

# 多维教学资源下的混合式微生物学实验教学创新

陈萍, 苏晓波, 郭晓兰, 冯毅, 戴婷, 余利红, 马文康, 路蕾, 欧阳永长\*

广州医科大学 广州医科大学-中国科学院广州生物医药与健康研究院联合生命科学学院, 广东 广州 511436

陈萍, 苏晓波, 郭晓兰, 冯毅, 戴婷, 余利红, 马文康, 路蕾, 欧阳永长. 多维教学资源下的混合式微生物学实验教学创新[J]. 微生物学通报, 2024, 51(4): 1299-1313.

CHEN Ping, SU Xiaobo, GUO Xiaolan, FENG Yi, DAI Ting, YU Lihong, MA Wenkang, LU Lei, OUYANG Yongchang. Innovation and practice in hybrid teaching of Microbiology Experiment with multidimensional teaching resources[J]. Microbiology China, 2024, 51(4): 1299-1313.

**摘要:** 微生物学实验是高校生物技术等相关专业的核心实践课程, 具有实践性和应用性强的特点, 对学生的高阶创新实践能力培养至关重要。但当前教学存在课程内容抽象繁杂、理论与实践联系不紧密以及学生缺乏持续内驱力等问题, 不能满足新时代对人才培养的要求。为此, 本课程团队以新建微生物学实验课程思政体系为育人基础, 基于现代信息技术自建了多维教学资源环境平台, 以满足个性化学习需求; 通过采用双向互馈的混合式教学方法, 将理论知识与实验相融合, 改革实验内容, 建立了具有探索性质、科教融合的“三独”项目型实验, 并采用全程参与、动态多元多维的评价体系。上述课程改革激发了学生的学习热情和兴趣, 显著提升了学习效果, 培养了学生的高阶实践创新思维能力和综合素质。  
**关键词:** 微生物学实验课程; 教学创新实践; 课程思政; 高阶实践创新思维; 理实共驱动

## Innovation and practice in hybrid teaching of Microbiology Experiment with multidimensional teaching resources

CHEN Ping, SU Xiaobo, GUO Xiaolan, FENG Yi, DAI Ting, YU Lihong, MA Wenkang, LU Lei, OUYANG Yongchang\*

GMU-GIBH Joint School of Life Sciences, Guangzhou Medical University, Guangzhou 511436, Guangdong, China

**Abstract:** Microbiology Experiment is the core practical course of biotechnology and related

资助项目: 教育部产学合作协同育人项目(230803144154108); 广东省 2023 年度教育科学规划课题(2023GXJK442); 广东省“新医科”教指委 2023 年教学改革项目; 广州市教育科学规划 2024 年度课题(202315792)

This work was supported by the University-Industry Collaborative Education Program of Ministry of Education (230803144154108), the Education Science Planning Project of Guangdong Province in 2023 (2023GXJK442), the Teaching Reform Project of Guangdong Province “New Medical Science” Teaching Commission in 2023, and the Education Science Planning Project of Guangzhou in 2024 (202315792).

\*Corresponding author. E-mail: ycouyang@gzhmu.edu.cn

Received: 2023-10-18; Accepted: 2023-12-12; Published online: 2024-02-08

majors in universities, with strong practicality and applicability, and it is crucial for cultivating students' advanced abilities. However, there are several issues in the current teaching approach that do not meet the requirements of talent cultivation in the new era, such as abstract and complex teaching contents, weak connection between theory and practice, and a lack of sustained internal motivation among students. To address these challenges, our course team takes the newly established ideological and political system of Microbiology Experiment as the foundation of education. Leveraging the modern information technology, we have built a multi-dimensional teaching resource platform to meet the needs of personalized learning. By adopting a hybrid teaching method that encourages bidirectional feedback, we integrated the theoretical knowledge with experiments, reformed the experiment contents, and established exploratory project-based experiments requiring independent design, completion, and analysis by students, thus promoting the integration of science and education. Furthermore, we adopted a fully participatory, dynamic, multi-dimensional evaluation system. The above reform measures have stimulated students' enthusiasm and interest in learning and improved their learning outcomes, advanced practical and innovative thinking and abilities, and comprehensive quality.

**Keywords:** Microbiology Experiment; teaching innovation practice; curriculum ideology and politics; innovative thinking for higher order practice; combining theory and practice

在生物技术人才培养的课程体系中,微生物学无疑是最核心的基础课程之一。因微生物学具有实践性、应用性强的特点,我校设立与微生物学理论课程配套的微生物学实验课程共 32 学时,是生物技术等相关专业大二学生必修课,也是专业的核心实践课程<sup>[1]</sup>。在深化“四新”建设、走好卓越拔尖人才自主培养之路的背景下,学生实践创新等高阶能力的培养尤为重要,相应地对微生物学实验课程等实践课程的教学提出了更高要求。因此,本课程团队在教学过程中,通过师生座谈交流、评教评学、问卷调查、经验推断、考试测验分析等方式,对课程的学情进行了系统分析(表 1),梳理出微生物学实验教学面临的一些亟须改革创新的问题。在此基础上,本教学团队从思政课程、教学内容、教学平台、教学方法手段及评价体系出发,进行教学改革尝试,取得了一些教学研究成果。本文对这些教学改革的具体内容和实施效果进行了总结,期望为同行提供一些有益的经验 and 启示,也为生物技术专业的人

才培养提供一些参考和借鉴。

## 1 基于学情分析凝练微生物学实验教学存在的问题

基于对本课程的学情分析(表 1),结合本课程的培养目标完成度,发现本课程亟待解决的主要问题如下。

(1) 课程内容抽象繁杂且课程资源单一,导致内容理解难度高(内容繁杂难学好)。

作为专业基础课,本课程内容丰富,由于微生物个体微小难观察,相对抽象。改革前实验课程的教学理念和模式重基础知识和技巧训练,以传统验证性实验内容为主,教学方式单一,主要是“教师提前准备好实验用品+主讲原理和操作步骤+学生按照小组复现操作”的模式进行教学,在学生知识体系构建中起到的作用较小。而且学生存在个体差异,课程教学资源以教师面授主讲 PPT 为主,难以满足个性化教学需求,直接导致学生主动性和系统性学习能力不强。

表 1 微生物学实验教学的学情剖析

Table 1 Analysis of the learning situation in Microbiology Experimental teaching

课程目标 Course objectives	有利学情 Favorable learning situation	不利学情 Unfavorable learning situation
知识基础 Knowledge foundation	已学习生物化学、细胞生物学等相关课程 Students have taken biochemistry, cell biology and other related courses	刚接触专业课, 对微生物学、无菌操作、生物信息学等相关知识了解甚少, 较难理解抽象内容 Students just contact with professional courses, and the Microbiology, aseptic operation, Bioinformatics and other related knowledge is very little, it is difficult for them to understand the abstract content
基本能力 Basic ability	喜欢应用信息技术辅助学习; 有一定的资料收集、处理及沟通合作能力 Students prefer to use information technology to assist learning; Have certain ability of data collection, processing and communication and cooperation	自主学习主动性不够, 团队合作效能不强; 缺乏结合文献研究、解决复杂问题的能力 Students' self-learning initiative is not enough, and team cooperation efficiency is not strong; Lack of ability to combine literature research and solve complex problems
综合素质 Comprehensive quality	有初步的专业认识, 对科学研究有一定的兴趣, 渴望成才报国 Students have a preliminary professional understanding, have a certain interest in scientific research, eager to become a talent to serve the country	专业成就、自豪感不足, 职业方向不明确, 对科学研究信心不足, 学习驱动力不强 Students are lack of professional achievement and pride, and career direction is not clear, lack of confidence in scientific research, learning motivation is not strong

