

# 探究式教学法在“畜牧微生物学”实验课中的应用及思考

陈晓月, 刘金玲\*, 张欢, 文雪霞, 韩杰

重要家畜疫病研究教育部重点实验室 农业农村部反刍动物重大疫病防控重点实验室(东部) 沈阳农业大学动物科学与医学学院, 辽宁 沈阳 110161

陈晓月, 刘金玲, 张欢, 文雪霞, 韩杰. 探究式教学法在“畜牧微生物学”实验课中的应用及思考[J]. 微生物学通报, 2024, 51(4): 1101-1108.

CHEN Xiaoyue, LIU Jinling, ZHANG Huan, WEN Xuexia, HAN Jie. Application and thinking of inquiry teaching method in experiment of Animal Husbandry Microbiology[J]. Microbiology China, 2024, 51(4): 1101-1108.

**摘要:** 畜牧微生物学是一门理论和实践并重的课程, 强调学生实践能力的培养。传统的教学法不能满足培养创新人才的需求。为提高教学效果, 提升学生运用微生物知识分析和解决实际问题的能力, 将探究式教学法引入实验教学中。通过制定不同类型的探究任务替代传统实验内容, 调动学生参与探究过程, 并配套评价体系, 实现学生独立完成探究任务的目的。经过四轮教学摸索, 初步形成了“基本技能培训—任务制定—项目实施—任务评价”四环节的实验课教学模式。该模式更能激发学生的创新动力, 提高学生的科研素质和综合能力。

**关键词:** 畜牧微生物学; 探究式教学法; 创新动力

## Application and thinking of inquiry teaching method in Experiment of Animal Husbandry Microbiology

CHEN Xiaoyue, LIU Jinling\*, ZHANG Huan, WEN Xuexia, HAN Jie

Key Laboratory of Livestock Infectious Diseases, Ministry of Education, Key Laboratory of Ruminant Infectious Disease Prevention and Control (East), Ministry of Agriculture and Rural Affairs, College of Animal Science and Veterinary Medicine, Shenyang Agriculture University, Shenyang 110161, Liaoning, China

**Abstract:** Animal Husbandry Microbiology is a course which emphasizes both theory and

资助项目: 沈阳农业大学线上线下混合式一流本科课程(KC2023418); 沈阳农业大学本科生教育教学改革项目(880823160, 880823538); 沈阳农业大学研究生教育教学改革项目(2021-yjs-01)

This work was supported by the Online and Offline Mixed first-class Undergraduate Courses of Shenyang Agriculture University (KC2023418), the Project of Undergraduate Teaching Reform of Shenyang Agriculture University (880823160, 880823538) and the Project of Postgraduate Teaching Reform of Shenyang Agriculture University (2021-yjs-01).

\*Corresponding author. E-mail: liujl@syau.edu.cn

Received: 2023-10-30; Accepted: 2024-01-15; Published online: 2024-02-04

practice, with the task of cultivating students' practical ability. However, the conventional teaching method cannot meet the needs of cultivating innovative talents. To improve the teaching effect and students' ability to analyze and solve practical problems with microbiological knowledge, we introduced the inquiry teaching method into the teaching of Experiment of Animal Husbandry Microbiology. Different types of inquiry tasks were designed to replace the conventional experiment contents, which mobilized students' interests in participating in the inquiry process and accomplishing the task independently. In addition, the supporting evaluation system was established. After four rounds of practice, a four-link teaching model composed of basic skill training, task design, project implementation, and task evaluation was formed. This model can stimulate students' innovative ability and improve their scientific research literacy and comprehensive ability.

