

新质生产力视域下打造微生物制造产教融合人才培养模式的探索与实践

王浩绮¹, 刘兆星¹, 江凌^{*2}

1 南京工业大学 生物与制药工程学院, 江苏 南京 211816

2 南京工业大学 食品与轻工学院, 江苏 南京 211816

王浩绮, 刘兆星, 江凌. 新质生产力视域下打造微生物制造产教融合人才培养模式的探索与实践[J]. 微生物学通报, 2025, 52(5): 2359-2367.

WANG Haoqi, LIU Zhaoxing, JIANG Ling. Exploration and practice of building a talent training mode characterized by integration of production and education in microbial manufacturing from the perspective of new quality productive forces[J]. Microbiology China, 2025, 52(5): 2359-2367.

摘要: 培养卓越工程人才是我国实现新质生产力背景下高水平科技自立自强的关键。地方高校在微生物制造领域研究生卓越工程人才培养中多存在教育理念滞后、教学方法单一和实践平台不足等短板。南京工业大学生工学科群在微生物制造卓越工程人才培养中开展了一系列产教融合模式的探索与实践, 包括校企深度协同的培养方案制定与导师团队建设、新质生产技术导向的多学科交叉课程体系建设、产教融合与创新创业互促的研究生实践平台建设, 以及面向产业赋能的多元化人才培养质量保障和评价体系构建等, 为地方高校培养面向新质生产力的微生物制造卓越工程人才提供了有益的参考和借鉴。

关键词: 新质生产力; 微生物制造; 产教融合; 卓越工程人才培养

资助项目: 2023 年江苏省学位与研究生教育教学改革课题(JGKT23_C028); 2024 年度江苏省教育科学规划课题(B-a/2024/03)
This work was supported by the 2023 Jiangsu Province Degree and Graduate Education and Teaching Reform Project (JGKT23_C028) and the 2024 Jiangsu Province Education Science Planning Project (B-a/2024/03).

*Corresponding author. E-mail: jiangling@njtech.edu.cn

Received: 2024-08-09; Accepted: 2025-02-24; Published online: 2025-03-15

Exploration and practice of building a talent training mode characterized by integration of production and education in microbial manufacturing from the perspective of new quality productive forces

WANG Haoqi¹, LIU Zhaoxing¹, JIANG Ling^{*2}

1 College of Biotechnology and Pharmaceutical Engineering, Nanjing Tech University, Nanjing 211816, Jiangsu, China

2 College of Food Science and Light Industry, Nanjing Tech University, Nanjing 211816, Jiangsu, China

Abstract: Training excellent engineering talents is the key to achieving high-level scientific and technological self-reliance and self-improvement under the background of developing new quality productive forces in China. Shortcomings exist in the training of excellent engineering talents for postgraduates in the field of microbial manufacturing in local universities, including lagging educational philosophy, single teaching method, and insufficient practice platform. Nanjing Tech University has carried out exploration and practice of building a mode characterized by integration of production and education for the training of excellent engineering talents in microbial manufacturing. The specific measures include formulating training programs and developing supervisor teams by deep cooperation between universities and enterprises, developing an interdisciplinary curriculum system oriented to new quality production technology, constructing a postgraduate practice platform characterized by the integration of production and education and the mutual promotion of innovation and entrepreneurship, and building a quality assurance and evaluation system for diversified talent training oriented to industrial empowerment. These measures provide reference for local universities to train excellent engineering talents in microbial manufacturing oriented to new quality productive forces.

