

# “双驱双导”模式下研究生课程“生物催化与酶工程”教学改革与实践

郑龙玉, 张吉斌, 李明顺, 祁婧, 和希顺\*

华中农业大学, 湖北 武汉 430070

郑龙玉, 张吉斌, 李明顺, 祁婧, 和希顺. “双驱双导”模式下研究生课程“生物催化与酶工程”教学改革与实践[J]. 生物工程学报, 2024, 40(9): 3233-3242.

ZHENG Longyu, ZHANG Jibin, LI Mingshun, QI Jing, HE Xishun. Teaching reform and practice of the postgraduate course “Biocatalysis and Enzyme Engineering” under the “dual-drive and dual-guide” model[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2024, 40(9): 3233-3242.

**摘要:** 价值塑造与创新能力提高是研究生课程教学的两个重要目标。“生物催化与酶工程”是生物工程专业研究生学科核心课程, 教学团队探索建立“双驱双导”新型教学模式, 即以“双驱”(价值驱动+创新驱动)为牵引, 将专业素养与行业使命、工程伦理、科学家精神相融合, 将理论教学与学科前沿、产业案例、工程实习实践相结合, 将课程考核与主题演讲、小组互评、综述论文相整合, 实现“双导”(导思想+导能力)教学目标, 有效提升研究生的价值认同、创新意识、工程思维能力及解决实际工程问题的能力。

**关键词:** 生物催化与酶工程; 双驱双导; 教学改革; 研究生教育; 专业素养

## Teaching reform and practice of the postgraduate course “Biocatalysis and Enzyme Engineering” under the “dual-drive and dual-guide” model

ZHENG Longyu, ZHANG Jibin, LI Mingshun, QI Jing, HE Xishun\*

Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, Hubei, China

**Abstract:** Value shaping and innovation capability improvement are two important goals of postgraduate course teaching. Biocatalysis and Enzyme Engineering is a core course for

资助项目: 华中农业大学研究生培养条件建设项目(2021AL15, 2021JD35)

This work was supported by the Huazhong Agricultural University Postgraduate Training Conditions Construction Project (2021AL15, 2021JD35).

\*Corresponding author. E-mail: hexishun@mail.hzau.edu.cn

Received: 2023-11-27; Accepted: 2024-03-13; Published online: 2024-03-19

postgraduates majoring in bioengineering. Our teaching team established a “dual-drive and dual-guide” teaching model, that is, “double drive” (value-driven + innovation-driven) as the traction, this model integrated professional quality with industry needs, engineering ethics, and scientist spirit, combined theoretical teaching with research frontiers, industrial cases, and engineering practice, and incorporated thematic lectures, group peer evaluation, and review papers into course assessment. The teaching under this model achieved the teaching objectives of “double guide” (guiding ideology and ability), and improved the postgraduates’ value identification, innovation awareness, engineering thinking, and ability to solve practical engineering problems.

**Keywords:** Biocatalysis and Enzyme Engineering; “dual-drive and dual-guide”; teaching reform; postgraduate education; professional quality

人才培养是高校的中心工作,研究生教育肩负着为实现中国式现代化培养和输送大批德才兼备高层次人才的重要使命<sup>[1-3]</sup>。课堂教学是研究生培养的重要组成部分,是高校落实立德树人根本任务的主渠道<sup>[4]</sup>。研究生课程建设应遵循“培根铸魂、启智润心”的工作理念,将思想价值引领贯穿教育教学全过程和各环节,将家国情怀、价值引领和人格塑造通过每一门具体的专业课程去传递与实践<sup>[5-6]</sup>。同时要积淀人文素养与科学精神,注重创新意识与创新能力的培养<sup>[7-9]</sup>。

“生物催化与酶工程”是生物工程及相关科学术型和专业型研究生的核心课程,教学内容学科交叉性、应用性强,与产业结合紧密。为了提升课程教学质量,教学团队积极推动教学改革,探索建立“双驱双导”教学模式,有效提升课程育人效果和研究生实践创新能力。

## 1 “生物催化与酶工程”课程基本情况及存在的主要问题

### 1.1 课程基本情况

“生物催化与酶工程”课程主要内容为生物催化原理、酶的结构与功能、酶的分离与纯化、酶的分子改造与设计、酶的固定化、酶反应器与工程应用等,相关知识与技术可在能源、环境、医药、

食品、农业等领域具有广泛的应用前景和良好的经济价值。本课程从 2000 年开课,连续开设 24 轮,选课人数达 1 000 余名,课程总计 64 个学时,其中理论教学 32 学时,工程实践 32 学时。

### 1.2 课程改革拟解决的主要问题

依托学校研究生培养条件建设项目,教学团队从 2018 年开展系列研究和探索。教学团队通过问卷调查、外出交流和文献查询对课程教学现状进行研判分析,认为虽然教师在教学过程中力求最大限度地培养研究生的创新思维和解决问题的能力,但仍存在一些不足<sup>[10]</sup>。

