

探究式实验在环境工程专业本科实验 教学中的应用

周海东, 詹咏

(上海理工大学 环境与建筑学院, 上海 200093)

摘要: 介绍了在环境工程专业本科生水处理综合实验中探究式实验的开展和评价。学生通过选题、设计, 然后进行实验验证。实验主题涵盖污水处理、污水资源化利用和水环境修复。实验结束后, 学生每人完成一份调查问卷, 并对问卷进行统计分析, 以对传统实验与探究式实验在提高学习效果方面进行比较, 评价探究式实验的有效性。调查结果表明, 学生们认可探究式实验, 并认为探究式实验有助于其理解环境基本概念及应用。此外, 实验分组的大小以及选题标准都不影响学生在小组中的表现。

关键词: 实验教学; 调查问卷; 环境工程; 工程教育

中图分类号: G 642.0

文献标志码: A

文章编号: 1009-895X(2018)04-0374-05

DOI: 10.13256/j.cnki.jusst.sse.2018.04.013

Application of Inquiry-based Experiments in Experimental Teaching for Environmental Engineering Undergraduates

Zhou Haidong, Zhan Yong

(School of Environment and Architecture, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: The enforcement and evaluation of the inquiry experiment in the comprehensive experiments of water treatment for environmental engineering undergraduates are presented in this paper. In the course the students select a problem, and then design and conduct the experiment to address it. The students' experimental topics cover wastewater treatment, wastewater reuse and water environment rehabilitation. Each student is required to finish a questionnaire after completing the experiment. A statistical analysis of the completed questionnaire is made in order to compare the traditional experiment with the inquiry ones in improving the learning, and to evaluate the effectiveness of the inquiry experiment. Results from the survey show that the students appreciate the inquiry-based experiments, and believe that the experiments contribute to their understanding of basic and applied environmental concepts. Neither group size nor selection criteria has an influence on the performances of students within their groups.

Keywords: experimental teaching; questionnaire; environmental engineering; engineering education

收稿日期: 2017-12-04

基金项目: 上海理工大学“精品本科”教学改革项目(2016-JPBKJ-007)

作者简介: 周海东(1971-), 男, 副教授。研究方向: 水处理理论与技术。E-mail: zhouhaidong@usst.edu.cn

2016年6月,我国成为《华盛顿协议》正式成员,工程教育认证体系得到国际认可,工程教育迈上新的发展台阶,从而激发了工科专业开展工程教育认证的热情,以提高专业人才培养质量。工程教育认证中重点强调科学实践,促使学生在科学探究和解决复杂工程问题中应用和增长科学知识^[1]。学生获得学位,学习了科学和工程知识,但通常很少能充分掌握如何有效应用科学与工程知识。当学生在大学里不能有效应用科学与工程知识时,教育模式和未来工作间就会出现关键性的脱节。因此,应推动教学改革,开展工程教育认证,重视科学实践,以提高学生的学习效果。

工科类实验课程往往是通过演示或动手实验,以强化学生对教学中所涉及的概念理解。实验对学习的作用很大程度上取决于实验的本身。实验教学方式可以有演示性(或传统)、发现式、问题导向性和探究性。演示性、发现式、问题导向性的实验,其结果通常是预先确定的。而探究性实验,其结果是不确定的,操作程序由学生制定,这非常有利于对科学与工程知识的理解与应用,有利于工程型人才的培养^[2]。

一些文献报道了探究式实验的实施和评估^[3-10]。除了以问题引导下的实验练习,学生问卷是评价课程的主要工具。Berg等^[11]开展了一个较全面的研究,评价两组学生;一组进行演示性实验,而另一组开展探究式的同一实验。根据对学生问卷的分析,表明探究式实验更有助于学生的学习。由于必备的资源(例如时间、设备、人员)所限,探究性实验难以频繁实施,对其报道相当有限。探究性实验的局限性也促使了演示性实验的普遍使用。

本文介绍了环境工程本科生在水处理综合实验中探究式实验的开展和评价。通过评价问卷的统计分析,对传统实验与探究式实验在提高学习效果方面进行了比较,对探究式实验的有效性做出评价。

一、探究式实验的实施

水处理综合实验是上海理工大学环境工程专业本科课程,是获得学士学位的必修课。其先修课程是环境工程原理和水污染控制工程。课程每学年开设一次,安排在第5个短学期。在2014年下半学

