

慕课背景下《工程热力学》分层教学模式 研究与实践

魏莉莉, 王立娟, 邵璟璟, 郭秀娟, 张丽娜

宁波工程学院建筑与交通工程学院, 浙江 宁波

收稿日期: 2024年4月9日; 录用日期: 2024年5月4日; 发布日期: 2024年5月13日

摘要

以“工程热力学”为代表的专业基础课, 介于通识课程和专业课程之间, 起到重要的桥梁作用。但因理论性强、概念抽象, 其也是学生学习中的“拦路虎”。传统的课堂虽然效率较高, 但不能兼顾学生的个体差异。随着线上学习媒介的发展, 传统课堂与慕课相结合的方式, 既保留了传统课堂的高效性, 又给学生提供了充分的拔高、补差空间。再与分层的练习、工程问题分析相结合, 可以在教学资源投入相当的情况下, 做到自主学习、因材施教, 实现统筹与个性相结合, 有较好的示范意义。

关键词

工程热力学, 慕课, 分层教学

Research and Practice of Stratified Teaching Mode for Engineering Thermodynamics under the Background of MOOCs

Lili Wei, Lijuan Wang, Jingjing Shao, Xiujuan Guo, Lina Zhang

School of Civil and Transportation Engineering, Ningbo University of Technology, Ningbo Zhejiang

Received: Apr. 9th, 2024; accepted: May 4th, 2024; published: May 13th, 2024

Abstract

Professional fundamental courses represented by “Engineering Thermodynamics” serve as an important bridge between general education courses and specialized courses. However, due to their strong theoretical nature and abstract concepts, they also pose significant challenges for

students in the learning process. Although traditional classes are efficient, they cannot take into account individual differences among students. With the development of online learning platforms, the combination of traditional classrooms and MOOCs (Massive Open Online Courses) has not only retained the efficiency of traditional classrooms but also provided students with ample opportunities for improvement and reinforcement. Furthermore, when combined with stratified exercises and analysis of engineering problems, this approach can achieve self-directed learning and individualized teaching based on students' aptitudes, with equivalent investment in teaching resources. This integration of overall planning and personalization has significant demonstrative value.

Keywords

Engineering Thermodynamics, MOOCs, Stratified Teaching

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

“工程热力学”课程是高等院校机械、能源、化工等大类专业的重要专业基础课，主要研究热能与机械能之间的相互转换规律，在专业学习中起到了通识课到专业课过渡的桥梁作用。但本课程涉猎面广、概念抽象、理论性强，对学生的逻辑思维要求较高；而各类热力过程所依托的工程实践，部分学生存在理解困难的问题。

传统教学以教师授课 - 学生接受 - 答疑解惑的模式展开，由教师掌控教学的内容组织和进度安排，教学效率高，但过程中学生长期处于被动接受状态，兴奋度不高；教学内容中，抽象的理论、逻辑的推演又比较枯燥，课堂气氛容易沉闷，学生精力集中度不高；工程热力学教学中的痛点存在普遍性，相应的教学改革也开展得如火如荼。马润梅[1]、高怀斌[2]等都进行了翻转课堂教学研究与实践，将部分教学内容分解为若干任务模块，通过学生小组的自主学习、协作、思考、讲解，变被动接受为主动学习。但受限于学生的时间、精力、态度、水平，翻转课堂的成效不可控，且效率不高。邵雪[3] [4]采用线上线下混合式教学，课前布置学习任务，通过与线下实质等效的线上教学与线下教学相结合，完成教学任务，拓展教学的时空维度，并在教学中引入仿真工具，将理论图像化，提升学习的趣味性。多管齐下，学习成效提升明显。刘高洁[5]则强化全程式 - 过程化考核，结合线上线下教学手段，以项目为载体，通过基础知识的掌握达成知识目标，推动思考知识点间的逻辑衔接，解决实际问题，达成能力目标，通过横向 - 纵向考核相结合，考核学习成效。实践表明，及格率明显提升。

各种教学改革方式都针对某一教学痛点展开，取得了一定的成效。但是学生的个性化差异，在大班授课过程中很难顾及。实践中，个性化能力、态度的差异是导致学习成效差异的重要因素，表现为两级分化现象十分严重。以本校某专业 2021 级为例，该班级 10 分一档的人数出现了两个峰值，分别在 30~40 和 60~70，总分不高，且呈现出了严重的两级分化。

