

# 新经济形势下的生物工程一流专业建设与实践

袁文杰, 姬芳玲, 赵婷婷, 杨君, 贾凌云

大连理工大学 生物工程学院, 辽宁 大连 116024

袁文杰, 姬芳玲, 赵婷婷, 杨君, 贾凌云. 新经济形势下的生物工程一流专业建设与实践. 生物工程学报, 2022, 38(12): 4789-4796.

YUAN WJ, JI FL, ZHAO TT, YANG J, JIA LY. Development of first-class biotechnology major under new economic situation. Chin J Biotech, 2022, 38(12): 4789-4796.

**摘要:** 生物经济的快速发展迫切需要新型生物工程人才支撑, 建立以创新型工程教育为理念的新工科人才培养模式, 能够为区域经济发展与产业升级提供支撑作用。大连理工大学生物工程学院紧密围绕“服务国家战略”“对接产业行业”“引领未来发展”“以学生为中心”等新工科建设的教育教学理念, 从“面向新经济”的培养体系构建、“多学科交叉”的课程体系重构和“项目式”教学方式改革、“多元化”评价体系实施等方面进行生物工程专业建设改革和探索, 提出了“价值引领、深厚的基础理论、强烈的创新意识、技术和非技术核心能力素养”四位一体的生物工程新工科人才培养标准。满足了产业对人才多样化、个性化和动态变化的需求, 保障了产业与教育的深入融合发展, 为生物工程一流本科专业建设提供了思路。

**关键词:** 新工科; 专业建设; 人才培养; 新产业; 新经济; 工程教育

**Received:** May 7, 2022; **Accepted:** June 30, 2022

**Supported by:** The Second Batch of Emerging Engineering Research and Practice Projects of the Ministry of Education (E-SWYY20202505); Collaborative Education Project of Industry University Cooperation of the Ministry of Education (202002204006); Emerging Engineering Research and Practice Projects in Liaoning (Liaoning Education Commission [2020] No. 56); Education Reform Project of Liaoning Province (Liaoning Education Commission [2021] No. 254); Undergraduate Quality Engineering Project (DUT Education Commission [2021] No. 24)

**Corresponding author:** JIA Lingyun. E-mail: lyj@dlut.edu.cn

**基金项目:** 教育部第二批新工科研究与实践项目 (E-SWYY20202505); 教育部产学合作协同育人项目 (202002204006); 辽宁省新工科建设项目 (辽教办[2020]56号); 辽宁省教改项目 (辽教办 ([2021]254号); 本科质量工程项目 (大工教发 [2021]24号)

# Development of first-class biotechnology major under new economic situation

YUAN Wenjie, JI Fangling, ZHAO Tingting, YANG Jun, JIA Lingyun

School of Bioengineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, Liaoning, China

**Abstract:** The rapid development of bioeconomy urgently needs the support of biotechnology talents. Establishing an innovative training mode of biotechnology talents can provide support for regional economic development and industrial upgrading. Closely revolved around the concepts of new engineering disciplines development, such as serving the national strategy, docking industry, leading the future development and student-centered, a new economy-oriented training system was developed in School of Bioengineering of Dalian University of Technology. These systems include interdisciplinary curriculum system reconstruction, project-based teaching mode reform, evaluation system implementation and other aspects. The reform and exploration of the first-class biotechnology major under the new economic situation, puts forward the theory of value guidance, deep foundation, strong sense of innovation, technical and non-technical core ability literacy. This reform meets the industry demand for talent diversification, personalization, and dynamic change, helps the merge of industry and education, which provides a way for fostering first-class biotechnology-majored undergraduates.

