

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2018.05.003

欢迎按以下格式引用:王瑜,李维,谈美兰,等.新工科背景下建筑环境与能源应用工程专业传热学课程教学研究[J].高等建筑教育,2018,27(5):14-19.

# 新工科背景下建筑环境与能源应用工程专业传热学课程教学研究

王瑜,李维,谈美兰,刘金祥,周斌

(南京工业大学城市建设学院,江苏南京 210009)

**摘要:**在国家推进新工科建设的背景下,建筑环境与能源应用工程专业传热学教学面临着新的机遇和挑战。文章在调研南京工业大学建筑环境与能源应用工程专业(简称“环能专业”)传热学教学现状的基础上,针对教学方法、教学内容和考核方式进行了探讨,提出了一系列提升教学效果的措施,并且明确了新工科背景下互联网的载体和催化剂作用。研究结论为环能专业传热学教学质量的提升和该专业优秀学生的培育提供了参考。

**关键词:**建筑环境与能源应用工程;新工科;传热学;教学研究

**中图分类号:** TU83-4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-2909(2018)05-0014-06

当前,世界范围内新一轮科技革命和产业变革加速进行,以新技术、新业态、新产业、新模式为特点的新经济蓬勃发展,迫切需要培养造就一大批多样化、创新型卓越工程科技人才。高校要主动服务国家战略需求,主动服务行业企业需要,加快建设发展新工科,打造“卓越工程师教育培养计划”的升级版,探索形成中国特色、世界水平的工程教育体系,促进中国从工程教育大国走向工程教育强国。

2012年,教育部颁布了《普通高等学校本科专业目录》和《普通高等学校本科专业设置管理规定》,将建筑节能技术与工程、建筑设施智能技术和建筑环境与设备工程合并为建筑环境与能源应用工程专业。该专业目标是培养适应现代建筑发展的高级工程技术复合型人才,且专业内容是制冷、传热、控制和节能等多领域的耦合,符合新工科特征。因此有必要针对建筑科技的安全化、智能化、节能化和环保化发展培养具备创新思维的专业人才,通过人才的输送培养促进专业的进步。

传热学是研究热量传递规律的学科,环能专业中遇到的大部分技术问题都和热量传递问题有

修回日期:2018-02-07

基金项目:2017年南京工业大学教育教学改革研究课题一般立项项目(No. 24);2017年南京工业大学教育教学改革研究课题一般立项项目(No. 28);南京工业大学品牌专业建设项目;江苏省高等教育教改研究项目(2015JSJG173)

作者简介:王瑜(1988-),男,南京工业大学城市建设学院讲师、博士,主要从事高效换热和空间环境控制研究,(E-mail) yu-wang@njtech.edu.cn。

关。2013年出版的《高等学校建筑环境与能源应用工程本科指导性专业规范》中明确提出,传热学属于专业基础核心知识<sup>[1]</sup>,在课程体系和学生的认知体系中均占据重要地位。因此,新工科这一概念的提出,对传热学教学提出了新的任务和挑战。传热学课程教学过程中,必须紧密结合新工科特征,与时俱进,积极吸收新的教学理念,探索新的教学方法,从而促进该专业人才培养体系的转型与提高。作为江苏省最早通过建设部专业评估的院校,南京工业大学环能专业已在培养模式和专业方向上开展大胆改革<sup>[2-4]</sup>。以作者的教学实践为例,在调研学生反馈数据的基础上探讨传热学的教学内容与教学方式,为新时期下传热学教学改革与探索提供参考。

## 一、传热学的教学内容与目标

环能专业使用中国建筑工业出版社第六版教材<sup>[5]</sup>(章熙民等编著),该教材较之高校常用的高等教育出版社第四版教材<sup>[6]</sup>(杨世铭、陶文铨编著),深度有所降低,但更贴合环能专业的实际,如关于计算建筑热负荷常用的周期性非稳态导热,在高教版教材中并未涉及,在本版教材中则阐述详尽。传热学课程的教学目标是为环能专业学生完成暖通空调设计打基础。传热学教学内容包括三大块,导热、对流与辐射换热。导热部分包含稳态导热与非稳态导热两大知识点;对流换热部分包含换热微分方程及理论基础、单相流体对流换热和相变流体对流换热三部分知识点;辐射换热部分包含热辐射基本定律及表面间辐射计算两部分知识点。另外,传热过程与换热器部分作为传热学的实际应用介绍放在课程最后进行教学。

## 二、传热学教学现状及效果——以南京工业大学为例

近年,为了更好地给学生创造课外实践与创新机会,学校对环能系培养计划进行了变更,传热学教学学时数由80学时减少为64学时。然而,课本教学内容并未缩减,这就对教师教学方法提出了新的挑战。如何在有限的时间内高效地将知识传授给学生是亟需解决的关键问题。作者在授课过程中,通过问卷调查的形式获得学生对课程教学的反馈,如表1所示。同时调研了学生对课程的期望收获,如图1所示。调研对象为作者授课的环能专业15级学生,共84人。

