



WE CREATE

湖南惟楚科教实训室设备有限公司  
HuNan We Create Science&Education Training Equipment Co.,Ltd

厚德善水·惟楚有道

项目编号：【YW202100607001】

云南经济管理学院  
水利枢纽仿真实训平台建设项目

construction plan

编制单位：湖南惟楚科教实训室设备有限公司

编制日期：2021年7月6日 星期二

# 目 录

1 建设背景与现状.....	1
2 实训室建设必要性 .....	1
3 功能目标 .....	2
4 实训大厅的建设思路 .....	2
5 建设内容 .....	3
5.1 实训大厅总体规划布置图 .....	4
5.2 梯级水利枢纽平台展示版块 .....	5
5.3 AR 虚拟互动版块.....	30
6 预期效益 .....	36
7 进度计划 .....	37
8 项目案例 .....	38
附件一 工程预算清单 .....	41

## 1 建设背景与现状

根据学院总体的建设思路，结合学院专业建设与发展要求，特别是水利类专业建设与发展对教学与人才培养的需求，按照“产、教、学、研、用”一体化教学模式的原则，利用现代信息技术与传统模型、实际工程相对接、优化教学资源与教学手段，制定相应的建设方案。通过调研、考察等手段对建设方案的可行性进行论证，制定相应的建设实施计划；以工作任务为载体，形成满足学生基本能力、核心能力、综合能力培养的实训基地格局。

根据高等院校工科专业培养目标和培养规格的要求及相关课程的特点，该实训室在课程建设、教学改革、师资队伍建设、创新与特色等方面具有重要意义。

## 2 实训室建设必要性

为加强实训室的建设和管理，保障学院办学过程中的实践教学质量，提高学校的整体办学水平，提高办学效益，校内综合性，多功能型、具有较前沿技术应用的实训设备即成为保证完成实验实训教学与教学科研的必备条件之一。

同时必须从实际出发，贯彻勤俭办学的方针，统筹规划，合理设置，做到实训室设置、仪器设备、科学管理协调发展，提高投资效益。仪器设备是保证完成实验教学的必备条件之一，设备购置要保证充分发挥作用，且为实验教学之必需。要坚持可购可不购的决不购置。要在仪器设备的购置、验收、使用、维护的全过程加强计划管理、技术管理，使设备在整个寿命周期中充分发挥其效益。

### 3 功能目标

- 1) 配合课堂理论教学，丰富教学手段，提高学生的学习兴趣；
- 2) 为水利类专业学生进行水利工程认知实习、教学演示、操作和运行管理实训提供实训支撑；
- 3) 为高素质的水利类专业应用型人才培养提供实训基础支撑；
- 4) 为大学生科技创新活动、社会服务等工作提供实训基础支撑；
- 5) 为教师提供科研实验场地。

### 4 实训大厅的建设思路

本实验室建设遵从创设真实环境、营造流域水能与水资源开发现场氛围、培养职业能力的建设理念，以先进性、实用性、通用性、经济性为建设原则，建成后达到以下目标：

1) 实训室规划为典型河流流域水资源综合梯级开发的动态模型，河流上布置拱坝、土石坝、重力坝、滚水坝、抽水蓄能电站、输配水渠道和渠系建筑物、滴灌区和喷灌区；模型设有自动化控制设备、语音解说、音响设备、安全保护及自动复位装置；平台采用全方位仿真动态演示，设计多媒体动画与遥控面板操作结合形式，可灵活运用。

功能上满足水利水电工程整体布置规划、拦水坝、水库、水泵站、农田水利工程的认知实习、教学演示、操作和运行管理实训。

- 2) 可以满足《水电站》、《水工建筑物》、《水利工程施工技术》、《水泵与泵站》、《灌溉排水工程》、《水利工程管理》、《节水灌溉技术》等课程所需的相关实验及实训要求，并可以进行相关的课题研究。
- 3) 体现教学手段的现代化，辅以多媒体教学，丰富教学内容，提高教学效果。
- 4) 实训室的建设与当前学科的发展相适应，立足于高起点，高水平。

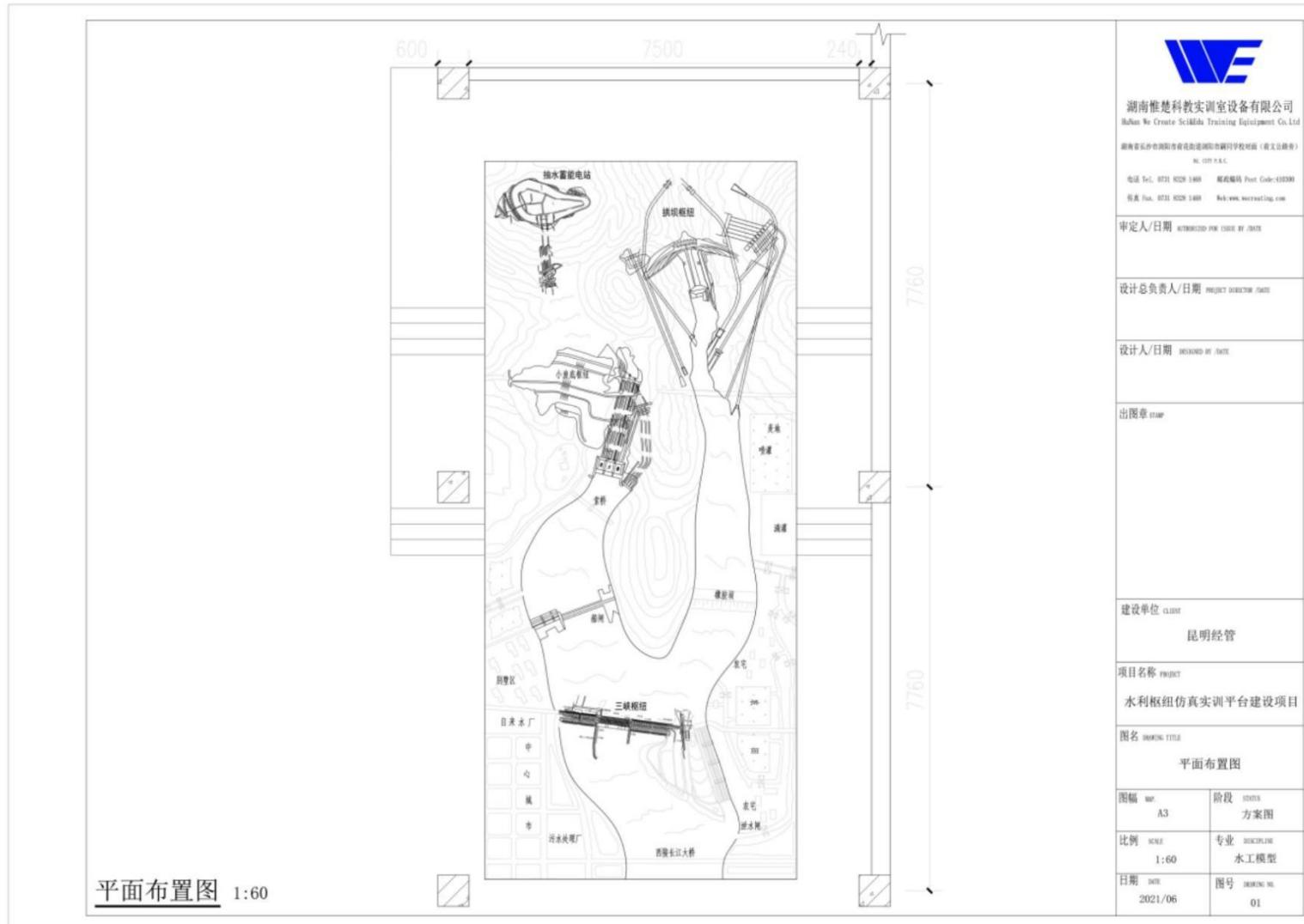
## 5 建设内容

本项目根据学院场地实训室的实际状况，建设两个展示系统模块，即：**梯级水利枢纽平台仿真实训平台系统模块、AR/MR/虚拟三维仿真软件展示系统模块。**

本项目**梯级水利枢纽平台展示版块**建设为某一河流梯级开发的动态模拟，以境内具有代表性的水利枢纽（梯级开发）作为仿真水利枢纽的设计模型，**模型能实现蓄水、通流、泄流、泄洪、发电、船舶过坝的船闸水流控制演示等功能**。包括：水资源梯级开发与利用的二级水利枢纽，即一级拱坝水利枢纽工程，二级土石坝水利枢纽工程，三级重力坝水利枢纽工程，四级滚水坝水利枢纽工程以及抽水蓄能电站工程等。

梯级水利水电枢纽包括水利工程中的一些主要建筑物，整个水工实训平台建设动态，直观，能反映水工建筑物的一些细部结构特点。

## 5.1 实训大厅总体规划布置图



## 5.2 梯级水利枢纽平台展示版块

### （1）一级拱坝水利枢纽及建筑物说明



一级蓄水枢纽参照二滩水利工程动态模拟，其主要作用是防洪、灌溉和发电，主要建筑包括：挡水大坝，表孔泄水的溢流坝段，两个对称布置的滑雪式溢洪道，放空底孔，水电站引水进口建筑物，一座电站的地下厂房，变压器及开关站等。整个水工建筑物模型透明直观，既能具体反映建筑物细部结构，又能进行水库调度及水电站运行的动态演示。

以二滩水利枢纽工程为设计原型，由拦河坝、泄洪、引水、发电等建筑物组成。拦河坝为双曲拱坝，坝体透明，能体现坝轴线，坝型、廊道布置、排水等。泄水建筑物布置 6 个表孔、7 个中孔、2 个底孔；地下厂房布置 5 台发电机组；拱坝下游设水垫塘。由进水口、引水

