

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2021.05.014

欢迎按以下格式引用:赵志伟,李莉,向平,等.新工科背景下水质工程学课程教学创新设计与实践[J].高等建筑教育,2021,30(5):100-106.

# 新工科背景下水质工程学课程 教学创新设计与实践

赵志伟,李莉,向平,古励,蒋琰,曹知平,曾洁,蒋绍阶

(重庆大学 环境与生态学院,重庆 400045)

**摘要:**新工科建设对专业人才的培养提出了全新的挑战。水质工程学作为给排水科学与工程专业的传统核心主干课程,理论性和实践性并重,涉及的专业知识广泛、综合性强等特点,需要聚焦新工科内涵和国家重大需求改革创新课程。针对传统教学中存在的问题,本着以学生为中心,围绕“知识探索、能力建设、价值引领”设计的多层次教学目标,根据行业最新发展更新教学内容,多维教学目标设计教学活动,推行教师引导和陪伴式的自主学习模式。通过教学环节顺序的调整与教学组织的融合创新,运用兴趣实验导入、案例解析、课堂辩论、翻转课堂等多种课堂形式,辅助新型信息技术,强化课程思政实现价值引领,构建全周期系统性评价体系,在教学实践中取得较好的效果。

**关键词:**新工科;教学创新设计;教学改革;课堂教学;水质工程学

**中图分类号:**G642.0

**文献标志码:**A

**文章编号:**1005-2909(2021)05-0100-07

为适应新一轮产业变革与科技革命的迅猛发展,2017年起教育部提出重大教育改革行动<sup>[1-2]</sup>,积极推进新工科建设,拓展工程教育改革新思路和新路径,助力高等教育的创新发展<sup>[3-4]</sup>,奏响了新工科人才培养的主旋律,标志着我国工程教育翻开了新工科建设的新篇章<sup>[5]</sup>。2018年《关于狠抓新时代全国高等学校本科教育工作会议精神落实的通知》明确要求严格本科教育教学过程管理,同时要求各高校全面梳理各门课程的教学内容。新工科的课堂变革和教学创新,需让课程具有高阶性、创新性和挑战性,培养素质全面并具有创新精神和实践能力的复合型人才<sup>[6]</sup>。

水质工程学包括给水处理和污水处理两大部分,是给排水科学与工程专业核心主干课程。水质工程学课程内容较多,概念抽象,对学生在化学、流体力学、微生物学以及数学等方面的基础要求较高。该课程具有知识系统较为紧密、理论性和实践性并重、涉及的学科基础知识较多、学科交叉广泛、工程技术手段更新快等教学困难和特点。教学要面临引导学生学习复杂工程系统的原理和

修回日期:2021-06-28

**基金项目:**重庆市教改项目重点项目“基于国家重大科技项目的生态环境类拔尖创新人才培养模式研究与实践”(182064);重庆市教育教  
学改革研究项目重点项目“市政工程+人工智能学科方向专业硕士培养的研究与实践”(yjg192002)

**作者简介:**赵志伟(1976—),男,重庆大学环境与生态学院教授,工学博士,主要从事给水处理、水质保障研究,(E-mail)hit\_zzw@163.com。

应用理论知识点解决问题能力等挑战,传统教学模式依托于课本知识,以书本知识逻辑为中心<sup>[7]</sup>。新工科背景下应以学生为中心,课程改革创新需符合“两性一度”的要求,注重教学知识—能力—素质的有机融合,培养学生解决复杂问题的综合能力和创新思维;课程内容则要反映前沿性和时代性,教学形式呈现先进性和互动性,课程难度对老师备课和学生课下提出了较高要求<sup>[8]</sup>。

聚焦新工科内涵、国家重大需求和国际学术前沿,如何解决传统教学中的学生学习兴趣不高、自主思考和动手创新能力差、解决复杂工程技术问题的能力不足及质量评价体系单一等问题,通过水质工程学课程教学内容和教学过程与方法的改革创新,对培养具有适应“新工科”教育背景的专业复合型人才具有重要的价值和意义。

## 一、课程的定位与内容

水是生命之源、生产之要、生态之基,是社会经济可持续发展的重要支撑因素,是综合国力的重要组成部分<sup>[9]</sup>。市政与环境类专业对缓解水危机和建设生态文明负有重要历史责任,而水质工程学所传授的知识主要解决水社会循环中的水质问题,是重要的专业课和必修课<sup>[10]</sup>。

