



“双碳”背景下资源循环科学与工程专业实验教学改革研究

吴琦刚, 周政忠*, 孟晓山, 李艳玲, 呼和涛力

(常州大学 城乡矿山研究院, 常州 213164)

摘要: 碳达峰和碳中和战略目标的确立为高校专业人才培养提供了新的改革方向。资源循环科学与工程专业实验教学体系是培养“双碳”应用型人才的重要环节。通过研究“双碳”背景下资源循环科学与工程专业实验教学体系存在的问题, 探索了专业实验教学体系改革的方向和路径, 构建了以生物质高效利用为核心的专业实验教学体系, 以期适应“双碳”战略目标的资源循环科学与工程专业实验教学工作提供理论及实践参考。

关键词: “双碳”战略目标; 生物质; 专业实验; 教学改革

中图分类号: G642

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20240368

A Study on the Reform of Specialized Experimental Teaching for the Resource Recycling Science and Engineering Major under the “Dual Carbon” Background

WU Qigang, ZHOU Zhengzhong*, MENG Xiaoshan, LI Yanling, HUHE Taoli

(Institute of Urban and Rural Mining, Changzhou University, Changzhou 213164, China)

Abstract: The establishment of the strategic goals of “Carbon Peaking” and “Carbon Neutrality” has provided a new direction for the reform of professional talent cultivation in higher education. The specialized experimental teaching system for the Resource Recycling Science and Engineering major plays a crucial role in cultivating application-oriented talents to achieve the “dual carbon” goals. This study investigates the challenges facing the specialized experimental teaching system under the “dual carbon” background, explores the directions and pathways for its reform, and constructs a new framework for this system centered on the efficient utilization of biomass. It aims to provide both theoretical and practical references for the specialized experimental teaching system of Resource Recycling Science and Engineering, facilitating its adaptation to the “dual carbon” strategic goals.

Key words: “dual carbon” strategic goal; biomass; specialized experiment; teaching reform

为应对全球气候变化, 2020 年 9 月 22 日国家主席习近平在第七十五届联合国大会上宣布, 中国力争在 2030 年前二氧化碳排放达到峰值, 努力争取在 2060 年前实现碳中和目标^[1]。实现碳达峰和碳中和的“双碳”战略目标进而成为我国重大战略决策, 关乎中华民族永续发展和构建人类命

运共同体。2021 年 7 月, 为深入贯彻党中央、国务院关于碳达峰和碳中和的重大战略部署, 发挥高校基础研究主力军和重大科技创新策源地作用, 为实现“双碳”战略目标提供科技支撑和人才保障, 教育部制定了《高等学校碳中和和科技创新行动计划》, 提出了推动碳中和相关交叉学科

收稿日期: 2024-07-12

基金项目: 常州大学教育教学研究项目(GJY2020017); 常州大学研究生教育教学改革与创新研究项目(YJK2022034)。

作者简介: 吴琦刚, 硕士, 实验师, 主要从事膜分离材料与技术开发、资源循环科学与工程专业实验课程教学和实验室建设与管理方面的研究。E-mail: wqg1990@cczu.edu.cn

* 通信作者: 周政忠, 博士, 教授, 主要从事膜分离、有机固废资源化和水处理等方面的研究。E-mail: zhouzhengzhong@cczu.edu.cn

与专业建设、加快制定碳中和领域人才培养方案、建设一批国家级碳中和相关一流本科专业、将碳中和理念与实践融入人才培养体系等一系列目标与举措^[2]。2022年4月,教育部再次印发了关于《加强碳达峰碳中和高等教育人才培养体系建设工作方案》的通知,对如何以高等教育高质量发展服务国家碳达峰碳中和加快专业人才培养提出了具体的规划与指导^[3]。国家“双碳”战略目标的确立为高校在人才培养和专业建设方面给出了全新的改革方向。

资源循环科学与工程是一门利用环境科学、生态学、资源科学、经济学和管理学等诸多学科的科学方法与技术手段,使资源达到循环利用、清洁生产和可持续发展的新兴交叉学科。它的诞生满足了节能减排、清洁生产、低碳经济及循环经济等战略性新兴产业的需求^[4]。自教育部2010年设立该专业以来,已经有40多所高校先后进行本科招生,人才培养方面已成一定的规模,学科课程体系也初步形成^[5-9]。“双碳”战略目标的确立为资源循环科学与工程专业人才培养提供了更明确的方向,如何培养一批能够致力于“双碳”目标的创新应用型人才,是当前资源循环科学与工程专业人才培养的重要任务。

