

基于耦合的课程实验群联合建立研究

——以环境微生物学为例

禹怀亮, 张雪珠*, 陈 帅, 邓文叶

新疆工程学院化学与环境工程学院, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2024年3月4日; 录用日期: 2024年4月3日; 发布日期: 2024年4月10日

摘 要

在新工科背景下, 环境科学与工程专业开展综合型、研究型 and 开放式创新实验已然成为培养和提高本科生创新能力和实践能力的重要环节。文章以环境微生物学为例, 探讨了其后续耦合课程水污染控制工程实验的开展, 将环境微生物学实验内容在水污染控制实验中作为检测手段和基础融入进去, 并以工业废水为例, 设计了生物化学法水处理实验开展的几个阶段和步骤。最后从实验的开展保障措施方面对耦合课程实验群的开展提出了对策建议。

关键词

耦合, 课程实验群, 联合建立

Research on Joint Establishment of Curriculum Experiment Group Based on Coupling

—Taking Environmental Microbiology as an Example

Huailiang Yu, Xuezhong Zhang*, Shuai Chen, Wenyue Deng

School of Chemical and Environmental Engineering, Xinjiang Institute of Engineering, Urumqi Xinjiang

Received: Mar. 4th, 2024; accepted: Apr. 3rd, 2024; published: Apr. 10th, 2024

Abstract

Under the background of new engineering, environmental science and engineering majors to carry out comprehensive, research-oriented and open innovation experiments have become an important link to cultivate and improve the innovation ability and practical ability of undergraduate students. This paper takes environmental microbiology as an example, discusses the implementation of its subsequent coupling course water pollution control engineering experiments, integrates environmental microbiology experiment content into water pollution control experiments as a detection method and foundation, and takes industrial wastewater as an example to design several stages and steps of biological chemical water treatment experiment implementation. Finally, countermeasures and suggestions for the implementation of the curriculum experiment group are proposed from the perspective of implementation guarantee measures.

ry out comprehensive, research-based and open innovation experiments has become an important link to cultivating and improving undergraduates' innovative and practical ability. Taking environmental microbiology as an example, this paper discusses the development of water pollution control engineering experiments of its subsequent coupled course, and integrates the environmental microbiology experiment content as a detection method and basis in water pollution control experiments. In addition, taking industrial wastewater as an example, several stages and steps of biochemical water treatment experiments are designed. Finally, the paper puts forward some countermeasures and suggestions for the development of the coupled course experiment group from the aspects of the guarantee measures.

Keywords

Coupling, Curriculum Experiment Group, Joint Establishment

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

环境科学与工程专业是面向新型工业化建设中的环境保护行业、煤化工行业、纺织行业、印染等行业，旨在培养学生能够利用所学的知识进行环境管理、污染物消除、环境报告的编写，为环境保护事业做出积极的贡献。据中国教育在线网数据统计，全国具有环境科学与工程专业的普通高等院校约有 370 余所，因此开展专业实验的课程教学探讨对专业的人才培养具有较广的借鉴意义。

环境科学与工程专业具有课程量大、知识面广、课程之间联系紧密等诸多特点。在教学过程中，一门课程所学的内容直接关系到后续课程的教学，课程群的学习程度也会直接关系到专业所学的好坏。环境微生物学是环境科学与工程专业的专业基础课，通过课程的学习，要求学生掌握微生物学的基本知识，生长繁殖的基本规律，学会用微生物治理环境中的污染物。

2. 环境微生物学教学内容

环境微生物学作为一门专业基础课程，需要有较深的生物基础知识和仔细的生活观察能力。微生物界是另一个我们肉眼不可见的世界，但对人们的生活、健康和生态环境具有重要的作用。已有研究表明，土壤微生物对农业发展具有较大的影响[1]，微生物对农村污水污染物具有良好的处理效果[2]。对盐含量高的污水和城市污水处理也具有很好的效果[3] [4]。在工业废水中，微生物的处理效果和效率有时候是废水处理的不二选择[5]。同时，有学者提出利用改善物化条件、利用基因工程手段、采取化学改性、使用复合絮凝剂、加强群感效应等一系列优化微生物絮凝剂生产和使用的方法来进行工业废水的处理[6]。可见，微生物对于污染物的处理具有及时、彻底等特点，微生物的课程学习与污染物的处理息息相关，尤其是废水的处理。