**Keywords:** Animal Husbandry Microbiology; inquiry teaching method; innovative ability

畜牧微生物学是微生物学的一个分支,是动物科学方向的专业基础课,主要研究与动物生产、饲料调制、产品加工和贮存及动物疫病等相关的微生物<sup>[1]</sup>。畜牧微生物的核心任务是培养学生掌握微生物学知识并运用其分析解决畜牧生产中问题的能力。我校畜牧微生物学包括理论课和实验课两部分,实验课是微生物学的重要组成部分,是将理论知识融入实践的纽带,也是实现素质教育和培养创新型人才的重要环节<sup>[2-3]</sup>。只有熟练掌握微生物学操作技能,才能在生产实践中灵活运用微生物学知识解决问题,保障畜牧业健康发展。

传统实验教学是以教师讲解和演示为主,学生对整个实验过程参与度有限,很少思考如何准备实验材料,需要哪些实验材料等,学生的主观能动性难以充分发挥<sup>[4]</sup>,掌握的实验技能是片段性的<sup>[5-6]</sup>,无法形成实验技术综合运用能力,这些片段性的实验技能难以帮助学生真正解决生产实践中的问题。

探究式教育是以学生为中心,将学、做、思紧密结合,脚踏实地地对所需要研究和解决的具体问题开展探索与分析,发展学生自主学习和创新性思维能力,促使其全面发展<sup>[7-8]</sup>。为了激发

学生的学习兴趣,挖掘学生的创新能力,完善实验技能培养,适应高等教育教学改革的需要<sup>[9]</sup>,课程组将探究式教学法引入实验课中,经过摸索和实践,初步形成了“基本技能培训—任务制定—项目实施—任务评价”四环节的实验课教学模式,取得了较好的教学效果,深受学生欢迎。本文对四环节教学模式进行了总结和思考,为微生物学及相关实验课程教学改革提供参考和借鉴。

## 1 畜牧微生物学实验课的“四环节”教学模式

### 1.1 理论课做铺垫,加强基本实验技能的培训

开课之初将畜牧微生物学的课程体系、课程目标介绍给学生,引导学生思考如何利用所学知识解决生活和生产中的问题。学生刚接触微生物学知识,对探究任务不知如何入手,需要强化基本实验技能的培训。因此在开展探究式任务前,教师将微生物学基本实验技能,包括无菌操作、培养基制备、微生物形态观察、数量测定、分离培养、生理生化实验、药物敏感性实验等制成视频放到学校线上教学平台上,学生通过观看视频,强化基本实验技能的掌握。针对线上学生提

出的问题,教师在线下进行解答。

## 1.2 分层次探究式任务的制定

探究任务的制定是整个探究式教学中的关键,一个好的探究任务既能激发学生的学习兴趣,也能实现学生对专业技能的掌握。任务的制定需要教师灵活整合和设计,形式可多样化,可以是一个实验项目对应一个探究任务,也可以将多个实验项目整合为一个探究任务。同时任务的制定需要立足于学生的思维角度,符合学生的能力水平。例如教师在讲授革兰氏染色时,需要提醒酒精脱色的时间要控制在 30 s 内,学生会问,为什么只能脱色 30 s?缩短或延长脱色时间会怎么样?基于这些问题,我们制定了相应的探究任务,如“酒精脱色时间小于或大于 30 s 对大肠杆菌革兰氏染色的影响”“酒精脱色时间小于或大

于 30 s 对葡萄球菌革兰氏染色的影响”,这些探究任务难度不高,适合初学者操作。

随着学生专业知识的增加,探究任务的难度可逐步提高,可将多个实验项目整合在一个探究任务中,制定出综合性探究任务。如大肠杆菌和沙门氏菌的鉴别;患病动物病料中病原微生物的分离、鉴定及敏感药物的筛选;奶牛乳房炎的致病菌检测;洗手前后细菌数量的变化;袋装青贮饲料的调制等。学生在执行这些探究任务的过程中,既强化了基本操作技能,也锻炼了处理突发事件的应变能力和对专业知识的灵活运用能力。经过几年积累,结合学生的兴趣和专业水平,课程组增加了探究任务的数量和类型,为学生提供了更多的选择。部分探究式任务包含的微生物学基本技能及难易程度详见表 1。

