

新工科背景下“水处理微生物学”课程“2+2+N”创新教学体系的构建与实践

贾美玉^{*1}, 辛明秀², 宋振辉³, 卢玢宇¹, 徐玲玲¹, 刘亚洁¹, 余小霞¹, 郭亚丹¹, 闫喜凤¹

1 东华理工大学 水资源与环境工程学院, 江西 南昌 330013

2 北京师范大学 生命科学学院, 北京 100875

3 中南大学 冶金与环境学院, 湖南 长沙 410083

贾美玉, 辛明秀, 宋振辉, 卢玢宇, 徐玲玲, 刘亚洁, 余小霞, 郭亚丹, 闫喜凤. 新工科背景下“水处理微生物学”课程“2+2+N”创新教学体系的构建与实践[J]. 微生物学通报, 2025, 52(1): 457-475.

JIA Meiyu, XIN Mingxiu, SONG Zhenhui, LU Binyu, XU Lingling, LIU Yajie, YU Xiaoxia, GUO Yadan, YAN Xifeng. Building and practice of the “2+2+N” innovative teaching system for Water Treatment Microbiology under the background of emerging engineering education[J]. Microbiology China, 2025, 52(1): 457-475.

摘要: 水处理微生物学课程作为给排水科学与工程一门重要的专业基础课, 在新工科创新人才培养中发挥重要作用。针对本课程在理论教学、实践教学和课程思政方面的问题, 本课程组开展了教学研究, 构建了“2+2+N”教学改革创新体系, 内容包括: 可视化教学, 夯实理论基础; “课前-课中-课后”教学流程创新, 引导学生主动学习; 课内比赛-课外竞赛融入课程, 强化实践和创新能力; N 维亲和力加持, 提升价值引领。经过教学实践和持续改进, 近 3 年本课程获批校级思政示范课程, 完成省级教改项目 1 项, 发表教改论文 5 篇, 在提高学生专业知识与技能方面及增强学生科创能力方面皆获得了良好反馈。这种创新体系不仅让学生融入课堂并走出课堂, 获 7 项国家级学科竞赛三等奖及以上荣誉, 还在相互交流的过程中有利于融洽师生关系的形成, 做到了寓教于乐、“教”“学”相长。这一新型的教学改革创新体系可为当前地方高校工科类课程的教学改革提供参考。

关键词: 新工科教育; 地方高校; 水处理微生物学; 教学改革; 创新体系的构建; 教学实践

资助项目: 东华理工大学教学改革研究课题(2023CXCY09); 东华理工大学实践教学类建设项目(DHSY-202301); 江西省高等学校教学改革研究(JXJG-21-6-7, JXJG-23-6-21, JXJG-22-6-12); 江西省学位与研究生教改项目(JXYJG-2022-115)
This work was supported by the Teaching Reform Research Project of East China University of Technology (2023CXCY09), the Practical Teaching Construction Project of East China University of Technology (DHSY-202301), the Teaching Reform in Higher Education Institutions in Jiangxi Province (JXJG-21-6-7, JXJG-23-6-21, JXJG-22-6-12), and the Jiangxi Provincial Degree and Graduate Education Reform Project (JXYJG-2022-115).

*Corresponding author. E-mail: myjia@ecut.edu.cn

Received: 2024-04-03; Accepted: 2024-07-11; Published online: 2024-08-20

Building and practice of the “2+2+N” innovative teaching system for Water Treatment Microbiology under the background of emerging engineering education

JIA Meiyu^{*1}, XIN Mingxiu², SONG Zhenhui³, LU Binyu¹, XU Lingling¹, LIU Yajie¹, YU Xiaoxia¹, GUO Yadan¹, YAN Xifeng¹

1 School of Water Resources and Environmental Engineering, East China University of Technology, Nanchang 330013, Jiangxi, China

2 College of Life Sciences, Beijing Normal University, Beijing 100875, China

3 School of Metallurgy and Environment, Central South University, Changsha 410083, Hunan, China

Abstract: Water Treatment Microbiology, a basic course for the undergraduates majoring in water supply and drainage science and engineering, plays an important role in the cultivation of innovative talents in emerging engineering. In response to the problems in the theoretical teaching, practical teaching, and ideological and political teaching of this course, our group carried out teaching research and built a “2+2+N” teaching system for reform and innovation. The system includes visual teaching to consolidate theoretical foundations, innovation of the “pre class-in class-after class” teaching process to guide active learning, and integration of in-class and after-class competitions into the course to strengthen students’ practice and innovative capacity. In addition, the N-dimensional affinity is added to the course to guide the fostering of value. After teaching practice and continuous improvement, this course has been approved as a school-level ideological and political demonstration course, with one provincial educational reform project finished and five educational reform papers published in the past three years. It has received good feedback in terms of enriching the professional knowledge, improving the practice skills, and enhancing the research innovation capacity of students. This innovative system not only enables students to integrate into the classroom but also encourages them to step out of it, the students taught with this system have won third prize or above in seven national level discipline competitions. Moreover, this system helps to form a harmonious teacher-student relationship during the process of mutual communication, achieving entertaining and mutual teaching and learning between teachers and students. This teaching reform and innovation system can provide reference for the current teaching reform of engineering courses in local colleges and universities.

Keywords: emerging engineering education; local colleges and universities; Water Treatment Microbiology; teaching reform; building of an innovation system; teaching practice

水资源的空间分布不均性及水质污染蔓延性决定了治理水体污染迫在眉睫，确保水质安全刻不容缓^[1]。给排水科学与工程是涉及城市基础设施建设的重要领域，是城乡水系统循环的实施主体，是实现水资源可持续利用和城乡可持续发展的重要保障^[2]。持续优化给排水科

学与工程专业的教学策略和创新教学模式以全面提高学生的综合素养，已经成为适应新工科建设需求的关键挑战^[3]。

水处理微生物学是给排水科学与工程专业和环境工程专业必修的一门核心课程，主要介绍水处理和环境水体水质净化过程中所涉及的

微生物学问题,包括与水处理相关的微生物种类的形态结构特征、生理特性,以及在水处理领域应用的基本原理和相关实验技术^[4],它将微生物方面的基础理论与水处理专业知识紧密结合起来,为水处理工艺设计提供理论基础,具有发展迅速和应用实践强等特征^[5]。

新工科背景下,水处理微生物学课程的达成要求具有明确的指向性^[6]。首先,在理论知识方面,学生应具备对水处理中常见微生物类型、生理特性及遗传变异等特点的系统性认知,熟悉并理解不同类型的微生物在水处理工艺中的应用。其次,在实践能力方面,针对水处理工艺设计与运行中存在的微生物问题,学生应具备开展微生物学研究的实验能力,良好的科学探究习惯和创新意识素养。最后,面对复杂水处理工程问题和城乡生活和工业生产的用水需求,作为给排水科学与工程专业学生应具备担当意识,重视专业课的学习,运用专业知识解决实际问题。最终加强学生对本专业的热爱,激发学生的爱国情怀、社会责任感和专业使命感^[7]。本研究以东华理工大学水资源与环境工程学院 2018–2021 级给排水科学与工程专业为对象,在学情分析和课程痛点定位的基础上开展教学改革,构建与实践了“2(可视化教学+教学流程创新)+2(课内比赛+课外竞赛)+N(多维度课程)”教学创新体系,从理论教学、实践教学和课程思政等多方面进行了改革创新,旨在夯实学生基础理论知识与锻炼实践操作基础上培养高阶思维和创新能力,并通过多方面亲和力的加持以增强课程价值引领力,助力培养出水处理工程领域未来的先锋人才。

1 学情分析与课程痛点

1.1 学情分析

1.1.1 学生特点

调查 18–21 级给排水科学与工程专业学生高

中学习生物的情况,结果显示,大于 93% 的学生都有高中生物基础,对微生物理论知识了解较多,实验操作接触较少(图 1)。另外,00 后大学生的特点:思维活跃、充满自信、信息技术接受能力强,但在课堂学习主动性和团队合作意识方面有所欠缺。“知识快餐”时代的到来让学生习惯于知识的被动灌输,缺乏对知识的总结、消化与吸收的过程^[8–9]。

1.1.2 课程特点

水处理微生物学课程理论课共 24 学时,具有知识多而杂、系统性差等特点。课程涉及的微生物种类繁多、形态结构多样、生理特性多样^[10],并且涉及生理学、遗传学、生物化学和分子生物学等多门学科,具有较强的广度与深度^[11]。教学内容微观、抽象。学生对微生物的学习往往浮于表面。知识更新快、实践性和应用性强^[12](图 2),经典理论与前沿知识相结合不够,基础理论、基础知识与专业应用相结合不够^[13],实验室空间有限和学时限制使得学生在课内提升实践和创新能力难度很大^[14–15]。

1.1.3 教学特点

教师在专业教学过程中缺乏全面化、系统化的教学设计,片面地强调知识与技能的外在传授,忽视了学生内在品质和道德素养的提升^[16]。调查结果表明:学生认为教师教学手段和方法可以让他们学懂本课程,但素质教育提升还有很大空间(图 3)。

