

环境工程综合实验的体系设计及过程管理

孙也 朱天乐 曾小嵒

北京航空航天大学化学与环境学院 北京 100191

摘要：环境工程综合实验是本科生提高实验实践技能、培养科研兴趣的重要途径，是环境专业实验教学的核心环节。各高校针对综合实验不断地改革探索，逐渐形成了实验项目设置合理、授课内容科学、教学方法有效的、具有鲜活生命力的实验体系。文章介绍了环境工程综合实验课程的体系设计，并就教学各个过程管理进行了探讨。

关键词：环境工程综合实验；实验教学示范；教学过程管理

System Design and Process Management of Environmental Engineering Synthetical Experimental Course

Sun Ye, Zhu Tianle, Zeng Xiaolan

School of Chemistry and Environment, Beihang University, Beijing, 100191, China

Abstract: As an environmental course, environmental synthetical experiment is important for undergraduate students to acquire basic experimental skills and develop scientific interest, which is core areas of teaching system of environmental courses. Reform and explore is constantly done in various colleges and universities, then a teaching system, which is Setting of experimental projects scientifically and reasonably, and establishing of effective teaching methods, is established. The article introduces the experimental items setting, meanwhile discusses experimental teaching demonstration and methods of teaching process.

Key words: environmental synthetical experiment; experimental teaching demonstration; teaching process

DOI:10.13492/j.cnki.cmee.2016.05.020

2013年以来，环境工程专业认证工作得到了很大的推进，高校希望借此为契机，促进环境工程教育国际化，以提高工程人才培养的质量^[1-4]。工程人才培养过程中，实践能力和工程创新能力培养是重中之重，环境工程综合实验作为实验实践教学体系的核心部分，必须不断地改革创新，才能符合专业教育的国际进程^[5-7]。

目前不同高校开设的环境综合实验各具特色，开课时间和实验内容不同，但共同点都是剥离于理论课的一个独立课程，这样综合实验可以不受理论课的限制，使得综合实验更加具有综合性、开放性和设计性^[8-12]。我校环境工程综合实验依托市级实验教学示范中心，是一门“以科研开放反哺实验教学内容，以实验设计启发原始创新能力，以综合实践带动工程实际能力”为特色的开放式、立体式综合

实验。本文详细介绍了实验体系设计特点，并就教学过程管理进行了探讨。

1 环境工程综合实验体系设计

构建开放式、立体式环境综合实验的目标是着力培养学生探索精神、科学思维、工程实践和创新能力，该课程开设在夏季小学期，采取集中时间段开课方式，授课对象为二年级升三年级的本科学生。小学期集中开课，一方面学生完成仪器分析、环境工程原理、环境监测、环境微生物等基础理论和基础实验的学习后，掌握了一定专业基础知识和基本实验技能，另一方面学生能够利用一个完整的时间段集中精力投入实验实践中，教学效果更为显著。

课程由三个部分组成：讲座、参观实践和综合实验。整个实验体系以综合实验为主线，实验贯穿整个课程，实验部分选择贴近学生生活的实验设计，以提高学生开展实验的热情和兴趣。以“校园环境检测”为背景，涵盖水、气、固废等主要方向，占总课程的70%以上，其间穿插讲座和参观实践内容，以丰富实验教学体系。综合实验体系设计如图1所示。

收稿日期：2015-05-28

作者简介：孙也，实验师。

基金项目：北京航空航天大学教改立项(编号：2013-432322)；北京航空航天大学基础科研项目(编号：30422401)。

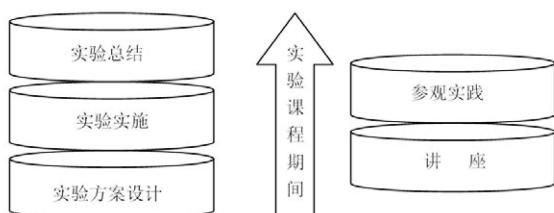


图1 环境工程综合实验体系设计

2 环境工程综合实验过程管理

教学过程中能否达到预期实验体系设计的目标，过程管理尤为重要。一、实验过程管理主要包括：实验大纲及讲义、课堂讲授、实验方案讨论、实验准备、实验演示、实验结果分析和实验报告；二、讲座过程包括：讲座教师选择、讲座内容把握；三、参观实践过程包括：课堂讲授、问题准备、入厂教育、中期考核、实践报告。下面对具体的过程管理进行介绍。

