

# 《污水处理工艺虚拟仿真实验》课程教学大纲

## 一、课程基本信息

课程名称	污水处理工艺虚拟仿真实验 (Virtual Simulation Experiment of Wastewater Treatment Process)		
课程代码		课程类别	专业选修
课程学分	2	课程学时	16
授课对象	环境工程专业		
先修课程	环境工程原理、工程水力学基础、环境工程微生物、水污染控制工程		
培养方案	2024 版	开课单位	环境与生物工程学院

## 二、课程简介

本课程为国家级虚拟仿真实验教学项目，采用 3D 虚拟仿真与动态数学模型，还原城市污水处理厂全工艺流程。通过虚实结合、以虚补实，解决高风险、高成本、难重现的工程实验难题。采用 CDIO 工程教育模式，通过“构思-设计-实现-运行”四个环节，学生完成工艺认知、流程搭建、单元操作、运行调控、故障诊断与优化全链条训练，掌握主流污水处理工艺原理、设计计算、运行管理及工程规范，强化工程实践、创新设计与环保意识，为从事水处理工程设计、运营管理奠定核心实践基础。

## 三、课程目标

通过本虚拟仿真实验学习，使学生达到以下目标：

课程目标 1（知识目标）：掌握城市污水处理全流程原理、CDIO 工程教育模式、污染物去除机理核心知识点，熟悉设计规范与排放标准。

课程目标 2（设计能力目标）：能依据水质、水量与排放要求，构思工艺路线、完成构筑物设计计算、积木式搭建工艺流程与污水厂平面布置，具备水污染控制工程设计能力。

课程目标 3（运行调控目标）：能独立完成虚拟污水厂启动、运行参数设置与优化，实现稳定达标排放，具备系统调试与工程运维思维；能识别、分析并排除运行中常见故障，建立安全规范、应急处置与工程问题解决能力。

课程目标 4（素质目标）：践行 CDIO 理念，强化生态文明、工程伦理与环保责任，提升创新实践与团队协作能力。

课程目标与毕业要求指标点对应矩阵

毕业要求	指标点	课程目标
3. 设计/开发解决方案	3.3 能够进行污染治理工艺系统及处理单元的设计，并在设计中综合考虑社会、健康、安全、法律、文化等因素，且体现创新意识，进而优化设计方案。	课程目标 1 课程目标 2

8. 职业规范	8.2 理解工程伦理的核心理念，熟悉环保工程师、环境监测工程师的职业性质和责任，在工程实践中能自觉遵守职业道德和规范，履行责任。	课程目标 4
11. 项目管理	11.1 理解和掌握环境工程实践活动中设计的工程管理原理与经济决策方法。	课程目标 3