1.2 课程痛点

基于学情分析,本课程的痛点总结为理论知识、实践能力和课程重要性认识这 3 个方面。

1.2.1 理论知识方面的痛点:学生不善于总结思考,理论知识掌握得不扎实,有畏难情绪,被动学习

调查问卷和访谈部分高考不选生物的学生结果显示:学生认为微生物的基本概念部分不

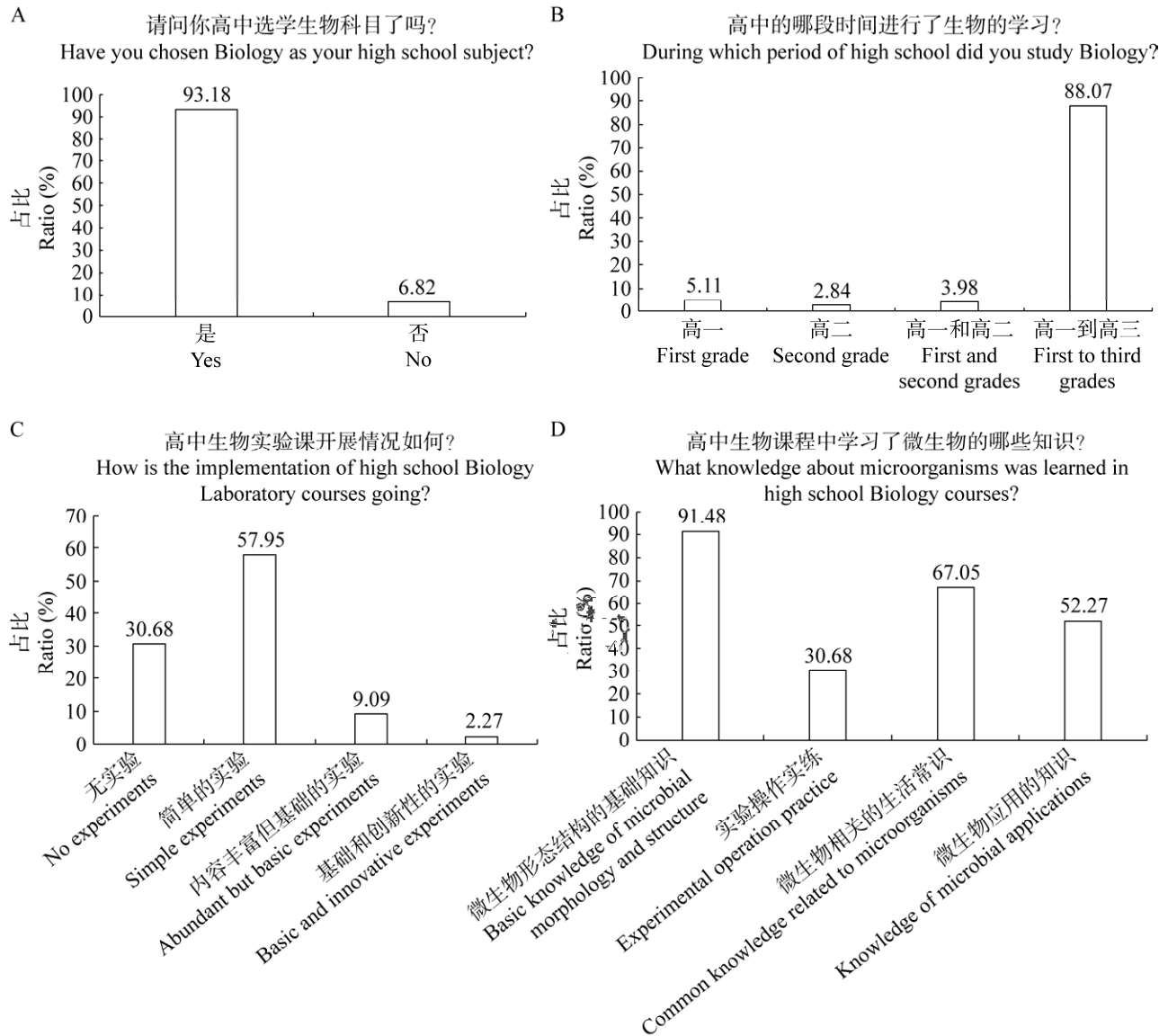


图 1 18–21 级给排水科学与工程学生高中学习生物情况

Figure 1 Biology study situation in high school for water supply and drainage science and engineering students from grade 18 to 21.

难, 但微生物的生理特性及其遗传变异, 以及水中常见微生物检测与控制和水处理工艺中微生物应用的部分较难(图 4)。学生对抽象和微观部分的学习存在畏难情绪^[17], “小组完成实验或项目”被 61.93% 的学生认为是最有趣的教学手段, 被 20.45% 的学生认为是最有效的教学手段; “教师讲授”被 56.25% 的学生认为是最有趣的教

学方法, 被 77.27% 的学生认为是最有效的教学方法。这反映出学生大多具有被动学习和依赖教师的心理。除“教师讲授”外, “看视频”被认为是较有趣和有效的学习途径(图 5)。

1.2.2 实践能力方面的痛点: 学生实践综合能力不足, 创新能力弱, 实践热情不高

学生普遍对实验课有浓厚兴趣, 但实验时

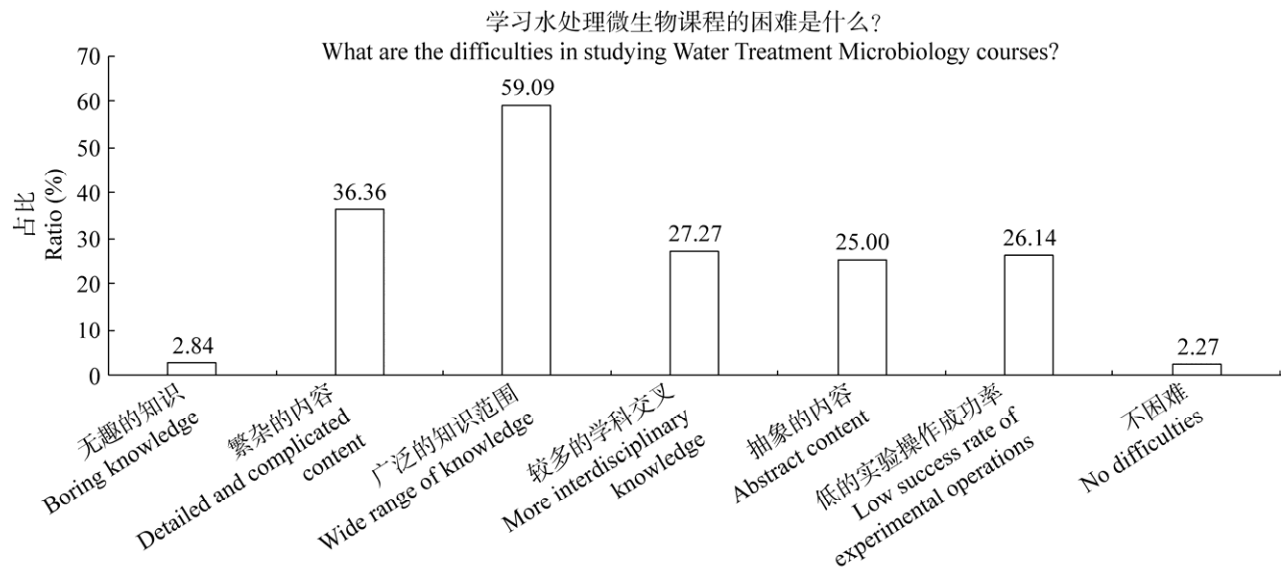


图 2 水处理微生物学课程学习困难的原因

Figure 2 Reasons of learning difficulties in Water Treatment Microbiology.

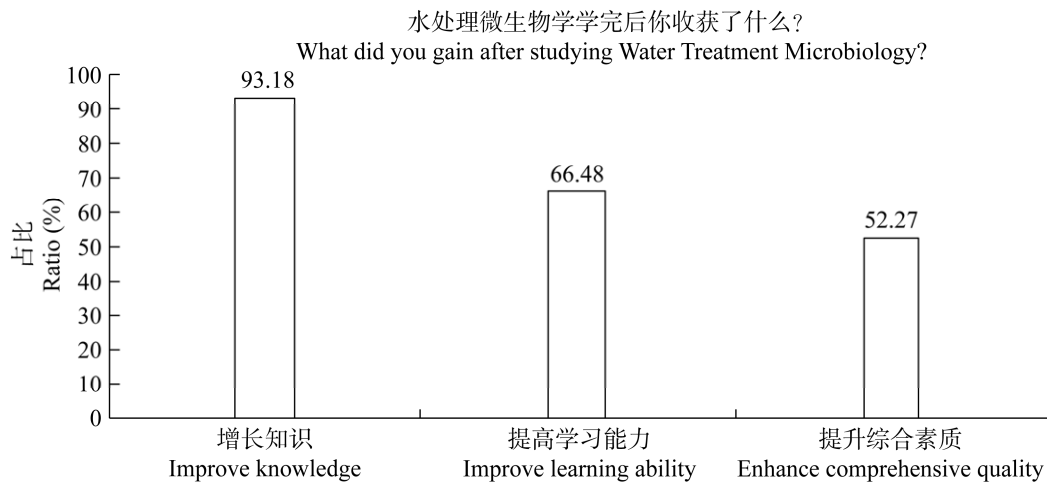


图 3 18-21 级学生课程学习收获情况

Figure 3 Achievement of course learning for students in grade 18 to 21.

间和空间有限,综合性和设计性实验以小组为单位进行(表 1)。近些年在已有的实验平台上,持续改进实验条件(比如增加实验设备、实验器皿和实验材料)、优化实验内容和加强实验教学管理(实验预习、实验操作、团队协作等方面都设置考核)。但经课程组教师讨论和学生实验课表现发现仍存在以下问题:学生对综

合性和设计性实验缺乏整体的了解,单纯靠课内实验不能充分培养学生的实际操作能力、观察和分析问题的能力,更无法培养学生的创新素质^[14]。验证性实验和综合性实验在固定实验方案指导下进行,设计性实验课时安排不多,无法发挥学生想象力,学生实践热情不高。

