

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2023.16.010

基于“双碳”目标的“水污染控制工程”教学创新设计探究

明银安, 刘丹, 张莉, 程璟, 文志潘
(武汉工程大学 化学与环境工程学院, 湖北 武汉 430205)

摘要: 在“新工科”和“双碳”目标新形势下,为了培养胜任时代使命担当的水处理专业技术人才,深化教学创新设计,紧扣教学痛点,以学生为中心,促进自主、探究式学习。通过立体重构“三目标六层次”知识结构,创立“看、学、画、列、算、组、思”培养工程设计能力的“卓越培养7步教学法”;课中采用自创LED-Restart模式,并与BOPPPS、对分课堂、翻转课堂等混合教学,线上、线下结合,课前-课中-课后贯通;整合教学资源,采用多元评价,持续改进;产教融合,产业教授、权威专家进课堂,环化结合;挖掘低碳、减碳和助力碳中和的水污染控制技术结合点,融入思政元素,立德树人,培养具有“双碳”工程设计意识、工程能力强、综合素养高的“卓越水处理工程师”,为“水污染控制工程”课程及工科类专业教学提供参考。

关键词: 水污染控制; 教学创新; 卓越培养7步教学法; 产业教授

中图分类号: TU99 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2023)16-0056-07

Research on Teaching Innovation Design of Water Pollution Control Engineering Based on the “Double Carbon” Goal

MING Yin-an, LIU Dan, ZHANG Li, CHENG Jing, WEN Zhi-pan
(School of Chemistry and Environmental Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430205, China)

Abstract: Under the new situation of emerging engineering education concepts and the dual carbon target, the innovative design of teaching has been deepened to cultivate water treatment professionals for the times mission. The teaching pain points were focused on, and students were taken as the center to promote autonomous and inquiry learning. The “7-step teaching method of excellent training” was established for cultivating engineering design ability by “preparing lessons, learning, drawing, parameters list, calculation, process combination and review” through the three-dimensional reconstruction of the “three objectives and six levels” knowledge structure. The self-created LED-Restart mode was adopted in the course, which was combined with BOPPPS, PAD Class (Presentation-Assimilation-Discussion) and flipped classroom. The learning and teaching activities before, during and after class could be connected by combining online and offline. Moreover, teaching resources were integrated and multiple evaluations were adopted to continuously improve teaching. Production and teaching were integrated and industry professors and authoritative experts were invited into the classroom to achieve environmental and chemical industry integration. The combination points of water pollution

基金项目: 2021年湖北省高等学校省级教学研究项目(2021318); 2020年武汉工程大学教学研究项目(X202044);
2022年武汉工程大学课程思政示范课程立项建设项目

control technologies of low carbon, carbon reduction and assist in carbon neutralization have been excavated. Ideological and political education were integrated into teaching to establish morality and cultivate people. All these measures are to cultivate “excellent water treatment engineers” with engineering design awareness of “double carbon”, strong engineering ability and high comprehensive quality. In addition, the teaching innovation design could provide references for teaching water pollution control engineering and engineering courses.

Key words: water pollution control; teaching innovation; 7-step teaching method of excellent training; industry professor

目前,温室气体的大量排放导致气候形势日益严峻,中国不断提高在全球低碳转型中的贡献力度,于2020年9月宣布力争2030年前实现“碳达峰”,2060年前实现“碳中和”。“双碳”目标的实施期,是现在及未来水处理行业大学生们的黄金时期,为学生树立了远大的成长目标。因此,教学需要紧密结合“碳达峰、碳中和”技术攻关。近年来教育教学研究主要集中在增强实践能力培养^[1-4]、翻转课堂及各种互动式教学方法、基于OBE工程教育认证教学改革、各种信息技术使用及虚拟仿真教学、线上线下混合及“金课”建设等,并对课程思政和教学改革创新发展有了初步探究^[4-8],但尚未见系统、全面的研究报道。为此,从内容重构、教学方法创新、多元混合教学、产教融合、持续改进及多元评价等方面进行教学创新设计,为“水污染控制工程”及工科类专业教学提供参考。