期之前,水处理综合实验基本采用演示性(“传统”)实验,即提供实验理论和程序的讲义给学生;实验小组进行实验,每人根据每次实验的结果,单独写一份实验报告并提交。整个学期至少进行5次实验。传统实验主要集中在水污染控制工程为基础的各处理单元(例如,混凝/絮凝、沉淀、吸附、氧化、生物处理)。通常第一次课安排的是实验室安全讨论课,而且在学期内有专业认识实习,安排两次污水处理厂的现场考察。

自2014年下半学期开始,对水处理综合实验教学大纲进行修订,纳入探究式实验,努力适应解决复杂工程问题的工程教育认证标准。传统实验的数量从5次减少到3次,并要求必须有一个探究式试验。对于探究式实验,要求每一组确定一个问题,并对此问题设计解决方案和开展实验,记录结果、提交个人的实验报告。探究式实验成绩占水处理综合实验课程最终成绩的40%,是终极的实验室训练。

探究式实验一般根据学生性格和能力分组,也适当允许学生选择小组。先在小组内进行充分的讨论,确保探究式实验课题在环境工程专业实验室所提供的分析平台和资源下能顺利地进行,学院工会也为此课程提供支持。每一组采用头脑风暴方式讨论当前热点环境问题,并咨询实验教师和专业教师关于进行该实验课题的可行性。鼓励学生查阅期刊、文献和互联网信息。提醒学生们必须定义一个特定问题,同时牢记须对该问题进行实验,并检验预期结果。

实验课题一旦最终确定,学生们需提交选题说明,详细列出针对的问题、建议的程序、所需的材料、预期的结果和结论。三学年,共开展30个探究式实验,涵盖污水处理、污水资源化利用和水环境修复。由于学生设计的实验数量多,在此仅讨论少数突出的案例。

2014年下半学期,某一小组研究了地下水重金属污染的治理。这个实验是根据2013年河北沧县某村的地下水呈铁红色,而当地的环保局长竟称“红的水未必不达标,红小豆煮出的饭也是红色”的新闻设计的。学生从当地的污染源和类似的其他重金属污染的文献了解到,地下水的污染与地面的化工厂和垃圾填埋有关,并指出了环保局长言论的错误。他们运用

模拟的红色地下水溶液,通过 pH 调节、混凝沉淀、活性炭吸附方法,评估重金属的去除效果。

针对 2015 年 8 月 12 日天津港爆炸事故中由氰化物泄漏所引起地表水及可能的地下水污染问题,某一小组在 2016 年下半学期实验研究了水中氰化物的快速高效降解技术。学生们采用不同的氧化技术,并与生物处理技术相结合,测定进、出水中氰化物的浓度,比较各工艺技术的处理效果,推荐最佳技术。

二、探究式实验的评价

(一) 调查问卷

设计了调查问卷,探究式实验与传统实验相比,探究式实验取得了好的学习效果。该评价是学

校学期末例行的课程和教师评价的一个补充。表 1 所示为整个三学年所使用的调查问卷。问题 Q1 至 Q4 分别赋与某一数值,便于对回答作统计分析;问题 Q5 至 Q9 是开放式的,以鼓励学生说明探究式实验的优缺点。

(二) 基于学生反馈的评价

表 2 列出了学生对学习效果、工作量和组内表现等各项的综合回答情况。 t 检验表明,探究式实验相对于传统实验提高了学习效果。此外,探究式实验的占分比例可合理地反映工作量,小组能很好地进行实验。对表 1 中问题 Q3 的回答表明,学生建议今后开展探究式实验的平均次数为 1.2 (95% 置信区间 1.1 ~ 1.3),这意味着在其后的每个年级应开设至少一次探究式实验。

