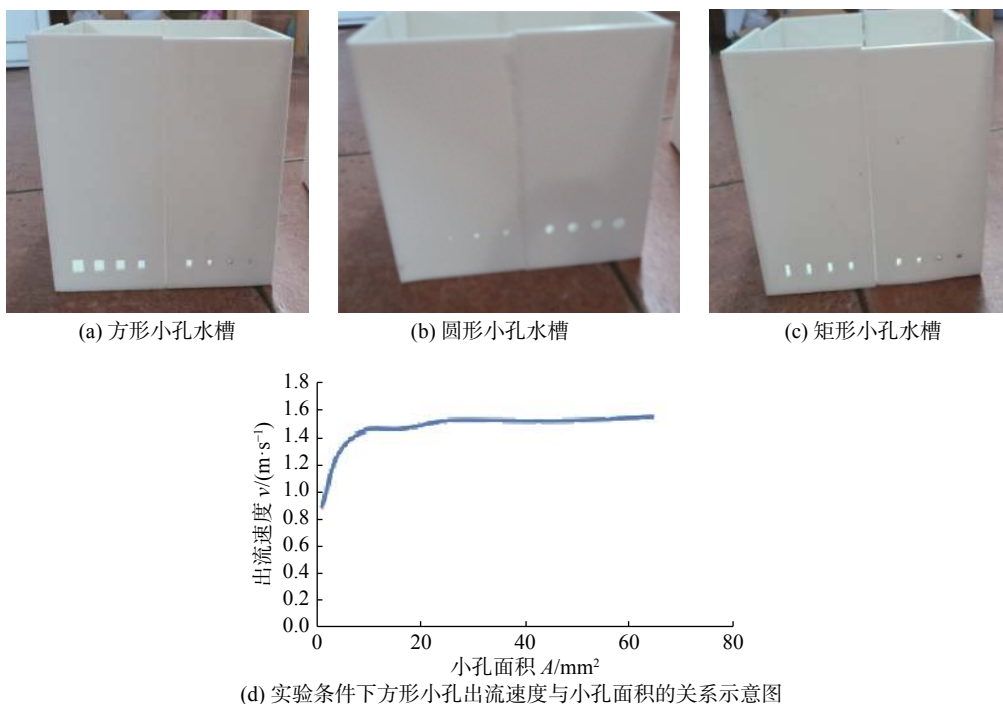


图 3 学生设计的小孔出流速度与孔面积关系实验设施及部分实验结果

2.4 伯努利方程的“用”

除了实验,学生还需到生活场景中去寻找伯努利方程应用的实际例子。一名学生将巴蜀茶艺表演中用到的长嘴壶设计与图 2 练习题引申出的“水越流越细”联系起来了,如图 4(a)所示。一组学生将小孔出流和静水压强结合起来,在寝室搭建了一个实现中间塑料片“凭空静止”的趣味简单装置,如图 4(b)所示。也有

同学根据伯努利方程和水头损失公式,研究了水击波的形成和传播,并对传统的水击波削减装置提出了改良举措。上述种种应用表现出来的智慧、趣味与创新,是学生对伯努利方程充分掌握的结果,也是学生思维又一次升华的明证。学生在“用”环节的发现、作品和思考实际上都是其进行创新创业训练的基础,可以为其进一步科研提供持续的动力。



图 4 学生针对伯努利方程发现和制作的“应用实例”

3 分析与探索

在“学、练、验、用”4个途径中,如果说“学”与“练”是学生在教师指导下对知识的有意识吸收,主体还包含了教师,那么“验”和“用”两个环节的主体则肯定是学生。这是体现项目式教学特色的最重要环节,也是流体力学教学中的实践环节。在力学教育中设置大作业和实验等实践环节可以培养学生创新能力^[12],但并不是说“学”和“练”的基础不重要。相反,只有充分认识理论,才能发现问题,靠“验”解决问题,靠“用”升华理论。事实上,“学、练、验、用”是一个逐步递进、环环相扣又紧密衔接的系统,整个过程重现了学习新知识的全过程,是知识内化的良好途径。教师可在教学中设计多个教学项目,按个体进行“学”与“练”,分组完成“验”与“用”。在完成一个教学项目后,通过教师评价、组间互评及组内评分等多种测评方式,每位学生都可在项目的过程考核中获得一个合理的分数。