2.1 实验过程管理

(1)实验大纲及讲义。由于综合实验开放性和设计性的特点，没有使用已出版的实验教材，讲义是由任课教师根据实验大纲编写而成，每学年都根据专业前沿技术、科研现状和上学期实验中发现的问题进行补充和修订，更新的大纲和讲义开课前1个月上传至实验教学示范中心网站，提前通知学生，使得学生做到心中有数，并根据情况提前准备实验方案。

(2)课堂讲授。任课教师通过课堂讲授介绍本课程的纪律要求和规章制度，另一方面介绍实验具体安排，包括时间安排、实验要求和考核制度。同时针对综合实验的特点，增加文献检索内容的教学，帮助学生更快地学会使用数据库，为实验方案设计提供文献支撑。

(3)实验方案讨论。组建3~5人的多元化综合实践团队，根据讲义指导和文献启发提出自己在环境领域的实践思路及选题，自行确定研究内容，实验方法和技术路线，撰写正式格式的申报书。通过PPT汇报，教师根据实验的预期结果和实验教学示范中心现有设备情况，与学生讨论修改方案的可行性和技术路线。

(4)实验准备。教师根据学生团队的实验方案，提前准备实验所需玻璃器皿、仪器和试剂等，本项工作

是综合实验教学中的难点之一，教师需要提前调试好实验装置并进行一定的预实验，尽量排除实验中可能存在的问题。

(5)实验演示。一是针对学生实验中需要的仪器设备正确的使用流程和易发生问题的步骤进行现场演示，例如大气采样器、COD消解仪、离子色谱仪等。二是对实验方案中关键步骤进行分析并部分步骤进行现场演示，以提高实验的成功率，减少不必要的操作失误。

(6)实验结果分析。倡导启发式、探究式、讨论式、参与式教学，增设实验结果讨论分析环节，针对实验结果和实验过程中遇到的问题进行分析，特别是典型的成功和失败实验案例进行分析，为后续学生专业实验作为前车之鉴，促使学生感受实验的严谨性和科学性。

(7)实验报告。实验报告的内容除了包括实验目的、实验内容和实验结果分析，首先要针对技术的研究进展进行综述，掌握整个选题的发展现状。其次根据实验设计到实验实施过程中得与失进行全面自评和分析总结。并要求学生用Origin软件处理实验数据。

2.2 讲座过程管理

(1)讲座教师的选择。讲座的目的是让学生更快地了解学科前沿及工程实际，必须少而精。据此，邀请的讲座人包括科研课题前沿和具有工程经验的教师和具有实践经验的专业技术人员担任客座教师，通过引入实际案例教学和现场教学等环节，可以消除理论教学与实习环节脱离的弊端。

(2)讲座内容的把握。积极与讲座教师沟通讲座内容，针对大二升大三学生的特点，把握讲座内容的深度和广度，既满足学科前沿内容的介绍，又对工程案例进行分析，指导学生学习专业课程和实验过程中有目的、有效率地学习。

2.3 参观实践过程管理

(1)课堂讲授和问题准备。任课教师通过课堂讲授介绍实践基地的基本情况，布置实践的具体安排，包括时间安排、实践要求和入厂安全教育。要求学生入厂前预习实践基地的工艺流程和基本设备参数，每人准备1~2个问题，带着问题去进行工程实践，保证实践的质量，以免走马观花。

(2)中期考核。在每个实践基地学习后，采用公共题目笔试和随机一对一问答方式对实践内容进行中期考核，实践证明，这种方式不但有助于吸引学生实践过程中的学习效率，提高学生参观实践的注意力，也巩固加深了学生对实践知识的掌握。

