

# 基于虚拟仿真在水利工程施工混合式教学模式研究

蔡征龙 孟永东 李洋波 明华军

(三峡大学水利与环境学院, 湖北宜昌 443002)

**摘要:**针对水利工程施工过程难以复现、施工场地、仪器设备、作业时空限制的问题,本文提出了一种基于虚拟仿真的混合式教学模式,利用虚拟仿真技术将过于抽象、难以实施的水利施工作业和工艺转化为可直观可视、低成本重复运行的真实场景,通过人机交互和沉浸式应用模式,构建“线下教学实习+线上虚拟实现”的水利工程施工虚拟仿真的新型混合教学模式。教学实践表明,混合教学模式对学生的探究性学习、自主学习和创新实践有着显著的促进作用,有效提高了教学效果。

**关键词:**混合式教学;虚拟现实;水利工程施工

水利工程施工涉及到各类水利设施建设,包括水库、输水渠道、泵站、水闸、水处理设施等。水利工程施工课程是工科院校中的一门专业课程,是水利类专业教学体系中的核心课程,它涵盖了水利工程施工的理论和实践教学知识两个维度,注重对学生专业理论和实践能力的综合培养。但水利工程施工作业复杂多样,存在大量不可复现、难以实施的水利施工场景,导致传统实验教学往往仅以简单验证性实验为主,各实验内容相互独立,难以与学生产生互动交互,激发学生的学习热情,给水利工程施工教学带来了很大挑战。为提高水利工程施工教学的效果和质量,响应教育部“拓展课程深度,切实提高课程教学质量”的教育目标,针对目前传统水利工程课程线下教学试验施工周期长、施工工艺和环境复杂多变、隐蔽工程难以现场展示等问题,导致学生无法深度参与学习,难以满足学生的实践要求。

本文通过整合水利工程科研团队在水利工程施工仿真及水利三维数字化方面的科研成果,利用相关科研成果来反哺实践教学,以此构建水利工程的虚拟仿真试验系统,有效消除教学与科研两者间的壁垒,综合发展各自优势,发展学生的科研思维 and 创新能力,培养水利行业的高质量人才。同时,利用虚拟仿真技术的人机交互和沉浸式特点,学生可通过虚拟试验系统的反复操作学习,可以充分弥补水利教学实习和实践课程中学生参与的不足,提高学生的工程实践和创新能力。将传统水利工程实验教学与现代科技相结合,以科研成果和现场实例数据为底层支撑,将科研成果与专业教学有机融合,有效突破水利施工的时空局限性,将虚拟仿真实践教学融于课堂线下理论教学和线上交互实验教学的混合教学模式中,推动水利工程施工课程的理论和实践的教学改革。

## 一、水利工程施工虚拟仿真教学的必要性

为适应新时代水利工程建设要求,紧密结合国家对水利工程技术人才的迫切需求,应以国家大型水利工程为背景,加强大型水利施工的实验建设,探索水利工程创新人才的培养模式,提高学生水利工程施工的系统性认知和综合能力。但在多年的传统教学实践中,由于水利高坝工程往往规模宏大,涉及各种水工建筑物及相关施工作业复杂多样,各自施工特点明显、施工难度大、浇筑方案复杂,使得大多数水利工程施工实验课程仅限于传统基础实验,尚存在诸多不足:①工程尺度实验难以开展。由于水利

工程规模、场地和仪器等的限制,导致工程尺度实验成本过高,难以开展同尺度的水利工程施工模拟实验,与实际工程尺度差异明显,仅依赖书本教材、课堂老师讲解和有限的实验模型,学生难以熟悉了解到现场水利工程施工技术的关键要点,很难将所学知识要点与现实工程场景问题紧密联系起来。②施工场景和施工过程无法复现。由于水利工程施工周期长、施工工艺和环境复杂多变、隐蔽工程难以复现,无法全面再现真实的施工场景和施工过程,难以将传统课程教学知识点与现场实际结合,导致学生无法完全理解水利工程施工技术要点、施工过程的整体性认知;③学生参与程度低。传统教学过程中往往由教师在课堂上为学生讲解施工要点、原理及施工过程,一些关键施工过程和技术也只能从外观进行观摩,无法深入内部了解其施工原理及运行情况,且由于实验场地和仪器等限制,实验小组的分工,各个学生的操作要求各不相同,难以理解实验的全部施工知识点。④课时压缩严重,影响教学质量。随着科技的不断发展,新的水利工程施工方法和技术更新换代,使得水工专业人才培养的教学内容也随之增加,但水利工程施工课程的课时却被不断压缩。以三峡大学水工专业为例,水利工程施工课程已从64课时缩减到48个课时,实验教学也被压缩到4个课时,这给水利工程施工教学质量带来了极大挑战。⑤教学组织模式单一。常规的教学模式往往在课堂以班级为单位进行,严重受限于师生时间和课堂地点的限制。

