

• 高校生物学教学 •

高等院校环境科学专业实验课程体系的建设和思考

郭小玲, 陈荣, 杜俊鸥, 蔡立哲, 刘珺

厦门大学 环境与生态学院, 福建 厦门 361102

郭小玲, 陈荣, 杜俊鸥, 等. 高等院校环境科学专业实验课程体系的建设和思考. 生物工程学报, 2021, 37(2): 696-704.

Guo XL, Chen R, Du JO, et al. Reflections on construction of the experimental course system for environmental science in colleges and universities. Chin J Biotech, 2021, 37(2): 696-704.

摘要: 实验教学效果直接影响本科生实践能力的培养, 建立一套科学合理的适合环境科学专业本科生的实验课程体系意义重大。文中主要介绍了厦门大学环境科学专业以系统性、综合性、模块化的方式建立了一套“基础→专业→综合”的实验课程体系。在加大实验室建设投入, 加强实验室管理等软硬件设施配套的情况下, 实验课程体系不断完善, 培养的学生能够满足人才培养的目标和社会需求。本文通过阐述该实验课程体系的建立、完善及成效, 以期为相关院校提供借鉴。

关键词: 本科生, 环境科学专业, 实验教学, 课程体系, 模块化, 技术支撑

Reflections on construction of the experimental course system for environmental science in colleges and universities

Xiaoling Guo, Rong Chen, Jun'ou Du, Lizhe Cai, and Jun Liu

College of Environment and Ecology, Xiamen University, Xiamen 361102, Fujian, China

Abstract: The training effects of experimental courses determine the practical abilities of undergraduate students. Therefore, it is essential to establish a comprehensive experimental course system that adapts to the undergraduate education of environmental science. Here, we introduce the “basic-specialized-comprehensive” experimental course system of Xiamen University, which is established following the principles of being systematic, comprehensive, and modular. To establish this course system, we first increased the investment of lab facilities and enhanced the management of student labs. Then, we improved the contexts of teaching and training according to the requirements of industry and society. Showing how this course system is developed stepwise and the training effects of this system, we hope to provide a reference for the experimental courses of environmental science in colleges and universities.

Keywords: undergraduate students, environmental science, experimental teaching, course system, modular, technical support

Received: June 19, 2020; **Accepted:** September 21, 2020

Supported by: Xiamen University Teaching Reform Research Project (No. JG20190132).

Corresponding author: Jun Liu. Tel: +86-592-2880204; E-mail: liujun@xmu.edu.cn

厦门大学教学改革研究项目 (No. JG20190132) 资助。

网络出版时间: 2020-10-30

网络出版地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1998.Q.20201030.1120.003.html>

随着全球对环境问题的关注,国内许多高校陆续设立了环境科学专业。环境科学是一门新兴的研究和解决环境问题的综合应用型学科,涉及内容广泛^[1-2]。环境科学专业的研究对象包括:大气、水体、土壤(沉积物)、生物、生态等各种环境因素,除了研究各环境因素的单独作用,还研究各环境因素之间的相互联系和相互作用。由于研究对象的复杂多变,研究手段和技术的多样化,需要物理、化学、数学、水文、地质学、气象学、生物学、生态学等学科的知识;加上环境科学专业的自身知识体系十分庞大,在内容上与其他学科交叉融合及渗透,同时又有较强的实践性^[3-4]。要解决实际的环境问题,理论知识的教育必须与培养动手能力的实验实践教学紧密结合,实践性教学是实现高等院校人才培养目标的重要教学环节,尤其是在提高学生实践能力和综合素质方面具有不可替代的作用^[5]。因此,实验教学课程体系的建立,与理论课程体系的建立具有同等重要的意义。

1 厦门大学环境科学专业的人才培养目标 and 定位

1982年厦门大学成立环境科学研究所,成为我国最早开展环境科学研究和人才培养的高校之一。厦门大学的环境学科坚持“上山-下海-顶天-立地”理念,以亚热带近海(含流域-河口)和湿地生态系统为主要研究对象,重点开展环境生态学、环境化学与毒理学、环境监测和管理以及环境污染治理与工程技术等研究,培养从事环境保护与可持续发展所需的复合型高层次人才,是我国环境科学研究和人才培养的重要基地。

在雄厚的科研硬件和人才队伍支撑下,2000年厦门大学环境科学与工程系成立,开始招收本科生。环境科学专业以“厚基础、宽口径、高素质、国际化”为宗旨,注重“学思结合”、“知行统一”、“因材施教”,着力培养能在环境科学及相关领域参与生态文明建设的优秀人才和中坚力量。

