

高校生命科学大型设备实验教学体系的改革

席超, 刘进

北京师范大学 生命科学学院, 北京 100875

席超, 刘进. 高校生命科学大型设备实验教学体系的改革. 生物工程学报, 2020, 36(6): 1241-1248.

Xi C, Liu J. Reform of experimental course of large-scale life science equipment in universities. Chin J Biotech, 2020, 36(6): 1241-1248.

摘要: 随着高校生命科学大型设备开放和共享程度不断扩大, 如何利用大型设备培养学生的实践与创新能力、如何挖掘设备潜能、提高科研支撑水平和加快科研产出等问题亟待解决。经过探索, 建立了一套包含 15 个专题、涵盖技术广泛的大型设备培训和实践教学体系。实践中, 不断地在课程个性化方面进行创新, 根据学生专业和科研需求差异化教学内容、分小班个性化教学、学生菜单式选择, 同时充分发挥线上教学优势, 形成了云端教学与线下课堂教学相辅相成的教学模式, 产生了一定的教学效果。

关键词: 生命科学, 大型设备, 实践教学, 实践能力培养

Reform of experimental course of large-scale life science equipment in universities

Chao Xi, and Jin Liu

College of Life Sciences, Beijing Normal University, Beijing 100875, China

Abstract: The opening and sharing of large-scale life science equipment in universities is expanding. We must find ways to improve the role of large-scale equipment in cultivating students' practical and innovative abilities, to tap the potential of equipment, then to support scientific research and speed up scientific research output. We established a set of large-scale equipment training and practice teaching system including 15 topics and covering a wide range of technologies. In practice, we constantly innovated personalized courses. According to the differences of students' major and scientific research needs, we classified teaching content and set up parallel classes. Each class had the individualized teaching content and students could select from a menu of courses. In addition, we built up a cloud classroom teaching platform, online and offline teaching method supplemented each other. The teaching system have produced certain effect.

Keywords: life sciences, large-scale equipment, practical teaching, practical ability training

Received: January 9, 2020; **Accepted:** March 20, 2020

Corresponding author: Jin Liu. Tel: +86-10-58808688; Fax: +86-10-58807720; E-mail: liujin@bnu.edu.cn

网络出版时间: 2020-04-15

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1998.Q.20200415.1044.003.html>

高校公共实验平台是大型精密设备的共享使用和绩效管理平台。近年来,国家和社会对大型仪器设备开放共享不断提出新的要求^[1-2],如何在保证设备、实验人员和实验过程安全的基础上,更加充分地发挥大型设备的功能、提高有效使用率、提高设备的科研支撑和学生实践能力培养水平就成为大型设备平台管理中的重要问题,国内高校也在进行各种尝试^[3-15]。通过教学环节来促进大型设备的使用效率、提高学生实践能力培养效果也是其中的一种尝试^[16-21]。我学院在公共实验平台的建设和完善过程中,不断思考和实践,突破常规,积极探索大型设备使用的教学方法,建立了一套比较完善的教学体系^[22]。在教学实践中,我们根据学科特点、学生专业差异、科研实际需求和学习效果对教学体系不断进行改革和完善,产生了一定的实际效果。

1 传统培训方法与实际需求的矛盾

北京师范大学生命科学学院生命科学实验技术中心成立于2006年,是服务学院学科发展的大型设备共享服务平台。经过多年的建设,截至目前,平台共享的大型设备达到118台套,年使用机时累计数万小时,配备实验技术人员12人。在平台的快速发展过程中,我们遇到过很多问题,其中传统仪器教学方法和不断增加的实际需求之间的矛盾尤其明显。

传统的仪器培训方法,采用的都是仪器管理教师现场讲解使用方法和演示仪器的上机操作流程,数十名学生围着一台机器,根本无法保证所有的学生都能够对设备有全面和深入的了解;同时,由于课堂时间有限,培训中教师通常对仪器的工作原理和技术应用涉及不多或者浅尝辄止,导致大多数学生对设备能解决的科研问题知之不深。对设备缺乏足够的了解就造成了科研效率低下、设备有效使用率不高和仪器故障率增加等现象。