Keywords: new quality productive forces; microbial manufacturing; integration of production and education; training of excellent engineering talents

“新质生产力”是我国推动产业向高端化、智能化、绿色化转型，实现经济可持续发展的必然选择。新质生产力强调以颠覆性技术和前沿技术为引领，推动产业创新^[1]。对标高等教育工作，培养孕育新质生产力发展的卓越工程人才已成为当前我国实现高水平科技自立自强的“教育、科技、人才”一体化改革重点，特别是在合成生物学、绿色生物制造、AI 指导蛋白质设计等新质生产力发展的关键核心技术领域，进一步强化产教融合、科教融汇与专创融通，将新质生产力技术体系和新方法论根植于微生物学等学

科专业人才培养过程中，培养一批新质生产力亟需的卓越工程人才，创造更有价值的教学科研产出。

近年来，国内各大高校围绕国家重大需求领域建设了以卓越工程师学院、未来技术学院、现代产业学院等为代表的一系列高层次工程科技后备人才培养载体^[2]，在产教融合与校企协同的探索中有组织地建立了优势互补的体制机制与互惠共赢的合作范式^[3]。本文基于新质生产力视域下卓越工程人才的培养理念与目标，聚焦未来微生物制造领域卓越工程师的自主培

养路径,以南京工业大学围绕生物制造产业构建研究生产教融合体系为例,以期为地方高校培养面向新质生产力的微生物制造卓越工程人才提供参考。

1 新质生产力视域下微生物制造卓越工程人才培养的思考

“新质生产力”是指以创新为核心驱动力,通过新技术、新模式、新业态,实现更高效率、更高质量、更可持续的生产方式和经济增长模式^[4]。微生物制造作为利用生物体机能进行物质加工与合成的绿色生产方式,是我国2024年所提出的发展新质生产力的重点产业之一,有望在能源、化工和医药等领域改变世界工业制造格局。近年来,我国微生物制造底层技术与关键核心技术研发不断取得突破,有望彻底变革未来物质加工和生产模式,推动化工、医药、材料、轻工等重要工业产品制造向绿色低碳、无毒低毒、可持续发展模式转型,促进产业迈向价值链中高端^[5]。受《生物制造法案》^[6]等对中国的技术壁垒和国际环境影响,我国生物制造关键原材料及设备的国产替代仍面临“卡脖子”风险,而以绿色生物制造和合成生物制造为代表的前沿技术加速引领“健康中国”“双碳”目标等国家需求,为我国人民生命健康、资源能源安全等重大挑战提供了崭新的解决方案^[7]。为实现我国生物制造产业的高水平科技自立自强,亟需扩大培养具有生物制造领域绿色化、智能化与高端化创新能力与实践经验的层次工程人才,这为微生物制造卓越工程人才培养的学科交叉背景与工程实践经验提出了新的要求。

1.1 聚焦知识生产,建立面向未来的创新课程体系

新质生产力生成的关键涉及抽象概念、精细理论和先进技术,特别是以合成生物制造、生成式人工智能(artificial intelligence generated content, AIGC)等为代表的高深知识生产的难度

和成本将持续增加。面对快速变化的技术环境,微生物制造卓越工程师培养更需要与时俱进确保教育内容与最新工业需求同步,培养学生快速适应新技术、新工具的能力,在课程内容中引入前沿技术和行业案例,保持教育内容的时效性。同时,在多学科交叉日益频繁的背景下,有效整合资源设计跨学科课程,鼓励学生探索不同领域的知识和技能,培养学生的跨学科思维和能力。如针对合成生物学领域的快速发展,在课程体系中随时进行知识更新,补充工业底盘细胞的选择、基因线路设计、合成生物系统的组装与优化、无细胞合成生物系统等内容^[8]。

1.2 整合技术元素,建立面向个体的定制学习路径

技术元素的整合是新质生产力影响生产方式和社会经济结构的主要引擎,也是当前卓越工程人才培养的新挑战。面对不同研究生个性化的学习需求,更需要平衡标准化教育与个性化发展之间的关系,完善多元化的教学资源建设,为学生提供定制化的学习路径。高校应通过深化产教融合,构建更加有效的教育与产业无缝对接合作机制,迭代升级研究生工作站等实践平台建设,提供丰富的校企联合培养项目,确保学生能够在实际工作环境中学习和成长。同时,探索利用大数据、人工智能和虚拟现实等技术,建设面向高端微生物制造的智慧教育及虚拟仿真平台,提供沉浸式学习体验^[9]。