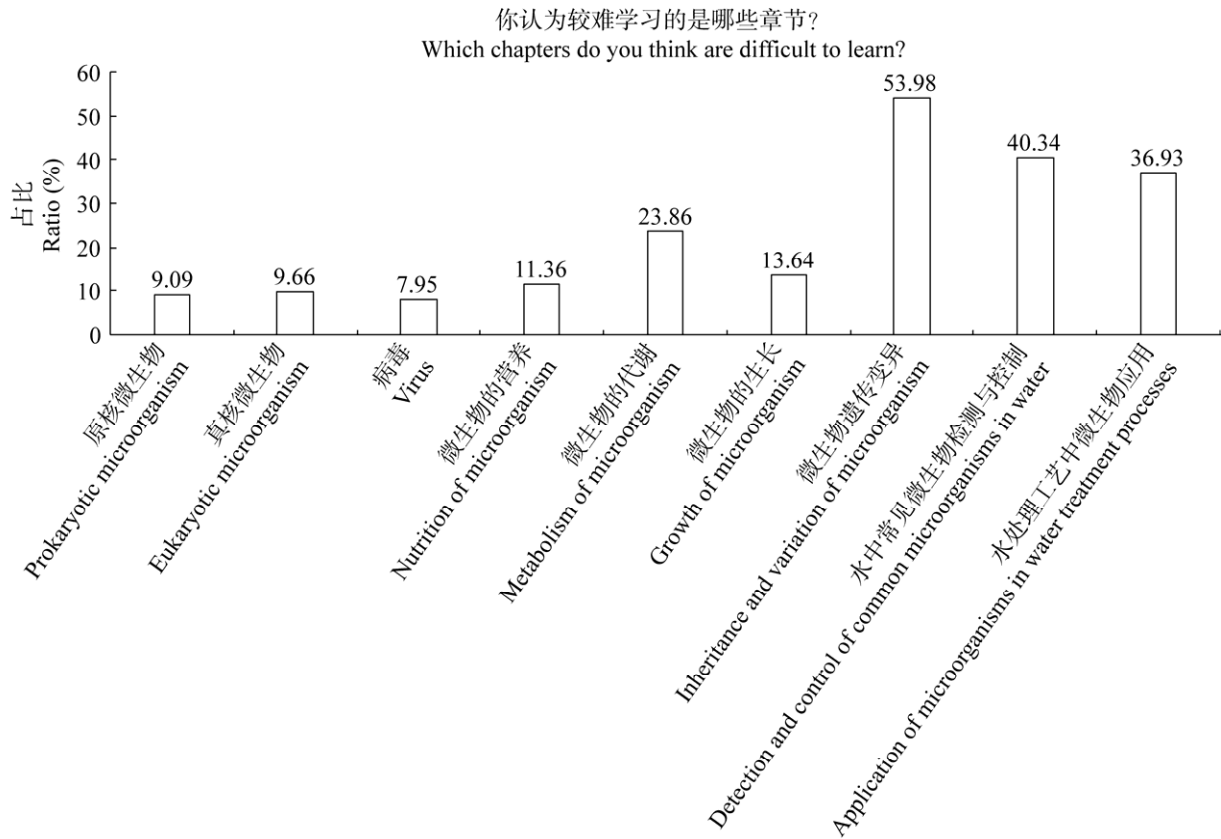


图 4 18–21 级学生对章节学习困难情况调查

Figure 4 A survey of difficulties in chapter learning among students in grade 18 to 21.

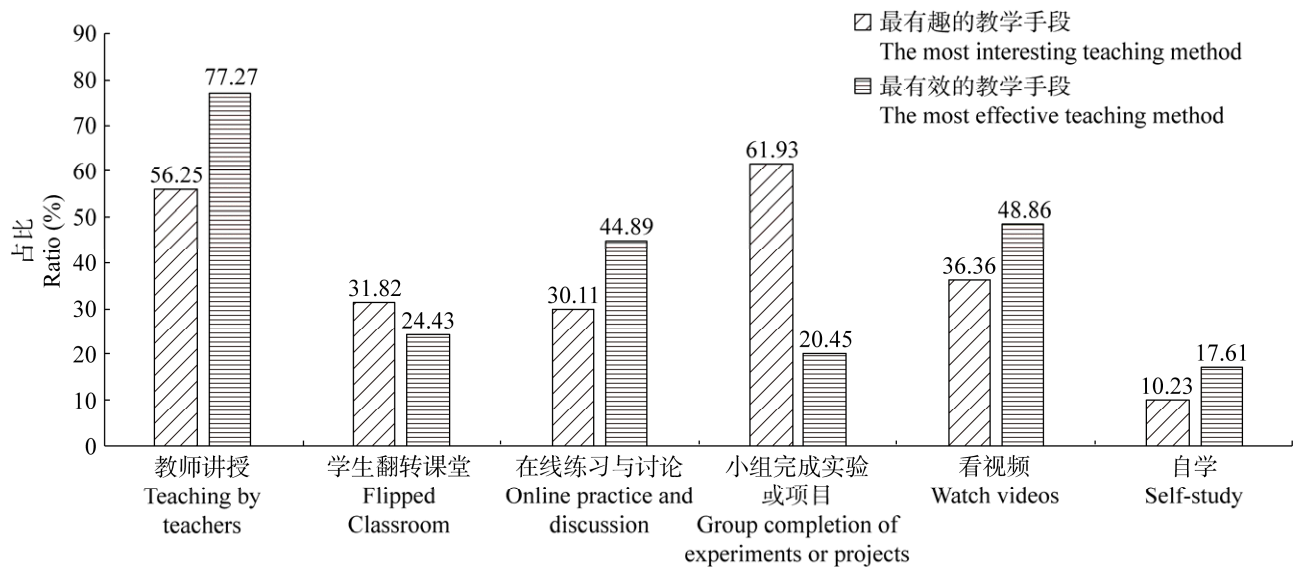


图 5 18–21 级学生对本课程教学手段的评价

Figure 5 Evaluation of teaching methods for this course by students in grade 18 to 21.

表 1 水处理微生物学实验安排

Table 1 Experiments arrangement of Water Treatment Microbiology

序号 No.	实验项目 Experiment item	学时 Class hour	实验类型 Experiment type	分组要求 Grouping requirement
1	微生物的形态、特殊结构的观察 Observation of the morphology and special structure of microorganisms	2	验证性实验 Verification experiment	每组 1 人 One person per group
2	微生物的染色技术及活性污泥观察 Staining techniques for microorganisms and activated sludge observation	2	验证性实验 Verification experiment	每组 1 人 One person per group
3	培养基的制备、酵母菌计数 Preparation of culture medium, yeast counting	2	综合性实验 Comprehensive experiment	每组 4-6 人 4-6 persons per group
4	活性污泥中的细菌分离、活菌计数 Isolation of bacteria and counting of live bacteria in activated sludge	2	综合性实验 Comprehensive experiment	每组 4-6 人 4-6 persons per group
5	生活饮用水中细菌总数测定 Determination of total bacterial count in drinking water	2	综合性实验 Comprehensive experiment	每组 4-6 人 4-6 persons per group
6	大肠菌群生理生化试验, 生活饮用水中大肠菌群测定 Physiological and biochemical tests for coliform bacteria, determination of coliform bacteria in drinking water	6	综合/设计性实验 Comprehensive/Design experiment	每组 4-6 人 4-6 persons per group

1.2.3 课程重要性认识方面的痛点：学生对水处理微生物学的重要性认识不足，学习动力不足

经师生访谈结果发现：学生对水处理微生物学课程在专业课程体系中的地位和作用认识不足，对课程的学习不够重视。微生物作为水体生态平衡的维护者，绿水青山的守护者，在水处理领域发挥着重要作用，但学生对水体微生物的重要生态意义理解不深，不能全面理解课程在工作中的价值，缺乏专业自信，从而学习动力不足^[10]。

2 “2+2+N”教学改革创新体系构建与实践

针对水处理微生物学课程学情分析和课程痛点的情况，本课程组持续进行教学改革，不断创新教学思路，构建了较为成熟有效的教学创新体系。

2.1 创新理念与思路

理念：以学生为中心、学生为主体、产出

为导向，实现立德树人。

思路：本研究提出“2+2+N”教学改革手段，第一个“2”代表可视化教学和教学流程创新，第二个“2”代表课内比赛和课外竞赛，“N”代表多维度。针对学生不善于总结思考和存在畏难情绪的问题，采用可视化教学夯实理论基础和教学流程创新，引导学生主动学习，解决学习理论知识的部分痛点；针对学生实践热情不高的问题，采用课内比赛-课外竞赛方式融入强化实践和创新能力，解决实践和创新能力较薄弱的痛点；针对学生学习动力不足的问题，采用 N 维课程亲和力加持提升价值引领，解决对课程重要性认识不足的问题。最终完成知识传授、能力培养和价值塑造的有机融合，达到学生会学、会做、会思的效果(图 6)。

2.2 创新举措

2.2.1 可视化教学，夯实理论基础

通过在“课前-课中-课后”开展可视化教学以降低认知成本与学习负担，为学习者降低获

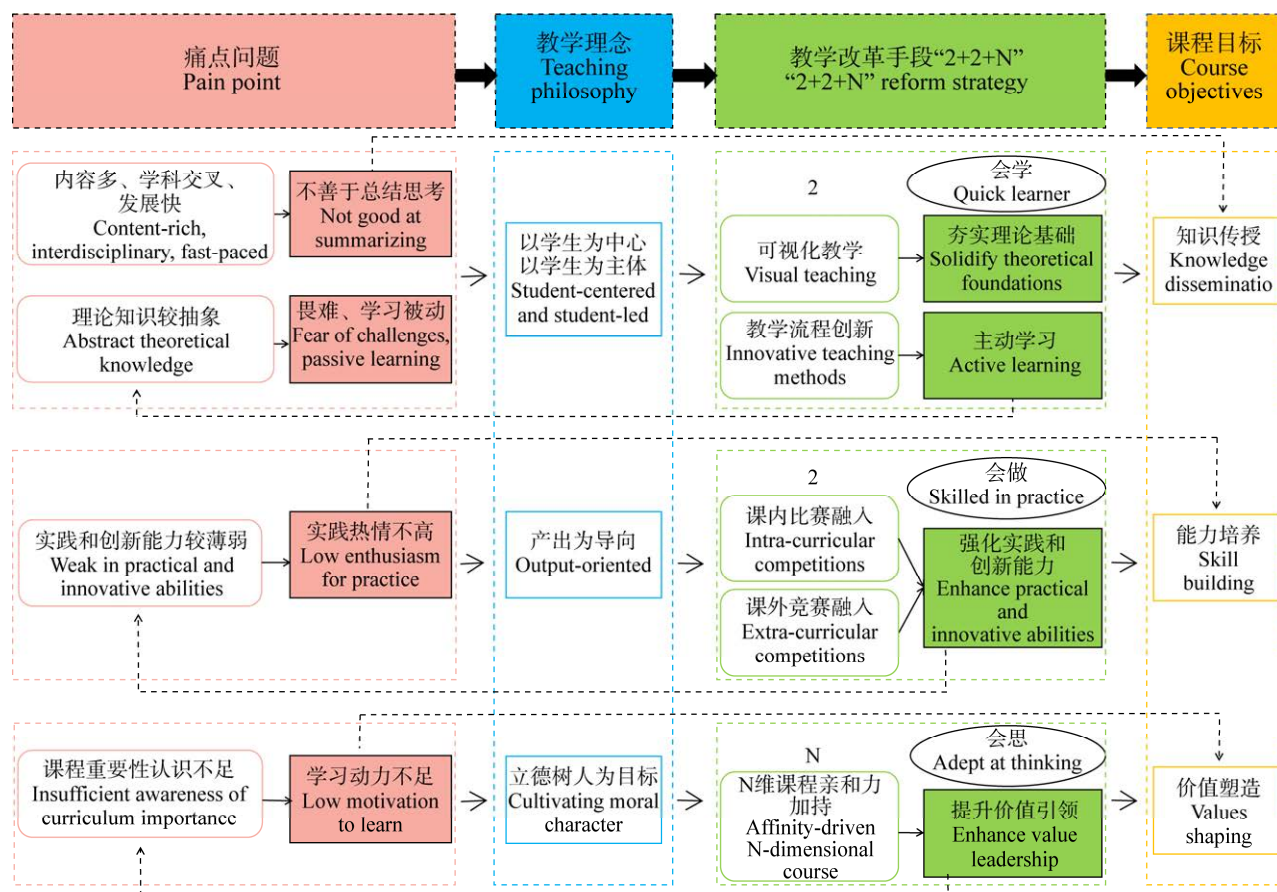


图6 教学创新理念与思路

Figure 6 Innovative teaching concepts and ideas.