该课程主要包括给水处理和排水处理两部分,共 112 学时,实验部分 20 学时。课程的主要任务是使学生全面系统地了解水的性质、水质特征与水质指标等基本概念与理论,较扎实地掌握给水、污水处理技术的基本概念、基本理论、基本计算方法及其应用与发展状况;基本掌握各种给水、污水处理地工程技术与方法、应用条件以及新工艺与新技术,为将来从事水工业和水环境相关的工程设计、科研、规划及运行管理等工作奠定理论和应用基础,培养学生具有设计、计算水质工程中的各种构筑物、工艺系统的初步能力。

## 二、课程教学目前存在的问题

传统水质工程学课程教学以“教”为组织中心,教学方法以线下课堂授课为主,难以满足“新工科”背景下社会、行业和时代的发展需求。

教学过程中存在以下痛点问题:一是传统理论以“教”为主,学生自主学习兴趣不高。教师“满堂灌”、学生“满堂听”的传统教学方式下,学习为知识学习而疏远探索研究,加上缺乏学习目标和兴趣,学生往往被动接受知识,缺乏独立自学能力。二是信息化手段缺乏,知识探索难度大。该课程讲授的是水中物质迁移转化、生物化学的过程,涉及水下的管路系统、设备设施,在现有实习模式下,学生难以观察各构筑物的内部结构,无法理解和掌握单元系统的逻辑关联性,无法了解构造原理与理论知识点,更无法利用理论知识解决实际问题。三是教学单元割裂,学生理论结合实际能力不足。现有的教学方式按照理论—实验—设计的先后时间与教师分工进行分割,学生在学习理论时难以理解应用方向,在解决实际问题时又难以找到理论结合点,在面对复杂工程技术问题时显得能力不足。四是课程考核单一,对综合能力培养有待加强。传统的“一卷定成绩”的考评方式,难以满足新工科要求下对学生的能力培养要求和考核评价,针对当前单一的、片面的、静态的评价方式,学生的对策就是“死记硬背”,而学生的综合能力没有得到有效锻炼,不利于学生素质能力的全面培养。

## 三、课程教学改革与创新

水质工程学作为给排水科学与工程专业的核心专业课程,对其教学内容、教学组织和教学方法

的持续改革,是专业学科建设的重要内容。教学团队设计多层次教学目标、丰富教学内容、创新教学过程与教学方法、改革教学评价体系,充分贯彻新工科“两性一度”的新要求。

### (一) 设计多层次教学目标

在充分调研和认识当前课程建设和教学中存在不足的基础上,通过课程思政挖掘融合、课程知识体系重构、教学组织和教学评价多样化改革,探索符合新工科内涵和外延的水质工程学教学体系,为培养新时代卓越人才提供支撑。本课程教学以学生为中心,以培养适应和引领未来的高素质创新型人才为导向,对标工程教育认证,在教学中围绕“知识探索、能力建设、价值引领”进行了一系列创新改革。

#### 1. 围绕“知识探索”

以水处理单元技术为主线,突出工艺理论,聚焦工艺设计原理和优选,兼顾核心参数的设计和计算,掌握水处理技术的基本原理、设计方法、城镇水厂运行维护管理等理论知识;探索污染物在工艺单元中的迁移规律、去除机制及效能;探究新技术、新工艺、新设备、新案例。

#### 2. 围绕“能力建设”

通过虚拟仿真、实验实践、课程设计、现场实习等环节,培养学生创新意识和工程素养,以及从事水工业及水环境相关的工程设计、科研、规划及运行管理能力,能应用现代技术手段解决复杂工程技术问题,和良好的沟通交流、团队合作和终身学习能力等。

#### 3. 围绕“价值引领”

在课程各个环节中,明确专业知识传播与核心价值引领并重的育人职责,明确水处理行业的重要性和历史使命,强调应有的职业道德和社会责任及绿色发展理念,培养学生的社会责任和历史使命感。

### (二) 更新教学内容

#### 1. 结合行业最新发展,更新教学内容

社会经济和科技发展不断催生新的需求,带来新的需求导向,水质工程学教学内容也需根据国家建设发展战略做出调整。近年来,国家大力开展海绵城市、智慧城市、黑臭水体治理、微污染水处理、污泥处理、饮用水安全保障等社会持续性发展方面的建设,新的科研成果、工程技术、信息技术不断涌现与应用,行业标准规范快速更新修订,对传统给排水工程系统设计研究方法提出了新需求、新挑战。适时引入最新国家、行业标准/规范、“四新”技术,以及低影响开发(海绵城市建设)、饮用水安全保障等国家和社会热点需求技术,将教师承担的国家科研项目的成果转化为优质教学资源,在教学中注意把这些内容融入其中,反映行业技术发展的最新成果,优化现有知识板块,注意相关内容的整合、知识点之间的衔接。

