

# 给排水科学与工程专业水处理生物学智慧课程建设

王 驰, 张 磊, 闫佳莉, 梅才华, 周诗琦

滁州学院土木与建筑工程学院, 安徽 滁州

收稿日期: 2025年11月19日; 录用日期: 2026年1月6日; 发布日期: 2026年1月19日

## 摘 要

文章旨在探讨在应用型本科院校给排水科学与工程专业背景下, 如何构建和实施水处理生物学智慧课程。通过分析现有水处理生物学教学中存在的问题, 借鉴智慧教育理念及人工智能、物联网等技术在课程建设中的应用经验, 提出涵盖课程内容、教学方法及评价体系等方面的智慧课程改革方案, 以提升学生创新思维及工程实践能力, 以适应环保行业对高素质人才的需求。

## 关键词

水处理生物学, 智慧课程, 智慧教育, 教学改革

# Construction of Intelligent Course in Water Treatment Biology for the Major of Water Supply and Drainage Science and Engineering

Chi Wang, Lei Zhang, Jiali Yan, Caihua Mei, Shiqi Zhou

College of Civil and Architecture Engineering, Chuzhou University, Chuzhou Anhui

Received: November 19, 2025; accepted: January 6, 2026; published: January 19, 2026

## Abstract

This article aims to explore how to construct and implement a smart course on water treatment biology in the context of water supply and drainage science and engineering majors in applied

文章引用: 王驰, 张磊, 闫佳莉, 梅才华, 周诗琦. 给排水科学与工程专业水处理生物学智慧课程建设[J]. 创新教育研究, 2026, 14(1): 236-241. DOI: 10.12677/ces.2026.141031

undergraduate colleges. By analyzing the existing problems in the teaching of water treatment biology, drawing on the concept of smart education and the application experience of technologies such as artificial intelligence and the Internet of Things in curriculum construction, a smart curriculum reform plan covering course content, teaching methods, and evaluation systems is proposed to enhance students' innovative thinking and engineering practice abilities, in order to meet the demand for high-quality talents in the environmental protection industry.

## Keywords

Water Treatment Biology, Smart Curriculum, Smart Education, Teaching Reform

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

全球水资源危机的加剧和环保产业的快速发展对给排水科学与工程专业人员的综合素质提出了更高的要求，特别是解决水污染控制工程中生物处理问题的能力。据联合国《2023 年世界水发展报告》指出，全球有超过 20 亿人面临饮用水短缺问题，而生物处理技术因其绿色、低碳、高效的特点，已成为污水处理的主流工艺之一。然而，目前应用型本科院校在水处理生物学教学中普遍存在课程内容滞后、教学方法单一、实践环节薄弱等问题，难以有效培养学生的创新能力和工程实践能力。传统课堂以“教师讲、学生听”为主，缺乏对学生高阶思维能力的训练，导致学生在面对复杂工程问题时缺乏系统分析与综合判断能力。

随着人工智能、物联网和大数据等现代信息技术与教育教学的深度融合，智慧教育作为一种新范式正在重塑高等教育生态。智慧课程作为智慧教育的重要载体，强调以学生为中心，依托智能技术实现教学内容的动态更新、教学过程的精准调控与学习路径的个性化定制，从而促进学生深度学习与能力生成[1]。在水处理生物学课程中引入智慧教育理念，不仅有助于突破传统教学的时空限制，还能通过虚拟仿真、数字孪生等技术手段，构建“教-学-评”一体化的智能教学系统，有效提升学生的专业素养与工程实践能力。

## 2. 水处理生物学课程现状与问题分析

水处理生物学作为给排水科学与工程专业的核心课程，承担着培养学生微生物基础理论、实验技能及其在水处理领域应用能力的重要任务。然而，当前课程教学仍面临以下突出问题：

首先，教材内容更新滞后。多数高校仍沿用十年前的教材版本，未能及时反映近年来在厌氧氨氧化(Anammox)、好氧颗粒污泥(AGS)、膜生物反应器(MBR)等新型生物处理技术方面的研究进展。这导致学生在进入工程岗位后，面临“学用脱节”的困境。

其次，教学方法单一，缺乏互动性。传统课堂以 PPT 讲授为主，学生参与度低，课堂氛围沉闷，难以激发学生的学习兴趣与探究欲望。研究表明，被动接受式学习的知识保留率仅为 5%，而参与式学习可达 75% 以上。

