

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：海底科学观测网组网观测虚拟仿真实验

专业类代码：0707

负责人：杨群慧、高航

联系电话：13918209499

申报学校：同济大学

填表日期：2021 年 6 月

推荐单位：同济大学

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	海底科学观测网组网观测虚拟仿真实验	是否曾被推荐	○是④否
实验所属课程 (可填多个)	《海洋技术导论》		
性质	○独立实验课 ④课程实验		
实验对应专业	海洋技术		
实验类型	○基础练习型 ④综合设计型 ○研究探索型 ○其他		
虚拟仿真必要性	☒ 高危或极端环境 ☒ 高成本、高消耗 ☐ 不可逆操作 ☒ 大型综合训练		
实验语言	④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. 2020 年 2 月 17 日-2020 年 8 月 20 日, 试用于疫情期间无法开展的《海上专业综合实习》, 20 人 2. 2020 年 9 月 14 日-2021 年 1 月 22 日, 试用于理学部《专业导论》海洋技术专题选题者, 14 人		
有效链接网址	http://ocean-ilab.tongji.edu.cn/oceanobservatory		

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	杨群慧	1969年12月31日	同济大学海洋与地球科学学院/国家海底科学观测系统项目办公室	专业负责人/副主任	研究员	13918209499	yangqh@tongji.edu.cn	共同课程负责人/总体设计与教学组织/主干网相关仿真实验教学（在线教学服务）
1	高航	1978年4月1日	同济大学海洋与地球科学学院/国家海底科学观测系统项目办公室	无	讲师	13472778891	hgao@tongji.edu.cn	共同课程负责人/总体设计与教学组织/传感器仿真实验设计及教学（在线教学服务）
3	米智楠	1967年3月13日	同济大学机械与能源工程学院/国家海底科学观测系统项目办公室	无	副教授	18930042391	znm21cn@tongji.edu.cn	观测平台仿真实验设计及教学（在线教学服务）
4	覃如府	1979年5月8日	同济大学海洋与地球科学学院/国家海底科学观测系统项目办公室	无	副研究员	13601605404	qinrufu@tongji.edu.cn	数据中心仿真实验设计及教学（在线教学服务）
5	陆海	1984年2月4日	同济大学国家海底科学观测系统项目办公室	无	工程师	18616578825	lh@tongji.edu.cn	实验技术开发及网络运行保障（技术支持）
2-2 团队其他成员								
序	姓名	出生	单位	职务	职称	承担		

号		年月				任务
1	金璐	1991年2月17日	同济大学国家海底科学观测系统项目办公室	无	工程师	潜标观测平台仿真实验设计及教学（在线教学服务）
2	罗安	1990年10月13日	同济大学国家海底科学观测系统项目办公室	无	工程师	主干网相关仿真实验设计及教学（在线教学服务）
3	杨成林	1990年6月10日	同济大学国家海底科学观测系统项目办公室	无	工程师	实验技术开发（技术支持）
4	刘伟	1990年2月11日	同济大学国家海底科学观测系统项目办公室	无	工程师	坐底观测平台仿真实验设计及教学（在线教学服务）
5	姜瑶	1991年4月6日	同济大学国家海底科学观测系统项目办公室	无	工程师	实验课程管理（技术支持）
6	王雅丽	1995年5月1日	同济大学国家海底科学观测系统项目办公室	无	工程师	实验课程管理（技术支持）
7	王振峰	1977年5月3日	同济大学国家海底科学观测系统项目办公室	无	高级工程师	浮标观测平台仿真实验设计及教学（在线教学服务）
8	范智勇	1992年11月1日	同济大学国家海底科学观测系统项目办公室	无	工程师	传感器仿真实验设计及教学（在线教学服务）
9	王宇	1992年5月13日	南京恒点信息技术有限公司	美术部主管	工程师	美术设计及技术开发（技术支持）
10	袁婷	1997年8月13日	南京恒点信息技术有限公司	无	工程师	U3D场景设计及技术开发（技术支持）
11	李静	1991年3月9日	南京恒点信息技术有限公司	无	工程师	UI设计及技术开发（技术支持）
12	贾辈辈	1994年5	南京恒点信息技	程序部	工程师	程序设计及技术开

		月 4 日	术有限公司	主管		发（技术支持）
13	郑馨语	1992 年 3 月 25 日	南京恒点信息技术有限公司	策划部 主管	工程师	课程策划（技术支持）

团队总人数：18 人 其中高校人员数量：13 人 企业人员数量：5 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）

本实验课程经过两个教学周期的试用改进后，于 2021 年 1 月被认定为 2021 年度高等学校一流本科课程。

杨群慧：共同课程负责人，承担实验总体设计与教学组织、主干网相关仿真实验教学、教学服务。同济大学海洋技术专业负责人，主讲《海洋技术导论》和上海市重点课程《专业综合实习》。负责“海洋技术新工科专业核心新课程建设”等 8 项教改项目；主持国家 863 计划、国家重点研发计划和国家自然科学基金等课题，作为总工艺师正在承担“海底科学观测网国家重大科技基础设施”建设，已发表学术论文 60 余篇，获得授权国家专利 9 项。曾获上海市三八红旗手、2020 年度上海市重点工程实事立功竞赛优秀建设者、同济大学教学成果一等奖和育才教育奖励金等奖励。