(2) 理论与实践联系不紧密, 与前沿进展、学科交叉、教师科研工作融合度不足, 导致高阶实践创新能力难培养(高阶能力难培养)。

改革前的课程对理论和实践知识的割裂比较严重, 教师们的科研工作与课程内容的关联性不足, 缺乏与最新科学发展趋势相结合的教学方法, 这使得他们难以将自己的研究成果与课堂教学相融合, 无法为学生们提供更多实际案例和应用场景。同时, 学生们往往只是被动地接受理论知识, 而无法将其灵活运用于实践中, 缺乏深入了解和参与学科交叉的机会。因此, 课程体系亟须调整和改进, 以促进理论知识与实际问题能力的有机结合, 培养学生们的综合素养和创新能力。本课程主要修读对象为大二学生, 解决复杂性、综合性科学问题能力的欠缺将会使学生后续参与科学研究、建立生物学科学研究高阶思维的

过程滞后。

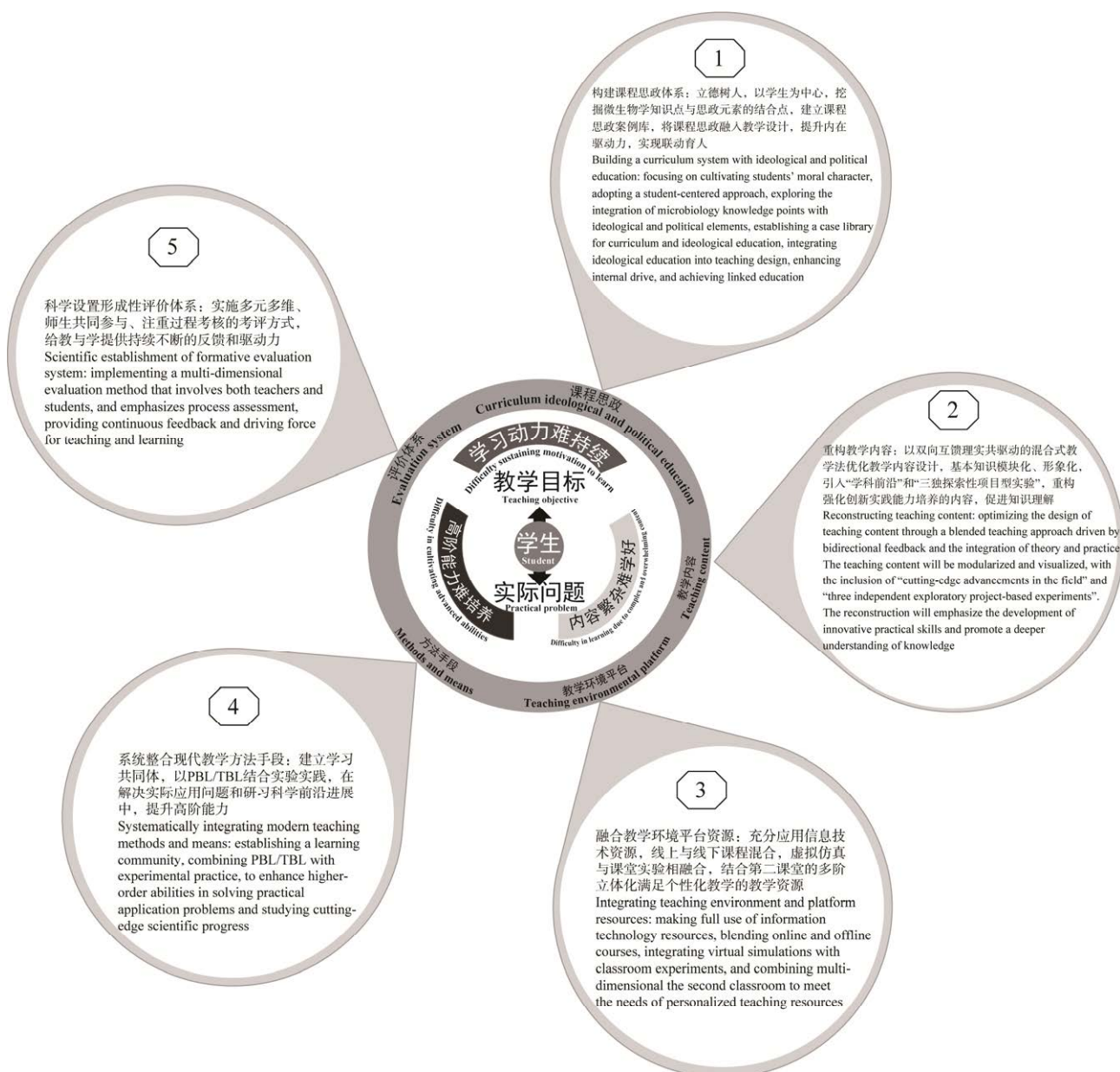
(3) 考评体系相对单一, 缺乏信息化监控教学活动全过程的多元考评, 学生追求高分或及格, 缺乏内驱力, 难以持续增值学习(学习动力难持续)。

改革前的课程评估体系单一, 缺乏多元化的信息技术手段来管控学习的全过程, 学生通过简单重复实验就能完成课程学习, 导致学生注重追求高分绩点或者满足于及格分数, 而忽视了对知识的深入理解和实际应用能力的培养。课程思政教育未形成体系, 学生在课程学习中往往缺乏清晰的目标, 不知道为何学和如何学, 导致专业认同感和归属感不足, 缺乏持续学习的内驱力。

为解决微生物学实验课程教学中存在的上述问题, 本课程团队贯彻立德树人、坚持以学生

为中心的教学理念, 在课程思政育人的引领下, 以实现知识传授、培养学生具有高阶创新能力和素质为教学目标。由问题驱动, 结合本专业的人才培养目标和本校实际<sup>[2]</sup>, 在充分调研文献和兄

弟院校微生物学和微生物学实验教学情况<sup>[1,3-7]</sup>的基础上, 从教学内容、课程思政、教学环境平台、教学方法手段、评价体系 5 个方面进行改革优化与创新(图 1)。



**图 1** 微生物学实验课程改革创新思路 PBL: 基于问题的学习, 一种以学生为中心的教学方法, 学生通过解决开放式问题的经验来学习一门学科. TBL: 以团队为基础的学习, 这是一种将学生分配到长期、多样化的团队来解决复杂问题的教学策略

Figure 1 Ideas for the reform and innovation of Microbiology Experimental course. PBL: Problem-based learning, a student-centered pedagogy in which students learn about a subject through the experience of solving an open-ended problem. TBL: Team-based learning, an instructional strategy that assigns students to long-term, diverse teams to solve complex problems.

