

# 虚拟仿真实验课程思政建设研究 ——以《高浓度食品废水资源化设计与运行调试》为例

袁怡, 查晓, 顾晓丹, 李祥

苏州科技大学 环境科学与工程学院, 江苏 苏州 215009

DOI: 10.61369/SDME.2025260033

**摘 要 :** 从新工科视角, 以学生发展为中心、课程目标为导向, 将科研成果与企业需求引入课程。契合国家“双碳”目标, 以高浓度食品废水资源化设计与运行调试实验为例, 从实验的引入、教学设计、教学实施、评估反馈等环节, 搭建虚拟仿真实训平台。通过线上虚拟仿真与线下实践相结合、课内课外结合、实验教学与大学生创新创业活动结合, 促进学生深度学习、创新能力培养及价值观塑造, 打造新工科专业综合设计实验教学的新形态。

**关 键 词 :** 新工科; 虚拟仿真实验; 课程思政; 混合教学

## Research on the Curriculum Ideological and Political Construction of Virtual Simulation Experiments: A Case Study of "Design and Operation and Commissioning of High-concentration Food Wastewater Recycling"

Yuan Yi, Zha Xiao, Gu Xiaodan, Li Xiang

School of Environmental Science and Engineering, Suzhou University of Science and Technology, Suzhou, Jiangsu 215009

**Abstract :** From the perspective of new engineering, with student development as the center and curriculum objectives as the guidance, introduce scientific research results and enterprise needs into the curriculum. In line with the national "double carbon" goal, taking the design, operation and commissioning experiment of high-concentration food wastewater recycling as an example, a virtual simulation training platform is built from the introduction of experiments, curriculum design, teaching implementation, evaluation and feedback, etc. Through the combination of online virtual simulation and offline practice, the combination of in-class and extracurricular activities, experimental teaching and college students' innovation and entrepreneurship activities, we will promote students' in-depth learning, innovation ability cultivation and value shaping, and create a new form of comprehensive design experimental teaching for new engineering.

**Keywords :** new engineering; virtual simulation experiments; curriculum ideological and political education; hybrid teaching and learning

## 引言

我国于2016年成为《华盛顿协议》的正式成员, 工程教育的核心理念是“以学生为中心, 以结果为导向”, 持续改进, 以保证培养高质量的工程教育人才。教育部2017年4月正式提出了“新工科”的概念, 要求统筹考虑“新的工科专业、工科的新要求”, 推动现有工科交叉复合, 孕育形成新兴交叉学科专业<sup>[1]</sup>。目前, 教育部大力推进产教融合、科教融汇, 强化课程思政, 助力社会主义核心价值观的新工科人才培养<sup>[2]</sup>。

党的十八大以来, 生态文明建设已成为“五位一体”总体布局和“四个全面”战略布局的重要内容。《中共中央国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》(中发[2021]36号), 进一步要求以能源绿色低碳发展是关键, 坚定不移走生态优先、绿色低碳的高质量发展道路, 确保如期实现碳达峰、碳中和<sup>[3]</sup>。《中共中央国务院关于全面加强生态环境保护、坚决打好污染防治攻坚战的意见》则明确污染防治攻坚战时间紧、任务重、难度大<sup>[4]</sup>, 急需培养有责任担当的优秀环境保护技术人才。

苏州科技大学的环境工程专业, 以服务地方生态文明建设为己任, 建立了四个毕业出口的培养模块<sup>[5]</sup>。水污染控制工程是我专业的

\* 研究项目: 中国教育建设协会教育学科科研课题(2021158), 江苏省高等教育教学改革研究立项课题(2021JSJG210), 苏州科技大学校级品牌课程(虚拟仿真)(202219)。  
作者简介: 袁怡(1977.02—), 女, 市政工程/博士, 副教授/系主任。研究方向: 污染控制与资源化理论与技术。电子邮箱: yiyuansuzhou@163.com。

