

• 高校生物学教学 •

生物工程专业校企协同人才培养模式的创新与实践

李文涛¹, 张帆¹, 江凌^{2,3}, 高振^{4*}

1 南京工业大学政策研究与规划处, 江苏 南京 211816

2 南京工业大学学科建设处, 江苏 南京 211816

3 南京工业大学食品与轻工学院, 江苏 南京 211816

4 南京工业大学生物与制药工程学院, 江苏 南京 211816

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 Wentao, ZHANG Fan, JIANG Ling, GAO Zhen. Fostering talents in biotechnology major through the university-enterprise collaborative training mode[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2023, 39(11): 4730-4741.

摘 要: 伴随着我国生物工程相关行业的高质量发展, 与之相关的人才需求及培养质量也受到广泛关注。为解决高校生物工程专业人才培养工作未能紧密契合行业企业所需等方面的不足, 切实发挥专业特色, 有效深化校企合作, 促使专业建设与产业发展相适应, 南京多所高校生物工程专业围绕培养“品行正、学习好、能力强”人才, 立足学科比较优势, 大力推行并持续优化校企协同人才培养模式, 突出科产教融合, 注重创新教育教学方法、提质工程实践教育。前期育人成效表明, 该模式提升了学生的工程实践能力和综合素养, 得到了用人单位和学生等的认可。

关键词: 生物工程专业; 人才培养; 校企协同; 教学改革; 实践创新

Fostering talents in biotechnology major through the university-enterprise collaborative training mode

LI Wentao¹, ZHANG Fan¹, JIANG Ling^{2,3}, GAO Zhen^{4*}

1 Office of Policy Research and Planning, Nanjing Tech University, Nanjing 211816, Jiangsu, China

2 Office of Discipline Construction, Nanjing Tech University, Nanjing 211816, Jiangsu, China

3 School of Food and Light Industry, Nanjing Tech University, Nanjing 211816, Jiangsu, China

4 School of Biotechnology and Pharmaceutical Engineering, Nanjing Tech University, Nanjing 211816, Jiangsu, China

Abstract: With the high-quality development of biotechnology-related industries in China, the demand for talents and training quality in this field have received extensive attention. Several

资助项目: 国家自然科学基金优秀青年基金(31922070)

This work was supported by the National Natural Science Foundation of China for Excellent Young Scholars (31922070).

*Corresponding author. Tel: +86-25-58139907, E-mail: gaozhen@njtech.edu.cn

Received: 2023-02-16; Accepted: 2023-07-11; Published online: 2023-07-17

universities in Nanjing have conducted in-depth analysis on the shortcomings of talent training that does not closely match the needs of industries and enterprises. These universities have since effectively leveraged its professional characteristics, deepened university-enterprise cooperation, and encouraged the alignment of professional development with industrial growth. Biotechnology major has always focused on nurturing individuals with “right conduct, good learning, and strong ability”, and capitalized on its comparative disciplinary advantages. These universities vigorously promoted and continuously optimized the model of university-enterprise collaborative training, highlighted the integration of science, industry and education, focused on innovative education teaching methods, as well as practical engineering practice to enhance its quality. The preliminary training results show that this model has promoted students’ engineering practical abilities and comprehensive qualities, garnering recognition from employers and students alike.

Keywords: biotechnology major; talent training; university-enterprise collaborative training; reform in education; creative practice ability

当前,世界正面临着百年未有之大变局,新一轮科技革命和产业革命加速演进,深刻地改变着世界格局。作为“发展科技第一生产力、培养人才第一资源、增强创新第一动力”的结合地,高等教育必将发挥空前重要的角色。广大高校应乘势而上,以科产教融合赋能本科教育,努力成为地方创新驱动的策源地,打造高质量人才培养高地。

《“新工科”建设复旦共识》提出,深化科产教融合、校企合作、协同育人,增强学生的就业创业能力,培养大批具有较强行业背景知识、较高工程实践能力、胜任行业发展需求的应用型和技术技能型人才^[1]。《“新工科”建设行动路线(“天大行动”》提出,汇聚行业部门、科研院所、企业优势资源,完善科教结合、产学研融合、校企合作的协同育人模式,建设教育、培训、研发一体的共享型协同育人实践平台^[2]。《新工科建设指南(“北京指南”》提出,建立多层次、多领域的校企联盟,深入推进产学研合作办学、合作育人、合作就业和合作发展,实现合作共赢^[3]。《中国教育现代化 2035》也提出,支持行业企业参与人才培养全过程^[4]。校企协同育人将理论学习内容与企业的生产实践深度融合^[5],有利于充分发

挥企业、高校的各自优势,将以高校为单一育人主体的模式扩展为高校与行业企业有机结合的模式,是高校满足行业企业对人才需求的有效途径。

生物工程是当代高新技术的前沿领域之一,是生命科学通向应用领域的桥梁。经多年发展,我国的生物工程产业已奠定了良好基础,生物科技水平持续提高,产业化进程稳步加快。得益于国家政策的支持,生物工程产业已成为我国战略性新兴产业的关键一环,生物工程产业的发展前景极其广阔。