## 四、教学内容及要求

### (一) 理论教学

序号	教学内容	学时	目标要求	教学方法	支撑课程目标
1	<p>模块一：污水处理工艺设计（对应 CDIO：构思-设计）</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 选择污水类型、设计规模、确定进出水水质。</li> <li>2. 识别主要污染物，选择执行排放标准。</li> <li>3. 确定污染物去除顺序，构思并比选工艺路线。</li> <li>4. 选择污水、污泥处理构筑物。</li> <li>5. 积木式搭建工艺流程，确认逻辑顺序。</li> <li>6. 进行一级、二级、深度处理单元设计参数计算。</li> <li>7. 完成厂区平面布置、管线连接，构建虚拟污水厂。</li> </ol>	4	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.能根据进水水质、处理规模与排放标准，<b>构思合理工艺路线</b>。</li> <li>2.会查阅设计手册、执行规范，完成各处理单元<b>设计计算</b>。</li> <li>3.能完成<b>工艺流程积木搭建与污水厂平面布置</b>。</li> </ol>	任务驱动法、案例引导法、虚拟积木搭建、在线规范查阅、设计计算自动校验、交互式流程纠错	目标 1 目标 2 目标 3
2	<p>模块二：污水处理工艺仿真运行（对应 CDIO：实现-运作）</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 进入仿真厂区，完成安全教育与规章学习。</li> <li>2. 设定运行工况：SRT、DO、内外回流比、污泥排放量、加药量等。</li> <li>3. 启动系统，观察水流、设备运行与生化反应过程。</li> <li>4. 实时监测运行状态，调整参数实现优化运行。</li> <li>5. 记录关键数据，形成运行日志。</li> </ol>	4	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.掌握仿真系统启动、参数设定与稳定运行方法。</li> <li>2.能设置并优化<b>曝气量、回流比、SRT、药剂剂量</b>等关键参数。</li> <li>3.实现出水水质达标，理解参数-去除效率-运行稳定性的关联。</li> </ol>	3D 沉浸式仿真操作、参数敏感性实验、动态数据可视化、实时曲线监测、自主反复训练	目标 1 目标 2 目标 3
3	<p>模块三：污水处理工艺故障处理</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 识别系统提示的典型故障：<b>DO 异常、在线监测失灵、出水超标、回流异常</b>等。</li> <li>2. 分析故障产生原因：<b>参数设置不当、设备故障、负荷冲击、生化系统失衡</b>。</li> <li>3. 制定解决方案：<b>调整曝气量、</b></li> </ol>	4	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.能判断<b>溶解氧异常、出水余氯过低、水质超标、设备失常、污泥膨胀</b>等典型故障。</li> <li>2.能分析原因并给出处置方案，完成故障排除。</li> </ol>	故障情景模拟、问题导向探究、交互式诊断、方案对比、实时效果反馈	目标 1 目标 2 目标 3

	优化回流比、重启监测设备、加大排泥等。 4. 实施处置并验证效果，使系统恢复稳定达标。		3.建立安全运维、风险防控与工程应急思维。		
4	模块四：污水水质检测仿真 1. 在仿真系统中完成进水、单元出水、出厂水取样。 2. 按标准方法进行 BOD <sub>5</sub> 、COD、TN、TP、MLSS 等指标虚拟检测。 3. 读取数据，记录各单元去除率与总去除效果。 4. 判断是否达标，形成水质检测报告。	4	1.掌握 BOD <sub>5</sub> 、COD、TN、TP、MLSS、SS 等指标检测原理。 2.能完成虚拟取样、检测操作、数据读取与结果判定。 3.能依据检测数据评价处理效果，支撑运行优化。	虚拟仪器操作、标准化流程引导、数据自动记录、结果实时判定、报告自动生成。	目标1 目标2 目标3

## (二) 课程思政教学

序号	模块名称	教学内容结合点	思政元素
1	模块一：污水处理工艺设计	在工艺路线构思、设计规范执行与厂区平面布置中，严格遵循国家环保标准与工程建设条例，强化工程设计的科学性、合规性与民生安全意识，将水处理工程作为保障城市公共卫生与水环境安全的关键支撑。	工程伦理、规范意识、生态文明、民生责任
2	模块二：污水处理工艺仿真运行	通过系统运行调控与参数优化，理解水处理系统稳定运行对城市水环境、水资源循环的重要意义，树立“达标排放、绿色低碳、持续优化”的环保运行理念与精益求精的工匠精神。	绿色低碳、工匠精神、责任担当、可持续发展
3	模块三：污水处理工艺故障处理	面对系统异常与水质风险，训练科学判断、快速处置、安全优先的应急能力，强化安全运行、风险防控与守护公共环境安全的职业底线思维。	安全规范、风险防控、敬业精神、环境安全
4	模块四：污水水质检测仿真	以精准检测、真实记录、科学评价为准则，培养严谨求实、诚信检测、数据求真的科研素养，坚守环境监测与环保治理的公信力底线。	严谨求实、诚信治学、科学精神、环保公信力

