

• 高校生物学教学 •

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

孙东昌

浙江工业大学 生物工程学院, 浙江 杭州 310000

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. 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. Chin J Biotech, 2021, 37(4): 1450-1456.

摘要: 创新能力提升是当前研究生培养的核心目标, 为了探索提高硕士研究生创新能力的课程教学新模式, 笔者以微生物学相关专业学术型硕士研究生的选修课程——“现代微生物学技术”课程为例, 对课程的教学内容、方法、考核方式等开展了探索与实践。授课教师通过案例教学、研讨式课堂和评价方式的改革, 不仅让研究生掌握了现代微生物学技术的相关专业知识和学科前沿, 更加提升了学生发现问题、分析问题和解决问题的能力, 进而提高了研究生的创新能力。

关键词: 创新能力, 现代微生物学技术, 研究生, 教学模式探索

Practice in fostering postgraduates' creativity through teaching the course of Modern Microbial Biotechnology

Dongchang Sun

College of Biotechnology and Bioengineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310000, Zhejiang, China

Abstract: Improving the creativity is crucial to postgraduate training nowadays. The course of Modern Microbial Biotechnology is an optional specialized course for microbiology-related postgraduates. To explore a new teaching mode for improving the creativity of postgraduate students, we reformed the teaching content, the teaching method and the evaluation mode of this course. Through case study teaching, seminar-style classroom and implementation of a new assessment method, the students not only mastered professional knowledge and disciplinary frontiers of modern microbiology technology, but also improved their ability of discovering, analyzing and solving problems. The reformed course teaching mode is effective in fostering postgraduates' creativity.

Keywords: creativity, modern microbial biotechnology, postgraduates, teaching mode exploration

Received: July 31, 2020; **Accepted:** October 13, 2020

Supported by: Graduate Teaching Reform Project of Zhejiang University of Technology (No. 2017202), Graduate Model Bilingual Course Project of Zhejiang University of Technology (No. 2018111), Key Research and Development Program of Zhejiang Province, China (No. 2020C02031).

Corresponding author: Dongchang Sun. Tel/Fax: +86-571-88320057; E-mail: sundch@zjut.edu.cn

浙江工业大学研究生教改项目 (No. 2017202), 浙江工业大学研究生示范性全英文 (双语) 课程项目 (No. 2018111), 浙江省重点研发计划 (No. 2020C02031) 资助。

网络出版时间: 2020-10-22

网络出版地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1998.Q.20201021.1049.004.html>

创新驱动发展战略是党的十八大以来提出的国家发展战略,高等教育尤其是研究生教育担负着为国家培养创新人才的主体责任。研究生创新能力不仅是衡量一所高校研究生培养质量和学科建设的重要指标,更会对国家的创新驱动发展战略产生深远的影响^[1]。如何提高研究生的创新能力是高校研究生培养的关键所在,是高校普遍关切的重要问题。在研究生培养过程中,课程教学是培养研究生创新能力的重要环节^[2-3];高质量的课程教学是研究生培养质量的重要保障。然而,在国内研究生培养过程中,这个重要环节往往因教育者和受教者认识不足而流于形式。

笔者有幸亲历过欧美国家的研究生教育。类似我国的专业型硕士和学术型硕士,法国高等教育体系中设置研究型硕士和职业型硕士,前者的课程教学十分重视研究生的创新能力培养,对学生进一步攻读博士学位发挥良好的支撑作用。在美国高校,研究生课程教学与研究生创新能力培养联系紧密;研究生不仅需修读本专业的必修课程,而且还要选修相当数量的课程^[4]。课程教学前,美国高校教授通常给研究生提供相关书目和研究文献,要求学生通过自学获取相关基础知识;课程教学以研讨形式为主,重点培养学生的探索精神和创新能力^[4]。在我国高校,研究生通常也需开展一年的课程学习,但课程学习以知识获取为主要目标^[5]。相比而言,我国对研究生课程教学在培养研究生创新能力中的作用认识模糊,重要性凸显不够^[6]。本校自2016年起开设了面向微生物相关专业全日制学术型硕士研究生的选修课程“现代微生物学技术”(原为“微生物学技术”)。该课程的授课教师在深化和拓展学生对前沿微生物学技术认识的基础上,积极探索通过课程教学提升本校研究生创新能力的方法。经过5年的努力,初步建立了有助于培养学生创新能力的课程教学体系,为今后研究生课程教学改革提供参考。

