

数智化教学对水利类学生综合素质的提升研究

——基于虚拟仿真平台的实践

周扬 付晟君 吴月秋 张尚弘*

华北电力大学水利与水电工程学院 北京 102206

摘 要: 水利工程教育面临传统教学难以满足智慧水利新型人才培养的挑战。本文提出将数智化技术融入水力学等核心水利类课程实验教学,通过构建数智化水利实验教学平台、水电运维实验教学平台、生态水利实验教学平台三类沉浸式虚拟实验平台,解决传统课堂教学中工程认知不足、高危实验难开展、生态实践缺失等问题。研究表明:该技术通过对复杂系统可视化拆解、极端工况模拟及建筑设施全流程推演。通过灾害情景模拟与生态影响推演,深化职业使命感、风险敬畏及可持续发展观,强化学生的工程认知与实操能力。通过标准化操作训练、多角色协同决策及数据驱动问题解决,提升规范意识、协作能力与创新思维。实践案例验证了该技术对学生“思政-理论-技术”三维综合素质的显著提升,为深化水利工程教学变革提供有效路径。

关键词: 数智化教学; 虚拟仿真; 水利工程教育; 综合素质; 智慧水利

引言

“十四五”规划和“2035 年远景目标”明确了“智慧水利”建设方向^[1],这对新型信息化水利人才的培养提出了更高要求。然而,水利工程因其结构庞大、学科交叉性强且现场认知困难等特点,传统教学模式难以使学生形成系统性工程认知,人才培养体系面临巨大挑战。近年来,随着 ChatGPT^[2]、Deepseek^[3] 等大语言模型软件的兴起,虚拟技术领域迈向新阶层,为针对课程教学与学生综合素质提升需求,本文提出在水力学、土力学、水工建筑物等核心水利类课程中引入以虚拟技术为主的数智化技术辅助教学^[4]。该技术通过模拟真实系统运行,实现理论学习与实践操作的深度结合,有效帮助学生掌握涵盖设计、施工、管理及科研创新的复杂工程知识与技能,提升综合素质与就业竞争力^[5]。为此,水利类高等教育学府亟需构建以综合素质为导向的新型培养模式。该模式旨在突破学科壁垒、促进学科交叉融合,实现对学生“思政-理论-技术”三维能力协同培养,并建立动态反馈机制。通过“沉浸式数智化教学+市场化能力验证”的双轨路径,重塑学生工程系统思维与智能技术应用能力,不仅响应国家对新型人才的需求,更能精准对接智慧水利在勘测设计智慧化、运维管理无人化等方向的新兴岗位需求,为行业数智化转型提供可

持续人才支撑^[6]。

当前,高校毕业生中“被动考研”现象凸显,其背后反映了本科生实践能力与岗位需求错配的结构性矛盾^[7]。解此困境的根本,在于提升学生的核心综合素质,使其超越单一的学历标签,具备真正的就业竞争力。因此,水利类高等教育亟需构建以综合素质为导向的新型培养模式,旨在突破学科壁垒,通过“沉浸式数智化教学+市场化能力验证”的双轨路径,重塑学生的工程系统思维与智能技术应用能力,实现对“思政-理论-技术”三维能力的协同培养,为行业数智化转型提供可持续的人才支撑^[8]。

1 数智化教学实际应用

1.1 数智化技术的意义

虚拟仿真技术是指利用计算机软硬件、传感器及人机交互设备等构建高度逼真的虚拟环境,通过模拟物理世界的现象、过程、系统或行为,使用户能够沉浸其中进行实时交互、操作、训练或分析的一类综合性技术^[9]。传统水利工程专业涵盖水利水电工程、水文与水资源等领域,其课程教学与研究与其他行业的交叉融合相对有限。当前信息产业高速发展,为充分挖掘水利行业的潜力、提升其数字化与智能化水平,并赋能传统课程教学提供了契机^[10]。基于数智化教学理念,学院可构建虚拟仿真平台,引领学

科向数字化、智能化方向转型升级^[11]；教师可依托创建虚拟仿真平台，提升自身信息技术应用能力^[12]；学生则可通过虚拟仿真技术平台，有效提升实践操作能力与信息素养。

