

述评与讨论

DOI: 10. 19853/j. zgjsps. 1000-4602. 2024. 18. 001

新工科理念驱动的课程创新与实践:以“水工艺设备基础”为例

张志强¹, 卢金锁¹, 张瑞君², 庞鹤亮¹, 宋启楠¹

(1. 西安建筑科技大学 环境与市政工程学院, 陕西 西安 710055; 2. 河北工业大学 土木与交通学院, 天津 300401)

摘要: 科技进步推动水务行业向以工艺技术和设备水平为核心的工业化进程转变,“水工艺设备基础”课程充分反映了行业设备化发展趋势,其课程建设和改革对培养适应时代发展需求的新工科卓越人才具有重要意义。针对课程教学实施过程的四大痛点问题,以人才能力提升和素质培养效果改善为目标,通过课程知识结构重构、前沿热点问题聚焦、实践训练环节设置、思政元素挖掘融入和考核维度多元化等方式推进教学创新设计和改革。教学实践结果表明,上述教学改革行为有效提升了教学质量,具有较强的推广示范价值。

关键词: 新工科; 给排水科学与工程; 水工艺设备基础课程; 教学创新; 人才培养
中图分类号: G460 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2024)18-0001-07

Curriculum Innovation Design and Practice Driven by the Concept of the New Engineering Education: Taking “Basis of Water Process Equipment” as an Example

ZHANG Zhi-qiang¹, LU Jin-suo¹, ZHANG Rui-jun², PANG He-liang¹, SONG Qi-nan¹

(1. School of Environmental and Municipal Engineering, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China; 2. School of Civil and Transportation Engineering, Hebei University of Technology, Tianjin 300401, China)

Abstract: The progress of science and technology has promoted the industrialization reform of aquaculture with the level of technology and equipment as its core. The course of “Basis of Water Process Equipment” fully reflects the equipment-based developing trend of the water industry. Therefore, its construction and reform are of great significance for cultivating new-type engineering professionals who meet the needs of the development of the times. In response to the four major pain points in this course teaching implementation process, with the goal of enhancing talent capabilities and improving the quality of education, teaching innovation design and reform are promoted through methods including reconstructing course knowledge points, focusing on cutting-edge hot issues, setting up practical training sessions, integrating ideological and political elements, and diversifying assessment dimensions. The results of teaching practice show that the above-mentioned teaching reform measures have effectively improved the quality of education and have strong demonstration and popularization value.

基金项目: 陕西省教学改革项目(23BY055)

通信作者: 卢金锁 E-mail: lujinsuo@xauat.edu.cn

Key words: new engineering education; water science and technology; course of Basis of Water Process Equipment; teaching innovative; talents cultivation

当前,新一轮科技革命和产业化变革快速推进,经济社会发展对人才的知识结构和素质能力要求发生了深刻变化,迫切需要培养创新创业型新工科人才以适应时代发展^[1]。2017年,教育部高等教育司发布了《关于开展新工科研究与实践的通知》,明确了新时代我国工程教育的改革方向,此后各高校启动了新工科建设,强调高校工科专业要以立德树人为引领,以应对变化、塑造未来为建设理念,以继承和创新、交叉与融合、协调和共享为主要途径,培养未来多元化、创新型卓越工程人才^[2]。

给排水科学与工程专业为我国市政基础设施建设、保障居民用水安全和水环境质量提供了人才培养支撑。随着科学技术的发展,给排水工程由传统以土木工程构筑物为主体向以工艺技术和装备设备水平为核心的工业化进程转变。以高度集成的工艺设备为载体的水处理和污染治理新技术在现代给排水工程实施中得到了广泛应用,技术装备和设备在工程建设和投资占比方面持续提高,设备化发展成为给排水工程和水务行业领域最为显著的时代特征^[3]。为适应这一时代发展趋势,21世纪初期给排水科学与工程专业教学分委员会经过多轮讨论设置了“水工艺设备基础”课程,主要讲授水工艺设备在设计、制造和运行过程中涉及的相关基础知识、基本原理和应用特点等内容。经过各高校多年的努力,该课程在教学模式和教学方法方面取得了长足的进步^[4-5]。