1 研究生创新能力不足的体现及根源

1.1 知识、技术与实践应用脱节严重

笔者在开展研究生课程教学实践过程中,发现了不少本科阶段成绩优异的同学在研究生学习阶段难以将所学的知识应用于科技文献阅读和科研实践。其根源在于,这些学生在本科阶段的课程学习中倾向于对知识的吸收和积累,忽视了对知识的形成和创造过程的理解。因此,学生无法将已掌握的知识体系与学科前沿和科研实践相联系,限制其自身创造性思维能力的发展。

1.2 系统性科研思维能力的欠缺

在指导研究生开展毕业论文的实践过程中,笔者发现学生阅读文献时普遍存在“只见树木不见森林”的问题,常常孤立地以某些文献或者某篇文献为依据指导研究工作,对相关科研工作的价值和意义判断不清,因此难以开展创新性较高的工作。其根源在于,研究生对文献拟解决的相关科学问题的历史脉络不清楚,对相关研究领域缺乏系统性地了解和深入地思考。课程教学中贯穿系统性科研思维能力训练对于提升研究生创新能力具有重要意义。

1.3 研究生课程教学对研究生创新能力培养支撑不足

创新能力培养是研究生教育的关键。批判性思维与培养创新能力之间有着紧密的联系。欧美国家在各阶段教育都十分重视学生批判性思维能力训练。例如,在美国哈佛医学院,学生可以自行设计研究方案并在研讨课上和相关研究领域的专家探讨方案的可行性,取得了良好的课堂训练效果^[7]。然而,一方面,我国高等教育和中小学教育对学生批判性思维的重视程度较弱,研究生批判性思维水平普遍不高,分析和解决实际问题的能力相对较弱;另一方面,我国研究生课程教学组织形式单一,课堂气氛不够活跃,不利于批判性思维的培养。在开展课堂教学的实践过程中,

笔者发现研究生课堂上主动提问和答问的积极性不高,对核心问题的把握能力欠缺,通过课程教学训练学生创新能力的实际效果不理想。

2 “现代微生物学技术”课程教学改革与实践

我校的“现代微生物学技术”课程设置为32学时,主要面向微生物学及相关专业的全日制学术型硕士开设,课程教学以教师讲授和学生研讨为主要授课方式,考核方式由课堂问答和课后作业、研讨课成绩和课程学习论文3部分组成,以优、良、中、及格和不及格五档评分。

2.1 案例教学在“现代微生物学技术”中的应用

为了搭建学生自身基础知识体系与学科前沿及应用实践的桥梁,笔者建立了一套由浅入深的学习方法,通过丰富的案例引导学生系统地思考“现代微生物学技术”的内涵和外延。笔者以现代分子微生物学技术相关章节为例,介绍拓展研究生知识体系方面的课程改革措施。现代分子微生物学技术是在经典的“中心法则”的基础上建立起来的一系列技术。首先,教师围绕“中心法则”回顾DNA自身的复制、DNA到RNA的转录过程和RNA到蛋白的翻译过程。接着,以中心法则为主线,分3个水平(DNA、RNA和蛋白质)介绍相关的现代分子微生物学技术。(1) DNA水平的现代分子微生物学技术。聚合酶链式反应(Polymerase chain reaction, PCR)是以微生物产生的DNA聚合酶为基础的核酸扩增技术。教师重点介绍PCR技术衍生的等温核酸扩增(Loop-mediated isothermal amplification, LAMP)、数字PCR等前沿技术以及它们在病毒检测、单核苷酸多态性(Single nucleotide polymorphism, SNP)分析、DNA甲基化修饰等方面的应用。基因克隆技术是以微生物和质粒为工具在DNA水平上开展的分子拼接技术。教师在简单回顾基因

