

DOI: 10.7524/AJE.1673-5897.20180508001

李梅, 尹颖, 王晓琳, 等. 创新实验教学模式, 提升学生实践技能——基于南京大学“三三制”教改的环境生物学实验教学探索与实践[J]. 生态毒理学报, 2018, 13(2): 182-188

Li M, Yin Y, Wang X L, et al. Introducing innovative mode of teaching to enhance the students' practical skills: Research and experimentation in the teaching of environmental biology based on the "Double Three System" adopted by Nanjing University [J]. Asian Journal of Ecotoxicology, 2018, 13(2): 182-188 (in Chinese)

## 创新实验教学模式, 提升学生实践技能 ——基于南京大学“三三制”教改的环境生物学实验教学探索与实践

李梅\*, 尹颖, 王晓琳, 蒋丽娟

南京大学环境学院 环境科学与工程国家级实验教学示范中心, 南京 210023

收稿日期: 2018-05-08 录用日期: 2015-05-14

**摘要:** 近年来, 南京大学推动了“三三制”本科教学改革, 为本科学生的培养提供3个阶段(大类培养、专业培养和多元培养)和3条个性化发展路径(专业学术类、复合交叉类、就业创业类)的新模式。为实现学校“三三制”教改的目标, 南京大学环境生物学实验教学团队紧扣平台建设和实验环节, 以创新实验教学模式为重点, 以培养学生自主实验、自主探索能力为目标, 融合“基础型实验—综合型(自主)实验—创新型(研究探索)实验”, 激发学生的实验兴趣, 形成学生积极、主动开展实验的新模式, 营造良好的实验教学氛围。结果表明, 上述“三三制”环境生物学实验教改方案取得了良好的教学效果, 提高了学生的创新意识和实践能力, 为培养高素质的环境生物学科人才进行了有益的探索。

**关键词:** “三三制”; 环境生物学; 实验教学; 自主创新

文章编号: 1673-5897(2018)2-182-07 中图分类号: X171.5 文献标识码: A

## Introducing Innovative Mode of Teaching to Enhance the Students' Practical Skills—Research and Experimentation in the Teaching of Environmental Biology Based on the “Double Three System” Adopted by Nanjing University

Li Mei\*, Yin Ying, Wang Xiaolin, Jiang Lijuan

School of the Environment, State Experimental Teaching Demonstration Centre for Environmental Science and Engineering, Nanjing University, Nanjing 210023, China

Received 8 May 2018 accepted 14 May 2018

**Abstract:** Nanjing University has developed, in recent years, a new set of undergraduate teaching methodologies known as the "Double Three System". It is designed to encompass three phases (Department Cultivating Stage, Program Cultivating Stage and Diversified Cultivating Stage) and three distinctive development paths (Academic path,

基金项目: 南京大学“十三五”实验教学改革研究课题(SY2017012)

作者简介: 李梅(1971-), 女, 教授, 博士生导师, 研究方向为环境生态毒理学, E-mail: meili@nju.edu.cn

Interdisciplinary path and Employment & Entrepreneurship path). In order to fulfill the goal of this teaching reform, the teaching innovation team of Environmental Biology at Nanjing University is actively working to build the platform and outline the experimental steps with special focus on the innovative experimental teaching modules. The aim of the program is to train the students' ability of conducting experiments and scientific research independently. With the integration of three modes of the experiment—"the basic module, the comprehensive module and the innovative module", the program will arouse the students' interests and encourage their proactive engagement with the program. It is also helpful to build a good experimental teaching environment. The results show that the "double three system" experimental teaching reform has been successful in cultivating students' spirit of exploration and improving the students' ability of innovation. The reform program has explored the different ways of cultivating high-quality talents in the field of environmental biology.

**Keywords:** Double Three System; environmental biology; experiment teaching; innovation

在环境生物专业的实验课程教学过程中,如何培养和提高大学生的实践能力和创新能力,推进实验教学改革创新,已经成为我国高等教育发展中的一项重要课题。环境生物专业是实践性很强的应用学科,其教学质量取决于课堂教学和实验教学2个方面。实验教学是培养学生理论联系实际、提高创新意识和实践能力的重要环节和平台。分析寻找传统教学理念中制约学生自主实验、自主探索、自主创新能力发挥等方面的弊端,创新实验教学模式,着力培养学生创新精神、创新思维、独立思考和动手能力,已成为大学本科实验课程教学中面临的紧迫任务。