#### 1.2.1 科学精神培养不充分,专业素养训练不全面

作为研究生的学科核心课程,核心目标是提升研究创新能力,即面对未知情况下的正确认识问题、分析问题和解决问题的能力<sup>[11]</sup>。在传统教学中,任课教师重点在于专业知识和技术方法的讲授,对于专业知识的深层价值剖析不深入,对于科学伦理、工程伦理等内容讲解较少,缺乏科学思维方法和批判性思维的训练,无法激发学生探索未知、追求真理、勇攀科学高峰的责任感和使命感。由此导致学生对于本专业及课程认同度低,更多处于被动接受状态,“知其然而不知其所以然”,缺乏专业底层思维

和深度研究能力。

### 1.2.2 教学内容偏重理论知识, 行业前沿及创新发展体现不足

在酶工程相关课堂教学过程中, 教学内容以基础理论知识的讲授为主, 缺乏应用性<sup>[12-13]</sup>, 对于生物催化与酶工程行业的发展趋势和未来前景介绍不多, 最新的学术前沿和行业产业的创新发展融入课程较少<sup>[14]</sup>。由于没有设置实践教学环节, 研究生无法亲身感受和了解生物催化与酶工程在产业一线的应用和发展情况, 缺乏与一线技术人员和管理人员的交流沟通, 未能亲自处理生物催化与酶工程所涉及的安全、环保、质量、效率等方面的问题和挑战, 不利于培育研究生的行业宏观视野与思维, 也不利于提升研究生解决行业实际问题的能力。

### 1.2.3 教学方法和课程考核方式单一

传统教学过程中存在方案目标和教学重难点定位不清晰或教学手段单一问题, 研究生学

习缺少主动意识<sup>[15-16]</sup>, 课堂教学更多体现为单向知识传授, 研究生参与课堂教学的主动性与积极性不足。课程评价体系过于简单, 不够科学精准<sup>[17]</sup>, 主要以期末闭卷考试的形式进行考核; 缺乏过程性评价, 未将研究生的课堂上表现、作业完成情况、创新思维能力等纳入考核因素; 针对考核中反映出来的问题, 未能及时向研究生进行正向反馈或给予建设性的指导意见。

## 2 “生物催化与酶工程”课程教学改革思路

教学团队针对以上问题, 开展了系统性教研改, 以价值和 innovation 为驱动, 通过教学内容、教学方法、考核方式“三位一体”协同改革, 实现研究生专业思想和创新能力的双重导学, 全面提升研究生培养质量, 教学改革的总体思路模型见图 1。

