

附件 2

2019 年度国家虚拟仿真实验教学项目申报表

学 校 名 称	青岛理工大学
实 验 教 学 项 目 名 称	城市地表水源水质深度净化厂工艺仿真
所 属 课 程 名 称	水质工程学
所 属 专 业 代 码	081003
实 验 教 学 项 目 负 责 人 姓 名	毕学军
有 效 链 接 网 址	http://www.obrsim.com/?id=qdlgszyhjgc

教育部高等教育司制

二〇一九年七月

填写说明和要求

1. 以 Word 文档格式，如实填写各项。
2. 表格文本中的中外文名词第一次出现时，要写清全称和缩写，再次出现时可以使用缩写。
3. 所属专业代码，依据《普通高等学校本科专业目录（2012 年）》填写 6 位代码。
4. 不宜大范围公开或部分群体不宜观看的内容，请特别说明。
5. 表格各栏目可根据内容进行调整。

1.实验教学项目教学服务团队情况

1-1 实验教学项目负责人情况					
姓名	毕学军	性别	男	出生年月	1969.03
学历	研究生	学位	博士	电话	0532-85071696
专业技术职务	教授	行政职务	院长	手机	13969850081
院系	环境与市政工程学院			电子邮箱	xuejunb@126.com
地址	青岛市抚顺路 11 号			邮编	266033
教学研究情况： 主持的教学研究课题（含课题名称、来源、年限，不超过 5 项）；作为第一署名人在国内外公开发行的刊物上发表的教学研究论文（含题目、刊物名称、时间，不超过 10 项）；获得的教学表彰/奖励（不超过 5 项）。					
1. 主持的教学研究课题					
（1）欧盟 ERASMUS（伊拉谟斯）计划项目“Capacity Building in Higher Education”（“高等教育能力建设”）（EAC-A04-2014），项目中方负责人，欧盟教育、传播、文化执行委员会，201410~201912（研究经费 133 万欧元）；					
（2）山东省新旧动能转化专业对接产业专业群建设项目，负责人，山东省教育厅，201808~202012（项目经费 1200 万元）；					
（3）基于创新人才培养的“环境监测”课程群构建与实施，参加人员，青岛理工大学，201806~2020.06。					
2. 教学研究论文					
（1）“基于任务驱动的“学做一体化”专业课教学模式”，中国冶金教育，2018 年第 4 期。					
3. 获得的教学表彰/奖励					
（1）《基于任务驱动的“学做一体化”专业课教学模式》获教育部高等学校给排水科学与工程本科专业教学指导分委员会“多相杯”教改优秀论文二等奖，2019 年；					
（2）指导学生完成的《Nitrogen removal enhancement by simultaneous nitrification and denitrification (SND) in a black water treatment system》获“山东省第四届环境类专业大学生科技奖赛”学术论文类特等奖，2018 年；					
（3）指导学生完成的《Municipal waste biomass is comparable with pure substrate as carbon source for nitrogen removal from municipal sewage》获“山东省第四届环境类专业大学生科技奖赛”学术论文类一等奖，2018 年；					
（4）指导学生完成的《水力旋流器结构优化以强化回流污泥除沙效果》获“第四届山东省大学生科技创新大赛”三等奖，2017 年。					

学术研究情况：近五年来承担的学术研究课题（含课题名称、来源、年限、本人所起作用，不超过 5 项）；在国内外公开发行人物上发表的学术论文（含题目、刊物名称、署名次序与时间，不超过 5 项）；获得的学术研究表彰/奖励（含奖项名称、授予单位、署名次序、时间，不超过 5 项）

1. 承担的学术研究课题

(1) High North Programme 2015“Water Management in Cold Climates”(“寒冷气候条件下的水资源管理”，HNP-2015/10033，研究经费 150 万挪威克朗)，挪威国家科学技术委员会，201512~201912，项目中方负责人（排名第 1）；

(2) “International partnership on membrane processes for research and educational excellence (MEMPREX)”(“膜过程研究与卓越教育国际合作”项目，INTPART 261697，研究经费 450 万挪威克朗)，挪威国家科学技术委员会，201612~202012，项目中方负责人（排名第 1）；

(3) 欧盟国际合作 Water JPI 项目“Closing the Water Cycle Gap with Harmonised Actions for Sustainable Management of Water Resources”(“可持续性水资源优化管理与水体循环生态闭环研究项目”，WJPI 385741，研究经费 1000 万欧元)，欧盟教育、传播、文化执行委员会，201905~202212，项目中方负责人（排名第 1）；

(4) 国家重点研发计划“水资源高效开发利用”重大专项“城镇生活用水新型实用节水技术及集成应用”之课题“城镇生活杂用水水质保障与安全供水关键技术及应用”(2017YFC0403404，研究经费 250 万元)，国家科技部，201707~202006，项目负责人（排名第 1）；

(5) 水体污染控制与治理科技重大专项“冬奥会核心区生态修复与水源涵养功能提升技术与示范课题”之“再生水制冰造雪高品质提升处理技术”子课题(2017ZX07101-002-006，研究经费 247 万元)，国家生态环境部，201804~202012，项目负责人（排名第 1）。

2. 在国内外公开发行人物上发表的学术论文

(1) Effects of bio-carriers on membrane fouling mitigation in moving bed membrane bioreactor, *Journal of Membrane Science*. 499, 134–142, 排名第 2, 2016

(2) Evaluation of the photooxidation efficiency of As(III) applying the UVC/oxalate technique, *Chemosphere*. 182, 356–363, 排名第 7 (通讯作者), 2017

(3) Microbial community composition of a multi-stage moving bed bio film reactor and its interaction with kinetic model parameters estimation. *J. Environ. Manage.* 218, 340–347, 排名第 2, 2018

(4) Identifying critical components causing seasonal variation of activated sludge

settleability and developing early warning tool, Water Science & Technology. 77(5-6):1689-1697, 排名第2, 2018

(5) Researches on the construction of supramolecular helical chains in crystallized β -aluminum sulfate/ perchlorate compounds, Journal of Molecular Structure, 1177,519-524, 排名第5 (通讯作者), 2019

3. 获得的学术研究表彰/奖励

(1) 2017年度山东省环境保护科学技术一等奖, 山东省环境科学学会, 排名第1, 2017年10月;

(2) 山东省科技工作者创新大赛优秀奖, 山东省科学技术协会, 排名第1, 2017年11月。

1-2 实验教学项目教学服务团队情况

1-2-1 团队主要成员 (含负责人, 5 人以内)

序号	姓名	所在单位	专业技术职务	行政职务	承担任务	备注
1	毕学军	青岛理工大学	教授	院长	总体设计	在线教学
2	李金成	青岛理工大学	副教授	副院长	框架设计 教学管理	在线教学
3	赵宝秀	青岛理工大学	副教授	系主任	教学设计	在线教学
4	赵方超	青岛理工大学	讲师	——	实践教学	在线教学
5	周利	青岛理工大学	教授	——	实践教学	在线教学

1-2-2 团队其他成员

序号	姓名	所在单位	专业技术职务	行政职务	承担任务	备注
1	王娟	青岛理工大学	教授	实验室主任	实践教学	在线教学
2	杨延栋	青岛理工大学	讲师	——	数据收集	技术支持
3	刘龙	青岛理工大学	讲师	——	数据收集	技术支持
4	王平	北京欧倍尔软件技术开发有限公司	工程师	——	软件开发运行维护	技术支持
5	童成	青岛仙家寨水厂	工程师	技术厂长	实践指导	

项目团队总人数: 10 (人) 高校人员数量: 8 (人) 企业人员数量: 2 (人)

注: 1.教学服务团队成员所在单位需如实填写, 可与负责人不在同一单位。

2.教学服务团队须有在线教学服务人员和技术支持人员, 请在备注中说明。

2.实验教学项目描述

2-1 名称

城市地表水源水质深度净化厂工艺仿真

2-2 实验目的

给排水科学与工程专业是一门实践性很强的工科专业。为达到学生能将理论知识应用于工程实际的教学目的，给排水科学与工程三大主干课程在培养方案中都安排了相关的实习实践环节，其中给水厂工艺原理及构筑物结构内容是《水质工程学1（给水工程）》课程教学的一个重要组成部分，主要涉及到三个方面的教学过程，一是《水质工程学1》课堂教学中的水厂设计章节内容；二是在水质工程学1的生产实习中，给水厂实习是主要的内容，尤其是对地表水源深度处理工艺的实习学习；三是在水质工程学1课程设计中，需要对水厂的内容进行工艺计算和图纸设计。