**Keywords:** new engineering disciplines; curriculum development; talent fostering; new industry; new economy; engineering education

进入 21 世纪, 以生物科技革命为代表的产业革命已到来<sup>[1-2]</sup>。生物经济是继农业经济、工业经济、信息经济之后, 推动人类社会永续发展的全新经济形态。中国产学研各界对生物经济的内涵特征进行了广泛探讨, 认为其具有资源依赖性、技术通用性、知识密集性和产品多样性等鲜明特征<sup>[3]</sup>。基因编辑、合成生命、DNA 存储、细胞免疫治疗、生物制药为代表的生物技术正推动新一轮的产业变革, 生物及交叉应用领域也不断涌现出颠覆性创新应用。

生物工程专业是生命科学与工程科学、信息科学等的交叉科学, 致力于把生命科学发现转化为实际的产品、过程、系统和服务, 以满足社会的需要, 是生物经济的重要核心, 已成

为我国产业结构调整的战略重点和新的经济增长点<sup>[4]</sup>, 是我国赶超世界发达国家生产力水平, 实现后发产业优势和跨越式发展最有前途、最有希望的领域<sup>[5]</sup>。生物经济的快速发展迫切需要新型生物工程人才支撑<sup>[6-7]</sup>。

与此同时, 随着我国国家创新驱动发展战略的深入实施, 科技强国建设进程的加速和绿色发展理念的实践, 教育部适时提出了“新工科”教育理念, 大力推进高等工程教育全面改革和创新<sup>[8-9]</sup>。“新工科”的内涵是以立德树人为引领, 以应对变化、塑造未来为建设理念, 通过继承与创新、交叉与融合、协调与共享等途径, 培养未来多元化、创新型卓越工程人才<sup>[10-11]</sup>。其中的核心内容即新理念、新结构、新模式、新质量和新体系<sup>[12]</sup>。

培养满足新经济形态行业需求的高素质与创新型人才,建立创新人才培养路径,形成以创新型工程教育为理念的“新工科”人才培养模式,为区域经济发展与产业升级提供支撑作用,是新经济形势下生物工程专业人才培养必须要解决的问题<sup>[13-15]</sup>。大连理工大学围绕新兴工科专业改造升级与探索、学科专业结构改革与组织模式变革<sup>[16]</sup>,明确了新经济对生物工程专业人才培养提出的新要求,从“高标准、新内容、新形式、严要求”二高二新4个方面进行了实践探索,为全面培养具有家国情怀、满足新经济下的生物工程高素质人才奠定了基础。

## 1 新经济形势下的生物工程人才培养面临的问题

全国目前有 340 个左右的学校设有生物工程专业,对比新经济发展需求及国际一流生物工程专业的培养目标、课程体系及培养过程来看,目前我国生物工程人才培养过程中仍存在以下问题。

(1) 部分知识体系陈旧,工程教育与企业之间的实际需求脱轨

新经济要求从业人员掌握最新学科前沿和技术。目前大部分高校的生物工程专业的课程仍为 20 世纪的传统课程,重点围绕微生物发酵产品的生产过程进行,对新知识和技术的介绍不足,或不完整、不系统。学生的实践和实习内容也围绕传统发酵产品进行,如啤酒的酿造、抗生素发酵等。新的科技进步使传统产业发生了深刻变化,对工程技术人才的需求也发生了很多变化。生物经济需要的人才,应该掌握现代生物技术如基因编辑技术、合成生物技术、生物大数据分析、创新设计、智能制造等方面。另外,由于高校教师大多是由高校到高校,工程教育背景不足,导致部分工程教育环

节是照本宣科,与企业实际需求不相符,存在毕业生不经重新培训无法上岗的现象,急需进行产学研深度融合,共同育人。

(2) 知识割裂现象明显,学生解决复杂工程问题能力不足

新经济要求从业人员有深厚的工程知识,能够解决生物产品制造中复杂工程问题的某一个或者某几个方面。目前的教育教学,仍然按照教材章节,以教为中心,各授课教师只关心自己讲授的教材知识点,忽略学生相关解决问题能力的培养。生产实习限于企业参观走廊,走马观花,学生对产品生产过程没有形成宏观理解,针对生物产品制造全链条复杂工程问题时,设计解决考虑不全面,离现实有距离,落地难。因此在大学课程教学中,需要将解决复杂工程问题能力作为学生培养的主要目标之一,各课程贯通融合,为综合素质和能力水平提高提供有力的保障。