1.2 虚拟仿真技术平台搭建

为服务国家构建“智慧水利”体系、提升流域水情测报和智能调度能力的战略目标，许多高等院校水利专业积极响应“十四五”规划“需求牵引、应用至上、数字赋能、提升能力”的要求，聚焦水利工程专业向数字化、智能化转型，在专业人才培养中开展创新实践^[13]。通过构建数字化教学场景、应用智慧化模拟技术、培养精准化决策能力等路径，推动教育教学改革。针对当前线下实验室资源不足、核心课程现场实践教学距离远、安全隐患大、组织实施难等水利专业教学面临的挑战，亟需建设安全性高、可重复操作、教学资源充足的实验教学环境。同时，为响应国家“生态水利、智慧水利”发展战略，落实“数字赋能”要求，培养具备信息化智能运维能力的水利新型人才，构建先进的虚拟仿真实验平台成为关键举措^[14]。

华北电力大学水利与水电工程学院以国家“十四五”规划原则为指导，积极推进数字化、信息化赋能传统水利工程专业教学改革。学院于 2023 年建成涵盖水力学仿真、水电运维、生态水利、工程地质领域的线上、线下数智化实验教学平台，包含 17 个线上线下实验室。该平台面向水利工程专业本科生、研究生辅助课堂教学。

1.2.1 智慧水利实验教学平台

水利专业传统课堂教学及实习环节过度依赖教材与工程现场教学，易导致学生对工程设施认知模糊、关键设施部位控制逻辑不清、建设全流程理解不明。为解决过度依赖课堂教学及工程现场教学，学院针对水力学、土力学等基础实验课程，融合教学视频与线上虚拟仿真操作，有效缓解实验室资源约束，并通过实验可重复性强化学生实践操作技能。针对水电站、水工建筑物等结构类课程，构建线上虚拟仿真水利枢纽平台，运用数字孪生技术模拟引水系统、发电厂房、大坝施工等关键结构，深化学生对系统功能与构造的理解。针对水文预报、水文水利计算等分析决策课程，建立水库优化调度虚拟仿真实验室，助力学生掌握水文基础数据应用，明晰优化调度流程与原理。针对工程地质、工程测量等实践性课程，建设配套线下实验室，采用“线上理论学习+线下实地操作”模式，并依据实习

区地质实况定制讲解内容。学院基于各核心课程的教学目标与项目特点，分类设计适配的虚拟仿真技术方案及实验室平台，如下图，旨在系统性提升学生的工程实践能力和综合素质。



图 1 线上发电站运维平台



图 2 线下水工建筑物沙盘

1.2.2 水电运维实验教学平台

为提升水电运维技术教学与实训的综合效能，学院创新性地构建了线上、线下融合的实验教学平台体系。该体系充分发挥了线下实体水电运维实验室与线上虚拟仿真平台的核心优势，实现了功能互补与效能叠加。

一、线上虚拟仿真平台。通过三维建模与可视化技术，对水轮机、发电机、变压器等水电厂核心设备进行了高精度模型设计。通过其强大的实时可视化展示能力，能够动态模拟设备运行状态、拆解展示内部精细结构和工作原理，为学生提供了直观、深入理解设备内部构造与运行机制的虚拟环境。二、线下水电运维实验室平台。通过其高度真实的物理环境与精准的物理量测能力。尤其在涉及以水轮机流道分析、水流状态观测等流体动力学特性的实训环节，

线下平台依托真实的流体介质与精密测量仪器,能够获取并展示极高精度的流体动力数据与现象。这一能力恰好弥补了当前线上虚拟仿真平台在复杂流体运动计算方面存在的仿真精度受限或计算资源消耗过大的不足,确保了流体动力相关实验结果的可靠性与真实性。

