

2019 年度国家虚拟仿真实验教学项目申报表

学 校 名 称	天 津 城 建 大 学
实 验 教 学 项 目 名 称	城镇排水管网及内涝防治设施 虚拟仿真实验教学
所 属 课 程 名 称	虚拟现实与管网技术
所 属 专 业 代 码	081003
实 验 教 学 项 目 负 责 人 姓 名	王 蕾
有 效 链 接 网 址	http://eme.tcu.owvlab.net/vlab/czps.html

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	王蕾	性别	女	出生年月	1972年10月
学历	博士研究生	学位	工学博士	电话	022-23085117
专业技术职务	副教授	行政职务	无	手机	13820677407
院系	环境与市政工程学院			电子邮箱	wangl1026@tcu.edu.cn
地址	天津市西青区津静公路26号			邮编	300384
<p>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）。</p> <p>教学研究课题：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1、以产业链为导向的环境类专业实习实训教学改革研究，天津城建大学教改重点项目，主持，2017-2020年 2、城建特色新工科专业集群创新实践平台构建的研究，教育部新工科研究与实践项目（地方高校组），主要参加人，2017-2019年 3、水污染控制工程课程教学改革的探索与实践，天津城建大学教改项目，主持，2002-2004年 <p>教学研究论文及项目相关出版物：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1、提高课堂教学中多媒体课件应用效果的探讨[J]. 天津城建大学学报，2005, 11(1):67-69 2、全国环境影响评价工程师执业资格考试考点指南与习题精编[M]. 华中科技大学出版社，主编，2007年 3、全国注册环保工程师执业资格考试名家答疑宝典（水污染防治专业）[M]. 华中科技大学出版社，主编，2008年 <p>教学表彰/奖励：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1、天津市高校第六届青年教师基本功竞赛三等奖（理工类），天津市教育工会2002年 2、水污染控制工程课程教学改革的探索与实践，天津城建大学优秀教学成果二主持，2004年 					

- 3、2009 年天津城建大学“优秀毕业设计指导教师”
- 4、2012 年天津城建大学“优秀毕业设计指导教师”
- 5、第八届高等教育天津市级教学成果二等奖，工程教育专业评估认证体系下给排水科学与工程专业教学改革与实践，主要参加人，2018 年
- 6、2018 年指导本科生天津城建大学“互联网+”大学生创新业赛（主赛道）获校级二等奖

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刊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）

学术研究课题：

- 1、天津市某医院北院区雨水排放及路面径流数字化模拟方案，企业委托项目（HX2019-004），2018-2019 年，主持
- 2、城市内湖水华监测-预警-应急控制系统智能化调度研究，天津市应用基础与技术研究计划，（15JCYBJC49100），2015-2018 年，第二参加人

学术论文：

- 1、HKUST-1 晶格空位的构建及对偶氮染料吸附的影响[J]. 环境工程学报, 2018, v.12(05):62-73. (第一作者)
- 2、Selective adsorption of Pb (II) over the zinc-based MOFs in aqueous solution-kin isotherms, and the ion exchange mechanism.[J]. Environmental Science & Pollution Research, 2017, 24(16):14198-14206. (第一作者)
- 3、氨基功能化的金属有机框架与模型燃油中含氮化合物的结合作用[J]. 燃料化学学报, 2016, 44(9):1089-1098. (第一作者)
- 4、Adsorption/desorption and bioavailability of methamphetamine in simulated gastrointestinal fluids under the presence of multi-walled carbon nanotubes[J]. Environmental Science & Pollution Research, 2015, 22(12):9080-9089. (第三作者)

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	王蕾	天津城建大学	副教授	无	项目开发建设， 教学	在线教学 服务人员
2	苑宏英	天津城建大学	教授	教学院长	课程资源建设	线下教学 服务人员
3	马华继	天津城建大学	副教授	系主任	课程资源建设， 实验指导	在线教学 服务人员
4	郑剑锋	天津城建大学	讲师	无	课程资源建设， 实验指导	在线教学 服务人员
5	汪艳宁	天津城建大学	讲师	无	实验资源维护	线下教学 服务人员
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	温海涛	天津城建大学	高级实验师	实验中心主任	课程资源建设 实验教学	在线教学 服务人员
2	逢国林	天津城建大学	讲师	无	课程资源建设， 实验指导	在线教学 服务人员
3	员建	天津城建大学	教授	无	课程资源建设， 实验指导	在线教学 服务人员
4	王少坡	天津城建大学	教授	副院长	课程资源建设	线下教学 服务人员
5	姜远光	天津城建大学	副教授	系主任	课程资源建设， 实验指导	线下教学 服务人员
6	穆荣	天津城建大学	副教授	系副主任	素材资源建设	线下教学 服务人员
7	丁艳梅	天津城建大学	讲师	系主任	素材资源建设	在线教学 服务人员
8	张景丽	天津城建大学	副教授	无	素材资源建设	在线教学 服务人员
9	王浩宇	北京润尼尔网络 科技有限公司	工程师	研发经理	实验资源维护	技术支持 人员
10	王喆	北京润尼尔网络 科技有限公司	工程师	研发经理	教学管理平台维护	技术支持 人员
项目团队总人数： <u>15</u> （人） 高校人员数量： <u>13</u> （人） 企业人员数量： <u>2</u> （人）						

2.实验教学项目描述

2-1 名称

城镇排水管网及内涝防治设施虚拟仿真实验教学

2-2 实验目的

城镇排水管网及内涝防治设施包括污水与雨水收集设施、管网、调蓄池、提升泵站、排放设施、LID（Low Impact Development，低影响开发）设施等，是城镇黑臭水体治理、内涝防治等水环境保护工程的重要设施，是生态环境修复的重要内容之一，其特点是工程建设与运维难度高、费用巨大。随着我国全面实施水污染防治法，用最严密的法治保护水环境，城镇排水系统受到前所未有的重视，正处于从“规模增长”到“提质增效”的关键转折时期。新形势下，管网规划方案制定与数值模拟、现状结构分析、升级改造方案设计与评估、管网溢流控制、事故应急分析等相关技术领域对从业人员提出了更高要求。给排水科学与工程专业学生毕业后，需要在全面掌握专业理论知识基础上，运用系统工程理论和技能，应用现代科技手段做好工程设计和运行管理，既保证系统的安全可靠运行，满足城镇排污与内涝防治需求，又能最大限度地降低建设投资和运行成本。

