

OBE 理念下面向“智慧管养”的应用型本科智慧水利实践教学体系构建与应用

李 星 单文姗 谭 逸 刘剑锋 刘先锋

重庆科技大学 土木与水利工程学院 重庆 401331

【摘 要】：面向新时代数字孪生水利建设与水利基础设施全生命周期安全保障的重大需求，针对传统水利实践中“重建轻管养”、“水利与信息技术两张皮”以及实践教学条件滞后等痛点，本文以成果导向教育（OBE）理念为指导，立足重庆科技大学智慧水利专业的“山区水利工程智慧管养”特色定位，系统构建了面向“智慧管养”的应用型本科智慧水利实践教学体系。该体系明确“水利为体、感知为触、算法为芯、管养为用”的培养目标，打造“基础感知层—综合诊断层—创新管养层”三层递进的实践教学平台，重构贯穿工程全生命周期的实践教学内容，并提出“政产学研”多方协同的保障机制。实践表明，该体系有效提升了学生的工程实践能力、跨学科创新思维与复杂水管养问题的解决能力，为同类地方应用型高校智慧水利新工科专业建设提供了可资借鉴的参考。

【关键词】：OBE 理念；智慧水利；智慧管养；实践教学体系

DOI:10.12417/2811-0722.26.09.068

引言

随着云计算、物联网、大数据、人工智能及数字孪生等新一代信息技术与水利行业的深度融合，我国水利事业正经历从“工程水利”、“生态水利”向“智慧水利”的战略转型^[1-3]。国家层面相继出台《关于大力推进智慧水利的指导意见》、《关于推进水利工程建设数字孪生的指导意见》等文件，明确提出构建“天空地水工”一体化监测感知体系与数字孪生水利平台，全面实现预报、预警、预演、预案的“四预”功能^[4,5]。这一行业变革对水利类专业人才的知识结构、工程实践与创新能力提出了全新的挑战^[6-8]。

为响应国家水网建设与数字中国战略，教育部于 2022 年正式设立“智慧水利”本科专业（专业代码：081106T）^[2]。作为首批获批设立该专业的地方应用型高校之一，重庆科技大学立足西南山区地理地貌与大库区水安全保障需求，明确将专业特色锚定在“山区水利工程智慧管养”与“山地城市内涝灾害智能防控”方向。然而，在智慧水利新工科专业的建设探索中，实践教学环节普遍面临重大困境：一是传统水利实践教学偏重于水工结构设计与施工建造，缺乏对工程竣工后长效“健康运维”与“智能管养”全生命周期场景的覆盖；二是实践教学内容滞后，水利机理与信息技术（如 BIM+GIS、智能感知、数据挖掘）存在“两张皮”现象；三是地方高校在专业建设初期往往面临大型硬件实训平台尚未完全建成的“过渡期”瓶颈。

成果导向教育（Outcome-Based Education，简称 OBE）理念强调“以学生为中心、成果导向、持续改进”，其核心逻辑

在于根据行业需求反向设计培养目标，进而构建支撑目标达成的实践教学体系^[3,9-11]。基于此，本文结合重庆科技大学智慧水利专业 2025 版人才培养方案及依托的“山区水利工程智慧管养重庆市高校工程研究中心”平台资源，探讨基于 OBE 理念的“智慧管养”特色实践教学体系构建与应用，以为高校智慧水利人才培养提供参考。

1 OBE 理念下面向“智慧管养”的实践教学目标反向设计

OBE 理念强调教学活动应紧密围绕学生毕业时所达成的能力成果进行反向设计。针对智慧水利行业从“重建”向“建管并重、智慧管养”转型的岗位能力需求，需打破传统水利工程实践教学单一的“结构计算+现场参观”模式，将“水工建筑物健康诊断、大坝与岸坡安全智能预警、管网运维与内涝防控”等智慧管养核心能力融入人才培养全过程。