1 “水污染控制工程”课程的教学痛点

① 教学内容僵化,按课本四大污水处理方法从头讲到尾,枯燥乏味;泛而不精,设计能力偏弱,工作上手慢;“双碳”思想融入较少。

② 教学方法与手段单一,理论讲授教学模式,生硬知识满堂灌,学生参与度低,教学效果差;知识内化不到位,体现应用能力的作业问题多。

③ 评价方式单一,能力考察不到位,重结果,轻过程,重知识传授,轻能力培养,缺价值塑造。

④ 综合素养有待提高,学生交流表达能力较弱,学习有畏难情绪,满足于成绩获得,专业热忱不够;“双碳”工程意识、设计意识不够。

在“新工科”背景和“双碳”目标新形势下,需要针对痛点问题,深化教学改革,推动卓越教学迭代创新,培养工程设计能力强、综合素养高的“卓越水处理工程师”。

2 创新方法及途径

2.1 立体重构“三目标六层次”知识结构

最初的“水污染控制工程”课程为90学时,排水管网+四大类处理方法内容多,涉及面广,加之学生动手能力不强,导致课程设计、毕业设计构筑物之间连接管道和高程计算掌握不牢固,因此,进行了卓越教学1.0和2.0的迭代改革,将内容重组,分为管网工程、城市污水处理、工业废水处理“三模块”,并先后拆分为2门课、3门课,最终形成“排水管网工程”(24学时)、“水污染控制工程(1)”(32学时,城市污水处理)和“水污染控制工程(2)”(40学时,工业废水处理)。对拆分后的“水污染控制工程”教学大纲进行了修订,根据教学内容、课程特色及高阶性、创新性和挑战度(下称“两性一度”)要求,确定了该课程的知识、能力及价值目标。立体重构教学内容,采用点(污水处理单元)、线(城市污水处理)、面(工业废水处理)结合,按功能、原理、结构、参数、设计及应用分为6个层次,功能和原理的学习属知识目标,结构、参数、设计属能力目标,应用是点线面的结合,属价值目标,能力分层培养,通过点线面结合,形成“三目标六层次”知识结构,如图1所示。



图1 “三目标六层次”知识结构

Fig.1 “Three objectives and six levels” knowledge structure

2.2 以学生为中心,变被动为主动

充分发挥学生的自主性,以学生为中心,采用研讨式教学,变被动为主动,让学生意识到“我要学”(必须要),进而“我想学”(想进阶),还要给他们创造“我能学”的条件(网络平台课程)。每个人都有自己的学习习惯和风格,要给学生提供多元化的学习渠道和方式,学生能够自主进行选择,让学生有归属感、成就感。因此,提供多种学习方式和途径,甚至包括测评、作业形式等,设置自主进阶式学习,学生选择自己预期的目标,通过自我努力来达到。借助信息技术和网络平台,提供课前预习及检测条件,课中采用研讨式多元混合教学模式,提高学习效果,形成固定4人学习小组,讨论和互帮,课后采用探究式学习,复习和拓展,课程考核采用多元评价和学生互评,形成多途径过程性评价和自主进阶,挖掘学生的自主能动性。具体如图2和图3所示。