在这种背景下要求我们必须对传统设备培

训方法进行改革,建立一种系统、高效的生命科学实验设备与技术培训体系,使学生从设备的工作原理、技术特点到使用方法和应用领域能有整体的掌握和深入的认识,从而提高大型仪器设备的使用效率,开发设备的新功能,降低设备故障率、节约设备运行成本,提升学生的实践能力和水平。

2 建立大型仪器设备相关实验技术教学体系

经过多年的摸索,学院于2012年开设了“生命科学实验技术原理与方法”课程,课程为专业必修课,计3个学分。授课对象主要为一年级研究生^[22]。整个课程持续15周,授课人为设备主管教师。设备主管教师共有12位,平均年龄40岁,全部具有博士学位,部分还拥有海外博士后经历,80%具有高级职称。他们具有数年的生命科学科研经历,从事过多年的生命科学大型设备的管理、分析测试服务和相关技术研发工作,并拥有给本科生和研究生讲授实验课的经验。课程还安排了6次校外专家讲座,涉及到的专家主要为生命科学相关领域的学者和知名厂家的技术应用专家,结合最新发表的高水平科研论文,为学生讲解生命科学实验技术的前沿进展及其在科研中的应用^[22]。

设备主管教师授课包括14个专题内容(表1)^[22],每周安排2次授课,每次3个课时,第一个课时讲解理论,课程内容力求更贴近科研实际应用,使学生熟悉设备的技术原理;后两个课时教师上机演示和学生上机操作,授课注重原理和硬件、理论与实践、功能和拓展的紧密衔接,同时学生可以了解到设备应用中的常见问题和解决办法;实行分组上机教学(每组10-15人),确保每个学生都能近距离观看老师的示范、与老师良好互动和上机操作,提高教学效果。整门课程涉及到的大型仪器设备超过80台套,基本涵盖了共享平台中的绝大部分设备。

表 1 课程内容

Table 1 Course content

专题名称 Lecture topics	理论内容 Theoretical part	实践内容 Practical part
实验室安全操作	实验室安全概论和大型设备预约、使用和操作规范	公共平台实验室的使用方法
实验动物伦理与基本操作	实验动物福利、伦理和伦理审查、动物实验室使用规范和动物实验基本操作	实验动物房等的使用
蛋白质分离与纯化	蛋白质分离、纯化基本原理和柱层析技术	全自动蛋白质纯化系统、超声波和高压破碎仪、样品浓缩仪等的使用
显微图像采集与分析	生物显微镜成像基本原理、细胞和组织荧光标记、影响显微成像的因素和显微图像的分析	超高分辨率成像系统、激光扫描共聚焦显微镜、双光子激光共聚焦显微镜、转盘激光共聚焦显微镜等的使用
基因扩增与定量检测	荧光定量 PCR 和数字 PCR 基本原理、引物设计、影响因素和结果分析	普通 PCR、荧光定量 PCR、微滴式数字 PCR 等的使用
免疫组织化学	动植物组织薄切片方法、免疫组织化学原理和方法、对照设计和标记结果分析	石蜡切片机、冰冻切片机、振动切片机的使用
流式细胞术	流式细胞分析、分选技术原理和结果分析	高通量流式细胞仪、高速流式细胞仪分选仪等的使用
细胞培养与高内涵分析	细胞培养技术、活细胞成像技术和结果分析	生物安全柜、长时程无标记细胞成像系统、高内涵细胞成像系统和活细胞工作站等的使用
离心分离技术应用	离心分离技术原理和应用	超速离心机、高速离心机等的使用
生物质谱与双向电泳	蛋白质组学常用技术原理和应用	双向电泳仪、质谱仪等的使用
野生动物无线追踪和行为监测	野生动物无线追踪技术和行为检测技术的原理和应用	无线动物追踪颈环追踪鸟类飞行轨迹、红外线感应相机等的使用
光谱分析	光谱技术原理和应用	酶标仪、荧光光谱仪、紫外分光光度计等的使用
色谱分离分析	色谱分离分析原理和技术应用	高效液相色谱、中压制备色谱和气相色谱等的使用
分子相互作用	分子相互作用分析方法原理和应用	分析型超速离心机、微量热涌动分子互作分析系统等的使用
生命科学实验技术发展前沿讲座	校外专家讲座	相关演示机的使用