表 1 探究式任务包含的微生物基本技能及难易程度

Table 1 Exploratory tasks include the basic skills of microorganisms and degree of difficulty

探究任务名称 Exploratory task name	微生物基本技能 Basic skills of microorganisms	难易程度 Degree of difficulty
硬币、头发上细菌的数量 The amount of bacteria on a coin or hair	培养基的制备, 细菌培养 Preparation of culture medium, bacterial culture	初级 Junior
洗手前后细菌数量的变化 Changes in the number of bacteria before and after hand washing	培养基的制备, 细菌培养 Preparation of culture medium, bacterial culture	初级 Junior
大肠杆菌和沙门氏菌的鉴别 Identification of <i>Escherichia coli</i> and <i>Salmonella</i>	细菌涂片、染色, 显微镜观察, 培养基制备, 生化试验 Bacterial smear and staining, microscopical observation, preparation of culture medium, biochemical test	中级 Intermediate
茶叶浸提物的抑菌作用 Bacteriostasis of tea extract	培养基的制备, 细菌培养, 抑菌试验 Preparation of culture medium, bacterial culture, antibacterial test	中级 Intermediate
奶牛乳房炎的致病菌检测及药物筛选 Detection of pathogenic bacteria and drug screening of bovine mastitis	病料的采集, 培养基的制备, 细菌培养, 细菌涂片、染色, 显微镜观察, 细菌生化试验, 药物敏感性试验 Pathologic specimen collection, preparation of culture medium, bacterial culture, bacterial smear and staining, microscopical observation, biochemical test, drug sensitivity test	高级 Advanced
患病动物病料中病原微生物的分离、鉴定及敏感药物的筛选 Isolation and identification of pathogenic microorganisms from diseased animal materials and screening of sensitive drugs	病料的采集, 培养基制备, 细菌培养, 细菌涂片、染色, 显微镜观察, 细菌生化试验, 药物敏感性试验 Pathologic specimen collection, preparation of culture medium, bacterial culture, bacterial smear and staining, microscopical observation, biochemical test, drug sensitivity test	高级 Advanced

### 1.3 项目驱动式探究任务的实施

#### 1.3.1 学生分组

实验课以小组为单位,采取组长负责制。每个班级按分层随机分组,5-6人为一组,达到“组内异质,组间同质”<sup>[10]</sup>,保障组内合作和组间竞争公平开展。推选有组织管理能力和责任心强的学生担任组长,负责安排和协调组员的任务,掌握实验任务进程并解决可能出现的问题,及时将小组进展反馈给教师,组长与教师建立微信群保证交流顺畅。

以小组为单位进行实验探究,方便教师管理和了解学生的实验进展。探究任务需要多人配合,可培养和锻炼学生的沟通能力,培养团队协作精神。此外,组间存在竞争关系,能更好地激发学生的积极性。

#### 1.3.2 探究任务分配和执行

各小组可自选任务也可由教师指定。探究任务实施过程中需要教师全程跟踪和协助,各小组选定探究任务后先进行组内讨论并查阅相关资料,制定出实验设计方案提交给教师,教师对各小组的方案进行补充和完善后返回,小组按修订好的方案实施探究任务。在任务执行过程中,教师既要保证学生自主探索的积极性,也要注意把控实验的工作量。

例如探究酒精脱色 30 s 内对大肠杆菌革兰氏染色的影响,可设定酒精脱色时间的不同梯度,如分别脱色 10、20、30 s 时大肠杆菌革兰氏染色的结果。在实施大肠杆菌和沙门氏菌鉴别诊断的探究任务时,让学生拓展思路,不只局限在细菌生化方面的鉴别诊断,可以从菌体形态、培养特性等多方面入手。学生根据所学的专业知识提出了采用染色、培养特性和生化试验三个方面进行鉴定并制定了详细的方案。选用染色特性鉴别组通过对两种细菌分别进行革兰氏染色、美兰染色和瑞氏染色后发现两种细菌的染色结果