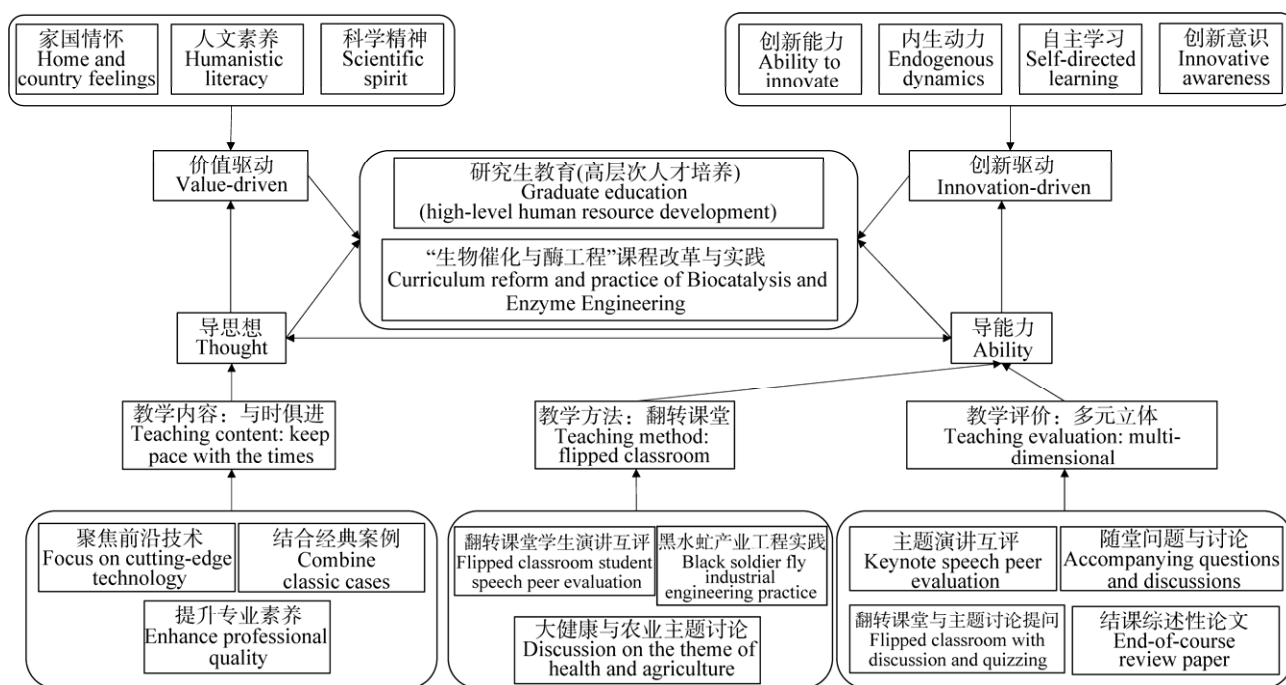


图 1 基于“双驱双导”模式的研究生“生物催化与酶工程”课程教学模型

Figure 1 Teaching model of postgraduate course Biocatalysis and Enzyme Engineering based on the “dual-drive and dual-guide” model.

## 2.1 突出价值引领：将专业素养与行业使命、工程伦理和科学家精神相融合

团队在教学过程中，注重全面培养研究生专业素养，以培养伦理意识、学术思维、创新能力、科学规范、科研精神为目标，以学科前沿、行业使命、

身边的科学家等作为教学内容切入口，建立起 10 余个教学案例，通过课堂讲授、专家访谈、师生分享、实地参观等多种教学方式，坚定专业自信，训练科学思维，激发学生科技报国的家国情怀和使命担当。专业素养教学案例设计(部分)见表 1。

表 1 专业素养教学案例设计(部分)

Table 1 Teaching case design of professional quality (partial)

教学案例主要内容 Teaching cases	案例类别 Case type	体现的专业素养元素 Professional quality elements	融入方式 Incorporation mode
稀有人参皂苷的合成生物学设计以及艾滋病病毒(HIV)复制酶抑制剂 Synthetic biology design case of rare ginsenosides and HIV replicative enzyme inhibitors	学科前沿 Scientific frontier	学术素养：知识储备，多样化理论视角，批判性分析能力 Academic literacy: knowledge reserve, diversified theoretical perspectives, critical analysis ability	课堂讲授、视频展示 Classroom teaching, video demonstration
我国科学家马延和团队首次实现二氧化碳到淀粉的从头合成，取得的世界领先的科研成果 Chinese scientist Ma Yanhe achieved the first <i>de novo</i> synthesis of starch from carbon dioxide, obtaining world-leading scientific results	行业使命，学科前沿 Industry mission, scientific frontier	学术思维：需求导向，多学科交叉，大胆设计，严谨论证 Scientific thinking: demand-oriented, multidisciplinary, bold design, rigorous demonstration	课堂讲授、视频展示 Classroom teaching, video demonstration
我校杰出校友姚斌院士团队在植酸酶制剂方面的研究和开发 The research and development of phytase preparations by our outstanding alumnus Academician Yao Bin	身边的科学家 Stories of scientists around us	科研精神：实事求是，追求真理，淡泊名利，潜心研究 Scientific spirit: seeking truth from facts, pursuing truth, indifferent to fame and wealth, devoting to research	校友姚斌院士及其弟子访谈资料等 Interview materials of Academician Yao Bin and his disciples, etc.
华人酶工程专家赵惠民教授团队开展酶的定向进化研究为诺贝尔奖提供关键技术和支持 Professor Zhao Huimin, a Chinese expert in enzyme engineering, carried out directed evolution research of enzymes and provided key technologies and support for the Nobel Prize	学科前沿 Scientific frontier	创新能力：使用新工具、新方法，鼓励学生勇于表达，头脑风暴 Innovative ability: use new tools and new methods, encourage students to express themselves and brainstorm	研究生分组查询资料，开展案例分享 Postgraduate students form groups to search for information and conduct case sharing
参观黑水虻工厂，了解酶工程技术在黑水虻转化有机固废产生昆虫蛋白中的作用 Visit the black soldier fly factory, understand the role of enzyme engineering in black soldier fly larvae treat organic solid waste and ultimately produce insect proteins	工程伦理、行业使命 Engineering ethics, industry mission	行业使命：掌握行业前沿，增强粮食安全意识，生态意识、环保意识 Industry mission: grasp the forefront of the industry, enhance food security awareness, ecological and environmental awareness	企业参观，实地考察 Enterprise visit, field investigation

## 2.2 增强创新意识：将理论教学与产业案例、工程实践相结合

教学团队全面修订教学大纲和教学目标,将64个学时分为3个部分,其中理论讲授16学时,专题研讨16学时,实践教学32学时,明确每一章节的重难点和考核要求,使得整体教学内容的针对性和系统性更强。根据不同授课内容,合理地运用翻转课堂、项目式学习、情景模拟等多种教学方式,组织多样化的教学活动如小组讨论、案例分析、课堂演示等,在教学实践中不断丰富教学内容和教学方法,激发研究生的兴趣和好奇心,同时建立有效的师生沟通和反馈机制,促进师生之间的交流和合作。