高航：共同课程负责人，承担实验总体设计与教学组织、传感器仿真实验设计及教学、教学服务。主讲《海洋传感探测技术实践》，参与《海洋技术导论》、上海市重点课程《海洋工程环境》和《海上专业综合实习》的教学。主持国家自然科学基金、上海市及教育等多项课题。获同济大学优秀实习指导老师奖、同济大学教学成果一等奖，是 2020 年度上海市五四青年奖章集体成员。

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）实验的必要性

出现于 21 世纪初的海底观测网是利用海底光电缆和无线声通信，将安装在海底固定、移动平台上的各种观测仪器与陆基信息设备互联，具备水下大功率远程充裕电能供给、海量双向数据传输能力，可实现全天候、长期、连续、实时的高分辨率和高精度的海洋观测。因此，海底观测网被认为是继地面与海面观测、遥感遥测后人类建立的第三种观测平台，标志着海洋探索进入了一个新的时代。

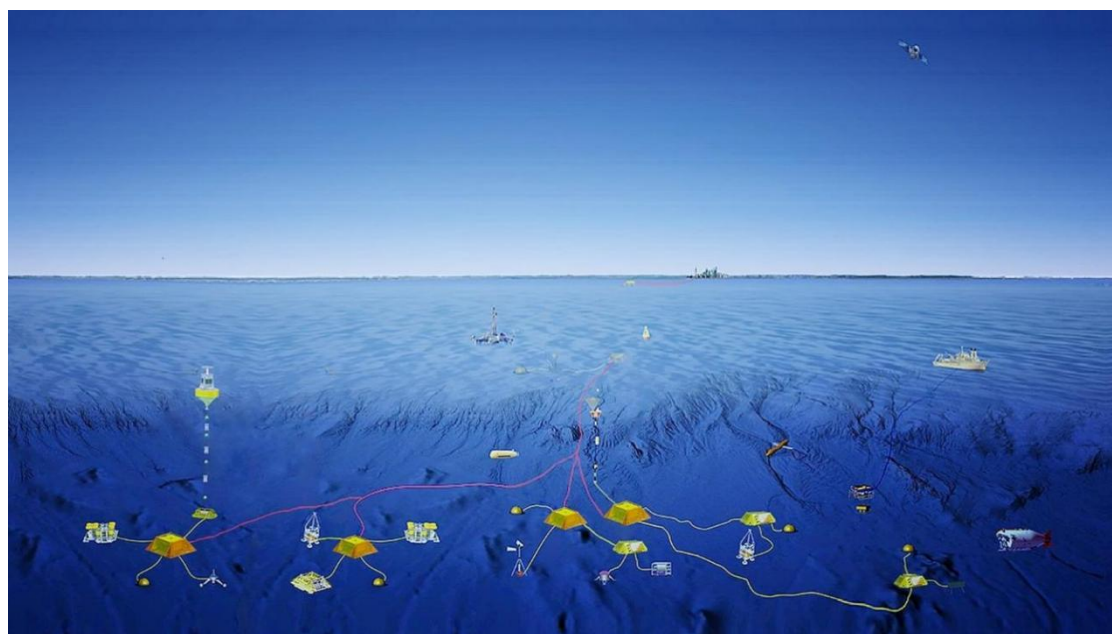


图 1 海底观测网示意图

① 海洋强国建设急需掌握海底观测网组网观测技术的高素质人才

鉴于海底长期观测组网技术是关乎国家海洋环境监测、灾害预警预报、能源资源开发、海洋权益维护等方面战略需求的核心技术，世界各国对于海底观测网的重视程度与日俱增，欧美及日本等国纷纷投入巨资建立海底观测系统。2009 年，加拿大建成了 Neptune 海底科学观测网；2016 年 6 月 6 日，美国国家科学基金会(NSF)宣布，历经 10 年、耗资 3.86 亿美元的大型海洋观测计划(OOI)全面建

成并正式启动运行。

2017 年我国启动海底科学观测网国家重大科技基础设施立项，由同济大学牵头统筹协调建设这一“国之重器”，设施建成后将成为全球规模最大、总体水平国际先进的综合性海底科学观测网。同时，自然资源部等相关单位也纷纷计划启动海底观测业务网建设。这就对我国培养具备较强自主创新实践能力、具有投身“海洋强国”建设情怀的海底观测网组网观测技术人才提出了迫切的需求。