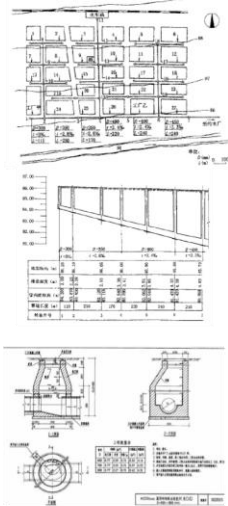
城镇排水管网及内涝防治设施属于不可视的地下隐蔽工程，而且由于常年集聚有毒、易燃气体又属危险地下有限空间，学生在该领域的理论教学、课程设计、毕业设计、实习实训过程中“看不见、摸不着”，无法直观认知，教学内容抽象，造成学生理解障碍，教学效果与工程应用、行业需求之间形成较大差距。

基于对生态环保行业重大需求的分析和对专业课程教学短板的认知，本教学团队总结多年理论研究成果和工程实践经验，综合利用现代多媒体技术，构建了现实教学中不可及的三维虚拟仿真场景，开发了“城镇排水管网及内涝防治设施虚拟仿真实验”，让学生在高度虚拟仿真的工程情景中进行规划、设计、运维，培养与提升学生专业素养。

本项目核心教学目的如下：

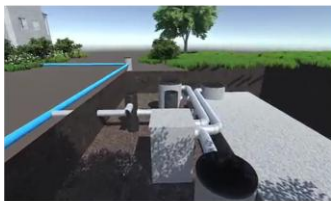
- 1、掌握城镇污水、雨水管网、提升泵站及内涝防治设施建设的基本步骤和方法。
- 2、了解环保工程的全生命周期概念。
- 3、强化掌握安全防范知识，提高避险能力。
- 4、了解数学模型在城镇水环境保护领域的工程应用方法，初步培养学生解决复杂工程问题的思路与能力。

传统教学成果



虚拟仿真实验教学成果

排水管网三维静态仿真成果



内涝防治设施三维动态仿真成果



安全防范动态仿真成果



总之，本虚拟仿真实验项目是传统教学模式的有效完善与延伸，将加深学生对排污、防涝工程基本理论、设计规范要求、优化决策、运营管理基本知识的理解，促进学生自主学习与探究式学习，可有效地培养学生创新思维和工程实践能力。

2-3 实验课时

(1) 实验所属课程所占课时:《虚拟现实与管网技术》(课程代码: 16065126)

24 学时

(2) 该实验项目所占课时: 6 学时

2-4 实验原理(简要阐述实验原理,并说明核心要素的仿真度)

知识点: 共 4 个

(1) 实验原理:

本项目针对污水管网、雨水管网不同流态及特点,提升泵站关键设计参数,常见的海绵技术措施以及智慧水务中管网模型特征,在 5 种不同工程案例情境下,通过鼠标点击按钮进行选择、鼠标拖动视角三维场景漫游、键盘控制移动、数据输入等交互方式,训练学生掌握管网及设施的规划、设计能力和维护管理方法,保证区域内污水、雨水均能顺畅排出,起到防止环境污染和防治洪涝灾害的作用。

(2) 对应的知识点包括:

知识点 1、水环境规划、管网基础理论(圣维南偏微分方程、产汇流模型、管网水动力模型)。

连续方程

$$\frac{\partial Q}{\partial s} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0$$

运动方程

$$\frac{1}{g} \left(\frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial s} \right) + \frac{\partial h}{\partial s} = i - J_f$$

1) 产流模型、地表汇流模型的计算方法采用瞬时单位线法、时间面积等流时线法、线性水库、非线性水库和运动波法等计算地表径流过程线。

2) 管网水动力模型采用连续性方程(质量守恒方程)、动量守恒方程、能量守恒方程联立求解。常用恒定流模型、运动波模型、扩散波模型和动力波模型。

3) 城镇河道采用一维水动力模型, 当洪水超出河道堤防高程并在城镇内演进时, 采用河道一维及平面二维数学模型耦合的方法进行计算。一维水动力模型采用 Saint-Venant 方程组作为河道非恒定流控制方程, 主要包括节点-河道模型、单元划分模型以及融合两者优点的混合模型。二维水动力模型采用二维浅水方程求解河道水力参数, 根据河网拓扑的离散方式主要包括有限差分法、有限元法和有限体积法。

知识点 2、污水管网设计流量计算和水力计算原理及主要设计参数。

- 1) 本段流量=生活污水定额 n ×人口密度 p ×街区面积 F
- 2) 工厂废水流量=生产废水流量+生活污水流量+淋浴污水流量
- 3) 污水管道管径、坡度、管长等水力计算
- 4) 污水提升泵站设计流量、扬程及水力损失计算

知识点 3、极限强度理论、雨水管网设计流量计算和水力计算。

- 1) 某市暴雨强度公式:

$$q = \frac{2141(1 + 0.7562LgP)}{(t + 9.6093)^{0.6893}}$$

q ——设计暴雨强度, L/s·ha; P ——设计重现期 (年); t ——降雨历时, min。

2) 极限强度认为降雨强度随降雨历时的增长而减小的规律性, 同时认为汇水面积的增长与降雨历时成正比, 而且汇水面积随降雨历时的增长较降雨强度随降雨历时增长而减小的速度更快。

3) 当汇水面积上最远点的雨水流达集流点时, 全面积产生汇流, 雨水管道的设计流量最大; 当降雨历时等于汇水面积上最远点的雨水流达集流点的集流时间时, 雨水管道需要排除的雨水量最大。

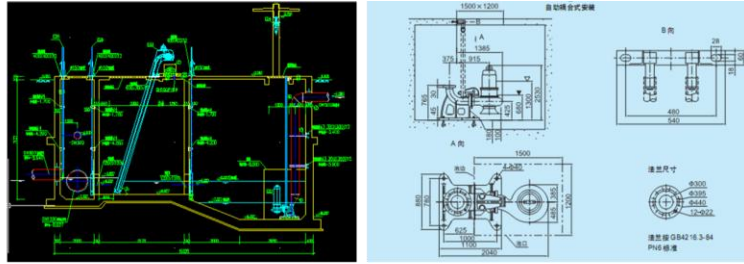
知识点 4、内涝防治设施设计理念与设计计算。

采用年径流总量控制率作为控制目标, 根据不同类型用地的功能、用地构成、土地利用布局、水文地质等特点, 以及开发单项设施单价, 选用各类用地中低影响开发设施。

(3) 核心要素的仿真度说明:

本实验包括排水管网、检查井、跌水井、提升泵站等核心要素，以其中最复杂的提升泵站（包括泵、管道、构筑物）为例，如下图所示，将工程图纸、工程现场图片、仿真成果三者进行对比，说明本实验的仿真度能够完全满足实验需要。

