

# 《污染控制化学与工程》课程案例库建设与研究

张静 刘春 牛建瑞 马俊俊 穆思图

河北科技大学环境科学与工程学院, 河北省污染防治生物技术重点实验室

**摘要:** 研究生教育是教育强国建设的重要组成部分。为进一步改善专业学位研究生培养质量, 文章以研究生专业学位课程《污染控制化学与工程》案例库建设为例, 针对案例库教学的发展现状、案例库建设原则、《污染控制化学与工程》课程案例库实例以及对案例库教学的展望展开论述。以期对环境工程专业学位研究生培养提供更多思路。

**关键词:** 污染控制化学与工程; 案例库; 原则; 建设; 研究

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6288.2024.06.057

研究生教育在培养高层次创新人才方面具有既直接又基础的重要意义。研究生课堂教学应遵循“培根铸魂、启智润心”的教育理念, 在教师授课的同时, 潜移默化的将爱岗敬业、创新思维和家国情怀理念传递给每一位同学。其中, 专业学位研究生教学除了夯实专业理论知识外, 还需要有更高的创新和应用能力。因此, 如何通过课堂教学激发学生的学习热情, 有效改善学生课堂上的主管能动性, 增强其发现问题、梳理问题、最终彻底解决问题, 并以此为基础创新新技术的能力, 进而将专业学位研究生教育理念向应用型人才培养倾斜, 是改革专业学位研究生人才培养模式亟待解决的关键问题。

案例教学是以学生为本, 师生互补, 教学相长的过程。将现实具有代表性、时效性的案例融入专业学位研究生的课堂教学, 通过对特定案例了解、讨论、剖析, 实现知识点熟练掌握和运用, 有助于学生对知识深入理解并于实际真正结合, 也将乏味的理论知识转变为实际能力的培养。《污染控制化学及工程》是环境工程专业学位研究生的一门重要课程, 兼具理论知识与实践应用性。为响应《教育部关于加强专业学位研究生案例教学和联合培养基地建设的意见》文件精神, 建设课程教学案例库, 对于构建符合专业学位特点的课程体系、提高我校专业学位研究生教学质量具有重大意义。

## 一、案例库建设现状

案例教学法是一种以案例为基础的教学法<sup>[1]</sup>, 最早于1870年由美国哈佛大学法学院院长创立, 20世纪80年代初, 中国各大高校认识到案例教学的优势, 纷纷采用该方法进行教学。当前, 国内外对传统的环境工程专业案例库建设已有所涉及。重庆工商大学的唐晓旻开展了以环境工程学科工程案例教学改革探究, 通过研究发现环境工程学科工程案例教学可以提高学生的学习兴趣、知识掌握深度以及通过专业知识学习去解决实际工程问题的能力<sup>[2]</sup>。朱华清等在《环境工程CAD技术》课程中应用了教学案例, 根据专业课知识树遍历的原理研究该课

程知识树的构建、教学案例的采编、教学案例与知识节点的关联, 提出适合该课程案例教学的实施模式和侧重考核学习方法的课程考核办法<sup>[3]</sup>。三峡大学陈国华教授的环境工程概论设计案例型教学在生态学专业中的应用探讨, 对目前案例教学存在的问题和解决方法进行了充分的论证<sup>[4]</sup>。

然而, 国内针对研究生课程《污染控制化学及工程》的关于技术与设备相结合方面的案例式教学研究较少, 此方面的个别案例仅仅在机械、化工、材料等领域有分散体现, 且案例内容较为单一。如刘芳等人编写的《水处理工程》的案例, 更多的侧重于在生活污水和工业废水领域, 对环境设备的内容涉及较少<sup>[5]</sup>。刘鹏等人编写的《水处理与膜功能材料》书中, 采用案例教学, 聚焦于膜的分离和传质过程, 对环境技术与设备问题均未提及<sup>[6]</sup>。

