

# 全英文“环境工程微生物学”的国家线下一流本科课程成长之路

任源\*, 朱能武, 银玉容

华南理工大学环境与能源学院, 广东 广州 510006

任源, 朱能武, 银玉容. 全英文“环境工程微生物学”的国家线下一流本科课程成长之路[J]. 微生物学通报, 2022, 49(4): 1343-1353

Ren Yuan, Zhu Nengwu, Yin Yurong. Construction of national first-class offline undergraduate course for Environmental Engineering Microbiology[J]. Microbiology China, 2022, 49(4): 1343-1353

**摘 要:** 国家一流本科课程的评审认定是教育部全面深化教育教学改革的重要举措, 也是提升本科教学质量的重要一环, 极大地促进了任课教师对标评价量规进行教研教改。为促进环境工程专业核心基础课的教改, “环境工程微生物学”全英课程组在先进的教育思想、方法和教育心理学的指导下, 对教学理念、课程内容、教学组织和实施等多方面进行了大胆的改革和创新, 注重课程思政和因材施教, 增加课堂教学的师生互动和生生互动; 针对工科类学生的培养目标, 引入实际工程的应用案例, 在课内外补充环境微生物工程领域研究的最新进展和教师的科研成果, 注重提升课程的高阶性、创新性和挑战度, 从多方面强化知识、能力、素质的有机融合, 学生学习效果明显提高。申报并获认定为首批国家线下一流本科课程和广东省一流本科课程。

**关键词:** 深化改革; 评价量规; 环境工程微生物学; 两性一度; 一流线下课程

## Construction of national first-class offline undergraduate course for Environmental Engineering Microbiology

REN Yuan\*, ZHU Nengwu, YIN Yurong

School of Environment and Energy, South China University of Technology, Guangzhou 510006, Guangdong, China

**Abstract:** As an important measure of the Ministry of Education to comprehensively deepen the education and teaching reform, the initiative of building national first-class undergraduate courses plays

基金项目: 环境工程专业广东省综合改革试点项目; 华南理工大学教研教改项目

**Supported by:** Guangdong Provincial Comprehensive Reform Pilot Project for Environmental Engineering; Teaching, Research and Teaching Reform Projects of South China University of Technology

\*Corresponding author: E-mail: ceyren@scut.edu.cn

Received: 2021-08-06; Accepted: 2021-10-07; Published online: 2021-11-15

an essential part in improving undergraduate teaching quality, which has greatly boosted the research and reform in teaching. Environmental Engineering Microbiology (in English) is a core discipline in environmental engineering. Under the guidance of advanced educational thought, methods, and psychology, the teaching team of the discipline has carried out reforms and innovations in teaching philosophy, course content, teaching plan, and teaching practices, by highlighting ideological and political courses, teaching students according to their aptitude, and adding interactions between teachers and students and among students in class. To be specific, we introduced practical cases, supplemented the latest research progress in environmental microbiology engineering and teachers' research achievements in and out of classes, and improved the level, challenges, and innovation of the courses. On this basis, the knowledge, ability, and quality of students were improved and the learning outcome was significantly improved. As a result, the course is among the first batch of national first-class offline undergraduate courses and a first-class undergraduate course in Guangdong province.

**Keywords:** deepening reform; evaluation rules; Environmental Engineering Microbiology; high level innovation and challenges; first-class offline course

为提升高等教育综合实力和国际竞争力,我国制定了《统筹推进世界一流大学和一流学科建设实施办法(暂行)》,教育部在 2018 年全国高教处长工作会议上提出了推动“双一流”建设和本科课程的“双万计划”。线下一流课程以提升学生综合能力为重点,重塑课程内容,创新教学方法,打破课堂沉默状态,焕发课堂生机活力,较好地发挥课堂教学主阵地、主渠道、主战场作用。作为基层一线教师,应积极响应号召,对照“一流本科课程评价量规”争创一流课程,认真总结经验、寻找不足,努力提高教学水平。

华南理工大学的环境工程专业分别于 2011、2014 和 2017 年 3 次通过教育部工程教育专业认证,其核心基础课“环境工程微生物学”(全英文教学)围绕环境工程新工科人才目标,将课程思政融入教学过程,通过探究式、互动式教学激发学生自主学习的积极性,将环境微生物领域的创新科研成果持续转化为教学内容,注重理论与环境工程实践/实际结合,将作业、小测、展示、考试等学习全过程纳入课程成绩评定,学生学习效果和能力逐年提升。

该课程于 2020 年被认定为首批国家一流线下本科课程,而且为英文教学,特色明显。本文将从该课程的早期建设、实践发展、日臻成熟的过程进行总结,期望能为环境类课程的教研教改提供经验。

