

第二批国家级一流本科课程申报书

(虚拟仿真实验教学课程)

课程名称：海平面上升环境下的海堤防护虚拟仿真实验

专业类代码：0811

负责人：龚政、姚鹏

联系电话：13705187083

申报学校：河海大学

填表日期：2021.5.10

推荐单位：河海大学

中华人民共和国教育部制

二〇二一年四月

填报说明

1.专业类代码指《普通高等学校本科专业目录（2020）》中的专业类代码（四位数字）。

2.文中○为单选；□可多选。

3.团队主要成员一般为近5年内讲授该课程教师。

4.文本中的中外文名词第一次出现时，要写清全称和缩写，再次出现时可以使用缩写。

5.具有防伪标识的申报书及申报材料由推荐单位打印留存备查，国家级评审以网络提交的电子版为准。

6.涉密课程或不能公开个人信息的涉密人员不得参与申报。

1. 基本情况

实验名称	海平面上升环境下的海堤防护虚拟仿真实验	是否曾被推荐	○是 ●否
实验所属课程 (可填多个)	工程水文学、海洋工程水文学、海岸工程		
性质	○独立实验课 ●课程实验		
实验对应专业	港口航道与海岸工程、海洋资源开发技术		
实验类型	○基础练习型 ●综合设计型 ○研究探索型 ○其他		
虚拟仿真必要性	<input checked="" type="checkbox"/> 高危或极端环境 <input type="checkbox"/> 高成本、高消耗 <input checked="" type="checkbox"/> 不可逆操作 <input type="checkbox"/> 大型综合训练		
实验语言	●中文 ○中文+外文字幕(语种) ○外文(语种)		
实验已开设期次	共 2 次: 1. 2019.12, 125 人(四个班级) 2. 2020.11, 143 人(五个班级)		
有效链接网址	(要求填写标准 URL 格式的实验入口网页, 不允许仅为文件下载链接) http://xnfzgx.hhu.edu.cn/exp/4.html		

2. 教学服务团队情况

2-1 团队主要成员(含负责人, 总人数限 5 人以内)								
序号	姓名	出生年月	单位	职务	职称	手机号码	电子邮箱	承担任务
1	龚政	1975.10	河海大学	院长	教授	13705187083	gongzheng@hhu.edu.cn	课程总负责、方案总设计(在线教学服务人员)
2	姚鹏	1987.4	河海大学	系主任	副教授	13621583692	p.yao@hhu.edu.cn	第二负责人、实验设计、咨询(在线教学服务人员)
3	张继生	1979.10	河海大学	副院长	教授	18761642426	20110055@hhu.edu.cn	教学组织及效果监控(在线教学服务人员)

4	周曾	1986.2	河海大学	所长	教授	13815408337	zeng.zhou@hhu.edu.cn	科研支撑、实验设计改进（在线教学服务人员）
5	潘毅	1985.10	河海大学	无	教授	13655173277	20120057@hhu.edu.cn	工程支撑, 实验模型转化（在线教学服务人员）

2-2 团队其他成员

序号	姓名	出生年月	单位	职务	职称	承担任务
1	苏敏	1986.11	河海大学	无	副教授	虚拟实验教学总结
2	严士常	1980.10	河海大学	实验中心主任	研究员	实体与虚拟实验结合
3	蒋勤	1963.5	河海大学	无	教授	教学咨询与设计（在线教学服务人员）
4	陈永平	1976.1	河海大学	副院长	教授	风暴潮关键技术咨询
5	谭亚	1970.6	河海大学	无	副教授	工程数据集资料转化
6	王震	1963.5	河海大学	无	副教授	工程结构仿真设计咨询
7	伍致明	1996.11	南京恒点信息技术有限公司	无	工程师	仿真软件程序设计（技术支持人员）
8	项洁	1996.10	南京恒点信息技术有限公司	无	工程师	仿真软件场景美工设计（技术支持人员）
9	王欣	1997.2	南京恒点信息技术有限公司	无	工程师	仿真软件3D模型设计（技术支持人员）
10	何欣	1990.1	南京恒点信息技术有限公司	无	工程师	仿真软件动画设计（技术支持人员）

团队总人数：15人 其中高校人员数量：11人 企业人员数量：4人

2-3 团队主要成员教学情况（限 500 字以内）

（近 5 年来承担该实验教学任务情况，以及负责人开展教学研究、学术研究、获得教学奖励的情况）

团队负责人开展教学科研及获奖情况：

团队负责人龚政，现任河海大学港口海岸与近海工程学院院长、水利工程国家一级学科教授、博导、国家杰出青年科学基金获得者、江苏特聘教授，入选教育部新世纪优秀人才支持计划。拥有 14 年高教教龄，长期从事《工程水文学》、《海洋工程水文学》、《海洋调查方法》等海岸防护课程的课堂及实验教学工作，获得全国水利学科青年教师讲课竞赛一等奖，指导国家级大学生创训项目 1 项。获得国家科技进步二等奖 1 项，教育部科技进步奖一等奖 1 项、二等奖 3 项，中国航海学会科技进步特等奖 1 项。

团队主要成员教学科研情况：

团队主要成员姚鹏（硕导）、张继生（博导）、周曾（博导）、潘毅（博导）均为《流体力学》、《工程水文学》、《海岸工程》、《河口海岸动力学》、《高等海岸动力学》等海岸防护课程的主讲教师，长期从事海岸防护课程的教学及实验讲授工作。近 5 年，团队成员获得高等学校水利类专业教学成果奖一等奖、省教学成果奖二等奖、省研究生教育改革成果二等奖，入选江苏省青蓝工程中青年学术带头人、江苏省双创人才计划、江苏省自然科学基金优秀青年基金，多门课程入选江苏高校省级留学生英文授课精品课程。

注：必要的技术支持人员可作为团队主要成员；“承担任务”中除填写任务分工内容外，请说明属于在线教学服务人员还是技术支持人员。

3. 实验描述

3-1 实验简介（实验的必要性及实用性，教学设计的合理性，实验系统的先进性）

(1) 实验背景

全球变暖、海平面上升环境下，台风灾害已位居海洋灾害之首，并且其频率及强度仍在逐年增加。海堤是保护陆域人民生命及财产安全的第一道屏障，增强海平面上升环境下的海堤防护能力，是提高沿海地区防灾减灾能力的迫切需求。

根据联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）关于极端事件和灾害的专题报告，在全球变暖及海平面逐年上升的条件下（图 1a），沿海地区的极端高潮位和台风最大风速都在增加，其引发的风暴潮及台风浪等台风灾害风险日益增加。沿海地区经济发达、人口密集，已然成为在海平面上升环境下的高风险区域，是国际社会面临的严重挑战。我国海岸线长度超过 18000 公里，沿海地区经常遭受不同程度台风浪及风暴潮的侵袭（图 1）。本世纪以来，我国的海洋灾害造成死亡人数超过 2700 人，直接经济损失 2374 亿元，而台风浪和风暴潮的致灾率达 90%。海平面上升环境下，台风引起的海洋灾害仍在加剧。例如，珠江口区域在 2017 和 2018 年连续两年出现增水超百年一遇的风暴潮，分别由台风“天鸽”（国际编号：1713）和台风“山竹”（国际编号：1822）引起。高强度的风暴潮容易引起大规模的漫堤、溃堤灾害，造成灾难性的后果，如 2005 年的美国“卡特里娜”飓风风暴潮、1970 年的孟加拉湾风暴潮、2018 年我国台风“山竹”引起的风暴潮等。

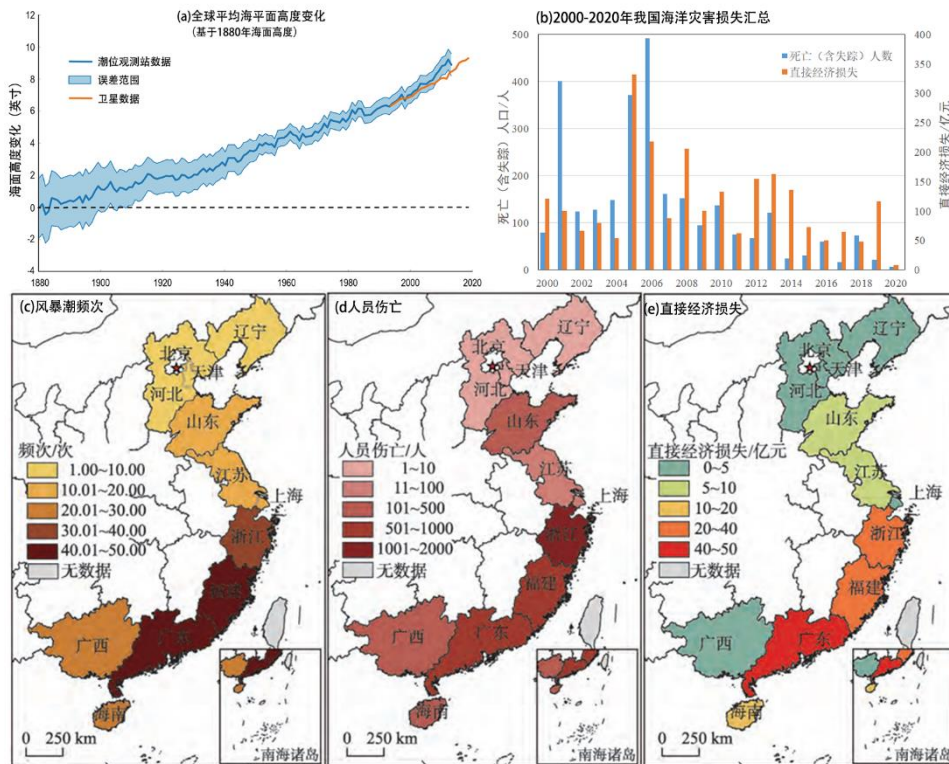


图 1 (a) 全球海平面高度变化；(b) 2000-2020 年我国的海洋灾害损失（引自海洋灾害公报）；(c) - (e) 1949-2015 年中国沿海地区风暴潮灾情分布格局

党的十八大以来，习近平总书记多次在不同场合就防灾减灾救灾工作发表重要讲话或作出重要指示。国家“十三五”期间的重点任务明确提出要“加强海洋气候变化研究，提高海洋灾害监测、风险评估和防灾减灾能力”，“十四五”期间则要求“提升应对海洋自然灾害和突发环境事件能力”。2021 全国防灾减灾日主题，则是“防范化解灾害风险，筑牢安全发展基础”。海堤是保护沿海区域第一道屏障，台风作用下的海堤安全，关系到沿海地区人民的生命财产安全，至关重要。随着海平面逐年上升，台风强度及频率的加剧，海堤防护能力受到严峻挑战，近年来风暴潮造成的漫堤、溃堤事件频发（图 2）。据估计，至 2030 年广东省珠江口近海海平面将上升 30cm，海堤防护能力将降低 60%。由此可见，海平面的逐年上升严重削弱了海堤防护能力，而加高加固海堤是沿海地区适应极端事件加剧的主要措施。然而，海堤加高的建造及维护过程不但会耗资巨大，而且过高的海堤会在一定程度上影响当地的生态环境。因此，根据未来海平面变化情景，在对当地水文气象条件、社会经济水平以及生态环境等充分调查分析的基础上，合理选择海堤防护措施，增强海堤防护能力，是沿海地区适应全球气候变化、提高重大灾害防御能力的迫切需求。



图 2 (a) 台风“天鸽”登陆时的漫堤水流；(b) 风暴潮漫堤造成的城市淹水；
(c) 台风“山竹”登陆时的漫堤水流；(d) 风暴潮对海堤造成的破坏

(2) 实验的必要性及实用性

海堤防护设计是水利类专业的重要内容，是推进海洋强国等国家战略的重要基础，是培养海洋防灾减灾人才的重要支撑。实验以立德树人为根本任务，旨在突破传统课程教学瓶颈，引导学生树立理想信念及工程责任，培养具有家国情怀和使命担当意识的海洋防灾减灾专业人才。传统海岸防护课程教学过程瓶颈效应明显，实践认知环节亦因高风险、难度大、可操作性差等多方面原因无法开设，理论与实践容易脱节，无法满足具前瞻意识、复合型海洋防灾减灾人才培养的需求。从以下三方面阐述实验的必要性及实用性：

海堤防护设计覆盖课程及知识点较多，学生对于课程之间的知识点串联效果通常较差，理论与实践容易脱节，凸显出传统教学的瓶颈效应。海堤工程及设计是港口航道与海岸工程、海岸资源开发技术等涉海水利工程专业需要掌握的重要内容，涉及海洋工程水文、海岸动力学、海岸工程等多门课程（海岸防护课程群），不同课程间的知识点串联效果往往较差，课程群效应显著。同时，传统课堂教学过程多能通过理论以及视频等教学方法，针对海堤设计进行理论讲授；认知实习过程也仅能对海堤工程进行基本的感官认知。学生对海堤的实际防护效果、海堤设计失败带来的灾害等内容无法形成直观认识，进而理论教学与实践容易脱节。

海堤防护设计的传统实践认知环节亦具高风险、难度大等难题。台风多发于夏季，多发区域为我国东南及南部沿海地区。台风的生成、移动路径、登陆地点的不确定性非常高。台风期间海堤区域属于高危极端环境，开展现场水文观测风险性高，现场观测认知不具有可操作性。由于现场观测难度较高，在实验室内进行可控的实体实验是常见的替代方法。传统教学实验平台仅能支撑简易、重复性的认知实验，无法开展不同类型防护措施探究型实验。例如，生态海堤防护、离岸潜堤等防护措施，代表了当前国内外的研究热点及前沿，但受限于不同高校实验水槽实际建设条件及水槽的尺寸，作为探究型实验开展较为困难。

持续上升的海平面以及不断增强的海洋生态文明需求与传统海堤防护知识之间存在脱节，亟需具前瞻性视野的人才培养。随着人民群众生态环境意识的不断提高，对优美的滨海空间、宜人亲水岸线的需求也不断提高。然而持续的海平面上升又严重威胁沿海地区生命财产安全。传统的海堤设计已无法满足行业的需求，行业对具有前瞻设计意识的复合型海洋工程师的需求日渐增多。这不仅需要合理考虑海平面上升给海堤防护带来的影响，也需要兼顾安全性、经济性以及生态性，从多维度对海堤防护开展设计与评价。然而，在实际教学过程中多以传统海堤防护设计作为主要内容，不同因素的评判分析较少涉及，学生无法开展的探究式、创新式的海堤防护设计实践，更无法形成直观的认知。

本虚拟仿真实验教学课程聚焦海平面上升环境下的海堤防护，旨在克服传统教学的不足，将海洋调查资料分析、海堤防护设计以及防护评价相结合，兼顾气候变化及生态文明需求，借助高度仿真的平台，使学生对直观地体会不同海洋动