2 实验课程体系建立、发展完善与技术支撑

环境科学主要通过理论研究和实验分析来解决人类面临的各种环境问题,需要不断地将理论与实践相结合,不断地将庞杂的知识精简为实际的运用。因此,实践教学在环境科学专业的教学中具有举足轻重的地位^[6]。以完成实践教学目的而进行的实验教学课程体系建设,就显得尤为重要。

2.1 环境科学专业实验课程体系建立的必要性

首先,环境科学专业本身知识体系的庞大以及与其他学科的交叉融合渗透,知识面较宽;其次,环境科学专业以解决实际环境问题为主要目标导向,因此对实验技能有更高的要求;第三,环境科学专业对“学思结合”、“知行统一”、“高素质”人才培养的需要;第四,我国高等院校环境科学专业实验课程大多没有独立设置,而是依附于理论课或包含在理论课程中。比如有些学校,实验教学多以课程实验的形式开展,在理论教学中安排的实验项目课时约占课程总学时的1/4-1/3^[7-9]。实践教学内容与方法相对落后与分散,没有形成科学的实践教学体系,在培养模式上大多仍处在探索阶段,难以使学生做到“厚基础、宽口径、高素质”^[10]。因此,建立系统的、科学合理的、符合环境科学专业特点的实验课程体系非常必要。

2.2 实验课程体系的建立及发展完善

2.2.1 实验课程体系模块的建立及发展完善

环境科学专业实验教学课程体系的建立,必须考虑学科系统性、科学性、交叉性、综合性的特点,按照从简单到复杂,从基础到专业,从专业到综合的设计理念 and 原则,形成环境科学专业实验教学课程体系模式为:学科基础实验→专业基础实验→专业综合实验。

厦门大学环境科学专业的实验教学课程,依照以上原则按模块设置,分为4个模块:“基础实验模块”、“环境科学基础实验 I (化学模块)”、“环境科学基础实验 II (生物模块)”和“环境科学综合实验

模块(含环境工程实验模块)。“基础实验模块”主要包含:大学物理实验、无机及分析化学实验、有机化学实验以及学科基础实验,比如,早期的“环境科学入门实验”及现在的“学科基础实验 I”、“学科基础实验 II”。“环境科学基础实验 I(化学模块)”,实验内容涵盖环境化学、环境监测、仪器分析等化学类课程内容。“环境科学基础实验 II(生物模块)”的实验内容就包含环境生物学、环境毒理学、基础生态学、环境微生物学等生物类课程的内容。“环境科学综合实验模块(含环境工程实验模块)”中的“环境工程实验”模块,是以环境工程原理、环境微生物学、物理化学等课程为依托,利用物理、化学、微生物等方法,对污染水质进行处理的实验课程。“环境科学综合实验”则是在环境科学基础实

验训练的基础上,运用大型仪器设备,开展的关于大气、水质(包括海水)、土壤(沉积物)及生物等环境要素的综合分析实验。环境科学专业实验课程体系模块、开课年级、理论课基础,详见图 1。

各模块实验项目在设置时,还考虑了以下几个方面的因素:(1)采用不同的样品预处理方法对不同介质的环境样品进行基底分离和目标物浓集。(2)实验项目的代表性。(3)实验材料的来源广泛、易得。(4)实验仪器成本的许可。(5)本科生的实际工作能力^[11]。(6)体现海洋环境特色。(7)考虑课程的系统性、交叉性、综合性。由此可见,环境科学实验教学课程体系建立时就选择了综合性、高起点、厚基础、跨学科、高素质的目标方向。环境科学专业主要实验课程及实验项目,详见表 1。

