新工科背景下流体力学课程教改探索

李文成，谢 坤

（华中农业大学 工学院，湖北 武汉 430070）

摘要：新工科建设对我国工科人才的培养提出更高要求，力学类课程作为工科院校的基础理论课，在人才培养体系和课程培养体系中占据重要地位。其中，《（工程）流体力学》等课程需要学生具备良好抽象思维能力以及扎实的数学基础，对课程的讲授和学习提出了更高的要求。但是鉴于这类课程对数理基础要求较高且以公式推导和理论证明等贯穿教学全过程，导致课程学习效果不佳，无法满足社会对新工科建设背景下专业技术人才的要求。为此，通过总结教学实践过程中遇到的典型问题，针对性地提出对应的解决方法，充分利用信息化手段激发学生学习的兴趣，改善力学类课程学习效果。

关键词：课程教改；流体力学；实验元素；新工科建设

**Study on the Teaching Mode Reformation of Fluid Dynamics under the Background of Emerging Engineering Education**

Li Wen-cheng, Xie Kun

(College of Engineering, Huazhong Agricultural University, Hubei Wuhan 430070, China)

Abstract: A higher requirements for training the engineering talents in China is put forward by the construction of emerging engineering education. As a basic theoretical course in engineering colleges, mechanics courses occupy an important position in the personnel training system and curriculum training system. Among them, courses such as (Engineering) Fluid Mechanics require students to have good abstract thinking ability and solid mathematical foundation, which puts forward higher requirements for course learning. However, as such courses have high requirements on mathematical basis and run through the whole teaching process with formula derivation and theoretical proof, which leading a poor learning effect of the courses, and it cannot meet the requirements of the society for professional and technical talents under the background of emerging engineering education construction. To address such issue, this paper summarizes the typical problems encountered in the course of teaching practice, puts forward corresponding solution and reformation to improve the learning effect of mechanics courses by employing the information technology method to stimulate students' interest.

Key words: teaching mode reformation；fluid mechanics；experimental element；emerging engineering education

作者简介：李文成（1986-），男，工学博士，华中农业大学工学院机械工程系，讲师（通讯作者），硕士生导师，研究方向为农用航空技术；谢坤（1988-），男，工学博士，华中农业大学工学院机械工程系，讲师，硕士生导师，研究方向为复合材料结构振动与声及流固耦合动力学。

一、课程目标与教学现状

《（工程）流体力学》是华中农业大学机械电子工程、能源与动力工程、环境工程等专业的学科基础课程之一，主要研究以水为代表的流体在静止和运动状态下的力学规律，及其在工程技术中的应用。本课程旨在培养学生获得流体力学方面基础理论的系统知识，掌握一定的分析、判断、计算和实验能力，为继续学习本专业后续课程，从事专业工作和科学研究奠定基础。

本课程基本任务是通过典型流动问题使学生掌握流体平衡和运动的基本概念、基本原理和基本计算方法，并了解一些流动现象的本质。通过实验教学环节，加深学生对典型流动现象和力学性能的了解，培养学生测量各种水力参数的能力，掌握各种水力计算的技巧。包含如下三个课程目标：(1)、掌握流体力学的基本理论、基本知识和基本方法，能够对工程实际中的流体力学问题进行合理的表达；(2)、掌握流体静力学、流体动力学的分析和计算方法，能够对工程问题进行准确的建模、分析和计算，培养严密的数理逻辑能力；(3)、引导学生采用实验的理论和方法研究流体力学中的科学问题，分析并解释数据的合理性，在研究过程中培养批判性思维。

国内高校流体力学类课程主要在大二和大三学年开设，流体力学类课程主要包括流体力学、工程流体力学和水力学等课程，力学专业开设流体力学可以一般在64学时以上，非力学专业多以选修课32学时或48学时的形式开设教学，需要有大学物理、微积分和理论力学等课程作为前期课程支撑[1,2]。该类课程具有理论性强、对数理基础要求较高、学时相对较短等特点，在考核环节和课程知识应用环节中可以发现学生的学习效果欠佳，这主要是因为该类课程存在教学模式相对单一、实验元素在教学过程中体现不足、理论与实践结合不够紧密、创新能力培养环节相对薄弱等问题，本文将从这几个方面展开讨论并提出解决方法，本位的教改思路如图1所示。