表1 传热学课程调查问卷统计表

问卷内容	外校读研	本校读研	工作	未想好
个人规划	44%	13.6%	25.8%	16.6%
课程内容期望	引入考研题 16.7%	引入竞赛题 7.6%	掌握核心知识 69.6%	了解传热学 6.1%
更希望的课程形式	传统授课 71.9%	讨论课 9.4%	测试课 1.6%	习题课 17.1%
每周课外时间	0.5小时及以下 12.7%	0.5小时至1小时 14.5%	1小时至2小时 45.5%	2小时以上 27.3%
学习中遇到的困难	概念抽象 28.4%	公式复杂 35.8%	学习内容不知如何应用 31.6%	学习时间不足 4.2%

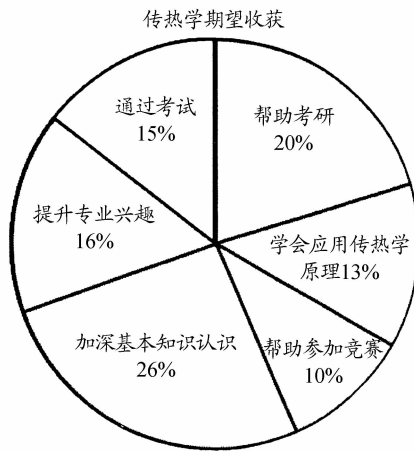


图1 学生传热学期望收获

### 三、传热学教学方法和教学内容的创新

针对上述反馈,对传热学教学提出一系列创新想法,主要分为教学方法、教学内容、考核方式以及互联网载体作用四个方面,具体组成可参见图2。

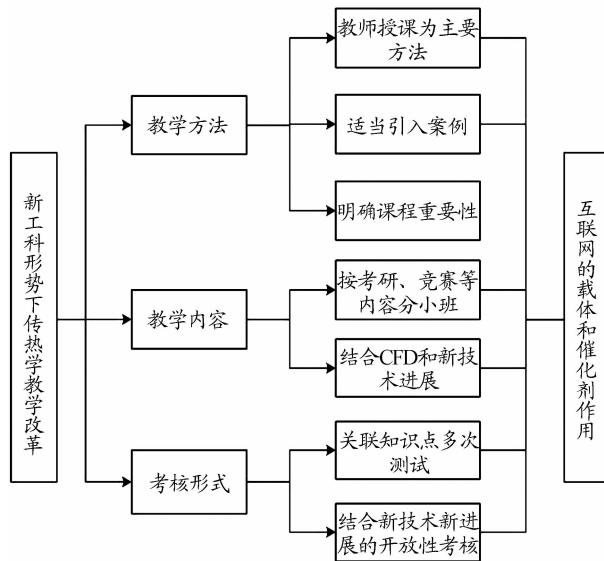


图2 传热学教学创新研究内容

#### (一) 传热学教学方法的改进

由表1可知,传统的授课式教学方法仍然是学生最容易接受的教学方法。究其原因,是这种方法传授知识较为直观,通过教师的细致讲解能够降低学生的理解难度。现阶段较为流行的以学生自行讨论和完成习题为主、教师为辅的教学方法接受度不高,至少在基础课教学领域不是特别适用。故教师的精力仍然应该集中在传统授课上,授课时可以添加新技术和新手段,以促进学生对知识的掌握和理解。如讲授辐射换热时,由于其传热原理与导热和对流差别较大,学生接受度较差。此时,使用案例和CFD结合的教学方法较之传统的直接开讲效果较好。如向学生提问“为什么冬天和夏天室内温度同样保持 $25^{\circ}\text{C}$ ,冬天需要穿棉衣,而夏天不用”,并引入相关模拟视频,这样学生便会意识到辐射换热的重要性,从而顺利完成导热和对流向辐射的过渡。

在授课过程中,随着时间的推移,学生的专注度逐渐下降。引入案例教学,理论联系实际是提升学生专注度的有效方法,但是传热学是环能专业的基础,一味使用案例将会导致课程科普化,学生兴趣提高了,心理重视程度却变差了。案例需要和理论紧密结合,不能就着案例讲案例,讲完案例后理论需要及时跟上,可引入讨论或习题,一方面促进学生形成实际问题理论化解释的思维,另一方面也能更让学生理解传热学在整个学科中的基础作用,从而在心理上对课程有尊重感和重视感。

同样由表 1 可知,57.6%的学生具有考取研究生的个人规划,25.8%的学生倾向于直接就业。如果学生能够了解到课程的重要性,能够将其和自身的职业生涯规划联系在一起,那么课上也就能更重视。作为教师,在上第一节课时必须向学生阐述明确该课程在研究生学习和工程应用中的重要性,唤起学生的重视。

