

# 污水处理工艺虚拟仿真实验实验指导书

**实验名称：**污水处理工艺虚拟仿真实验

**实验类别：**综合性、设计性虚拟仿真实验

**实验学时：**16 学时

**实验模式：**CDIO（构思-设计-实现-运作）

**实验对象：**环境工程、给排水专业本科生

**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

## 1.实验目的

（1）知识构建与逻辑梳理：理解城市污水处理原理，结合水质特性、处理标准及场地条件，学会科学构思技术可行、经济合理、环保达标的污水处理工艺路线，建立“水质-工艺-效果”的关联思维。

（2）规范应用与方法：掌握熟练查阅并应用相关设计手册、行业规范及国家 / 地方设计标准，掌握构筑物设计方法，形成标准化设计思维。

（3）布局设计与仿真构建：具备污水处理厂总平面布置（构筑物布局、功能分区、交通组织）和工艺管线布置的设计能力，能利用虚拟仿真平台精准构建符合设计规范的数字化污水处理厂模型。

（4）运行调控与故障处置：掌握仿真污水处理厂的运行管理核心技能，包括关键运行参数的合理设置、动态调整与优化，以及常见工艺故障的识别、分析与高效处置，提升工程实践能力。

## 2.实验原理

### （1）CDIO 实验教学原理

以构思-设计-实现-运作为主线，采用虚拟仿真、3D 可视化、积木式搭建技术，将水处理单元模块化、动态化、可操作化。学生在虚拟场景中完成全流程工程训练，实现“以虚补实、虚实结合”，解决真实污水厂无法在实验室完整重现的问题。

### （2）污水处理基本原理

**粗大漂浮物去除原理：**为了防止水泵和处理构筑物的机械设备和管道被磨损或堵塞，使后续处理流程能顺利进行，污水处理系统或水泵前，须设置格栅。通过格栅机械截留作用去除污水中混有的纤维、木材、塑料制品和纸张等粗大漂浮物。

**无机颗粒物去除原理：**为避免无机颗粒物对后续处理构筑物和机械设备的磨损，减少

管渠和处理构筑物内的沉积，避免重力排泥困难，防止对生物处理系统和污泥处理系统运行的干扰，通过沉砂池重力沉淀作用去除相对密度 2.65、粒径 0.2mm 以上的砂粒等无机颗粒物。

悬浮物去除原理：通过沉淀池重力沉淀作用去除污水中悬浮物及悬浮态有机物。

耗氧性有机物及氮、磷去除原理：利用微生物新陈代谢对污水进行净化，可去除污水中碳源污染物、氮、磷。

耗氧性有机物去除原理：在污水中有分子氧存在的条件下，好氧微生物将部分有机物分解使其转化为 CO<sub>2</sub>、水等无机物，部分合成新生微生物细胞，并以剩余活性污泥方式排出处理系统。在厌氧条件下，兼性菌和厌氧细菌将复杂有机物降解转化为简单化合物，同时释放能量，有机物的转化分三部分：转化为甲烷；分解为 CO<sub>2</sub>、水、氨、H<sub>2</sub>S 等无机物，并为细胞合成提供能量；少量有机物被转化合成为新的细胞物质。