表 1 探究式实验的学生调查问卷

Tab. 1 Questionnaire distributed to students to evaluate inquiry experiments

Q1. 请在合适的选项后打“√”:
年级:低年级_____,高年级_____
性别:男_____,女_____
GPA: <2.0_____,2.0 ~ 2.49_____,2.5 ~ 2.99_____,3.0 ~ 3.49_____, >3.50_____
Q2. 请在下述合适的选项中打“√”:
(a) 与传统实验相比,探究式实验加深了对环境基本概念的理解 () 完全赞成 () 赞成 () 无所谓 () 不赞成 () 完全不赞成
(b) 与传统实验相比,探究式实验能将课堂上所学的理论进行具体化应用 () 完全赞成 () 赞成 () 无所谓 () 不赞成 () 完全不赞成
(c) 与传统实验相比,探究式实验有助于理解如何设计和开展实验 () 完全赞成 () 赞成 () 无所谓 () 不赞成 () 完全不赞成
(d) 探究式实验的总分(占实验报告和记录的 40%)不能合理反映工作量 () 完全赞成 () 赞成 () 无所谓 () 不赞成 () 完全不赞成
(e) 当开展探究式实验时,小组集体表现良好 () 完全赞成 () 赞成 () 无所谓 () 不赞成 () 完全不赞成
Q3. 水处理综合实验中探究式实验的合理次数,你认为是多少?
Q4. 之前是否开展过类似于探究式的实验?若是,请说明该实验特点及课程。
Q5. 对于提高或改进探究式实验操作过程有何建议?
Q6. 最喜欢探究式实验操作过程中的什么?
Q7. 有建议开展探究式实验的其他题目吗?
Q8. 最不喜欢探究式实验操作过程中的什么?
Q9. 其他的建议?

单因素方差分析 (ANOVA) 用于评价某些因素是否影响表 1 中问题 Q2 和 Q3 的回答。 P 值小于或等于 0.05, 可认为是显著的影响。表 3 列出了 P 值, P 值小于 0.05, 表示该因素对某一问题回答的影响的显著性。认为探究式实验与传统实验相比有助于理解环境工程基本概念 (问题 Q2 (a)) 的学生数量, 在学年间有明显的不同。进一步的分析表明, 探究式实验开设的第一学年, 学生的反应明显高于以后的学年。这是由于学生知道这种实验是第一次开设, 因而更重视这次锻炼。

表 2 Q2(a) 至 Q2(e) 的学生综合回答情况分析

Tab.2 Analysis of composite student responses to Questions 2(a) to 2(e)

问题	回答平均值*	95% 置信区间
Q2(a)	0.71	0.51 ~ 0.87
Q2(b)	0.77	0.57 ~ 0.95
Q2(c)	1.04	0.86 ~ 1.22
Q2(d)	-0.08	-0.20 ~ 0.10
Q2(e)	1.20	1.05 ~ 1.40

* 分值: 完成赞成 = +2, 赞成 = +1, 无所谓 = 0, 不赞成 = -1, 完全不赞成 = -2

表 3 ANOVA 分析不同因素对学生在 Q2 和 Q3 上回答的影响 (P 值)

Tab.3 Impacts of various factors on student responses to Questions 2 to 3 analyzed with one-factor ANOVA (shown as P -values)

因素	Q2(a)	Q2(b)	Q2(c)	Q2(d)	Q2(e)	Q3
性别	0.012	0.512	0.298	0.189	0.698	0.519
教师	0.075	0.165	0.012	0.009	0.220	0.022
年级	0.155	0.489	0.071	0.989	0.401	0.201
GPA	0.800	1.023	0.163	0.196	0.718	0.852
学年	0.048	0.552	0.058	0.015	0.170	0.141

无论是学年因素, 还是教师因素, 都不影响学生对 Q2 (b) 的回应, 表明通过学生选题进行探究式实验, 与传统实验相比, 可将课程学到的理论更好地进行实体化应用。教师可影响学生对设计和开展实验的理解 (Q2 (c)), 这可能是由于教师在布置任务及布置方式上存在差异。表 3 也显示了学年间及教师间探究式实验占分分值 (Q2 (d)) 的差异。这可能是由于每学期学生选择的探究式实

验难度不同及每个教师指导的差异。

开展探究式实验的性别、年级和 GPA 并不影响学生对 Q2 和 Q3 的回答, 但是女生比男生更相信探究式实验有助于强化她们对环境基本概念和应用的理。对于 Q4, 三学年 132 位所调查的学生中, 压倒性的 92.4% 学生是第一次接触探究式实验。仅有 20 个学生 (占 7.6%) 以前接触过类似的探究式实验, 这些不足 8% 的学生可能是由于外部课程 (基础学科实验室或高中^[12]) 而接触探究式实验。