专业实验教学是培养学生工程实践能力和创新能力的重要方式,是实践教学的重要组成部分,对于提高学生的实践动手能力,塑造学生理论联系实际的品格,培养学生的创新精神与能力等具有至关重要的作用和地位^[10-11]。常州大学资源循环科学与工程专业于2020年开始本科招生,平均招生60人/年,该专业建设依托于城乡矿山研究院、生物质高效炼制及高质化利用国家地方联合工程研究中心等校内科研平台,师资力量及硬件条件实力雄厚。不同于其他高校在专业特色方面的构建^[12-13],常州大学资源循环科学与工程专业成立时间较短,在专业课程设计之初,其专业实验课程大多照搬了化工、环境、生物等传统理工科专业,而资源循环、节能环保、循环经济等特色不够鲜明,未形成具有专业特色的专业实验教学体系。

本文以常州大学资源循环科学与工程专业为研究对象,针对目前专业实验教学体系存在的不足,探索了“双碳”目标背景下,专业实验课程改革的具体措施,旨在进一步提高人才培养和专

业建设水平。

1 资源循环科学与工程专业实验教学存在的问题

1.1 专业理念贯彻不足

资源循环科学与工程作为具有战略价值的新兴交叉学科,应绿色发展、资源循环、节能环保大势而生,拥有先天的“双碳”战略理念基因。不同于其他工科专业,为学生贯彻资源循环理念是该专业的重要培养目标之一。专业实验课程是理论到实践的重要桥梁,也是贯彻资源循环理念最有效的途径之一。目前,资源循环科学与工程专业实验课程中的实验项目大多借鉴化工、环境等相关专业,没有将资源循环独有的理念融入专业实验设计中,资源循环理念无法根植于学生心中。学生的专业认同感不足,导致其毕业后不愿从事本专业的相关工作,无法为国家“双碳”战略目标的实现输送本专业人才。

1.2 各实验项目之间联系性不强,系统性不足

资源循环科学与工程是一个多学科交叉融合的综合性的工科专业,其专业实验课程中的实验项目涉及到化工、环境、资源、生物等多个学科,但实验内容的设计往往只是简单地照搬这些学科中与资源循环相关的实验项目,无法体现本专业的特色^[14]。这也造成各实验项目之间的联系性不强、系统性不足,无法形成具有资源循环特点的专业实验课程体系,学生也难以通过专业实验课程形成严密的知识体系,专业实验技能不够突出。

1.3 教学形式单一

传统的专业实验教学形式,通常是学生课前预习,课堂上教师讲解实验原理并演示实验操作,学生分组进行流程化的实验操作并记录实验数据和实验现象,课后完成实验报告的撰写。这种机械式的教学模式,使学生在整个教学过程中被动接受信息输入,缺少将所学专业理论知识运用到专业实验当中的机会,理论课程与专业实验出现脱节,学生缺少自主学习和对实验现象、问题的深层次思考,无法通过实验操作反向巩固专业理论知识^[15-16]。单一的课堂内容无法体现专业实验知识和技能在实际工程中的应用场景,学生很难将课堂所学转化为自身技能,专业培养目标难以达成。

1.4 与实践联系不足，与行业需求脱钩

作为一个多学科交叉融合的综合工科专业，资源循环科学与工程专业学生的就业面较为广泛，行业和企业对学生的综合能力和知识广度有着较高的要求。专业实验课程是学生了解行业的重要窗口，对学生将来择业就业具有深刻的引导作用。目前，专业实验课程在教学及培养方面，未能根据行业需求对整个实验教学体系进行顶层设计。这导致学生在专业实验中的综合性、创新性实践能力培养较为缺乏，学生的专业能力与行业需求脱钩，难以适应工程实际的快速发展，毕业生入职后往往还要经过数月的培训才能逐渐满足岗位要求。

2 “双碳”背景下的资源循环科学与工程专业实验课程内容优化设计

专业实验课程内容的优化设计是教学改革的重点，对于学生专业素养和综合能力的培养具有关键作用。随着国家“双碳”战略目标的确立和推进，在设计专业实验课程内容时需要深度融合资源循环专业理念，为培养高水平“双碳”应用型人才打下坚实基础。

