



教育研究前沿进展
ISSN: 2789-5521(print)
雙清學術出版社

Contents lists available at www.qingpress.com
Journal homepage: qingpress.com/zh-cn/journals/1



案例教学在理论课程中的应用探讨 ——以膜生物反应器在废水处理课程中的应用为例

陈玟馨¹, 黄满红^{2*}

(东华大学环境科学与工程学院, 上海 201600)

摘要: 案例教学在提高课程理论教学效果方面具有重要作用, 因此, 越来越受到教育工作者的重视。本文以膜生物反应器(MBR)在废水处理理论课程中的应用为例, 通过前沿引导、团队讨论和比较分析等方法, 深入学习 MBR 工艺在废水处理中的应用, 探讨在废水处理理论课程中引入案例教学的有效性和作用, 实现培养学生团队合作、思维创新和解决问题能力的目的。

关键词: 案例教学, MBR 工艺, 印染废水处理, 团队合作, 理论课程

【作者简介】

1. 第一作者, 陈玟馨

研究方向: 废水中污染物的迁移转化

Email: wenxinch00@163.com

*通讯作者: 黄满红

研究方向: 废水和土壤中污染物的迁移转化和控制

Email: huangmanhong@dhu.edu.cn

基金项目: 中国纺织工业联合会高等教育教学改革研究项目(2021BKJGLX129); 东华大学示范教研室建设项目(2021); 东华大学教学案例建设项目(2022)

2789-5521/© Shuangqing Academic Publishing House Limited All rights reserved.

Article history: Received September 25, 2023 Accepted October 11, 2023 Available online October 11, 2023

To cite this paper: 陈玟馨, 黄满红 (2023). 案例教学在理论课程中的应用探讨——以膜生物反应器(MBR)在废水处理理论课程中的应用为例. 教育研究前沿进展, 第3卷, 第3期, 23-29.

Doi: <https://doi.org/10.55375/jerp.2023.3.15>

Application Discussions of Case Teaching in Theoretical Courses---Taking the Application of Membrane Bioreactors in Wastewater Treatment as An Example

Chen Wenxing¹, Huang Manhong^{2*}

(12. School of Environmental Science and Engineering, Donghua University, 201620, Shanghai)

*Corresponding: huangmanhong@dhu.edu.cn

Abstract: Case teaching plays a vital role in improving the effectiveness of theoretical teaching in courses, therefore receiving increasing attention from educators. Taking the application of Membrane Bioreactor (MBR) in the theoretical course of wastewater treatment as an example, this article delves into the application of MBR technology in wastewater treatment through methods such as cutting-edge guidance, team discussion, and comparative analysis. It explores the effectiveness and impact of introducing case teaching in the theoretical wastewater treatment course, aiming to cultivate students' abilities in teamwork, innovative thinking, and problem-solving.

Keywords: Case teaching, MBR process, Dyeing wastewater treatment, Teamwork, Theoretical courses

1 案例教学在理论课程中的重要性

案例教学是通过模拟实际场景,让学生通过感性认识和研讨来进行学习的一种教学方式^[1],是一种开放式的教学主要是采用讨论的方式。案例教学通过有代表性的典型问题,让学生在问题的阅读、思考、师生间和同学间讨论、表达中,学习课程要求的知识,并形成自己思考问题的方式,从而提高自身思考问题、解决问题的能力^[2]。在 20 世纪初,在企业管理的教学中开始应用案例教学,案例教学的内容和形式逐渐丰富完善,产生的影响也日趋扩大。全球市场的日益形成得益于社会的快速发展,应运而生的是市场竞争愈发激烈,知识和人才的价值也更加凸显出来,对知识的实际运用能力、对未知的市场快速应变能力以及在不确定因素下的准确决策能力,面对着更大的考验和更高的要求。面对这样的情况,案例教学因具有明确性、务实性、创新性,且以行动为导向,所以愈发倍受青睐^[3],案例教学由此发展起来。教学过程中使用的案例是案例教学的授课基础,在课堂上,教师通过对课程相关案例进行整理分析,锻炼学生的批判性思维,达到提升学生在理论层面上的理解和在实践中解决问题能力的目的^[4]。在案例教学法的实施过程中,对教师有着相对较高的要求,如授课教师应该提前系统性学习案例教学的方法理念,对案例教学法有足够的了

解, 选择具有代表性的案例应用于实际教学当中, 并且能够对案例深入剖析和准确评价, 与此同时, 老师需要进行有效组织, 引导学生积极参与教学, 只有在这几方面做到真正的有机结合, 才能使得案例教学达到相对满意的教学效果^[5]。