洞、主厂房、主变室、尾水调压室和尾水洞及地面出线场组成。各泄水孔弧形闸门采用铜板制作，配有可控电机启动。滑雪式溢洪道在泄洪时可看到水冲出后在空中对称消能的景观。

### 实训：

- (1) 在拱坝上方布设人工降雨系统，进行雨量测量；
- (2) 进行库区的水位监测及测量，对水库特征水位进行认知。

建筑物模型反映的具体内容综述如下表：

序号	建筑物名称	反映的主要内容
1	挡水建筑物	①河流地形、地质条件，②坝址、坝轴线、坝型的选择，③拱坝的布置，④拱坝的结构（廊道排水等），⑤上坝公路的布置。
2	溢流坝段	①溢流坝段的布置;②溢流坝段的结构特点;③闸门的布置结构特点以及自动提升;④工作桥、公路桥的布置及结构特点;⑤溢流防冲消能;⑥水库调节的动态演示。
3	溢洪道	①溢洪道的布置;②溢洪道的结构（进口、泄槽、分缝、止水等）;③溢洪道泄流的动态演示;④溢流道的防冲消能;⑤闸门的布置及结构特点;⑥水库调节的演示；⑦工作桥的布置及结构。
4	放空底孔	①放空底孔的布置;②放空洞的结构;③放空洞进口建筑物布置及结构特点;④放空水库的动态演示过程。
5	水电站建筑物	①引水隧洞的洞线布置；②隧洞的布置及结构（分缝、止水）；③进口建筑物的布置及结构特点；④调压室的布置及结构特点；⑤水电站厂房的布置及结构特点；⑥尾水层、水轮机层、发电机层的布置及结构特点；⑦发电机母线的布置；⑧开关站、变压器、进厂公路的布置；⑨水电站发电过程的动态演示。

建设完成案例参考图：



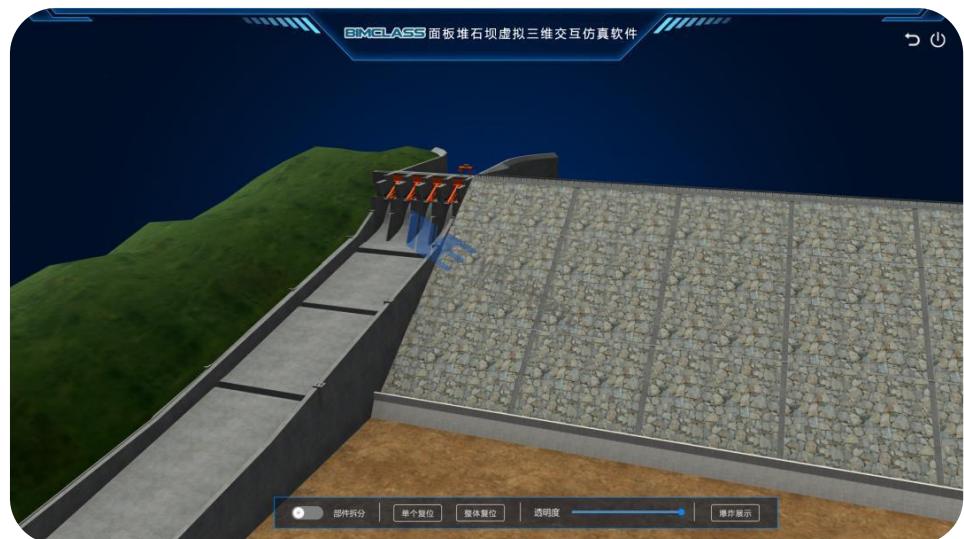
## (2) 二级土石坝水利枢纽及建筑物说明



以小浪底水利枢纽工程为设计原型，由河床布置主坝，左岸条形山脊上布置副坝；溢洪道布置在左岸，位于主、副坝之间；泄洪洞布置在溢洪道左侧山体中；地下引水发电厂房布置在右岸。水轮发电机仿真发电；库区内采用各色防水油漆刷拭用以表示：死水位、正常蓄水位、校核洪水位。

配套面板堆石坝虚拟三维交互仿真软件、粘土心墙土石坝三维仿真软件及正槽式溢洪道虚拟三维交互仿真软件，进行知识结构内容的深度拓展。

①面板堆石坝虚拟三维交互仿真软件主要以面板堆石坝的三维仿真模型为基础，三维模型包括：溢洪道、盖重区、上游盖重区、趾板、面板、固结灌浆、垫层区、过渡区、主堆石区、下游堆石区、块石护坡、帷幕灌浆、次堆石区、特殊垫层区、量水堰、防浪墙等。在面板堆石坝各结构上附加属性认知的功能，根据各部件添加该部件的工作原理、结构图片资料、工作原理视频等属性资料，方便教学使用。



②粘土心墙土石坝三维仿真软件主要以心墙土石坝的三维仿真模型为基础，三维模型包括：

上游护坡、下游护坡、土方回填夯实、坝脚排水沟、坝踵、坝顶、心墙、棱体排水、贴坡排水沟、过渡层等。在心墙土石坝各结构上附加属性认知的功能，根据各部件添加该部件的工作原理、结构图片资料、工作原理视频等属性资料，方便教学使用。



③正槽式溢洪道虚拟三维交互仿真软件主要以正槽式溢洪道的三维仿真模型为基础，三维模型包括：尾水渠、工作桥、引水渠段、控制堰段、泄槽段、消能设施、闸门等。在正槽式溢洪道各结构上附加属性认知的功能，根据各部件添加该部件的工作原理、结构图片资料、工作原理视频等属性资料，方便教学使用。



建设完成案例参考图：



## (3) 三级重力坝水利枢纽及建筑物说明



三级水利枢纽参照三峡水利枢纽工程，进行动态模拟展示，三峡水利枢纽工程其主要作用是防洪、灌溉、发电与航运。主要水工建筑物包括：挡水大坝重力坝和溢流坝段、航运建筑物、水电站建筑物。

建筑物模型反映的具体内容综述如下：

序号	建筑物名称	反映的主要内容
1	挡水大坝	①反映坝体的整体布置，泻洪坝段位于河床中部，两侧为厂房坝段和非溢流坝段。 泻洪坝段反映展示出有 22 个表孔，23 个深孔和 22 个导流底孔； ②泻洪坝段左侧的左导墙坝段和右侧的纵向围堰坝段上各反映展示出 1 个泻洪排漂

		孔，右岸非溢流坝段反映展示出 1 个排漂孔； ③左岸厂房坝段反映展示出 2 个排沙孔，左岸非溢流坝段反映展示 1 个排沙孔，右岸厂房坝段反映展示出 4 个排沙孔。
2	航运建筑物	航运建筑物主要反映内容是：①五级船闸的布置、结构、运行过程以及上下游引航道等；②单线一级直升升船机的布置、结构、运行过程以及上下游引航道等。
3	水电站建筑物	本枢纽水电站为坝后式厂房，其反映的主要内容是：①引水管的进口布置；②进口结构特点；③压力钢管的布置及连接；④水轮机层、发电机层、尾水管的结构特点；⑤水电站厂房的布置及其结构特点；⑥发电机母线的出线布置；⑦开关站、变压器位置的选择及其布置；⑧水电站的运行过程。

### 实训：

(1) 船闸、升船机的模拟操作以及运行调度实训；

(2) 配套重力坝三维仿真软件，进行知识结构内容的深度拓展，重力坝三维仿真软件

主要以重力坝的三维仿真模型为基础，三维模型包括：出线场、中控室、主厂房、变压器、副厂房、右岸冲砂底孔、右岸挡水坝、导墙、工作桥、启闭机、工作闸门、检修闸门、左岸挡水坝、左岸泄洪冲砂底孔、护坦、消力池、输水系统、边墩、闸墩等。在重力坝各结构上附加属性认知的功能，根据各部件添加该部件的工作原理、结构图片资料、工作原理视频等属性资料，方便教学使用。





建设完成案例参考图：



## (4) 四级滚水坝水利枢纽及建筑物说明



四级有坝引水枢纽为洋潭滚水坝，其主要作用是引水，主要水工建筑物包括洋潭引水枢纽由进水闸、滚水坝、泄洪闸等部分组成。

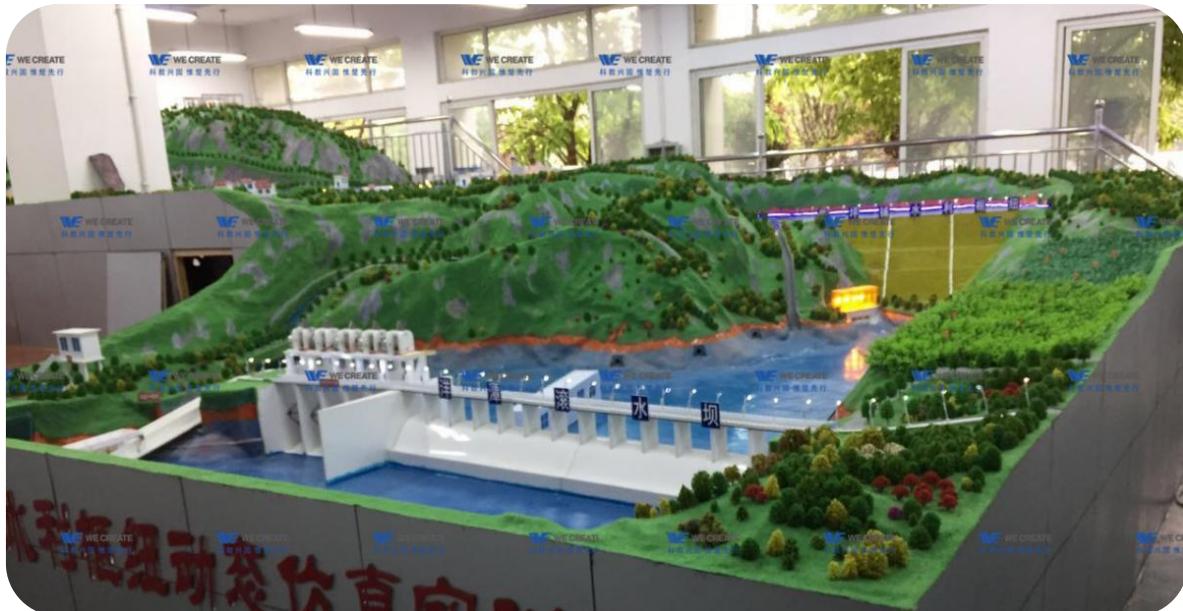
本设计由滚水坝段、船闸及冲沙闸、透明河床式电站（设置灯泡贯流式机组）等组成。大坝原电站部分改为船闸（2扇人形闸门可手动控制其启闭），5孔冲沙闸（可手动控制其启闭）滚水坝段做11孔溢流口。河岸左边安装一条一级船闸，可自动演示船舶过坝。右岸安装五孔冲沙闸，可演示泄洪冲沙，各闸门采用PLC控制启闭。