环境微生物学课程的学习主要包括微生物的基本简介，病毒、原核微生物、真核微生物、微生物的生理和生长、微生物的遗传和变异、微生物生态学、微生物在环境物质循环中的作用、微生物与环境污染治理等内容。如图 1，主要可以分为三个部分，第一部分为微生物的简介与主要的微生物介绍，第二部分为微生物的生长繁殖和遗传变异，第三部分为微生物对环境污染物的治理。其中，第一部分是课程教学的重点，也是后续学习内容的基础，第二、三部分课程教学的重点和难点。从课程学习整体的学时

分布和内容分布来看，微生物的生理、生长、遗传、变异及其影响因素是课程教学最为重要及核心的部分，从这些内容可以学到微生物的培养、驯化，以及用于特殊污染物治理的微生物培养。

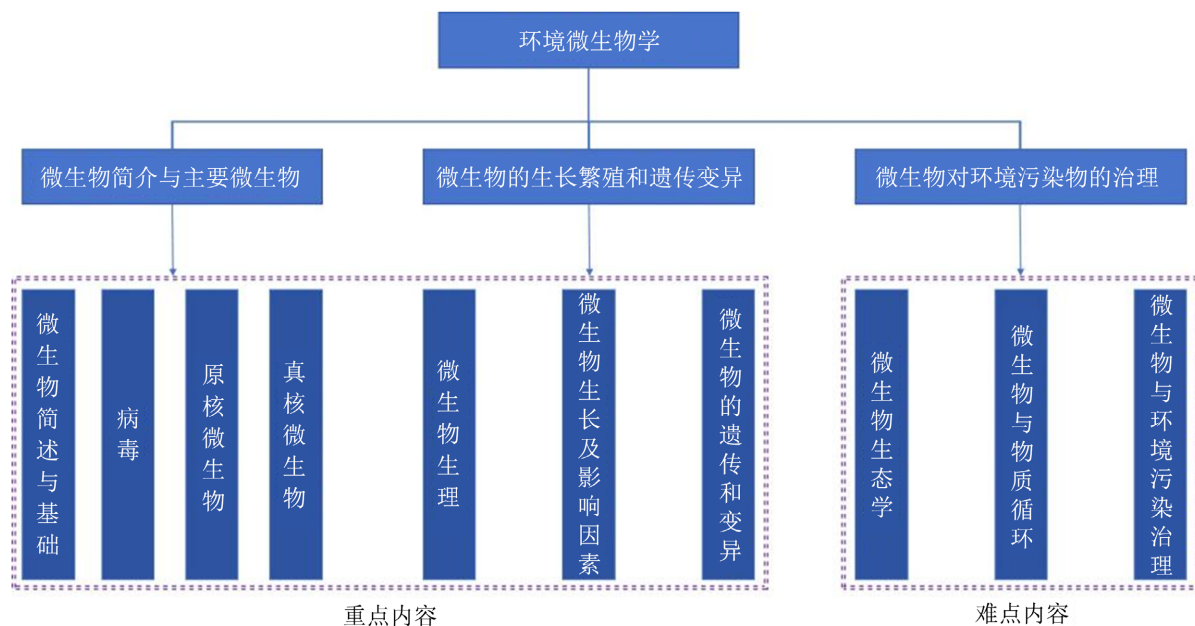


Figure 1. The content of environmental microbiology

图 1. 环境微生物学的内容

3. 环境微生物学课程特点

环境微生物学作为环境专业的基础课，课程一般采用课堂理论教学和实验教学相结合的方式进行。理论教学是进行学习的前提，将为后续实验课的开展和学生的后续学习打下坚实的基础。在教学的过程中，往往能够发现教学具有以下特点：

3.1. 课程具有综合性

环境微生物学在授课过程中，发现课程需要具备生物学基础知识、化学基础知识以及物理基础知识。学生们学习程度的不同，会造成基础的较大差异，这就要求在进行每个知识点讲解的时候，教师适当补充以前所学的知识，增进课程教学中内容的理解。

3.2. 实验教学在课程总体教学中占比较大

在学习完主要的微生物及微生物的特点之后，微生物的生长和变异就需要前面所学的知识。这时候通过实验、视频的方式加强学生的学习就显得至关重要。例如在讲到温度对于微生物生长影响的时候，我们就可以在微生物的培养实验里保持不同的温度，观察微生物生长的情况，从而就可以对微生物生长的影响因素有非常直观的认识。

3.3. 微生物课程教学对后续环境专业课的影响

利用微生物进行环境污染物的治理是课程教学最重要的内容，也是课程教学最难的内容。已有研究表明，微生物对固体废物、空气污染物和水污染都具有良好的处理效果，尤其是水污染的处理。目前，城市生活污水和工业废水的处理大多是以微生物为主的活性污泥法或其衍变方法。微生物对水污染处理