1.3 赋能产业突破,建立面向“0-1-N”的育人模式革新

新质生产力发展背景下的产业技术突破将对现有生产模式和市场结构产生根本性重塑,特别是在产业周期与经济周期的叠加影响下,将对各行业的发展瓶颈产生深远影响^[10]。高等教育作为政府和社会“永不退出的价值投资”,更应按照区域经济需求改革新型育人模式与学科集群,通过构建校企协同创新与激励机制促进技术要素流动与整合。因而,让学生在解决微生物制造产业技术突破的实际问题中学习,

通过项目驱动学习提高学习效率和质量,将成为未来新质生产力赋能人才创新培养的重要一环。这要求微生物制造卓越工程人才培养要建立多元化的评价体系,如不仅要评价研究生的学术成绩,还要关注其创新能力、团队协作等软技能,并持续跟踪评估,确保教育质量与新质生产力发展的动态与时俱进。

2 地方高校微生物学制造领域研究生培养的短板和挑战

2.1 教育理念亟待与时俱进,从传统模式向新质教育观念转变

近年来,国内地方高校在微生物学制造人才培养领域的科教融汇和产教融合方面取得了一定的成就,但面对区域新质生产力的发展需求,教育理念还是存在一定的滞后性。传统教育模式更侧重于知识传授和论文撰写,并不能适应未来合成生物制造与绿色生物制造产业环境对人才的需求。从卓越工程人才培养的视角看,多数地方高校在人才培养过程中并不能及时反映合成生物学与通用智能领域的核心技术发展及行业最新趋势,导致学生所学知识与实际应用之间存在脱节。同时,新质生产力更强调终身学习的重要性,特别是以合成生物学为代表的未来产业领域源于包括微生物学在内的多个独立学科,涉及的教学内容和需要整合的概念非常广泛和多样化,学生如果仅仅在单一学科内接受教育,将可能限制跨学科发展的机会^[11]。

2.2 教学方法亟待多元拓展,增强教育的实践性和智能化

当前,微生物学产业发展的技术革新相较于地方高校实验教学平台往往较为超前,高校对新质知识的教学仍主要依赖于课堂讲授和专家讲座,缺乏足够的讨论和互动环节。大多数学生面对智能化、绿色化和高端化的微生物学产业发展实际问题,往往缺少参与真实项目实践的机会。新质生产力更强调理论知识与实践技能的结合,更需要高校通过引入项目式学习、

问题导向学习等教学方法,培养学生的创新能力和团队协作能力。同时,AIGC 等技术的快速发展也给现有研究生课程建设带来新的机遇和挑战,亟待高校利用 DeepSeek 平台、AlphaFold 系列模型等拓展在线学习载体及教学模拟软件,培养学生综合运用智能化的多学科知识解决复杂问题的能力^[12]。

2.3 实践平台亟须加强建设,构建迭代升级的产教融合环境

近年来,高校在国家“新工科”“新农科”及卓越工程师计划等政策的引导下,微生物学科领域产教融合实践平台建设取得长足进展,但面对新质生产力背景下的高端教育需求,地方高校在研究生培养的设施和技术方面较头部高校仍存在一定差距,受学科建设资源所限,往往缺少先进的自动化与智能化实验设备,难以支撑高端的科研和教学活动,缺少参与到合成生物前沿领域企业的核心技术合作,更难以给学生提供生物制造、大健康和农业环境等多元化的产业实践机会。特别是微生物制造领域的研究生培养更强调让学生参与到真实的研发过程中,因而,地方高校亟待通过发展更深层次的校企合作关系,让研究生更深入地学习和实践现代微生物制造企业的技术需求和产业革新^[13]。

