

doi: 10.3969/j.issn.1671-9247.2023.03.015

# 虚拟仿真在固体废物处理与处置 实验课程中的应用与探索

殷国霞, 陈波, 刘轶璠, 王雅萍

(安徽工业大学 能源与环境学院, 安徽 马鞍山 243002)

**摘要:** 固体废物处理与处置实验课程存在实验设置不够全面、学生参与积极性不高、部分实验难以开展等问题。利用共享平台的虚拟仿真教学资源, 构建线上虚拟仿真实验课程教学模式, 从课程教学内容、教学方式和考核评价方式三个方面进行相应的改革, 提高学生分析和解决实际问题的能力。

**关键词:** 固体废物处理与处置; 虚拟仿真实验; 实验教学

中图分类号: G642.0

文献标识码: A

文章编号: 1671-9247(2023)03-0063-02

## Experimental Teaching of Solid Waste Treatment and Disposal Based to Virtual Simulation Experiment

YIN Guoxia, CHEN Bo, LIU Yiyun, WANG Yaping

(School of Energy and Environment, Anhui University of Technology, Ma'anshan 243002, Anhui, China)

**Abstract:** The experimental course on solid waste treatment and disposal faces challenges such as incomplete experimental settings, low student participation, and difficulty in conducting some experiments. By utilizing the virtual simulation teaching resources of the shared platform, an online virtual simulation experiment course teaching mode is constructed, and corresponding reforms are carried out from three aspects: course teaching content, teaching methods, and assessment and evaluation methods, to improve students' ability to analyze and solve practical problems.

**Key words:** solid waste treatment and disposal; virtual simulation; experimental teaching

### 一、引言

固体废物处理与处置课程是高校环境类专业核心课程, 以研究固体废物的处理与处置及资源化利用为主要内容, 具有极强的实践性。固体废物处理与处置实验教学是本科教学过程中不可或缺的重要组成部分, 其主要目的是使学生在具备基础理论知识和实验操作技能的基础上, 通过实验操作来培养学生运用相关理论知识分析和解决实际问题的能力, 提高综合素养<sup>[1-2]</sup>。随着科技的快速发展, 基于共享平台的虚拟仿真实验教学被越来越多的高校采纳<sup>[3]</sup>。我校也开始将固体废物堆肥化处理引入到虚拟仿真实验教学当中。通过增加虚实结合的教学模式, 并加以持续改进, 可以更全面地培养学生的综合能力。

### 二、固体废物处理与处置实验课程教学的现状

近年来, 固体废物污染问题日益严重, 固体废物的处理、处置和资源化利用的技术水平亟待提高, 课程实验教学还停滞不前。随着我校环境工程专业开展国家一流专业的建设, 本课程对学生的培养要求也进一步提高。目前课程教学仍然存在一定问题。

#### (一) 实验课程设置不够全面、完整

固体废物处理与处置课程内容主要分为预处理过程(包括固废收集、运输, 破碎、分选等)、资源化利用(包括有用物质的回收与资源化利用、硝化、堆肥、焚烧等)和最终处置(包括土地填埋)等模块。这些理论

知识复杂, 交叉内容多, 涉及面广, 需要配套相关的实验课程, 通过实验操作过程使学生掌握和巩固所学的理论知识<sup>[4]</sup>。目前因为受学时、场地和实际环境情况的限制, 实验室开展的实验项目主要集中在固体废物的性质、固体废物的预处理和最终处置后续影响评价三个方面。在资源化利用上, 实验室也开展过线下的堆肥实验, 但是最终效果都不理想。实验项目被搁置, 使得学生对该门课程的实践认知不够全面和系统。

#### (二) 学生参与积极性不高

当前的实验教学还停留在实验室检测阶段, 实验过程中多以取样、称重等基础操作为主。传统实验教学方式是由教师讲授实验内容、演示实验操作, 学生按照给定实验步骤操作, 记录并计算实验结果, 最终完成实验报告。学生遇到问题不会思考解决, 缺乏实验的兴趣, 参与的积极性不高。趋于模式化的实验过程, 没有很好地带动学生主动思考, 进而很难获得理想的教学效果。

#### (三) 部分实验难以开展

研究探索型的实验项目往往实验设备占地面积大、实验周期耗时长、涉及的工艺流程复杂、部分实验材料具有高风险或高污染性, 通常在实验室范围内难以开展实验操作<sup>[5]</sup>。固体废物的土地处理(填埋)、热处理(焚烧)、生化处理(堆肥)等主要的处理处置无法在线下传统教学中实现<sup>[6]</sup>, 学生只能从理论上理解其处理原理及过程。