工程课程的后续学习至关重要。

4. 耦合课程的实验群联合建立

环境微生物学与水污染处理工程具有极强的相关性，水污染处理工程中的生物处理法以及污水的深度处理，均离不开微生物。微生物的种类、微生物的生长情况直接关系到水污染处理的效果。而高效、低成本是水污染处理的目标。因此，将两门课的实验课进行联合的设立将极大的促进后续课程的学习。目前，环境微生物学实验的主要的内容有：光学显微镜的使用、原核/真核微生物的观察、微生物菌落的观察、微生物培养基的制作、微生物的培养和革兰氏染色。从单个课程的教学来看，实验的设计覆盖微生物学知识，能够使学生直观地了解微生物、认识微生物并培养需要的微生物。

水污染处理工程的实验主要有混凝实验，自由沉降实验，曝气设备充氧能力测定实验，污泥性能测定实验，滤池过滤和反冲洗实验。可以看到，水污染处理实验主要是对水中主要固体颗粒物的去除和活性污泥性能的测定实验。

从耦合课程的建立角度来讲，环境微生物学与水污染处理工程属于耦合度较高的课程。但从实验的关联性来讲，两者的关联度不强，耦合性不够好。从课程实验群建立的角度出发，提出课程实验建立的方法。

4.1. 水污染控制工程实验中要以环境微生物学的内容为基础

环境微生物学中，常用微生物的种类来表征水的清洁程度。例如，鞭毛虫多在有机物较多的水域生活，多为多污带或 α 中污带。肉足虫常在有机质浓度较高的水体中出现，多为 α 中污带或 β 中污带的自然水体。吸管虫多在 β 中污带和多污带的污水处理效果一般时出现，固着型纤毛虫多在寡污带中生活，是水处理自净程度高、污水处理效果好的指示生物[7]。因此，在进行水污染控制工程实验时，针对于污水处理效果，采用镜检微生物的方式，查看污水处理效果。将会极大地促进两个课程的结合，更加有利于学生们对于知识的理解。

4.2. 水污染控制工程实验要增加针对于特定污水处理的活性污泥培养方法

水污染控制工程课程旨在培养学生进行特定水质的污水处理，尤其是工业污水的处理。对于工业污水的处理，大多是采用微生物处理的方法进行，而微生物处理法需要先对组成的活性污泥的微生物进行驯化。因此，水污染控制工程实验中可以增加利用特定的方式处理工业废水的实验，例如 UASB 处理高浓度有机废水实验。在实验开始前，就可以先对处理的微生物进行驯化处理，在进行污水的处理实验(图 2)。

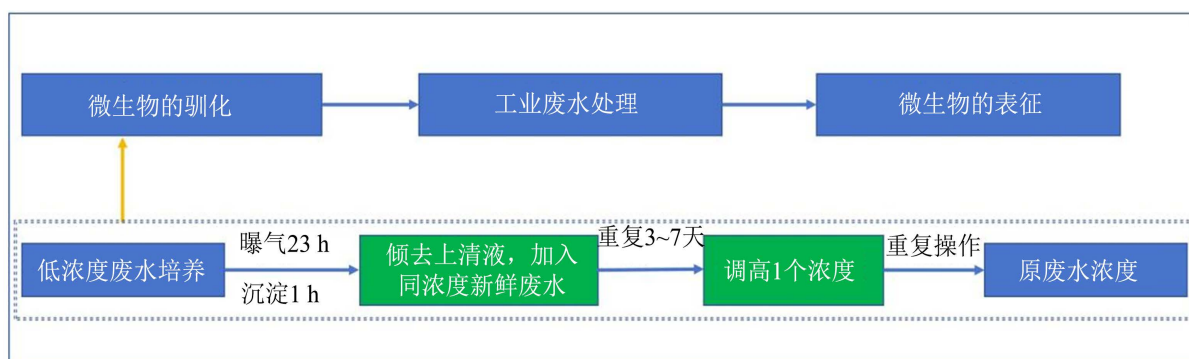


Figure 2. The process of industrial wastewater treatment

图 2. 工业废水处理的流程

4.3. 从课程耦合角度设计水污染控制工程实验

水污染控制工程的重点内容在于对污染水的处理，其处理方法可以分为物理化学处理方法和生物化学处理方法。物理化学处理方法是利用物理的沉淀、沉降等原理处理污水，生物化学处理方法是利用微生物的生长、代谢作用对水中的污染物进行处理，常用的方法是活性污泥法和生物膜法。

