

# “微生物学”一流课程教学改革与实践

周丽<sup>#</sup>, 曹钰<sup>#</sup>, 张玲, 陈献忠, 李华钟, 段作营<sup>\*</sup>

江南大学生物工程学院, 江苏 无锡 214122

周丽, 曹钰, 张玲, 陈献忠, 李华钟, 段作营. “微生物学”一流课程教学改革与实践[J]. 微生物学通报, 2023, 50(5): 2265-2279.

ZHOU Li, CAO Yu, ZHANG Ling, CHEN Xianzhong, LI Huazhong, DUAN Zuoying. Teaching reform and practice of the first-class course Microbiology[J]. Microbiology China, 2023, 50(5): 2265-2279.

**摘要:** “微生物学”课程是酿酒工程、生物工程、生物技术等专业的必修课程, 也是一门重要的专业核心课程。基于培养具有科学探究能力的创新型人才的教学目标, 我们教学团队深入改革“微生物学”课程, 建设一流本科课程。通过贯彻“以学生为中心”和“科研反哺教学”的教学理念, 深入挖掘课程育人价值, 开展课程思政建设工作, 建设慕课(massive open online course, MOOC)平台“微生物学”课程线上教学全套资源, 构建“夯实基础-解构问题分析训练-研讨课”的教学模式, 改进学生学习模式, 改革学习过程评价体系, 以及指导学生参加科创竞赛等教学改革实践, 全面提高学生的科学探究能力, 为社会储备具有科学探究能力的创新型人才, 为工科院校建设一流课程提供借鉴。

**关键词:** 微生物学; 一流课程; 在线教学平台; 工科院校; 科学探究能力

## Teaching reform and practice of the first-class course Microbiology

ZHOU Li<sup>#</sup>, CAO Yu<sup>#</sup>, ZHANG Ling, CHEN Xianzhong, LI Huazhong, DUAN Zuoying<sup>\*</sup>

School of Biotechnology, Jiangnan University, Wuxi 214122, Jiangsu, China

**Abstract:** Microbiology is a compulsory course and a core professional course for brewing engineering, bioengineering, biotechnology and other majors. To meet the teaching goal of cultivating innovative talents with scientific inquiry ability, the teaching team has deeply reformed the course of Microbiology and built a first-class undergraduate course. The team

资助项目: 江南大学本科教育教学改革研究重点项目(JG2017015)

<sup>#</sup>对本文贡献相同

This work was supported by the Key Project of Undergraduate Education and Teaching Reform of Jiangnan University (JG2017015).

<sup>#</sup>These authors contributed equally to this work.

<sup>\*</sup>Corresponding author. E-mail: duanzzy@jiangnan.edu.cn

Received: 2022-07-12; Accepted: 2022-08-29; Published online: 2022-11-04

comprehensively improved students' scientific inquiry ability through implementing the concept of student-centered teaching and scientific research back-feeding teaching, exploring the educating value of the curriculum, carrying out the ideological and political education, building a full set of online teaching resources at Massive Open Online Courses (MOOCs), constructing the teaching mode of foundation consolidation-training of problem analyzing and solving ability-symposium, improving students' learning mode, reforming the system for evaluating the learning process, and guiding students to participate in the science and technology innovation competition. This practice could foster innovative talents with scientific inquiry ability for the society and provide reference for constructing first-class courses in engineering colleges and universities.

**Keywords:** Microbiology; first-class course; online teaching platform; engineering colleges and universities; scientific inquiry ability

第四次工业革命在全球范围内深刻改变着全社会的产业结构、生产方式,人类社会从工业经济向知识经济时代转型,创新性知识与技术的创造与聚合逐步成为经济增长与社会进步的核心动力<sup>[1]</sup>。科技竞争成为国家间竞争的焦点,自主创新能力已经成为国家竞争力的决定性因素<sup>[2]</sup>,也是提升产业技术水平的关键<sup>[3]</sup>。同时,科技普及化成为社会发展的必然趋势,需要储备大量创新型科技人才后备军。

工科院校所涉及的专业领域以技术为核心,是前沿科学技术的开拓者和培养自主创新型人才的重要基地,其人才培养的质量对推动科技进步和工业发展具有重要的作用。培养学生的工程应用技能是工科院校人才培养的基本要求,不断提高学生的科学探究能力则是提高学生自主创新性的核心。科学探究能力包括:发现科学问题、设计解决方案、进行科学实验、合理进行科学解释、搜集科学信息和必要的科学反思能力<sup>[4]</sup>,即科学研究过程中所需要的各种能力。培养具有科学探究能力的创新型人才,体现了“两性一度”的教学标准(高阶性、创新性和挑战度),有利于推动自主创新成果的产出,使得我国从教育大国向教育强国迈进,从科技

大国向科技强国迈进<sup>[1,5]</sup>。

教育部《关于一流本科课程建设的实施意见》指出,课程是人才培养的核心要素,课程质量直接决定人才培养质量。拓展教学资源、推进课程改革创新、实施科学课程评价、以创新的培养理念对学生进行引导教学,是工科院校建设一流课程的必由之路。“微生物学”课程依托江南大学生物工程学院“轻工技术与工程”国家“双一流”建设学科,是一门重要的专业核心课程,也是一门实践性与应用性很强的课程,学生对基本理论的理解和实验技能的掌握程度,在一定意义上决定着人才培养的质量。基于培养具备科学探究能力的创新型人才、建设“微生物学”一流本科课程的目标,教学团队在原有江苏省精品课程的基础上理顺实践思路,凝练教学改革目标,开展有的放矢地探索,完成了“微生物学”这一生物工程学院本科专业教学中极为重要的教学改革任务。改革取得了很好的效果,课程获批成为2018年江南大学在线开放课程及2021年江苏省一流本科线下课程。本文就相关“微生物学”课程教学理念、课程思政建设、网络教学平台建设、教学模式和学生学习模式改革、课程评价方式改革以及改革效果等进行探讨。

## 1 以学促教，贯彻“以学生为中心”和“科研反哺教学”的教学理念

传统的教学方式注重知识的传授，缺乏对学生知识应用能动性和创新性的培养。本课程坚持课程育人价值，贯彻“以学生为中心”的教学理念。在传授知识的基础上，通过建设教学资源、多元化教学方式和考核方式、改进学生学习方式、组织学生参加学科竞赛等教学改革实践，培养学生全方面的科学探究能力，避免“一考定乾坤”。同时，教学团队真正关心学生的成长，考虑学生个体之间的差异，分级开展教学，平衡学生全面发展和个性化成长之间的关系，让科研型人才、创业型人才等不同类型的学生能够获得相应的教育机会和教育资源。深入挖掘课程思政资源，不断引导学生热爱家人、老师、同学，热爱党、国家和社会，热爱

