

流域水环境生态安全评估虚拟仿真教学 平台研发与应用¹

王祥荣、谢玉静、方雷、樊正球

(复旦大学环境科学与工程系, 复旦大学国家级环境科学虚拟仿真实验教学中心, 上海 200438)

“水环境生态安全评估”是高校环境科学与工程、自然资源与环境保护等相关专业的本科骨干课程或专业选修课之一, 本文以该课程的教学为载体, 结合先进的虚拟仿真(VR)与3D建模实验教学手段, 通过设计开发建设“流域水环境生态安全评估”虚拟仿真实验教学平台, 解决学生在自然保护与环境生态教学中无法进行实地环境考察研究和考察不完全的问题, 能更加全面而深入地了解环境生态的内涵与特点、节约成本与时间。也将使学生在多维信息环境中身临其境, 建立三维环境模拟, 长期(数百年)环境演变模拟以及环境规划与治理交互的虚拟实验项目, 达到“不用身临其境, 胜似身临其境、以虚补实”的教学效果, 有助于提高实验教学质量、提高教学水平。

一、教学目的与方法

以“虚”补实、应用VR技术和多媒体技术获得实体环境无法达到的教学效果; 建成实验实训与沉浸式服务平台与场景, 基于互联网形成信息化管理平台, 在交叉学科融合发展与互联网+的大背景下, 为环境科学与工程类师生提供一个综合性的教、学、考、练的教学项

¹ 资助项目: 2020 教育部首批国家级虚拟仿真实验教学一流课程项目“No. 79 水环境生态安全评估虚拟仿真教学实验”。

目，为学校提供生态环境科学虚拟实验资源共享和软件教学资源共享。

基于自然保护与环境生态学科特点和教学体系要求，通过对大量已有环境数据的 3D 建模和 VR 仿真设计，以长三角区域水环境生态安全为例建构环境教学虚拟场景，使学生从不同的方向和角度来亲身感受到认识复杂的地质地貌、水文、水资源、水环境、水安全、气象气候、土壤、植被、灾害等环境数据的空间关系和物理关系，深化对它们内在关系和内部机理的理论研究。

二、实验原理及知识点

该实验使用 CLUE-S、IVEST 模型进行模拟预测未来变化，实现地表水水质生态安全与水资源综合评估、实习采样、动态推演、常规管理和应急预案管理的模拟（以河流与湖泊流域及海岛为例）；同时运用城市复合生态系统的系统动力学 SD 模型与生态耦合模型，对影响流域生态风险累积效应的 PREED（人口-资源-环境-经济-发展）五大要素构成的系统现状进行未来时段（以 100 年为例）的仿真和模拟比较。知识点共 16 个，即：

- (1) 国内外常用河湖水质与环境生态模型
- (2) 地下水的自净作用
- (3) 河流生态系统的自净作用
- (4) 水量生态平衡
- (5) 水资源与水环境危机
- (6) 河流二维水质模型
- (7) 水污染及其成因
- (8) 水文循环
- (9) 饮用水现状
- (10) 海绵城市与韧性城市

- (11) 气候变化与海平面上升
- (12) 海平面变化机制
- (13) 溢油原理与模拟
- (14) 污染物扩散原理与模拟
- (15) 水动力模型与模拟
- (16) 水质监测采样基本操作

三、平台架构及开发设计内容

该教学实验平台基于环境科学与工程、自然保护与环境生态类课程的教学特点、实验教学体系要求，应用先进的三维虚拟仿真技术、多媒体技术方法，建成实验、实训与沉浸式服务平台与场景，并基于环境互联网形成信息化管理平台（图1），为自然保护与环境生态类师生提供一个综合性的教、学、考、练的虚拟仿真实验教学项目。

其内容主要包括：

以 B/S 架构设计，基于复旦大学国家级环境科学虚拟仿真实验教学中心管理信息平台运行。实验基于 Unity3D 技术，使用 3DMax 软件进行场景搭建。系统包括数据层、支撑层、仿真层、业务层和用户 UI 五层架构。

- 1. 数据层：**数据层存储了实验建模信息，实验操作步骤信息，用户信息，参数变量原始数据，作业信息和实验数据等。
- 2. 支撑层：**是本系统的正常运行的基础，webapi 接口实现后台管理和操作功能。
- 3. 仿真层：**根据实验操作和场景进行建模，还原虚拟仿真实验和虚拟实习本身。
- 4. 业务层：**系统功能的集成和表现形式，教学和实验相关功能在层实现。