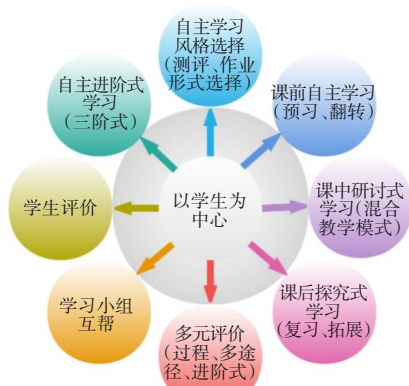


图2 以学生为中心变被动为主动

Fig.2 Taking students as the center and changing passivity into initiative

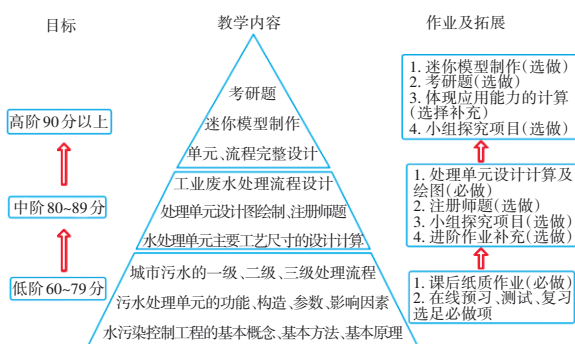


图3 进阶式内容设置

Fig.3 Advanced content settings

进阶式学习的精髓是,学生可根据自己的目标

规划、学习能力、时间及精力,自主选择预期目标,通过自己的努力来达到。能力指标化、具体化、可视化,能力指标举例如表1所示。

表1 高阶能力指标点设置

Tab.1 Setting of high-order capability index points

构筑物	高阶能力指标点
格栅	根据渣量判断清渣方式
沉砂池	选择计算平流式:校核沉砂斗斗容 选择其他高效沉砂池进行计算:曝气沉砂池、水平旋流及涡流沉砂池
沉淀池	选择3种传统池型进行计算:需计算污泥量,校核泥斗容积和出水堰负荷 选择高效沉淀池进行计算:周进周出沉淀池、斜管沉淀池
曝气池	空气管路的计算、渐减曝气的设置及计算、风机的选型、不同流量的匹配运行

2.3 创新教学方法

采用多元混合教学模式,形成“卓越培养7步教学法”。

① 卓越培养7步教学法

《水污染控制工程》要求熟练掌握污水处理单元的功能、原理、结构、参数、设计及应用,具有污水处理工艺流程组合、设计计算、工艺改进和运行管理等方面的能力。根据课程性质及培养目标,基于BOPPPS模式,形成“看、学、画、列、算、组、思”体现卓越工程设计能力培养的“卓越培养7步教学法”。

“看”是课前基础知识预习环节,线上看学习指南和视频,做预习测试,激励学生追求测试满分的满足感,吸引学生去学,从而达到知识积累和过程内化的目的。

“学”的是基本概念、功能及原理,采用多元混合教学模式,根据不同内容特点,分别采用自创LED-Restart模式、BOPPPS模式、对分课堂、翻转课堂等进行研讨式学习,结合案例教学,达到专业知识积累和工程分析及交流能力的培养。

“画”是对污水处理单元进行空间想象,绘制立体示意图,了解内部结构,理论联系实际,从无形到有形,形成自己的“图形库”。

“列”是参数列表,每个处理单元均有规范规定的设计参数,且城市污水和工业废水并不相同,后者靠工程经验积累。让学生自己找参数列表,老师补充经验数据,形成“参数库”,比老师直接呈现效

果好,课程结束时,形成经验参数电子书,供以后使用。

“算”是设计计算,是最重要的一个环节。为解决环境工程学生设计能力弱的通病,引导学生进行构筑物的完整设计计算,结合作业进阶评价,将体现应用能力的考核如沉淀池的出水堰负荷、斗容校核、曝气池风机选型及匹配运行等作为高阶目标,并明确告知学生,让能力指标化、可考核、看得见。

“组”是流程组合,了解每个处理单元在流程中的位置和作用,城市污水、工业废水处理工艺流程组合是应用能力的重要体现。

“思”是课后复习、思考及拓展,采用思维导图,对每章内容进行归纳总结,将知识内化,并拓展专业视野,制作迷你反应器模型,组成工艺流程,加强应用能力培养,并建立实物资源库,供后续教学使用。