力环境、气候条件下海堤的防护功能，并通过开展虚拟仿真实验，引导其掌握不同类型海堤防护措施的设计原理及消浪效果，最终通过多维度思辨的评价环节，促进其对不同设计方案做出合理的评价。

（3）教学设计的合理性

实验秉承“以教师为引导、以任务为主线、以学生为主体”三位一体的教学指导方针，主要采用**任务驱动式与自主探究式**的教学方法，辅以交互设计式、情景体验式教学方法，实验教学设计以一个相对独立的海堤防护方案设计为主线，通过教师引导、任务设置、模块分解，使学生逐步掌握海堤防护方案设计的主要内容，加强学生对课堂理论知识点的掌握。从以下三点阐述教学设计的合理性：

思政元素，工程伦理强化。实验基于真实场景构建高度仿真的虚拟教学实验环境，将防护台风灾害的海堤方案设计拆解为多个模块。基于团队科研成果，提高虚拟场景、实验结果的仿真度。实验伊始以**实体动画方式立体呈现海堤漫堤后的灾害场景**，让学生沉浸式地体验海堤防护的重要性以及行业的责任及使命感，将“课程思政”潜移默化地融入实验教学过程。

“动静结合”，串联多学科知识点。海堤防护设计涉及海洋动力（动）与海洋结构物（静）等涉海类专业的两大主流研究方向，涉及知识点多，分布于多门课程。传统教学过程中，不同课程间知识点虽有一定重叠，但学生对知识点间的串联难度大，学习成本高。实验教学设计采用动静结合方式，将动力和结构两大主流方向结合，并以链条式方法设计实验模块，打造集成式教学内容，提高学生对多课程知识点的理解程度，支撑复合型人才培养需求，拓展教学内涵，是对传统教学方法、资源的有效延伸与拓展。

案例教学，提升传统教学深度。实验基于实际工程场景设计，通过案例教学，将课堂枯燥的理论公式，以问题导向引导学生不断自主探索。例如，通过多参数调整，设计不同防护措施，基于数值模拟结果，亲历探索获取防护理论研究的过程，提升学生综合设计能力。防护方案评价环节，特设了经济性和生态友好性评价，系统通过打分，将不同方案的评价直观呈现，将方案的最终选择权交给学生，培养学生的综合评价能力，进一步延伸课堂教学内容的深度。

（4）实验系统的先进性

实验紧扣学科前沿热点，基于团队科研与工程成果，从实际案例工程出发打造**海洋防灾减灾虚拟仿真实验教学课程**。实验内核依托教学团队国家自然科学基金、国家重点研发课题、顶级刊物的高水平学术论文以及行业工程项目的成果，借助**水文统计模型、波浪传播数学模型**等科教成果，进行真实呈现台风浪传播及其与建筑物的相互作用，仿真度与实际环境吻合度高。此外，在丰富教学资源的同时，实验模块设置紧跟科技前沿。例如，实验特别增添了新型离岸堤、生态防护方案，增强了生态友好型设计和评价内容。依托最新科技研究及工程成果，保

持基本知识的基础上，提升教学内容的科技含量。

实验模块层层相扣，实验内容紧密围绕“两性一度”的“金课”标准设置。实验秉承“学生主体、教师引导、任务导向”三位一体的教学方针，设置“海洋调查分析、防护方案设计以及防护方案评价”链条式的三个主要模块，模块间内容层层递进，难度依次增加。其中，海洋调查分析模块要求学生设计水文数据进行交互式推演，体现“高阶性”；防护方案设计要求学生独立自主地对不同方案的参数进行调试，获取不同方案、不同参数下台风浪衰减效果的关系曲线，体现“创新性”；防护方案评价要求学生综合安全性、经济性以及生态环境友好性对不同方案综合评价，体现“挑战度”。实验内容丰富，体现了“两性一度”的“金课”标准。

实验特设无初始参数环节，最大程度地激发学生自主探索学习、自我获取理论知识的能力。例如，海堤防护方案设计环节，学生选取对应防护措施后，系统不设置初始参数。学生通过不断变换参数，利用平台内嵌的台风浪数值模型，逐步获取台风浪衰减率与防护措施参数的关系曲线。基于该类型探索性实验，学生不但可加深对课堂知识的理解，更可增强学生创新意识，激发学生深度思考及持续科研能力。

3-2 实验教学目标（实验后应该达到的知识、能力水平）

建设海平面上升环境下的海堤防护虚拟仿真实验课程，结合课堂教学过程，可突破课程群的教学瓶颈，培养具有前瞻意识的海洋工程师，促进海洋防灾减灾相关学科建设，不仅可提升社会公众防灾减灾意识，更是在高等教育层面对习近平总书记对防灾减灾工作指示的重要落实。实验的主要教学目标简述如下：

了解海堤防护措施设计的全流程，促进学生对海岸防护课程群交叉知识点的融会贯通。利用虚拟现实技术，结合实际海堤防护设计参数，耦合教学团队科研及工程最新成果，依托台风浪与建筑物相互作用的数值模型，将海平面上升环境下的海堤防护拆解为“海洋调查资料分析、海堤防护设计以及防护方案评价”三个模块，帮助学生融汇不同知识点。例如，学生可在场景中对不同海岸防护措施进行认知，可在虚拟场景中看到不同海堤防护措施的消浪效果，进而可通过安全性、经济性及生态友好性对设计方案进行综合评判。这不仅弥补了课堂教学以及现场认知的不足，更可使学生对海堤防护措施及防护效果形成直观认知，加深对课题知识点的理解，同时可增强责任意识。

系统掌握设计原理、防护措施类型及防护效果分析方法，培养学生自主式、探究式设计优化海堤防护方案的能力，加强前瞻意识。在海洋水文资料分析模块中，学生可通过交互式面板及操作，进行设计波高推算。在海堤防护方案设计场景中，学生通过交互式操作选取不同防护方案，直观认知不同防护方案的布设方式、设计参数以及实际消浪效果，进而掌握不同防护方案的设计参数选取及其带来的影响。在方案评价场景中，系统针对学生方案展示安全性、经济性以及生态

性的图形化评价指标，给予学生直观认识，从而能制定出更好的方案。在教学设计中倡导学生自主性、探究式的实验设计过程，激发学生创新思维，培养前瞻意识，不仅可将理论和应用实践合理的关联起来，亦将课堂知识与行业需求亦紧密结合起来。

增强学生专业技能，树立工程价值观，强化社会责任意识。将“课程思政”融入实验各个模块，例如在实验伊始的场景认知动画中，给出海堤防护风暴失败的案例，通过沉浸式体验海堤溃堤带来的生命财产损失。在设计波高计算模块、在防护方案设计模块，均设置相关步骤，强调模拟的数据结果将直接影响工程方案的选择、造价和安全，务必使其树立严谨、诚信、科学的工程价值观。本实验的开展将在提高学生专业技能的同时，潜移默化的强化学生防灾减灾意识，**培养学生高度的社会责任感与建设海洋强国的历史使命感。**

3-3 实验课时

(1) 实验所属课程课时：32 学时

(2) 该实验所占课时：4 学时

3-4 实验原理

(1) 实验原理(限 1000 字以内)

波浪是海洋中常见的水动力现象。在海洋工程建设及运行维护期，极端事件如风暴潮等海洋灾害往往对海堤及其掩护的陆域造成巨大威胁。海堤及其防护措施则是传统的消浪耗能结构物，其目的是抵御波浪对海岸的侵蚀、消能减灾。传统防护措施多为“硬”质的工程结构，例如混凝土异形块体、斜坡消浪平台、潜堤等，在世界各国普遍使用，通常建设及维护成本较高。本实验原理则是通过结构物参数设计，从单参数到多参数，从单方案到多方案，从单一到全面逐步认知不同设计方案的消浪效果。同时强调课程思政，通过经济性和生态友好性来综合评价方案，接轨实际工程，加强海洋工程师使命感、责任感的培养。最终，达到设计方案符合当地实际经济、自然情况，做到资源最优化利用的培养目标。

传统的海堤坡面硬化设计会阻隔海岸带物质连通性，为对沿海生态系统带来一系列负面效应，导致生态系统的退化，甚至丧失。近年来，在生态文明国家战略的驱动下，我国海岸防护措施的理念正由“硬”质工程转变为“软”防护，并结合工程实际提出了海堤生态化的理念。本实验课程在教学设计方面，亦考虑了学科及工程前沿的植被防护措施，学生可通过设计不同植物防护区，通过单参数及多参数调整，来定性及定量理解其防护效果及经济成本，加强生态理念。

实验课程依据《海堤工程设计规范（GBT51015-2014）》、《堤防工程设计规范（GB50286-2013）》、《防洪标准（GB50201-2014）》等行业规范标准的要

求设计。实验数据及台风仿真则基于教学团队在海洋防灾减灾方面多年的科研及工程成果，团队负责人为 2020 年国家杰出青年科学基金获得者，主持国家重点研发计划课题“变化环境下河口海岸水安全保障关键技术研究与应用”、曾获 2011 年国家科技进步二等奖“河口海岸水灾害预警预报关键技术、系统集成及应用”（排名 3）等，推动了海洋防灾减灾的学科发展。基于团队多年在海洋防灾减灾成果，构建台风浪传播数值模型，结合实际海堤防护设计数据参数，搭建虚拟仿真实验场景及模拟，可保障核心要素的仿真度及实验的教学效果。

知识点：共 12 个

1.海堤特征：根据场景漫游，判断已建的海堤类型及海堤护面类型；确定该场景下海堤的防护等级及设计重现期。

2.波浪特征及分析：熟悉场景中的波浪浮标，确定已有测量数据序列；确定强浪向以及特征波高序列。

3.设计波高计算：根据特征波高序列，确定 PIII 型频率曲线的经验参数；基于变差系数和偏态系数调整进行经验曲线调整；根据 PIII 型频率曲线推算现有防护等级下，海堤的设计波高。

4.海堤堤前波高计算：基于波浪浮标观测数据计算的设计波高为深水区域数据，波浪传播至海堤堤前会发生浅水变形，海堤防护效果需要对堤前波高及爬高进行计算。基于台风浪传播数值模型，计算海堤堤前波高和爬高。

5.护面块体消浪特征：调整护面块体形式、空隙率以及块体尺寸，通过台风浪数值模拟，计算并不同设计参数下的堤前波高和爬高，分析堤前波高和爬高随块体参数的变化规律。

6.消浪平台消浪特征：调整消浪平台宽度，通过台风浪数值模拟，计算并不同设计参数下的堤前波高和爬高，分析堤前波高和爬高随平台宽度的变化规律。

7.离岸堤消浪特征：调整离岸堤形式、距离海堤的距离，通过台风浪数值模拟，计算不同设计参数下的堤前波高和爬高，分析堤前波高和爬高随离岸堤参数的变化规律。

8.防护植被消浪特征：调整防护植被的宽度以及密度，通过台风浪数值模拟，计算不同设计参数下的堤前波高和爬高，分析堤前波高和爬高随植被参数的变化规律。

9.组合方案消浪特征（探索性知识点，可选）：该知识点为可选知识点，旨在为探索性学生设计，鼓励其针对不同方案及参数进行组合设计，通过台风浪数值模拟，计算不同组合及设计参数下的堤前波高和爬高，分析堤前波高和爬高随组合方案类型及参数的变化规律。

10.安全性评价：不同防护方案的消浪效果存在差异，防护措施消浪效果越强，海堤防护能力越强。通过波高、波高衰减率以及爬高、爬高衰减率，对不同方案的安全性进行评价。

11.经济性评价：不同防护方案造价存在差异，需要结合防护效果及工程投资进行评价。通过不同方案的造价及其安全性分析结果，对不同方案的经济性进行

评价。

12.生态性评价：随着生态环境保护意识的提高，在充分考虑防护安全的前提下，以盐沼、红树林等替代原有混凝土等刚性结构，营造生态海岸防护系统，兼顾绿化、湿地及生态多样性的模式。通过生态性指标的问卷调查，结合安全性和经济性评价结果，进行综合评判，选取最优方案。