学习、专业，热爱生活，培养全方位的兴趣爱好和能力，重视塑造学生健全的人格，落实立德树人的根本任务，培养德才兼备的社会主义接班人，实现知识传授、能力培养和价值塑造的三位一体<sup>[6]</sup>(图1)。另外，课程团队老、中、青，传、帮、带，定期组织学习和研讨，及时解决课程教学遇到的问题，全体教师在教学全过程甚至课程教学完成之后，关注每一位学生的全方面发展和成长，实现三全育人(全员育人、全程育人、全方位育人，图1)。

“微生物学”是一门实践性和应用性很强的课程，教学团队充分将教学与科研相结合，教研相长，以科研反哺教学，全面培养学生的科学探究能力(图2)。例如，在教学过程中，将生物化学、简单的生物信息学和分子生物学等相关学科知识(如基因的检索、结构分析，基因的克隆、表达等)有机整合、融会贯通，不仅提高

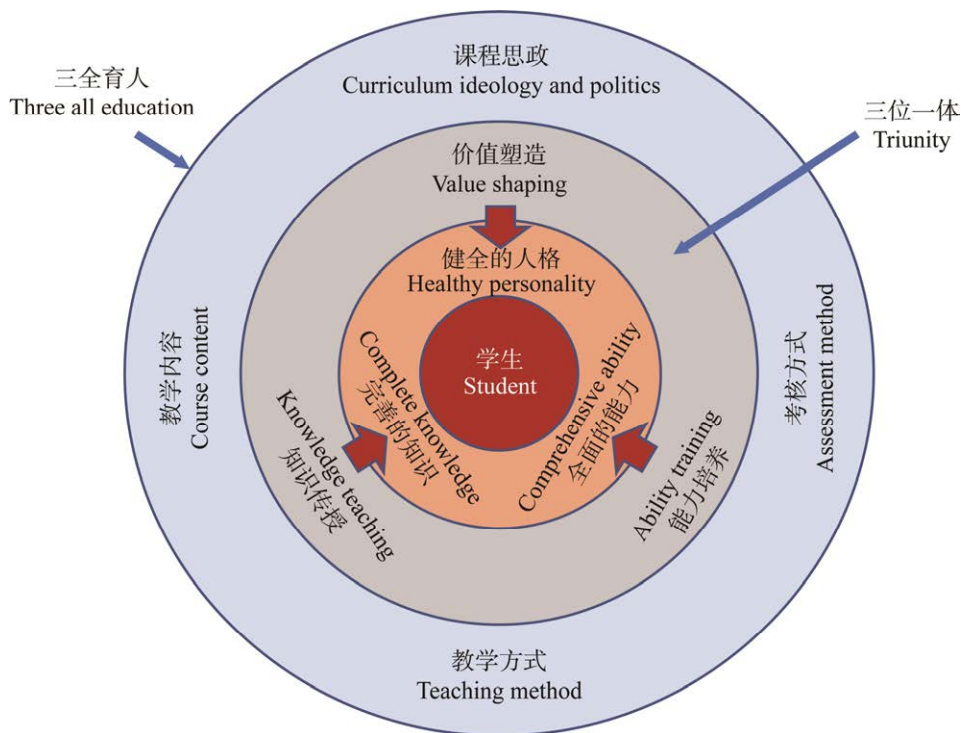


图1 “以学生为中心”的教学理念

Figure 1 The “student-centered” teaching notion.

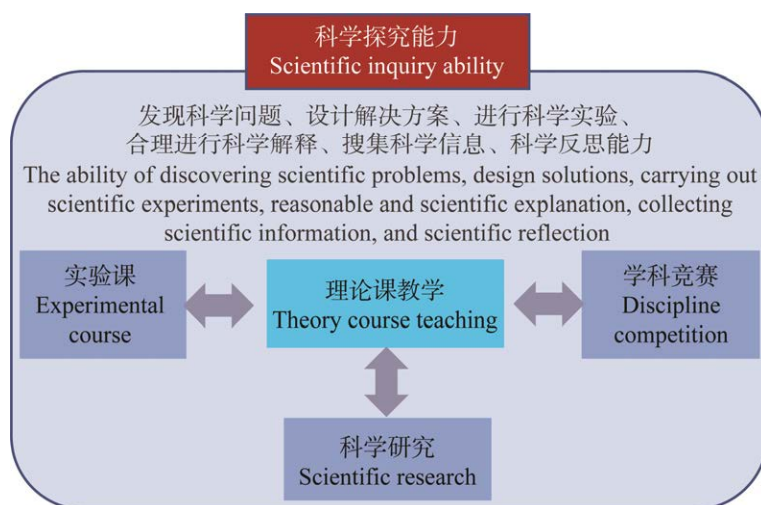


图2 “科研反哺教学”的教学理念

Figure 2 The teaching notion of “scientific research back-feeding teaching”.

学生的学科交叉学习的能力，也能激发任课教师的科研灵感，提升学术水平。同时，将教师的科研成果进行梳理、归纳和重组，引入授课内容，引导学生介入知识探索、理解和发现过程中，灵活掌握和运用所学知识。此外，通过实验课、学科竞赛等实践环节强化对理论教学知识的理解和运用，训练学生的科学思维，全面提高学生的科学探究能力。从观念上转变对教学和科研关系的认识，寻求教学与科研共同发展、相互促进、有效契合。

## 2 以励促学，挖掘课程的立育人价值

学生进入高校后，在高中阶段紧绷的学习神经突然松懈下来，懈怠思想泛滥，迷茫、没有目标，存在学习兴趣低、学习主动性差的问题，根本原因是缺乏学习的内驱力。我们课程团队深入挖掘课程思政资源，从“微生物学”经典科学史事件及推动生物产业、服务绿色发展等方面为切入点，构建课程思政教学大纲和教案，融入大量的科学研究案例等思政资源，充