资源循环科学与工程专业建设依托于常州大学城乡矿山研究院、生物质高效炼制及高质化利用国家地方联合工程研究中心等科研平台，基于这些平台的科研基础和硬件条件，本专业实验课程内容设计以生物质的资源化、能源化高效利用为主要方向。目前我国主要生物质资源年生产

量约 35 亿吨，生物质资源作为能源利用的开发潜力约 4.6 亿吨标准煤^[17]。生物质的高效利用将是我国现阶段快速实现碳减排的重要途径之一，对快速实现“双碳”目标具有不可替代的实际作用^[18-19]。因此，以生物质为主要实验对象的专业实验课程在“双碳”目标背景下对培养应用型人才具有重大的现实意义。

2.1 专业实验课程设计思路

专业实验课程内容设计以资源循环理念为依据，其思维导图如图 1 所示。在生物质的资源循环利用过程中，根据生物质原料本身特性，将其分为可燃组分和可腐组分。通过设置“生物质低温干馏”和“厌氧生化产沼气”两个实验，培养学生掌握基本的热化学转化和生物转化实验方法；通过设置“膜生物反应器处理生活污水”实验，培养学生在资源循环利用过程中副产物控制的意识和能力；通过设置“沼气膜分离提纯”和“二氧化碳加氢制甲醇”实验，培养学生在资源循环利用过程中注重碳减排和挖掘剩余价值的的能力。另外，考虑到微生物在厌氧、好氧生物转化，污水处理等领域有关键作用，设置了“微生物分离培养与分子鉴定”实验，以污泥为原料筛选微生物，将微生物实验与污水处理实验结合起来。按照固体、液体和气体资源循环的思路，具体设计了“固废资源化”“水资源循环”和“气体高值化”3 类共 6 个专业实验项目，形成了以生物质为核心的，全方位、全流程的专业实验课程体系。

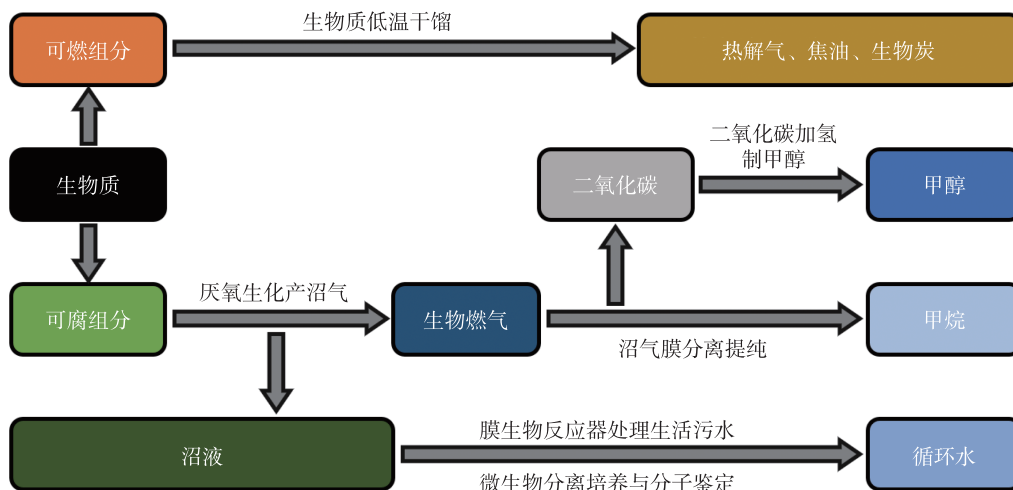


图 1 专业实验课程内容设置思维导图

2.2 专业实验课程教学内容

资源循环科学与工程专业实验课程教学内容

以生物质高效利用为核心，6 个实验项目的实验内容和重点难点如表 1 所示。优化后的课程内容涵

盖了化工、生物、环境等领域最基本、最常见的实验技术,如低温干馏技术、厌氧消化技术、色谱分析技术、分光光度分析技术、微生物培养技术、微生物分离与染色技术、固定床反应技术等,并且涉及多种常见仪器设备的使用,如干馏炉、厌氧反应器、气相色谱仪、膜生物反应器、分光光度计、高压灭菌锅、光学显微镜、气体渗透仪、固定床反应器等。课程的实验内容和重点