氮的去除原理：在厌氧或好氧条件下，通过氨化作用使有机氮转化为氨氮；在好氧条件下，硝化菌将氨氮氧化为硝态氮；在缺氧条件下，反硝化菌将硝态氮转化为氮气，实现脱氮。

磷的去除原理：在聚磷菌作用下，厌氧释磷，好氧（缺氧）超量吸磷，通过剩余污泥的排放实现高效生物除磷目的。

致病细菌和病毒去除原理：污水厂出水通过二氧化氯、次氯酸钠、液氯、紫外线或上述方法的联合消毒方式，灭活致病细菌和病毒。

污泥脱水原理：重力浓缩、气浮浓缩、离心浓缩、带式浓缩机浓缩和转鼓机械浓缩等；深度脱水，干化等。

### 3.实验仪器与平台

(1) 虚拟仿真实验教学平台：<https://new.oberyun.com/login>

必须连网状态下使用，火狐，edge 浏览器。

操作系统：WIN 7，WIN 10 或 WIN 11（暂不支持 XP、MAC 苹果、国产系统）。

(2) 电脑配置

①如使用 3D 实验类软件，电脑至少满足以下配置：

CPU：Intel i5 8 代以上处理器 或 AMD 同等性能处理器（含以上）

内存：8GB 以上

独立显卡：NVIDIA Geforce GTX950 或 ATI Radeon HD 7870 或其他厂牌同性能显卡。

显存 2GB 以上。

②如使用 3D 工厂类软件，电脑至少满足以下配置：

CPU：Intel i5 11 代处理器 或 AMD 同等性能处理器（含以上）

内存：16GB 以上

独立显卡：NVIDIA Geforce GTX950 或 ATI Radeon HD 7870 或其他厂牌同性能显卡。

显存 4GB 以上。

### （3）实验仪器

3D 虚拟污水厂场景、单元积木模型库；在线设计手册、规范库、计算工具；自动评分系统、数据记录系统。

## 4.实验内容与操作步骤

### 第一阶段：构思工艺路线（Conceive）

步骤1 登录平台，进入**城市污水处理**模块

步骤2 选择处理规模，确定设计流量

步骤3 选择污水类型，明确主要污染物

步骤4 设置进水水质指标（BOD<sub>5</sub>、COD、TN、NH<sub>3</sub>-N、TP、SS、pH）

步骤5 选择排放标准与出水要求

步骤6 确定污染物去除顺序，构思工艺路线

步骤7 比选单元工艺 / 构筑物 / 设备，确定主体工艺

### 第二阶段：工艺设计与搭建（Design）

步骤8 选择格栅、沉砂、初沉、生物池、二沉池、消毒、污泥处理单元

步骤9 从积木库拖拽单元，搭建工艺流程

步骤10 添加污泥处理单元，完善全流程

步骤11 一级处理构筑物设计参数计算

步骤12 二级生物处理与深度处理设计计算

步骤13 确认构筑物清单与工艺参数

### 第三阶段：平面布置与构建（Implement）

步骤14 查看厂区地形、风向、交通、水体条件

步骤15 进行构筑物**总平面布置**

步骤16 布置工艺管线，自动计算管径并连接

步骤17 三维建模，构建虚拟仿真污水处理厂

#### 第四阶段：运行、优化、故障处理、检测（Operate）

步骤18 进入厂区，完成安全教育学习

步骤19 设置运行参数（SRT、DO、内外回流比、加药量等）

步骤20 启动运行，调整参数，实现达标优化

步骤21 开展 BOD<sub>5</sub>、COD、TN、TP、MLSS 虚拟水质检测

步骤22 识别并处理典型故障，恢复系统稳定运行

### 5.实验数据记录与考核

#### （1）实验数据记录

学生需记录以下内容并形成实验报告：进水水质、设计流量、排放标准；工艺路线图、构筑物清单、设计参数；平面布置截图或简图；运行参数设置表；进出水水质检测结果、去除率；故障现象、原因、处置方案、效果；实验总结与心得体会

#### （2）考核方式

成绩构成：工艺设计：25分（系统自动评分）、平面布置：15分（教师主观评分）、工艺运行：25分（系统自动评分）、故障处理：15分（系统自动评分）、水质检测：10分（系统自动评分）、预习与实验报告：10分（教师主观评分）

### 6.实验注意事项

运行网络环境：退出 360、火绒、2345、金山毒霸、腾讯电脑管家、联想电脑管家、鲁大师、麦克斯菲等杀毒软件和电脑管家，关闭电脑的网络防火墙，不要使用校园网。

实验操作注意事项：

- ①实验前必须完成预习，方可进入操作，按步骤顺序完成，不得跳跃关键环节。
- ②平面布置与管线连接应符合工程规范。
- ③运行参数设置应在合理范围，避免系统崩溃。
- ④故障处理遵循“先安全、后处置、再恢复”原则。
- ⑤数据记录真实，严禁篡改与造假；可多次训练，以最佳成绩提交。

编写人：徐玉萍

制定日期：2026年4月20日