分体现新时代中国特色社会主义思想(表1)。通过补充和讲述生命科学领域的诺贝尔奖故事，如幽门螺杆菌导致胃溃疡的发现，让学生体验知识与技术的创造过程，培养学生实事求是的科学态度、勇于面对挑战的精神和崇高的敬业奉献精神；通过讲解我国生物工程产业中的“卡脖子”问题，如研发具有自主知识产权的优良菌株问题<sup>[7]</sup>，培养学生的爱国主义情怀和工匠精神，树立创新思维理念；通过讨论各种遗传改造带来的科研伦理问题，如在充分理解技术风险的基础上探讨涉及食品类的微生物遗传改造风险和收益<sup>[8]</sup>，帮助学生树立正确的人生观和价值观；通过分小组协作完成实验操作，培养学生组织分工、相互协作、团队精神、大局观等意识。通过在线拓展阅读、案例分析、课堂讲授、线上线下讨论等形式触发思政相关“触点”，实现思政元素与专业知识的有机、有效、有义融入。通过课程思政教学，不断增强学生科学探究的意识及内驱力(包括认知内驱力、自我提高内驱力和附属内驱力<sup>[9]</sup>)，帮助学生树立“终身学习”的理念，使学生从“要我学”转变为“我要学”，促进“有意义学习”，辅助提高学习效果。

表 1 微生物学课程思政元素(部分示例)

Table 1 Ideological and political in Microbiology (partial samples)

章节	思政融入的内容	思政元素
Chapter	Ideological materials	Ideological element
第一章 绪论 Chapter 1 Introduction	中国古代劳动人民应用微生物的记载;巴斯德、柯赫等早期微生物学家对微生物学的贡献;青霉素的发现 Records of applications of microbes in ancient China; The contributions of early microbiologists to Microbiology like Pasteur and Koch; The discovery of penicillin	融入民族精神和文化自信、坚韧不拔的科学探究精神、责任与使命、传承与创新等元素,帮助学生树立正确的世界观、人生观和价值观,培养学生人文社会科学素养 Integrate the national spirit and cultural confidence, indomitable scientific inquiry spirit, responsibility and mission, inheritance and innovation and other elements; To help students establish a correct world outlook, outlook on life and values; cultivate students' humanities and social science literacy
第二章 微生物的形态与分类 Chapter 2 Morphology and classification of microorganisms	幽门螺杆菌的发现;覃重军教授团队构建了仅具有 1 条染色体的酵母菌;新型冠状病毒的大流行、朊病毒的发现 The discovery of Helicobacter pylori; Professor Qin Zhongjun's team constructed yeast cells with only one chromosome; The pandemic of COVID-19 and the discovery of prion	融入批判性思维、人类命运共同体、社会责任感等元素,培养学生实事求是的科学态度、勇于面对挑战的精神、创新精神和崇高的敬业奉献精神 and 科学素养以及“四个自信” Integrate critical thinking, a community with a shared future for mankind, social responsibility and other elements; To cultivate students' scientific attitude of seeking truth from facts, the courage to face challenges, innovative spirit, lofty dedication and scientific literacy, and the "four confidence"
第三章 微生物的营养与生长 Chapter 3 Nutrition and growth of microorganisms	不同营养类型的微生物在资源开发、环境保护、工业生产中的作用;微生物生长曲线对发酵工业的指导意义;根据实际情况采取适宜的微生物生物量测定方法 The role of different nutritional types of microorganisms in resource development, environmental protection, and industrial production; The guiding significance of the microbial growth curve to the fermentation industry; Appropriate microbial biomass measurement adopted according to the actual situation	融入以人为本、科学精神、生产力标准等元素,引导学生形成科学思维和自由探索意识,提倡批判、不断创新进取的精神 Integrate people-oriented, scientific spirit, productivity standards and other elements; Guide students to form scientific thinking and free exploration consciousness, and advocate the spirit of criticism, continuous innovation and enterprising spirit
第四章 微生物的代谢调节 Chapter 4 Metabolic regulation of microorganisms	微生物发酵取代不可再生化学合成法的意义;细胞经济学原则与发酵工业追逐“三高”的对立统一;我校张伟国教授关于代谢调控选育氨基酸高产菌种的研究 The significance of replacing the non-renewable chemical synthesis method by microbial fermentation; The unity of opposites between the principles of cell economics and the fermentation industry pursuit of "three heights"; The study of metabolic regulation for breeding amino-acid production strains by Professor Zhang Weiguo of our University	融入可持续发展、科学精神、以人为本等元素,培养学生创新与辩证思维 Integrate the sustainable development, scientific spirit, people-oriented and other elements; To cultivate students' innovation and dialectical thinking
第五章 环境因子对微生物生长及代谢的影响	我国开发及应用极端微生物的案例;有害微生物的防治;抗生素的作用机制与细菌的耐药性	融入物质文明、以人为本、科学精神、职业道德等元素,培养学生的自由探索意识、辩证思维、社会责任感,能够遵守职业道德和规范,履行责任

(待续)

(续表 1)

章节 Chapter	思政融入的内容 Ideological materials	思政元素 Ideological element
Chapter 5 Effects of environmental factors on microbial growth and metabolism	Case of development and application of extremicroorganisms in China; Control of harmful microorganisms; The functional mechanism of antibiotics and the drug resistance of bacteria	Integrate the material civilization, people-oriented, scientific spirit, professional ethics and other elements; Cultivate students' consciousness of free exploration, dialectical thinking, social responsibility; Be able to abide by professional ethics and norms, and fulfill their responsibilities
第六章 微生物菌种的选育 Chapter 6 Selection and screening of microbial strain	我校诸葛健教授筛选高产甘油菌种及产业化的研究; 研发具有自主知识产权的优良菌种问题; 涉及食品类的微生物遗传改造风险和收益 Selection of high-yield glycerol strains and the industrialization by Professor Zhuge Jian of our University; Research and development of excellent bacteria with independent intellectual property rights; The risks and benefits of microbial genetic modification involved in food products	融入科学技术现代化、生产力标准、物质文明、中国梦、大国工匠、法治、健康中国等元素, 树立创新思维及科技为人类造福的理念, 培养学生的社会责任感, 使学生能够基于工程背景知识进行合理分析、评价专业工程实践和复杂工程解决方案对社会、健康、安全、法律及文化的影响, 能够在工程实践中理解并遵守工程职业道德和规范, 履行责任 Integrate science and technology modernization, productivity standards, material civilization, the Chinese dream, big country craftsmen, rule of law, healthy Chinese elements; Set up the concept of innovative thinking and technology for the benefit of human; Cultivate students' sense of social responsibility; Make students could reasonably analyze and evaluate the impact of professional engineering practice and complex engineering problem solutions on society, health, safety, law, and culture based on engineering background knowledge; Make students can understand and abide by engineering professional ethics and norms in engineering practice, and fulfill their responsibilities
第七章 微生物的生态与环境保护 Chapter 7 Microbial ecology and environmental protection	我国的微生物资源分布; 生态平衡与生物多样性; 利用微生物治理环境污染及我国在环境污染治理方面的成效 Distribution of microbial resources in China; Ecological balance and biodiversity; Using microbes to control environmental pollution and the achievements in environmental pollution control in China	融入爱祖国、爱家乡、生态文明、和谐、平等、法治等元素, 使学生能够理解和评价针对复杂工程问题的工程实践对环境、社会可持续发展的影响并具有人文社会科学素养、社会责任感 Integrate the elements of love for the motherland, love for hometown, ecological civilization, harmony, equality, the rule of law and so on, so that students can understand and evaluate the impact of the engineering practice for complex engineering problems on the sustainable development of the environment and society, and have the humanities and social science literacy and social responsibility
专题研讨 Symposium	微生物学前沿研究案例研讨 Case discussion of frontier research in Microbiology	融入国际视野、创新思维、集体主义、团队合作、沟通与协作、友善、平等、公正、终身学习等元素, 使学生具有自主学习和终身学习的意识, 有不断学习和适应发展的能力, 能够在团队中承担个体、团队成员及负责人的角色, 能够就复杂工程问题与业界同行及社会公众进行有效沟通 and 交流, 包括撰写报告、陈述发言、清晰表达或回应指令, 并能够在跨文化背景下进行沟通和交流 Integrate the international vision, innovative thinking, collectivism, teamwork, communication and cooperation, friendliness, equality, justice, lifelong learning elements; Make students have the consciousness of independent learning and lifelong learning; Have the ability of continuous learning and adapt to the development; Can assume the role of individual team, team members and head; Able to effectively communicate with peers and the public on complex engineering issues, including writing reports, presentations, clearly expressing or responding to instructions, and can communicate in a cross-cultural context