然而在给水处理实习过程中，存在如下主要问题：

（1）作为城市基础设施，给水厂的处理工艺复杂、地下设施多，而实习的形式主要是现场参观和听技术人员讲解，在有限的实习时间内学生很难对水厂工艺设施有全面细致的理解；此外，课本中没有对水质深度处理单元进行详细介绍，导致学生在后续的课程设计和毕业设计中，无法对给水深度处理设施和设备具有清晰认知，从而导致设计图纸不准确，分析和解决复杂工程问题的能力受到影响；

（2）水厂是关系民生的基础设施，水厂设备严禁随意操作并禁止改变其运行状态，学生实习时只能看不能动。然而设备的运行过程及原理只从外表是无法观察的，这就导致学生对给水厂深度处理系统的运行机制掌握不深。此外，给水厂的很多设备和管道都隐藏在水下或地下，仅通过现场参观，学生无法对这些内容有良好的空间认知；

（3）目前大多数城市水厂采用的是传统工艺，而随着地表水源水质的复杂化，给水厂的深度净化势在必行。通过实习实验项目，使学生深入了解地表水源深度处理的工艺和原理，理解深度处理设施的结构和运行操作，是给排水科学与工程专业实习面临的重要任务。

本次开发的《城市地表水源水质深度净化厂工艺仿真》针对以上实习过程存在的问题，本着虚拟仿真系统“能实不虚，虚实结合”的构建原则，选择了具有现代化水厂特征的地表水源深度净化处理工艺进行水厂工艺的实景模拟和主要构筑物的虚拟解剖分析；同时结合水厂的图片、视频等大量现场资料，使

学生可以在模拟环境中畅游水厂的各个空间场景，了解厂区布置、工艺流程、工艺设备、运行参数等内容，达到身临其境的效果。此外对现场无法观察的结构部分采用虚拟仿真技术进行解构分析，做到虚实结合，以虚补实，增强学生对实践环节的学习兴趣，锻炼学生的设计能力，激发学生的创新潜力，培养学生的综合应用能力。

通过虚拟仿真软件的使用可以实现以下三方面的教学目标：

（1）实现全天候、全时空的实习过程学习

由于给水厂的特殊性，加上实习学生人数较多，实习的时间安排往往会受到限制，存在时间不足、深度不够的问题，难以做到理论学习和实践的反复交叉和融合。本虚拟仿真软件的应用可以打破水厂实习教学在时间和空间上的限制，学生可以随时随地通过虚拟仿真软件对给水厂深度处理工艺、构筑物结构功能以及处理设备的运行和操作进行实习实践，再和所学的理论知识相融合，从而实现学—做的反复交叉融合过程，强化对工艺流程和关键参数的理解和应用，锻炼学生思考和创新的能力，从而提高实习教学质量。

（2）引导和实现教学方法的改革

给水厂实习过程是对给水处理理论与实际工程应用相结合的教学环节，让学生通过观察、操作、设计等参与过程，对所学理论知识产生直观的印象。但以往的实习教学停留在参观、听讲解的被动接受方式上，无法达到学生参与其中的效果。本虚拟仿真软件能克服这方面的不足，激发学生对城市地表水源水质深度净化处理构筑物的理解和兴趣。例如，教师可以引导学生对一个构筑物从不同角度进行观察，给学生分析其结构特点和关键参数；还可以让学生对指定的构筑物进行解构拆分，熟悉其内部细微结构；另外还能通过对不同设施的功能介绍、设计参数的选取、现场图片、相关视频、微课等内容来扩展相关知识点。通过虚拟软件的使用，促使教师采用灵活多样的教学方法，加深学生对理论知识的认识深度，增强学生的实践能力。

（3）解决实习过程对工艺操控的限制问题

城市地表水源水质深度净化厂生产设备的正常运行关系到城市供水的安全与稳定，因此水厂实习过程严禁对设备进行操作。此外，生产过程中的参数调整和运行启停等操作与实习时间不一致，学生看到的往往只是稳定运行状态的设施和设备，缺少对设备操作和工艺参数进行管理调控的感知过程。通过本虚拟仿真系统的使用，学生可以了解工艺过程中主要的设备类型、数量、位置、

参数和状态，并且可以按照预先设置的工况变化进行工艺参数的调整 and 设备的启停操作，然后观察操作效果和影响，从而对水厂工艺的运行和管理产生感性认识，对学生应用能力的提升起到重要的促进作用。

在实现以上实习目标的基础上，学生通过本虚拟仿真软件的使用，具体要达到以下的实习目的：

- (1) 熟悉地表水源给水处理厂水质深度处理工艺流程及平面布局规范；
- (2) 了解并熟悉水处理车间内设备布局，管道布置，以及操作维修空间的安排等；
- (3) 熟悉并掌握城市地表水源水质深度净化处理厂主要构筑物设施的功能、设计参数、形状及特点等：如泵房、絮凝池、沉淀池、过滤池、深度处理车间、加药间等；
- (4) 掌握城市地表水源水质深度净化厂工艺设备的种类、数量、位置、安装方式及操作方法；
- (5) 熟悉并掌握主要城市地表水源水质深度净化处理单元的内部详细结构及组成，能进行拆分和组装。如沉淀池、高密度澄清池、V型过滤池、活性炭滤池等，熟悉单元构筑物各拆分部分的名称及作用；
- (6) 掌握水厂不同工况下工艺系统的调控方法和参数设置；
- (7) 了解城市地表水源水质深度净化处理厂的安全注意事项及操作流程；
- (8) 通过不同的考核问卷形式，加深对地表水源水质深度净化水厂的理论概念和关键知识点的掌握。

2-3 实验课时

(1) 实验所属课程所占课时：

本实习属于《水质工程学 1》（给水工程）课程的独立实习环节，《水质工程学 1》课堂教学的课时为 48 学时。

(2) 该实验项目所占课时：

本实验为独立实践教学环节，课时为 1 周（折合 24 学时）。

2-4 实验原理（或对应的知识点）

知识点数量：25（个）

《城市地表水源水质深度净化厂工艺仿真》项目包括三部分的内容：一是水厂的实景模拟实习；二是构筑物的解构及工作原理；三是水厂工艺的操作及参数设置。采用虚拟仿真技术，结合实际场景的照片和视频材料，通过虚实结合的手段使学生掌握城市地表水源水质深度净化工程实习相应的知识点。

1. 水厂的实景模拟实习

青岛市仙家寨水厂建于 2000 年，目前经过三期扩建，已形成处理能力 36.6 万吨/日的处理规模。该水厂的处理工艺不仅包括了常规处理工艺，还包括了臭氧活性炭深度处理工艺，是现代新型水厂的代表。处理设施包括了平流沉淀池、高密度澄清池、斜板沉淀池、V 型滤池、臭氧接触池、加药加氯间、污泥处理车间、二泵房、活性炭滤池等多种典型城市地表水源水质深度净化处理构筑物。本虚拟软件对水厂的工艺布置在空间上进行了 3D 模拟仿真，学生可以以步行、跑步、飞行等不同模式对厂区设施进行参观学习，犹如身临其境而优于身临其境；对水厂中的每个构筑物采用 3D 模拟并配以现场图片、真实视频、原理介绍和功能解说，使学生可以了解和掌握的相关知识点如下：

