

# “六融六优”培养生物与医药专业研究生创新能力的探索与实践

吴静<sup>1</sup>, 周怡雯<sup>1</sup>, 宋伟<sup>1\*</sup>, 魏婉清<sup>2</sup>, 胡贵鹏<sup>1</sup>, 闻建<sup>1</sup>, 李晓敏<sup>2</sup>, 蒋艳<sup>1</sup>, 邱立朋<sup>1</sup>

1 江南大学 生命科学与健康工程学院, 江苏 无锡 214122

2 江南大学 生物工程学院, 江苏 无锡 214122

吴静, 周怡雯, 宋伟, 魏婉清, 胡贵鹏, 闻建, 李晓敏, 蒋艳, 邱立朋. “六融六优”培养生物与医药专业研究生创新能力的探索与实践[J]. 生物工程学报, 2024, 40(11): 4277-4287.

WU Jing, ZHOU Yiwen, SONG Wei, WEI Wanqing, HU Guipeng, WEN Jian, LI Xiaomin, JIANG Yan, QIU Lipeng. Exploration and practice of cultivating innovation ability of postgraduates majoring in biological and medical sciences with the new strategy of “six integration and six optimizations”[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2024, 40(11): 4277-4287.

**摘 要:** 新兴的生物医药产业对生物与医药专业人才的需求量与日俱增, 对人才创新能力的培养提出了更高的要求。基于“产教研融合”理念, 探索生物与医药专业研究生创新能力培养的新模式, 对于提升我国生物与医药专业人才培养质量、赋能生物经济发展具有重要的现实意义。本文以江南大学生物与医药专业研究生创新能力培养为例, 介绍了基于“产教研融合”理念, 构建思想引领、学科体系、培养方案、师资队伍、科创平台和交流合作的“六融六优”新培养体系, 并介绍了新体系取得的良好培养成效, 以期为生物与医药行业创新型人才的培养提供有益借鉴。

**关键词:** 生物与医药专业研究生; 创新能力; 产教研融合; 六融六优; 新培养体系

资助项目: 中央高校基本科研业务费专项资金(JUSRP622011)

This work was supported by the Fundamental Research Funds for the Central Universities (JUSRP622011).

\*Corresponding author. E-mail: weisong@jiangnan.edu.cn

Received: 2024-05-06; Accepted: 2024-08-08; Published online: 2024-08-08

# Exploration and practice of cultivating innovation ability of postgraduates majoring in biological and medical sciences with the new strategy of “six integration and six optimizations”

WU Jing<sup>1</sup>, ZHOU Yiwen<sup>1</sup>, SONG Wei<sup>1\*</sup>, WEI Wanqing<sup>2</sup>, HU Guipeng<sup>1</sup>, WEN Jian<sup>1</sup>, LI Xiaomin<sup>2</sup>, JIANG Yan<sup>1</sup>, QIU Lipeng<sup>1</sup>

<sup>1</sup> School of Life Sciences and Health Engineering, Jiangnan University, Wuxi 214122, Jiangsu, China

<sup>2</sup> School of Biotechnology, Jiangnan University, Wuxi 214122, Jiangsu, China

**Abstract:** The emerging biomedical industry has an increasing demand for the professional talents and puts forward higher requirements for the quality, especially the innovation ability of the talents. Exploring a new model for fostering the innovation ability of postgraduates majoring in biological and medical sciences based on the principle of integrating production, education and research is of practical significance for improving the quality of professional talents and empowering the bio-economic development. Taking the training of innovation ability of postgraduates majoring in biological and medical sciences at Jiangnan University as an example, this paper introduced a new training system of “six integration and six optimizations”. This system included ideological guidance, discipline system, training program, faculty, research innovation platform, and communication and cooperation. Satisfactory cultivation results were achieved with this new system. This paper is expected to provide reference for the training of innovative talents in the biological and medical industry.

**Keywords:** postgraduates majoring in biological and medical sciences; innovation ability; integration of production, education, and research; six integration and six optimizations; a new training system

生物与医药专业是一个“年轻”的专业，2018年8月，国务院学位委员会将原工程硕士专业目录下的制药工程、食品工程、轻工技术与工程、生物工程这4个研究领域，对应调整为生物与医药工程硕士专业，自2020年起，按照调整后的专业学位类别进行招生、培养和学位授予等<sup>[1]</sup>。生物与医药硕士专业学位面向生物技术、医药、食品、发酵、精细化学品、能源、环保等众多行业进行招生，主要培养在相关行业领域从事技术开发与应用、工程设计与实施、技术攻关与改造、工程规划与管理等方

面基础扎实、素质全面、工程实践能力强，并具有一定创新能力的应用型、复合型高层次工程技术和工程管理人才<sup>[2]</sup>。随着生物经济时代的到来，欧美发达国家纷纷制定政策、增加投资、争夺人才，抢占抢抓生物经济发展机遇期，我国政府也高度重视生物技术和生物产业的发展，从“十二五”规划中首次将“生物产业”写入五年规划到《“十四五”生物经济发展规划》的出台，生物经济正在逐步成为中国经济高质量发展的“关键词”<sup>[3]</sup>。生物与医药专业作为与生物经济高度契合的实践性专业学位，正迎来极大

