



高校教改纵横

## “环境工程微生物学”课程的教学改革探索与实践

陈胜男<sup>\*1</sup> 张海涵<sup>1</sup> 黄廷林<sup>1</sup> 朱陆莉<sup>1</sup> 杨福玲<sup>1</sup> 苏含笑<sup>2</sup> 陈兴都<sup>2</sup> 吴蔓莉<sup>1</sup> 王丽<sup>1</sup>

1 西安建筑科技大学环境与市政工程学院 陕西 西安 710055

2 西安建筑科技大学国家级环境类专业实验教学示范中心 陕西 西安 710055

**摘要:** “环境工程微生物学”是环境科学专业的核心基础课程，如何在教学过程中以学生为中心，注重学生能力培养，是“环境工程微生物学”课程教学改革的重要环节。本文从与实践结合、教学与科研有机结合、构建课程思维导图、挖掘与融入“课程思政”元素等多样化教学方法进行理论教学的改进。实践证明，“环境工程微生物学”课程的教学改革激发了学生的学习兴趣，提高了学生对知识的应用及理解能力。

**关键词:** 环境工程微生物学，工科院校，教学改革，能力培养

## The exploration and practice of Environmental Engineering Microbiology teaching reform

CHEN Shengnan<sup>\*1</sup> ZHANG Haihan<sup>1</sup> HUANG Tinglin<sup>1</sup> ZHU Luli<sup>1</sup> YANG Fuling<sup>1</sup>  
SU Hanxiao<sup>2</sup> CHEN Xingdu<sup>2</sup> WU Manli<sup>1</sup> WANG Li<sup>1</sup>

1 School of Environmental and Municipal Engineering, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an, Shaanxi 710055, China

2 National Experimental Teaching Demonstration Center of Environmental Specialty, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an, Shaanxi 710055, China

**Abstract:** Environmental Engineering Microbiology is a core course of Environmental Science Specialty. The key points of teaching reform are “Student-Centered” and the cultivation of students' abilities. Here, the teaching methods are improved by the combination with practice and scientific research, constructing curriculum mind map and integrating ideological education. Practice suggested that the teaching reform in Environmental Engineering Microbiology could increase students' interest and improve their ability of understanding and applications.

**Keywords:** Environmental Engineering Microbiology, engineering colleges, teaching reform, ability training

**Foundation items:** New Engineering Research and Practice Project of Ministry of Education of China (E-CXCYYR20200902); Key Research Project of Teaching Reform in Shaanxi Higher Education (19ZZ003); Subproject of First-Class Specialty Construction of Shaanxi Province (YLZY0303S01, YLZY0303C04)

**\*Corresponding author:** Tel: 86-29-82202825; E-mail: chenshengnan@xauat.edu.cn

**Received:** 07-05-2021; **Accepted:** 02-07-2021; **Published online:** 24-08-2021

**基金项目:** 教育部新工科研究与实践项目(E-CXCYYR20200902); 陕西高等教育教学改革研究重点项目(19ZZ003); 陕西省一流专业建设项目子项目(YLZY0303S01, YLZY0303C04)

**\*通信作者:** Tel: 029-82202825; E-mail: chenshengnan@xauat.edu.cn

**收稿日期:** 2021-05-07; **接受日期:** 2021-07-02; **网络首发日期:** 2021-08-24

人才培养是大学的本质职能,本科教育是大学的根本,在高等教育中具有重要的战略地位。未来新兴产业和新经济需要的是实践能力强、创新能力强、具备国际竞争力的高素质复合型新工科人才。“环境工程微生物学”课程以普通微生物学的理论与技术为基础,重点研究微生物与污染环境的相互关系,特别是如何利用微生物有效降解日趋严重的多种多样的环境污染物,为解决环境污染问题提出有效的方法、技术和理论基础。然而随着现代分子生物学和大数据技术结合的蓬勃发展,这必然对“环境工程微生物学”课程的教学提出了更高的要求。西安建筑科技大学作为“国家建设高水平大学项目”和“中西部高校基础能力建设工程”实施院校,如何结合行业企业对环境类专业应用型人才的需求改革“环境工程微生物学”教学内容及教学方法,对环境类专业人才的培养具有十分重要的作用。