## 1 课程的建设发展历史

华南理工大学的环境工程本科专业已有 23 年的历史,“环境工程微生物学”首次开课于 2000 年春季,包括理论课 32 学时,单独开设的实验课有 16 个学时。在本学科的蓬勃发展和国际化教育的大背景下,环境工程全英班于 2012 年成为华南理工大学首批 5 个全英教改班之一。自 2012 年招生至 2014 年首次开课为本课程的前期建设期,2014–2017 年经师资持续培训和教学研究改革为实践期,2017 年至今趋于成熟。针对原课程的教学内容较为陈旧,缺乏最新的学科进展、无对学习过程的考核、实验内容没有创新、授课方式缺乏师生与生生互动、缺乏与时俱进的思政内容、现代化的信息手段和工具应用不足等问题,全英教学团队进

行了全方位的改革探索: 从教学团队的组建与培训、英文原版教材的审核选定, 到教学大纲的编写、课程教学知识体系的优化与重构, 同时兼顾了学生将来在国内的就业和国内外的深造来修订培养方案, 将理论与实验课合并为同一门课, 共 48 学时, 全面考查学生的基础知识与动手能力。

## 2 教学团队

课程组成立之初即搭建了具有丰富教学经验的课程团队, 由 3 名正高级和 2 名副高级共 5 名教师组成, 分别有 15–25 年的教龄, 历年多次获得学生评教全学院前 10% 的成绩。自课程的前期建设起, 课程团队持续进行了英语教学能力的培训。开课初期, 利用华南理工大学教务处与国际处的“海外名师讲授学分课程”资助项目, 邀请了母语为英文的国际知名教授来校进行教学示范和指导; 在实践期, 主讲教师参加了由华南理工大学教务处与英国总领馆文化教育处主办的以 Bloom 教育思想为核心的“英语作为教学媒介”(English as a medium of instruction, EMI)强化培训, 在互动式教学、提问技巧和课堂组织等方面的能力得到提高。主讲教师通过听课和试讲, 逐渐完善了课件的制作、教学日历和教学设计等课程教学文件的编写, 成熟期后完全独立授课。此外, 教学团队成员近年来主持了 30 余项科技部、基金委和省市科技项目, 以及 40 余项水体、土壤/场地、固废的生物治理和修复的企事业单位委托项目。较强能力的基础研究和丰富的工程实践经验, 为课程教学中实践“科研反哺教学”的先进理念打下坚实基础。

## 3 课程目标

华南理工大学是国家双一流 A 类建设高校,

致力于培养工具理性与价值理性兼备、复合知识与核心能力兼备、家国情怀与全球视野兼备的“创新、创业、创造”三创型拔尖人才, 环境工程专业培养目标为三兼备、三创型环境工程拔尖人才。本课程是环境工程专业的核心基础课, 为环境科学与工程学科中的相关生化加工工艺提供重要理论支撑。课程目标包括知识和能力两个方面: 在理论、实践、工程复合知识方面, 需要掌握微生物结构及生理功能; 认识微生物在污染控制与修复中的作用原理与应用; 了解基础生物化学和分子生物学新技术; 掌握“环境微生物学”实验技能; 把握微生物在水、气、土、固废和生态修复工程中的实践动态; 在思想、学习、行动核心能力方面, 具备从微生物角度解释环境工程实践中理论内涵的方法; 把握国内外环境微生物领域发展的现状与趋势; 能采用多学科与微生物学结合的方法, 以科学价值观、可持续发展理念和国际视野对复杂环境工程问题进行研究并得到合理结论。

## 4 课程内容

本课程的理论课教材选用了“面向 21 世纪课程教材”《环境工程微生物学》(第 4 版)<sup>[1]</sup>和 *Environmental Microbiology* (3<sup>rd</sup> Edition)<sup>[2]</sup>, 这 2 本中英文教材相互补充, 共有 12 个章节, 在生物降解、金属生物转化这两个重点章节的课时设计最长, 均为课上 4 学时和课下 1 学时, 其他的章节则为 1–3 个学时不等(表 1), 还有些部分教学内容直接布置为课后自学并通过作业来巩固完成。在教学资源方面, 开课初期完全依赖教材和 PPT 课件, 随着教学经验的增多和教育理念的逐步改变, 教学资源逐渐丰富, 覆盖了在线教育平台、多媒体、网络视频、期刊文献和网络文章等。新型冠状病毒肺炎疫情客观上促进了在线教育资源的深度应用, 教学团队采用了