“工程热力学”课程的教学现状，迫切需要采取一整套教学改革方案，既要保证教学效率，又能够针对学生学习的痛点进行针对性地改善和提升，从总体上提升教学过程的有效性，增强学生对热力过程规律的理解，提高对复杂热力学工程问题进行分析、解决的能力。

2. 基于慕课的分层教学思路和方案

2.1. 课程教学改革思路

线上教学因其时间、空间的灵活性，在教学改革中发挥了越来越重要的作用，特别是在疫情期间成为了线下教学的有力补充。但课后调研发现，线上学习过程由于缺少监督，学生很容易陷入“挂课”的状态，即账号在线但人不在线。且线上学习中容易被其他内容吸引，集中精力的时间相对较短，呈现出很强的“碎片化”。因此需要将线上、线下的学习用案例、目标、考核等方式有机结合起来，形成高效的线上线下联动学习[6][7]。

学生的学习情况差异，对课前预习与准备、课后查漏补缺与练习加强的要求差异极大，因此“因材施教”的需求与日俱增。因此，设置针对性的分层学习内容，为学生提供适合自身的学习材料、手段提供便利，也是总体上提升教学效果的重要部分。

线上学习也为弥补个体差异创造了条件。每位同学根据自身情况，选择恰当的学习内容和路径，实现“按需取教”，兼顾了总体的教学效率和个体的“因材施教”要求。

2.2. 课程建设方案

(1) 产教融合引领：基于本课程理论性强、抽象难懂的特点，从通俗常见的案例、生产实践入手，串联学生的学习过程。课前提出预习问题，引导学生结合线上资料以实践引导理论，培养学生的工程思维。

(2) 线上线下相结合：由于课程的理论性、逻辑性较强，而线下学习的碎片特征较明显，因此以线下教学为主线，以线上自学为辅，线上线下相结合。课前预习阶段，帮助学生掌握基础知识，提高课堂效率；提供丰富的学习素材，引导学生查阅资料，了解科技前沿。课后学习阶段，通过任务的设置，既完成对课堂理解不足部分的补充，又通过所学解决科技或工程问题，保证了系统化学习的连贯性、逻辑性，又利用碎片化的线上学习进行补漏，利用问题分析实现学以致用，完善学习链条，提高学习效果[8][9]。

(3) 分层教学：个体差异的客观存在，学习的组织必须个性化。借助线上学习，实现差异化、个性化的学习。

A. 时间分层：课前预习环节、课中讨论环节和课后复习巩固环节，覆盖学习全过程，通过问题引导学生思考、提升。

B. 难度分层：分为易、中、难三个层次。预习部分、课后作业的易部分，是已经学过的基础知识，或简单易懂的新知识，学生通过预习或自学可以直接掌握，作为其他学习内容的基础，课堂上利用较少时间复习巩固即可。中部分，是预习题目中的思考部分、课堂教学的主要内容、课后巩固的主要部分，也是本课程重点要求学生掌握的内容，通过案例引导学生思考、分析、讨论、应用，是全体同学必须掌握的知识和具备的能力。难部分，是课堂的发散性思考题、课后的深度思考题等，建立在对中等难度知识的良好掌握基础上，将本课程与前沿科技、工程实践紧密结合，引导学有余力或立志深造的同学分析、思考，提升学习的深度和广度[10]。

C. 人员分层：学习任务分为个体任务和团队任务。团队任务是根据教学的主要内容，设定某一题目，学生以分组的形式进行资料查阅或现场调研、分析比对、获取结论，过程中分工合作，培养学生的协作能力和解决问题的能力。

实施过程思路见图1。教师引导与自主学习相结合，是该教学模式的重要部分。课后的拔高、补差、练习、报告等，均需要学生自主学习、自我约束。教师根据学生的学习成效，进行必要的引导、辅导，做到教师引导与自主学习两手抓。