卓越培养7步教学法具体示意图4。

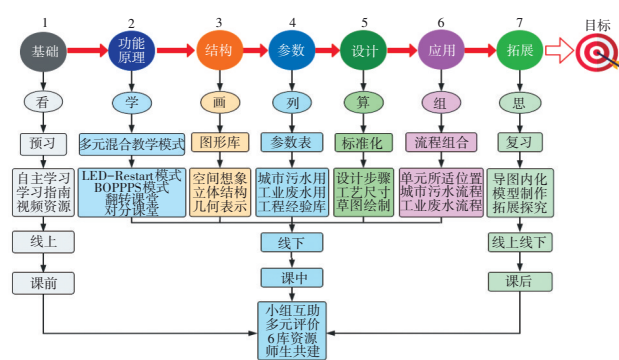


图4 卓越培养7步教学法

Fig.4 Seven-step teaching method of excellence training

通过线上、线下结合,采用课前-课中-课后贯通,为学生创造条件,课前自主学习,课中相互研讨,课后内化拓展,变被动为主动,引导学生“我想学”“我要学”,并实现“我能学”。

② 多元混合教学模式

自创15 min高效学习-讨论-重启LED-Restart模式(Learn Efficiently-Discussion-Restart Mode),进行研讨式教学,对教学内容进行设计重组,在课中教学环节,每高效学习12~15 min,安排一次讨论、测试或学生动手活动,加强与学生的互动,强化学习效果,也为后面的高效学习重启注意力而做铺垫。

经过疫情期间的网络教学,学生的喜好发生了变化。本课程教学内容多且复杂,若要引起学生的兴趣,其精髓在于“变”。只有不停地改变教学方法

和模式,才能吸引学生的注意力,将学生们拉出舒适圈,故采用多元教学方法进行补充。整体采用卓越培养7步教学法,课中联合使用LED-Restart模式、BOPPPS模式、对分课堂、翻转课堂等教学,进行启发式教学,由浅入深,循序渐进,环环相扣,并给学生留白,引导学生去思考、探究,达到学习兴趣和学习效果的双提升,达到“4C核心素养”的培养(批判性思维与问题解决、创造创新、高效清晰的沟通能力、与他人合作的能力)。教学内容上,结合工程案例教学,培养工程能力。“水污染控制工程(1)”具体教学内容和混合教学方法设计如表2所示。

表2 “水污染控制工程(1)”教学设计

Tab.2 Teaching design of water pollution control engineering (1)

教学内容		教学方法
总论	水污染的来源、现状及危害; 污水的性质与污染指标	BOPPPS
	水体自净、污水出路、污水处理基本方法与系统	翻转课堂
城市污水物理处理	沉淀理论	对分课堂
	格栅、沉砂池、沉淀池及强化改进	卓越培养7步教学法, 课中穿插采用LED-Restart模式、案例法
污水好氧生物处理—活性污泥法	原理	BOPPPS
	运行方式、生化动力学及数学模型基础、曝气理论基础	对分课堂
	污水生物脱氮除磷技术、曝气池	卓越培养7步教学法, 课中穿插采用LED-Restart模式、案例法
	曝气系统与空气扩散装置	翻转课堂
	活性污泥处理系统工艺设计	案例法

对于基本概念较多的内容,采用BOPPPS模式;对于理论性比较强且有一定难度的内容,采用对分课堂;对于较为简单且内容又多的,采用翻转课堂或对分课堂;对于应用性较强的处理单元,采用卓越培养7步教学法,并穿插采用LED-Restart模式、案例法和其他方法进行混合教学。

2.4 整合教学资源

经过教学团队的不懈努力,建设了一定的教学资源,并通过校企合作,形成线上、线下、混合教学、实践、教材和思政六位一体的“卓越水处理工程师”培养教学资源,如图5所示。

线下资源建有省级精品资源共享课程,并有多 个省级和校级教研项目进行持续改进,推动教学创

新。师生共建教学资源6库,即图形库、参数库、模型库、流程库、样品库、短视频库。如今,Bilibili、抖音及其他一些专业知识短视频是较好的资源,学生刷到了会转发给老师收集,它们既能迎合学生的心理,语言幽默风趣,又配以动画、图片、流程及插播笑点,把复杂的原理及流程简单化,娱乐玩笑间学到专业知识,可供课前、课后使用。