### 3 以建促学, 建成慕课平台“微生物学”课程

近几十年来, 生命科学领域发展迅猛, 知识更新速度异乎寻常地快速。原有“微生物学”课程教学资源和网络资源不能为学生提供充分的学习资料和与时俱进的前沿科技知识, 不能满足培养学生科学探究能力的需求。为了培养学生的科学思维, 加强学生自主学习能力和提升学生的专业技能, 教学团队在原有江苏省“微生物学”精品课程的基础上, 对教学资源进行梳理和扩充, 全面建设了“微生物学”教学资源。

在梳理“微生物学”课程体系、充分开展教学设计的基础上, 修订和升级课程教学课件, 新增最新学科发展前沿知识, 尤其是本校前沿科创成果, 围绕“有用”和“有趣”两方面拓展课程教学资源, 满足学生差异化的学习需求。建设了慕课(massive open online course, MOOC)教学平台“微生物学”课程网站(<https://mooc1.chaoxing.com/course-ans/ps/215827757>), 开展网络教学资源的更新和升级建设及教学资料、自主学习资源的建设工作。例如, 制作覆盖全程的教学视频(60个, 总时长830余分钟), 为名师教学录像。制作多媒体课件、非视频资源127个, 兼顾生动形象、信息量大、知识点丰富的特征。建设了课程试题库, 总量约380条, 围绕相近相连的“知识点群组”设置不同难度、不同类型的题目, 分为知道、理解、应用3个层级, 实现学生从记忆概念到理解分析的深入学习, 逐步锤炼解决实际问题的综合能力。通过网站制作和发布作业, 提供往年考试试卷, 构建了网站作业库、试卷库, 可为其他高校“微生物学”课程教学提供参考。此外, 充分利用网络资源全面提高学生的科学探究能力, 通过补充“微生物学”与实验课的优秀英文教学视频链

接, 提高学生学习专业知识的兴趣和专业英语水平; 增加“微生物学文献查阅网站”链接, 提供本学科相关前沿外文期刊查阅网站, 为学生提供科技文献查阅方法和获得前沿科技知识的平台; 补充优秀的科技论文案例, 培养学生科技论文写作技能; 增添“如何做好PPT和学术演讲”相关优秀英文讲座视频链接, 提高学生学术报告制作和交流的技能; 设置“学科前沿讲座”“诺贝尔奖故事”“国际遗传工程大赛(international genetically engineered machine competition, iGEM)作品”等相关模块, 生动形象地引导学生了解本学科前沿科技知识, 开拓视野和思路, 体会科学研究过程的艰辛与成功的喜悦, 树立为科学研究事业而奋斗的理想。

2020年, “微生物学”线上全套教学资源已建设完成, 并已上线江南大学MOOC平台。从2021年起, “微生物学”课程教学增加了网络自主学习环节。生物工程学院2019级和2020级学生通过课程网站积极参与考勤、课前预习、讨论、完成作业等操作。目前, 选课人数491人, 总点击量超过28.9万余次, 反馈效果良好。平台的建设为后疫情时代下培养学生科学创新能力提供了保障。

### 4 以教促学, 训练学生的科学探究思维

学生往往较为适应“灌输式教育”<sup>[10]</sup>, 形成了“死记硬背”和“刷题”等机械式的学习模式<sup>[11]</sup>。这种学生处于被动地位的“教”和“学”的过程不利于启发学生的科学思维, 不利于培养创新型人才<sup>[12]</sup>。教学团队老、中、青结合, 发挥个人所长, 积极改进教学模式并引导学生改进学习模式, 训练学生的科学探究思维, 培养创新型人才, 为基地、面上两类不同水平的班级“量才而授”。

#### 4.1 建立“夯实基础-解构问题分析训练-研讨课”的教学模式

围绕提升科学探究思维这一教学目标，建立了“夯实基础-解构问题分析训练-研讨课”的教学模式(图 3)。第一步：夯实基础，强化基础知识及知识间的连接，理顺知识框架，引导学生自主架构“微生物学”知识网络和技术体系，达到强化“有意义学习”<sup>[13]</sup>的效果。第二步：进行解构问题分析训练，将现象转换为科学问题，通过“现象-问题-分析-解释-反馈”的闭环路径进行科学思维训练。例如，用“科赫法则”解读酵母发酵醪液变酸的现象，培养学生提炼和分析、解决科学问题的能力。第三步：根据基地和面上班基础和要求的差异，分级开展“研讨课”教学。基地班开展“专题研讨”课程，通过文献调研，全面掌握相关专题的研究进展，侧重新知识和新进展的追踪；面上班开展“文献汇报”课程，精读 1 篇文献，进行案例教学分析，在解读文献过程中把握研究思路(图 4)。教师在课前进行 1-2 次辅导，提出思考问题引导学生