取信息、处理信息、应用信息的障碍，从而实现高效与高质的学与教^[18]。可视化教学是目前普遍采用的教学手段之一，可视化的内容、方式与用途仍在不断地创新。

本课程的可视化教学分为课前、课中和课后3个环节，创新性地思政可视化和教学效果可视化加入教学。在课前，通过完成教具模型准备、课程板书设计、课件内容设计和思政案例的挖掘，为打牢学生基础知识、调动学生学习热情和辩证学生认知误区做好准备，做到课程思政自然化、趣味与创新并存、知识脉络结构化、抽象知识简单化，达到学生喜欢学的目的。在课中，通过展示学习效果数据、知识

图谱导学、课件板书展示和师生肢体语言等实际举措做到数据可视化、逻辑可视化、知识可视化和思政可视化，及时提供学情预警、调整教学策略和引导学生高效地学习，形成学生愿意听的课堂氛围。在课后，学生通过线上平台和线下自学方式完成学习任务并养成好的学习习惯，使用学习通和其他软件进行线上资料查阅、相关视频观看、章节测验、讨论、知识图谱绘制等学习，线下向班级同学、研究生和老师请教难点并拓展思考题目，任课教师通过批改作业和学习通后台数据掌握学生学习情况，达到章节知识系统化和重难点突出，同时培养好学不倦的品质，形成学生主动学的氛围。通

过课前-课中-课后可视化操作实现理论知识可视化(图 7)。表 2 为比较常规的可视化知识点的举例。表 3 为课中环节的可视化举措的举例。

2.2.2 “课前-课中-课后”教学流程创新，引导学生主动学习

对“课前-课中-课后”教学流程进行创新，教师精心设计教学过程，鼓励学生勤于思考攻克重难点，引导学生主动探索前沿发展，助力学生主动构建高阶思维^[19]。在课前，总结学生作

业、测验和讨论，进行案例库更新和教学设计；在课中，先是答疑解惑及剖析新旧知识的关联，然后创设情境进行问题导入与启发，组织学生进行研讨式学习与创新以及互动讨论，最后完成知识巩固、成果延伸及总结；在课后，根据学情及时更新补充习题库，参考最新文献和结合工程实例进行课程设计，指导学生完成实验方案、专利和论文的撰写，提升学生综合素质(图 8)。学生的课堂表现和课程相关学习成果

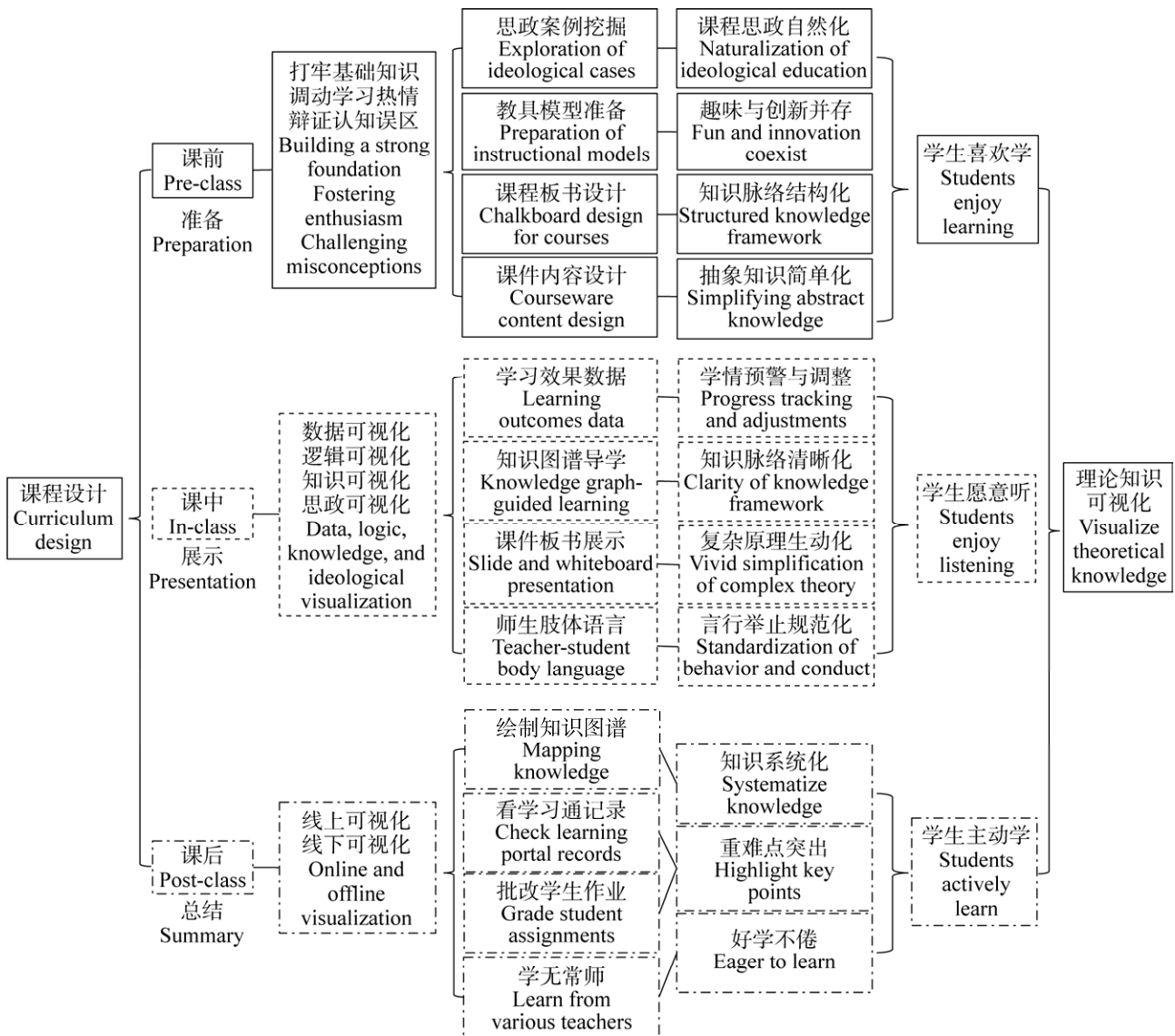


图 7 可视化教学具体举措
Figure 7 Specific measures for visual teaching.

表 2 可视化知识点举例

Table 2 Examples of visualization knowledge

章节 Chapter	知识点 Knowledge	可视化操作 Visual operation
第二章 原核微生物 Chapter 2 Prokaryotic microorganisms	细胞壁 Cell wall	采用三维彩色图片、PPT 动画逐步呈现细胞壁组成及关联 Using three-dimensional color images and PPT animations to gradually present the composition and correlation of cell walls
第三章 真核微生物 Chapter 3 Eukaryotic microorganisms	酵母菌的出芽生殖和生活史 The budding reproduction and life history of yeast	采用系列图片展示芽殖过程、采用动画讲解单倍体与双倍体型的变化 Using a series of images to demonstrate the budding process, and using animations to explain the changes in haploid and diploid types
第四章 病毒 Chapter 4 Virus	病毒的壳体结构 The shell structure of viruses	采用动画方式将抽象的立体对称和螺旋对称具体化 Using animation to concretize abstract stereo symmetry and spiral symmetry
第五章 微生物的营养 Chapter 5 Microbial nutrition	微生物的营养类型 Nutrient types of microorganisms	将划分营养类型的指标以及对应的微生物内容建立表格 Establish a table for dividing nutritional indicators and corresponding microbial content
第六章 微生物的代谢 Chapter 6 Metabolism of microorganisms	三羧酸循环 Tricarboxylic acid cycle	通过在三羧酸循环图上插入解释并动画播放循环的每个步骤, 将多个生化反应和多种中间代谢产物的复杂过程清晰化 By inserting explanations on the tricarboxylic acid cycle diagram and animating each step of the cycle, the complex process of multiple biochemical reactions and intermediate metabolites will be clarified
第七章 微生物的生长 Chapter 7 Microbial growth	微生物纯培养的分离方法 Separation methods for pure cultivation of microorganisms	将划线法、稀释倒平板、选择培养基分离等方法, 以系列组图的方式呈现使具体操作形象化 Presenting methods such as Streaking, Pour Plate method, and selected culture media separation in a series of diagrams to visualize specific operations

表 3 课中可视化举措举例

Table 3 Examples of visualization measures in class

可视化举措 Visualization measure	举例 Example
课堂测验 In-class Test	针对学生自学部分和教师新教部分开展课堂测验, 师生可以在学习通上看到测验结果, 有助于了解学情和授课效果 In-class tests are conducted for the self-study part and the new learning part, and teachers and students can see the test results on Xuexitong, which is helpful to understand students' learning situation and teaching effect
知识图谱导学 Knowledge graph guidance	提前在学习通“选人”操作下指定某个学生, 由该生带领学生们进行已学章节的回顾, 教师指导补充 Designate a student in advance under the “selection” operation of Xuexitong, and the student will lead the other students to review the chapters they have learned, and the teacher will guide and supplement
肢体语言规范 Body language norms	教师提高讲课技巧和艺术性, 比如讲话言简意赅和演示操作准确无误, 让学生很清楚听懂教师的话和理解教师的行为, 同时, 师生遵守课堂规定, 达到课堂知识和课堂思政有效地言传身教 Teachers improve their teaching skills and artistry, such as concise speeches and accurate demonstration operations, so that students can clearly understand the teacher's words and understand the teacher's behavior, and at the same time, teachers and students abide by classroom rules, then it will practice what you preach in classroom knowledge and ideological and political courses