1.1 培养目标的重新定位

打造具备水利工程基础知识与现代信息技术深度融合的复合型应用人才是智慧水利专业人才培养的核心目标。依托我校在山区水利工程智慧管养重庆市高校工程研究中心平台资源，将实践教学目标细化为三个层次：

首先是对水利工程相关数据感知与采集的能力。通过系列课程的学习，学生可以掌握常见水工建筑物安全监测传感器、无人机倾斜摄影及三维激光扫描等智能感知装备的原理与操作，具备利用感知设备准确获取工程状态数据的能力。

作者简介：李星（1994-），男，讲师，博士，主要从事水利工程类专业的教学和研究工作，研究方向为智慧水利。

基金项目：重庆科技大学教育教学改革研究项目“智慧水利专业‘朋辈引领—阶段递进—行业赋能’三位一体学业指导模式探索与实践”（202665）。

其次是对水工结构状态进行智能诊断与预测的能力。通过针对性的训练,学生可以运用 BIM+GIS、机器学习等最新技术,对水利工程健康状态可以进行实时监测,对其潜在病害问题进行智能识别与预测。

最后是对水利工程运维决策与风险预警进行综合管控的能力。经过以上两方面的训练,学生能理解数字孪生水利的平台基本架构,具备基于大模型和水利机理模型独立开展防洪调度、水库运维以及风险预警等的综合决策能力。

1.2 毕业要求观测点与课程支撑

根据我校 2025 年度智慧水利专业培养方案的内容,从工程知识、问题分析、设计/开发解决方案、研究及使用现代工具五个关键指标点出发,构建对应指标点的课程支撑方案,主要表现为以下三点:

一是毕业要求观测点 1.2/1.3: 要求学生具备智慧水利专业工程基础,以及大数据、AI 思维。该观测点主要由《数字孪生水利》、《水利信息感知与传输》、《水利大数据与信息挖掘课程设计》等教学环节予以支撑;

二是毕业要求观测点 3.1/3.2: 要求针对智慧水务、智能建造与协同运维管理开发解决方案。通过《水利工程智能建造课程设计》《数字孪生水利课程设计》及《水利工程综合设计》等予以支撑;

三是毕业要求观测点 5.2/5.3: 要求能开发、选择与使用恰当的现代工具(BIM、GIS、Python 等)进行复杂水利工程预测与模拟。通过《(智慧水利)综合实验》《(智慧水利)毕业设计(论文)》及创新实践环节等予以支撑。

2 构建“三层递进、虚实结合”的实践教学体系

新设专业往往具有专业实践平台建设期较长、专业硬件设置不足的现实问题。为了克服这一瓶颈,以“山区水利工程智慧管养”全生命周期场景为主线,按照“数据感知—智能诊断—综合管养”能力的进阶逻辑,构建“三层递进、虚实结合”的实践教学体系。该体系将基础数据采集、多源信息融合、智能算法分析与运维决策应用逐层贯通,并借助数字孪生虚仿平台与真实工程案例的虚实联动,弥补了硬件实训平台建设过渡期的条件缺口,使学生在由感知到诊断、由诊断到管养的递进训练中逐步形成跨学科工程实践能力。

2.1 基础感知层: 数据采集与信息感知能力基础

传统水利专业实践主要关注学生在原理演示层面的训练,往往缺乏最新传感器选型、监测布设方案等全过程的实战。因此为了让学生解决“数据从何而来、如何准确获取”的源头问题,依托《水利信息感知与传输实验》等课程和校内传感器实训平台,设置“感知原理认知—仪器安装调试—数据自动采集—异常初判”四阶实训内容,完成应变计、渗压计及水位计等常规设备的组网与数据回传,并利用虚拟仿真平台模拟恶劣工