(3) 教学、考试以知识为重点,素质能力体现不足

新经济要求从业人员具有科技创新能力、多学科和跨界领导力的能力。目前教学过程仍以大班教学为主,教学过程中普遍缺少讨论环节、学生提问和质疑环节,课堂测试和期末考试也多是简单的笔试题答题,同学们主动学习机会少,创新能力、与人沟通、团队领导能力训练不足。培养的人才不能满足新经济发展和新工科的需求。

## 2 新工科人才培养的思考与实践

新经济的发展,对新工科人才培养提出了新标准。大连理工大学生物工程专业紧密围绕“服务国家战略”“对接产业行业”“引领未来发展”“以学生为中心”等新工科建设的教育教学理念,根据自身办学优势和特色,提出“价值

引领、深厚的基础理论、强烈的创新意识、技术和非技术核心能力素养”四位一体的创新性高素质工程人才培养目标。同时为全面落实以学生为中心的教育理念，从人才培养关键要素与环节入手，通过系统性、整体性和综合性建设与改革，引入最新知识体系、强化学生个人素质与能力，体现创新性、多元化、实践性以及国际化等新工科教育方式特色，满足学生未来发展的需要。研究与实践的主要举措如图 1 所示。

(1) 高标准：制定了符合新经济行业发展的培养方案，明确目标方向

为了培养出满足新工科需求的复合型创新人才，制定符合学校定位和服务社会经济发展的培养方案是重中之重。需要把产业和技术的最新发展、行业对人才培养的最新要求引入教学过程。面向新经济发展需求，我们通过走访

国内一流生物技术企业（药明生物、华大基因、长春金赛、北京神州义翘、北京凯因等），充分征求了企业用户和行业专家对培养目标、学生知识体系、能力培养方面的意见和建议，形成了适应产业发展特点、引领未来的生物工程本科专业培养方案，明确了新经济形势下学生需具备的知识、素质和能力，确保培养方案自适应于新经济发展需求。