② 利用虚拟仿真技术，突破难以开展海底观测网实体实验的制约

海底观测网的实施运行场景为广袤的海洋，仪器设备布放于浩瀚海水覆盖之下的黑暗海底和水中，内部组网观测过程不可见，难以开展真实实验，且开展原理实体实验的成本高昂、难度极大。同时，由于海底观测网建设在我国刚刚起步，除了在有限的科研论文和书籍中有关于海底组网观测技术的论述外，目前各种出版的教材中均无相关内容。海底观测网在设计、建设和运行管理过程中需要综合运用机械、电子、计算机、人工智能、大数据等多种海洋技术，根据科学观测需求建设的海底科学观测网还需要应用物理海洋、海洋化学、海洋生物等多种海洋科学知识，具有**综合性强、复杂度高的跨学科特点**，传统的理论教学学生难以理解。

因此，利用虚拟仿真技术开展海底观测网组网观测的实验教学十分必要。

(2) 实验的实用性

① 构建高度仿真的组网观测场景及内容，开展“沉浸式”交互体验教学

教学团队主要成员均来自同济大学“海洋科学”一流学科，并是海底科学观测网国家重大科技基础设施这一“国之重器”建设的核心骨干，他们将所掌握的国际先进的组网观测技术知识和自主研发的最新科研成果转化为教学资源，开展科教融合，自主开发了“海底科学观测网组网观测虚拟仿真实验”课程。

本实验在《海洋技术导论》课程理论教学的基础上，通过对海底观测网观测场景、观测平台、仪器设备以及数据管理与应用流程等方面的高度仿真，使学生能够“身临其境”地体验从岸基到海底的具有开放性、扩展性的组网观测虚拟

仿真场景，“沉浸式”地开展观测网基本组成认知、观测平台设计集成、组网观测技术应用等实验，实现掌握观测网基本组成和工作原理的知识、构筑根据观测需求开展观测平台设计的基础、锻炼应用理论知识解决组网观测实际问题的能力教学目标。同时，通过国内外进展等的拓展阅读，激发学生的专业自豪感和投身海洋强国建设的使命感。

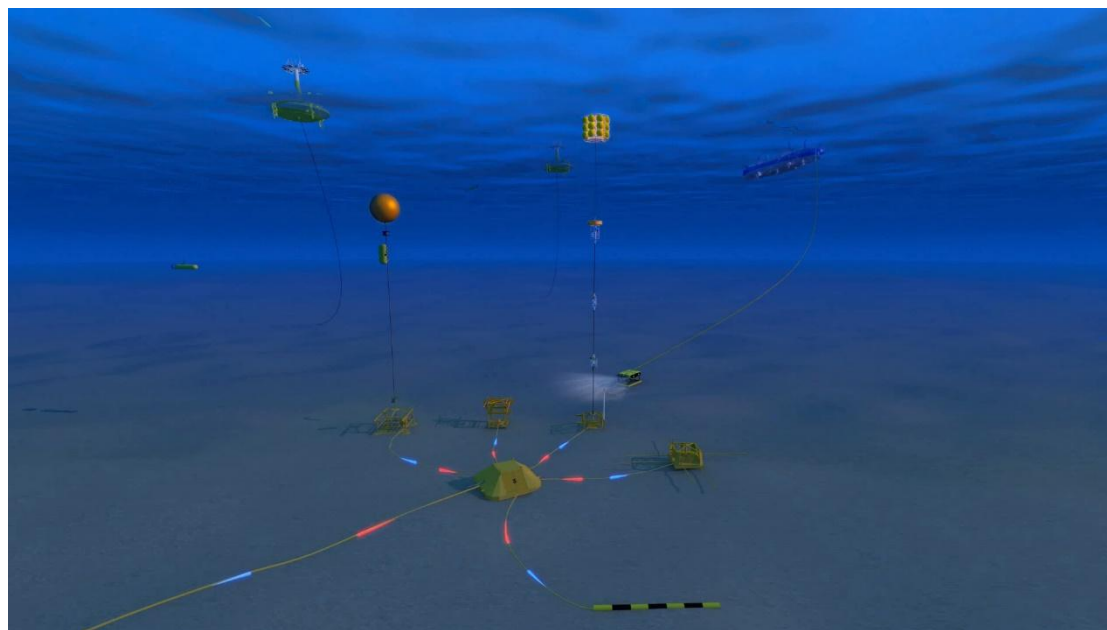


图 2 海底虚拟仿真场景

②提供全面贴心的教学在线支持与服务，引导“自主式”创新设计探索

本实验提供了教学指导书、教学视频、电子教材、课程教案等**完善的教学指导资源**，帮助教师结合专业特色及课程培养体系开展特色教学；同时，为学生提供了实验指导书、操作视频、知识点、习题库等**丰富的实验指导资源**，并结合新手引导、步骤引导、知识提示等**贴心的课程服务体系**引导学生开展自主性、创新性的设计和探索。同时，学生还可以通过在线指导、微信群、论坛等方式分享自己的奇思妙想，随时随地与老师和同学们展开互动交流。



图 3 海底科学观测网组网观测虚拟仿真实验贴心引导

③ 设置实验评价及评分体系，开展科学合理的成绩综合评定

学生的实验操作完成后，系统会自动给出评估意见，并通过容错探究式的教学方式引导学生开展理论设计、仿真验证、反复优化的训练，反思自身操作和设计的不足，提升创新思维能力。