然而,在新工科建设的背景下,“水工艺设备基础”课程教学面临着新的挑战。如何通过教学过程融合课程思政、理论基础、创新实践,以提高学生素质水平和综合能力是现阶段该课程建设和改革的核心要求。笔者聚焦新工科建设内涵和给排水工程创新型人才培养需求,调研分析了各高校“水工艺设备基础”课程教学的痛点问题,通过总结近几年教学实践,围绕课程设计和教学实践探讨了该门课程建设的新途径,以期为该课程教学及给排水科学与工程专业新型工程人才的培养提供参考。

1 课程发展与定位

“水工艺设备基础”课程位列给排水科学与工

程专业教学质量国家标准和专业规范的十大核心课程之一,主要讲述水工艺设备常用材料种类、设备腐蚀与防护的基本概念;掌握水工艺设备常用材料特点、腐蚀防护基本理论与基本方法,以及典型水工艺设备工作原理与适用范围等内容,通过课程学习使学生具备水工艺设备选型、运行维护和管理能力,拥有初步的从事水工艺设备设计开发和科学研究的能力与创新意识,为将来从事专业工程设备的设计、运行管理和科研工作等奠定必要的理论和能力基础。西安建筑科技大学(以下简称西建大)是全国最早开设“水工艺设备基础”课程的高校,并负责课程教材编写工作。二十多年来,该课程建设与改革经历了创建阶段、发展与推广阶段和质量提升阶段(见图1),具有课程建设周期长、系统性强、建设成效显著的特点。

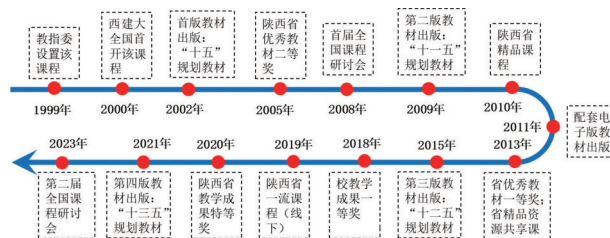


图1 西建大“水工艺设备基础”课程建设与发展过程

Fig.1 Course construction and development process of “Basis of Water Process Equipment” at Xi'an University of Architecture and Technology

2023年,西建大组织召开了第二届全国“水工艺设备基础”课程建设研讨会,共40余所高校参与。笔者收集了各高校该课程开设的基本情况,统计结果如图2所示。可以看出,在课程类别方面,80%以上的高校将该课程定位为必修课程,以24学时和32学时为主,少部分学校课时量为16学时;在开课时间方面,大部分学校在第六和第七学期开设。笔者认为,为适应新时代水务行业设备化发展对人才知识结构的要求,应将课程类别设置为专业核心必修课程。从知识内容角度出发,该课程涉及物理化学、工程力学等基础课程,为加强课程知识学习的衔接效果,宜在第五或第六学期开设本课程。此外,尽管该门课程以线下授课为主,但大部分高校

采用了线上平台进行辅助教学,可有效提升教学效果,应该进一步推广并扩大其覆盖范围。

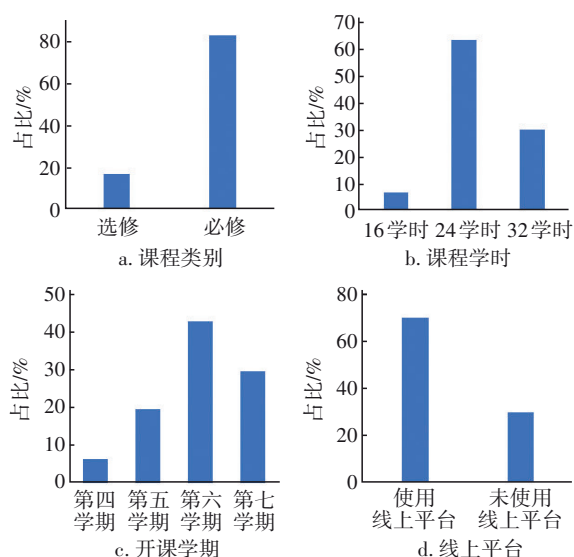


图2 “水工艺设备基础”课程开设基本情况

Fig.2 Course information of “Basis of Water Process Equipment”

2 课程教学痛点问题分析

“水工艺设备基础”作为一门相对“年轻”的课程,尽管在教学改革和课程建设方面已取得成效,但是面向“立德树人”根本任务、国家新工科课程建设,以及给排水工程和水务产业设备化迅猛发展的新需求,现有教学内容、模式和方法已不能满足人才培养需求。通过课程研讨,发现现阶段各高校“水工艺设备基础”课程目前面临的主要痛点问题如下:

① 各章节知识内容关联性不足,知识学习对能力培养的支撑关系不明确。“水工艺设备基础”课程教学内容涵盖设备常用材料、腐蚀原理与腐蚀防护、水工艺设备理论基础、容器设备、搅拌设备、曝气设备、换热设备、分离设备、污泥处置设备,以及计量与投药设备等^[6]。各章节内容相对独立,且涉及材料学、电化学、理论力学、机械热工和水处理等多学科领域。课程知识内容具有明显的多学科交叉特性,但知识系统性差,教学过程未对不同学科领域知识进行有效融合,导致学生学习难,教师备课压力大等^[7]。

② 教学内容更新迭代滞后于行业发展,难以满足水务行业发展新需求。水工业设备化的快速发展驱动从业人员更加重视设备研发,水工艺设备

更新迭代周期不断缩短,新设备层出不穷。“水工艺设备基础”课程大部分知识内容相对简单、涉及的水工艺设备比较陈旧,虽然《水工艺设备基础》教材每四到五年更新出版,但仍难以与水务行业设备化快速发展相匹配,课程知识内容明显滞后于行业发展,已不能满足学生的学习兴趣和行业需求,学生学习缺乏积极性。

③ 教学活动过程偏理论弱实践,学生创新意识和能力素质培养效果不明显。“学而时习之”,实践训练是巩固知识、应用知识和增长知识的有效途径。在传统“水工艺设备基础”课程中,学生从课堂上获取知识,理论课程学习和实践训练未进行有机结合,缺少应用所学知识解决实际工程问题的锻炼过程。学生为了通过考试一味追求和机械记忆正确答案,学习过程中匮乏协作和交流,不能充分调动深度思考和探索解决问题的主观能动性。

④ 思政元素融入与知识内容相互支撑较弱,难以实现立德树人与铸魂育人的人才培养要求。新工科建设内涵以“立德树人”为引领,高校落实“立德树人”根本任务的关键在于课程内容融入思政教育,近年来各高校不断推动学生思想政治教育并取得新成效^[8-9]。“水工艺设备基础”在思政教育方面诚然取得了一定成效,但目前仍处于思政建设的初级阶段,课程思政与课程内容融入需进一步提高,与国家战略、行业发展、社会实际相结合的思政元素也需进一步挖掘和完善,如何在教学过程中“润物细无声”地取得“立德树人”的教学效果是未来课程改革中有待解决的关键难题^[10]。

3 课程教学创新设计、改革与实施

针对以上痛点问题,笔者所在课程团队以新工科人才培养需求为导向,持续开展课程建设与改革工作,在总结过去4年课程教学改革和实施效果的基础上,提出“教学内容体系重构—设备前沿内容拓展—情景模拟课外实践—课程与思政相互支撑”的课程创新设计与改革方式,结合教师讲授、翻转课堂、课外实践等教学方法开展教学实践。

3.1 以工程逻辑思维重构教学内容体系

课程团队以工程实施过程为视角,以学生知识运用能力的提升为结果导向重新整合课程核心知识点,重构教学内容,使教学内容具有“工程逻辑性”(见图3),用以解决“水工艺设备基础”课程知识

系统性差的痛点问题。在基础知识篇,选择如结晶造粒流化床等典型水工艺设备,以设备成品和应用全过程涉及的设计、开发、创新等环节为工程逻辑脉络,分析如何进行设备主体材料选择,如何进行外形尺寸、强度、防腐、保温等方面的设计,如何针对实际水处理应用面临的问题进行创新优化等,引导学生对相关知识进行学习。在水工艺设备篇,以城市水处理和水环境改善工程环节为逻辑脉络,分析容器设备、搅拌设备等常用水工艺设备的工作原理、功能作用和适用范围等,同时结合设备使用过程中经常出现的问题,如变形、腐蚀、连接失效、传动失效、密封失效等,建立水工艺设备知识与基础知识间的联系,同时加强学生对基础知识内容的理解。基于工程逻辑的知识内容重构可将抽象知识概念、设备研发复杂情节以及决策过程融合化和具象化,提高课程趣味性,调动学生学习的自主性和兴趣,有助于学生认知能力、解决问题和创新意识的培养与发展。