生物工程产业的高质量发展离不开高水平的人才,面对激烈的国际市场竞争,唯有加快培育一批面向工程应用的行业领军人才,才能增强我国生物工程产业的国际市场竞争能力,从而提高产业的全球话语权。为了满足产业对高水平人才的需求,我国高校结合产业发展需要和行业人才特质,与生物工程行业企业紧密协同,深化协同育人模式,培养创新创业人才。

1 问题:生物工程专业人才培养有待改进之处

基于笔者于2021年3月至2023年1月期间,对所在高校的长期观察以及对3所在宁高校的

生物工程专业负责人进行的访谈,探讨分析当前生物工程专业人才培养面临的问题,深入了解该专业建设的改革措施。经调研发现,该专业存在教育链与产业链衔接不够紧密等问题,培养方案与培养过程暴露出一些不足。

1.1 人才培养目标聚焦度需要提高

生物工程专业具有行业企业实践经历的优秀师资曾一度紧缺,个别教师在培养过程中对生物工程专业人才在基础知识、实践能力和素质修养等方面的要求与其他专业趋同,人才培养基本特征“同质化”,曾陷入以培养理论型人才的方式来培养工程技术人才的不当模式^[6]。具体体现在,过分关注理论学习,对工程实践能力培养相关课程的重视不足;过分关注知识的传承,创新创业等能力训练环节有缺失;过分关注专业素质的塑造,利于培养综合素质的举措不够多元。这些因素致使专业自身的特色未能得到体现,学生个性化的培养诉求未能得到实现,行业企业的实际人才需求未能得到满足。

1.2 企业协同育人参与度需要提高

一段时间内,高校校内实践教学平台不能完全满足教学需求,与企业合作设立的校外实习实训基地因合作机制不完善等原因导致利用率不高。企业出于安全生产、工序流程规范化、知识产权保护等方面的考虑,对接收学生开展实习实训有一定的顾虑,客观上制约了产教深度融合、校企协同育人机制建设。例如,学校虽然与一些行业龙头企业达成了合作协议,但是企业融入协同育人的积极性比较有限,人才培养的合作停留在“一事一议”的状态,深入的“共建”、充分的“共享”、长效的“双赢”互动机制未能得到巩固和拓展。

1.3 教育教学方案适切度需要提高

对笔者所在学校两个年级 103 名生物工程专业学生的学情调查显示,早前的专业培养方

案,若干专业课程之间的内容衔接不够紧密,开设的实践类课程数量有限,仍然存在“满堂灌”教学模式,部分学业优异的学生表示在教学过程中仍处被动地位^[7]。虽然对实践教学计划安排、实训教学方法优化、校企合作共建课程考核评价等环节的质量监控在形式上已实现全覆盖,但持续改进机制有待健全。另据合作企业反馈,课程内容设置与行业标准有一定的差距,实践教学过程设计与实际生产运行未全面融合。尤其是部分具有较强应用性的课程,前沿性产业技术与理论教学融合不畅,体现知识综合运用课程的质量有待提升。

2 举措:校企协同人才培养模式构建与特色举措

“十三五”以来,笔者所在学校的生物工程专业积极完善人才培养体系,以行业急需紧缺人才培养为中心,聚焦国家战略需要、学校发展目标、学科专业基础和资源集聚途径,合理确定专业建设定位和人才培养路径,重视发展性评价和动态管理,聚力培养一批扎根中国大地,既善于发现科学问题又善于解决科学问题,深蕴工科气质的生物工程行业人才。专业瞄准培养目标、课程体系、教学内容和评价机制,构建了富有特色的校企协同育人模式,培养“品行正、学习好、能力强”的高水平人才。

2.1 厘清培养目标

为掌握我国生物工程专业人才的培养现状以及相关产业发展对人才的需求,本校生物与制药工程学院、食品与轻工学院、药学院联合组织专班对政府部门、兄弟高校、科研机构、行业企业及校友开展调研,发现当前生物工程专业的培养目标不够合理,学生的实践创新等能力不能够完全胜任生物工程领域的生产、研发的职业

要求。而校企协同育人已成为培养高水平创新创业复合型人才的有效途径。基于综合分析,笔者所在学校将生物工程专业的人才培养目标确定为:(1) 能够掌握生物工程的理论和技能,胜任行业领域内的设计、生产、管理、研究和开发等工作。(2) 能够适应生物工程的技术发展,具备融会化学等基础知识和化工等专业知识,能够为生物工程产业领域的产品研发、工艺设计、设备选型及产品质量控制等提出建议。(3) 能够跟踪生物工程的理论前沿、行业动态、产业发展,运用现代技术,进行初步的研发和实践。(4) 初步具备领导团队所需的组织管理能力。(5) 具有一定的国际视野,能够适时拓展自身能力,主动适应国内外行业发展和职业环境。