(2) 核心要素仿真设计（对系统或对象的仿真模型体现的客观结构、功能及其运动规律的实验场景进行如实描述，限 500 字以内）

1.案例场景。以核电站场景为例，仿真风、潮汐、波浪、风暴潮现象，增强沉浸式体验（图 3）。



图 3 核电站场景

2.海堤。海堤参照斜坡式、陡墙式海堤搭建，并再现了浆砌块石、扭王字块体等传统海堤常见的护面类型（图 4）。

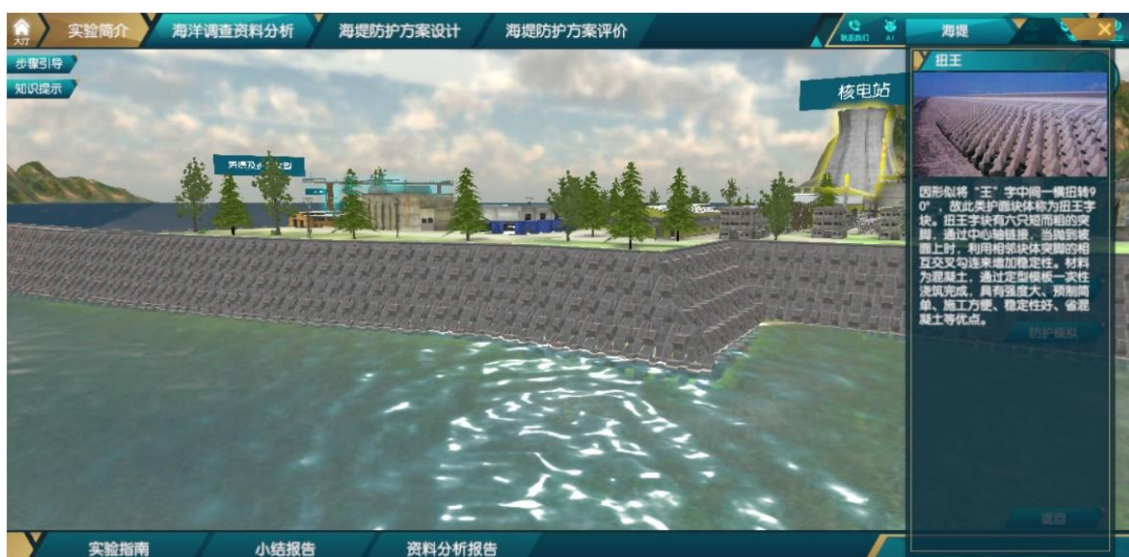


图 4 核电站前沿海堤场景

3.水文统计模型。设计了交互式面板（图 5），直观展现使用 PIII 型概率曲线拟合设计波高，增强学生对水文设计参数推算方法的理解。

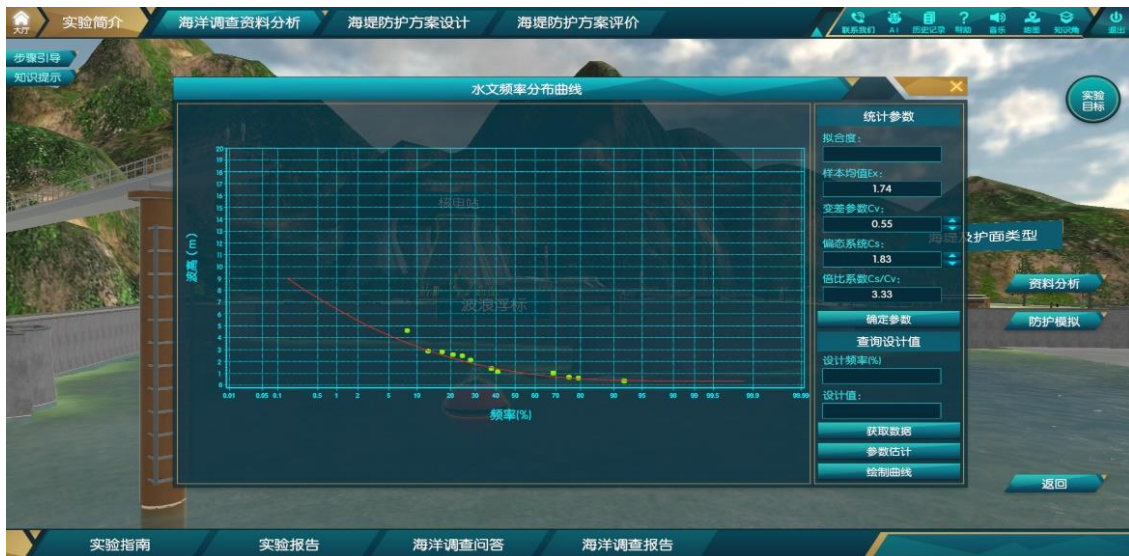


图 5 水文设计参数分析交互面板

4.台风浪传播数值模型。基于教学团队科教成果，真实再现模拟台风浪由深水传播到海堤前的变形、反射、波浪与海堤相互作用等过程（图 6）。

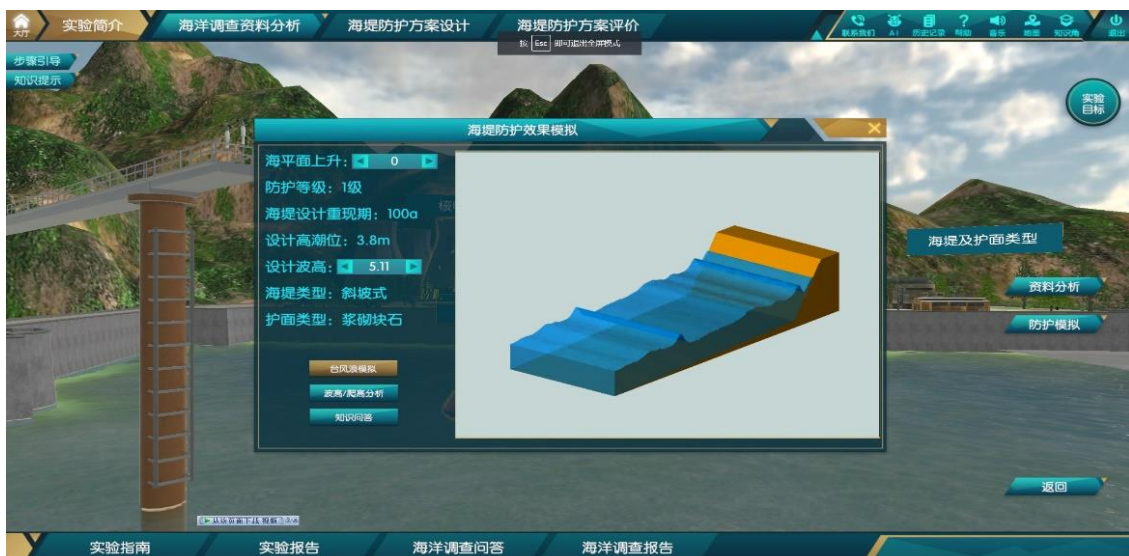


图 6 台风浪模拟面板

5.海堤防护措施。包括：护面结构（扭王字块体和四角空心块）、消浪平台、离岸堤（出水堤和潜堤）两种护面块体以及防护植被，分别见图 7-图 10。基于实际工程区块尺寸、比例进行 3D 建模，结合数学模型，综合模拟不同措施消浪效果。



图 7 护面结构（扭王字块体）

图 8 消浪平台



图 9 离岸堤（出水堤）

图 10 防护植被

11.评价分析仿真。方案的安全性、经济性采用图形化界面展示，设计流程参照实际工程方案实验设计（图 11）。生态性评价则基于常见的权重因子，采用调查问卷方式进行。



图 11 经济性评价分析面板

3-5 实验教学过程与实验方法

(1) 实验教学过程

实验基于真实案例搭建虚拟场景，将一个相对完整的海堤防护方案设计拆解为“海洋调查资料分析、海堤防护方案设计和海堤防护方案评价”等3个链条式模块，实验模块的任务层层递进，难度依次增加，打通串联《海洋工程水文学》、《海洋调查方法》、《海岸工程》、《海岸动力学》等海岸防护课程群的12个知识点，帮助学生整合内化课程群交叉知识点，进而充分掌握相关知识并具备付诸于工程实践的能力（图12）。实验将“两性一度”的“金课”建设标准融入到实验教学过程，通过教师引导、任务设置、模块分解，学生自主独立地完成海洋调查资料分析、海堤防护方案设计以及防护方案综合评价等各模块任务，明确每一个模块的具体要求、实验目标，提升学生在海堤防护方案设计中的自主学习能力、实践能力以及综合分析能力，设置了部分多种防护措施组合方案设计，培养学生的创新意识，提高了实验的探索性。虚拟实验过程流程图见图13所示。结合实验教学过程流程图（图13），具体阐述不同模块的实验教学过程如下：

① 海洋调查资料分析模块

该模块主要采取任务驱动式、情景体验式、设计交互式教学方法，学生自主式完成任务。模块设置三个子环节，对应学生在《海洋工程水文学》、《海岸工程》等课程中的4个知识点。三个子环节为链条式设计，每个环节分别设置相应任务，通过层层递进的任务目标，逐步锻炼学生认知海洋环境的能力，提高从复杂数据提炼关键信息的能力，强化设计波高推算能力，深化设计波高与海堤相互作用的认知，体现“高阶性”的要求。

根据任务指引，通过情景体验式教学方法，学生首先在虚拟场景中漫游，通过交互操作，防护区域概况、海堤特性、波浪特征等基本信息。海洋水文资料分析环节，基于交互计算面板，学生对PIII型频率曲线进行拟合，推算设计波高。设计波浪传播模拟环节，系统基于数值模拟展示台风浪传播与变形，及其与海堤相互作用动画，学生通过采集堤前波高及爬高数据，定性和定量地对设计波高及海堤防护进行认知。此外，学生还可调整海平面高度、设计波高值，系统实时显示不同海平面高度及设计波高值的传播动画，加深对设计波高的理解及海堤防护等级的理解，进一步体现“高阶性”的要求。

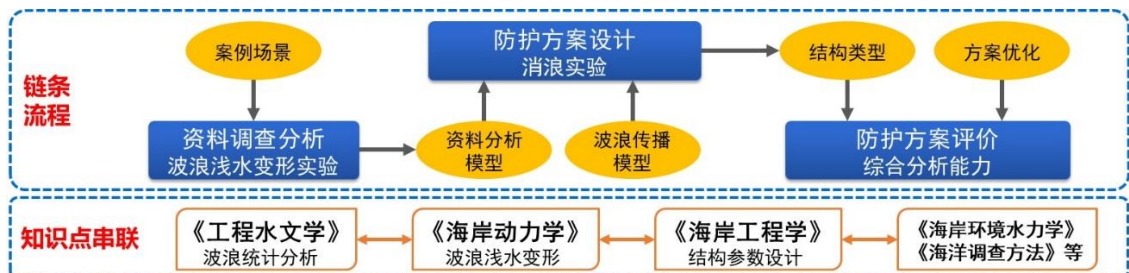


图12 实验教学总架构图

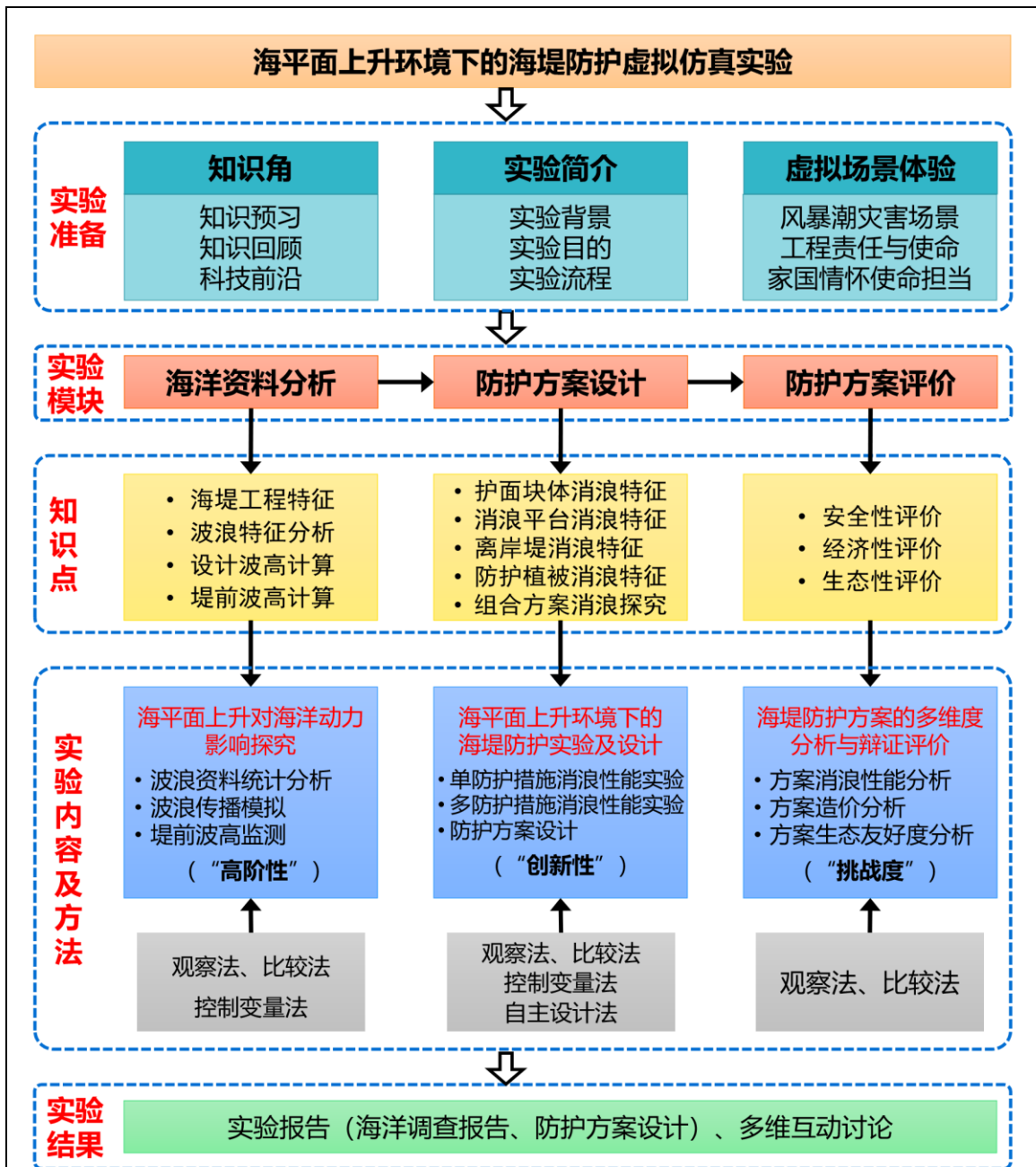


图 13 实验教学过程流程图

②海堤防护方案设计模块

该模块主要采用任务驱动式、情景体验式、设计交互式、自主探究式教学方法，学生根据任务要求，自主完成不同方案设计，通过自主探究式实验，完成海堤防护措施设计。学生可选择不同类型防护措施，并选择不同参数，开展不同防护措施的消浪效果实验，体现了“创新性”的要求。

根据任务指引，通过情景体验式教学方法，学生首先在虚拟场景中对不同海堤防护措施进行认知，了解不同防护措施的优缺点，与课堂知识的相融合。在此基础上，采用设计交互式、自主探究式教学方法，学生可根据设计面板进行交互式设计，选取某一类海堤防护措施进行参数设计。学生既可以选择单防护措施进

行不同参数的消浪效果实验，也可以探索多防护措施组合消浪效果实验。针对每种设计方案，系统均会生成台风浪传播仿真模拟动画并输出堤前波高及爬高等数据，学生通过观察法、比较法获取该方案对应的直观消浪效果，通过波高及爬高数据定量分析该方案的消浪效果，从而选取最优的防护方案。

③海堤防护方案评价模块

该模块主要采用**任务驱动式、自主探究式**教学方法。海堤防护方案的评价涉及到安全性、经济性以及生态友好性等多方面指标，需要根据当地经济发展水平、重要性及生态要求进行综合评判，反映了“挑战度”的要求。

根据任务指引，学生需要对上一模块设计的多个海堤防护方案进行安全性、经济性以及生态性综合评价。基于自主探究式教学方法，首先系统以图形化界面显示不同方案的波高、波高衰减率以及爬高、爬高衰减率等消浪指标对比，学生根据行业标准和设计规范对不同方案的安全性进行评价并排序；其次，系统以图形化界面显示不同方案的造价，通过不同方案的造价及其安全性分析结果，对不同方案的经济性进行评价并排序；最后，通过生态性指标的问卷调查，结合安全性和经济性评价结果，对不同方案进行综合评判，选取最优的海岸防护方案。

(2) 实验方法

本虚拟仿真实验教学课程综合采用观察法、控制变量法、比较法、自主设计等实验方法，使学生理解不同海面高度下波浪传播规律，掌握不同类型海堤防护措施的消浪性能及设计方法。

观察法在全部实验模块均有涉及，例如虚拟场景体验环节，让学生亲历海堤防护成功和失败的场景，培养学生严谨、诚信、科学的工程价值观，提升学生社会责任感及建设海洋强国的历史使命感。学生通过观察不同海面高度与深水波高组合条件下，海堤堤前波高的变化，从而了解海堤堤顶高程涉及的主要影响因素。通过观察不同消浪措施设计下的波浪传播过程及堤前波高曲线图，了解影响消浪措施性能的主要参数及其变化区间。

