

工程教育专业认证背景下生物工程项目实践创新课程建设的逻辑与实践

吴凌天, 吴金男, 朱益波, 徐得磊, 赵美琳, 姚璐晔, 冀宏

常熟理工学院 生物与食品工程学院, 江苏 常熟 215500

吴凌天, 吴金男, 朱益波, 等. 工程教育专业认证背景下生物工程项目实践创新课程建设的逻辑与实践. 生物工程学报, 2021, 37(12): 4455-4464.

Wu LT, Wu JN, Zhu YB, et al. Development of a practical innovation course for biological engineering major under the background of Engineering Education Certification. Chin J Biotech, 2021, 37(12): 4455-4464.

摘 要: 文中对照成果导向教育 (Outcome-based education, OBE) 的教学理念, 详细阐述笔者教学团队经过 5 个轮次的教学实践和持续改进, 逐步形成的“生物工程项目实践创新课程”教学逻辑与教学方法, 重点阐述了课程教学项目的遴选、教学过程的实施方式、课程过程性考核办法以及“监控-评价与反馈-改进”的课程质量保障体系等内容。通过分析 3 届生物工程专业学生的课程成绩分布与课程目标达成情况, 发现笔者教学团队所形成的“生物工程项目实践创新课程”教学逻辑与方法可以大幅提升学生学习的主动能动性及学生成绩, 也可以保证学生课程目标的达成。因此, 文中所述教学逻辑与教学方法有望为当今工程教育专业认证背景下本科院校工科专业项目实训的教学改革提供基础, 为培养适应新时代需求的理论知识扎实、创新思维好、团结协作能力佳和解决复杂工程问题能力强的新型综合人才奠定基础。

关键词: 工程教育专业认证, 项目化实训, 成果导向教育, 监控-评价与反馈-改进

Development of a practical innovation course for biological engineering major under the background of Engineering Education Certification

Lingtian Wu, Jinnan Wu, Yibo Zhu, Delei Xu, Meilin Zhao, Luye Yao, and Hong Ji

College of Biological and Food Engineering, Changshu Institute of Technology, Changshu 215500, Jiangsu, China

Abstract: According to the teaching philosophy of the outcome-based education, this study elaborates the development of a

Received: January 18, 2021; **Accepted:** April 15, 2021

Supported by: Key Project of Jiangsu Higher Education Teaching Reform, China (No. 2019JSJG059), Excellent Bioengineering Teaching Team of Jiangsu Qinglan Project, Teaching Reform Project of Changshu Institute of Technology, China (Nos. CSLGJG2018005, CSLGJG2018044, CSLGJG2018047).

Corresponding authors: Lingtian Wu. E-mail: wlt913@csit.edu.cn

Hong Ji. E-mail: jihong8848@126.com

江苏省高等教育教学改革重点项目 (No. 2019JSJG059), 江苏省青蓝工程生物工程优秀教学团队项目 (苏教师[2019]3 号), 常熟理工学院教学改革研究课题 (Nos. CSLGJG2018005, CSLGJG2018044, CSLGJG2018047) 资助。

网络出版时间: 2021-11-09

网络出版地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1998.Q.20211108.1708.005.html>

practical innovation course for biological engineering major after five runs of teaching practice and continuous improvement. It mainly includes the methods for selection of teaching subjects, implementation of teaching process, process assessment, evaluation and improvement. Based on the performance and achievements of three grades of students majored in bioengineering, we found that the logic and methods of the practical innovation course could greatly stimulate the motivation of students for learning, as well as their scores. Therefore, the logic and methods described in this study may serve as a reference for the reforms of practical training courses of engineering major under the background of Engineering Education Certification.

Keywords: Engineering Education Certification, project-oriented training, outcome-based education, monitor-evaluation and feedback-improvement

生物工程项目实践创新课程是面向已经掌握专业知识的学生所设置的一个综合性的实践教学环节。通过这一实践环节, 要求学生在巩固前期专业知识的基础上, 对生物制造的上、中、下游相关知识、技能以及相关非技术因素等方面得到良好的训练, 但课程实施过程中往往出现以下问题: ①实训项目不具备综合性的特点; ②实训项目不能激发学生的主观能动性; ③实训项目中几乎不包含“非技术因素”, 不足以支撑课程目标; ④学生课程目标达成度较低; ⑤课程评价方式单一, 不能够达到客观评价的要求。

《普通高等学校本科专业类教学质量国家标准》^[1]中反复强调: 教学过程应以“学生为中心, 突出产出导向, 突出持续改进”三原则进行^[2]。

《关于狠抓新时代全国高等学校本科教育工作会议精神落实的通知》^[3]中也提出: 各高校要淘汰水课、打造金课, 合理增加课程难度、拓展课程深度, 切实提高大学本科课程的教学质量^[4]。换句话说, 高校需要通过教学改革和金课建设为习近平新时代中国特色社会主义思想培养创新思维好、团结协作能力佳和解决复杂工程问题能力强的新型综合人才^[2]。

