



项目式“微生物学实验”教学模式的构建与实践

黄海婵* 裘娟萍

浙江工业大学生物工程学院 浙江 杭州 310014

摘要: 微生物学实验是生物类各专业的一门重要的专业基础课程,微生物学实验技术是学生认识微生物、改造微生物和利用微生物的重要方法。课程组结合优质教学资源,以及先进仪器设备和网络技术的助力加持,构建了项目式“微生物学实验”教学模式。通过项目实验的科学设计、实施和评价,对实验教学进行了一系列的改革实践与探索,提高了实验教学效果和效率,使学生对微生物学研究有了更系统的认识,对培养学生的综合实践能力和科学研究思维起到了积极有效的促进作用。

关键词: 微生物学实验, 项目式教学法, 教学改革

Construction and practice of project-based teaching mode in Microbiology Experiment

HUANG Hai-Chan* QIU Juan-Ping

College of Biotechnology and Bioengineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou, Zhejiang 310014, China

Abstract: Microbiology Experiment is an important professional basic course of biology majors. Microbiology experimental skills are an important way for students to know, modify and utilize microorganisms. The project-based microbiology experiment teaching mode is constructed rely on high-quality teaching resources, advanced equipment and network technology. Through the scientific design, implementation and evaluation of the project, a series of reform are carried out for experimental teaching practice and exploration, which improves the experiment teaching effect and efficiency, and makes the students have a more systematic understanding of microbiology research. This method plays a positive and effective role in cultivating the students' comprehensive practical ability and the scientific research thinking.

Keywords: Microbiology Experiment, Project-based teaching method, Teaching reform

微生物学实验是生物学领域一门重要的专业基础实验课程,微生物学实验技术和方法也广泛地渗透到现代生命科学的各分支领域,不断发挥着其独特的作用。传统的微生物学实验基本上是追随微

Foundation items: Sharing Courses of National Quality Resources (Microbiology); First-Class Peak Discipline Construction Project of Zhejiang University of Technology (GZ18021050002); Teaching Reform Project of Zhejiang University of Technology (JG201818)

*Corresponding author: Tel: 86-571-88320921; E-mail: hhc@zjut.edu.cn

Received: 11-11-2019; **Accepted:** 17-01-2020; **Published online:** 22-02-2020

基金项目: 国家精品资源共享课程(微生物学); 浙江工业大学一流高峰学科建设项目(GZ18021050002); 浙江工业大学教学改革项目(JG201818)

*通信作者: Tel: 0571-88320921; E-mail: hhc@zjut.edu.cn

收稿日期: 2019-11-11; **接受日期:** 2020-01-17; **网络首发日期:** 2020-02-22

生物学理论课的教学进度安排实验课教学,注重理论知识的验证和巩固,综合性、设计性实验相对较少,每个实验相对独立。这种分阶段教学法进行知识的系统传授具有很强的操作性和实用性,一方面使课堂容易组织管理,教学经济有效,但另一方面不利于调动学生学习的主动性和积极性,限制了学生的实际动手能力、综合运用知识能力和创新思维的培养。项目式教学法是一种较受欢迎、实践性比较强的教学方法,是通过实施一个完整、系统的实验项目而进行的教学活动^[1-2]。结合教学实际,我校将项目式教学法应用于微生物学实验教学中,通过项目式教学模式的构建,以及先进仪器设备、优质教学资源、网络技术等多举并进助力实验教学,取得了良好的教学效果。

1 项目式微生物学实验教学模式的构建

1.1 科学设计项目任务

实施项目式教学的关键前提就是这门实验课程是否具有整体性、系统性和相互关联的特征,每个实验项目的知识点是否能够有机融合到项目中予以执行。我们在微生物学实验原有基础上,通过实验内容的精选、科学组织和合理安排等系统化的处理,将分散的验证性、操作性小实验串联成为以“功能微生物分离与鉴定”为主线的应用研究型综合实验项目。学生在教师的指导下分组设计实验方案,从培养基、无菌器皿等实验材料的准备开始,进行样品的采集、功能微生物的筛选、功能微生物的分离纯化、功能微生物的复筛、活性物质的检测及功能微生物的菌种鉴定,最后完成一个功能产品的开发(表1)。培养基的制备技术、各种灭菌技术、微生物的无菌接种技术、微生物的显微镜观察技术、活性物质的检测技术等微生物研究常用的方法和技能有机地穿插在整个项目式实验中。