本实验针对各环节知识点和考核点建立了多层次、多元化的综合评分标准。实验结束后，系统分别针对学生在 3 个实验环节中的实际操作及完成情况进行自动评分，每环节按 100 分计算，便于教师了解学生各环节的掌握情况，开展针对性指导。

在面向高校和社会免费开放过程中，教师可根据教学对象的专业要求、课程需求、能力层次等实际情况，“自助式”地在 3 个实验环节中选择性地开展实验，调整所选环节的评分计算权重；还可以结合实验报告、课堂表现、考试成绩等对学生的进行学习情况进行综合评定，从而公平客观地评价学生对基础知识的掌握程度及其所展现的创新实践能力。

(3) 教学设计的合理性

本实验秉承以学生为中心、以立德树人为根本的教学理念，采取任务驱动式、交互体验式、容错探究式教学方法，采用以学生自主探究为主、教师实时在线指

导为辅的教学方式,引导学生在高度仿真场景下开展海底科学观测网组网观测技术训练,构建了相对完备的海底科学观测网组网观测虚拟仿真实验教学体系,教学设计脉络见下图。

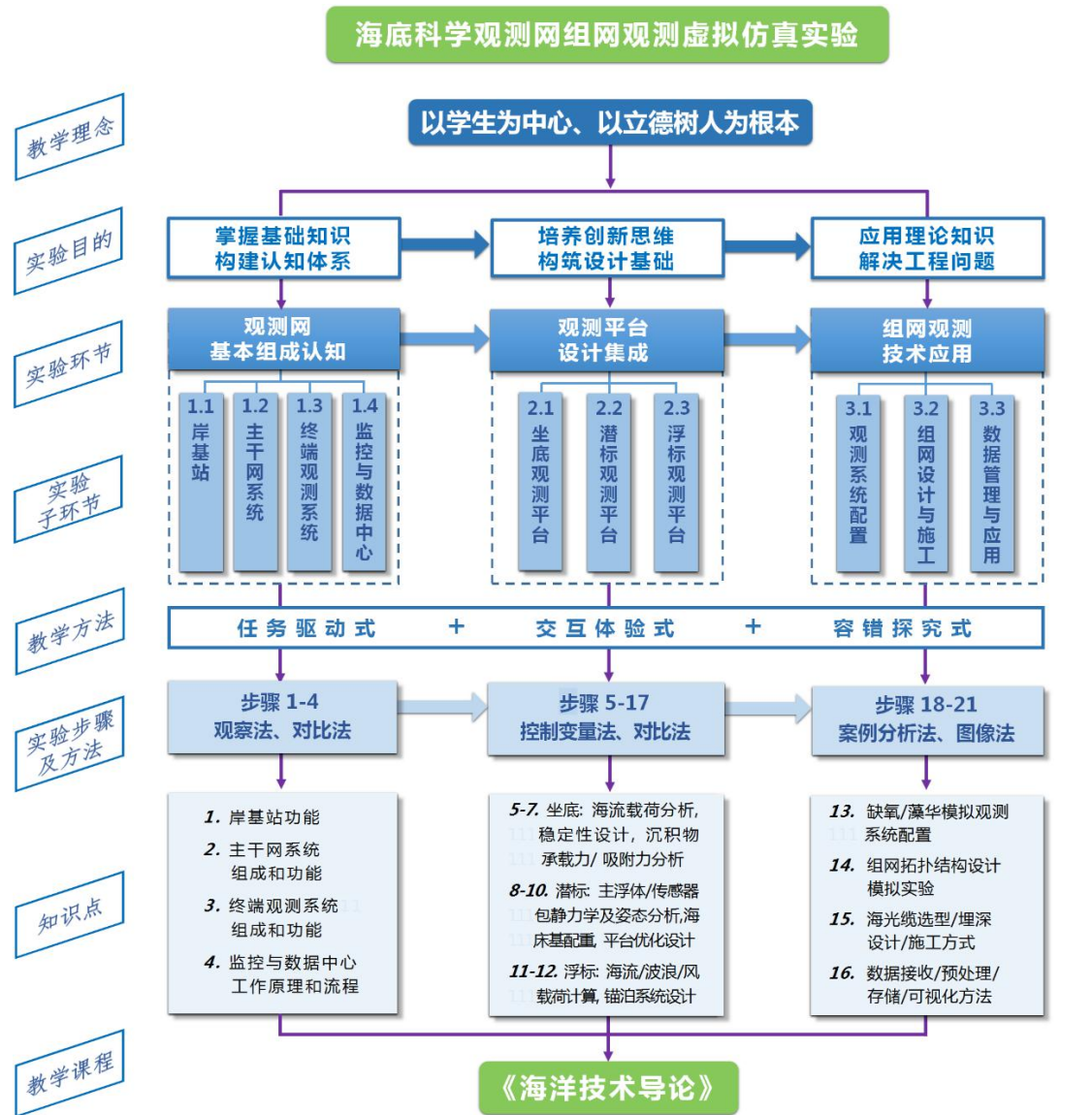


图 4 海底科学观测网组网观测虚拟仿真实验教学设计脉络图

① 合理规划，科学把握教学的高阶性、创新性和挑战度

本实验依据《海洋技术导论》课程大纲及其关键知识点,根据学生认知规律,按照“基础认知、分析设计、应用探索”的教学脉络,科学设置了“观测网基本

组成认知”、“观测平台设计集成”、“组网观测技术应用”三大实验环节及相关子环节。

通过“观测网基本组成认知”环节的学习，使学生掌握国际先进的海底科学观测网的基本组成和组网观测原理知识；通过“观测平台设计集成”环节的训练，使学生构筑根据观测需求开展观测平台设计的基础，并通过对具有挑战度的设计选题开展容错探究的反复练习，培养学生解决复杂问题的综合能力；通过“组网观测技术应用”环节的实践，锻炼并提升学生应用理论知识解决工程实际问题的能力。学生在逐步完成上述任务挑战的过程中，将不断体验工程设计和创新探索的乐趣，逐步提高创新思维能力。

② 巧妙融合教学方法和实验方法，合理设计教学模式

实验教学过程中融合了先进的教学方法和合理的实验方法，巧妙地将“任务驱动式”、“交互体验式”、“容错探究式”的教学方法综合应用于三大实验环节，并引导学生利用科学观察法、对比法、控制变量法、案例分析法、图像法等实验方法，由浅入深、循序渐进地开展海底观测网组网观测学习和实践过程。

为利于学生理解和掌握海底科学观测网的组网观测原理和关键技术，设计了层层递进的三大实验环节，使学生在完成各环节训练的过程中，逐步巩固组网观测理论知识、构筑工程设计基础、培养应用实践能力；同时结合国内外进展的拓展阅读，增强海洋专业信心、坚定海洋强国信念，最终实现知识能力素质的有机融合。

③ 实验环节设计注重实用性和共享性，用户可根据需求开展分层次教学