笔者教学团队为了课程能尽快适应新时代高等教育的要求, 针对上述课程中存在的问题进行了 5 个轮次的教学实践探索与持续改进, 已逐步形成了一个较为系统的课程教学逻辑与方法, 且取得了较为明显的成效。本文将详细阐述生物工程项目实践创新课程的教学项目的遴选、教学过

程实施方式、课程过程性考核办法以及“监控-评价与反馈-改进”的课程质量保障体系等 4 个方面内容, 旨在为相关工科专业项目实训课程教学改革提供启迪, 使实训课程尽快适应新时代高等教育的要求^[2]。

1 课程的教学设计、实施与评价

1.1 课程建设的总体思路、逻辑和目标定位

对于人才培养而言, 每一堂课是教师和学生的“最小战略单元”, 而课程是解决“以学生发展为中心”理念的“最后一公里”。“生物工程项目实践创新课程”作为一个综合性实践教学环节, 同时也是解决复杂工程问题的出口课程 (2 学分)。这种属性要求课程的建设不仅要有先进的教学理念——“OBE 理念”, 还需具备认知高阶性、目标导向性、内容前沿性和实践驱动性的教学内容^[5]。因此, “生物工程项目实践创新课程”须以“课程”为媒介, 以“项目”为载体进行建设, 这样才能真正落实这“最后一公里”, 才能体现“两性一度” (高阶性、创新性和挑战度), 才能真正展现课程本身的价值, 才能真正做到为国家与社会培养人才。

基于上述建设思路与逻辑, “生物工程项目实践创新课程”必须以生物工程上、中、下游为主线, 要求学生在掌握生物工程专业相关原理和专业基础知识、熟悉基本实验操作方法的前提下, 通过团队合作的形式, 综合利用所学知识 with 技能自主开展和完成以“产品制备”为导向的实训项目。同时要求学生在完成实训项目后, 能够进

一步熟悉生物工程产品的具体生产过程、具备良好的科学探究、团队合作精神和创新思维以及发现、分析和解决项目中存在的复杂生物工程问题的能力。

1.2 教学内容的设计与实施

1.2.1 教学内容的设置

学生综合能力的形成不能仅依靠学科知识的积累,还需要学生自己不断实践内化而成^[5-6]。而应用型人才培养要更突出“设计-制造”能力,实训则应以“项目-设计”实践训练为中心,以制备“产品”为导向开展。因此,笔者教学团队在工程教育专业认证标准和国家生物工程本科专业教学质量标准指导下,参照长三角地区生物制造和生物技术服务行业岗位需求的调研结果,于2016年在全院范围内对生物工程项目实践创新课程内容进行重新征集与遴选。遴选的依据是^[7-10]:①项目具有创新性(产业化或科研项目);②项目具有综合性(涉及生物制造过程中的上、中、下游三大板块);③项目具有高阶性(实施过程需要技术能力与非技术能力的融合);④项目具有工程性,能体现复杂工程问题;⑤项目具有挑战性,能促使学生发挥主观能动性,综合培养学生的多种能力。

基于上述依据,笔者团队根据课程目标、毕业指标点和生物工程相关企业的生产工艺和生产线安排,结合我校生物工程专业课程内容,最终从学院产业化和科研项目中遴选得到12个实训项目(表1),涉及功能化合物、有机酸、高分子生物活性材料以及生物能源等四大类。

首先,在内容上以“产品制备”为导向,主要包括菌株的筛选(工程菌株的构建)、发酵条件优化、产品的发酵合成(生物催化与转化)、产品的生物分离与质量分析、产品生产工厂设备布局图等,涉及多种专业知识原理与技术,如微生物学、生物化学、基因工程、发酵工程原理、酶工程技术与原理、生物工艺学、生物工程设备、化工原理、仪器分析、实验设计与数据处理、生

物分离工程、生物工程工厂设计等。此外,还要求学生项目结束后撰写实训研究报告。报告不仅涉及专业问题还涉及项目管理、经济决策、环境安全和可持续发展等非技术因素。因此,学生只有在综合运用专业理论和技能以及相关非技术知识的情况下才能顺利完成实训项目。综上所述可知:笔者教学团队所设计的实训项目具有创新性、综合性、高阶性、工程性和挑战度,可以使得实训内容更为系统、科学,能够综合培养学生的多种能力,如文献查阅能力、问题分析能力、实验设计与实践能力、数据分析能力、论文写作能力以及解决复杂工程问题的能力等。可见,本文阐述的生物工程项目实践创新课项目(内容)能够对工程教育专业认证毕业要求进行支撑,确保学生毕业能力的达成。