2.2 优化课程体系

紧跟产业升级步伐,按照专业认证标准推动教学体系综合改革,以新工科建设理念为指导推进专业建设,加大个性化人才培养体系改革力度。与行业协会和企业深度合作,联合设计课程体系,建立了基于大类培养的“通识教育+学科基础+专业教育+自主项目”课程体系(表1),设置了4类平台课程。

通识教育课程和自主项目课程由学校统筹

管理,专业学院对这两类课程提出修读建议与要求。学科基础课程和专业教育课程由专业所在学院设置,根据专业特色合理配置学科基础课程与专业教育课程的比例;与学科基础课程开课机构共同探讨课程教学内容、学分设置及开课学期。设置课内与课外自主项目课程,扩大学生课程选择权。鼓励跨学科专业、跨学校进行学分认定与转换,支持学生修读学校认可的全球大学慕课。

课程体系注重加强基础与通识教育,充实学生人文情怀以及逻辑思维素养。在专业教育部分,将专业选修课按照继续深造和直接就业两个方向进行设置,按照分流方向设计实践教学课程,重点落实工程实践能力培养。引导本科生基于问题导向,循序参与科研工作,搭建系列实践平台,组织学生参加各类科创活动和设计竞赛,鼓励学生开展创新实验、科研训练、创业实践。行业企业全程参与,对职业岗位能力与素质进行评估,研判课程体系的合理性。由专业教师、企业兼职教师、“产业教授”为成员组成课程设置小组,优化生产性实习环节的比重,增强人才培养的针对性和岗位适用性。

围绕课程设置与优化,校企双方合作对学生未来就业岗位所需的综合能力进行深入分析。根

表1 基于大类培养的课程体系

Table 1 Curriculum system based on category training

课程类别 Course category	必修 Compulsory course	选修 Elective courses	合计 Total	比例 Proportion (%)	
				必修 Compulsory courses	选修 Elective courses
通识教育 General education	51	16	67	76	24
学科基础 Discipline basis	36	N/A	36	100%	N/A
专业教育 Professional education	48	18	66	73	27
自主项目 Independent projects	N/A	4	4	N/A	100

N/A: Not applicable.

据学生今后所从事的职业岗位的典型工作环境和 workflow, 分析每一工作环节所需的知识、能力和素质等要素, 随后再进行整合, 设计出相应的理论教学和实践教学内容, 形成课程体系。随后, 合理序化课程。工程实践能力相关课程的序化紧密结合岗位要求及其工作过程进行设计。教师按照典型工作过程决定课程讲授顺序。学生在学习过程中主要根据工作过程的各个环节, 依次吸收与掌握所学知识、能力。此外, 立足学生成长和职业生涯发展规律, 设置了一些事关未来发展的前瞻性课程。例如, 在专业教育基础上, 通过生物工程与计算机科学的学科交叉, 设置了研究开发类、工程应用类和应用前沿类等 3 类课程, 培养具有不同知识与能力储备的研发工程师、管理工程师, 更加有效地服务大健康领域的研发类产业、设计类产业、开发类产业, 促进了专业知识与工程实践能力的差异化分类培养。

2.3 重组教学内容

落实以学生为中心的教育理念, 综合考虑专业的人才培养目标与培养要求, 紧密结合学生的学习能力, 与行业企业协同, 合理确定课程内容及其难易程度, 设置符合学生实际的课程标准。将以传授知识为主的教学模式, 转换为以研究性教学为主体、以实践为特色、以学生为中心的学习方式, 将科研优势赋能人才培养。

理论课以互动研讨为主, 注重培养学生的批判性思维, 启发和强化学生发现问题、解决问题的能力。专业课参考经典教材, 结合最新文献信息, 适时组织编写高水平特色教材。依托企业实践平台, 将实践环节前移, 丰富实践教学内容, 深化实践教学环节、工程科学实践课程的专题研究讨论, 健全以下几种形式的教学与生产相结合的实践能力培养流程。

一是理实结合, 携手开展案例教学。坚持理论与实践相结合, 将理论与实践有机结合充分体

现在教学内容的选取上。根据学生的认知规律和现代企业的运作方式及 workflow 组织实践教学活动, 在总结和凝练经典案例的基础上, 统筹兼顾课程要素和实践要素, 强调学以致用, 将理论知识与社会生产实践、创新创业实践相结合, 促进知识、能力、素质的全面协调发展。在设计案例教学内容时, 广泛吸收企业的意见, 企业支持学校校内实训基地的建设, 提供设备、经费等, 并尽可能为案例教学项目匹配相关兼职授课人员。企业为案例教学提供实训基地, 保证学生实习实训的岗位数量, 对实习学生参照执行员工化管理。例如, 深度协同中国石油化工集团公司、中粮集团有限公司等企业开展现场教学, 组织学生深入生产一线, 了解流程工艺, 将书本知识与实践经验相结合^[8]。