理论讲授(16学时):如表2所示,教学团队根据生物催化与酶工程的核心知识和技术方法,对教学内容进行了调整,明确5个重点方向:生物酶工程、酶的固定化、酶抑制剂、模拟酶、酶传感器,并根据国内外生物催化与酶工程领域的最新研究成果和技术发展,及时增加新的知识点和专业案例,如酶的合成生物学、模拟酶、酶工程的计算机辅助设计、酶工程在生物医药、环境保护、能源开发等方面的应用等,使得教学内容

更体现学科前沿和行业需求<sup>[18-19]</sup>。

专题研讨(16学时):一是学术前沿文献分享,由研究生自主选择一篇与课程内容密切相关的高水平学术论文进行PPT汇报讲解,老师进行点评并由研究生间相互提问。二是专题讨论,设置“酶工程与人类健康”和“酶工程与农业绿色生产”两次专题讨论,研究生分组进行文献查阅,每组派代表进行PPT汇报展示,师生间相互点评。该方式能有效激发学习兴趣性和探究性,有助于形成多元化、探究式的学习氛围。

实践教学(32学时):组织“酶工程与新蛋白创制的联合应用”主题工程实践,任课教师带领研究生走进黑水虻产业典型企业,参观蛋白创制工厂信息化控制中枢与自动化生产线(8学时);开展分组实践(16学时),进入生产线不同工段,熟悉并动手操作生产设备,了解工程菌发酵产酶和酶工程技术在黑水虻肠道物质代谢酶活提升及其在有机固废转化中的应用过程,感受理解酶工程技术在解决我国饲料蛋白短缺“卡脖子”问题中的重要作用;组织企业管理人员和一线技术人员与研究生座谈交流(8学时),让研究生了解现代企业的经营与管理模式,以及新蛋白创制生

表2 课程理论讲授部分的核心内容

Table 2 Core theory teaching content of the course

核心授课内容 Core teaching contents	学时数 Class hours	前沿进展与时事热点新闻 Frontier progress and current hot news
第一章 分子酶学工程 Chapter 1. Molecular enzyme engineering	4	稀有人参皂苷合成酶的合成生物学设计 Synthetic biology design of rare ginsenoside synthesis enzymes
第二章 酶和细胞固定化 Chapter 2. Enzyme and cell immobilization	4	碱性磷酸酶融合酶基因的构建策略 Construction strategy of alkaline phosphatase fusion enzyme gene
第三章 酶抑制剂 Chapter 3. Enzyme inhibitor	2	艾滋病病毒(HIV)复制酶抑制剂 HIV replicative enzyme inhibitors
第四章 模拟酶及其应用 Chapter 4. Simulated enzymes and their applications	3	分子印迹聚合物模拟酶 Molecularly imprinted polymer mimetic enzymes
第五章 酶传感器 Chapter 5. Enzyme sensor	3	酶生物传感器的临床应用 Clinical applications of enzyme biosensors

产过程和工艺对于酶工程技术的最新和不同需求。校企联合开设实践教学,将酶工程理论知识与实际生产高度结合,有效实现认识论、方法论、实践论的有机统一<sup>[20-21]</sup>,建立“从产业中来,到产业中去”的应用型课题研究模式。

## 2.3 改革考核方式:将课程考核与主题演讲、小组互评、综述论文相整合

### 2.3.1 随堂测试与主题演讲互评(占比 20%)

课堂参与度是衡量教学成效的重要指标,让研究生深度参与课堂有助于提高教学质量<sup>[22]</sup>。课程改革中,教学团队将随堂测试和主题演讲纳入到考核指标体系中。随堂测试占比 10%,以长江雨课堂在线答题方式开展,涵盖了当堂所讲的重点和难点,重点考核理论知识掌握程度。主题演讲占比 10%,评价学术前沿文献分享的表现,重点考核文献理解程度、PPT 制作水平以及演讲表现,按照 5 个维度打分,评定出 4 个等级(表 3)。

### 2.3.2 翻转课堂与互动讨论提问(占比 20%)

教学团队鼓励研究生针对汇报人的分享内容进行提问、交流和讨论,形成互动式的学习环境。教师将研究生对汇报人的提问也作为课程考核的一项重要指标,作为平时成绩组成部分计入总成绩。提问者每次提问可获得 1 分,最多可获得 20 分。教师还会对提问者所提问题进行及时的回应与提示性解答,激发研究生的学习兴趣和动力。