的发展机遇。随着生物医药行业对专业人才需求的持续增长,对创新能力的要求也越来越高,行业需要具备创新能力的人才来推动科学研究和新产品的开发。

“科技是第一生产力、人才是第一资源、创新是第一动力”,如何培养具有创新能力的新时代人才是当今中国大学研究生教育必须回答的问题,而人才的培养理念、培养模式和培养体系是实现人才培养目标的关键<sup>[4]</sup>。“产教融合”是针对研究生能力培养不足而提出的一种全新的教育理念,强调在研究生教育过程中与企业生产、学校教育和科学研究等环节的无缝对接,通过在生产实境中开展实践教学和科学研究达到培养学生的学术科研能力、分析解决实际问题的应用能力和社会适应能力等目标<sup>[5]</sup>。生物与医药学科具有多工程技术领域交叉融合、方向范围大、口径宽、覆盖面广的特点,是目前知识技术聚集度最高、研究最前沿、创新最活跃的领域之一,需要培养具备基础理论知识、实验技能和工程实践能力的创新型复合型高级科学技术和工程管理人才<sup>[6]</sup>。基于“产教融合”理念,探索生物与医药专业研究生创新能力培养的新模式,对于提升应用型高级专业人才的

培养质量具有重要意义。本文以江南大学生物与医药专业研究生创新能力培养为例,介绍了基于“产教研”融合理念的创新型人才培养模式,通过多措并举强化实践育人,促进学生创新能力和应用能力的提升,凸显了育人实效。

## 1 基于“产教研”融合理念的创新型人才培养模式

高等教育要服务于社会需求,高校的人才培养方案要符合社会对创新型人才的要求并根据要求的变化及时更新和调整。生物与医药专业研究生的培养既需要使其具备坚实广泛的知识体系基础;又需要通过科研活动和研究生论文的持续培养,提高科研和创新思维能力;还需要通过企业实践锻炼,具备创造性地解决复杂工程问题的能力<sup>[7]</sup>。因此,建立企业生产、学校教育和科学研究三者融合的培养模式(图 1),从企业的实际生产出发,发现限制企业行业发展的瓶颈问题,从中凝练科学问题,进而设置相关研究课题,培养研究生创造性地给出解决方案的能力。通过主动将行业需求和行业资源融入学校教育和科学研究的全过程,使学生获得理论与实际相结合的创新能力。

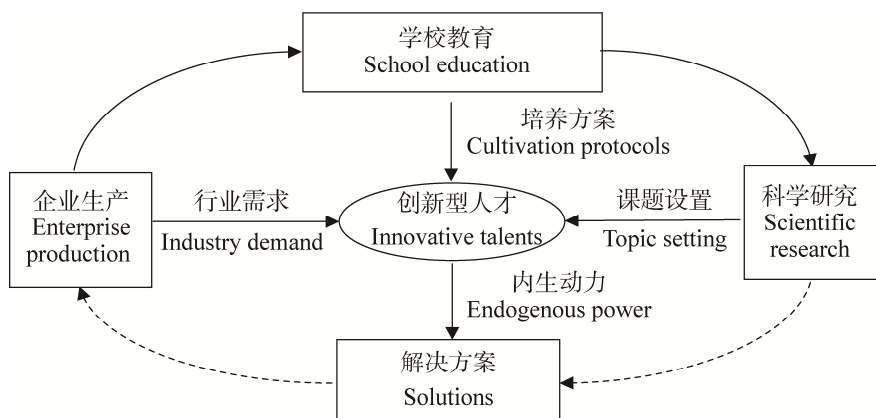


图 1 基于“产教研”融合理念的创新型人才培养模式

Figure 1 Innovative talent cultivation model based on the integration concept of “industry, education and research”.

## 2 构建“六融六优”新体系，培养生物与医药专业研究生创新能力

为贯彻落实“产教研”融合的创新型人才培养模式，构建了从 6 个方面着手的“六融六优”创新人才培养体系(图 2)，详述如下：

### 2.1 内在因素与外部激励融合，优化内驱力引领

培养研究生创新能力需要解决的首要问题是激发研究生的创新内驱力。创新内驱力是研究生从内心深处进行创新的欲望，包含研究生进行创新思维的主观能动性、研究热情以及积极的自学能力，是决定研究生创新能力强弱的“内在因素”。与外部激励相比，创新内驱力能从根本上改变研究生的思想，促进其进行创新活动，发现新科学、实现新技术，提升自身竞争力<sup>[8]</sup>。对生物与医药专业研究生培养来说，激发创新内驱力应融入专业课程、工程实践和科学研究等各个环节，通过多种教育和实践方法，促进学生主动探索和创新。以专业教育为核心，以价值引领为驱动，将专业素养与行业使命、工程伦理和科学家精神等融合，是激发创新内驱力的有效策略。在构建创新内驱力融入专业课程的过程中，要打破课内外教学分离的局面，将教学和实践相结合，让学生在实践中发现兴趣、体会知识的价值，感受成功的喜悦，进而建立自信、树立奋斗目标。在实践的同时融入人本主义思想，启发学生对于个人、社会、国家的思考，明确个人价值追求；在实践的同时还要融入理想教育，在思想层面上提升研究生创新的内驱力：使其明白，创新能力是未来无论在职场上还是在科研上取得成就的关键，使其从内心深处认同自己的创新性工作，认识到自己的工作意义所在。比如，针对“制药工程前沿进展”课程进行案例教学设计，

