

# 数字化转型下 AI 助力水污染治理 AAO 工艺高效教学研究

马金芳

宁夏水利电力工程学校 宁夏 银川 750100

**【摘要】**：在职业教育数字化转型背景下，水污染治理技术课程中的 AAO 工艺教学存在原理抽象、实操风险大、微观机制难以可视化等问题。本文在 AI 技术的支持下，研究出数字孪生实训系统、智能调控助手、微观可视化场景等多种应用方法，冲破传统教学的束缚。研究表明，AI 赋能可以将抽象的工艺转变为沉浸式的体验，提高学生对 AAO 工艺的理解和操作能力，为环保类专业数字化教学改革提供可行的范式，培养出符合行业需求的技术技能人才。

**【关键词】**：数字化转型；AI 辅助教学；AAO 工艺；水污染治理

DOI:10.12417/2705-1358.26.05.048

随着我国生态文明建设的推进，水污染治理领域对于技术技能人才的需求越来越大。院校是培养一线技术人员的重要基地，水污染治理技术课程中 AAO 工艺是污水处理的核心内容，也是教学难点。传统的教学模式是以理论讲授、实训操作为基础的，不能使学生对工艺动态运行机制有深刻地认识。在教育数字化转型的大环境下，人工智能技术以可视化、仿真模拟等特性为 AAO 工艺教学难题带来新的希望。探索 AI 和 AAO 工艺教学融合的途径，不仅可以提高教学效率，并且可以给职业教育数字化改革提供实践参考。

## 1 水污染治理 AAO 工艺教学的现实困境

### 1.1 工艺原理抽象与黑箱效应

AAO 工艺是由厌氧、缺氧、好氧三个过程组成，核心是微生物对碳、氮、磷的代谢过程。这些过程不能用肉眼直接观察，学生只能通过静态流程图、理论描述去理解，容易陷入知其然不知其所以然的困境。黑箱效应使学生无法直接看到工艺的动态变化，无法建立起系统的知识体系。依靠静态流程图学生很难理解溶解氧波动对硝化菌活性的动态影响，数字孪生技术可以使得这些隐藏的变化直观展现出来，弥补传统教学中不能动态追踪的缺陷，使学生摆脱理论记忆的局限。

### 1.2 实操风险与调控滞后

实训过程中，内回流比、曝气强度等 AAO 工艺参数直接决定系统的运行效果。传统实训时参数调整效果反馈有滞后性，不当操作易导致系统崩溃，不仅影响教学进度，还会打击学生实操信心。实训设备运行成本高，无法使学生反复尝试不同的调节方案。学生实训过程中误调内回流比造成系统崩溃后，传统实训需要数天时间才可以恢复，但是 AI 仿真可以瞬间对场景进行重置，使学生在无成本、无风险的虚拟环境中反复试错，快速积累调节经验，避免现实生活中设备损耗与进度延误。

### 1.3 微观机制不可见与知识碎片化

AAO 工艺的核心就是微生物的代谢活动，硝化菌、反硝化菌、聚磷菌等微生物的作用机理微小而复杂。传统教学中，学生只能通过文字、图片间接了解这些过程，不能直接感受到微生物之间的竞争以及代谢状况。同时教学内容一般按照原理、设备、操作进行拆分呈现，学生很难把碎片化的知识整合成完整的工艺认知体系。像聚磷菌在厌氧段释磷、好氧段吸磷的过程，单靠文字描述很难形象地表现出来，AI 游戏化场景可以让学生扮演微生物，直观地感受到碳源竞争对代谢的影响，动态知识图谱可以将设备原理和微生物作用串联成完整的逻辑链。

## 2 数字化转型下 AI 赋能 AAO 工艺教学的核心逻辑

### 2.1 技术赋能破解教学痛点

AI 技术所具有的数字孪生、智能仿真等能力可以把 AAO 工艺的抽象原理转变为可视化的动态过程。建立与实体设备同步的虚拟系统，学生可以随时看到池内微生物的状态以及污染物浓度的变化，从而打破黑箱效应。智能诊断算法可以模拟工艺故障，给出调节建议，使学生在没有风险的环境中获得实操经验，解决调控滞后、实操风险的问题。数字孪生系统可以 1 比 1 地还原实训设备的运行状态，当学生改变曝气强度的时候，虚拟池体的气泡密度、溶解氧曲线会同步变化，结合 AI 智能诊断算法，可以快速找到污泥膨胀等故障，让学生在虚拟场景中掌握精准调控的技巧。

### 2.2 认知重构深化学习体验

AI 支持的游戏化学习、微观可视化场景，可以使学生以扮演角色的方式参与到微生物代谢的过程当中，从而直接体会到生态位原理。沉浸式体验改变了以往被动接受知识的模式，激发了学生主动探索的兴趣。动态的知识图谱可以把分散的知识点连接起来，让学生形成系统的知识网络来解决知识碎片化的