#### 2. 以学生为中心,有机结合仿真—实验—理论—设计内容

为克服以往传统专业课学生兴趣不高、处理构筑物不能具象、学生难以理解等问题,根据不同教学板块特征,在专业知识教学上集虚拟仿真—实验操作—理论学习—设计应用于一线;在能力培养上把相关课程内容及实践模式结合起来,注重实验课程教学设计能力培养设置,实施全程实践化;在工程素养中融工程技术、技术法规、工程经济等于一体,把安全、环境、规划、管理、创新意识培养贯穿于整个教学过程中,使课堂讲授、信息平台、实验实践、工程设计相衔接,构成新的课程教学内容。通过调整教学顺序提高学生学习的主动性,培养学生的学习能力和团队合作能力,让学生在学

习过程中真正动起来,完成从知识学习到能力生成的转化。

### 3. 课程思政化,强化价值引领内容

新工科建设对课程思政提出了新要求,在水质工程学课程教学过程中充分挖掘和融合思政元素,将政治教育融入育人全过程,分层次、讲方法、求实效地开展课程思政。在教学过程中通过理清水处理技术的社会作用、讲够其发展成就、讲明我国的水情特征和讲透与先进水平的差距等,把家国情怀有机融入课程教学,培养学生专业的责任感、国家的认同感、时代的使命感,使学生把爱国情怀、强国志、报国行自觉融入在坚持和发展中国特色社会主义事业、建设社会主义现代化强国、实现中华民族伟大复兴的奋斗之中<sup>[11]</sup>。

### (三) 创新教学过程与教学方法

通过合理运用多种教学方法,创新教学过程,激发学生学习的积极性和主动性,有效培养学生的创新能力和综合素质。

#### 1. 设计多维教学活动

针对知识探索、能力建设和价值引领的教学目标(图1),初阶重在唤醒兴趣与知识体系构建,学生课前预习雨课堂中发布的讲义和难点,线下课堂以兴趣实验导入,引发学生探究式学习。结合理论知识剖析试验现象,进行知识讲解,强化知识点记忆。中阶强调自主学习与同伴学习,学生进行案例背景分析、沉浸体验虚拟仿真项目、分组讨论辩论工程/科研方案等完成深度学习。高阶目标在于实现人格养成与价值引领。教师发布学术热点、前沿、争议问题和工程设计、科学研究任务,学生团队合作完成工程设计图纸和科研问题研究报告,翻转课堂进行作品展示,学生互评、教师点评,最后讨论反思持续改进计划。