(2) 新内容：重构专业课程体系，完善育人载体

针对新工科专业的多学科交叉融合的特征和对新工科专业工程人才在知识、能力素质上的新要求，对课程体系的模块化和课程内容的优化进行了再造和升级。

一是专业课程设置。除教育部要求的生物工程专业必须掌握的知识点外，在专业课程设置上，突出专业学科前沿和产业前沿。增设

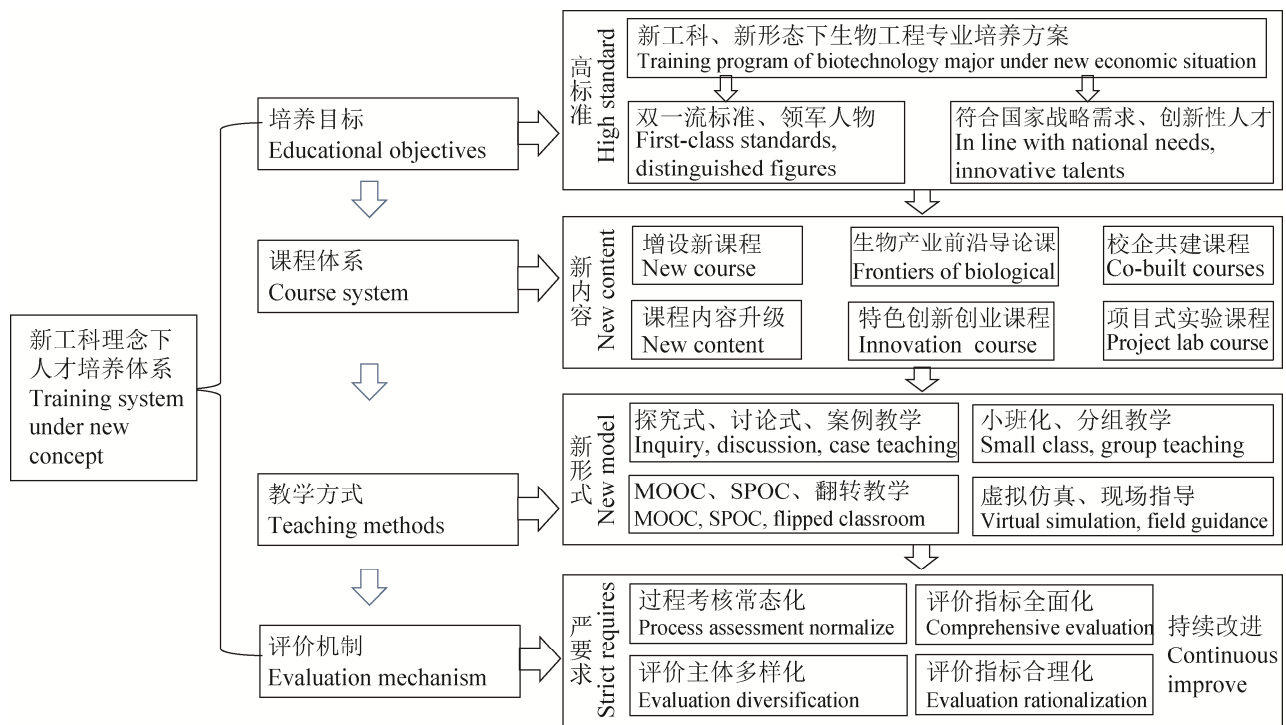


图 1 新经济形势下的生物工程专业主要建设内容

Figure 1 The main contents of bioengineering under the new economic situation.

“生物工程伦理”“生物医学材料”“抗体工程”“生物信息学”“生物材料与人工器官”“合成生物学”与“智能生物制造”等课程,体现生物与多学科交叉,将生物技术最新学科进展和产业布局如干细胞分化与治疗、生物抗体药物制备、基因、蛋白大数据分析、合成生物、细胞治疗等引入课堂,扩大学生国际视野,着力培养具有全球意识、创新能力、社会担当的工程科技人才。

二是课程内容设计。建设了课程群,关注课程间的相互衔接。将“发酵工程”“生物反应工程”“生物分离工程”等专业核心课程知识进行整合,建立案例库,以项目整体研究的案例贯穿其中,使学生形成较为开阔的学术视野,以支撑后续更长远的发展。如以本学院教授的科研成果年产20万t“自絮凝颗粒酵母生产生物乙醇”为例,发酵工程和生物反应工程、生物工程设备、发酵工厂设计等课程相结合,介绍了该产业化成果的菌种选育、培养基优化、批次发酵规律、连续生产的反应动力学、代谢流分析,提高产物产率的策略分析、成本核算以及年产20万t的生物乙醇发酵工厂的设计方案、设备选型等,使学生深入地掌握生产工程产品从实验室研究到产业化生产的全过程。另外,还邀请了企业和行业专家参与教学过程,如华大基因CEO尹烨讲授基因高通量测序技术、生物大数据分析技术;金赛药业李汉兴介绍基因工程产品的典型研发及生产过程;科兴疫苗孟凡红介绍新冠疫苗的生产过程等。在教学过程中,学院与校企共建部分课程,将企业需求转化为育人资源,吸引学生贡献智慧、解决复杂工程问题。如:与山东京博共建“微生物学与实验”,将企业需求“多聚谷氨酸的高效生产”作为课程内容,引导学生完成项目背景调研、研究方案设计、发酵菌种筛选与改造、

发酵条件优化等;与康元医疗共建“生物分离工程”,将纳米抗体的分离纯化作为课程建设的主要内容,避免所学与所需脱节。此外,学院与大连康元医疗科技、大连医诺、汉信疫苗等企业共建辽宁省生物工程现代产业学院,深入开展产学研合作,为学生提供多元师资及实践平台支撑。