通过案例“我国科学家在国际上首次实现了二氧化碳到淀粉的从头合成，取得原创性突破，为淀粉生产提供了一种新的途径，为实现从传统的农业种植模式向工业制造模式转变提供可能，同时也为解决全球气候变化、粮食安全等问题提供了新的解决方案”，阐述创新性研究的重大意义，激发学生科技报国的家国情怀和使命担当。

### 2.2 学科交叉与社会需求融合，优化学科体系

生物与医药是目前知识技术聚集度最高、研究最前沿的学科之一，其学科交叉之广泛、知识更新迭代之迅速，往往导致学校的知识传授滞后于社会需求<sup>[9-10]</sup>。学科交叉是基础研究和工程技术创新的重要途径，纵观科技史上的重大创新，尤其是原始创新，大多是多学科交叉的成果。能够产生创新成果的人才，其知识基础和知识结构大多在大学期间奠定；发达国家亦非常重视研究生跨学科知识结构的获取，如英国工程教育将培养学生具有跨学科知识体系作为其目标之一<sup>[5,11]</sup>。因此，生物与医药专业研究生创新能力的培养，必须打破学科壁垒，面向社会需求，将学科交叉与社会需求融合，灵活设置学科专业。例如，近年来，随着人工智能(artificial intelligence, AI)的蓬勃发展，其在生物医药领域的应用取得了长足的进步：大型制药公司已经将人工智能嵌入到几乎所有的药物开发流程中，以支持更好更快的数据驱动的决策；另外，以人工智能为技术核心的生物技术公司数量激增，并正在积极开拓生物医药领域的新应用场景<sup>[12]</sup>。面对这样的社会需求，培养学生的创新能力，既要立足传统生物医药学科的研究方法，又要结合多样高效的人工智能技术，才能够产生重大创新成果，推动生物医药领域迈向人工智能时代，为人类健康作出贡献。

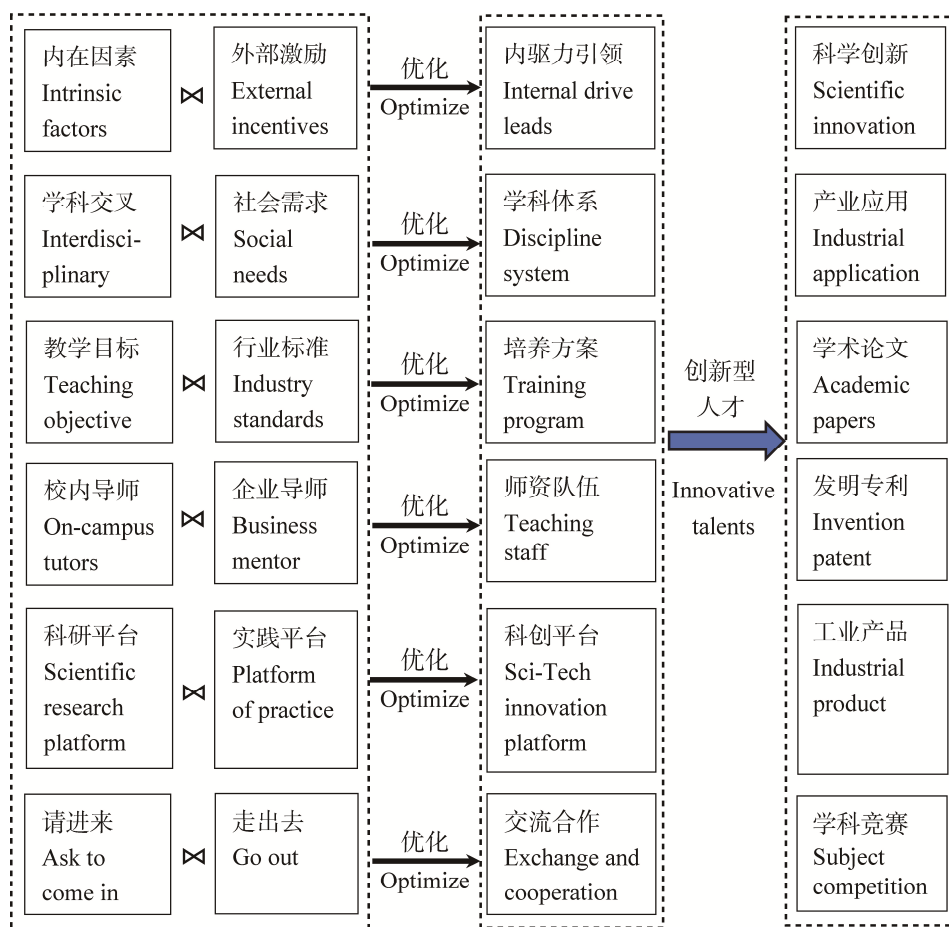


图2 构建“六融六优”创新人才培养体系

Figure 2 Construction of the “six integration and six optimizations” innovative talent training system.