(1) 城市地表水源水质深度净化厂的工艺流程和平面布置

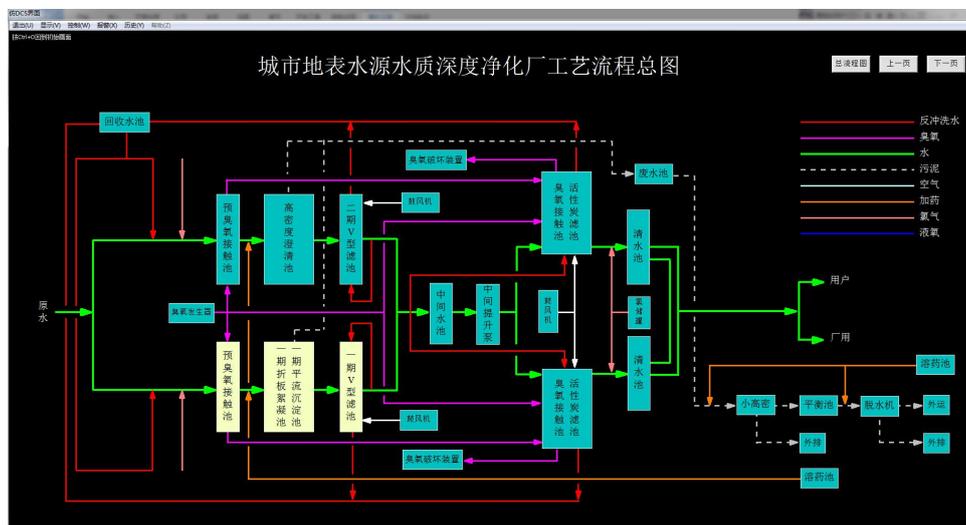


图 1 仙家寨水厂的工艺流程图学习



图 2 仙家寨水厂平面鸟瞰图学习

(2) 入厂安全知识



图 3 入厂安全培训

(3) 水厂一级泵房介绍及工作原理



图 4 一级泵房的实景模拟和相关知识学习

(4) 预臭氧接触池介绍及工作原理



图 5 预臭氧池的实景模拟和相关知识学习

(5) 折板絮凝池介绍及工作原理



图 6 折板絮凝池的实景模拟和相关知识学习

(6) 平流沉淀池介绍及工作原理



图 7 平流沉淀池的实景模拟和相关知识学习

(7) 高密度澄清池介绍及工作原理



图 8 高密度澄清池的实景模拟和相关知识学习

(8) V 型滤池介绍及工作原理



图 9 V 型滤池的实景模拟和相关知识学习

(9) 深度处理综合池（后臭氧+活性炭滤池）介绍及工作原理



图 10 深度处理综合池的实景模拟和相关知识学习

(10) 清水池介绍及工作原理



图 11 清水池的实景模拟和相关知识学习

(11) 加药加氯间工艺介绍



图 12 加药加氯间的实景模拟学习

(12) 二级泵房介绍及工作原理



图 13 二级泵房的实景模拟和相关知识学习

(13) 污泥脱水机介绍及工作原理



图 14 污泥脱水机的实景模拟和相关知识学习

2. 构筑物的解构及工作原理

采用虚拟仿真技术对水厂的主要构筑物结构进行三维拆分实验，详细展示了构筑物的内部结构和工作原理，使学生可以掌握的知识点有：（1）预臭氧接触池详细结构及工作原理；（2）臭氧氧化池的结构及工作原理；（3）活性炭滤池详细结构及工作原理；（4）深度处理工艺的结构及原理

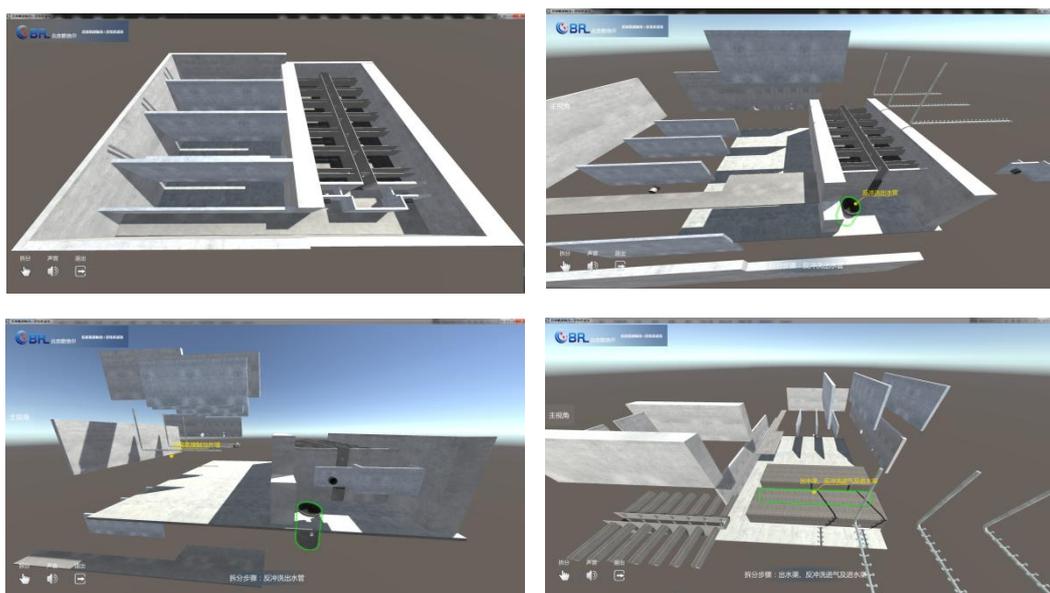


图 15 水厂主要构筑物结构的三维拆分

3. 水厂工艺的操作及参数设置

本系统构建了 DSC 二维的水厂参数控制程序模块，通过对工艺参数的设置和调整，或通过实景模型中对设备的模拟操作，可以在 DSC 系统流程中显示操作的结果，并对结果进行分析和评判。学生通过这个功能可以掌握的知识如下：