3 南京工业大学微生物制造卓越工程人才培养的实践探索

南京工业大学作为国内微生物制造领域人才培养和学科建设成效较为显著的地方高校,在 40 年的发展历程中秉承我国生物制造领域“忠诚精实”的治学理念兴学育人,拥有国家生化工程技术研究中心、国家江苏先进生物与化学制造协同创新中心、国家生物化学工程实验教学示范中心、江苏省合成生物基础研究中心等国家和省部级学科平台,已成为支撑江苏省生物经济高质量发展的重要区域创新策源地,近年来培养了数位微生物制造领域优秀科学家

及众多产业企业掌舵者,以新质生产力为导向,前瞻建立了赋能微生物制造卓越工程人才培养的科产教融合体系。学校于 2009 年成立了生工学科群,由生物与制药工程学院、药学院、食品与轻工学院等二级学院共同建设,形成了以江苏省首个生物工程一级学科博士点为引领,涵盖生物与医药专业学位博士点、生物学一级学科、药学一级学科、食品科学与工程一级学科等在内的多学科交叉发展生态(表 1)。近年来,学科群通过联合微生物制造相关行业的龙头企业建设新型研发机构联合体,制定产业导向的培养方案,建立校内外协同的实习实训基地和项目学习模式,持续打造产教融合的未来微生物制造研究生培养体系。

3.1 校企深度协同的培养方案制定与导师团队建设

学科群始终聚焦产业技术革新,在微生物制造领域各学科领域研究生培养方案的制定过程中,紧密围绕“绿色中国”“健康中国”“美丽中国”等国家重大需求与区域产业需求,通过广泛征集微生物制造产业龙头企业的人才培养需求,识别产业关键技术和创新点,不断深化各学科领域研究生培养方案的课程设置及论文质量评价体系,校企共同制定培养目标、教学环节和培养标准,确保培养出的卓越工程人才符合企业要求。在保证各学科专业国务院学位委员会学科评议组及专业学位研究生教育指导委员会“核心课程指南”中课程设置的基础上,全方位引入学科群所建设的 12 个研究生工作站,由校聘产业教授与行业专家共同参与案例课程教学与教学环节设计,确保培养方案与产业需求的有效衔接。

例如,学科群与南京先进生物材料与过程装备研究院联合开设的“生物基高分子材料与微化工制造”卓越工程师培养项目,以微化工制造生物基聚氨酯、合成生物制造聚氨基酸等为教学案例,让学生直接深入企业研发项目中探索性学习,有效提高了研究生的产业视角和创

新思维。学生在课程中不仅要学习微生物合成生物基材料单体及高分子聚合物的理论知识与创新方法,还有机会参与由企业提供的新型生物基材料开发项目,通过与校内导师和企业导师讨论项目进展和遇到的问题,更深入地了解先进生物基材料生产的全过程。

学科群有组织地强化校企双方导师团队共建,明确各自职责,建立了常态化的合作机制及导师能力提升培训体系,并提供政策保障和激励措施。通过直接从企业聘任高级工程师、鼓励青年教师挂职企业科技副总等举措,引育并举实现专任教师与企业导师高度互融互促,共同指导研究生开展“产学研”一体化项目。经过多年实践,学科群培养了一支以院士为核心、国家高层次人才为中坚、在学界和行业内有重要影响力的产教融合型师资队伍,“十三五”以来 10 余位专任教师和企业导师入选国家高层次人才项目。

3.2 新质生产技术导向的多学科交叉课程体系建设

学科群始终聚焦新质生产力背景下的知识生产逻辑,构建了“学科基础-科教融汇-产教融合”贯通的微生物制造领域研究生多学科交叉课程体系,涵盖“+绿色”“+安全”“+健康”“+智能”等模块化项目课程(表 2),强调课程的交融性、综合化和挑战性,实现课程教学与行业标准的对接、教学过程与生产实际的对接。例如,“+绿色”模块专注于“绿色中国”“美丽中国”国家重大需求背景下的环境微生物技术及碳中和生物技术,而“+智能”模块则侧重指导研究生掌握生物信息学和人工智能在生物制造中的应用,相关专业研究生可根据各自的研究方向和兴趣选择相关模块进行学习。课程实施采用项目驱动学习法,根据导师团队的企业需求和项目需要,让学生在解决实际问题的过程中学习和应用知识,多维度培养微生物学等学科专业研究生的工程素养、国际视野和持续学习能力。