问题。学生选择反硝化菌角色之后,需要通过调节碳源投加量来维持生存,沉浸式体验使抽象的生态位原理变得可以感知,动态知识图谱可以关联内回流控制等知识点,形成网状知识体系。

### 2.3 产教融合对接行业需求

目前智慧水务行业对于人才的数字能力要求越来越高。AI加持的 AAO 工艺教学能调动真实的工业数据,让学生体会在线监测,异常报警等实际情形,提早接触行业数字化运作模式。产教融合的教学模式可以培养学生的数据分析能力、问题解决能力,学生毕业后很快就能适应岗位要求。学生可以接入水务企业真实的数据,完成在线监测、异常预警等操作任务,模拟食品厂废水全流程处理的过程,把课堂知识与工业场景紧密联系起来,毕业后很快就能适应智慧水厂的数字化运维方式。

## 3 AI 助力 AAO 工艺高效教学的核心应用场景

### 3.1 数字孪生驱动的沉浸式实训系统

创建与学校实训设备 1 比 1 对应的虚拟水厂,可以供学生进行三维可视化漫游。学生可以进入厌氧池、缺氧池、好氧池等主要单元,观察推流器、曝气头的运行情况,污泥絮体形态的变化。当学生调节好氧池曝气强度的时候,虚拟池体中的气泡密度会即时发生变化,溶解氧曲线随之上升,硝化细菌的活跃状态也通过动态图标表现出来,氨氮浓度曲线随之下降。该种参数实时联动的效果,让学生能直观地感受到工艺参数和运行效果的关系。系统还支持“因果实验”模式,可以设置关闭内回流、停止曝气等极端条件来快速模拟数天后系统崩溃的全过程,加深学生对工艺稳定性的认识。学生进入虚拟好氧池时,可以清楚地看到曝气头气泡扩散的状态,调整曝气强度后,溶解氧曲线会实时上升,硝化菌图标同步变亮,氨氮浓度随之下降,“因果实验”模式还可以模拟关闭曝气后污泥上浮的全过程,强化对工艺稳定性的认识。

### 3.2 智能诊断与调控的专家辅助系统

以人工智能专家系统为主,学生扮演水厂运行员,在虚拟环境里完成故障诊断、工艺优化的任务。系统模拟二沉池浮泥、污泥膨胀等故障场景,给出实时数据面板,有 SV30, 镜检图像,营养盐比例等。学生可以使用 AI 诊断助手,输入观察到的现象,系统通过算法分析得出故障原因和调控建议,即改变食微比、投加混凝剂等。另外系统可以设置优化挑战任务,在出水达标的基础上,尽量减少能耗,实时计算运行成本进行排名,激发学生的竞争意识和探索欲望。模拟二沉池浮泥故障时,学生可以利用 SV30 数据、镜检图像观察污泥状态,调用 AI 诊断助手之后,系统会引导分析食微比、回流比等重要参数,优化挑战任务可以实时计算能耗排名,激发学生主动探索最优

调控方案的热情。

### 3.3 微观可视化与游戏化学习场景

开发微生物角色扮演游戏,学生可以选择硝化菌、反硝化菌或者聚磷菌等角色,在模拟的 AAO 池体中争夺生存资源。学生要控制溶解氧、碳源等条件,为所选微生物创造适合生存的环境,与其他微生物竞争完成代谢任务,从而直观地认识不同微生物的生态位需求。构建动态知识图谱,把 AAO 工艺中涉及的碳氮磷循环、水力学、微生物学等知识点链接成网。点击反硝化节点,可以自动关联碳源需求、ORP 控制、内回流等相关内容,推送微课视频,加深学生对知识的理解。学生扮演聚磷菌,在厌氧段争夺碳源完成释磷,在好氧段利用氧气吸磷,与硝化菌、反硝化菌的竞争过程,能直观理解微生物的代谢规律,动态知识图谱点击“硝化作用”可以关联溶解氧需求、氨氮转化等微课,加深知识联动。

### 3.4 虚实结合的智能数据分析平台

学生完成模拟运行后,AI 会自动生成关键参数趋势图、物料平衡计算、去除率统计、能耗药耗分析的运行报告。若学校有小型 AAO 实训装置,平台即可接入实时传感器数据实施在线监测、异常预警及预测性维护提示。这样一种虚实结合的方法,既可以给学生提供多次在虚拟环境中练习的机会,也可以使学生接触真实的智慧水务场景,从而提高学生的数据分析和实际运用能力。学生完成虚拟运行之后,AI 生成的报告中有物料平衡计算、药耗能耗分析,如果接入实体实训设备的传感器数据,还可以对比虚拟和真实的去除率差异,使学生掌握从数据到决策的完整过程,提高实战化的数据分析能力。