收稿日期: 2023-04-18

基金项目: 安徽工业大学校级质量工程项目(XJ2022222, XJ2021080)

作者简介: 殷国霞(1992—), 女, 安徽安庆人, 安徽工业大学能源与环境学院助理实验师, 硕士。

### 三、虚拟仿真实验教学的应用与探索

虚拟仿真实验教学是指利用现代信息技术构建虚拟实验对象和实验操作环境,学生在虚拟仿真环境中完成实验操作,并通过优化相关操作参数获得实验结果实现验证性或演示性实验不能达到或难以实现的实验教学<sup>[7-9]</sup>。通过虚拟仿真实验教学,将理论知识、传统实验和虚拟仿真实验相结合,实现线上线下混合式教学,可以加深学生对于本课程理论知识的理解和掌握,提高解决实际问题<sup>[10-11]</sup>和创新实践能力。利用虚拟仿真实验的优势,建立一套以线下验证型和综合型实验与线上研究探索型实验相匹配的实验内容。

#### (一) 虚拟仿真实验教学的应用

当前实验室开展的虚拟仿真实验项目为固废堆肥处理,包括好氧堆肥和厌氧发酵两方面。

好氧堆肥方面旨在让学生了解垃圾堆肥处理的必需条件和堆肥过程的调控方法,掌握好氧发酵系统的反应罐、供风系统、渗滤液收集与回灌系统等部分的构成和运行方式,以及对好氧发酵反应的影响。在好氧堆肥仿真操作中,要求学生通过实验验证不同的C/N、环境温度和供风控制系统对好氧发酵的影响。厌氧发酵方面旨在让学生了解沼气池的结构和运行方式,掌握厌氧发酵的变化规律和测控方法。在厌氧发酵仿真操作中,要求学生验证改变C/N和环境温度时厌氧发酵的产气情况。

学生自主线上学习好氧堆肥和厌氧发酵方面的理论知识,根据教师提供的说明书自己独立制定相应的设计方案,并通过在电脑上运行相应的系统,验证并获得相应的数据。具体的教学过程分为以下几个部分:

第一部分给出实验任务,要求学生自己设计实验方案。教师将固废堆肥相关资料和参考仿真操作手册上传至网络平台,让学生自主学习垃圾好氧堆肥和厌氧发酵的工作原理和相关的控制条件等内容。学生通过自主学习掌握相关理论知识,进入机房后,在给出的具体仿真操作基础上自行验证实验模型的正常运行工况图,模拟实际生活垃圾好氧堆肥工艺进料、布料、发酵等工作过程及每一阶段的主要作用。然后根据实验要求,自行设计出符合C/N要求的固废原料,堆肥时间和堆肥温度等实验方案。

第二部分是验证自己设计的方案是否合理,并得出相关的数据。学生依据自己做出的详细操作方案,独立完成各种生活垃圾原料的混配、系统发酵、熟化的操作运行。在仿真操作运行过程中,对系统故障报警、运行中止等事故工况引导学生仔细观察实验现象,要求其结合理论知识调试工艺参数,锻炼学生应急处理能力,提高其对实际生产中安全隐患的警惕性。学生通过分析探讨、寻找解决办法,做出方案结论,提高解决实际问题的能力。

第三部分是得出自己的最终结论。学生通过前面全方位的理论学习和虚拟实验,形成完整的报告,对实践过程中出现的各种现象和各种工况得出的数据进行合理的分析,从而培养学生发现问题、解决问题的能力。

#### (二) 虚拟仿真实验教学方式的改革

线上虚拟仿真实验“以问题为导向,以学生为中心”,让学生带着问题预习,通过设计实验方案、实验

分组操作、验证问题、记录结果、最后进行总结分析,教师在教学活动中以引导为主。

1.教师在实验开展前一到两周布置实验任务,提出虚拟仿真实验的要求和需要重点掌握的内容。要求学生分散预习、主动思考、明晰实验任务;分批次讨论实验设计方案的合理性,并要求每组的实验方案存在差异,避免出现互相抄袭现象。

2.在实验过程中,学生根据要求进行虚拟仿真实验操作,通过仿真软件来验证各自实验方案的可行性,根据不同发酵过程中产物的指标对自己的设计方案进行优化,通过观察实验现象和工艺的运行结果及时调整工艺参数。指导教师认真检查,及时解答实验过程中出现的问题,并提供一些思路,引导学生相互讨论、独立思考。实验的进程由学生主导,全面培养学生知识获取能力、解决问题能力和团队协作能力。