鉴于以上不足,为提高学生的实践能力,以“产-学-研”协同提升为目标,构建水利工程施工虚拟仿真平台,全面覆盖水利专业的基础理论内容,开展水利工程施工课程实验教学改革,建立水利专业基础理论和虚拟现实实践教学的混合教学模式。利用虚拟现实技术自主开放的环境,通过整合水利工程科研团队在水利工程施工仿真及水利三维数字化方面的科研成果反哺实践教学,以此构建水利工程施工的虚拟仿真试验系统,消除教学、科研与产业三者间的壁垒,综合发展各自优势,发展学生的科研思维 and 创新能力,培养水利行业的高质量人才。以期引导学生的科研思维。

## 二、混合教学模式下的虚拟仿真平台构建

根据水利工程施工课程的教学要求,结合水利工程施工、组织与管理课程组的教学经验和前期科研团队虚拟现实和三维可视化的科研成果,根据虚拟仿真技术的人机交互性、沉浸式场景的特点,利用计算机图像处理、传感器科学与人工智能技术,以三维可视化来生成虚拟的现实水利工程试验环境,构建开放式水利工程重大建筑物及施工场景和施工过程的虚拟仿真平台。该平台主要由数据层和模块层组成,数据层主要是对水利工程的水工建筑物及相应施工场景进行三维建模,采用虚拟仿真技术手段对施工方案、施工作业和设备等多类型的水利工程场景进行全方位虚拟仿真,对水利工程的施工过程及施工方案进行动态演示。同时,可以模拟水利工程项目的运行参数和效果,帮助学生掌握各个施工环节的基本技能,通过构建真实的多类型水利工程的场景环境,

方便学生了解水利工程各水工建筑物特点、施工工艺、施工流程等。在平台的模块层,教师和学生可以利用虚拟仿真技术进行人机交互式学习。教师可以根据教学目标和需求,创建教学场景,组织学生进行线上或线下的实践活动。学生可以通过与虚拟场景互动,进行实践操作和问题解决,从而加深对水利工程施工的认知和技能,教师也能通过平台实时了解学生的学习情况,为水利工程施工教学提供更全面的评估依据,帮助他们更准确地评价学生的学习成果和能力发展。

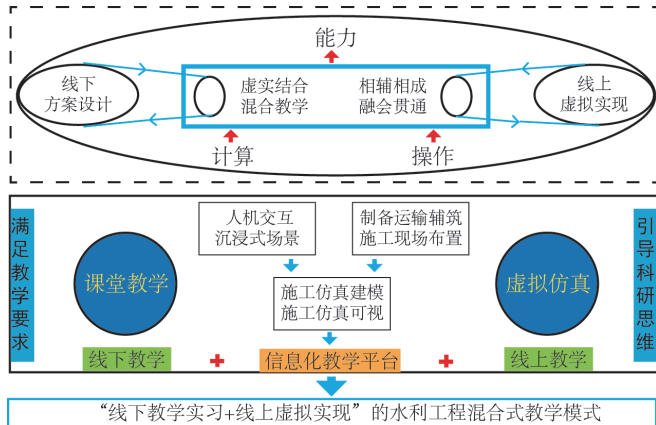


图1 水利工程施工虚拟仿真的新型混合教学模式

基于人机交互的水利工程施工虚拟仿真教学平台,将虚拟仿真实验与传统课程教学、现场实习密切结合,利用该系统可以生动形象的进行大型水利工程施工场景的演示,突破施工作业和仪器设备在场地、时空实验或实践用房短缺等限制,允许学生在宿舍、家中等不同的课外场景中通过网络随时进行实践学习操作,有效缓解实验器材、场地设施和人力资源等方面的瓶颈制约,能够实现离散性、非线性或非平衡性问题的模拟研究,还能有效避免实践教学中可能导致的安全隐患和环境污染等问题。与此同时,虚拟仿真教学平台可将教师和学生置于同一水利施工场景中,全体师生共同参与,学生之间的多人协同完成某一个施工场景教学内容,可以有效培养了学生间的团队协作能力,教师也可以通过每位学生的施工操作实时掌握学生的学习进展,并进行及时的沟通指导,改变了传统的老师“讲解-学生记录要点-考试”的教学方式(图1)。与此同时,水利工程施工虚拟仿真教学平台将虚实结合,探索构建完整的课程实践教学模式,构建“线下课堂教学+线上虚拟实现”的水利工程虚拟仿真的新型混合教学模式,如在虚拟仿真线上实验教学中设计了截流工程、混凝土浇筑施工方案,可在线下课堂教学和学生的课程设计中适当删减相关教学任务量,在一定程度上减轻学生课程设计任务量,解决学生短期内难以按时按量完成的难题,有效实现该课程的实践教学目标、培养学生水利施工技术问题能力。这种新型混合教学模式可全面覆盖水利工程施工课程的基础理论内容,有效引导学生的科研思维,促进水利工程施工的“产-学-研”一体化发展。