### 2.3.3 课程结业综述性论文(占比 60%)

研究生在完成课程学习后将撰写一篇综述论文,该部分成绩占总成绩的 60%。综述要求研究生精读生物催化与酶工程领域的高水平英文文献,选定合适方向并结合该研究方向的最新进展,系统地梳理和总结领域内研究背景、研究内容、研究方法、研究成果和研究展望等,以论文形式阐述研究生对该领域的深入理解和掌握。任课教师根据论文的内容深度、结构逻辑、语言

表 3 主题演讲互评打分标准

Table 3 Scoring criteria for mutual evaluation of topical presentation

分数 Score	演讲内容(30%) Speech content (30%)	PPT 制作水准(15%) PPT production level (15%)	主题演讲(30%) Keynote speech (30%)	互动问答(20%) Interactive Q&A (20%)	汇报主持(5%) Report hosting (5%)
90-100	内容翔实,选题明确 Content detailed, topic clear	制作精美,架构清晰 Production exquisite, structure clear	表述流利,时间合理 Expression fluent, time reasonable	回答准确,解释清晰 Answer accurate, explanation clear	组织有效,控制良好 Organization effective, control good
80-90	内容较翔实,选题较明确 Content relatively detailed, topic relatively clear	制作较精美,架构较清晰 Production relatively exquisite, structure relatively clear	表述较流利,时间较合理 Expression relatively fluent, time relatively reasonable	回答较准确,解释较清晰 Answer relatively accurate, explanation relatively clear	组织较有效,控制较良好 Organization relatively effective, control relatively good
70-80	内容一般,选题一般 Content general, topic general	制作一般,架构一般 Production general, structure general	表述一般,时间控制一般 General statement, general time control	回答基本准确,解释基本清晰 Answer basically accurate, explanation basically clear	组织一般,控制一般 Organization general, control general
60-70	内容较差,选题较差 Content poor, topic poor	制作较差,架构较差 Production poor, structure poor	表述不流利,时间控制不合理 Expression not fluent, time control unreasonable	回答不准确,解释不清晰 Answer inaccurate, explanation unclear	组织较差,控制较差 Organization poor, control poor

规整、格式规范等方面进行综合评价,考查课程学习目标的达成度,并在批改之后及时给予研究生正向反馈。

### 3 教学改革实施效果评价与讨论

为了评价课程改革研究成效,教学团队在课程结业时对近 5 年选修本课程的研究生进行跟踪调研,结果如图 2-4 所示。

从图 2 可以看出,92%以上的研究生对本课程的整体满意度评价较高,说明课程教学改革获得了大多数研究生的认可。

图 3 展示的是近 5 年研究生的课程参与程度,主要以研究生课堂提问次数和互动次数作为参考依据,并以每 10 名同学课程提问和互动的总次数作为参考指标(即第一年课程中每 10 人有 77 次的课程提问和互动次数)。根据图中的数据,可以观察到随着教学改革的逐年推进,研究生的课程参与程度整体呈上升趋势,这表明教学团队的课程改革举措是卓有成效的。

图 4 是研究生按照满分 10 分的标准对教学成效分项进行的打分,从图中可以看出,研究生对本课程的各个分项评分均较高,其中研究生对专业素养提升部分评分最高,95%的研究生认为课程有积极的引导作用,有助于促进自身的全面成长。90%以上的研究生对教学形式多样以及自我能力提升评价较好,说明课程改革后,多样化的教学形式能够激发研究生学习动力,促进研究生的能力提升。评教过程中研究生给出评价:“课程教学形式多样,师生互动积极,激发个人思考,培养多种能力,学习氛围浓厚。”“翻转课堂让我们得到很好锻炼,老师点评很有启发性,对今后科研有一定指导意义。”也存在少部分研究生对课程前沿知识讲解这项评价较低,说明研究生希望通过课程掌握更多学科前沿与关键核心技术。

以课程改革为媒介,有效推动校企联合攻关。如在教学实践中有企业技术员反映,黑水虻对于特定物料的转化效率低于预期,研究生经过分析发现是虫体肠道脂肪酶活性偏低导致,随后将这一问题带回学校,在任课教师的指导下设计出一种新的高效产酶工程菌体系,并在企业开展验证实验,最终解决生产实际问题。研究生创新能力得到提升,研究生参与校企联合申报专利 5 项,在 *Waste Management*、*Science of Total Environment* 等刊物发表研究论文 8 篇,有 4 人次获中国“互联网+”生态环境创新创业大赛优秀奖等,11 人次获得企业奖学金。

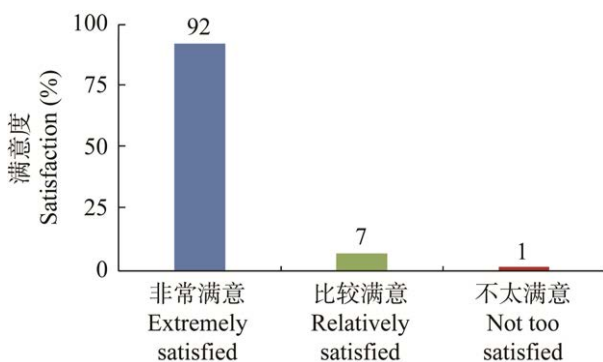


图 2 课程总体满意度评价

Figure 2 Overall satisfaction evaluation of the course.