再次，实践教学环节薄弱。由于实验设备昂贵、维护成本高，许多高校仅开设基础性验证实验，缺乏设计性、综合性实验项目，学生难以在实验过程中形成系统的工程思维和问题解决能力。此外，校企合作不够深入，学生缺乏真实工程场景的实践机会，导致其工程素养和职业适应能力不足。

最后,课程评价方式单一。当前课程评价仍以期末笔试为主,实验报告为辅,忽视了对学生学习过程、创新能力、团队协作等方面的综合考查,难以全面反映学生的真实能力水平。

### 3. 水处理生物学智慧课程建设的理念与框架

#### 3.1. 智慧教育理念的融入

智慧教育理念的引入为水处理生物学课程改革提供了理论支撑。首先,成果导向教育(OBE)理念强调课程目标与毕业要求的高度契合,要求教学活动围绕“学生能做什么”展开,而非“教师教了什么”[2]。在水处理生物学课程中,应明确学生通过学习应掌握的核心能力,如微生物识别与培养能力、工艺设计与优化能力、污染物去除机理分析能力等,并据此反向设计教学内容与评价标准。

其次,“知识-能力-素养”三位一体目标要求课程教学不仅传授专业知识,更要注重学生综合能力的培养和职业素养的提升。例如,在讲授活性污泥法时,不仅要让学生掌握其基本原理,还应引导其分析工艺运行中可能出现的问题(如污泥膨胀),并提出解决方案,从而培养其工程思维与责任意识。

最后,核心素养导向强调以学生发展为中心,注重培养学生的批判性思维、创新意识和终身学习能力。通过引入真实工程案例、开展项目式学习(PBL)等方式,激发学生的学习动机,促进其主动建构知识体系。

#### 3.2. 水处理生物学智慧课程建设具体策略

在课程内容重构方面,应构建“基础-前沿-应用”三位一体的知识体系。基础模块涵盖微生物细胞结构、代谢途径、酶学基础、微生物生态等核心理论,为后续学习筑牢根基;前沿模块整合 Anammox (厌氧氨氧化)、MBR(膜生物反应器)、AGS(颗粒污泥)等新型水处理生物工艺,同步补充微生物组学、合成生物学在水处理领域的应用进展;应用模块选取不同类型水质(生活污水、印染废水、制药废水)的处理工程案例,强化学生对知识的迁移与应用能力。同时借助知识图谱技术,将各模块知识点以“核心概念-关联知识点-应用场景”的节点和边的形式可视化呈现,标注知识点之间的逻辑关系与技术演化路径,帮助学生形成结构化知识网络。

在教学方法创新方面,混合式教学与翻转课堂的结合是实现智慧教学的有效路径。课前,学生通过在线平台观看微课、完成自测,掌握基础知识;课中,教师组织学生围绕真实工程问题展开讨论,促进知识的深度加工;课后,学生通过仿真实验、项目作业等形式巩固所学内容。研究显示,翻转课堂可显著提升学生的学习参与度与学业表现[3]。

在实践教学方面,构建“虚实结合、校企协同”的实践教学体系,破解传统实践教学的时空限制与安全风险。一方面,搭建虚拟仿真实验平台,模拟不同水质状况(如高盐、高COD、低温)下的生物处理流程。学生能够自主调节曝气量、污泥回流比等参数,实时观测处理效果的变化,从而深入领会工艺运行的机制。另一方面,强化与地方环保企业、城市污水处理厂的合作,构建稳定的校外实习基地,为学生营造真实的工程实践环境。让学生投身于污泥性状监测、工艺参数调试等实际工作,积累工程实操经验。

在评价机制改革方面,应构建“过程+结果+能力”三维评价体系。过程性评价包括在线学习行为、课堂参与度、实验操作表现等;结果性评价包括期末考试成绩、项目报告质量等;能力性评价则关注学生的创新能力、团队协作能力与工程实践能力。可借助AI技术对学生的学习数据进行挖掘与分析,生成个性化学习画像,实现精准教学与个性化辅导。