## 二、案例库建设原则

案例教学更加有利于实用型人才的培养。案例库的建设包括谋划准备阶段、案例库建设规划、案例库设计、案例撰写和案例库实施总结五个阶段。谋划过程要充分考虑案例是否适合课堂教学, 是否能够起到启发、激励学生的目的和要求; 建设阶段要关注案例的随时改进, 与时俱进, 随时更新完善; 案例库设计阶段尽量图文并茂, 从而提高学生对知识的兴趣; 撰写过程尽量保证言简意赅, 表达到位; 通过实际运行, 充分总结, 最终实现案例教学的目标。总之, 案例库建设应具备以下原则:

(1) 实践性: 案例应基于真实的情境和实际问题, 使学生能够将所学知识应用到实际场景中, 且融合多个知识点和技能, 培养学生的综合分析能力。

(2) 代表性: 选取具有代表性的案例, 涵盖相关领域的关键问题和常见情况, 包括不同类型、规模和背景的案例, 以满足学生的多元需求, 且能需要够引发学生的思考和讨论, 激发他们的创造力和解决问题的能力。

(3) 时效性：确保案例内容与当前的实际情况相符，跟上时代的发展，定期更新案例，以反映最新的发展和变化。

(4) 启发性：能够引发学生的思考和讨论，激发他们的创造力和解决问题的能力。

(5) 相关性：与课程内容紧密相关，有助于学生加深对课程知识的理解。

(6) 可操作性：案例具有可操作性，学生能够通过分析和讨论提出可行的解决方案。

### 三、本课程案例库建设内容

《污染控制化学及工程》课程采用的教材为张玉清编写的《水污染动力学和水污染控制》。目前，该课程还未形成知识链条完备、侧重行业热点、教学内容丰富、实践案例与研究生教学目标相符的系统性案例教学体系。本文针对《污染控制化学及工程》课程中物理、化学、生物等技术开展全面、系统、创新的污水处理设备应用的案例库，以期通过课程教学达到培养学生自主

理解、分析、解决实际问题的能力。目前，该门课程案例库建设主要聚焦在以下几个重点方面：

#### (一) 曝气设备案例库建设

曝气过程在废水处理中可以补充氧气，也可以起到利用气体进行搅拌。扩散器是整个曝气系统的关键部件，通过扩散器将空气中的氧溶解于水中。然而，目前课程中介绍的扩散器大都聚焦于毫米的等级，包括小气泡、中气泡、大气泡。该类气泡由于其直径大，上升速度快且在液体表面破裂，因此存在扰动过小，空气和混合液之间的接触面积小，传质效果差的问题。因此，课程教学中引入微气泡曝气装置的应用案例，开阔学生视野，提高学生学习热情，激发学生的创新思维。微气泡是指直径小于50um的微小气泡，其比表面积小、气液传质效率高、上升速度慢，且微气泡曝气装置可与生物技术联用，显著提高废水处理效率，降低能耗。微气泡曝气-生物膜反应器中试设备图如图1所示，研究证实微气泡曝气具有强化氧传质作用。