本实验设置的三大实验环节及其对应的步骤既层层递进又各自独立。因此，在高校人才培养、相关行业培训等实际应用中，用户可根据专业要求、课程需求、教学目的以及教学对象的能力层次等实际情况，“自助式”选择相应环节开展实验，灵活配置实验的难易程度，实现分层次教学。如，以了解或掌握观测网基本组成及工作原理为目标的认知教学，可选择第一环节开展实验；以培养工程实践能力为目标的行业培训或工程训练教学，可选择第一、三环节开展实验；以建立“认知-设计-实践”整体思维为目标的能力提升教学，可完整利用第一、二、三环节开展实验。

另外，学生也可以根据个人情况对难以理解的知识点开展重点学习、对掌握不足的实践操作进行多次训练，并能够通过微信群问答、课堂研讨等线上线下多种途径进行交流讨论，进而深化基础知识认知、提升实践能力。因此，**本实验具备极高的教学实用性和共享性。**

(4) 实验系统的先进性

①教学资源具备科技前沿性和先进性，弥补现有教材内容空白的不足

海底观测网在我国刚刚起步，除了在有限的科研论文和书籍中有关于海底组网观测技术的论述外，目前各种出版的教材中均无相关内容。团队充分利用所掌握的国际上最新的海底观测网组网观测技术知识和研发的科技成果，将其转化为优质的教学资源，自主开发了海底科学观测网组网观测虚拟仿真实验，搭建科学前沿、工程建设与人才培养之间的桥梁，**传授当前教材中所没有的先进的海底观测网组网观测知识**，实现了对传统教学的延伸与拓展。同时，通过 5G 网络可实现全国海洋高校、科研院所师生以及相关企事业人才的在线学习和互动，促进海洋技术专业的教学质量和实践育人水平的提高，具有较强的科技前沿性和先进性。

② 虚拟仿真还原组网观测的真实场景，打破传统教学方式的时空限制

海底观测网实施运行场景为广袤的海洋，内部组网过程不可见，**难以开展真实实验**；且组网观测技术具有综合性强、复杂度高的跨学科特点，组网过程复杂，开展原理实体实验的成本高昂、难度大，因此，采用传统教学方式难以开展组网观测技术的实验教学。

本实验**通过虚拟仿真技术**真实还原了由海面到海底全方位、立体化的实验场景，科学再现了海底观测网的组网构建过程，引导学生开展“沉浸式”交互实验操作，并通过多种在线交流平台实现师生互动。学生基于网络可随时随地开展实验和互动交流，从而**打破了传统课堂教学和实体实验的时空限制**，有效提升课程的整体教学质量和水平。

3-2 实验教学目标（实验后应该达到的知识、能力水平）

本实验坚持以学生为中心、以立德树人为根本的教学理念，通过虚拟仿真所营造的情景体验式的教学环境，使学生循序渐进地开展“**基本原理知识学习、分析设计基础构筑、创新思维能力提升**”的学习实践过程，完成“基础认知、分析设计、应用探索”三个层次的训练，实现以下具体教学目标：