### 4. 智慧课程建设的实施路径与实践探索

#### 4.1. 智能教学平台搭建与资源建设

课程依托“学习通”平台,构建了集“资源-互动-评价-反馈”于一体的智能教学系统。梳理整合

课程的 264 个知识点、147 个知识节点，依据基础层、进阶层、拓展层进行知识点的分层梳理覆盖课程全部教学内容，每个节点配套相关课件、案例、复习题等教学资源。在基础层上设置学习截止时间，聚焦基础资源核心内容，学习反馈以测试题为主，从作业即时批改，到错题关键解析，最后关联知识点跳转，配合知识点的案例完成基础学习。在进阶层上依据节点内容设置微课，重心以微课中案例进行实操设计，设置多个学习小组，组间进行自评、互评，确保进阶知识点的牢固掌握。在拓展层上设计开放性任务，学生通过研读高质量文献、“环保 + 跨界领域”案例、相关资源视频，拓宽学生前沿视野边界，设计见图 1。此外，平台还引入了 AI 助教功能，可根据学生学习行为自动推荐学习资源与复习计划，实现个性化学习支持[4]。

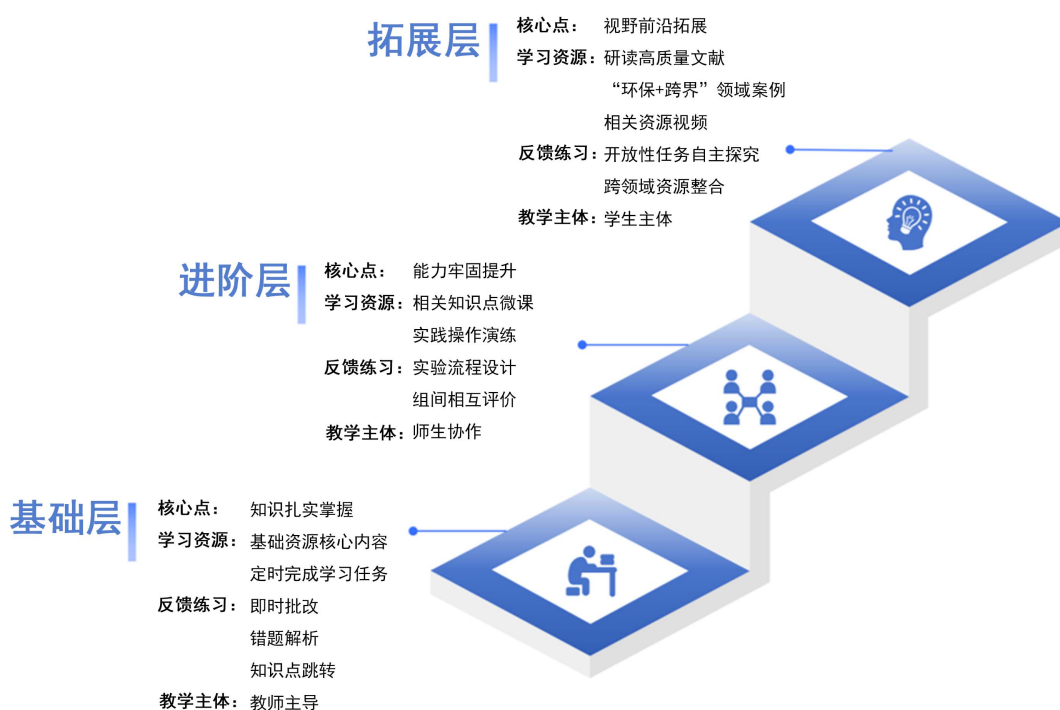


Figure 1. Construction of an intelligent teaching platform for water treatment biology

图 1. 水处理生物学智能教学平台搭建

## 4.2. 教学模式设计与课堂实践

教学实践采用“三阶段 - 四环节”教学模式：课前预习 - 课中探究 - 课后拓展，每阶段设置“任务驱动 - 问题引导 - 协作探究 - 反思提升”四个环节，以水处理生物学中“脱氮”章节为例，见图 2。课前在学习通平台上发放《城市污水处理厂脱氮工艺》相关纪录片，设置“硝化作用中将  $\text{NH}_4^+$  转化为  $\text{NO}_3^-$  的微生物有哪些？”“反硝化作用的终产物是什么？”“为什么需要碳源参与？”等相关知识点问题，以 4~6 人建立学习探究小组，完成工艺说明书标注、工艺问题解答、工艺难点梳理等课前准备工作。课中在教师引入某污水处理厂脱氮效率骤降的真实案例，给予各小组污水处理设施的工艺参数记录表，指导各小组进行头脑风暴，对案例进行合理推导，提出“是否因为硝化池 DO 过低导致脱氮效率骤降？”“冬季水温降至  $10^\circ\text{C}$ ，导致微生物活性变化引起脱氮效率骤降？”等专业问题，小组以反应链形式进行模拟水质变化，小组间进行思辨和论证，最终由老师进行点评指导。课后教师发布开放式任务如设计校园生活污水处理小型脱氮装置等贴近学生生活的课题，学生小组以从“碳减排”角度进行讨论设计，教师按