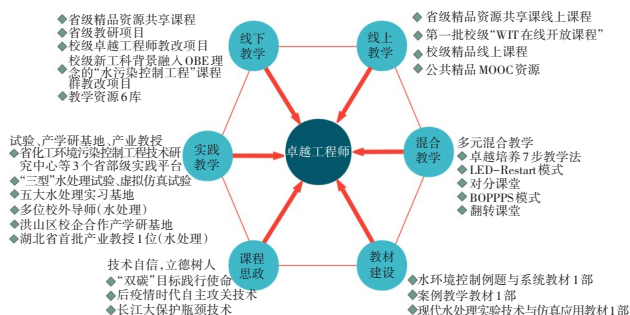


图5 六位一体“卓越水处理工程师”培养教学资源

Fig.5 Six-in-one “excellent water treatment engineer” training teaching resources

线上教学平台为优学院,建有省级精品资源共享线上课程,还可利用中国大学MOOC资源,并在不断完善微课视频库。

依托化工环境污染控制等多个省级实践平台、校企合作产学研基地、湖北省首批产业教授、五大实习基地及强化水处理实验等,加强实践能力培养。当前,化工废水处理成为行业发展瓶颈,结合本校大化工背景,实行“环化结合”,校企合作研发了“多元催化氧化工艺”“难降解有机废水处理工艺”等新技术、新工艺,并在化工废水处理项目上应用,取得了一些成效。已形成产业教授、权威专家进课堂的教学格局,强化实践能力培养,彰显行业特色。具体内容和课时安排如表3所示。

表3 专家进课堂安排

Tab.3 Arrangement of experts in class

教学环节	教学内容	专家	课时/学时	实施
污水高级氧化处理	铋系催化剂催化原理及水处理应用前景	校内化学权威教授	3	3届
化工废水处理	精细化工废水处理	产业教授	2	1届
	化工园区废水处理工程设计	企业导师	2	1届
厌氧生物处理反应器	UASB、IC反应器的设计及运营管理	企业导师	2	拟授课
	厌氧生物处理原理及黄姜皂素废水处理	校内环境工程专业权威教授	2	拟授课

下一步将完善专家授课、讲座及工程现场视频库,以供因时间冲突、疫情影响,或强化学习效果时使用。

2.5 持续改进

自2011年卓越工程师培养改革(简称卓越改革1.0)以来,先后进行了省级资源共享课程建设、线上线下联合教学、新工科背景下多学科交叉融入OBE理念的“水污染控制工程”课程群教学改革及卓越改革2.0。通过学情分析、匿名反馈、教师自我反思,结合当前专业认证新形势,反向设计,正向实施,循序渐进,持续改进,如图6所示。

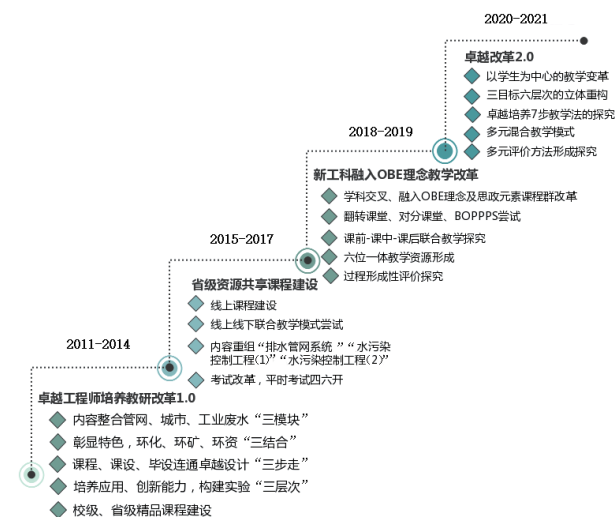


图6 教学改革创新研究持续改进

Fig.6 Continuous improvement of research on teaching reform and innovation

2.6 多元评价

学生存在重成绩获得、轻专业积累的问题。改革评价方法,增加过程评价比重,多元评价方法如表4所示。由表4可知,成绩由线上、线下平时和期末组成,平时成绩由原来的40%调至50%。其中,线上20%,保证预习、复习效果,线下平时30%,期末50%,强化过程形成性评价,加强专业知识的内化过程。给学生看往届的期末试卷,考点内容经过预习、复习及单元测试等,达到过程积累与内化。