南京大学从2009年开始全面启动以“三三制”为主要内容的教学改革。“三三制”就是把本科4年的教育分成大类培养、专业培养和多元培养3个阶段,在多元培养阶段又设计了专业学术类、复合交叉类、就业创业类3个发展途径。改革的目的是通过给学生更多的自主选择权,以获得更大的自由发展空间。南京大学环境学院是国内唯一开设环境生物专业方向,进行环境生物学本科教学的院系。在夯实本科生生物学知识的基础上,开展环境生物学课程的教学工作,包括生态学、环境毒理学、生态毒理学、环境微生物学、环境生物技术、环境流行病学、生物修复等课程,形成了完整的环境生物学本科教学体系。

在环境生物学本科实验教学中,我们一直遵循“融素质教育与业务培养为一体,融知识传授与能力培养为一体,融教学与科研为一体”的实验教学理念,依托“环境科学与工程国家级实验教学示范中心”,构建了以“环境微生物、环境毒理学、生态毒理学、环境生物技术”四大专业课程群为基础的实

验教学体系,把“基础型实验—综合型实验—创新(研究探索)型实验”相结合,提出以培养学生自主实验、自主探索能力为目标,以创新实验教学模式为载体,营造良好的实验教学氛围,通过激发学生实验积极性、主动性和实验兴趣等形成创新教学模式,“三三制”实验教学实践取得了良好的教学效果,培养了学生创新意识和实践能力,使环境生物专业实验课程教学取得了显著成效,学生的自主创新能力有了很大的提高,形成了环境科学基础扎实,环境专业特色明显的传统强势。

### 1 传统实验教学模式的弊端 (Disadvantages of traditional experimental teaching model)

传统的教学观念是以传授知识为核心的继承性教育,重理论而轻实践,表现为“重理论、轻实验,重课堂教学、轻实验教学”<sup>[1]</sup>。在这种教学理念影响下,也由于学分的限制,实验教学课时少,学生实验的时间无法保证。另外,传统模式下的实验教学形式和方法单一,以集中灌输式授课为主,学生进入实验室后,先由教师讲实验原理、实验步骤,然后学生“照猫画虎”进行操作,最后上交实验报告就算完成了一个实验。学生缺乏自主思考的时间和空间,实验意识和实验兴趣淡薄,动手能力和科学思维能力缺失,使实验教学与理论教学的形式和方法差别不大。这种教师占主导的“填鸭式”教学模式,导致学生处于被动地位,没有选择适合自己的学习内容和方式的自由,遇到问题时不动脑、不能独立思考和解决问题,只会向教师求教求助,且实验报告中的具体数据还会经常出现相互抄袭现象。

由于实验教学一直处于从属地位,没有独立和科学的考核体系,无法充分调动学生的主动性,导致部分学生存在重理论轻实验的现象。在传统的实验

课程教学中,评价学生成绩大多是根据实验操作和实验报告来进行,即总成绩=平时操作成绩+实验报告成绩<sup>[1]</sup>,评价方式方法简单机械,不尽合理,且教师在具体操作过程中难免会带有一定的主观性、随意性和情感色彩。实验课程学分低,也影响着学生的实验积极性、主动性和实验兴趣的焕发。

针对以上弊端,我们确立了实验课程改革的目標:在有限的教学时间内,使学生获得最大量的实验技能;提高学生分析问题、解决问题的能力;激发学生主动发现问题的科学意识;培养学生严谨认真开展科学研究的工作作风。其具体改革内容如下。

## 2 创新实验教学改革探索与实践 (Exploration and practice of innovative experimental teaching reform)

### 2.1 小班化教学,差异化施教,个性化发展

教育要面向有差异的每一个个体,在实验教学中也需要根据不同学生的实际,使其在自己原有基础上获得最大发展,达到最高程度的因材施教。在环境生物专业学生的小班化实验教学中,这种方法能带给老师和学生更大的发展空间。南京大学环境学院环境生物专业一直坚持20人左右的小班实验教学模式,一至两人一组,人人动手,锻炼学生切实解决实际问题的能力。教师也可依据理论课掌握的情况对每个人进行具体分工,如在《环境毒理学》“哺乳动物一般急性毒性实验”教学中,以往都是由实验员配好母液和梯度稀释溶液,让同学们直接对小鼠按组别进行灌胃操作即可。“三三制”教改后,为了使同学们更深入地参与到实验过程中,我们选择了计算能力较强的同学进行受试物的配制,根据同学们自己讨论的实验结果设计浓度梯度,并告知全体同学配制过程,这样不仅使这些同学更有效地学习,充分地发挥潜能和发展个性,同时也让全体同学的综合素质得到更全面、更和谐的发展,以后可考虑轮流完成这项工作。