工程图纸



工程实物



三维场景



2-5 实验仪器设备（装置或软件等）

本实验项目依据国家建设标准规范，以解决工程案例为目标导向，开发了6学时的3大基础实验模块，和1个“智慧水务”拓展认知实验模块（实验界面见下图），其中，3大基础实验模块分为：（1）污水管网与潜污泵站设计实验模块；（2）雨水管网设计实验模块；（3）内涝防治设施实验模块。学生完成了所有基础实验模块后，进入（4）智慧水务拓展认知实验模块。

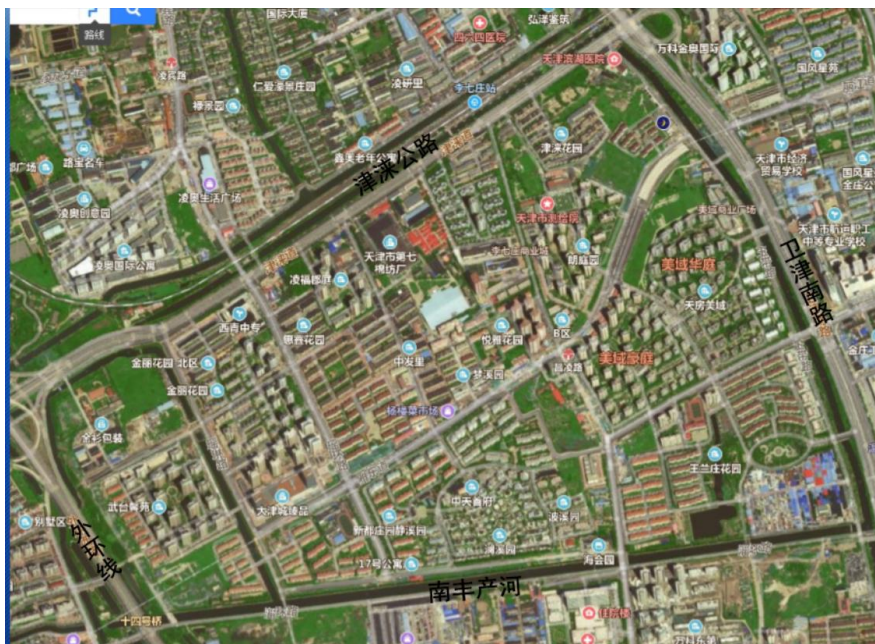
每个模块包括基础认知和实验任务两部分，基础认知采用三维场景漫游交互方式，展现工程全貌和设计、运行、维护场景，中间穿插小测验，每步操作均记录为成绩评定依据。实验任务部分，将工程问题分解为若干实验步骤，体现虚实结合，实验步骤结束后按照提示要求提交实验报告。

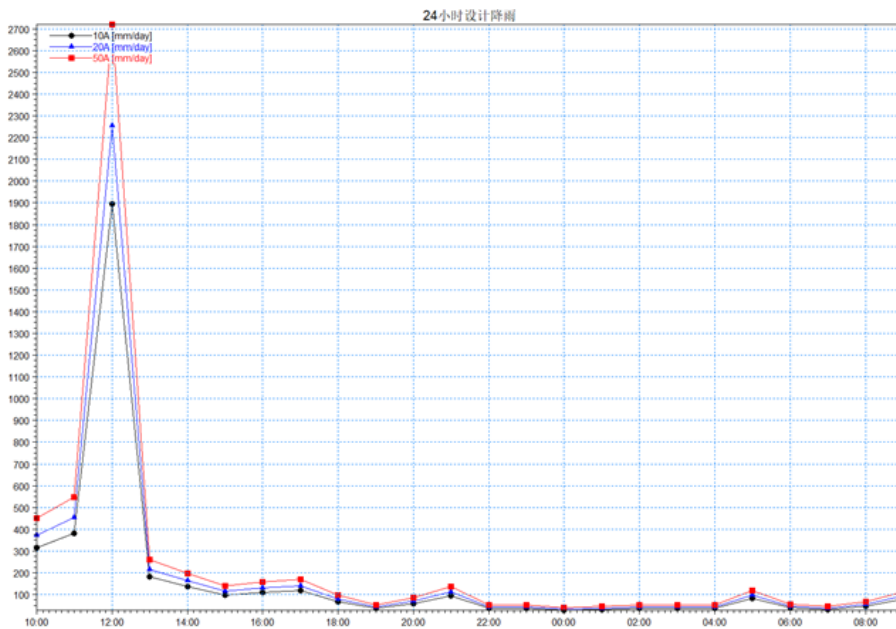


2-6 实验材料（或预设参数等）

预设实验参数（一人一题）主要包括：城市地形与总体规划图、人口密度、综合生活用水定额、地面覆盖面积、年平均及最热月月平均最高、最冷月月平均最低气温，夏季主导风向、最大冻土深度、土壤承载力、设计地震烈度、河道水文资料、地下水水位标高、城镇降雨基础资料等。

内置国家建设设计规范：《室外排水设计规范》，《海绵城市建设技术指南》等。





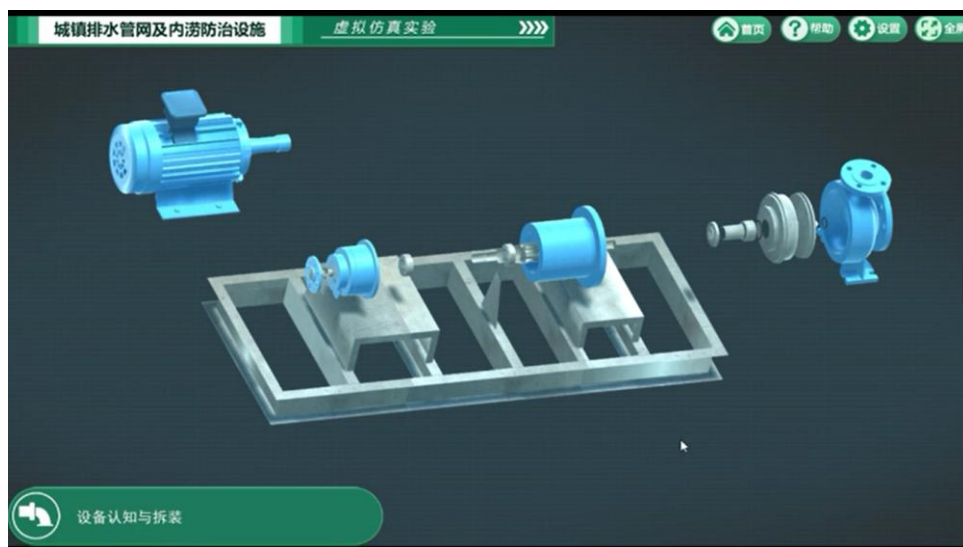
2-7 实验教学方法（举例说明采用的教学方法的使用目的、实施过程与实施效果）

城镇排水管网及内涝防治设施虚拟仿真实验教学针对给排水科学与工程高年级本科生，在掌握专业基本理论和方法后，使学生通过虚拟仿真工程场景和案例设置，交互方式完成各个实验项目，以达到综合运用所学理论知识与设计计算方法的目的。