基于微生物实验中存在微生物需要培养的特殊性,项目采用分段进行的模式,32学时实验课程教学被安排在不同的12个时间段,包含1次课前项目设计、10次实验实践和1次项目总结。每

个实验既独立又统一,既能相对独立地进行,又能系统、有机地联系在一起,组成一个完整、连续的项目探究实验。这种设计不仅有利于学校的教学组织和实验室的教学秩序安排,同时学生通过进行包括项目设计、样品采集、实验材料规划与准备、实验开展以及实验中的生物安全规范操作等一系列细致工作,能有效地训练微生物研究常用的方法与技能,同时让学生体会到如何科学组织项目研究,体会到项目研究的艰辛与乐趣。

1.2 紧密联系工程实际进行项目实施

高等工程院校培养的是具有综合素质的应用型人才,因此在选择和安排实验项目时,要注意联系工程背景,增强学生工程意识。同时实验项目的选择还应当做到内容丰富、科学实用、难易适中。对于学生不切合实际或无法达到的目的方案,教师要循循善诱,引导并分析实验方案的严密性和实际操作的可行性,帮助学生判断方案的科学性,在培养学生动手能力、创新能力的同时,树立起务实的工作态度,学生的主动性、自主性和独立性在实验中得以充分的发展。

“功能微生物分离与鉴定”主线任务,针对不同的专业会进一步演变成更符合专业发展方向、人才培养目标的具体实验项目。比如针对生物工程专业学生设置“淀粉酶产生菌的分离与鉴定”实验项目,针对食品工程专业设置“食品防腐剂产生菌的分离与鉴定”实验项目,针对环境工程专业设置“降解微生物的分离与鉴定”实验项目,针对生物制药专业设置“土壤中抗生素产生菌的分离与鉴定”实验项目。虽然不同专业开设不同实验项目,实验内容也有所区别,但实验路线和采用的实验技能有一定的共通之处,在兼顾专业特色的同时,不同专业的实验教学和谐共存,不影响原有实验教学秩序,也不会引发实验场地的紧张、实验设备的紧缺和实验教学管理的混乱等问题。授课教师还可以把相关科研活动中的基础筛选分离工作渗入到实验教学中,大量学生的大规模分离工作能有效帮助教师完成任务,这也是科研反哺教学、教学促进科研的一种具体表现。

表 1 项目式微生物学实验教学模式的构建

Table 1 Construction of project-based teaching mode in Microbiology Experiment

实验步骤	实验内容	教学手段	技能训练
Experimental procedures	Experimental contents	Teaching methods	Skill training
项目准备 Project preparation	项目的设计、资料的收集(0 学时) Project design and data collection (0 class hour)	课前设计、线上沟通 Design and online communication before class	文献查阅能力、自主学习能力和实验设计能力 Reading ability, autonomous learning ability and the ability of experiment design
项目实施 Project implementation	实验准备工作(4 学时) Experiment preparation (4 class hours)	翻转课堂, 线上线下混合教学; Flipped classroom, online and offline mixed teaching	培养基的制备技术、实验材料的包扎技术、各种灭菌技术(高压蒸汽灭菌、干热灭菌、紫外杀菌、过滤除菌等) Media preparation technique, bandaging technique of experiment materials, sterilization technique (autoclaving, dry-heat sterilization, UV disinfection, filtration sterilization, etc.)
	功能微生物的筛选和分离纯化(4 学时+2 学时) Screening, isolation and purification of functional microorganisms (4 class hours + 2 class hours)	线上教学(观看教学视频、实验演示视频, 进行虚拟实验等), 难点集中教学, 课堂实践 online teaching (watching teaching video, experimental demonstration video, virtual experiment, etc.), teaching focus on difficulty, classroom practice	Media preparation technique, bandaging technique of experiment materials, sterilization technique (autoclaving, dry-heat sterilization, UV disinfection, filtration sterilization, etc.) Microbial screening and cultivation techniques, morphological observation of microbial colony
	功能微生物的复筛和活性检测(2 学时+3 学时) Rescreening and activity detection of functional microorganisms (2 class hours + 3 class hours)	选择多种发酵培养基对纯化获得的功能微生物进行复筛 1. Rescreening of the functional microorganisms with multiple fermentation media	微生物的定向筛选、微生物的接种技术、微生物的纯种分离与培养技术、微生物的菌落形态观察 Directed screening of microorganisms, microbial inoculation technique, isolation and cultivation of pure cultures, morphological observation of microbial colony
	功能微生物的鉴定(3 学时+3 学时+3 学时+3 学时+3 学时) Identification of functional microorganisms (3 class hours + 3 class hours + 3 class hours + 3 class hours + 3 class hours)	对筛选获得的微生物进行菌种鉴定(包括微生物的形态观察、大小测量和计数、细菌的生理生化反应和 API 鉴定) Identification of microorganisms (including morphological observation, microscopic measurement, microscopic count, biochemical tests of bacteria and API identification)	微生物的复筛、活性物质的检测 Re screening of microorganisms and detection of active substances
项目总结 Project summary	“功能微生物的分离与鉴定”项目汇报(2 学时) Project report of “Isolation and identification of functional microorganisms” (2 class hours)	将实验结果进行整理和总结, 形成“功能微生物的分离与鉴定”研究小论文 Summary of the experimental results and research paper writing “Isolation and identification of functional microorganisms”	显微镜观察技术(包括细菌单染色法、细菌革兰氏染色、细菌芽孢染色、放线菌的形态观察、霉菌的形态观察、酵母菌的形态观察以及微生物测微技术)、微生物的鉴定技术等 Microscopic techniques (including simple staining, Gram staining, spore staining, actinomyces morphology, molds morphology, yeast morphology and microscopic measurement of microorganisms), identification of microorganisms, etc.