## 2 以问题解决为导向的微生物学实验课程教学改革创新举措

### 2.1 构建微生物学实验课程思政体系

以《高等学校课程思政建设指导纲要》为

纲领<sup>[8-9]</sup>,充分调研其他院校的思政课程实施策略<sup>[10-14]</sup>,教学团队成员充分挖掘微生物学实验相关章节知识点与思政元素的结合点,将其融入教学设计的过程中,充分结合授课内容,建立了本课程思政案例素材库(表 2),形成了微生物学实

表 2 微生物学实验课程思政设计

Table 2 Ideological and political design of Microbiology Experimental course

授课内容 Course content	思政材料内容 Ideological and political material content	教学实施策略 Teaching implementation strategy	思政教育目标和高阶能力 Ideological and political education objectives and advanced ability
微生物学实验安全学习 Safe learning in microbial experiments	1. 布鲁氏菌感染事件等实验室安全事故案例 1. Brucella infection and other laboratory safety accident cases 2. 《中华人民共和国生物安全法》 <sup>[15]</sup> 2. Biosecurity Law of the People's Republic of China	线上视频学习和线下授课教师示范 Online video learning with offline teacher demonstrations	实验室安全意识、生物安全道德修养、法律意识和规范实验操作 Laboratory safety awareness, biosafety ethics, legal awareness, and standardized experimental operation
自主三独探索性项目型实验方案设计 Independent three unique exploratory project experimental scheme design	1. 小组协作学习,文献精髓内化为自己的知识体系 1. Group collaborative learning to internalize the essence of literature into their own knowledge system 2. 课堂汇报讨论 2. Class report and discussion	线上线下小组协作学习结合线下翻转课堂 Combined online and offline group collaborative learning and flipped classroom strategy	团队协作意识、归纳总结能力、解决问题能力、思辨能力、科研思维、自主学习、终身学习 Team spirit, summarization skills, problem solving ability, critical thinking ability, scientific research thinking, independent learning, lifelong learning
实验室日常使用管理 Laboratory daily use management	1. 实验仪器的爱惜、维护和规范应用 1. Care for, maintain and standardize the application of experimental instruments 2. 废弃物的分类处理 2. Waste classification and treatment	线上视频学习、教师示范、规范程序、学生专人负责制 Online video learning, teacher demonstration, standardized procedures, student special responsibility system	集体主义、责任心、同理心、生物安全 Collectivism, responsibility, empathy, biosecurity
培养基的制备与灭菌 Preparation and sterilization of medium	1. 无菌技术的产生 1. Generation of aseptic technology 2. 罗伯特·科赫发明固体培养基的事例 2. The case of Robert Koch's invention of solid medium	线上视频学习,线下学生讲解操作步骤和实际操作,教师指导纠正 Online video learning, offline students explain the operation steps and practical operations, teachers guide correction	探索实践的精神、高度的责任心、严谨细致的操作意识 A spirit of practice, high sense of responsibility, strict and meticulous operation awareness

(待续)

(续表 2)

授课内容 Course content	思政材料内容 Ideological and political material content	教学实施策略 Teaching implementation strategy	思政教育目标和高阶能力 Ideological and political education objectives and advanced ability
特定环境微生物的分离与培养 Isolation and culture of microorganisms in specific environments	1. 阎逊初等科学家分离筛选放线菌的案例 1. Yan Xunchu's case of separation and screening of actinomyces 2. 微生物在环境中无处不在 2. Microbes are everywhere in the environment	线下讨论讲解和演示微生物分离操作引入案例和启发样本选择的策略 Offline discussion explains and demonstrates strategies for introducing cases and inspiring sample selection in microbial separation operations	敬畏自然、保护环境；锲而不舍、学业报国精神、个人价值观和发展与国家发展相结合的家国情怀 Respect nature and protect the environment. Perseverance, the spirit of academic service to the country. The combination of personal values and development with the development of the country
菌落形态观察与纯化 Colony morphology observation and purification	1. 革兰氏染色观察中乙醇脱色时间与结果的可靠性 1. Reliability of ethanol decolorization time and results in Gram staining observation 2. 冷冻电镜解析 RNA 剪切体和蛋白质结构 2. RNA splicing structure and protein structure were analyzed by cryo-electron microscopy 3. 不同菌种的菌落形态表现不同 3. Colony morphology of different strains is different	线上视频学习和线下操作示范革兰氏染色与显微镜使用，形态观察图片示例 Online video learning and offline operational demonstrations of Gram staining, microscope usage, and morphological observations with pictorial examples	认识、分析和解决问题、实事求是、规范操作、科研诚信、真理的条件性；激发科研梦想和科技报国之心；培养辩证思维 Understanding, analyzing and solving problems, seeking truth from facts, standardizing operations, scientific integrity, and the conditionality of truth; Inspiring the pursuit of scientific research and dedication to science and technology in service to the country; Cultivating dialectical thinking
菌种纯化与保藏 Culture purification and preservation	1. 纯种微生物的获得 1. The acquisition of pure microorganisms 2. 国家菌种机密 2. State-level strain confidentiality	线上视频介绍及线下菌种的纯化和保藏 Online video introduction and offline culture purification and preservation	追本溯源精神、规范严谨实验操作、爱国守法 Embrace the spirit of the originality, enforce rigorous experimental operation. Be patriotic and law-abiding
菌株的分子生物学鉴定 Molecular biological identification of strains	测序等新技术在物种鉴定中的重要作用 The pivotal role of new technologies like sequencing in species identification	线上视频学习和线下实际实践基于 16S rRNA 基因测序鉴定 Online video learning and offline practice focused on 16S rRNA gene sequencing identification	热爱知识、创新精神、科学精神、科技报国 Love for knowledge, innovation, and scientific spirit dedicated to serving the country
菌株的噬菌体分离 Bacteriophage isolation of strains	噬菌体抗耐药菌的临床应用案例 Clinical application cases of bacteriophages against drug-resistant bacteria	线上理论学习和线下噬菌体分离实践操作体会到噬菌体的抗菌能力 The bacteriophage antibacterial ability was realized through online theoretical study and offline phage isolation practice	家国情怀、勇担责任、坚定理想信念、专业认同感、创新实践能力 National sentiment, courageous responsibility, steadfast ideals and convictions, professional identity, and the ability to innovate in practice

(待续)

(续表 2)

授课内容 Course content	思政材料内容 Ideological and political material content	教学实施策略 Teaching implementation strategy	思政教育目标和高阶能力 Ideological and political education objectives and advanced ability
综合实验结果汇报 Comprehensive experimental results report	1. 科技论文写作的规范和要求 1. Guidelines and requirements for scientific paper writing 2. 实验数据分析处理和结果判定(按照科技论文格式撰写实验论文并进行汇报讨论) 2. Analysis and processing of experimental data and judgment of results (write experimental papers according to the format of scientific and technological papers and report and discuss)	线上范例学习与线下讨论 Online case learning and offline discussion	归纳总结、辩证思维、创新思维、科研素养、学术规范意识 Summary, dialectical thinking, innovative thinking, scientific research accomplishment, awareness of academic norms and ethics
第二课堂学科竞赛和科学项目 The second classroom subject competitions and science projects	知行合一以微生物学实验课堂衍生的材料进行课外科研和学科竞赛 Integrate knowledge and practice to conduct extracurricular scientific research and academic contests, utilizing materials from microbiology experiment	第二课堂实践和学科竞赛 The second classroom practice and subject competition	学思结合、探索创新、解决实际问题 Combine learning and thinking, explore and innovate, and solve practical problems