## 1 优化课程知识体系

“环境工程微生物学”课程采用周群英、王士芬编著的第4版教材<sup>[1]</sup>,面向我校环境科学专业三年級本科生,以课堂教学编排为主线,遵循学生的认知规律和能力培养的递进关系优化知识体系,形成微生物学基础、微生物生态与环境生态工程中的微生物作用两大模块。在微生物技术高速发展的背景下,“环境工程微生物学”知识体系得到了极大的丰富,而教材的修订速度远跟不上科学技术的发展,讲授课程内容相关新进展有助于激发学生的创新思维,因此,对理论课知识体系进行优化更新是创新型人才培养模式的必然选择。

结合环境科学专业特点和专业课程设置情况,在课堂教学过程中对教材现有知识体系进行了合理的优化。如精简了“微生物的生态”章节中与“环境生态学”和“环境污染生态学”课程中重复的内容;“微生物的遗传和变异”这一章节内容与环境科学相关性较小,设置为自学章节。此外,由于专业课程体系中后续还将开设环境工程学系列“水污染

控制工程”“大气污染控制工程”“固体废物处理与处置”等课程,在“环境工程微生物学”的整体教学安排上以讲授污染环境处理中的微生物学原理为重点,而对相关的工艺、流程仅作引导式介绍。

由于课时有限,精简现有教材内容是为重构新的知识体系留出空间,结合相关内容的当前研究热点对课程现有知识体系进行补充优化。在介绍“氮循环”时,补充介绍“完全氨氧化细菌”;在介绍“饮用水的消毒方法”时,补充介绍“UV-氯联合消毒”;在介绍“土壤微生物生态”章节内容时,补充介绍“石油污染土壤的微生物修复”;在介绍“有机固体废物的堆肥法处理”时,补充介绍了“畜禽粪便中抗生素抗性基因”等内容;此外,还增加了“分子生物学新技术在环境工程中的应用”和“功能菌群的开发利用”等知识模块。

基于环境科学省级一流专业的学科特色以及主讲教师所在的教育部创新团队科研成果,将16项科研成果与26个知识点有机结合,丰富教学案例,重塑课程知识体系。例如,将“水源好氧反硝化细菌脱氮”科研成果与“微污染水源水微生物处理”知识点有机结合,将“水库藻-菌互作关系研究”与“微生物与其他生物之间的关系”知识点相结合,将“饮用水管道滞留水体水质变化和细菌增殖特征”成果与“微生物的生存因子”知识点结合等。基于水源污染控制、土壤污染修复和大气污染控制的10项实际工程的引入,强化学生解决复杂环境工程问题的能力。例如“混合充氧强化水库功能菌群改善水质关键技术”应用于水源水库、“厌氧氨氧化脱氮技术”应用于污水处理厂等。通过上述几个方面开展教学内容的持续创新,根据知识类别重构知识内容,体现高阶性、先进性和挑战度。

## 2 课程教学方法的改进与优化

对于教学方法改革的探讨与实践一直是高校教学改革的研究热点,教师也提出了各式各样的改进教学策略,比如研究型、讨论式、案例式、渗透式、启发式、专题讲座、课程论文、学生兼课等<sup>[2]</sup>,

以及一些现代教学手段(翻转课堂、慕课、雨课堂、映客直播)的运用等,这些对提高教学质量无疑起到了一定的促进作用。然而,面对我校环境科学专业每年60人左右的授课班级,在有限的学时内,以教师讲授为主的教学方法仍然是最基本、最重要、最实用的方法<sup>[3]</sup>。可通过讲好绪论、引入故事等方法营造有趣的课堂氛围,而且更要考虑到课程内容紧跟国内外环保产业发展前沿,为保障教学目标和毕业要求的达成奠定坚实基础。因此,在课堂讲授中通过与实践相结合、教学与科研有机结合等方法提升课程实用性和前沿性,通过运用课程思维导图提升学生综合思考和创新能力。同时,为实现立德树人与铸魂育人需求融入思政元素,引导学生树立正确的理想信念。