(1) 水处理系统及设备的调控操作



图 16 水处理系统的调控操作

(2) 加药加氯系统的调控操作



图 17 加药系统的操控



图 18 加氯系统的操控

(3) 平流沉淀池调控操作

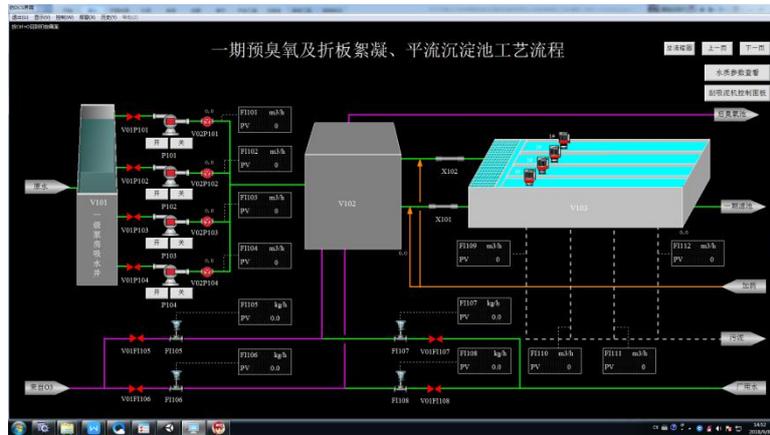


图 19 平流沉淀池调控操作

(4) V 型滤池及反冲洗调控操作



图 20 V 型滤池的反冲洗调控操作

(5) 高密度澄清池的调控操作

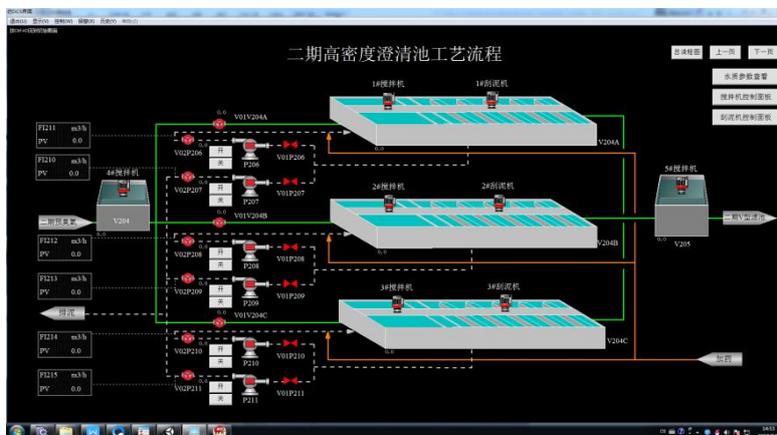


图 20 高密度澄清池的调控操作

(6) 臭氧活性炭系统的调控操作

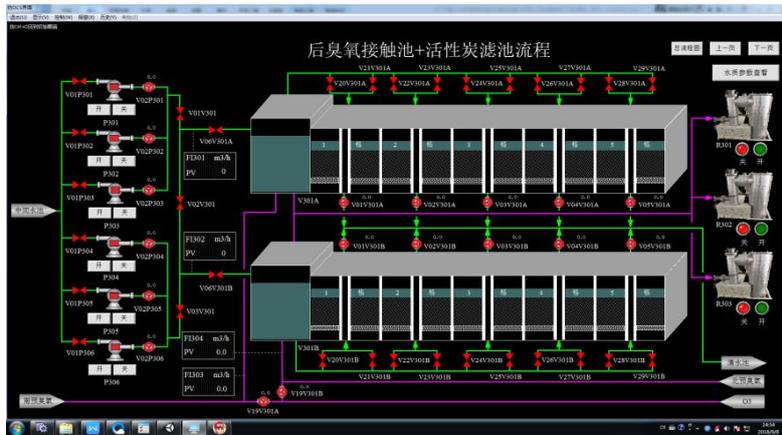


图 21 臭氧活性炭系统的调控操作

(7) 二级泵房的调控操作

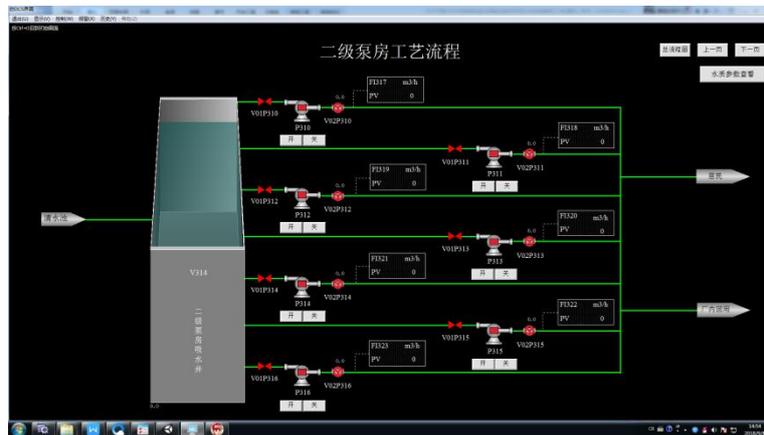


图 22 二级泵房的调控操作

(8) 污泥脱水系统的调控操作

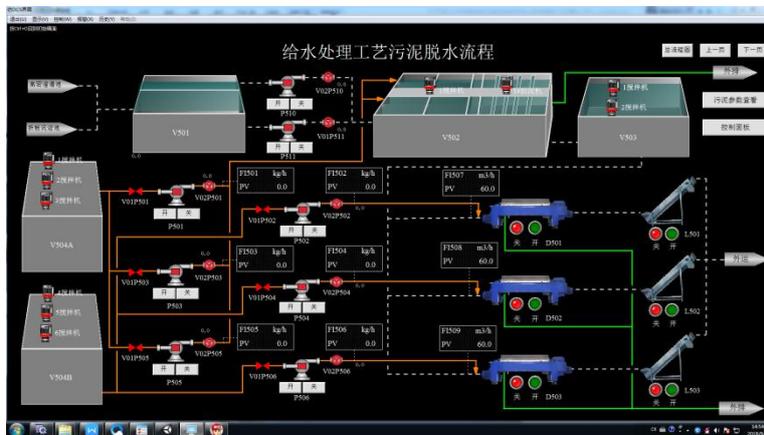


图 23 污泥脱水系统的调控操作

2-5 实验仪器设备（装置或软件等）

1. 本项目涉及的实习过程中的实体设施和设备有：

预臭氧接触池、折板絮凝池、平流沉淀池、V型滤池、高密度澄清池、污泥混合池、清水池、污泥脱水机、螺旋输送机、加药泵、溶药池、储氯罐、液氧罐、臭氧发生器、污泥泵、清水泵、提升泵等。

2. 本项目涉及的软件工具包括：

(1) 采用 Unity3d 作为 3D 引擎，采用 C++语言并通过 Visual Studio 工具进行程序开发；通过 SVN，Microsoft Project 等工具进行程序版本控制和项目管理；

(2) 通过 Maya，3D Max 等工具制作仿真资源（模型，贴图，动画）；开发语言 JAVA；开发工具 IntelliJ IDEA；

(3) 采用的数据库 Mysql；用户操作系统要求（如 Windows、IOS、Android、Unix 等）。

3. 软件资料库

本项目软件资料库主要包括照片资料库、视频资料库和 Flash 动画库。

(1) 照片、视频资料库



图 24 照片、视频资料库示例

(2) Flash 动画库



图 25 Flash 动画库示例

2-6 实验材料（或预设参数等）

1. 水厂的设计参数：日处理规模达到 36.6 万吨，pH:7.5，浊度：40NTU，总大肠菌群：126 个/mL，出水水质满足（GB5749-2006）《生活饮用水卫生标准》。

2. 工艺流程：原水取自棘洪滩水库、白沙河以及崂山水库，不同的原水经过两条主干管分别进入厂区的一期和二期一级提升泵房，经过提升进入混凝沉淀池及高密度澄清池，沉淀后的出水进入 V 型滤池进行过滤，过滤出水进入臭氧-活性炭深度处理设施进行深度净化，出水投加液氯消毒后进入清水池，再经过二泵房加压，进入城市管网。

2-7 实验教学方法（举例说明采用的教学方法的使用目的、实施过程与实施效果）

1. 教学方法的使用目的

为了提高城市地表水源水质深度净化厂实习的效果，解决实习“人数多、时间短、看不全”的实习老大难问题，实现实习不受时间和空间条件的限制，达到“随时看、能动手、反复练”，并将《水质工程学 1》中的理论知识与城市地表水源水质深度净化厂实习内容有机结合起来的目的，基于多种虚拟仿真技术，构建了《给水厂处理工艺及构筑物结构原理虚拟仿真实习系统》项目。通过该项目在教学中的应用，可以实现虚实结合及真实情景再现的教学方法，有利于充分调动学生自主学习的兴趣和积极性，将自主学习、互助学习、研究性学习有机结合。另外通过充分发掘虚拟仿真平台虚拟仿真软件的技术优势，可以提高学生对《水质工程学 1》理论知识的理解深度，并对学生城市地表水源水质深度净化工程设计能力的培养具有良好的促进作用，有利于提高学生的专业应用能力。

2. 教学方法

《城市地表水源水质深度净化厂工艺仿真》的教学方法主要包括三方面的内容：

（1）真实场景模拟再现：利用软件游览功能，培养学生对水厂的空间布置、工艺流程、管道阀门的走向、工艺构筑物的外观特点等知识进行深入体会，学生可以作为软件中设定的工作人员，通过走、跑、飞行和瞬移等模式到达水厂的任何角落，感知水厂各种设施的特征和位置；

（2）对工艺单元的剖析：这部分教学方法是利用软件中对主要构筑物的

拆分功能来完成的。通过对构筑物进行逐层的拆解，可以使学生了解构筑物的结构组成和细微构造，并对其工作原理有深入的认识。教学中从构筑物的概念、工作过程、结构特点和运行原理等不同角度并结合拆分过程，把水处理的理论知识和工程设计完全联系起来，这种教学方法类似将现场建设过程进行快速演示，是一种直观的教学方法；

(3) 对工艺参数的调控操作教学：这部分教学方法是将水厂实际运行时不同情况下的水质参数变化进行虚拟演示教学。例如，水厂的原水在夏季暴雨季节会出现浊度上升，菌藻含量增加的现象，通过调节软件中相关的加药量参数和加氯量参数，可以实现稳定出水水质的目的。通过这种工艺参数的调整练习可以使学生进一步理解如何对水厂的生产过程进行管理，如何应对水厂中一些常见的水质波动问题，提升学生的对知识的应用能力。

3. 实施过程

本虚拟仿真实习系统的实施过程主要面对三个教学环节，一是给排水科学与工程专业生产实习教学；二是《水质工程学1（给水工程）》中水厂设计一章的课堂教学；三是《水质工程学1（给水工程）》课程设计训练。

(1) 应用于给排水科学与工程专业实习教学（24学时）

该内容共计24学时，其中课内20学时，课外4学时。本虚拟仿真软件在城市地表水源水质深度净化厂生产实习环节的实施安排如表1：

表1 虚拟仿真实习内容及安排

项目	学时	学习内容及要求
水厂工艺基本知识的学习	4学时	主要要求学生通过软件对水厂真实场景仿真模拟功能进行学习，并结合软件中的图片库、视频库和动画库等资料，了解水厂的工艺流程、不同构筑物的主要特点、主要工艺管线、工作原理等。学生可以作为软件中的模拟角色，按照一定顺序，依次行进到各个构筑物进行观看，并从不同视角进行观察比较，掌握工艺流程中的设施和设备情况。
水厂主要设施和设备的學習	4学时	要求学生通过虚拟仿真软件中对构筑物解构功能的学习，了解城市地表水源水质深度净化厂主要设施的解构组成、工作原理和运行过程。学生应熟练的将每个构筑物的组成部分灵活拆分并准确组装，从而达到掌握其结构及设计要点的目的。

水厂主要操作过程的学习	4 学时	水厂的日常运行管理主要包括加药和加氯操作、滤池的反冲洗操作以及沉淀池的排泥操作等。本虚拟仿真软件可以通过模拟这些操作过程，让学生熟悉水厂的日常管理过程。学生一方面可以在三维实景游览过程中对相应的设备进行操作（如阀门启停、设备启动等）来完成以上的过程模拟，也可以通过 DCS 二维环境中的参数设置来对以上内容进行操作，从而达到了解水厂运行过程管理的目的。
水厂实地参观教学	6 学时	按照虚实结合的要求，学生通过虚拟仿真软件的学习后，再到水厂实地进行参观学习，感受真实的工程现场环境和运行画面，同时将所见环境与虚拟仿真的场景相结合，对处理设施产生完整的空间想象力，加强实习效果和理解深度。
虚拟仿真软件与实地参观比较的学习	4 学时	实地学习完成后，学生再通过课外的虚拟仿真软件学习，对比实地参观实习的所见所学和虚拟仿真软件中的主要内容，一方面在宏观上加深对水厂的整体布局印象，另一方面通过虚拟仿真从微观上详细了解实地参观无法观察到的构筑物的详细构造。经过这种反复的学习—感知—操作过程，达到牢固掌握知识内容的目的。
利用结合虚拟仿真软件进行实习考核	2 学时	为对学生实习效果进行检查，虚拟仿真软件设置了多种形式的考试题，通过答卷可以对学生的软件学习效果和现场实习效果进行评价，也可以促使学生对相应的知识点进行巩固。