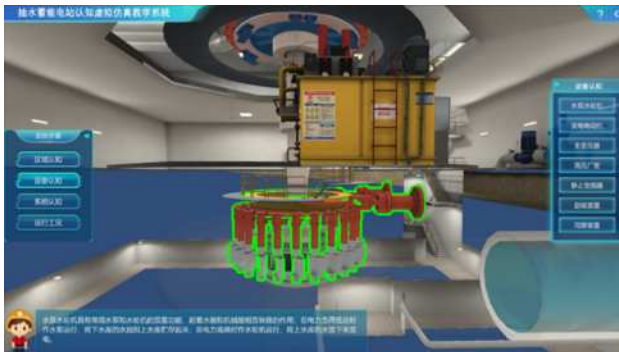


图3 线上抽水蓄能数智化成果

综上所述,线上线下平台的深度整合,不仅克服了单一平台的固有局限,更通过优势互补,构建了一个结合线上的可视化深度解析与线下的物理高精度验证于一体的综合性水电运维实验教学环境。该体系显著提升了教学过程的直观性、深度与精度,为培养具备扎实理论基础与实践能力的水电运维人才提供了强有力的平台支撑。

1.2.3 生态水利实验教学平台

传统水利工程在发挥防洪、灌溉、供水等关键功能的同时,也带来了诸如河流自然形态破坏、生态系统连通性割裂、水质污染加剧、本土水生生物多样性急剧丧失等一系列深层次生态退化问题。学院积极响应可持续发展的时代需求,成功构建了线下生态水利综合实验教学平台。该平台不仅是传统水利实验室的升级,更是集生态模拟、过程观测、数据分析与修复实践于一体的沉浸式教学平台。平台配备了先进的实时水文、水质、生态要素监测系统。学生通过亲手操作,学习采集包括流量、水位、流速、水温、pH值、溶解氧、浊度、营养盐浓度、底栖生物、水生植被状况等在内的多维度、多尺度生态水文数据。借助专业的水文模型、生态模型和可视化工具,学生能够动态模拟丰水期、枯水期不同水文情势对生态系统的影响,评估生态护岸、鱼类洄游通道、湿地构建不同生态修复工程措施的潜在效果,理解水文过程与生态响应的复杂耦合关系。

该平台的建立与运行,标志着学院在水利工程教育领域迈出了从“单一工程导向”向“工程-生态融合导向”

实质性转型的关键一步。它不仅为师生提供了前沿的科研探索平台,更重要的是,为国家水生态文明建设和水利事业高质量发展,源源不断地输送结合工程与生态思维的新型水利人才。



图4 线下水文沙盘

2 综合素质与虚拟仿真的关联性研究

2.1 思想政治对综合素质的启迪

思想政治素养是提升综合素质的基石与灵魂。数智化技术通过系统构建我国水利专业的历史传承脉络,生动呈现三峡工程、白鹤滩水电站等世界级水利工程的辉煌成就,并深刻展现现代水利工作者爱国爱党的赤子情怀,有力地引导青年学生树立正确的世界观、人生观、价值观,奠定坚实的思想根基,深化专业认同感^[15]。在此基础上,学生通过对理论知识的系统学习、对国家发展实情的深入认知以及对大政方针的准确理解,有效增强政治敏锐性和鉴别力。这一过程显著强化了学生对于国家、民族和社会的责任感与使命感,激发其担当精神和奉献情怀,使其不仅掌握扎实的专业知识与技能,更内生出服务人民、贡献社会的强大动力与崇高价值追求。因此,扎实的思想政治素养是个人实现全面发展的不可或缺的核心支撑,其为提升道德情操、涵养人文素养、锤炼实践能力、激发创新潜能提供了强大的价值引领与精神动力,最终塑造出兼具真才实学、高尚品格,更能担当时代重任的复合型人才^[16]。

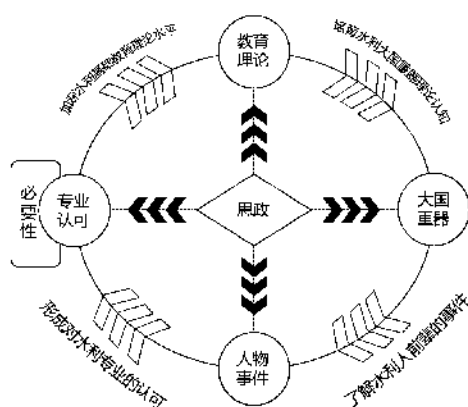


图 5 思政教育理论培育方案

2.2 理论认知与综合素质的关联

数智化技术的核心特性与综合素质培养之间存在着深刻的多维关联，尤其体现在其对复杂工程的拆解能力、极端工况模拟能力和全过程推演能力三方面^[17]。这种关联超越技术应用层面，深入人才能力塑造的核心。虚拟环境通过还原工程实践共同体，促进知识从‘抽象概念’向‘情境化应用’迁移^[18]。