该平台能够实现地表水水质生态与水资源综合评估、动态推演、常规管理和应急预警管理的模拟（以湖泊和流域为例）；能够建立在真实水质监测数据和环境生态模型的基础上，以真实的河段、湖泊污染案例为背景，结合水环境、水资源的相关基础理论与技术方法（水质模型、水质动力学过程、水生态风险诊断等），综合实现数据分析、水力模拟、态势推演、应急预警与响应等功能。能够运用城市复合生态系统的系统动力学 SD 模型与生态耦合模型，对影响区域生态风险累积效应的 PREED（人口-资源-环境-经济-发展）五大要素构成的系统现状进行未来时段（以 100 年为例）的仿真和模拟比较。实现在既定情景和条件设定下，对例如咸潮入侵、海平面上升、温室气体排放、风暴潮、交通状况改变、产业布局、城市经济开发强度等威胁城市生态安全的主要风险因子进行仿真模拟与防控的功能，图 2 为实验教学平台运行的部分截图。

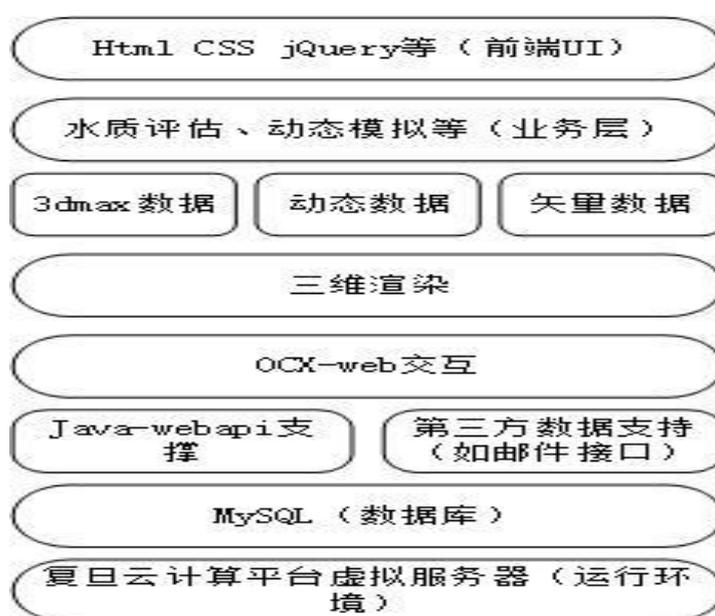


图 1 实验平台技术架构图

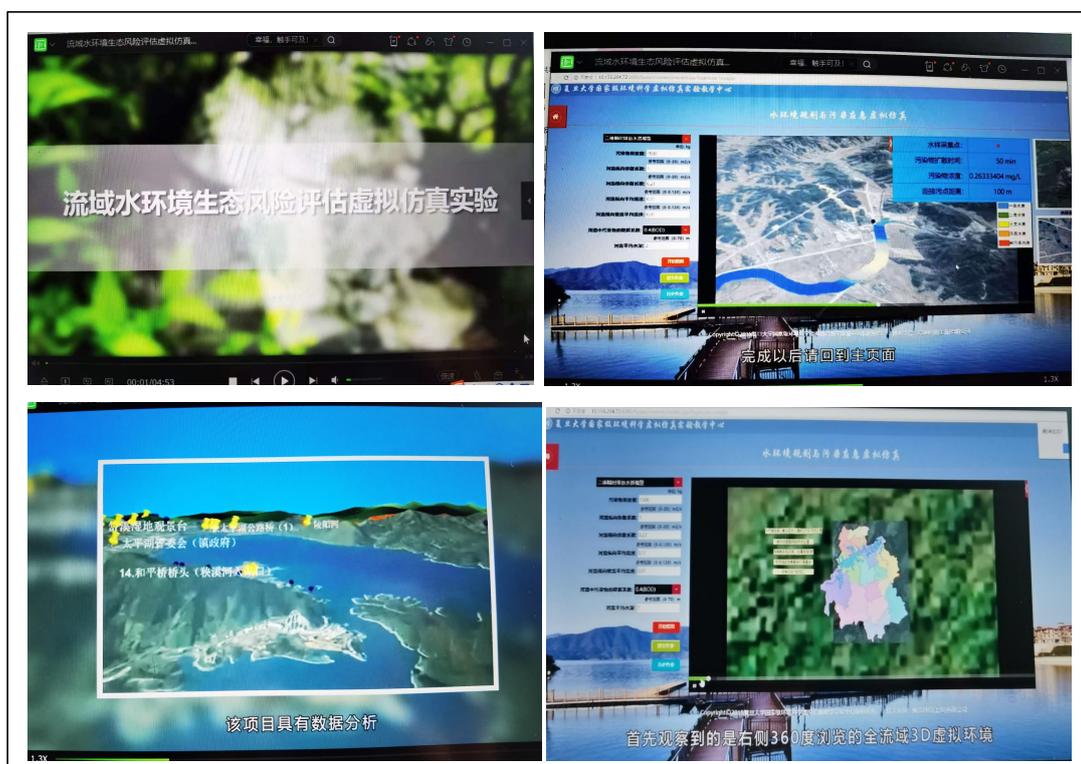


图 2 流域水环境生态安全虚拟仿真实验教学平台截图

四、所需实验设备及软件支持

本 VR 课程教学平台基于 BS 模式，能安装绝大多数流行的浏览器的操作系统均符合要求。测试通过的操作系统有 Win 7 以上版本操作系统, Mac OS X 操作系统 10.8 以上版本, Ubuntu17.0 操作系统; IE8.0 以上版本, Chrome49 以下版本, Safari, 360 浏览器等。三维在线虚拟仿真系统采用 Unity3D 插件，建议使用 IE 内核浏览器，例如 IE、360 浏览器等。

计算机硬件配置要求主频 1GHz 以上，显存容量 256MB 以上，内存容量 512MB 以上、存储容量 10GB 以上；CPU：有 DX9 功能的显卡。

本教学平台应用了 Eco-Engine, Eco-tech, 3D Landscape Design,