控制变量法主要用于波浪传播模拟实验、单防护措施及多防护措施消浪性能实验，可以让学生详细了解某个参数对波浪传播及海堤消浪性能的影响，培养学生探究、钻研的科研素质。例如，学生在进行波浪传播模拟实验时，可固定海面高度，不断改变深水设计波高，探究该参数的影响；进而保持深水设计波高不变，改变其他参数，不断探究不同参数对堤前波高的影响，从而掌握海堤堤顶高程的影响因素。

比较法主要用于波浪传播模拟实验、单防护措施及多防护措施消浪性能实验、方案评价分析环节。海岸防护课程群涉及多门课程，学生缺乏对多课程交叉知识点的整合能力，对课程群交叉知识点的认知通常较差。虚拟实验课程由浅及深、由易到难的将多课程知识点展示给学生。例如，海岸防护课程群设计到动力、结

构以及动力与结构相互作用等交叉知识点，学生可以先分析外海动力条件，掌握相关知识后，再依次进行不同海面高度、不同设计波高下的波浪传播实验，通过比较不同实验结果，掌握深水波浪、海平面高度以及堤前波高与海堤堤顶高程的关系，符合学生的学习认知规律。

自主设计法主要用于海堤防护措施设计环节，提高学生自主学习的积极性，并培养学生的探索创新意识。该环节首先给定不同的海平面上升速度及工程投资限额，要求学生在此条件下进行防护措施设计完成实验目标。通过系统引导，逐步自主完成单防护措施的设计，对于学有余力以及探索性的学生，特设了多防护措施组合设计，满足不同层次学生的需求，最终得到满足安全性、经济性以及生态性的最优设计方案。

3-6 步骤要求（不少于 10 步的学生交互性操作步骤。操作步骤应反映实质性实验交互，系统加载之类的步骤不计入在内）

（1）学生交互性操作步骤，共 14 步

步骤序号	步骤目标要求	步骤合理用时	目标达成度赋分模型	步骤满分	成绩类型
1	知识回顾；感受工程责任与使命	10 分钟	本交互步骤为课程思政步骤，再现风暴潮对海堤的破坏作用以及海堤设计不当的后果，本步骤不评分。	0 (定性评价)	教师评价报告
2	完成海洋资料收集并回答问题	10 分钟	步骤 2-4 为实验第一模块步骤，模块总分为 100 分，占实验总分比为 30%。 1) 查看海堤与护面类型，得 2 分；问答题目每题 2 分，共 4 分；2) 查看波浪浮标，得 2 分；查看不同	22× 30%=6.6	操作成绩

			波向数据、不同年份数据分别得 1 分；查看并导出数据得 2 分；问答题目每题 2 分，共 4 分；3) 查看防护区域，得 2 分；问答题目每题 2 分，共 4 分。			
3	完成波浪资料分析，获得设计波浪参数	15 分钟	操作导入数据、参数估算、曲线绘制分别得 5 分；调整偏态系数、变差系数分别得 5 分；输入场景重现期获得设计波高得 5 分。设计波高计算值在正确值范围内得 15 分。	45 × 30% = 13.5	操作成绩	
4	完成海堤堤前爬高计算	15 分钟	查看台风浪传播仿真动画得 5 分，查看堤前波高、波浪爬高并记录数据分别得 5 分；调整海平面高度、调整设计波高后，进行台风浪传播观察、波高与爬高分析得 18 分。	33 × 30% = 9.9	操作成绩	

5	完成防护措施认知与回顾	10 分钟	<p>步骤 5-10 为实验第二模块步骤，模块总分为 100 分，占实验总分比为 40%。</p> <p>查看并学习每种防护措施的结构特征、优缺点及参数设置方法，每种方案 5 分。</p>	20 × 40%=8	操作成绩
6-9	完成两组单防护措施设计	45 分钟	<p>按照引导流程完成但防护措施设计，为必选环节。分为选择防护措施（6）、参数设计（7）、消浪实验（8）、结果分析与方案确定（9）等四个步骤。共每个步骤为 10 分，满分为 40 分。要求为开展两种单参数防护方案的设计，共 80 分。</p>	80 × 40%=32	操作成绩
10	探索多防护措施组合设计（探索环节）	20 分钟	<p>完成单防护措施设计过后，弹出多防护措施设计选项，为选做环节。分为选择防护措施、参数设计、消浪实验、</p>	20 × 40%=8	操作成绩

			<p>结果分析以及方案确定等子步骤。共每个步骤为 5 分，满分为 20 分。设计成功可得分，成绩计入实验总分，但是实验总分不超过 100 分。</p> <p>本步骤为探索性步骤，可重复实验，不限实验次数。如提交最终设计，不超过三个方案。</p>			
11	完成方案安全性评价	10 分钟	<p>步骤 12-14 为实验第三模块步骤，模块总分为 100 分，占实验总分比为 30%。</p> <p>安全性分析为 25 分。分析结果在系统预设的正确值范围内得分，否则不得分；根据安全性排序得 5 分。</p>	30× 30%=9	操作成绩	
12	完成方案经济性评价	10 分钟	<p>经济性分析分值为 25 分。分析结果在系统预设的正确值范围内得分，否则不得分；</p>	30× 30%=9	操作成绩	

			根据经济性进行排序得5分。		
13	完成方案生态性评价以及综合评价	15分钟	完成各方案生态性问卷调查，每组方案调查共5道题目，选项符合防护方案设计预设，得1分；五组方案共计25分。根据得分进行排序得5分。 根据安全性分析、经济性分析以及生态型分析结果进行综合方案比选，完成最优方案设计，得分10分。	40×30%=12	操作成绩

(2) 交互性步骤详细说明

实验从场景选择开始，分别设计了三个主要模块，每个模块设计多个子环节并配有任务书及引导说明，采取任务驱动，引导学生逐步完成海堤防护方案的设计。实验共**4**学时，**13**个实验操作步骤，实验操作流程图如图14所示。结合操作流程图，具体介绍操作步骤如下。

(1) 输入课程网址 (<http://xnfzgx.hhu.edu.cn/exp/4.html>)，进入虚拟仿真实验平台，出现图15所示的账号登录界面。

输入用户名密码，点击登录，进入图16所示系统加载界面。需要用**Firefox**或者**Chrome**浏览器加载虚拟仿真实验。第一次登陆时，将首先从服务器下载虚拟仿真程序，需等待数分钟，具体与网速和电脑配置等有关。

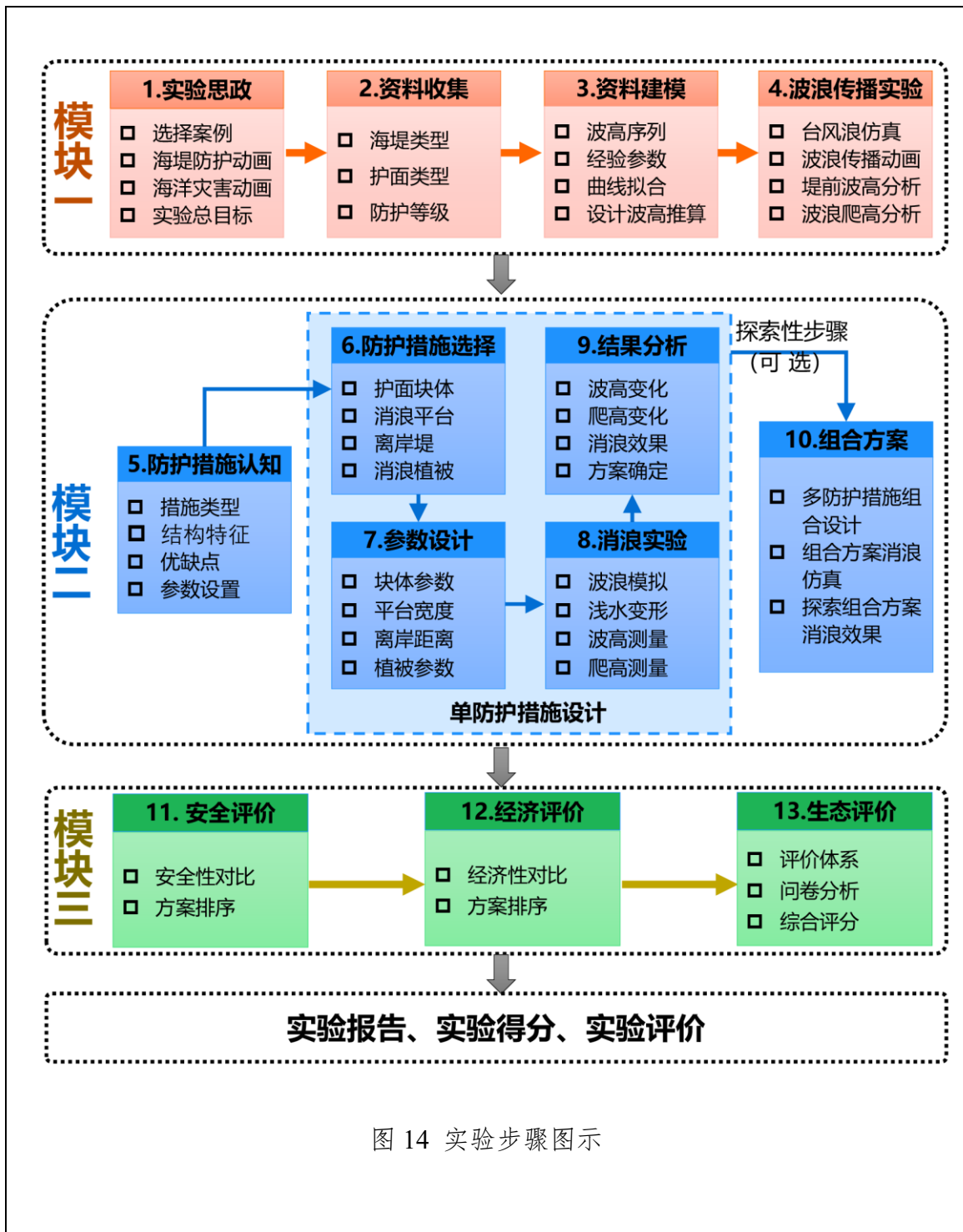


图 14 实验步骤图示



图 15 实验登录界面



图 16 实验加载界面

加载完成后，进入欢迎界面（图 17），点击确定后进入实验大厅，出现是否需要新手引导界面（图 18），帮助学生了解学习场景基本按钮和操作方式。



图 17 实验欢迎界面



图 18 新手引导界面

实验大厅可通过点击左上方按钮随时返回，大厅左上方设置有实验简介、步骤引导、知识提示按钮，用户可随时点击查看，了解实验的基本介绍、实验目标、实验步骤，以及实验需要的基本知识（图 19）。



图 19 实验大厅界面

(2) 第一模块：海洋调查资料分析（4 个知识点）

步骤 1：实验思政。点击海洋调查资料分析按钮，系统给出两个场景供学生选择（目前核电站场景已经建成，城市场景正在建设，后续拟建设更多场景）。场景介绍包括图片和文字说明，学生可选择感兴趣的场景进入，进行下一步实验。此步骤可引导学生对场景进行基本认知，为后续实验提供一些基本材料（图 20）。



图 20 实验场景选择界面

系统根据选择场景生成三维虚拟海岸建筑模型。学生进入场景后，场景预设漫游路线，通过不断变换视角帮助学生熟悉设计场景，最后视角停止在主海堤位置。这里设置了一个场景及虚拟实验引入环节，并融入了课程思政元素。屏幕下方弹出说明框“海堤是抵御台风灾害的第一道屏障，可保护后方陆域及建筑物免遭海水淹没和海浪破坏”，点击确定后，场景显示有海堤防护情境下台风浪传播仿真动画（图 21），可点击跳过动画按钮进行跳过。动画播放结束后，屏幕下方

弹出说明框“如果没有海堤防护或者海堤建设防护等级较低，陆域核电站不仅受到严重破坏，还将对周围环境带来持续破坏”，点击确定播放漫滩动画（图 22），可点击跳过动画按钮进行跳过。随后，弹出实验需要解决的问题和实验目标（图 23-24）。通过上述场景初始化及情节引入设置，可增强学生对台风灾害以及海堤防护效果的直观认识，更可加深责任意识。此设计课程思政潜移默化地融入实验伊始，不仅将增强学生跃跃欲试进行海堤防护方案设计及消浪实验，更会对海堤防护措施进行更为主动且认真地设计。



图 21 海堤防护成功动画界面



图 22 风暴潮漫滩灾害视频截图



图 23 虚拟仿真实验需要解决的问题

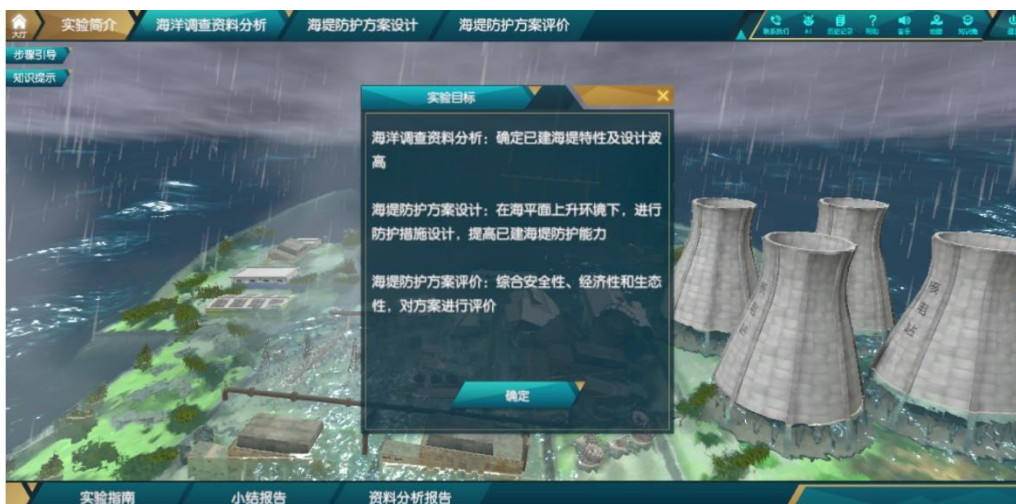


图 24 虚拟仿真实验的实验目标

步骤 2: 海洋资料收集。本步骤旨在训练学生对《海洋调查方法》、《工程水文学课程》的掌握及应用能力，考查知识点为海堤特性及波浪特征。

学生依次通过点击高亮区域（图 25），进行当前海洋场景调查，调查完成后需要点击下方“海洋调查问答”（图 26），完成调查信息问答，系统根据回答内容自动生成资料分析报告。在步骤 2-4 进行中，随时可对回答进行补充修改。例如，点击高亮显示的陆域建筑，系统显示受防护区域经济、人口密度等基本信息，学生对防护区域等级等问题作答；点击海堤及护面类型，学生需要判断海堤及护面类型并作答，同时学生可通过知识按钮回顾不同海堤及护面类型，并可随意组合，场景中的海堤会不断变换形式（图 27）。点击波浪浮标等测量仪器，屏幕中间出现波浪玫瑰及不同风向的波高序列图，右侧弹出测量设备信息，学生可对仪器形状、测量原理以及测量数据进行认知（图 28）。