对相关领域进行深入思考和学习，并给予修改建议，严格控制报告质量，报告内容修改达到要求后方可进行正式汇报，确保学生掌握相关技能和知识。正式汇报过程中，通过融入考核的形式充分调动学生积极性，深入讨论相关科技问题，培养学生形成科学思维和创新意识。通过研讨课程，充分激发学生对科学研究的兴趣，培养学生查阅文献、分析总结、交流、汇报和团队协作等科学探究必备的能力。“夯实基础-解构问题分析训练-研讨课”的教学模式充分体现学生主体作用，灵活机动，有利于训练学生的科学探究能力和培养创新型人才，为学生在科研工作中创造新知识打下坚实的基础。

#### 4.2 激发主体，改进学生学习模式

“微生物学”课程教学过程中积极引导改进学习方法，充分体现学生主体作用，实现个体主动学、团队共学、生生互学，形式灵活机动，不受限于课堂、线上、课后、小组(图 5)。例如，让学生负责讲解课程中的一个知识点，倒逼学生课前预习，给学生展现自己、提高表

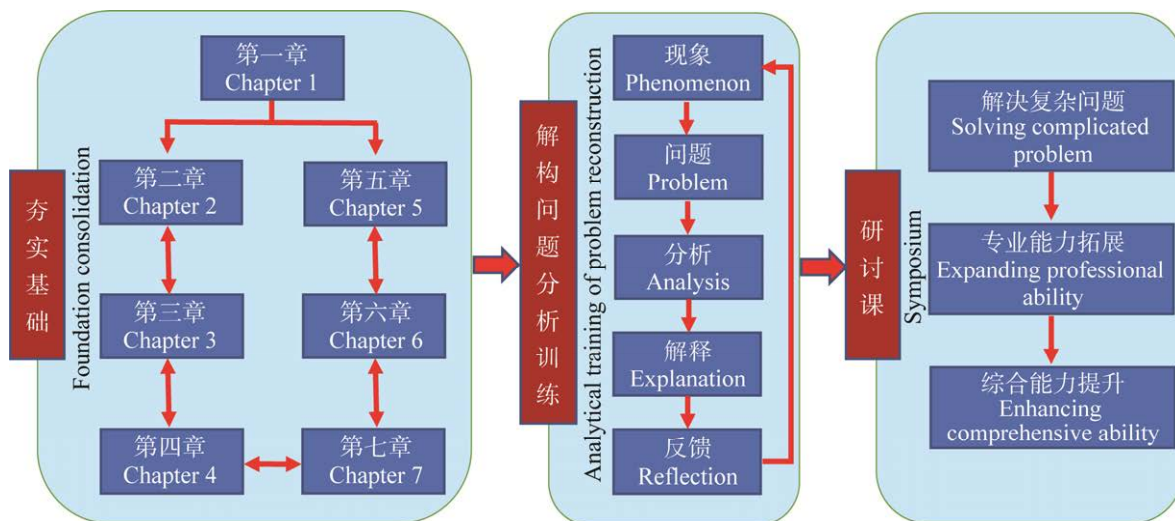


图 3 “夯实基础-解构问题分析训练-研讨课”教学模式

Figure 3 The teaching mode of foundation consolidation-analytical training of problem reconstruction-symposium.



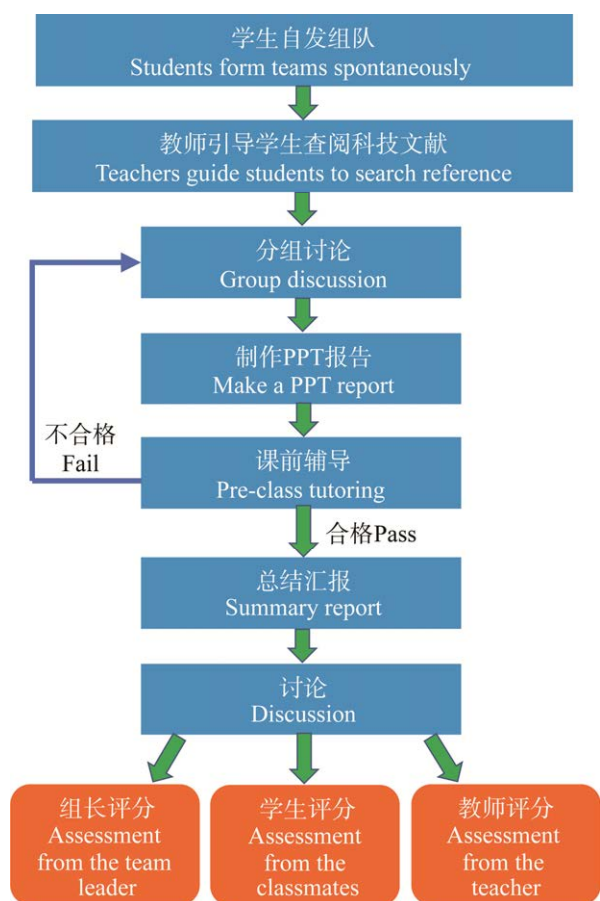


图4 研讨课教学过程

Figure 4 The teaching process of symposium.

达能力的机会, 提高学生学习兴趣和主动性及课堂活跃度。此外, 组织学生参与MOOC平台“微生物学”课程试题库的建设, 通过“共建”来推进“学”和“思”的落地。让学生能够主动查阅资料、深入思考, 充分发挥学生的自主性和创造性, 同时教师严格把控入库的试题质量, 引导学生融会贯通。再如, 设置课堂小组讨论、研讨课等教学环节, 通过随机提问、组内生生互评等方式严格把控评分标准, 培养学生相互合作的精神, 帮助学生建立“合作学习”模式。通过改进学生的学习模式, 引导学生体验知识产生的过程, 由“接受式学习”向“发现式学习”<sup>[14]</sup>的学习方式转变, 培养学生独立思考的能力, 不断提升学生的学习能力, 为未来开展科学研究、工作打下基础。