物理化学处理方法的实验一般为混凝实验和自由沉降实验(图 3)。在原来实验的基础上，增加生物镜检的步骤，利用水中微生物的指示作用来表征水污染处理的效果。还可以与原来化学检验法的水污染指标进行对比，看此种方法是否能够替代化学检验的方法，从而提高学生的学习兴趣。

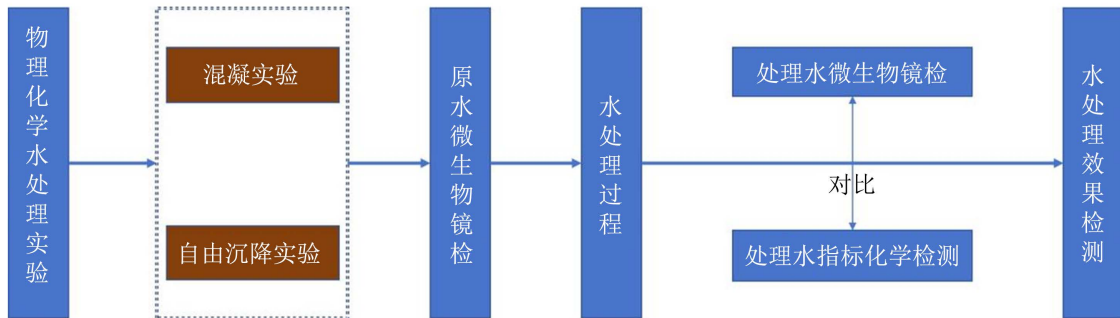


Figure 3. Coupled design of physicochemical water treatment experiments

图 3. 物理化学水处理实验的耦合设计

生物化学水处理实验主要是利用生物学法对污水进行净化的实验，一般采用活性污泥的生物法。因此，实验多为活性污泥性能的测定实验，主要包括曝气设备充氧能力测定实验，活性污泥性能测定实验等。传统的水处理实验一般较少涉及微生物的内容。针对于越来越多的工业废水处理需要，在课程实验中增加工业废水的处理十分有必要。因此，基于耦合理念的实验课程实验应该基于废水的综合处理来进行设计。首先是活性污泥的培养，利用微生物驯化的方式进行培养，然后对培养好的活性污泥进行性能的检测，主要是对设备充氧能力的测定和活性污泥性能的测定。最后是进行工业废水的处理(图 4)。

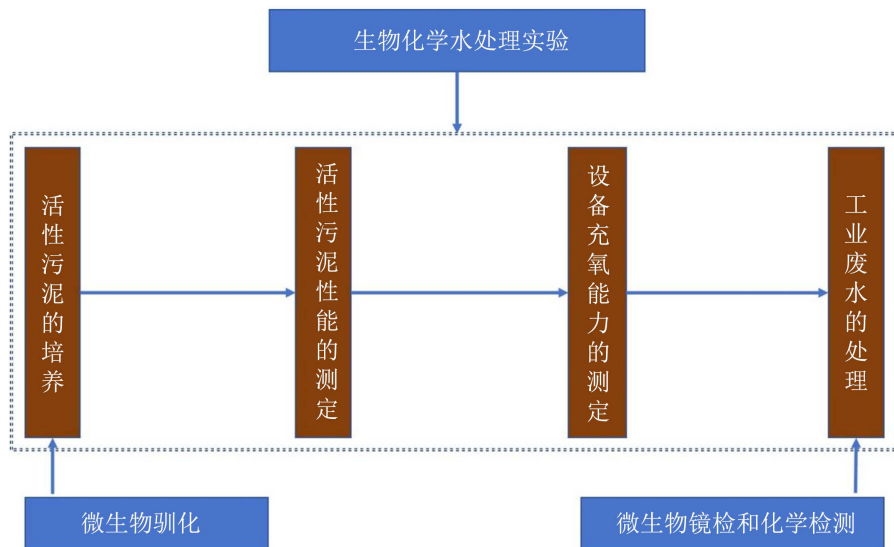


Figure 4. Coupled totals for biochemical water treatment experiments

图 4. 生物化学水处理实验的耦合合计

5. 课程实验群建立的意义和实施保证

课程实验群的建立对于学生的学习意义重大,能够极大地激发学生的学习兴趣,更能够极大地锻炼学生的动手能力,对于学生的深层次培养意义重大。首先,实验群课程的设计能够帮助学生建立专业学习的框架。专业的学习框架对于学生来讲是很重要的。在教学过程中,学生们往往对于一门课的意义是什么,一门课对专业学习的意义是什么存在较大疑惑,通过实验课程的桥梁将两门课或者数门课的内容有机地结合起来,加强学生对于专业的理解程度,构建本专业的学习框架。其次,实验群课程的设立能够引导学生思考,通过微生物-水污染控制实验课程群可以让学生认识到深入的研究和学科的结合能够创造出更多的创新实践,可以解决生产生活中出现的许多实际问题。再次,实验群课程的设计能够锻炼学生的综合能力。实验的完成需要众多学生的配合,而课程群实验的完成不仅需要多学生的配合,还需要多课程的配合,这就充分锻炼了学生们的综合能力,为未来的工作打下了坚实的基础。