## 2.1 与实践相结合

新工科建设的理念之一要求加强研究和实践。“环境工程微生物学”是一门理论性和实践性并重的课程,为提高学生的基本理论知识及创新实践能力,要求教师讲课时注重理论联系实际,将抽象的理论内容与具体的生产生活实践相结合。结合课程教学内容,联系生产生活实际,指导本科生申报科研训练项目(Students Scientific Research Training, SSRT),如以西安市某水源水库藻类季节性暴发问题为来源,并结合课本“真核微生物”章节中藻类的知识点,指导本科生申报并完成了第12批SSRT项目“水库浮游藻种结构及其水质调控机制”和第13批SSRT项目“水源水库藻类细胞显微摄影及其种群动态”;以景观水体污染修复为研究目标,结合课本“微生物的生理”章节中微生物酶的知识点,指导本科生申报并完成了第15批SSRT项目“缓释型释氧化合物对污染水体沉积物的修复”;其中,“水源水库藻类细胞显微摄影及其种群动态”和“缓释型释氧化合物对污染水体沉积物的修复”入选“国家级大学生创新创业训练计划”项目。同时,结合课本“微生物的生态”章节中“水体微生物生态”部分的知识点,以污染水体的微生物修复技术为研

究内容,指导本科生参加第十届全国大学生节能减排社会实践与科技竞赛,参赛作品《海绵城市水环境修复微生态制剂研制与应用》获得三等奖。通过SSRT项目、大学生创新创业训练计划和课外科技竞赛的实施,学生反映获益颇多,既巩固加深了课堂所学理论知识,又锻炼和培养了分析问题和解决问题的能力,做到理论与实践相结合,提高了学生的科研能力、创新能力和团队协作等能力。

“环境工程微生物学”课程开设时间为大三上学期,该学期同时开设了“认识实习”,“认识实习”是环境科学专业本科生的主要实践教学课程,实习内容之一是去污水处理厂,在污水处理厂学生们观察到了好氧活性污泥法和好氧生物膜法处理污水的流程,近距离看到了污水处理系统的生物填料及生物膜等,联系教材第九章内容“水环境污染控制与治理的生态工程及微生物学原理”,加深了对理论知识的认识,真正做到了理论与实践相结合。学院虚拟仿真实验中心开设了“环境工程微生物学”相关的仿真实验,如河流水体自净过程虚拟仿真实验、西安市生活垃圾处理过程虚拟仿真实验等,虚拟仿真实验帮助学生巩固了理论知识。同时,为培养学生的创新精神与实践能力,设置了开放性实验供本科生选择,其中选微生物学方面研究的学生逐渐增多,如公共场所物体表面(餐桌、扶手等)大肠杆菌菌群数测定、公共空间(图书馆、宿舍等)空气中细菌总数测定等。教学过程紧密联系生产生活实践,开阔了学生的视野,提高了学生主动思考创新及分析和解决问题的能力。

## 2.2 教学与科研有机结合

“环境工程微生物学”是生命科学和环境科学与工程交叉学科,具有很强的实践性和应用性。随着分子生物学和大数据的飞速发展,很多新技术新方法在微生物学研究中广泛应用。教师做好科研会促进教学,而教学过程中又能发现需要科研来解决的实际问题。教师要正确处理好教学和科研的关系,以教学带科研,以科研促教学,高质量

的教学能够有效推动科研工作的进行,而教学内容的拓展也依赖于科研的强力支撑,两者相互促进、相得益彰<sup>[4]</sup>。

将科研融入教学,科研的思想、方法有助于培养学生的科研创新能力。例如在介绍水体富营养化时,结合我们对水体藻类的研究,讲解藻类在水源水体中的群落演变特征和藻-菌互作关系等,同时进一步延伸如何控制藻类暴发,介绍课题组带头人黄廷林教授团队研发的扬水曝气技术能够原位改善水源水库水质,抑制水体富营养化发生,这也是科研成果转化的最好案例。在介绍堆肥法处理有机固体废物时,除了讲解堆肥的原理、工艺和影响因素等,拓展介绍近几年研究比较多的堆肥对有机物中残留抗生素的消减,以及高通量测序法研究堆肥过程微生物群落组成的变化等。在介绍微生物脱氮的内容时,传统的硝化过程一直被认为是由氨氧化过程和亚硝酸盐氧化过程 2 个步骤完成,分别由氨氧化菌(氨氧化细菌或氨氧化古菌)和亚硝酸氧化菌参与完成。2015 年,Comammox 的发现颠覆了传统两步硝化的观点,Comammox 是能够将  $\text{NH}_3$  氧化为  $\text{NO}_3^-$  的功能微生物,Comammox 的发现终结了传承百年的氮循环理论,彻底改变了学术界对氨氧化微生物的认识,为进一步揭示微生物驱动的氮循环过程打开了新的突破口<sup>[5-6]</sup>。传统的反硝化作用是在严格厌氧条件下发生的,而近年来在城市污水、浅层地下水 and 湖库水体等生态系统中发现存在好氧反硝化细菌,同时结合课题组研究采用最新“高通量 DNA 测序技术”及“基于  $^{13}\text{C}$  同位素标记信息的代谢通量分析”对好氧反硝化细菌的研究前沿进行讲授。每位教师的研究领域不尽相同,在不熟悉的领域内,教师可通过文献阅读了解相关知识点产生的研究热点,从而丰富自己的教学内容。教学与科研相结合拓宽了学生的知识视野,极大地激发了学生的学习兴趣 and 探索未知世界的好奇心。