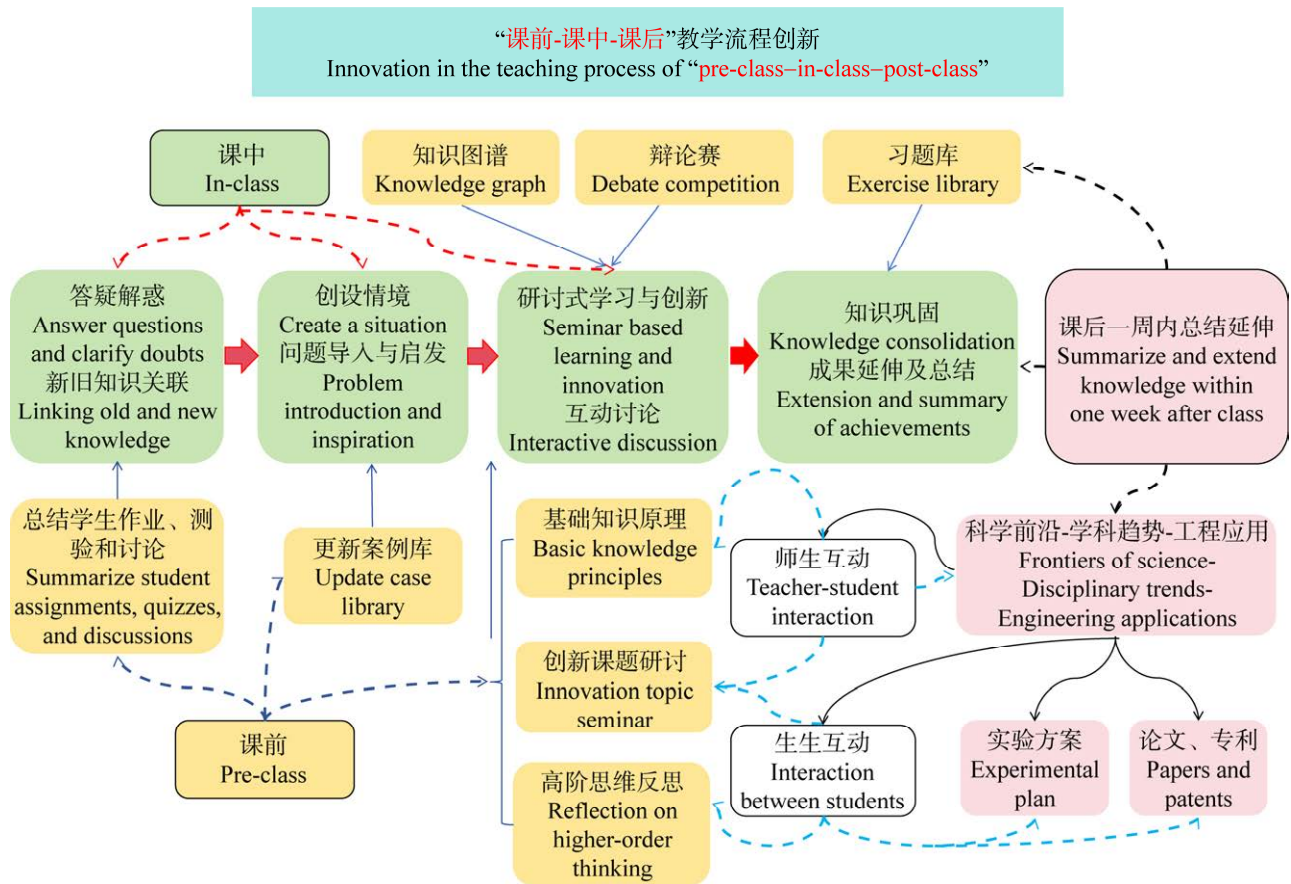


图 8 “课前-课中-课后”教学流程创新路线图

Figure 8 Innovative roadmap for the teaching process of “pre-class-in-class-post-class”.

(课外实验、文章和专利等)均列入平时成绩, 研讨式学习以小组形式进行, 比如课堂上知识图谱绘制比赛和辩论赛等采用小组积分形式, 在课程中期时统计小组积分高的会有奖励。

以微生物营养教学为例, 如图 9 所示, 在教学流程创新方面, 采用分享干旱浮岛的科创项目、对生活现象和工程应用中微生物营养与类型进行解释等案例教学方法; 演示同一种菌在不同培养基下的菌落形态, 示范课内实验培养基操作和实验方案中培养基选择等范例教学方法; 分享文献内容开展理论联系实际的教学方法。此外, 基于已有理论知识, 让学生们进行发散思维的理论猜想并结合实验论证微生物营养吸收与运输的其他方式, 进而构建高阶思

维反思。

2.2.3 课内比赛-课外竞赛融入课程, 强化实践和创新能力

针对学生实践能力较薄弱的问题, 通过减少每组学生人数, 设置开放实验周并邀请学生加入教师科创团队, 采用课内比赛与课外竞赛分层次与教学过程融合的教学模式。课内比赛主要是实验操作比赛, 包括灭菌器皿包装赛(移液管、平皿、试管等)、显微镜观察赛、革兰氏染色赛、平板划线赛等实验技巧锻炼方面的比赛。针对课内比赛, 建立系统化的课内实验规范体系, 建立每个实验考核的评分标准, 建立实验操作技能比赛的具体规则、仪器使用与维护方法, 从而养成学生规范的实验操作习惯, 锻炼学生的实验操作能力。

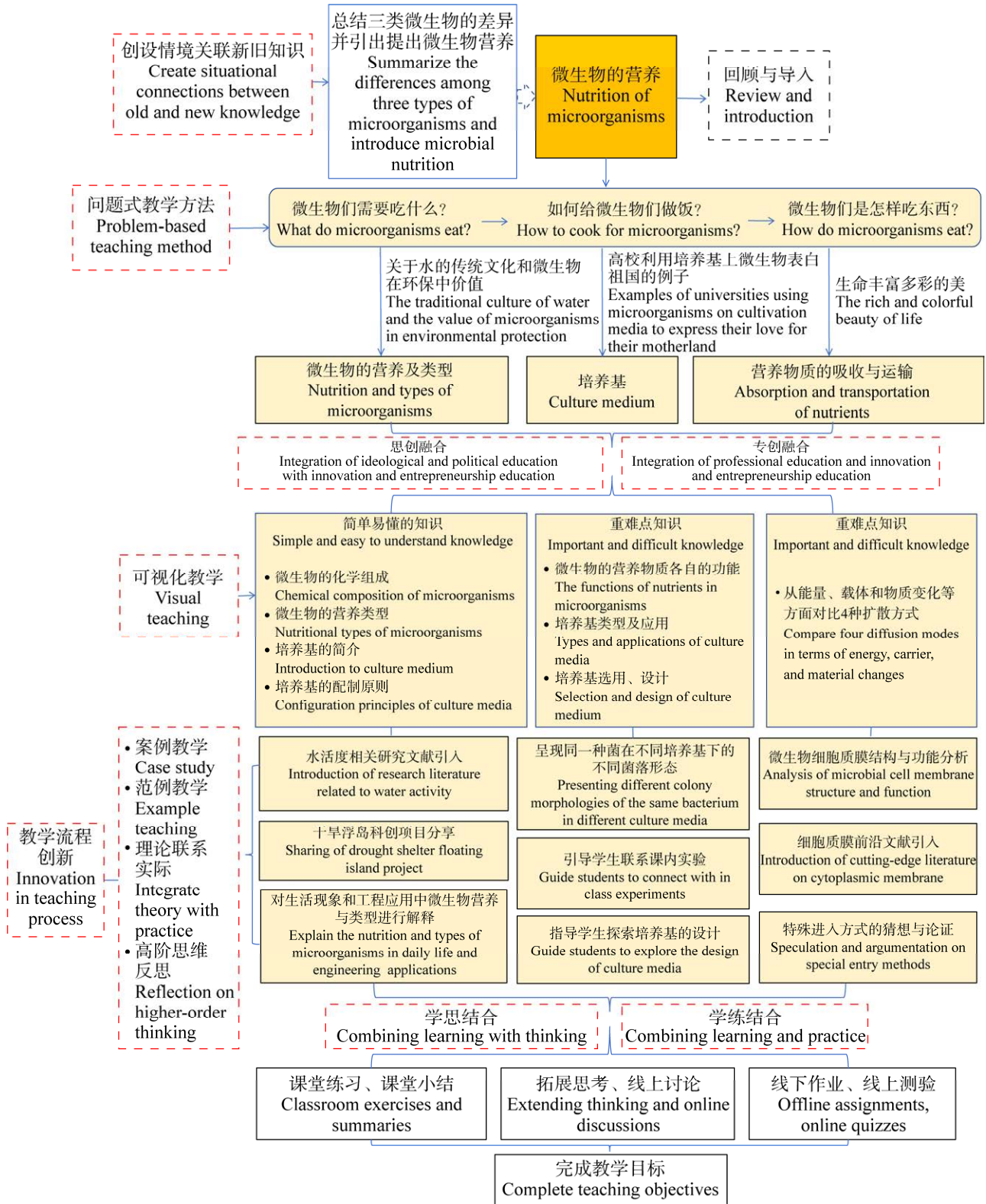


图 9 微生物的营养章节教学流程创新设计图

Figure 9 Innovative design of teaching process for microbial nutrition chapter.