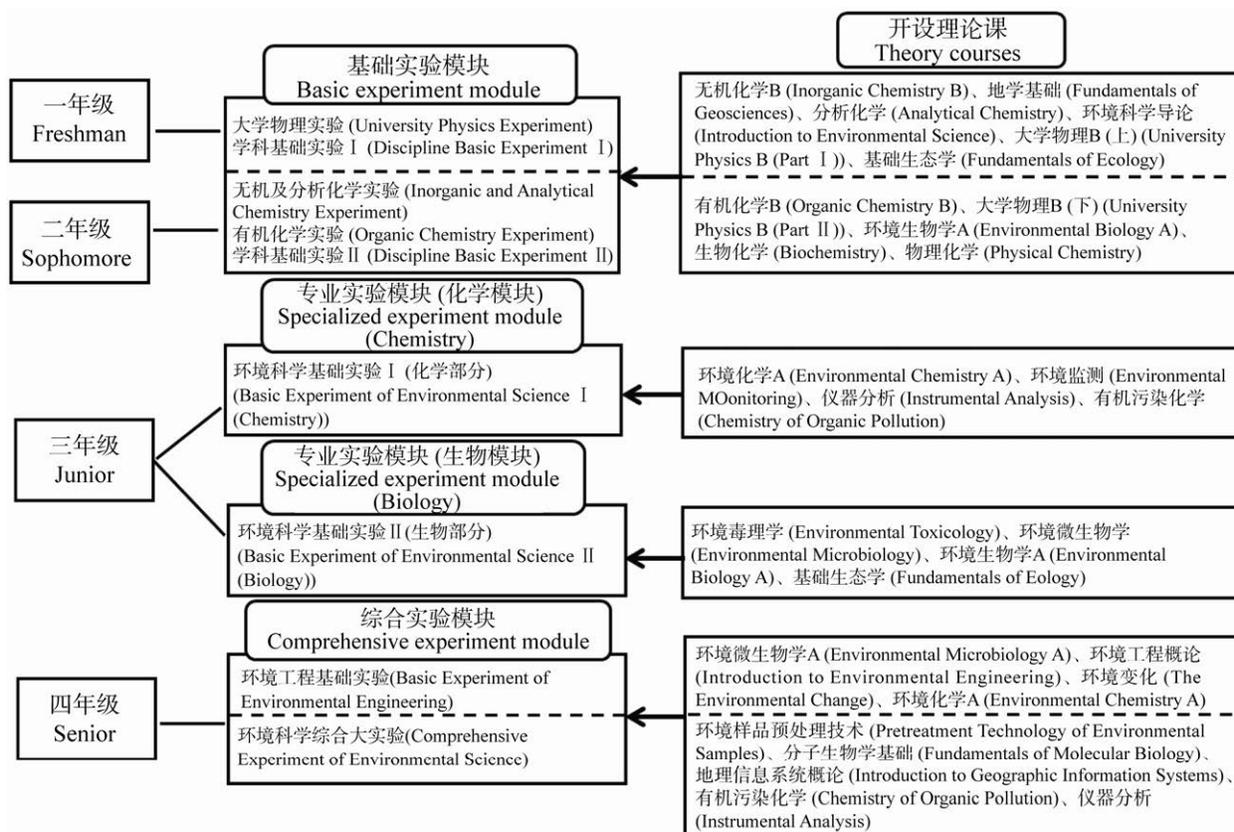


图 1 环境科学专业实验课程体系

Fig. 1 The experimental course system of environmental science.

表 1 环境科学专业实验课程

Table 1 Experimental courses of environmental science

模块 Module	实验课程及主要实验项目名称 Experimental courses and main projects	实验课程及主要实验项目名称 Experimental courses and main projects
基础实验 模块 Basic experiment module	学科基础实验 I (Discipline basic experiment I)	学科基础实验 II (Discipline basic experiment II)
	(1) 光强度的测定 (1) Measurement of light intensity	(1) 校园植物群落数量特征的调查 (1) Survey on the quantitative traits of plant communities on campus
	(2) 野外植物分类调查及腊叶标本制作 (2) Field survey of wild plants and preparation of dehydrated specimens	(2) 低温对植物叶片细胞膜透性的影响 (2) Effects of low temperature on leave cell membrane permeability
	(3) 植物种群空间分布格局调查 (3) Survey on the spatial distribution of plant population	(3) 种群增长的 Logistic 模型拟合 (3) Logistic regression of population growth
	(4) 噪声的监测与分析 (4) Monitoring and analysis of noise	(4) 环境水体中 Cr^{6+} 的测定 (4) Quantification of chromium (VI) in the water body
	(5) 风速、风向的监测与分析 (5) Monitoring and analysis of wind speed and direction	(5) 动物栖息地的观察 (5) Observation of animal habitats
	(6) 水温、pH 的测定 (6) Determination of water temperature and pH	(6) 植物有效积温的分析 (6) Analysis of effective accumulative temperature of plants
	(7) 水的电导率的测定 (7) Determination of water conductivity	(7) 大气中甲醛的测定 (7) Determination of formaldehyde in the atmosphere
	(8) 常见矿物岩石的鉴别 (8) Identification of common minerals and rocks	(8) 植物中农药残留快速检测 (8) Rapid analysis of pesticide residues in plants
	(9) 土壤容重的测定 (9) Quantification of soil bulk density	(9) 蔬菜中亚硝酸盐含量的测定 (9) Quantification of the nitrite content in vegetables
	(10) 土壤有机质含量测定 (10) Quantification of organic matters in soil	(10) 红树林湿地野外考察 (10) Field survey of the mangrove wetland
(11) 显微镜构造、使用和细胞结构 (11) Structure and usage of the microscope; cellular structure		
专业实验 模块 (化学、 生物模块) Specialized experiment module (chemistry, biology)	环境科学基础实验 I (化学部分) (Basic experiment of environmental science I (chemistry))	环境科学基础实验 II (生物部分) (Basic experiment of environmental science II (biology))
	(1) 悬浮物的测定 (1) Determination of suspended solids	(1) 移液枪的使用 (1) Pipettes guidelines
	(2) 氯化物的测定 (2) Determination of chloride	(2) 活性污泥中菌胶团及生物相的观察 (2) Observation of zoogloea and biofilms in activated sludge
	(3) 总硬度的测定 (3) Determination of total hardness	(3) 鱼类急性毒性实验 (3) Acute toxicity test of fish
	(4) 溶解氧的测定 (4) Determination of dissolved oxygen	(4) 有机磷农药对鱼脑乙酰胆碱酯酶的影响 (4) Effects of organophosphorus pesticides on acetylcholinesterase in fish brain
	(5) 化学耗氧量的测定 (5) Determination of chemical oxygen demand (COD)	(5) 重金属对鱼肝脏过氧化氢酶的影响 (5) Effects of heavy metals on catalase in fish liver
	(6) 碱度的测定 (6) Determination of alkalinity	(6) 富营养化湖中叶绿素含量的测定 (6) Determination of chlorophyll in the eutrophic lake
(7) 矿物油的测定 (7) Determination of petroleum	(7) 盐度对植物体内脯氨酸含量的影响 (7) Effects of salinity on the proline content in plants	