表 1 南京工业大学生工学科群学位点设置情况

Table 1 Degree program settings of the biological engineering discipline cluster at Nanjing Tech University

一级学科	学位点类型	学科方向或专业领域
Primary discipline	Degree type	Discipline direction or professional field
生物工程 Biological engineering	一级学科博士点 Primary discipline doctoral degree	合成生物技术与系统生物工程、生物催化与转化工程、生物高分子材料工程、制药与食品生物工程、生物资源与环境工程、生物检测技术与安全评价 Synthetic biotechnology and systems bioengineering, biocatalysis and transformation engineering, biopolymer materials engineering, pharmaceutical and food bioengineering, bioresources and environmental engineering, bio-detection technology and safety evaluation
生物与医药 Biology and pharmacy	专业学位博士点 Professional doctoral degree	生物技术与工程、绿色制造过程与装备、制药工程、食品工程 Biotechnology and engineering, green manufacturing processes and equipment, pharmaceutical engineering, food engineering
生物学 Biology	一级学科硕士点 Primary discipline master's degree	生物化学与分子生物学、微生物学、合成生物学与系统生物学、生物资源与生物材料学 Biochemistry and molecular biology, microbiology, synthetic biology and systems biology, bioresources and biomaterials science
食品科学与工程 Food science and engineering	一级学科硕士点 Primary discipline master's degree	食品科学、食品安全、农产品加工及贮藏工程、食品营养、功能食品 Food science, food safety, postharvest processing and storage engineering of agricultural products, food nutrition, functional foods
药学 Pharmacy	一级学科硕士点 Primary discipline master's degree	生物制药与生化药学、天然产物及创新中药、药理及毒理学研究、药物制剂与生物材料、化学新药设计与合成 Biopharmaceuticals and biochemical pharmacy, natural products and innovative traditional Chinese medicine, pharmacology and toxicology research, drug formulation and biomaterials, design and synthesis of chemical new drugs
药学 Pharmacy	专业学位硕士点 Professional master's degree	工业药学、管理药学 Industrial pharmacy, management pharmacy
化学工程与技术 Chemical engineering and technology	一级学科博士点 Primary discipline doctoral degree	生物化工、制药工程与技术 Biochemical engineering, pharmaceutical engineering and technology
材料与化工 Materials and chemical engineering	专业学位博士点 Professional doctoral degree	轻工技术与工程 Light industry technology and engineering
智能科学与技术 Intelligent science and technology	一级学科硕士点 Primary discipline master's degree	智能生物制造与智能药物设计, 生物信息学与化学信息学 Intelligent biomanufacturing and intelligent drug design, bioinformatics and cheminformatics

例如, 在“碳中和生物技术与生物炼制”课程中, 课程主讲团队依托牵头的我国和欧洲 14 个优势科研机构组成联盟的 MIX-UP 项目^[14], 组织学生设计以“降塑再造”为核心理念的废塑料生物炼制体系, 以实现碳足迹的最小化^[15]。项目驱动学习不仅涵盖环境微生物技术相关基础

知识, 还涉及碳中和数据分析及机器学习技术等, 参与该项目式学习的研究生可结合所开展研究课题的方法学背景, 以某个具体生物炼制过程的关键酶或微生物细胞工厂的设计、测试和优化为对象开展项目驱动学习, 不仅提升了科研能力, 还锻炼了解决跨学科问题的能力。

表 2 面向新质生产力的微生物制造模块化课程体系

Table 2 Modular curriculum system of microbial manufacturing for new productivity