难点充分体现了本专业多学科交叉融合的特点,拓宽了学生的专业知识面,培养了学生的综合科研素养,提高了学生的工程应用能力。结合“双碳”战略目标,专业实验课程内容展示了生物质清洁转化的实验路径,转化过程中二氧化碳的捕集和利用,以及沼液等副产物的循环控制,不仅深入贯彻了资源循环的专业理念,同时为学生展示了“双碳”战略目标实现的具体途径。

表1 专业实验课程内容设置表

序号	实验名称	实验内容	重点难点
1	生物质低温干馏	运用格金低温干馏炉加热生物质(本实验采用玉米秸秆),测定所得焦油、热解水和生物炭的产率	干馏炉的使用方法;产物产率的计算方法
2	厌氧生化产沼气	运用厌氧反应器处理有机固体废弃物(本实验采用餐厨垃圾),对进料、出料采样并进行色谱测试分析	厌氧消化系统理化参数分析方法;反应器运行状态的评估;气相色谱仪的使用
3	膜生物反应器处理生活污水	运用膜生物反应器处理生活污水,计算氨氮去除率,评估膜生物反应器能否实现高浓度氨氮的高效去除	膜生物反应器的运行机理;氨氮标准曲线的绘制和出水氨氮浓度的测定;分光光度计的使用
4	微生物分离培养与分子鉴定	配制牛肉膏蛋白胨培养基并进行灭菌,分离活性污泥中的菌落,运用革兰氏染色法对细菌进行染色,使用光学显微镜对细菌进行形态观察、大小测定和计数	培养基配置原理和操作方法;梯度稀释平板法分离纯种微生物的原理和方法;光学显微镜的结构、原理和操作方法;革兰氏染色法
5	沼气膜分离提纯	运用气体渗透仪对沼气进行分离提纯,对气体纯度进行分析检测,考察操作压力对膜的渗透性和选择性的影响,评估膜的分离性能	气体渗透仪的结构和使用方法;气体渗透性和选择性的计算方法
6	二氧化碳加氢制甲醇	采用固定床将二氧化碳与氢气进行合成甲醇,考察温度、氢压对甲醇选择性的影响规律,利用气相色谱测定甲醇的纯度与浓度,评价催化剂的反应性能	固定床的结构和使用方法;催化剂的使用方法;二氧化碳转化率的计算方法

2.3 专业实验课程能力培养目标

专业实验课程的优化设计,旨在提高学生的专业素养和综合能力,培养学生对处理不同类型生物质利用全流程关键环节中所涉及理论知识 and 实验方法的掌握,如图2所示。



图2 专业实验课程能力培养目标结构图

每个专业实验项目的具体能力培养目标如下。

1) 生物质低温干馏实验。掌握生物质热化学转化过程的原理与技术,理解生物质的热解条件

对产物分布的影响规律,认识干馏过程中生物质内部结构发生的变化。

2) 厌氧生化产沼气实验。掌握厌氧消化过程中pH值、挥发性脂肪酸(VFAs)、产气量、COD等理化指标以及目标污染物去除率的变化情况,以及这些指标与产气效率、过程稳定性之间的关系;理解过程调控的原理与方法。

3) 膜生物反应器处理生活污水。掌握膜生物反应器的构造、原理和作用机理,理解温度、污泥浓度、回流比、溶氧量、水力停留时间、污泥停留时间等调节参数对污水处理效果的影响。

4) 微生物分离培养与分子鉴定。理解微生物在资源循环、环境保护中的作用,熟悉不同类型培养基配制、高压蒸汽灭菌、微生物稀释平板计数、形态观察和分子生物学鉴定的原理。