课程的设计构想和实施之间需要一定的实施措施。实验群课程的实施更是如此。

5.1. 实验教学大纲的详细制定

现行的专业人才培养方案的课程体系及教学计划中,课程之间上课顺序是按照专业学习内容的先后顺序进行排序的,但对于课程内容之间的衔接性和贯穿性依赖于教学安排,而两门课的上课教师往往不同,这就导致实验内容的衔接上存在认知和执行上的不同,耦合课程的衔接性不强,或者没有在重点的阶段进行衔接。这就需要耦合类课程群实验课的实施需要制定详细的实验教学大纲,尤其在实验目的、实验原理和实验操作步骤等方面进行详细的安排,实现课程实验群真正的融合。

5.2. 教务管理部门的支持

课程实验群在上课过程中,不可避免的会因为操作的问题使得实验的进程延后,与学校要求的教学制度不相吻合。因此,需要学校、学院教务管理部门对这类创新型课程检查期间,报以支持和宽容的态度,待课程稳定之后,再以规定进行严格的要求。

5.3. 多名专业教师共同指导

课程群实验课的顺利实施不仅需要水污染控制工程教师的指导,更需要微生物学教师的指导,两位老师共同的指导才能使活性污泥法的实验更为顺畅和成功的完成。其他具有丰富工程实践经验的教师也可以参与指导,进一步拓展实验的应用性,进行“现身说法”。

5.4. 经费和实验场地保障

实验群课程的建立需要在原有实验的基础上,增加一些耦合性课程的实验环节,以此来验证多课程之间的耦合性和连接性。这就需要一次实验准备两个实验的实验药品和仪器,同一个实验相比,也需要更大的实验场地,以保证实验的顺利开展。

6. 结语

在新工科背景和产业转型的背景下,市场的发展对于高校专业的培养提出了更高的要求,教师需要在上课过程中培养学生的专业知识能力,锻炼学生的综合能力,以期更能适应未来工作和研究中的环境。文章从课程之间的衔接性出发,以耦合性为出发点,探索了基于环境微生物学的水污染控制工程实验的设计,并从微生物可以处理废水,表征废水处理的清洁度出发,设计了物理化学和生物化学的水处理实验,并以工业废水的处理为目标,将生物化学水处理分成四个小实验。实验的顺利实施能够充分将两门课程的内容结合在一起,提高学生的学习效果,并能对其他课程的教学改革提供一定的借鉴。

基金项目

新疆工程学院教育教学改革项目：供给侧改革视角下高校人才培养方案的优化——以环境科学与工程专业为例(XJGCJGB202305)，新疆维吾尔自治区重点研发任务专项(2022B03029-1)。

参考文献

- [1] 周雪, 崔俊涛, 李明堂, 等. 土壤微生物助力东北黑土区农业资源与环境保护与发展[J]. 吉林农业大学学报, 2022, 44(6): 679-687.
- [2] 刘欢, 杨晨曦, 秦树敏, 等. C/N 对 HN-AD 菌-藻颗粒污泥体系处理农村污水污染物去除性能和微生物特性的影响[J/OL]. 中国环境科学, 2023: 1-13. <https://doi.org/10.19674/j.cnki.issn1000-6923.20231127.049>, 2023-12-21.
- [3] 杨英, 柏松, 罗玲, 等. 低温对含盐食品污水深度处理性能与微生物群落的影响[J/OL]. 水处理技术, 2023: 1-6. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/33.1127.P.20231026.0954.002.html>, 2023-12-21.
- [4] 葛淑婷, 张辉, 黄敏锐. 城市生活污水处理中微生物技术的应用[J]. 工业微生物, 2023, 53(5): 30-32.
- [5] 李亚才. “物化 + 生化 + 特种微生物”技术在高含盐污水预处理中的应用[J]. 化工管理, 2017(9): 124.
- [6] 赵诗琪, 李康辉, 陈猷鹏. 微生物絮凝剂及其在工业水处理中的应用探索[J]. 工业水处理, 2023, 43(2): 1-13. <https://doi.org/10.19965/j.cnki.iwt.2022-0826>
- [7] 乐毅全. 环境微生物学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2018.