## 5 以评促学, 综合评价学习过程与效果

“一考定乾坤”式的考核方式不能全面评价学生的学习过程和能力<sup>[15]</sup>。我们教学团队探索“微生物学”课程过程性成绩评定方式, 同时侧

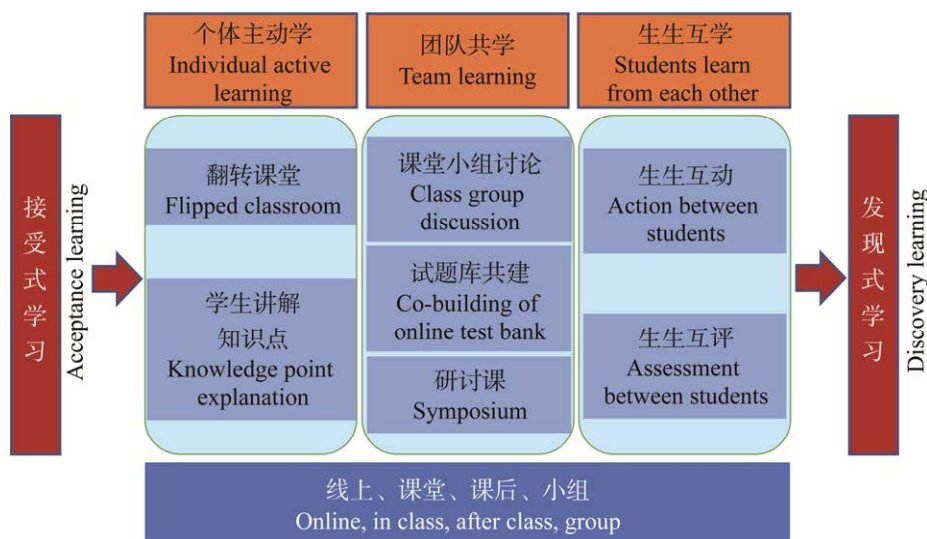


图5 学生学习模式改革

Figure 5 Reform of student learning mode.

重学生综合科学素养的考核,将学习态度、学习能力和考试成绩相结合,更客观、全面地评价学习效果(表2)。“研讨课”环节重点考核学生查阅文献、分析总结、创新思维、沟通、表达和团队协作等能力。增加组长评价和学生互评成绩,充分赋予组长和学生权利,充分调动每一位学生的学习参与度,避免了以教师为唯一评价标准,更加客观地评价学生平时表现。“研讨课”成绩占总成绩的比例达到20%,充分体现学生的科学探究思维水平。同时,通过MOOC教学平台“微生物学”课程网站布置每章课后作业或进行当堂测验,及时督促学生复习并检验

学生平时的学习效果。作业和测验成绩占总成绩的20%,达到加强过程性成绩评定的作用。最后,改革期末考试(60分)题目类型,增加与生产、生活相关题目的比例不低于30%。除考核学生理论知识学习效果外,更侧重考核学生应用理论知识解决实际问题的能力,全面评价学生科学探究能力。

## 6 教学改革成效

### 6.1 课程考核,达成课程目标

根据“工程教育认证标准”评价体系,匹配“微生物学”课程在课程体系与毕业要求关联度

表2 课程考核成绩构成

Table 2 Composition of the results of course assessment

考核项目		成绩组成	评分标准	成绩权重	
Assessment project		Composition of achievement	Criteria of assessment	Weight of achievement (%)	
				分项权重	过程性成绩评定与期末成绩评定权重
				Weight of subitem	Weight of process performance evaluation and final score assessment
过程性成绩 评定	研讨课 Symposium	组长评分 Assessment from the team leader	组员参与程度 Degree of participation	8	40
Process performance evaluation		学生评分 Assessment from the classmates	报告结构、报告逻辑性、讲解 清晰程度、报告时间控制、回 答问题准确性、报告美观度	6	
		教师评分 Assessment from the teacher	Report structure, report logic, clarity of explanation, report time control, accuracy of answering questions, and report aesthetics	6	
	课程作业及课堂 测验	各章节作业成绩 Homework	作业答案 Homework answer	20	
	Course homework and class tests	achievement of each chapter			
期末成绩评定	期末考试	期末考试成绩	考试卷答案	60	60
Final score assessment	Final examination	Achievement of final examination	Examination answer		
总成绩				100	100
Total					

矩阵中的地位,将其课程目标分解为3部分。课程目标1占考核总成绩的30%(课程作业及课堂测验成绩10%+期末考试成绩20%),通过对微生物的形态结构、生理生化、生长与代谢、生态分布、分类鉴定的学习,学生应能掌握“微生物学”的基本理论和基础知识,了解微生物的基本特性、生命活动规律及其在生物工程和环境保护等方面的应用。课程目标2占考核总成绩的40%(课程作业及课堂测验成绩10%+期末考试成绩30%),通过本课程的学习,学生应理解并掌握“微生物学”研究的基本方法及其原理。课程目标3占考核总成绩的30%(研讨课成绩20%+期末考试成绩10%),通过本课程的学习,学生应基本具备“微生物学”文献查阅和信息获取的能力,了解学科前沿发展,对“微生物学”有浓厚的求知欲和主动学习的兴趣,具有团队合作意识、自主学习能力和创新思维。根据上述3个课程目标,评价过程性成绩与期末成绩,近3年课程目标达成度平均值如图6所示。达成度均高于0.7,表明均已达成了课程目标;课程目标1、2、3达成度分别比改革前提高了6.88%、1.41%和1.44%,反馈出较好的教学效果。“微生物学”课程教学改革实施后,学生反

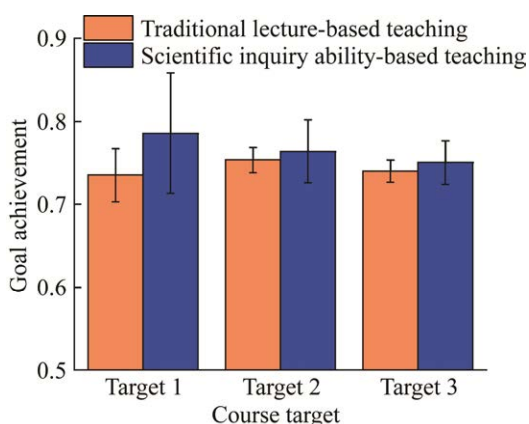


图6 教学课程目标达成度评价

Figure 6 Evaluation of the goal achievement.