(待续)

(续表 1)

模块 Module	实验课程及主要实验项目名称 Experimental courses and main projects	实验课程及主要实验项目名称 Experimental courses and main projects	
综合实验 模块 Comprehensive experiment module	(8) 磷的测定 (8) Determination of phosphorus	(8) 蚕豆根尖微核检测 (8) Micronucleus detection in the root tip of <i>Vicia faba</i>	
	(9) 氮氧化物的测定 (9) Determination of nitrogen oxide	(9) 小鼠骨髓细胞染色体畸变分析 (9) Analysis of chromosome aberration in bone marrow cells of mice	
	(10) 土壤/沉积物中有机质的测定 (10) Determination of organic matters in soil/sediment	(10) 小鼠骨髓嗜多染红细胞 (PCE)和外周血红细胞微核试验 (10) Micronucleus test of polychromatic erythrocytes (PCE) in mouse bone marrow and peripheral blood of mice	
	(11) 石墨炉原子吸收光谱法测定土壤中的铅、铜 (11) Determination of Pb and Cu in soil by graphite furnace atomic absorption spectrometry	(11) 岩石岸潮间带大型底栖动物的生态环境野外监测 (11) Field survey of macrobenthos in the rocky intertidal zone	
	(12) 自主实验 (12) Self-designed experiments	(12) 岩石岸潮间带大型底栖动物的室内观察与分析 (12) Indoor observation and analysis of macrobenthos in the rocky intertidal zone	
	环境工程基础实验 (Basic experiment of Environmental Engineering)	(1) 混凝沉淀实验 (1) Coagulation sedimentation experiment	(13) 红树林湿地大型底栖动物的生态环境野外监测 (13) Field survey of macrobenthos in mangrove wetland
		(2) 离子交换法处理硬水实验 (2) The experiment of treating hard water by ion-exchange method	(14) 红树林湿地大型底栖动物的室内观察与分析 (14) Indoor observation and analysis of macrobenthos in mangrove wetland
		(3) 曝气生物滤池处理含氨氮废水实验 (3) Experiment of treating wastewater containing ammonia nitrogen by biological aerated filter	(15) 滨海湿地生态系统的综合监测与评价 (15) Comprehensive monitoring and evaluation of coastal wetland ecosystem
		(4) 膜生物反应器处理含氨氮废水实验 (4) Treatment of wastewater containing ammonia nitrogen by membrane bioreactor	环境科学综合大实验 (Comprehensive experiment of environmental science)
		(5) 电解法处理印染废水实验 (5) Treatment of printing and dyeing wastewater through electrolysis	(1) 大气样品采集 (1) Sampling of aerosol samples
		(6) 活性炭处理印染废水实验 (6) Treatment of printing and dyeing wastewater using activated carbon	(2) 环境中大气 PM _{2.5} 中碳成分的测量 (2) Quantification of carbonaceous aerosols in PM _{2.5}
		(7) 包埋固定化凝胶小球制备及其对废水中染料的吸附实验 (7) Preparation of embedded immobilized gel beads and test of bead absorption to dyes in wastewater	(3) 城市大气颗粒物中水溶性无机离子的分析测定 (3) Determination of water-soluble inorganic ions in urban atmospheric particulates
		(8) 污水厂现场参观教学实践 (8) Visiting the wastewater treatment plant	(4) 城市大气不同粒径气溶胶中阴离子表面活性剂的测定 (4) Determination of anionic surfactants in aerosols with different particle sizes in the urban atmosphere
			(5) 生物样品的采集 (5) Sampling of bio-samples
			(6) 污染物长期作用下生物体生化指标的测定 (6) Determination of biochemical indexes of organism long-term exposed exposure to pollutants
		(7) 地表水中 4 种砷形态的液相色谱分离及电感耦合等离子体质谱测定 (7) Separation and determination of 4 arsenic species in surface water by HPLC-ICPMS	
		(8) 空气中氨浓度的测定 (8) Determination of radon concentration in the air	
		(9) 环境 α 、 β 、 γ 放射性水平测定 (9) Measuring the α , β , γ radioactivity in the ambient environment	
		(10) 表层海水和沉积物中有机氯农药含量的测定 (10) Determination of organochlorine pesticides in the surface seawater and sediment	