表 1 本课程的理论与实验教学大纲及思政内容

Table 1 Syllabus and ideological and political content of this course

序号 Serial No.	课程章节(学时数) Course chapters (class hours)	学时数 Class hours	思政内容 Ideological and political content
1	微生物学的基本概念 (微生物染色及镜检实验 4 学时) Basic concept of microbiology (Microbial staining and microscopic examination experiment 4 class hours)	3	微生物学奠基人; DNA 结构发现过程中女性科学家的贡献 <sup>[3]</sup> ; 批判以 DNA 之名宣扬的“人种决定智商”言论 Founders of Microbiology; Contributions of female scientists in the discovery of DNA structure <sup>[3]</sup> ; Criticizing the “Race Determines IQ” preached in the name of DNA
2	细菌的生长 Bacterial growth	3	/
3	细菌的土、气、水环境 Microbial environments	3	/
4	微生物生理及极端微生物 (微生物生理实验 4 学时) Microbial physiology and extreme environments (Microbial physiology experiment 4 class hours)	3	介绍优秀科学家袁隆平等研制“海水稻”, 将耐高盐高碱环境细菌/细胞适应机理应用在实际科研工作中 <sup>[4-5]</sup> ; 分析寻找极端微生物和“智慧生命”的可能性, 探讨“宇宙科学伦理” Introduce outstanding scientist Yuan Longping to develop “sea rice” and apply the mechanism of bacteria/cell adaptation to high salt and high alkali environment in actual scientific research <sup>[4-5]</sup> ; Analyze the possibility of searching for extremophiles and “intelligent life”, and discuss the “cosmic science ethics”
5	微生物的采样、计数与鉴定 (培养基的配制、灭菌实验 4 学时; DNA 提取-PCR 扩增 4 学时) Sampling, enumeration, and identification (Preparing of culture medium, sterilization experiment 4 class hours; DNA extraction-PCR 4 class hours)	3	以新型冠状病毒肺炎病毒为例, 讨论病毒的分类、采样方法、分析流程、基因序列的进化树构建, 以初步建立病毒溯源、进化、传播、防控的科学道路 Taking the COVID-19 as an example, discuss the virus classification, sampling methods, analysis procedures, and gene sequence evolutionary tree construction to initially establish a scientific path for virus traceability, evolution, transmission, prevention and control
6	微生物参与的元素循环 Microbial cycling	2	分析微生物与温室气体的产生和气候变暖的关系, 以及我国在“碳中和、碳达峰”方面的政策和举措 Analyze the relationship between microorganisms and the generation of greenhouse gases and climate warming, as well as China's policies and measures in terms of “carbon neutrality and carbon peaking”
7	微生物菌群及沟通 Microbial communications	2	结合抗生素滥用的情况, 讲解“超级细菌”的危害及生成机制 Combining with the abuse of antibiotics, explain the harm and generation mechanism of “super bacteria”
8	微生物与有机物 Microorganisms and organic pollutants	4	介绍土壤、大气、水体污染防治的法律法规; 研讨《寂静的春天》; 介绍根据真实事件改编的全氟化合物对人体的健康威胁的电影 Introduce the laws and regulations of soil, air, and water pollution prevention and control; Discuss <i>Silent Spring</i> ; Introduce a movie based on real events about the health threats of perfluorinated compounds

(待续)



(续表 1)

9	微生物降解过程的监测 Measuring biodegradation and bioremediation	1	/
10	微生物与重金属 Microorganisms and metals	4	观看由真实故事改编的重金属污染赔偿的美国电影片段, 讨论重金属对健康的危害, 以及法律人士为维护受害居民的权益的不懈斗争 Watch a clip from an American film based on a true story on heavy metal pollution compensation, discuss the health hazards of heavy metals and the unremitting struggle of legal professionals to protect the rights and interests of victims
11	指示微生物 Indicator microorganisms	1	/
12	污水的生物处理及消毒 Biological wastewater treatment and disinfection	3	污水排放的法律法规; 讨论新型冠状病毒肺炎收治医院的室内空气、病房排水的消毒剂使用原则、原理和效率 Sewage discharge laws and regulations; Discuss the principles and efficiency of disinfectants for indoor air and ward drainage in hospitals admitted to COVID-19

Note: /: No content.

“雨课堂”的平台对线下教学进行了补充, 动态评测学生课前预习、课中考核和课后学习的效果。

教学内容的与时俱进是一门“金课”的基本条件。本课程在授课时紧跟学科前沿, 并补充了本领域及教师团队的最新研究成果, 比如在分类学部分, 补充筛选新菌的步骤、形态学、生理生化及 DNA 分子鉴定方法<sup>[6]</sup>; 在极端微生物方面, 补充教师团队在高温堆肥、酸性矿山废水处理和重金属生物浸矿等方面的科研工程实践<sup>[7-8]</sup>(图 1); 在生物降解及微生物菌群方面, 补充稳定同位素探针解析降解机理和高通量测

