

化学生物学综合实验教材建设

陈玉清*

厦门大学化学国家级实验教学示范中心, 福建 厦门 361005

摘要: 高质量实验教材是本科实验教学的重要保证, 在创新型人才的培养中发挥着巨大的作用。本文从编写背景、指导思想、项目编写与修订等方面介绍了化学生物学综合实验教材的建设情况。该教材经历了十多年实验教学的考验, 能较好满足相关学科的学生培养需要。

关键词: 化学生物学; 综合实验; 教材建设; 全面质量管理

中图分类号: G64; O6

Construction of Chemical Biology Comprehensive Laboratory Teaching Material

CHEN Yuqing *

National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education, Xiamen University, Xiamen 361005, Fujian Province, P. R. China.

Abstract: High quality laboratory teaching material is an important guarantee for undergraduate laboratory teaching and plays an important role in the cultivation of innovative talents. The article introduces the construction of comprehensive experimental teaching material of chemical biology course from the fields as follows: writing background, guiding ideology, projects writing and revision, etc. This teaching material has been through more than 10 years' test of laboratory teaching, and can better meet the needs of cultivating students' related disciplines.

Key Words: Chemical biology; Comprehensive laboratory; Teaching material construction; Total quality management

教材是教学内容和教学方法的载体, 是深化教学改革、全面推进素质教育的重要保证; 教材体现学校办学理念与教学水平, 须适应高校“双一流建设”重大战略决策^[1,2]。教材对于保证教学质量至关重要; 良好的实验教学效果, 在很大程度上取决于实验教材的建设^[3,4]。教高(2001)4号《关于加强高等学校本科教学工作提高教学质量的若干意见》指出, 教材的质量直接体现着高等教育和科学研究的发展水平, 也直接影响本科教学的质量, 建立科学的高校教材编写、评价和选用制度, 鼓励有条件的高等学校编写具有特色的高水平教材、讲义, 防止教材编写上的低水平重复, 杜绝质量低劣的教材进入课堂。教高(2005)1号《关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见》再次强调, 要加强教材建设, 确保高质量教材进课堂; 要大力锤炼精品教材, 并把精品教材作为教材选用的主要目标; 对发展迅速和应用性强的课程, 要不断更新教材内容, 积极开发新教材, 并使高质量的新版教材成为教材选用的主体。由此可见, 教材建设在本科教学中占有十分重要的地位, 高水平教材

收稿: 2018-05-14; 录用: 2018-06-22; 网络发表: 2018-07-06

*通讯作者, Email: chenyyq@xmu.edu.cn

基金资助: 国家基础科学人才培养基金(J1310024)

是提高教学质量的重要前提和基本保证。化学生物学综合实验教材由厦门大学化学生物学专业实验室自编,适用于化学生物学综合实验(96学时,详见表1),主要面向化学生物学、化学、化学工程、生物工程、材料学等相关专业。该教材于2006年编写并投入使用,并在十多年的教学实践中进行多次修订,现已成为适应相关学科发展的立体化教材,本文总结了实验教材的建设实践与经验。

表1 化学生物学综合实验项目(2017年版)

序号	实验项目	学时数	备注
1	DNA 的化学合成及 DNA 解链温度的测定	12	
2	新型溶酶体荧光探针的设计、合成与评估	24	
3	碱性裂解法提取小量质粒	6	基因工程综合实验
4	聚合酶链式反应体外扩增 DNA	6	基因工程综合实验
5	外源基因的转化与表达	18	基因工程综合实验
6	多酚氧化酶的制备、性质与应用	18	
7	蛋白的荧光标记(异硫氰酸荧光素法)	6	
8	肌红蛋白的电喷雾质谱研究	6	

1 编写背景

厦门大学化学生物学专业是为适应学科发展需要,汇聚化学学科和生物学学科的教学、科研力量开设的一个新兴专业。经国家教育部批准,2003 年厦门大学化学化工学院率先在全国设立了化学生物学本科招生专业。为了满足本专业学生的培养需要,2006 年,学院成立了专业实验室筹建小组负责实验室的新建工作,实验教材编写就是其中的重要内容之一。当时,化学生物学正处于起步阶段,国内外只有部分高校或科研单位有相关研究生培养,化学生物学本科生培养屈指可数,相关调研发现,相关高校中没有发现化学生物学专业实验教材可供参考,同时筹建小组也发现各相关单位的研究方向存在较大差异。高质量教材的编写面临巨大的挑战。