本项目采用“工程训练情景教学法”的方式，应用于“虚拟现实与管网技术”课程教学，还可在后续毕业设计（排水方向）中用于复习巩固。

以下分别举两个例子，具体说明“认知实验”与“实验任务”的不同使用目的、实施过程与实施效果。

（1）“离心泵结构拆装”认知实验：



离心泵是排水工程中最常见的专业机械设备，为使学生对离心泵主要零件、结构特点有一定的感性认识，为掌握泵站设计、运行知识打好基础，该认知实验设计为让学生拖动鼠标，完成离心泵的拆装认知实验，学生可以清晰掌握叶轮、泵轴、机械密封、减漏装置、轴向力平衡措施等基本特点，达到满意的教学效果。

（2）“智慧水务”拓展认知实验模块

通过本模块的学习，使学生初步了解算法模型与业务耦合的智慧排水平台，理解将管网数学模型与数据库技术、物联网、GIS、人工智能等技术相结合，可以有效提升运行管理水平。该模块强化了虚拟仿真实验项目的工程应用背景，符合该领域未来发展方向，为学生毕业后使用工程模拟分析软件解决复杂工程问题奠定良好的基础。

首先，学生进入该模块，先看到实际现场情景（红色圆圈处为三处污水溢流点），然后三维场景下导入工程问题：

“某地区发生排水管网的溢流污染事故，影响恶劣，市民投诉。需要你搭建管网水动力模型，并提出解决方案。”



学生可按照提示，进入管网水动力模型搭建环节。该环节侧重于使学生理解算法模型与业务耦合的流程与思路。



学生按照流程图所示，完成相应的实验环节，点击“运行”，可得下图所示算法模型运行结果。图中清晰可见，A点处为污水溢流事故点，说明管道中水压超常，污水外溢，该管段排污能力低。

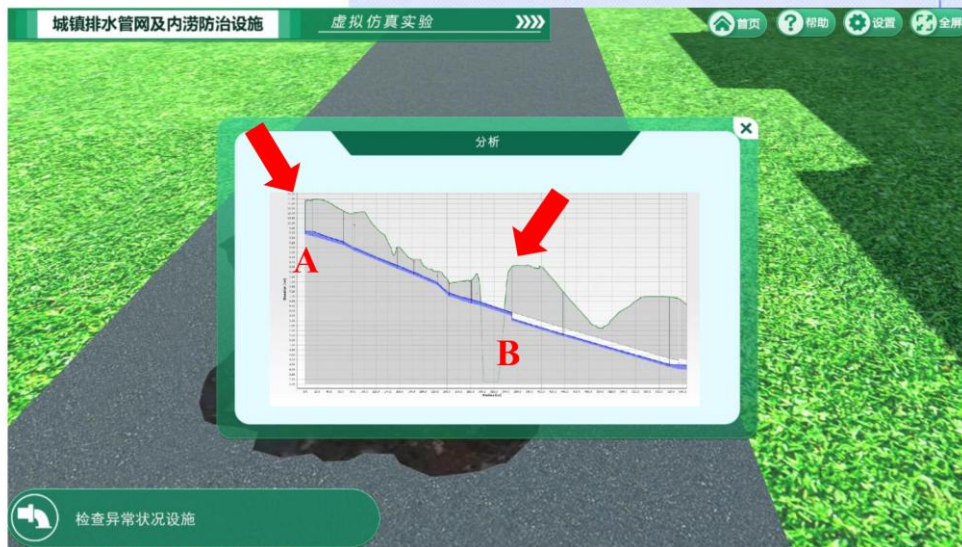
之后学生点击进入下一步骤，提出解决方案，每位同学依据自己判断，使用鼠标在图中选取管道中“瓶颈”位置，并记录成绩。



答案：瓶颈不在发生污水溢流的管网顶部。

问题是从下游管道开始。最优方案是选择 B 点。

若学生选择 B，则界面弹出：“恭喜你成功解决了污水管道溢流的问题！”。
若选择其他选项，则判为错误。



本模块案例均来源于教学团队多年的课题研究及应用成果，工程特色突出，内容体现前沿性。学生做完实验，可以快速理解算法模型在智慧排水（水务）平台的应用思路，拓宽了视野，提升了就业竞争力。

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）

通过“课前学生预习-课堂教师讲解与学生动手实操-课后提交实验报告-教师评价-学生评教-改进完善实验教学方法”的完整教学环节，本虚拟仿真实验教学方法采用学生自学和教师讲解、在线解答等多种方式相结合。

学生登录实验平台后，可以观看具有针对性的引导视频演示，理解实验原理和方法，熟悉实验步骤流程。



本实验项目共分为（1）污水管网与潜污泵站设计实验模块；（2）雨水管网设计实验模块；（3）内涝防治设施实验模块。（4）智慧水务拓展认知实验模块。学生交互性操作步骤大约为 50 步。

以“内涝防治设施实验模块”为例说明学生交互性的操作步骤，：

问题导入：某小区的一个在建项目要求进行海绵城市低影响开发，要求达到年径流总量控制率为 80%-85%的控制目标。项目预算为 200 万元，请你来帮忙完成设计方案。