（2）应用于《给水工程》中“水厂设计”的课堂教学（2 学时）

在《给水工程》课程的教学中有水厂设计的教学内容，要求学生掌握水厂水源的选择、主要工艺流程、平面布置原则、工艺设备和自动化控制等方面的基本知识。

为配合课堂教学的需要，本软件可以在课堂上结合水厂设计内容，利用软件中的水厂全景概览和模拟浏览功能，将水厂设计的主要知识点加以介绍，可以达到使理论知识形象化、真实化、趣味化。避免了以往教学过程中这部分内容空洞的问题。

（3）应用于《给水工程》课程设计训练（4 学时）

《给水工程》课程设计是在完成课堂教学后的一次工程设计训练，要求学

生根据所学知识，确定水厂的工艺流程并计算，将计算结果绘制相应平面布置和高程布置图。

本虚拟仿真软件可为课程设计提供相应的帮助，在课程设计时学生往往对水厂的工艺布置没有感官认识，通过对本虚拟仿真软件的学习和操作，可以加深学生对水厂处理构筑物和各种工艺设备布置的理解和领会，掌握水厂平面布局的特点和原则，增强设计想象力和创造力，提高课程设计质量。软件教学实施过程可分为两步，在课程设计开始阶段设置 2 学时介绍水厂实景模拟部分，使学生达到又进行一次实习的效果；在课程设计中间阶段再设置 2 学时，介绍水厂各构筑物的结构拆分，使学生充分了解构筑物的功能和特点，了解各个构筑物之间的关系和连接方式，形成从点到面、从局部到整体的设计认识过程，培养工程设计能力。

4. 实施效果

本虚拟仿真实习系统在以上三个教学环节中的应用，都取得了良好的教学效果，大大提高了实习的效果，激发了学生对专业知识学习的兴趣，也解决了实习过程中长期存在的时间和空间限制问题，丰富了教学方法和教学手段。通过对 2015 级和 2016 级给排水科学与工程专业的学生，在《水质工程学 1》的课堂教学中，利用本虚拟仿真系统进行了水厂设计一章的辅助教学，结果显示，学生对专业理论知识的掌握更加形象化、生动化，并且学生的学习兴趣得到极大提升，部分同学主动反复进行实践学习，达到了对三维抽象结构的完全理解和掌握，学生对理论知识的学习效果也明显提高，这两届学生的《水质工程学 1》课程的考试成绩连续两年达到平均 80 分以上，较本虚拟仿真软件使用前提高了大约 5 个百分点，同时不及格率下降了约 3%。

本虚拟仿真项目在 2014 级和 2015 级的生产实习和课程设计中进行了应用，结果显示学生对实习内容从被动的听和表面参观，转化为主动的知识探究和水厂工艺学习，通过实习前对软件的学习，学生深入了解了实习的水厂深度处理工艺内容和主要构筑物的结构，打破了以往在实习中只能看表面，无法对水下结构进行详细研究，同时，由于这两届学生使用了虚拟仿真项目软件，因此在实习过程中，学生做到了有备而来，能对水厂的工艺提出较为深层的问题，因此实习效果明显改善。这种效果的改善体现在课程设计中，主要表现在使学生拉近了实际工程与图纸之间的联系，对图纸中部分细微结构的绘制更加准确，图纸质量大大提高，同时在课程设计的内容中均加入了深度处理工艺的单元设计，增强了学生的应用能力。

2-8 实验方法与步骤要求（学生交互性操作步骤应不少于 10 步）

2-8-1 实验方法描述

根据《给水厂处理工艺及构筑物结构原理虚拟仿真实习系统》软件的四大功能，先由教师介绍水厂实习的内容及要求，然后学生输入网址进入软件，选择相应的功能进行学习操作，然后通过考核评价功能对学习结果进行评定。

2-8-2 学生交互性操作步骤说明

1. 水厂模拟实景在线的实习过程

在三维场景内使用 W、S、A、D 键盘可以控制人物的前后左右移动，使用鼠标右键可旋转人物视角，从而使学生可以以场景中的角色对水厂进行巡视。在此过程中的交互操作步骤有：

(1) 厂区平面设施巡查



(2) 厂区工艺流程及平面布置总览



(3) 巡视主要构筑物设施



(4) 巡视主要水处理设备



2. 水厂工艺单元的知识点学习

本软件对每个水处理构筑物建立了多种形式的知识点，包括：相关图片、现场实际照片、设施运行视频、设计参数、设备原理 flash 动画等展示形式，学生通过这部分内容的学习可以掌握水处理构筑物单元的理论基础知识及其工作的原理。学生的交互操作步骤有：

- (1) 点击“简介”了解构筑物基本概念
- (2) 点击“现场照片”学习现场实景照片和相关图片
- (3) 点击“动画展示”可以通过 Flash 演示掌握设施设备的工作原理



3. 水厂工艺构筑物结构拆分学习

本软件对水厂主要构筑物建立了解构功能模块，学生通过这部分内容的学习可以掌握水处理构筑物的完整结构，并可以从各个角度观察拆分后的构筑物结构形式，可以加强学生的动手能力培养。学生的交互操作步骤有：



- (1) 移动鼠标对某构筑物的结构单元进行拆分。
- (2) 移动鼠标到指定单元，识别单元名称，了解单元的作用。
- (3) 移动鼠标按照相反过程重新组合构筑物。
- (4) 旋转构筑物以不同视角观测结构形状特点。

4. 水厂工艺设备的启停操作学习

本软件可以通过 DSC 二维参数设置模块，对水厂主要设备进行启停操作模拟，并通过预设的规范操作过程设定评分标准，学生通过这部分内容的学习可以掌握水处理主要设备的操作过程，加深对工艺运行管理的理解，增强动手能力的培养。此部分学生的交互操作步骤有：

(1) 一级泵房及预臭氧池的启动操作

①打开泵 P101、P102、P103、P104 的相应入口管道阀门 V01P101、V01P102、V01P103、V01P104；

②启动水泵 P101、P102、P103、P104；

③打开泵 P101、P102、P103、P104 的相应出口阀门 V02P101、V02P102、V02P103、V01P104 至开度为 50%；

④打开高压水入口调节阀 V01FI107、V01FI108 的开度至 50%；

⑤待预臭氧池的液位达到 30%时，打开臭氧入口调节阀 V01FI105、V01FI106 的开度至 50%；

⑥打开液氧罐 V601A 的出口阀 V01V601A；

⑦打开臭氧发生器 X601B 的开关。

(2) 一级泵房及预臭氧池的启动操作

①打开溶药池的 1#—6#搅拌机，使药液混合均匀。

②打开溶药池 V401 出口阀 V02V401；

③打开加药泵 P408、P409 的入口阀 V01P408、V01P409；

④启动加药泵 P408、P409；

⑤打开加药泵 P408、P409 的出口阀 V02P408、V02P409 的开度至 50%；

⑥打开溶药池 V402 出口阀 V01V402；

⑦打开加药泵 P411、P412 的入口阀 V01P411、V01P412；

⑧启动加药泵 P411、P412；

⑨打开加药泵 P411、P412 的出口阀 V02P411、V02P412 的开度至 50%。

(3) 清水池加氯的启动操作

①打开氯储罐 V304、V305、V309、V310 的出口阀 V01V304、V01V305、V01V309、V01V310;

②打开加氯装置 X306、X307、X301、X302 的进口阀 V01X306、V01X307、V01X301、V01X302;

③打开加氯装置 X306、X307、X301、X302 的出口阀 V02X306、V02X307、V02X301、V02X302 的开度至 50%。

(4) V 型滤池的启动操作

①打开滤池进水阀 V06V104A、V07V104A、V08V104A、V09V104A、V10V104A 的开度至 50%;

②打开滤池出水阀 V01V104A、V02V104A、V03V104A、V04V104A、V05V104A 的开度至 50%。

③打开滤池进水阀 V06V104B、V07V104B、V08V104B、V09V104B、V10V104B 的开度至 50%;

④打开滤池出水阀 V01V104B、V02V104B、V03V104B、V04V104B、V05V104B 的开度至 50%。

(5) 高密度澄清池的启动操作

①待 V204 水位达到 40%时, 启动 4#搅拌机;

②打开 V204A、V204B、V204C 入口阀 V01V204A、V01V204B、V01V204C 的开度至 50%;

③打开溶药池 V401 出口阀 V01V401;

④打开加药泵 P401、P402、P403、P404、P405、P406 入口阀 V01P401、V01P402、V01P403、V01P404、V01P405、V01P406;

⑤启动加药泵 P401、P402、P403、P404、P405、P406;

⑥打开加药泵 P401、P402、P403、P404、P405、P406 出口阀 V02P401、V02P402、V02P403、V02P404、V02P405、V01P406 的开度至 50%;

