

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2024.04.016

欢迎按以下格式引用:王义江,冯伟,高蓬辉,等.成果导向模式的传热学教学改革及实践研究[J].高等建筑教育,2024,33(4):129-137.

成果导向模式的传热学 教学改革及实践研究

王义江,冯伟,高蓬辉,周扬,张东海

(中国矿业大学力学与土木工程学院 江苏徐州 221116)

摘要:传热学是建筑环境与能源应用工程专业重要的专业基础类课程。根据工程教育认证要求和成果导向理念,以传热学课程为研究对象,结合近几年课程教学效果及现状,研究了传热学课程的教学目标和目标达成度计算方法;从工程知识、问题分析和研究能力分别开展相应的教学方法改革,注重理论教学联系工程实际,以及学生团队协作和解决复杂工程问题能力的培养;对课程产出效果进行了分析,发现工程知识、问题分析和研究能力课程目标的达成度分别为0.77、0.68和0.8;建立持续改进机制,确保教学改革始终与毕业要求密切结合。研究成果为工程教育认证背景下传热学课程教学改革和课程质量标准修订提供参考。

关键词:成果导向教育;传热学;目标达成度;教学改革

中图分类号:G642 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2909(2024)04-0129-09

1981年,美国学者Spady首次提出“成果导向教育”概念(Outcome-Based Education,简称OBE),并且在其代表作《基于产出的教育模式:争议与答案》中清晰定义OBE理念:明确定位培养目标并系统地组织实施教学过程,以确保学生围绕培养目标而开展学习活动,使学生在毕业时获得实质性的学习成果^[1]。

此后,多位教育学者也对成果导向教育进行了长期研究,并发表了一系列关于成果导向教育的文章^[2]。随着时代发展,学校教育改革的侧重点逐渐由教育投入转为学生获得实质性学习成果,着重培养学生适应社会发展的综合能力。成果导向教育得到教育界的普遍认可和高度重视,美国、日本、澳大利亚等国进行了教学改革和推广应用,被公认为“追求卓越教育的一个正确方向和值得借鉴的教育改革理念”。澳大利亚教育部门指出:OBE是指将教学计划和教学大纲作为学校教育过程的教学手段,利用所预设的学习产出成果驱动教育系统良好运行,促使学生实现特定的培养目标。美国在1991年要求学校通过课程、教学、评价等方式提升教学质量,以达到为学生制定预设学习

修回日期:2022-04-22

基金项目:中国矿业大学课程建设与教学改革研究项目(2020YB07;2020TZX01)

作者简介:王义江(1981—),男,中国矿业大学力学与土木工程学院副教授,博士生导师,博士,主要从事热环境及新能源研究,(E-mail)

yjwang@cumt.edu.cn。

成果^[3]。

以成果导向教育模式为基础,美国、英国、加拿大、爱尔兰、澳大利亚和新西兰6国于1989年发起成立本科工程学历资格互认的《华盛顿协议》,核心理念是“以学生为中心、以产出为导向、持续改进”。我国于2013年成为《华盛顿协议》预备成员,经过严格的考察评估,于2016年成为正式会员。中国工程教育专业认证协会负责全国高校本科工程教育专业的认证工作。截至2021年11月底,全国共有2473个工科专业通过了工程教育认证^[4]。

中国矿业大学建筑环境与能源应用工程专业始创于1988年。1999年开始招收建筑环境与设备工程本科生,2006年获得供热、供燃气、通风及空调工程学科博士、硕士学位授权。2012年被遴选为江苏省“十二五”高等学校重点建设专业,2014年和2019年分别通过住建部本科教育评估(认证),2021年被遴选为江苏省一流本科专业建设点^[5]。

基于工程教育认证的相关要求,结合传热学近几年课程考试分析,文章介绍了建环专业的学科基础必修课程传热学,传热学教学系列改革和探索,着重凸显成果导向教育理念,为提升传热学课程的教学效果提供一定借鉴。

一、课程现状分析

传热学是建筑环境与能源应用工程专业基础必修课,主要包括导热、对流换热、辐射换热及换热器。课程在中国矿业大学2016版培养方案中设置理论授课56学时、实验(单设)6学时,受总学时影响,2020版培养方案中设置课堂教学48学时、课外(含实验)16学时。