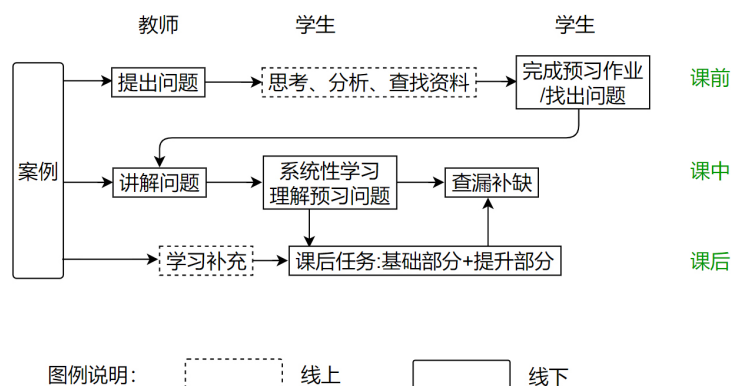


Figure 1. Implementation process of stratified teaching based on MOOCs

图 1. 基于慕课的分层教学实施过程

3. 课程建设案例

以热力学第一定律的学习为例。本节内容是大家耳熟能详的既有知识，在本课程中进一步地延伸和发展。

3.1. 课程的实施

(1) 课前

要求所有同学完成下列预习题目：

- 1) 回顾热力学第一定律，写出该定律的全文描述；
- 2) 若一辆汽车，从燃油获取的能量为 5 MW，车子前进消耗的能量为 2 MW，尾气排放的热量为 2.5 MW，则克服摩擦力消耗的能量是 0.5 MW。

3) 某房间，夏季 1 秒从太阳辐射获得的热量为 3000 J，室内的电脑等设备散热 1000 J，人员向室内散热 2000 J，忽略其他项。若启动空调来维持室内温度恒定，则空调的制冷功率是 6000 J/S，即 6000 W。

预习题目面向全体同学，是学习的基础，从最熟悉的内容出发，让学生对接下来的学习保持高度的信心。

产教融合：第 1)题，牢固掌握定律的核心内容。第 2)、3)题，从生活中的案例出发，理解、应用热力学第一定律。且第 3)题与本专业后续的专业课息息相关，构建专业基础课与后续专业课程的关联。

时间要求：上课之前完成。

发放方式：线上。借助学习平台，可以快速获取学生答案及反馈，了解学生预习情况和学习基础。

反馈：学生线上提交，教师端可直接获取预习结果，了解学生预习情况，针对性的调整教学内容和难点剖析。

(2) 课堂教学

教学：结合热力系统相关知识，从熟悉的工程实例出发，将热力学第一定律应用在开口、闭口热力系统中的规律进一步转化为数学关系式，从实践得到抽象的、普适性的理论。

练习：对预习题目中涉及的热力系统，进行数学关系式的梳理，建立既有知识和新知识的关联。

发展：引入其他常见热力系统，分析系统的能量变化情况，应用热力学第一定律，获取结论。

知识网构建：本章节的知识与其他知识模块、课程模块的关联。如热力学第一定律在流体流动过程的应用体现为伯努利方程。知识间联系的建立，更有助于学生理解和应用。

课程思政：(1) 热力学第一定律的普适性。提出问题，有哪些工程或科学问题中涉及热力学第一定律？

(2) 本专业领域最重要的社会使命——服务节能减碳，热力学第一定律就是其理论基础之一。

(3) 课后巩固

教学内容的选择性加强学习。首先，教师自制的重点章节的讲课视频在学习平台供学生课后重看。学生也可以选择其他公开的教学平台上的教学视频，以弥补课堂上的不足。

课后练习：(1) 分层设置的巩固练习。部分简单题目设置为填空/选择题，线上提交，主要目的为巩固本课堂的基础知识，做到即学即用。中等难度及以上题目，需要进行完整的分析、推演，要求学生纸质提交，保证过程的完整性和准确性。该部分内容的时间要求在下次上课之前。(2) 开放性调查问题。针对课堂上讨论的问题“有哪些工程或科学问题中涉及热力学第一定律”，自行调查，举出案例，根据兴趣和需要自行了解。

覆盖范围：全体。

巩固练习部分分别提交，成绩反馈，学生可以发现学习的不足，查漏补缺。开放性有助于开阔学生视野，做到学科交叉。

(4) 答疑辅导

若学习中仍存在问题，则以答疑、个别辅导的方式进行弥补。

(5) 工程问题分析

建筑的供暖、制冷系统设计，第一步就是建筑的负荷分析。结合预习第3)题，若给定一个房间，如何才能知道房间的冷热负荷？分组完成，查阅资料、讨论冷热负荷分析需要考虑的环节，并说明其理论依据。

本研究课题基于热力学第一定律基础理论，又发散涉及传热学、暖通空调知识，不要求学生掌握冷热负荷分析的细节过程，引导学生理解本节课知识在工程中的意义，理解工程中负荷计算的基本逻辑和方法，构建本节内容与后续专业课程及工程实践的联系。

形式：2~4 人一组，分组完成。过程中培养学生沟通、合作。

成果：报告。要求格式规范，分析逻辑完整，参考资料明确。通过研究报告的整理，培养学生书面表达能力。

成绩评定：根据团队成果、报告质量以五级制评定小组整体成绩。但组员之间一定存在贡献差异，因此要求在最终成果中说明每个人的主要贡献，并根据贡献的大小，个人成绩在小组成绩基础上上浮或下浮一档，既肯定团队成绩，又鼓励个人贡献。

