

# 虚拟仿真实验软件优化市政工程专业实践教学效果

陈菊香<sup>1</sup>, 韩昌泽<sup>1</sup>, 汪海琴<sup>1</sup>, 耿晨<sup>2</sup>, 王增长<sup>2</sup>

1.新疆大学建筑工程学院, 新疆 乌鲁木齐 830000

2.北京斯帝慕信息技术有限公司, 北京 100020

DOI:10.61369/EDTR.2025060005

**摘 要 :** 为解决市政工程传统实践教学场地限制大、成本高、周期长及高危场景难实现等问题, 探索虚拟仿真实验软件的应用优化路径。探究了市政工程专业污水处理方面传统实践教学的问题和弊端以及虚拟仿真实验技术的优点, 并且分析了该软件从课程实验到课程实习再到课程设计方面优化污水处理实践教学效果。研究结果表明: 该模式显著提升了学生的参与度和复杂流程理解能力, 降低实验操作失误率。研究验证了该技术在低成本、高风险市政实践教学中的有效性和高效性。为市政工程专业教育的现代化转型和智慧城市人才培养提供了深远价值。

**关 键 词 :** 虚拟仿真技术; 污水处理; 可视化模型; 实践教学效果

## Optimizing the Practical Teaching Effectiveness of Municipal Engineering with Virtual Simulation Experimental Software

Chen Juxiang<sup>1</sup>, Han Changze<sup>1</sup>, Wang Haiqin<sup>1</sup>, Geng Chen<sup>2</sup>, Wang Zengzhang<sup>2</sup>

1.School of Architecture and Civil Engineering, Xinjiang University, Urumqi, Xinjiang 830000

2.Beijing Steam Information Technology Co., Ltd. Beijing 100022

**Abstract :** To address issues such as significant site limitations, high costs, long durations, and the difficulty in replicating high-risk scenarios in traditional practical teaching of municipal engineering, this study explores the application and optimization pathways of virtual simulation experimental software. It investigates the problems and drawbacks of traditional practical teaching methods in the field of sewage treatment within the municipal engineering discipline, as well as the advantages of virtual simulation experimental technology. Furthermore, it analyzes how this software optimizes the practical teaching effects of sewage treatment, spanning from course experiments to course internships and then to course design. The research results indicate that this model significantly enhances student engagement and their ability to understand complex processes, while reducing the error rate in experimental operations. The study validates the effectiveness and efficiency of this technology in high-cost, high-risk municipal practical teaching. It provides profound value for the modernization transformation of municipal engineering education and the cultivation of talent for smart city development.

**Keywords :** virtual simulation technology; sewage treatment; visualization model; practical teaching effectiveness

## 引言

近年来, 随着高校素质化教育的不断推广和深入, 尤其是高等教育重大改革计划“卓越工程师教育 培养计划”的提出, 学生需掌握复杂工程系统的设计、调试与优化创新能力。传统实践教学存在①设备昂贵且场地有限, 导致实践开设困难; ②实践周期冗长, 学生难以完整参与工艺调试全过程; ③操作风险高, 限制创新性探索; ④实践结果难以具象化等弊端。随着数字技术的革新, 虚拟仿真实验软件作为新兴工具, 为市政工程实践教学提供了突破性路径。虚拟仿真实验技术具有①高度安全性和零风险性; ②突破时间、空间, 资源的限制; ③过程可视化; ④效率高, 速度快; ⑤低成本高效益等优点<sup>[1]</sup>。本研究聚焦虚拟仿真实验软件的优点和实践教学效果, 通过其高度安全性、过程可视化等核心优势, 重构市政工程实验教学模式。该技术优化污水处理实践教学效果具体有①可清晰生动熟悉污水处理工艺过程和原理; ②可拆卸和组装污水处理工艺; ③可验证水质工程学 II 课程设计合理性、准确性。本研究推动了市政工程专业教育的现代化转型, 具有广泛的教育实践价值。

基金项目: “基于虚拟仿真新技术市政工程人才创新培养”教育部供需对接就业育人项目 (2023122535654)。

作者简介: 陈菊香 (1978.01—), 女, 四川大足人, 博士, 教授, 博导, 研究方向: 市政工程。

# 一、当前市政工程专业污水处理实践教学存在的问题和弊端

## （一）设备昂贵、场地有限，实践开设困难

大型、真实的污水处理构筑物及配套在线监测设备购置和维护成本极高，且占地面积大。大多数院校难以配备完整且多套的实体实践系统，导致实践项目单一、分组人数多、学生动手操作机会少<sup>[2-4]</sup>。

## （二）实践周期长、耗时多，易与学校开设课程发生时间冲突

污水处理是一个连续的生物化学反应过程，从启动、稳定运行到取得有效数据往往需要数天甚至数周时间。在有限的实践课时内，学生通常只能观察某个片段或运行结果，难以完整经历工艺调试、故障排除和性能优化的全过程，实践深度和系统性不足。

## （三）操作风险高、操作难度大，容错率低，存在安全隐患

实体实践涉及各种危险设备，操作不当存在触电、药剂灼伤等安全风险，造成人员伤亡和财产损失。同时，真实的污水处理系统一旦因误操作导致污泥膨胀、设备损坏或水质超标，后果严重且恢复周期长，限制了探索性和创新性实践的开展。

## （四）实践流程、实践原理难以具象化，理解深度受限

污水中污染物的去除涉及复杂的物理、化学和生物过程。在实体实践中，这些微观过程不可见，水流状态、污泥浓度、溶解氧分布等关键参数在构筑物内部的动态变化难以直观呈现，学生对内在机理和工艺参数间的动态联系掌握不深。