## 4 AI 赋能 AAO 工艺教学的实施路径

### 4.1 构建 AI+教育的教学资源体系

整合 AI 技术与 AAO 工艺教学内容,开发数字孪生实训系统、智能诊断题库、微观可视化课件等资源。联合水务企业、AI 技术公司共同开发出符合教学需要的资源包,保证资源的专业性、实用性。同时建立资源更新机制,按照行业技术的发展和教学反馈不断改进资源的内容,保证资源的时效性。联合水务企业开发的数字孪生资源包中包含食品厂、市政污水厂等不同的场景的 AAO 工艺模拟,AI 技术公司对虚拟场景的动态交互性进行优化,建立季度更新机制,根据行业新案例和学生反馈不断对资源内容进行更新。

### 4.2 打造虚实融合的教学实施流程

重构教学环节,用问题驱动、虚拟探究、实操验证、评价反馈为主线。情境导入阶段,用 AI 数字孪生系统呈现用反渗透脱氮系统处理有进水总氮超标的场景,原理探究阶段,学生在虚拟环境里调整参数,观测 ORP、TN 等指标的变动,联系

游戏化体验认识微生物代谢机制,问题诊断阶段,调用AI诊断助手剖析故障缘由,方案制订与模拟阶段,学生在虚拟系统里验证调控方案,实操验证阶段,把虚拟方案应用到实体实训设备里,比较虚拟和实际数据的差别,评价反馈阶段,AI生成分析报告,教师参照报告对学生的操作过程实施精准点评。以总氮超标为驱动,学生在虚拟系统中调节内回流比、碳源投加量,观察总氮曲线的变化,把验证过的方案应用到实际实训设备上,与真实数据对比分析,AI生成的分析报告可以精准地定位操作中存在的不足。

#### 4.3 建立多元协同的评价反馈机制

创建过程性评价与结果性评价并重,以多元评价为基本框架的评价体系。过程性评价依靠AI系统对学生虚拟操作轨迹、故障诊断思路等数据进行分析,了解学生对知识的掌握、能力的发展情况,结果性评价采用实训报告、实操考核等形式来评价学生综合能力。并让企业专家参加评价工作,保证评价标准符合行业需求。建立反馈闭环,用评价结果来优化教学资源、改善实施流程,从而提高教学质量。过程性评价用AI记录学生在虚拟系统中操作时间、故障诊断准确率等数据,结果性评价用企业专家的实操报告进行点评,形成数据与经验的双重反馈,闭环优化教学资源和实训环节的设计。

### 5 AI助力AAO工艺教学的价值与展望

#### 5.1 提升学生职业核心能力

AI赋能教学模式的运用使学生在沉浸式体验中加深对AAO工艺的认识,提高工艺调控及故障诊断的能力。数据分析、数字化工具的使用提高了学生的数字素养,使学生更符合

智慧水务行业岗位的要求。既有利于学生就业,又可以为其以后的职业发展打下坚实的基础。学生可以在虚拟环境中反复练习工艺调控,可以很快掌握污泥膨胀、总氮超标等故障的诊断技巧,AI数据分析工具的应用也使他们具备了智慧水厂的运维能力,求职时更受水务企业的青睐,职业发展的天花板也随之提高。

#### 5.2 展望未来发展方向

伴随着人工智能技术的发展,可以在教学中对生成的AI个性化的学习路径、智能回答问题等进行研究。并且可以创建起跨校、跨区的AI教学资源共享平台,扩大优质资源的覆盖面。进一步深化产教融合,与企业共建AI+水务实训基地,使学生在真实的项目中提高实践能力,培养出更多的符合行业需要的高素质技术技能人才。生成式AI会根据学生知识的薄弱之处,自动生成符合个人特点的微课,跨区域资源平台把各个院校的教学案例融合起来,企业共建的实训基地能让学生投身到实际的水务项目当中去,缩小人才培养同行业需求之间的差距。

### 6 结语

在数字化转型的大背景之下,AI技术给水污染治理AAO工艺教学赋予新的机遇。通过创建数字孪生实训系统、智能诊断助手等应用场景来克服传统教学的缺点,改善学生学习的体验以及职业能力。该种AI赋能的教学模式,是AAO工艺教学的创新,也是职业教育数字化改革的探索。未来要不断深化人工智能同教育的融合,持续改善教学资源和实施途径,给培育生态文明创建所需的技术人才赋予有力支撑,助力职业教育在数字化大潮中实现高质量发展。

#### 参考文献:

- [1] 陈波,练建军,盛广宏,孟冠华,孟海玲,王诗生.水污染治理设备课程思政教学改革探索[J].安徽工业大学学报(社会科学版),2025,42(02):69-71.
- [2] 王楠.基于真实情境的高中化学项目式教学——以“水污染治理与环境保护”为例[J].农业灾害研究,2024,14(11):254-256.
- [3] 高伟,张远,蔡宴朋.水污染源解析原理、方法与应用[M].中国环境出版集团:202409.239.
- [4] 王程.习近平生态文明思想有机融入高职院校专业课堂教学——以水污染治理技术课程思政教学为例[J].延安职业技术学院学报,2024,38(01):50-54.
- [5] 陈梅.“水污染治理技术”课程项目化教学改革探索[J].新课程研究,2023,(03):11-13.