### 2.3 教学目标与行业标准融合，优化培养方案

生物与医药专业作为多学科交叉的前沿应用型学科，课程体系分为必修课和选修课两大类，能够体现“厚基础理论、重实际应用、博前沿知识”的核心理念，着重突出专业实践类和工程实践类教学环节。但是，高校在课程设置时往往忽略教学目标与企业的行业标准和需求挂钩：学校不了解企业的用人需求和行业标准，企业不了解学校的培养目标和教学内容；业界的前沿成果与技术不能及时纳入实践教学体系，导致学生学到的本领不能与最新的产业应用需求相匹配，学生创新能力培养的起点落后

于行业前沿。因此，生物与医药专业研究生创新能力的培养，必须将高校教学目标与行业需求和行业标准融合，优化人才培养方案，梳理课程体系，明确教学要求，探讨教学内容和教学方式等，最大限度增加学生的知识储备，为创新能力的形成打下基础。比如，当前合成生物学作为生物制造产业的核心技术，被多个国家认为是颠覆性前沿技术，顺应时代潮流在生物与医药专业研究生培养方案中增加“合成生物学”和“生物催化与生物转化”等选修课程，及时传授学生专业相关的前沿知识，引导学生在消化吸收新知识新技术的基础上进行再创新。一个经典的案例是杜邦公司利用基因工程技术

将来自酿酒酵母、柠檬酸杆菌和克雷氏菌的基因导入大肠杆菌,使重组大肠杆菌具备将葡萄糖一步发酵转化为 1,3-丙二醇的能力,建立了 1,3-丙二醇高效、低成本、少污染的生产方式,荣获 2003 年美国总统绿色化学奖;学生受此案例启发,利用所学的合成生物学知识设计在大肠杆菌中引入蓝细菌的中心  $\text{CO}_2$  固定途径 (Calvin 循环),获得的重组大肠杆菌能够直接利用  $\text{CO}_2$  合成苹果酸,创新性地构建了有效利用  $\text{CO}_2$  的大肠杆菌细胞工厂,契合了当前“碳达峰、碳中和”的社会绿色低碳发展需求,该项目获得全国大学生生命科学竞赛一等奖。因此,科学合理的教学内容设置为学生建立了充足的知识储备,也为创新因子(想象力、冒险性、好奇心、挑战性)的激活提供沃土,有利于形成创新能力的“内生动力”。

#### 2.4 校内导师和企业导师融合,优化师资队伍

高校教师通常具备扎实系统的理论知识、教学能力和科研能力,但工程实践经验有限<sup>[13]</sup>。生物医药学科的前沿性、交叉性和应用性决定了单一组成的师资队伍难以为培养具有创新能力的研究生提供智力支持。因此,依托校内导师和企业导师融合,形成多方师资共建共享机制,着力提升教师的理论教学、应用科研和社会服务的综合能力,有利于培养学生的创新能力。比如,依托校企联合实验室建立导师团队,选聘德才兼备的企业高级人才担任企业导师,加强骨干教师与企业深度合作,推进“名师引领、骨干支撑、专兼结合”师资队伍双向融合发展;通过企业行业专家共同参与制定人才培养方案、企业导师参与前沿进展类课程的讲授、企业导师参与硕士生学位论文的开题、中期进展汇报和学位论文答辩等,形成企业导师深度参与研究生的培养过程的“共育机制”,共同为

学生创新能力的培养出谋划策。

#### 2.5 研究平台与实践平台融合,优化科创平台

生物与医药专业的人才培养方案要求培养过程着重突出工程实践类教学环节<sup>[14]</sup>。研究生创新能力训练的主要载体是在导师的指导下完成基于行业需求设置的研究课题,主要训练场所是导师的科研团队、学校的公共实验平台 and 在企业建立的研究生工作站等。研究生的创新能力主要体现在针对待解决的科学问题或产业瓶颈,提出新的有价值的解决方案,该解决方案可以以学术论文或发明专利的形式呈现,也可以作为新的技术应用于企业的实际生产,接受实践的检验。通过将学校的教学平台与企业真实的应用场景相融合,有利于学生创造性地发现问题和解决问题。比如,依托导师的科研团队和企业共建的联合研究中心,针对企业采用生物酶法生产肾病治疗药物复方  $\alpha$ -酮酸片的过程中出现的产品工艺复杂、生产成本低、分离提取困难的瓶颈问题,设立研究课题。学生针对课题,分析发现:复方  $\alpha$ -酮酸片的主要成分包括酮亮氨酸、酮异亮氨酸、酮蛋氨酸、酮缬氨酸和苯丙酮酸等在内的 5 种酮酸,企业采用不同的酶分别生产 5 种酮酸,再提取有效成分,造成了工艺繁琐和副产物增多的困境。于是,学生大胆假设可以利用同一种酶同时转化 5 种底物生成对应的酮酸,即可实现简化工艺、降低成本;基于假设,学生采用计算机模拟技术在酶数据库挖掘目标酶,获得了对 5 种底物均有较低活性的 L-氨基酸氧化酶作为研究对象,并通过实验验证了酶的功能;进而创新性地采用人工智能辅助技术对酶进行定向进化改造和高通量筛选,最后成功获得了一种突变酶对 5 种底物的催化活性均大幅提升,转化率均超过 98%,极大地提高了产物中 5 种主要成分