1.2.2 教学内容的实施

笔者教学团队在“CDIO(构思 Conceive、设计 Design、实现 Implement 和运作 Operate)”的教学模式下^[11-12],以产品工艺开发为载体,在建构主义项目化学习情境中,以学生为中心,以“产品制备”为导向,模拟职业环境和企业产品生产过程实施专业实训项目,具体项目实施过程如图1所示。在项目中,学生可以全方位立体化地体验并理解生物工程产品工艺开发和生产所涉及的上、中、下游三大过程及其相互关系;学生在做中学、学中做、学做合一,综合素质将得到全面提升,可为其今后从事生物产业的生产设计、过程控制与优化、质量检测、品质管理与控制以及项目开发与管理等工作打下坚实基础。

第一,项目选择与方案评估。教师通过网络平台发布实训项目(并非发布表1中所列的所有项目,每次发布3-4个项目,且做到3年内实训项目不重复),学生从中任意选题(少于8人选择的项目不开设);教师公布学生选题结果后,学生自由组建项目小组,每组2-4人,并设立项目负责人。各小组通过文献检索、查阅资料和小组

表 1 “科研反哺教学”的生物工程创新实践课程项目

Table 1 The projects of the bioengineering innovation practice course-scientific research assisted teaching

项目分类		项目名称
Project classification		Project titles
科研反哺教学 Scientific research-assisted teaching	功能化合物	生物酶法合成异麦芽酮糖
	Functional compounds	Enzymatic synthesis of isomaltulose 生物酶法合成 L-肌肽
	Enzymatic synthesis of L-carnosine	
	有机酸	重组大肠杆菌合成 3-苯基乳酸
	Organic acid	3-phenyllactic acid biosynthesized by recombinant <i>Escherichia coli</i> 黑曲霉深层发酵生产柠檬酸
		Citric acid production by <i>Aspergillus niger</i>
		混菌发酵法合成 2-酮基-L-古龙酸
		2-keto-L-cologic acid synthesized by mixed strains
		谷氨酸棒杆菌发酵生产谷氨酸
		Glutamic acid produced by <i>Corynebacterium glutamicum</i>
	高分子生物活性材料	肠膜明串珠菌生物合成葡聚糖
	Bioactive polymers	Glucan biosynthesized by <i>Leuconostoc mesenteroides</i> 枯草芽孢杆菌生物合成聚谷氨酸
		Polyglutamic acid biosynthesized by <i>Bacillus subtilis</i>
		小白链霉菌生物合成聚赖氨酸
		Polylysine biosynthesized by <i>Streptomyces albicans</i>
		兽疫链球菌生物合成透明质酸
		Hyaluronic acid biosynthesized by <i>Streptococcus epizootii</i>
		新型微生物多糖的生物合成
		Biosynthesis of novel microbial polysaccharides
	生物能源	产甘油假丝酵母生物合成乙醇
	Biofuels	Ethanol biosynthesized by <i>Candida glycerinogens</i>