二是内外结合, 合作开展项目教学。将产业元素融入专业教学, 以提高学生工程素养为目标, 校企共同构建“基础性实验-综合设计性实践-研究创新性训练”三层次和“课程实验、企业实习(社会实践)、课程设计、毕业设计(论文)以及创新创业训练”五模块的本科实践教学体系。立足真实的生产和技术开发工作环境, 推动在校外进行的生产实习、毕业实习与在校内设置的毕业设计(论文)有机结合。企业导师将来自企业的研究课题、实际工程项目转化为毕业论文选题或大学生创新训练项目, 通过“真题真做”提高学生的工程意识和工程实践能力。校企联合开展实践教学, 模拟项目进程, 提高培养方案中实践教学环节学分比重, 共同制定评价标准和考核办法, 实践教学学分已不少于总学分的 35%。

三是学做结合, 协力开展双创教学。学生知识学习是为了更好地开展操作, 而通过实际操作又能够促进和帮助学生理解知识。通过开展双创教育, 生动地融入了一定的工程知识学习与实践技能强化的内容, 通过学和做的有机结合,

让学生真正达到领会贯通。为此,不但鼓励教师在专业课程教学中融入创新创业教育理念,强化大学生创新方法和创业精神指导,还将大健康、创新创业教育等理念融入“第二课堂”等育人体系,积极探索基于学科专业交叉融合的“大健康+创新创业”培养模式。设立“暑期学校”综合实习制度,由行业企业提供科研实习岗位,学生分别在一年级和二学年的暑期开展为期 1 个月的企业实践。依托国家级协同创新中心举办“科技创新训练营”;与南京紫金(高新区)创业特别社区等单位合作举办“创新创业训练营”^[9],充分利用了行业企业资源。

面对指数级的知识增长量,专业教师课后充分利用微信、微博等平台,精选生物工程学科前沿知识与最新技术,并辅之以丰富的图片、视频,帮助学生在学过程中将前沿知识等与企业实践内容联系起来,为学生搜集相关资料提供了便利,在进一步完善知识体系的同时,提升了学生的学习效率。

2.4 健全评价机制

学业考评突出过程性考核与结果性考核的结合。实践课程成绩由学校指导教师会同企业选派的兼职指导教师评定。关切学生的能力培养,从强调对“学习成绩”的评价转为侧重对“学习成效”的考核,引导学生在关注“考试结果”的同时,进一步重视“学过程”。对学生工程实践能力培养建立发展性评价制度,学生不受学分和学时约束,学习效果评价不拘泥于卷面评价,引入更多的评价主体,发展性评价指标以代表作品、代表成果为主,结合主观评价。鼓励教师用实际工程项目进课堂的考核方式,提高考核的实践性和创新性,提升教育教学与产业发展的契合度。

依托学校实践教学网络管理系统,做到了实习、实践活动有计划、有监督、有总结,实现了学生实习、学科竞赛、毕业设计过程管理的线上

线下相结合。创新和适应新形势要求,探索新的校企合作管理路径,从制度体系上为校企合作深入开展提供有效保障。及时发现教学活动中存在的问题,了解教师教学过程中的不足,提出改进教学工作的意见建议。定期组织企业专家对认知实习、生产实习、毕业实习等教学环节进行检查,通过督教、督学、专项评估监督等,对实践教学工作的整体状态、各位教师的教学工作进行检查和指导^[10]。

为持续完善育人成效保障和评价机制,专业所在学院特别设置了联合培养工作领导小组(图 1)^[11]。校企联合培养前期准备阶段,注重筛选企业和选拔学生。对于企业的选择,学校尽量选择距离学校路程较近,且具有一定的协同创新能力和长期合作意向的企业。在选拔参与该企业联合培养项目学生的过程中以自愿为前提,并参考企业对人才培养的要求,科学统筹,灵活匹配。校企联合培养过程中注重交流反馈。领导小组定期召开学生座谈会,开展问卷调查,将联合培养的相关育人理念及时传达给学生,并根据学生提出的意见建议,迅速加以改进。与此同时,领导小组深入企业现场,与企业导师等进行交流,对其培养过程及学生参与情况加以督导,以便更好地了解学生表现,扮演了连接学生与企业之间桥梁的角色。校企联合培养成果检验环节,领导小组及时组织校内外导师协同指导学生进行数据整理、文献检索、理论知识补充等工作,形成符合产业实际的相关成果。成果答辩阶段,校企双方共同组成评审组,对联合教学内容的工作量以及成果等进行评定,经综合考评后给出学习成绩,并对指导成效突出的校内外导师给予业绩奖励。在此过程中,激发了协同企业的积极性,先后有 3 家企业为成绩突出的学生设立了校外奖学金,有 2 家企业将参与指导学生的企业导师工作成效纳入了员工年终考核体系。