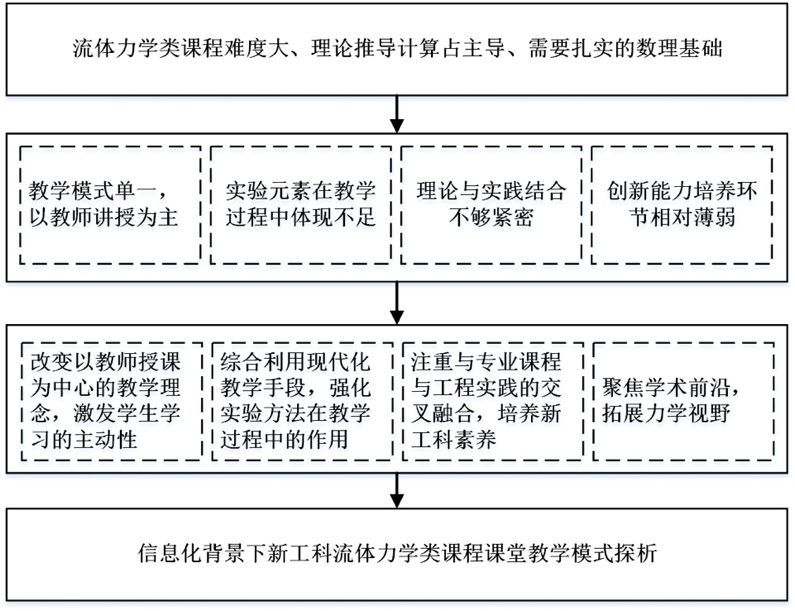


图1 本文的教改思路

（一）教学模式相对单一，以教师讲授为主

流体力学类主要是以流体静力学、流体动力学及其在工程技术中的应用为核心教学内容，课程教学内容多、逻辑性强、跨度大且自学难度较高。授课教师为在规定学时完成理论学习课程的讲授任务，因此一般以教师讲授为主。这种被动式的教学方式容易使学生产生学习疲劳，且“翻转课堂”等教学模式因课程难度和课程学时等原因存在障碍，导致与学生的交流互动环节相对缺失[3,4]。此外，从全过程考核中可以发现，该类课程对学生前期的数理基础要求较高，容易使一些学习基础薄弱的同学在中途掉队甚至放弃该课程，致使学习效果不佳，没有达到课程学习的预期目的。

（二）实验元素在教学过程中体现不足

流体力学类课程是与科学实验紧密关联的一类课程，例如包含经典的静水压强实验、雷诺实验、尼古拉兹实验和水头损失测定实验等。实验方法的引入可以有效调动学生学习的积极性并降低课程学习的难度，配套的实验课程往往集中统一安排在课程学习后期，在实验过程中可以发现学生对实验课程更加感兴趣，但是同时反映出对理论知识的掌握并不牢固，表现为很多学生只能按照实验步骤操作仪器，并不清楚实验原理及其内涵，无法准确用所学知识解释实验现象。同时受限于课程学时和课程难度等因素，实验元素在课程中所占比重偏少，不利于学生对该类课程的学习和理解。

（三）理论与实践结合不够紧密

流体力学是力学课程中的基础课程，以简化的力学模型为研究对象，将公式推导、理论证明、例题习题分析与计算等内容贯穿整个学习过程，但是对相关工程背景与工程应用的介绍有所欠缺。上述课程特征导致学生在学习中和学习后对课程内容的学习、理解和应用等存在障碍，具体表现为：一方面，学生在学习复杂力学模型和力学方法过程中容易产生疲劳和厌倦情绪，弱化学习效果；另一方面，学生无法深刻理解所学内容在工程实际中的应用背景，在后续应用过程中难以准确提炼工程问题中的力学模型和科学问题，导致与生产实际脱钩。

（四）创新能力和自学能力培养环节相对薄弱

培养学生创新能力和自主学习能力是新工科背景和教育工程认证的核心要素，但是在学习过程中创新能力和自学能力的培养环节相对薄弱，主要是因为如下两个原因。一方面，传统力学理论知识及其体系已趋完善，课程以教学大纲讲授理论知识为主，难以涉及创新能力的培养；另一方面，鉴于学生对课程内容的理论知识理解不到位以及对课程学习兴趣不足等原因，导致布置的开放式作业完成效果不佳，体现出学生对课程和作业不够重视、敷衍了事的态度，无法达到培养创新能力和自学能力的目的。此外，学生对学科发展动态了解不足，无法准确追踪学科前沿方向，限制学生创新能力的进一步提高。