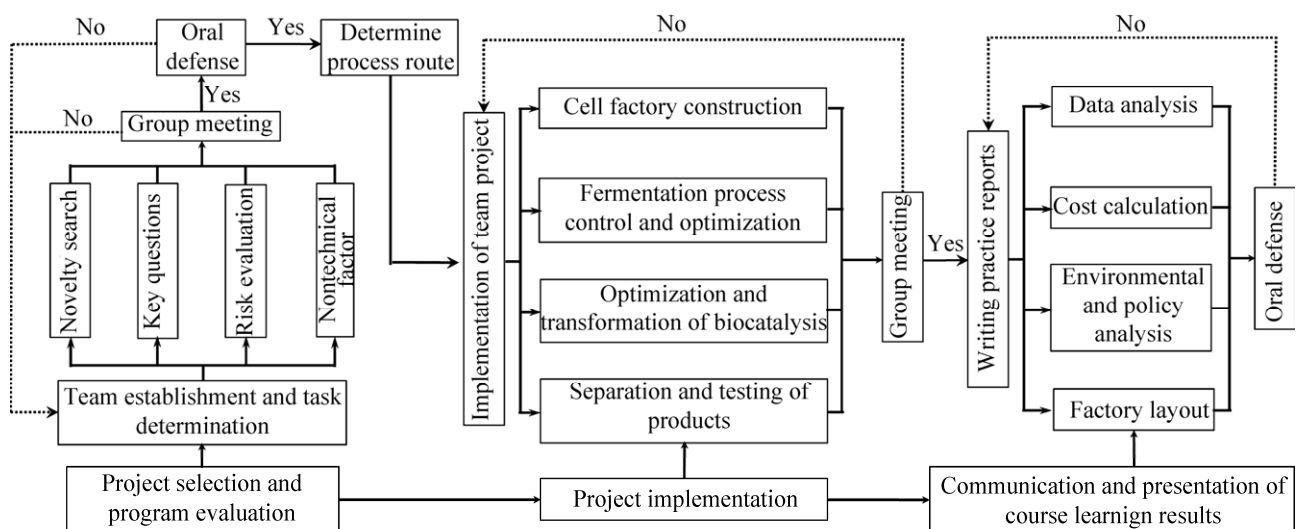


图 1 生物工程项目实践创新课程实施流程图

Fig. 1 The flow diagram of the practical innovation course for biological engineering major.

讨论后撰写项目实施方案与计划,包括项目背景、技术路线图、实践与实验方法、药品和耗材种类及其用量、危化品使用规范及其注意事项、实训所需设备和仪器及其使用与维护方法、小组成员分工以及项目进度表等。项目实施方案与计划经小组会议论证后进行答辩,答辩通过后进入实践阶段,否则重新撰写项目方案与计划,直至答辩顺利通过。

第二,团队项目的实施。各项目小组在项目负责人的带领下自主进行“产品”生产工艺的开发(以下以“生物酶法合成异麦芽酮糖”项目为例具体阐述)。项目主要涉及菌种活化、培养基和发酵条件优化、固定化细胞制备、生物催化及转化、异麦芽酮糖的结晶与干燥、酒精回收与废弃物的处理等内容。在此过程中,要求各小组及时做好实验数据记录(原始实验数据最终以附件的形式附在“实训报告”附录中)与数据分析,对所遇问题进行小组研讨,并做好下一步工作安排及具体要求。此过程结束后,教师对每小组数据与结果进行核验,若未达到预期目标,则重复本过程。

第三,课程学习成果交流与展示。此部分内容主要包括实训报告撰写、PPT 制备与项目答辩。要求各项目小组在整理实训数据之后,按照我校毕业论文要求撰写实训报告,并制作项目答辩 PPT。实训报告中除文献综述、实验方法、实验结果与分析以外,还需对“产品”工艺进行经济分析、环境分析、绘制工厂(设备)布置图。最后,由课程组老师随机抽取小组成员进行项目答辩,并要求学生对提出的问题进行回答。实训报告电子稿上传至蓝墨云班课,纸质报告交给指导老师评阅与存档。

简而言之,在 CDIO 教学模式下,笔者教学团队以“项目为载体,导师为主导,学生为中心”的思路,使学生将理论与工程实践相结合,通过团队协作,不断地优化工艺参数,最终确定“产

品”工艺并进行中试规模生产。在这一具体的教学过程中,学生可以从项目背景、方案设计、产品 制备与检测、报告撰写、项目答辩等环节熟悉解决工程问题的整套流程,可以提升学生协调合作、沟通交流等综合素质,也可提升学生的创新发散思维、工程实践能力以及解决复杂工程问题的能力。

1.2.3 课程考核与评价方法

“教学质量为王,考核评价方法为纲”,课程考核与评价方法是提高教育质量的关键^[11-13]。笔者教学团队根据毕业指标点对课程的支撑强度将成绩分为 4 个部分(表 2):项目方案、团队合作、实训报告和项目汇报,并借鉴探究式教学法将评价方法分为学生评价和教师评价两个部分^[14],具体成绩评定方式如下:

项目方案成绩由指导老师根据项目实施方案与计划以及答辩结果评定;

团队合作部分为学生评价部分:小组成员成绩由各项目小组负责人评定,项目负责人成绩取各小组成员评分的平均分;

实训报告成绩则由指导老师根据每位学生对实验结果的分析、经济技术成本分析情况和工厂布置图的绘制情况等评定;

项目汇报成绩取教学团队全体指导老师的平均值计入总分。

教师评价部分均在蓝墨云系统中进行,学生可以看到所有学生的成绩。因此,笔者认为该评价方法不仅可以激发学生的主观能动性、培养学生的责任意识,还可以鼓励学生进行团队协作。具体过程性考核方案与课程目标的对应关系如表 2 所示。

1.3 教学质量的“监控-评价与反馈-改进”

实现高等教育内涵式发展,关键是要牢牢抓住提高教学质量这个“纲”^[15]。作为复杂工程问题的出口课程,专业项目实训课程质量的评价应该关注学生成果的产出和课程目标的达成^[5,16]。为