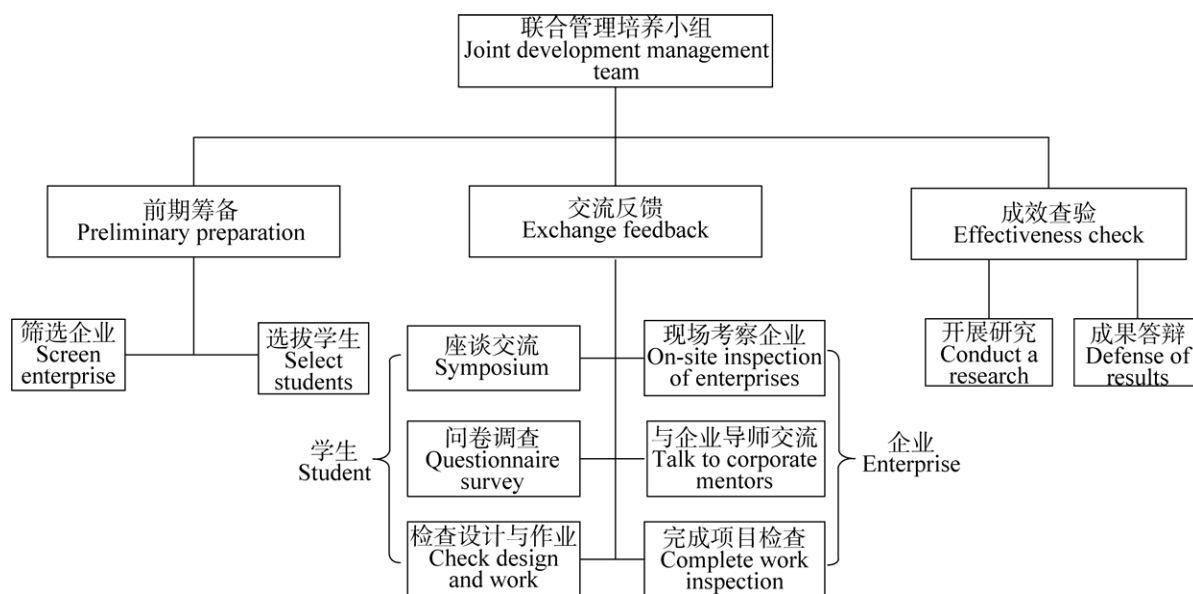


图1 校企协同育人成效保障和评价机制示意图

Figure 1 Illustration of the mechanism for ensuring and evaluating the effectiveness of university-enterprise collaborative training.

2.5 探索特色举措

我国生物工程行业的新发展与新态势对生物工程专业人才的培养提出了新要求。面对原有专业培养方案不能充分满足国民经济和社会发展需要的客观实际,调研高校深度探索生物工程专业人才培养的新模式,主动融入协同创新理念,立足校企协同,在研究性教学中引入实践教学元素,启发学生探索自然与钻研科学的求知欲与好奇心,促进“顶天”与“立地”的交汇,培养智商与情商皆优的高发展潜力人才。

2.5.1 品行正: 坚持思想引领, 注重立德树人方向

一是切实加强对学生的理想信念教育。践行“人+才=人才”的培养理念,在立德树人中倾注理想信念和责任担当。系统提升学生的思想素养、品德素养、人文素养、身心素养和科学素养。在校企协同育人过程中,将职业道德教育作为教育教学的重要组成部分,注重培养学生的职业品德、职业纪律及职业责任。

二是厚植家国情怀。加强对经济社会和现实国情的认知教育,利用企业文化载体,借助企业的精神文化、行为文化、制度文化等,注重社会责任感等的塑造,构建特色校企协同环境,开发校企协同德育课程,引导学生善于从制约生物工程行业高质量发展的瓶颈中发现科学问题,在工程实践中凝炼科学问题,打造具备家国情怀与工科气质的科学家和工程师。如在企业生产现场实践教学过程中,借助“牛胰胰岛素结晶的全合成”中相关内容,展示我国科研工作者的奉献精神,将价值塑造、知识传授和能力培养三者融为一体。

2.5.2 学习好: 推进教学改革, 创新教育教学方法

一是推广“翻转课堂”教学模式。发展科技辅助学习模式,重新设计学术课程,将传统课堂转型为知识共享中心,促进独立主动学习。如在学生认知实习和生产实习之后安排“生物工程工厂设计”课程,在落实课程设计的过程中,将工厂

设计的理念、厂区布局的原则等与制作工厂模型、听取实习工厂与车间布局讲解、观看实习期间摄制的视频等有机结合,组成案例教学素材,明确以学生为教育教学中心,进行角色翻转,组织学生开展观察、分析、思考、讨论和分享,指出设计中的优缺点。在此过程中,教师高度重视课堂教学的互动性,对学生的讨论等内容进行评价与补充,深入培养学生的工程设计意识和工程设计思维。