特色方向,《水污染控制工程》及其课程群为专业教育和集中实践课的49.2%,是专业学科发展和学生毕业能力培养的重要支撑<sup>[6]</sup>。随着污/废水处理设施建设的日益完备,其高质量的运维成为迫切需要解决的问题。高浓度有机废水通常来源于化工、制药、食品加工等行业,污染物浓度高、成分复杂,环境风险高,其首选处理工艺为厌氧生物处理工艺,将有机污染物高效经济地转化为可利用的能源气体甲烷,大大降低污水处理的碳排放强度,提高资源利用效率<sup>[7]</sup>。IC反应器作为第三代厌氧生物处理设备,在相同的处理效率下,容积负荷高出第二代厌氧生物处理设备UASB反应器3倍左右,体积大约相当于普通反应器的1/4~1/3,大大降低了反应器的基建投资;具有重要的社会和经济效益<sup>[8]</sup>。但IC反应器运行有以下几个问题:1)厌氧微生物的增殖非常缓慢,反应器往往启动时间长达3个月以上;2)厌氧微生物易受有机冲击负荷、温度冲击、停车启动、维修等非正常工况的干扰,导致反应器失稳酸化、产甲烷过程受阻,造成出水有机物不稳定达标;3)失效后的反应器需要非常漫长耗时的重新启动,甚至几个月内都无法恢复有机物的去除效能,对企业造成减产甚至停产的后果<sup>[9]</sup>。因此持续提高运维人员对IC工艺的运维水平非常关键。

依托江苏省环境与市政工程实验实训中心的数十套废水生物处理中试设备,学生的废水处理设施运维训练有了硬件保障。但生物处理装置启动和运维费时、耗能、不稳定等情况,制约了学生的实训效果。虚拟仿真实验是训练学生工程实践能力的有效途径之一<sup>[10]</sup>。因此,由环境工程专业牵头,联合苏科大环境生物技术研究、专业老师创办的上市公司、网络科技企业等,基于专业教师的社会服务项目—安徽某公司以淀粉为原料的高浓度有机含氮废水处理工程技改<sup>[11]</sup>,科教融汇、产教融合,联合开发《高浓度食品废水资源化设计与运行调试虚拟仿真实验》,以期为高质量的厌氧生物处理设施调试与运维人员培养提供抓手。

## 一、《高浓度食品废水资源化设计与运行调试虚拟仿真实验》实施策略

### (一) 实验设计

本实验坚持以习近平生态文明思想为指导,强调污染防治的资源化理念,突出微生物学、化学工程与环境工程的多学科交叉,组建了产学研项目建设团队,将学术成果前沿与企业需求引入课程,推动理论知识与实际应用的紧密结合(见图1)。教学内容设计了认知模块、反应器工艺及传质构造设计、厌氧生物反应器运行调试等跨学科的三个模块,实现高浓度食品废水IC资源化处理工艺的研发全流程培训。