均相同,说明大肠杆菌和沙门氏菌的鉴别不能采用染色特性。选用培养特性的小组将大肠杆菌和沙门氏菌分别接种麦康凯培养基,根据大肠杆菌在麦康凯培养基上形成粉红色菌落而沙门氏菌的菌落为无色或浅橙色加以鉴别。选用生化试验鉴别的小组则将大肠杆菌和沙门氏菌分别接种到葡萄糖、麦芽糖、乳糖等微量糖发酵管,通过生化试验加以鉴别。

在探究任务驱动下,学生释放学习动力和潜能,主动搜索资料,自主寻求答案,在这一过程中培养学生的批判性思维和交流、合作与创新的能力,拓展学习的深度和广度,提升综合素养。

#### 1.4 建立多维度评价体系

强化实验的目的是提高学生参与度,提升学生综合能力,因此探究任务完成的评价主要在实验设计的可行性、学生参与度、实验结果与分析和实验总结四个方面。强调实验设计是否合理,学生参与度的高低,实验结果和根据结果进行的分析是否科学、合理。实验总结可以是新的想法或某些方法的改进,也可以是实验失败原因的具体分析。实验结果允许失败,即使实验失败,如能科学合理地对失败原因进行分析且组内成员参与度高、实验路线设计合理,也属于完成了探究任务。与传统教学法相比,探究式教学法更注重以学生为中心,强调过程学习,课程组修订了探究式教学法的评价体系,两种评价体系的差别详见表 2。

由表 2 可见,期末成绩、平时成绩和实验课成绩构成了学生的最终成绩。传统教学法中期末成绩占总成绩的 50%,实验课成绩由实验报告册和出勤情况两部分组成,在传统教学中学生的出勤率和实验报告册差距很小,成绩的高低仍由期末考试成绩决定,此成绩只反映了学生理论知识掌握的好坏,无法评定学生的实践动手能力和综合素质。为此,课程组将平时成绩合并到实验

表 2 探究式教学法与传统教学法评价体系对比

Table 2 Contrast between inquiry teaching method and traditional teaching method

项目 Item	探究式教学法 Inquiry teaching		传统教学法 Traditional teaching	
	组成部分 Component	占总成绩百分比 Percentage of total score (%)	组成部分 Component	占总成绩百分比 Percentage of total score (%)
期末考试 Final examination		50		50
平时成绩 Usual performance		-		20
实验课成绩 Scores of Experiment class	选题准确, 有实践意义 Correct choice of subject, practical meaning	10	实验报告册 Experiment reports	20
	组内责任明确, 团队协作 Clear responsibilities within the group, teamwork	10		
	资料收集、整理及数据分析 Data collection, collation and data analysis	10	实验课出勤情况 Experiment class attendance	10
	多媒体制作效果 Multimedia production effect	10		
	阐述流畅、思路清晰 Smooth presentation, clear thinking	10		

—: 平时成绩不单独作为记分项

—: Usual performance is not used as a separate scoreboard.

课成绩中, 实验课成绩占比由 30%增加到 50%, 并细化每部分的关键得分点。探究式教学法的评分方式加大了实验课所占比例, 注重过程考核, 夯实专业基础, 体现了理论和实践并重, 既提升了教学效果, 也提高了学生科学素养。

## 2 “四环节”教学模式的教学成效综合评价

### 2.1 学生的评价

对四届学生进行问卷调查, 发出问卷 218 份, 回收有效问卷 214 份, 通过问卷总结, 85%的学生认为探究式实验课更有兴趣, 15%的学生认为应增加探究任务内容, 5%的学生认为探究式教学方法与以往常规的教学方法相差不大。

实验结束后, 学生除提交实验报告外, 每位学生还需要提交个人实验总结, 重点分析实验成败的原因以及专业意识、实验技能等方面的感悟。结合教师的科研以及学生的毕业实习, 课程组不断调整和改进探究任务及实施方案。经过 4 年的摸索, 探究式教学法获得了学生的普遍肯定(表 3)。