### 2.3 构建课程思维导图

“环境工程微生物学”是一门多学科交叉性课程,具有知识点繁杂、概念抽象难以理解、内容太

过分散、易混淆和难记忆且知识更新速度快等特点,以知识传授为主的单向教学模式不利于提升学生的发散思维能力,导致学生难以集中精力坚持上完一堂 50 min 的课,对课程内容关注度不高,学习兴趣逐渐下降,学习效果不佳<sup>[7]</sup>。因此,如何激发学生对该门课程的学习兴趣、引导学生主动思考、充分激活学生的思维是优化教学方法、提升人才培养质量应该重视的问题。思维导图(The Mind Map),是将大脑中抽象的思考过程通过图文并茂的发散性结构形象化地展现出来,是一种高效又实用的思维工具。思维导图法可避免对知识的死记硬背,实现各知识点之间的融会贯通理解和高效转换,有利于认识事物的本质和规律,构建课程知识结构网络,帮助学生形成知识的广泛迁移能力,提高学习的有效性和解决问题的灵活性。

每章教学内容结束后要求学生绘制该章的思维导图,以利于对课程知识的理解和掌握。首先向学生讲解什么是思维导图,并举例说明思维导图的做法,图 1 为根据教材第五章“微生物的生长繁殖与生存因子”构建的思维导图。为突出工院校“环境工程微生物学”的课程特色,在思维导图中适当补充主讲教师所在教育部创新科研团队的成果或指导大学生课外学术项目的成果,丰富教学案例。例如将科研团队研发的“混合充氧强化水库功能菌群改善水质关键技术”作为工程案例补给教学,让学生在真实的工程案例中进一步领会环境因子如何影响微生物的生长进而影响其功能的;指导本科生参与的大学生创新创业训练计划项目“热分层对水源水库细菌垂向分布的影响”,能够让学生进一步理解“细菌在特殊水体中的生长繁殖受到温度和溶解氧的调控”,在学习影响微生物的生存因子基础上,更进一步强化学生的创新技能。鼓励学生通过多种途径,比如手绘、PowerPoint、XMind 等软件绘制。微生物学基础知识部分主要采用独立绘图方式;微生物生态与生态环境工程中的微生物作用部分,内容综合性较强,主要采用小组绘图方式,通过组员间的相互讨论、补充、完善思维导图。