序分析方法的应用<sup>[9]</sup>。

本课程的实验课教材选用了团队教师编著的《环境工程实验》<sup>[10]</sup>, 但在内容上还增加了 DNA 提取和 PCR-琼脂糖凝胶电泳, 使学生尽早熟悉分子生物学的操作方法, 打破神秘感, 增强兴趣点。此外, 还进行了“探索性实验”的尝试, 设计了“发光菌对降解产物的毒性评价”实验, 结合了微生物学、环境毒理学和水处理工程的相关内容, 让学生自行操作紫外光解设备、酶标仪和高效液相色谱仪, 获取并分析数据, 完成综合性、探索性的实验研究(图 2)。

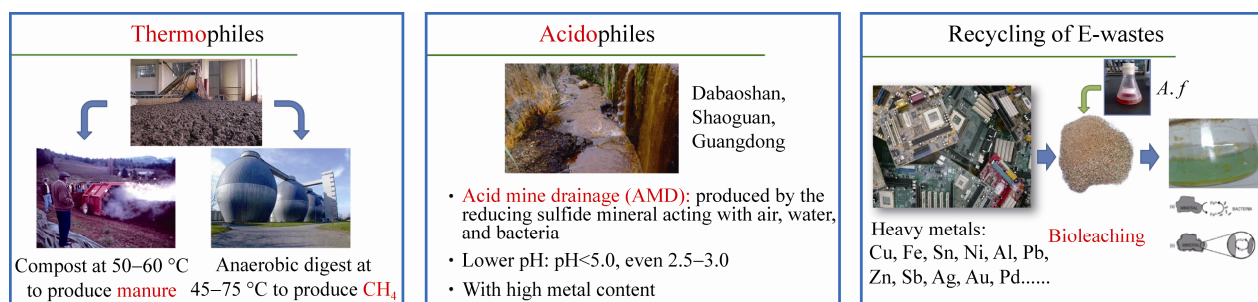


图 1 增补教师工程实践内容的部分课件

Figure 1 Part of the screenshots of the courseware of the teachers' engineering practice.

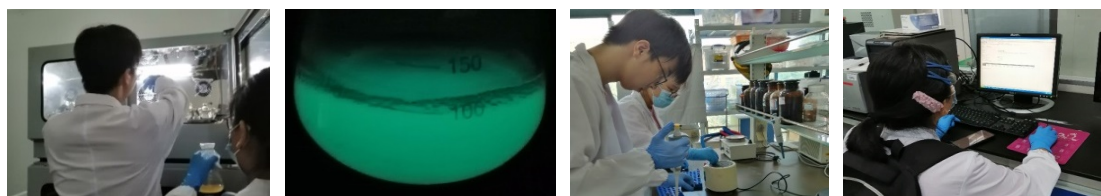


图2 指导学生探索性实验

Figure 2 Instruction of the exploratory experiment.

## 5 课程思政

自然科学课程如何进行课程思政是新时期高等教育人才培养的新探索<sup>[11-12]</sup>。课程思政不是生硬地灌输“三观”，而是要在教学中引导学生树立正确的价值判断，激发学生的学习热情和培养运用所学知识去理解、解释社会和自然现象的独立思考能力；在环境工程微生物的相关领域，探索人与自然的和谐(伦理)关系、微生物(疾病)与人类社会发展的关系等也都是课程思政的重要内容。教学团队经过多次研讨，不

断补充和更新教学案例，将思政内容以“润物细无声”的方式融入知识的讲授过程。目前已在3/4以上的章节设计了思政元素(表1)，部分课件见图3。

例如，2020年暴发的新型冠状病毒肺炎疫情对全球的经济、社会发展带来了巨大的动荡，不少课程从多个角度开展了与各自课程对应的思政内容<sup>[13-14]</sup>。“环境工程微生物学”的课程内容与新型冠状病毒所包含的科学问题非常契合，主讲教师以新型冠状病毒为例，讨论病毒的分类和命名、采样及样品保存、PCR及核酸检测、

