

混凝沉淀实验教学内容优化研究

李福勤, 王冬云, 李清雪, 李思敏, 蓝梅

河北工程大学, 能源与环境工程学院, 河北 邯郸

收稿日期: 2022年6月17日; 录用日期: 2022年7月11日; 发布日期: 2022年7月18日

摘要

基于新工科建设, 从培养学生的工程思维、批判性思维和团队协作能力出发, 以水质工程学基础实验之一混凝沉淀实验为例, 探讨了新工科背景下的实验教学内容优化。针对传统混凝沉淀实验存在的内容比较单一, 方法单调, 不利于对学生创新能力的培养等问题, 采用正交实验开展设计型实验, 结合过滤-消毒工艺开展综合型实验, 利用新技术创新实验内容。实践表明, 通过优化实验教学内容, 开展设计型、综合型以及创新型实验, 效果优良, 有利于学生创新能力的培养和综合素质的提高。

关键词

新工科, 实验教学, 混凝沉淀, 水质工程学, 正交实验, 磁混凝, 过滤

Study on the Optimization of Coagulating Sedimentation Experimental Teaching Content

Fuqin Li, Dongyun Wang, Qingxue Li, Simin Li, Mei Lan

College of Energy and Environmental Engineering, Hebei University of Engineering, Handan Hebei

Received: Jun. 17th, 2022; accepted: Jul. 11th, 2022; published: Jul. 18th, 2022

Abstract

Based on the construction of new engineering, starting from cultivating students' engineering thinking, critical thinking and teamwork ability, taking the coagulating sedimentation experiment, one of the basic experiments of water quality engineering, as an example, the optimization of experimental teaching content under the background of new engineering is discussed. In view of the problems existing in traditional coagulating sedimentation experiments that the content is relatively simple, the method is monotonous, and it is not conducive to the cultivation of students' in-

novative ability, orthogonal experiments are used to carry out designed experiments, combined with filtration-disinfection technology to carry out comprehensive experiments, and using new technology to innovate experimental content. Practice shows that by optimizing the experimental teaching content and carrying out design-based, comprehensive and innovative new experiments, the effect is excellent, which is conducive to the cultivation of students' innovative ability and the improvement of comprehensive quality.

Keywords

New Engineering, Experimental Teaching, Coagulating Sedimentation, Water Quality Engineering, Orthogonal Experiment, Magnetic Coagulation, Filtration

Copyright © 2022 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

近年来,教育部大力提倡“新工科”建设。“新工科”人才培养要解决的是我国多年来累积的人才实践不足、技能缺乏等问题。高校实验教学是学生实现理论知识升华的关键环节,是培养学生创新意识和能力、合作精神和团队意识的关键环节[1] [2] [3] [4] [5]。基于新工科建设,要将培养学生的工程思维、批判性思维、自主终身学习能力、团队协作能力、跨学科交叉融合能力贯穿于实验教学的全过程[6] [7] [8] [9]。

水质工程学实验是给排水科学与工程专业课程体系中理论与实践相结合的重要课程,是工程素质和创新能力培养的重要实践教学环节[10]。近年来,各学校针对实验教学进行了不少改革尝试,但是目前大部分高校水质工程学实验的教学内容以验证重要理论知识为主,形式单一、方法单调,综合性和设计性实验项目偏少,缺乏对学生动手能力和创新能力的考察[11] [12] [13] [14] [15]。

本文以水质工程学基础实验之一混凝沉淀实验为例,探讨新工科背景下的实验教学内容优化。

2. 传统混凝沉淀实验方法及内容

混凝沉淀实验是水处理的基础实验之一,被广泛地用于科研、教学和生产中。实验的目的是确定某水样的最佳投药量,观察矾花形成过程及混凝沉淀效果,加深对混凝机理的理解[10]。传统的实验方法及内容为:1) 教师提前准备好实验用主要设备及用具,如混凝试验搅拌机(六联)、浊度仪、量筒、烧杯、移液管和一定浓度的混凝剂溶液等;2) 学生在规定的时间进入实验室,按指导书提供实验步骤进行实验,包括取水样、取混凝剂,开启混凝搅拌机,观测矾花形成过程,搅拌过程结束后沉淀一定的时间,取上清液测定浊度,将实验数据记录在已有表内(见表1),一般在2学时内完成实验;3) 课后根据实验数据整理实验报告,主要是确定出本次实验的最佳投药量。整个实验过程学生都是按已有步骤进行,内容比较单一,方法单调,从实验内容到实验时间都限制了学生的主观能动性,不利于学生创新思维和对创新能力的培养。为此,开展混凝沉淀实验内容的优化非常迫切,具有重要的现实意义。

3. 实验内容优化

混凝是一个恒久的、引人入胜的课题,已成为水和废水处理的重要手段,是影响处理效果的关键因素。人类对混凝技术的研究一直在深入进行,有的侧重于设施的改进和提高,有的通过对混凝剂和助凝