表 2 课程考核方案一览表

Table 2 List of the course evaluation principles

毕业要求 Graduation requirement	课程目标 Course objectives	分值 Scores	成绩构成 Grades compositions	考核内容 Examined contents	考核材料 Assessment materials
4.2	1	30	项目方案 Project initiatives	项目发展现状 Project status 技术路线 Technology roadmap 药品耗材清单 List of chemicals and consumables 实验方法 Experimental methods 危险品与特殊仪器使用说明 Instructions for the use of special chemicals and instruments 项目实施计划与分工 Project implementation plan and task division 参考文献 References	各小组项目方案 Project initiatives of each teams
9.2	3	20	团队合作 Teamwork	责任意识 Responsibility consciousness	项目实施过程 Project executing processes 团队合作评分记录 Record scores for teamwork
9.3	4			团队合作 Teamwork 独立完成任务 Complete tasks independently 倾听意见 Advice listening 出勤 Checking-in	
4.4	2	30	实训报告 Training report	图表绘制 Diagramming	实训结果分析报告 The analysis report of practical training results
11.3	6			结果分析讨论 Analysis and discussion of results 环境和经济分析 Environmental and economic analysis 政策法规分析 Policy and regulation analysis	
10.1	5	20	项目汇报 Project presentation	现场讲解 On-site presentation 内容展示 Exhibition content 幻灯片制作 PPT preparation 回答问题 Answer questions	项目汇报评分记录 Record scores of the project report

此笔者教学团队从“以学生为中心、面向产出和持续改进”三大理念出发，构建了适用于工科专业项目实训的“监控-评价与反馈-改进”的质量保障闭环系统(图2)，以保证学生培养质量满足毕业要求。

1.3.1 基于 CDIO 教学模式的课程质量常态化“监控”体系

项目在 CDIO 的教学模式和以“项目为载体，导师为主导，学生为中心”的教学思路下，教师是指导者同时还是监督者，不仅需要对学生进行项目指导，还需要监督学生顺利完成项目。当然，学生自己也是监督者，团队成员相互监督。

因此，在常态化的教师与学生自我双重监督下，不仅可以激发学生参与整个项目的主观能动性，还能确保小组任务的顺利完成，并有利于学生课程目标的达成。

1.3.2 面向产出的教学质量“评价与反馈”体系

传统人才培养模式中往往存在评价形式单一、评价反馈机制缺失以及评价指标与培养目标相脱节等问题。笔者教学团队实施面向产出的教学质量“评价与反馈”体系，即从“学生学得怎么样”来评价教学质量。引入学生、指导教师、教学督导、学院在内的多元化评价主体来审视教学质量与持续改进(图2)。教学团队在课程结束后根

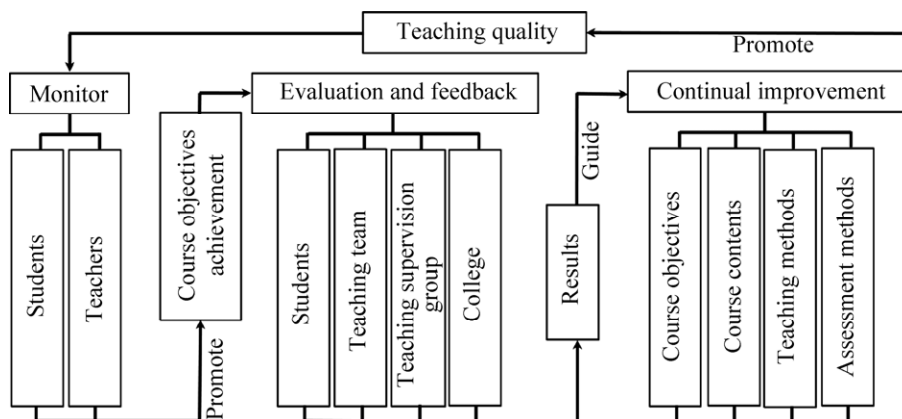


图2 提升教学质量的“监控-评价与反馈-改进”的闭环系统

Fig. 2 The closed loop of the “monitor-evaluation and feedback-improvement” system to improve the teaching quality.

据课程成绩撰写课程质量分析报告，对课程目标达成度进行定性与定量分析，确定课程质量与期望值是否吻合，并分析学生的个体差异度。学生通过蓝墨云在线系统，对课程目标达成度进行自我评价，并对指导老师提出相关建议。教学督导、学院在项目进行时采用学生座谈的方式，调研学生对课程目标的知晓情况；教学方式和教学内容是否有利于学生课程目标的达成；指导教师和学生自身是否及时沟通或帮扶等。课程结束后则采用问卷调查法，调研学生对课程内容的掌握情况；课程考核内容是否围绕课程目标；学生对考核方式的知晓情况；学生分析和解决问题的能力是否得到提高；学生的课程目标达成情况等。通过面向产出的多元化评价体系，可以明确学生的知识和能力结构是否达到课程要求、知晓学生的课程目标是否达成、明悉学生解决复杂工程问题的能力是否提高等。