课外竞赛包括学科专业竞赛和创新创业竞赛。学科专业竞赛为给排水科学与工程领域的比赛，包括深水杯给排水科技创新、北控水务杯、东方仿真杯和市政环境类创新实践能力化验赛等实践创新创造方面的比赛；创新创业竞赛包括了挑战杯、互联网+和交叉学科竞赛等体现综合素质的学科交叉创新创业方面的比赛^[20] (图10)。在课外竞赛官网收集获奖作品中的微生物项目，通过教师讲授和邀请学生讲解等方式进行课堂分享并录制视频放入学习通资料库，

将微生物相关的项目与水处理微生物学课程章节知识进行关联，发放在线讨论进行分析，启发学生创新并指导学生参加比赛，拓展训练微生物实践应用能力(表4)。以“污水生物处理系统中的主要微生物”章节为例，结合我校放射性研究领域特色，分析放射性废水处理中微生物的应用，使学生了解硫酸盐还原菌对铀废水处理的设计思路。校园的厨余废水影响校园卫生，通过分析厨余废水成分结合水处理工艺启发学生开展厨余废水的微生物处理。课程中，

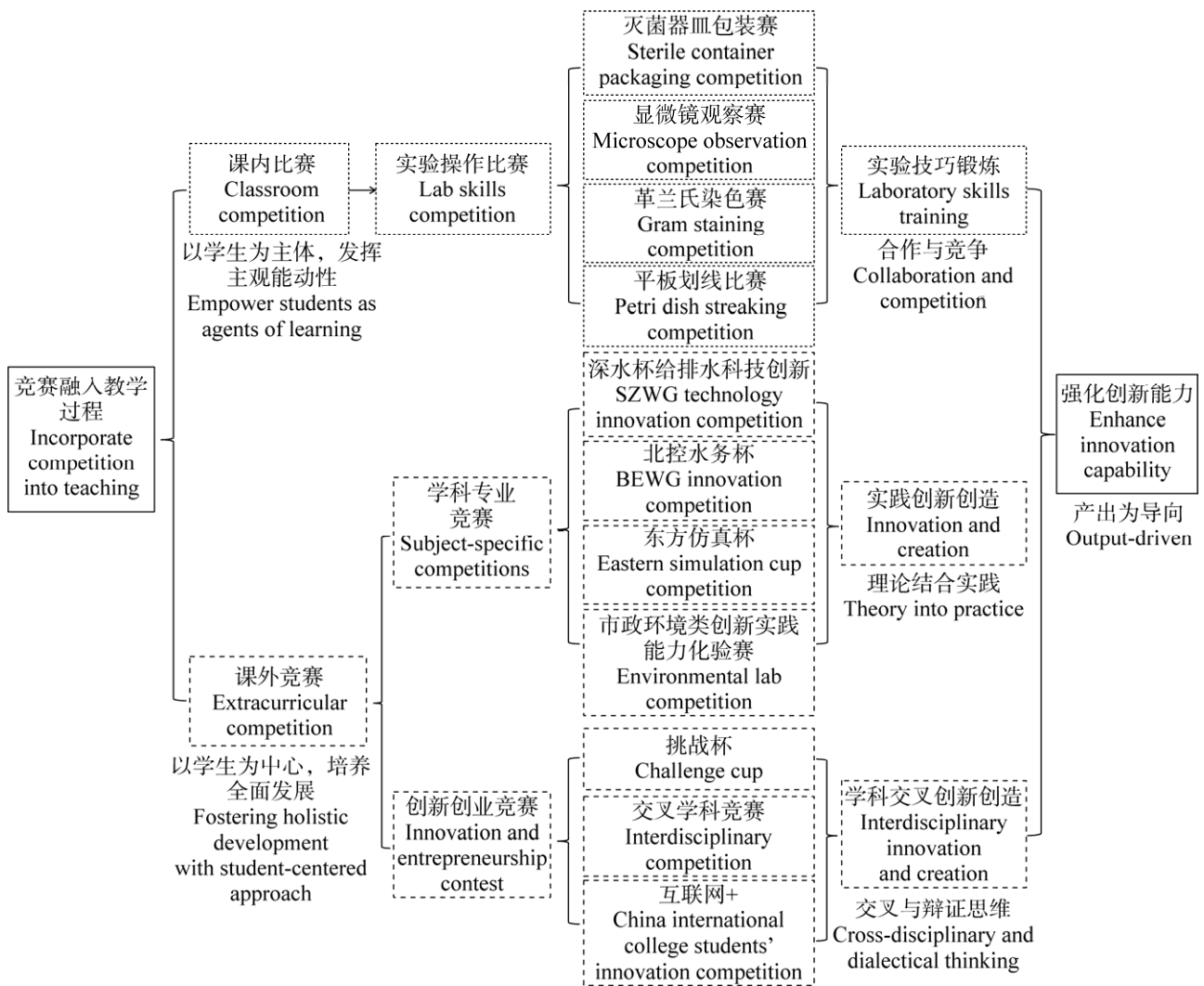


图 10 竞赛融入课程技术路线图

Figure 10 Technology roadmap for integrating competition into course.

表 4 竞赛中微生物相关项目与课程知识的关联表

Table 4 Correlation table between microbiology related projects in competitions and knowledge of Water Treatment Microbiology

项目名称 Project name	项目内容与水处理微生物学知识点的关联 The correlation between project content and knowledge of Water Treatment Microbiology
基于环介导等温扩增技术的水源病原菌定量便携式检测装置开发 Development of a portable quantitative detection device for water source pathogens based on loop mediated isothermal amplification technology	(1) 等温扩增技术-微生物的遗传变异 (2) 病原菌检测-水卫生生物学 (1) Isothermal amplification technology - Genetic variation of microorganisms (2) Pathogen detection - Water Hygiene Biology
一种新型灭蓝藻水华喷泉装置 A new type of fountain device for eliminating blue-green algae bloom	(1) 蓝藻-原核微生物 (2) 灭蓝藻水华-水中病原微生物的生长繁殖 (1) Blue-green algae - Prokaryotic microorganism (2) Eliminating blue-green algae blooms - The growth and reproduction of microorganisms
探究自然环境中纤维素分解菌的分解能力 Exploring the decomposition ability of cellulose decomposing bacteria in natural environment	(1) 纤维素分解菌-原核微生物 (2) 分解能力-微生物营养与代谢 (1) Cellulose decomposing bacteria - Prokaryotic microorganism (2) Decomposition ability - Microbial nutrition and metabolism
三种精油对金黄色葡萄球菌的抑菌初探 Preliminary study on antibacterial effects of three essential oils on <i>Staphylococcus aureus</i>	(1) 金黄色葡萄球菌-原核微生物 (2) 抑菌-细胞结构、微生物的生长 (1) <i>Staphylococcus aureus</i> - Prokaryotic microorganism (2) Antibacterial activity - Cell structure, microbial growth
稀土矿山高氨氮废水降解菌的分离及应用 Isolation and application of bacteria for degradation of high ammonia nitrogen wastewater from rare earth mines	(1) 降解菌在高氨氮废水中的应用-污水生物处理系统 (2) 降解菌的分离-微生物的生长(分离纯化) (1) Application of degradation bacteria in high ammonia nitrogen wastewater - Wastewater biological treatment system (2) Isolation of degrading bacteria - Growth of microorganisms (separation and purification)
绿水源——基于球红冬孢酵母(ZDFY1801)的水产养殖生物净水方案 Green water source - A biological water purification scheme for aquaculture based on <i>Rhodospiridium</i> (ZDFY1801)	球红冬孢酵母(ZDFY1801)-真核微生物 <i>Rhodospiridium</i> (ZDFY1801) yeast - Eukaryotic microorganism
从土壤中筛选降解塑料垃圾的微生物 Screening microorganisms for degrading plastic waste from soil	降解塑料垃圾的微生物-微生物营养与代谢 Microorganisms that degrade plastic waste - Microbial nutrition and metabolism
微藻固碳——助力碳达峰碳中和新途径 Microalgae carbon fixation - A new approach to assist carbon peaking and carbon neutrality	(1) 微藻-原核、真核微生物 (2) 微藻固碳-微生物的代谢 (1) Microalgae - Prokaryotic and eukaryotic microorganisms (2) Microalgae carbon fixation - Microbial metabolism
木质素基完全生物降解地膜对土壤微生物影响的初步研究 Preliminary study on the effect of lignin based fully biodegradable plastic film on soil microorganisms	土壤微生物受地膜的影响-微生物的营养与代谢 The influence of plastic film on soil microorganisms - The nutrition and metabolism of microorganisms

学生利用课外时间完成油脂降解菌群和嗜盐菌的分离驯化及生长曲线的绘制，成功获得全国生命科学竞赛三等奖、可再生能源优秀科技作品竞赛三等奖和江西省挑战杯三等奖等荣誉。

2.2.4 N 维亲和力加持，提升价值引领

以提升课程亲和力为目标，以“00 后”大学生的需求和期望为出发点，通过提高理论的亲和力，增强教师的亲和力和提高课程附加信息的亲和力，从内容到形式上设计及优化出符合学生成长规律并可以被接受的高质量课程^[21] (图 11)。

(1) 提高理论的亲和力:关联章节内容与双碳目标(图 12)，融入最新的环境问题、环保政

策、环境项目，结合具体工程案例关注前沿学科进展，直抵学生内心。

(2) 增强教师的亲和力:“亲其师，信其道；尊其师，奉其教；敬其师，效其行。”教师应增强自身师德师风修养和学术水平，成为塑造学生品格、品行、品位的“大先生”。

(3) 提高考核的亲和力:精心设置实践教学环节，兼顾人性化、多元化、发展化和个性化，做到不枯燥、不戏说、能走心。

(4) 提高课程附加信息的亲和力:以学生为中心，做学生容易接受的教育，开展学生关心信息的分享，如考研和就业信息的分享，增强课程辐射能力，引起学生兴趣，进而提升课程亲和力。