信息技术工具先后使用了微助教、问卷星及SPOC优学院网络平台,线上、线下相结合,学情可监测、可分析、有时效。平时通过线上省级精品课程及优学院平台,学生进行自主学习,对基础知识及客观题进行测试和考核;平时线下主要对主观题、实践项目及应用能力进行测试,期末考核主要

基础知识及应用,并考评计算、应用及设计能力。总之,采用过程形成性评价与终结性评价相结合,重视过程形成性评价,加强知识积累和内化过程,加强教学效果,使课程考核更为合理。

表4 多元评价方法

Tab.4 Multivariate evaluation method %

线上评价		线下评价			
线上平时 20		线下平时 30		期末 50	
视频观看	20	手写作业 (问答、计算)	60	单选题	10
预习作业(打卡)	20	课堂互动 (测试点名、提问、投票)	10	判断题	5
复习测试(打卡)	20	课堂讨论 (拍照上传)	10	不定项选择	20
讨论发帖	20	小组任务 (项目作业)	10	填空题	10
基础知识章节测试(<15 min)	20	迷你模型制作 (处理单元、流程组合)	10	问答题	35
				综合设计题	20

2.7 融入思政元素

当今的大学生,将来是“双碳”目标的践行者。在“水污染控制工程”课程教学过程中,梳理专业知识,挖掘思政元素,融入价值目标,写进大纲和教案,在课堂教学中进行知识传授、技能培养的同时,实现价值引领。例如,讲授我国“三河三湖”治理历史,使学生树立水资源危机意识,培养专业使命和社会责任感;以复杂的渐减曝气系统计算来取得低碳运行效果,培养工匠精神;以生物处理四类微生物的分工合作实现污水高效净化为例,培养学生团队协作精神,从微生物体系的“和谐”延伸到社会的和谐;穿插一些我国环保领域专家爱国情怀的事迹,对学生进行爱岗、敬业、奉献等职业素养教育;介绍我国彭永臻教授在厌氧氨氧化低碳、减碳技术研究所取得的成果,增强技术自信和“双碳”工程设计意识;从MBBR在武汉抗疫火神山医院污水处理中的应用,引申到仅用10 d建成两座医院,用中国精神和中国力量激发学生的爱国热情,坚定理想信念;通过桑基鱼塘生态系统案例、“道法自然”的稳定塘及土地处理系统的学习,学生可树立“天、地、人、稼”和谐统一的生态文明观;介绍膜产业的发展历程及高压膜制备过程中的“卡脖子”问题,激励同学们奋发图强,科技报国;污泥园林绿化综合

利用,结合风沙防治及防护林培育等,培养“双碳”工程设计及创新意识。在知识传授中,渗透能力培养及价值塑造,达到润物无声的效果。

课程思政教育需要教师不断提高自身修养,以身立教,与时俱进,维系思政教育的生机活力。教学过程中,结合案例分析、小组讨论、问卷调查及教学创新设计等,变“单声道”灌输为“双声道”互动,加强师生情感交流,实现有共鸣、有收获、有思考,集知识、方法、德育功能于一体,达到政治、生态文明及职业素养的提升。

3 教学改革创新成效

通过“水污染控制工程”持续教学改革创新,解决了传统教学中的痛点问题,取得了显著成效。立体重构了“三目标六层次”知识结构,多途径创新教学模式丰富了课堂教学形式和内容,强化了知识内化过程和能力指标点的达成,培养了动手应用能力和工程能力,学生学习主动性增强,参与度提高,交流表达能力提升,通过思政元素的融入,培养了“双碳”思想、创新意识及工匠精神,提高了综合素养,增强了技术自信,激发了对专业的热爱,对环境保护的责任感和使命感。

创新教学模式使沉浸式学习得以发生。学生学习兴趣提高,创新意识增强,主动参与科创比赛的人数显著增加,特别是以水处理为题材的科创项目增多,比赛获奖和发表论文数量增加。“水污染控制工程”是考研主要课程,教学改革创新提升了学习效果,积累了各种教学资源,为今后课程教学奠定了良好基础。