### 三、混合教学模式下的虚拟仿真教学实践

目前,水利工程施工传统教学过于依赖于实体课堂教学形式,课本和教师在教学过程中承担主要角色,教学内容、方法、结果均全由教师预先制定,学生无需自己思考、按部就班的跟着老师的讲解,就能得到理想的试验结果,导致学生的主观能动性差,

无法增加学生的内在驱动力,限制了学生的自主学习能力和科研思维。将虚拟仿真实验与传统课程教学、现场实习密切结合,学生可在虚拟平台上通过水利工程施工过程中的各种虚拟场景的观察和探索,如水工建筑物的特点、施工工艺和施工流程等,深入了解和体验水利工程施工的实际情况,有效激发学生的自主探索能力,充分调动学生的学习兴趣和爱好。且可以针对不同学生的学习情况构建不同的施工虚拟情景,让学生重复不断的进入出现问题的施工场景进行反复虚拟仿真模拟操作,学生可以通过不断的自我调整尝试,引导学生强化熟悉各水工建筑物的特点,直到找出问题发生的原因,并可自主尝试提出相应的解决方案,有助于加深学生全面认识水利工程施工的工艺和方法,改变了传统教师“讲解-学生记录要点-考试”的教学方式,突破了施工作业和仪器设备在场地、时空的限制,全面覆盖水利工程施工课程的基础理论内容,既可大幅降低水利工程施工的实验成本、提高实验的安全性。

水利工程的各水工建筑物特点鲜明,导致施工方案及施工工艺各不相同,复杂多变的水工建筑物和施工作业流程,这要求了水利工程专业的学生练就较强的专业素养,对水利工程施工的教学质量提出了较高的要求。混合教学模式下的虚拟仿真教学实践不仅可以满足学生学习的需求,同时还有助于构建以现代科技手段为支撑的教育体系和智慧教学平台,提供模拟学习评估功能,学生可在平台中随机选取考核内容,如截流工程、混凝土浇筑、土石方开挖等,通过模拟水利工程项目运行参数和效果,帮助学生掌握各个施工环节的基本技能,平台根据学生操作成果自动进行评分,以便老师公正、合理、综合性地考评学生理论知识与实际仿真操作能力。这种“线下课堂教学+线上虚拟实现”的水利工程虚拟仿真的新型混合教学模式涉及教师、学生、课程、管理等多个方面,构建通过模拟考核和实时反馈,帮助学生检验和巩固所学知识。学生可以在虚拟环境中进行模拟实验和考试,老师可以根据评估结果实时了解学生的学习进展并进行动态调整教学,有效推动了虚拟仿真技术在水利工程教育中的应用,减少实践教学中可能出现的安全隐患和实验成本,提高教学效率和效果,完善了水利工程专业课程的教学内容和教学模式,通过线上混合教学的长时间反复实践训练学习,提高学生的综合素质和实践能力,为水利工程专业课程的教学改革提供了新思路和新方法。

### 四、结语

基于虚拟仿真的水利工程施工平台,探索出一条虚实结合“线下教学实习+线上虚拟实现”混合教学模式,有助于优化水利工程专业的课程内容和教学方式,提高师生双方的活跃度和积极性,提高学生的专业素质和实际应用能力。虚拟仿真水利工程施工混合教学模式的实施将使“产-教-研”的有机结合,促进了教育信息化和智慧教育的进程,可为其他院校水利类专业的实践教学改革提供参考和借鉴。

### 参考文献:

- [1] 王之君, 龚成勇, 王昱. 水利工程施工混合式虚拟仿真实验教学设计与实践 [J]. 实验科学与技术, 2022, 20(03): 31-36.
- [2] 张文华, 袁文, 李东升等. 虚拟仿真技术在实践教学的应用 [J]. 高师理科学刊, 2021, 41(07): 86-90.

基金项目: 三峡大学 2023 年教学改革研究项目 (J2023081)