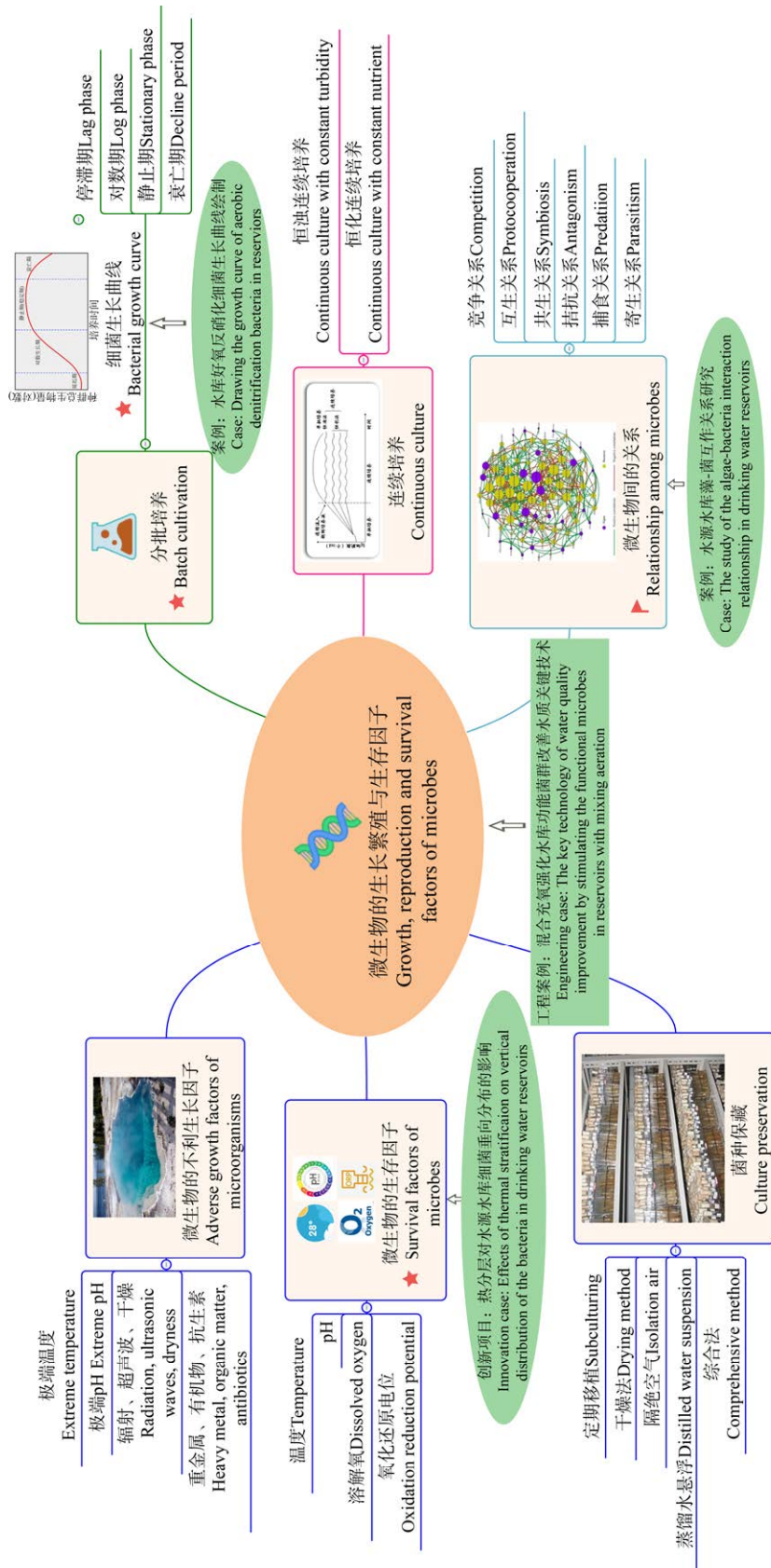


图 1 “微生物的生长繁殖与生存因子”思维导图  
Figure 1 Mind map of “Growth, reproduction and survival factors of microbes”

每章的思维导图通过教师评价、生生互评、自评得分选出最佳的一组。通过绘制思维导图,提升了学生对课程知识的理解能力,便于后期复习和整理所学课程内容,提高了学习效率和学习兴趣,激发了学生自主学习的能力。

#### 2.4 挖掘与融入“课程思政”元素

作为一名大学教师,承担着课堂教学、实验和实习指导工作,同时班主任工作经历以及作为本科生的学业指导教师,我们发现大学生目前存在一些共性问题,如学习积极性不高、自我管理意识不强、尊师重教意识不强,甚至一些学生的三观存在问题。针对这些共性问题,以课程思政为依托加强大学生思想政治教育,对帮助大学生树立正确的世界观、人生观和价值观及全面提升人才培养质量具有重要意义。课程思政是落实“把思想政治工作贯穿教育教学全过程”的重要体现。全面推进高校课程思政建设,高校教师在教学过程中要牢固树立课程思政育人理念,将知识传授与价值引领有机结合,在知识传播中强调价值塑造,将德育与智育有机融合,显性教育与隐性教育相结合,全力形成“三全育人”体系,构建“协调育人”机制,形成协同效应<sup>[8]</sup>。

自然科学课程是高校课程体系的重要组成部分,自然科学课程中蕴藏着丰富的科学精神和人文

精神,是大学生思政教育元素的重要来源,是其他类型课程无法替代的<sup>[9]</sup>。“环境工程微生物学”作为环境类专业的必修课程,在课程教学中一直探索课程思政教学改革,并深入挖掘课程中蕴含的思政元素,比如微生物学和微生物技术发展历程中优秀科学家的事例,从中体现出的思政元素包含科学精神、爱国精神、奋斗精神、奉献精神等,培养学生的家国情怀、法治意识、道德修养、社会责任、社会主义核心价值观等<sup>[10-12]</sup>,并与相关章节中知识点的教学内容有机衔接,构建思政建设案例库,将思政教育渗透在“环境工程微生物学”的课堂教学中(表 1)。