课程模块 Course module	课程名称 Course name	学分 Credits	学时 Teaching hours	教学方法与实践环节 Teaching methods and practice links
+绿色 +Green	微生态与环境生物技术 Microecology and Environmental Biotechnology	1	16	案例分析、小组讨论；实验室操作、现场考察
	碳中和生物技术与生物炼制 Carbon Neutralizing Biotechnology and Biorefinery	1	16	Case analysis, group discussion; laboratory operation, field investigation
	绿色生物催化与过程强化 Green Biocatalysis and Process Intensification	1	16	
+安全 +Security	生物过程工程 Bioprocess Engineering	1	16	项目驱动、模拟仿真；生产流程模拟、设备操作
	生物反应工程与反应器分析 Bioreaction Engineering and Reactor Analysis	1	16	Project-driven, simulation; production process
	药品生产质量管理工程 Pharmaceutical Production Quality Management Project	1	16	simulation, equipment operation
+健康 +Health	生物医学工程与转化研究 Biomedical Engineering and Transformation Research	1	16	研究性学习、学术报告；参与产品开发、数据分析
	现代工业与医药生物技术 Modern Industry and Pharmaceutical Biotechnology	1	16	Research study, academic report; participate in product development, data analysis
	新药创制案例分析 Case Analysis of New Drug Discovery	1	16	
+智能 +Intelligence	生物信息学技术与生物大数据应用 Bioinformatics Technology and Biological Big Data Applications	1	16	计算模拟、设计竞赛；参与算法开发、软件应用
	系统生物学与合成生物学导论 Introduction to Systems Biology and Synthetic Biology	1	16	Computational simulation, design competition; participate in algorithm
	人工智能与蛋白质设计 Artificial Intelligence and Protein Design	1	16	development and software application

3.3 产教融合与创新创业互促的研究生实践平台建设

作为以创业型大学为发展定位的南京工业大学，工程实践与创新创业与研究生学位论文指导紧密相关。基于学校发展特色，学科群以“基础研究-过程集成-工程化”为培养逻辑，以学科群建设的国家生化工程技术研究中心和国家协同创新中心为主体，联合江苏省产业技术研究院新型研发机构建设，打造了面向未来生物制造的研究生产教融合实践平台。该平台围绕微生物制造的上游、中游和下游技术创新集成，形成了一碳生物化工创新发展、化学品绿色生物合成、农业产品车间生物制造、大宗发酵产

业迭代升级等多个系列的微生物制造场景实践平台及研究生科创传承团队，在实现校企资源共享的同时促进科研成果转化为教学内容。通过新型研发机构的实体运作，实现校企共同指导研究生在企业进行工程实践和科研训练，确保活动与企业实际工程紧密结合，提升学生的工程实践能力和技术创新能力。

在平台开展实践的研究生在完成项目的过程中，会深入研究一个具体的工程技术问题，这通常也将作为他们学位论文的研究主题。例如，在“一碳生物化工创新发展”项目团队中，每届研究生需要设计或挖掘不同来源的微生物代谢途径或关键酶，以提高甲醇、CO₂ 等一碳化合

物的生物转化效率,并进一步生物合成各种氨基酸、脂肪酸、核苷酸及天然产物等目的产物,进而形成体系化的研究生学位论文课题库和项目源。该项目团队制的建设及传承,通过一人一策把研究生的培养过程转化为分析解决产业真问题的过程,实现面向生物制造企业实际的真题真做,切实解决理工科人才培养与实践脱节的问题。通过多年来的项目实施,不仅锻炼了研究生的微生物代谢工程思维,也为他们拓展了学位论文的研究方向。