三是实验课程内容设计。构建了项目式实验课程体系,提高学生解决复杂工程问题能力和动手能力。以项目研究为载体,虚实结合,以解决实际问题的实验研究贯穿实验实践过程。例如:围绕抗体类药物——表皮生长因子纳米抗体蛋白的表达,建设虚拟仿真实验——纳米抗体的筛选与制备,使学生掌握纳米抗体从动物免疫到抗体库的构建、淘选及纳米抗体的功能验证全过程<sup>[17]</sup>。之后在实验室开展纳米抗体表达重组菌的构建、高密度发酵、纳米抗体的分离纯化及扩大生产,将基因工程实验、发酵工程实验、生物分离工程实验3门实验课内容进行整合。学生带着产业前沿的实际问题进行实验研究,使学生在知识建构过程中加强对知识的结构化理解,通过解决实际问题进一步锻炼学生的专业能力、工程能力和创新能力等。

(3) 新形式:改革教学模式,优化人才培养途径

教学模式决定了人才培养途径。在新工科视角下,采取研究性学习,提高知识综合应用能力。

一是专业课小班化,进行讨论式、案例式教学。以真实工程项目为载体,完全按照工程项目流程:从需求解读、项目分解、方案设计、风险评估、课堂答辩、结题总结等,完成一个项目的实施流程。培养学生存疑批判、探索创造、人际交往和团队合作等素质,使学生

在具备整体科学知识观的同时还富有灵活性、适应性和创造性。学生自由组队完成教学任务,提高了学生与人沟通能力、团队合作能力和领导能力<sup>[18]</sup>。

二是推广与多学科交融教学内容相适应的教学方式。融通线下与线上两个空间,探索了MOOC、异步SPOC等工程人才培养的新型教学方法,扩展了人才培养维度,为学生自主学习提供获取知识的广泛渠道,实现了从“以教学为中心”向“以学习为中心”的转变。

三是建设了分散式带岗实习新模式<sup>[19]</sup>。适用于新形势下的高素质研究型人才为目标,按行业发展需求,进行了多点分散生产实习,并建立了一整套新的管理制度,实现了高校和企业的双赢和资源共享,实现了生产实习在人才培养目标中应发挥的作用。通过企业指导教师的传、帮、带在岗技能训练,以及周末的相互交流,学生掌握了抗体类药物、基因重组类药物、基因检测类产品、生物基化学品、分子诊断试剂等有关的生产原理、生产工艺、生产组织、生产设备和操作控制等知识,建立起了市场、信息、质量、成本、效益、安全和环保等意识,培养了劳动观念,树立了爱岗敬业的精神,也避免了上岗前需要重新培训的现象。

(4) 严要求: 多样化考核体系, 持续提高人才培养质量<sup>[20]</sup>

在考核中树立“以学生为中心、重视过程管理、强调持续改进”的人才质量观。

一是过程考核常态化。引导学生主动积极地参与到每一阶段的知识学习和技能锻炼中,让学生在课程过程中总结、反思,及时发现不足并改正完善,从而实现对学生综合职业能力的培养。

二是考核指标全面化。新工科人才培养目

标应该是多方面知识、能力、素质的协调发展。因此在面向新工科的教学效果评价上,将资料搜集与分析能力、问题建模与推理能力、实验设计与动手能力、口头表达与写作能力、团队协作与管理能力构成学生综合素质评价的“五位一体”。对每一种能力的考核都设立了相应的标准并进行常态化考核,全面提升了新工科人才所需的能力。