⑦打开溶药池 V402 出口阀 V02V402;

⑧打开加药泵 P414、P415、P416 入口阀 V01P414、V01P415、V01P416;

⑨启动加药泵 P414、P415、P416;

⑩打开加药泵 P414、P415、P416 出口阀 V02P414、V02P415、V02P416 的开度至 50%;

①待 V204A、V204B、V204C 液位达到 40%时，依次打开 1#搅拌机、2#搅拌机、3#搅拌机；

②待 V204A、V204B、V204C 的液位大于 80%时，打开回流泵 P206、P208、P210 入口阀 V01P206、V01P208、V01P210；

③启动回流泵 P206、P208、P210；

④打开回流泵 P206、P208、P210 出口阀 V02P206、V02P208、V02P210 的开度至 50%；

⑤待 V205 水位达到 40%时，启动 5#搅拌机。

(6) 臭氧接触池及活性炭滤池的启动操作

①打开泵 P301、P302、P303、P304、P305、P306 的入口阀 V01P301、V01P302、V01P303、V01P304、V01P305、V01P306；

②启动泵 P301、P302、P303、P304、P305、P306；

③打开泵 P301、P302、P303、P304、P305、P306 的出口阀 V02P301、V02P302、V02P303、V02P304、V02P305、V02P306 的开度至 50%；

④打开出水总阀 V01V301、打开出水总阀 V03V301；

⑤打开后臭氧接触池进水总阀 V06V301A、V06V301B；

⑥打开后臭氧接触池臭氧入口调节阀 V19V301A、V19V301B 的开度至 50%；

⑦打开臭氧破坏装置 R301、R302 的启动开关；

⑧打开活性炭滤池出水阀 V01V301A、V02V301A、V03V301A、V04V301A、V05V301A 的开度至 50%；

⑨打开活性炭滤池出水阀 V01V301B、V02V301B、V03V301B、V04V301B、V05V301B 的开度至 50%；

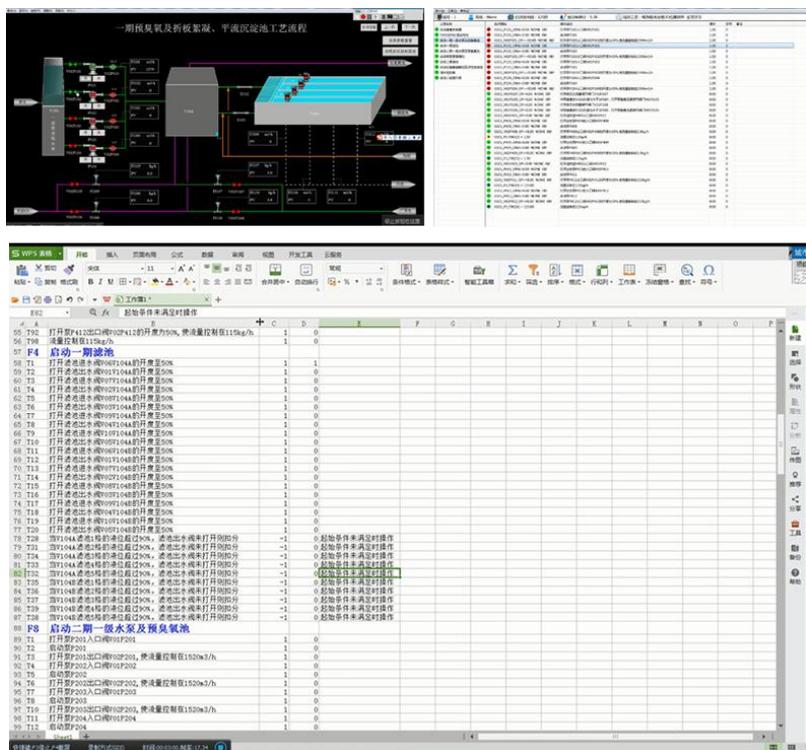
(7) 二级提升泵的启动操作

①打开泵 P310、P311、P312、P313 入口阀 V01P310、V01P311、V01P312、V01P313；

②启动泵 P310、P311、P312、P313；

③打开泵 P310、P311、P312、P313 的出口阀 V02P310、V02P311、V02P312、V02P313 的开度至 50%。

(8) 操作结果评定及报告生成



2-9 实验结果与结论要求

- (1) 是否记录每步实验结果：是 否
- (2) 实验结果与结论要求：实验报告 心得体会 其他：实习报告
- (3) 其他描述：

利用本项目开发的虚拟仿真系统，学生在完成实习软件学习后需要提交三个成果：一是系统根据学生考评测试自动生成的一份实习考试成绩单；二是学生撰写的实习报告；三是完成水厂的平面布置图。实习报告内容包括：水厂工艺流程的说明、每个工艺单元的设计参数及作用及构筑物的结构简图。报告中还根据每个学生的个性化需求，提交一个由不同参数设定的水厂工艺流程，反映学生对水厂运行过程的理解和掌握程度。

2-10 考核要求

虚拟仿真实习教学资源 and 平台为同时考察学生的实习过程与实习效果提供了条件, 并且为建立提升能力培养的形成性实践教学考核内容与评价指标体系创造了基础。按照“虚实结合”的原则, 本虚拟仿真实习系统的考核结合现场实习的内容, 设定考核内容包含 4 部分:

- (1) 虚拟仿真软件系统对学生考核的自动评分, 占考核成绩的 20%;
- (2) 学生根据虚拟仿真系统学习结果和实地参观结果撰写的实习报告评分, 占 40%;
- (3) 学生提交的水厂工艺平面图, 反映学生对水厂整体流程的认识能力, 占 10%;
- (4) 通过将理论知识与软件实习内容相结合的考卷形式进行学生实习效果的考核, 占考核成绩的 30%。

2-11 面向学生要求

(1) 专业与年级要求

主要面向给排水科学与工程专业, 同时也可面向环境工程专业, 学生主要为大学三年级和四年级学生, 需要修完《水质工程学》课程中的给水处理部分。

(2) 基本知识和能力要求

具备给排水科学与工程专业的基本理论和基本知识, 了解给水处理厂的工艺流程, 了解给水处理工艺的基本原理和主要处理单元, 具备计算机软件基本应用能力。修过《水力学》, 《水质工程学 1》(给水部分), 《泵与泵站》的课程。

2-12 实验项目应用及共享情况

- (1) 本校上线时间: 2017年6月
- (2) 已服务过的本校学生人数: 500 人
- (3) 是否纳入到教学计划: 是 否
- (4) 是否面向社会提供服务: 是 否
- (5) 社会开放时间: 2017年6月, 已服务人数: 1200 人

3.实验教学项目相关网络及安全要求描述

3-1 有效链接网址

<http://www.obrsim.com/?id=qdlgszyhjgc>

3-2 网络条件要求

(1) 客户端到服务器的带宽要求:

- ① 基于公有云服务器部署的系统, 5M-10M 带宽;
- ② 基于局域网服务器部署的系统, 10M 带宽。

(2) 能够支持的同时在线人数:

支持 500 个学生同时在线并发访问和请求。

3-3 用户操作系统要求 (如 Windows、Unix、IOS、Android 等)