### 2.2 学生取得的成就

经过探究式教学的培训和锻炼, 学生实验技能 and 创新能力均有大幅提升, 多名学生在技能大赛和科技创新中成绩优异。2023 年获“第四届全国大学生动物专业技能大赛”团体一等奖、“第七届全国大学生动物医学专业(本科)技能大赛”团体一等奖、“正大杯大学生就业创业实战大赛”获团体三等奖。学生还积极参与申请大学生创新创

业培训项目, 学院里共申请立项 43 项, 跟微生物相关的为 11 项, 占总数的 26%。其中“EGEC 对大肠杆菌的杀菌作用”“细菌革兰氏染色的改良及机制研究”获得了国家资助; “猪源奇异变形杆菌的分离鉴定及耐药性研究”获省级资助; “犬子宫蓄脓症病原菌的分离鉴定及耐药性分析”“凝结芽孢杆菌的筛选与鉴定”获校级资助。在实验过程中, 五名学生为了降低实验成本, 研发了一次能染多个样本的玻片, 并申请了实用性发明

专利。

探究式任务的实施, 使学生对科研产生了浓厚的兴趣, 有的学生在大二就有了考研的想法。最突出的是 2019 年进行教学改革的第一年, 专升本的班级全班 31 人, 有 5 人考取了校内或校外研究生, 实现了专升本学生考研零的突破。

### 2.3 教师教学能力的提升

2019 年畜牧微生物学获校精品课, 2023 年获校线上线下混合式一流本科课程。获校级教学

表 3 探究式任务的学生评价

Table 3 Students' assessments of inquiry task

内容 Content	评价 Assessments
实验设计 Experiment design	实验设计决定了实验能否顺利进行, 需大量查阅文献获得资料, 此外多跟教师沟通交流 The technical route determines whether the experiment can be carried out smoothly, a lot of literature to obtain information, in addition to communication with teachers 提高从专业角度进行思考的能力 Improve the ability to think from a professional perspective
实验操作 Operation	微生物实验中必须牢记无菌操作 Aseptic procedures must be kept in mind during microbiological testing 操作要严谨, 操作前一定要弄明白为什么这么做 The operation must be rigorous, before the operation must understand why to do so 要细心和耐心 Be careful and patient
个人感悟 Reflection	做好规划, 提前预判可能出现的问题, 做两手准备 Plan well and anticipate possible problems in advance, have more than one choice 养成每天第一件事看昨天的实验结果, 然后决定今天实验任务的科研习惯 Get into the habit of looking at yesterday's results first thing in the day and then deciding on today's tasks 通过实验操作, 真正认识到自己动手能力的欠缺 Through the experimental operation, really realize the lack of their hands-on ability 理论课里难懂的专业知识通过实验有了清晰的认知 The theory class difficult to understand the professional knowledge through the experiment has a clear understanding 从实验课里学到了书本里没有的知识 Learned knowledge from the experiment that was not in the book 看到自己做出的实验结果很有成就感, 明确了自己未来的职业目标 See the results of my own experiments, have a sense of achievement, clear about future career goals 认识到团队合作的重要性 Recognize the importance of teamwork 实验是一步一步做出来的, 容不得半点虚假, 正如人生, 每一步都算数 Experiments are made step by step, not a bit false, as life, every step counts

改革立项 2 项。教学团队发表微生物学相关教改论文 10 篇。2019 年授课教师被学生评选为“学院十大最美教师”。

### 3 探究式教学法仍需完善的一些问题及解决办法

#### 3.1 开展线上线下混合教学模式, 实行大班授课、小班辅导, 解决基本技能掌握不牢的问题

课程组开展了“畜牧微生物学”课程的线上线下混合教学模式, 利用网上优质教学资源结合自主研发的教学视频, 实行大班授课, 解决课时不足的问题。小班辅导, 实行一对一解答, 激发学生的学习兴趣。并制定了与线上课程相对应的线上测验, 达到巩固学生掌握基础知识和基本技能的目的。教师及时整理线上高频出错的问题, 线下课程中答疑解惑, 为学生提供灵活机动的学习途径, 加大平时学习过程管理, 提高学生的基础知识和实验技能的掌握。