随着水资源的日益短缺和环保要求的提高, 废水处理技术发展到了新的阶段。废水处理的相关课程是高等院校环境相关专业的重要课程, 通过废水处理相关课程的学习, 要求学生了解废水处理的前沿发展, 掌握水污染控制和资源化的理论和工艺原理, 具有一定的污水处理工艺设计能力^[6-7]。在教学过程中, 由于学生往往缺少废水处理的实际经验, 缺少发现并解决实际水处理问题的能力。为了进一步促进学生对废水处理相关技术的理解和能力培养, 有必要在废水处理相关课程中引入案例教学, 改善教学效果。

本文讨论在废水处理中膜生物反应器的主要应用, 通过老师引导和学生自主思考的方式完成教学, 因此, 我们提出在废水处理相关课程中引入案例教学的建议。

2 案例分析与讨论

印染行业具有高耗水、重污染和排污量大的特点, 是纺织工业一个重要的分支, 是《“十二五”节能减排综合性工作方案》十一个重点管控的行业之一。

印染废水的色度比较深、有机物含量较高、B/C 低以及排放量大且成分复杂等特点。印染废水中的有机物大多具有毒性和“三致”效应, 其污染会严重影响水生生物的生长繁殖、危害人体健康。因此, 探索如何处理印染废水以及循环使用处理后的废水的方法, 成为了印染厂亟待完成的目标之一, 解决该问题对保护生态环境和人类健康安全至关重要。

在废水处理课堂上可以引入实际的 MBR 工程案例, 例如印染废水处理项目, 让学生分析这些案例。通过了解实际应用中 MBR 工艺的具体设计和运行情况并讨论, 学生可以思考不同的设计参数和操作策略对 MBR 性能的影响, 以及如何解决实际运营过程中可能遇到的问题。下面以“MBR 在印染废水中的应用”为例, 讨论如何将案例引入课堂, 具体流程将下图 1。

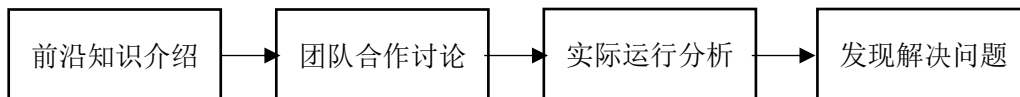


图 1 案例教学流程图

在案例学习中, 首先需要明确的是, MBR 工艺的学习是本节课的重点内容, 包括 MBR 工艺的介绍以及实际应用等内容。在基础知识的基础上, 可以进一步在实际应用上深化学习。在了解相关基础知识的前提下, 可以进行进一步的学习, 通过教师的引导带领, 学生关注行业新动态, 与时俱进, 拓宽学生视野。此外, 可以聚焦实际问题, 分析我国目前废水水质, 讨论我国目前废水的种类, 采用 MBR 工艺能否起到更好地废水处理效果等问题。最后, 团队之间相互讨论对 MBR 工艺未来发展的展望, 畅所欲言, 进行分享和交流。整个讨论由团队成员共同完成, 既培养了学生的团队协作意识, 又提高了学生语言表达能力, 达到了培养学生综合素质的效果。

2.1 前沿知识

教师首先向学生介绍 MBR 工艺的基本理论知识和前沿发展, 包括原理、工艺流程、膜的选择与操作等方面的内容。然后, 老师可以讲解 MBR 的优势和应用领域, 以及与传统活性污泥工艺的差异。通过这些内容的介绍, 学生可以了解 MBR 工艺的背景和基本概念。学生在大致了解了 MBR 工艺的基础上, 教师可以进一步通过播放视频、动画等方式加以引导, 激起学生学习兴趣, 调动学生的积极主动性, 从而依靠内驱动力去学习了解 MBR 工艺相关前沿知识, 当学习的动力由外驱力转变为内驱力, 效果必然事半功倍, 这也是案例教学法希望达到的目的之一。

在此基础上, 老师可以要求学生针对 MBR 工艺优缺点问题进行讨论, 比如, 在分离工程中为什么 MBR 可以大大提高固液分离效率? MBR 污泥停留时间的长短, 为何大大提高了难降解有机物的降解效率? 如何高效地进行固液分离, 达到出水悬浮物和浊度接近于零从而实现污水的资源化^[8-9]? MBR 法面临的阻塞结垢问题是否能够解决, 可以如何解决? 这些讨论都是契合当前的双碳要求。同时, 老师可以根据当前新污染物的去除技术, 引导学生对 MBR 去除新污染物的前沿文献进行总结和归纳。