步骤 1、学生点击 LID 设施图标，对应可实施区域则高亮，学生可以一块一块点击或拖拽设置 LID 设施，再次点击或拖拽即取消应用。也可以一键全部应用。

步骤 2、学生点击查看 LID 设施及造价，初步确定方案，选取单一设施成本，并计算。

步骤 3、学生点击确定单一设施的年径流总量控制率，并计算。

步骤 4—7、依据初步方案，学生能进行不同设施组合的模拟计算。计算公式如下，学生计算后录入数据：

组合铺装年径流总量控制率：

两种设施组合铺装年径流总量控制率=（各单一设施年径流总量控制率平均数）*1.05

三种及以上设施组合铺装年径流总量控制率=（各单一设施年径流总量控制率平均数）*1.07

步骤 8-10、学生点击下一步，可调入各单一设施成本，进行经济比较。

步骤 11、学生点击查看年径流总量比较结果，进行方案比选。

年径流总量控制率：渗渠 > 渗透铺装 > 生物滞留池 > 植草沟 > 绿色屋顶。

步骤 12、学生依据不同方案，计算结果并输入。点击“提交”后，系统直接给出分数。

（注：≥85%为满分，每减少 1%，扣两分）

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

2-10 考核要求

考核要求：根据学生提交虚拟仿真实验报告，以及综合评定成绩。

评分标准：

优：虚拟仿真设计的结果与结论完全符合《室外排水设计规范》要求，虚拟仿真实验报告内容完整，设计结果准确、可信。

良：虚拟仿真设计的结果与结论比较符合《室外排水设计规范》要求，虚拟仿真实验报告内容比较完整，设计结果准确。

中：虚拟仿真设计的结果与结论比较符合《室外排水设计规范》要求，虚拟仿真实验报告内容比较完整，设计结果较准确。

及格：虚拟仿真设计的结果与结论无原则性错误，基本符合《室外排水设计规范》要求，虚拟仿真实验报告内容基本完整，设计结果的错误不超过 15 处。

不及格：虚拟仿真设计的结果与结论不符合《室外排水设计规范》中强制性条款要求，内容很不完整，设计结果的错误超过 15 处。

2-11 面向学生要求

(1) 专业与年级要求

本实验项目应用在给排水科学与工程专业第 7 学期。

(2) 基本知识和能力要求等

先修课程：《计算机辅助设计 CAD》、《水力学》、《给水排水管网系统》、《排水管网系统课程设计》等。

要求具备独立完成排水管网系统课程设计能力，有一定的工程实习实践经历。

2-12 实验项目应用及共享情况

- (1) 本校上线时间：2018 年
- (2) 已服务过的本校学生人数：100
- (3) 是否纳入到教学计划：是 否
(勾选“是”，请附所属课程教学大纲)
- (4) 是否面向社会提供服务：是 否
- (5) 社会开放时间：1 年，已服务人数：50

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://eme.tcu.owvlab.net/vlab/czps.html>

3-2 网络条件要求

(1) 说明客户端到服务器的带宽要求（需提供测试带宽服务）

- 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-50M 带宽

(2) 说明能够支持的同时在线人数（需提供在线排队提示服务）

支持 100 个学生同时在线并发访问和请求，如果单个实验被占用，则提示后面进行在线等待，等待前面一个预约实验结束后，进入下一个预约队列。



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

Windows 7 及以上

(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

（勾选“是”，请填写）

插件名称插件容量:OWVLabRTESetup 插件容量 1.82MB

下载链接:<http://elec.owvlab.net/rainier/OWVLabRTESetup.exe>

(2) 其他计算终端非操作系统软件配置要求（需说明是否可提供相关软件下载服务）

浏览器推荐使用谷歌(Google Chrome)浏览器 55.0 以上版本、火狐(Firefox)浏览器 50.0 以上版本

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

计算机硬件配置需求（最低）	计算机硬件配置需求（推荐）
中央处理器： Intel® Core™ i5-7400-3.0GHz-4 核 4 线程 内存： 8GB 硬盘空间： 100GB 图形处理器： NVIDIA® GeForce® GTX 960 显存： 2G 及以上 显示器： 16:9 分辨率 1280*720 及以上 网络带宽： 10Mbps 操作系统： Windows 7	中央处理器： Intel® Core™ i5-8500-3.0GHz-6 核 6 线程 内存： 16GB 硬盘空间： 500GB 图形处理器： NVIDIA® GeForce® GTX 1060 显存： 4G 及以上 显示器： 16:9 分辨率 1920*1080 网络带宽： 50Mbps 操作系统： Windows 10 浏览器： Chrome、Firefox、遨游、猎豹、 360、QQ、搜狗、Edge 等

(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>城镇排水管网及内涝防治设施虚拟仿真实验项目的开放运行依托于开放式虚拟仿真实验教学管理平台的支撑，二者通过数据接口无缝对接，保证用户能够随时随地的通过浏览器访问该项目，并通过平台提供的面向用户的智能指导、自动批改服务功能，尽可能帮助用户实现自主的实验，加强实验项目的开放服务能力，提升开放服务效果。</p> <p>开放式虚拟仿真实验教学管理平台以计算机仿真技术、多媒体技术和网络技术为依托，采用面向服务的软件架构开发，集实物仿真、创新设计、智能指导、虚拟实验结果自动批改和教学管理于一体，是具有良好的自主性、交互性和可扩展性的虚拟实验教学平台。</p> <p>总体架构图如下：</p> <p>The diagram illustrates a five-layer architecture for the virtual simulation experiment platform. From top to bottom, the layers are:</p> <ul style="list-style-type: none"> 应用层 (Application Layer): Labeled '城市排水管网及内涝防治设施虚拟仿真实验' (Urban Drainage Network and Internal Flooding Prevention Facility Virtual Simulation Experiment). It includes '污水管网实验' (Sewerage Network Experiment), '雨水管网实验' (Rainwater Network Experiment), '内涝防治实验' (Internal Flooding Prevention Experiment), and '智慧水务实验' (Smart Water Service Experiment). 仿真层 (Simulation Layer): Labeled '开放式虚拟仿真实验教学管理平台' (Open Virtual Simulation Experiment Teaching Management Platform). It is divided into three main functional areas: '可视化' (Visualization) with '虚拟仪器' (Virtual Instrument) and '图形绘制' (Graphic Drawing); '建模与装配' (Modeling and Assembly) with '场景构建' (Scene Construction), '构件建模' (Component Modeling), and '构件装配' (Component Assembly); and '仿真分析器' (Simulation Analyzer) with '构件装配' (Component Assembly). 通用服务层 (General Service Layer): Labeled '开放式虚拟仿真实验教学管理平台' (Open Virtual Simulation Experiment Teaching Management Platform). It contains various management and service modules: '实验教务管理' (Experiment Administration), '实验教学管理' (Experiment Teaching Management), '理论知识学习' (Theoretical Knowledge Learning), '实验资源管理' (Experiment Resource Management), '智能指导' (Intelligent Guidance), '互动交流' (Interactive Communication), '实验结果自动批改' (Automatic Marking of Experiment Results), '实验报告管理' (Experiment Report Management), '教学效果评估' (Teaching Effect Evaluation), '项目开放共享' (Project Open Sharing), and '集成接口工具' (Integrated Interface Tools). 支撑层 (Support Layer): Labeled '开放式虚拟仿真实验教学管理平台' (Open Virtual Simulation Experiment Teaching Management Platform). It includes: '安全管理' (Security Management) with '身份认证' (Identity Authentication), '认证中心' (Authentication Center), '容器和服务安全' (Container and Service Security), and '访问控制' (Access Control); '服务容器' (Service Container) with '服务部署' (Service Deployment), '服务监控' (Service Monitoring), '服务批处理' (Service Batch Processing), and '服务通知' (Service Notification); '数据管理' (Data Management) with '数据访问' (Data Access), '数据缓存' (Data Caching), and '数据转换' (Data Conversion); '资源管理与监控' (Resource Management and Monitoring) with '资源管理' (Resource Management) and '监控分析' (Monitoring and Analysis); '域管理' (Domain Management) with '日志统计' (Log Statistics) and '系统管理' (System Management); and '域间信息服务' (Inter-domain Information Service). 数据层 (Data Layer): Labeled '数据层' (Data Layer). It consists of six data stores: '用户信息' (User Information), '课程库' (Course Library), '典型实验库' (Typical Experiment Library), '基础元件库' (Basic Component Library), '规则库' (Rule Library), '标准答案库' (Standard Answer Library), and '实验数据' (Experiment Data). <p>图 1 系统总体架构图</p> <p>如图 1 所示，支撑项目运行的平台及项目运行的架构共分为五层，每一层都为其上层提供服务，直到完成具体虚拟实验</p>