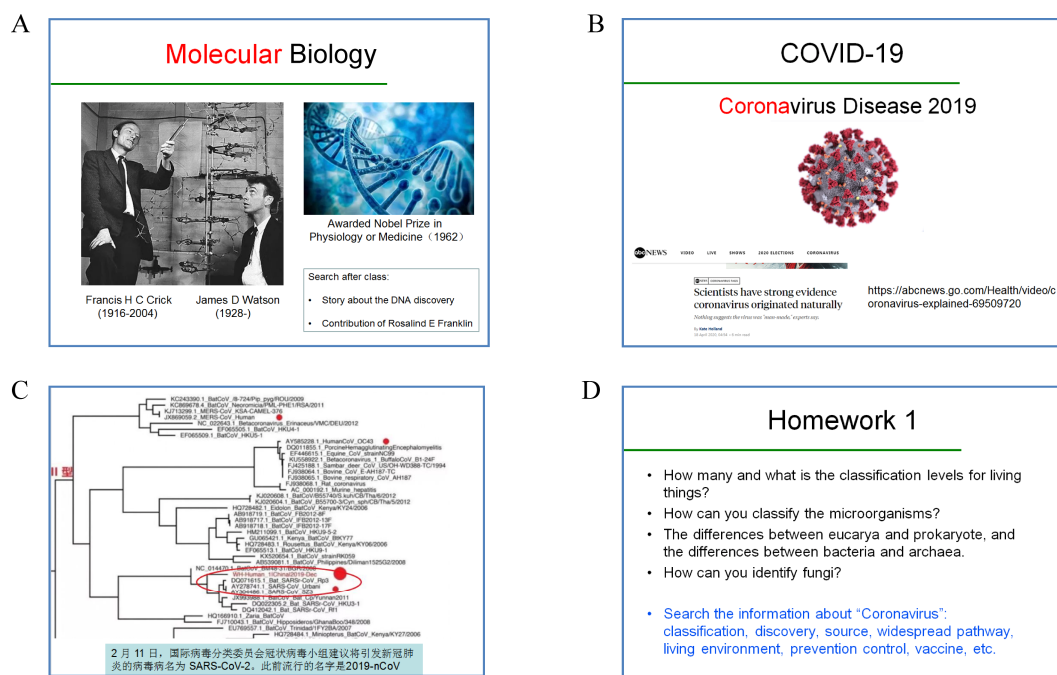


图3 课程思政的部分课件

Figure 3 Part of the screenshots of teaching courseware for course education.

基因序列的进化树构建,以初步建立病毒溯源、进化、传播、防控的科学道路<sup>[15]</sup>,并讨论新型冠状病毒肺炎收治医院的室内空气、病房排水的消毒原理、方法和效率<sup>[16-17]</sup>(图3课件B、C、D);整理2019年底疫情暴发后各国的防控措施,评估各种措施的实施依据、策略和效果,并评估其安全性、经济性和有效性。通过这样的课程思政教学设计,将身边发生的与微生物相关的公共卫生事件,与微生物分类学、微生物生存环境、环境工程与公共卫生的防控阻断紧密结合,不仅提高了学生的学习兴趣,更使他们认识到科学研究的社会学意义和科技工作者的使命,从而有助于他们的职业方向选择。

## 6 教学设计

在前期的课堂教学中,时间的安排和控制以单向输出的讲授为主,后期逐渐采用了更多灵活多样的模式。对于45 min的教学时间安排,设计为前5 min简单复习或进行上次课内容的简单考察,倒逼学生主动完成课前预习和课后复习;对于全新的知识,适当组织小组

讨论,能够克服学生怕错的畏难心理,鼓励每位学生发表自己的观点<sup>[18]</sup>;对于难度不高的知识,任课教师采用了“雨课堂”的随堂测试方式,以增强学生的自信心。此外,教师采用了维果茨基的“支架式教学”和“合作学习”理论<sup>[19]</sup>,课堂上鼓励“生生互动”,主要体现在设计分组任务,将经过集体讨论的结果作为小组的“结论”进行汇报,再由教师进行点评。通过改进课题提问和考核方式,有效地针对学生的心理学特点打破了课堂的沉默状态<sup>[20]</sup>,学生的课上精神状态更加活跃,手机也不再是课堂教学的“洪水猛兽”,而是作为授课辅助工具,查阅资料并完成堂测。更重要的是“雨课堂”实现了教学结果的最及时、精准反馈,便于随时调整授课进度。

为鼓励每位学生的课堂参与度,课程增加了分组展示的环节。在前几年的教学中是将展示安排在最后一次课大家集中完成,但有些主题已经失去了时效性。经过教学团队的研讨,将展示环节安排在平时的每次课中,分别于下次课的前10 min展示(图4)。如第5周讲解微生物检测后,则在第6周的课上汇报“绿色荧光



图4 学生课堂展示的部分页面

Figure 4 Part of the screenshots of the students' presentation pages.

蛋白与诺贝尔奖”；第6周讲授微生物参与的元素循环，则在第7周汇报“气候变化与微生物”的主题；第9周以《寂静的春天》为引子讲授有机物的微生物降解，则在第10周讨论“DDT与疟疾”的话题。由于学生准备PPT时需查阅大量文献资料，在学生展示后师生共同提问，引导学生深入思考，起到了复习和拓展的目的。

## 7 教学评价

本课程开展了以考试改革为核心的教学研究，形成了独具特色的教学风格。通过对教学全过程进行监测，在课程教学资源、教学内容、教学方法、考核方式与评价方法等方面趋于成熟。将总成绩的构成分解细化到每个教学环节，如：课前预习 5%+ (课堂参与、分组展示) 10%+ (课后作业、随堂测验) 20%+ 期中考试 25%+ 期末考试 40%。每个评分细节均有明确标准，使学生们意识到要在每节课认真听讲、