图 25 模块 1-海堤特性高亮区域界面



图 26 模块 1-海洋调查问答



图 27 模块 1-海堤及护面类型认知及问答界面

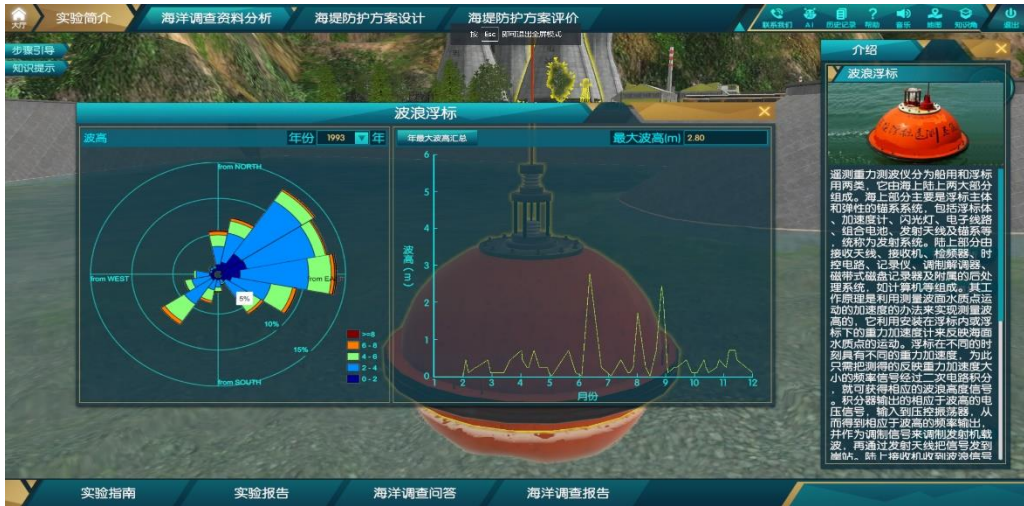


图 28 模块 1-波浪浮标认知及测量数据展示及分析界面

步骤 3: 海洋资料建模分析。本步骤旨在训练学生掌握从复杂数据序列中提取关键参数的能力，熟悉设计波高建模计算方法，考查知识点为设计波高计算。

点击场景右侧资料分析按钮，弹出任务提示框，点击确定后，场景出现水文参数设计面板（图 29）。将上一步骤生成的特征波高序列导入，自动绘出经验频率散点图。横坐标是设计频率（其倒数代表设计重现期），纵坐标为对应重现期下的设计波高（图 30）。点击生成曲线按钮，系统根据数据序列计算平均值、变差系数以及偏态系数等统计参数，并生成初始统计模型，图中显示理论频率曲线。学生可通过调试模型中的变差系数及偏态系数，系统自动调整频率图中的曲线形状。学生通过观察法和比较法，结合曲线与数据的拟合度，判断最优模型参数以及理论频率曲线。曲线确定后，输入上一步获取的防护区域重现期，系统根据曲线计算设计波高。

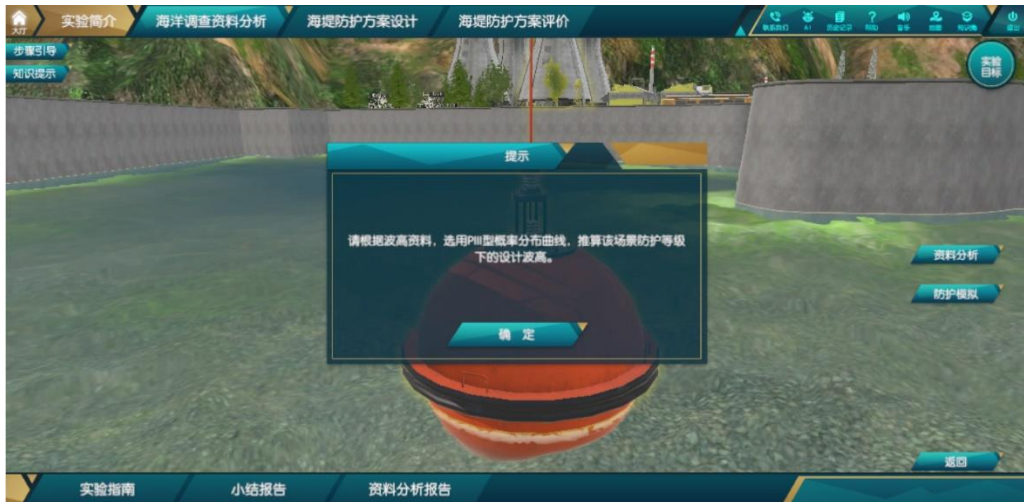


图 29 资料分析提示界面

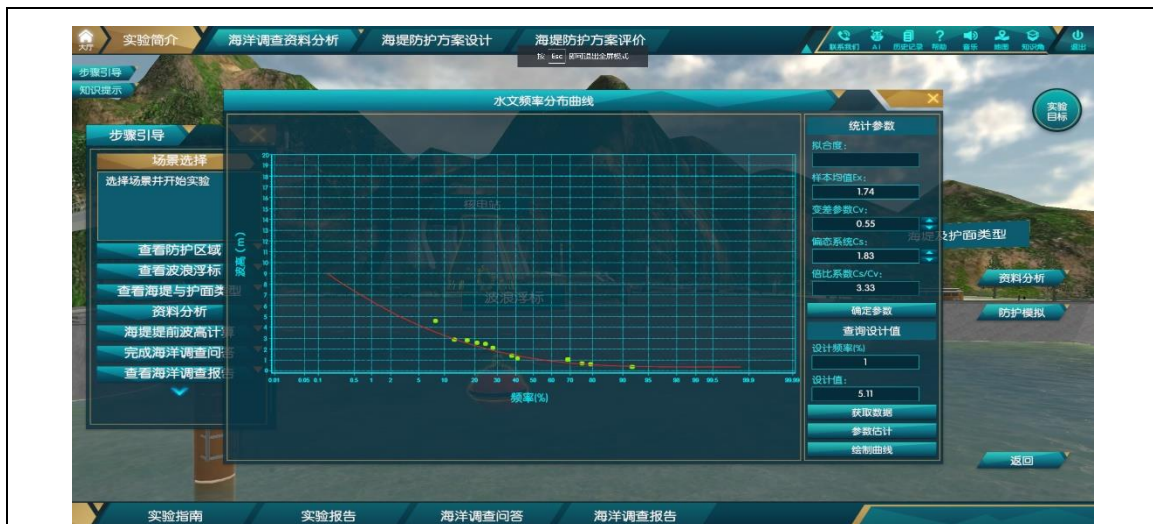


图 30 资料分析及数据建模界面

步骤 4：波浪传播实验。本步骤为波浪传播模拟实验，旨在帮助学生了解波浪浅水变形、波浪与建筑物相互作用，了解堤前波高及波浪爬高的数据分析方法，加深对海堤等防护工程设计中设计波高这一概念的理解，考查知识点为波浪浅水波高推求、海堤堤顶高程设计。

点击防护模拟按钮，进入波浪模拟面板。左侧面板显示出上述各个环节获得的海堤特征及设计波高等信息，其中海平面高度及设计波高可变动，默认值为上述环节的计算值（图 31）。点击开始模拟按钮，系统依托初始设置条件在外海生成台风浪，进而基于数值模型模拟深水浪向岸传播过程（图 32），再现台风浪由外海向近岸的传播、变形过程，以及波浪与海堤的相互作用。学生可直观的观察初始设置的外海波浪与海面高度叠加后，波浪传播到海堤前沿并爬高的效果。学生可采用控制变量法，分别调整海平面高度或设计波高，观察不同海平面高度与设计波高组合条件下，台风浪传播、变形及爬高过程。点击爬高分析按钮，系统会生成不同实验条件下的爬高的时间序列图，学生通过比较法对比分析不同条件下，波浪在海堤爬高的异同（图 33）。最后，需要点击“知识问答”回答本环节问题（图 34）。



图 31 台风浪模拟面板界面

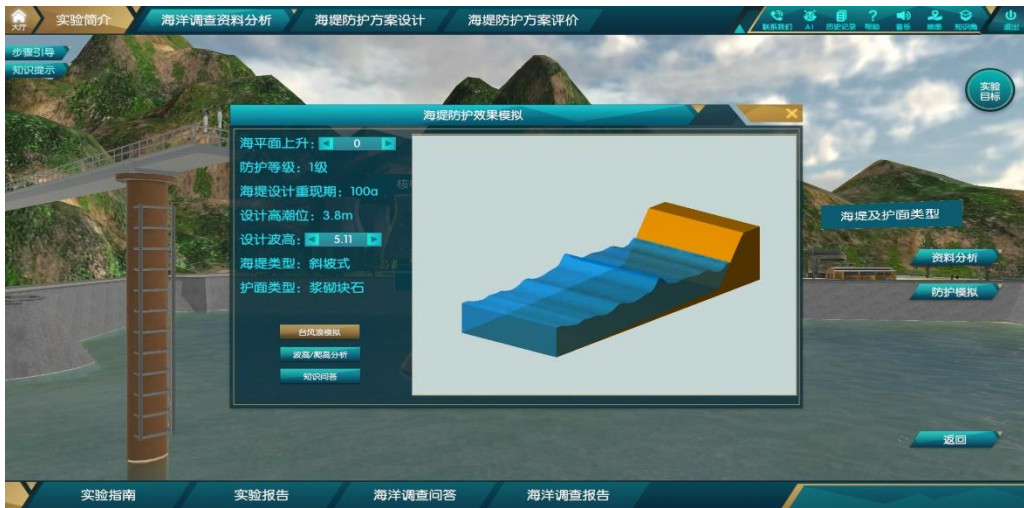


图 32 波浪传播模拟界面



图 33 波高及爬高数据序列界面



图 34 海堤防护模拟知识问答

(3) 第二模块：海堤防护方案设计（4+1 个知识点）

步骤 5：防护措施认知。本步骤通过对 4 种海堤防护措施的虚拟仿真，旨在帮助学生掌握不同海堤防护措施的基本类型及特点，了解不同海堤防护措施的优缺点。

进入海堤防护设计模块，出现本模块实验目标，点击确定后，实验目标收回右上角，学生可随时查看。该模块预设不同海平面上升速率以及未来年份（图 35）。不同学生进入模块时，系统随机生成海平面高度，并且给定投资限定额，本模块开展的单参数设计不可超过投资限定额。

场景下方显示海堤防护措施认知及设计面板（图 35-37），点击不同的防护措施，屏幕右侧显示相应防护措施的优缺点等，不同防护措施需要设置的参数也不同。学生可进行参数调整，场景亦会实时变化，右上角显示的造价也会实时变化，进而对不同防护措施、参数及造价形成直观认知。具体说明四种防护措施及参数缺：点击护面块体对应扭王字块体与四角空心块体两种，可设置的参数为块体尺寸及块体铺设的空隙率（图 36）；点击消浪平台则出现平台宽度滑块，可设置平台宽度（图 37）；点击离岸堤对应出水堤和潜堤两种类型，可设置的参数为离岸堤的离岸距离（图 38）；点击防护植被后出现参数设置滑块，可设置防护植被区域的密度以及宽度（图 39）

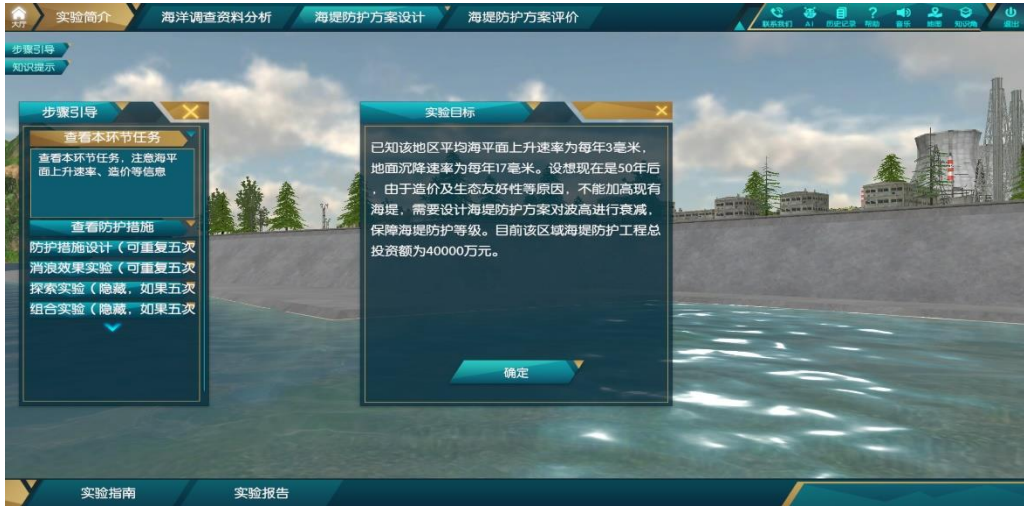


图 35 模块 2-实验目标界面



图 36 模块 2-海堤防护设计面板及护面结构参数调整界面



图 37 模块 2-海堤防护设计面板及消浪平台参数调整界面



图 38 模块 2-海堤防护设计面板及离岸堤参数调整界面



图 39 模块 2-海堤防护设计面板及防护植被参数调整界面

步骤 6-9 为单防护措施设计环节。本系列步骤旨在帮助学生掌握不同防护措施的参数设计、消浪效果验证及分析、方案优化，考查的知识点是不同类型防护方案的特征、设计思路与方法。实验要求至少开展两种防护措施的设计，每种措施设计流程一致，将各个步骤分别介绍如下

步骤 6：防护措施选择。根据引导式流程，首先弹出设计面板，不同防护方案以选项卡形式显示（图 36-39），可从 4 个措施中选择一项开展参数设计。注意，不同防护措施对应的设计参数不同，造价不同，后续的防护效果模拟亦不同。以下以防护植被为例进行说明。

步骤 7：参数设计。上一步骤中点击设计面板中防护植被选项卡后（图 39），弹出 2 个参数需要设计，可选择单参数和多参数进行防护植被方案设计。拖动滑块设置防护植被区域的植被密度以及植被区域宽度，场景中防护措施会随参数实时变化。

步骤 8：消浪实验。参数设计完成后，点击波浪模拟按钮，实验根据学生在模块 1 计算的设计波高，叠加模块 2 得到的场景海平面高度，调用数值模型进行波浪传播计算，以三维波浪传播仿真动画再现台风浪由远及近的传播过程、植被对波浪的衰减过程（图 40）。通过观察法，查看当前防护措施对波浪的削减效果，以及波高及爬高曲线图。