仍然由表 1 和图 1 可知,该专业 45.5%的学生每周有 1~2 小时课外时间用来学习传热学,27.3%的学生能够挤出 2 小时以上学习传热学,其余学生每周学习时间不足 1 小时。总的来说,学生学习时间偏少,这更对课堂教学的完整性和高效性提出了要求,教师必须简明扼要地讲授所有需学生掌握的知识点,因此,精炼语言、提升表达能力也是教师改进传热学教学方法的关键。

## (二) 传热学教学内容的选取

课程内容的选取是否恰当是传热学教学是否有效的基础。由表 1 和图 1 可得,大部分学生希望在传热学中能够扎实掌握基本知识和通过期末考试获得好成绩,部分学生希望引入考研题和竞赛题。因此教学内容的选择需针对不同人群因材施教,现有授课方式是以班级为单位授课,每个班级授课内容相同。后续可引入根据教学内容划分授课单位的方法,一个班在教授基础知识的基础上延伸考研内容,一个班在教授基础知识的基础上延伸竞赛内容,一个班在教授基础知识的基础上延伸实践内容。在基础知识授课内容相同的基础上,发挥学生的主观能动性自由选择,尽力使得所有学生都能获得希望的课程内容。课程内容与学生预期相吻合,也可在侧面提升学生对课程的专注度。当然,每个班在授课过程中,仍会适度穿插其他班的特色内容。南京工业大学环能专业每一年级学生分为 3 个班,恰好可以按兴趣自由选择,为该想法的实现提供了基础。

另外,传热学的授课内容存在高度理论化、公式较多的特点。表 1 中可知 35.8%的学生认为传热学学习的难点在于公式复杂,31.6%的学生认为传热学的难点在于理论化的内容无法应用。公式复杂的问题主要集中在非稳态导热和对流换热微分方程组部分。授课内容中可引入简单的 CFD 内容,在 CFD 模型的建立过程中将公式的作用体现出来,最终得到温度场和速度场分布,温度场和速度场即为公式应用的成果。学生知道了公式如何解且看到了求解结果,就会对公式有更深刻的认识。

对于理论化内容无法应用的问题,如前文所述,需采用理论联系实际的方法,在教学内容中添加更多与实际应用结合的内容讲解。新工科时代,传热学的应用范围更加广泛,将结合大数据分析、建筑节能、绿色建筑焕发出新的生命力。授课内容结合前沿实际应用,及时将应用领域的新进展传递给学生,既能促进学生对理论的理解,也能树立学生对该专业的信心。教师在授课时,向学生介绍了美国科罗拉多大学最新研发的一种屋面辐射制冷用膜<sup>[7]</sup>,以此为契机展望了环能专业与材料专业的耦合趋势。通过这个案例教学,学生了解到环能专业不仅接地气,同样也是高尖端的,从而对该专业充满信心。

### (三) 传热学考核方法和内容的改进

检验教师教学效果和学生学习效果的手段即为传热学课程的考核方法和内容。考核内容需要与时俱进,考核方法需要多样化发展。若根据教学内容划分授课单位,则考核内容同样应按教学内容调整,满足部分学生在考核内容上加入考研题和竞赛题的希望,也能够考核大部分学生对知识的掌握程度。

传统的考核方法为平时成绩加期末考试,期末考试占总成绩的比重较大,平时成绩作为辅助。期末考试占比往往达到70%~80%,会给学生造成一定的心理压力,使其无法完全发挥,本来已掌握的知识无法体现在试卷的答题过程中。同时,传热学分为导热、对流和辐射三大块,考点相对来说较为分散,且关联性不大,尤其是辐射换热与前面两大部分内容关联性差。对此,拟使用多次测试的方式分解期末考试,将相关的考点归纳在一起。如在导热部分授课完成后以试卷的形式考察学生对导热的理解;对流换热部分授课完成后同样进行考试考察学生对对流的理解,此时计算题均从对流换热部分选取,选择填空简答可兼顾导热部分的内容;辐射换热部分授课完成后则可以再次进行考试,同样计算题为辐射部分,其余题兼顾之前学习的知识点。这样在期末综合考试之前安排三次测试,不但可以分担期末考试的比重,也可以通过测试巩固知识,降低学生的心理压力,使得学生在最终的期末综合测试中取得较好的成绩。该方法已在南京工业大学环能专业15级学生的传热学教学中试点展开,利用学生课余时间完成了三次分阶段测试,测试完全按照2小时正规考试的要求进行,有效促进了学生在每一阶段对知识点的复习。测试比重占到总成绩的45%,加之平时成绩,降低了期末考试比重,受到了学生的欢迎。