剂的筛选优化、反应条件的强化,有的结合预氧化、重介质、吸附等,这些为混凝沉淀实验内容的丰富和优化提供了支撑。以下针对设计型、综合型和创新型实验类型优化混凝沉淀实验内容。

Table 1. Record table of coagulating sedimentation experiment

表 1. 混凝沉淀实验记录表

	原水浊度(NTU): 125		原水温度(°C): 21		混凝剂名称: PAC	
水样编号	1	2	3	4	5	6
投药量(mg/L)	10	20	40	60	80	100
矾花增长情况						
上清液浊度(NTU)						

3.1. 设计型实验方式

影响混凝沉淀效果的因素较多,包括原水水质、水温、混凝剂种类及投加量、助凝剂种类及投加量、以及反应过程的水力条件等,对于多因素实验可以考虑正交实验,指导学生开展混凝沉淀影响因素的正交实验设计。例如:为了进行某种污水的回收重复使用,采用正交实验(L9(3⁴))去掉一列来安排混凝沉淀实验,选择三个有关因素:药剂种类、加药量及反应时间,以出水 COD、SS 作为评价指标,实验前学生需查阅相关资料,确定混凝剂种类、相应的加药量取值,确定反应时间取值,然后进行正交实验设计,见表 2 所示。

Table 2. Orthogonal experimental design table

表 2. 正交实验设计表

实验序号	因素	A	B	C	空列	实验结果	
	药剂种类		加药量 (mg/L)	反应时间 (min)		出水 COD (mg/L)	出水 SS (mg/L)
1	1 (三氯化铁)		1 (15)	1 (15)	1		
2	1		2 (5)	2 (5)	2		
3	1		3 (25)	3 (10)	3		
4	2 (硫酸铝)		1	2	3		
5	2		2	3	1		
6	2		3	1	2		
7	3 (硫酸铁)		1	3	2		
8	3		2	1	3		
9	3		3	2	1		

实验结束后需根据实验结果进行直观分析或方差分析,得出最佳药剂种类、加药量及反应时间参数,如果方差分析还可以得出因素的显著性水平。通过正交实验设计,使学生掌握多因素实验的科学方法,事半功倍,对混凝机理及其影响因素的理解更加深刻。

3.2. 综合型实验方式

在工程实践中混凝沉淀与过滤消毒共同组成给水或废水处理的工艺流程,因此,可以将这些工艺技

术整合为综合性实验内容。如典型的地表水给水处理工艺：混凝沉淀 - 过滤 - 消毒工艺，整合为一个综合性实验项目，按工艺流程制作实验系统装置，学生可以模拟地表水给水处理过程，记录实验结果(见表 3)，优化确定各工艺参数。

Table 3. The experimental record of coagulating sedimentation-filtration-disinfection process
表 3. 混凝沉淀 - 过滤 - 消毒工艺实验记录表

混凝沉淀参数：反应时间 15 (min)，沉淀时间 90 (min)	
混凝剂(PAC)投加量(mg/L)	10~50
沉淀出水浊度(NTU)	
过滤速度(m/h)	6~12
过滤出水浊度(NTU)	
消毒加氯量(次氯酸钠)(mg/L)	0.5~2.0
余氯量(mg/L)	

通过混凝沉淀 - 过滤 - 消毒工艺综合实验，学生对地表水给水处理工艺有了系统的认识，对混凝沉淀去除水中 SS 的作用和影响因素有了更加深刻的理解，有助于学生解决类似的复杂工程问题，综合素质得到提高。

3.3. 创新型实验方式

近年来，混凝技术得到新的发展，如重介质(磁粉或微砂)混凝沉淀技术、臭氧 - 混凝反应技术、芬顿氧化 - 混凝沉淀技术、混凝 - 超滤膜分离技术等，利用这些新技术开展混凝沉淀实验的创新内容。以重介质混凝沉淀技术为例，重介质混凝沉淀也称为加载絮凝沉淀，是一种新型的混凝沉淀技术，其原理是在常规混凝处理的基础上，在混凝过程的搅拌阶段，向反应器内同时投加絮凝剂和重介质颗粒，从而在反应器中生成含有重介质颗粒的絮体，因为重介质颗粒的密度较大，能够达到絮体高效沉淀的效果。

这里以磁粉为重介质，开展磁混凝沉淀创新实验。实验装置与传统混凝沉淀实验基本相同，只需准备适量的磁粉，在实验中可以固定磁粉的投加量，改变混凝剂投加量，确定最佳投药量，也可以混凝剂和磁粉按一定比例同时改变投加。磁粉混凝沉淀时间可以按 5 分钟即可。实验记录表见表 4。

Table 4. The experimental record of magnetic media coagulating precipitation
表 4. 磁介质混凝沉淀实验记录表

原水浊度(NTU): 145	原水温度(°C): 21		混凝剂名称: PAC	磁粉粒度: 200 目		
水样编号	1	2	3	4	5	6
投药量(mg/L)	10	20	40	60	80	100
磁粉投加量(g/L)	5	5	5	5	5	5
上清液浊度(NTU)						