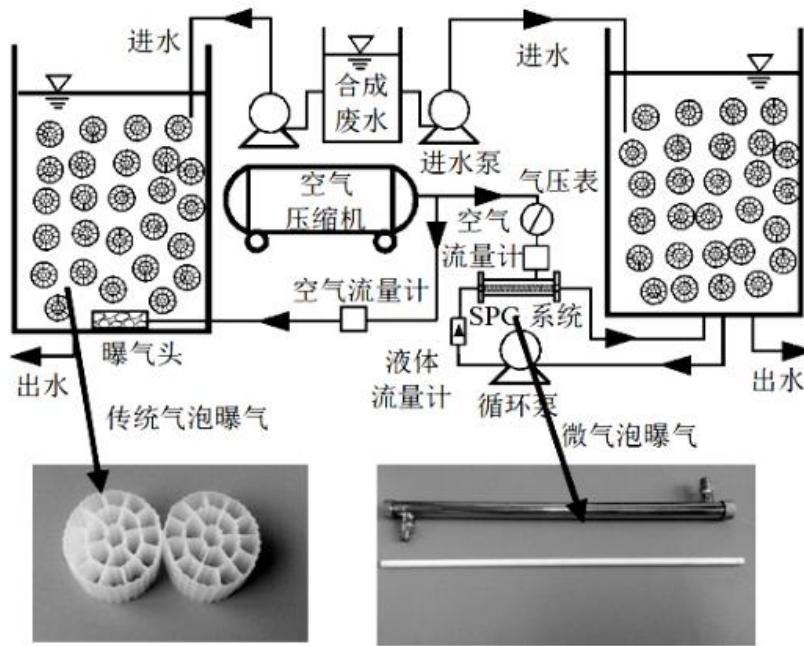


图1 微气泡曝气-生物膜反应器中试设备图

该装置在河北科技大学中水站稳定运行后，微气泡和传统气泡装置平均出水COD浓度分别为  $35.2\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  和  $74.3\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ，平均去除率为 90.3% 和 79.4%，COD 的平均去除负荷为  $0.65\text{kg} \cdot (\text{m}^3 \cdot \text{d})^{-1}$  和  $0.57\text{kg} \cdot (\text{m}^3 \cdot \text{d})^{-1}$ 。可见，微气泡装置的 COD 去除性能优于传统气泡装置。

在进行案例教学的过程中，还可以将课程思政巧融入案例教学课堂，在介绍曝气技术的时候，同时讲述课题组在研制微气泡曝气技术过程中遇到的问题，以及体会到的困难和艰辛，激发同学们对新设备、新装置的创

新精神。

#### (二) 高级氧化技术案例库建设

工业废水是导致水污染日益严重最主要的问题之一。我国工业废水每年排放量均在近千万吨以上，废水中污染物种类繁多，具有成分复杂、毒性强、生化降解性差。高级氧化技术是针对难降解有机废水，如医药、化工、染料工业废水以及含有难处理的有毒物质等，包括电化学处理技术、试剂氧化法、湿式催化氧化技术等。针对常用高级氧化技术章节，引入电化学-UV-臭氧协同一体化装置介绍，核心技术涵盖了新型电极制备、

臭氧和紫外高级氧化技术耦合、智能物联。该装置的应用可使难降解有机废水处理效率相比单一电化学、臭氧氧化技术提高 30%以上, COD去除率到 85%以上, 相同处理效果情况下, 处理成本相比单一电化学、臭氧氧化过程降低 20%以上。

介绍本案例的同时在思考与新思想环节, 同学们认识到保护和节约用水的重要性, 也意识到只有学好知识和技能才能帮助更多落后地区的人们改变现有生活, 同时通过积极讨论迸发出更多的耦合工艺, 培养学生运用已有知识, 创新出新技术、新思想的能力。

### (三) 生物脱氮技术案例库

随着人们生活水平的提高, 大量的含氮有机物汇入

到河流、海洋、湖泊等水体中, 造成严重的水体富营养化。因此, 污水脱氮亟待进行。一般来说, 对污水中的氮的处理有物理法和生物法, 而生物法脱氮具有高效低成本的优势, 但最常见的厌氧氨氧化工艺启动初期, 对  $\text{NO}_2^--\text{N}$  的浓度有着严格要求。浓度过低, 会导致基质不足, 限制厌氧氨氧化菌的生长, 浓度过高会对厌氧氨氧化菌产生抑制。因此, 最新研发的自养反硝化脱氮装置其优势尤为突出。该装置耦合生物载体、功能菌种和非碳源依赖型深度脱氮工艺系统, 分别选取硫型自养反硝化和厌氧氨氧化工艺对市政/农村污水进行小试、中试脱总氮实验研究, 并将研究成果应用于市政/农村污水深度处理。自养反硝化脱氮工艺中试流程图如图3所示。

