

· 高校生物学教学 ·

“新工科”背景下“生物分离工程”课程创新改革

倪贺, 范瑞芳, 尹亮, 王宇涛, 陈建芳

华南师范大学 生命科学学院, 广东 广州 510631

倪贺, 范瑞芳, 尹亮, 王宇涛, 陈建芳. “新工科”背景下“生物分离工程”课程创新改革. 生物工程学报, 2022, 38(4): 1612-1618.
NI H, FAN RF, YIN L, WANG YT, CHEN JF. Reform of the bio-separation engineering curriculum under the context of “Emerging Engineering Education”. Chin J Biotech, 2022, 38(4): 1612-1618.

摘要: “生物分离工程”是生物工程专业本科生的一门重要的专业必修课, 是生物工程专业建立“新工科”课程体系的重要组成部分。本教学团队坚持“以学生发展为中心, 以创新思维为核心”的教育理念, 以“学习成果”为导向的创新理念, 针对课程长期存在的“理论教学与实验课脱节, 学生不能及时地将理论知识内化为实践能力”、“课程内容陈旧, 与行业需求脱节”、“授课和考核方式相对单一, 学生的专业能力和素质未能有效培养”等痛点问题开展教学改革, 重构课程内容。打通理论课和实验课的界限, 开展“线上+线下”混合教学, 通过科研反哺教学, 使课程内容紧跟行业发展前沿, 充分利用现代信息技术手段开展更丰富的课堂教学活动, 并对学生进行全程化、动态化和多样化的考核, 全面提升学生的能力。

关键词: 新工科; 生物分离工程; 课程创新改革; 课程重构

Reform of the bio-separation engineering curriculum under the context of “Emerging Engineering Education”

NI He, FAN Ruifang, YIN Liang, WANG Yutao, CHEN Jianfang

School of Life Sciences, South China Normal University, Guangzhou 510631, Guangdong, China

Abstract: “Bio-separation engineering” is a compulsory course for undergraduate students majored in bioengineering, and an important part of the “emerging engineering education” system for bioengineering. Our teaching team follows the principle of “student development as the center,

Received: May 21, 2021; **Accepted:** September 2, 2021; **Published online:** September 15, 2021

Supported by: Science and Technology Project of Guangzhou, China (201904010296)

Corresponding author: NI He. Tel: +86-20-85212630; E-mail: 20131032@m.scnu.edu.cn

基金项目: 广州市科技计划项目 (201904010296)

innovation thinking as the core”. Guided by the concept of “learning achievement”, we reconstructed the teaching contents of this course, and carried out the teaching reform aiming at solving several long-standing problems. These include, for instance, the theoretical teaching is separated from the experimental practice, and students cannot internalize the theoretical knowledge into practical ability in time. Moreover, the contents of course is out-of-date and out of line with industry demand, the teaching form and assessment methods are relatively single, and the students’ professional ability and quality are not effectively cultivated. In the new curriculum system, in which the “online” and “offline” teaching are both applied, we broke the boundary between theoretical and experimental courses, and made the contents keep up with the forefront of industry development through research-based teaching. In terms of teaching methods and teaching evaluation, we made full use of modern information technology to enrich classroom teaching activities, and carried out complete, dynamic and diversified assessment for students. These teaching reform measures greatly improved the students’ interest in learning this course, as well as their professionalism and research ability.

Keywords: emerging engineering education; bio-separation engineering; curriculum reform; curriculum reconstruction

为主动应对新一轮科技革命与产业变革，支撑服务创新驱动发展、“中国制造 2025”等一系列国家战略。自 2017 年 2 月以来，教育部积极推进“新工科”建设，更加注重学生的创新意识和实践能力的提升。在此背景下，全国各高校积极推进课程教学改革。

“生物分离工程”是生物工程专业本科生的一门重要专业必修课，于本科第 6 学期开设，共计 48 学时，主要学习各种分离纯化技术的单元操作及其在生物活性物质纯化中的应用。它是一门理论与实践紧密结合的专业课程，是生物工程专业建立“新工科”课程体系中的重要组成部分，要求学生既具备一定的生物学专业基础知识，如先修课程生物化学、微生物学和酶工程等，又兼具一定的工程科学和自然科学基础，如分析化学、化工原理和物理化学等^[1-2]。在此基础上，希望学生通过本门课程的学习掌握分离纯化基础理论知识，并能够根据实际需要对各种分离纯化的单元操作进行灵活应用；

同时，培养学生扎实的实践能力和良好的创新思维，支撑本专业“培养具有扎实的生物工程基础理论、全面的实践能力、较强的创新意识和国际视野，能够在生物工程相关领域从事产品过程设计、技术/产品开发、应用研究和生产与管理的复合人才”的人才培养目标定位和毕业要求。