二是推广混合式教学。广泛应用以数字化、探究性学习为特征的新型课堂教学形态,推动信息技术与课程教学的深度融合。以“生物反应工程”课程为例,在赴企业开展生物反应器相关设计和操作实习前,教师通过教学软件告知学生实习任务,学生自主查询文献资料与技术信息,充分调动学生的学习积极性,为实习工作做好准备。对学生开展自学测验,考查学生对反应机理、操作注意事项等的掌握情况,根据软件后台的数据统计,针对错误率较高的知识点,教师协同企业精准备课。与此同时,企业通过学生在软件平台反馈的生物反应器设计的节能、降耗等问题,突破教材内容限制,实时引入行业标准与企业科研攻关动态,促使实习实训内容与现场教学能够紧密契合技术潮流及企业发展所需。

三是探索研究性教学。实现“线上+线下”优质教学资源的建设与共享,帮助学生接受真情实景的高水平科研训练和工程实训,实现“移动学习”,建成课程教学与网络教学相互支撑、理念先进的教学体系。如根据“发酵与酶工程”教学计划,组织学生到合作企业实训前,首先在线上播放发酵设施设备的操作方法和工艺流程,对发酵罐等重点设备开展线上仿真教学,引导学生通过电脑或手机自主学习。在线上学习的基础上,引导学生在企业现场按照要求自主操作,在此过程中企业导师负责指导学生,纠正操作错误。学生

可以结合演示视频向企业导师请教,学生在完成操作后整理操作数据,上交实训报告。课后,学生可以线上线下 2 种方式与校内教师和企业导师互动讨论,将感兴趣的科学研究与教学活动相融合,凝练科研方向与科研项目,实现从“项目设计-项目研究-毕业论文”的无缝对接,从而提高学生的科研实践能力。

2.5.3 能力强:深化协同创新,提高实践教育品质

一是引进企业师资队伍。专业所在学院借助“产业教授”岗位,系统实施“校企导师互聘”制度,试点产学研联合培养的“高工+教授”双导师制,以培养满足区域发展需求的技术创新人才。引导企业导师将生物工程技术领域的科研、生产项目融入教学过程,更新专业教学内容,确保专业实践教育的前沿性。成功探索了以企业生产经营项目带动专业课教学,以真实的企业环境和产品制造流程驱动实践教学,有效地将校企合作融入课堂教学,将前沿成果与生产工艺及时转化为教学资源。目前,本校已兼职聘任著名企业界人士、杰出校友、创业成功人士和创业教育专家学者等近百人,逐步形成丰富的“双创”教育专家库。

二是加大实践教学资源整合力度。实践教学基地的建设注重实验、实训与专业科研优势结合,既推动教师科研工作的顺利开展和科研成果的转化,也为提高学生科研能力和实践水平提供了保证。笔者所在学院制定了《校外实习基地建设与管理规定》,从制度上明确了实践教学基地的建设要求、建设流程、后期管理运行与发展规划等,已经建成 10 余个各类实践教学基地。多年来,专业坚持面向国家和江苏区域发展急需的资源、环境和能源需求,针对先进生物制造过程中的两大技术难题“时空高效性”和“原子经济性”,以可再生生物质资源的综合炼制为核心,

在生物催化剂研制、高效催化体系构建、过程集成与装备技术方面突破重大科学问题,形成“生物+”平台技术合力,打造了层次分明、教学功能明晰的实践教学基地群组。该专业参与创建了“南京工业大学-中石化扬子石油化工有限公司”“南京工业大学-中石化南京工程公司”2 个国家级大学生实践教学基地。例如,与中国石化扬子石油化工有限公司合作建成了全球首个以工业尾气及木质纤维素为原料的 1 000 t/年的丁二酸中试生产装置,装置运行平稳,被形象的称为“吃秸秆和 CO₂ 的丁二酸装置”(图 2)。同时,面向学生高品质就业需求,该专业与扬子江药业、恒瑞医药、奥赛康药业等合作建立了就业实习基地,为引导学生加强职业生涯规划,提高就业质量创造了有利条件。

三是推行“引企驻校、引校进企”等模式。通过校企深度协同,专业所在学院新建了江苏省产

业技术研究院工业生物技术研究、南京先进生物材料与过程装备研究院等新型研发机构,衍生孵化了 20 余家学科性公司。在此基础上,经所在学院统筹,专业与相关学科性公司共建集实践教学、科技研发、生产实习、培训服务和双创训练等于一体的“产业学院”。鼓励企业将行业最新需求和生产实际问题分解为具体项目,或设置开放性课题,或作为学生进行创新创业训练及毕业设计(论文)的项目(课题)来源,以培养学生创新精神和实践能力。着力将企业的产业资源、行业经验、生产工艺和经营管理等要素引入产业学院。学校在产业学院中负责专业培养和专项研究等,并由协同企业提供实习、实践以及就业岗位,学校根据企业提供的岗位推荐合适的学生。学校还结合企业业务发展在相关领域进行专项研究,在此过程中,企业为专项研究提供了信息、数据、岗位以及现场操作等方面的支持。



图 2 千吨级生物基丁二酸生产线

Figure 2 Production line for 1 000 t/year scale biological production of succinic acid.