验课程思政教学体系。

## 2.2 信息技术助力构建线上线下融合的教学资源多阶立体化平台

借助多维网络教学平台,将上述课程内容(表 2)全面构建成线上线下结合、虚拟仿真与课堂实验相融合、课内课外结合第二课堂的多阶立体化的教学资源,包括每个实验的操作视频、教学 PPT、虚拟仿真操作、章节测验,帮助学生在实验操作课程之前夯实基础知识,学习基本实验操作。以夯实课程基础知识内容和加强同步达到高阶能力培养为目的,将基础知识进行梳理,实

现模块化。在超星学习通发布教学资源,建立互动交流平台,并建立了相应的题库。该项改革举措解决了学生对课程学习的时空限制,包括基础知识线上课程让学生可以反复学习知识点和关键操作,便于学生对重难点的理解;实验教学的线上课程让学生对实验操作有了感性认识,学生预习后,可以独自参照视频操作,提高了学生的实践能力;课程提供的文献资源等平台方便了学生的自主学习和主动学习,最大限度地拓展了学生的知识获取范围,满足了学生个性化培养的需要。

信息化技术在方便个性化学习的同时,还能够及时反馈考评结果,也起到督促激励学生学习的作用,提升了学生的学习内驱力。线上监控全程教学过程,也方便教师对课程教学效果的掌握和教学反思,及时根据教学反馈给予学习激励和调整教学方式。

## 2.3 重构教学内容

根据课程的特点,依托于线上线下的教学平台,把微生物学实验课程内容重新整合成基础知识线上学习、实验课程进阶操作、竞赛科创第二课堂三个模块,实验课堂主要用于第二模块进行学习,第一模块主要用于课前学习,第三模块主要用于课后的能力迁移提升。

### 2.3.1 以双向互馈理实共驱动的混合式教学法优化教学内容和教学方式设计

本课程通过线上线下课程混合式教学,优化教学设计,重新设计了本课程的教学方案,实现了理论课程和实验课程有机融合,形成了具有特色的强化能力培养的双向互馈理实共驱动的混合式教学法的教学设计方案(图 2),促使理论知识充分模块化、形象化,帮助学生理解构建内在知识体系,化繁为简。同时,混合式的教学内容能给教与学提供持续不断的反馈和内在驱动力,助力学生创新实践的高阶思维塑造和能力培养。

### 2.3.2 科教融合提升基础知识内容的前沿性和创新思维

本课程将科学前沿进展与教师团队的科研成果融入实验教学内容。如,在菌株的分类鉴定实验中融入了教学团队发表的分离鉴定新物种的文章介绍,让学生明确整个新物种鉴定发表的流程<sup>[16]</sup>;在噬菌体的分离实验中融入了教学团队发表的分离鉴定对抗超级耐药细菌铜绿假单胞菌的噬菌体的文章介绍<sup>[17]</sup>。同时重视将实验课堂获得的研究成果延伸到学科竞赛训练第二课堂模块,在学生汲取基础知识的同时大力培养其高阶思维能力,激发其探索精神和创新意识。

### 2.3.3 构建“三独”探索性项目实验强化实践创新高阶能力

针对改革前教学内容重理论轻创新实践应用、实验教学内容以传统的验证性实验为主的问题,本课程就学生感兴趣的实际问题设置教学环节:如酒曲中的微生物、人体共生的微生物有哪些等问题,构建“三独”探索性项目型实验构成微生物学实验课程进阶训练模块的内容,即学生独立设计、独立完成、独立分析的探索性项目型实验(图 2),很好地调动了学生的学习主动性,培养了学生的科研思维、实践能力和创新能力。在此基础上,衍生出相应的课题参加相关的学科竞赛和科研训练进入第二课堂的实践,构成微生物学课程自主提升模块的内容(图 2)。

## 2.4 灵活系统整合多种教学策略与教学方法

将团队的教学、科学研究成果充分融入本课程的教学过程,灵活运用多种教学方法与手段来构建强调“问题导向、以学生为中心,开展小组学习为主,教师精讲重点难点为辅”的混合式教学法<sup>[18-23]</sup>。

### 2.4.1 组建有效的学习共同体小组翻转课堂

坚持以学生为中心,使用“项目/问题导向教学法”和团队式学习教学方法,以微生物学具体问题和案例为导向,以学生为主体,以小组合作的方式学习。这种方式能激励学生自主学习,运用多学科知识来分析和解决具体问题,教师作为辅助者,帮助学生完成对问题的解答。

### 2.4.2 以教师讲授夯实基础知识,结合灵活多样的方法化繁杂知识为形象具体

发挥教师授课的优势,精讲内容突出重点和难点,主要是总结基础知识的关键点、讨论问题的精髓、相关领域的前沿等内容,增加知识的系统性、实用性和时代性。同时在整个教学过程中,坚持以学生为中心,根据教学设计和课堂情况,灵活应用多媒体教学、故事/案例导入法、关联类比和思维导图、设问扩展互动教学、作业巩固