2 指导思想

创新型人才的培养是高等教育的主要目标。厦门大学化学生物学专业培养目标为:培养具有坚实化学基础和较好生物学基础,掌握较广泛的化学生物学交叉领域的知识,熟练掌握化学与相关生物学实验技能,具备从事化学生物学交叉领域科学研究的基本能力,创新意识强,综合素质高,能适应化学生物学的教学与科研,同时也适应在化学、生命、医药等相关领域从事教学、科研、科技开发及管理工作的的高级人才。在学生培养方面强调特色培养:注重基础,强化交叉,加强实践教学。鉴于此,实验室统一了教材编写的指导思想:立足本院实际情况,结合学生培养方案,围绕学科发展方向,系统设计,夯实基础,强化交叉,重在提升。在实验项目设计上坚持“基础、综合、应用、提升”的原则。

3 项目编写与修订

3.1 系统设计

就学科发展而言,化学生物学不是化学和生物学的简单叠加,而是学科间相互渗透、相互融合而成的一个有机整体,是一个系统的学科体系^[5-7]。作为高年级的专业实验课,实验教材的系统设计至关重要。在教材编写前,依托本院实际情况,实验室系统分析了学生培养方案(尤其是相关基础实验课),充分了解本校有关课题组和科研平台的基本情况和发展方向,最终将实验教材设计成为一个适合学生培养的实验教学体系,具体分为三大模块,分别为合成模块、分子生物学模块和专业特色

模块。实验项目以综合性实验为主,同时力求三大模块相辅相成。合成模块主要是化学小分子的合成与表征(一般具有生物活性,如溶酶体的荧光探针(一类新型罗丹明类衍生物)),产物可用于其他模块的实验;分子生物学模块不仅是生物化学实验的延伸,加强学生生物方面的实验技能,同时也与专业特色实验融会贯通;专业特色模块主要结合相关课题组的研究方向,由相关教师针对学生而精心设计,大大加深了学生对本专业的认识,同时专业技能也得到了很好的训练^[8]。

表2 化学生物学综合实验项目(历年汇总)

序号	实验项目	学时数	年份	备注
1	2-氯-4-溴-苯胺的合成及有关化合物的分析鉴定	12	2006-2008	合成模块
2	多酚氧化酶的制备、性质与应用	18-24	2006 至今	分子生物学模块
3	牡蛎碱性磷酸酶的制备、纯化及活力测定	24	2006	分子生物学模块
4	水稻 DNA 的提取、酶切和凝胶电泳	6	2006-2013	分子生物学模块
5	聚合酶链式反应体外扩增 DNA	6	2006 至今	分子生物学模块
6	EGFP 基因的转化与表达	18	2006 至今	分子生物学模块
7	嵌入型荧光染料、抗癌药物与 DNA 相互作用研究	6	2006	专业特色模块
8	电喷雾质谱研究磷酸基对丙氨酸与溶菌酶分子间相互作用的影响	6	2006-2011	专业特色模块
9	抗肿瘤药物对肿瘤细胞杀伤作用的研究(MTT 检测法)	12	2007-2011	专业特色模块
10	碱性裂解法提取小量质粒	6	2009 至今	分子生物学模块
11	蛋白的荧光标记(异硫氰酸荧光素法)	6	2009 至今	专业特色模块
12	DNA 的化学合成及 DNA 解链温度的测定	12	2009 至今	专业特色模块+合成模块
13	新型溶酶体荧光探针的设计、合成与评估	24	2012 至今	专业特色模块+合成模块
14	肌红蛋白的电喷雾质谱研究	6	2012 至今	专业特色模块

系统设计也体现在模块内部和多数实验项目之中。分子生物学模块包括蛋白质和基因工程相关的两大综合性实验,内容涉及蛋白质和核酸相关的主要实验技术;专业特色模块来源于化学生物学多个课题组,涉及多个发展方向,形成一个有机的整体。化学生物学教学实验项目大多数为综合性实验,系统设计是其内在要求。

3.2 夯实基础

加强基础、增强实践、注重创新是实验教学的基本要求。依托厦门大学化学教学示范中心和生命科学教学示范中心(均为国家级教学示范中心),与相关专业共用同等的师资力量和相同的教学大纲,学生熟练掌握了无机化学、有机化学、仪器分析和生物化学等实验基础和相关技能(2012 年起,生物化学实验由化学生物学专业实验室承担)。在此基础上,通过化学生物学综合性实验的训练,学生的实验基础得到了进一步的拓展与强化。