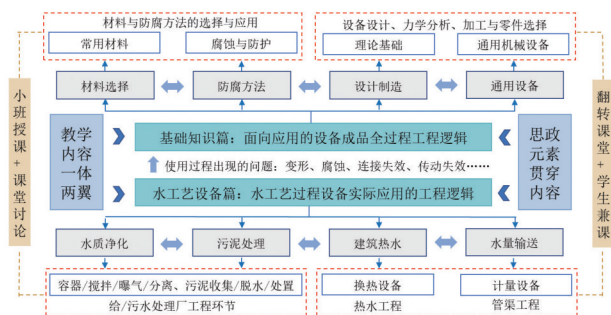


图3 基于工程逻辑思维的“水工艺设备基础”课程知识内容解析重构

Fig.3 Reconstruction of “Basis of Water Process Equipment” teaching content based on engineering logic

围绕教学创新设计与改革思路,将课堂讲授、学生兼课、模拟答辩等教学方法相融合。针对材料选择、防腐防护及水处理工艺设备等重点难点章节,主要采用教学理论授课和学生小组讨论方式进行;针对设备设计加工、换热设备及计量设备等内容,主要采用学生兼课和翻转课堂方式进行。将多种授课方法相结合的方式能够有效引导学生的学习、思考和交流,加深其对知识的理解和内化,提升课程教学效果。

3.2 以行业发展前沿拓展教材固有内容

在课程建设和改革过程中,课程团队注重教学内容顺应时代和行业发展,关注国内外水工艺设备

设计、研发、应用及智能化前沿,及时将最新成果纳入课堂,突破教材设备篇的固有内容,扩展更新课堂知识,强化课程内容的前沿性与高阶性。课程教学内容更新以学生为主体、教师为引导共同完成,教师向学生介绍国内外大型水务集团情况,学生获取全球水务发展基本信息;学生课下查阅各水务集团最新设备研发与应用案例,整理制作设备推介文件,通过分课堂、翻转课堂和线上学习通等途径向其他同学分享新设备,并通过课堂讨论和教师点评等方式提高学生学习效果(见图4)。



图4 新设备翻转课堂补充课程教学内容

Fig.4 Novel water process equipment supplement teaching content by flipped classroom

以“微纳气泡曝气设备及其应用”为例,学生通过课外时间查阅相关网站和文献资源,总结微纳气泡的产生方式及其独特的物化性质,梳理微纳气泡设备的工作原理、技术优势,及其在曝气充氧、气浮和清洗等领域的应用案例等,通过翻转课堂形式进行新设备推介和讲解,学生就微纳气泡曝气的作用方式、应用场景拓展等开展讨论。该过程在保障教学内容前沿性的同时,体现了“以学生为中心”的OBE教学理念,让学生深入教学过程,使学生变被动知识学习为主动知识传授,有效提高了学生的学习热情和对水工艺设备前沿发展的认识,培养了学生的自主学习能力和沟通协作能力。

3.3 以案例式情景设置模拟实践训练环节

案例式情景模拟教学是案例教学与情景模拟教学的结合。其中,案例教学是通过真实、具体的案例来引导学生学习;情景模拟教学则是运用角色扮演等方式设立情景,并在特定情景中实施相关技能操作及解决问题,使静态教学转变成动态互动教学,能够较快地提高学习者的理论和实践能力^[11]。课程团队依据课程教学目标,以实际工程案例水工艺设备招标为情景,学生分组进行课下投标实践训练,采用“任务布置-学生调研-文件制作-答辩点

评-反思修改-成果评价”的路径进行,具体如图5所示。

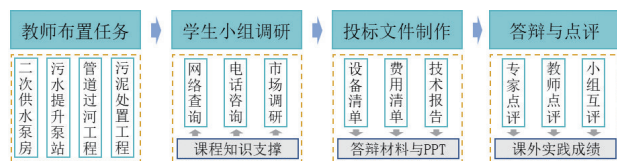


图5 案例式课外实践训练实施路径

Fig.5 Implementation path of case-based extra-curricular practice training

例如,以实际二次供水泵房工程为案例,学生分成若干小组,模拟“职业工程师”角色,教师向各小组发放图纸和任务要求。学生通过阅读工程图纸,汇总工程设备清单,进一步掌握设备的应用情况;结合课程学习理论知识,通过机电市场走访、网络查询和电话咨询等方式,经技术经济综合比较后遴选水工艺设备,形成设备投标系列文件并进行答辩,邀请行业专家、工程师、专业教师及各组学生代表对实践成果和答辩情况进行点评和成绩评定,遴选优胜小组,并给予一定奖励。该过程通过“学以致用”,使学生进一步理解、掌握和使用水工艺设备功能及应用相关知识,培养学生知识运用能力。此外,以小组模式共同完成实践任务能够提升学生的团队意识与沟通、协作能力。