2.2.2 各模块实验项目的更新及特色体现

随着社会的进步,科技的发展,对环境科学专业的人才培养也提出了更高的要求,不仅要求学生具有扎实的理论基础知识,同时还要求学生具备实践动手能力和创新思维^[12]。面对新环境新要求,在保持实验课程体系模块不变的情况下,不断调整实验内容,以适应新时期的要求。

1) 优化基础实验内容

大类招生后,伴随课程体系调整,开展了适应人才培养新模式的探索,进一步加强了基础实验的设置,尤其是增加专业基础实验内容,在“环境科学入门实验”的基础上,融合地学基础、生态学、环境生物学、化学等学科内容,对环境科学专业、生态学专业、环境生态工程专业学生开设了“学科基础实验 I”和“学科基础实验 II”。通过基础实验操作、基础实验技能训练以及基础实验仪器使用以及野外调查技能训练,扩大知识面,增长见识,把实验基础打得更扎实,起点更高,真正起到厚基础的效果。

2) 与时俱进更新实验项目

实验内容依据环境问题的变化和社会需求不同,不断进行调整。比如,由原先测定大气污染颗粒物的 PM10 浓度,而现在测定 PM2.5 浓度,并且开展颗粒物的碳成分分析等实验。有些实验内容也从关注单个生物个体(解剖实验),变为关注生态环境变化对生物群落的影响,比如,“环境科学基础实验 II”中把虾、蛤等的解剖实验,整合到大型底栖动物的野外生态调查及室内分析实验中,结合调查内容进行典型动物的解剖。在“环境科学综合大实验”部分,增加大型仪器电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)对水中不同形态砷含量的测定实验,让学生了解国际国内最新仪器分析动态,开阔学生视野。

3) 增加学生自主实验

为了进一步提高学生的动手能力、创新意识以及团队精神,增加设计性自主性实验内容。比如“环

境科学基础实验 I(化学部分)”,增加学生自主实验的内容。学生组成实验小组,自主选择感兴趣的实验题目,设计实验方案,提交实验需要的试剂、玻璃器皿及仪器的名称和数量,经任课教师审核通过后,实验技术人员会按照学生的需要提供实验器材,学生则在 1-2 周时间内,独立清洗玻璃器皿、配制试剂,分析样品,自主完成整个实验过程,并对实验结果进行总结分析,制作 PPT 在全班汇报,任课教师对学生的实验结果及现场表现进行点评、打分,成绩计入实验课总成绩。

4) 着重体现海洋特色

从“基础实验模块”到“综合实验模块”,实验项目设置中都包含有海洋相关实验内容,体现海洋环境的专业特色。比如,“学科基础实验 II”中,红树林生态环境调查实验;“环境科学基础实验 I”中,海水硬度的测定等;“环境科学基础实验 II”中,岩石岸潮间带和红树林湿地大型底栖动物的野外生态调查与室内观察分析;“环境科学综合实验”中,双壳类海洋生物污染指标的测定等,充分利用厦门靠海的地域优势,发挥环境科学与海洋科学的交叉融合特点,在环境科学专业体现海洋特色。