1 课程教学“痛点”问题分析

作为生物工程本科专业的核心课程，“生物分离工程”具有较强的理论性和实践性。本教学团队自组建以来，一直坚持立德树人的根本任务，贯彻“以学生发展为中心”的教育理念，不断推进课程建设与教学改革创新，在教学过程中发现学生在学习本课程的过程中存在以下“痛点”问题亟待解决^[3]。

1.1 理论教学与实验课脱节，学生不能及时地将理论知识内化为实践能力

根据本校《生物工程专业培养方案（2014 版）》

的课程安排,“生物分离工程”(原名“生物工程下游技术”)开设于本科第5学期,而“生物分离工程实验”开设于本科第6学期,两门课程单独开设且由不同教师讲授。课程开设时间的差异导致学生在理论课学到的单元操作的原理和实验方法不能及时通过实验操作加以巩固并内化为自身的能力;同时,由于授课教师的不同,理论课与实验课的内容没有较好地衔接,理论课中对于掌握相对困难的单元操作,学生并不能通过实验课有针对性地加深理解和掌握。

1.2 课程内容陈旧,与行业需求脱节

为了方便学生对知识的系统掌握,本课程长期选用固定教材《生物工程下游技术》并按照教材的编写顺序授课^[4]。由于教材的内容存在一定的滞后性,课程内容深度不够且不能及时地反映相关行业的发展现状,学生在专业见习、专业实习及课外科研活动中常发现所学知识与实际应用脱节,严重影响了学生对本课程的学习兴趣;同时,受教材编写要求的限制,教材内容相对枯燥和教条,且课后思考题已形成固定答案,教学内容挑战度不足,限制了学生的发散思维和创新意识的培养。

1.3 授课和考核方式相对单一,学生的专业能力和素质未能有效培养

和许多传统的理论课教学一样,“生物分离工程”长期以讲授型教学方式为主,教师为课堂的主体,学生的课堂参与度不足,影响了学生的学习兴趣,也不利于学生专业能力的提升。长期以来,传统的课程考核方式以单一的期末书面考试为主,考试内容多为对学生知识维度的考察,学生可以通过“考前突击”和“死记硬背”较好地应对考试。这种单向度的终结性评价体系,让学生为了考试而学习,限制了学生学习的积极性和主动性,同时也阻碍了学生工程专业能力和素质的提升。

2 教学创新理念及“痛点”问题解决策略

2019年,教育部颁布了《关于深化本科教育教学改革全面提高人才培养质量的意见》^[5],本课程教学团队以此为契机,总结“生物分离工程”教学中存在的“痛点”问题对症下药,全面推进教学创新和课程改革。本课程坚持立德树人的根本任务,贯彻“以学生发展为中心,以创新思维为核心”的教育理念,以“学习成果”为导向,依据教育部提出的“两性一度”的高校金课标准设置课程内容,并将“课程思政”融入专业课的教学过程中^[6]。依据本课程团队的教学创新理念稳步推进课程改革创新(图1)。

2.1 理论和实践课程充分融合,提升学生实践能力

针对“生物分离工程”理论课和实验课脱节的“痛点”问题,生物工程教研室经过充分调研,整合优势资源组建“生物分离工程”教学团队,调整《生物工程专业培养方案》,并将“生物分离工程”的理论课和实验课统一安排在本科第6学期开设。教学团队将“生物分离工程”理论课和实验课重新整合,打破传统理论和实验教学的界线,在理论课教学中将重要的单元操作以实验视频、现场演示和虚拟仿真实验平台的方式提供给学生学习,并在此基础上有针对性地改革实验课内容,强化学生对实验技术的掌握,及时将知识内化为自身的实践能力^[7]。