(一) 考试部分

为定性评价学生课程学习效果,随机选取近4年的试卷,按照填空题、选择题、简答题和计算题4种题型分别进行成绩汇总,不同题型得分率如图1所示,并对得分率进行了分析。

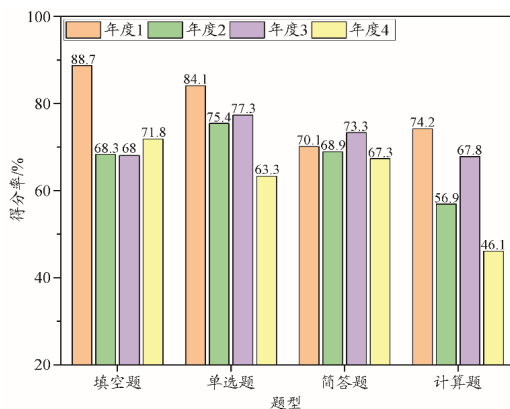


图1 历年考试不同题型得分率统计

(1)客观题的得分率普遍较高。如填空题最高得分率接近89%,单选题最低得分率也超过63%。由于填空题和选择题的考查方式大都是对知识点的直接考核,多数学生比较适应此种考查方式,因此,通过直接考核知识点的方式,学生得分率普遍较高。

(2)主观题的得分率相对偏低。如简答题、计算题中最高得分率仅74.2%,最低得分率只有46.1%。简答题的考查方式多是对知识点的综合考核,甚至需要综合多个知识点才能完整作答;计算题则需要遵循相对严谨的计算步骤,并且需要在深入理解知识点的基础上正确解答,部分学生的主观题失分较多。

此外,传热学课程具有内容多、理论分析多、知识点相对独立,以及关联课程多等特点^[6],是部分学生对传热学知识点理解不够深入的重要因素。

(二) 平时部分

平时部分考核主要包括课后作业、编程和实验。通过汇总分析近几年课后作业发现,绝大多数学生能按时完成作业习题,错误率相对较低。但这一情形与考试部分计算题得分率较低的结论矛盾,原因在于课后习题多年不变,多数习题在网络上能找到参考答案。

编程部分主要为导热数值计算,以小组形式完成相应习题。该环节绝大多数小组能够实现编写程序的正常运行,且计算结果较合理。除正常理论授课环节,还将教材中所有例题通过VB、MATLAB进行编程,并将程序分享给全体学生。虽然学生的计算机语言从VB转变成Python,但仍能较好完成编程作业。

设置3个实验:固体材料导热系数、液体导热系数和黑体辐射测试。首先对实验详细讲解,然后分小组、分仪器开展实验测试并记录数据。从历年实验部分考核看,大部分学生在进入实验室后能认真听讲,可按照正确的操作步骤开展实验测试。由于受场地和仪器设备数量影响,也存在部分学生不能实际操作的现象。

整体看,受多种条件影响,平时部分考核成绩较实际情况偏高,尤其是课后作业环节还需要进行更有针对性设计,尽量避免抄袭作业现象,通过课后习题及时反馈课堂教学中需要强化的知识点。

二、教学质量标准设计

为了开展学生能力培养及课程目标达成度的定量分析和评价,依据OBE理念对传热学的课程教学目标及其所支撑的毕业要求分值标点重新设计。新版教学质量标准中,课程教学目标及所支撑的毕业要求观测点有以下几个方面。

(1)教学目标1:掌握传热学的基本概念、基本传热方式及原理,能对实际传热过程和模型进行计算和分析。该目标所支撑的毕业要求观测点为工程知识:掌握建筑环境与能源应用工程专业基础知识,具备将其应用到建筑环境和能源领域解决复杂工程问题的能力。

(2)教学目标2:能运用所学传热学的基本理论和实验方法,借助相关文献解决建筑环境与能源应用工程领域所涉及传热学的复杂工程问题。该目标所支撑的毕业要求观测点为问题分析:能应用工程科学的基本原理和方法,正确表达和解析建筑环境与能源领域复杂工程问题,并能选择合适的方法进行分析和求解。

(3)教学目标3:初步具备利用传热学专业知对实际传热工程问题开展理论分析、实验设计和方案优化的能力。该目标所支撑的毕业要求观测点为研究:能针对建筑环境与能源领域复杂工程涉及的物理、热工流体等问题,通过文献研究与调查,制订研究目标和技术路线,设计研究方案,开展实验。