教学环境的构建。下面将按照从下至上的顺序分别阐述各层的具体功能。

(1) 数据层

城镇排水管网及内涝防治设施虚拟仿真实验项目涉及到多种类型虚拟实验组件及数据，这里分别设置虚拟实验的基础元件库、实验课程库、典型实验库、标准答案库、规则库、实验数据、用户信息等来实现对相应数据的存放和管理。

(2) 支撑层

支撑层是虚拟仿真实验教学与开放共享平台的核心框架，是实验项目正常开放运行的基础，负责整个基础系统的运行、维护和管理。支撑平台包括以下几个功能子系统：安全管理、服务容器、数据管理、资源管理与监控、域管理、域间信息服务等。

(3) 通用服务层

通用服务层即开放式虚拟仿真实验教学管理平台，提供虚拟实验教学环境的一些通用支持组件，以使用户能够快速在虚拟实验环境完成虚拟仿真实验。通用服务包括：实验教务管理、实验教学管理、理论知识学习、实验资源管理、智能指导、互动交流、实验结果自动批改、实验报告管理、教学效果评、项目开放与共等，同时提供相应集成接口工具，以便该平台能够方便集成第三方的虚拟实验软件进入统一管理。

(4) 仿真层

仿真层主要针对该项目进行相应的器材建模、实验场景构建、虚拟仪器开发、提供通用的仿真器，最后为上层提供实验结果数据的格式化输出。

(5) 应用层

基于底层的服服务，最终城镇排水管网

		及内涝防治设施虚拟仿真实验项目教学与开放共享。该框架的应用层具有良好的扩展性，实验教师可根据教学需要，利用服务层提供的各种工具和仿真层提供的相应的器材模型，设计各种典型实验实例，最后面向学校开展实验教学应用。
实验教 学项目	开发技术	<input type="checkbox"/> VR <input type="checkbox"/> AR <input type="checkbox"/> MR <input type="checkbox"/> 3D 仿真 <input type="checkbox"/> 二维动画 <input type="checkbox"/> HTML5 其他 <u>WebGL 技术</u>
	开发工具	<input checked="" type="checkbox"/> Unity3D <input checked="" 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 <u>Photoshop</u>
	运行环境	服务器 CPU <u>六</u> 核、内存 <u>32</u> GB、磁盘 <u>100</u> GB、 显存 <u>0</u> GB、GPU 型号 <u>无</u> 操作系统 <input checked="" type="checkbox"/> Windows Server <input type="checkbox"/> Linux <input type="checkbox"/> 其他 具体版本 <u> </u> 数据库 <input checked="" type="checkbox"/> Mysql <input type="checkbox"/> SQL Server <input type="checkbox"/> Oracle 其他 <u> </u> 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>
	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）	单场景模型总面数：900000 面 贴图分辨率：1024*1024 动作反馈时间：1 秒以内 显示刷新率：高于 30Hz（fps） 正常分辨率 1920*1080

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。)

本项目依据工程教育认证标准，以社会需求、环保行业职业需求为核心，以能力培养为主线，以虚拟仿真实验教学为抓手，探索构建复合型应用人才培养模式。秉承“以实为主、虚实结合”的建设思路，充分利用天津城建大学的优质资源与办学特色，紧握信息化革命浪潮带来的机遇，打破当前排水领域实践教学瓶颈，实现实验教学内容和方法的变革。

(1) 虚拟仿真实验教学项目建设的必要性及先进性

城镇排水管网及内涝防治设施是城镇水环境保护工程的重要基础设施，为践行习近平总书记提出的绿水青山就是金山银山的新理念，新形势对给排水科学与工程专业学生提出更高要求，也提供了更广阔的前景。该领域工程实践性强，为破解“地下隐蔽工程不可视，易燃有毒空间进不去”的实践教学难题，本教学团队利用现代多媒体技术，构建了现实教学中不可及的三维虚拟仿真场景，让学生在高度虚拟仿真的工程情景中进行规划、设计、运维，可有效地培养与提升学生专业素养。