2.2 重构课程内容,紧扣时代发展脉搏

教学创新的核心是教学内容的创新。针对“生物分离工程”课程内容陈旧,与行业需求脱节的“痛点”问题,教学团队在多维度重构了课程内容。

(1) 建立系统教学内容体系:摒弃传统的单一教材教学的方式,以生物活性物质制备的标

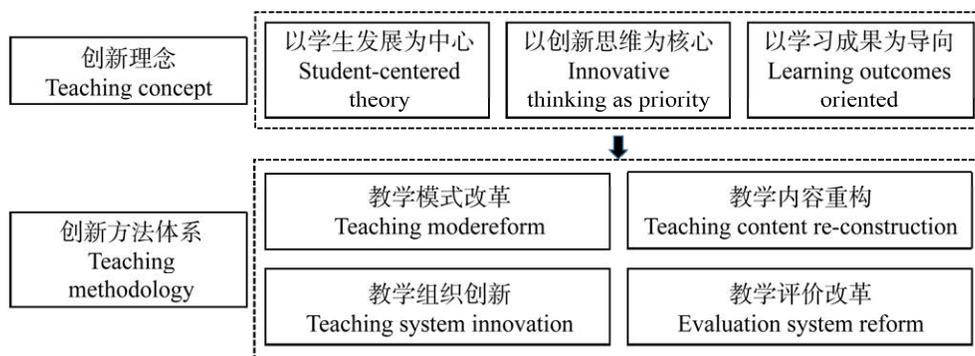


图1 课程创新改革思路

Figure 1 Basic ideas for curriculum and reform.

准流程为主线逐级深入和拓展课程内容，强化学生对工艺流程的整体把握。

(2) 科研反哺教学：在教学过程中，学生在掌握常规的生物分离工程单元操作的基础上，以多种学习方式了解相关技术的最新科研进展^[8-9]；同时，将教学团队自身的科研成果融入常规教学中，真正实现科研反哺教学，同时提升学生的专业认同感和自信心。课程第三章第四节柱层析提取技术是主讲教师科研团队的自主研发技术，是科研反哺教学的良好体现，具有较强的创新性。整个教学过程中综合运用问题引导式教学、翻转课堂、案例教学、合作学习等先进的教学手段由浅入深，逐级递进地对柱层析提取技术的原理、操作及应用进行学习，并通过国内外同行对该技术的评价，提升学生的专业认同感和自信心，学生在学习该技术的同时强化了创新和工程伦理意识。近10年，随着生物医药行业的飞速发展，以靶向抗体药物为代表的蛋白质组学技术成为生物相关领域的研究热点，而蛋白质分离纯化技术是蛋白质组学的基础^[10]。因此，本课程在介绍常规的生物分离纯化技术的基础上，特别开设一章“蛋白质纯化技术”介绍最新的蛋白质纯化方法，紧扣时代前沿，提高学生的学习兴趣。

(3) 课程紧密关注与课程相关的社会热点问题（如新冠病毒关键蛋白的纯化、青蒿素的发现、毒奶粉事件等），深度挖掘专业知识体系所蕴含的思想价值和精神内涵，拓展课程的广度、深度和温度，将“课程思政”润物细无声地融入专业课的教学过程中^[11]。课程第七章第二节吸附色谱技术以“屠呦呦先生因发现青蒿素获得诺贝尔生理学或医学奖”引入课程内容，提升学生对我国传统中医药的认同感和民族自豪感，激发学生的学习兴趣，使学生在掌握知识的同时接受人文精神的滋养^[12]。同时，课程充分利用智慧课堂，以多种方式提高学生的课堂参与度，并将该技术的最新研究进展以线上拓展学习内容的形式呈现给学生，提升了本门课程的学习深度和广度，培养学生的自主学习能力。

(4) 在学生学习各项单元操作后，设置“生物活性物质分离方法举例”单元，采用翻转课堂、小组讨论等形式，让学生对已学习的知识进行归纳和演绎，提高学生正确认识问题、分析问题和解决问题的能力。

(5) 在课堂教学之余，积极拓展学生课外学习平台。教学团队加强与本课程相关高新企业的校企合作，开展学生的专业见习和专业实习活动，建立以市场需求为导向的课程培养方案，

同时激发学生学习的内驱力；积极吸纳生物工程学生进入课程相关科研团队，开展相关科研工作，拓展学生的科学素质，以高水平科研支撑创新人才培养。

2.3 丰富教学和考核方式，全面提升学生综合素质

针对理论课教学普遍存在的教学方式单一、学生课堂参与度较低的“痛点”问题，本教学团队依托本校“砺儒云课堂”开展“线上+线下”混合式教学。课前在“砺儒云课堂”上传导学任务和思考题，驱动学生自主学习。课中综合运用翻转课堂、启发式教学、科学-技术-社会 (science-technology-society, STS) 策略、“探究-发现”策略、合作学习等现代教学方式提高学生的课堂参与度^[13]；同时，充分利用现代信息技术打造智慧课堂，利用“超星学习通”开展小组讨论、在线投票等更为丰富的课堂活动，提高学生的学习兴趣。课后在“砺儒云课堂”上传拓展阅读内容和开放式课后思考题，丰富学生的视野，培养学生分析问题和解决问题的能力。