(1) 计算机操作系统和版本要求

仿真程序客户端操作系统采用 Windows 7 及其以上版本;
管理平台服务器操作系统采用 Windows 7 及其以上版本。

(2) 其他计算终端操作系统和版本要求

无。

(3) 支持移动端: 是 否

3-4 用户非操作系统软件配置要求（如浏览器、特定软件等）

（1）需要特定插件 是 否

插件名称 setupNG，插件容量 49MB；

下载链接 <http://www.obrsim.com/upload/setup/20180824/setupNG.exe>

（2）其他计算终端非操作系统软件配置要求：

IE8 以上、谷歌、火狐、360 等主流浏览器，上述浏览器均支持下载服务。

3-5 用户硬件配置要求（如主频、内存、显存、存储容量等）

（1）计算机硬件配置要求

CPU 主频：i5 3.20GHz；

显卡：2GB 独显以上；

内存：4GB 以上；

硬盘：500GB 以上

（2）其他计算终端硬件配置要求

无

3-6 用户特殊外置硬件要求（如可穿戴设备等）

（1）计算机特殊外置硬件要求

无。

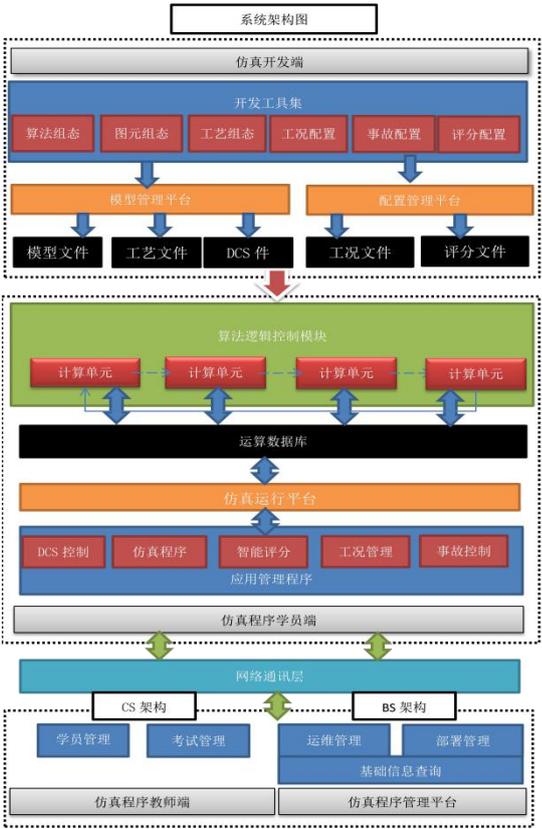
（2）其他计算终端特殊外置硬件要求

无。

3-7 网络安全

(1) 项目系统是否完成国家信息安全等级保护 是 否
 (勾选“是”，请填写) 二级

4. 实验教学项目技术架构及主要研发技术

指标	内容
<p>系统架构图及简要说明</p>	<p>系统采用 CS、BS 架构相结合的架构方式。</p>  <p>The diagram illustrates the system architecture, starting with the 'Simulation Development End' (仿真开发端) which includes a 'Development Tool Set' (开发工具集) with modules for algorithm, diagram, process, scenario, accident, and scoring configuration. These feed into 'Model Management Platform' (模型管理平台) and 'Configuration Management Platform' (配置管理平台), which generate various files. These files are processed by the 'Algorithm Logic Control Module' (算法逻辑控制模块) containing 'Calculation Units' (计算单元) and a 'Runtime Database' (运算数据库). This module interacts with the 'Simulation Runtime Platform' (仿真运行平台) and 'Application Management Program' (应用管理程序), which includes DCS control, simulation programs, intelligent scoring, scenario management, and accident control. The system is accessed via 'Simulation Program Student End' (仿真程序学员端) and 'Simulation Program Teacher End' (仿真程序教师端) through a 'Network Communication Layer' (网络通讯层). The teacher end uses a CS architecture for student and exam management, while the student end uses a BS architecture for operation, deployment, and basic information queries.</p> <p>通过 BS 架构，用户访问管理平台，查看相关功能（软件列表，课程列表）和统计信息（学习记录，考试成绩），并启动 3D</p>

		<p>仿真项目。</p> <p>启动 3D 项目后，采用 CS 架构模式在用户本机启动 3D 仿真程序及其附属程序。</p> <p>3D 仿真程序独立的与网站后台，数据后台进行交互。</p> <p>3D 仿真程序与本地 2D 仿真，后台数据模型程序进行交互。</p>
实验教 学项目	开发技术	<input type="checkbox"/> VR <input type="checkbox"/> AR <input type="checkbox"/> MR <input checked="" type="checkbox"/> 3D 仿真 <input type="checkbox"/> 二维动画 <input type="checkbox"/> HTML5 其他_____
	开发工具	<input checked="" type="checkbox"/> Unity3D <input type="checkbox"/> 3D Studio Max <input checked="" type="checkbox"/> Maya <input type="checkbox"/> ZBrush <input type="checkbox"/> SketchUp <input type="checkbox"/> Adobe Flash <input type="checkbox"/> Unreal Development Kit <input type="checkbox"/> Animate CC <input type="checkbox"/> Blender <input checked="" type="checkbox"/> Visual Studio <input type="checkbox"/> 其他_____
	运行环境	<p>服务器</p> <p>CPU <u>8</u> 核、内存 <u>32</u> GB、磁盘 <u>500</u> GB、 显存 <u>2</u> GB、GPU 型号 <u>不限</u></p> <p>操作系统</p> <p><input type="checkbox"/>Windows Server <input type="checkbox"/>Linux <input type="checkbox"/>其他 具体版本 <u>windows server 2018 R2</u></p> <p>数据库</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>Mysql <input type="checkbox"/>SQL Server <input type="checkbox"/>Oracle 其他_____</p> <p>备注说明 <u>(需要其他硬件设备或服务器数量多于 1 台时请说明)</u> : <u>无</u></p>

	<p>项目品质（如：单场景模型总面数、贴图分辨率、每帧渲染次数、动作反馈时间、显示刷新率、分辨率等）</p>	<p>单场景模型总面数一般控制在 50 W 以内，可以在保证场景效果的同时，拥有较好的流动性；贴图分辨率一般以 1 K 为主，部分设备使用 2 K 最高 4 K 的贴图，用于展现较真实的设备外观。</p> <p>每帧渲染次数：35+</p> <p>动作反馈时间：30 毫秒以下</p> <p>分辨率：自适应客户机</p> <p>显示刷新率：自适应客户机</p>
--	--	--

5. 实验教学项目特色

（体现虚拟仿真实验教学项目建设的必要性及先进性、教学方式方法、评价体系及对传统教学的延伸与拓展等方面的特色情况介绍。）

（1）项目建设的必要性及先进性

目前常见的给水处理实训模式是学生集中到水厂进行水处理工艺、处理构筑物、水厂平面及高程布置及水厂生产监控过程的观摩，但由于实习时间、场地及经费等各种主观和客观因素的限制，实习效果差。

为提高实习实训效果，加强理论知识与实践能力的融合，本项目建立《城市地表水源深度净化水厂工艺仿真》系统。该系统不仅通过动画向学生展示水处理工艺，而且还通过 3D 动画及音频等形式生动地向学生展示各处理构筑物的内部结构及其组成，提高了学生对给水处理工艺及处理构筑物的认识，促进了理论知识与实践教学的高度衔接。

给水处理厂工艺原理及构筑物结构分析虚拟仿真教学系统以提高学生的实践能力为核心，具有多感知性、沉浸性、交互性、构想性等特点。这些特点有益于教师的实训教学和学生专业核心技能的训练，为解决工院校面临的实训难、实习难和就业难等问题开辟了一条新思路。

（2）教学方法的创新

《城市地表水源深度净化水厂工艺仿真》采用虚实结合的教学方法，通过对真实场景的模拟再现，使学生感知水厂各种设施的特征和位置；利用软件对构筑物进行逐层的拆解，把水处理的理论知识和工程设计完全联系起来，类似

现场建设过程的快速演示，直观且高效；通过对水厂实际运行时不同情况下的水质参数变化进行虚拟演示教学，使学生进一步理解如何对水厂的生产过程进行管理，有助于提升学生的对知识的应用能力。

《城市地表水源深度净化水厂工艺仿真》对所有选课学生开放（后续计划对全校乃至全国相关专业学生和社会开放），使学生在虚拟模拟条件下熟练掌握实验技能，进而在现实生产条件下或实验室中进一步了解与验证所学知识。使学生能够在短时间内了解、掌握水处理工艺及各构筑物的运行。

虚拟实验的实现将有效缓解很多高校在经费、场地、器材等方面普遍面临的困难和压力，而且开展网上虚拟实验教学能够突破传统实验对“时、空”的限制，无论是学生还是教师，都可以自由、无顾虑地随时随地上网进入虚拟实验室，操作仪器，进行各种实验，有助于提高实验教学质量。

（3）评价体系的创新

《城市地表水源深度净化水厂工艺仿真》利用虚拟仿真实验系统使学生有效学习水处理工艺的流程及水处理构筑物的详细构造，尤其是对地表水源的深度处理工艺进行了展示与模拟仿真，增强了学生对水质工程学实习内容的广度和深度。同时在虚拟仿真模块中加入了信息化教学评价系统，使学生可以课前、课后随时进行预习和巩固，并对预习效果进行考核。这一方面提高了学生学习的主动性和积极性，另一方面也对学习的效果进行及时、科学的评价和反馈。此外，在虚拟仿真实验系统中设置了对工艺流程操作的评价体系，通过对学生运行水处理系统及操作不同水处理单元的评价，可以加深学生对水厂工艺流程的认识，牢固掌握工艺单元的启停操作和运行方式，克服了在现场实习中水厂的运行设备只能看、不能动的弊端。该虚拟仿真系统不但实现了动手和动脑的同步实习锻炼，大大提高了实习的效果，同时还通过评价体系的创新，促进学生将理论知识和实践更好的结合。

（4）对传统教学的延伸与拓展

《城市地表水源深度净化水厂工艺仿真》是传统教学的延伸与拓展，对工科学生实践能力的培养起到重要作用。

通过虚拟仿真试验系统的人机交互式学习，所有的实践环节都可以实现可视化操作，学生就可将理论知识与实践操作有机结合起来，既加深了理论知识的学习，又提高了实际操作技能。虚拟模拟与真实操作的相互结合，提高了学生的实践能力，为后续毕业后上岗操作奠定了坚实的基础。