本枢纽水工建筑反映的情况综述如下：

序号	建筑物名称	反映的主要内容
1	拦河滚水坝	拦河滚水坝既挡水又过水，它反映的主要内容是：①滚水坝的主要作用；②滚水坝的结构特点；③滚水坝的挡水、过水特点；④滚水坝的防冲消能情况。
2	泄水闸	泄水闸反映的主要内容是：①泄水闸的位置；②泄水闸的结构特点；③泄水闸的闸门布置、工作桥布置及工作桥结构；④水闸的运行情况；⑤水闸的消能防冲。
3	冲沙闸	冲沙闸反映的主要内容是：①冲沙闸的布置；②冲沙闸的结构特点；③冲沙闸的闸门布置、工作桥布置及其结构；④冲沙闸的运行情况；⑤冲沙闸的防冲消能。
4	进水闸	进水闸反映的主要内容是：①进水闸的布置；②进水闸的结构特点；③进水闸的闸门布置、工作桥布置及其结构；④进水闸的运行情况；⑤冲沙闸的防冲消能；⑥进水闸与渠道的连接。

5	船闸	船闸反映的主要内容是：①船闸的布置；②船闸的结构（闸首、闸室、输水廊道、排水结构等）；③船闸的闸门布置；④船闸的运行情况；⑤船闸上下游引航道。
6	灌区	布设灌区，通过各种作物（水稻、小麦、玉米、棉花）分区种植，分区布置喷灌、滴灌、渗灌等灌水方法，可用实际水流，也可用灯光模拟水流。

### 建设完成案例参考图：



(5) 抽水蓄能电站工程



以天荒坪抽水蓄能电站工程为原型等比例缩小制作。电站枢纽主要包括枢纽主要建筑物上、下水库、输水系统、地下厂房洞室群、开关站等部分组成。

序号	建筑物名称	反映的主要内容
1	上水库	①直观反映展示出设计最高蓄水位、设计最低蓄水位等水库特征水位值； ②水库由主坝和4座副坝围筑而成，反映主副坝沥青混凝土面板土石坝的坝型及筑坝材料特点； ③水库库岸及库底均用仿沥青混凝土材质，反映防渗工艺。
2	下水库	①直观反映展示出设计最高蓄水位、设计最低蓄水位等水库特征水位值； ②反映混凝土面板堆石坝坝型及筑坝材料特点； ③左岸设开敞式无闸门侧堰溢洪道； ④右岸有由施工导流隧洞改建的供水及放空水库的隧洞； ⑤下水库上游库尾设有拦沙坝。
3	输水系统	①输水系统设在左岸的山体内，其组成部分主要有上库进出口和闸门井、斜井式高压管道、钢筋混凝土岔管、压力支管、尾水隧道和下库进出口等； ②2条高压混凝土管道，分岔为3条支管。6条尾水隧洞。
4	地下厂房洞室群	①地下厂房洞室群：地下厂房洞室群主要有主副厂房及安装场、主变室、母线廊道、尾水闸门洞以及其它一些用于交通、通风、排水的洞室和竖井； ②地下厂房布置在输水系统中部。主厂房采用型式新颖的岩壁吊车梁。主变洞位于主厂房下游，与主厂房平行布置； ③另考虑地下洞群的排水要求，在主厂房洞的底部设有一条自流排水洞。
5	开关站	①开关站布置在下库左岸尾水隧洞出口上方的地面上； ②500kV开关站在左侧有35kV降压站，右侧布置中控楼。

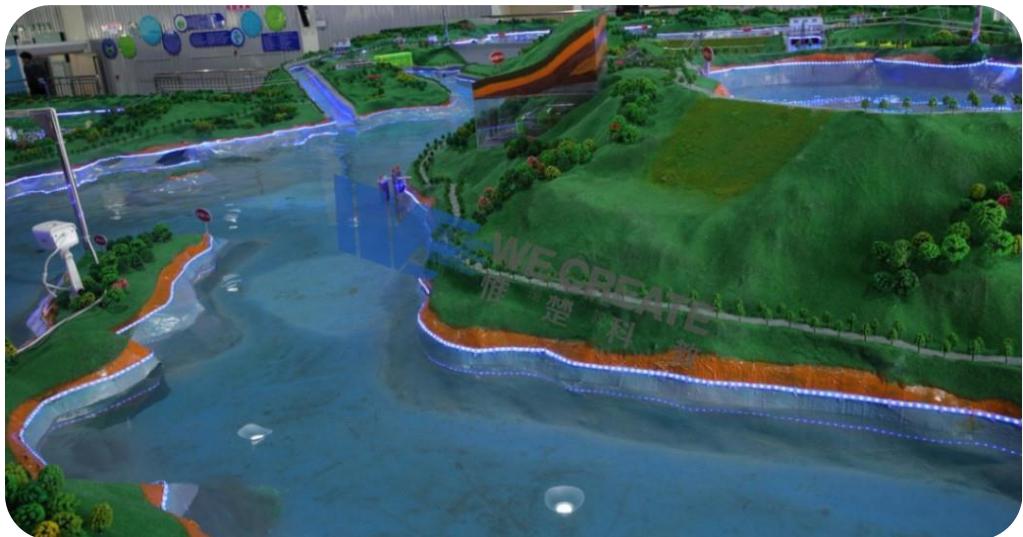
配套抽水蓄能电站仿真系统，进行知识结构内容的深度拓展，抽水蓄能电站仿真系统综合采用三维仿真技术、虚拟交互技术、计算机技术等先进技术，结合工程实际需求及专业技术，建立 1:1 的工程三维仿真模型，将水电站规划建设、工作原理、机电设备等信息淋漓尽致地展现出来，为水利电力工程领域提供了一种最直观的交流方式、最方便的设计工具和最先进的教育培训手段。

### 系统主要特点：

- (1) 本系统基于 C/S 构架设计，采用客户端软件进行查看；
- (2) 实现了抽水蓄能电站三维场景内的漫游功能；
- (3) 实现了抽水蓄能电站场景及构筑物的认知，支持场景跳转、虚拟互动操作等；



建设完成案例参考图：



#### (6) 农田水利工程

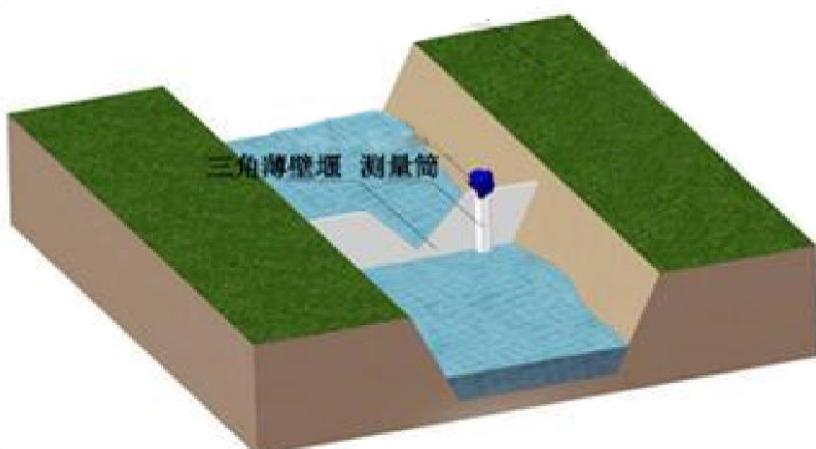
渠系工程由修建完整的渠系（渠首（可利用水库取水，修建取水口）、主渠、干渠、支渠、进水闸、分水闸、节制闸、排水闸、渡槽、涵洞、倒虹吸、跌水陡坡、桥梁等组成；

农田灌溉通过各种作物（水稻、小麦、玉米、棉花）分区种植，分区布置喷灌、滴灌、渗灌等灌溉型式。通过启闭水泵进行灌溉效果演示。

该组成模块能够进行渠系系统的真实过水演示展示过程；闸门均配有可控电机启闭进行渠系灌溉调节。

实训：

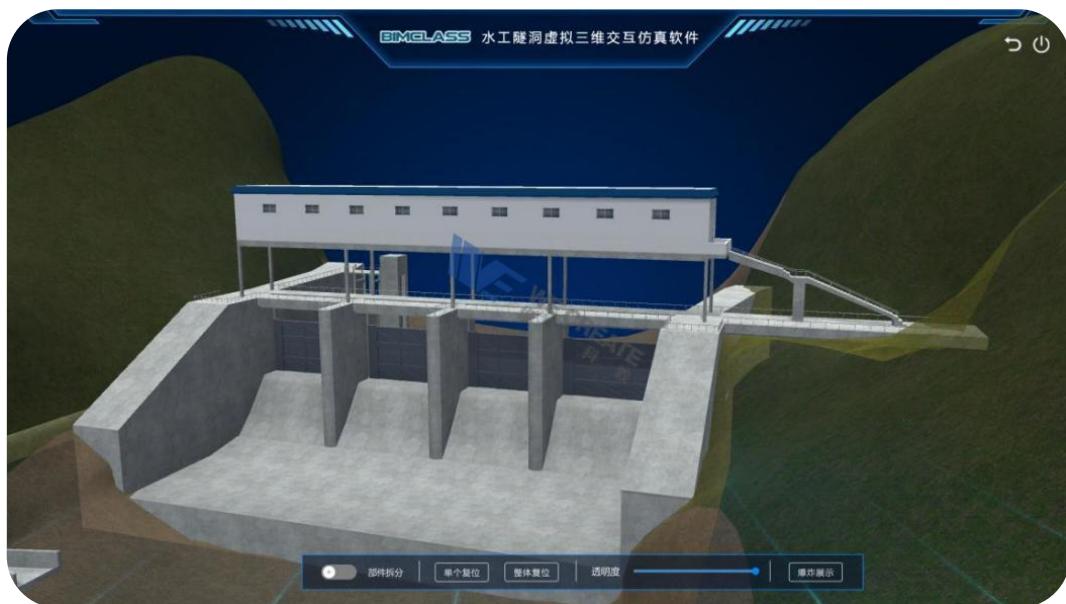
- (1) 渠道配置三角形量水堰，可进行渠道断面的流量实训测量；
- (2) 灌区调水模拟调度操作，让学生能对灌区的输调水系统有整体性认识，并合理判断各区域的水量调度规划并完成相应的调水任务。