5) 教学科研结合,注重国际接轨

根据任课教师的科研成果,更新传统知识,引入国际前沿理论。比如,通过潮间带生物的生态野外调查,让学生计算多样性指数等指标,分析和评价这些生物指数在潮间带生态系统监测的结果、存在缺点及其适用性。在实验教材编写中,引进香港大学太古海洋科学研究所“Field Course”的部分内容。教学方法上,采用实验课前布置思考题,学生采样后对数据进行分析,以 PPT 形式进行汇报。老师给予讲解和指正。

6) 强化野外调查能力

环境问题的解决需要现场研究,因此加强学生的野外调查能力非常重要,无论是基础实验、专业实验还是综合实验,很多实验项目都设置了野外采样或者现场监测的内容。比如,“学科基础实验 I”

中, 噪声的测定、植物蜡叶标本的制作等; “学科基础实验 II” 在红树林湿地参观时, 让学生用便携式盐度计现场测量海水的盐度; “环境科学基础实验 I” 中, 溶解氧的测定是到翔安校区的芙蓉湖边进行现场采样固定; “环境科学综合实验” 中, 关于环境污染影响海洋双壳类生物生化指标的实验, 以前的实验样品购自农贸市场, 学生无法得知样品来源的环境, 难以进行有效分析。现在带领学生到污染程度不同的海滩现场采样, 要求学生按照标准程序完成采样工作并观察记录采样点的环境状况。学生可以结合采样点的环境对实验数据进行详细的分析, 判定环境污染对生物生化指标的影响。学生对现场采样工作的反馈是态度积极, 行动认真, 并且认为“能将理论知识与实际相结合”、“能感受大自然的美好”、“能体验团队合作的重要性”, 同时也“能体会野外采样的艰辛”、“科研工作的不易”。

经过 20 年的发展完善, 厦门大学环境科学专业实验课程体系更加符合社会和科技的发展要求, 在加强基础操作、基本技能等动手能力训练的基础上, 强化学生创新思维、综合素质及团队协作能力, 为培养高素质专业人才提供了保障。

2.3 实验课程体系的技术支撑

实验教学课程体系的建立、发展、完善, 离不开实验室建设、仪器设备购置、实验教学队伍建设等硬件设施配套, 以及实验室管理、选修实验课程补充、教师科研成果用于实验教学等软件设施的支撑作用。

2.3.1 实验室建设及创新实践平台建设

2002 年, 环境科学专业实验室面积为 130 m², 仪器设备价值约 66 万元。只能满足“环境科学基础实验 I (化学部分)”和“环境科学基础实验 II (生物部分)”的实验需要。“环境工程实验”和“环境综合大实验”需要借助任课教师的科研实验室来完成。随着招生人数的增加及学校的区划调整, 建设经费的投入增加, 环境科学专业实验室面积和仪器设备配套都发生了很大变化。特别是 2012 年实验室搬迁

到厦门大学翔安校区, 本科教学实验室面积扩大为 2 618 m², 仪器设备价值达 1 245 万元。另外, 近海海洋国家重点实验室、翔安校区的仪器分析实验平台的仪器设备 (如, ICP-MS、原子吸收分光光度计、气相色谱、液相色谱、红外分光光度计等) 也开放给本科教学免费使用, 这些实验室和仪器设备的资源共享, 为本科实验教学提供了坚实的物质基础。

为便于学生的实验课开展课程实习, 在翔安校区修建了植物园; 学院还与翔安校区共建了校园“多维度”生态环境调查创新实践平台, 为学生实验实践提供场所。

2.3.2 实验教学中心的支持

实验教学中心成立于 2011 年, 现有专职工作人员 9 人, 其中, 博士学历 3 人, 硕士学历 5 人, 本科学历 1 人。主要负责全院本科生的实验教学仪器设备及实验室管理、野外实习、教学辅助及创新实验室管理等工作, 管理教学实验室 29 间、仪器设备 1 400 台 (套); 仪器设备及实验室面向全院师生开放预约使用。

从 2016 年开始, 厦门大学环境与生态学院在本科教学实验室开始实行 6S 管理^[13]。所谓 6S 管理, 就是在实验室实行整理 (Seiri)、整顿 (Seiton)、清扫 (Seiso)、清洁 (Seiketsu)、素养 (Shitsuke)、安全 (Safety) 六项要素的管理, 其目的是为学生提供安全、整洁、物品摆放有序、规范的实验室环境; 并通过制定一些行为规范标准, 约束学生在实验室的行为举止, 达到环境育人、提高学生综合素质的目的。学生进入实验室上课实行安全考试合格准入制度, 考试成绩低于 95 分, 不得进入实验室上课。并且实行 6S 一票否决制, 6S 总分 10 分, 得分低于 6 分该门实验课为不合格。通过这些管理措施实施, 实验室的面貌发生了很大变化, 学生在实验室的行为举止也发生了变化, 实验用品归位摆放, 保持实验室的整洁、干净、安全, 学生的整体素质得到了极大提升。