主动参与及课后认识复习，才能跟上教师的节奏，扎扎实实学好知识。

### 7.1 预习及课堂参与评价

采用“雨课堂”布置课前预习任务，教师在每次课开始前通过系统导出已完成预习名单，计入平时成绩(图5A)。课堂参与体现在课堂上的师生互动积极性，以及小组展示时的搜集资料、制作PPT、团队合作和口头表达能力，分项计分。

### 7.2 随堂测验

随堂测验有“雨课堂”的线上模式和纸版答题的线下模式。按照斯金纳的行为学习理论，随堂测验属于“变化时距程式”的强化，比“固定时距程式”(即每次课的回顾和上次知识测验)得到的反应持续性更强<sup>[19]</sup>。因此，针对刚刚讲授过的知识，任课教师会主要采用线上测试的模式。具体做法是提前准备好数量不等的选择或填空题，在授课的适当时间点开展2–5 min的



图5 雨课堂的部分课前预习(A)、课中随堂测验(B)和课后阅读作业(C)

Figure 5 Part of the screenshots of “Yuketang” for preview before class (A), for quiz in the class (B), and for task after class (C).



测试,通过系统立即能得到完成速度、正确率和正误的反馈(图 5B);线下测试主要针对未讲授知识,在课件讲授过程中提出问题,需要学生立即从教材或互联网上自行寻找答案,以关键词或关键句作答。

### 7.3 课后作业

课后作业分为 2 个层次,大部分为基础题,少部分不做强制要求。对于高层次论文的精读和问题思考,则会鼓励能力强的学生全面完成,其他学生一般掌握即可。比如紧扣“极端环境微生物”这一章,给出了在 *Nature* 上发表的文章“Life in extreme environments”<sup>[21]</sup>,该文一共 10 页 58 小段 10 000 字,要求学生精读并总结每小段的大意(图 5C)。这样不仅复习了课堂上讲授的几种主要的耐酸碱、耐盐耐渗透压、耐热耐冷、需氧厌氧极端微生物,还补充了耐压、耐射线和太空微生物等。对另一篇来自 *Science* 的文章“Prokaryotic diversity-magnitude, dynamics, and controlling factors”<sup>[22]</sup>仅有 2 页半,则要求学生总结科技论文的写作模板并回答 3–4 个问题,相对来说较易完成,适合每位学生。教学团队所采用的维特洛克“主动理解的策略和方法”,使学生用自己的语言提炼每个段落的标题和文章中心思想,非常适用于自然科学的教学<sup>[23]</sup>。

需要注意的是,课堂提问和课外作业应多设置开放性题目,促进学生发散型思维的培养,打破学生对问题一定有标准答案的惯性思维,培养学生站在不同角度思考问题的能力<sup>[24]</sup>,只要合理即算正确。当一个问题事先说明无标准答案的时候,得到的反馈反而是更为积极的,这种“概念转变”的教学模式有助于学生自发地进行知识重构<sup>[25]</sup>。

### 7.4 期中与期末考试

本课程的期中与期末考试分别占总成绩的 25%和40%,以笔试来评价学生对基础知识的掌

握和应用能力,尤其是设计综合性的问题全面考查学生对多章内容的融会贯通。比如设计了有机物污染土壤的修复题,要求学生应用微生物的生长、细胞产率、需氧条件有机物的生物降解途径、参与的微生物及作用酶系、强化措施等知识,基本上覆盖了本课程 60%的知识点,以评价学生是否掌握综合的应用和工程实践能力。

### 7.5 课程建设效果

在实施了全面的教学改革后,大幅度提高了教师的教学能力,课程授课得到了来自教学督导和学生的积极评价,他们认为:教学方法对学生的启发性强;课程理念创新,与工程实践相辅相成,有创新性;课程内容与最新前沿结合紧密,有高阶性;内容充实且有挑战性,为目前的学习奠定了扎实基础。近 3 学年评教分数分别为 4.753、4.816 和 4.982 (5 分制),位列全校前 5%。同时,这些教改措施有效地激发了学生的学习热情,近 3 年 80 分以上的优良率从 45%增加到 66%和 55%。按照 2021 年教育部工程教育专业认证的要求,本课程对毕业要求支撑达成度为 77%。近 5 年学生参加微生物相关的国创项目 10 项,学生研究计划项目 18 项,“挑战杯”等竞赛获奖 12 人次,指导本科生发表论文 22 人次,申请国家发明专利 6 人次。全英班学生深造率为 74%,其中赴哥伦比亚大学、约翰霍普金斯大学、帝国理工大学、南洋理工等境外大学深造率达 55%。