### 3 课程改革的实施效果

经过不断的探索与实践,学生学习该门课程的热情明显提高,为培养学生创新精神与实践能力,学校设置了开放性实验供本科生选择,其中选微生物方面研究的学生逐渐增多,比如公共场所物体表面(餐具、扶手)大肠杆菌菌群数测定;大学生申报 SSRT 项目中关于环境微生物的研究逐渐增多。例如 2019 年我校立项的第 14 批 SSRT 项目中,关于微生物的研究有“水源水库稀有微生物 DNA 指纹信息库构建”和“自然光驱动下菌-藻共生颗粒污泥体系构建的研究”等;2019 届环科专业的学生选择

表 1 思政元素在“环境工程微生物学”部分知识点中的融入

Table 1 The design and case study materials for ideological education in relevant chapters of Environmental Engineering Microbiology

章节 Chapter	理论知识 Theoretical knowledge points	思政材料 Ideological materials	思政教育目标 Goals of ideological education
绪论 Introduction	环境与工程面临的问题 Problems faced by environment and environmental engineering	“两山”理论与生态文明 “Two mountains” theory and ecological civilization	1 人与自然和谐发展 1 Harmonious development between human and nature 2 社会责任感 2 Sense of social responsibility
第一章 病毒 Chapter 1 Viruses	病毒的特征 Properties of viruses	2020 年新型冠状病毒肆虐全球 Novel coronavirus ravaged the world in 2020	社会主义制度优越性 Superiority of socialist system

(待续)

(续表 1)

第二章 原核微生物 Chapter 2 Prokaryotic microorganisms	古菌、细菌、蓝细菌、放线菌 Archaea, bacteria, cyanobacteria, actinomycetes	我国科学家牵头的模式微生物基因组测序、数据挖掘及功能解析国际合作计划 A global collaboration on model microbial genome sequencing, data mining and functional analysis led by Chinese scientists	民族自信, 团结协作 National confidence, unity and cooperation
第三章 真核微生物 Chapter 3 Eukaryotic microorganisms	霉菌、酵母菌 Mold, yeast	《齐民要术》中阐述了酒、醋、酱等的制作过程 The production processes of wine, vinegar and sauce were described in “Qi Min Yao Shu”	文化自信和民族自豪感 Cultural confidence and national pride
第四章 微生物的生理 Chapter 4 Microbiological physiology	微生物的营养 Microbial nutrition	张树政教授研制我国第一个糖化酶, 为国节约粮食 Professor Zhang Shuzheng developed China's first saccharification enzyme to save food	攻坚克难, 科技报国 Overcoming difficulties and serving the country with science and technology
第五章 微生物的生长繁殖与生存因子 Chapter 5 Growth, reproduction and survival factors of microbes	抗生素对微生物的影响 Effects of antibiotics on microorganisms	青霉素的前世今生 The past and present of penicillin	1 不断探索, 开拓进取 1 Constantly explore and forge ahead 2 物极必反, 科学辩证 2 Things will develop in the opposite direction when they become extreme and scientific dialectics
第六章 微生物的遗传和变异 Chapter 6 Heredity and variation of microbes	现代分子生物学技术的应用 Applications of modern molecular biological techniques	微生物技术在食品安全、检验检疫、环境保护等中的应用 Applications of microbial technology in food safety, inspection and quarantine, environmental protection, etc	微生物技术助力实现中国梦 Microbial technology helps realize the Chinese dream
第七章 微生物的生态 Chapter 7 Microbial ecology	土壤生物修复 Soil bioremediation	大米重金属镉超标被销毁 The destruction of rice containing excessive cadmium	生态文明, 法治意识 Ecological civilization and law consciousness
第八章 微生物在环境物质循环中的作用 Chapter 8 Roles of microbes in material circulation	碳循环 Carbon cycle	漫画介绍什么是“碳达峰”和“碳中和” Explaining meanings of “carbon peak” and “carbon neutralization” in the form of cartoons	保护环境, 绿色发展 Protecting the environment and green development
第九章 水环境污染控制与治理的生态工程及微生物学原理 Chapter 9 Principles of Microbiology and ecological engineering for the control and treatment of water pollution	活性污泥法、生物膜法处理污水 Sewage treatment by activated sludge and biofilm	全面贯彻落实《水污染防治法》 Implementing the Law on the Prevention and Control of Water Pollution	保护环境, 法制教育 Protecting the environment and legal education
第十章 废水深度处理和微污染源水预处理中的微生物学原理 Chapter 10 Microbial principles in advanced wastewater treatment and pretreatment of micro-polluted source water	废水脱氮除磷 Nitrogen and phosphorus removal from wastewater	绿水青山就是金山银山 Clear waters and green mountains are as good as mountains of gold and silver	科学发展观 Scientific development concept