三是评价主体多样化。课程评价中采取小组互评加教师评价的方式,对学生作出客观全面评价。根据学生表现,及时与有问题的学生沟通,确保了每个学生不掉队。

### 3 总结

大连理工大学生物工程专业从2016年开始,思考生物经济产业高速发展对生物工程专业人才培养提出的新要求,通过调研产业发展及对人才需求,构建了“二高二新”的高素质人才培养模式:建立了面向生物产业新经济的培养目标和评价标准,以生物产业主流产品的生产进行小班化、案例式教学,产学研深度融合;加强与人工智能、新型医学材料、智能制造等学科的交叉,满足新业态、新经济、新工科的发展对多元化人才的需求。经过近6年的实践,通过不断优化创新人才学习和培养环境,学生对工程知识的理解和综合运用能力不断加强,培养了能够引领未来产业界和社会发展的高素质工程人才。学生学习积极性高,平均成绩80分以上。此外,结合国家需求和产业发展,本科在校生提出了多项创新创业思路项目并进行实践,获得包括中国国际互联网+银奖、全国挑战杯金奖、iGEM金奖等在内的省部级各类奖项80余项,获奖人数达到全体学生的近40%,实现了五育并举的高素质人才的全面发展。

## REFERENCES

- [1] 新华社. 中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议. 中国民政, 2020(21): 8-21.  
Xinhua News Agency. Proposal of the CENTRAL Committee of the Communist Party of China on formulating the 14th Five-Year Plan for National Economic and Social Development and the long-term goals for 2035. China's civil affairs, 2020(21): 8-21 (in Chinese).
- [2] 韩祺. 加快融入全球生物经济发展新格局. 中国生物工程杂志, 2022, 42(5): 10-11.  
Han Q. Accelerating to integrate into the global bio-economy new pattern of development. China Biotechnol, 2022, 42(5): 10-11 (in Chinese).
- [3] 邱灵, 韩祺, 姜江. 面向 2035 的中国生物经济发展战略研究. 宏观经济研究, 2021(11): 48-57, 92.  
Qiu L, Han Q, Jiang J. A study on China's bioeconomy development strategy for 2035. Macroeconomics, 2021(11): 48-57, 92 (in Chinese).
- [4] 钱景怡, 余正. 我国生物制药产业国际竞争力分析. 中国药事, 2020, 34(5): 549-555.  
Qian JY, Yu Z. On the international competitiveness of China's bio-pharmaceutical industry. Chin Pharm Aff, 2020, 34(5): 549-555 (in Chinese).
- [5] 吴晓燕, 陈方, 丁陈君, 等. 全球生物经济现状、趋势与融资前景分析. 中国生物工程杂志, 2021, 41(10): 116-126.  
Wu XY, Chen F, Ding CJ, et al. Analysis of global bioeconomy status, trends and financing prospects. China Biotechnol, 2021, 41(10): 116-126 (in Chinese).
- [6] 王宏广, 朱姝, 尹志欣, 等. 国际生物经济发展的趋势与特征. 中国科技论坛, 2018(5): 158-164.  
Wang HG, Zhu S, Yin ZX, et al. Trends and features in the development of international bio-economy. Forum Sci Technol China, 2018(5): 158-164 (in Chinese).
- [7] 杨胜利. 产业转型升级背景下大学生就业与高等教育改革. 北京: 社会科学文献出版社, 2020.  
Yang SL. Reform on College Students' Employment and Higher Education under the Background of Industrial Transformation Upgrading. Beijing: Social Sciences Literature Publishing House, 2020 (in Chinese).
- [8] 郑庆华. 新工科建设内涵解析及实践探索. 高等工程教育研究, 2020(2): 25-30.  
Zheng QH. A study on the connotation of emerging engineering education and its practice. Res High Educ Eng, 2020(2): 25-30 (in Chinese).
- [9] 林健. 面向未来的中国新工科建设. 清华大学教育研究, 2017, 38(2): 26-35.  
Lin J. The construction of China's new engineering disciplines for the future. Tsinghua J Educ, 2017, 38(2): 26-35 (in Chinese).
- [10] 刘吉臻, 翟亚军, 荀振芳. 新工科和新工科建设的内涵解析——兼论行业特色型大学的新工科建设. 高等工程教育研究, 2019(3): 21-28.  
Liu JZ, Zhai YJ, Xun ZF. Analysis of the connotation of emerging engineering education and its construction. Res High Educ Eng, 2019(3): 21-28 (in Chinese).
- [11] 钟登华. 新工科建设的内涵与行动. 高等工程教育研究, 2017(3): 1-6.  
Zhong DH. Connotations and actions for establishing the emerging engineering education. Res High Educ Eng, 2017(3): 1-6 (in Chinese).
- [12] 顾佩华. 新工科与新范式: 概念、框架和实施路径. 高等工程教育研究, 2017(6): 1-13.  
Gu PH. The concept, framework and implement approaches of emerging engineering education(3E) and the new paradigm. Res High Educ Eng, 2017(6): 1-13 (in Chinese).
- [13] 孙晶, 毛伟伟, 李冲. 工程科技人才核心能力的解构与培育——基于布鲁姆教育目标分类视角. 高等工程教育研究, 2019(5): 97-102, 114.  
Sun J, Mao WW, Li C. Deconstruction and cultivation of core competences of engineering talents under the background of emerging engineering education—from the perspective of bloom's taxonomy of educational objectives. Res High Educ Eng, 2019(5): 97-102, 114 (in Chinese).
- [14] 王启要, 田锡炜, 夏建业, 等. 新工科教育背景下智能生物制造专业人才培养模式探索. 化工高等教育, 2021, 38(3): 32-35.  
Wang QY, Tian XW, Xia JY, et al. Exploration of the training model of intelligent bio-manufacturing professionals under the emerging engineering education background. High Educ Chem Eng, 2021, 38(3): 32-35 (in Chinese).
- [15] 王启要, 高淑红, 白云鹏, 等. 依托大学生创新实践平台, 培养生物工程专业学生的非技术能力. 化工高等教育, 2021, 38(5): 36-39, 87.