## 8 课程特色与展望

“环境工程微生物学”的全英文教学已经圆满完成了 8 个教学年度的实践,通过几年来的探索和创新,在“两性一度”方面形成了显著特色:在教学内容方面,紧跟微生物领域的科研成果,提升了课程知识的高阶性;更新了与理

论衔接的实验项目, 突出了知识的创新性; 改革了课程的考核与评价体系, 提高了课程的挑战度。华南理工大学环境工程微生物教学团队所采用的“与工程实践相结合的探究式教学法”在理论与实验实践相结合的工程应用能力培养、“科研反哺教学”的前沿科研成果更新教学内容、以覆盖学习全过程的高挑战度考核等方面不断摸索并取得了一些经验, 于 2020 年 11 月被认定为首批国家一流线下本科课程和广东省一流本科线下课程。同时, 教学改革和教学能力的提高, 对教师的科研能力也有双向促进的作用, 近 3 年分别获批 1 项科技部重点研发计划项目课题和 2 项国家自然科学基金项目。

在今后的 5 年建设期内, 本课程将在以下 4 个方面继续探索和持续改进:

(1) 教学内容的充实与完善: 持续更新教学内容, 优化课件, 丰富课外阅读内容, 补充更多的背景知识材料, 增加现实中与环境微生物相关的案例。将实际工程案例和科研课题带入课堂, 促使学生利用所学知识思考可能的解决方案。开发新的实验项目, 给学生提供更多的创新科研实践机会。

(2) 教学方法的改进与提高: 不断钻研教学与教育理论, 根据学生的身心特点设计教学环节; 增加师生互动、生生互动, 多采用开放式问题引导学生深入思考; 因材施教, 分层次教学, 给能力强的学生“吃小灶”, 给学习有困难的学生提供更多的学习、锻炼机会, 促使他们尽快跟上进度。

(3) 教学手段的不断丰富: 将课件和其他教学素材有机结合、切换, 使教学内容和形式都能够完美呈现。如借鉴线上线下混合式教学的模式进行线上学习、测试探索及开发虚拟仿真实验等。

(4) 考核方法的改革与实践: 进一步细化、

规范化每个环节的评价标准, 让学生清楚了解评价细则, 以利于科学素养的培养; 建立题库、增加随堂小测的次数; 设计多种题型从不同的角度来考查学生主要知识点和解决复杂问题的能力。

## REFERENCES

- [1] 周群英, 王士芬. 环境工程微生物学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2015  
Zhou QY, Wang SF. Environmental Engineering Microbiology[M]. Beijing: Higher Education Press, 2015 (in Chinese)
- [2] Maier RM, Pepper IL, Gerba CP. Environmental Microbiology[M]. 2nd ed. Beijing: Science Press, 2010
- [3] 董美珍. 百年诺贝尔科学奖的遗憾: 她们为什么没有获奖[J]. 自然辩证法通讯, 2002, 24(2): 9-10  
Dong MZ. Regrets of the Nobel Prize in science: why didn't they win the prize[J]. Journal of Dialectics of Nature, 2002, 24(2): 9-10 (in Chinese)
- [4] 王旭明, 赵夏夏, 陈景阳, 许江环, 周柏霖, 王盼盼, 莫素, 莫俊杰, 谢平, 周鸿凯. 盐胁迫下海水稻抗逆生理响应分析[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2019, 27(5): 747-756  
Wang XM, Zhao XX, Chen JY, Xu JH, Zhou BL, Wang PP, Mo S, Mo JJ, Xie P, Zhou HK. Physiological adversity resistance of sea rice to salinity stress[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2019, 27(5): 747-756 (in Chinese)
- [5] 柴帆. 袁隆平: 稻田里的守望者[J]. 中国农村科技, 2016(12): 42-46  
Chai F. Yuan Longping: the catcher in the rice field[J]. China Rural Science & Technology, 2016(12): 42-46 (in Chinese)
- [6] Ren Y, Chen SY, Yao HY, Deng LJ. *Lysinibacillus cresolivorans* sp. nov., an *m*-cresol-degrading bacterium isolated from coking wastewater treatment aerobic sludge[J]. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 2015, 65: 4250-4255
- [7] Fan C, Guo CL, Zeng YF, Tu ZH, Ji YP, Reinfelder JR, Chen MQ, Huang WL, Lu GN, Yi XY, et al. The behavior of chromium and arsenic associated with redox transformation of schwertmannite in AMD environment[J]. Chemosphere, 2019, 222: 945-953
- [8] Zhu NW, Shi CH, Shang R, Yang C, Xu ZG, Wu PX. Immobilization of *Acidithiobacillus ferrooxidans* on cotton gauze for biological oxidation of ferrous ions in a batch bioreactor[J]. Biotechnology and Applied