本课程在教学方式改革的基础上，对照课程目标，采用更丰富有效的考核方式，全面考核学生的综合能力。降低期末闭卷考试权重 (30%)，提升平时成绩 (35%) 和期末读书报告 (30%) 权重。期末闭卷考试主要考查学生在知识水平的掌握情况，平时成绩和读书报告主要考查学生能力目标和素质目标的达成情况。同时，在实验课设置“开放性大综合实验”考查学生是否将知识内化为能力，真正做到“教-学-做”一体化，培养更符合市场需求的创新性卓越工程技术人才。

3 创新效果分析

本课程从 2019 年起全面推行课程改革，共在 3 个年级的生物工程专业进行了推广，取得

了良好的教学效果。学生对本课程的课堂教学评价显著提高，教师平均得分由 94 分升至 98 分，课程获批 2020 年度校级“质量工程”立项，主讲教师依托本课程获得广东省第 5 届高校青年教师教学大赛一等奖。学生的课堂参与度明显提高，课堂小组讨论积极热烈，课堂讨论参与度达到 90% 以上；同时，学生对本课程的重视程度显著提高，期末读书报告和闭卷考试成绩平均分从 84 分提高至 92 分，学生的工科思维能力和综合素质得到较大提升，实现了课程思政的培养目标。学生对生物分离工程的单元操作的理解和掌握不仅停留在对书本上原理的机械背诵，通过实验课程、线上拓展学习及后续的专业实习及时将知识内化为实践能力。学生能够根据所学内容设计生物活性成分分离纯化工艺流程，并在“开放性大综合实验”独立完成实验。本课程与生物工程相关行业需求紧密相关，为学生后续的专业实习奠定了良好的基础，相关企业对本专业毕业生给予很高评价，已有毕业生在华大基因、广东一方制药集团、广东东阳光药业集团等企业担任研发管理岗位。学生通过本课程的学习掌握了生物活性物质分离和分析的方法，并将所学知识应用于科学研究中，相关的研究已在 *Food Chemistry*、*Journal of Chromatograph*、*Analytical and Bioanalytical Chemistry*、*Environmental Science: processes & impact* 等国际知名学术期刊上发表。

4 结语

在高等教育的工科课程教学过程中，理论原理的教学常显得枯燥单调、且存在一定的滞后性^[14]。近年来，“新工科”建设、课程思政建设和本科一流学科建设给高校课程改革提供了良好的契机。在工科专业课程的教学加入专

业人格的培养目标,融入丰富的“人文色彩”和“创造力品质”培养,将使工科课程教学更生动多彩^[15-16]。本文在总结了“生物分离工程”教学中长期存在的“痛点”问题,并有针对性地提出了符合时代要求的改革措施,方法具有广泛的普适性,易操作,适合应用于理工科各门课程中^[17]。在今后的课程教学中,课程教学团队将继续沿着教学创新的思路对本课程进行迭代升级,为培养真正符合社会需求的高素质、高水平的工程技术人才而努力^[18]。