#### 3.2 建立探究任务项目库, 解决选题偏离或过于宽泛的问题

建立探究任务项目库是避免学生自由选题的盲目性, 把项目限定在微生物学实验课大纲范畴内。本科生开放实验室只配备了常用微生物学检验的仪器设备和试剂, 偏离微生物的题目难以开展和实施。项目库的建立也可避免选题过大, 导致投入过多的精力和时间。

#### 3.3 增加结题环节, 提升学生科研素质

除提交实验报告, 各小组还需将探究过程及结果以幻灯片的形式做成报告, 在班级内进行宣讲, 主要内容包括选题、实验步骤、结果分析及讨论五个部分。通过结题环节不仅加深了学生对知识的掌握, 也锻炼了学生语言表达能力及科研思维, 提升了学生的综合素质。

#### 3.4 开放本科生专业实验室, 解决探究任务无法在课内完成的问题

##### 3.4.1 开放实验室采取预约制, 避免人员过多

综合类的探究任务耗时较长, 无法在实验课内完成, 需要学生课下继续, 为保证探究任务的顺利进行, 学院开放了两个本科生专用实验室。为避免人员过多或出现时间冲突, 课程组与实验室管理员开发了开放实验室预约软件, 学生通过手机小程序可以查阅实验室的空余时间段及剩余人数, 进行实名预约, 错峰使用实验室。

##### 3.4.2 实验室配备专人负责, 强调实验室安全和仪器合理使用

学生开展实验之前, 要完成线上专业实验室安全培训课程的学习, 并通过准入资格测试, 拿到实验室使用许可证, 才可预约实验室。未通过测试的学生需重新培训和测试, 直至拿到使用许可证。实验室配备专人负责实验室安全和仪器设备的维护和维修, 为学生提供仪器设备使用培训和管理。

#### 3.5 加强外在联动和内在驱动, 保障教改持续发展

与验证性实验不同, 探究式实验更接近科学研究, 需要教师长期的付出和学生更多的投入。因专业知识不足, 很多学生难以在规定的课时内完成, 意味着教师要比传统的教学方法付出更多的辛苦, 学生要投入更多的时间和精力。如何肯定和鼓励教师和学生的投入, 是关乎教学改革持续推进的核心问题。

学校和学院都非常重视学生实践技能的培养, 学校为了激励学生创新实践, 设立了本科生创新创业培训课题项目, 供本科生申请。学校为鼓励专业教师实施教学改革, 对教改课程的教学工作量设定了额外系数, 保障教师付出。学院在评定学生奖学金时, 将学生获得各种实践技能大赛等奖项作为评选条件之一。

探究性实验研究为师生提供了更多的交流

机会,促进了师生间互相了解,为后期学生报考研究生和开展毕业课题提供了双选机会。外在政策的保障和内在双选的驱动,是激发教师和学生进行教学改革的原动力。

将传统的实验课转化成探究式的研究课程,学生的自主学习能力、实验操作以及创新能力都有很大提高。探究式教学模式对教师的专业素养提出了更高的要求,促使教师不断开拓教学思维,提升专业素养和科研能力,有利于打造教学、科研双优的师资队伍。