(4)教学目标4:培养学生的家国情怀、历史使命感、工程责任意识、顽强拼搏精神和创新发展能力,树立绿色节能发展理念和正确的价值观。

课程目标达成度计算方法如表1所示。针对单一采用课后习题不能真实反映学生实际掌握情况这一现象,增加课堂测评环节,作为平时成绩的考核方式。课堂测评主要采用不定期小考方式开展,并辅以雨课堂随堂测试。问题分析的平时成绩主要采用实验环节考核成绩作为依据。研究的平时成绩主要采用调研论文、编程两种方式。期末试题组卷过程中,充分考虑对工程知识掌握和问

题分析能力的考查,严格按照表1设定的分值命题。

表1 传热学课程目标达成情况计算

毕业要求	毕业要求分 观测点	平时成绩 A/40	期末成绩 B/60	课程对毕业要求观 测点的支撑度 S_i	课程目标达 成情况 R_i
2. 工程知识	2.2	$A_1/15$	$B_1/30$	$S_2 = \frac{A_1 + B_1}{15 + 30}$	$R_1 = S_2$
3. 问题分析	3.2	$A_2/15$	$B_2/30$	$S_3 = \frac{A_2 + B_2}{15 + 30}$	$R_2 = S_3$
5. 研究	5.1	$A_3/10$		$S_5 = \frac{A_3}{10}$	$R_3 = S_5$

注:表中, A_i 、 B_i 、 C_i 分别为课程对应于各毕业要求观测点的分值; S_i 为课程对毕业要求观测点*i*的支撑度; R_i 为课程目标*i*的达成情况; A 、 B 、 C 分别为学生在相应考核点取得的分值及相应考核点的满分值。

三、教学方法设计

按照成果导向原则,以预设的产出或目标为起点,逆向开展课程教学设计,然后评价学生是否达到预设的培养目标。因此,在教学活动中时刻注意教学的出发点是课程所要达成的目标,不能仅关注教学内容。以下从课程所支撑的工程知识、问题分析和研究能力3个毕业要求分别开展相应教学方法设计。

(一) 工程知识方面

该环节主要考查学生对基本概念、基本原理和基本方程的掌握情况,是后续提升学生问题分析和研究能力的基础。因此,在传统课堂基础上开展以下设计。

(1)采用雨课堂提前推送下一节课拟讲授知识点概要,通过图文、视频等方式进行推送;课后对该节课所讲授的重点和难点问题,再次进行知识点微课视频推送,帮助学生强化理解。

(2)课堂授课时不局限于选定的教材,对学有余力的学生还推荐西安交通大学陶文铨编著《传热学(第五版)》^[7]、天津大学赵镇南编著的《传热学(第二版)》^[8]等国内经典教材;此外,对有出国意向的学生则推荐美国南卫理公会大学J.P. Holman编著的Heat Transfer(第十版)^[9]、美国堪萨斯大学T.L. Bergman等编写的Fundamentals of Heat and Mass Transfer(第八版)^[10]等经典教材。同时,也会综合多本教材中的优秀案例开展课堂授课,让学生在课堂上顺利掌握相关知识点^[11]。

(3)充分利用第二课堂(课外16学时),推荐国内外传热学经典授课视频供学生自主学习。如爱课程网站上线的西安交通大学、华中科技大学、哈尔滨工业大学、清华大学等在线传热学课程;笔者利用访学期间收集了美国加州理工大学波莫纳分校、科罗拉多大学博尔德分校、中国台湾清华大学的经典传热学授课视频,一并分享给学生。

在平时成绩方面,改变过去只参考课后作业成绩的方式,通过雨课堂开展随堂小测试、随机点名研讨等方式,提高学生的课堂参与度,提升学习主动性;利用课外16学时,对导热、对流、辐射和换热器4部分内容随机开展过程考核。上述课堂和课外考核结果,通过助教详细记录并作为平时成绩依据。通过增加过程考核环节,准确了解学生对知识点的掌握情况,帮助教师及时调整授课方法,提醒学生及时巩固相关知识点。

(二) 问题分析方面

近几年试卷分析发现,学生在主观题方面得分率偏低,即问题分析的能力偏弱。针对这一现象,主要开展了以下改进。

(1)进一步调整教学案例,增加该专业相关的工程实例分析,将授课方式以知识点为主型调整为以“提出问题、求解问题”为主型;选择人环奖学科竞赛、注册设备工程师考试、CAR-ASHRAE设计竞赛、创新创业项目等进行分析讲解,深入总结实际案例中与传热学相关的知识点,强化学生对实际问题的分析能力。