二、课程改革探索与思考

针对以上几个问题，根据教学大纲、课程目标和学生特征，本课程拟采用以下方法和策略改进教学效果。

（一）改变以教师授课为中心的教学理念，激发学生学习的主动性

传统的力学课程授课主要以教师讲解授课为主，理论公式推导步骤繁多，且方式和内容较为死板。对于对数理知识要求高的力学类课程，很难使所有学生长期保持对课程的专注度。解决这个问题的关键在于，提高学生在课程中的参与度，培养学生独立思考的解决问题的能力，重点建立以学生为中心的课堂环境。针对课程中的重点和难点问题，可以利用微课、雨课堂等现代化资源，充分发挥其短、小、精的优点，实现课前自主学习、课堂分组讨论、课后深度练习的目的。

例如，在完成一元流体动力学和水头损失计算的课程讲授之后，学生已掌握分析流体力学基本问题的能力，因此可以以管嘴出流和管路流动的相关内容为核心开展分组形式的课堂反转。在课前自主学习环节中，教师应根据历年教学情况和课程内容特点，提出一些具有代表性的思考题引导学生的主动思考并提高其自主解决问题的能力。在课堂讨论环节中，适度采用反转课堂的方式选择合适的章节，组织学生以小组为单位在课前进行预习、制作教案及课程讲解；在此基础上授课学生回答其他同学及老师对课程内容的提问，即时诊断课堂学习效果并对薄弱环节和重点内容进行补充和强调；最后教师对该部分内容进行总结，并归纳存在的问题和知识要点进行讲解，表1为课堂反转环节学生成绩的评分标准。在课后深度练习环节中，应充分整合教材课后习题、最新工程和科研问题以及竞赛例题等资源，以达到开阔思维和视野的目的。

表1 课堂反转环节学生成绩评分标准

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 评价指标 | 指标点 | 评价标准 | 权重 |
| 讲授内容 | 1.1准确性 | 是否与课程内容紧密相关 | 10 |
| 1.2完整性 | 是否完整覆盖课程内容 | 10 |
| 1.3 重点难点 | 重点难点是否总结到位 | 5 |
| 电子教案的制作和展示 | 2.1美观度 | 电子教案格式是否规范严谨 | 10 |
| 2.2讲课质量 | 讲授是否清晰、声音是否洪亮 | 15 |
| 2.3学术诚信 | 电子教案是否是否独立完成 | 10 |
| 互动问答与讲授效果 | 3.1准确性 | 专业问题的讲述和回答是否准确 | 15 |
| 3.2 讲授效果 | 授课听众是否理解讲授内容 | 15 |

（二）综合利用现代化教学手段，强化实验方法在教学过程中的作用

针对学生在课程学习过程中容易分神玩手机等现象，授课教师可以有效利用手机终端资源，着力吸引学生的注意力[4]。例如，可以结合雨课堂等技术手段，采用手机积极与学生进行互动，及时利用弹幕等方式及时反馈课堂学习效果，对课程中存在的不足进行及时的调整；其次，利用手机终端作为媒介，大力推广国内外同类课程的优质网络资源，如SPOC、MOOC课程及国外名校的网络公开课等资源。通过接触不同的教学模式和授课思维，使学生能够从不同的角度分析和解决工程问题，提高课堂时间的利用效率。针对目前主流的视频分享类软件如头条系、Bilibili网站等，包含大量与流体力学相关的视频素材，教师在课堂上可以通过分享该类视频资源，并以课本教授的理论知识解释其科学内涵，在此基础上引导学生关注相关题材视频的学习与搜集，提高课程学习的主观能动性和课程参与度。

通过以往的教学实践发现，学生对实验内容更加感兴趣，提高实验元素在课程学习中的比重可以有效调动学生的学习积极性。鉴于此，拟从小型课堂实验、实验课程、网络实验视频资源和虚拟仿真实验等几个方面着手处理。如设计课堂小实验,利用伯努利原理通过加大局部的流速达到降低局部压强的效果，引导气流的流动；轻质纸飞机飞行试验。由于课堂时间容量有限，拟采用网络实验视频资源介绍更多试验供学生学习参考。

通过上述实验元素的引入可以降低学生的课程学习难度，实现课程内容与网络视频资源的有效融合，在此基础上锻炼学生采用基于自然科学和工程基础的语言描述工程实践问题，并采用实验方法分析和解释基本科学问题。

（三）注重与专业课程和工程实践的交叉融合，培养新工科素养

力学基础课程具有很强的理论性和逻辑性，学生很难直接体会到流体力学在工程实际问题中的重要性。因此，需要紧密联系其他专业课程，即时体现力学学科知识在后续专业课程及工程实践中的应用，使学生能够充分认识到学习内容的重要性。