况下的测点失效与数据漂移场景,训练其对感知数据可靠性的基本判断能力。

2.2 综合诊断层: “机理+算法”融合训练与数字孪生推演实践

以“算法为芯”为能力目标,训练学生学生将监测数据转化为水工结构健康状态识别、病害诊断与趋势预测的能力。依托《数字孪生水利》、《水利大数据与信息挖掘课程设计》等课程,设置“数据治理与特征提取—机理约束建模—智能诊断与趋势预测—数字孪生动态推演”四个逐步递进的实训环节。同时,基于 BIM+GIS 构建数字底座,学生可以接入基础感知层采集的多源数据,掌握监测数据驱动下的结构状态动态映射、预警信息生成和“预报、预警、预演、预案”全流程模拟。

2.3 创新管养层: 真实科研项目与“政产学研”协同实践

创新层面面向高阶复杂工程问题的解决,依托“山区水利工程智慧管养重庆市高校工程研究中心”及共建企业资源,实现校企协同育人。通过《(智慧水利)创新实践环节》《毕业实习》与《毕业设计(论文)》,将学生推向工程一线。直接引入合作单位(如重庆市水利电力建筑勘测设计研究院)的真实横向/纵向项目,如“水库大坝智慧运管平台开发”“山地城市易涝点积水监测预警”等,学生以组队方式参与“数据采集—算法调优—系统测试—预案编制”的全流程管养实战。

3 面向“智慧管养”的实践教学内容重构与项目设计

基于“学科基础—水利工程基础—信息科学与技术基础—交叉融合应用场景”模块化课程体系,实践教学内容摒弃了传统单纯验证性实验,全面转向“项目贯穿、场景驱动”的设计性与综合性实训。

3.1 实践教学模块与核心课程对接

按照“基础感知—综合诊断—创新管养”三层递进的能力培养逻辑,以水利工程“智慧管养”主线,采用“课程群支撑模块、模块对应成果”的方式对接教学模块与专业核心课程,将时间教学内容分为以下四部分(见表1):

表1 “智慧管养”实践教学模块与课程映射表

实践实训模块	核心课程	能力目标	典型实践项目/案例
智能感知与测绘实训	工程智能测量、水利信息感知与传输、水利遥感与 GIS 技术	智能传感布设、三维点云采集、空间数据处理	坝体表面异常无人机近景摄影测量
结构健康诊断实训	水利工程智能监测与运维、水利大数据和信息挖掘	结构病害识别、多场协同分析、数据挖掘与预警	土石堤坝渗漏波-电场协同解译、大坝变形监测数据异常值 AI 自适应识别
数字孪生实训	数字孪生水利、水利工程智能建造、水工 BIM 设计	BIM+GIS 融合、施工场景模拟、数字孪生底板搭建	水库大坝三维 BIM 建模与轻量化发布

3.2 全流程实践项目设计

将项目式教学引入《数字孪生水利课程设计》，设计贯穿全学期的综合性实训项目。首先是在感知端，构建数据底板：基于倾斜摄影三维点云数据与地形 DEM 数据，构建出水库库区的地理空间数据底板，然后结合 Revit 建立水工建筑物的 BIM 模型，完成多源模型的协同配准；在传输端，将工程状态与数据同化：以土石坝为例，通过模拟大坝渗流、沉降等各类传感器监测数据，通过 Python 编写数据清洗与插值算法，构建监测数据时空数据库；在算法端，对水工建筑物进行安全智能诊断：通过深度学习模型对历史监测序列进行拟合，建立大坝变形与渗流过程的智能预测模型，同时可以设定多级安全预警阈值；最后是在应用端，决策预演与生成预案：通过数字孪生模拟大坝在极端工况下的运行情况，结合正演与反演计算，预测坝体在极端工况下应力分布、溃决风险以及优化水库闸门调度开度，最终形成智能化的防洪预案。