6.实验教学项目持续建设服务计划

(本实验教学项目今后5年继续向高校和社会开放服务计划及预计服务人数)

(1) 项目持续建设与服务计划

继续完善给水处理厂工艺原理及构筑物结构分析虚拟仿真教学系统的内容。通过不断改进的真实、虚拟仿真时空环境,让使用者在开放实验状态下完成综合实训,最终完成自主设计的创新实践。而且,通过对虚拟过程与成果的全面跟踪,进行实时的监控与辅导。

(2) 面向高校的教学推广应用计划

对虚拟仿真软硬件及实践内容进行全方位的管理和实时更新,为学生教学提供安全、灵活、开放、规范的实践载体。在“水质工程学”、“水资源利用与管理”等课程中全面推广使用,并为学生开展自选式、设计型、研究性实验及大学生创新实验提供必需条件。

(3) 面向社会的推广应用计划

今后5年将通过服务器虚拟化、应用桌面等技术,将各种硬件及软件资源建成一个或多个资源池,对这些虚拟进行智能的、自动化管理和按需分配,实现教育最大化共享和潜力挖掘,面向全国高校同类课程教学和社会企业训练员工开放,实现给水处理厂工艺原理及构筑物结构分析虚拟仿真实验教学资源的完全共享,全面提升教育资源的利用率。

7.知识产权

软件著作权登记情况	
软件著作权登记情况	<input checked="" type="checkbox"/> 已登记 <input type="checkbox"/> 未登记
完成软件著作权登记的,需填写以下内容	
软件名称	城市地表水源水质深度净化厂工艺仿真软件
是否与项目名称一致	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
著作权人	青岛理工大学、北京欧倍尔软件技术开发有限公司
权利范围	署名权、复制权、信息网络传播权
登记号	2019SR0831635

中华人民共和国国家版权局
计算机软件著作权登记证书

证书号： 软著登字第4252392号

软件名称： 城市地表水源水质深度净化厂工艺仿真软件
[简称：城市地表水源水质深度净化厂工艺仿真]
V1.0.0

著作权人： 青岛理工大学;北京欧倍尔软件技术开发有限公司

开发完成日期： 2018年04月15日

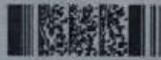
首次发表日期： 未发表

权利取得方式： 原始取得

权利范围： 全部权利

登记号： 2019SR0831635

根据《计算机软件保护条例》和《计算机软件著作权登记办法》的规定，经中国版权保护中心审核，对以上事项予以登记。



No. 04381463



8. 诚信承诺

本人承诺：所申报的实验教学设计具有原创性，项目所属学校对本实验项目内容（包括但不限于实验软件、操作系统、教学视频、教学课件、辅助参考资料、实验操作手册、实验案例、测验试题、实验报告、答疑、网页宣传图片文字等组成本实验项目的一切资源）享有著作权，保证所申报的项目或其任何一部分均不会侵犯任何第三方的合法权益。

本人已认真填写、检查申报材料，保证内容真实、准确、有效。

实验教学项目负责人（签字）：**毕学军**

2019年8月14日

9. 附件材料清单

1. 政治审查意见（必须提供）

（本校党委须对项目团队成员情况进行审查，并对项目内容的政治导向进行把关，确保项目正确的政治方向、价值取向。须由学校党委盖章。无统一格式要求。）

2. 校外评价意见（可选提供）

（评价意见作为项目有关学术水平、项目质量、应用效果等某一方面的佐证性材料或补充材料，可由项目应用高校或社会应用机构等出具。评价意见须经相关单位盖章，以1份为宜，不得超过2份。无统一格式要求。）

10 申报学校承诺意见

本学校已按照申报要求对申报的虚拟仿真实验教学项目在校内进行公示，并审核实验教学项目的内容符合申报要求和注意事项、符合相关法律法规和教学纪律要求等。经评审评价，现择优申报。

本虚拟仿真实验教学项目如果被认定为“国家虚拟仿真实验教学项目”，学校将严格贯彻《教育部高等教育司关于加强国家虚拟仿真实验教学项目持续服务和管理有关工作的通知》（教高司函〔2018〕56号）的要求，承诺将监督和保障该实验教学项目面向高校和社会开放，并提供教学服务不少于5年，支持和监督教学服务团队对实验教学项目进行持续改进完善和服务。

（其他需要说明的意见。）

主管校领导（签字）：
（学校公章）



2019年8月14日

政治审查意见

经审查，项目团队成员能认真学习贯彻习近平新时代中国特色社会主义思想、党的十九大精神，贯彻落实习近平总书记视察山东重要讲话、重要指示、批示精神；坚定“四个自信”，树牢“四个意识”，做到“两个维护”，具有良好的社会公德和高尚的职业道德。

项目内容将高等学校的教学实践与实际水处理工程相结合，通过虚拟仿真项目的实施，可以促进给排水科学与工程专业学生实践能力的提升，为城市水厂的正常、稳定运行提供有力的保障。该项目致力于服务“环境污染攻坚战”，为打造“绿水青山”的环境，服务乡村振兴战略、生态文明建设等方面具有重大现实意义。同时，该项目以立德树人为根本任务，旨在培养学生奉献服务社会意识，提升学生创新精神和实践能力，为培养中国特色社会主义建设者和接班人做出贡献。

中共青岛理工大学委员会

2019年8月13日



《城市地表水源水质深度净化厂工艺仿真》项目

应用评价

1. 项目内容

青岛理工大学开发的《城市地表水源水质深度净化厂工艺仿真》实验仿真项目，以典型地表水源深度净化厂为原型进行虚拟仿真模拟，集成了以下三方面的内容：

一是深度净化水厂工艺流程的实景巡游仿真：该内容根据青岛市监测中心服务的某水厂工艺流程及实景进行建模和仿真，不仅包含常规处理工艺，还涵盖了具有现代水厂特征的深度净化工艺单元——臭氧活性炭工艺。该仿真软件模拟了水厂的全景流程，通过对水厂的工艺布置在空间上进行 3D 模拟仿真，实现步行、跑步、飞行等不同模式对厂区设施进行巡游，可以替代并强化现场巡游内容的学习和培训。

二是主要构筑物的工艺原理及结构拆分：该项目对水厂的主要构筑物采用虚拟仿真技术，对其工作原理进行了详细的分析和介绍，尤其针对深度处理单元等主要构筑物进行了三维拆分的仿真，详细展示了构筑物的内部结构。这些内容涵盖了水质深度净化水厂的 32 个知识点，有助于全面熟悉水厂工艺和单元的主要原理和结构，即：预臭氧接触池、臭氧氧化池、活性炭滤池等深度处理单元的详细结构及工作原理。

三是对深度净化水厂主要工艺单元的操作仿真：该仿真项目构建了 DSC 二维水厂参数控制程序模块，通过对工艺参数的设置和调整及

通过实景模型中对设备的模拟操作，可以在 DSC 系统流程中显示操作的结果，并对结果进行分析和评判。该内容可以对水厂各个构筑物的启动和停机进行操作练习，并对整个水厂的运行工况进行模拟，有助于全面了解水厂的运行参数和操作控制知识。

2. 项目的质量及水平

该虚拟仿真项目采用 Unity3D 和 Maya 软件进行开发，模拟的场景逼真地还原了实际工艺场景，真实而生动，具有身临其境的效果；通过其中的参数模拟单元可以全面调控水厂的运行参数并展示运行效果，从而达到真实演练的功效。

《城市地表水源水质深度净化厂工艺仿真》软件整体质量优良，内容先进，在全国范围内未见类似项目的应用，是相关专业学生实习和水厂企业培训良好的辅助工具。

3. 实验平台的应用效果

青岛理工大学给排水科学与工程专业是国家级特色专业，在水厂设计及管理领域具有较高的水平和影响力。我公司与其长期合作对员工进行岗位技术培训，从 2017 年《城市地表水源水质深度净化厂工艺仿真》软件开发成功并上线运行后，我公司将其作为员工培训的主要技术工具进行了应用，至今已培训员工 100 余人次。通过该软件的应用，降低了公司培训成本，同时取得了以下两方面的成效：

(1) 实现了员工培训过程的多元化。以往员工培训需要集中脱产学习，本软件可以解决员工在不同时间、不同地点的无障碍学习，并且能对重点内容反复演练，提高了员工的学习兴趣和培训效果。

(2) 实现了员工对水厂工艺参数的自主学习，解决了以往只能通过纸上谈兵的方式进行概念性假想操作的弊端，员工可以对水厂的一些参数进行模拟调整，并评价水厂运行工况，提高了员工的操作能力。

应用单位：青岛市供水水质监测中心