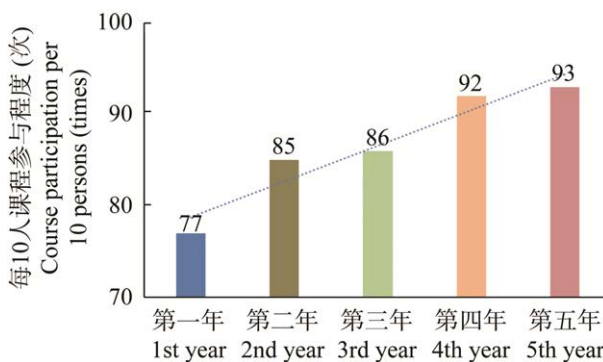


图 3 近 5 年来研究生的课程参与程度

Figure 3 Postgraduate students' course participation over five years.

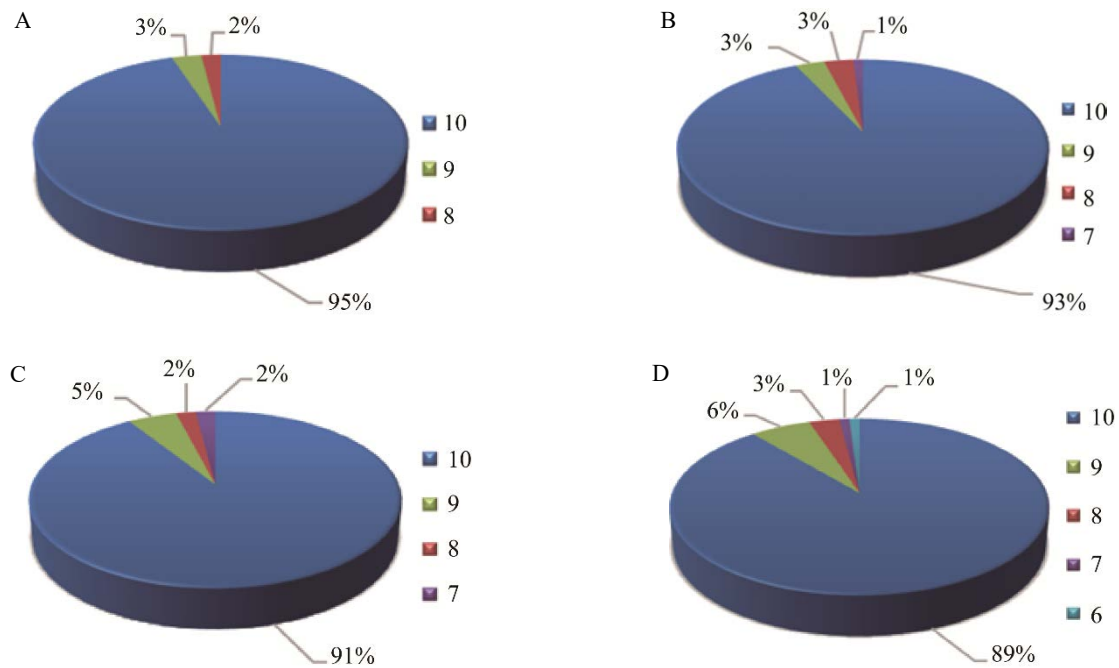


图4 研究生分项满意度评价 A: 对专业素养提升的评价, 课程学习是否对自身价值观、世界观、专业认可度起到积极引导作用; B: 对教学形式多样的评价, 教师是否善于使用多种教学方法、手段和资源; C: 对自身能力提升的评价, 课程学习是否有助于培养自身独立思考、批判性思维和创造性思维能力; D: 对前沿知识讲解的评价, 课程学习是否让自身了解了更多前沿性或应用性知识

Figure 4 Sub-item satisfaction evaluation of postgraduate students. A: Evaluation on the improvement of professionalism, whether the course learning plays a positive role in guiding one's own values, worldview, and professional recognition; B: Evaluation on the variety of teaching forms, whether teachers are good at using a variety of teaching methods, means and resources; C: Evaluation on the improvement of one's own ability, whether the course learning helps to cultivate one's independent thinking, critical thinking and innovative thinking ability; D: Evaluation on the teaching of cutting-edge knowledge, whether the course learning has enabled students to understand more cutting-edge or applied knowledge.