① 在观测网基本组成认知环节：帮助学生认知岸基站、主干网系统、终端观测系统、监控与数据中心等关键组网单元的结构和功能，**使学生掌握观测网基本组成和工作原理的知识。**

② 在观测平台设计集成环节：帮助学生掌握风、浪、流等环境载荷对于坐底、潜标和浮标观测平台作用力的计算方法，引导学生探究海洋环境载荷对观测平台结构设计影响的解决方案，**使学生建立从“结构组件”到“系统设计”的整体思维，构筑根据不同观测需求开展设计的基础。**

③ 在组网观测技术应用实验环节：通过设计缺氧和藻华观测任务，引导学生开展终端观测系统配置、组网拓扑设计、海光缆选型和施工以及数据管理工作，**锻炼学生应用理论知识解决实际工程问题的能力，提升创新思维能力。**

④ 通过知识角中海底观测国内外进展等方面的拓展阅读和对比，结合海底科学观测网国家重大科技基础设施课程思政教育基地的实体支撑，将思政教育潜移默化地融入到实验教学过程，**激发学生的专业认同感以及投身“海洋强国”建设的情怀和使命感。**

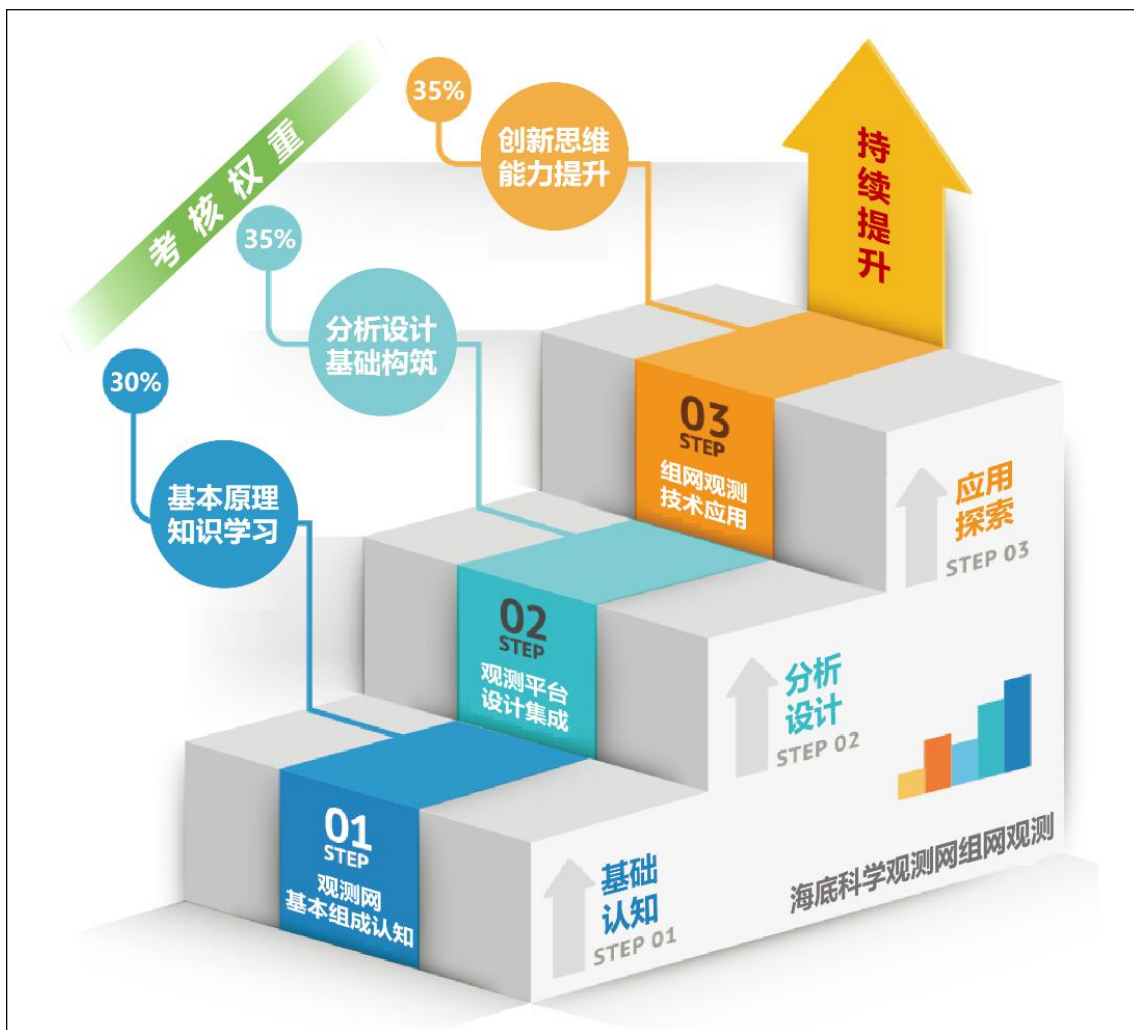


图 5 学习实践过程图示

3-3 实验课时

- (1) 实验所属课程课时：海洋技术导论 34 学时
- (2) 该实验所占课时：6 学时（环节一、二、三分别对应 1、3、2 学时）

3-4 实验原理

(1) 实验原理(限 1000 字以内)