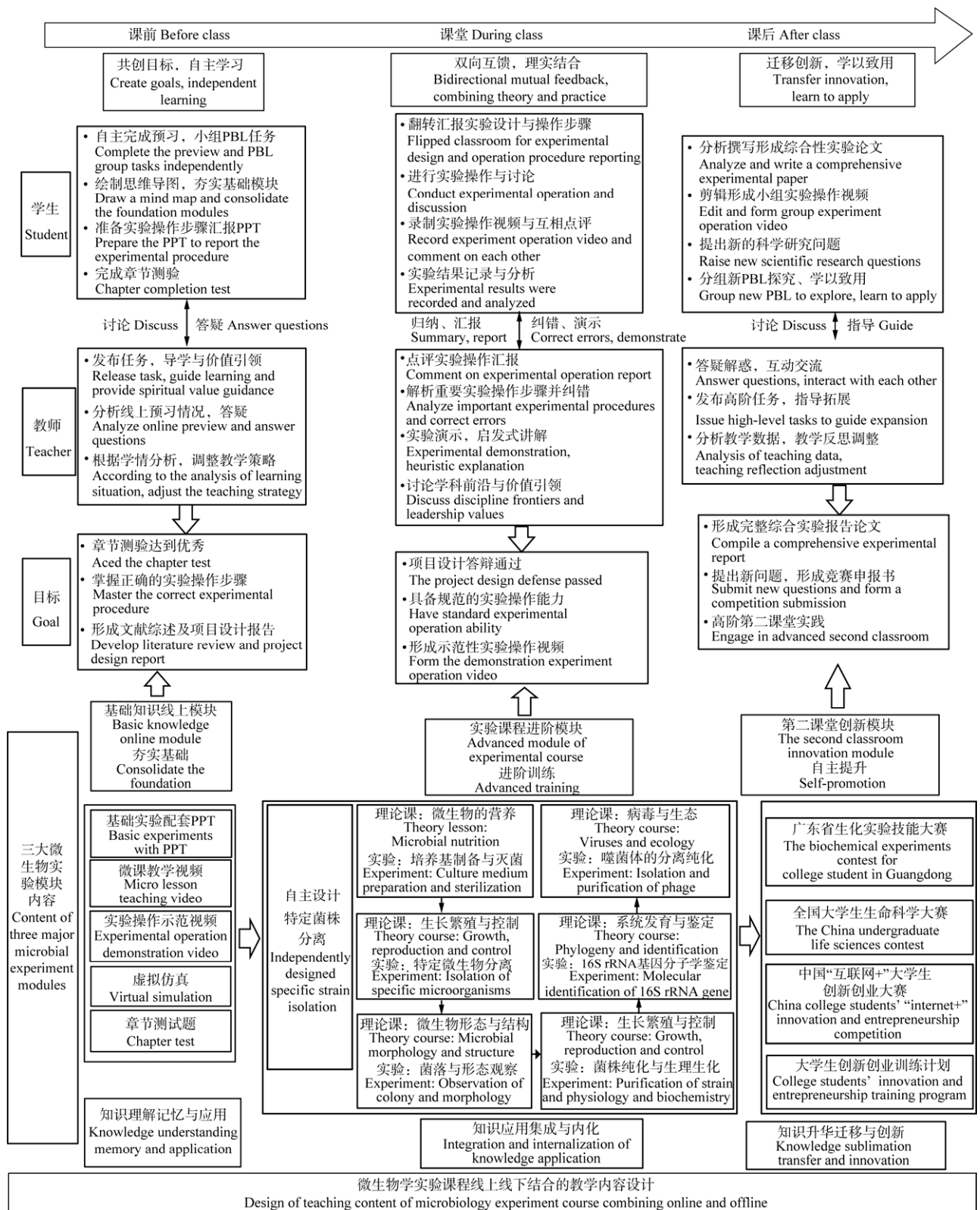


图2 基于线上线下混合双向互馈与理实共驱动的混合式微生物学实验课程教学设计

Figure 2 Teaching design of hybrid Microbiology Experiment course based on online and offline hybrid bidirectional mutual feeding with theory and practice co-driving.

教学法等多种教学方法来形象化抽象概念,构建模块化的知识体系。

### 2.4.3 注重教学和科研成果融入教学,通过第二课堂进行竞赛科创激发创新

本课程具备长期从事微生物学相关科研工作的教师团队。团队教师能够将最新的科研成果引入第一课堂,线上课程扩展最新科研文献和视频;将科研成果转化为教学项目,将验证性试验改为探索性试验。与此同时,教师还能充分利用课后第二课堂,将部分对微生物有

科研兴趣的同学带入教师的课题组,针对实际科研问题开展课外研究活动;指导学生参加课外科研立项和学科竞赛。通过科教融合进一步培养学生的科学创新能力,提升学生综合素养。此外,教学团队积极针对教学薄弱环节开展教学研究项目,积极将成果融入教学中,不断完善课程教学。

### 2.5 创设动态多元多维的评价体系

实行过程考核 50%和总结考核 50%相结合、师生共同参与的动态多元多维考核方式(图 3)。

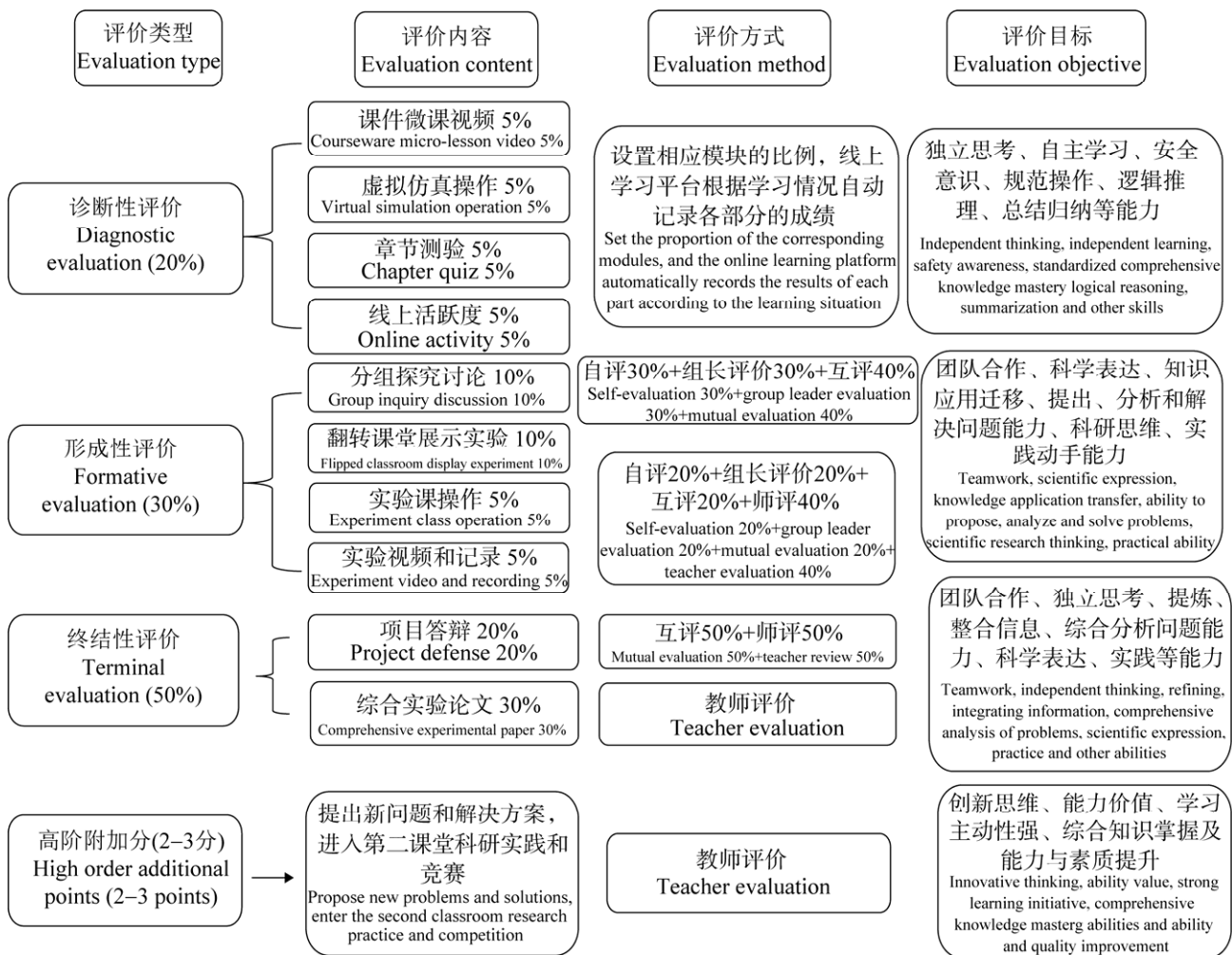


图 3 微生物学实验课程评价体系

Figure 3 Evaluation system of Microbiology Experiment course.