同时,学科群积极发挥学校国家大学科技园、国家创新创业学院、国家现代产业学院等基地资源优势,形成了多元化的微生物制造研究生培养矩阵。依托相关平台建设,“十三五”以来,师生团队产出了国际先进水平的核苷酸与脂肪酸生物制造等5项国家科技成果奖励,指导研究生获国际基因工程机器大赛金奖、“互联网+”金奖等国内外学生竞赛奖励20余项,获江苏省优秀研究生论文12篇,实现学生重点参与百万级重大项目科技成果转化20余项,历届研究生展现出卓越的人才竞争力和行业发展潜力,承办江苏省研究生教育指导委员会主办的绿色生物与化学制造、生物与医药科产教融合等多个主题的研究生学术创新论坛。

3.4 面向产业赋能的多元化人才培养质量保障和评价体系

面向产业急需与企业发展是衡量和提升新质生产力视域下研究生教育质量的重要方面。学科群根据“科教融汇,产教融合,专创融通”的微生物制造研究生培养目标,完善建立了“招生-课程-标准-实践-评价”等关键环节一体化的学位发展质量保障体系。在生源质量环节,紧扣未来生物制造产业和企业需求,注重学生微生物学领域实践经验、工程背景及创新潜质的选拔。在培养质量环节,动态研判行业需求和发展趋势,及时调整研究生培养方案,全程监督课程教学与专业实践。在学位质量环节,建立了涵盖高水平学术论文、专利、专著、科研

奖励、行业标准、学科竞赛、智库成果等在内的多维度“积分制”评价体系,例如,每个研究生可根据各自研究课题自由选择学术期刊上发表论文、或申请发明专利、或参加各类学科竞赛,并参与导师主持的科研项目等,已获得相应的积分即可申请学位。在发展质量环节,将工程综合素养的拓展贯穿培养全过程,全面提升学生的思政素养、学科创新、工匠精神和管理能力,为研究生终身持续学习与未来发展提供有力支撑。

4 结语

发展新质生产力既是面向国家重大需求培养高层次卓越工程人才的重要方向,也是高等教育赋能教育、科技、人才一体化发展的根本遵循。面向微生物制造卓越工程师的自主培养,南京工业大学生工学科群也将进一步聚焦未来合成生物制造与绿色生物制造产业链发展,以新质生产力为导向驱动微生物学制造相关学科领域的培养目标和方案制定、导师队伍与课程体系建设、工程实践创新活动与学位论文指导等研究生培养路径,持续开展产教融合平台升级建设,为培养面向未来新质生产力的微生物制造卓越工程科技人才提供新的示范。

作者贡献声明

王浩绮:文章构思与主体内容撰写;刘兆星:数据整理与教学案例撰写;江凌:文章框架设计与修改。

作者利益冲突公开声明

作者声明绝无任何可能会影响本文所报告工作的已知经济利益或个人关系。

REFERENCES

- [1] 唐晓峰,陈向东.新质人才培养:高校微生物学教学的新航标[J].微生物学通报,2024,51(4):1051-1054. TANG XF, CHEN XD. Cultivating novel-quality talents: new direction of Microbiology teaching in universities[J]. Microbiology China, 2024, 51(4): 1051-1054 (in Chinese).