2.2 团队讨论

课堂上往往学生参与度低, 缺乏反思, 不能在学习中融入真实的情感。通常来说, 学生更偏向于传统教学方式形成了一种教师灌输知识, 学生被动接受的情形, 以至于学生对所学专业知识的理解不够深入, 只停留在表面认知阶段, 没有实现知识内化, 更不能用学过的水处理知识去分析和解决实际应用中的问题。“填鸭式”教学会引起一系列连锁反应, 由于在课堂上缺乏思考, 导致在问题面前经常浅尝辄止, 只有在学习过程中学会反思, 并将真实感情融入学习中, 在师生互动和讨论环节, 学生才会表现积极, 达到理想的教学效果^[10]。

为了改善现状, 可以将班级成员分为三组, 按组参与任务。团队任务为讨论 MBR 工艺的优缺点, 并且分析优缺点在上述具体案例中的体现。最后, 各组选派一个代表对本组的讨论结果进行课堂汇报, 汇报时间在 10min 左右。在学生了解 MBR 工作原理之后, 教师向 MBR 的优势方面引导, 列举 MBR 技术相比传统的污水处理技术的优势, 如高效固液分离能力、较小的装置占地面积、稳定的出水水质等。通过实际数据和案例来支持这些优势, 举例说明 MBR 在这些领域的具体应用案例, 对 MBR 的机理和分类讨论如表 1 所示。

表 1 MBR 的机理和分类

名称	机理	特点
一体式 MBR	一体式 MBR 是一种将膜组件放置在生物反应器内的污水处理技术。它的工作原理是将进水引入 MBR 系统中, 这些污水会与活性污泥混合, 通过微生物的作用, 大部分污染物会被去除。然后, 通过外部应用压	一体式 MBR 省去了混合液循环系统, 并且通过抽吸出水, 减少了能耗, 占地面积较小, 但是一般膜通量比较低, 容易发生膜污染, 使得膜的清洗和更换困难增加。

	力的方式，清洁的水会通过膜过滤出来，完成处理过程。	
分置式 MBR	分置式 MBR 是指将生物反应器与膜组件分开放置的污水处理技术。在这种系统中，混合液首先通过循环泵增压，之后进入生物反应器，然后流向膜组件的过滤端。在压力作用下，液体部分会透过膜而成为系统的出水，而固态的物质和大分子被膜截留，随浓缩液回流入生物反应器。通过这样的循环，系统可以实现高效的污水处理。	分置式 MBR 可以减少膜组件与生物反应器之间的相互影响；运行相对为稳定，并且方便膜的清洗更换。但是因为在膜的表面会出现污染物的沉积，所以需要较高流速，因而能耗大大增加。
复合式 MBR	复合式 MBR 在形式上属于一体式 MBR，但不同的是复合式 MBR 在生物反应器的内部加装不同填料，改变了反应器的一些性状，从而达到特定效果。	复合式 MBR 的建设投资少，工艺流程较为简单，占地面积仅为传统工艺的 5%-10%；由于工艺采用全自动化，所以在升级改造方面更加方便。

讨论过程中，有关 MBR 工艺的基础知识体系逐渐完整，在此基础上，讨论影响 MBR 工艺的主要因素有哪些，如何控制进而提高处理效率，MBR 膜组件的设计需要考虑哪些因素，如何解决 MBR 的堵塞问题等，进一步引发学生的思考讨论，从而深化学生对 MBR 工艺的理解与掌握。

2.3 实际 MBR 的运行

在对 MBR 优缺点分析的基础上，老师可以按照进水水质指导学生对某公司的 MBR 工艺进行设计。比如，该公司设计处理规模为 5 万 m^3/d 的印染废水处理厂，项目建设包括：厂区工程、污水管道、回用水管道以及尾水管道；其主要的工艺单元为 MBR 膜池及相应配套设施。

MBR 利用膜组件对反应池里的含泥废水进行过滤，从而实现泥水的分离。一方面，膜截留了池中的微生物，使得池内活性污泥浓度增大，活性污泥浓度的增大加速了废水的生化反应；另一方面，膜的高精度过滤可以得到高质量的出水。MBR 池设置 1 座，池尺寸为 $100 \times 50 \times 12 \text{ m}$ ，池体为钢筋混凝土结构。该项目 MBR 池包含 11 个系统，分别为：产水系统、膜曝气吹扫系统、膜反洗系统、混合液回流系统、剩余污泥系统、膜设备间排空系统、膜化学清洗加药系统、抽真空系统、压缩空气系统、排水系统、曝气搅拌系统。池内设有超声波液位计、在线污泥浓度仪、在线浊度计、电磁流量计等主要设备。经预处理后进入 MBR 处理后 COD、TP、SS 的去除效果最为显著，去除率分别高达 90% 以上。该项目的最终出水水质达到且明显高于《纺织染整工业水污染排放标准》(GB 4287-2012) 内标准。