过程考核包括每节课的出勤、章节知识的思维导图构建梳理、总结各章节知识的基础上自己命题考核,线上提问和答疑交流、线上课堂学习、实验课程参与度、小组讨论课、课堂测验、平时小测、综合实验论文等多种形式,充分利用现代信息技术强化过程监测,由线上系统软件自动记录学习情况和线下师生量化评价,由学生自评互评和教师考评相结合。坚持“以评促学”,将考核点分散到教学的全过程,用考核引导学生注重日常学习,不断提升学生的学习驱动力,激发学生的创新精神,促进学生的高阶能力培养,同时也不断提供反馈给教师以进行教学改进。

## 2.6 典型教学案例

以理论与实验教学融合的微生物鉴定教学为例,展示本课程的具体教学过程。在微生物学实验课程的最后一次总结讨论课前,学生们已在实验课堂完成了综合性的实验内容,自主分离获得了自己感兴趣的微生物,在该次课中将进行实验论文总结汇报以及提出第二课堂实践的问题。具体的教学实施过程简单描述如下:习:课前实验探究(在理论及实验课线上课堂学习基础上,各个小组已在课前设计方案,并已在实验课对自己分离的菌株进行了初步鉴定)→讲:课堂导入(学生汇报实验结果即如何对细菌进行初步鉴定,教师公布评分机制,激发学生小组之间的竞争意识)→习:汇报讨论(学生分组展示成果并互评,互相学习,师生共同讨论实践中遇到的问题。培养学生的演讲能力和互助的团队意识)→小结:小结学生已完成的初步鉴定结果(师生一起归纳微生物的初步鉴定方法,并由此提出新问题,如何进一步鉴定识别分离到的微生物中是否存在新物种?此处着重培养学生的比较归纳能力)→习:文献研习解决新问题(研习教师发表的

新种文章,总结新物种鉴定流程。促使学生理论联系实际掌握知识)→总结:课堂总结(师生一起归纳新物种鉴定的完整流程,此处学生将从文献研习中体会新技术对新物种鉴定的便捷性,并感受到新技术新方法对科学研究的促进作用)→练:课后迁移(对于获得了新物种的小组,课后应用所学知识进一步设计方案,并通过第二课堂实验完成对获得的新物种的鉴定。培养学生解决实际问题的能力),由此完成理实结合、线上线下混合的一次完整教学流程。通过本次课程,促使学生完成并掌握微生物分离鉴定的方法,同时学会提出新问题,并且分离获得新物种的小组进入第二课堂实践进一步进行研究。本次课程重点培养学生的竞争意识、演讲能力、团队互助意识及理论联系实际解决问题的能力,同时使得学生深刻体会到新技术的重要作用,激发热爱科技之心。

## 3 教学效果分析

### 3.1 综合课程成绩稳步提升,获得学生和同行好评

本课程自实施教学改革创新以来,教学效果不断提升。成绩考评统计结果显示,与传统教学模式相比(2018级),新教学模式(2019、2020、2021、2022级)使学生自主学习能力及学习效果明显提升(图4),优秀率大幅提高,学生对课程内容的理解力增强。

本课程的教学获得了学生和同行的高度评价,学生的教学评分超过了97分,实验报告论文的课程建议反馈以及课程问卷调查表明,学生非常喜欢实践教学与课堂教学结合和混合教学模式,学生反馈称:“实验过程充分给予学生自主设计实验的锻炼机会,极大提升了学生动手操作的能力和自主实验意识,内容充实且很有成就

感”，并认同该课程的学习对学习专业知识和提高科研技能非常有帮助(图 5)。

### 3.2 创新能力显著增强

科教融合、教研相长，通过课外科研第二课堂等不同形式的实践，以赛代练、以项目代练，学生学以致用，实践和创新能力得到了大幅提升。近 3 年(2020–2022 年)获得课外科研竞赛奖 46 项，其中，国家学科竞赛 6 项，省级 9 项；自 2017 年起获得大学生创新创业计划项目 52 项，其中国家创新创业项目 12 项，省级项目 22 项；发表课外论文 13 篇，其中发表在《生物化工》和《广州医科大学学报》等期刊以学生为第一作者的论文有 3 篇，*Redox Biology*、*Cell Communication and Signaling*、*Nature Metabolism* 等 SCI 英文期刊 5 篇(最高影响因子 20.8 的是发表在 *Nature Metabolism* 的研究转录因子 Glis1 促进诱导细胞多能性的文章“Glis1 facilitates induction of pluripotency via an epigenome-metabolome-epigenome signalling cascade”<sup>[24]</sup>)。学生表示得益于专业基础课微生物学的实验实践课程培训，提高了自己的创新实践技能，促使自己能够在本科学习阶段

发表相关研究论文。同时许多直接基于本课程实验课分离获得的噬菌体、微生物或微生物基因资源等进入了第二课堂研究，并获得学科竞赛奖。比如学生在微生物学实验课上分离获得的噬菌体，进一步进行了“耐药菌的克星——噬菌体与大蒜素联用抗菌作用初探”的研究，并以此项目参加广东省生化实验技能大赛，获得省级一等奖的好成绩。

### 3.3 教学创新与改革成效显著

课程教学团队教师近年在课程建设、教学和指导学生获奖、教改项目资助和教研文章发表方面都取得较好成果。其中，课程负责人参加全国高校微课教学比赛和省医药院校教师教学创新大赛均获二等奖佳绩，指导学生获得省生化实验技能大赛一等奖和全国大学生生命科学竞赛省赛三等奖。获批相关部门“产学研协同育人教学内容和课程体系改革项目”、省市教育科学规划项目和校级课程建设项目 5 项，在《微生物学杂志》和《吉林教育》等期刊以第一作者发表或已接收教育教学论文 3 篇，在编教材 1 部，建立超星学习通微生物学实验线上课程。

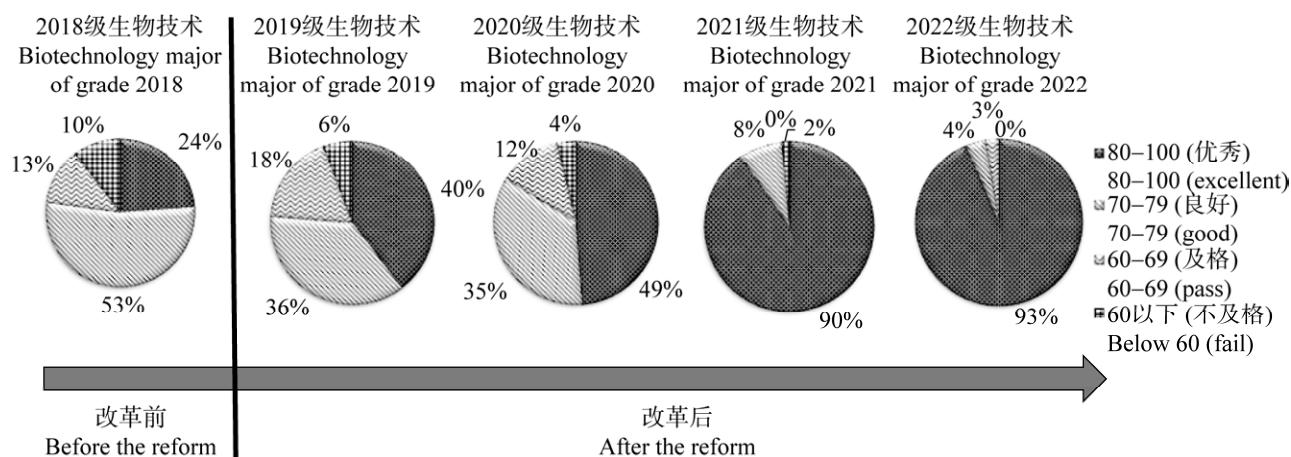


图 4 微生物学实验考评成绩分布

Figure 4 Distribution of Microbiology Experimental evaluation scores.