3 成效：校企协同人才培养的实践成效

生物工程专业不断丰富优质教学资源,以校企协同育人模式的构建为抓手,培育学生专业技能方面的核心素质,培养学生适应社会发展的关键能力,建成了系统更加开放、以学生创新创业能力培养为核心的科产教融合教育教学制度和环境支撑体系,学生岗位适应力及工程实践能力培养取得显著成效。

以笔者所在高校为例,2019年至今,专业教师申报和获批教育部产学研合作协同育人项目陆续实现突破;校企共享导师资源137人次;联合培训青年教师43人次;联合设置实习岗位456个;

在“双导师”及其团队支持下,学生获“互联网+”“挑战杯”“国际基因工程机器大赛”等省部级以上学科竞赛奖励 11 项。2022 年 10 月,利用学校举办“毕业生秋季线上线下融合双选会”等 3 场招聘活动的契机,向与会用人单位的招聘人员发放问卷并进行访谈,就生物工程专业学生的培养质量进行调研。调研结果显示,专业毕业生的相关能力得到了用人单位的广泛认可(表 2)。2023 年 2 月,以 2019 级和 2020 级学生为调查对象,调查学生对生物工程专业校企协同人才培养满意度情况,以不记名方式随机发放问卷,现场填写并回收。其中,2019 级学生占 42%,2020 级学生占 58%,在调查过程中,还访谈了部分学生。总体而言,学生对培养过程的满意度较高(表 3)。

表 2 毕业生用人单位满意度调查

Table 2 Graduates' employers' satisfaction survey

	非常好	好	较好	一般	较差
	Excellent	Good	Fair	Ordinary	Poor
岗位业务水平	100 (43.10%)	110 (47.41%)	22 (9.48%)	0 (0%)	0 (0%)
Position business level					
学科专业基础能力	106 (45.69%)	104 (44.83%)	20 (8.62%)	2 (0.86%)	0 (0%)
Basic ability of discipline					
获取知识和信息的能力	118 (50.86%)	98 (42.24%)	16 (6.9%)	0 (0%)	0 (0%)
Ability to acquire knowledge and information					
工程实践能力	106 (45.69%)	104 (44.83%)	22 (9.48%)	0 (0%)	0 (0%)
Engineering practice ability					
组织管理能力	106 (45.69%)	110 (47.41%)	10 (4.31%)	6 (2.59%)	0 (0%)
Organization and management ability					
交流能力	106 (45.69%)	104 (44.83%)	20 (8.62%)	2 (0.86%)	0 (0%)
Communication ability					
自主学习能力	112 (48.28%)	106 (45.69%)	12 (5.17%)	2 (0.86%)	0 (0%)
Self-learning ability					
敬业精神	136 (58.62%)	82 (35.34%)	14 (6.03%)	0 (0%)	0 (0%)
Professionalism					
团队精神	124 (53.45%)	94 (40.52%)	14 (6.03%)	0 (0%)	0 (0%)
Team spirit					
综合素质	118 (50.86%)	102 (43.97%)	12 (5.17%)	0 (0%)	0 (0%)
Comprehensive quality					

250 questionnaires were sent out and 232 valid questionnaires were retrieved.

表 3 学生对生物工程专业校企协同人才培养满意度评价
Table 3 Evaluation of students' satisfaction with the cultivation of university-enterprise collaborative talents in biotechnology

	很不满意 Very dissatisfied	不满意 Dissatisfied	一般 General	满意 Satisfied	很满意 Very satisfied
教学师资 Teaching faculty	1 (1%)	2 (2%)	2 (2%)	49 (49%)	46 (46%)
课程设置 Curriculum	0 (0%)	0 (0%)	6 (6%)	44 (44%)	50 (50%)
教学课时 Teaching hour	0 (0%)	3 (3%)	4 (4%)	60 (60%)	33 (33%)
教学理念 Teaching idea	0 (0%)	0 (0%)	7 (7%)	50 (50%)	43 (43%)
教学方法 Teaching method	0 (0%)	0 (0%)	3 (3%)	52 (52%)	45 (45%)
教学条件 Teaching condition	0 (0%)	0 (0%)	2 (2%)	42 (42%)	56 (56%)
教学态度 Teaching attitude	0 (0%)	0 (0%)	6 (6%)	31 (31%)	63 (63%)
教学水平 Teaching level	1 (1%)	3 (3%)	9 (9%)	47 (47%)	40 (40%)
教学考核 Teaching assessment	3 (3%)	2 (2%)	10 (10%)	65 (65%)	20 (20%)
教学效果 Teaching effect	3 (3%)	5 (5%)	7 (7%)	42 (42%)	43 (43%)

100 questionnaires were sent out and 100 valid questionnaires were retrieved.