实验教学是贯穿于学生学习生活全过程的实践性教学环节,实验过程为学生提供了广阔的活动空间和思维空间,是培养学生创新意识、创新思维、创新能力的重要平台。因此对部分学习成绩好、动手能力强且具有较强求知欲的同学,我们鼓励和引导他们结合课程学习的内容,积极申请、参加“国家大学生创新训练计划”,通过支持学生进行科研立项,激发其实验兴趣,发挥他们的引领作用。对他们在自主创新实验过程中的选题立项、文献调研、方案制

定、可行性评价、自主实施、实验数据分析、论文撰写、总结报告等重要环节,加强师生互动、具体指导,以培养学生独立工作的能力、分析和解决问题的能力,使他们获得锻炼和发展。近年来笔者指导的环境生物专业就有5项计21人获得“国家级大学生创新计划”项目,开展以学生为主的创新性实验。他们在本科阶段即得到了科学研究的训练,取得了较好的学习效果,提高了创新能力和实践能力,将有望成长为一批拔尖创新人才。

### 2.2 自主设计实验,团队合作完成,开放探索研究

在以往的实验教学中通常由实验员进行实验材料的准备,学生参与较少,一般仅进行测试和观察,因此学生并不能独立完成一个完整的实验过程。这种教学模式不适应综合性、设计性实验的教学要求,不能体现新时期环境毒理学实验的教学任务和培养目标。为认真贯彻我校提出的“三三制”战略目标,为国家培养高素质专业人才,同时也为自主设计实验考虑,我们对此进行了重点改革。

#### 2.2.1 学生参与实验全过程

在实验过程中,打破了以往实验教师为学生准备好各种实验用品的格局,让学生根据实验内容的需要,自己领用药品、配制试剂(如前所述)、独立完成玻璃器皿的清洗、灭菌、无菌操作、计数、结果记录等一系列实验过程,教师则起监督和检查的作用,及时纠正学生实验操作中每个环节存在的问题。如“蚕豆根尖微核实验”,在早期是由实验教师进行种子催芽、染毒并制备根尖,学生仅在实验课上进行根尖微核的观察。虽然教师在课堂教学中也进行了具体实验步骤的详解,但毕竟不如学生自己动手印象深刻。因此改革之后,我们指导学生从蚕豆浸种、催芽、暴露、恢复、固定到染色全程参与,在这个过程中,同学们了解了掌控实验所用材料质量对实验效果的影响,知道了应催生发育良好、根尖长度、大小适宜的相似蚕豆,这样可有效避免发芽时出现根尖状况相差太多、因根尖长度不齐整而影响实验结果的情况发生,这需要在实验伊始即对蚕豆种子精挑细选(见表1)。尽管整个过程历时一周多,但学生通过亲力亲为独立完成实验全过程,显示了自己是实验的主持者、承担者,有效调动了学生的积极性。

#### 2.2.2 自主性实验教学

在环境生物专业的实验课程中均设置了自主设计创新实验教学环节。在完成此门课程的基础实验部分之外,同学们根据课堂讲授的理论内容和自己

所掌握的实验方法,选取某一感兴趣的点,自行设计开展自主性实验。下面以《环境毒理学》为例进行详细说明。

同学们首先通过知网、维普、web of science 等网站查阅相关资料,进行自主实验的文献检索准备,形成实验方案;并通过邮件、电话、qq、微信等多种信息化的交流手段和工具即时进行联系沟通,对实验过程中可能存在的问题与教师及小组成员讨论分析,开展互动交流并补充完善实验方案,明确实验过程中的注意事项及具体分工,为实验顺利开展打好基础。

实验方案确定后,学生自行准备实验相关用品,如缺少可向实验员提出,同时自行配制试剂、材料培养,按照实验方案与小组内同学合作完成整个实验。实验结束后,小组内自行总结本组实验情况和结果,然后在课堂进行 ppt 展示汇报,最后教师进行总结分析,学生以小组为单位撰写实验报告。在整个实验过程中全体小组成员共同参与、明确分工。如去年 2017 级自主实验中,共设计了 4 个实验小组,受试材料分别为小鼠和蚕豆,对比了不同暴露时间、不同暴露浓度下,2 种毒物环磷酰胺和丝裂霉素 c 对 2 种受试生物微核诱发率的影响,具体见表 2。