# 二、虚拟仿真实验软件具有那些优点

## （一）高度安全性与零风险性

完全在虚拟环境中进行，消除了物理设备操作带来的所有安全风险，允许学生大胆尝试各种操作，包括可能导致事故的误操作，从而深刻理解安全规程的重要性<sup>[3]</sup>。

## （二）突破时间、空间与资源的限制，可随时随地进行实验

突破了时间、空间，资源的限制，使学习变得更加灵活。软件可以轻松模拟多种典型污水处理工艺及其变种，以及不同规模、不同进水水质的场景，大大扩展了实验范围和覆盖面<sup>[3]</sup>。

## （三）过程可视化与参数可控，使学生直观了解实验原理及流程

利用3D建模、动态流体模拟和可视化技术，能将抽象的工艺原理以直观、生动的方式呈现。关键工艺参数可实时动态调节并立刻观察到系统响应，强化对工艺控制的理解。

## （四）实验效率高，速度快，准确性高

能够压缩或延长虚拟时间，在短时间内模拟污水处理系统长期运行的效果，或对突发工况进行快速响应模拟。由于学生在计算机中进行实验，不受外界环境因素影响，实验结果误差小，准

确率高。

## （五）低成本高效益

相较于昂贵的实体实验设备，虚拟仿真软件的一次性投入和后期维护成本较低，且可无限次复用，极大地提高了教学资源的利用效率和性价比<sup>[1]</sup>。

# 三、虚拟仿真实验软件优化污水处理实践教学效果

## （一）可清晰生动熟悉污水处理工艺过程和原理

软件通过逼真的3D模型和动态动画，清晰展示污水从进水格栅、沉砂池、初沉池，到核心生物处理单元（如厌氧池、缺氧池、好氧池，二沉池），再到深度处理单元（如滤池、消毒池）直至出水的完整流程。水流方向、设备联动一目了然。



图1.AAO工艺流程总貌图

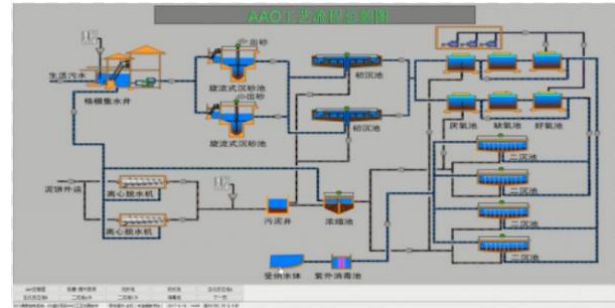


图2.污水处理厂三维可视化技术应用研究

## （二）可拆卸和组装污水处理工艺

软件将污水处理厂分解为标准化模块。学生可以像搭积木一样，在虚拟场景中自由选择、拖拽、组合不同的工艺模块，构建各种污水处理工艺路线，<sup>[6-12]</sup>或对现有工艺进行改造。这种灵活性鼓励学生进行工艺比选和优化设计，培养工程思维 and 创新能力。

## （三）可验证水质工程学II课程设计合理性、准确性

学生可以将《水质工程学II》课程中完成的污水处理工艺设计图纸和参数输入到虚拟仿真软件中，软件对输入的设计方案进行动态仿真运行模拟系统在各种工况下的实际表现。使学生对课程中的知识拥有更全面更深刻的了解，验证了知识的合理性和准确性。

## （四）可利用虚拟仿真技术在污水处理课程实习环节中

实习前，虚拟演练与技能预习；实习中，帮助深化理解与现场辅助实习；实习后，课程实习复盘。

## 四、总结

虚拟仿真实验软件通过其安全性、突破性、可视化等优势<sup>[3]</sup>，它有效克服了传统实验面临的设备昂贵、场地受限等弊端。虚拟仿真技术在市政工程领域具有广泛的应用前景，推动市政工程技术专业实践教学的创新与发展。然而，需要注意的是虚

拟仿真技术的应用，仍面临一些挑战和问题，如技术更新换代、教学资源整合等。因此、今后需要进一步深入研究和探索，不断完善虚拟仿真技术在市政工程专业污水处理实践教学中的应用模式，为培养高素质专业人才作出更大的贡献<sup>[4-5]</sup>。

## 参考文献

[1] 周威,何苗,任小明等.虚拟仿真技术在高校工程实践教学中的探索与应用[J].创新教育研究.2022,10(1):155-158.  
[2] 蒙媛.虚拟仿真技术在市政工程技术专业实验教学中的应用与效果评估[J].教学与研究.2023(12).  
[3] 刘亚双.虚拟仿真技术在市政专业实践教学中的应用[J].教育教学论坛.2012(45):257-259.  
[4] 孙阳.虚拟仿真技术在市政工程技术专业实验教学中的效果评估于展望[J].高等教育研究,2019(02):35-41.  
[5] 李明.虚拟仿真技术在市政工程设计教学中的应用研究[J].工程建设与设计,2021(09):68-73.  
[6] 张任平.基于虚拟仿真实验室的创新性实验教学改革探索[J].教育教学论坛,2017(11):273-274.  
[7] 郭燕秋,朱远征,程平等.虚拟仿真技术的应用进展[J].科技创新与应用,2020(1):149-151.  
[8] 国家中长期教育改革和发展规划纲要工作小组办公室[J].国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010-2020年).2010-07-29.  
[9] 周秀梅,杨伟.谈增强现实技术在工程实践教学中的应用[J].教育现代化,2020(7):166-169.  
[10] 张艳.虚拟仿真技术在市政工程技术专业实验教学中的应用现状研究[J].教育科学研究,2023(03):112-118.  
[11] 刘宇.基于虚拟仿真技术的市政工程施工模拟实验教学设计及实施[J].实验技术与管理.2022(12):65-71.  
[12] 张文.虚拟仿真技术在市政工程检测与监控实验教学中的应用探索[J].实验教学研究,2020(06):125-131.