在此过程中，一方面着重结合各类商业分析计算软件，分析和展示力学学科在传统工程实际问题的数值模拟结果，结合所学力学课程知识揭示其中的力学原理，进而提高学生学习的兴趣。如采用Ansys Fluent软件分析流体力学定常非定常流动、可压不可压流动的区别和联系[5]；演示突然扩大管流水头损失系数数值解和课本理论解的对比结果；结合课题组的前期积累，分析飞行器的流场分布和动态响应，探讨旋翼气流场对农业飞播和施药的影响，进一步阐明非定常流动特征；结合本校的优势学科，展示力学知识与其他学科的交叉融合应用和最新科研成果，如新冠打喷嚏时液态雾滴的运动轨迹和运移规律，旨在从不同角度加深学生对力学知识的理解并进一步开拓视野。

另一方面，针对流体力学的静力学、动力学和工程技术应用等专题，以分组的形式组织学生调研相关工程实践和生活实际相关的案例，例如静水压强分布规律、伯努利方程和虹吸现象等在生活实际中的应用和理解，结合所学知识定性解析其科学内涵，激发学生学习的主动性并培养其提出问题和分析问题的能力[6,7]。最终通过小论文作业等形式提交报告，完成成绩评定，评价标准如表2所示。

表2 小论文作业评价标准

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 评价指标 | 指标点 | 评价标准 | 权重 |
| 选题质量 | 1.1相关性 | 是否与课程内容紧密相关 | 10 |
| 1.2创新性 | 是否与前沿科技或生活实际紧密相关 | 10 |
| 1.3问题描述 | 问题描述是否清晰准确 | 5 |
| 力学建模与  分析计算 | 2.1建模合理性 | 力学简化建模是否合理 | 10 |
| 2.2分析合理性 | 应用理论知识分析是否合理 | 15 |
| 2.3结果合理性 | 定性或定量结果是否合理 | 20 |
| 报告学术水平 | 3.1格式 | 格式是否规范 | 5 |
| 3.2写作 | 写作是否规范严谨 | 10 |
| 3.3学术诚信 | 是否有抄袭和造假行为 | 15 |

（四）聚焦学术前沿，拓展力学视野

结合课题组教师的课题研究方向，利用信息化手段及时获取所学专业及行业动态信息，提炼在产业中存在的共性问题，通过提高课程高度来激发学生的思考和主观能动性。着力聚焦科技领域前沿和最新成果，如深度学习方法等前沿理论和技术与流体力学的交叉融合，实现流体力学非定常解的快速高精度预测，解决流体力学非定常解时间求解成本高的问题。分享学术会议国内外学者的最新研究成果以扩宽力学视野，旨在从学科发展的高度聚焦课程教学目标，培养学生自主学习和终身学习的能力。

三、结语

在新工科背景下，为了能够培养出我国高速发展所需的工科人才，力学学科课程应充分利用信息化资源进行全方位的改革，深入贯彻三全育人的教育理念[8,9]。为了提高课堂的利用效率，并激发学生对力学课程的学习兴趣。本文对如何综合利用信息化手段对授课形式、教学模式和教学内容等方面进行改革进行了探讨，旨在激发学生对力学学科的学习兴趣，改善对力学经典理论的学习效果，从而培养具备良好科学素养和解决工程实际问题能力的新型工科人才。

参考文献

[1] 王文娥，胡笑涛，马孝义. “计算流体力学”课程教学改革方法探索[J].教育教学论坛，2014(49):191-192.

[2] 张土乔，张燕，邵煜，等. 问题和工程案例为导向的工程流体力学课堂教学改革[J].教育教学论坛，2019(8):105-107.

[3] 吴亚丽, 张东光. 微课在理论力学教学模式中的应用与探索[J]. 教育教学论坛, 2017(1):162-163.

[4] 孙苗苗, 施广权, 张世民, 等. 基于微信公众平台的结构力学翻转课堂教学与应用[J]. 力学与实践, 2017(04):85-90.

[5] 周晓敏, 孙政. 将ANSYS引入材料力学课堂的教学实践[J]. 力学与实践, 2019, 41(02) :110-114.

[6] 杨晓峰, 刘全. 工程问题导向型材料力学教学法改革与实践[J]. 力学与实践, 2018(4):442-445.

[7] 汤可可, 王华宁. 以创新能力培养为导向的理论力学教学体系探索[J]. 力学与实践, 2017, 39(1):68-70.

[8] 陈慧, 陈敏. 关于综合性大学培养新工科人才的思考与探索[J]. 高等工程教育研究, 2017(2):24-28+52.

[9] 费翔. 新工科建设背景下高校工程人才培养刍论[J]. 教育评论, 2017(12):17-22.