3 课程考核和教学效果评价

本课程为考查课,课程结束后会从两方面对学生学习情况进行考核,首先要求学生课上学习的某一实验技术进行原理和设备应用深入分析,撰写综述或者实验设计报告;其次,课程结束后会对选修过此课程的研究生进行设备理论和

上机操作两方面的考核,通过考核的学生才可以注册大型设备网络预约系统账号,自行预约使用设备。教学效果从以下几方面得以体现,第一,由于使用者操作不当引起的设备故障发生率降低,操作的规范性显著提高;第二,学生自行操作能力提高,大型设备的使用率得到提升,近些年大型设备年均总使用机时为 25 000 h,年均预约使用达 8 000 多

人次；第三，课后发放匿名学生调查问卷，调查学生对专题内容设置、上机操作安排、教师授课方式和感兴趣的校外专家讲座内容。

4 课程的不断改革与创新

通过几年的授课，我们积累了不少教学经验，但是也产生了一些新的问题。首先，学院有生态学 and 生物学两个一级学科，相应的宏观方向和微观方向的研究生关注和需要掌握的实验技术和方法是不同的，这样在统一授课的时候宏观的实验技术微观方向的学生不感兴趣，微观的实验技术宏观方向的学生也不关注，就在一定程度上造成了课程资源的浪费，教学效果也会打折扣；其次，尽管我们在上机实践阶段采用了分小组上机的方式，希望每位同学都能获得足够的上机时间，但是由于上机时间只有两个课时，大型仪器设备掌握起来又有一定难度，使得学生感觉上机操作时间仍然不够充裕；第三，理论部分要求教师在一个课时内将设备和技术的原理、应用、结果分析和常见问题的解决办法全部讲解完毕，导致大部分学生感觉内容多，不能全部理解。

针对这些新的问题，结合最新的教学理念和信息技术，近些年来我们对课程的授课方式和课程内

容进行了改革和创新。

第一、建立“生命科学云端学习平台”(图 1)。主讲教师提前将所有专题的 PPT 进行讲解录制，录制好的 PPT 被转换为视频文件并上传至“生命科学云端学习平台”。我们要求学生在上课之前，通过自己的账号和密码登录平台观看相关视频，学习相关理论，平台还支持在线提问和在线回复功能。云端学习平台的建立使得学生的学习时间更加灵活，学生可以自主安排自己的理论学习时间，针对难度较大的内容，学生还可以通过反复观看讲解、线上提问等方式来解决。对于授课教师也解决了理论课时少、讲解无法深入的问题，教师可以更加合理地安排理论内容讲解的时间、广度和深度。

第二、平行班教学。我们将原来的大班拆分为 4 个平行班级，每个班级人数不超过 25 人，每班课程设置包括 15-16 个专题。上课学生数的减少使得学生有了更多和教师面对面交流的机会，也解决了实验室空间不足导致的教学现场拥挤的问题。专题设置在原有基础上进行了分类和细化，4 个平行班级的专题，既各有侧重，又互相补充。比如，把其中一个班级的课程安排为生态学实验技术为主生物学实验技术为辅的模式，将之前的“野生动物



图 1 “生命科学云端实验学习平台”网站截图

Fig. 1 Website screenshot of “Experimental learning cloud platform of lifesciences”.

无线追踪和行为监测”专题细化为“野外录音与分析”、“动物调查和行为观察”、“动物调查数据分析”、“红外相机与动物追踪”等专题。细化后的专题内容基本涵盖了该院宏观方向研究所需的基本实验技术和设备。同时,针对生态学对部分微观

实验技术的需求,我们补充了微滴式数字 PCR 技术、光谱色谱分析技术、扫描电子显微镜技术等专题。其他 3 个生物学课程平行班根据不同二级学科的研究需要,在开设基本专题基础上各有侧重(表 2)。