进一步扩展可以开展磁粉的回收实验，即絮凝后的水进入到超磁分离机中，带有磁性的絮凝体被吸附在超磁盘(鼓)上面，从而去除水中的杂质，超磁分离机分离出来的磁性絮凝体通过管道泵打入高速剪切机，再进入磁种回收机内进行磁种的回收利用，剩余非磁性污泥就近排放至污泥池，浓缩脱水外运。磁

混凝沉淀较传统混凝沉淀可以大大缩短反应和沉淀时间,处理设施的占地面积大大减小,适应于场地紧张空间有限的情况使用,如煤矿矿井水的井下处理、钢铁废水处理的改造工程、污水处理应急工程等。

较传统混凝沉淀实验,通过设计型、综合型和创新型实验类型优化混凝沉淀实验内容,培养学生科学研究实验优化设计理念,事半功倍,提高综合分析问题和解决复杂工程问题的能力,创新实验扩大学生的视野,有利于学生创新能力的培养。

4. 实践效果

我校《水质工程学实验》于2020年单独设课,实验课时增加到32学时,利用单独设课的灵活性,优化实验项目和内容,增加综合性、设计性实验,将科研成果引入实验教学,开展创新实验,形成“演示型-验证型-设计型-综合型-创新型”逐步递进的多元实验教学内容。在2021年给排水科学与工程专业2018级水质工程学实验教学中,将混凝沉淀实验进行了改革,分组进行了设计型实验、综合型实验以及磁混凝沉淀创新实验,取得优良效果。

5. 结语

高校实验教学是学生实现理论知识升华的关键环节,水质工程学实验是给排水科学与工程专业课程体系中理论与实践相结合的重要课程,混凝沉淀实验是水处理的基础实验之一,以传统混凝沉淀实验方法及内容为基础,采用正交实验开展设计型实验,结合过滤-消毒工艺开展综合型实验,利用新技术创新实验内容。实践表明效果优良,有利于学生创新能力的培养和综合素质的提高。

基金项目

河北工程大学2020~2021年度校级教育教学改革研究与实践项目(JG2021004),河北省自然科学基金生态智慧矿山联合基金资助项目(E2021402015)。

参考文献

- [1] 高东锋. 信息化时代高校实验教学改革的要求、思路与路径[J]. 中国高教研究, 2018(4): 93-96.
- [2] 郭莉, 陶玉贵, 许家宝. 新工科背景下工程训练体系建构的路径思考[J]. 教育现代化, 2019, 6(61): 101-102+113.
- [3] 刘红飞, 张志萍. 新工科建设背景下实践教学的思路[J]. 教书育人(高教论坛), 2019(2): 90-91.
- [4] 张晖. 新工科、新文科建设背景下跨学科专业基础课程线上线下教学探究——以设计与材料课程为例[J]. 创新创业理论研究与实践, 2022, 102(6): 63-66.
- [5] 王准. 新工科背景下网络工程应用型人才培养课程体系构建与实践[J]. 科技与创新, 2022(7): 139-141.
- [6] 胡蔓, 赵云龙, 栾晓娜, 尚勇. 新工科背景下工程训练实践教学模式探索[J]. 实验技术与管理, 2022, 39(3): 256-259.
- [7] 吴春英, 白鹭, 谷风, 魏薇, 刘虹, 赵延辉. 新工科背景下环境化工类“双创型”人才培养模式研究[J]. 当代化工研究, 2022(3): 120-122.
- [8] 阎群, 李擎, 崔家瑞, 李希胜, 杨旭. 新工科背景下实践类课程混合教学模式研究[J]. 实验技术与管理, 2021, 38(1): 198-201.
- [9] 崔家瑞, 李擎, 阎群, 李希胜, 徐银梅. 省级实验教学示范中心的持续创新发展[J]. 实验室研究与探索, 2019, 38(4): 133-137.
- [10] 吴俊奇, 李燕城, 马龙友. 水处理实验设计与技术[M]. 第4版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015: 153-158.
- [11] 邓靖, 马晓雁. 水质工程学实验教学改革的实践与思考[J]. 教育教学论坛, 2020(41): 186-187.
- [12] 梁恒, 李伟光, 马军, 李圭白. 新工科背景下《水质工程学》课程建设思考[J]. 给水排水, 2020, 46(11): 143-146.
- [13] 曾薇, 王淑莹, 彭永臻. 改革水质工程学实验教学, 培养工程应用型人才[J]. 实验技术与管理, 2010, 27(7): 127-129+150.

- [14] 毕晓艳, 罗晓飞, 肖嘉莹. 新工科背景下生物医学工程专业课程教学改革与实践[J]. 创新创业理论研究与实践, 2022(5): 50-52.
- [15] 薛小旭, 陈昌泽, 谢启发. 科研训练对大学生创新能力影响的调查研究[J]. 科技与创新, 2022(8): 92-94.