实验教学中心在仪器设备管理、实验室管理和实验准备方面,给出了强有力的支持,为环境科学实验教学体系发展完善提供了人员及仪器设备保障。

2.3.3 提高实验实践环节学分比例,增加创新创业内容

开设生物化学实验、环境微生物实验、仪器分析实验等选修实验,补充必修实验课的不足。另外,在学生毕业总学分要求中加入创新创业学分要求,进一步强调学生动手能力及创新能力的培养。

3 存在的问题及建议

建议在一年级开设以参观为主的认识性实习实验课程,帮助学生认识自然环境演化过程和人类活动对环境造成的影响,认识不良环境对社会经济发展的限制性和环境问题的严重性。增强环境保护意识,提高对环境科学专业性质的认识,增强学习环境科学知识的主动性,树立持续发展和环境保护的战略思想,为后续的专业课学习和高年级的生产实习奠定基础。建议继续提高自主性、综合性实验比例,加强学生分析问题、解决问题的能力培养,提高学生的综合素质和核心竞争力。建议把高科技的实验手段引入实验教学,尽量减少因为大量采集标本给生态环境带来的伤害。特别是随着先进仪器装备如全球卫星定位仪、数码摄像和照相设备望远镜等的逐步普及,尤应推动野外实习内容由以标本采集、物种识别为主转变为以数据收集、定量研究为主^[14],对留存的有代表性的、拍摄效果良好的照片进行选择 and 整理,以供后续学生在实习之前进行预览,这将有助于学生在野外实习过程中从自身做起,树立生态环保理念^[15]。

4 结语

实验教学课程体系建设是个长期的、持续的工作,是与学生培养目标和社会需求紧密相关的,要跟随社会的进步、科技的发展,不断调整完善。首先,实验课程的设计要有科学性、综合性、系

统性,要体现环境科学学科综合、交叉性的特点,以及“厚基础、宽口径、高素质、多样化”的培养目标,来进行基础实验、专业基础实验、专业综合实验的模块化设计,实验教学课程体系要建立在科学的、合理的、综合的平台之上,要有较高的要求;其次,实验内容不能一成不变,要随着学科的发展、科技的进步、实验室建设的投入、实验室管理水平的提高等软硬件条件的改变,调整实验内容,提升实验水平,紧跟国际的发展水平;第三,对专业实验有辅助作用的选修实验课程的设置,也要适当调整,给专业实验课程体系完善提供有力支持;第四,任课教师和实验室管理人员的对实验教学课程体系建设和完善的投入,也很大程度决定了实验课程体系建设和完善的进展情况,要加强人员培训和交流,不断提高人员素质;第五,继续发挥环境科学专业的科研优势,把科研理念、实验方法及科研成果带入实验课程体系中,为培养高素质人才提供更多机会。

环境科学专业实验教学课程体系发展到现在,总的来看比较令人满意,基本达到了预期的效果,满足了现代人才培养的要求,可以为兄弟院校的实验教学课程体系建设提供借鉴和帮助。

致谢:厦门大学环境与生态学院张原野副教授在论文写作及英文摘要修改方面提供了宝贵的协助与指导,在此致以衷心的感谢!

REFERENCES

- [1] 王鸣,薛艳.环境科学专业“数据分析与实验设计”课程教学改革探讨.实验技术与管理,2020,37(2):164-167.
Wang M, Xue Y. Exploration on teaching reform of “Data analysis and experimental Design” course in environmental science major. Exp Technol Manag, 2020, 37(2): 164-167 (in Chinese).
- [2] 王成,袁和忠.新形势下高校环境科学类专业加强地学基础教育的必要性.教育教学论坛,2018(23):180-181.
Wang C, Yuan HZ. Necessity of setting geosciences basic course in the college education of