## 4 结语

经过5年的改革实践探索, 教学团队建立起了基于价值驱动、创新驱动, 从而实现导思想、导能力的“双驱双导”研究生课程教学模式, 有效地推动了理论与实践、知识与技能、高校与行业的深度融合。专业素养培养成效显著, 研究生对学科发展历程有了更加深入的掌握, 更加坚定勇攀科研高峰的信念; 逻辑思维、批判思维、创新思维等培养更加全面系统; 自主学习、信息获取、沟通表达、团队协作、解决

问题等能力有较好提升。

同时, 教学团队也认识到, 课程教学改革依然任重而道远, 具有长期性和系统性, 教学内容和授课方法还需要不断地更新和完善来适应学科与社会的不断发展与变化。

## REFERENCES

- [1] 周倩, 吴利刚, 张梁. 研究生教育创新能力培养机制探究[J]. 山西大同大学学报(社会科学版), 2023, 37(6): 126-130.  
ZHOU Q, WU LG, ZHANG L. Exploration of the mechanism for cultivating innovation ability in



- postgraduate education[J]. Journal of Shanxi Datong University (Social Science Edition), 2023, 37(6): 126-130 (in Chinese).
- [2] 新华社. 习近平在全国教育大会上强调坚持中国特色社会主义教育发展道路培养德智体美劳全面发展的社会主义建设者和接班人[J]. 党建, 2018(10): 4-6. Xinhua News Agency. XI JP emphasizes at the national education conference: adhere to the socialist road of education development with Chinese characteristics and cultivate socialist builders and successors with comprehensive development of morality, intelligence, physical fitness, aesthetics and labor[J]. Party Building, 2018(10): 4-6 (in Chinese).
- [3] 刘晶, 孙韬, 黄金海, 彭予心, 王汉杰. “强基计划”背景下生物学实验教学改革: 以“生物学综合设计”课程为例[J]. 生物工程学报, 2022, 38(7): 2655-2664. LIU J, SUN T, HUANG JH, PENG YX, WANG HJ. Reform of biology experiment teaching in the context of “Strengthening Basic Disciplines Program”: taking the course of comprehensive biology design as an example[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2022, 38(7): 2655-2664 (in Chinese).
- [4] 郭雅丽, 任永泰, 邓华玲. 硕士研究生课程设置研究[J]. 研究生教育研究, 2013(3): 47-50. GUO YL, REN YT, DENG HL. A study of the curriculum design for master’s programs[J]. Journal of Graduate Education, 2013(3): 47-50 (in Chinese).
- [5] 胡月. 课程思政在医学院校研究生教育中的“上层设计”与实践方案研究[J]. 南京医科大学学报(社会科学版), 2022, 22(4): 420-424. HU Y. Research on “top design” and practice scheme of curriculum ideological and political education in postgraduate education in medical colleges[J]. Journal of Nanjing Medical University (Social Sciences), 2022, 22(4): 420-424 (in Chinese).
- [6] 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[J]. 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[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2022, 38(12): 4789-4796 (in Chinese).
- [7] 陈花玲, 仇国芳, 王俐, 王琳. 改革研究生课程体系培养研究生创新能力[J]. 学位与研究生教育, 2005(6): 26-29. CHEN HL, QIU GF, WANG L, WANG L. Reforming the curriculum system of graduate students and cultivating their innovative ability[J]. Academic Degrees & Graduate Education, 2005(6): 26-29 (in Chinese).
- [8] 孙东昌. 通过“现代微生物学技术”课程教学培养研究生创新能力的实践[J]. 生物工程学报, 2021, 37(4): 1450-1456. SUN DC. Practice in fostering postgraduates’ creativity through teaching the course of Modern Microbial Biotechnology[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2021, 37(4): 1450-1456 (in Chinese).
- [9] 孙梅好, 丁凌, 吴敏, 杨振曦, 袁熹, 徐丽珊. 化学和生物学双学科核心素养的培养[J]. 生物工程学报, 2022, 38(7): 2665-2670. SUN MH, DING L, WU M, YANG ZX, YUAN X, XU LS. Fostering the chemistry and biology dual-disciplinary core literacy[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2022, 38(7): 2665-2670 (in Chinese).
- [10] 王瑀, 何进, 韩文元, 周颀, 端木德强, 何璟, 樊秋玲, 吴淑可, 徐纬. 基于前沿热点案例的合成生物学教学模式的探索与实践[J]. 生物工程学报, 2022, 38(7): 2639-2648. WANG X, HE J, HAN WY, ZHOU Y, DUANMU DQ, HE J, FAN QL, WU SK, XU W. Exploration and practice of synthetic biology teaching mode based on research frontiers and hotspots[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2022, 38(7): 2639-2648 (in Chinese).
- [11] 杨颖丽, 伍雨娟, 李家雯, 丁艳平, 杨少斌, 于鹏, 郝雪, 王飞. 基于创新能力培养的“人体解剖与动物生理学实验”教学内容的优化[J]. 生物工程学报, 2022, 38(3): 1237-1247. YANG YL, WU YJ, LI JW, DING YP, YANG SB, YU P, HAO X, WANG F. Innovation ability-driven optimization of the experimental teaching of human anatomy and animal physiology[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2022, 38(3): 1237-1247 (in Chinese).
- [12] 程峰, 熊能, 翁春跃, 李树芳, 王亚军. 新工科教育背景下“酶工程”课程教改的探索与实践[J]. 生物加工过程, 2022, 20(3): 342-347. CHENG F, XIONG N, WENG CY, LI SF, WANG YJ. Exploration and practice of teaching reform of “Enzyme Engineering” course under the background of new engineering education[J]. Chinese Journal of Bioprocess Engineering, 2022, 20(3): 342-347 (in Chinese).
- [13] 罗尧成. 我国研究生教育课程体系研究[D]. 上海: 华东师范大学博士学位论文, 2005. LUO YC. Research on program of graduate education in China[D]. Shanghai: Doctoral Dissertation of East China Normal University, 2005 (in Chinese).