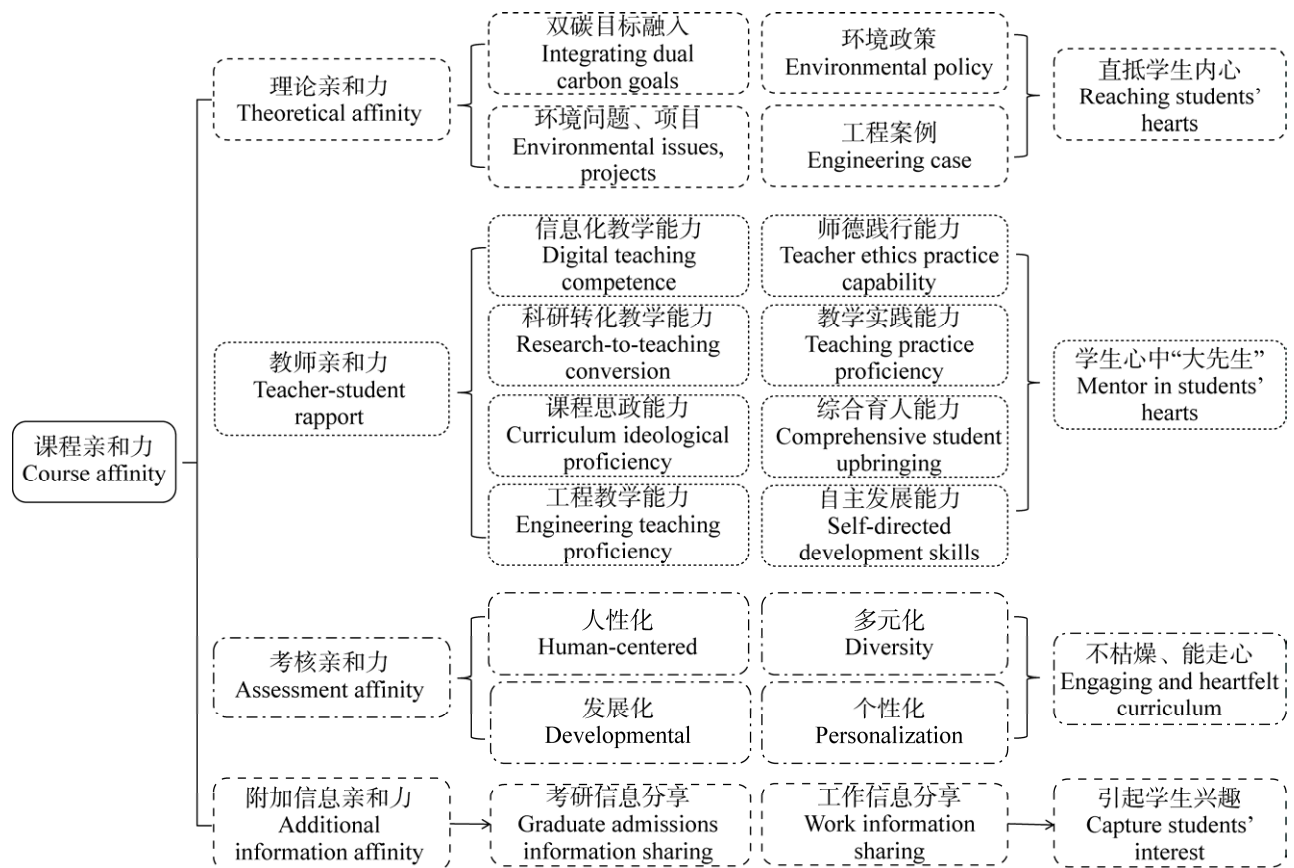


图 11 课程亲和力建设路径

Figure 11 Construction path of course affinity.

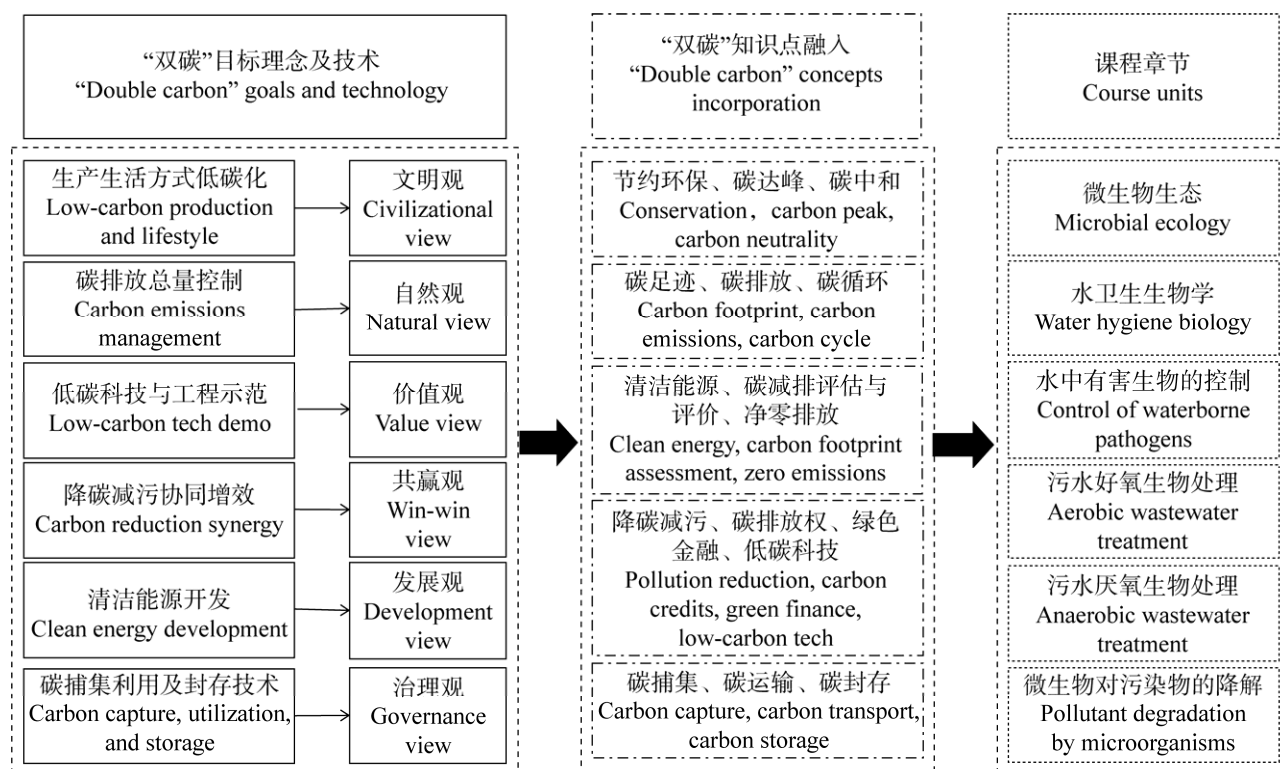


图 12 “双碳”知识点融入课程章节内容

Figure 12 Integrating the knowledge of “Dual Carbon” into the content of course chapters.

3 教学实践效果分析

经过教学创新体系的构建与实践，很大程度上缓解了课程痛点问题，提升了学生的综合素质。学生成绩稳步提升，从 18–21 级考试成绩、实验成绩和总成绩呈上升趋势(图 13)。越来越多学生认为本门课程对提升素质有帮助(图 14)。学生在全国多项赛事中脱颖而出，竞赛获奖数量和种类增加(图 15)。此外，学生综合潜能也得以激发，在第二课堂的德育积分、文体素质和劳动实践中学生得分均呈现递增的趋势(图 16)。

4 结语

在新工科背景下，高等教育人才培养的模式正在经历深刻的变革。2023 年国家自然科学

基金首次试点设立青年学生基础研究项目，首次试点资助优秀本科生，对高校人才培养中创新能力有了更高的要求。传统教学可以夯实学生理论知识，但是缺乏高阶思维的培养，学生创新能力受到限制，水处理微生物学课程在基础课和专业课之间起着承前启后、由理及工的桥梁作用，其核心目标是培养学生能够综合运用科学理论和技术手段，从而有效地分析和解决实际污水处理工程问题。因此，教学创新体系的构建与实践之路势在必行。

本课程组基于当前地方高校理工科课程存在的突出问题及基于工程认证和一流课程建设要求，对水处理微生物学课程实行可视化教学与教学流程创新、竞赛化实践和亲和力加持等教学改革实践，总体而言教学效果良好。近 3 年，

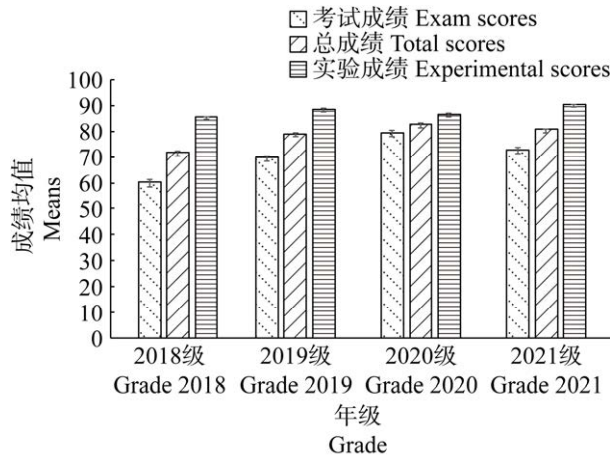


图 13 给排水科学与工程 18-21 级水处理微生物学的成绩

Figure 13 Students' score in Water Treatment Microbiology from water supply and drainage science and engineering grade 18 to 21.

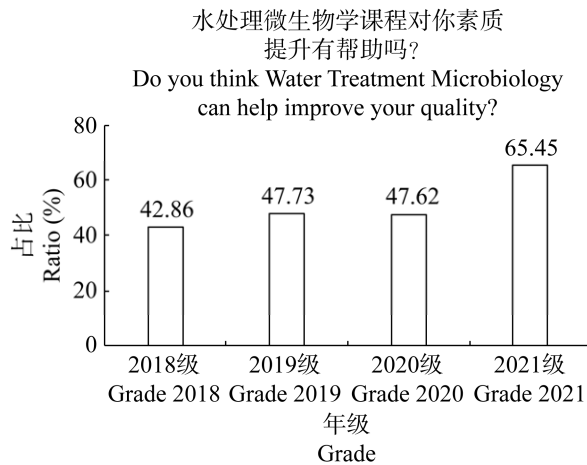


图 14 18-21 级学生对本课程提升素质的评价

Figure 14 Evaluation of the quality improvement of this course by students in grade 18 to 21.

课题组教师教学评价均获得优秀，指导学生获得 7 项国家级学科竞赛三等奖及以上荣誉，大学生创新创业训练计划立项项目数量也有增加，课程各方面成绩稳步提升；学生对课程学习的积极性、主动性明显提高，对微生物学理论知识的理解和掌握更加深刻，具备了一定的工程认知和案例分析能力、实验设计与实施能力以



图 15 近 4 年给排水科学与工程省级以上竞赛获奖情况

Figure 15 Provincial level awards in competitions for water supply and drainage science and engineering in the past four years.

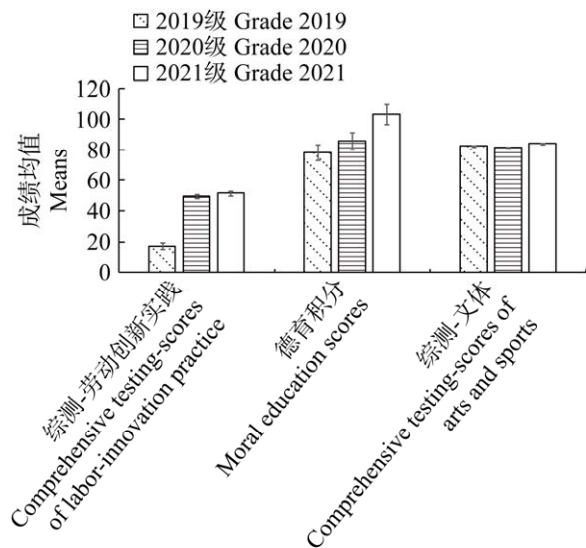


图 16 给排水科学与工程学生第二课堂成绩差异分析

Figure 16 Analysis of differences in second classroom scores among students in water supply and drainage science and engineering.