一、复杂工程拆解深化系统认知与实践能力，通过高精度建模与仿真，该技术将抽象工程结构和复杂物理现象直观呈现。这有效促进了学生的空间想象力、工程系统整体性认知，并助力其将理论知识转化为具象理解。同时，熟练操作专业仿真工具培养了运用现代信息技术解决复杂工程问题的核心能力。更重要的是，模拟多物理场耦合效应深刻揭示了系统要素的相互作用，显著锻炼了系统性思维与综合分析能力，为培养具备全局视野的工程人才奠定基础。二、极端工况模拟锤炼风险意识与应急能力，该技术可精确模拟高危场景，构建安全的虚拟训练环境。学生得以直观认知工程的高风险特性和安全阈值，强化风险识别与预判能力。通过在模拟的紧急调度、抢险救灾、事故处置等高压环境中反复演练，学生系统性提升了信息处理、方案制定、资源调配及临机决策能力。这种“零风险”模拟是内化安全规范、筑牢安全防线、培养具备敏锐风险意识和应急本领工程师的关键环节。三、全过程推演培养优化决策与责任意识，覆盖设计施工全周期的虚拟推演平台，使学生能快速迭代设计方案，直观对比技术、经济及环境影响，显著提升设计优化能力与工程经济思维。施工阶段模拟深化了学生对复杂施工管理的理解，锻炼了组织策划

与统筹管理能力。尤为关键的是，模拟工程对生态和社会的深远影响，引导学生超越技术视角，深刻体认重大生态与社会责任，牢固树立可持续发展观，培养兼具全局视野和高度责任感的人才。

2.3 行为实践对综合素质的提升

行为实践强调通过整合知识习得与认知理解，在真实或高度仿真的任务情境中引导学生将抽象理论、价值观念与操作技能转化为具体行动，并在动态执行与持续反馈中实现能力的深度内化与提升。

一、固化规范操作与职业素养。借助沉浸式虚拟环境，精准模拟大坝监测、闸门控制、水文测验、工程巡检等核心业务场景。通过严格遵循规程的高强度仿真训练，使学生将标准操作程序转化为肌肉记忆，有效降低人为失误风险。在反复练习中，学生能够熟练掌握专业仪器设备的操作界面、功能逻辑与流程规范，显著提升核心操作技能，缩短岗位适应时间。虚拟环境对操作准确性、数据完整性和流程严谨性提出“零容忍”要求，从而系统培养学生严谨细致、精益求精的职业态度与工作作风，为保障工程安全高效运行奠定坚实的职业素养基础。二、锻造跨专业协作与系统领导力。通过构建沉浸式多角色协同虚拟项目环境，支持学生扮演设计、施工、监理、水文、防汛等不同专业角色，在高度仿真的任务中实现深度互动与联合决策。演练过程中，学生须在工程压力下清晰表达专业观点、理解他人需求、弥合信息差异并推动共识达成，从而有效提升跨专业沟通与团队协作能力。通过体验规划、建造、运维、应急等全流程多岗位职责，学生得以超越单一视角，系统理解项目全生命周期中的关键环节与管理节点，建立全局观念与流程意识。在动态任务中轮换领导与执行角色，实践目标分解、职责分配、团队激励与科学决策，切实锻炼情境化领导力和执行力，为未来驾驭复杂工程管理任务奠定基础。三、锤炼数据驱动决策与复杂问题解决能力。学生在仿真环境中实时接入并深度分析监测数据、模型运算结果、气象预报等多源信息流，据此动态优化水库调度策略、精准诊断工程隐患、制定解决方案。高强度训练有助于提升其在大数据背景下识别关键指标、捕捉异常模式、提炼决策信息的核心能力。面对预设故障或突发险情，学生需综合运用专业知识分析问题根源、推演发生机制，提出并验证技术措施，系统增强对复杂工程问题的深度诊断