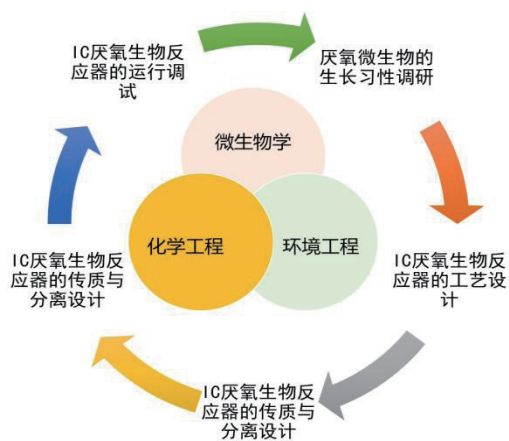


图1 多学科交叉、多技术集成实验设计思路图

#### 1. 认知模块

(1) 学习厌氧发酵和各代厌氧生物反应器的原理,掌握IC反应器的结构和工作原理。

(2) 通过学习某公司以淀粉为原料的高浓度有机含氮废水技改项目,熟悉高浓度食品废水资源化设计与调试运行步骤。

#### 2. 高浓度食品废水处理的IC设计模块

(1) 要求学生通过文献调研,设定个性化的废水水量和水

质,筛选合适的设计参数取值。

(2) 采用交互式IC反应器的设计过程,依次选取正确的计算公式,掌握IC反应器的工艺设计和构造设计能力。

(3) 掌握应对IC调试、事故等非正常工况运行的对应构造设计能力,如设置出水外回流系统,解决因产气不多导致的污水内回流量不足的问题。

#### 3. 高浓度食品废水处理的IC运行调试模块

(1) 根据调研的食品废水IC反应器调试运行参数要求和启动策略,对由模块二获得的IC反应器,制定相应的运行调试实验方案,并逐步使IC反应器满负荷运行。

(2) 掌握应对非正常工况的工艺调控措施,培养学生分析和解决IC厌氧生物处理问题的创新意识和创新实验设计能力。

(3) 掌握IC厌氧生物处理性能测定的实验方法,培养学生对IC厌氧生物处理实验数据整理和实验结果合理分析的能力。

### (二) 教学方法

实验主要包括“预习—原理学习—分组讨论—在线考核—实操训练—实验报告”五个教学环节。学生可在自有电脑、机房、交互式VR教学创新实践中心学习。

以学习为中心,采用了“学生为主导、教师为引导”的多元教学方法,开展“项目探究—虚实结合—过程体验—自主协同”的四维一体的教学过程,实施“全过程、自主式、个性化”的实验方法,实现学生自主学习、合作学习和探究性学习,培养学生实践能力和创新能力。

#### (1) 项目探究

在我国双碳发展的背景下,如何提高有机污染物的资源化是非常重要的议题。学生组成团队,通过文献调查与讨论,掌握IC反应器的结构和工作原理,归纳分析IC处理高浓度食品废水的设计参数取值范围,熟悉IC反应器的设计流程,调研食品废水IC反应器调试的运行参数要求和启动策略。

#### (2) 虚实结合

推动实验课程与科研活动和大学生创新创业活动相结合,推

动实验教学与课程思政结合,形成课内课外互补的实验教学“双通道”模式。学生课前在虚拟仿真实验平台进行自主学习,可以熟悉实验内容以及实验相关的理论知识;观看实验视频和在线操作,可以熟悉实验操作步骤,从而减少实验失误。在线下进行交流和讨论,教师针对性的指导和答疑,学生在线上参加理论考核,帮助学生掌握知识并利用知识解决实际问题。

(3) 个性化过程体验

本实验提供了不同处理规模和水质的高浓度食品废水资源化处理的设计框架,学生可以进行个性化的工程设计与运行调试。通过角色扮演,可使学生依次体验作为“工艺设计师”、“构造设计师”、“运维工程师”的角色,开展 IC 反应器工艺设计、传质构造设计和运行调试工作,从不同维度领悟 IC 反应器的原理,全视角的掌握 IC 反应器设计与运维,从而具备利用综合性知识和协作能力来解决环境问题的能力。

(4) 自主协同

本项目运用情境教育法的基本理念,实现对食品废水高浓度有机物污染物资源化工艺设计与调试的全过程情景再造,建立 IC 反应器设计与调试的沉浸式学习场景。学生在做虚拟仿真实验过程中,可以与同学讨论、无限次通关实验,帮助学生全面掌握食品废水有机物资源化的技术与工艺。

(三) 考核体系

项目建立了以能力评价为核心的全系统考核体系,见图2。学生在项目完成过程中涉及工艺原理与运行策略调研、工程设计和工艺调试三个层次,得到课程考核、工程设计计算书、工艺调试运行报告三份成果。在学习效果考核上,通过考察学生在软件中的操作以及实验报告,综合考察学生的基础理论、设计计算能力、基本操作技能、工程应用能力、事故应急反应能力等相关能力,全面考核和评价学生的基本理论和工程技能。通过反馈和纠错机制,不断提高学生工程应用和创新能力。