5) 沼气膜分离提纯。掌握气体分离膜的制备及应用方法,能够根据沼气组分选用气体分离膜并设计分离方案;实验完成后,能够将膜分离技术应用于其他气体分离。

6) 二氧化碳加氢制甲醇。理解实验与碳中和目标之间的关联;掌握二氧化碳制甲醇的过程控

制方法, 注重培训化工安全生产的重要性。

3 资源循环科学与工程专业实验教学改革路径探索

专业实验课程内容的优化设计为教学改革打下了根基, 探索多方向、多层次的改革路径能够进一步完善专业实验教学体系的构建, 提高资源环境类专业人才培养水平。

3.1 产教融合, 扩展第二课堂

提高学生的工程应用和创新能力是资源循环科学与工程专业培养目标之一。专业实验课程是强化学生这方面能力的重要课程, 也是学生了解行业发展现状的桥梁。由常州大学牵头建设的“城乡矿山产学研联盟”成立于 2019 年, 联盟包含新能源与节能环保相关企业 50 余家, 旨在推动资源与环境领域各方力量的融合与发展。将该产学研联盟和资源循环科学与工程专业实验课程进行产教融合, 聘请联盟内各单位的行业专家为客座教授, 积极扩展第二课堂, 构建完整的专业实验课程体系。通过线上线下的授课形式, 行业专家为学生介绍相关实际应用工程案例, 将专业实验课程内容和工程案例生动结合起来, 提出具有探索价值的实际工程问题, 开阔学生的眼界和知识面, 调动学生的求知欲和积极性, 提高学生的综合实践能力, 激发学生的探索创新精神。学生在第二课堂中更容易掌握相关的专业知识和技能, 同时对专业前景和行业现状有更清晰的认识, 让学生将来面对就业择业时能够更加从容。

3.2 与大学生学科竞赛相结合

大学生学科竞赛在高校学生中具有较高的影响力和广泛的参与度, 是锻炼学生综合能力的重要平台。通过将专业实验课程与“挑战杯”“互联网+”“生命科学”“节能减排”等竞赛结合起来, 教师以专业实验课程内容为基础, 凝练出竞赛课题, 同时以学生的专业实验课程成绩为依据, 选拔学生参与各类学科竞赛, 从而提高学生对专业实验课程的积极性和重视程度。近 3 年, 常州大学资源循环科学与工程专业学生在各类竞赛中取得了不俗的成绩, 其中国家级奖项 2 项, 省部级奖项 10 项。学科竞赛一方面拓宽了专业实验课程内容, 另一方面推动了专业理论知识在创新创业中的应用。在学科竞赛的历练下, 学生对专业实验课程内容有了更加深入的理解, 在拓宽

眼界的同时自身创新创业水平也得到了极大的提升, 为今后的双创之路打下坚实的基础。

3.3 学业导师制度

常州大学资源循环科学与工程专业实施了学业导师制度, 以 1:3 的师生比例为每位学生配置了专任教师, 引导其顺利完成本科学业。鉴于专业实验课程的设计本身与教师的科研方向息息相关, 学生可以在学业导师安排下进入科研实验室, 利用课余时间进行相关科研课题的研究工作, 进一步巩固专业实验课程理论知识, 强化实验动手能力。学生在科研实验室的学习经历能够显著提升其科学研究素养, 对将来的就业或者研究生学业大有裨益。

4 结束语

“双碳”战略目标的确立, 为资源循环科学与工程专业人才培养指明了方向。通过一系列的改革措施, 常州大学资源循环科学与工程专业构建了完善的专业实验课程体系。该课程体系不仅深度融合了资源循环专业理念, 同时以生物质资源化、能源化高效利用为核心, 辅以多方向、多层次的配合措施, 形成了不同于其他高校的独有的专业特色。本文所研究的资源环境类专业课程体系, 不仅为其他高校同类专业实验课程建设增添了理论依据, 同时也为改革探索提供了实践参考。

参考文献

- [1] 习近平. 在第七十五届联合国大会一般性辩论上的讲话[N]. 人民日报, 2020-09-23(2).
- [2] 中华人民共和国教育部. 高等学校碳中和科技创新行动计划[R]. 北京: 中华人民共和国教育部, 2021.
- [3] 中华人民共和国教育部. 加强碳达峰碳中和高等教育人才培养体系建设工作方案[R]. 北京: 中华人民共和国教育部, 2022.
- [4] 周启星. 资源循环科学与工程概论[M]. 北京: 化学工业出版社, 2013.
- [5] 陈小卉, 周品, 赵景波, 等. 产教融合视域下应用型本科专业优化路径与实践: 以资源循环科学与工程专业为例[J]. 常州工学院学报, 2023, 36(2): 94-98.
- [6] 李孟婷, 方菲, 刘银, 等. 工艺实践在资源循环科学与工程专业建设中的开展[J]. 广州化工, 2015, 43(12): 183-184.
- [7] 任芳. 关于资源循环科学与工程专业实验教学方法改进的措施[J]. 科技经济市场, 2016(12): 144-146.

(下转第 135 页)