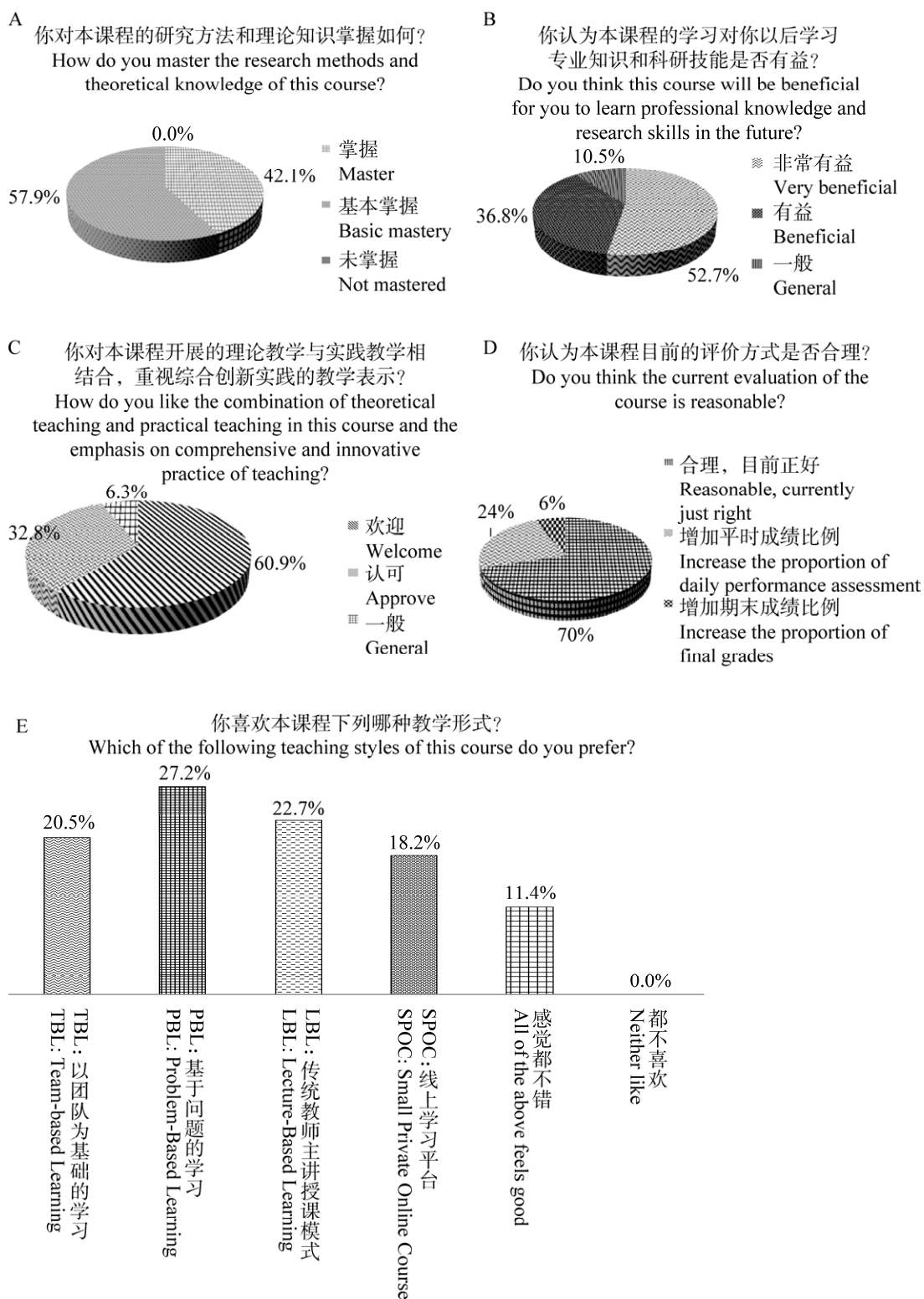


图 5 学生评教调查问卷情况

Figure 5 Survey questionnaire on student evaluation of teaching.

## 4 结语

我们从微生物学实验教学实际存在的问题出发,进行教学改革创新,构建了融合课程思政、基于双向互馈理实共驱动强化能力培养的微生物学实验教学新体系。该课程教学改革创新注重创新实践、构建高效教学课堂、实施多元多维考核,能够实现两性一度的课程要求;以思政为辅线,夯实基础知识,提升创新实践能力,激发科技报国担当,重视微生物学基础学科与医学、生物信息学等学科的“医理”交叉融合,体现和服务于“新医科”建设。本课程的教学改革不仅提高了教学效率,还大大激发了学生的学习热情与兴趣,提高了学生的实践创新能力,使其能够根据实际问题设计解决方案,并在学科竞赛和论文发表方面取得一定成果。本课程的教学创新实践体现了新时代产学研相结合特征,充分契合了社会主义建设新时期对创新型人才培养的要求,对提高大学生实践能力和创新精神发挥了重要作用。

## REFERENCES

- [1] 严金平,刘丽,夏雪山,年洪娟,罗义勇,季秀玲,李涛,陈媛. 建设研究型学院背景下微生物学实验课程改革[J]. 高教学刊, 2022, 8(25): 132-135.  
YAN JP, LIU L, XIA XS, NIAN HJ, LUO YY, JI XL, LI T, CHEN Y. Reform of microbiology experiment course under the background of building research teaching college[J]. Journal of Higher Education, 2022, 8(25): 132-135 (in Chinese).
- [2] 陈萍,欧阳永长,李雅楠,余利红. 突出专业特色与服务区域发展的医学院校生物技术专业发展探索[J]. 广州医科大学学报, 2021, 49(2): 107-110.  
CHEN P, OUYANG YC, LI YN, YU LH. Exploration on the development of biotechnology specialty in medical colleges and universities, which highlights professional characteristics and serves regional development[J]. Academic Journal of Guangzhou Medical University, 2021, 49(2): 107-110 (in Chinese).
- [3] 戴亦军,何伟,刘中华,贾永,袁生,戴传超. 一流课程“微生物学模块化实验”的建设与实践[J]. 微生物学通报, 2022, 49(4): 1334-1342.  
DAI YJ, HE W, LIU ZH, JIA Y, YUAN S, DAI CC. National first-class course construction and application for Modular Microbiology Experiments[J]. Microbiology China, 2022, 49(4): 1334-1342 (in Chinese).
- [4] 殷利眷,王洪彬,满淑丽,滕玉鸥,罗学刚,李玉. 微生物学实验课程思政教学改革与探索[J]. 生物工程学报, 2021, 37(4): 1434-1442.  
YIN LJ, WANG HB, MAN SL, TENG YO, LUO XG, LI Y. Ideological and political education in Microbiology Experiment: reform and exploration[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2021, 37(4): 1434-1442 (in Chinese).
- [5] 李晓艳,张庆芳. 创新性微生物学教学改革与实践[J]. 沈阳师范大学学报(自然科学版), 2012, 30(2): 310-312.  
LI XY, ZHANG QF. Innovative teaching reform and practice of microbiology[J]. Journal of Shenyang Normal University (Natural Science Edition), 2012, 30(2): 310-312 (in Chinese).
- [6] 宋渊,王世伟,陈芝,文莹. 微生物学教学改革的几点思考[J]. 微生物学通报, 2018, 45(3): 616-621.  
SONG Y, WANG SW, CHEN Z, WEN Y. Exploration and practice on the reform of Microbiology teaching[J]. Microbiology China, 2018, 45(3): 616-621 (in Chinese).
- [7] 石慧,陈海燕,张俊红. 不同教学方法在微生物学教学中的比较研究[J]. 生物学杂志, 2016, 33(2): 122-124.  
SHI H, CHEN HY, ZHANG JH. Comparative study of different teaching methods in microbiology teaching[J]. Journal of Biology, 2016, 33(2): 122-124 (in Chinese).
- [8] 张烁. 习近平在全国高校思想政治工作会议上强调:把思想政治工作贯穿教育教学全过程开创我国高等教育事业发展新局面[N]. 人民日报, [2016-12-09](01).  
ZHANG S. Xi stresses at the national university ideological and political work conference: Carrying ideological and political work through the whole process of education and teaching and opening up a new situation in the development of China's higher education[N]. People's Daily, [2016-12-09](01) (in Chinese).
- [9] 教育部. 教育部关于印发《高等学校课程思政建设指导纲要》的通知[Z]. 教高[2020]第3号.  
Ministry of Education. Notice of the Ministry of Education on printing and distributing the guiding outline for ideological and political construction of courses in colleges and universities[Z]. JG [2020]3 (in Chinese).
- [10] 阎春兰,裴国风,程国军,刘涛,何冬兰. 微生物课程中思政元素的挖掘与应用[J]. 微生物学杂志, 2022, 42(1): 123-128.