## 五、考核方式及成绩评定

### 1. 考核方式

本实验采用**虚拟仿真平台自动评分 + 教师主观评价**相结合的方式进行综合考核。

**自动考核部分：**工艺设计、工艺运行、故障处理、水质指标检测由平台实时记录操作轨迹、参数正确率、完成度，系统自动打分。

**主观评价部分：**污水处理厂平面布置由教师根据布局合理性、工艺流程顺畅性、规范符合性进行主观评分。

### 2. 成绩评定

工艺设计：25 分（系统自动评分）、平面布置：15 分（教师主观评价）、工艺仿真运行：25 分（系统自动评分）、故障处理：15 分（系统自动评分）、水质指标检测：10 分（系统自动评分）、实验预习与报告：10 分（教师主观评价）

课程目标考核权值分配

课程目标	教学环节						合计
	工艺设计	平面布置	工艺仿真运行	故障处理	水质指标检测	实验预习与报告	
目标 1						10	10
目标 2	25	15					40
目标 3			20	10	5		35
目标 4			5	5	5		15
分值	25	15	25	25	10	10	100

平面布置评价标准

课程目标	分值标准			
	90-100 分	75-89 分	60-74 分	0-59 分
课程目标 2	构筑物布局完全符合功能分区、风向、安全距离与工艺流程要求；管线连接顺畅无短路、无交叉；厂区布置美观合理、工程规范性极强；完全满足实际污水厂建设标准。	构筑物布局合理，功能分区清晰；工艺流程顺畅，管线连接基本正确；布置瑕疵但不影响运行；符合工程规范，无原则性错误。	布局基本可行，功能分区大致合理；存在少量管线交叉或流程不顺问题；不影响核心运行，但规范性一般，需明显优化。	布局混乱，功能分区错误；流程严重倒流 / 短路；管线连接错误较多；存在明显安全隐患或不符合基本工程布置原则。

实验预习与报告评价标准

课程目标	分值标准			
	90-100 分	75-89 分	60-74 分	0-59 分
课程目标 1	预习全面到位，知识点掌握准确；报告结构完整、数据真实详实、分析深刻；结论科学严谨；书写规范、图表清晰、无错别字。	预习完成较好，核心知识点掌握；报告内容齐全、数据真实、分析合理；结论正确；格式规范，少量笔误不影响整体。	预习基本完成，关键知识点大致掌握；报告内容完整度一般，数据基本齐全，分析较浅；结论基本正确，存在少量格式或表述问题。	预习未完成或抄袭；报告缺项、数据缺失 / 造假；分析错误、结论不当；格式混乱、敷衍了事，严重不符合要求。

## 六、参考资料

[1] 高廷耀，顾国维. 水污染控制工程（第五版）. 北京：高等教育出版社，2023.

- [2] 刘振江, 崔玉川. 城市污水厂处理设施设计计算 (第三版). 北京: 化学工业出版社, 2018.
- [3] 李艺. 给排水设计手册 (第三版) 第 5 册. 北京: 中国建筑工业出版社, 2017.
- [4] 游映玖. 新型城市污水处理构筑物图集. 北京: 中国建筑工业出版社, 2007.
- [5] 潘涛, 李安峰等. 废水污染控制技术手册. 北京: 化学工业出版社, 2013.
- [6] 王社平, 高俊发. 污水处理厂工艺设计手册. 北京: 化学工业出版社, 2017.
- [7] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 室外排水设计标准 GB50014-2021[S]. 北京: 中国计划出版社, 2021.
- [8] 国家环境保护总局, 国家质量监督检验检疫总局. 城镇污水处理厂污染物排放标准 GB18918-2002[S]. 北京: 中国计划出版社, 2002
- [9] 环境保护部. 厌氧-缺氧-好氧活性污泥法设计规范 HJ576-2010[S]. 北京: 中国计划出版社, 2010
- [10] 环境保护部. 序批式活性污泥法污水处理工程技术规范 HJ577-2010[S]. 中国计划出版社, 2010
- [11] 环境保护部. 氧化沟活性污泥法污水处理工程技术规范 HJ 578-2010 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.

编写人: 徐玉萍

审核人: 陶玲

制定时间: 2026 年 4 月 20 日