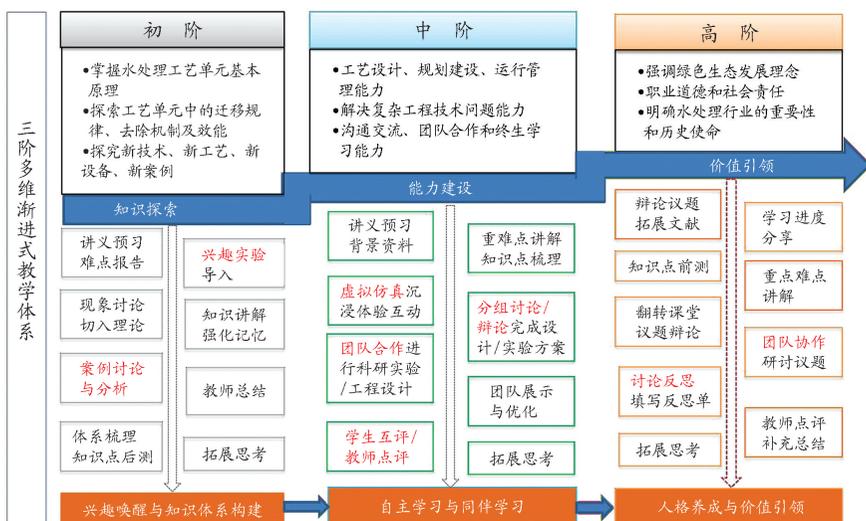


图1 三阶多维教学体系

#### 2. 改变教学模式

倡导在教师引导下以学生为中心的教学模式。教师的主要作用:激发学生学习兴趣,帮助学生学业需求转化成学习动机;组织协作学习,开展讨论与交流,并对学习过程进行引导;启发和引导学生自己去发现规律,主动去纠正片面或错误的认识。基于此,水质工程学课程设计的全周期教学活动以“学生为中心”,形成教师引导和陪伴式自主学习模式。课前预习重在提出问题,教师陪伴与引导自主学习与辩证思考;课堂教学强调参与互动,兴趣实验特色案例唤醒兴趣,构建知识体系,科研

问题与工程设计任务引导深度学习激发创新能力;课后作业结合实际问题注重能力拓展,教师陪伴讨论,以激发学生发散性思维能力。

### 3. 创新教学组织

以兴趣实验介入,将虚拟仿真贯穿于理论课堂和设计教学中,将工程案例与议题辩论融入全周期教学环节,带着理论学习问题回到实验室进行求证探索,通过教学活动顺序的调整与融合,引起学生对问题的探究激情,使其快速进入积极的思维状态,并展开有效探究活动,从而调动学生的学习主动性。学生自主设计工程和实验研究方案,培养学生阅读、归纳文献、演绎方案、逻辑分析和组织的能力。课后,学生自主对方案实施计划与进度管理,每周对学习和协作活动进行认知、监控和反思,实现自我觉察、自我批评和自我调节,培养创新能力和提高自我挑战度。教学环节的高度融合使学生在学习过程中真正“动”起来,实现从学科知识到实践能力的转化。

### 4. 运用多种课堂形式

根据水质工程学工艺理论知识探索培养要求,将混凝、沉淀、过滤、吸附、活性污泥镜检、充氧曝气等兴趣实验搬进课堂,唤醒学生以理论知识解析实验现场的兴趣,构建学生丰富的知识体系;根据学生创新意识培养、实践能力和工程素养的能力建设要求,将虚拟仿真、综合实验项目、案例解析以翻转课堂形式进行讨论,应用知识解析问题,实现能力建设。围绕社会责任和历史使命感的价值引领要求,引入学派观点、水污染防治问题辩论等课堂形式,明确水处理行业的重要性和历史使命,强化价值引领。

### 5. 辅助新型信息技术

在全周期教学活动中,利用雨课堂等新型的信息技术手段提升教学效率,掌握学生情况。初阶课前预习时,利用雨课堂发布讲义和难点报告;中阶利用雨课堂发布案例资料和虚拟仿真项目资料;高阶时,在雨课堂以及校教务平台上发布工程和科研议题,并在关键点进行知识点前测或后测,掌握学生学习进度。

团队在校级平台建设了水处理虚拟仿真平台(包括大型水厂3D实景虚拟现实仿真软件1套、水质分析软件4套、给排水水处理过程3D仿真操作软件4套),并利用国家虚拟项目共享平台的仿真项目(水处理混凝过程虚拟仿真、城市地表水水源水质深度净化工艺)以及软件开发公司共享的资源进行全景实景实践,沉浸于“厂长”的角色进行日常运行和生产故障的全过程调控,加强学生对设施内部构造的理解和水处理全局系统性的认识,强化学生的工程意识。

## (四) 改革教学评价体系

将教学目标分解到每节课(图2),反向设计教学活动,根据初阶、中阶到高阶教学目标设计考核评价方式,线上课前预期及前测、兴趣实验、案例分析互动参与、讨论辩论与展示、虚拟仿真实验、科研实验与工程设计任务以及知识点后测与反思等教学任务,分别细化为线下考试(60%)、线上考核(20%)、课堂互动(10%)和团队协作(10%)四大板块,各板块根据任务再细化占比。为了量化评价高阶能力,根据学习态度、创新能力、技术水平、实践能力以及成果质量制定的详细评价量规(图3),依次开展全周期系统性教学评价。