1.3.3 保障教学质量与人才培养的“监控-评价与反馈-改进”闭环系统的成效

持续改进必须长期运行，因此人才培养的各个环节都渗透持续改进的理念，最终保证学生培养质量满足毕业要求^[8,17]。以下举例说明“监控-评价与反馈-改进”闭环系统的成效。

图3分析了2015级、2016级和2017级生物工程项目实践创新课程的成绩分布和课程目标达成

度情况。由图4可知，3个年级的成绩均呈正态分布，说明课程内容、教学方法和考核方法是适

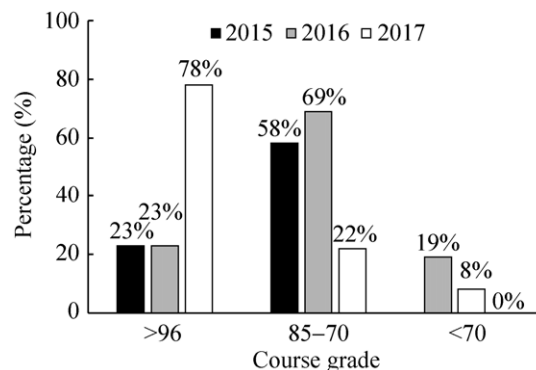


图3 2015级、2016级和2017级课程成绩分布图

Fig. 3 Distribution of the course scores of 2015, 2016 and 2017 students.

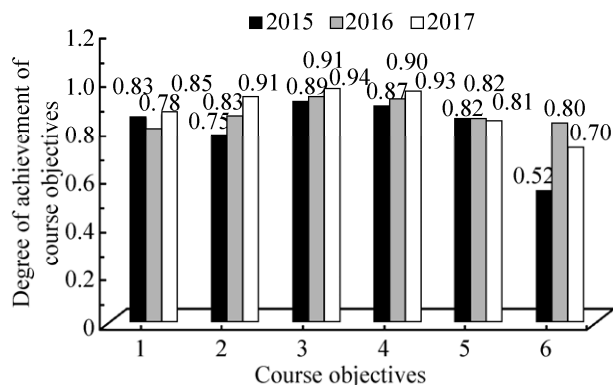


图4 2015级、2016级和2017级课程目标达成度

Fig. 4 The achievements of the course objectives of 2015, 2016 and 2017 students.

合于专业项目的实训的。成绩在 85 分以上的学生所占比例基本未发生变化；2016 级成绩在 70–85 分的同学所占比例较 2015 级高出 11%，2016 级成绩在 70 分以下的学生所占比例较 2015 级低 11%；2017 级的成绩明显优于 2015 级和 2016 级。

此外，由图 4 可知，2015 级学生的课程目标 1–5 均达到期望值，今后需继续保持和提高；主要问题集中于课程目标 6（能够在自主学习或者其他学科成员的交流帮助下，对项目的相关非技术因素等方面的影响进行初步分析，比如考虑项目实施可能对环境、经济等方面的影响，或者对项目实施结果进行技术经济分析），达成度仅为 0.52，需要加强学生对环境、经济、过程管理等非技术因素能力的训练。根据 2015 级专业项目实训“反馈与评价”的结果对课程目标 6 的教学方式与方法进行改进后，2016 级学生的总体课程目标达成度均在 0.78 以上，虽然 2017 级课程目标 6 有所回落（0.70），但仍处于达成状态。因此，可以说明此种基于“监控-评价与反馈-改进”的教学法具有原创性、实践性和可操作性强等特点；在生物专业工程教育专业认证中得到充分、有效的应用，且成效显著，并得到进校现场考查专家的一致好评。

1.4 课程不足之处

虽然项目实训的实施达到了预期目的，但还有诸多不足之处，需要进一步改进和优化，以适应项目实训教学向更合理的发展方向。

①开发企业实训项目

虽然，目前实训内容涉及功能化合物、有机酸、高分子生物活性材料以及生物能源等四大类，且均为产业化和科研项目，但是还需引入企业实际需求的技改项目、研发项目作为实训内容，来进一步充实项目内容和满足学生对多个专业技术领域的需求，可以更好地凸显以“学生为中心”的人才培养理念、更好地培养学生解决复杂工程问题的能力。

②开发数字化教学资源

开发高质量的数字化教学资源是建设“线上”

或“线上线下混合”金课的必由之路，也是教育信息化的迫切需要和关键^[18-19]。笔者教学团队应该针对不同的实训项目，陆续完成相关理论知识讲解、设备使用与维护方法等微课的录制，并进一步收集系列项目实施过程的录像、实验操作视频以丰富教学资源，从而优化教学效果。