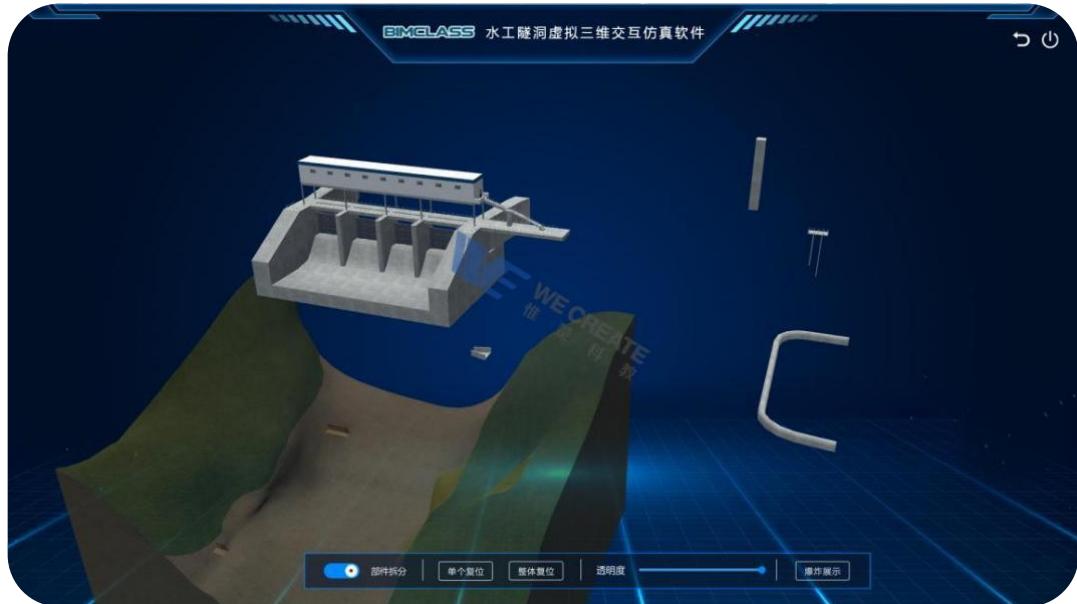




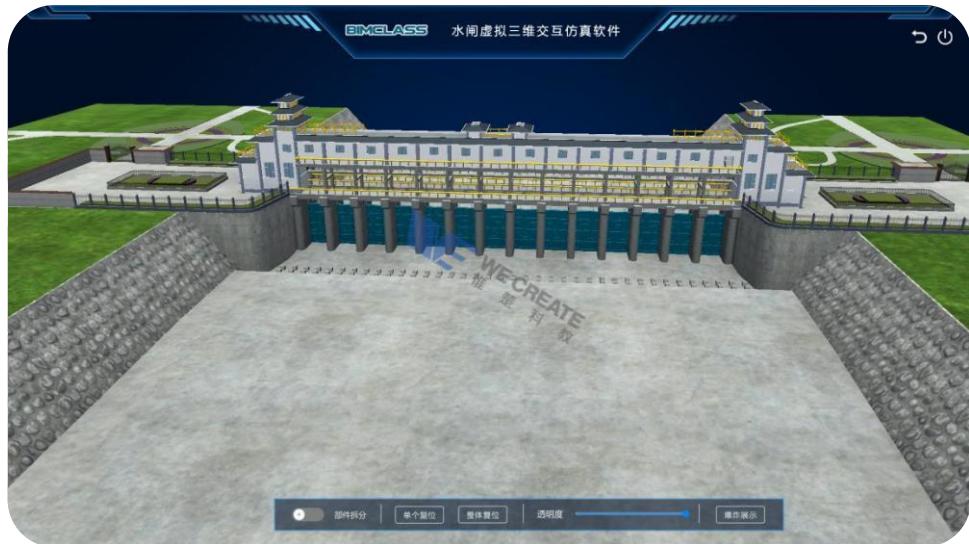
配套水工隧洞虚拟三维交互仿真软件、水闸虚拟三维交互仿真软件、梁式渡槽三维仿真软件，进行知识结构内容的深度拓展：

①水工隧洞虚拟三维交互仿真软件主要以水工隧洞虚拟三维交互仿真软件主要以水工隧洞的三维仿真模型为基础，三维模型包括：交通桥、无压明流隧洞、出口段、进口段、拦河闸等。在水工隧洞各结构上附加属性认知的功能，根据各部件添加该部件的工作原理、结构图片资料、工作原理视频等属性资料，方便教学使用。



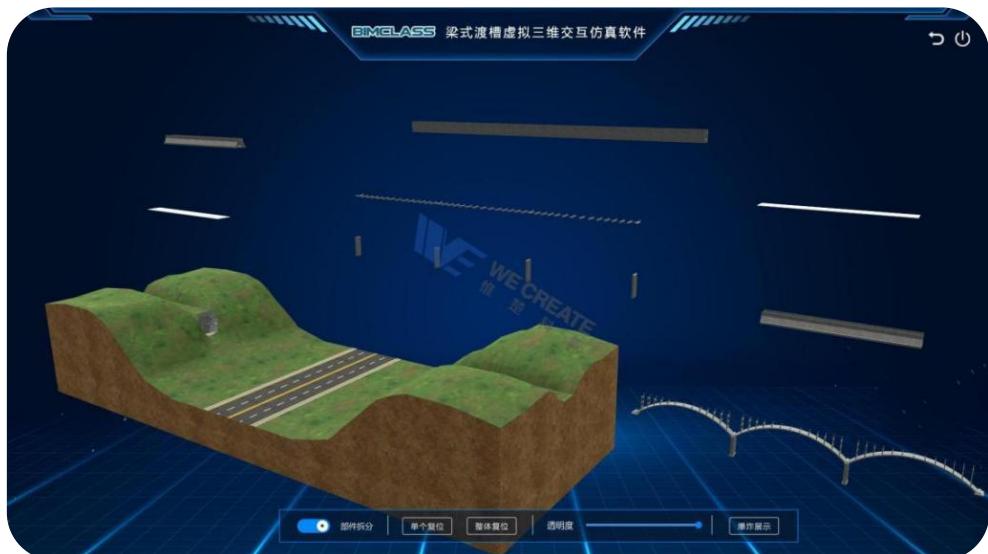


②水闸虚拟三维交互仿真软件主要以水闸的三维仿真模型为基础，三维模型包括：闸墩、底板、闸门、检修桥、排架、工作桥、启闭机房、交通桥、海漫、上游护底、上游护坡、下游护坡、护坦、检修桥、下游防护槽、胸墙、上游防护槽、上游翼墙、上游翼墙等。在水闸各结构上附加属性认知的功能，根据各部件添加该部件的工作原理、结构图片资料、工作原理视频等属性资料，方便教学使用。





③梁式渡槽三维仿真软件主要以梁式渡槽的三维仿真模型为基础，三维模型包括：槽身、进水口、出水口、墩柱、盖梁、支撑结构、地形等。在梁式渡槽各结构上附加属性认知的功能，根据各部件添加该部件的工作原理、结构图片资料、工作原理视频等属性资料，方便教学使用。

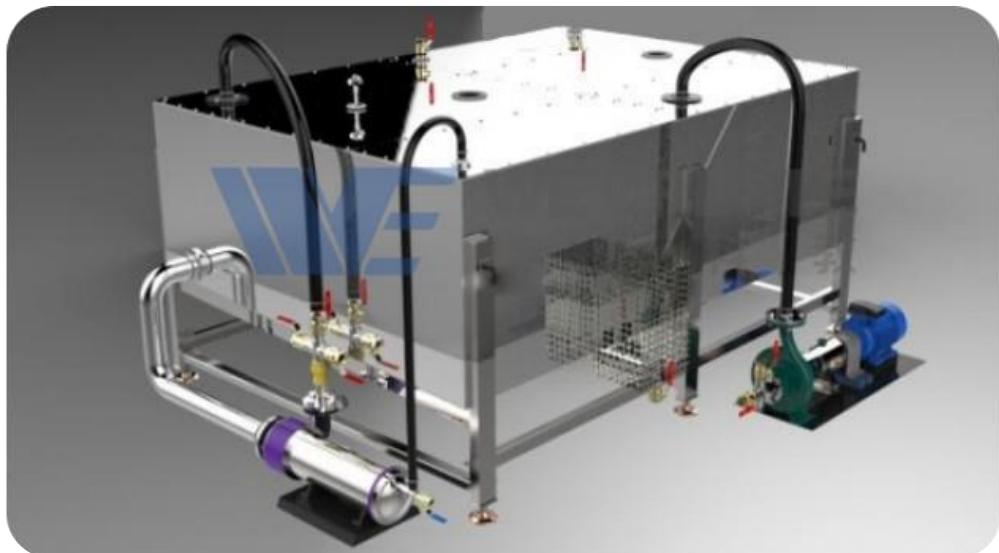




## (7) 自循环供水系统

自循环供水系统蓄水池、供水泵、给水管路、排水管路、阀门等蓄水池为砖混结构，组成，须做多遍防渗漏工艺处理，避免产生漏水等故障。

水位控制系统：当水库水位低于设计水位时，系统自动补水；当水位高于洪水水位时，系统自动泄洪。



## (8) 电路系统

1) 电路系统配置：由电控柜、电线、交流接触器、空气断路器、空气时间继电器、可编程控制器、开关等组成；

2) 功能：

- A,各模块的执行器均可电动控制；
- B,水路系统中的阀门、水泵等可电动控制；
- C,用电缆将所有模块连接到电控柜，由交流接触器、空气断路器、空气时间继电器、专用PCBA等组成控制电路，通过可编程控制器对电路进行控制；
- D,系统配备无线移动信号发射装置，采用移动终端（平板）对实训平台的各组件进行控制操作。