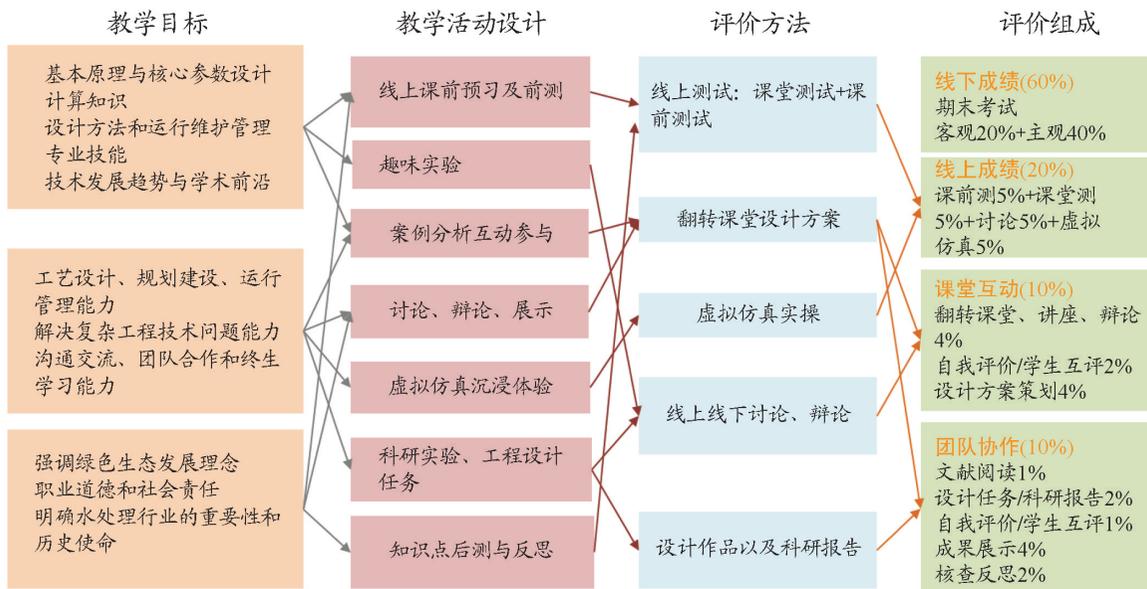


图2 评价体系构成

项目	分值	优秀(100 > x ≥ 90)	良好(90 > x ≥ 80)	中等(80 > x ≥ 70)	及格(70 > x ≥ 60)	不及格(x < 60)	
		评定标准	评定标准	评定标准	评定标准	评定标准	
评价量规	学习态度	15	学习态度认真, 科学作风严谨, 严格保证工作时间并按任务规定的进度开展各项工作	学习态度比较认真, 科学作风良好, 能按期圆满完成规定的任务	学习态度尚好, 遵守组织纪律, 基本保证工作时间, 按期完成各项工作; 积极参与讨论	学习态度尚可, 能遵守组织纪律, 能按期完成任务	学习马虎, 纪律涣散, 工作作风不严谨, 不能保证工作时间和进度
	创新	15	有重大改进或独特见解, 有一定实用价值	有较大改进或新颖的见解, 实用性尚可	有一定改进或新的见解	有一定见解	观念陈旧
	技术水平与实践能力	20	方案设计合理、理论分析与计算正确; 实验数据准确, 有很强的实际动手能力或经济分析能力和计算机应用能力; 文献查阅能力强, 引用合理、调查调研非常合理、可信; 团队协作能力强	方案设计合理、理论分析与计算正确; 实验数据比较准确, 有较强的实际动手能力或经济分析能力和计算机应用能力; 文献引用、调查调研比较合理、可信; 团队协作能力较强	方案设计合理, 理论分析与计算基本正确; 实验数据比较准确, 有一定的实际动手能力; 主要文献引用、调查调研比较可信; 团队协作能力一般	方案设计基本合理, 理论分析与计算无大错; 实验数据无大错; 团队协作能力尚可	方案设计不合理, 理论分析与计算有原则错误; 实验数据不可靠, 实际动手能力差; 文献引用、调查调研有较大的问题; 团队协作能力差
	成果质量	50	结构严谨, 逻辑性强, 层次清晰; 文字流畅; 图纸非常工整、清晰; 表达非常准确、自信、流畅, 具有正确的价值观	结构合理, 符合逻辑, 层次分明; 文字流畅; 图纸工整、清晰; 表达准确、自信、流畅, 具有正确的价值观	结构合理, 层次较为分明; 文理通顺; 图纸比较工整、清晰; 表达较准确、自信、流畅, 具有一定的价值观	结构基本合理, 逻辑基本清楚; 文字尚通顺; 图纸比较工整; 表达基本准确、自信、流畅, 具有一定的价值观	内容空泛, 结构混乱; 文字表达不清; 图纸不工整或不清晰; 表达不准确、自信、流畅, 价值观不清楚