微生物学方向作为毕业论文研究的逐年增多,例如“水库好氧不产氧光合细菌与水质关系研究”和“不同偶氮染料脱色菌的筛选及组合特性研究”等。学生在兴趣驱动、导师指导下完成实验过程,充分调动了学生自主学习的积极性,为培养具有实践能力和科研能力较强的高素质专业创新人才打下了坚实基础。

通过前期对“环境工程微生物学”课程教学改革的实践,学生对于该门课程的学习兴趣有所提高,愿意与老师和同学探讨学习过程中发现的问题,及时总结反思学习效果,学生思维的独立性和创造性在潜移默化中得到提升。在不考虑性别比例和生源地影响、考核试题难易度相当及统计加权方法一致的前提下,对环境科学专业 2016 级和 2017 级各 57 名学生的“环境工程微生物学”课程期末卷面成绩进行分析,发现 2017 级和 2016 级相比学生成绩总体有所上升,平均分从 67.31 上升到 81.41 分,整体质量得到提高(图 2)。

在培养大学生的创新意识方面,鼓励更多学生参与课外学术科技作品竞赛活动,与微生物研究相关的参赛作品也取得了不错的成绩。如环科 17 级学生参与的《消除黑臭,澈水长流——基于西安市

黑臭水体防治对策研究》获得第十六届“挑战杯”全国大学生课外学术科技作品竞赛一等奖;在专利申请方面,本科生在教师的指导下,申请了实用新型专利“一种实验室生物培养基自动灌装装置”;同时,学生参与社会实践活动的积极性得到提高,其中 2019 年大学生志愿者暑期“三下乡”社会实践活动中,“环境与市政工程学院赴西安市蓝田县农村固废综合处理利用调研”暑期社会实践团获得优秀社会实践团队。后续会进一步完善此项教学改革,提升课堂教学效果,促进教学工作稳步发展。

#### 4 结语

“环境工程微生物学”是环境类专业一门非常重要的专业基础课程,并且随着微生物学在环境工程领域中的应用越来越广泛,学习该门课程的重要性不言而喻。为适应国家新工科建设的要求,要以培养应用型人才为目标,提高学生创新和实践能力,增强就业创业能力,提升与行业企业需求的契合度。在课程教学中注重培养学生的独立思考能力和系统性学习能力是提高学生创新能力的重要途径。

课程内容的丰富和教学方法的改进,使教师的主导作用与学生的主体作用发挥到最优化,达到

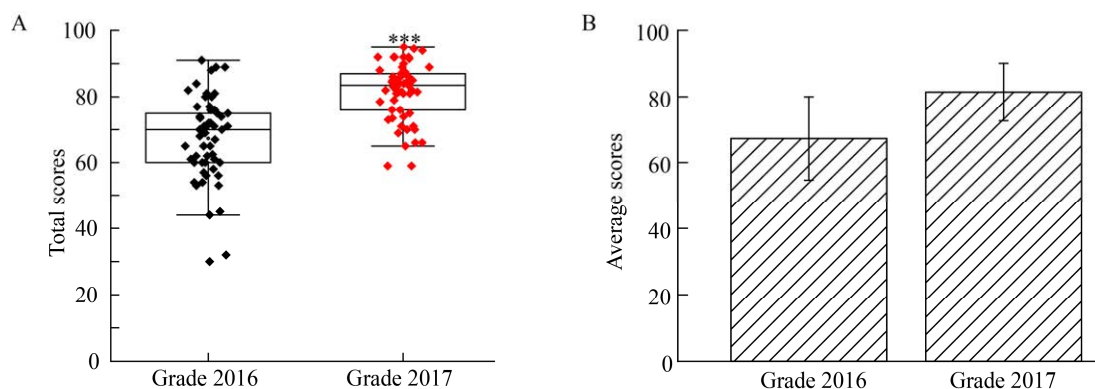


图 2 2016 级和 2017 级环境科学专业“环境工程微生物学”课程成绩对比

Figure 2 Scores of Environmental Engineering Microbiology in Environmental Science Specialty between grade 2016 and 2017