4 结论

生物工程专业发挥产学研基础雄厚、创新创业基因深厚的优势,循序促进教育链与产业链有机衔接。以培养学生的创新精神以及干事创业的能力为出发点,加强科产教融合育人平台建设,强化专业课程体系中的创新创业教育内容,打造集教育、实训、孵化于一体的开放式科产教融合育人共同体。注重以学生成长为中心,以创新创业能力培养为重点,瞄准国民经济和社会发展对生物工程领域高水平人才素质能力的需求,培养了一批胸怀使命感、责任感,富有创新精神和实践能力的复合型人才。

REFERENCES

[1] “新工科”建设复旦共识[J]. 复旦教育论坛, 2017, 15(2): 27-28.

Building fudan consensus on “new engineering”[J]. Fudan Education Forum, 2017, 15(2): 27-28 (in Chinese).
[2] “新工科”建设行动路线(“天大行动”)[EB/OL]. [2023-01-15]<http://news.tju.edu.cn/info/1003/22332.htm?from=singlemessage&isappinstalled=0>. Tianda Action on NEE. [EB/OL]. [2023-01-15] <http://news.tju.edu.cn/info/1003/22332.htm?from=singlemessage&isappinstalled=0> (in Chinese).
[3] 新工科建设指南(“北京指南”)[EB/OL]. [2023-01-15] <http://eee.tju.edu.cn/info/1028/1334.htm> Beijing Guide on NEE. [EB/OL]. [2023-01-15] <http://eee.tju.edu.cn/info/1028/1334.htm> (in Chinese).
[4] 顾明远, 滕珺. 《中国教育现代化 2035》与全球可持续发展教育目标实现[J]. 比较教育研究, 2019, 41(5): 3-9, 35. GU MY, TENG J. “China education modernization 2035” and the realization of global sustainable development education goal[J]. International and Comparative Education, 2019, 41(5): 3-9, 35 (in Chinese).
[5] 吕勇, 徐晓华, 李天明. 做好校企深度融合, 提升应用

- 型本科人才培养质量:以桂林航天工业学院机械设计制造及其自动化专业为例[J]. 科教导刊, 2020(9): 16-17.
- LV Y, XU XH, LI TM. Do a good job in the deep integration of schools and enterprises and improve the quality of application-oriented undergraduate talent training—take Guilin university of aerospace technology mechanical design, manufacturing and automation specialty as an example[J]. The Guide of Science & Education, 2020(9): 16-17 (in Chinese).
- [6] 林伟连, 伍醒, 许为民. 高校人才培养目标定位“同质化”的反思:兼论独立学院人才培养特色[J]. 中国高教研究, 2006(5): 40-42.
- LIN WL, WU X, XU WM. Reflections on the orientation of personnel training & the homogeneity in university, also on the features of independent colleges[J]. China Higher Education Research, 2006(5): 40-42 (in Chinese).
- [7] 段瑞婕. 我国高校通识教育与专业教育融合的问题与策略研究[D]. 武汉: 武汉理工大学硕士学位论文, 2015.
- DUAN RJ. Research on the problems and strategies of the integration of general education and professional education in colleges and universities[D]. Wuhan: Master's Thesis of Wuhan University of Technology, 2015 (in Chinese).
- [8] 胡永红, 何淑冰, 俞苏洋. 高校专业教育与创新创业教育融合的教学模式改革探索:以“生物分离工程”课程为例[J]. 创新创业理论研究与实践, 2020, 3(13): 110-113.
- HU YH, HE SB, YU SY. Exploration on the reform of teaching mode for the integration of professional education and innovation and entrepreneurship education in colleges and universities—taking the course of “bioseparation engineering” as an example[J]. The Theory and Practice of Innovation and Entrepreneurship, 2020, 3(13): 110-113 (in Chinese).
- [9] 李文涛. 工科高校创新型本科人才培养路径新探:以南京工业大学“2011 学院”为例[J]. 化工高等教育, 2019, 36(4): 1-5.
- LI WT. A new probe into the training path of innovative undergraduate talents in engineering universities—taking the “2011 college” of Nanjing university of technology as an example[J]. Higher Education in Chemical Engineering, 2019, 36(4): 1-5 (in Chinese).
- [10] 白菲, 谭豫之, 刘为民, 孙桂凤. 加强教学质量监控体系建设的探索与实践[J]. 高等农业教育, 2010(3): 41-43, 56.
- BAI F, TAN YZ, LIU WM, SUN GF. Exploration and practice of strengthening teaching quality monitoring system construction[J]. Higher Agricultural Education, 2010(3): 41-43, 56 (in Chinese).
- [11] 俞经虎. 研究生培养的校企联合、协同创新[J]. 文教资料, 2019(23): 116-117, 88.
- YU JH. School-enterprise cooperation and collaborative innovation in postgraduate training[J]. Data of Culture and Education, 2019(23): 116-117, 88 (in Chinese).

(本文责编 郝丽芳)