步骤 9：结果分析。点击“波高/爬高分析”（图 41），可查看波高数据序列及爬高数据序列，并统计特征波高及爬高，定量分析当前方案对波浪削减效果。结束后，弹出“是否需要更改参数进行实验”窗口，学生采用控制变量法，改变每一参数，进行防护措施消浪实验。结果分析同时呈现不同方案的爬高过程曲线，学生通过观察法、比较法选择最佳参数，即该参数下，防护措施的消浪效果最佳，点击确定后提交设计方案。实验要求学生进行 2 两种单防护措施实验，完成一组防护措施实验并提交设计方案后，系统提示进入下一组防护方案设计，点击确定后可重新按照步骤 6-9 进行实验，此处不再赘述。



图 40 防护效果模拟界面

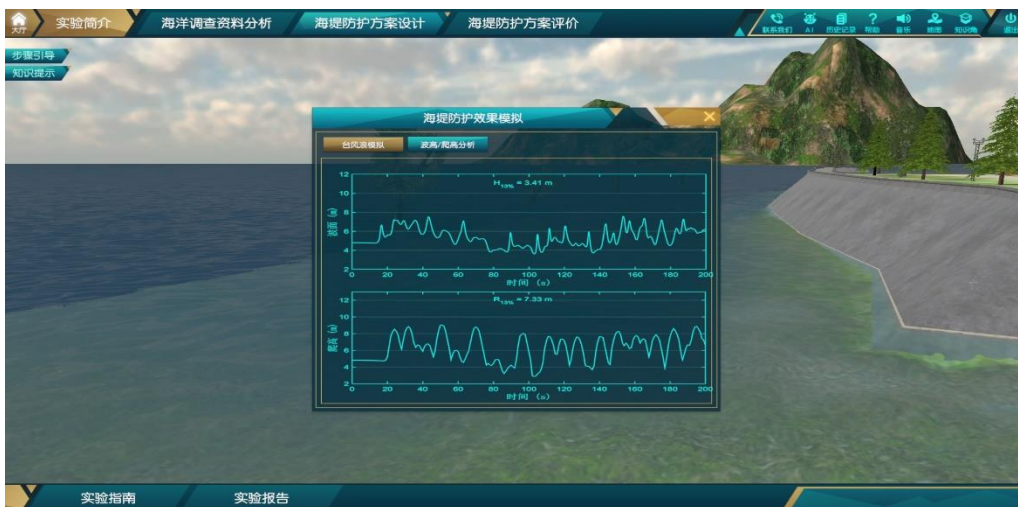


图 41 防护模拟面板——波高与爬高分析界面

步骤 10（探索性实验，可选，）：组合防护方案设计。针对学有余力的学生，可进一步选择组合方案设计，培养创新性思维。在本步骤中，控制面板开放为多选面板，学生可同时选择两种或三种不同类型的防护措施进行组合（图 42），并分别进行参数设计。其他实验流程同步步骤 6-步骤 9，此处不再赘述。



图 42 组合设计界面

（4）第三模块：海堤防护方案评价（3 个知识点）

步骤 11-12：安全性与经济性评价。该两个步骤通过对不同单防护措施以及组合措施设计方案的消浪效果和造价进行横向对比分析，帮助学生掌握对不同防护方案进行安全性和经济性评价的方法。通过可视化的图表分析，使学生了解在设计过程中如何统筹经济和安全，强化学生思辨能力。

点击安全性评价按钮，系统根据上一环节方案设计，生成不同方案的波高、爬高、波高衰减率和爬高衰减率柱状图（图 43）。学生通过对比法分析对不同方案的安全性，并进行排序。点击经济性评价按钮，系统生成不同方案的造价柱状图（图 44）。学生通过对比法，并结合安全性评价结果，对方案进行二次排序。



图 43 安全性分析界面



图 44 经济性分析界面

步骤 13: 生态友好性评价。本步骤旨在帮助学生了解在海堤防护方案设计时，进行生态性评价的方法。点击生态性评价，系统根据上一模块设计的防护方案，生成生态性调查问卷（图 45），学生需要针对实际情况进行选择，系统根据问卷选项自动对各个防护方案进行评分。点击“提交”后，系统生成安全性、经济性和生态性评价汇总表，学生结合分析，进行综合评价排序，选取合适的防护方案（图 46）。



图 45 生态性问卷调查界面



图 46 安全性、经济性和生态性评价汇总界面

实验结束后，学生课点击右上方结束按钮结束实验。点击结束按钮后，弹出菜单选项，学生首先需要点击提交按钮，提交实验数据到后台，供授课教师查阅、评定。也可点击查看实验报告，查阅系统自动生成的实验报告以及步骤得分（图 47）。实验报告包括资料分析报告、方案设计报告以及方案评价报告，便于学生回顾实验全过程。



图 47 实验报告

3-7 实验结果与结论（说明在不同的实验条件和操作下可能产生的实验结果与结论）

(1) 模块一 海洋资料调查分析

模块一中资料收集环节，设置了部分问答题，要求学生根据场景情况进行回答，回答后系统形成海洋资料调查报告（图 48）；设计波高计算环节，要求学生根据波浪资料，结合可视化水文统计模型，计算结果给定重现期下的设计波高，不同初始波高及波向下的拟合曲线不同（图 49）；波浪模拟环节，要求学生针对不同波高和海面高度组合情况下开展实验，并对海堤防护效果进行主观评价，实验结果见图 50。这三个环节主要考察学生对实验场景认知以及知识点的理解。

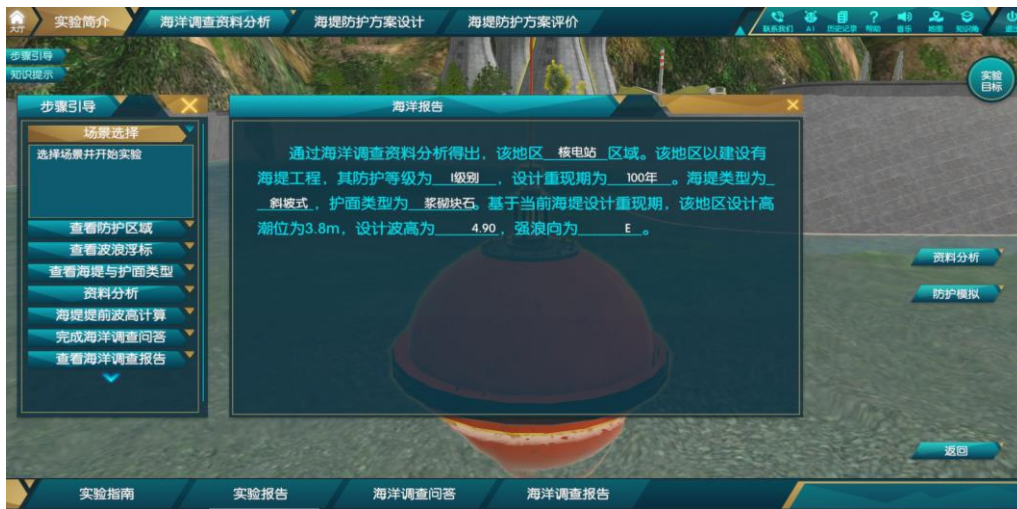


图 48 海洋资料调查报告



图 49 水文统计模型拟合结果比较

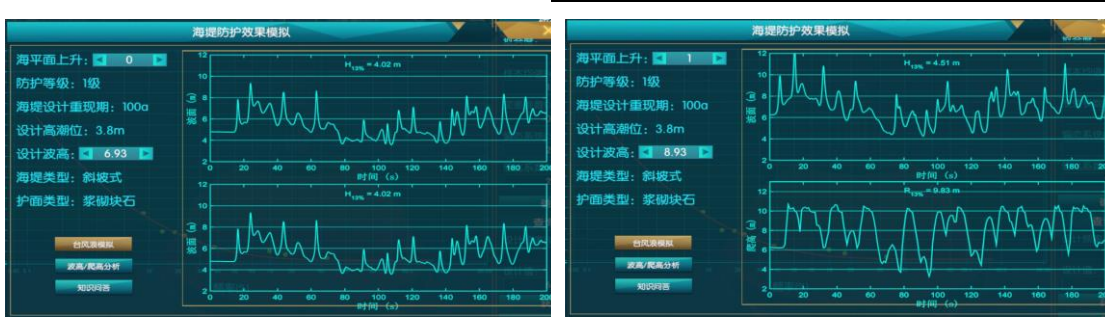


图 50 不同波高及海面高度组合下的波浪传播实验

(2) 模块二 海堤防护方案设计

模块二为海堤防护方案设计，通过选择某一单防护措施，开展单参数、多参数实验，最终获得最优参数，满足给定造价需求以及消浪效果，作为设计方案之一。学生需要分别选取两种单防护措施进行消浪实验和设计，对于具有探索创新精神的学生，实验设计了可选的多防护措施组合方案设计，培养学生创新性。图 51-54 分别为不同类型、不同参数、不同造价防护方案下的波浪衰减效果。

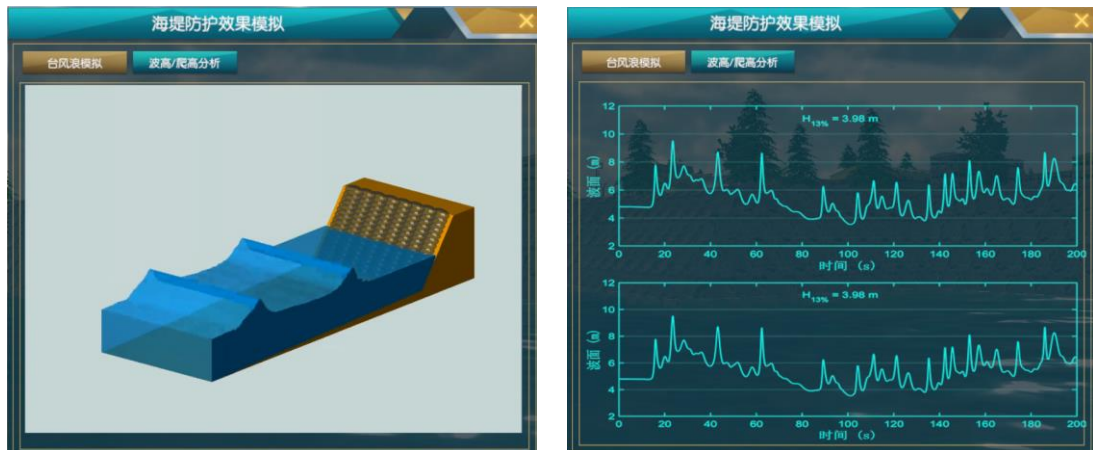


图 51 扭王字块体消浪实验

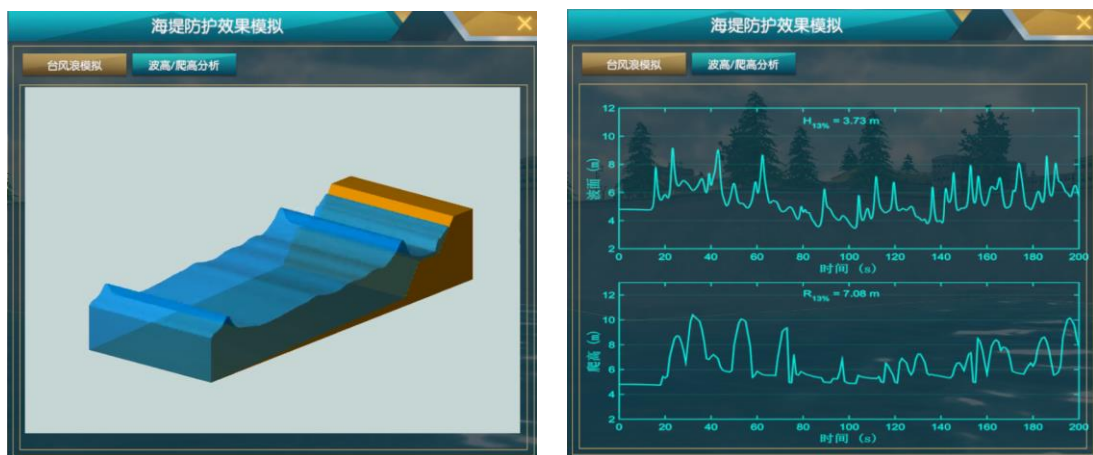


图 52 消浪平台结构消浪实验

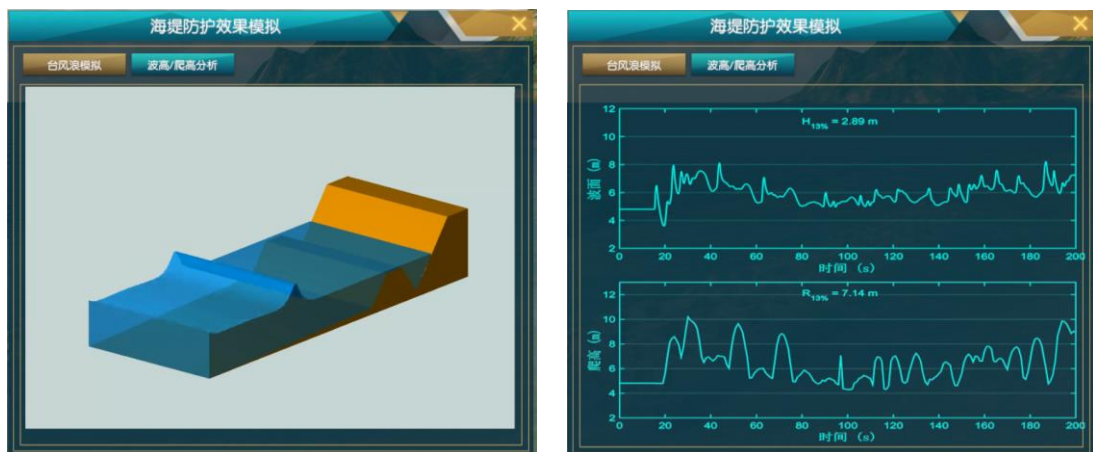


图 53 离岸出水堤消浪实验

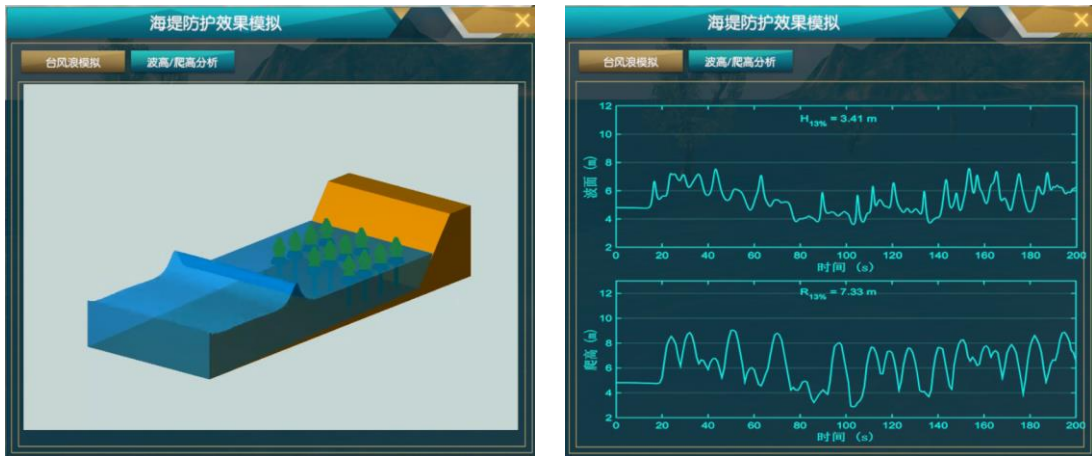


图 54 植被消浪实验

(3) 模块三 海堤防护方案评价

模块三为海堤防护方案评价，基于模块二的单防护措施设计方案，进行横向比较。需要分别进行安全性、经济性和生态性评价，通过优化比选，确定最终设计方案。图 55 为不同设计方案的安全性、经济性、生态性评价汇总结果及方案比选图。