表 2 平行班课程内容

Table 2 Course content of parallel classes

生态学班 Ecology class	生物学1班 Biology class 1	生物学2班 Biology class 2	生物学3班 Biology class 3
1. 课程介绍及实验室安全	1. 课程介绍及实验室安全	1. 课程介绍及实验室安全	1. 课程介绍及实验室安全
2. 野外录音与分析 I	2. 光谱分析技术	2. 蛋白质分离、纯化与相关设备介绍	2. 长时间细胞动态观察及分析系统
3. 动物调查/行为观察	3. 色谱分离分析技术	3. 动植物组织切片技术及免疫组织化学技术	3. 全自动蛋白免疫印迹仪工作原理和基本操作
4. 野外录音与分析 II	4. 荧光显微镜基本操作	4. 生物电镜样品制备和扫描电镜观察	4. 离心技术基本原理、应用及实际操作
5. 光谱与形态分析	5. 激光共聚焦显微镜	5. 光谱分析技术	5. 流式细胞术
6. 动物调查数据分析	6. 显微图像分析技术	6. 色谱分离分析技术	6. 荧光显微镜工作原理及基本操作
7. 红外相机与动物追踪	7. 超高分辨率显微镜工作原理及基本操作	7. 微量热涌动分子互作分析	7. 转盘共聚焦显微镜原理及操作
8. 微滴式数字PCR技术	8. 高内涵活细胞分析技术	8. 真空冷冻干燥仪、灭菌技术、酶标仪	8. 全内反射荧光显微镜原理及操作
9. 离心技术基本原理、应用及实际操作	9. 流式细胞术	9. 生物质谱技术及双向电泳技术	9. Real-time PCR 工作原理和基本操作
10. 生物电镜样品制备和扫描电镜观察	10. 生物电镜样品制备和扫描电镜观察	10. 荧光显微镜基本操作	10. 基因枪/化学发光仪、凝胶成像系统、多功能激光扫描仪原理及操作
11. 真空冷冻干燥仪/灭菌技术/酶标仪	11. Real-time PCR 工作原理和样本制备方法介绍	11. 双光子激光共聚焦显微镜原理和操作	11. 细胞能量代谢分析系统原理及操作
12. Real-time PCR 工作原理和样本制备方法介绍	12. 动植物组织切片技术及免疫组织化学技术	12. 离心技术基本原理、应用及实际操作	12. 生物质谱技术及双向电泳技术
13. 荧光显微镜基本操作	13. 微量热涌动分子互做分析	13. 流式细胞术	13. 微量热涌动分子互作分析
14. 流式细胞术	14. 蛋白质分离、纯化与相关设备介绍	14. 实验动物饲养和常见操作	14. 蛋白质分离、纯化与相关设备介绍
15. 新技术讲座	15. 生物质谱技术及双向电泳技术	15. 新技术讲座	15. 光谱分析技术
	16. 新技术讲座		16. 新技术讲座

第三、增加学生上机实践时间。由于云端学习平台的建立,使得我们可以将之前两个课时的学生上机时间增加为3个课时;同时,平行班的教学模式使得每班的学生人数减少,这样每个学生上机实践的时间便相应地延长,教师也可以更加细致地演示设备使用方法。

5 大型设备教学功能在本科生实践能力培养中的应用

研究生是科学研究的主体、大型设备的主要使用者,是此课程的主要教学对象。随着国家“双一流”高校建设和创新型人才培养目标的确立,对本科生实践能力的培养提出了更高的要求。大型设备是高校重要的科研和教学资源,如何发挥其在本科生实践能力培养上的作用,我们也进行了尝试,包括:1)在部分原有本科生实验教学课程基础上,将大型设备教学环节加入其中,如在细胞生物学实验课中加入了临界点干燥仪、离子溅射仪和扫描电子显微镜的教学环节;在发育生物学实验课中,加入了基因枪、荧光体视显微镜和冷冻切片机的教学环节,在这些环节中学生们可以学习设备的原理并且亲自上机操作;2)一些对操作要求较高或者暂时无法满足上机需求的大型设备,如全自动蛋白质纯化系统、高效液相色谱仪、气相色谱仪、原子吸收光谱仪和红外吸收光谱仪等设备,我们将其制作成了虚拟仿真教学平台,供本科生模拟操作。

6 结语

大型设备是高校科研工作的重要保障,如何发挥其在学生实践能力培养上的教学作用,得到了愈来愈多的重视,高校开始建立与大型设备相关的教学课程。我学院根据自身大型设备情况,充分考虑生态学和生物学学科特点、宏观研究和微观研究学生的需求差异,建立了覆盖广泛、涉及技术全面、