- Wang QY, Gao SH, Bai YP, et al. The cultivation of students' non-technical ability by relying on the innovative practice platform of bioengineering specialty. *High Educ Chem Eng*, 2021, 38(5): 36-39, 87 (in Chinese).
- [16] 李志义, 朱泓, 刘志军, 等. 用成果导向教育理念引导高等工程教育教学改革. *高等工程教育研究*, 2014(2): 29-34, 70.
- Li ZY, Zhu H, Liu ZJ, et al. Guiding the reform of higher engineering education with result-oriented educational ideas. *Res High Educ Eng*, 2014(2): 29-34, 70 (in Chinese).
- [17] 袁文杰, 徐丽, 姬芳玲, 等. 纳米抗体的筛选与制备虚拟仿真实验的建设与应用. *高校生物学教学研究(电子版)*, 2021, 11(3): 43-49.
- Yuan WJ, Xu L, Ji FL, et al. Construction and application of screening and preparation of nano antibody virtual simulation system. *Biol Teach Univ (Electron Ed)*, 2021, 11(3): 43-49 (in Chinese).
- [18] 刘田, 屈明博, 杨君. 面向新工科的酶工程教学创新与实践. *生命的化学*, 2020, 40(8): 1470-1474.
- Liu T, Qu MB, Yang J. Teaching innovation and practice of Enzyme Engineering for emerging engineering education. *Chem Life*, 2020, 40(8): 1470-1474 (in Chinese).
- [19] 袁文杰, 姬芳玲, 孜力汗, 等. 新工科形势下的生产实习与管理模式探索. *高校生物学教学研究(电子版)*, 2018, 8(6): 31-34.
- Yuan WJ, Ji FL, Zi LH, et al. Reform and exploration on production practice for bioengineering talent training. *Biol Teach Univ (Electron Ed)*, 2018, 8(6): 31-34 (in Chinese).
- [20] 王淼, 唐颖, 杨君, 等. “新工科”背景下以生物产业需求为导向的细胞工程实验课程教学改革. *高校生物学教学研究(电子版)*, 2021, 11(6): 44-49.
- Wang M, Tang Y, Yang J, et al. Teaching reform of cell engineering experiments course oriented by the demand of biological industry in the background of “new engineering”. *Biol Teach Univ (Electron Ed)*, 2021, 11(6): 44-49 (in Chinese).

(本文责编 陈宏宇)