(2)针对重要知识点开展结论或规律可视化呈现,提升学生对相关知识的记忆和理解。将不同 Pr 数流体外掠平板时边界层内流体的温度分布和速度分布可视化,如图2所示,学生可以清晰对比 $Pr>1$ 、 $Pr=1$ 和 $Pr<1$ 三种情况下边界层内温度及速度发展的差异,更容易理解 Pr 数的相关物理含义。共整理了多层壁导热、肋片导热、集总参数法、边界层、外掠圆柱、自然对流换热、换热器20余个知识点可视化案例,通过课堂、课后等不同途径对学生开放演示。

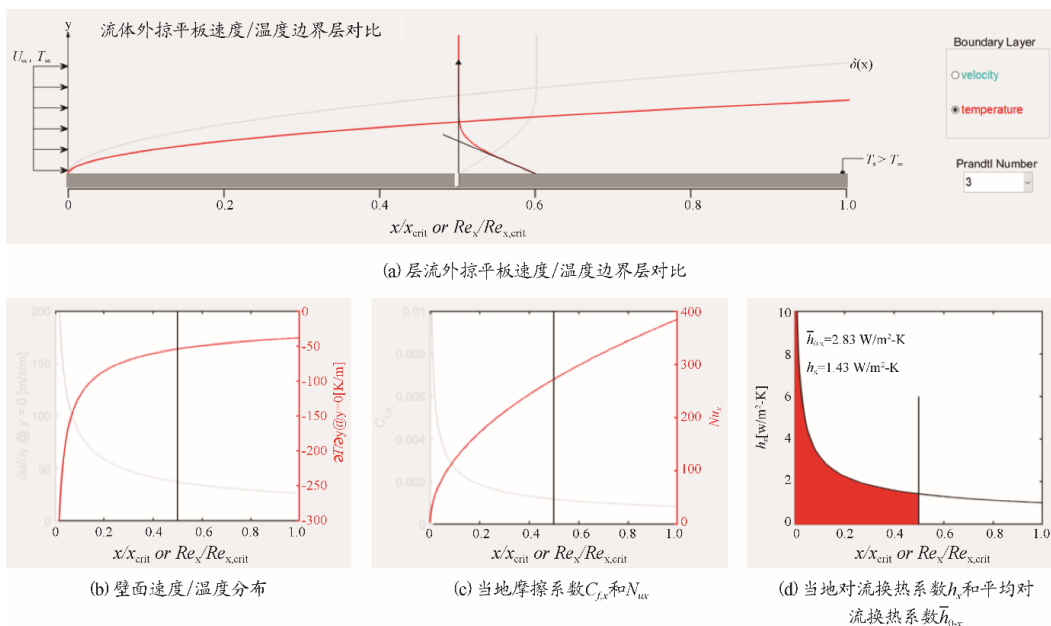


图2 边界层数值实验

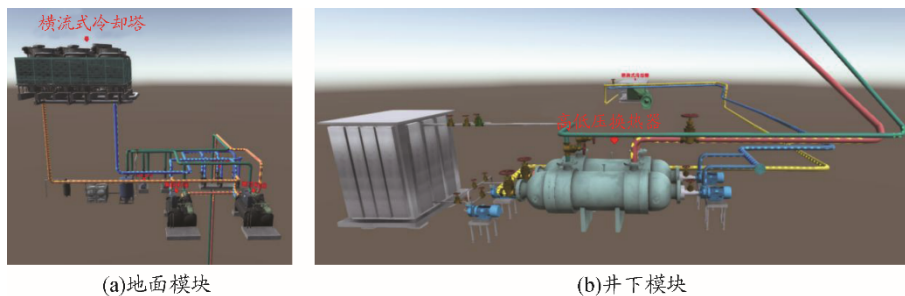


图3 深部地下空间环境调控仿真系统

(3)通过虚拟实验强化传热学知识点与实际应用的联系。由于传统物理实验无法满足全体学生实操的需求^[12],在学院资助下,研究团队研发了具有自主知识产权的深部地下空间环境调控仿真系统,如图3所示。系统对输冷管保温设计、高低压换热器、制冷机壳管式换热器等与传热学相关部分进行拆解分析,将枯燥的理论知识与有趣的实际工程结合,拓展传热学知识点实际运用技能,提升学生对传热学的学习兴趣。