克隆技术原理和传统基因克隆方法的基础上,重点介绍同源重组介导的一步克隆技术、Gateway技术、大片段DNA克隆技术等近些年发展起来的新方法。(2) RNA水平的现代分子微生物学技术。教师以新型冠状病毒核酸检测为例介绍目前检测RNA的方法,其中包括荧光定量PCR技术、胶体金等温核酸扩增技术、Cas13a介导的病毒核酸检测技术。启动子在DNA转录生产RNA过程中发挥了关键作用,广泛应用于代谢工程、合成生物学、遗传工程等方面。教师首先系统地介绍了启动子的结构和类型,重点讲解科研实践中如何通过设计和改造启动子实现目的基因的转录调控,从而提高具有工业应用价值的次级代谢产物的产量。(3) 蛋白水平的现代分子微生物学技术。教师首先以抗原-抗体法检测新冠病毒为例介绍蛋白在病毒检测中的应用实例,然后重点通过文献中相关实验的案例介绍酶学技术和蛋白-蛋白及蛋白-核酸互作的检测原理和方法,让学生了解这些技术在科研实践中的应用。核糖体结合位点在RNA翻译成蛋白的过程中发挥重要作用。通过改造核糖体结合位点可在翻译水平调控基因表达,是近年来基因表达调控研究的热点领域。在介绍翻译相关内容时,教师重点介绍核糖体工程在微生物遗传育种中的应用。在讲解微生物组学相关知识时,教师仍然以“中心法则”为纲,分别介绍由DNA水平衍生的基因组学、由RNA水平衍生的转录组学和由蛋白质水平衍生的蛋白质组学及代谢组学,进而通过实例让同学们理解组学技术在微生物学研究中的重要作用。此外,教师提供介绍微生物学技术实例的参考书目(如:邓子新和喻子牛编著的《微生物基因组学及合成生物学进展》、Surajit Das和Hirak Ranjan Dash编著的《Microbial Biotechnology—A Laboratory Manual for Bacterial Systems》等)^[8-9],供学生课后进一步拓展其知识体系。贯穿课程教学中的案例不仅深

化了研究生对相关知识的理解,而且帮助他们在脑海中建立由知识到技术和由技术到科研实践之间的桥梁。

2.2 结合教师自身的科研实践,传授系统性科研思维方法

笔者以 CRISPR-Cas 基因编辑技术相关章节为例介绍传授系统性科研思维方法的改革措施。该章节以 Rodolphe Barrangou 和 John Van Der Oost 编著的《CRISPR-Cas Systems: RNA-Mediated Adaptive Immunity in Bacteria and Archaea》^[10]为参考书目。授课教师在 CRISPR-Cas 系统理论和应用研究中积累了较多的实践经验^[11-13]。在回顾 CRISPR-Cas 系统发现和基因编辑技术发展的过程中,教师通过问题的形式引导学生理解相关里程碑式的研究工作及其科学价值。首先,教师提出如何通过分析细菌基因组信息发现潜在的具有重要生物学意义的功能元件的问题,引导学生思考生物信息学工具在发现 CRISPR-Cas 系统过程中发挥的重要作用。接着,教师提出如何证明基因组上 CRISPR-Cas 系统的功能的问题,引导学生思考科学家如何通过细菌对噬菌体产生适应性的现象,探索组成 CRISPR-Cas 系统的各个元件具体功能的本质,进而在分子乃至原子水平上阐明 CRISPR-Cas 系统作用深层次的机制。然后,教师提出如何将细菌的适应性免疫系统(即 CRISPR-Cas 系统)改造成基因编辑工具的问题,并举例说明 CRISPR-Cas 系统在原核生物和真核生物基因编辑、基因表达调控、分子诊断等方面的应用,不仅让学生认识科学发现转化为技术应用的过程,而且培养学生对应用 CRISPR-Cas 基因编辑系统解决实际问题的兴趣。在此基础上,教师讲授 CRISPR-Cas 基因编辑的原理和设计方法,并设置了一系列思考题供课后复习和巩固。此外,教师结合自身开展的科研实践,通过问题的形式引导研究生进一步深入思考 CRISPR-Cas 系统基础和应用研究的现状和今后的发展方向。

例如:哪些手段可以提高 CRISPR-Cas 系统的靶向性?如何利用 CRISPR-Cas 系统实现单碱基基因编辑?细菌如何操控 CRISPR-Cas 系统防御外源核酸入侵?能否人为干预开启与关闭细菌自身的 CRISPR-Cas 系统?如何利用 CRISPR-Cas 系统防治癌症?能否利用 CRISPR-Cas 系统防控耐药病原微生物?这些问题的思考不仅使得学生更加清楚地认识 CRISPR-Cas 系统的研究现状,而且更有助于他们展望 CRISPR-Cas 基因编辑未来的发展方向,从而提升其创新意识和创新能力。在开展上述课程教学过程中,教师提供相关重要文献列表并梳理了从基础理论到技术应用的研究脉络,不仅拓展了研究生在 CRISPR-Cas 研究领域的知识面,而且加深了他们对相关研究历程的认识。最后,教师以张锋和 Jennifer Doudna 之间关于 CRISPR-Cas 基因编辑技术的专利之争以及基因编辑婴儿事件引导学生思考基因编辑技术引发的知识产权和社会伦理问题,让学生正确认识科技创新、知识产权保护与社会伦理的关系,培养具有社会责任感的创新型人才。