3.4 强化思政元素与课程内容的相互支撑

围绕人才素质需求和课程内容挖掘课程思政

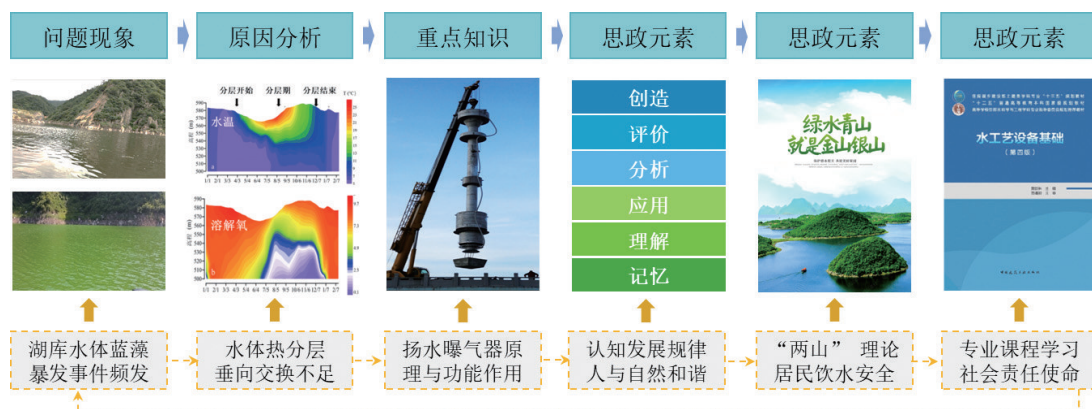


图6 “水工艺设备基础”课程思政设计案例

Fig.6 Case on ideological and political design of “Basis of Water Process Equipment”

3.5 课程考核方式

课程考核是对学生学习成效的评价,合理的考核方式能够调动学生学习的积极性。课程考核由期末考试成绩和平时成绩组成,期末考试主要考察学生对知识的掌握和综合运用能力,平时成绩强化

元素,将其合理巧妙地融入课程教学内容,系统推进课程思政建设进行育人铸魂,实现知识传授、能力培养和价值塑造相统一,是培养新工科高素质人才的迫切需要和基本出发点。课程教学团队结合给排水科学与工程专业和“水工艺设备基础”课程内容特点,在教学中突出立德树人的引领作用,基于我国传统文化、生态文明建设、“两山”理论、新时代大国重器、专业使命等,遴选并构建课程的思政教学元素库,同时密切跟踪国内外前沿热点并对其进行实时更新。教学团队在梳理课程重点和难点的基础上,以“问题现象-原因分析-重点知识-思政元素-课程(专业)知识支撑”为路径,将课程重要知识点与思政元素有机融合,形成课程思政内容12项。

例如,在讲述“扬水曝气器”时,以湖库水源“水华”现象为引导,解析夏季湖库水体纵向热分层及底部厌氧氮磷释放是藻类暴发的原因;通过讲述打破水体热分层可有效控藻,引入“扬水曝气器”设备运行原理和功能特点重点知识讲述,促进学生的认知能力发展;通过设备应用工程案例,论述该设备在保护和改善湖库水体生态环境、保障居民饮水安全和推进生态文明建设中的重要作用,明确人与自然和谐相处的重要意义,同时体现专业的社会责任,培养学生的专业认同感和职业担当精神(见图6)。

过程性多维评价,包括作业完成、参与讨论、翻转课堂与兼课、课外实践等。平时成绩评定加强了学生的参与度,如新设备分享成绩由授课教师和全班同学共同评定,课外实践答辩成绩由行业专家和学生小组代表共同评定并通过加权平均进行计算