4 实践教学保障体系与“双师双能”团队建设

智慧水利实践教学不仅兼具跨学科的属性同时具备工程化特征，因此对专业师资结构和教学运行保障机制提出了更高要求，亟需从师资结构与硬件平台两方面协同发力。

4.1 打造“跨界融合、校企双聘”的“双师双能型”教学团队

针对传统水利教师缺乏信息技术、计算机教师不懂水利业务的“两张皮”难题，首先，组建跨学科教研室，由水利工程、土木工程、计算机等背景的教师联合组成智慧水利实践指导团队，定期开展跨学科集体备课与学术沙龙；其次，推行“校企双导师制”，聘请重庆市水电设计院、重庆市渝发水利研究院等企业的正高级工程师担任产业导师，直接参与课程设计、毕业设计指导及实训答辩；最后，强化教师工程实践沉浸，建立

[1] 王浩.94 项数字孪生水利建设任务完成创新驱动河湖管护更精细[N].人民日报,2025-01-05(02).

[2] 刘先锋,刘洋,吴邦俊,等.智慧水利专业课程体系构建[J].西部素质教育,2026,12(09):160-164.

[3] 李天霄,付强,肖兆兴.OBE 教育理念下涉农高校水利专业“教学一竞赛一科研一实践”四融合创新人才培养模式及质量评价研究[J/OL].黑龙江教育(高教研究与评估),2026.

[4] 田青青.产教融合视域下智慧水利专业建设研究[J].科教导刊,2026(08):30-32.

[5] 师倩,阮国杰,寇江涛.“四预”目标下生态水利专业人才培养模式探讨[J].数字农业与智能农机,2026(03):116-120.

[6] 关莉莉.基于 BIM 全生命周期管理的高职水利工程类专业教改探析[J].黄河水利职业技术学院学报,2026,38(01):80-85.

[7] 郭松,陈鲁皖,尹晓星,等.数智赋能背景下智慧水利专业“工程测绘学”课程教学探索[J].西部素质教育,2025,11(11):26-30.

[8] 金银龙,严鹏,吴云芳,等.面向智慧水利专业的测量学课程改革探讨——以武汉大学智慧水利拔尖人才培养为例[J].中国农村水利水电,2023(11):238-243.

[9] 张宏洋,张淙皎.跨学科跨专业背景下智慧水利人才培养体系研究[J].中国电力教育,2023(06):75-76.

[10] 刘杰,于金弘,韩克武.水利工程专业智慧水利能力培养与实践研究[J].科技风,2024(21):1-3.

[11] 章国美.基于 OBE 理念的“统计学”课程线上线下混合式教学改革与创新[J].西部素质教育,2026,12(13):11-14.

青年教师定期赴合作企业挂挂职锻炼机制，直接参与“水库智慧管养平台开发”等一线工程，将最新的工程病害案例转化为课堂教学资源。

4.2 搭建“虚实互补、资源共享”的线上线下实践平台

为突破时空与设备限制，积极拓展实践资源。一方面，开发轻量化虚拟仿真教学资源，结合线上教学平台，开发“大坝隐患多场协同检测”与“城市管网运维风险评估”等虚拟仿真实验软件，实现混合式实践教学；另一方面，共享高校工程研究中心资源，将工程研究中心价值 9000 余万元的大型科研设备（如水下机器人、无人机系统、地质雷达、高密度电法等）向本科实践教学开放，设立开放性创新实验课题，实现“科教融汇、科研反哺实践”。

5 结语

面向水利工程现代化与数字孪生建设的宏伟蓝图，智慧水利专业人才培养必须坚守“水利为体、信息为用、管养为要”的融合路径。本文立足重庆科技大学应用型本科定位，针对实践平台建设过渡期的现实，构建了 OBE 理念下面向“智慧管养”的“三层递进”实践教学体系。该体系通过明确智慧管养目标、重构模块化实践内容、打造虚实结合实践平台以及深化“政产学研”双师协同，有效破解了传统实践教学与行业需求脱节的顽疾。

未来的实践教学改革仍需紧跟人工智能大模型、智能传感等技术的迭代步伐，持续深化产教融合长效机制，推动水利特色科研成果向教学资源的深度转化，为我国智慧水利事业与地方经济社会发展输送更多“懂水利、精信息、善管养”的高素质卓越工程人才。