多途径整合式教学方法整合的不仅仅是教学资源和学习场景,还包括教师与学生的思维。在教学过程中,教室是吸收知识的殿堂,实验室成为重要的实践场地,无形中促进了实验教师参与理论教学的程度,整合了教师间的思维。同时各种生活场景成为学生观察和内化知识的阵地,带有目的的观察和探索使生活处处成为教学资源。分组完成项目也增强了师生及组员的互动,整合了师生的思维。

在多途径整合式教学方法的实践过程中,教师和学生的积极性均得到了调动,协同共进,教学成就感增强,但与此同时也意味着双方均要投入更多的时间和精力来组织和参与其中,这对教师和学生均是一种挑战。该方法在后续应用过程中应注重精选知识点,以课程重难点为主,贯彻“学、练、验、用”整个流程;另外,在练习题和实验项目的选择设置方面也要从学生兴趣角度出发,逐步建立思辨题库和创新项目库,在丰富教学内容的同时使其连贯渐进,推动师生在教学上的持续反思。

4 结束语

多途径整合式教学方法改革定位于新工科建设培养要求,突出以学为中心的教育理念,以“学、练、验、用”为知识内化途径,整合诸多教学资源,在实践中取得了良好的效果,激发了学生的学习热情,锤炼了学生的创新思维,为进一步优化项目式教学、完善全过程考核提供了有益探索。多途径整合式教学方法改革是四川大学本科教学改革浪潮中的一朵小小浪花,希冀以此为支点,完善课程内涵,提升教学质量,为高端复合型人才的培养提供更加肥沃的创新土壤。

参考文献

- [1] 吴爱华,杨秋波,郝杰.以“新工科”建设引领高等教育创新变革[J].高等工程教育研究,2019(1):1-7.
- [2] 戴亚虹,李宏,邬杨波,等.新工科背景下“学练研创”四位一体实践教学体系改革[J].实验技术与管理,2017,34(12):189-195.
- [3] 许栋,及春宁,白玉川.基于生活实践的工程流体力学启发性教学初探[J].力学与实践,2016,38(2):195-198.
- [4] 李妮,董占军,王天健.构建PDCA一体化的项目导向式工程教育方法研究[J].实验科学与技术,2018,16(5):149-152.
- [5] 龙世瑜,许棠,梁启文.基于创新能力培养实践教学项目的设计[J].实验科学与技术,2016,14(4):186-187.
- [6] 朱金秀,陈小刚,朱昌平,等.项目式实验教学的探索与实践[J].实验室研究与探索,2008,27(11):93-95.
- [7] 周权锁,陆隽鹤,余光辉,等.基于建构主义理论的实践实验项目探索与研究[J].实验科学与技术,2015,13(5):68-71.
- [8] MUNSON B R, YOUNG D F, OKIISHI T H. Fundamentals of fluid mechanics[M]. 7th ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2012.
- [9] 王冲,顾建农,鄢红春.问题链教学模式在流体力学教学中的应用[J].力学与实践,2012,34(3):81-83.
- [10] 白莉,刘志慧,李晓东.流体力学研究性教学实践:以创新性实验为例[J].力学与实践,2014,36(5):657-659.
- [11] 李磊,邓洪波,王云,等.新工科理念下嵌入式系统实验教学的改革与探索[J].实验科学与技术,2019,17(5):81-84.
- [12] 胡海岩.对力学教育的若干思考[J].力学与实践,2009,31(1):70-72.

编辑 张莉