③改进“评价与反馈”体系

笔者教学团队在教学质量“评价与反馈”体系中引入了学生、指导教师、教学督导、学院在内的多元化评价主体来审视教学质量，可以较为公正公平地对教学质量进行评估。然而目前“评价与反馈”体系缺乏社会和企业的参与，在今后可以邀请企业专家和社会人士参与教学评价和项目答辩，从真正意义上建立多元化的“评价与反馈”体系，也可以更好地做到课程的持续改进。

2 总结

本文重点阐述了“生物工程项目实践创新课程”的教学设计、实施、评价方式、反馈改进机制和实施效果等内容，现将其总结如下：

①以应用型人才培养为目标运行项目化教学模式

以“制备产品”为主线，学生以项目小组的形式自主开展项目化实训，将理论与实践有机结合，做到“理实一体，知行合一”。

②模拟生物产品生产过程进行项目实训

以典型生物产品为载体，模拟生产过程，将传统的课程体系知识点建构在细化的多个情境之中，并将专业知识和非专业知识结合，提高学生的综合专业素质。

③形成了基于 OBE 理念的过程性考核方法

课程具有适用于实践课程的特色过程性考核方法，包括对项目方案、团队合作、实训结果分析报告和项目汇报交流 4 个方面的考核，有助于提高人才的培养质量、有助于课程的持续改进和学生课程目标的达成。

④建立了“监控-评价与反馈-改进”的教学质量保障闭环系统

把常态化的监测与定期多元化评价有机结合,评价与监测结果用于持续改进,推动人才培养质量不断提升。

综上所述,本文所述专业项目实训的教学内容、教学方法、考核办法、教学质量保障系统有助于培养学生的创新意识、团队协作精神及实践能力;有助于培养学生解决复杂工程问题的能力;有助于培养学生解决非技术因素问题的能力;将有助于推动本科教学从“教得好”向“学得好”转变。

REFERENCES

- [1] 普通高等学校本科专业类教学质量国家标准(部分). 山西教育(招考), 2019(Z2): 119-140.
National standard for teaching quality of Undergraduate specialty in Colleges and Universities. Shanxi Education, 2019(Z2): 119-140 (in Chinese).
- [2] 王爱芳, 刘元林, 于克强, 等. 《机械设计实践》课程 OBE 教学模式的研究与实践. 课程教育研究, 2019(51): 222-223.
Wang AF, Liu YL, Yu KQ, et al. Research and practice on OBE teaching mode of mechanical design practice course. Course Educ Res, 2019(51): 222-223 (in Chinese).
- [3] 刁永锋. 深化本科教育改革坚持内涵发展全力提升应用型人才培养质量——落实“新时代全国高等学校本科教育工作会议”精神的四川文理学院实践. 四川文理学院学报, 2018, 28(6): 12-16.
Diao YF. Deepen the reform of undergraduate education and improve the quality of application-oriented talents: practices from Sichuan University of arts and sciences for the implementation of “national meeting of undergraduate education in the new era”. Sichuan Univ Arts Sci J, 2018, 28(6): 12-16 (in Chinese).
- [4] 陈宝生. 在新时代全国高等学校本科教育工作会议上的讲话. 中国高等教育, 2018(Z3): 4-10.
Chen BS. Speech at the national conference on undergraduate education in the new era. China Higher Edu, 2018(Z3): 4-10 (in Chinese).
- [5] 冀宏, 王继元, 张根华. 行业课程的理论逻辑与建设路径——兼论应用型人才培养“金课”建设. 高等工程教育研究, 2019(4): 188-193.
Ji H, Wang JY, Zhang GH. Theoretical logic and path selection of industry curriculum. Res High Educ Eng, 2019(4): 188-193 (in Chinese).
- [6] 栗孟飞, 张真, 孙萍, 等. 科研反哺综合模式在生物分离工程教学中的应用. 生物学杂志, 2020, 37(2): 110-112.
Li MF, Zhang Z, Sun P, et al. Application of research feeding comprehensive model in teaching of biological separation engineering. J Biol, 2020, 37(2): 110-112 (in Chinese).
- [7] 朱益波, 郑丽雪, 张然, 等. 基于科研项目的生物工程项目实训课程改革. 高校生物学教学研究(电子版), 2017, 7(2): 23-27.
Zhu YB, Zheng LX, Zhang R, et al. The innovation on the research project-based training course of bioengineering. Biol Teach Univ (Electron Ed), 2017, 7(2): 23-27 (in Chinese).
- [8] 张彩丽, 杨海波. 工程教育专业认证中复杂工程问题的内涵及其分析能力辨析. 新西部, 2019(33): 143-144.
Zhang CL, Yang HB. Connotation and analysis ability of complex engineering problems in Engineering Education Accreditation. New West, 2019(33): 143-144 (in Chinese).
- [9] 陈佰满, 林有胜, 何清, 等. 高校科研反哺教学的路径探索与分析. 创新创业理论研究与实践, 2021, 4(3): 114-117.
Chen BM, Lin YS, He Q, et al. Exploration and analysis on the way of scientific research feedback teaching in Colleges and Universities. Theor Prac Innov Entrep, 2021, 4(3): 114-117 (in Chinese).
- [10] 郝晓亮, 樊增广, 高云, 等. 基于科研反哺理念的生物工程专业创新创业教学研究. 农业技术与装备, 2020(4): 106-107, 109.
Hao XL, Gan ZG, Gao Y, et al. Research on innovation and entrepreneurship teaching of bioengineering specialty based on the concept of scientific research feedback. Agric Technol Equip, 2020(4): 106-107, 109 (in Chinese).
- [11] 李升, 陈宇婷, 徐艳. 建构主义与 CDIO 教学模式在大学生科技创新中的应用. 大学教育, 2015, (9): 150-151.
Li S, Chen YT, Xu Y. The application of