分平行班实施、学生按需选择的教学体系,实践中产生了一定的教学效果。期望我们在这方面的工作可以为兄弟院校提供参考,能够为提高大型设备在学生实践能力培养中的作用提供帮助。

REFERENCES

- [1] 国务院关于国家重大科研基础设施和大型科研仪器向社会开放的意见(国发〔2014〕70号)[EB/OL]. [2019-12-26]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-01/26/content_9431.htm.
- [2] 教育部办公厅关于加强高等学校科研基础设施和科研仪器开放共享的指导意见(教技厅〔2015〕4号)[EB/OL]. [2019-12-28]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A16/s3336/201601/t20160111_227492.html.
- [3] Yu LB, Yin HF, Chu SX, et al. Construction of opening and sharing guarantee system for university large: scale precious instruments and equipment: Taking key provincial university in western region as example. *Exp Technol Manag*, 2019, 36(5): 290–293, 297 (in Chinese).
于乐兵,尹洪峰,初士兴,等.高校大型贵重仪器设备开放共享保障体系建设——以西部地区某省属重点高校为例. *实验技术与管理*, 2019, 36(5): 290–293, 297.
- [4] Zhao Y, Zhu HM, Qiu HN. Discussion on the management of large-scale instrument sharing platform in institute of medical college. *Basic Med Ed*, 2019, 21(3): 222–224 (in Chinese).
赵怡,朱郁桐,邱怀娜.医学院校研究所大型仪器共享平台管理探讨. *基础医学教育*, 2019, 21(3): 222–224.
- [5] Yang W, Liu XR, Zhang HD, et al. Analysis of research instruments sharing problem in key universities. *Sci Technol Manag Res*, 2019, 39(4): 72–78 (in Chinese).
杨巍,刘心蕊,张鹤达,等.重点高校科研设备开放共享现状分析. *科技管理研究*, 2019, 39(4): 72–78.
- [6] Jiang LY, Yan GD, Zhang Y, et al. Construction and exploration of performance evaluation system for scientific research and laboratory technicians of