加强分子生物学技能训练。结合本学科的发展方向,分子生物学实验是本专业不可或缺的实验基础,因此,化学生物学综合实验专门设置了分子生物学模块,包括蛋白质和基因工程相关的两大综合性实验,分别为“多酚氧化酶(Polyphenylene Oxide, PPO)的制备、性质及应用”(后面简称 PPO 实验)和“基因的提取、纯化、转化和表达”(后面简称基因工程实验)(表 3)。在生物化学实验的基础上,实验室在两大综合性实验的设计上更注重强化与延伸。两个实验项目内容丰富,综合性极强,不仅对生物化学相关实验进行了有效的强化和拓展,而且使学生对生物化学与分子生物学有了更加全面和系统的认识。

表3 分子生物学模块实验项目

实验项目	学时数	实验内容
PPO 实验	18-24	马铃薯丙酮干粉制备、缓冲液提取、盐析、柱层析、冷冻干燥、性质分析和果汁保鲜
基因工程实验	30	质粒提取、聚合酶链式反应、转化与表达、SDS-PAGE 分析(十二烷基硫酸钠聚丙烯酰胺凝胶电泳(Sodium Dodecyl Sulfate Polyacrylamide Gel Electrophoresis, 简称 SDS-PAGE))

3.3 强化学科交叉

化学生物学是新形式下应运而生的交叉学科, 学科交叉应用是本学科的重要发展方向。在教材编写中, 实验室十分重视相关实验的设计。这主要体现在实验模块之间的关联和专业特色模块实验中。模块交叉方面: “DNA 的化学合成” 产物可用于基因工程实验中的聚合酶链式反应(Polymerase Chain Reaction, PCR)等。专业特色模块实验是强化交叉的重要体现: “嵌入型荧光染料、抗癌药物与 DNA 相互作用研究” 体现了小分子与 DNA 的相互作用; “电喷雾质谱研究磷酸基对丙氨酸与溶菌酶分子间相互作用的影响” 展示了小分子与蛋白质之间的相互作用; “抗肿瘤药物对肿瘤细胞杀伤作用的研究” 研究了小分子药物对细胞的作用; “蛋白的荧光标记(异硫氰酸荧光素法)” 研究蛋白的标记效率并用于检测抗原抗体的反应; “新型溶酶体荧光探针的设计、合成与评估” 中涉及了小分子探针的设计合成及其在溶酶体展示中的应用。

3.4 重在质量提升

实验教材建设需要考虑的主要因素: 符合学生培养目标, 结合现代化教学手段, 反映最新的科研或应用成果, 利于教学实施、教学管理和教学评价^[9]。实验教材质量只有不断提升, 才能跟上新兴交叉学科快速发展的步伐, 满足新时期学生培养的要求, 鉴于此, 实验室引进了全面质量管理(Total Quality Management, 简称 TQM)体系^[10-12], 并逐步应用于教材建设中。TQM 是一个组织以质量为中心, 以全员参与为基础, 目的在于通过让顾客满意和本组织所有成员及社会受益而达到长期成功的管理途径^[11]。TQM 的全面性, 具体体现在管理内容的全面性、管理范围的全面性、参与人员的全面性以及管理方法的全面性。TQM 建立在系列质量原则的基础上, 要求以顾客为导向、全员参与、注重过程、不断改进。在教材编写和修订过程中, 实验室一直坚持“以学生培养为本”, 积极组织广大师生参与, 持续改进教材质量。教材质量的提升主要包括编写观念的提升和实验项目的优化。

与时俱进, 积极更新教材编写观念。教材质量的提升首先反映在观念的提升, 提升观念是教材改进的前提。一直以来, 实验室十分关注教学改革的方向和本学科的发展动态, 同时积极吸取师生意见, 不断更新观念。综合性、设计性实验是专业实验项目的主要形式^[13,14]; 柔性教学、开放性管理模式是实验教学改革的重要方向^[15,16]; 安全环保是时代赋予的更高要求^[17]; 实验教材立体化是现代化实验教学的必然趋势^[18-20]。随着化学生物学的快速发展, 传统的实验教材注定难于满足实验教学的需要。针对高年级的阶段特性, 《化学生物学实验指导》被定位为辅助教材, 教材中每个实验项目都附有参考文献和相关文献, 如新型溶酶体荧光探针的设计、合成与评估^[21-24], 肌红蛋白的电喷雾质谱研究^[25-27]等; 同时提供若干实验参考书(表4), 方便学生拓展阅读。同时, 习惯养成和安全素养的相关常识也不断完善并纳入教材建设中, 促进学生综合素质的培养。