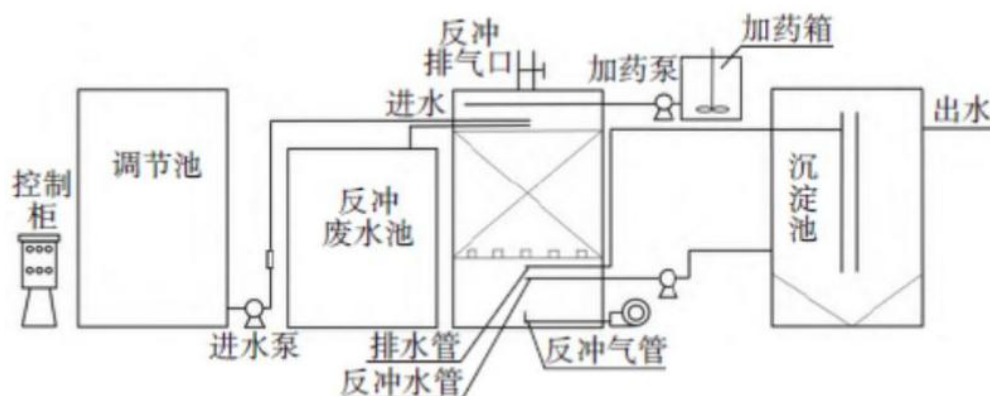


图3 自养反硝化脱氮工艺中试流程图

该装置处理某市政污水厂污水, 并利用高通量测序技术分析处理前后生物膜样品。对样品中的微生物结构组成进行门水平上的分析在门水平上, Proteobacteria (变形菌门) 占比最高, 且在运行过程中, 变形菌门 Proteobacteria得到了富集。Proteobacteria为细菌中最大的一门, 包含了大量具有  $\text{NO}_3^--\text{N}$ 、 $\text{NO}_2^--\text{N}$  还原作用的相关细菌, 属于革兰氏阴性菌。自养反硝化出水经河北众淳环境检测技术有限公司检测, COD为28mg/L, 氨氮为0.292mg/L, 总氮为2.46mg/L, 总磷为 0.11 mg/L, pH 为7.5 (26.2 °C)。

### 四、结论与展望

案例来源于实际工程案例, 并将实际工程全面呈现于课堂。一方面, 对于学生未来深造和求职具有积极的帮助, 另一方面也有效提升教师自身知识的储备丰度。未来案例库建设可依据实际场景的工程问题和研究生的认知规律, 在案例库的支撑下构建“案例导入+任务驱动+典型项目应用”的教学模式。进一步根据学生的特点和需求, 提供更多更好的个性化案例和教学指导, 附加引入国际案例, 培养学生的全球化视野和跨文化交流能力, 鼓励学生在案例分析中培养创新思维, 提出独特的解决方案。同时, 案例教学过程中也可以进一步借助现代信息技术, 如虚拟现实、增强现实等, 提供更加生

动、直观的案例体验。随着时间的推移, 案例库将不断丰富, 涵盖更多领域和情境, 发挥更强的专业学位研究生培养作用。

### 参考文献

- [1] 刘浩然. 化学专业仪器分析实验的设计与思考. 大学化学, 2017, 32 (05): 25-29.
- [2] 唐晓旻, 傅敏, 谭雪梅, 等. 环境工程学科工程案例教学改革探究[J]. 广州化工, 2018, 46 (11): 121-122.
- [3] 朱华清, 刘思敏. 《环境工程 CAD 技术》课程的案例教学研究[J]. 广州化工, 2014, 42 (12): 207-209.
- [4] 陈国华, 刘立明, 熊梓茜. 环境工程概论设计型案例教学在生态学专业中的应用探讨[J]. 科技视野,
- [5] 刘芳, 王永强, 赵朝成, 等. 基于高等教育的《水处理工程》案例库建设及实施[J]. 广州化工, 2021, 49 (17): 184-186+183.
- [6] 刘鹏, 吉明波, 王桂香. 专业学位研究生课程案例库建设实践——以“水处理与膜功能材料”课程为例[J]. 广州化工, 2023, 50 (8): 219-220.

基金项目: 2024年省级研究生专业学位教学案例(库)项目(KCJSZ2024087)