(三) 研究能力方面

主要通过数值编程和调研报告进行考核和评价。数值编程主要针对导热问题开展。在课堂讲

授环节,教材中的例题采用VB、MATLAB两种程序进行编制,同时详细讲述计算思路和编程技巧,提醒学生在采用其他计算程序进行编制时注意的问题^[13]。调研报告以团队承担的973课题中涉及的青藏公路、青藏铁路路基设计施工过程中遇到的冻土问题为例,通过课堂补充介绍热棒、遮阳棚、植被护坡、碎石/块石路基等常见的冻土路基处理方法和基本原理,将实际工程中的难题与理论知识密切联系,强化学生传热学知识点的理解能力。

传统教育模式强调竞争性学习,通过评分区分,而造成教师与学生、学生与学生间处于竞争性关系,导致成绩较好的学生与成绩较差的学生间不能较好的建立和谐关系。而OBE则强调合作式学习,将学生之间竞争转变为自我竞争,让学生持续挑战自己,为达顶峰而不断合作学习。因此,通过团队合作、协同学习等实现优势互补。

编程和调研报告考核坚持“高期望”原则,教师应设置有挑战性的目标,以激励学生更深入地学习,相关教学目的和要求如表2所示。在课前准备过程中,需要对不同小组进行充分指导,加强与学生间的互动,启发学生主动思考,找到探索新知识的兴奋点,帮助学生认识到学习成效对学习过程的促进和指导作用。

表2 改进的“高期望”标准

目的	要求
提升创新意识、归纳总结能力	撰写文献综述
小组成员分工,研究成果整理	团队合作完成
高学术水平的报告	优选参考文献
训练批判思维、积极参与讨论	独立见解思想

设立竞争机制,提高学生的主动参与度。如小组内部对所完成工作的质量进行互评,评选最佳合作团队和最佳报告人,以便于实时检测学习成效,促使学生及时查找不足并反思。

成绩采用小组成绩(50%)和个人成绩(50%)综合评定。小组成绩根据表3的评价标准评定,小组成绩的评定包括小组互评(50%)和教师评价(50%)。个人成绩根据学生参与讨论、小组分工承担的工作量评定,主要以组内成员互评为主。

四、产出效果评价

(一) 达成度分析

依据表1中达成情况计算方法,选择2020—2021学年的考试成绩进行详细分析。其中,课程目标达成情况评价如表4所示,课程目标达成情况分析如表5所示。

表4为按考核方式进行分类的课程目标达成度情况,不难发现所得出的结论与第一节得出的结论一致,即平时成绩部分达成度普遍较高,期末考试部分达成度相对偏低;此外,考试环节基本知识的达成度相对较高,而问题分析的达成度相对较低,与图1历年成绩分析的结论一致。

根据表5所示的课程目标达成情况分析可知,课程目标G1达成情况为0.77,课程目标G2的达成情况为0.68,课程目标G3达成度为0.8,总体达成情况较好。但是,课程目标G2的达成情况为0.68,达成度相对偏低。课程目标G2主要支撑毕业要求观测点3.2,较低的达成情况对于培养学生“能够应用工程科学的基本原理和方法,正确表达和解析建筑环境与能源领域复杂工程问题,并能选择合适的方法进行分析和求解”能力支撑相对偏弱,因此该目标的达成情况依然有待加强。

表3 研讨考核标准

评价内容	优秀	良好	合格	较差
知识拓展	内容丰富,反映最新成果,科学性强	内容比较丰富,反映部分新成果	参考文献少,演讲较浅	阅读文献过少,内容少而浅
总结归纳	层次清楚,概括全面,逻辑性强,结论合理	层次清楚,概括较全面,逻辑性较强,结论合理	报告较通顺,结论较合理	资料整合不通顺,总结较清晰,结论不合理
演讲表达	语言精练,思路清晰,重点突出,时间控制好	阐述较清楚,思路较清晰,时间控制较好	报告顺畅,阐述较清晰,时间控制合理	观点阐述不清晰,语言不够简洁,时间安排不合理
团队合作	分工明确,报告整合完备,相互配合默契	有分工,报告内容较好,配合较默契	有分工,报告内容整合一般	没有明确分工,报告内容较差,准备不充分
批判思维	有独到见解,敢于开展学术质疑提问	有一定能思考和见解	有一定思考	无建议,无提问
PPT制作	内容连贯,逻辑性强,符合学术规范	有一定逻辑性,内容连贯,符合学术规范	逻辑性较差,内容连贯性一般	缺乏逻辑性,内容不连贯