表 1 蚕豆根尖微核实验对蚕豆种子的要求

Table 1 Requirements of seeds used in *Vicia faba* root tips micronucleus assay test

序号 Number	对蚕豆种子的要求 Requirements for seeds	种子特质 Seed characteristics	好处 Advantages
1	当年或去年收获的新种 New seeds harvested this year or last year	新种表皮鲜艳、有光泽 Bright and shiny coat	发芽迅速、出芽率高 Germinate quickly with high germination rate
2	所需数量 Amount needed	几倍于实际用量 Several times of actual used amount	有充分选择余地,确保实验材料一致 Ensure adequate and consistent experimental materials
3	种子成熟度高 High maturity	籽粒饱满、脐部正常、个体比重偏大 Full grains, normal hilums, larger gravity	出芽有力、个体整齐、质量好 Germinate vigorously, neat individuals with good quality

表 2 自主实验设计情况表

Table 2 Independent experiment designs

序号 Number	受试材料 Materials used	题目 Titles
第 1 小组 Group 1	20 g 昆明 雌性小鼠 20 g Kunming female mice	小鼠骨髓细胞微核实验—— 环磷酰胺诱变 Mousebone marrow micronucleus assay test— Cyclophosphamide mutagenesis
第 2 小组 Group 2	20 g 昆明 雌性小鼠 20 g Kunming female mice	小鼠骨髓细胞微核实验—— 丝裂霉素 c 诱变 Mousebone marrow micronucleus assay test— Mitomycin c mutagenesis
第 3 小组 Group 3	当地青皮 蚕豆(新鲜) Local green coat <i>Vicia faba</i> (fresh)	蚕豆根尖微核实验—— 丝裂霉素 c 诱变 <i>Vicia faba</i> root tips micronucleus assay test— Mitomycin c mutagenesis
第 4 小组 Group 4	当地青皮 蚕豆(新鲜) Local green coat <i>Vicia faba</i> (fresh)	蚕豆根尖微核实验—— 环磷酰胺诱变 <i>Vicia faba</i> root tips micronucleus assay test— Cyclophosphamide mutagenesis

在这次自主实验过程中,蚕豆组因预实验和正式实验所使用的蚕豆不是同一批次,导致了2次实验结果差别很大,因此也使同学们了解到不同批次的蚕豆敏感性存在差异。他们在总结报告中这样写道:“真的没想到蚕豆的不同会对微核率影响这么显著,这个结果也让我们学到了实验要严谨,保持一致性,这样做出来的实验结果才能令人信服。”同时,同学们并没有局限于教材和说明书,对一些步骤进行了改进,如变更了根尖软化时间,使实验更顺利地完成了。自主性实验不仅培养了学生的科学态度,还提高了他们的实验思考能力和动手能力,取得了良好的教学效果。

### 2.2.3 开放实验室

实验室是学生开展实验的重要场所。开放实验室是培养创新人才的重要途径<sup>[2]</sup>。通过实验进行基础性和综合性实验技能的训练,以巩固所学课程中的基础知识、基本理论和基本技能。但只靠课堂上有限的时间开展实验对学生来说是远远不够的。为了满足学生要求,充分发挥实验室的功能和现有资源,让学生有充分的时间完成自己的实验,我们依托“环境科学与工程国家级实验教学示范中心”开放了实验室,并保证全过程安排教师予以指导。同时将开放实验室和大学生创新训练项目相结合,注重“研究过程”而非“研究成果”,让学生充分体验和了解科学研究整体过程,从而激发学生对科研的兴趣,实现个性化培养目标。

我们在为环境生物学专业的学生开放实验室的同时,面向全校非环境专业学生开放环境生态毒理学实验并进行研讨。作为全校唯一一门实验性质的新生研讨课,我们把研讨、实验和实际应用结合起来。例如,在进行水生生物监测和水质调查为主题的研讨时,学生了解并掌握水生生物调查和鉴定方法等基本要领后,教师带领学生在校园内河道“天籟河”进行水生生物监测和水质调查的现场实验研究。同学们自己采集、处理水样,对照图谱进行水生生物分类,利用水生生物指标,评价该河流的水质标准和生存环境安全性,最终形成该水域的水环境质量状况报告。通过这类开放实验室,让这些未接触过显微镜、不认识浮游动植物的同学们亲自动手操作实验,独立观察探究,极大提高了科研兴趣和科研能力。