(3)实践报告。为杜绝个别学生偷懒、拷贝报告的行为，要求学生实验数据及分析部分手写报告；要求学生写出自己所学知识与工程实践的联系，以此来巩固提高自己的专业知识，并为后续专业课的学习做铺垫。

3 环境工程综合实验的创新开放式

环境工程综合实验实践教学强调设计性、自主创新和独立从事实验的能力培养，在学生实验技能形成、综合素质提高和创新能力培养过程中具有重要的地位和作用。

(1)综合实验教学鼓励了部分本科生参与科研活动。部分学生通过综合实验的锻炼，提高了实验能力，开始参与教师科研活动，这使本科生和研究生一样接受系统的科研训练，承担起一些助教和助研的任务。

(2)促进科研与教学互动，及时把创新的科研成果转化为教学内容，例如将等离子放电处理VOCs，纳米材料光催化法处理废水，重金属污染物迁移转化、生态毒理效应，生物膜法处理废水等科研成果，启迪学生的创新意识。

(3)真正实行开放式体系，一是实验室、研究基地等向学生开放；二是实验内容开放，学生自主设计实验方案及路线，与同学或指导教师探讨后实验；三是时间开放，充分利用小学期时间以及其他课外时间。

(4)部分同学延续综合实验的选题，并参加“冯如杯”科技竞赛、大学生科研计划(SRTP)及大学生化学竞赛等课外科技活动，展示其科研成果。

(5)实验和实践的有机结合使得学生充分了解科研和工程实际，为其后续就业作为指导。

4 结束语

环境工程综合实验作为一门独立的实验课程，是

工程实验教学的重要环节。该课程作为基础实验和专业实验的中间环节，直接影响着环境工程人才的培养质量。因此，严控教学过程管理，对提高学生检索资料及获取知识能力、思考能力、设计能力，解决综合实验过程中出现问题的应急能力及实验数据的分析处理能力大有裨益^[13]。

参考文献

- [1] 毕家驹.关于中国工程专业认证的所见所思[J].高教发展与评估,2009,25(3):10-18.
- [2] 张学洪,张军,曾鸿鹄.工程教育认证制度背景下的环境工程专业本科教学改革启示[J].中国大学教育,2011(6):37-39.
- [3] 林健.基于工程教育认证的“卓越工程师教育培养计划”质量评价探析[J].高等工程教育研究,2014(5):35-45.
- [4] 迟子芳.工程教育认证环境下环境工程教改初探——以吉林大学为例[J].中国科教创新导刊,2014(7):1-3.
- [5] 柴立元,王云燕.环境工程专业实验教学的创新与改革[J].实验室研究与探索,2005,24(5):60-65.
- [6] 翁棣,张建英,胡洪,等.研究型大学环境工程实验新模式的探索[J].实验技术与管理,2010,27(1):20-28.
- [7] 段凤魁,杨宏伟,胡洪营.环境技术实验与实践教学中心的建设与探讨[J].实验技术与管理,2008,25(10):104-106.
- [8] 利锋,王伟仁,何优选.地方院校开设环境工程综合实验的实践[J].实验室研究与探索,2005,24(8):73-75.
- [9] 漆辉,李远伟.农业院校环境工程综合实验教学改革探索[J].实验科学与技术,2011,9(3):140-142.
- [10] 贾青竹,豆宝娟,李海明.研究性教学理念在环境工程综合实验教学中的应用探索[J].化工高等教育,2013,134(6): 58-61.
- [11] 赵海霞,刘景知,张成禄.环境工程专业综合实验研究[J].实验技术与管理,2002,19(6):28-30.
- [12] 蔡艳荣.环境综合实验教学新模式探索[J].实验科学与技术,2006,6(12):80-82.
- [13] 段凤魁,余刚,黄俊.环境监测实验课程教学环节与教学方法[J].实验室研究与探索,2014,33(1):173-176.