本实验设计了三个既独立又依次承接的实验环节，总体设计原理如下图所示。



图 6 海底科学观测网组网观测虚拟仿真实验总体设计原理图

环节一：观测网基本组成认知

在虚拟的海洋环境中，采用交互体验式的教学方式引导学生认真观察岸基站、主干网系统、终端观测系统、监控与数据中心等关键组网单元的基本构成，对比并思考它们的工作流程及原理，使学生掌握观测网组网核心单元的原理和功能。

环节二：观测平台设计集成

针对用于海底-水界面观测的坐底观测平台设计任务，学生不仅需进行海流作用力估算、铅块平台配载、防沉板配置及缆绳选择等操作；还可在容错探究式教学方式的引导下，开展坐底观测平台稳定性设计的比较和优化。

针对用于水柱观测的潜标观测平台的设计任务，学生需开展潜标组装实践，学习主浮体、传感器包的静力学分析及姿态计算、海床基配重计算，并通过容错

探究进行浮球数量和配重的设计优化训练，建立从“结构组件”到“系统设计”的整体思维。

针对用于海-气界面观测的浮标观测平台的设计任务，学生需利用控制变量法，探究风、浪、流等载荷对浮标观测平台设计的影响，并根据观测海域深度，进行锚泊系统设计。

本环节的设计训练，将为学生构筑针对观测需求开展观测平台设计优化的基础。

环节三：组网观测技术应用

本环节要求学生基于对 A3 节点的案例分析，掌握终端观测系统配置的设计理念，并综合应用前期所学过的知识针对藻华、缺氧事件开展观测系统配置，完成观测网拓扑结构设计、埋深设计与施工等工程实践；并体验数据的应用管理，利用图像法实现数据的可视化操作。使学生建立从组网观测到数据应用的整体概念，锻炼并提升应用所学知识解决工程实际问题的能力。

知识点：共 16 个

环节一：观测网基本组成认知，4 个知识点

- [1] 岸基站功能
- [2] 主干网系统组成和功能
- [3] 终端观测系统组成和功能
- [4] 监控与数据中心工作原理和流程

环节二：观测平台设计集成，8 个知识点

- [5] 坐底观测平台海流载荷分析
- [6] 坐底观测平台稳定性设计
- [7] 坐底观测平台沉积物承载力/吸附力分析
- [8] 潜标观测平台主浮体/传感器包静力学及姿态分析
- [9] 潜标观测平台海床基配重计算

[10]潜标观测平台优化设计

[11]浮标观测平台海流/波浪/风载荷响应计算

[12]浮标观测平台锚泊系统设计

环节三：组网观测技术应用，4个知识点

[13]缺氧/藻华观测系统配置

[14]组网拓扑结构设计模拟实验

[15]海光缆选型、埋深设计以及施工方式

[16]数据接收、预处理、存储和可视化方法

(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）

本实验对海底科学观测网运行场景及组网观测的核心设备要素进行了高度仿真。

在观测网基本组成认知环节中，对岸基站和海底场景，以及观测网上布设的真实仪器设备的结构和功能进行了 100%的虚拟仿真建模，对监控与数据中心的数据传输、远程控制和数据处理等工作流程进行了 80%的仿真展示，让学生通过虚拟仿真实验掌握海底科学观测网的基本组成和工作原理。

在观测平台设计集成环节中，对坐底、潜标和浮标观测平台进行了科学简化，实现了对其结构及功能 90%的仿真建模，并引入了系列实测的海洋环境参数，实现了平台在实际海洋环境下运动和状态规律 90%的仿真，使学生通过开展风浪流等载荷对观测平台作用力的力学计算，学会评估载荷对系统设计的影响，建立从“结构组件”到“系统设计”的整体思维。

在组网观测技术应用环节中，对所使用的观测平台、传感器、海光缆等设备的结构和功能进行了 100%仿真；并引入了实测数据，对监控与数据中心数据接收、预处理、存储以及可视化功能进行了 90%的仿真。学生通过虚拟仿真实验，全面了解根据观测需求进行组网拓扑设计、观测系统配置和海上作业施工，以及观测数据管理和可视化展示的全部流程。

3-5 实验教学过程与实验方法

(1) 教学过程

本实验设计了“基础认知、分析设计、应用探索”三个层次的实验环节，运用“任务驱动式”、“交互体验式”、“容错探究式”的教学方法开展教学：通过设置明确的任务要求和科学目标，引导学生应用科学观测法、对比法、图像法、控制变量法和案例分析法等认真开展实验操作以及互动讨论，使学生“身临其境”地开展“沉浸式”交互操作和容错式探究，循序渐进地开展“基本原理知识掌握、分析设计思维构筑、创新思维能力提升”的学习实践过程（图7）。