3.2. 课程分析

从课堂效率来说，保持了传统课堂教学，教学资源的占用并无增加。借助线上渠道的教学视频，做到了课堂内容的回看与复现，学生还可以选择更适合自己的视频进行加强，满足了学有余力的加强需求和学习不足的补充功能。

不同阶段、不同难度的练习分层呈现，师生更加清楚学习的具体情况和缺漏所在，答疑辅导更加有的放矢。

预习案例、复习案例、小组研究课题均来自生活实践、工程实践，使理论从实践中来，又指导实践，做到产教融合。

3.3. 学习效果

从成绩看，预习课得分率 85.1%，课后巩固的简单部分得分率 72.5%，课后巩固的中高难度部分得分率 53.6%。小组作业总体能够完成任务，通过查阅资料大体上了解了负荷计算的逻辑原理，在预习题 3)

的基础上更进一步了解了热力学第一定律在工程问题中的应用。对每个环节的热量、失热量等传热学问题仅有朴素的认知，缺少系统的理解。书面报告的撰写能力有待加强，基本能够对参考资料有所标注，但格式尚不规范。

各类作业、报告的结果基本上达到了设置作业的初衷，学生在完成的过程中对自己的掌握情况有了更深层的认识，基本能够寻求针对性的提高和帮助。

各类作业、报告也清晰地显示了学习能力或态度存在问题的同学，便于老师进行针对性的心态辅导和学习辅导。

4. 总结

在以“工程热力学”为代表的理论性强、难度大的专业基础课上，开展教学改革，将线上学习方式与线下教学过程相融合，提升教学的广度；通过分层教学，为学生提供不同层次的学习指引，提升教学的深度；通过与工程问题的分析和解决紧密联系的作业、报告等，构建理论与实践的联系、本课程与其他课程的联系，将孤立的、抽象的、理论的课程转化为与实践紧密联系、与其他课程密切相关的问题分析工具，提升了工科学生分析解决复杂工程问题的能力。这种教学模式也可以扩展到其他的专业基础课中。

基金项目

2023年宁波市高校慕课联盟专项课题《慕课背景下以学生为中心的《工程热力学》分层教学模式研究与实践》，2023年宁波市教育科学规划课题《第一课堂课程思政“目标-实施-评价”体系的研究与构建》(项目编号2023YGH014)，浙江省高等教育“十四五”教学改革项目《后疫情时代一流本科专业核心课程“三位一体”混合式教学研究与实践》。

参考文献

- [1] 马润梅, 李双喜, 于洪杰. 工程热力学混合式翻转课堂教学实践与反思[J]. 中国现代教育装备, 2023(19): 61-64.
- [2] 高怀斌, 马逾, 王忆佳. “以学生为中心”的“工程热力学与传热学”课程教学改革探索[J]. 科技风, 2024(5): 91-93.
- [3] 邵雪, 赵薇, 董锦坤. 工程热力学课程“线上线下”教学模式的构建与实践[J]. 制冷与空调, 2023, 37(5): 737-745.
- [4] 邵雪, 赵薇, 刘峥, 等. 将仿真工具引入工程热力学和传热学课程教学中的探索与实践[J]. 辽宁工业大学学报(社会科学版), 2023, 25(6): 112-114.
- [5] 刘高洁. 工程热力学课程全程式-过程化考核探索与实践[J]. 高教学刊, 2023, 9(34): 31-33+37.
- [6] 谭羽非, 牛冬茵. MOOC背景下“工程热力学”混合式教学模式的探索与实践[J]. 黑龙江教育, 2021(5): 58-60.
- [7] 刘正刚. 混合式教学在“工程热力学”课程教学中的应用[J]. 西部素质教育, 2021, 7(21): 129-131.
- [8] 戚素素. 线上线下混合式教学在“工程热力学”课程中的探索实践[J]. 现代信息科技, 2022, 6(11): 185-188+192.
- [9] 庞晓敏, 张嘉杰, 郑仙荣, 马素霞. 新混合式教学在《工程热力学》教学改革中的探索与实践[J]. 中国电力教育, 2023(1): 71-72.
- [10] 李娟, 黄承宁. 应用型本科离散数学课程分层教学改革与实践[J]. 电脑知识与技术, 2022, 18(30): 131-133+174.