图 55 不同设计方案评价汇总图

(4) 实验报告

实验报告将不同模块的实验结果自动汇总，并根据赋分模型进行自动评分，见图 47 所示。

3-8 面向学生要求

(1) 专业与年级要求

港口航道与海岸工程专业，第六学期（三年级）

海洋资源开发技术专业，第六学期（三年级）

其他相关专业（水利工程类、海洋工程类）

(2) 基本知识和能力要求

要求预先掌握《高等数学》、《概率论与数理统计》、《流体力学》、《流体力学实验》、《海岸动力学》、《海洋调查方法》等课程的理论知识，要求具备一定的资料查询、文献检索能力，对海洋动力及工程建设等相关背景知识有初步认知能力，具备初步的专业分析能力。

3-9 实验应用及共享情况

(1) 本校上线时间：2019年12月1日（上传系统日志）

(2) 已服务过的学生人数：268人

(3) 附所属课程教学计划或授课提纲并填写：

纳入教学计划的专业数：1，具体专业：海洋资源开发技术，

教学周期：2019年12月，学习人数：125（四个班级）

教学周期：2020年11月，学习人数：143（五个班级）

(4) 是否面向社会提供服务：●是 ○否

(5) 社会开放时间：2020年12月1日

(6) 已服务过的社会学习者人数：74人

河海大学“海洋工程水文学”教学大纲（2020版）

一、课程名称

海洋工程水文学
Ocean Engineering Hydrology

二、学分学时

2.0 学分 / 32 学时

三、使用主体教材和线上资源

主体教材：邱大洪，《工程水文学》第四版，人民交通出版社，2011

线上资源：虚拟仿真实验教学-极端天气下的海岸防护工程虚拟仿真实验
<http://xnfzgx.hhu.edu.cn/course/details-expe/4.html>

四、课程属性

课程类别：专业基础课
课程性质：必修

五、教学对象

海洋资源开发技术专业本科生

六、开课单位

港口海岸与近海工程学院（学院）海岸带资源与环境研究所（研究所）

七、先修课程

概率论与数理统计、高等数学、水力学（流体力学）、海岸动力学、河流动力学等。

八、教学目标

教学总目标：

掌握解决海洋资源开发技术领域中的复杂工程问题所必须的海洋水文的基础知识，培养学生熟练运用海洋工程水文学的基本原理和基本方法，利用水文实测资料以及气象资料等，按照实际工程建设要求推算安全可靠、经济合理的设计水文要素的能力，提高学生以科学的方法解决实际问题的能力和素质。通过海洋工程水文学的学习，使学生认识与掌握海洋水文的基础知识，水文统计的基本原理和方法；波浪不规则特性、分类与波浪要素的定义，波浪观测方法与观测资料整理，波浪频

谱和方向谱的基础知识，基于海浪观测资料和气象资料进行深海（受水深影响的浅海）设计波浪要素推算，以及考虑波浪浅水变形特性的近海工程地的设计波浪要素推算方法；潮汐现象及其观测和预报方法，风暴潮的成因及特点，工程设计潮位的计算方法；潮流、海流与海冰的形成机理、特征和影响因素等基础知识，及其观测、资料分析与预报方法等，为学习专业课程以及今后从事科学研究和实际工程建设打下基础。

教学目标 1:

对工程建设所必须的海洋水文知识有一个全面的认识和把握，为从事相关工程建设工作提供必要的知识储备；（支撑本专业毕业要求 1.2 及 1.4）

教学目标 2:

掌握在水利工程、海岸工程与海洋工程等实际工程设计中所必需的海洋水文基础知识、基本原理与基本方法；（支撑本专业毕业要求 2.3）

教学目标 3:

能够熟练地利用所学到的海洋工程水文的基本原理和基本方法，根据水文实测资料或气象资料等，推求满足工程建设规范要求的，既安全可靠又经济合理的设计水文参数；（支撑本专业毕业要求 3.1 及 3.2）

教学目标 4:

具备在今后从事近海工程、海洋工程等实际工程的规划、建设、施工、管理和决策等工作时所需要的基础知识、技术技能和继续学习的能力。（支撑本专业毕业要求 4.1）

九、课程教学内容和基本要求

学生将学习以下课程内容并应达到如下基本要求：

第一章 绪论（3 学时）

1. 教学内容

海洋工程水文学的学习目的、学习内容和学习方法，及其在海洋工程建设等实际工程中的重要作用。

2. 知识要点

海洋工程水文学的研究内容和研究方法及其在实际工程建设中的作用。

3. 重点难点

水文循环等水文学的基本概念以及海洋工程水文学的研究对象、特点、方法与应用。

4. 基本要求

掌握海洋工程水文学的基本概念、水文循环基本原理、主要研究内容及其在工程建设中的重要作用。

5. 教学方法

课堂讲授，利用大量图片及相关视频资料进行讲解。

第二章 概率论与水文统计基础知识（4 学时）

1. 教学内容

随机变量的统计分析及相关分析的基本原理、方法与应用。

2. 知识要点

随机变量及其概率分布，统计参数的估计，水文频率计算求矩适线法，求矩适线法特殊问题处理与相关分析。

3. 重点难点

水文变量的统计参数、频率曲线与相关分析方法的理解及应用。

4. 基本要求

掌握随机变量的统计分析及相关分析的基本原理、方法与应用。

5. 教学方法

课堂讲授，结合设计水文变量统计分析实例进行课堂讲授并辅以课后作业练习。

第三章 海浪及其统计性质（2学时）

1. 教学内容

不规则波浪的特点、波浪要素与分类、统计分布规律、特征波要素以及数学描述方法。

2. 知识要点

不规则波浪与波浪要素的定义，统计波浪的上跨零点法，均值波高、部分大波波高和超值累积频率波高的概念和计算方法。

3. 重点难点

不规则波浪的统计分布规律、特征波要素以及数学描述方法。

4. 基本要求

掌握不规则波的特点、统计分布特性及其数学描述和分析方法。

5. 教学方法

课堂讲授，结合多媒体及国内外事例讲授内容，讨论与练习相结合。

第四章 海浪谱与海浪要素计算（2学时）

1. 教学内容

海浪谱的基础知识、实测海浪记录的谱分析方法及海浪要素的计算方法。

2. 知识要点

海浪谱（频谱、方向谱）的基本概念及其物理意义，典型的海浪谱，海浪谱与海浪要素之间的关系。

3. 重点难点

海浪谱分析的基本理论、实测海浪记录的谱分析方法、由海浪谱计算海浪要素的方法及应用。

4. 基本要求

掌握海浪谱分析的基本理论，通过对实测海浪观测记录的谱分析确定海浪要素的计算方法及应用。

5. 教学方法

课堂讲授，结合多媒体及国内外事例讲授内容，讨论与练习相结合。

第五章 根据海浪观测资料推求设计波浪（3学时）

1. 教学内容

根据海浪观测资料推求设计波浪要素的基本原理与计算方法。

2. 知识要点

根据海浪观测资料推算设计波浪的方法及应用。

3. 重点难点

对利用长期或短期（1-3年）波浪观测资料，或者两地波浪要素的相关关系，推算设计波浪要素的方法的理解和应用。

4. 基本要求

掌握利用长短期波浪观测资料，或者两地波浪要素的相关关系，推算设计波浪的方法和应用。

5. 教学方法

课堂讲授，结合多媒体及国内外事例讲授内容，讨论与练习相结合。

第六章 根据气象资料推算设计波浪的方法（2学时）

1. 教学内容

由气象资料推算风浪尺度的计算方法及其应用。

2. 知识要点

利用气象资料如何推算风浪尺度的大小。

3. 重点难点

对风场要素的确定，深水和浅水风浪要素的推算方法及涌浪要素的计算方法的理解和应用。

4. 基本要求

掌握由气象资料推算风浪尺度的计算方法及其应用。

5. 教学方法

课堂讲授，结合多媒体及国内外事例讲授内容，讨论与练习相结合。

第七章 近岸波浪要素的计算（3学时）

1. 教学内容

根据深水波浪要素，考虑波浪的浅水变形特性确定近岸设计波浪要素的原理和方法。

2. 知识要点

如何考虑波浪由深海向近岸传播过程中的变形特性，包括浅水变形、折射、破碎、绕射、反射等的影响，推算近岸波浪要素的方法与应用。

3. 重点难点

对波浪浅水变形现象的发生原理、特点与数学描述，以及考虑波浪浅水变形推求近岸波浪要素的方法的理解和应用。

4. 基本要求

掌握由深水波浪要素计算近岸波浪要素的原理和方法与应用。

5. 教学方法

课堂讲授，结合多媒体及国内外事例讲授内容，讨论与练习相结合。

第八章 潮汐分析与预报（5学时）

1. 教学内容

潮汐现象及其分类，潮汐成因的基本理论，潮汐分析及预报方法。

2. 知识要点

潮汐现象及其成因的基本理论与潮汐预报方法。

3. 重点难点

分潮、分潮的调和常数、潮汐调和分析、潮汐特征值及潮汐推算的理论与方法。

4. 基本要求

掌握潮汐现象及其成因的基本理论与潮汐预报方法。

5. 教学方法

课堂讲授，结合多媒体及国内外事例讲授内容，讨论与练习相结合。

第九章 潮流（3学时）

1. 教学内容

潮流现象的基本知识与潮流推算方法。

2. 知识要点

潮流定义、分类、潮流推算方法。

3. 重点难点

潮流现象的基本特性与形成机理、潮流的准调和分析、潮流特征计算及潮流推算的方法的理解与应用。

4. 基本要求

掌握潮流现象的基本知识与潮流推算方法。

5. 教学方法

课堂讲授，结合多媒体及国内外事例讲授内容，讨论与练习相结合。

第十章 海洋工程设计潮位（2学时）

1. 教学内容

潮位基准面基本知识、海洋工程设计中的设计潮位推算方法与应用。

2. 知识要点

潮位基准面及计算方法、设计潮位推算。

3. 重点难点

潮位基准面、设计潮位基本概念，以及观测资料的统计分析方法和根据潮位观测资料推算设计潮位方法的理解与应用。

4. 基本要求

掌握潮流现象的基本知识与潮流推算方法。

5. 教学方法

课堂讲授，结合多媒体及国内外事例讲授内容，讨论与练习相结合。

第十一章 海流（3学时）

1. 教学内容

近岸海流基本特性、形成机理及影响因素、海流计算方法、海流观测与资料分析方法。

2. 知识要点

近岸海流基本知识与海流观测及计算方法。

3. 重点难点

近岸海流基本特性与形成机理及影响因素、根据温盐资料计算地转流及风生海流计算方法、海流观测与资料分析方法的理解与应用。

4. 基本要求

掌握近岸海流的定义与计算方法。

5. 教学方法

课堂讲授，结合多媒体及国内外事例讲授内容，讨论与练习相结合。

十、课程思政设计

设计点一：树立以“事实为依据、科学为准绳”的价值观念

海洋工程水文，是一门为海洋工程规划、设计、施工、管理、运行、决策提供水文依据的学科，主要研究与海洋开发和海洋工程建设有关的水文问题。如研究海水运动(波浪、潮汐等)、海水物理性质(温度、盐度、密度等)以及其他水文现象(泥沙运动、冰凌等)在海岸带和近海的变化规律和推算方法，为规划与设计工程建筑物、研究工程建造后对所在海域水文条件的影响提供基础数据。因此，通过海洋工程水文学这门课程的学习，可以使学生充分感受到在进行工程建设和科学研究等实际工作时，一定要尊重科学，遵循科学的分析问题和解决问题的方法，而不是凭主观意识盲目地进行决策，牢固树立以“事实为依据、科学为准绳”的价值观念。

设计点二：增强“综合分析、辩证思维”的学习和工作能力

海洋工程水文主要研究与海洋开发和海洋工程建设有关的海岸带和近海附近的水文现象及其相关问题，是一门为海洋工程规划、设计、施工、管理、运行、决策提供科学的水文依据的学科。在海洋工程水文学的教学中，一个非常主要的学习内容就是给学生讲授如何根据海洋工程水文学的基本原理和基本方法，基于水文要素的实测资料或者气象观测资料推算水文要素，科学地确定用于实际工程建筑物规划和设计等的设计水文要素的方法。其中，如何根据规范规定的建筑物设计标准，在综合考虑各种可能的影响因素的前提下，科学地提出既保证建筑物在使用过程中安全可靠，又能实现建设成本经济合理的设计水文参数，贯穿于整个海洋工程水文学的教学环节中。因此，通过海洋工程水文这门课程的学习，可以培养和增强学生“综合分析、辩证思维”的学习和工作能力，为将来的实际工作打下良好的工作基础。

十一、课程学时安排

- 第一章 3 学时
- 第二章 4 学时
- 第三章 2 学时
- 第四章 2 学时
- 第五章 3 学时
- 第六章 2 学时
- 第七章 3 学时
- 第八章 5 学时

第九章 3 学时
第十章 2 学时
第十一章 3 学时

十二、考核方式

海洋工程水文学为必修专业基础课，课程考核方式包括：过程性考核（40%）+课程考试（60%）。

1. 过程性考核（40%）

课堂研讨情况；随堂作业的完成情况；课后反馈情况等。

考核内容	评价指标	支撑毕 业要求	支撑教学 分目标
课堂研讨 (占比: 20%)	主动参与讨论, 理解基本概念与问题 (10%)	1.1/1.2	1
	主动参与讨论, 理解基本方法原理 (10%)	2.3	3
随堂作业 (占比: 10%)	应用基础理论知识求解相关问题 (10%)	3.1/3.2	3
课后反馈 (占比: 10%)	综合应用理论知识解决实际问题的反馈 (10%)	4.1	4

2. 结果性考核（60%）

考试（闭卷）

考核内容	评价指标	支撑毕 业 要求	支撑教学 分 目标
课程闭卷考试 (占比: 60%)	对基本概念与基础理论知识的理解和掌握 (10%)	1.2 及 1.4	1
	对基本原理和基本方法的理解和把握 (10%)	2.3	2
	对课程内容与工程应用的理解和把握 (10%)	3.1 及 3.2	3
	综合应用理论知识解决设计工程实际问题的能力 (30%)	4.1	4

十三、教学参考

- (1) 《海港水文规范》JTS145-2-2013, 交通运输部水运局;
- (2) 严恺主编,《海岸工程》, 海洋出版社, 2000;
- (3) 冯卫兵 (2005). 海洋工程水文学. 河海大学;
- (4) Goda Yoshimi, Random Sea and Maritime Structure Design, World Scientific;
- (5) Mei, C. C., Stiassnie, M. & Yue, D. K.-P. 2005 Theory and applications of ocean surface waves. Advanced Series on Ocean Engineering 23. World Scientific.