3.实验结束后,各小组记录仿真实验数据,撰写实验报告。实验报告中除实验设计、实验内容、方法及注意事项、实验结果及分析、实验心得体会,还要求学生分析总结实验结果。以固体废物堆肥虚拟仿真实验为例,对仿真实验改变参数后好氧/厌氧发酵的变化情况,利用WPS、Excel等数据处理软件对不同情景下的实验数据绘制趋势图,依据变化趋势对实验结果进行分析讨论。培养学生分析总结问题能力和掌握办公软件的使用与数据处理分析方法。

#### (三) 实验教学多元化考核

综合实施过程性评价和结果性评价,从而更系统地评价学生的学习情况。实验成绩评定由实验平时成绩60分(预习报告20分+实验操作40分)+实验考核成绩40分(数据处理报告)两部分组成。主要评分依据如下:

(1)实验平时成绩的评定是根据实验报告结构是否完整、内容是否充实、格式是否规范、书写是否认真等方面进行综合评分;实验操作评分主要是以上课是否迟到早退、实验方案的可行性程度、讨论/解决问题的态度的积极性、团队分工协作的合理性等方面进行综合评分。

(2)实验考核成绩评定以实验数据的分析处理情况和实验课后习题的回答情况进行综合评分。实验数据的处理报告包括原始记录表、变化趋势图和实验趋势的分析,针对实验过程中存在的问题在实验结果部分有认真分析的成绩才可以被评定优秀。

实验过程中,由学生来主导实验的全过程,加强对学生在实验前自主学习的能力以及实验中发现和解决问题的能力考核,提高学生的参与积极性。

通过上述改革措施实施后,学生更加注重对专业知识的积累,对固体废物处理与处置课程的理解更加深刻,课堂学习的氛围也有了很大的改善,学生能够主动思考、积极探讨实验问题,

### 四、结语

固体废物处理与处置的实验教学,实施以“问题为导向,学为中心”的方法教学,并结合线上线下评价方法优势对以往单一模式的考核评价方式进行改革。通过虚拟仿真实验有效解决了当前环境工程专业实验教学成本高、实验教学能力缺失的问题,培养了学生自主学习的能力和解决实际问题的能力。

(下转第78页)

关内容和要求。授课过程中,教师可以通过采用竞争机制对学生的实践能力、创新能力等方面加以考察,从而激发学生的学习主动性。

#### (四) 校企协同, 共创育人环境

大学生在进行创新创业活动以及科技实践活动时,不仅需要学校提供合适的场地环境以及实践平台,而且往往还需要有一定的资金支持和投入。通过校企合作,共建实验室、实习实训基地等可以有效解决高校资金和场地不足的问题,同时还可以使学生有机会参与校企合作项目,提高学生的实际应用能力和创新能力<sup>[1]</sup>。将企业的生产项目或经营案例引入到课堂教学和实践中,通过构建企业项目库来锻炼学生分析和解决问题的能力以及知识综合应用的能力。还可通过教师和企业专家协同育人机制,聘请相关企业专家进行线上/线下授课。通过企业专家对于企业的需求分析、项目案例讲解、关键技术剖析,使学生能够直面行业现状,了解企业需求,明确自己的学习目标。

#### 三、人才培养模式改革与实践效果

学生通过参与学科竞赛以及科研项目训练,开阔了视野,拓展了知识结构,激发了创新创业意识,显著提高了自身的学习积极性和主动性,并且能够在课程设计、毕业设计等学习环节中表现出明显优势。近5年,西安科技大学电气工程及其自动化专业学生学科竞赛成绩斐然,获“西门子杯”中国智能制造挑战赛全国特等奖、一等奖、二等奖以及三等奖共计30余项,获全国大学生电子设计竞赛三等奖以上共计60余项,参加陕西省大学生创新创业训练计划项目(省级)或(国家级)获奖40余项,参加全国大学生信息技术创新应用大赛获得国家级三等奖以上共计20余项,获陕西省自动化学会本科毕设大赛三等奖以上共计50余项以及参加其它各类国家级、省级、学校及学院组织的相关竞赛并获奖200余项。

近年来,我校电气与控制工程学院的电气专业毕业生主要就职于供电局、煤矿企业、研究所以及其它各类企业等。电气类毕业生具有良好的综合素质、扎实的专业知识及较强的实践和创新能力,对新知识和新事物的领悟和接收能力较强。实习单位对我校电气