- [14] 吴春发, 肖娜. “环境污染的生物修复”课程教学改革探索与实践[J]. 生物工程学报, 2022, 38(12): 4838-4849.  
WU CF, XIAO N. Exploration and practice on the teaching reform of “Bioremediation of Environmental Pollution”[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2022, 38(12): 4838-4849 (in Chinese).
- [15] 许国超, 窦哲, 倪晔, 郑璞. 新工科背景下生物催化工艺学教改的探索和实践[J]. 广州化工, 2021, 49(12): 232-234.  
XU GC, DOU Z, NI Y, ZHENG P. Practice on course reform of biocatalysis technology under the background of new engineering[J]. Guangzhou Chemical Industry, 2021, 49(12): 232-234 (in Chinese).
- [16] 史影, 章骥, 史锋, 赵小立, 江辉, 应颖慧. 生物化学实验线上线下混合式教学建设与实践[J]. 生物工程学报, 2023, 39(3): 1260-1268.  
SHI Y, ZHANG J, SHI F, ZHAO XL, JIANG H, YING YH. Development of an on-line and off-line blended teaching practice for Biochemistry Experiments[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2023, 39(3): 1260-1268 (in Chinese).
- [17] 陈桂玲, 张晓, 张玉然, 朱友双, 常允康. 生物工程专业课中融入思政元素的教学探讨: 以酶工程为例[J]. 生命的化学, 2020, 40(10): 1879-1883.  
CHEN GL, ZHANG X, ZHANG YR, ZHU YS, CHANG YK. Exploration of curriculum ideological and political education in Biological Engineering curriculum: take Enzyme Engineering as an example[J]. Chemistry of Life, 2020, 40(10): 1879-1883 (in Chinese).
- [18] 史金铭, 滕春波, 隋广超, 薛哲勇, 张昉, 宋兴舜, 李晓岩. 生物化学与分子生物学本研教学一体化探索与实践[J]. 生物工程学报, 2023, 39(2): 780-789.  
SHI JM, TENG CB, SUI GC, XUE ZY, ZHANG Y, SONG XS, LI XY. Practices of integrating the undergraduate and graduate teaching of Biochemistry and Molecular Biology[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2023, 39(2): 780-789 (in Chinese).
- [19] 蒲清平, 何丽玲. 高校课程思政改革的趋势、堵点、痛点、难点与应对策略[J]. 新疆师范大学学报(哲学社会科学版), 2021, 42(5): 105-114.  
PU QP, HE LL. The trends, dilemmas and strategies of the ideological and political education reform[J]. Journal of Xinjiang Normal University (Edition of Philosophy and Social Sciences), 2021, 42(5): 105-114 (in Chinese).
- [20] 韩磊, 许发磊, 黄陈蓉. 新时代教育评价的技术思考与改革实践[J]. 现代教育科学, 2022(3): 7-12, 20.  
HAN L, XU FL, HUANG CR. Technical thinking and reform practice of educational evaluation in the new era[J]. Modern Education Science, 2022(3): 7-12, 20 (in Chinese).
- [21] 张大良. 提高人才培养质量做实“三个融合”[J]. 中国高教研究, 2020(3): 1-3.  
ZHANG DL. Improving the quality of personnel training, and realizing three integrations[J]. China Higher Education Research, 2020(3): 1-3 (in Chinese).
- [22] 倪贺, 范瑞芳, 尹亮, 王宇涛, 陈建芳. “新工科”背景下“生物分离工程”课程创新改革[J]. 生物工程学报, 2022, 38(4): 1612-1618.  
NI H, FAN RF, YIN L, WANG YT, CHEN JF. Reform of the bio-separation engineering curriculum under the context of “Emerging Engineering Education”[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2022, 38(4): 1612-1618 (in Chinese).

(本文责编 陈宏宇)