2.3 改进研讨课的学习和评价体系

为了改善研究生参加研讨课学习效果,笔者针对本校学生设计了一套研讨课的学习和评价体系,帮助学生有效地开展学术研讨。课前,教师结合授课情况,给学生提供文献阅读范围,要求每位研究生选取其中一篇文献精读并制作 PPT,围绕论文解决的关键科学问题或应用问题进行 10-15 min 的讲解,分析论文作者的研究思路和所采用的微生物学技术,指出论文的创新点及支持这些创新点的主要证据,剖析论文的不足之处并提出进一步研究的思路。课中,报告者在规定时间内完成报告内容,其他同学听完报告之后,需提出针对性强的问题或建设性意见,报告者需在较短的时间内准确而清晰地回答提问者所提出的问题。为了评估同学开展研讨课的情况,教师分项记录每位同学在讲解、提问和答问各环节的表现(表 1),

表 1 “现代微生物学技术”研讨课分项评价表

Table 1 Evaluation table used in the seminar of the course Modern Microbial Biotechnology

	科学/技术问题 Scientific/Technical Problems	创新点 Innovative points	研究方法 Research approaches	微生物技术 Microbial biotechnology	不足之处 Drawbacks	提问 Questions	答问 Answers
A	很重要且表述清楚 Very significant and clear	非常新颖且 表述清楚 Very novel and clear	表述清楚 Very clear	新颖 Novel	符合逻辑且 正确 Reasonable and correct	恰当且正确 Appropriate and correct	准确且清晰 Accurate and clear
B	较重要且表述清楚 Relatively important and clear	较新颖且表 述较清楚 Relatively novel and clear	表述较清楚 Relatively clear	传统但有创新之处 Traditional but containing novel elements	符合逻辑但 不正确 Reasonable but incorrect	恰当但不重要 Appropriate but unimportant	较准确和清晰 Relatively accurate and clear
C	不重要或表述不清 Unimportant or unclear	不新颖或不 清楚 Neither novel nor clear	表述不清楚 Not clear	不新颖 Not novel	既不符合逻辑 也不正确 Unreasonable and incorrect	既不恰当也不重要 Neither appropriate nor important	既不准确也不 清晰 Neither accurate nor correct
D	未提供有价值的 信息 No useful information	未提供有价 值的 信息 No useful information	未提供有价 值的 信息 No useful information	未提供有价值的信息 No useful information	未提供有价 值的 信息 No useful information	未提问 No question	未作答 No answer

按照 A (优良)、B (中等)、C (及格) 和 D (不及格) 4 个等级评价同学的表现, 并据此计算每位同学参加研讨课的成绩。

每位同学研讨结束后, 授课教师及时指出学生在课堂研讨环节中存在的问题, 要求学生根据教师的意见修改之前的 PPT 或重新选择文献内容制作符合要求的 PPT。课程结束后, 学生根据自己对 PPT 内容的理解采用英文撰写课程论文, 该论文需包含摘要、前言、方法、结果、讨论、参考文献等部分。研讨课成绩和课程论文成绩占该课程总成绩的 2/3。

3 教学改革获得的成效

为了进一步了解“现代微生物学技术”课程教学改革的成效, 笔者对选修“现代微生物学技术”课程的研究生开展了课程教学效果和满意度问卷调查。问卷调查对象为 11 名 2019 级学术型研究生, 其中包括 9 名微生物学专业硕士和 2 名药学

专业硕士。课程效果问卷调查结果显示: 所有调查对象认为本课程的学习不仅有助于拓展学生的专业知识水平和提升其自学能力, 而且对提高他们的专业文献阅读能力和专业英语水平有较大或很大的帮助; 虽然微生物学专业的研究生普遍认为本课程的学习对提高其创新能力有较大或很大帮助, 但是少数非微生物学专业的研究生认为本课程的学习对其创新能力的提高帮助不大 (表 2)。课程满意度调查结果显示: 所有调查对象对本课程教学情况的总体满意度较高, 认为本课程的学习难度处于较难水平, 体现了研究生课程的深度; 学生对本课程的案例教学认可度高, 普遍认为案例教学有助于拓展他们的知识体系; 虽然微生物学专业的研究生普遍对研讨课学习的满意度较高, 但是少数非微生物专业的研究生认为研讨课的效果欠佳 (表 3)。研究生课程教学效果和满意度问卷调查结果显示总体上本课程的改革获得了学生的认可。