- YAN CL, PEI GF, CHENG GJ, LIU T, HE DL. Excavation and application of ideological-political elements in microbiology course[J]. *Journal of Microbiology*, 2022, 42(1): 123-128 (in Chinese).
- [11] 杨桂燕, 徐正刚, 马凯恒, 王冬梅, 张强, 翟梅枝. “工业微生物”课程思政元素引入及评价[J]. *微生物学杂志*, 2020, 40(3): 124-128.
- YANG GY, XU ZG, MA KH, WANG DM, ZHANG Q, ZHAI MZ. Introduction and evaluation of ideological and political elements into “Industrial Microbiology” course[J]. *Journal of Microbiology*, 2020, 40(3): 124-128 (in Chinese).
- [12] 柳叶, 胡佳杰, 张胜威. 自然科学课程思政的教学探索: 以微生物学为例[J]. *微生物学通报*, 2020, 47(4): 1168-1177.
- LIU Y, HU JJ, ZHANG SW. Exploration of curriculum ideological and political education in natural science curriculum: take Microbiology as an example[J]. *Microbiology China*, 2020, 47(4): 1168-1177 (in Chinese).
- [13] 李玉, 齐威, 王凤华, 毛淑红, 张成林, 赵化冰, 刘逸寒, 路福平. “微世界, 大情怀”: 浅谈微生物学课程思政教学设计及改革[J]. *微生物学通报*, 2022, 49(4): 1434-1444.
- LI Y, QI W, WANG FH, MAO SH, ZHANG CL, ZHAO HB, LIU YH, LU FP. “Micro world, great emotion”: reform and design of ideological and political education in Microbiology[J]. *Microbiology China*, 2022, 49(4): 1434-1444 (in Chinese).
- [14] 李琴, 曾万勇. “微生物学”课程思政路径的探索与研究[J]. *科教导刊(下旬)*, 2020(9): 123-124, 159.
- LI Q, ZENG WY. Exploration and research on the ideological and political path of microbiology course[J]. *The Guide of Science & Education*, 2020(9): 123-124, 159 (in Chinese).
- [15] 中华人民共和国生物安全法[J]. 中华人民共和国全国人民代表大会常务委员会公报, 2020(5): 733-743.
- Biosecurity law of the People’s Republic of China[J]. *Gazette of the Standing Committee of the National People’s Congress of the People’s Republic of China*, 2020(5): 733-743 (in Chinese).
- [16] CHEN P, FU YR, CAI Y, LIN ZL. *Nocardioides guangzhouensis* sp. nov., an actinobacterium isolated from soil[J]. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 2020, 70(1): 112-119.
- [17] GUO YYJ, CHEN P, LIN ZL, WANG TT. Characterization of two *Pseudomonas aeruginosa* viruses vB\_PaeM\_SCUT-S1 and vB\_PaeM\_SCUT-S2[J]. *Viruses*, 2019, 11(4): 318.
- [18] 曾晓希, 李文, 马靓, 黄钊. 案例教学法在微生物学课程中的探索[J]. *微生物学通报*, 2020, 47(4): 1045-1050.
- ZENG XX, LI W, MA L, HUANG Z. Exploration of the case-based teaching method in the Microbiology teaching[J]. *Microbiology China*, 2020, 47(4): 1045-1050 (in Chinese).
- [19] 杜林娜, 吴铭, 杨晶, 董浩. 项目驱动式教学法在微生物学教学中的应用[J]. *微生物学通报*, 2020, 47(4): 1278-1285.
- DU LN, WU M, YANG J, DONG H. The application of project-based teaching method in Microbiology teaching[J]. *Microbiology China*, 2020, 47(4): 1278-1285 (in Chinese).
- [20] 赵萌萌, 薛林贵. “线上线下混合式”微生物学课程教学改革与实践[J]. *微生物学通报*, 2021, 48(11): 4432-4443.
- ZHAO MM, XUE LG. “Online and offline blended” teaching reform practice in Microbiology[J]. *Microbiology China*, 2021, 48(11): 4432-4443 (in Chinese).
- [21] 王艳凤, 赵国星, 刘畅, 刘艳华, 刘寅. 虚拟仿真技术助力下的“医学微生物学”实验课程教学方案设计和实践[J]. *微生物学通报*, 2021, 48(1): 295-305.
- WANG YF, ZHAO GX, LIU C, LIU YH, LIU Y. Design and practice of Medical Microbiology experimental teaching program assisted by virtual simulation technology[J]. *Microbiology China*, 2021, 48(1): 295-305 (in Chinese).
- [22] 熊宏齐. 虚拟仿真实验教学助推理论教学与实验教学的融合改革与创新[J]. *实验技术与管理*, 2020, 37(5): 1-4, 16.
- XIONG HQ. Promotion of reform and innovation on integration of theory teaching and experimental teaching by virtual simulation experiment teaching[J]. *Experimental Technology and Management*, 2020, 37(5): 1-4, 16 (in Chinese).
- [23] 姚佳, 马悦, 徐文, 马茜, 刘丽君, 李薇, 汪洋. 基于微课的翻转课堂在医学微生物学实验教学改革中的探索[J]. *微生物学通报*, 2019, 46(9): 2426-2435.
- YAO J, MA Y, XU W, MA X, LIU LJ, LI W, WANG Y. Exploration of flipped classroom based on microlecture in reforming medical microbiology experiment courses[J]. *Microbiology China*, 2019, 46(9): 2426-2435 (in Chinese).
- [24] LI LP, CHEN KS, WANG TY, WU Y, GUANGSUO X, CHEN MQ, HAO ZH, ZHANG C, ZHANG J, MA BC, LIU ZH, YUAN H, LIU ZJ, LONG Q, ZHOU YS, QI JT, ZHAO DY, GAO M, PEI DQ, NIE JF, et al. Glis1 facilitates induction of pluripotency via an epigenome-metabolome-epigenome signalling cascade[J]. *Nature metabolism*, 2020, 2(9): 882-892.