(见图7)。



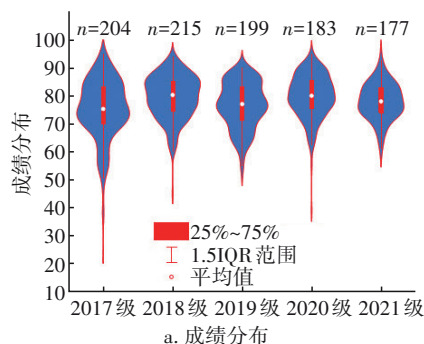
图7 “水工艺设备基础”课程成绩分布与评定方式

Fig.7 Course grade distribution and evaluation method of “Basis of Water Process Equipment”

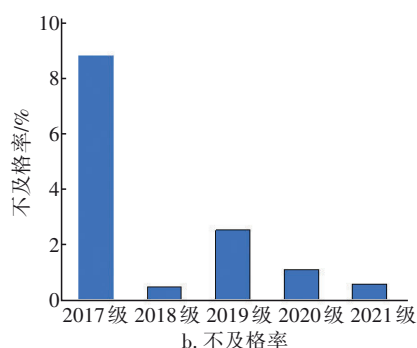
4 课程创新改革效果与评价

课程团队围绕上述教学创新设计与改革思路,针对理论知识、前沿设备、应用实践等课程内容,将课堂讲授、学生翻转课堂、模拟答辩等教学方法相融合,有效引导学生的学习、思考与交流,加深其对知识的理解和内化,提升课程教学效果。自2018级本科生开始,笔者对比了课程改革实施前后学生成绩情况,结果如图8所示。可以看出,相比于2017级学生,连续四级学生的平均成绩明显提升,不及格率下降至3%以内,除2019级学生线下授课和课外实践环节受疫情影响外,70分以上学生占比近90%。

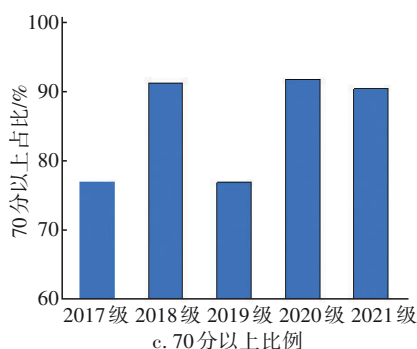
此外,课程创新改革显著提升了学生的学习兴趣,创新意识和创新能力得到有效培养。多名学生参与了水工艺设备研发和应用实践,并参加各类创新创业竞赛,获得第四届“深水杯”全国大学生给排水科技创新创意大赛一等奖、第十三届“挑战杯”陕西省大学生课外学术科技作品竞赛一等奖、全国环境友好课竞赛二等奖、“北控水务杯”第三届中国“互联网+”生态环境创新创业大赛优秀奖等。这说明经过上述创新设计和改革之后,该课程在教学和学生能力素质培养方面取得了较好的成果。



a. 成绩分布



b. 不及格率



c. 70分以上比例

图8 “水工艺设备基础”课程创新设计与改革前后学生成绩情况

Fig.8 Student achievement before and after curriculum innovation design and reform of “Basis of Water Process Equipment”

在学校教务系统中,学生对授课方式和授课教师给予高度评价,认为课程趣味性强、知识具有适用性、学习获得感和满足感增强,授课教师的评成绩长期位列学院前茅。此外,学校督导专家和省内多名教学名师对课程创新教学设计给予好评,认为课程改革增加了知识系统性,教学组织和模式多样化,学生学习主动性增加,持续提升了教学质量,思政元素挖掘和融入充分发挥了育人铸魂的功能,课程改革创新成效显著,在同类课程中具有很好的导向性和示范性。与此同时,教学团队也得到了充分的成长。近5年,依托该课程,授课团队教师荣获宝钢优秀教师、陕西省教学名师、校青年教师标兵、校教坛新秀等称号,获评全国给排水科学与工程专业教学竞赛三等奖、校优秀教学课件一等奖等奖项。综上所述,该课程教学团队提出和探索的课程创新设计与改革措施具有较好的借鉴意义,具有良好的推广前景。

5 结语

“水工艺设备基础”是给排水科学与工程专业核心课程,适应水务行业设备化发展对专业人才的

培养要求。聚焦“水工艺设备基础”课程教学过程涉及的痛点问题,通过重构教学内容体系、跟踪更新教学内容、设置情景模拟实践锻炼、挖掘和融入思政元素、构建多角色多维课程评价方式等一系列课程改革创新,增强了课程知识的系统性,激发了学生的学习兴趣,教学实践取得了较好的成效,对同类课程教学实施具有借鉴意义。