表 2 课程教学效果调查表

Table 2 Effects of course teaching

调查对象 Object of investigation	效果 Effect	专业文献阅读能力 Ability of reading professional literature	专业知识和自学能力 Professional knowledge & Self-learning	专业英语 Professional English	创新能力 Creativity
所有学科研究生 Postgraduates of all disciplines	帮助不大 Little help (%)	0	0	0	9.1
	有些帮助 Some help (%)	81.8	81.8	72.7	54.5
	帮助很大 Great help (%)	18.2	18.2	27.3	36.4
微生物学研究生 Postgraduates of microbiology	帮助不大 Little help (%)	0	0	0	0
	有些帮助 Some help (%)	77.8	77.8	66.7	55.6
	帮助很大 Great help (%)	22.2	22.2	33.3	44.4

表 3 课程教学满意度调查表

Table 3 Satisfaction evaluation of course teaching

调查对象 Object of investigation	满意度 Satisfaction	课程难度 Difficulty of the course	研讨课教学 Seminar Study	案例教学 Case study	整体满意度 Overall satisfaction
所有学科研究生 Postgraduates of all disciplines	容易/不满意 Easy/Unsatisfied (%)	0	9.1	0	
	较难/满意 Difficult/Satisfied (%)	100	54.5	72.7	
	非常难/非常满意 Very difficult/Satisfied (%)	0	36.4	27.3	100
微生物学研究生 Postgraduates of microbiology	容易/不满意 Easy/Unsatisfied (%)	0	0	0	
	较难/满意 Difficult/Satisfied (%)	100	66.7	66.7	
	非常难/非常满意 Very difficult/Satisfied (%)	0	33.3	33.3	100

4 总结

高水平的研究生教育是构建世界一流大学和世界一流学科的重要基础,是国家人才竞争和科技竞争的集中体现^[14]。我国虽然自主培养研究生突破 1 000 万人,但是在探索具有本国特色的研究生课程教学模式上存在不足之处^[15]。长期以来,研究生课程教学受重视程度普遍不高^[3]。这一方面与研究生培养目标和高校师生的研究生课程教育的理解和认识密不可分,另一方面也与研究生课程教学内容陈旧、教学方法单一有关。为了提升研究生的创新能力,笔者以“现代微生物学技术”课程教学实践为例,开展了研究生课程教学改革的尝试。通过这种创新性的授课模式,笔者初步构建了适合我校研究生的“现代微生物学技术”教学体系,形成了独特的课程教学模式,取得了良好的教学效果。本课程开设之初仅微生物学专业研究生选修。近年来,本课程吸引了分

子与生物化学、生物工程、环境工程、药学等其他生物相关专业研究生选修。笔者认为如下方面的教学经验不仅可在本校其他研究生课程教学乃至全国其他高校研究生课程教学中参考:(1)借助丰富的案例,拓展和延伸研究生自身的知识体系,从而提升学习效果;(2)结合教师自身的科研经验,传授系统性科研的思维方法,提升学生的科研鉴赏能力;(3)结合学生的实际情况,正确引导学生研讨的内容,采取合适的方式“激发”学生研讨的积极性。基于授课对象的反馈,笔者认为该课程还有以下方面需要改进。首先,目前的“现代微生物学技术”课程教学缺乏与之相搭配的实验课,开设相关的实验课是今后该课程建设需重点思考的方面。其次,虽然微生物学专业的研究生对该课程的满意度较高,但是部分非微生物学专业的研究生认为教学效果欠佳。因此,针对不同学科背景的研究生设置个性化的教学和研讨方式是今后进一步改革的重点和难点。再次,

学生选课人数对课程学习效果的影响较大。选课人数 10 人以内的情况下, 教学效果通常较好; 选课人数过多会降低研讨和问答的实际效果。为了保证教学质量, 今后将根据研究生的基础和学习能力分班或分组研讨。最后, 如何在开展“现代微生物学技术”专业课程教学的同时提升研究生的专业英语水平也是将来需要探讨的重要课题。课程教学改革对于提高研究生创新能力具有重要意义。笔者希望“现代微生物学技术”课程的改革实践经验能够为国内的研究生课程教学提供有意义的参考和借鉴。