项目式微生物学实验教学通过整合各类优质资源,发挥互联网的优势,让互联网和实验教学健康深度融合,碎片学习和系统学习有机融合。课前,教师组建网络课堂,将收集、整理的教学资料和微课视频在网络平台上进行发布,并进行及时有效的课外指导;学生利用碎片化时间,通过移动设备进行随时随地的移动学习,包括阅读电子文档、观看视频、听“课”等方式进行课前专业实践的学习,并进行材料查阅、项目方案设计和完善等。课中,在教师引导下,学生利用课堂内的宝贵时间,更自主、更专注地进行基于项目的主动实践,同时能有效地和教师、同学进行互动交流,获得更深层次的理解。课后,学生及时整理实验原始记录,互相交流学习心得。通过课前翻转教学、课堂实践操作和课后实验小结,学生掌握了根据专业文献进行项目设计的能力,掌握了正确操作实验和安全开展项目实验的能力,掌握了正确描述实验现象、分析和解决实验过程中遇到的问题、正确处理实验数据并撰写规范实验报告的能力。

在完成实验后,还需要将整个项目实验结果进行整理和汇报,将原有的单个实验报告上升为研究论文“土壤中产淀粉酶微生物的分离及其初步鉴定”和“食品防腐剂产生菌的分离与鉴定”等,将项目式微生物学实验真正落实到位,完成任务闭环,而这也是学生科技论文写作的“第一次触电”,为学生今后科技活动和毕业论文的开展奠定了良好的基础。

1.3 多角度完善评价体系

实验考核是检查学生掌握实验操作和理论知识情况的重要一环,要求教师能合理公平地评价学生的表现和学生的综合素质。项目式微生物学实验的成绩评定方法包括平时成绩 40% (学生项目设计情况 5%,在线学习情况 5%,课程参与度 5%,课程问题研讨情况 5%,实验报告 20%)+项目论文 20%+实验考核 40% (笔试题 20%,操作题 20%)。课堂教学活动中,要求每位学生通过课前

的自学和思考,线上线下人人发言,发言有内容,教师会对每次教学活动中学生参与度、发言时长、发言内容与质量等进行统计和评分。教师也会对学生提交的项目论文严格把关,杜绝抄袭剽窃现象。

在实验考核环节,要求每位学生以抽签的方式从实验题库中抽取笔试题和操作题,笔试题和操作题各占 20%。其中对微生物实验操作技能考核进行了详细的设计,学生在规定的时间内完成两个实验(每个实验 10 分),每个实验都详细地列出了应掌握的技术要点和细节,每个细节错误扣 1-2 分,表 2 详细列出了其中 3 种微生物实验技术的操作细节。比如在斜面接种技术考核中就通过 8 个细节考察学生是否掌握了“火焰灭菌”的方法,是否正确掌握了斜面无菌接种操作的方法,以及考察学生斜面接种完成度情况。