表4 课程目标达成情况评价信息

课程目标支撑环节	平时成绩 100分 (占总评成绩的 30%)			期末考试 100分 (占总评成绩的 70%)	
	G1	G2	G3	G1	G2
学生平均得分	37	35	16	34.8	29.8
各目标满分值	40	40	20	50	50
课程目标达成情况	0.93	0.88	0.80	0.70	0.60

表5 课程目标达成情况分析

课程目标	毕业要求观测点	达成途径	满分成绩	平均成绩	目标达成情况
G1	2.2	平时+期末	47	36.19	0.77
G2	3.2	平时+期末	47	31.96	0.68
G3	5.1	大作业	6	4.8	0.8

(二) 成果产出

(1)竞赛获奖:2020年获CAR-ASHRAE学生设计竞赛三等奖,2021年获CAR-ASHRAE学生设计竞赛特等奖(第1名)、施工图优秀奖。连续获中国制冷空调行业大学生科技竞赛三等奖多项。

(2)升学就业:2020年境内升学率32.1%,境外升学率7.55%;2021年境内升学率50%,境外升学率5.3%。实际升学/就业率,在98%以上,就业单位包括设计、开发、施工、制造等领域,相当比例的学生就业单位为世界五百强和中国五百强企业,初次就业质量较好。

建环专业学生还积极参加国家级、省级和校级大学生创新创业项目,通过结合教师的科研项目锻炼提升自身的科研素养和能力;积极参加各级大学生英语竞赛、大学生数学建模竞赛、江苏省制冷学会创新创业大赛、绿色建筑创意赛等,通过参赛拓展自身知识面、提升综合素质。

从专业认证角度看,全体学生的相关能力应满足毕业要求,进而实现课程目标的达成度。因此,对少部分学习困难的学生开展多种途径的帮扶政策,如通过合理搭配优秀学生+后进生模式

的研讨小组,充分调动学习困难学生的主观能动性,使其逐步恢复自信心、提升学习兴趣,为提升课程目标达成度打下坚实基础。

五、持续改进机制

成果导向教育是一个持续改进的动态过程,应建立一种有效的持续改进机制,从而持续地改进培养目标,以保障其始终与需求相符合;能持续改进毕业要求,以保障其始终与培养目标相符合;能持续改进教学活动,以保障其始终与毕业要求相符合^[14]。

遵循 OBE 持续改进理念,建立传热学课程持续改进路线图,如图 4 所示,通过课前-课堂-课后三个阶段的评价反馈改进相应的教学活动,实现对教学效果和学生能力的即时-短期-长期评价,确保所有的教学活动围绕学生能力提升开展。

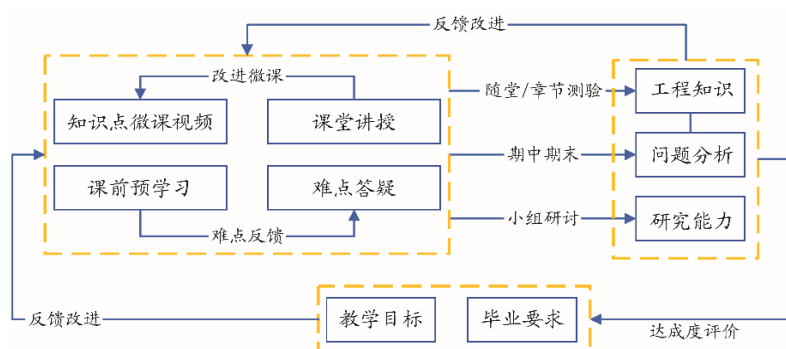


图4 课程持续改进路线

课堂授课过程中还深入挖掘传热学课程中的思政元素^[15],不断引导学生树立“只有努力奋斗,才能创造更加灿烂的辉煌”的理念。如介绍西安交通大学陶文铨院士五十年如一日扎根西部,成就了“胸怀大局、无私奉献、弘扬传统、艰苦创业”的西迁精神。作为新生代年轻学子,更应该积极响应习近平总书记的号召,努力学习并大力弘扬西迁精神,用活力、魄力和创造力面对逆境和挑战,为建设社会主义现代化强国贡献青春力量。