Phonics, 3D 仿真技术、AR 技术、动画技术、WebGL 技术、OpenGL 技术等。离线虚拟仿真系统需要 360 度 3D 高清摄像头、投影仪、VR 眼镜。

应用的模型与数据库主要有：环境与生态模型库、河流域湖泊水质模型库、长三角地区水质环境监测数据库、土地利用数据库、森林数据库及社会经济统计数据、海绵城市模型等。

五、结 语

该实验教学平台通过建立面向环境科学与工程、自然保护与环境生态类课程的虚拟仿真实验教学空间和软件项目开发,探索了推进情景模拟式、VR 教学模式和参与体验式、教学互动式(平台软件具有学生在线完成作业及教师指导与批改作业的功能)技能的教学途径与方法,并将相关的科研成果(如十三五国家重点研发计划成果 **2016YFC0502700**)转化为教学内容加以应用,丰富实验教学体系,克服了传统教学实验“做不到、做不好、做不了、做不上”的问题,使学生从不同的方向和角度来亲身感受到认识复杂的环境、人文、生态要素之间的空间关系和物理关系,深化与拓展对其内在关系和内部机理的理论研究和实践教学,提升学生的环保理念和家国情怀,以“虚”补实、获得实体环境和传统教学无法达到的教学效果。但由于 VR 技术的复杂性与环境类教学情景模拟的契合点还需进一步探索,其教学体系的结构与功能仍需完善;期待未来可以研发出更好的教学产品,为新时代高校环境教学改革与创新做出更大的贡献。

参考文献

- [1] （课程教学平台网址：
<http://ilab.fudan.edu.cn/envi1/Fudanenvironment/65/70/list.html>）。
- [2]王祥荣：普通高等教育“十一五”国家级规划教材：城市生态学，2011，上海：复旦大学出版社。
- [3]张尚弘，易雨君，王兴奎著，2011. 流域虚拟仿真模拟，北京：科学出版社
- [4]赵经成，2008. 虚拟仿真训练系统设计与实践。国防工业出版社。
- [5]王炜、包卫东、张茂军、熊志辉、徐玮，2007. 虚拟仿真系统导论，国防科技大学出版社。