的浓度,解决了企业难题。这种基于“问题驱动”和“假设驱动”的科研训练是检验和提升学生创新能力切实有效的途径。

## 2.6 “请进来”和“走出去”融合,优化交流合作

“他山之石可以攻玉”,学术交流是研究生拓宽学术视野、获取新知识和技能、启发创新思维、提高学术表达能力、促进学术合作和团队精神等的重要途径,对激发研究生的创新潜能,促进创新能力的全面发展具有重要作用<sup>[15-16]</sup>。一方面可以在导师团队内部,通过建立制度化、常态化和多样化的内部学术交流机制,如定期组会制度,导师和学生、学生和学生之间就课题进展情况进行汇报和讨论;学校学院层面还可以定期组织产学研论坛、举办学术研讨会等,把教授、专家和工程师等“请进来”作交流分享,由于导师、专家、教授和工程师们的学术背景、学术风格、研究方法、工作经验等各不相同,看待问题的视角必然不同,不同思维的碰撞必然产生创新的火花。另一方面,研究生可以“走出去”,通过参加学科竞赛、学术研讨会、学术报告、学术论坛等形式的交流活动,锻炼自己的演讲技巧和表达能力,学会如何清晰、准确地表达自己的研究成果和观点,同时从他人的分享中获得启发和思考,启迪创新思维。同时,与他人的交流还会促进研究生发展与他人合作、分享资源和经验,共同解决科研难题,提高团队协作能力,从而促进其创新能力的培养。

## 3 “六融六优”新体系的培养成效

基于“六优六融”培养体系,本研究团队(江南大学微生物制造工程研究中心)在团队建设和创新型人才培养等方面取得了明显成效,于2023年获评“江苏省高校优秀科技创新团队”。

### 3.1 打造了“积极向上”的团队文化

优秀的团队文化可以塑造人、鼓舞人、激励人,本团队通过下列做法打造了“积极向上”的团队文化:(1)定期组织丰富多彩的团建活动。每年组织春游和秋游,通过亲近大自然,感受人与自然的和谐发展;每年举行实验室周年庆祝仪式、欢迎新生加盟会,毕业生欢送会等,营造“一家人”的温暖友爱氛围,增强学生之间的凝聚力;(2)开展文化运动项目。通过组织观看红色电影和励志电影、推荐阅读有价值的畅销书引导学生自省、自励;通过举行羽毛球比赛、进行野外素质拓展等激发学生挑战自我的潜能;(3)制度化的组会制度。通过团队内部定期的课题进展报告会,在团队内部形成知识共享、互通有无、互相帮助、共同进步的学习氛围;同时在组会交流中有意识地培养学生的创新意识和创新思维,通过营造积极、严谨、细致的科研氛围,潜移默化地影响学生的学习态度,使其能够自觉遵守学术道德与规范。(4)规范的学术交流制度。通过举办学术论坛和参加学术论坛,拓宽视野、跟踪行业发展动态,及时更新升级团队发展方向。

### 3.2 构建了“兼容并蓄”的导师团队

基于学科背景互补、基础研究与应用研究交叉、校内导师与企业导师融合的原则,本团队组建了由3名教授、6名副教授(副研究员)、2名工程师和2名博士后组成的导师团队,其中国家级和省部级人才5人,50%成员具有海外研究经历,研究背景涉及基础理论学科和应用技术,包括发酵工程、代谢工程、微生物学、药学、蛋白质工程、有机化学和物理化学等。对学生的指导遵循“团队制协同育人模式”,每位学生由责任导师主管,团队其他导师辅助培养,研究课题涉及不同的研究领域时由相应背景优势的导师给予指导,同时导师之间共同探



讨优化学科交叉的切入点,比如可以在汇报课题进展的组会上进行充分讨论,联合制定课题研究框架。

针对应用导向的研究课题,在实验室完成小试和中试后,还要在工厂进行放大试验,行业经验丰富的资深工程师作为企业导师全程参与课题指导,确保研究课题能够真正解决企业需求。团队导师分别承担了国家重点研发计划、国家自然科学基金(重点、面上和青年)项目、国家优秀青年基金项目、江苏省前沿引领技术基础研究专项等国家和省部级科研项目,同时还承担了多项企业合作项目。

### 3.3 形成了“循序渐进”的培养体系

以科研项目为依托,对研究生进行创新能力的培养,利用重大科研课题激发学生从事科研工作的兴趣,从而培养学生的创新思维方式、团结协作和实践创新能力。本团队形成了“循序渐进”的培养体系:

#### 3.3.1 入门阶段——基本技能训练

在研究生一年级初进实验室阶段,对今后课题研究中可能使用的软件和硬件进行培训,主要包括:(1) 实验室设备使用培训:高效液相/气相色谱仪、荧光显微镜、多功能成像仪、多功能酶标仪、发酵罐、冷冻干燥机等;(2) 数据库使用培训:KEGG、UniProt、BRENDA、PDB等;(3) 软件培训:SnapGene、DNAMAN、Primer、Web of Science、EndNote、Origin Lab、ChemDraw、Adobe Illustrator、SPSS。

#### 3.3.2 提高阶段——科研项目实践

在研究生二年级开展科研项目研究阶段,对开展科学研究的基本技能进行指导,主要包括:(1) 实验室师兄师姐开展“传帮带”式的悉心指导,帮助熟练掌握基本实验操作能力、初步具备实验设计能力。(2) 定期的文献阅读活动教会学生如何查找文献、分析文献,总结文献。