十四、课程说明

本课程为河海大学在建设中的本科必修专业基础课程。

大纲编写人: 蒋勤、谭亚、杨洁
大纲编写时间: 2020年3月25日

4. 实验教学特色

(该虚拟仿真实验教学课程的实验设计、教学方法、评价体系等方面的特色, 限800字以内)

在国家海洋强国战略及“一带一路”倡议的背景下, 提升沿海地区海洋防灾减灾能力, 培养海洋防灾减灾人才意义重大。因全球变暖, 海平面逐年上升。在此环境下, 如何提升海堤防护能力, 是沿海地区提高防灾减灾能力的迫切要求。传统课堂教学过程在台风浪灾害方面的讲授具瓶颈效应, 实践认知环节针对台风浪灾害及防护亦因高风险、难度大、可操作性差等多方面原因无法开设, 理论与实践容易脱节。因此, 本虚拟仿真实验聚焦防护台风灾害的海堤功能, 打造高度仿真的实验平台, 使学生直观地体会海洋极端动力环境与海洋灾害防护的全过程。

实验采用“动静结合”的方式, 以链条流程设计, 串联多学科知识点。海堤防护设计涉及海洋动力(动)与海洋结构物(静)等涉海类专业的两大主流研究方向, 涉及知识点多, 分布于多门课程。传统教学过程中, 不同课程间知识点虽有一定重叠, 但学生对知识点间的串联难度大, 学习成本高。本实验采用动静结合方式, 将动力和结构两大主流方向结合, 并以链条式方法设计实验模块, 打造集成式教学内容, 提高学生对多课程知识点的理解程度, 支撑复合型人才培养需求, 拓展教学内涵, 是对传统教学方法、资源的有效延伸与拓展。

实验教学采用任务驱动式、探究式、启发式的教学方法,秉承“以教师为引导、以任务为主线、以学生为主体”三位一体的指导方针。实验设置紧扣学科前沿热点, 以水文统计模型、波浪传播模型为内核, 真实再现台风浪传播与海堤相互作用过程。增添了新型离岸堤、生态防护方案, 在保持基本知识的基础上, 紧密围绕“两性一度”的“金课”标准, 提升教学内容的科技含量。

评价体系注重思政元素, 不仅强调实验结果的重要性, 也注重操作步骤及过程的规范性。基于对操作步骤进行记录, 并且根据操作规范进行评分。根据高度仿真的实验场景, 真实再现设计不当后海堤漫堤的灾害场景, 让学生沉浸式地体验海堤防护的重要性以及行业的责任及使命感, 将“课程思政”潜移默化地融入实验教学过程。

5. 实验教学在线支持与服务

(1) 教学指导资源: 教学指导书 教学视频 电子教材 课程教案

(申报系统上传) 课件(演示文稿) 其他

(2) 实验指导资源: 实验指导书 操作视频 知识点课件库 习题库

(申报系统上传) 测试卷 考试系统 其他

(3) 在线教学支持方式: 热线电话 实验系统即时通讯工具 论坛

支持与服务群 其他

(4) 6名提供在线教学服务的团队成员; 4名提供在线技术支持的技术人员; 教学团队保证工作日期间提供4小时/日的在线服务

6. 实验教学相关网络及安全要求描述

6-1 网络条件要求

(1) 说明客户端到服务器的带宽要求(需提供测试带宽服务)

20M下行对等带宽。经测试客户机带宽在20M以上时能够有较快的加载速度和较好的交互体验。本次测试基于主流配置计算机,模拟学生在校内校外不同的使用环境,最大限度的还原用户上网学习虚拟仿真实验的需求。测试一:物理连接链路测试,测试目的:测试客户机和虚拟仿真实验教学课程网站的延迟和丢包情况,测试方法:客户机对本次虚拟仿真实验教学课程网站进行PING操作。测试二:网络质量测试,测试目的:测试不同网络环境访问本虚拟仿真实验页面的加载情况,测试方法:通过IP代理,测试客户机在不同地域环境下打开虚拟仿真实验教学课程网页的速度。测试结果:当客户机带宽小于20M时,丢包情况严重、网络延时都很高,部分环境延时可以达到20ms以上,丢包率超过5%;当客户机带宽小于20M的时候,在不同IP对本虚拟仿真实验网页打开的测试中,网页打开速度较慢,特别是课件加载卡顿现象也畅游发生,访问效果不理想。基于以上测试结果,我们推荐客户机的带宽应大于20M。

(2) 说明能够支持的同时在线人数(需提供在线排队提示服务)

300。

6-2 用户操作系统要求（如 Windows、Unix、IOS、Android 等）

(1) 计算机操作系统和版本要求

计算机操作系统为：**Windows7、Windows8、Windows10
Deepin15.7（国产 Linux 系统）**

(2) 其他计算终端操作系统和版本要求

无。

(3) 支持移动端：●是 ○否

6-3 用户非操作系统软件配置要求（兼容至少 2 种及以上主流浏览器）

(1) 非操作系统软件要求（支持 2 种及以上主流浏览器）

谷歌浏览器 IE 浏览器 360 浏览器 火狐浏览器 其他

(2) 需要特定插件 ○是 ●否

如勾选“是”，请填写：

插件名称：（插件全称）

插件容量：M

下载链接：

(3) 其他计算终端非操作系统软件配置要求（需说明是否可提供相关软件下载服务）

学生需要在 **Windows7、Windows8、Windows10** 系统环境下，使用以下浏览器打开：

浏览器类型	支持 WebGL	不支持 WebGL
Mozilla Firefox 52 及以上版本	支持	
Google Chrome 57 及以上版本	支持	
Apple Safari 11 及以上版本	支持	
MS Edge 16 及以上版本	支持	
360 浏览器	基于（Chrome）内核，并且开启极速模式、智能开启硬件加速情况下支持存在右键划线问题，属于浏览器自身设置原因，关闭浏览器鼠标手势即可。	基于（IE）内核，不支持

浏览器：**Google Chrome**

下载地址：http://dl.hdmoool.com/tools/chrome_x64.exe

6-4 用户硬件配置要求（如主频、内存、显存、存储容量等）

(1) 计算机硬件配置要求

Web 端 用户硬件要求处理器：Intel (R) Core (TM) i5 主频：2.4GHz 内存：8GB 显卡：NVIDIA GeForce GTX GT740 2G。

(2) 其他计算终端硬件配置要求

无特殊要求，满足能上网功能即可。

6-5 用户特殊外置硬件要求（如可穿戴设备等）

(1) 计算机特殊外置硬件要求

无。

(2) 其他计算终端特殊外置硬件要求：●无 ○有

如勾选“有”，请填写其他计算终端特殊外置硬件要求：

6-6 网络安全（实验系统要求完成国家信息安全等级二级认证）

(1) 证书编号：

32011643007-21001

(2) 请附信息系统安全等级保护备案证明

信息系统安全等级保护备案证明见图 56。



图 56 信息系统安全等级保护备案证明

7. 实验教学技术架构及主要研发技术

指标	内容	
<p>系统架构图及简要说明</p>	<p>恒点 Mool 系统是基于 B/S 和 C/S 架构的虚拟教学平台。系统服务器部分代码采用 PHP 语言编写，由个人中心、课程编辑，网页学习、管理后台、API 等模块构成。系统采用 MySQL 数据库，并采用缓存技术来提升访问速度。客户端支持 pc 端和移动端，对应的有 vr 版本和非 vr 版本，通过互动伺服器实现和平台的数据交互，以及实现不同终端之间的互动教学。</p> <pre> graph TD subgraph 机房 DB[数据库] <--> WA[Web应用] WA <--> V[视频] WA <--> S[交换机] end S <--> I[互联网/校园网] I <--> CE[课程编辑(网页)] I <--> IS[互动伺服器] I <--> WL[网页学习] </pre>	
<p>实验教学</p>	<p>开发技术</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/>VR <input type="checkbox"/>AR <input type="checkbox"/>MR <input checked="" type="checkbox"/>3D 仿真 <input checked="" type="checkbox"/>二维动画 <input checked="" type="checkbox"/>HTML5 其他 <u>WebGL、C#语言、网络通信 (Socket, Rpc , Http)、人工智能算法</u></p>
	<p>开发工具</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/>Unity3D <input checked="" type="checkbox"/>3D Studio Max <input checked="" type="checkbox"/>Maya <input type="checkbox"/>ZBrush <input type="checkbox"/>SketchUp <input checked="" type="checkbox"/>Adobe Flash <input type="checkbox"/>Unreal Development Kit <input type="checkbox"/>Animate CC <input type="checkbox"/>Blender <input checked="" type="checkbox"/>Visual Studio <input checked="" type="checkbox"/>其他 <u>Photoshop、SteamVr SDK、大朋 vr 一体机 SDK (DpnUnity)</u></p>

	运行环境	服务器 CPU <u> 8 </u> 核、内存 <u> 8 </u> GB、磁盘 <u> 500 </u> GB、 显存 <u> 2 </u> GB、GPU 型号 <u>Intel(R)Core(TM)i5</u> 操作系统 <input checked="" type="checkbox"/> Windows Server <input type="checkbox"/> Linux <input type="checkbox"/> 其他 具体版本_ 数据库 <input checked="" type="checkbox"/> Mysql <input type="checkbox"/> SQL Server <input type="checkbox"/> Oracle <input type="checkbox"/> 其他 备注说明 （需要其他硬件设备或服务器数量 多于1台时请说明） 是否支持云渲染： ●是 ○否
	实验品质（如：单场景模型总面数、贴图分辨率、每帧渲染次数、动作反馈时间、显示刷新率、分辨率等）	单场景模型总面数： <u> 40 </u> 万三角面 贴图分辨率： <u> 512*512 </u> 每帧渲染次数： <u> 30fps </u> 动作反馈时间： <u> 1/90s </u> 显示刷新率： <u> 60HZ </u> 分辨率： <u> 4K </u>

8. 实验教学课程持续建设服务计划

(本实验教学课程今后5年继续向高校和社会开放服务计划及预计服务人数)	
(1) 课程持续建设	
日期	描述
第一年	根据学生反馈及时完善课程存在的不足，同时基于团队科研及工程成果，对仿真后台数据、模块持续更新，不断提升实验的仿真度
第二年	后期持续建设城市、农田、度假区等更多场景，并根据实验教学需求继续增加新的实验设备和实验项目。
第三年	结合《海岸灾害过程与预报》专业课程需求，增添海堤稳定性仿真模块
第四年	结合《海洋地貌学》专业课程需求，海堤影响下的海岸地貌演变仿真模块
第五年	整合不同实验模块，打造集“海洋水文、海洋结构工程、海洋地貌”为一体的水利类海洋防灾减灾综合虚拟仿真试验平台，打通各涉海专业各课程知识点，帮助学生灵活、快速地调用多学科知识点解决实际问题的能力。

其他描述：
无。

(2) 面向高校、社会的教学推广应用计划

日期	推广高校数	应用人数	推广行业数	应用人数
第一年	2	200	1	150
第二年	3	400	1	300
第三年	6	600	3	600
第四年	10	1000	3	1000
第五年	15	1500	5	2000

其他描述：
无。

9. 知识产权

软件著作权登记情况	
以下填写内容须与软件著作权登记一致	
软件名称	海平面上升环境下的海堤防护虚拟仿真实验软件 V1.0
是否与课程名称一致	<input checked="" type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 否
<p>每栏只填写一个著作权人，并勾选该著作权人类型。如勾选“其他”需填写具体内容；如存在多个著作权人，可自行增加著作人填写栏进行填报。</p>	
著作权人	著作权人类型
	<input checked="" type="radio"/> 课程所属学校 <input type="radio"/> 企业 <input type="radio"/> 课程负责人 <input type="radio"/> 学校团队成员 <input type="radio"/> 企业人员 <input type="radio"/> 其他
权利范围	全部权利
软件著作权登记号	2020SR1762292
如软件著作权正在申请过程中，尚未获得证书，请填写受理流水号。	
受理流水号	

10. 诚信承诺

本团队承诺：申报课程的实验教学设计具有一定的原创性，课程所属学校对本实验课程内容（包括但不限于实验软件、操作系统、教学视频、教学课件、辅助参考资料、实验操作手册、实验案例、测验试题、实验报告、答疑、网页宣传图片文字等组成本实验课程的一切资源）享有著作权，保证所申报的课程或其任何一部分均不会侵犯任何第三方的合法权益。

实验教学课程负责人（签字）：



2021年6月9日

11. 附件材料清单

1. 课程团队成员和课程内容政治审查意见（必须提供）

（申报课程高校党委负责对本校课程团队成员以及申报课程的内容进行政审，出具政审意见并加盖党委印章；团队成员涉及多校时，各校党委分别对本校人员出具意见；非高校成员由其所在单位党组织出具意见。团队成员政审意见内容包括政治表现、是否存在违法违纪记录、师德师风、学术不端、五年内是否出现过重大教学事故等问题；课程内容审查包括价值取向是否正确，对于我国政治制度以及党的理论、路线、方针、政策等理解和表述是否准确无误，对于国家主权、领土表述及标注是否准确，等等。）

2. 课程内容学术性评价意见（必须提供）

〔由学校学术性组织（校教指委或学术委员会等），或相关部门组织的相应学科专业领域专家（不少于3名）组成的学术审查小组，经一定程序评价后出具。须由学术性组织盖章或学术审查小组全部专家签字。无统一格式要求。〕

3. 校外评价意见（可选提供）

（评价意见作为课程有关学术水平、课程质量、应用效果等某一方面的佐证性材料或补充材料，可由课程应用高校或社会应用机构等出具。评价意见须经相关单位盖章，以1份为宜，不得超过2份。无统一格式要求。）