- [2] 胡德鑫, 逢丹丹, 顾佩华. 面向卓越工程师培养的现代产业学院高质量发展: 目标、策略与路径[J]. 中国高教研究, 2023(12): 16-23, 78.
HU DX, PANG DD, GU PH. High-quality development of modern industrial colleges for cultivating excellent engineers: objectives, strategies, and paths[J]. China Higher Education Research, 2023(12): 16-23, 78 (in Chinese).
- [3] 林健. 国家卓越工程师学院建设: 校企全方位深度合作培养高层次卓越工程师[J]. 高等工程教育研究, 2023(5): 7-17.
LIN J. Construction of the national institute of outstanding engineers: university-enterprise all-round in-depth cooperation to cultivate high-level outstanding engineers[J]. Research in Higher Education of Engineering, 2023(5): 7-17 (in Chinese).
- [4] 元英进. 促进绿色生物制造高质量发展, 培育新质生产力[J]. 研究与发展管理, 2024, 36(4): 5-7.
YUAN YJ. Promote the high-quality development of green biomanufacturing and cultivate new quality productivity[J]. R&D Management, 2024, 36(4): 5-7 (in Chinese).
- [5] 马延和. 生物制造产业是生物经济重点发展方向[J]. 中国生物工程杂志, 2022, 42(5): 4-5.
MA YH. Bio-manufacturing industry is the key development direction of bio-economy[J]. China Biotechnology, 2022, 42(5): 4-5 (in Chinese).
- [6] BIDEN JR Jr. Executive order 14081-advancing biotechnology and biomanufacturing innovation for a sustainable, safe, and secure American bioeconomy September 12, 2022[J]. Daily Compilation of Presidential Documents, 2022: 1-12.
- [7] 谭天伟. 生物制造助力加快培育新质生产力[J]. 人民论坛·学术前沿, 2024(16): 5-12.
TAN TW. Accelerate the cultivation of new quality productive forces with bio-manufacturing[J]. Frontiers, 2024(16): 5-12 (in Chinese).
- [8] 徐国强, 余世琴, 周景文. 具有发酵工程学科特色的合成生物学研究生教学改革[J]. 生物工程学报, 2024, 40(6): 1963-1971.
XU GQ, YU SQ, ZHOU JW. Graduate teaching reform on synthetic biology featuring the discipline of fermentation engineering[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2024, 40(6): 1963-1971 (in Chinese).
- [9] 都浩. 农业合成生物学研究生课程内容体系建设[J]. 生物工程学报, 2024, 40(4): 1251-1260.
DU H. Development the Agricultural Synthesis Biology course for postgraduates[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2024, 40(4): 1251-1260 (in Chinese).
- [10] 廖伟伟. 论新质生产力的生成: 高深知识生产、技术元素整合与产业技术突破[J]. 重庆高教研究, 2024, 12(2): 75-86.
LIAO WW. On the generation of new productive forces: advanced knowledge production, integration of technological elements and industrial technology breakthroughs[J]. Chongqing Higher Education Research, 2024, 12(2): 75-86 (in Chinese).
- [11] KARIM AS, BROWN DM, ARCHULETA CM, GRANNAN S, ARISTILDE L, GOYAL Y, LEONARD JN, MANGAN NM, PRINDLE A, ROCKLIN GJ, TYO KJ, ZOLOTH L, JEWETT MC, CALKINS S, KAMAT NP, TULLMAN-ERCEK D, LUCKS JB. Deconstructing synthetic biology across scales: a conceptual approach for training synthetic biologists[J]. Nature Communications, 2024, 15(1): 5425.
- [12] 李培根. AI应用对工程技术认知的启示[J]. 高等工程教育研究, 2024(6): 1-5, 15.
LI PG. The enlightenment of AI applications on engineering and technical cognition[J]. Research in Higher Education of Engineering, 2024(6): 1-5, 15 (in Chinese).
- [13] 李文涛, 张帆, 江凌, 高振. 生物工程专业校企协同人才培养模式的创新与实践[J]. 生物工程学报, 2023, 39(11): 4730-4741.
LI WT, ZHANG F, JIANG L, GAO Z. Fostering talents in biotechnology major through the university-enterprise collaborative training mode[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2023, 39(11): 4730-4741 (in Chinese).
- [14] 周杰, 苏海佳, 吴琼, 邢建民, 董维亮, 姜岷. 中欧组织间合作研究项目 MIX-UP 助力实现“碳中和”[J]. 生物工程学报, 2021, 37(10): 3414-3424.
ZHOU J, SU HJ, WU Q, XING JM, DONG WL, JIANG M. MIXed plastics biodegradation and UPcycling using microbial communities: the NSFC-EU 2019 project MIX-UP to help achieve “carbon neutrality”[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2021, 37(10): 3414-3424 (in Chinese).
- [15] SUBRAMANIAN M. Plastics tsunami: Can a landmark treaty stop waste from choking the oceans?[J]. Nature, 2022, 611(7937): 650-653.