此外,前文所述31.6%的学生认为学习难点在于无法应用传热学理论,考核时应注重应用,添加主观能动性,提出应用方面的创造性问题,答案不唯一,掌握知识点即可。如周期性非稳态导热部分为环能专业面临的特色实例,可结合建筑负荷计算设置开放性课题,让学生以研究报告的形式提交成果;也可不限题目,要求学生自主归纳建筑能耗大数据应用中的传热学知识提交研究报告。

### (四) 合理发挥互联网的载体作用

新工科的特点是依靠互联网作为载体和催化剂,促进传统工科的跨越式发展。互联网发挥作用也是新工科和旧工科最明显的区别。那么,在整个教学过程中,互联网的作用不可忽视,也不可只是作为点缀,而是需要切切实实地促进传热学教学。现有的以互联网为载体的教学软件,如超星学习通,主要是集成课程相关的名师讲课视频、微课及图书资料等,主要的理念是将课程内容从教室搬运至互联网中。将此类软件集成至传热学课程相关网站上是有意义的尝试,实现了网络的载体作用,但催化剂作用尚未涉及。

作者设想引入仿真工具,搭建基于互联网的虚拟仿真平台,平台面向所有学生开放,学生不受课堂时间和地点的限制,随时随地可进入该平台完成传热学的仿真实践工作。相对于投入大、单个学生无法充分投入的实践环节,虚拟仿真平台平等面向每个学生,有兴趣深入的学生可以充分在平台中发挥想象力,一般学生也可增强对课程的直观认识,从而消除理论化的知识无法应用这一学习障碍。以将换热器植入平台为例,平台中的换热器模型,其尺寸、结构、冷热端流体热物性均可改变,且改变后的换热性能参数实时显示在平台中,通过操作该平台,学生将对课程中的换热器计算部分产生直观的认识;有兴趣深入的学生可优化平台中现存的换热器模型,以达到最优的换热效果。借助互联网搭建虚拟仿真平台,给予学生充分的实践体验,这便是网络对课程的催化剂作用。

## 五、结语

文章以南京工业大学环能专业传热学课程为研究对象,在进行课程教学调查的基础上探讨了新工科背景下传热学面临的新挑战,提出了一系列教学改进建议,为新时期环能专业传热学课程的发展提供了参考。

(1)教学方法方面,以教师授课为主,引入新技术,并适当引入案例教学,案例需和理论教学紧密结合。

(2)教学内容方面,依据考研、竞赛等不同教学内容分班教学,且教学内容中引入 CFD 解决公式难理解问题,引入新工科新技术强化对传热学应用的理解。

(3)考核方式方面,将相关内容整合进行多次测试,为期末考试做准备,且引入结合实际应用和新技术的开放性课题作为考核的补充。

(4)互联网作用方面,通过结合互联网教学软件和虚拟仿真平台,实现互联网对传热学教学载体和催化剂的作用。

### 参考文献:

- [1]高等学校建筑环境与设备工程学科专业指导委员会. 高等学校建筑环境与能源应用工程本科指导性专业规范[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2013.
- [2]程建杰,李维,龚延风,等. 环设品牌专业建设的研究[J]. 学科课程教材,2012,12(2):25-26.
- [3]张广丽. 建筑设备自动化课程建设探讨[J]. 高等建筑教育,2016,25(4):100-103.
- [4]殷亮,周斌,程建杰,等. 基于 Modelica 火用分析库的虚拟实验平台在能源专业教学中的应用[J]. 化工高等教育,2017,153(1):63-67.
- [5]章熙民,朱彤,安青松,等. 传热学[M]. 第六版. 北京:中国建筑工业出版社,2014.
- [6]杨世铭,陶文铨. 传热学[M]. 第四版. 北京:高等教育出版社,2006.
- [7]Yao Zhai, Yaoguang Ma, Sabrina N David, et al. Scalable-manufactured randomized glass-polymer hybrid metamaterial for daytime radiative cooling[J]. Science,(2017)355(6329):1062-1066.

## Investigation on heat transfer teaching for building environment and energy application engineering under the new engineering background

WANG Yu, LI Wei, TAN Meilan, LIU Jinxiang, ZHOU Bin

(College of Urban Construction, Nanjing Tech University, Nanjing 210009, P. R. China)

**Abstract:** Under the background of the promotion of the new engineering construction, new opportunities and challenges appear for the heat transfer course of building environment and energy application engineering. Based on the research of the teaching status of heat transfer course in Nanjing Tech University, the teaching content, teaching method and evaluation modes are discussed. Several methods for increasing teaching efficiency are proposed while the carrier and catalyst effect of the internet under the new engineering background are confirmed. The results provide references for the teaching quality improvement of heat transfer course and the cultivation of outstanding students in building environment and energy application engineering.

**Key words:** building environment and energy application engineering; new engineering; heat transfer; education research