REFERENCES

- [1] 杨柳. 我国研究生创新人才培养机制改革研究. 研究生教育研究, 2017(6): 13-17, 22.
Yang L. On reform of innovative talent cultivation mechanism for postgraduates in China. J Grad Edu, 2017(6): 13-17, 22 (in Chinese).
- [2] 孙建和, 王恒安, 马婧姣, 等. 以培养研究生创新思维为目标的“兽医分子病毒学”教学模式的探索与实践. 微生物学通报, 2018, 45(11): 2517-2522.
Sun JH, Wang HA, Ma JJ, et al. Exploration and practice of the teaching method for Veterinary Molecular Virology aiming at cultivating creative thinking talents. Microbiol China, 2018, 45(11): 2517-2522 (in Chinese).
- [3] 汪铭, 陈聚涛, 杨昱鹏, 等. 研究型教学在研究生课程教学中的应用. 研究生教育研究, 2018(1): 33-37.
Wang M, Chen JT, Yang YP, et al. On application of research-oriented teaching in course teaching for postgraduates. J Grad Edu, 2018(1): 33-37 (in Chinese).
- [4] Conrad C, Haworth JG, Millar SB. A silent success: master's education in the united states. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1993.
- [5] 许红. 中美研究生培养模式比较研究. 成都: 四川大学出版社, 2010.
Xu H. A comparison of postgraduate cultivating modes in USA and China. Chengdu: Sichuan University Press, 2010 (in Chinese).
- [6] 毛景焕. 为思维而教构建研究生课程教学“金课”. 研究生教育研究, 2019(3): 60-65.
Mao JH. Teaching for thinking: on postgraduate curriculum “golden course” construction. J Grad Edu, 2019(3): 60-65 (in Chinese).
- [7] 廖国建, 谢建平. 哈佛大学医学院研究生微课程项目及其启示. 学位与研究生教育, 2014(1): 70-72.
Liao GJ, Xie JP. The micro-lecture for postgraduates in Harvard medical school and enlightments. Academ Degr Grad Edu, 2014(1): 70-72 (in Chinese).
- [8] 邓子新, 喻子牛. 微生物基因组学及合成生物学进展. 北京: 科学出版社, 2014.
Deng ZX, Yu ZN. Advances in Microbial Genomics and Synthetic Biology. Beijing: Science Press, 2014 (in Chinese).
- [9] Das S, Dash HR. Microbial Biotechnology—a Laboratory Manual for Bacterial Systems. New Delhi: Springer India, 2015
- [10] Barrangou R, van der Oost J. RNA-mediated Adaptive Immunity in Bacteria and Archaea. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2013.
- [11] Sun DC, Mao XD, Fei MY, et al. Histone-like nucleoid-structuring protein (H-NS) paralogue StpA activates the type I-E CRISPR-Cas system against natural transformation in *Escherichia coli*. Appl Environ Microbiol, 2020, 86(14): e00731-20.
- [12] 孙东昌, 裘娟萍. I-E型 CRISPR/Cas 系统介导适应性免疫分子机制研究进展. 微生物学报, 2016, 56(1): 1-7.
Sun DC, Qiu JP. Advances in molecular mechanisms of adaptive immunity mediated by type I-E CRISPR/Cas system — a review. Acta Microbiol Sin, 2016, 56(1): 1-7 (in Chinese).
- [13] Sun DC, Wang L, Mao XD, et al. Chemical transformation mediated CRISPR/Cas9 genome editing in *Escherichia coli*. Biotechnol Lett, 2019, 41(2): 293-303.
- [14] 高平发, 龚文涛. “五大理念”在引领研究生教育“双一流”建设中的作用. 学位与研究生教育, 2016(12): 15-19.
Gao PF, Gong WT. Five concepts based function of graduate education in the “Dual First Class” construction. Academ Degr Grad Edu, 2016(12): 15-19 (in Chinese).
- [15] 韩鹤友, 侯顺, 郑学刚. 新时期研究生课程教学改革与建设探析. 学位与研究生教育, 2016(1): 25-29.
Han HY, Hou S, Zheng XG. Reform and construction of graduate courses in the new period. Academ Degr Grad Edu, 2016(1): 25-29 (in Chinese).

(本文责编 郝丽芳)