2 多措并举助力项目式实验教学

2.1 先进仪器设备的助力

实验条件的改善和好的实验技术的应用有助于提高实验的科技含量,并取得更好的教学效果。在微生物的鉴定实验中引入了无线智能互动系统,将智能终端设备(手机或平板电脑)、无线通讯技术与数码显微技术相结合,通过高分辨率的数字图像和丰富的交互手段,解决了传统显微镜下观察图像的独占性和非交互性,使得师生能够更加密切地合作,提高了教师的课堂掌控和指导力度,为教师的指导工作带来极大的便利,提高了教学质量和教学效率^[4]。学生智能终端通过无线传输的方式不仅可获取显微图像、实现微观图像的传输,也可与教师端进行信息交互。教师通过教师智能端实现对学生端显微镜下图像的“教学监控”,进行课件、教师端显微镜下图像甚至学生端镜下图像和屏幕录像的“示范教学”,以及各个终端图像的“对比教学”。通过强而有力的教学指导强化了学生实验技能训练,实现在教师引导下的师生之间多层面的教学互动,营造活跃的教学氛围,提高了教学效率。

表 2 实验操作考核细化表^[3]Table 2 Detailed table of experimental operation assessment^[3]

考核项目	操作细节
Assessment items	Operational details
斜面接种 Slant inoculation	<p>接种前右手拿接种环，火焰灭菌，且接种丝烧至红</p> <p>Hold the inoculating loop with the right hand. Sterilize it with flame before inoculation. Flame loop till wire is red hot</p> <p>手心朝上左手拿试管，使斜面和有菌种的一面向上</p> <p>Take the culture tube with the left hand and make the marker visible</p> <p>试管帽用右手小指夹住，不要把试管帽放在桌上</p> <p>Remove the cap of the culture tube with the little finger of the right hand. Don't put the tube cap on the table</p> <p>菌种和待接种斜面的试管口在接种前和接种后快速地在火焰上烧 3 次</p> <p>Briefly flame the mouth of the culture tubes three times before and after inoculation</p> <p>试管口始终在火焰直径 5 cm 左右的范围内</p> <p>Keep the mouth of the culture tube within 5 cm of the flame diameter</p> <p>烧红的接种环在接种前至少冷却 5 s</p> <p>Let the loop wire cool for about at least 5 seconds before inoculation</p> <p>由底部划“Z”字形接种，直到斜面上缘，不划破培养基</p> <p>Inoculate the slant by streaking the loop back and forth across the agar surface from the bottom of the slant to the top with “Z” line. Be careful not to gouge the agar</p> <p>接完种的接种环经灼烧冷却放回原处</p> <p>Flame the inoculating loop again after inoculation and let it cool</p>
无菌倒平板 Pour plate with aseptic technique	<p>将装有琼脂培养基的三角瓶加热至充分融化</p> <p>Heat the flask to make the agar media melt</p> <p>倒平板前培养基冷却至约 50 °C</p> <p>Pour the plate after the media is cooled to about 50 °C</p> <p>倒培养基时右手拿盛有培养基的三角瓶底，小指与手掌之间夹住棉塞</p> <p>When pouring the medium, hold the bottom of the flask with the right hand and catch the tampon between the little finger and the palm of hand</p> <p>盛培养基的三角瓶塞子始终拿在手上，并且不能将棉塞放置在桌上</p> <p>Keep the tampon of the flask on the hand. Do not put the tampon on the table</p> <p>左手持培养皿底，不要过度打开平皿盖</p> <p>Hold the bottom of the plate with the left hand. Lift the edge of the lid just enough</p> <p>快速地将培养基倒入培养皿中，加盖后轻轻摇动，水平静置待凝</p> <p>Quickly pour the medium into the empty plate. Cover dish lid and gently swirl the plate. Let the plate stand horizontally and let the agar harden</p> <p>三角瓶瓶口始终在火焰直径 5 cm 的范围内</p> <p>Keep the mouth of the flask within 5 cm of the flame diameter</p> <p>凝固后的平板表面光滑、厚薄均匀，培养皿盖上不能有大量水蒸汽凝结</p> <p>The agar plate is smooth and even in thickness. Be no large amount of water vapor condensation on the lid</p>
显微镜操作 Microscope operation	<p>取镜或者放置显微镜时，一手紧握镜臂，一手托住镜座，轻轻放置</p> <p>When carrying the microscope to or from the cabinet, firmly hold the arm of the microscope with one hand and support the base with the other hand. Gently put it on the table or cabinet</p> <p>正确调节光圈、聚光器和光亮度</p> <p>Correctly adjust the iris diaphragm, condenser and brightness of light</p> <p>正确使用弹簧夹夹住载玻片，并且使用玻片夹推进器移动载玻片</p> <p>Correctly secure the glass slide firmly using stage clips. Use the mechanical stage knobs to scan the slide</p> <p>正确使用显微镜，使用物镜转换器进行物镜转换，使用粗调节旋钮升高载物台时不可用力过猛，以免压碎载玻片、损坏镜头</p> <p>Correctly use the microscope. Convert the objective lens using the objective conversion. Gently raise the stage with the coarse adjustment knob to avoid breaking the slide and the objective</p>