积极探索, 努力优化教学实验项目。教材从 2006 年编写并投入使用至今, 经历了 12 年的教学实践。在整个实践教学过程中, 实验室应用 PDCA 循环^[28,29](所谓 PDCA, 即计划(Plan)、实施(Do)、检查(Check)、处理(Act)的首字母组合; PDCA 循环又称戴明环, 是全面质量管理思想基础和方法依据), 按照“找问题、找出影响因素、明确重要因素、提出改进措施、执行措施、检查执行情况、对执行好的措施使其标准化、对遗留的问题进行处理”八个步骤, 不断跟踪教学效果, 积极总结, 对教材进行持续改进。至今, 实验项目累计更新达到 62.5% (以学时数计), 留用项目也都进行了多次的修订。不断将最近科研成果转化为教学实验内容是专业实验的发展趋势之一^[30,31]。随着 2008 年

表4 化学生物学综合实验参考书

序号	书名	作者/译者	备注
1	《化学生物学实验教程》	(德)沃尔德曼等/方唯硕等	北京: 化学工业出版社, 2006
2	《化学生物学实验》	舒广文等	北京: 化学工业出版社, 2016
3	《化学生物学实验》	刘磊等	合肥: 中国科学技术大学出版社, 2015
4	《化学生物学实验》	曾秀琼等	北京: 科学出版社, 2013
5	《分子克隆实验指南》(第3版)	(美)J. 萨姆布鲁克/黄培堂	北京: 科学出版社, 2002
6	《中国学科发展战略·化学生物学》	中国科学院	北京: 科学出版社, 2015
7	《化学生物学学科前沿与展望》	蒋华良	北京: 科学出版社, 2013
8	《化学生物学导论》	马林	北京: 化学工业出版社, 2006
9	《生物化学》第3版	王镜岩等	北京: 高等教育出版社, 2006

厦门大学化学生物学系的正式成立和优秀人才的不断引进, 厦门大学化学生物学学科得到了飞速的发展, 研究方向大幅拓宽, 科研硕果累累。在系领导和相关课题组的大力支持下, 许多科研成果不断转化为教学实验内容(详见表 5, 化学生物学专业实验室关于科研反哺教学新一轮的改革目前正在进行中), 专业特色实验不断充实, 教材质量也得到很大的提升。同时, 对于每个实验项目, 实验室在实验教学中也不断进行修订, 调整实验内容, 改进实验条件, 以求更适应现阶段的教学, 满足创新型人才培养的需要。

表5 科研成果转化的实验项目

序号	实验项目	学时数	编写年份
1	多酚氧化酶的制备、性质与应用(部分转化)	18-24	2006
2	EGFP 基因的转化与表达(部分转化)	18	2006
3	嵌入型荧光染料、抗癌药物与 DNA 相互作用研究	6	2006
4	电喷雾质谱研究磷酸基对丙氨酸与溶菌酶分子间相互作用的影响	6	2006
5	蛋白的荧光标记(异硫氰酸荧光素 FITC)	6	2009
6	DNA 的化学合成及 DNA 解链温度的测定	12	2009
7	新型溶酶体荧光探针的设计、合成与评估	24	2012
8	肌红蛋白的电喷雾质谱研究	6	2012

4 结语

化学生物学综合实验项目大多来源于科研成果的转化, 内容新颖, 实验涉及较多先进设备和实验方法, 能够更好地调动学生学习的积极性和主动性; 专业实验室建设以来一直共享化学生物学系多个科研实验室平台^[8], 很多实验直接进入科研实验室, 由相关科研资深教授或副教授授课, 学生能够更好地了解科研情况, 激发学习兴趣; 实验课教师根据实验教材, 以饱满的热情不断改进教学方法和提高教学手段。长期以来, 这种“师生互长”的模式促进了人才的培养和实验教学质量的提高。伴随着高校教学改革的不断深入和化学生物学的快速发展, 厦门大学化学生物学综合实验教材日臻成熟。多年的实践教学表明, 该教材能满足相关学科的人才培养需要, 得到了同行^[32]和多数学生的认可, 国内多所高校也曾到实验室参观交流。然而, 改革没有终点, 学科发展更是永无止境, 化学生物学综合实验教材也将不断发展, 与时俱进!