4 结语

本教学团队紧扣教学痛点,以学生为中心,通过内容重构,自创工程设计能力培养的“卓越培养7步教学法”,采用多元混合教学模式,线上线下相结合,课前-课中-课后贯通,整合教学资源,彰显行业特色,采用多元评价进行持续改进,融入思政元素,立德树人,培育具有扎实专业技能、综合素养高的“卓越水处理工程师”。该课程为本科生课程,亦可向环境工程专业学位硕士开放,以增强工程能力培养。

参考文献:

- [1] 吴鹏,徐乐中,费忠民,等. “三注重”教学模式在《水质工程学》课程教学中的应用[J]. 中国给水排水,

- 2015, 31(22): 37-40.
- WU Peng, XU Lezhong, FEI Zhongmin, *et al.* Application of teaching mode of “three focuses” to course teaching of water quality engineering [J]. *China Water & Wastewater*, 2015, 31 (22): 37-40 (in Chinese).
- [2] 刘永德, 张杰, 万东锦, 等. 基于污泥堆肥工程实例的课堂教学模式改革[J]. *中国给水排水*, 2019, 35 (24): 21-24.
- LIU Yongde, ZHANG Jie, WAN Dongjin, *et al.* Reformation of classroom teaching mode based on sludge composting project [J]. *China Water & Wastewater*, 2019, 35(24): 21-24(in Chinese).
- [3] 刘宏远, 许四法, 杨青青. 新工科模式下《泵与泵站》教学体系的设计与思考[J]. *中国给水排水*, 2018, 34 (12): 9-13.
- LIU Hongyuan, XU Sifa, YANG Qingqing. Design and thinking of teaching system of pump and pumping station for emerging engineering education [J]. *China Water & Wastewater*, 2018, 34(12): 9-13(in Chinese).
- [4] 吴向阳, 刘宏, 李潜. 环境工程专业“水污染控制工程”课程建设[J]. *教育与职业*, 2012(5): 131-133.
- WU Xiangyang, LIU Hong, LI Qian. Curriculum construction of “water pollution control engineering” for environmental engineering specialty [J]. *Education and Vocation*, 2012(5): 131-133(in Chinese).
- [5] 陈佼, 陆一新. “课程思政”理念下的《水污染控制工程》教学改革探讨[J]. *科技创新导报*, 2019 (29): 191-193, 195.
- CHEN Jiao, LU Yixin. Discussion on the teaching reform of water pollution control project under the concept of “curriculum ideology and politics” [J]. *Science and Technology Innovation Herald*, 2019 (29): 191-193, 195(in Chinese).
- [6] 程世昆, 李子富, 张玲玲, 等. 水污染控制工程课程思政建设[J]. *中国冶金教育*, 2021(3): 91-95.
- CHENG Shikun, LI Zifu, ZHANG Lingling, *et al.* Ideological and political construction of water pollution control engineering course [J]. *China Metallurgical Education*, 2021(3): 91-95(in Chinese).
- [7] 丛俏. 《水污染控制工程》课程教学创新设计[J]. *广州化工*, 2021, 49(10): 146-149.
- CONG Qiao. Innovative teaching design of water pollution control engineering [J]. *Guangzhou Chemical Industry*, 2021, 49(10): 146-149(in Chinese).
- [8] 李怡, 李桂贤, 余韬. 基于工程实践能力的《水污染控制工程》教学创新改革[J]. *广东化工*, 2021, 48 (18): 241-243.
- LI Yi, LI Guixian, YU Tao. Teaching innovation and reform of water pollution control engineering based on engineering practice ability [J]. *Guangdong Chemical Industry*, 2021, 48(18): 241-243(in Chinese).
- 作者简介: 明银安(1975-), 女, 湖南岳阳人, 博士, 副教授, 研究方向为污水处理及污泥资源化。
- E-mail: myafxdfy@163.com
- 收稿日期: 2022-05-29
- 修回日期: 2022-06-16

(编辑: 丁彩娟)

积极践行人与自然和谐共生理念
全面加强水生态文明建设