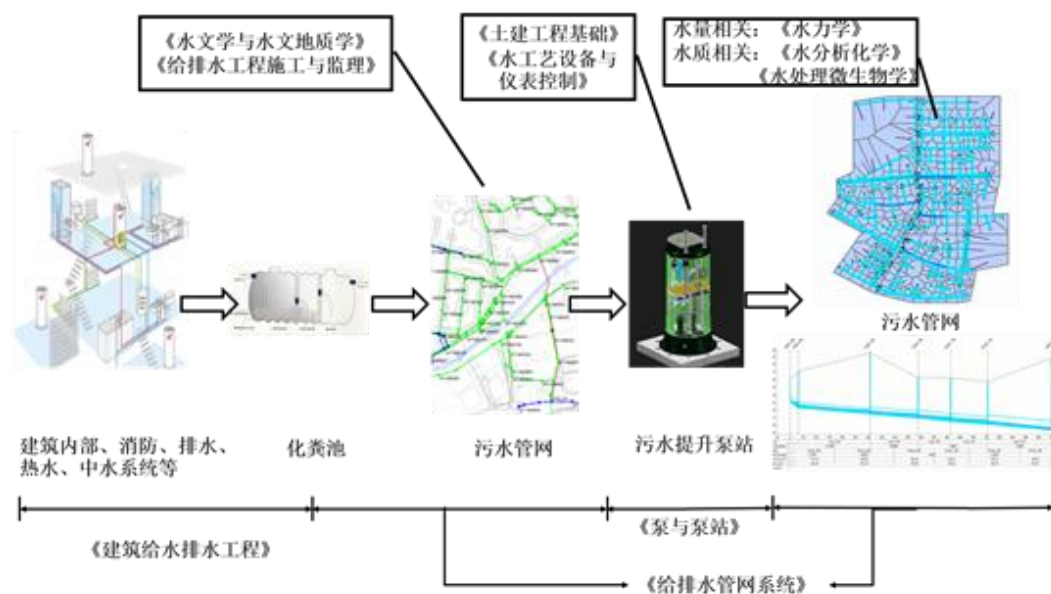
本教学团队人员配备合理，具有较为丰富的科研和工程经验，团队成员曾获 2018 年度天津市科学技术进步奖一等奖“中新生态城新型水系构建与实施保障关键技术与综合示范”(2018JB-1-013)，2017 年度天津市教学成果二等奖“工程教育专业评估认证体系下给排水科学与工程专业建设改革与实践”，承担水体污染控制与治理科技重大专项“天津海绵城市建设与海河干流水环境改善技术与示范项目(2017ZX07106)”子课题、天津市自然科学基金项目“城市内湖水华监测-预警-应急控制系统智能化调度研究”等相关科研项目。本项目的案例均来自于科研项目成果和工程项目成果，可保证实验内容的前沿性和工程特色。

(2) 教学方式方法

在实验教学中，针对排水工程实验项目设计步步深入环环紧扣的教学流程，强化重要知识点，使学生在熟练掌握实验操作的同时，深入理解操作背后的关键知识点。

特色 1. 以解决工程问题为导向，重构课程，在三维虚拟仿真场景中使学生建立环保工程全生命周期概念。

以污水管网系统为例（见下图），本实验项目充分利用新媒体技术优势，打破课程壁垒，重构课程，以工程问题为导向，体现专业基础课程、专业课程关联性、前后衔接性与交叉性，回归工程本身，结合工程“规划、设计、建造、运行、维护”场景，使学生建立工程全生命周期概念，形成完整产业链知识结构。新工科建设背景下，本虚拟仿真实验的设计是传统教学课程体系必要的归纳与总结。



特色 2. 三维虚拟仿真场景中强化学生安全意识。

城镇排水工程中的大部分管网和设施都属于易燃易爆气体聚集的危险地下有限空间，每年在全国各地的安全事故高发。但是在传统教学的理论课程与实践教学环节（课程设计、工程实习、毕业设计）中，都无法充分体现其危险

性，难以引起学生的高度重视，本实验项目中设计了三维虚拟仿真场景下安全运行、设备维护的内容，目的是提高学生的避险能力，教会学生遇险后正确的施救措施，是传统工程教育教学课程体系重要的拓展。

特色 3. 将教学团队中智慧水务相关的科研成果、工程经验与三维虚拟仿真实验相结合，训练学生解决复杂工程问题的思维能力。

本实验项目分别以住建部《海绵城市建设技术指南—低影响开发雨水系统构建》与水环境模型的工程应用案例为依据，结合团队多年的科研成果和工程经验，开发了“控制投资成本前提下低影响开发雨水系统设计实验”与“模型算法解决污水管网异常事故排查实验”等实验项目，实现多学科融合交叉，训练学生解决复杂工程问题的思维能力，满足工程教育认证标准要求，是传统教学的延伸与拓展。

(3) 评价体系

项目从多角度对学生的实验掌握程度进行评价。在城镇排水管网及内涝防治设施的实验教学过程中，采取“认知学习—实验操作—考核”的层层递进方案，要求学生清晰记录重要实验步骤，分析实验数据，实验结束后撰写实验报告。这一评价体系为学生提供了多次反复练习的机会，循序渐进，最终能够独立正确操作所有实验步骤，通过考核。

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)

面向高校的教学应用计划:

通过调研考察,本虚拟仿真实验教学团队已与山东建筑大学给排水工程虚拟仿真实训中心、西安理工大学市政工程虚拟仿真实训中心、浙江建设职业技术学院BIM虚拟仿真实训中心等单位建立了良好的沟通机制,共同希望推进虚拟仿真教学资源建设方面的合作,在未来形成有效的教学资源共享机制,组建市政排水管网虚拟仿真实验教学中心联盟,服务城镇化和城市现代化进程,在教学组织管理、教学经验、教材建设等多方面实现资源共享。

持续建设与更新:

城镇排水管网及内涝防治设施“三分靠设施,七分靠管理”,未来持续建设与更新的设想将在现有三维可视化设计、水动力模型基础上,加强排水管网及内涝防治设施运维管理专业内容,形成该领域完整产业链,完善知识体系,提升本科生就业竞争力。

持续提供教学服务计划:

通过构建城镇市政排水管网及内涝防治设施规划、设计、运维、调度三维可视化系统,为相关企业的工程技术人员提供培训,扩大本项目的受众面,更好地服务于社会。

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	城镇排水管网及内涝防治设施虚拟仿真实验教学软件
是否与项目名称一致	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
著作权人	天津城建大学
权利范围	全部权利
登记号	2019SR0903419

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）：

年 月 日

9.附件材料清单

1.政治审查意见（必须提供）

党委对该项目校内、外团队成员情况进行了审查，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，具体见附件一。

2. 软件著作权登记证书

3. 所属课程教学大纲

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。

主管校领导（签字）：

（学校公章）

年 月 日

附件一 政治审查意见

天津城建大学 2019 年度申报国家虚拟仿真实验教学项目

政审意见表(校内人员)

本校党委已对以下我校 13 位项目团队成员情况进行审查,该成员们均拥护中国共产党领导,热爱祖国,具有良好的政治素养,政治立场坚定,遵纪守法,忠诚党的教育事业。

王蕾,苑宏英,马华继,郑剑锋,汪艳宁,温海涛,逢国林,员建,王少坡
姜远光,穆荣,丁艳梅,张景丽


所申报的“城镇排水管网及内涝防治设施虚拟仿真实验教学”项目内容的政治导向、政治方向、价值取向完全符合党的路线、方针、政策。

特此证明!