### 2.3 环境类实验技能竞赛

实验技能不仅反映实验教学质量,同时也体现

学生创新精神和实践能力水平的高低。实验技能竞赛以实验设计分析为主,可以集成学生的理论知识、实验操作技能,从而增强学生创新能力培养。在相互竞争的氛围中调动学生的主观能动性和创新热情,对于提高学生解决实际环境问题的能力、培养创新意识具有重要的意义<sup>[3-4]</sup>。为培养学生创新性和提高综合实验能力,依托“环境科学与工程国家级实验教学示范中心”,环境生物专业进行了3届环境类实验技能竞赛。竞赛分为单项实验技能和综合性实验技能2种模式,单项内容是由教师指定某项实验技能,然后开展竞赛讲评,包括大肠杆菌的涂片染色及显微观察,考察显微镜的使用和无菌操作的规范;以及实验动物的基本操作,考察小鼠的雌雄辨认,捉拿、灌胃、解剖及小鼠骨髓细胞的提取等操作。综合性题目则根据专业由学生自主查阅资料、自行设计实验方案,自己动手独立完成实验全过程,或由教师指定相对比较宽泛的题目,如将人为添加重金属和有机物的污水或污染土壤处理达标<sup>[5]</sup>。此举有效地调动了学生积极性,较好地提高了专业训练效果。

### 2.4 科研促进实践教学,成果丰富教学内容

#### 2.4.1 教学与科研相结合

对研究型大学来说,高水平的科研工作永远是提高教学水平的助推器,将科研与教学紧密结合是提高教学水平的有效途径之一<sup>[6]</sup>。教师的科研成果是非常宝贵的潜在教学资源,丰富教学内容的同时对学生学习和参与科研活动起着巨大的激励和推动作用。教师在教学过程中将科研新进展、新方法和新内容及成果融入实验教学,使实验教学内容紧密结合专业发展方向,让科研促进实验教学的发展。例如,笔者主持的国家自然科学基金项目“碳纳米管-有机物复合污染的蚯蚓分子生态毒理学研究”引起了同学们的兴趣,2014级环境生物学专业的同学们在进行自主实验时,选择了纳米材料石墨烯作为受试物,对赤子爱胜蚓(*Eisenia fetida*)进行毒性效应研究,通过滤纸法和土壤法2种方式进行了急性毒性检测,探讨了石墨烯对蚯蚓的氧化损伤和遗传毒性。这样在实验教学中将科研成果与实践相结合,在巩固教学内容同时也大大地激发了学生的学习兴趣,同时充分利用本科生资源优势,将教学转化为科研的一部分,提高了实验教学效果,凸现了实践教学成果,完善了教学与科研的相互衔接与融合。

#### 2.4.2 教学与校外实践相结合

环境生物学实验教学改革的另一个重要方面,

是让学生参加校外平台和实践基地的实习,同时也是培养学生实践能力的重要途径。南京大学环境学院围绕国家和地方对环保科技创新的需要,探索出“学科-产业”共赢发展模式,建成了6个校内外政产学研用合作平台和院士企业工作站,为本科生实践培养提供了丰富的实训场所。同时,学院还建立了15个多样化的本科生校外实践基地、科研类基地,依托实习基地进行实践教学,充分利用社会资源充实和完善实践教学环节,增强学生实地调查、发现问题、解决问题的能力<sup>[7]</sup>。例如:大部分环境生物专业老师参与的“十二五”水专项太湖贡湖湾示范工程已经成为环境生物实验实习教学的定点基地,学生不仅在理论上掌握生态修复的概念,同时也真正认识到了生态修复在实际中的应用,使学生真正能做到理论联系实际。

### 3 效果评价 (Effects evaluation)

在评价方式方面,我们实行了更加合理、客观、全面的多元化实验评价体系,兼顾学生在实验前、实验中和实验后的综合表现开展评价,根据实验前预习报告的质量及随机提问抽查,实验中操作的规范性、独立操作能力,实验后实验报告完整性、准确性等全方面深层次地拓宽评价领域。同时针对不同层次的实验,侧重点有所不同:基础性实验注重学生的实验操作技能和结果分析,设计性实验注重学生的实验设计思路,研究探索性实验侧重于创新性等。

实验教学的改革,改变了过去学生对教师的依赖程度过高,缺乏独立性、依照教师的演示照猫画虎重复操作的方式,扭转了学生实验成为机械模仿的被动局面。学生能够真正按照自己设计、自己动手、自己操作的程序完成实验全过程,真正提高了学生自主创新性和实验能力。学生通过实验,对所学理论知识有了更深层次的理解,能够在深入理解理论知识的前提下开展实验,同时通过实验又进一步加深对所学理论知识的理解。正如学生自己总结的“用理论知识指导实验,通过实验理解理论知识”。