REFERENCES

- [1] 陆跃乐,陈小龙,朱林江,等. “新工科”背景下的生物工程下游技术课程建设初探. 发酵科技通讯, 2019, 48(1): 58-61.
Lu YL, Chen XL, Zhu LJ, et al. Course construction of downstream technique of bioengineering under the background of “emerging engineering education”. Bull Ferment Sci Technol, 2019, 48(1): 58-61 (in Chinese).
- [2] 李海云,李霞,海洪,等. 《生物分离工程》课程思政教学改革探索与实践. 教育教学论坛, 2019, 431(37): 177-178.
Li HY, Li X, Hai H, et al. Exploring and practice of ideological and political educational reform in “biological separation engineering” course. Educ Teach Forum, 2019, 431(37): 177-178 (in Chinese).
- [3] 王瑀,何进,郝勃,等. “新工科”背景下“代谢工程”课程建设的思考. 微生物学通报, 2020, 47(4): 66-72.
Wang X, He J, Hao B, et al. Reflections on the course construction of the metabolic engineering under the background of “emerging engineering”. Microbiol. China, 2020, 47(4): 66-72 (in Chinese).
- [4] 毛忠贵. 生物工程下游技术. 北京: 科学出版社, 2013.
Mao ZG. Downstream Technique of Bioengineering. Beijing: Science Press, 2013 (in Chinese).
- [5] 陈莉. 医工结合,让学生在“创”中学,促学生全面成才——上海某医学院校学生科创工作案例. 教育教学论坛, 2020(38): 307-308.
Chen L. Integrating majors in medicine and engineering and helping students to achieve all-round success in innovation. Educ Teach Forum, 2020(38): 307-308 (in Chinese).
- [6] 谢慧芳,江芳,陈守文,等. 从“解决复杂工程问题”到“两性一度”,打造实践类“金课”——关于《工业废水处理课程设计》建设的思考. 教育教学论坛, 2020(9): 298-300.
Xie HF, Jiang F, Chen SW, et al. Continue to improve teaching quality from “solving complex engineering problems” to “high-level, innovative and challenging”—thoughts on construction of “curriculum design for industrial wastewater treatment”. Educ Teach Forum, 2020(9): 298-300 (in Chinese).
- [7] 孙东昌. 通过“现代微生物学技术”课程教学培养研究生创新能力的实践. 生物工程学报, 2021, 37(4): 1450-1456.
Sun DC. Practice in fostering postgraduates’ creativity through teaching the course of modern microbial biotechnology. Chin J Biotech, 2021, 37(4): 1450-1456 (in Chinese).
- [8] 斯越秀. 研究式教学在“生物分离工程”课程中的应用. 中国电力教育, 2010(36): 91-93.
Si YX. Application of research teaching in the course of bio-separation engineering. China Electr Power Educ, 2010(36): 91-93 (in Chinese).
- [9] 李剑君. 《生物分离工程》教学过程中研究前沿知识的引入和学生创新能力的培养. 西北医学教育, 2007, 15(2): 296-297.
Li JJ. Introduction of research frontier knowledge and cultivation of students’ innovation ability in the teaching process of bio-separation engineering. Northwest Med Educ, 2007, 15(2): 296-297 (in Chinese).
- [10] 刘明,顾宏博,李振亚,等. 翻译后修饰蛋白质组学助力实现精准医疗. 生物产业技术, 2018, 2(3): 76-84.
Liu M, Gu HB, Li ZY, et al. Application of proteomics analysis of post-translational modification in precision medicine. Biotechnol & Bus, 2018, 2(3): 76-84 (in Chinese).
- [11] 程晨,徐飞. 合成生物学: 工程伦理的实践悖论——从合成生物学对生命、自然及进化的挑战谈起. 自然辩证法研究, 2012, 28(8): 38-42.
Cheng C, Xu F. Synthetic biology: the practice paradox of engineering ethics—starting from challenges which synthetic biology brings to life, nature and evolution. Stud Dialectics Nat, 2012, 28(8): 38-42 (in Chinese).
- [12] 张萌欣. 中国青蒿素的诺贝尔奖之路 屠呦呦成为首位斩获诺奖的中国本土科学家. 中国科技产业, 2015, 10: 44-45.
Zhang MX. The way of Nobel Prize for artemisinin in China, Tu Youyou became the first Chinese native scientist to win the Nobel Prize. Sci & Tech Ins China,

- 2015, 10: 44-45 (in China).
- [13] 赵洁. 在大学物理教学中渗透 STS 教育的探讨. 课程教育研究, 2016, 8(24): 200.
Zhao J. Discussion on infiltrating STS education into college physics teaching. *Cou Educ Res*, 2016, 8(24): 200 (in Chinese).
- [14] 巩雁军. 催化原理课程建设的思考与实践: 科学研究与教学过程的融合. 化工高等教育, 2019(3): 82-85.
Gong YJ. Thinking and practice for the course of principle of catalysis: integration of scientific research and teaching. *High Educ in Chem Eng*, 2019(3): 82-85 (in Chinese).
- [15] 郑颖, 尹宗毅, 马婕, 等. 对工科类高校素质教育的研究——探求更有生命力和自身特色的素质教育. 科技资讯, 2018, 16(2): 167-169.
Zheng Y, Yin ZY, Ma J, et al. Research on quality education in engineering colleges and universities — exploring the quality with more vitality and its own characteristics. *Sci Tech Inform*, 2018, 16(2): 167-169 (in Chinese).
- [16] 刘艳琼. 三类课程与学生创造性品质的培养. 学校党建与思想教育(下半月), 2003, 164(5): 50-51.
Liu YQ. Three kinds of courses and the cultivation of students' creative quality. *Sch Party constr and Ideo Educ*, 2003, 164(5): 50-51 (in Chinese).
- [17] 彭春妹. 课程与教学论. 北京: 教育科学出版社, 2011.
Peng CM. *Curriculum and Pedagogy*. Beijing: Educational Science Press, 2011 (in Chinese).
- [18] 张捷, 鲁家皓. 跨学科课程中的迭代式教学研究. 教育与职业, 2015(5): 162-163.
Zhang J, Lu JH. Research on iterative teaching in inter-disciplinary curriculum. *Educ Occup*, 2015(5): 162-163 (in Chinese).

(本文责编 陈宏宇)