映对知识的理解更深入,调研、分析、解决问题的能力得到充分锻炼,实验技能增强,并且具备了一定的科学探究能力和创新意识。团队成员所讲授的该课程均深受学生喜爱,学生评教前5%的学院教师中,本教学团队教师占50%以上,评教成绩多年名列前茅。

## 6.2 以赛促学, 指导学生科创竞赛获奖

“微生物学”理论课程和实验课程给学生打下了“微生物学”专业基础,然而,生物技术前沿理论和技术需要进一步通过科学研究实践进行系统、深入学习<sup>[16]</sup>。教学团队有意识地在教学过程中融入学生学科竞赛成果,提高学生参加学科竞赛项目的兴趣,并积极组织学生参加学科竞赛,检验课程教学效果,全面提高学生科学探究能力。尤其注重参加“国际遗传工程机器大赛”和“全国大学生生命科学竞赛”等科学探究类竞赛,学生需要完成从背景调研、课题设计到开展实验、总结汇报整个科学研究过程,在巩固和检验“微生物学”课程学习效果的同时,充分锻炼了学生查阅文献资料、设计实验、分析问题、解决问题以及写作科技报告、汇报交流等全方面科学探究的能力。例如,“改造枯草芽孢杆菌提高抗菌脂肽表面活性素(surfactin)产量,并将 surfactin 应用于石油3次采油”等3项参赛项目获得了2019年国际遗传工程机器大赛金奖,“构建熊蜂生假丝酵母 CRISPR-Cas9 基因编辑系统调节生产酸型/内酯型槐糖脂”项目获得了2020年的金奖;“基于定向合成单一稀有糖的L-鼠李糖-1-磷酸醛缩酶(L-rhamnulose-1-phosphate aldolase, RhaD)立体选择性机理研究”项目获得了2019年全国大学生生命科学竞赛一等奖,“功能膜微域在七烯甲萘醌转运过程中的作用机制和调控研究”等3项项目获得了2021年的一等奖。参加创新创业型比赛,也进一步锻炼了学生总结、凝练、汇报及交流的能力。例如,“大肠杆菌菌毛缺失

菌株的构建及其应用于PHA和L-苏氨酸的高效生产”等14项项目获得了“全国大学生生命科学创新创业大赛”一等奖。“微生物学”课程学习所覆盖的班级,于2019–2021年参加“国际遗传工程大赛”“全国大学生生命科学竞赛”“挑战杯”

大学生课外学术科技作品竞赛、中国“互联网+”大学生创新创业大赛等国际、国内各类学科竞赛共获奖152项(表3)。学科竞赛获奖及参与科技论文、专利发表的质量和数量呈现提高趋势,表明对学生科学探究能力的培养逐步加强。

表3 学科竞赛获奖统计

Table 3 Statistics of awards in discipline competitions

奖项名称 Awards name	授奖部门 Department	奖励级别 Grade	获奖数量(项) Number of awards			
			2019年 In 2019	2020年 In 2020	2021年 In 2021	3年数量 Number of three years
国际遗传工程机器大赛 International Genetically Engineered Machine Competition	美国麻省理工学院 Massachusetts Institute of Technology	金奖 Gold award	3	1	0	4
		铜奖 Copper award	0	0	1	1
全国大学生生命科学竞赛 The National Life Science Competition for College Students	教育部生物科学类专业教指 委,生物技术、生物工程类 专业教指委,大学程类专业 教指委 The Teaching Committee of Biological Science of the Ministry of Education, The Teaching Committee of Biotechnology and Bioengineering, and The Teaching Committee of University Program	一等奖 First prize	1	0	3	4
		二等奖 Second prize	0	0	1	1
		三等奖 Third prize	2	9	6	17
		优胜奖 Winning prize	1	0	0	1
全国大学生生命科学竞赛江苏省 省赛 The National Life Science Competition for College Students of Jiangsu Province	江苏省动物学会 The Jiangsu Provincial Zoological Society	特等奖 Special award	1	0	2	3
		一等奖 First prize	0	0	2	2
		二等奖 Second prize	3	11	10	24
		三等奖 Third prize	9	11	13	33
全国大学生生命科学创新创业大赛 The National College Students' Life Science Innovation and Entrepreneurship Competition	高等学校生物科学类专业教 指委、国家实验教学示范中 心联席会、《高校生物学教学 研究》 Teaching Index Committee of Biological Science Major, Joint Meeting of National Experimental Teaching Demonstration Center, and Research on Biology Teaching in Colleges and Universities	一等奖 First prize	3	6	5	14
		二等奖 Second prize	3	11	1	15
		三等奖 Third prize	2	4	3	9

(待续)

(续表 3)

奖项名称 Awards name	授奖部门 Department	奖励级别 Grade	获奖数量(项) Number of awards			
			2019年 In 2019	2020年 In 2020	2021年 In 2021	3年数量 Number of three years
“挑战杯”大学生课外学术科技作品 竞赛 “Challenge Cup” Competition of National College Students Extracurricular Academic Science and Technology Works	共青团中央 Central Committee of the Communist Youth League	三等奖 Third prize	1	0	0	1
“挑战杯”江苏省大学生课外学术科 技作品竞赛 “Challenge Cup” Competition of College Students Extracurricular Academic Science and Technology Works of Jiangsu Province	共青团江苏省委 The Communist Youth League of Jiangsu Provincial Party Committee	特等奖 Special prize 二等奖 Second prize 三等奖 Third prize	1 0 0	0 0 0	0 1 3	1 1 3
“挑战杯”江苏省大学生创业计划 竞赛 “Challenge Cup” Competition of College Students’ Entrepreneurial Plan of Jiangsu Province	共青团中央 Central Committee of the Communist Youth League	银奖 Silver award 铜奖 Copper award	0 0	2 1	0 0	2 1
中国国际“互联网+”大学生创新 创业大赛 China International College Students’ “Internet+” Innovation and Entrepreneurship Competition	教育部 Ministry of Education	银奖 Silver award 铜奖 Copper award	1 0	1 0	0 1	2 1
江苏省“互联网+”大学生创新创业 大赛(红色筑梦之旅赛道) College Students’ “Internet+” Innovation and Entrepreneurship Competition of Jiangsu Province (Red Dream Building Tour Track)	江苏省教育厅 Jiangsu Provincial Department of Education	三等奖 Third prize	0	0	1	1
江苏省“互联网+”大学生创新创业 大赛 College Students’ “Internet+” Innovation and Entrepreneurship Competition of Jiangsu Province	江苏省教育厅 Jiangsu Provincial Department of Education	一等奖 First prize 二等奖 Second prize 三等奖 Third prize	1 2 0	0 3 2	0 2 0	1 7 2
全国大学生电子商务“创新、创意及 创业”挑战赛 The National College Students’ E-commerce “Innovation, Creativity and Entrepreneurship” Challenge	江苏省教育厅 Jiangsu Provincial Department of Education	一等奖 First prize	0	1	0	1
总数 Total			34	63	55	152