#### (9) 在线控制

- 1) 规格：钢制控制台， $1.4 \times 0.9 \times 1.1\text{m}$
- 2) 组成：分区控制，拱坝区、重力坝区、滚水坝区、渠系农田区等；自锁开关、自复开关、状态指示灯、数显表、独立的漏电开关等。



#### (10) 无线控制系统

采用数字化控制技术，通过移动终端设备如 Ipad 或手机 app，可对平台进行远程离线控制。



#### (11) 音响、功放、话筒

音响、功放、话筒系统配置功放机一台，防水灯柱型音响两个，及携带式无线话筒两个，用于老师教学及音视频的文件的声音输出。



### (12) LED 全彩屏

采用室内全彩 P3，显示屏尺寸约 2 米×1.5 米，配备控制系统、接收卡，控制主机，视频处理器及配套钢架和黑色铝合金边框。



### (13) 梯级防洪预警虚实结合仿真实验系统

基于梯级水利枢纽平台，采用三维虚拟仿真技术，建立梯级水利枢纽平台三维仿真模型，建模范围包括：四级大坝枢纽、地形地貌、渠道、闸以及梯级水利枢纽平台的其他构筑物场景。

采用虚实结合的创新教学方式，将梯级水利枢纽平台实体模型、虚拟仿真技术及专业知识紧密结合，综合采用三维仿真技术、虚拟交互技术、计算机控制技术、传感技术、专业设计及运行技术、专业机理数学模型等，增强感知系统的应用，并且充分融合声光电系统，增强交互性，建设梯级防洪调度虚实结合仿真实验系统，实现教学实训一体化。

#### (1) 人工降雨系统与实时数据监测模块

在梯级水利枢纽平台上布置人工降雨设备，根据软件系统内输入的降雨量进行实体平台人工降雨的调节。梯级水利枢纽平台内布置各种气象传感器与水文监测仪器，监测内容包括：降雨量、温度、风速、气压、湿度、水位等信息，通过显示屏将实时数据直观显示。软件系统接入实时气象数据与水文数据，实现与显示屏同步数据展示。支持接入气象站、水文站的数据库。



## 实时数据监测参考图

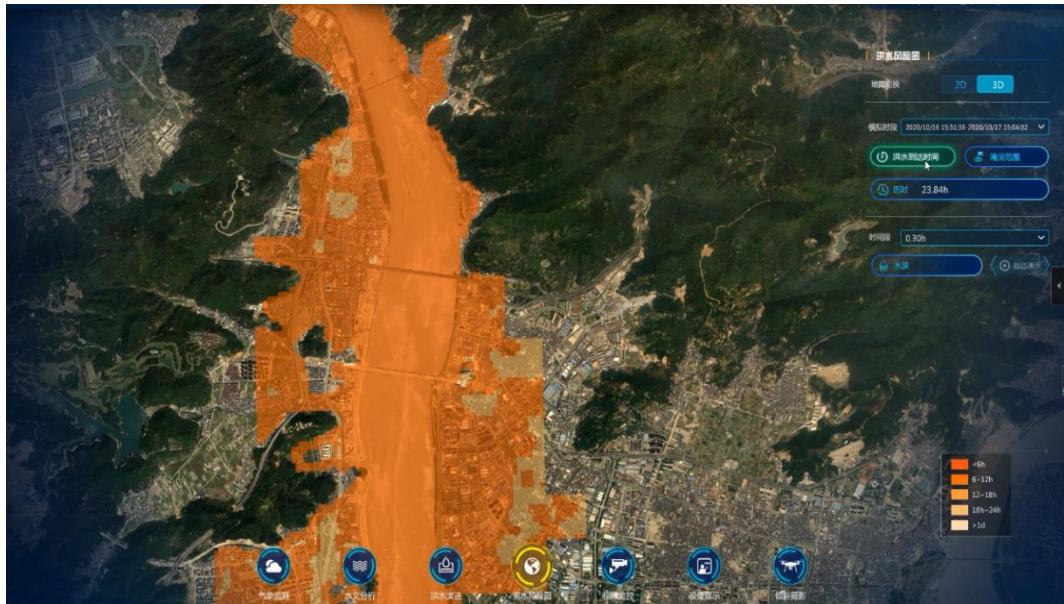
## (2) 入库洪水预报模块

选择典型常用的水文模型，开发相对应的降雨径流预测程序。基于降雨径流预测程序，在系统内输入降雨数据，进行产汇流计算，包括蒸散发计算、产流计算、水源划分、汇流计算等。根据降雨径流预测数据，在三维虚拟仿真场景中，展示入库流量过程，同时支持在梯级水利枢纽实体平台上展示地面入库流量过程。

根据降雨径流预测结果，调用水动力计算程序，计算模拟梯级水库下泄水流运动，给出

可视化结果，同时在梯级水利枢纽平台上演示梯级水库下泄水流运动情况。可以通过接入实时监测数据和预报数据，转换为模型计算所需的初始场和边界条件，进行模型滚动计算。

入库洪水预报模型接口包括气象水文数据接口、网格地形数据接口、模型参数接口、模拟结果数据接口等。



洪水预报参考图

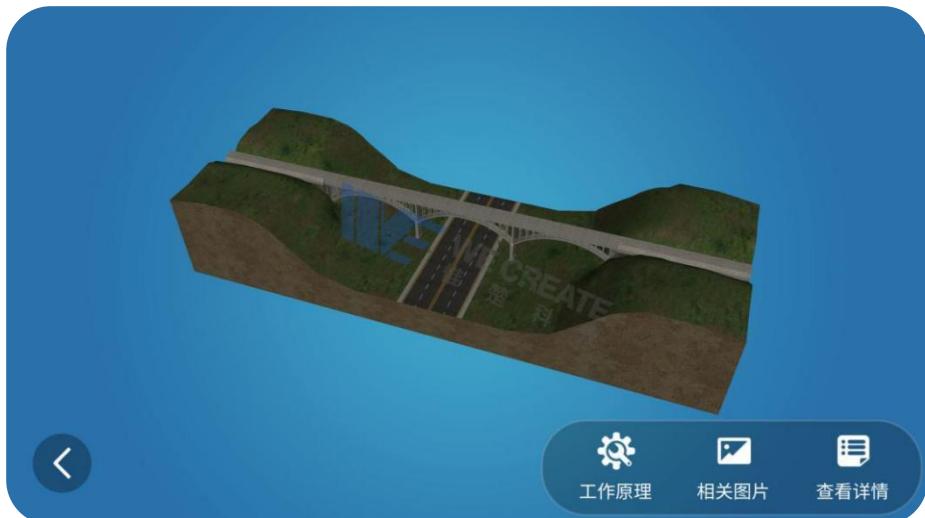
## 5.3 AR 虚拟互动版块

### 5.3.1 AR 虚拟互动版块

基于增强现实的交互手段给教育者提供了新的方式表达给学习对象，也用最贴近自然的交互方式为学习者搭建一个自主探索的空间。增强现实技术具有五方面的特性，它在教育中的应用潜力主要体现在：抽象的学习内容可视化、形象化；支持泛在环境下的情境式学习；提升学习者的存在感、直觉和专注度；使用自然方式交互学习对象；传统学习与新型学习相结合。增强现实技术的教育应用涵盖着课堂学习（学科分类）和课外非正式学习，目前在国内外的教育中已经有了不少实践，并初步形成了基于角色扮演、基于位置和基于任务的三类增强现实学习环境教学方式。

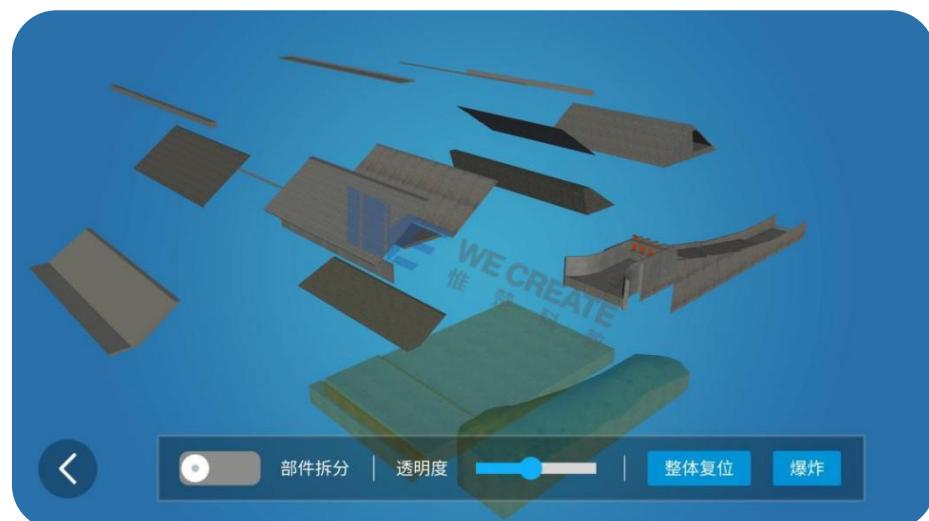
水利工程认知 AR 展示系统主要包含：梁式渡槽、面板堆石坝、水工隧洞、水闸、心墙土石坝、正槽式溢洪道六个子系统。