调查问卷还包含 5 个开放式回答的问题, 给学生自由发言的机会, 以讨论探究式实验的有利和不利方面。表 4 对学生的典型回答进行了总结。

表 4 开放式问题及学生的主要回答总结

Tab.4 Summary of open-ended questions and students' main answers

开放式问题	(占受访学生的百分比) 回答 (评论)
Q5: 对于提高或改进探究式实验操作过程有何建议?	(12) 小组化 (8) 实验时间更灵活些 (18) 提供探究式实验题目清单 (20) 现有的做法都很好 (13) 更多的教师指导
Q6: 最喜欢探究式实验操作过程中的什么?	(15) 做现场考察/现实中应用 (8) 团队合作 (38) 设计实验自由/制定流程自由 (24) 选题自由
Q7: 有建议开展探究式实验的其他题目吗?	(15) 没有/没有建议/不确定建议 什么 (21) 包含水质安全评价的实验 (32) 涉及再水生利用的实验 (12) 没有回答
Q8: 最不喜欢探究式实验操作过程中的什么?	(13) 选题 (10) 没有, 没有我不喜欢的 (20) 实验操作太繁琐 (15) 组规模太大 (5) 不知道如何设计实验流程
Q9: 其他的建议?	(15) 探究式实验的分值权重太大 (22) 探究式实验的操作过程制定应 得到教师更多的指导 (63) 没有回答

设计实验自由/制定流程自由是为数最多的学生 (占 38%) 认可探究式实验的一个主要特征。另有 24% 学生受访者提及选题自由是他们喜欢的探究式实验的一个关键特征, 而有 13% 的人则对此特别反感。大约 15% 的学生希望实验分组的规模更小些。这些受访者主要来自 2014 年下半学期

和2015年下半年学期的学生,当时10~15名学生组成一个小组。接下来的调查显示,几乎没有学生希望再调整小组规模。尽管这种差异主要在分组的学生数,但并没有明显影响各学年间学生在组内的表现(表2中学年对Q2(e)的影响)。能够自己选择小组的学生,与被分配到指定小组的学生相比,看法也基本一致,即他们的小组干得很好。当被问到他们想做什么时,53%受访者建议了40个有创意的主题。由此看来,学生们在探究式实验中表现出一定程度的创造性思维。虽然探究式实验得到学生们的普遍认可,但部分学生仍期望能在实验中获得教师更多的指导。在以后的教学中,可通过逐步强化学生在实验中的独立意识,加大独立工作量,实现从传统实验向探究式实验过渡。

三、结论

将探究式实验引入环境工程专业水处理综合实验教学,经对完成探究式实验的学生的调查研究表明,该实验增加了其对基本概念和理论应用的理解。学生普遍认为,在未来的水处理综合实验中应该至少纳入一个探究式实验。学习效果的提高与学生在实验小组中表现密切相关,与学年、教师、组的规模、选择标准等因素无关。总体上,学生认可探究式实验。只要有足够的资源,探究式实验是一个有用的实验教学方法,可让学生将更多的精力用于学习,提高学生对基本概念和理论的掌握以及对知识的应用能力。

参考文献:

- [1] 宋强,彭鹤,姚彦博.依据工程教育认证标准,改革工科专业课程教学[J].广东化工,2017,44(5):184-185.
- [2] 韩严和,陈家庆.工程教育认证下环境工程专业建设改革探索[J].中国现代教育装备,2017(9):48-50.
- [3] 张硕峰,贾占红,孙文燕,等.探究式实验教学在中药药理实验教学中的应用初探[J].中医教育,2017,36(1):9-11,14.
- [4] 刘军.探究式实验教学模式的分析[J].中国校外教育,2016(6):143.
- [5] 陈海敏,吴芳丽,李欧,等.微生物学探究式实验教学的反思[J].实验科学与技术,2016,14(3):85-88,118.
- [6] 郭嘉仪.团队协作探究式实验教学机制研究[J].科技资讯,2016,14(18):103-104.
- [7] 徐德峰,李彩虹,王雅玲,等.细菌革兰氏染色探究式实验教学的设计和实施效果分析[J].微生物学通报,2013,40(5):871-876.
- [8] 陈海敏,南旭莹,丁先锋,等.微生物学探究式实验教学模式的建立与实践[J].高校生物学教学研究(电子版),2012,22(4):23-26.
- [9] Sever S, Yurumezoglu K, Oguz-Unver A. Comparison teaching strategies of videotaped and demonstration experiments in inquiry-based science education [J]. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 2010, 2(2): 5619-5624.
- [10] Supasorn S. Enhancing undergraduates' conceptual understanding of organic acid-base-neutral extraction using inquiry-based experiments [J]. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 2012, 46: 4643-4650.
- [11] Berg C A R, Bergendahl V C B, Lundberg B, et al. Benefiting from an open-ended experiment? A comparison of attitudes to, and outcomes of, an expository versus an open-inquiry version of the same experiment [J]. International Journal of Science Education, 2003, 25(3): 351-372.
- [12] 张亚锋.谈高中物理探究式实验课堂的构建[J].教育观察,2016,5(24):100,102.

(编辑: 巩红晓)