图3 评价量规

### (五) 教学实践效果

水质工程学课程教学创新模式在实践应用中得到了多数学生的认可, 使得传统课程焕发新生机, 学生学习兴趣高涨, 成为课堂出勤率最高的课程之一, 课程教学评价排名前列。一方面, 在该模式的探索中, 学生的创新实践能力明显提升, 在各类实践能力比赛、科技创新大赛中取得佳绩; 另一方面, 教学团队勤耕讲坛, 通过创新模式的磨练, 教学团队的教学能力显著提升, 发表教改论文、承担教改项目、获教学成果奖等。

## 四、结语

聚焦新工科内涵和国家重大需求,水质工程学作为给排水科学与工程专业的核心主干课程,需要不断了解学情,落实以学生为中心的理念,进行课程改革创新,培养新时代卓越人才。通过分析传统教学中存在的问题,以学生为中心,以培养适应和引领未来的高素质创新型人才为导向,对标工程教育认证要求,围绕“知识探索、能力建设、价值引领”,构建多层次教学目标,进行教学模式、课堂教学方法、教学活动组织、新型信息技术应用、课程思政融入以及教学评价等方面的改革创新。通过实践应用取得了一定的成效,使水质工程学传统课程焕发新生机。

### 参考文献:

- [1]李聪波,林利红,汤宝平,等. 新工科建设背景下机械制造技术基础课程建设探索[J]. 高等建筑教育, 2020, 29(2): 23-28.
- [2]王荣德,王培良,王智群,等. 应用型高校工程实践与创新能力培养模式探索[J]. 中国高校科技, 2019(10): 59-62.
- [3]林健. 新工科建设:强势打造“卓越计划”升级版[J]. 高等工程教育研究, 2017(3): 7-14.
- [4]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.
- [5]冯兴,李汝宁,马琳. 新工科背景下机场建设项目管理与施工技术课程教学改革[J]. 高等建筑教育, 2020, 29(2): 16-22.
- [6]罗敏,张培志,陆金波. 控制理论体系课程的课堂革命与教学创新[J]. 教育现代化, 2020, 7(44): 56-59.
- [7]董明,黄民德. “自动控制原理”课程教学改革与创新实践[J]. 中国电力教育, 2010(30): 113-114.
- [8]赵昕. 新工科背景下环境生态工程专业“金课”建设的研究[J]. 教育教学论坛, 2020, 3(12): 293-294.
- [9]陈雷. 保护好生命之源、生产之要、生态之基——落实最严格水资源管理制度[J]. 求是, 2012(14): 38-40.
- [10]梁恒,李伟光,马军,李圭白. 新工科背景下《水质工程学》课程建设思考[J]. 给水排水, 2020, 46(11): 143-146.
- [11]张智,蒲清平,向平,等. 给排水科学与工程专业家国情怀教育的思考[J]. 给水排水, 2020, 56(10): 150-154.

## Teaching reform and practice of water quality engineering course under the background of emerging engineering education

ZHAO Zhiwei, LI Li, XIANG Ping, GU Li, JIANG Yan, CAO Zhiping, ZENG Jie, JIANG Shaojie  
(College of Environment and Ecology, Chongqing University, Chongqing 400045, P. R. China)

**Abstract:** Emerging engineering education is posing new challenges to the cultivation of professional talents. As the traditional core course of water supply and drainage science and engineering, the course of water quality engineering is both theoretical and practical, involving a wide range of professional knowledge and is comprehensive. It is necessary to focus on the connotation of emerging engineering and national major needs, and to reform and innovate the course. Aiming at the problems existing in traditional teaching, based on the student-centered approach, we design the multi-level teaching objectives according to “knowledge exploration, capacity building, and value guidance”, update the teaching contents in line with the latest developments in the industry, design teaching activities based on the multi-dimensional teaching objectives, and carry out teacher-guided and accompany-style autonomous learning mode. We innovate teaching organization through the adjustment and integration of the sequence of teaching links, and use various classroom forms such as interest experiment introduction, case analysis, classroom debate, flipped classroom, etc., assisted with new information technology, to achieve value guidance by intensifying curriculum-based ideological and political education, and to build a full-cycle systematic evaluation system.

**Key words:** emerging engineering education; teaching innovation design; teaching reform; classroom teaching; water quality engineering