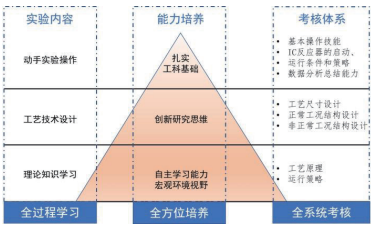


图2 实验项目全系统考核设计图

二、《高浓度食品废水资源化设计与运行调试虚拟仿真实验》实施成效

本项目为苏州科技大学和苏州科技大学天平学院的环境工程和给排水科学与工程专业学生开放了三年,已服务过本校学生431人,外校学生345人。学生实践创新力得到显著提升,近5年获国家节能减排大赛一等奖、江苏省“互联网+”大学生创新创业大赛二等奖等各类学科竞赛奖项20多项;本专业升学比例由2017年的21%,连续三年提升至30%以上;毕业生88%以上在长三角地区工作,已为地方输送4000多名环保技术人才。2019级环工专业学生是首批收益于该实验项目的学生之一,升学率近45%,获得显著成效。

三、结语

通过个性化的废水水质和水量,实现个性化的 IC 反应器设计并进行运行调试,可使学生掌握 IC 反应器的设计与调试方法,分析突发事件的原因并加以解决,培养学生应对非正常工况应急能力。项目能为学生、广大一线环保运维人员和环保公司的运行调试人员提供技术培训,竖立社会绿色发展宗旨,有效提升我国 IC 反应器运维水平,为我国的生态文明建设提供保障。

参考文献

[1] 钟登华. 新工科建设的内涵与行动 [J]. 高等工程教育研究, 2017, (1): 1-6.  
[2] 习近平. 加快建设教育强国, 为中华民族伟大复兴提供有力支撑, 中央政治局第五次集体学习, 2023.5.26, [https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202305/content\\_6883632.htm](https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202305/content_6883632.htm).  
[3] 《中共中央国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》(中发[2021]36号) [https://www.gov.cn/zhengce/2021-10/24/content\\_5644613.htm?eqid=e09ef2710030e3ba0000000364573d6f](https://www.gov.cn/zhengce/2021-10/24/content_5644613.htm?eqid=e09ef2710030e3ba0000000364573d6f).  
[4] 《中共中央国务院关于全面加强生态环境保护、坚决打好污染防治攻坚战的意见》2018.6.16 <https://www.chinacourt.org/article/detail/2018/06/id/3367784.shtml>.  
[5] 袁怡, 李勇, 吴友谊, 等. 多维共建提升地方院校环境人才实践创新能力 [J]. 教育教学论坛, 2021, 12(22): 161-164.  
[6] 陈重军, 潘杨, 顾晓丹, 等. 苏州科技大学水污染控制工程课程群建设与实践 [J]. 中国给水排水, 2023, 39(16): 51-55.  
[7] 王灿梅, 庞富, 魏群. 制糖废水处理技术及其资源化研究进展 [J]. 山东化工, 2025, 54(06): 228-231.  
[8] 王祥清, 孙自谦, 周新宇, 等. 氨基酸废水生物处理工程实例 [J]. 现代化工, 2019, 39(02): 195-198.  
[9] 管锡碧, 仇模凯, 张明辉, 等. IC 反应器处理水果罐头废水发生酸化及恢复措施 [J]. 中国给水排水, 2019, 35(05): 78-81+87.  
[10] 周威, 何苗, 任小明, 等. 虚拟仿真技术在高校工程实践教学中的探索与应用 [J]. 创新教育研究, 2025, 10(1): 154-159.  
[11] 夏子翔, 李祥, 黄勇, 等. 氨基酸废水处理工艺脱氮效能提升工程改造 [J]. 水处理技术, 2022, 48(01): 141-146.