（1）**梁式渡槽 AR 展示系统**以梁式渡槽模型为基础，将梁式渡槽的相关组成部分知识点通过 APP 展示出来。学生可通过扫描二维码的方式随时随地的学习。该系统包括梁式渡槽模型的展示、拆分、复原、模型部件透明、梁式渡槽工作原理讲解等功能。





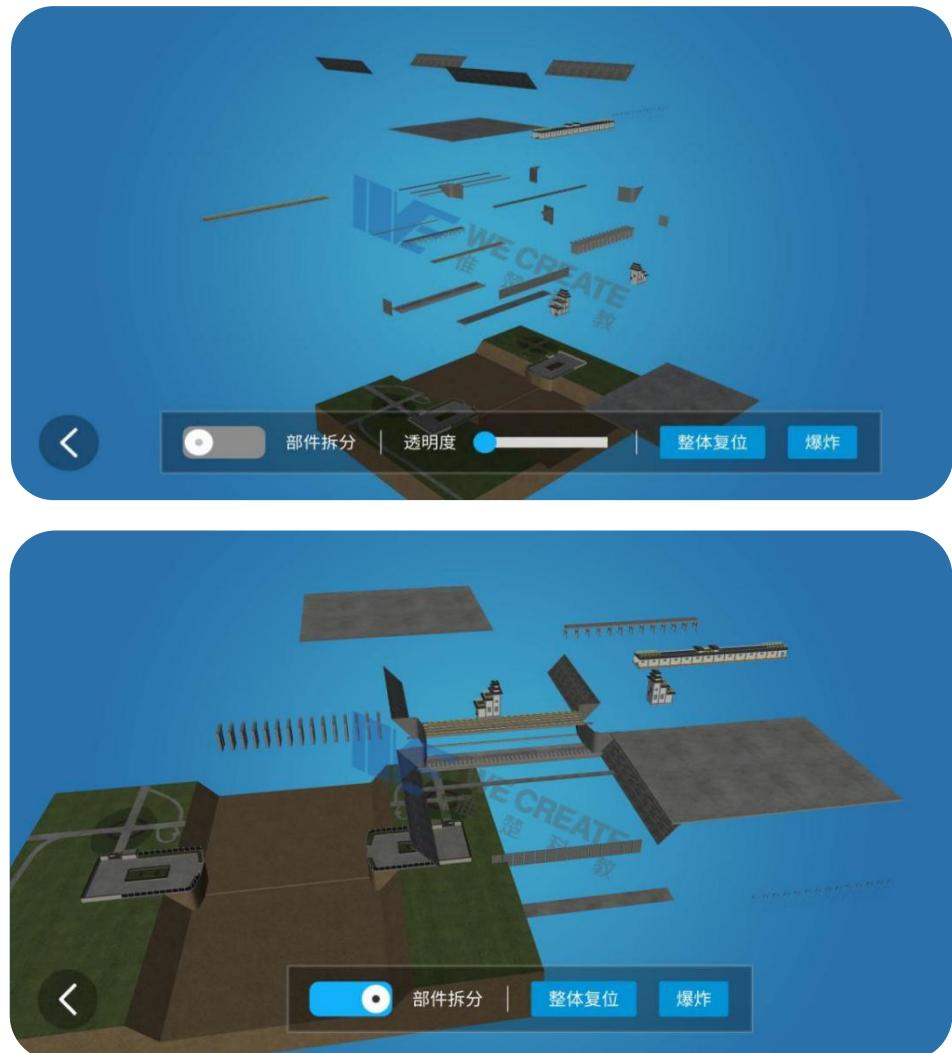
(2) 面板堆石坝 AR 展示系统以面板堆石坝模型为基础，将面板堆石坝的相关组成部分知识点通过 APP 展示出来。学生可通过扫描二维码的方式随时随地的学习。该系统包括面板堆石坝模型的展示、拆分、复原、模型部件透明、面板堆石坝工作原理讲解等功能。



(3) 水工隧洞 AR 展示系统以水工隧洞模型为基础，将水工隧洞的相关组成部分知识点通过 APP 展示出来。学生可通过扫描二维码的方式随时随地的学习。该系统包括水工隧洞模型的展示、拆分、复原、模型部件透明、水工隧洞工作原理讲解等功能。

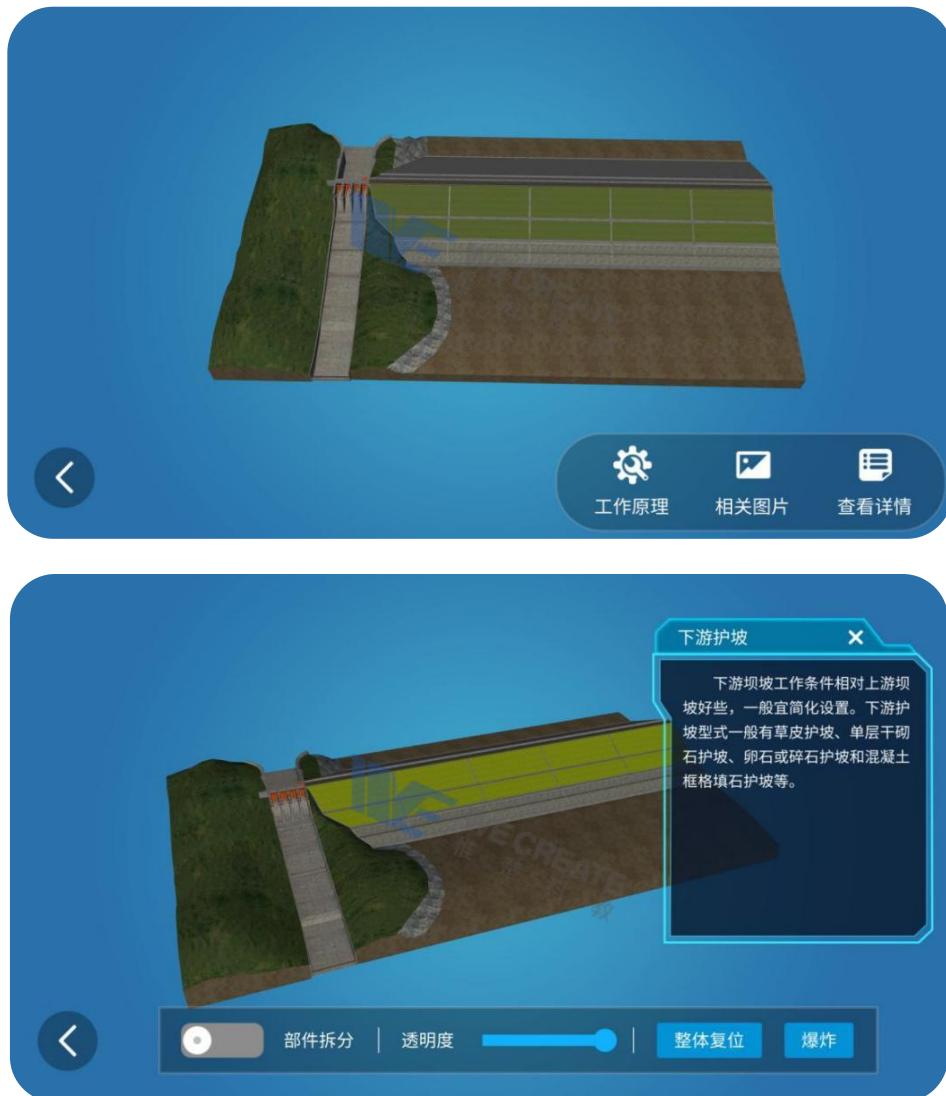


(4) 水闸 AR 展示系统以水闸模型为基础，将水闸的相关组成部分知识点通过 APP 展示出来。学生可通过扫描二维码的方式随时随地的学习。该系统包括水闸模型的展示、拆分、复原、模型部件透明、水闸工作原理讲解等功能。



### (5) 心墙土石坝 AR 展示系统

以心墙土石坝模型为基础，将心墙土石坝的相关组成部分知识点通过 APP 展示出来。学生可通过扫描二维码的方式随时随地的学习。该系统包括心墙土石坝模型的展示、拆分、复原、模型部件透明、心墙土石坝工作原理讲解等功能。



(6) 正槽式溢洪道 AR 展示系统以正槽式溢洪道模型为基础，将正槽式溢洪道的相关组成部分知识点通过 APP 展示出来。学生可通过扫描二维码的方式随时随地的学习。该系统包括正槽式溢洪道模型的展示、拆分、复原、模型部件透明、正槽式溢洪道工作原理讲解等功能。



## 6 预期效益

1. 建立虚实结合的水工实训教学环境，培养掌握先进技术的技术技能人才。先进的现代化、信息化、智能化的实践教学基地，有利于提升教师教学信息化应用能力和水平，将最新的规范规程、先进技术、施工工艺和手段纳入教学内容，实现教学内容对接职业标准。也有利于培养学生掌握先进的信息化、智能化技术，拥有实践能力强、职业素质高，具有创新实践能力的技术技能人才。

2. 促进了信息技术与教育教学深度融合。虚拟仿真软件与传统实训实践教学结合，有利于教师运用虚拟现实技术，以典型项目、案例、任务等为载体，开展集“教、学、做”为一体、“理虚实”一体化的教学模式改革，改变了传统的实践教学模式，推进实践教学向信息化、虚实结合方向发展，实现教学过程与工作过程高度结合，大大提高实践教学效率与质量。

3. 优化教学设计，坚持育训结合，实现教学资源共享。充分水利工程学院将充分发挥专业群的集聚效应。结合跨专业交叉实训和社会培训的不同特点，兼顾实训课程设计的专业性和兼容性，建设与虚拟仿真相适应的实训教学课程体系，合理确定实训教学内容，研究开发实训教学资源，打造高水平教学团队，优化人才培养方案和实训方式，科学安排虚实结合实训体系所需的课程时长、教学要求等。

4. 促进学生的实践技能、创新意识和创新能力的培养。学生在校企共建的校内外理、虚、实结合的虚拟仿真实践教学环境中，在教师的指导下，可独立完成水利工程规划与设计、施工与管理等模拟学习，且无需担心材料浪费，试错成为零，大大调动学生的学习积极性和主动性，培养了学生的实践技能、创新意识和创新能力。