各组的技术路线图、成本估算等进行方案比选，学生在学习通平台撰写相关日志，包含从微生物代谢基础到脱氮装置工艺的知识迁移心得、学习中尚需解决的问题、对污水处理中碳氮磷协同去除的进一步思考等。借助三阶段递进式教学，引导学生从概念知识到现实问题，最终达到工艺创新，使学生既能够掌握脱氮工艺的微生物学本质，又具备解决实际工程问题的思维与能力。

水处理生物学“脱氮”章节的智慧化教学方案

	课前预习阶段	课中探究阶段	课后拓展阶段
任务驱动	某污水厂脱氮工艺的说明书 (知识标注)	某污水处理厂脱氮效率骤降 (真实案例)	校园污水处理小型脱氮装置 (实践拓展)
问题引导	微生物机理问题 ·硝化作用中将 $\text{NH}_4^+$ 转化为 $\text{NO}_3^-$ 的微生物有哪些? ·反硝化作用的终产物是什么? ·为什么需要碳源参与?	工程实际问题 是否因为硝化池DO过低导致脱氮效率骤降? 是否因为冬季水温降至 $10^\circ\text{C}$ , 导致微生物活性变化引起脱氮效率骤降?	行业关注问题 “碳减排”角度该如何设计装置? 处理高氨氮废水面临什么挑战?
协作探究	4-6人学习小组: 问题解答; 难点梳理; 记录标注	小组白板推演 模拟数据对比表	装置创新方案设计 组间PPT内容汇报
反思提升	在线收集预习的疑问清单	工程问题产生原因的讨论	撰写有关脱氮知识点的学习日志
教学目标	掌握硝化、反硝化的基本定义、微生物类群及反应方程式, 初步感知工艺应用场景	理解硝化-反硝化的工艺耦合原理, 掌握关键影响因素(DO、碳氮比、温度等)	拓展工艺应用边界, 培养解决复杂工程问题的能力

Figure 2. Shows the intelligent teaching plan for the “Denitrification” chapter in water treatment biology  
图 2. 水处理生物学“脱氮”章节的智慧化教学方案

4.3. 实践教学环节的智慧化

实践教学环节引入“移动检测 + 云端分析”模式。在微生物快速检测与数据分析的实践操作中，学生携带便携式水质检测仪赴污水处理厂采集真实水样，实时检测 COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TN 等核心指标，并通过手机 APP 将数据即时上传至定制化云端分析平台，平台可自动生成多指标变化曲线、工艺单元处理效率关联图表，替代了传统实验中手动记录、人工制图的低效模式，不仅规避了数据误差和滞后性问题，更引导学生聚焦于数据与微生物代谢机理的关联分析，培养他们从数据维度研判工艺运行状态的基础分析能力。在污水处理工艺参数调控的实践操作中，通过污水厂提供的模拟调节装置，学生检测现有数据判断当前工艺短板，经小组讨论后设计参数调整方案，实施后再次检测水质，结合云端平台数据，对比调整前后数据变化，促使其构建“数据 - 参数 - 微生物活性 - 处理效果”的工程关联逻辑，显著增强了其工程决策思维以及数据驱动下解决问题的能力。在污水装置异常工况排查的实践操作中，学生通过分组多点采样检测各工艺段数据，结合历年云端数据，形成有数据支撑、理论依据、解决方案的装置故障诊断报告，解决了传统实践“无历史数据参照、故障诊断流于形式”的弊端，切实提升了学生的工程级故障研判与数据溯源能力。此外，课程还将“移动检测 + 云端分析”模式与学科竞赛深度耦合，应用于节能减排大赛、全国大学生生命科学大赛等赛事的项目研究中，实现了课堂实践能力向赛事创新能力的转化。