(待续)

(续表 2)

正确使用油镜, 加一滴香柏油在载玻片上光源透过的位置, 不可将高倍镜转动经过加有香柏油的区域

Correctly use the oil immersion objective. Place a single drop of the immersion oil on the slide right over where the light is coming through the stage. Do not rotate the high dry objective through the area filled oil

油镜使用后, 用擦镜纸擦除油镜上残留的香柏油, 再用适量的二甲苯进一步清理镜头, 最后用擦镜纸擦掉残留的香柏油

After the use of the oil immersion objective, use the lens paper to wipe the oil from the 100× objective lens. Xylene could be used to clean the oil if necessary and remember remove the xylene with the lens paper as well

显微镜使用完后将光源灯亮度调节至最小后关闭, 将载物台下降至最低点, 并将低倍镜对准载物台中央圆孔处, 收好电源线, 盖上防尘罩

After the use of the microscope, adjust the brightness of the light source lamp to the minimum and then close it. Then use the coarse adjustment knobs to lower the stage to the bottom and rotate the low power objective lens into place. Finally put away the power cord and put on the dust cover

另外课程组还引进了微生物在线浊度检测仪进行抗菌活性物质的高通量筛选, 荧光显微镜、相差显微镜和 API 鉴定系统进行微生物的鉴定, 使实验变得更加高效便捷, 同时可以支撑更高水平的实验。

2.2 优质教学资源的助力

多年来课程组制作和积累的各类教学资源, 包括实验教学视频、实验技能演示视频、实验课件、微生物图片库和教学案例等发布在教学网站或互联网平台, 可供学生课前预习和课外学习, 学生可以随时随地进行预习或复习实验的所有教学内容, 提高学生自学能力, 有利于补充课堂教学, 解决教学难点和重点, 让课堂教学向课外拓展与延伸。另外, 课程组模拟真实实验室环境、实验仪器和实验材料与用品, 先后开发了“细菌的革兰氏染色”“利用 Biolog 自动微生物鉴定系统进行微生物的分类鉴定”“5L 发酵罐中抗生素的发酵生产”等虚拟实验课件。虚拟实验对学生的多种感官形成刺激, 加深对知识的理解和记忆, 提高学生的学习热情和学习兴趣, 学生通过鼠标点击模拟完成实验演练、多次重复“实验”, 提高了实验教学中真实实验的正确率和实验教学效率, 有效补充了真实的课堂实验教学^[5-6]。

2.3 网络技术的助力

网络信息技术的大浪潮给人类带来了翻天覆地的大变化, 给实验教学注入了新的生机和活力,

为教学提供了学习和交互平台。我校建立的生物基础实验教学网站能为学生提供各类微生物学实验教学数字资源, 实现实验室、实验仪器的线上预约和管理, 以及实验报告和项目论文的线上递交和批阅等。教师远程调阅和批改, 学生能及时了解实验报告的批改结果和修改建议, 提高了学生书写实验报告的质量, 以及教师批改实验报告和实验报告归档管理的效率。当然教师在进行认真点评的同时, 对学生的实验报告必须严格把关, 严防抄袭和复制等不良现象, 树立起客观严谨、求实求真的科学态度。除此之外, 教师借助网络组建“学习群”, 建立起师生之间、生生之间长期有效的指导和沟通桥梁, 教师将微生物学实验课的“生物实验室的常见安全风险”“微生物实验室的安全防范与措施”“微生物学实验须知”“教学网站使用说明”“论文撰写规范说明”等向学生进行传达, 并指导学生阅读文献资料进行项目实验方案设计、可行性论证和项目论文的撰写等。学生在进行实验过程中遇到疑惑时可以随时提出, 不受时间和空间的限制, 教师会及时回答学生的提问, 学生之间也可以在学习群中交流学习方法和共享学习心得, 营造更为紧密、活跃的教学氛围, 提高实验教学质量和效率。