专业的实习学生满意度也在不断提高,不少本科生在毕业设计时能够与实习单位的科研课题相结合,为企业解决实际困难。

#### 四、结语

在新工科背景下,构建“科研引导+项目驱动+竞赛提升”三元协同的本科人才培养模式,通过引导学生参与教师的科研项目聚焦学科前沿,学生通过参与学科竞赛来增强实践及创新能力,从而全面提高学生综合素质。

#### 参考文献:

- [1] 马双蓉. 新工科背景下电气工程及其自动化专业学生实践能力培养[J]. 中国设备工程, 2021(4): 235-236.
- [2] 王海军, 施晓芳, 吴巍, 等. 新工科背景下钢铁冶金概论课程教学改革探索[J]. 安徽工业大学学报(社会科学版), 2020, 37(3): 65-66.
- [3] 田新志, 陈晓范, 申海杰, 等. 新工科背景下基于“项目+学科竞赛”驱动的应用型本科人才培养模式研究: 以网络工程专业为例[J]. 电脑知识与技术, 2020, 16(20): 35-37.
- [4] 李宇. 应用型本科“教赛研习一体化”教学模式的构建与研究[J]. 科教论坛, 2021(34): 28-30.
- [5] 高波, 霍凯, 陈羽, 等. 新工科背景下提升学生创新实践能力的探究[J]. 实验室研究与探索, 2022, 41(6): 178-181.
- [6] 焦连志. “新工科”背景下工科大学生人才培养的现状与对策[J]. 辽宁教育行政学院学报, 2020, 37(2): 17-21.
- [7] 郭云, 刘璇, 曹婷婷, 等. 多元融合协同视角下大学生实践创新能力培养模式研究: 以国际经济与贸易专业为例[J]. 辽宁科技学院学报, 2021, 23(4): 23-26.
- [8] 郑伟南, 陈莹, 程凤芹. 面向应用型人才培养的“多元融合”实践育人模式改革及育人平台搭建研究[J]. 中国新通信, 2022, 24(12): 209-211.
- [9] 秦涛, 杨沫, 王乙坤, 等. 基于“科研项目+学科竞赛”双驱动的机械创新设计课程教学改革与实践[J]. 科技与创新, 2021(17): 143-144.
- [10] 刘晓颖. “研、学、竞”一体化创新创业型人才培养[J]. 广西民族师范学院学报, 2019, 36(6): 148-151.
- [11] 赵岩, 张春晶, 曹小燕, 等. 新工科背景下电气工程专业创新人才培养模式的探讨[J]. 科技创新导报, 2018(10): 234-235.

(责任编辑 文双全)

(上接第64页)

#### 参考文献:

- [1] 肖敏, 张玉革, 林静雯, 等. 固体废弃物处理与处置虚拟仿真实验教学的设计与实践[J]. 云南民族大学学报(自然科学版), 2022, 31(3): 296-301.
- [2] 徐竟成. 环境学科实验教学的创新与发展[M]. 北京: 高等教育出版社, 2016.
- [3] 仝月荣, 肖雄子彦, 张执南, 等. 产教深度融合背景下项目式教学模式探析[J]. 实验室研究与探索, 2021, 40(7): 185-189.
- [4] 范佳民, 石先阳, 晏绍飞, 等. 生态与环境虚拟仿真实验教学中心构建与管理[J]. 实验室研究与探索, 2021, 40(9): 145-148.
- [5] 茶丽娟. 环境工程创新实践课程的教学探讨[J]. 资源节约与环保, 2015(9): 178.
- [6] 王东梅, 龚正君, 闫玲, 等. 基于共享虚拟仿真实验教学资源

的固体废物处理与处置实验课程教学模式研究[J]. 实验科学与技术, 2022, 20(5): 95-99.

- [7] 高春梅, 冀世锋, 邢云青, 等. 虚拟仿真实验在《固体废弃物处理与处置》实验中的应用探索[J]. 教育教学论坛, 2018(26): 274-275.
- [8] 沈元, 金琼, 李雁. 虚拟仿真实验在环境工程专业实验教学中的创新与改革[J]. 教育现代化, 2019(37): 7-9.
- [9] 李亚林, 刘蕾, 刘帅霞. 固体废物处理与处置课程“耦合式”实验教学模式探索[J]. 河南教育, 2019(8): 68-71.
- [10] 张珂, 郑宾国, 崔节虎, 等. 基于OBE模式的环境工程虚拟仿真实验中心建设探索[J]. 实验技术与管理, 2019, 36(1): 270-273.
- [11] 罗海健, 魏熙宇, 云慧, 等. 基于虚拟仿真的固体废物处理与处置实验教学[J]. 实验室科学, 2021, 24(6): 104-107.

(责任编辑 文双全)