与实战应对能力。尤其在信息模糊、时间紧迫的高压情境中,通过反复进行效益评估、风险预判与果断决策,最终锤炼出应对复杂动态环境的关键决策力和风险控制能力。本模块将空间认知、风险意识、规范操作、协作经验与系统思维融汇升华,实现决策能力的跨越式发展,是培养面向未来的智慧水利复合型人才的核心环节。

3 结语

数智化技术通过“思政-理论-技术”三重机制重构了水利工程教育模式。在技术层面上,突破时空限制,实现高危场景“零风险”训练与复杂工程可视化解析,夯实专业基础;在能力层面上,跨角色协作与数据驱动决策的沉浸式训练,培养了系统思维、领导力及创新问题解决能力;在价值层面上,灾害模拟与生态推演唤醒职业使命感,塑造“工程-生态-社会”协同的可持续发展观。华北电力大学水利与水电工程学院的虚拟仿真平台实践表明,该技术显著提升了学生的就业竞争力与职业适应性。未来需进一步探索虚拟仿真与 AI、数字孪生等技术的深度融合,构建“理论-虚拟-实体”联动的智慧教育生态,为智慧水利建设输送复合型人才。

参考文献:

- [1] 水利部,水利部启动智慧水利先行先试工作. http://www.mwr.gov.cn/zqhz/2020zhhb/dnshxxsxx/hkw/202005/20200529_1406062.html.
- [2] 焦建利, ChatGPT: 学校教育的朋友还是敌人? 现代教育技术, 2023. 33(4): 第 5-15 页.
- [3] 李晓婷与谢玉进, 从 ChatGPT 到 DeepSeek: 生成式人工智能介入思想政治教育的机理及其进路. 当代教育论坛, 2025.
- [4] 张孟杰与王非凡, 生成式人工智能催生教育变革的基本命题. 当代教育论坛, 2025: 第 12-25 页.
- [5] 徐磊与张继勋, 智慧化背景下水利水电工程专业培养方案优化. 教育教学论坛, 2021(19): 第 26-29 页.
- [6] 严鹏, 王洋与金银龙, 智慧水利专业实验教学平台建设研究与探索. 大学教育, 2025: 第 8-11 页.
- [7] 衣明丽, W 大学本科生就业能力提升对策研究, 2024, 武汉大学.
- [8] 杨易昆, 罗江华. 职业教育数智化场景建设的目标、框架与实践路径. 中国职业技术教育, 2023, No. 868(36): 36-44.
- [9] 张大富等, 融合水利水文专业知识的智慧水利关键技术研究. 科学与管理, 2020. 40(05): 第 106-110 页.
- [10] 闫锦仪, 人工智能推动高校教学模式变革研究, 2025, 吉林外国语大学.
- [11] 刘志学, 张公询与张顺, 人工智能时代的教师角色. 牡丹江师范学院学报, 2025(3): 第 16-23 页.
- [12] 林玉洁, 石政远与代贤乐, 电子信息与人工智能交叉型实验教学实践. 电气电子教学学报, 2023. 45(3): 第 176-179 页.
- [13] 王永贵与汪琳琳, “数字化赋能”助力解决发展不平衡不充分问题. 智库中国, 2021: 第 18-21 页.
- [14] 张晓源等, “通信原理”专业课程思政的探索与实践. 教育教学论坛, 2021(31): 第 80-83 页.
- [15] 张军与管哲琦, 思想政治教育数字化转型的内在逻辑与实践向度. 佳木斯大学 社会科学 学报, 2025(6): 第 52-54, 58 页.
- [16] 曹培杰, 智慧教育: 人工智能时代的教育变革. 教育研究, 2018. 39(8): 第 121-128 页.
- [17] 陈婷, 张淑与王静, 数字化赋能高质量课后服务课程建设的机理、困境与路径. 教育与教学研究, 2024: 第 1-11 页.
- [18] 闫广芬与任雪园, 教育数字化转型赋能教育强国建设的空间逻辑. 国家教育行政学院学报, 2024. 322(10): 第 13-24 页.

作者简介: 周扬 (1991—), 男, 汉族, 博士, 主要研究水利遥感。

通讯作者: 张尚弘 (1977—), 男, 汉族, 博士, 主要研究智慧水利及数字孪生。

基金项目: 本研究主要受中国高等教育学会高等教育科学研究规划课题资助 (项目号: 24KC0301, 24SZ0409)。