- university instrument platform. *Exp Technol Manag*, 2019, 36(7): 257–259 (in Chinese).
- 姜丽艳, 闫国栋, 张艳, 等. 高校仪器平台科研实验技术人员绩效考核体系的构建与探索. *实验技术与管理*, 2019, 36(7): 257–259.
- [7] Zhao ML, Dong L, Bai H. Innovative insight on the improvement of comprehensive benefits of large-scale instruments and equipment in universities. *Lab Sci*, 2019, 22(3): 197–199 (in Chinese).
- 赵梦鲤, 董雷, 白赫. 提高高校大型仪器设备综合效益的新思路. *实验室科学*, 2019, 22(3): 197–199.
- [8] Zhai WY, Zhang JB. Exploration on the management of large-scale instrument platform in university research labs. *Gaoxiao Shiyanshi Gongzuo Yanjiu*, 2016, (3): 120–122 (in Chinese).
- 翟万营, 张金标. 高校科研实验室大型仪器平台管理探索. *高校实验室工作研究*, 2016, (3): 120–122.
- [9] Cai B, Liu SL, Yin LN, et al. Exploration and practice on the opening-up and sharing of large-scale apparatus and equipment in universities. *Res Explorat Lab*, 2014, 33(2): 259–263 (in Chinese).
- 蔡兵, 刘姝伶, 尹玲娜, 等. 高校大型仪器设备开放共享的实践与探索. *实验室研究与探索*, 2014, 33(2): 259–263.
- [10] Song XH, Zhou XF. Innovation and practice on construction of sharing platform for large-scale instruments and equipment of colleges and universities: Taking a public platform of School of Medicine of Zhejiang University as an example. *Exp Technol Manag*, 2013, 30(12): 37–40 (in Chinese).
- 宋兴辉, 周小峰. 高校大型仪器共享平台建设的创新与实践——以浙江大学医学部公共平台为例. *实验技术与管理*, 2013, 30(12): 37–40.
- [11] Deng M, Chen Y. Discussion on performance management of large-scale equipment in universities. *Exp Technol Manag*, 2013, 30(1): 228–230 (in Chinese).
- 邓敏, 陈彦. 高校大型仪器设备绩效管理探讨. *实验技术与管理*, 2013, 30(1): 228–230.
- [12] Li BP, Gao ZP, Tuo QH, et al. Thinking and exploration of building large experimental teaching equipment sharing platform in colleges and universities. *China Mod Educat Equip*, 2012, (19): 14–15 (in Chinese).
- 李波平, 高治平, 庾勤慧, 等. 对高校构建实验教学大型设备共享平台的思考与探索. *中国现代教育装备*, 2012, (19): 14–15.
- [13] Wang LG. Construction and practice of sharing platform of large-scale precision instrument and equipment. *Res Explorat Lab*, 2011, 30(3): 188–190, 197 (in Chinese).
- 王礼贵. 大型精密仪器设备共享平台的建设与实践. *实验室研究与探索*, 2011, 30(3): 188–190, 197.
- [14] Wen XH, Guo YZ, Wei J, et al. Practice and exploration on construction of valuable apparatus sharing system in colleges and universities. *Exp Technol Manag*, 2010, 27(9): 1–5 (in Chinese).
- 闻星火, 郭英姿, 魏婧, 等. 高校大型仪器共享系统建设实践与探索. *实验技术与管理*, 2010, 27(9): 1–5.
- [15] He YQ, Wang J, Wu ZW, et al. Role of large-scale instrument sharing platform in talent ability training in first-class universities. *Exp Technol Manag*, 2019, 36(8): 9–13 (in Chinese).
- 何亚群, 王婕, 吴祝武, 等. 大型仪器共享平台建设在一流大学人才培养能力建设中的作用. *实验技术与管理*, 2019, 36(8): 9–13.
- [16] Xu W, Yao RH, Ning HL. Large-scale equipment management for undergraduate experimental teaching. *Chin Univ Technol Transfer*, 2019, (5): 24–26 (in Chinese).
- 许伟, 姚日晖, 宁洪龙. 面向本科实验教学的大型仪器设备管理. *中国高校科技*, 2019, (5): 24–26.
- [17] Tian XJ, Wei WG, Zhang Q, et al. Construction and discussion of large instrument experiment course under the background of the massive open online course. *Shandong Chem Ind*, 2019, 48(10): 169–170 (in Chinese).
- 田秀娟, 魏文阁, 张强, 等. 慕课背景下大型仪器实验课程的建设与探讨. *山东化工*, 2019, 48(10):

169–170.

- [18] Tang YH, Wang B, Li E. Exploration of application of advanced instrument and equipment in experimental teaching practice for developing creativity of undergraduate and postgraduate students. *China Mod Educat Equip*, 2010, (17): 129–130, 133 (in Chinese).
汤云晖, 王波, 李耳. 大型仪器设备实验教学与本科生、研究生创新能力培养的探索实践. *中国现代教育装备*, 2010, (17): 129–130, 133.
- [19] Wang XG, Hao ZX, Fan YJ. Research and exploration on the teaching function of large-scale instrument. *Lab Sci*, 2012, 15(5): 188–190 (in Chinese).
王晓岗, 郝志显, 樊雅娟. 大型仪器教学功能的研究与探索. *实验室科学*, 2012, 15(5): 188–190.
- [20] Zhang XM, Yan B, He P, et al. The application of universities' large instruments and equipment in teaching. *China Mod Educat Equip*, 2015, (19): 4–7 (in Chinese).
张小蒙, 阎冰, 何畔, 等. 高校大型仪器设备在教学中的应用探究. *中国现代教育装备*, 2015, (19): 4–7.
- [21] Bai YF, Ma GX, He LL, et al. Exploration and practice on experimental teaching pattern for large-scale equipment in colleges and universities. *Lab Sci*, 2014, 17(1): 205–208 (in Chinese).
白叶飞, 马广兴, 贺玲丽, 等. 高校大型设备实验教学模式的探索与实践. *实验室科学*, 2014, 17(1): 205–208.
- [22] Xi C, Liu J, Liu K, et al. The establishment of a new teaching model of large-scale equipment in life science. *Bull Biol*, 2016, 51(8): 44–46 (in Chinese).
席超, 刘进, 刘恺, 等. 生命科学大型设备教学新模式的建立. *生物学通报*, 2016, 51(8): 44–46.

(本文责编 陈宏宇)