## 7 总结与反思

“微生物学”课程教学改革实践的主要对象包括江南大学生物工程学院 2017–2019 级基地班、酿酒工程、生物工程和生物技术的多个班级。总体而言,教学改革实践有力支撑了培养具有科学探究能力创新型人才的目标,促进了学生知识与能力的全面提高,学生普遍反馈满意。通过课程建设,“微生物学”课程获批成为 2018 年江南大学在线开放课程和 2021 年江苏省一流本科线下课程,微生物遗传育种学获批 2020 年首批国家级一流本科课程、2021 年教育部课程思政示范课程。在未来建设中,课程将继续跟进国家对工科人才的最新要求,借鉴生物工程领域最新教学和科研成果,培养专业知识扎实、适应未来发展、具有创新思维、全面发展的复合型人才。

### REFERENCES

- [1] 陈劲,王璐瑶. 新时代中国科教兴国战略论纲[J]. 改革, 2019, 304(6): 32-40.  
CHEN J, WANG LY. Outline of the strategy of rejuvenating the country by science and technology in the new era[J]. Reform, 2019, 304(6): 32-40 (in Chinese).
- [2] 徐冠华. 科技竞争成为国家间竞争的焦点[J]. 工程质量, 2006, 24(1): 60.  
XU GH. Science and technology competition has become the focus of competition among countries[J]. Quality of Civil Engineering and Construction, 2006, 24(1): 60 (in Chinese).
- [3] 孟宪棠. 自主创新是提升产业技术水平的关键[J]. 世界标准信息, 2006(3): 17-20.  
MENG XT. Innovation is the key to improve the level of industrial technology[J]. World Standards News, 2006(3): 17-20 (in Chinese).
- [4] 教育学名词审定委员会. 教育学名词[M]. 北京: 高等教育出版社, 2013.  
The Committee for the Examination and Approval of Educational Terms. Nouns in Pedagogy[M]. Beijing: Higher Education Press, 2013 (in Chinese).
- [5] 李明春,牛淑敏,严冰,刁虎欣,刘方. 微生物学科研创新型人才培养的实践与探索[J]. 高校生物学教学研究(电子版), 2012, 2(2): 26-29.  
LI MC, NIU SM, YAN B, DIAO HX, LIU F. Practice and exploration in cultivating scientific research innovation elite of microbiology[J]. Biology Teaching in University (Electronic Edition), 2012, 2(2): 26-29 (in Chinese).
- [6] 王智文,冯远航,朱勇. “三位一体”育人理念在微生物学实验教学中的探索与实践[J]. 微生物学通报, 2022, 49(6): 2378-2387.  
WANG ZW, FENG YH, ZHU Y. The exploration and practice of trinity education concept in the teaching of Microbiology experiment[J]. Microbiology China, 2022, 49(6): 2378-2387 (in Chinese).
- [7] 毕心宇,吕雪芹,刘龙,陈坚. 我国微生物制造产业的发展现状与展望[J]. 中国工程科学, 2021, 23(5): 59-68.  
BI XY, LYU XQ, LIU L, CHEN J. Development status and prospects of microbial manufacturing industry in China[J]. Strategic Study of CAE, 2021, 23(5): 59-68 (in Chinese).
- [8] 曾小美,苏莉,刘亚丰,谢尚县. 合成生物学底盘微生物细胞的应用及其生物安全在创新型本科生培养中的实践[J]. 微生物学通报, 2020, 47(4): 1224-1229.  
ZENG XM, SU L, LIU YF, XIE SX. The practice of application and biosafety of classis microbial cells in the training of innovative undergraduate students[J]. Microbiology China, 2020, 47(4): 1224-1229 (in Chinese).
- [9] 刘立园. 高校工业设计多元内驱力教学研究[J]. 设计, 2016(5): 84-85.  
LIU LY. Teaching research on the multiple driving force of college industrial design[J]. Design, 2016(5): 84-85 (in Chinese).
- [10] 兰天舒,陈素云,林真亭,王玉孝. 情景模拟在“医学微生物学”翻转课堂教学中的应用[J]. 微生物学通报, 2022, 49(4): 1286-1293.  
LAN TS, CHEN SY, LIN ZT, WANG YX. Application of scenario simulation in flipped classroom teaching of Medical Microbiology[J]. Microbiology China, 2022, 49(4): 1286-1293 (in Chinese).
- [11] 王芬,裴会敏. 将哲学原理融入生物信息学教学的探索实践[J]. 大学教育, 2019, 8(12): 55-57.  
WANG F, PEI HM. Exploration and practice of integrating philosophical principles into bioinformatics teaching[J]. University Education, 2019, 8(12): 55-57 (in Chinese).
- [12] 杨新华,陈小丽. 探究式教学与大学生创新创业能力

- 的培养[J]. 创新创业理论研究与实践, 2020, 3(10): 119-121.
- YANG XH, CHEN XL. Inquiry-based teaching and cultivation of college students' innovative and entrepreneurial ability[J]. The Theory and Practice of Innovation and Entrepreneurship, 2020, 3(10): 119-121 (in Chinese).
- [13] 申倩琳, 曾彬. 辨析奥苏贝尔与罗杰斯的有意义学习理论及其启示[J]. 集宁师范学院学报, 2018, 40(5): 89-93.
- SHEN QL, ZENG B. Differentiate and analyses the two meaningful learning theories of Ausubel and Rogers and the Enlightenment[J]. Journal of Jining Normal University, 2018, 40(5): 89-93 (in Chinese).
- [14] 马骥, 曹丹. 发现式学习法、研究式学习法、科学研究在高等医学教学中的应用[J]. 中国中医药现代远程教育, 2020, 18(10): 1-4.
- MA J, CAO D. The application of discovery learning method, research learning method and scientific research in higher medical teaching[J]. Chinese Medicine Modern Distance Education of China, 2020, 18(10): 1-4 (in Chinese).
- [15] 张文雯. “互联网+”背景下形成性评价的应用研究[J]. 教育教学论坛, 2021(6): 29-32.
- ZHANG WW. Study on the application of formative evaluation under the background of “Internet+”[J]. Education Teaching Forum, 2021(6): 29-32 (in Chinese).
- [16] 何进, 唐清, 陈雯莉, 王莉, 端木德强, 金安江. 基于创新能力培养的“微生物学”研究型教学模式探索[J]. 微生物学通报, 2018, 45(3): 635-641.
- HE J, TANG Q, CHEN WL, WANG L, DUANMU DQ, JIN AJ. Exploration of research-oriented Microbiology teaching model based on innovative creativity[J]. Microbiology China, 2018, 45(3): 635-641 (in Chinese).