通过阅读文献,帮助学生了解当前研究领域的前沿进展,熟悉该领域的研究方法、理论和技术;通过阅读文献,了解不同的研究思路、方法和观点,了解前人的研究成果和创新思路,启发研究生自己的创新思维,探索新的研究方向和方法,促进创新研究的产生;通过对文献进行深入的分析 and 评价,包括对研究方法的评估、实验设计的合理性、数据分析的准确性等,培养学生批判性思维,从而更好地辨别和解决科学研究中的问题,提高创新能力;通过对阅读过的文献进行整理、总结和归纳,并撰写文献综述等学术论文,还可以帮助研究生提升学术写作能力,使他们更好地表达自己的观点和研究成果,从而更好地参与到科学研究中去。

(3) 导师定期“面对面”指导和全程把握课题方向和内容,提高科研工作效率。研究生在课题研究过程中经常面临各种各样的问题和困难,导师丰富的研究经验能够引导研究生积极面对问题、寻找解决方法,并给予必要的指导和帮助,在解决问题的过程中,逐渐培养研究生的创新能力。

#### 3.3.3 升华阶段——研究结果总结

在研究生三年级整理研究结果阶段,指导学生将整个研究过程如同“讲故事”一般完整生动地呈现:(1) 导师指导论文写作。对论文整体框架安排进行讨论,对前言、结果和讨论部分反复修改,精雕细琢;(2) 系统培训英文论文写作能力。指导段落间逻辑安排,段落内句子逻辑安排,以及如何描述前言、结果和讨论等;(3) 设置奖励制度。对成功发表学术论文和完成企业项目的研究生,团队根据论文的影响力和项目的难易程度制定了对应的奖励办法,并举行隆重的颁奖仪式。获奖学生会发表获奖感言,或分享心路历程、分享成功经验、剖析技术工艺关键点等。奖励制度在肯定学生辛勤付出的



同时,提升了学生的获得感,增强了持续努力前进的动力,给其他同门发挥了朋辈榜样的表率作用,是激发学生创新活力的加速器。

### 3.4 提升了“可以量化”的创新能力

本团队近5年(2019–2023年)来共培养硕士生88名,其中2019–2021届毕业生为未调整前的生物工程专业、制药工程专业和轻工技术与工程专业,2022和2023届毕业生为调整后的生物与医药专业,实行了“六优六融”的新培养体系。对毕业生在校期间获得研究生国家奖学金、公开发表学术论文、参与申请发明专利和继续深造攻读博士学位等的情况进行统计,评估学生的综合创新能力培养情况,结果显示:(1)获得国家奖学金的学生人数逐年递增,并且获奖人次在同届学生总数中的占比也保持上升趋势,其中2023届毕业生中有25%的学生获得过国家奖学金(图3);(2)研究生以第一作者发表学术论文的质量逐年提升,其中2023届毕业生发表的JCR(Journal Citation Reports)分区为一区(Q1)的论文占当年发表论文总数的44%(图4),其中2023届生物与医药专业的张芝兰更是以唯一第一作者在JCR一区TOP期刊*Nature Communications*上发表了具有原创性的研究工作;(3)研究生参与的发明专利数量逐年递增,其中2022届研究生为主要完成人参与申请的12件专利100%获得授权(图5),其中2022届生物与医药专业齐娜同学参与的专利技术成功在企业实现了转化应用。该项专利技术针对酸性多糖生产中存在产量低、安全性差、生物活性弱等产业瓶颈问题,在解析酸性功能多糖的生物合成机制的基础上,通过菌种改造技术、高通量筛选方法、代谢调控及生物反应器的优化策略获得了高产酸性多糖的新工业菌株,企业应用新工业菌株,新增产值约7.71亿元,利税约0.77亿元。由此可见,在新

培养体系下,研究生的综合创新能力得到了显著提升;(4)研究生综合创新能力的提升,还表现在选择继续攻读博士学位的人数呈现增长趋势(图6),2023届毕业生中读博人数在同届毕业生总数的占比达到25%。经过硕士阶段的培养,激发了部分学生对科学研究的浓烈兴趣,希望通过博士阶段的学习,成长为具备独立科研能力和创新思维的高级科研人才。有的选择继续

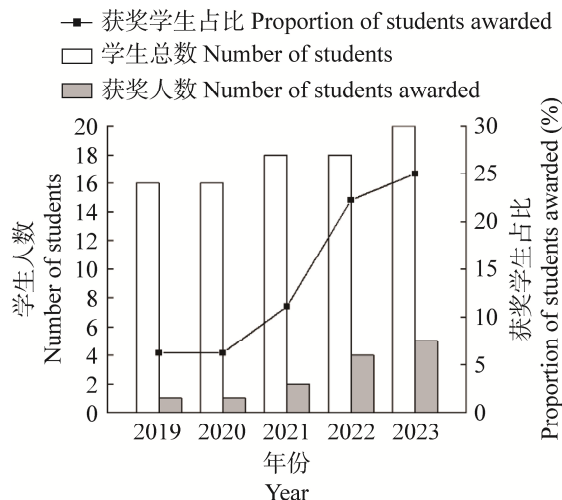


图3 2019–2023届毕业生获得国家奖学金情况  
Figure 3 National scholarships awarded to graduates from 2019–2023.