及科研创新探究能力。此外，水处理微生物学课程与环境工程微生物学课程经过近 20 年的共同建设，2020 年 12 月获批江西省一流本科课程（线上线下混合式），2021 年获批校级思政示范课程，2023 年结题了“基于多元统计分析过程

考核相结合的课程思政评价体系研究——以水处理微生物学为例的江西省教育教学改革课题, 已发表相关教改论文 5 篇, 并在教学改革过程中组建了一支高素质教学团队, 形成了规范的教学过程, 建立了丰富的课程资源。目前, 本课程教学手段信息化能力仍须加强, 比如知识图谱仍采用学生手画的方式。随着人工智能和 OpenAI 技术问世, 本课程会探索新技术的应用从而进行更高效的课程改革。

致谢

感谢北京师范大学朱旭东教授在论文修改方面给予的建议, 感谢东华理工大学李前衡在论文表述和标点符号修改方面的帮助。

REFERENCES

- [1] 魏桃员, 郭绍东, 谢世伟, 樊杰, 宋宏娇. 新工科背景下的水处理微生物学课程教学改革研究[J]. 实验科学与技术, 2022, 20(2): 67-72.
WEI TY, GUO SD, XIE SW, FAN J, SONG HJ. Research of teaching reform on Water Treatment Microbiology under the background of new engineering education[J]. Experiment Science and Technology, 2022, 20(2): 67-72 (in Chinese).
- [2] 杜星, 宋伟, 王志红. OBE 理念下给排水科学与工程专业实验教学体系探讨: 以广东工业大学给排水科学与工程专业为例[J]. 教育教学论坛, 2024(8): 147-152.
DU X, SONG W, WANG ZH. Discussion on the experimental teaching system for water supply and drainage science and engineering based on OBE concept: taking the major of water supply and drainage science and engineering of Guangdong University of Technology as an example[J]. Education and Teaching Forum, 2024(8): 147-152 (in Chinese).
- [3] 叶金宇, 赵青青, 宋亚丽, 薛向东. 基于新工科人才培养的“水处理微生物学”教学改革探讨[J]. 科技风, 2024(3): 90-92.
YE JY, ZHAO QQ, SONG YL, XUE XD. Discussion on the teaching reform of “Water Treatment Microbiology” based on the cultivation of new engineering talents[J]. Technology Wind, 2024(3): 90-92 (in Chinese).
- [4] 李琳, 王映林, 王嘉琪, 刘同意. 加强创新与实践能力的培养: 水处理微生物学课程教学改革探索[J]. 科教文汇, 2017(10): 57-58.
LI L, WANG YL, WANG JQ, LIU TY. Strengthening practice and innovation ability cultivation: the teaching reform exploration of Water Treatment Biology[J]. Journal of Science and Education, 2017(10): 57-58 (in Chinese).
- [5] 徐晓平, 董丽丽, 杨晓凡, 周润娟. 地方工科院校《水处理生物学》课程教学创新能力培养研究: 以安徽工程大学为例[J]. 黄山学院学报, 2018, 20(3): 133-137.
XU XP, DONG LL, YANG XF, ZHOU RJ. Research on the cultivation of innovation ability for teaching Water Treatment Biology course in provincial engineering universities: a case study of Anhui Polytechnic University[J]. Journal of Huangshan University, 2018, 20(3): 133-137 (in Chinese).
- [6] 车伟, 孙俊利, 杨震铂. 新工科背景下土木工程专业实习实践教学体系创新与实践: 以中国地质大学(北京)为例[J]. 高等建筑教育, 2022, 31(4): 17-23.
CHE W, SUN JL, YANG ZB. Innovation of practical teaching system for civil engineering under the background of emerging engineering education: taking China University of Geosciences (Beijing) as an example[J]. Journal of Architectural Education in Institutions of Higher Learning, 2022, 31(4): 17-23 (in Chinese).
- [7] 高德毅, 宗爱东. 课程思政: 有效发挥课堂育人主渠道作用的必然选择[J]. 思想理论教育导刊, 2017(1): 31-34.
GAO DY, ZONG AD. Curriculum ideological and political education: an inevitable choice to effectively play the role of classroom education as the main channel[J]. Leading Journal of Ideological & Theoretical Education, 2017(1): 31-34 (in Chinese).
- [8] 孙兴冻, 许良元, 蒋锐, 方梁菲, 江庆, 刘微. 基于“00 后”大学生自主学习的高效创新教学模式研究[J]. 安徽农业科学, 2022, 50(4): 261-265.
SUN XD, XU LY, JIANG R, FANG LF, JIANG Q, LIU W. Research on the efficient and innovative teaching mode based on the autonomous learning of college students in the generation born in the 2000s[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2022, 50(4): 261-265 (in Chinese).
- [9] 荣誉磊. “00 后”大学生心理特点及心理健康教育策略分析: 基于辅导员实际工作案例[J]. 华章, 2024(1): 78-80.
RONG YL. Analysis of psychological characteristics and mental health education strategies of post-00 college students: based on the actual work cases of counselors[J]. Hua Zhang, 2024(1): 78-80 (in Chinese).
- [10] 曾涛涛, 张晓玲, 胡青, 王国华, 周玉林. 给排水科学与工程专业“水处理微生物学”教学改革与探索[J]. 科技创新导报, 2020, 17(19): 193-197.
ZENG TT, ZHANG XL, HU Q, WANG GH, ZHOU YL. Teaching reformation and exploration on the course of Microbiology of Water Treatment in the major of water science and engineering[J]. Science and Technology Innovation Herald, 2020, 17(19): 193-197 (in Chinese).
- [11] 李霞, 张会香, 饶筠筠, 李静. 创新创业型微生物学教学体系构建研究[J]. 教育信息化论坛, 2019(3): 7-8.
LI X, ZHANG HX, RAO JJ, LI J. Research on the construction of innovational and entrepreneurial microbiology teaching system[J]. Educational Informatization Forum, 2019(3): 7-8 (in Chinese).
- [12] 赵丽英, 岳超, 马娜. 基于转型发展背景下《水处理生物学》教学改革探讨[J]. 南阳师范学院学报, 2018, 17(4): 62-65.
ZHAO LY, YUE C, MA N. Discussion on the reform of “Water Treatment Biology” teaching in transformation

- and development of ordinary universities[J]. *Journal of Nanyang Normal University*, 2018, 17(4): 62-65 (in Chinese).
- [13] 李勇超, 任伯帜. 水处理微生物学课程教学改革探讨[J]. *当代教育理论与实践*, 2016(2): 62-64.
LI YC, REN BZ. Discussion on teaching reform of Water Treatment Microbiology course[J]. *Theory and Practice of Contemporary Education*, 2016(2): 62-64 (in Chinese).
- [14] 孟雪征, 曹相生, 吴珊, 郑晓英. 水处理生物学实验课的教改实践与思考[C]//*土木建筑教育改革理论与实践*. 北京工业大学建筑工程学院, 2008, 10: 339-341.
MENG XZ, CAO XS, WU S, ZHENG XY. Practice and reflection on teaching reform of experimental course in Water Treatment Biology[C]//*Theory & Practice for Reform of Civil & Architecture Education*. College of Architecture and Civil Engineering of Beijing University of Technology, 2008, 10: 339-341 (in Chinese).
- [15] 贾艳萍, 贾心情, 张兰河, 马姣, 唐同同. 基于“卓越计划”培养目标的水处理微生物学课程改革研究与实践[J]. *微生物学通报*, 2014, 41(5): 996-1003.
JIA YP, JIA XQ, ZHANG LH, MA J, TANG TT. Study and practice on the teaching reform of Water Treatment Microbiology based on the program of excellent engineers education[J]. *Microbiology China*, 2014, 41(5): 996-1003 (in Chinese).
- [16] 李孟贾, 霍楷. 中国高校素质教育现状、问题及改革举措研究[J]. *文化创新比较研究*, 2021, 5(20): 26-30.
LI MJ, HUO K. Research on the current situation, problems and reform measures of quality education in Chinese universities[J]. *Comparative Study of Cultural Innovation*, 2021, 5(20): 26-30 (in Chinese).
- [17] 郝丽婷, 郝晓地, 仇付国, 付昆明, 曹亚莉. “水处理生物学”课程立体化建设研究[J]. *教育教学论坛*, 2022(51): 25-28.
HAO LT, HAO XD, QIU FG, FU KM, CAO YL. Research on the three-dimensional construction of Water Treatment Biology course[J]. *Education and Teaching Forum*, 2022(51): 25-28 (in Chinese).
- [18] 杨灿. 高等院校电子技术课程可视化教学研究与实践[J]. *大学*, 2023(32): 85-88.
YANG C. Research and practice of visualization teaching of Electronic Technology courses in colleges and universities[J]. *University*, 2023(32): 85-88 (in Chinese).
- [19] 刘国峰, 赵清华, 宋雨晨. 基于SPOC的《财务会计》课程教学流程创新研究[J]. *会计师*, 2019(6): 64-65.
LIU GF, ZHAO QH, SONG YC. Research on teaching process innovation of Financial Accounting course based on SPOC[J]. *Accountant*, 2019(6): 64-65 (in Chinese).
- [20] 李美会, 朱易. 新时代高校创新创业教育和专业教育融合的路径探究[J]. *教育教学论坛*, 2023, 3(13): 22-25.
LI MH, ZHU Y. Exploration on the integration path of mass entrepreneurship and innovation education and professional education in the new era[J]. *Education and Teaching Forum*, 2023, 3(13): 22-25 (in Chinese).
- [21] 朱联东, 张凌博, 胡超珍. 浅析高校环境工程微生物学理论课的亲合力和针对性[J]. *高教学刊*, 2021, 7(15): 15-18, 22.
ZHU LD, ZHANG LB, HU CZ. Discussion on the affinity and pertinence of the college theoretical course “Environmental Engineering Microbiology”[J]. *Journal of Higher Education*, 2021, 7(15): 15-18, 22 (in Chinese).