中国共产党天津城建大学委员会

2019 年 8 月 29 日

**天津城建大学 2019 年度国家虚拟仿真实验教学项目
政审意见表（企业人员）**

姓 名	王浩宇	性 别	男	民 族	汉
出生年月	1993.09.14	政治面貌	群众	职 务	部门经理
工作单位	北京润尼尔网络科技有限公司		联系电话	18810604313	
项目名称	城镇排水管网及内涝防治设施虚拟仿真实验				
本人的政治、思想、工作表现；是否有违法、违纪及违反学术规范的行为记录	王浩宇同志于 2017 年 10 月进入我单位工作，现负责产品经理一职。该同志政治立场坚定。遵纪守法，努力工作，认真完成领导交办的各项工作任务，该同志忠诚党的教育事业，爱岗敬业、严谨治学、为人师表，处处严格要求自己。在思想上，该同志坚持四项基本原则，拥护中国共-产-党的领导，积极参加单位组织的各项政治学习，努力提高自己的思想政治觉悟，严格遵守单位的各项规章制度。				
本项目是否具有正确的政治方向、价值取向	是。				
企业党委政审意见： <div style="text-align: right; margin-top: 50px;">  单位（盖章）： 签字： 年 月 日 </div>					

**天津城建大学 2019 年度国家虚拟仿真实验教学项目
政审意见表（企业人员）**

姓 名	王喆	性 别	女	民 族	汉
出生年月	1993.09.26	政治面貌	群众	职 务	部门经理
工作单位	北京润尼尔网络科技有限公司		联系电话	13051393759	
项目名称	城镇排水管网及内涝防治设施虚拟仿真实验				
本人的政治、思想、工作表现；是否有违法、违纪及违反学术规范的行为记录	王喆同志于 2016 年 4 月进入我单位工作，现负责管理平台相关工作。该同志政治立场坚定。遵纪守法，努力工作，认真完成领导交办的各项工作任务，该同志忠诚党的教育事业，爱岗敬业、严谨治学、为人师表，处处严格要求自己。在思想上，该同志坚持四项基本原则，拥护中国共产-党-的领导，积极参加单位组织的各项政治学习，努力提高自己的思想政治觉悟，严格遵守单位的各项规章制度。				
本项目是否具有正确的政治方向、价值取向	是。				
企业党委政审意见： <div style="text-align: right; margin-top: 50px;">  <p>单位（盖章）： 签字： 年 月 日</p> </div>					

附件二 软件著作权登记证书

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4324176号

软件名称： 城镇排水管网及内涝防治设施虚拟仿真实验教学软件
[简称： DS-WLC VRE]
V1.0

著作权人： 天津城建大学

开发完成日期： 2018年07月05日

首次发表日期： 2018年07月18日

权利取得方式： 原始取得

权利范围： 全部权利

登记号： 2019SR0903419

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. 04472554

2019年08月30日

附件三 所属课程教学大纲

《虚拟现实与管网技术》课程教学大纲

一、基本信息

中文名称：虚拟现实与管网技术

英文名称：Virtual Reality and Pipe-networks Technology

课程代码：16065126

课程性质：专业选修课

学分：总学时 24 学分：1.5（其中理论：16，上机：8）

适用学院及专业：环境与市政工程学院给排水科学与工程专业

先修课程：给水排水工程施工，给水排水管网系统(1)，给水排水管网系统(2)，建筑给水排水工程A

开课学院、部、中心：环境与市政工程学院

二、课程地位与作用

《虚拟现实与管网技术》是给排水科学与工程专业的一门专业选修课，主要讲述虚拟现实技术与地理信息系统（GIS）技术、数据库技术相结合，实现城市地下管网资源管理的可视化、信息化，加强决策的科学性，提高管理效率。本课程将管网技术理论与前沿科技手段相结合，拓宽学生视野，加深理解相关专业课程知识。

三、课程教学目的和要求

通过课程学习，了解虚拟现实技术在城市仿真领域的应用，并进一步了解在给水排水管网设计、监测和维护等方面的应用，通过上机实践环节，了解Vizard软件的基本功能模块，并能初步掌握给水排水管网设计的基本方法和步骤及相关运营、管理知识。

四、主要教学内容

第1章 虚拟现实概论（2学时）

本章应了解虚拟现实技术的基本概念、原理、本质，产生和发展历程，虚拟现实技术的分类、应用及其与其它技术之间的关系。

重点：全面了解和认识虚拟现实，了解其在各个领域的应用现状及发展前景。

第2章 虚拟现实的相关技术（2学时）

本章应了解虚拟现实中的计算机图形学原理、建模技术、实时动态绘制技术，熟悉技术分类和各类技术的核心要点。

重点：了解虚拟现实各类技术的原理

第3章 虚拟现实软件及应用（6学时）

选取3Dmax /vizard/ Reivit 或其它可用于构造虚拟现实场景的软件，结合实例从场景模型构建、初始化场景、多视口的实现等方面对其功能模块进行详细讲解。

重点：掌握简单场景建模方法。

第4章 给水管网设计及应用（2学时）

本章系统回顾给水管网设计、施工及维护的要点，分析总结应用虚拟现实技术解决相关问题的关键点及先进性。

重点：系统性回顾给水管网设计相关知识点，结合虚拟现实技术，重新构建解决方案

上机一：给水管网模型构建（2学时）

应用软件构建三维模型，搭建虚拟建筑场景。

第5章 排水管网设计及应用（2学时）

本章系统回顾排水管网设计、施工及维护的要点，分析总结应用虚拟现实技术解决相关问题的关键点及先进性。

重点：系统性回顾排水管网设计相关知识点，结合虚拟现实技术，重新构建解决方案

上机二：排水管网模型构建（4学时）

以任务书形式布置污水、雨水管网模型构建的各项参数要求，并在软件中实现设计和管理。

第6章 在虚拟现实软件中实现管网规划设计的案例讲解（2学时）

以工程案例为导向，以实际操作结合内容讲解，让学生在了解基本操作方法的基础上，直观感受到虚拟现实技术在解决问题上的精确性、便捷性和高效性。

上机三：虚拟现实与管网技术的综合实践（2学时）

将已搭建好的虚拟建筑场景与智慧水务工程案例相结合，并能实现设计与管理功能。

五、课程考核和成绩评定方式

本课程采用结课大作业与平时成绩相结合的考核方式，大作业考核占70%、大作业要求3000字以上；平时成绩占30%，平时成绩考核方式为考勤。

总成绩评定为合格、不合格二级分制。

六、教材及参考文献

1、教材

自编

2、主要参考教材

[1]苗志宏，虚拟现实技术基础与应用，北京，清华大学出版社，2014

[2]李新晖，陈梅兰.虚拟现实技术与应用，北京，清华大学出版社，2016

[3]严煦世，刘随庆.给水排水管网系统（第三版），北京，中国建筑工业出版社，2014

执笔人：王蕾

审核：苑宏英