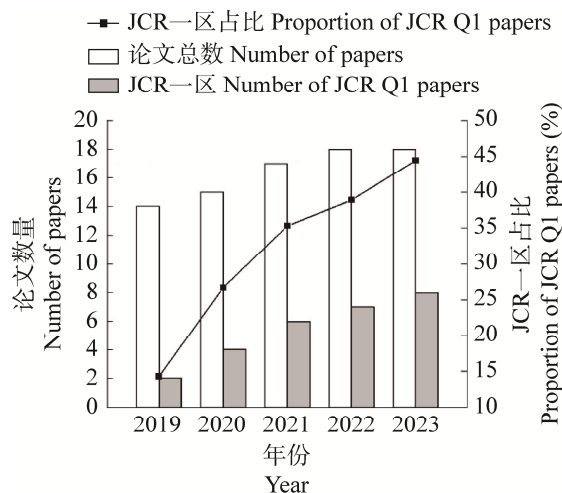


图4 2019–2023届毕业生发表学术论文情况  
Figure 4 Academic papers published by graduates from 2019–2023.

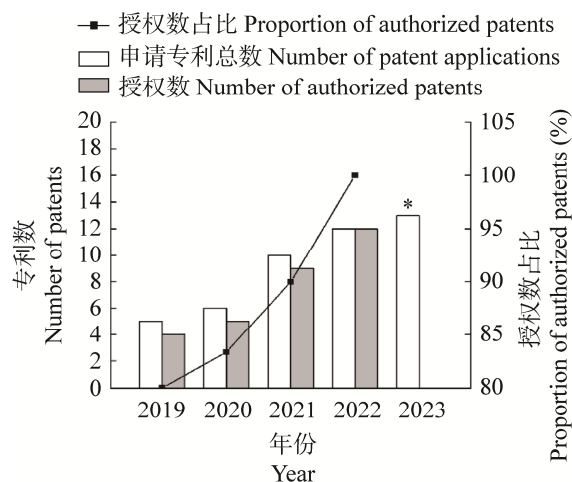


图5 2019–2023 届毕业生参与专利情况 \*：2023 申请专利的授权还未完全发布

Figure 5 Invention patents applied by graduates from 2019–2023. \*: The authorization for patent applied in 2023 has not been fully released yet.

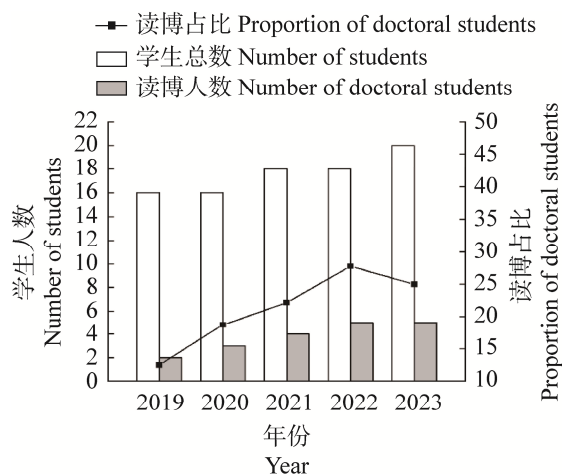


图6 2019–2023 届毕业生攻读博士情况

Figure 6 Doctoral degrees pursued by graduates from 2019–2023.

留在本校深造，有的选择清华大学、浙江大学、上海交通大学等国内著名高等学府，还有的选择了美国加州理工学院(California Institute of Technology)等国外大学。

## 4 展望

在新工科背景下，立足国家需求，以“产教

研”深度融合为着力点，开展生物与医药专业研究生创新能力新体系的构建与实践十分必要。应该始终坚持立德树人的根本任务，基于行业需求，优化学科交叉体系和培养方案，依托学校和企业的训练平台，充分发挥导师团队培养的智力优势，博采众长，以创新型人才培养为中心，激发学生的创新思维和创新活力，为发展新时代生物医药产业的新质生产力提供支持。

## REFERENCES

- [1] 关于对已有的工程硕士、博士专业学位授权点进行对应调整的通知(学位办[2018]28 号) [EB/OL]. [2024-08-07]. [http://www.moe.gov.cn/s78/A22/tongzhi/201809/t20180904\\_347232.html](http://www.moe.gov.cn/s78/A22/tongzhi/201809/t20180904_347232.html).
- [2] 戴玉杰, 罗学刚, 贾士儒, 周立群. 新工科背景下制药工程专业学生创新能力培养[J]. 中国轻工教育, 2020(5): 16-20.  
DAI YJ, LUO XG, JIA SR, ZHOU LQ. Cultivation of Students' innovative abilities in pharmaceutical engineering under the background of new engineering[J]. China Education of Light Industry, 2020(5): 16-20 (in Chinese).
- [3] 邓心安, 郭源, 高璐. 生物经济的概念缘起与领域演进[J]. 全球科技经济瞭望, 2018, 33(2): 50-55.  
DENG XA, GUO Y, GAO L. Concept origin and field evolution of the bioeconomy[J]. Global Science, Technology and Economy Outlook, 2018, 33(2): 50-55 (in Chinese).
- [4] 习近平: 在科学家座谈会上的讲话[EB/OL]. [2024-08-07]. [http://www.xinhuanet.com/politics/leaders/2020-09/11/c\\_1126483997.htm](http://www.xinhuanet.com/politics/leaders/2020-09/11/c_1126483997.htm).
- [5] 沈秋红, 邵荣. 我国研究生教育“产教研融合”人才培养研究[J]. 中国成人教育, 2017(21): 63-65.  
SHEN QH, SHAO R. Research on talent cultivation of “integration of production, teaching and research” in postgraduate education in China[J]. China Adult Education, 2017(21): 63-65 (in Chinese).
- [6] 刘国巍, 李明昊, 邵云飞, 刘思晴. 新兴产业突破性创新网络动态演化特征及知识扩散规律: 以我国生物医药产业为例[J]. 科技管理研究, 2023, 43(13): 134-144.  
LIU GW, LI MH, SHAO YF, LIU SQ. Dynamic evolution characteristics and knowledge diffusion laws of radical innovation networks in emerging industries:

- based on China's biomedical industry[J]. Science and Technology Management Research, 2023, 43(13): 134-144 (in Chinese).
- [7] 陶秋宇, 李素华, 曾荣, 李涵, 曾凡琮. 工科硕士研究生创新能力评价策略研究[J]. 产业与科技论坛, 2023, 22(23): 255-257.
- TAO QY, LI SH, ZENG R, LI H, ZENG FC. Research on evaluation strategy of innovation ability of engineering postgraduates[J]. Industrial & Science Tribune, 2023, 22(23): 255-257 (in Chinese).
- [8] 冷雄辉, 杜平, 和亚静, 朱王海. 高校学术型硕士研究生学术研究内驱力的作用机制研究[J]. 财经高教研究, 2023, 10(2): 65-82.
- LENG XH, DU P, HE YJ, ZHU WH. Research on the mechanism of academic research inner driving force for academic postgraduate students in universities and colleges[J]. Journal of Higher Education of Finance and Economics, 2023, 10(2): 65-82 (in Chinese).
- [9] 周景文, 刘松, 刘龙, 李江华, 堵国成, 陈坚. 多学科交叉发酵工程复合型研究生培养[J]. 生物工程学报, 2021, 37(2): 689-695.
- ZHOU JW, LIU S, LIU L, LI JH, DU GC, CHEN J. Interdisciplinary education of fermentation engineering graduates[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2021, 37(2): 689-695 (in Chinese).
- [10] 吴剑荣, 高敏杰, 夏雨. 多学科交叉制糖工程创新型研究生培养探索: 以江南大学为例[J]. 食品与发酵工业, 2023, 49(7): 352-356.
- WU JR, GAO MJ, XIA Y. Exploration on the cultivation of innovative postgraduates in multidisciplinary carbohydrate engineering—taking Jiangnan University as an example[J]. Food and Fermentation Industries, 2023, 49(7): 352-356 (in Chinese).
- [11] 费强, 李爱朋, 马英群, 郭树奇, 傅容湛, 范代娣. 生物化工领域多学科交叉融合培养创新人才的探索与实践[J]. 化工高等教育, 2023, 40(3): 14-18, 70.
- FEI Q, LI AP, MA YQ, GUO SQ, FU RZ, FAN DD. Exploration and practice of innovative talents cultivation by interdisciplinary integration in biochemical engineering field[J]. Higher Education in Chemical Engineering, 2023, 40(3): 14-18, 70 (in Chinese).
- [12] 言方荣. 人工智能在生物医药领域中的应用和进展[J]. 中国药科大学学报, 2023, 54(3): 261-268.
- YAN FR. Application and advance of artificial intelligence in biomedical field[J]. Journal of China Pharmaceutical University, 2023, 54(3): 261-268 (in Chinese).
- [13] 辛培培, 邱田会, 马鸿洋. 工科类院校导师团队制协同育人模式的理论与实践研究[J]. 大学教育, 2023(23): 137-140, 148.
- XIN PP, QIU TH, MA HY. Research on the theory and practice of collaborative education model of tutor team system in engineering colleges[J]. University Education, 2023(23): 137-140, 148 (in Chinese).
- [14] 佟研, 谭龙臣, 郭慧. 科研创新平台建设助力提升研究生的创新实践能力[J]. 科教导刊, 2024(4): 71-73.
- TONG Y, TAN LC, GUO H. The construction of scientific research and innovation platforms helps to enhance the innovative practical ability of graduate students[J]. The Guide of Science & Education, 2024(4): 71-73 (in Chinese).
- [15] 炊鹏飞, 艾桃桃, 景然, 李文虎, 徐峰. 基于学术活动与学科竞赛驱动下的研究生创新能力培养与分析[J]. 科技风, 2024(5): 19-21.
- CHUI PF, AI TT, JING R, LI WH, XU F. Training and analysis of graduate students' innovative ability driven by academic activities and discipline competitions[J]. Technology Wind, 2024(5): 19-21 (in Chinese).
- [16] 陈静, 彭金宝, 盛钊君, 李保琼, 徐学涛, 李辰. 新工科视域下创新应用型制药工程专业人才培养模式探索[J]. 高教学刊, 2024(1): 51-54.
- CHEN J, PENG JB, SHENG ZJ, LI BQ, XU XT, LI C. Exploration of innovative application-oriented pharmaceutical engineering talent cultivation model from the perspective of new engineering[J]. Journal of Higher Education, 2024(1): 51-54 (in Chinese).

(本文责编 郝丽芳)