六、结语

成果导向的教育模式是当前我国专业认证的基本要求。为了更好地适应 OBE 的教育理念,迎接新工业革命的挑战,需要每一位任课教师积极推进课程教学改革,逐渐从学科导向转变为目标导向,从教师中心转变为学生中心,从质量监控转变为持续改进。

从课程角度看,任课教师要逐步建立持续有效的课程改进机制,不断改进教学内容和教学方法,保障其始终与课程目标、毕业要求相适应。还应清晰地认识到教学改革是一项长期工程,需要任课教师投入大量的精力来持续改革教学内容和方式,并且和学生相向而行,不断提高本科教学的成果产出量。

参考文献:

- [1] Spady, W D. Outcomes Based Education: Critical Issues and Answers[M]. Arlington, VA: American Association of School Administration, 1994.
- [2] Wang F L, Fong J, Zhang L M, et al. Hybrid Learning and Education[M]. Berlin:Springer, 2009.

- [3] Tan K, Chong M C, Subramaniam P, et al. The effectiveness of outcome based education on the competencies of nursing students: a systematic review[J]. *Nurse Education Today*, 2018(64): 180-189.
- [4] 中国工程教育认证协会-认证结论[EB/OL]. (2021-06-05)[2021-12-21]. <https://www.ceeaa.org.cn/gcyjzyrzh/gcyjzy-rzjlx/a717dbc6-1.html>.
- [5] 张东海,高蓬辉,黄建恩,等. 新工科背景下多学科交叉融合的建环专业人才培养模式探索与实践[J]. *高等建筑教育*, 2021, 30(1): 1-9.
- [6] 王义江,周国庆,冯伟. 基于兴趣学习的传热学课程教学改革研究[J]. *高等建筑教育*, 2017, 26(5): 54-57.
- [7] 陶文铨. 传热学[M]. 5版. 北京:高等教育出版社, 2019.
- [8] 赵镇南. 传热学[M]. 2版. 北京:高等教育出版社, 2008.
- [9] Holman J P. Heat transfer[M]. 10th ed. Boston: McGraw Hill Higher Education, 2010.
- [10] Bergman T L, Lavine A S. Fundamentals of Heat and Mass Transfer [M]. 8th ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2017.
- [11] 曲燕. 美国—加拿大—澳大利亚相关高校传热类课程的对比研究[J]. *实验技术与管理*, 2020, 37(6): 233-237, 284.
- [12] 俞爱辉,冯妍卉,张欣欣,等. 虚拟实验在“传热学”实验教学中的应用[J]. *实验室研究与探索*, 2011, 30(6): 312-315.
- [13] 张程宾,韩群,陈永平. 基于MATLAB的传热学课程虚拟仿真实验平台设计[J]. *实验技术与管理*, 2020, 37(1): 132-136.
- [14] 徐琴琴,王维,银建中,等. 基于OBE的混合式“全课”构建及其持续改进研究[J]. *大学教育*, 2021, 10(8): 62-64.
- [15] 李三平,张琳,王福生. “传热学与热工学基础”课程思政实践探索[J]. *黑龙江教育(高教研究与评估)*, 2019(11): 39-40.

Teaching reform and practice of heat transfer course based on outcome-based education

WANG Yijiang, FENG Wei, GAO Penghui, ZHOU Yang, ZHANG Donghai

(School of Mechanics and Civil Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, P. R. China)

Abstract: Heat transfer is an important fundamental course for building environment and energy engineering major. According to the requirements of the engineering education accreditation and concepts of outcome-based education, the teaching objectives and calculation methods of the goals' achievement degree for the heat transfer course are investigated combining with the curriculum teaching effect and the present situation in recent years. Corresponding teaching method reform is carried out from three aspects including engineering knowledge, problem analysis and research ability, focusing on the combination of theoretical teaching with engineering practice, as well as the cultivation of students' ability of teamwork and solving complex engineering problems. It is found that the achievement degree of engineering knowledge, problem analysis and research ability are 0.77, 0.68 and 0.8 respectively. A continuous improvement mechanism is built to ensure that teaching reform is always closely aligned with graduation requirements. The results of this study can provide reference for the teaching reform and curriculum quality standard amendment of heat transfer course under the background of engineering education certification.

Key words: outcome-based education; heat transfer course; objective achievement scale; teaching reform

(责任编辑 邓云)