参 考 文 献

- [1] 张羽, 李鸿儒, 杨华, 郭路佳. 实验技术与管理, **2017**, 34 (10), 170.
- [2] 周爱东, 周政, 李磊. 实验技术与管理, **2016**, 33 (7), 11.
- [3] 刘迎春, 段丽颖. 大学化学, **2016**, 31 (12), 17.
- [4] 景丽洁, 魏薇, 王建刚, 李万海. 大学化学, **2007**, 22 (2), 7.
- [5] 中国科学院. 中国学科发展战略·化学生物学. 北京: 科学出版社, 2015.
- [6] 蒋华良. 化学生物学学科前沿与展望. 北京: 科学出版社, 2013.
- [7] 马林. 化学生物学导论. 北京: 化学工业出版社, 2006.
- [8] 陈玉清, 邵文尧, 颜晓梅. 实验技术与管理, **2018**, 35 (5), 250.
- [9] 龙冲, 李忆华. 当代教育论坛, **2005**, No. 6, 136.
- [10] 褚建强, 王小明, 王子娇, 潘杰. 实验技术与管理, **2017**, No. 8, 185.
- [11] 宋明顺. 质量管理学. 北京: 科学出版社, 2012.
- [12] 唐先德. 新编全面质量管理学. 北京: 中国水利水电出版社, 2012.
- [13] 胡玉秋, 范军, 刘福胜. 实验科学与技术, **2017**, 15 (5), 110.
- [14] 谢微, 汤泉, 陈秋娟, 苏辉兰, 罗杨合. 实验室研究与探索, **2017**, 36 (4), 205.
- [15] 何小兵, 周兵, 曹晓川. 实验室研究与探索, **2014**, 33 (9), 153.
- [16] 李素峰, 刘炜, 耿亚飞, 王生力, 杨武岐. 实验技术与管理, **2017**, 34 (4), 242.
- [17] 田福平, 张艳娟, 贺民, 贾翠英, 陈静, 孟长功. 大学化学, **2018**, 33 (2), 29.
- [18] 曹海平. 实验室研究与探索, **2011**, 30 (5), 104.
- [19] 马剑峰, 徐红岩, 马湜, 张尚立, 江虹, 马絮飞. 实验室研究与探索, **2017**, 36 (3), 203.
- [20] 刘晓文, 薛雪, 陈桂真, 石超. 实验技术与管理, **2013**, 30 (12), 18.
- [21] Li, Z.; Song, Y. L.; Yang, Y. H.; Yang, L.; Huang, X. H.; Han, J. H.; Han, S. F. *Chem. Sci.* **2012**, 2, 2941.
- [22] Shi, R. G.; Huang, L.; Duan, X. X.; Sun, G. H.; Yin, G.; Wang, R. Y.; Zhu, J. J. *Anal. Chim. Acta.* **2017**, 988, 66.
- [23] Liu, J.; Zhou, S.; Ren, J.; Wu, C.; Zhao, Y. *Analyst* **2017**, 142 (23), 4522.
- [24] Xie, X.; Tang, F.; Shangguan, X.; Che, S.; Niu, J.; Xiao, Y.; Wang, X.; Tang, B. *Chem. Commun.* **2017**, 53 (48), 6520.
- [25] Katta, V.; Chait, B. T. *J. Am. Chem. Soc.* **1991**, 113, 8534.
- [26] Lin, X.; Zhao, W. J.; Wang, X. *J. Mass Spectrom.* **2010**, 45, 618.
- [27] Ozdemir, A.; Lin, J. L.; Gulfen, M.; Lai, S. H.; Hsiao, C. J.; Chen, N. G.; Chen, C. H. *Anal. Chem.* **2017**, 89, 13195.
- [28] 杨艳敏, 郭靳时, 王勃. 实验室研究与探索, **2015**, 34 (1), 193.
- [29] Rampersad, H. K. 全面质量管理——持续改进指南. 卞晓云, 译. 北京: 中国人民大学出版社, 2004.
- [30] 曾秀琼, 吴起, 汤谷平, 王琦, 方文军, 林贤福. 实验技术与管理, **2014**, 31 (6), 216.
- [31] 向丹, 高培红, 张雯. 大学化学, **2016**, 31 (2), 11.
- [32] 池泉. 科技信息, **2009**, No. 4, 288.