5. 搭建了校企合作的桥梁，提升了服务社会的能力，实现区域、学校和企业多方共赢。共建、共享、共管的实训基地建设，促进了校企之间的深度合作。以基地为依托校企共同开展节水工的产学研活动，促进人才培养质量的提升、智能化运行与管理水平的提升。

## 7 进度计划

1. 制定初步建设方案（6月15日-6月20日）。召开项目建设工作研讨会，确定分项目负责人，研讨项目建设内容，形成初步建设内容、目标、措施、场地等解决方案。
2. 调研阶段（6月21日-6月30日）。深入行业企业调研，请教业内专家，探讨了解、水利实训基地的建设标准；了解相关院校水利实训基地的建设成功经验与不足。
3. 制定建设详细方案阶段（7月1日-7月10日）。专业教师研讨等过程合理制订水利实训基地建设方案。包括，确定设备及软件购置清单，体制机制建设，实训基地职能化升级改造，实操设备设施，建设环境。
4. 招标工作（7月10日-7月30日）。编制招标文件，提出招标申请，完成招标工作，并签订合同。
5. 建设实施（8月1日-10月1日）。开展水利实训基地的实质性建设，设备安装、调试、运行等工作。
6. 验收与支付资金（10月2日-10月5日）。
7. 试运行与调整（10月6日-10月15日）。

## 8 项目案例



(河海大学本部-三级水利枢纽仿真平台)



(重庆水利电力职业技术学院-多级水利枢纽仿真平台)



(长春工程职业技术学院一三级水利枢纽仿真平台)



(南昌工程学院-五级水利枢纽仿真平台)



(河海大学-大型水利枢纽综合平台)

## 附件一 工程预算清单

序号	设备名称	规格型号、技术参数	数量	单位
<b>一、综合水利枢纽平台——基础模块</b>				
1	钢结构底座	<ol style="list-style-type: none"><li>建设面积约 80 平方（根据现场情况适当进行调整）</li><li>由国标 Q235 槽钢、角钢等型材焊接，刷涂防锈漆</li><li>底架结构考虑平台承重及地面承重，进行受力和承重有限元分析优化</li><li>底架设计预留检修通道和内部照明系统，方便后期维护和检修</li><li>钢架施工严格遵守安全生产规则和安全技术操作规程，确保生产安全；严格按质量管理体系进行管理，确保施工质量</li></ol>	1	项
2	饰面装饰	<ol style="list-style-type: none"><li>平台四周铺设大芯板，铝塑板饰面；木质地板、不锈钢扶栏、水晶字标牌</li></ol>	1	项
3	地形地貌造型	<ol style="list-style-type: none"><li>采用扁钢构建内河河道、水库、高山、丘陵、平原等地形地貌</li><li>采用纤维布加高分子树脂翻模造型，满足 0.6 米深水位压强防渗标准</li></ol>	1	项
4	流域河道造型	<ol style="list-style-type: none"><li>按等高线进行河道塑型；采用大芯板衬底；覆彩色树脂玻璃钢；河岸水线区分、防水处理</li><li>河道自然美观、布置规律科学</li></ol>	1	项

5	平台亮化系统	1. 采用 led 灯珠、led 灯带、led 流水灯条、五彩灯等对沙盘沿各主要的水库、河流范围轮廓、路网以及城市、乡镇建筑主体等进行灯光装饰美化	1	项
6	绿化假植装饰	1. 平台绿化植采用行道树、花树、果树、草皮、花卉以及北方地区的乔灌木植被类型；黄杨、铺地柏等常绿灌木进行绿化点缀	1	项

**二、综合水利枢纽平台——功能模块**

1	拱坝水利枢纽仿真模块	1. 以二滩水利枢纽工程为仿真设计原型，由拦河坝、泄洪、引水、发电等建筑物组成  2. 拦河坝为双曲拱坝，坝体透明，能体现坝轴线，坝型、廊道布置、排水等  3. 泄水建筑物布置 6 个表孔、7 个中孔、2 个底孔  4. 地下厂房布置 5 台发电机组；拱坝下游设水垫塘。由进水口、引水洞、主厂房、主变室、尾水调压室和尾水洞及地面出线场组成  5. 各泄水孔弧形闸门采用铜板制作，配有可控电机启动。滑雪式溢洪道在泄洪时可看到水冲出后在空中对称消能的景观	1	项
2	土石坝水利枢纽仿真模块	1. 以小浪底水利枢纽工程为设计原型，由河床布置主坝，左岸条形山脊上布置副坝  2. 溢洪道布置在左岸，位于主、副坝之间  3. 泄洪洞布置在溢洪道左侧山体中；地下引水发电厂房布置在右岸  4. 水轮发电机仿真发电  5. 库区内采用各色防水油漆刷拭用以表示：死水位、正常蓄水位、校核洪水位等水库特征水位  6. 配套虚拟三维交互仿真软件	1	项

		<p>6.1. 面板堆石坝虚拟三维交互仿真软件</p> <p>主要以面板堆石坝的三维仿真模型为基础，三维模型包括：溢洪道、盖重区、上游盖重区、趾板、面板、固结灌浆、垫层区、过渡区、主堆石区、下游堆石区、块石护坡、帷幕灌浆、次堆石区、特殊垫层区、量水堰、防浪墙等。在面板堆石坝各结构上附加属性认知的功能，根据各部件添加该部件的工作原理、结构图片资料、工作原理视频等属性资料，方便教学使用。</p> <p>6.2. 粘土心墙土石坝三维仿真软件</p> <p>主要以心墙土石坝的三维仿真模型为基础，三维模型包括：上游护坡、下游护坡、土方回填夯实、坝脚排水沟、坝踵、坝顶、心墙、棱体排水、贴坡排水沟、过渡层等。在心墙土石坝各结构上附加属性认知的功能，根据各部件添加该部件的工作原理、结构图片资料、工作原理视频等属性资料，方便教学使用。</p> <p>6.3. 正槽式溢洪道虚拟三维交互仿真软件</p> <p>主要以正槽式溢洪道的三维仿真模型为基础，三维模型包括：尾水渠、工作桥、引水渠段、控制堰段、泄槽段、消能设施、闸门等。在正槽式溢洪道各结构上附加属性认知的功能，根据各部件添加该部件的工作原理、结构图片资料、工作原理视频等属性资料，方便教学使用。</p>		
3	重力坝水利枢纽仿真模块	<p>以三峡水利枢纽工程为设计原型，进行动态模拟展示，主要水工建筑物包括：挡水大坝重力坝和溢流坝段、航运建筑物、水电站建筑物</p> <p>1. 挡水大坝：反映</p> <p>①坝体的整体布置，泻洪坝段位于河床中部，两侧为厂房坝段和非溢流坝段。泻洪坝段反映展示出表孔，深孔和导流底孔</p> <p>②泻洪坝段左侧的左导墙坝段和右侧的纵向围堰坝段上各反映展示出 1 个泻洪排漂孔，右岸非溢流坝段反映</p>	1	项

	<p>展示出 1 个排漂孔</p> <p>③左岸厂房坝段反映展示出 2 个排沙孔，左岸非溢流坝段反映展示 1 个排沙孔，右岸厂房坝段反映展示出 4 个排沙孔</p> <p>2. 航运建筑物：反映①五级船闸的布置、结构、运行过程以及上下游引航道等；②单线一级垂直升船机的布置、结构、运行过程以及上下游引航道等</p> <p>3. 坝后式水电站厂房：反映①引水管的进口布置；②进口结构特点；③压力钢管的布置及连接；④水轮机层、发电机层、尾水管的结构特点；⑤水电站厂房的布置及其结构特点；⑥发电机母线的出线布置；⑦开关站、变压器位置的选择及其布置；⑧水电站的运行过程</p> <p>4. 配套虚拟三维交互仿真软件</p> <p>4. 1. 重力坝三维交互仿真软件</p> <p>主要以重力坝的三维仿真模型为基础，三维模型包括：出线场、中控室、主厂房、变压器、副厂房、右岸冲砂底孔、右岸挡水坝、导墙、工作桥、启闭机、工作闸门、检修闸门、左岸挡水坝、左岸泄洪冲砂底孔、护坦、消力池、输水系统、边墩、闸墩等。在重力坝各结构上附加属性认知的功能，根据各部件添加该部件的工作原理、结构图片资料、工作原理视频等属性资料，方便教学使用。</p> <p>5. 配套船闸及升船机运行调度实训模块</p> <p>船闸的模拟操作以及升船机的运行调度实训，让学生对船闸的整个运行过程及原理有充分的认知</p>	
--	---	--

4	滚水坝水利枢纽仿真模块	由滚水坝段、船闸及冲沙闸、透明河床式电站（设置灯泡贯流式机组）等组成。大坝原电站部分改为船闸（2扇人形闸门可手动控制其启闭），5孔冲沙闸（可手动控制其启闭）滚水坝段做11孔溢流口。河岸左边安装一条一级船闸，可自动演示船舶过坝。右岸安装五孔冲沙闸，可演示泄洪冲沙，各闸门采用PLC控制启闭。	1	项
5	抽水蓄能电站仿真模块	1. 以天荒坪抽水蓄能电站为真原型，反映上水库、下水库、前池、引水管道、地下电厂、尾水渠等组成部分  2. 地下厂房可升降进行展示，并进行灯光亮化  3. 配套抽水蓄能电站仿真系统  采用三维仿真技术、虚拟交互技术、计算机技术等先进技术，结合工程实际需求及专业技术，建立1:1的工程三维仿真模型，将水电站规划建设、工作原理、机电设备等信息淋漓尽致地展现出来，为水利电力工程领域提供了一种最直观的交流方式、最方便的设计工具和最先进的教育培训手段。  3.1. 系统基于C/S构架设计，采用客户端软件进行查看  3.2. 实现抽水蓄能电站三维场景内的漫游功能  3.3. 实现抽水蓄能电站场景及构筑物的认知，支持场景跳转、虚拟互动操作等功能	1	项
6	农田水利工程仿真模块	1. 模拟展示农田水利灌溉灌排结合方式，展示出完整的渠系：渠首、主渠、干渠、支渠、进水闸、分水闸、节制闸、排水闸、渡槽、涵洞、倒虹吸、跌水陡坡、农桥等组成；通过各种作物（水稻、小麦、玉米、棉花）分区种植，分区布置喷灌、滴灌、渗灌等灌溉型式，可通过启闭水泵进行节水灌溉效果演示  2. 能够进行渠系系统的真实过水演示展示过程  3. 闸门均配可控电机启闭可进行渠系灌溉调节	1	项