- Biochemistry, 2017, 64(5): 727-734
- [9] 贾仲君. 稳定性同位素核酸探针技术 DNA-SIP 原理与应用[J]. 微生物学报, 2011, 51(12): 1585-1594
- Jia ZJ. Principle and application of DNA-based stable isotope probing: a review[J]. Acta Microbiologica Sinica, 2011, 51(12): 1585-1594 (in Chinese)
- [10] 银玉容, 马伟文. 环境工程实验[M]. 北京: 科学出版社, 2021
- Yin YR, Ma WW. Environmental Engineering Experiment[M]. Beijing: Science Press, 2021 (in Chinese)
- [11] 林贤明. 课程思政与思政课程协同育人的内在逻辑和路径探索[J]. 高教学刊, 2021(7): 193-196
- Lin XM. Exploring the inner logic and path of cooperation between ideological and political education in courses and ideological and political courses[J]. Journal of Higher Education, 2021(7): 193-196 (in Chinese)
- [12] 王新荣, 奚琪, 李小海. 工科专业课与思政教育相结合的探索与实践[J]. 经济师, 2021(2): 160, 162
- Wang XR, Xi Q, Li XH. Exploration and practice of the integration of engineering professional courses and ideological and political education[J]. China Economist, 2021(2): 160, 162 (in Chinese)
- [13] 张恋恋. 疫情背景下高校开展课程思政的有效途径[J]. 金融理论与教学, 2021(1): 116-118
- Zhang LL. Exploration on effective way to develop ideological and political education of college courses in the context of the epidemic[J]. Finance Theory and Teaching, 2021(1): 116-118 (in Chinese)
- [14] 陈晟, 付成华, 陈祥贵. 在“工程伦理”课程中进行课程思政教学的体会: 以“抗疫”期间的实践为例[J]. 黑龙江教育(理论与实践), 2021(2): 20-21
- Chen S, Fu CH, Chen XG. The experience of ideological and political teaching in the course of “Engineering Ethics”: a practice example during the “anti-epidemic” period[J]. Heilongjiang Education: Theory & Practice, 2021(2): 20-21 (in Chinese)
- [15] Lu RJ, Zhao X, Li J, Niu PH, Yang B, Wu HL, Wang WL, Song H, Huang BY, Zhu N, et al. Genomic characterisation and epidemiology of 2019 novel coronavirus: implications for virus origins and receptor binding[J]. The Lancet, 2020, 395(10224): 565-574
- [16] La Rosa G, Bonadonna L, Lucentini L, Kenmoe S, Suffredini E. Coronavirus in water environments: occurrence, persistence and concentration methods: a scoping review[J]. Water Research, 2020, 179: 115899
- [17] Wang J, Shen J, Ye D, Yan X, Zhang YJ, Yang WJ, Li XW, Wang JQ, Zhang LB, Pan LJ. Disinfection technology of hospital wastes and wastewater: suggestions for disinfection strategy during coronavirus disease 2019 (COVID-19) pandemic in China[J]. Environmental Pollution, 2020, 262: 114665
- [18] 杨宁. 学生课堂提问的心理学研究及反思[J]. 湖南师范大学教育科学学报, 2009, 8(1): 96-99, 106
- Yang N. The psychological research and reflection on students' questioning in classroom[J]. Journal of Educational Science of Hunan Normal University, 2009, 8(1): 96-99, 106 (in Chinese)
- [19] 陈琦, 刘儒德. 当代教育心理学[M]. 3版. 2019, 北京: 北京师范大学出版社
- Chen Q, Liu RD. Contemporary Educational Psychology[M]. 3rd ed. 2019, Beijing: Beijing Normal University Press (in Chinese)
- [20] 罗德红, 吴守卫. 心理学视角下的课堂提问艺术[J]. 中国教育学报, 2012(2): 36-39
- Luo DH, Wu SW. The art of questioning in class from the perspective of psychology[J]. Journal of the Chinese Society of Education, 2012(2): 36-39 (in Chinese)
- [21] Rothschild LJ, Mancinelli RL. Life in extreme environments[J]. Nature, 2001, 409(6823): 1092-1101
- [22] Torsvik V, Øvreås L, Thingstad TF. Prokaryotic diversity: magnitude, dynamics, and controlling factors[J]. Science, 2002, 296(5570): 1064-1066
- [23] Wittrock MC. The generative model of reading comprehension[J]. Journal of Reading Behavior, 1977, 9(2): 109-112
- [24] 刘惠, 刘翠, 庄启亚. 开放式习题对化学概念学习的促进[J]. 实验教学与仪器, 2015, 32(12): 14-15
- Liu H, Liu C, Zhuang QY. The promotion of open-ended exercises to the study of chemistry concepts[J]. Experiment Teaching and Apparatus, 2015, 32(12): 14-15 (in Chinese)
- [25] Posner GJ, Strike KA, Hewson PW, Gertzog WA. Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change[J]. Science Education, 1982, 66(2): 211-227