4.4. 智慧评价体系的构建与应用

智慧评价体系基于学习通平台上的学生学习行为数据进行实时采集与挖掘，包括：① 行为数据(如登录频次、视频观看时长、讨论次数)；② 认知数据(如测验成绩、作业得分、实验报告质量)；③ 情感



数据(如问卷反馈、课堂互动情绪识别)。在理论教学上,重点统计课程核心章节的学习数据,设置综合数据合格标准,以此构建“学生画像”,系统可识别学习困难学生并自动推送补救资源[5]。例如,某学生在前测中“厌氧消化”模块得分低于60分,系统将自动推荐相关微课与练习题,并提醒教师进行个别辅导。在实践教学上,重点统计现场实践的真实性与完整性,确保采样位置与实验位置相匹配,工艺优化方案与检测数据强关联,故障判断与实际情况相吻合,以此来分析学生对复杂工程问题的解决能力,判定为实操技能薄弱的学生需实操强化训练,通过实践操作视频推送以及仪器操作模拟测验,达标后方能参与现场实验,该体系显著提升了学生的学习通过率与满意度。

## 5. 研究的不足

本项目课程建设存在一定的局限性。其试点仅涵盖本年度的本科教学班,样本规模较小,且未涉及多学历层次。同时,该课程建设属于单课程改革,尚未形成跨课程协同育人体系。合作实习基地也局限于本地市政污水领域,缺乏多地域、多行业场景的适配性,部分智慧技术的深层应用能力亦显不足。在实施过程中,还面临诸多问题。一是学生在智慧工具操作熟练度和学习模式适应性方面存在较大差异;二是平台服务器出现卡顿以及数据传输延迟等技术故障;三是多维度评价数据的权重难以量化,能力指标难以实现数据化分析。未来需扩大试点范围,构建专业智慧课程群,补充多元化实践案例,强化师生的技术培训与应急保障机制。同时,细化评价指标,优化人工智能分析模型,深化校企订单式培养模式与数据共享机制,以实现课程建设的全面完善。

## 6. 结论与展望

本文系统探讨了水处理生物学智慧课程的建设路径与实践成效,提出以“智慧教育理念”为引领,以“智能技术”为支撑,以“学生能力发展”为核心的课程改革方案。实践表明,该方案在提升学生学业表现、实践能力与创新意识方面具有显著成效。未来,智慧课程建设仍需在以下几个方面持续深化:

一是强化AI技术的深度应用。可引入生成式AI(如大语言模型)构建“智能导师”系统,实现个性化答疑与学习路径规划[6];二是推动课程群智慧化协同。探索水处理生物学与《水质工程学》《水污染控制工程》等课程的智慧化整合,构建“专业课程智慧生态”;三是建立长期追踪机制。通过毕业生跟踪调查、用人单位反馈等方式,量化评估智慧课程对学生职业发展的长期影响,形成“教学-学习-发展”闭环。

## 基金项目

2024 年度安徽省级传统专业改造提升项目(2024zygzts108); 2024 年度滁州学院校级智慧课程项目(2024tpkc001)。

## 参考文献

- [1] 祝智庭, 彭红超, 雷云鹤. 智能教育: 智慧教育的实践路径[J]. 开放教育研究, 2018, 24(4): 13-24, 42.
- [2] 李冬梅, 李斌, 蒋树贤, 等. OBE 理念在省属高校给排水科学与工程专业人才培养中的应用与思考[J]. 中国现代教育装备, 2022(17): 69-71+80.
- [3] 李倩, 王高骏, 任翔翔. “给排水科学与工程概论”翻转课堂实践研究[J]. 教育教学论坛, 2022(12): 59-62.
- [4] 张科, 程金芝, 牟荣. 基于学习通 AI 助教的早临床教学模式在人体寄生虫学教学改革中的构建与实践[J]. 贵州医科大学学报, 2025, 50(10): 1555-1560.
- [5] 杨洁. 教育数字化赋能下智慧课堂增值评价体系研究[J]. 现代商贸工业, 2025(22): 47-49.
- [6] 卢俊杰, 徐光涛. 从柏拉图系统到 ChatGPT: 智能导师系统的演进路向[J]. 杭州师范大学学报(自然科学版), 2025, 24(5): 516-522+543.