	<p>4. 配套水工隧洞虚拟三维交互仿真软件、水闸虚拟三维交互仿真软件、梁式渡槽三维仿真软件，进行知识结构内容的深度拓展：</p> <p>4. 1. 水工隧洞虚拟三维交互仿真软件</p> <p>主要以水工隧洞虚拟三维交互仿真软件主要以水工隧洞的三维仿真模型为基础，三维模型包括：交通桥、无压明流隧洞、出口段、进口段、拦河闸等。在水工隧洞各结构上附加属性认知的功能，根据各部件添加该部件的工作原理、结构图片资料、工作原理视频等属性资料，方便教学使用。</p> <p>4. 2. 水闸虚拟三维交互仿真软件</p> <p>主要以水闸的三维仿真模型为基础，三维模型包括：闸墩、底板、闸门、检修桥、排架、工作桥、启闭机房、交通桥、海漫、上游护底、上游护坡、下游护坡、护坦、检修桥、下游防护槽、胸墙、上游防护槽、上游翼墙、上游翼墙等。在水闸各结构上附加属性认知的功能，根据各部件添加该部件的工作原理、结构图片资料、工作原理视频等属性资料，方便教学使用。</p> <p>4. 3. 梁式渡槽三维仿真软件</p> <p>主要以梁式渡槽的三维仿真模型为基础，三维模型包括：槽身、进水口、出水口、墩柱、盖梁、支撑结构、地形等。在梁式渡槽各结构上附加属性认知的功能，根据各部件添加该部件的工作原理、结构图片资料、工作原理视频等属性资料，方便教学使用。</p> <p>5. 配套渠道断面流量实训测量模块：</p> <p>渠道配置三角形量水堰，可进行流量实训测量</p>	
--	--	--

7	梯级防洪预警虚实结合仿真实验系统	<p>基于梯级水利枢纽平台，采用三维虚拟仿真技术，建立梯级水利枢纽平台三维仿真模型，建模范围包括：5级大坝枢纽、地形地貌、渠道、闸以及梯级水利枢纽平台的其他构筑物场景。</p> <p>采用虚实结合的创新教学方式，将梯级水利枢纽平台实体模型、虚拟仿真技术及专业知识紧密结合，综合采用三维仿真技术、虚拟交互技术、计算机控制技术、传感技术、专业设计及运行技术、专业机理数学模型等，增强感知系统的应用，并且充分融合声光电系统，增强交互性，建设梯级防洪调度虚实结合仿真实验系统，实现教学实训一体化。</p> <p>(1) 人工降雨系统与实时数据监测模块</p> <p>在梯级水利枢纽平台上布置人工降雨设备，根据软件系统内输入的降雨量进行实体平台人工降雨的调节。梯级水利枢纽平台内布置各种气象传感器与水文监测仪器，监测内容包括：降雨量、温度、风速、气压、湿度、水位等信息，通过显示屏将实时数据直观显示。软件系统接入实时气象数据与水文数据，实现与显示屏同步数据展示。支持接入气象站、水文站的数据库。</p> <p>(2) 入库洪水预报模块</p> <p>选择典型常用的水文模型，开发相对应的降雨径流预测程序。基于降雨径流预测程序，在系统内输入降雨数据，进行产汇流计算，包括蒸散发计算、产流计算、水源划分、汇流计算等。根据降雨径流预测数据，在三维虚拟仿真场景中，展示入库流量过程，同时支持在梯级水利枢纽实体平台上展示地面入库流量过程。</p> <p>根据降雨径流预测结果，调用水动力计算程序，计算模拟梯级水库下泄水流运动，给出可视化结果，同时在梯级水利枢纽平台上演示梯级水库下泄水流运动情况。可以通过接入实时监测数据和预报数据，转换为模型计算所需的初始场和边界条件，进行模型滚动计算。</p> <p>入库洪水预报模型接口包括气象水文数据接口、网格地形数据接口、模型参数接口、模拟结果数据接口等。</p>	1	项
---	------------------	---	---	---

9	人工降雨仿真模块	1. 人工降雨包含智能式自吸泵、自动变频压力控制系统、降雨控制操作箱、储水箱、降雨喷头、降雨控制阀、不锈钢管、不锈钢卡盘、钢丝软管、电缆等组成部分  2. 人工降雨面积约 1.2 平方	1	项
10	语音解说模块	平台解说介绍，解说内容先通过甲方审核后再制作	1	项

**三、综合水利枢纽平台——软硬件配套设备（设施）**

1	音响、功放、话筒	1. 功放：SA-6012，信噪比：86db  额定功率：350W，输出电压：100V/70V  灵敏度：350MV，频率响应：20Hz-20KHz  2. 音响：防水灯柱型，数量 2 个；功率 40W  3. 携带式话筒：无线话筒，数量 1 套	1	套
2	自循环供水系统	1. 配置：组成：蓄水池、供水泵、给水管路、排水管路、阀门等蓄水池为砖混结构，须做多遍防渗漏工艺处理，避免产生漏水等故障  1. 1 进水管口径为 110mm，排水管口径为 200mm；  1. 2 供水泵为不锈钢泵，380V，功率为 2.2KW；离心泵，另根据需要配置 1-2 台潜水泵作为补水泵  1. 3 给水和排水管道为 PVC 或 PPR 材质  1. 4 阀门包括电动球阀和蝶阀等  2. 功能：水位控制系统：当水库水位低于设计水位时，系统自动补水；当水位高于洪水水位时，系统自动泄洪	1	套

3	电路系统	1. 规格：定制  2. 配置：由电控柜、电线、交流接触器、空气断路器、空气时间继电器、可编程控制器、开关等组成  3. 功能：  3.1 各模块的执行器均可电动控制  3.2 水路系统中的阀门、水泵等可电动控制  3.3 用电缆将所有模块连接到电控柜，由交流接触器、空气断路器、空气时间继电器、专用 PCBA 等组成控制电路	1	套
4	在线控制	1. 规格：钢制控制台 $1.4 \times 0.9 \times 1.1\text{m}$  2. 组成：分区控制，拱坝区、重力坝区、滚水坝区、渠系农田区等；自锁开关、自复开关、状态指示灯、数显表、独立的漏电开关等	1	套
5	无线控制系统	采用数字化控制技术，定制开发控制软件一套，可对平台系统进行无线操控  1. 配备平板电脑一台  2. 配置无线移动信号发射装置，采用移动终端（平板）对实训平台的各组件进行控制操作	1	套
6	LED 全彩屏	采用室内全彩 P3，显示屏尺寸约 2 米 $\times$ 1.5 米，配备控制系统、接收卡，控制主机，视频处理器及配套钢架和黑色铝合金边框	1	套
<b>四、虚拟展示模块——硬件设备</b>				
1	AR 灯箱展板	1. 定制尺寸规格，单幅面积约 1.2 平方  2. 展示内容可通过扫描二维码进行深入拓展学习，可对水利工程中的心墙土石坝、面板堆石坝、正槽式溢洪	4	幅

		道、梁式渡槽、水工隧洞、水闸等水工建筑物进行结构的认知、展示、拆分、复原等功能  3. 灯箱采用约 6cm 轻质铝合金型材，耐磨耐腐蚀，确保灯箱不变形，结构扎实  4. 采用 LED 静音节能灯条，可直接连接 220V 电源		
2	触控一体机	1. 红外 10 点触控技术，免驱动；  2. 屏幕采用全钢化玻璃设计，防划防撞；  3. 边框后壳均采用全金属材质，不接受塑料材质；  4. 屏幕尺寸≥32 英寸，屏幕分辨率≥1920*1080，亮度≥350 cd/m <sup>2</sup> ，显示比例 16:9， 对比度≥1200:1，可视角度≥178°，灰度分辨率等级≥128 灰阶；  5. 输入功能齐全，HDMI/VGA/TV/AV 可直接当电视使用，外接电脑、 盒子、有线信号等；  6. Intel 集成主板 HM65，Intel Core i5，主频：2.3GHz；主板： 工控板；硬盘：120G 固态+500G 机械硬盘，Intel 核芯显卡 Intel HD 3000；  7. 接口：4 路 USB2.0、2 路 USB3.0、1 路 RJ45 网络接口、1 路 MIC 输入、1 路 HDMI 输出、1 路 VGA 输出、1 路 LINE 输出、支持 wifi 802.11b/g/n.	1	台
<b>项目总投资</b>				<b>750000.00</b>

## 九 项目特色

1. 水利平台突破传统形式，采取实体水工模型+虚拟仿真软件相结合，彼此互补的展示表现手法，二者相结合，不仅弥补了水工模型对细节表现不足的缺陷，同时也弥补了虚拟仿真软件给人直观视觉感受等比较薄弱缺点，能更好的让学生全面丰富的掌握知识点内容；
2. 水利平台展示的内容模块丰富多样，不仅仅局限于水工建筑物类的模型的展示，同时也展示其它课程的知识内容，如道桥结构，净水污水处理工艺展示，节水灌溉技术等的知识，能更好的让学生掌握全面丰富的综合性知识；
3. 平台融合多种实训操作训练，让学生对知识的掌握不仅仅停留在看的表面，更要激活其主观能动性，锻炼其动手实操能力；
4. 本项目虚拟多样化，涵盖目前三维仿真, AR, 等展示形式，更形象，逼真。