- environmental science. *Educ Teach Forum*, 2018(23): 180-181 (in Chinese).
- [3] 李旭, 许佩瑶. 综合性实验教学对学生综合能力培养初探. *中国电力教育*, 2006(S4): 446-447.
Li X, Xu PY. A preliminary exploration of comprehensive experimental teaching to cultivate students' comprehensive ability. *Chin Electric Power Educ*, 2006(S4): 446-447 (in Chinese).
- [4] 王新红. 环境科学专业设立“环境科学综合实验”的实践教学与思考//海洋与环境科学教学研究论文集. 北京: 海洋出版社, 2008: 137-141.
Wang XH. Practical teaching and thinking on the establishment of “Environmental Science Comprehensive Experiment”//*Collec Res Papers Mar Environ Sci Teach*. Beijing: Ocean Press, 2008: 137-141 (in Chinese).
- [5] 张燕, 邱明, 杨攀峰, 等. 海洋技术专业认识实习课程的建设与实践. *教育现代化*, 2019, 1(1): 93-95.
Zhang Y, Qiu M, Yang PF, et al. Construction and practice of cognitive practice course for marine technology specialty. *Educ Mod*, 2019, 1(1): 93-95 (in Chinese).
- [6] 刘爱荣, 冯嘉楠, 陈玲, 等. 中日环境科学专业实践教学对比. *教育教学论坛*, 2020(9): 160-161.
Liu AR, Feng JN, Chen L, et al. Construction and practice of cognitive practice course for marine technology specialty. *Educ Teach Forum*, 2020(9): 160-161 (in Chinese).
- [7] 葛艳辉, 闵笛, 刘桐芬. 环境科学专业实践教学体系的改革与探索——以天津理工大学为例. *安徽农业科学*, 2016, 44(24): 241-243.
Ge YH, Min D, Liu TF. Reformation and exploration of practice teaching system of environmental science major — a case study of Tianjin University of Technology. *J Anhui Agri Sci*, 2016, 44(24): 241-243 (in Chinese).
- [8] 莫德清, 莫建萍. 强化环境工程专业学生实践能力培养的探讨. *桂林电子科技大学学报*, 2008, 28(4): 373-375.
Mo DQ, Mo JP. Study on how to improve application ability of environment engineering majors. *J Guilin Univ Electron Technol*, 2008, 28(4): 373-375 (in Chinese).
- [9] 张承中, 彭党职. 高等学校环境类专业实践环节教学现状调查及教学改革思考. *西南科技大学学报(哲学社会科学版)*, 2004, 24(4): 6-9.
Zhang CZ, Peng DZ. Investigation on the present practical process in environmental specialties teaching in some higher institutes worldwide. *J Southwest Univ Sci Technol (Philosophy Soc Sci Ed)*, 2004, 24(4): 6-9 (in Chinese).
- [10] 黄懿梅, 周莉娜, 刘婷, 等. 环境科学专业创新性实践教学体系的构建. *教育教学论坛*, 2014(49): 166-168.
Huang YM, Zhou LN, Liu T, et al. Investigation on the present practical process in environmental specialties teaching in some higher institutes worldwide. *Educ Teach Forum*, 2014(49): 166-168 (in Chinese).
- [11] 郭小玲, 许丽娜. 环境科学基础实验室建设的一点体会. *实验室研究与探索*, 2002, 21: 130-131.
Guo XL, Xu LN. The experience about constructing the basic laboratory of environment science. *Res Explor Lab*, 2002, 21: 130-131 (in Chinese).
- [12] 谢越, 韩传红, 段立珍. 国内外高校环境科学专业实践教学体系的差异比较. *大学教育*, 2016(12): 33-34.
Xie Y, Han CH, Duan LZ. Comparison of differences in the practice teaching system of environmental science majors in universities at home and abroad. *Univ Edu*, 2016(12): 33-34 (in Chinese).
- [13] 郭小玲, 何永琴, 刘珺, 等. 以环境育人为理念的本科教学实验室管理模式探讨. *生物工程学报*, 2020, 36(7): 1459-1464.
Guo XL, He YQ, Liu J, et al. Discussion on the management pattern of undergraduate experimental teaching laboratory based on the idea of environmental education. *Chin J Biotech*, 2020, 36(7): 1459-1464 (in Chinese).
- [14] 胡青, 刘忠华, 郭惠红, 等. 生物学野外综合实习教学改革的探索与实践. *中国林业教育*, 2017, 35(S1): 34-39.
Hu Q, Liu ZH, Guo HH, et al. Exploration and practice of teaching reform of biological field practice. *For Edu Chin*, 2017, 35(S1): 34-39 (in Chinese).
- [15] 张桂然, 张红梅, 李欣, 等. 高校生物学野外实习模式的实践与探索. *沧州师范学院学报*, 2016, 32(1): 119-121.
Zhang GR, Zhang HM, Li X, et al. Practice and exploration on the model for field work of college biology. *J Cangzhou Normal Univ*, 2016, 32(1): 119-121 (in Chinese).

(本文责编 陈宏宇)