## REFERENCES

- [1] 陈金顶,黄青云. 畜牧微生物学[M]. 6版. 北京: 中国农业出版社, 2017.  
CHEN JD, HUANG QY. Animal Husbandry Microbiology[M]. 6th ed. Beijing: China Agriculture Press, 2017 (in Chinese).
- [2] 张杰,刘长莉,于红丽,汪春蕾,张国财,王滨松. “互联网+”背景下的“微生物学野外实习”课程改革的研究与实践[J]. 微生物学通报, 2020, 47(4): 1133-1138.  
ZHANG J, LIU CL, YU HL, WANG CL, ZHANG GC, WANG BS. Research and practice on the course reform of Microbiology Field Practice under the background of “internet plus”[J]. Microbiology China, 2020, 47(4): 1133-1138 (in Chinese).
- [3] 于基成,刘秋,陈超,闫建芳. 基于成果导向教育理念的“发酵工程实验”课程内容设计及实践[J]. 微生物学通报, 2020, 47(4): 1234-1242.  
YU JC, LIU Q, CHEN C, YAN JF. Content design and practice of Fermentation Engineering Experiment course based on the idea of results-oriented education[J]. Microbiology China, 2020, 47(4): 1234-1242 (in Chinese).
- [4] 安登第. 微生物学课程“创新设计”探索与实践[J]. 微生物学通报, 2020, 47(4): 1033-1037.  
AN DD. Model exploration of innovation design on Microbiology course[J]. Microbiology China, 2020, 47(4): 1033-1037 (in Chinese).
- [5] 陈胜男,张海涵,黄廷林,朱陆莉,杨福玲,苏含笑,陈兴都,吴蔓莉,王丽. “环境工程微生物学”课程的教学改革探索与实践[J]. 微生物学通报, 2021, 48(12): 4963-4971.  
CHEN SN, ZHANG HH, HUANG TL, ZHU LL, YANG FL, SU HX, CHEN XD, WU ML, WANG L. The exploration and practice of Environmental Engineering Microbiology teaching reform[J]. Microbiology China, 2021, 48(12): 4963-4971 (in Chinese).
- [6] 刘心妍,李玉,吕和鑫,王建玲,王春霞. 以主动学习为导向的“微生物学实验”教学改革探索[J]. 微生物学通报, 2018, 45(10): 2280-2284.  
LIU XY, LI Y, LYU HX, WANG JL, WANG CX. Exploration on teaching reform of Microbiology Experiment guided by active learning[J]. Microbiology China, 2018, 45(10): 2280-2284 (in Chinese).
- [7] MINNER DD, LEVY AJ, CENTURY J. Inquiry-based science instruction: what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002[J]. Journal of Research in Science Teaching, 2010, 47(4): 474-496.
- [8] (美)罗恩·理查德(Ron Ritchhart), (美)马克·丘奇(Mark Church), (美)卡琳·莫里森(Karin Morrison)著. 哈佛大学教育学院思维训练课: 让学生学会思考的 20 个方法[M]. 北京: 中国青年出版社, 2014.  
RITCHHART R, CHURCH M, MORRISON K. Making Thinking Visible: How to Promote Engagement, Understanding, and Independence for All Learners[M]. Beijing: China Youth Press, 2014 (in Chinese).
- [9] 张美玲,贾彩凤. 个性化实验在微生物学实验教学中的探索与实践[J]. 微生物学通报, 2020, 47(4): 1230-1233.  
ZHANG ML, JIA CF. Exploration and practice of personalized experiment in Microbiology Experiment teaching[J]. Microbiology China, 2020, 47(4): 1230-1233 (in Chinese).
- [10] 肖丽君,王明娟,赵学荣,王建平,高亚贤,程露阳,刘镭,梁秀军,白冰,毛淑芳. “小组学习”模式在基础医学课程中的实践应用: 以医学免疫学为例[J]. 微生物学通报, 2021, 48(3): 1026-1032.  
XIAO LJ, WANG MJ, ZHAO XR, WANG JP, GAO YX, CHENG LY, LIU L, LIANG XJ, BAI B, MAO SF. The practical application of “team-based learning” mode in fundamental medical courses: Medical Immunology as the example[J]. Microbiology China, 2021, 48(3): 1026-1032 (in Chinese).