通过这个案例分析, 学生可以发现 MBR 工艺处理效率高, 构筑物规模和数量较少。箱体式结构能够进一步减少用地面积, 相对降低土建投资, 可为类似项目提供处理效果好、运营费用低的案例参考。

2.4 发现问题及对策措施分析

对于案例教学中发现的问题, 可以采取相应的措施。比如, 该项目中的 MBR 为一体化 MBR, 膜组件容易受到污染, 膜丝容易堵塞还不便于清洗, 尤其是在生产旺季, 进水的中细小毛丝较多, 可能会加剧膜污染现象。针对问题, 可以引导学生按照上次团队讨论的形式, 各抒己见。最后, 每个团队进行汇报展示。由于实际案例的复杂性, 所以讨论结果肯定答案迥异, 同组成员可以相互讨论相互弥补, 非同组成员相互学习, 经验共享。

经过真实工程案例和实际分析问题的训练, 逐渐培养学生独立思考的能力, 同时强化学生将理论知识运用于解决实际问题的能力^[1]。课堂汇报完毕后, 教师需要对各个小组的汇报进行逐一点评, 指出优点和不足, 解决问题, 如针对膜丝阻塞问题, 可以设置预处理, 从而减少毛丝进入 MBR 系统, 从而缓解膜丝堵塞。最后对各组的汇报内容进行总结回顾, 加深印象。

3 结束语

综上所述案例教学在废水处理课程中十分重要, 案例教学在废水处理相关课程中的应用, 打破了传统以教师教学为主导的课堂模式, 通过“放养式”调动学生课堂互动的积极性。通过实际案例的分析, 学生可以接触到实际的水处理问题和实际应用场景, 了解到不同水质问题的多样性和复杂性, 学习识别和理解具体的废水处理问题, 分析废水处理的效果和优劣, 发现处理技术的问题, 并提出解决方案, 在培养学生团队合作精神、提高学生分析问题能力、强化理论联系实际等方面发挥着至关重要的作用。

参考文献:

- [1]张志国,赵晓菊,张奕婷,翟祖欢,常贺 & 秦姝冕(2018).案例教学法在药剂学课程教学中的应用. 教育教学论坛(03),213-214.
- [2]董贵明(2012).案例教学法在水资源评价课程中的应用. 中国科教创新导刊(20),101+103.
- [3]张继学(2004).案例教学及其在国内的发展现状. 职业教育研究(11),60-61.
- [4]方继敏,陈俊宏,张倩,黄秀燕 & 李晔(2015).环境工程《水污染控制原理》教学研究浅析. 山东化工(05),132-133. doi:10.19319/j.cnki.issn.1008-021x.2015.05.051.
- [5]张肖静,马永鹏 & 张宏忠(2018).案例教学法在《水污染控制工程》教学改革中的实践. 河南化工(07),62-64. doi:10.14173/j.cnki.hnhg.2018.07.021.
- [6]程洁红,孔峰,高永 & 陈娴(2011).水污染控制工程课程体系的教学改革与应用型本科人才培养的探讨. 江苏技术师范学院学报(04),78-81.
- [7]许美兰 & 胡振锋(2016).研讨式教学法在《水污染控制工程》中的应用. 广东化工(06),211-212.

- [8] Iorhemen, O., Hamza, R., & Tay, J. (2016). Membrane Bioreactor (MBR) Technology for Wastewater Treatment and Reclamation: Membrane Fouling. *Membranes*, 6(2), 33.
- [9] Ittisupornrat, S. , Phetrak, A. , Theepharaksapan, S. , Mhuantong, W. , & Tobino, T. . (2021). Effect of prolonged sludge retention times on the performance of membrane bioreactor and microbial community for leachate treatment under restricted aeration. *Chemosphere*, 131153.
- [10]朱喜玲,常向彩,马明,施渺筱 & 周正湘(2022).案例教学在遗传学教学改革中的应用. *今日畜牧兽医*(12),128-129.
- [11]康晓荣,徐进 & 孙晓旭(2019).案例教学法在水工程施工课程教学中的应用研究. *山西建筑*(22),166-167. doi:10.13719/j.cnki.cn14-1279/tu.2019.22.079.