注: A: 课程总分; B: 课程平均分

Note: A: Total scores; B: Average scores



“教”与“学”的最佳效果。如何通过教学改革改善课堂教学效果,提高学生自主发现问题、解决问题的能力,同时提高创新思维和创新意识,是高校教师需要一直思索探讨的问题。教育是一个不断探索、不断发展、不断完善的过程,只有不停地探索,发挥好“为人师表”的楷模作用,才能促进教育质量的不断提升,真正达到教育的最高境界。

## REFERENCES

- [1] Zhou QY, Wang SF. Environmental Engineering Microbiology[M]. Beijing: Higher Education Press, 2014 (in Chinese)  
周群英, 王士芬. 环境工程微生物学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2014
- [2] Zheng P, Hu BL, Liang LY, Zhang M, Wang R. Exploration and practice of content system and teaching pattern for Environmental Microbiology[J]. Microbiology China, 2017, 44(10): 2480-2486 (in Chinese)  
郑平, 胡宝兰, 梁璐怡, 张萌, 王茹. 环境微生物学课程内容体系和理论教学模式的探索与实践[J]. 微生物学通报, 2017, 44(10): 2480-2486
- [3] 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)  
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
- [4] Han Y, Fan WQ. Teaching leads scientific research and scientific research promotes teaching[J]. China Higher Education, 2015(Z3): 69-71 (in Chinese)  
韩媛, 范武邱. 以教学带科研 以科研促教学[J]. 中国高等教育, 2015(Z3): 69-71
- [5] Daims H, Lebedeva EV, Pjevac P, Han P, Herbold C, Albertsen M, Jehmlich N, Palatinszky M, Vierheilig J, Bulaev A, et al. Complete nitrification by *Nitrospira* bacteria[J]. Nature, 2015, 528(7583): 504-509
- [6] Shi GS, Bai L, Zhou LG. Research advances of complete ammonia oxidizers and its nitrification[J]. Journal of Jilin Jianzhu University, 2018, 35(5): 57-63 (in Chinese)  
史国帅, 白莉, 周立光. 完全氨氧化菌及其硝化作用的研究进展[J]. 吉林建筑大学学报, 2018, 35(5): 57-63
- [7] Yan Y, Zhang LH, Liu JJ, Liu XQ, Hu QP. Application of mind mapping in Microbiology teaching[J]. Microbiology China, 2020, 47(4): 1019-1025 (in Chinese)  
闫勇, 张丽红, 刘靖靖, 刘晓琦, 胡青平. 思维导图在微生物学教学中的应用实践[J]. 微生物学通报, 2020, 47(4): 1019-1025
- [8] Zhang QH, Song ZF, Zhang XJ, Jiang YS, Guo J. Microbiology for aquatic animal pathogen ideological case design—Tang feifan and *Chlamydia trachomatis* [J]. Education Teaching Forum, 2018(30): 70-72 (in Chinese)  
张庆华, 宋增福, 张旭杰, 姜有声, 郭婧. 水生动物病原微生物学思政案例: 汤飞凡和沙眼衣原体[J]. 教育教学论坛, 2018(30): 70-72
- [9] 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)  
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
- [10] Liang ZH, Ming Y. Ideological and political education in Food Microbiology: exploration and practice[J]. Microbiology China, 2021, 48(4): 1373-1379 (in Chinese)  
梁志宏, 明玥. 食品微生物学课程思政探索与实践[J]. 微生物学通报, 2021, 48(4): 1373-1379
- [11] Wang XY, Guo T, Cheng D, Luo HL, Liao GJ. Ideological education in Microbiology and Immunology: exploration and practice[J]. Microbiology China, 2020, 47(4): 1196-1201 (in Chinese)  
汪小又, 郭婷, 程丹, 罗红丽, 廖国建. “微生物学与免疫学”课程思政的探索与实践[J]. 微生物学通报, 2020, 47(4): 1196-1201
- [12] Guo RF, Pei JW, Lin Y. Ideological case design of professional basic course Microbiology[J]. Microbiology China, 2021, 48(5): 1810-1814 (in Chinese)  
郭润芳, 裴家伟, 林杨. 高校专业基础课程“微生物学”思政案例设计[J]. 微生物学通报, 2021, 48(5): 1810-1814