- constructivism and CDIO teaching mode in college students' scientific and technological innovation. *Univ Educ*, 2015, 4(9): 150-151, 174 (in Chinese).
- [12] 夏友桦, 李升, 董心怡. 建构主义模式项目训练对研究生实践创新能力培养的效用研究. *高教学刊*, 2019(24): 34-36.
Xia YH, Li S, Dong XY. Research on the effectiveness of constructivism model project training for graduate students' practical ability cultivation. *J High Educ*, 2019(24): 34-36 (in Chinese).
- [13] 朱瑞艳, 高大威, 张晓宇, 等. 基于“卓越工程师教育培养”能力培养的生物反应工程教学方法改革. *教育教学论坛*, 2017(44): 136-137.
Zhu RY, Gao DW, Zhang XY, et al. Reform of the teaching method of biological reaction engineering based on the cultivation of the ability of excellent engineer education. *Educ Teach Forum*, 2017, (44): 136-137 (in Chinese).
- [14] 李大力, 单丹, 杨成丽, 等. 探究式教学模式下生物工程专业综合实验成绩评价体系的构建. *高校生物学教学研究(电子版)*, 2014, 4(3): 23-25.
Li DL, Shan D, Yang CL, et al. The construction of a score evaluation system of bioengineering comprehensive experiment in inquiry-based teaching model. *Biol Teach Univ (Electron Ed)*, 2014, 4(3): 23-25 (in Chinese).
- [15] 杨飞勇, 何海华, 周玉芬. 生物医药专业群“四位一体”产教融合模式及其保障机制研究. *山东化工*, 2019, 48(21): 158-160.
Yang FY, He HH, Zhou YF. Research on the “four in one” integration mode of production and education and its guarantee mechanisms for biomedical professional groups. *Shandong Chem Ind*, 2019, 48(21): 158-160 (in Chinese).
- [16] 张勇, 米承继, 刘水长, 等. 新工科与双创背景下本科工程实训教学改革研究. *内燃机与配件*, 2019(24): 293-294.
Zhang Y, Mi CJ, Liu SC, et al. Research on undergraduate engineering practice teaching reform under the background of new engineering and double innovation. *Intern Combust Engine Parts*, 2019(24): 293-294 (in Chinese).
- [17] 刘辉, 孙世梅. 基于“能力/素质+特征”的复杂工程问题能力培养实践教学模式——以吉林建筑大学安全工程专业为例. *教育现代化*, 2019, 6(71): 1-4, 7.
Liu H, Sun SM. Practical teaching model of ability cultivation for complex engineering problems based on “ability/quality+characteristics”. *Educ Mod*, 2019, 6(71): 1-4, 7 (in Chinese).
- [18] 程莉君, 高学林. 中学生物学数字化教学资源开发和利用. *中学生物学*, 2008, 24(4): 40-42.
Cheng LJ, Gao XL. Development and utilization of digital teaching resources of biology in middle school. *Middle Sch Biol*, 2008, 24(4): 40-42 (in Chinese).
- [19] 高慧慧, 钱坤, 李杨. “理实一体化”实训项目开发与教学研究. *安徽水利水电职业技术学院学报*, 2019, 19(4): 48-50.
Gao HH, Qian K, Li Y. “Integration of science and practice” training project development and teaching research. *J Anhui Technical College Water Res Hydroelectric Power*, 2019, 19(4): 48-50 (in Chinese).

(本文责编 陈宏宇)