参考文献:

- [1] 林健. 第四次工业革命浪潮下的传统工科专业转型升级[J]. 高等工程教育研究, 2018(4): 1-10, 54.
LIN Jian. The transformation and upgrading of traditional engineering programmes under the wave of the fourth industrial revolution [J]. Research in Higher Education of Engineering, 2018(4): 1-10, 54 (in Chinese).
- [2] 钟登华. 新工科建设的内涵与行动[J]. 高等工程教育研究, 2017(3): 1-6.
ZHONG Denghua. Connotations and actions for establishing the emerging engineering education [J]. Research in Higher Education of Engineering, 2017(3): 1-6 (in Chinese).
- [3] 夏圣骥, 徐斌, 隋铭皓, 等. 浅谈《水工艺设备基础》课堂教学改革与探索[J]. 教育教学论坛, 2013(20): 47-48.
XIA Shengji, XU Bin, SUI Minghao, et al. Discussion on the teaching reform and exploration of “Basis of Water Treatment Equipment” [J]. Education and Teaching Forum, 2013(20): 47-48 (in Chinese).
- [4] 刘玉灿, 张岩, 吕建波. 《水工艺设备基础》的教学改革与探索[J]. 教育现代化, 2019(35): 43-45, 48.
LIU Yucan, ZHANG Yan, LÜ Jianbo. Teaching reform and exploration of “Basis of Water Treatment Equipment” [J]. Education Modernization, 2019(35): 43-45, 48 (in Chinese).
- [5] 谢玉辉. 水工艺设备基础教学改革与实践[J]. 课程教育研究, 2017(42): 199-200.
XIE Yuhui. Teaching reform and practice of Basis of Water Treatment Equipment [J]. Course Education Research, 2017(42): 199-200 (in Chinese).
- [6] 黄廷林. 水工艺设备基础[M]. 4版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2021.
HUANG Tinglin. Basis of Water Treatment Equipment [M]. 4th ed. Beijing: China Architecture & Building Press, 2021 (in Chinese).
- [7] 朱志怀, 孙鸿燕. OBE理念下的《水工艺设备基础》课程教学改革[J]. 教育教学论坛, 2020(11): 153-154.
ZHU Zhihui, SUN Hongyan. Teaching reform of the course “Water Processing Equipment Foundation” based on the OBE [J]. Education and Teaching Forum, 2020(11): 153-154 (in Chinese).
- [8] 奚丽萍. 课程思政的问题向度与逻辑分析[J]. 高教学刊, 2022, 8(17): 173-176.
XI Liping. Problem dimension and logical analysis of curriculum ideology and politics education [J]. Journal of Higher Education, 2022, 8(17): 173-176 (in Chinese).
- [9] 邱微, 南军, 刘冰峰. 课程思政与在线教学的隐性融合——以“水工程施工”课程为例[J]. 高等工程教育研究, 2020(6): 57-61.
QIU Wei, NAN Jun, LIU Bingfeng. On integration of civics education in virtual teaching—course of “Water Engineering Construction” [J]. Research in Higher Education of Engineering, 2020(6): 57-61 (in Chinese).
- [10] 张瑞君, 田家宇, 高珊珊. 基于工业水处理课程顶层设计的高校课程思政建设探索与实践[J]. 高教学刊, 2023, 9(25): 177-180.
ZHANG Ruijun, TIAN Jiayu, GAO Shanshan. Exploration and practice of ideological and political construction of higher education based on top-level design of industrial water treatment course [J]. Journal of Higher Education, 2023, 9(25): 177-180 (in Chinese).
- [11] 朱锐, 刘恒, 周峰. 新工科背景下岩土工程虚拟教学模式探索与实践——以防灾减灾课程为例[J]. 教育教学论坛, 2023(42): 106-109.
ZHU Rui, LIU Heng, ZHOU Feng. Exploration and practice of geotechnical engineering virtual teaching mode under the background of emerging engineering education: taking the course of Disaster Prevention as an example [J]. Education and Teaching Forum, 2023(42): 106-109 (in Chinese).

作者简介: 张志强(1988—), 男, 黑龙江拜泉人, 工学博士, 副教授, 主要从事城镇排水系统运行风险识别与控制研究工作。

E-mail: zzg@xauat.edu.cn

收稿日期: 2024-04-21

修回日期: 2024-05-29

(编辑: 丁彩娟)