通过对环境生物实验课程教学的创新改革实践,有效激发了学生实验积极性和兴趣,促进了本科人才质量的提高,培养了学生创新和研究能力。环境生物专业每年大部分学生参与国家级大学生创新计划,全部学生参与实验技能大赛,取得丰硕的科研成果,近年来发表了10余篇SCI和核心期刊论文;同时,提高了学生自主学习、自主实验、独立思考能力,培养了学生严谨的科学态度和创新思维,使整体

实验教学出现了“六个转变”,即教学模式由“以教师为主体”向“以学生为主体”的转变;教学方式从“教授为主”向“引导为主”的转变;“要我学”向“我要学”的转变;学生从“被动实验”向“兴趣实验”的转变;学生的实验技能从“照猫画虎”向“自主创新”的转变;实验内容从“示范实验”向“自主实验”的转变。

### 4 结束语 (Conclusions)

大学生创新意识和创新能力的培养,是建设创新型国家的迫切需要,是提高我国软实力的支柱和适应发展的必然要求。随着我国高等教育事业的发展,创新实验课程教学是高校课程教学改革的必然趋势,它顺应了时代对高素质复合型人才的需求。今后我们将继续围绕南京大学“三三制”教学改革,进一步健全完善现有实验教学架构,不断探索和创新,与时俱进,全力培养学生创新精神、创新意识、创新思维和创新实践能力,形成具有环境生物特色的梯度实验教学体系,结合平台类实验课、专业性实验课和探索型实验课等形式,实现大类培养和探究型人才培养相结合的拔尖人才培养目标。

**通讯作者简介:**李梅(1971-),女,博士,教授,博士生导师。主要研究方向为环境毒理及生态健康风险评估,主持国家自然科学基金、江苏省社会发展等项目,发表论文60余篇。

### 参考文献 (References):

- [1] 梁文耀, 陈武喝. 基于创新能力培养的自主性实验教学改革探讨[J]. 实验室研究与探索, 2012, 31(8): 289-291  
Liang W Y, Chen W H. Autonomous experimental teaching based on creative ability cultivation [J]. Research and Exploration in Laboratory, 2012, 31(8): 289-291 (in Chinese)
- [2] 吉利萍. 高校实验教学改革与学生创新能力培养探究[J]. 中国教育技术装备, 2009, 15: 102-103  
Ji L P. Research of experimental teaching college students in reform and innovation capacity-building [J]. China Educational Technique and Equipment, 2009, 15: 102-103 (in Chinese)
- [3] 陈吉明. 大学生创新实践基地建设与创新人才培养[J]. 实验室研究与探索, 2006, 25(2): 1478-1480  
Chen J M. Cultivating creative talents and construction of innovation practice base for student innovation and practice [J]. Research and Exploration in Laboratory, 2006, 25(2): 1478-1480 (in Chinese)

- [4] 李传引. 高校理科专业实验技能体系的构建与实践[J]. 实验室科学, 2009(3): 3-5  
Li C Y. The construction and practice of the system for technical ability of experiment in the science specialty of colleges and universities [J]. Laboratory Science, 2009(3): 3-5 (in Chinese)
- [5] 艾弗逊, 蒋丽娟, 郭晓峰, 等. 实验技能竞赛提高环境科学与工程实验教学水平[J]. 广州化工, 2017, 45(7): 179-180  
Ai F X, Jiang L J, Guo X F, et al. Improvement on teaching level of environment science and engineering experiment by experiment skills competition [J]. Guangzhou Chemical Industry, 2017, 45(7): 179-180 (in Chinese)
- [6] 扈旻, 邓北星, 马晓红. 科研成果转化为实验教学内容的探索与实践[J]. 实验技术与管理, 2012, 29(10): 21-23  
Hu M, Deng B X, Ma X H. Exploration and practice of translating achievements in scientific research into experimental teaching [J]. Research and Exploration in Laboratory, 2012, 29(10): 21-23 (in Chinese)
- [7] 李良, 杨柳燕. 环境类本科生创新能力培养模式的探索和实践[J]. 中国大学教学, 2015(8): 43-47  
Li L, Yang L Y. Exploration and practice of creativity cultivation model for undergraduate students majored in environment [J]. China University Teaching, 2015(8): 43-47 (in Chinese) ◆