3 教学改革成效分析

项目式微生物学实验通过完成“功能微生物的分离与鉴定”这个系统、连续的实验项目来组织教学活动, 将教学改革的成果、先进的实验设备、高

新信息技术融入到实验教学的各个环节,实验资源得到充分利用,促进“传统”与“先进”有机结合,课内教学与课外延展相得益彰,可分可合,既相互独立又整体统一,分开来是一个个单独的实验,联合起来又是一个综合项目实验,具有延续性和逻辑性。

目前项目式教学法在我校的生物工程、生物技术、食品工程、环境工程等专业已实施 8 年,每年有近 300 多学生开展项目式微生物学实验教学。通过调查得知,有 95% 以上的学生和 90% 以上的本科生导师认为,与传统教学方法相比,项目式教学法更能提高学生的学习积极性和对本专业的学习热情,更能提高学生对微生物实验技能的掌握,培养了学生独立分析问题和解决问题的能力,学生在后续科研活动中思路更清晰、明朗,有效提升了学生的科学研究思维。2018–2019 年,以我院本科生代表为主力,先后获得了“国际遗传工程机器设计大赛”金奖和“国际基因工程机器大赛”金奖,比赛中的队员选拔、技能培训、实验设计、实验验证、交流展示、现场答辩等环节都展现了参赛学生扎实的微生物实验技能和良好的科学素养。

结合新工科和互联网大形式背景,项目式微生物学实验教学模式在实践中不断进行改进和深化,高质量地完成微生物学实验教学任务,为学生科技活动和毕业论文的开展奠定了良好的基础,同时也在我校生物工程、环境工程、制药工程和食品科学与工程等专业的工程教育专业认证过程中获得了一致好评,为推进高等工程人才的培养做出了积极的贡献。

REFERENCES

- [1] Chen XM, Wu G, Qian WY. Optimization of experimental teaching resources construction driven by project chain[J]. *Research and Exploration in Laboratory*, 2018, 37(4): 242-245 (in Chinese)
陈晓梅, 武戈, 钱吴永. 项目链驱动式实验教学资源优化建设[J]. *实验室研究与探索*, 2018, 37(4): 242-245
- [2] Wang SY, Zhang HY, Yang XL. Construction and practice of a novel experimental teaching model based on the project actuation — Taking Microbiology experiment as an example[J]. *Microbiology China*, 2018, 45(3): 702-707 (in Chinese)
王素英, 张宏宇, 杨晓丽. 项目驱动的实验教学新模式的构建与实践——以微生物学实验为例[J]. *微生物学通报*, 2018, 45(3): 702-707
- [3] Shen P, Chen XD. *Microbiology Experiments*[M]. 4th ed. Beijing: Higher Education Press, 2007: 9-12 (in Chinese)
沈萍, 陈向东. 微生物学实验[M]. 4 版. 北京: 高等教育出版社, 2007: 9-12
- [4] Huang HC, Qiu JP. Teaching reform and practice of the microbial morphology experiment based on the microscope digital mutual system[J]. *Microbiology China*, 2013, 40(3): 517-521 (in Chinese)
黄海婵, 裘娟萍. 基于显微数码互动系统的微生物形态实验教学改革与实践[J]. *微生物学通报*, 2013, 40(3): 517-521
- [5] Qiu JP, Yu ZL. Establishment of web-based laboratory for improvement of microbial experimental teaching and management[J]. *Microbiology China*, 2012, 39(9): 1323-1327 (in Chinese)
裘娟萍, 余志良. 构建网络实验室 促进微生物学实验教学与管理[J]. *微生物学通报*, 2012, 39(9): 1323-1327
- [6] Zhao JL. Research on the virtual experiments based on the web technology[J]. *Experimental Technology and Management*, 2011, 28(3): 220-223, 227 (in Chinese)
赵俊兰. 基于网络技术虚拟实验的研究[J]. *实验技术与管理*, 2011, 28(3): 220-223, 227