图7 教学过程示意

在“观测网基本组成认知”的教学环节中，通过设置“岸基站”、“主干网系统”、“终端观测系统”以及“监控与数据中心”四个子环节，将理论知识与观测组网构建过程紧密结合。学生根据任务要求和步骤引导，通过交互式操作和多角度科学观察，结合知识提示和知识角的详细介绍，实现对观测组网各组成部分的结构、功能及其相关设备的认知。该环节帮助学生掌握海底科学观测网的基本组成和组网观测的工作原理知识，构建科学全面的观测网认知体系，为学生开展观测平台设计、实现组网搭建以及观测数据的管理与应用奠定坚实的理论基

础。

在“观测平台设计集成”的教学环节中，通过提供观测平台的设计框架和相关参数，引导学生根据任务要求开展海洋观测平台的分析设计，并采用容错探究式教学方法，允许学生多次尝试以获取最优结果，培养学生构建理论设计、仿真验证、反复优化的工程设计思维，为其今后根据科学观测需求全面开展各类海洋观测平台的设计打下基础。

“坐底观测平台”子环节：学生通过计算评估海流和沉积物等环境要素的影响，开展坐底观测平台的稳定性设计，从而掌握根据不同的环境要素实现坐底观测平台设计与优化的方法。

“潜标观测平台”子环节：通过装配简化的潜标模型，进一步加深学生对潜标结构的认识。同时结合主浮体、传感器包静力学分析及姿态计算以及海床基配重计算，引导学生进行潜标观测平台的优化设计，获得最为科学有效、经济实用的设计方案。

“浮标观测平台”子环节：引导学生自主选择浮标结构参数，对比分析和评估不同结构尺寸条件下风、浪、流等环境载荷的响应，初步掌握海洋环境载荷设计规范和设计要素，为今后开展浮标的全面设计构筑基础。

在“组网观测技术应用”的教学环节中，以东海水深小于 150m 的内陆架海域为例，开展组网观测技术应用实践。该实验海域受到强烈的人类活动影响，缺氧、藻华等季节性生态环境事件发生频率较高。学生需根据实验设定的监测缺氧、藻华的科学观测目标，综合应用前期所学过的知识，开展终端观测系统配置、组网拓扑设计、海光缆选型和埋设设计以及施工方式选择等实践。实验过程中可根据系统评判不断优化设计，并通过案例学习掌握观测数据的管理和可视化展示，锻炼提升应用所学知识解决工程实际问题的创新能力。



图 8 任务驱动式教学举例



图 9 交互体验式教学举例



图 10 容错探究式教学举例

(2) 实验方法

在虚拟仿真实验教学过程中，为加强学生对于知识的理解和掌握，综合应用了科学观察法、对比法、控制变量法、案例分析法、图像法等实验方法。举例说明如下。

科学观察法：在观测网基本组成认知环节，对岸基站、主干网系统、终端观测系统以及监控与数据中心等海底科学观测网基本组成进行了高度仿真。学生可使用鼠标及其滑轮对各类观测平台、传感器等模型进行 360°旋转和缩放以利于科学观察，并结合理论知识详细介绍，形成对观测组网各组成部分及其相关设备结构、功能及其工作原理的认知。

对比法：在观测平台设计集成环节，学生可通过浮标观测平台的桅筒参数设置进行两种浮标结构的自主设计，若设计方案无法满足平台设计要求，学生则需回到界面继续修改优化。完成平台结构设计后，学生通过风作用力分析和力矩估算，比较不同结构参数下浮标对风载荷的响应情况，进一步探讨方案一和二的优劣，提升分析设计能力。

控制变量法：在观测平台设计集成环节，学生可随机获取海流速度、波高、

水深等参数，利用控制变量法进行多次计算和平台优化设计。通过该实验方法，学生可探究风、浪、流等载荷对坐底观测平台的稳定性、潜标观测平台的结构姿态、以及浮标观测平台浮性和稳性设计的影响及其解决方案，进而建立起从“结构组件”到“系统设计”的整体思维，为今后在不同环境下根据实际观测需求开展平台设计打下基础。

案例分析法：在组网观测技术应用环节，学生需要对 A3 观测节点开展案例分析。通过思考如何根据 A3 节点的科学观测目标开展终端观测系统配置，从而理解观测平台和观测仪器配置的基本原理、合理性和科学性，构建组网观测技术应用的整体思维，为针对藻华、缺氧观测需求开展终端观测系统配置的工程实践打下基础。

图像法：在组网观测技术应用环节，学生可利用图像法体验数据的应用管理和可视化过程。学生将坐底、潜标以及浮标观测平台上的各类传感器拖动到可视化界面，系统会自动将观测数据生成可视化图像，从而可以直观地了解温度、盐度、溶解氧浓度等关键海洋参数的变化过程和规律。该实验方法进一步加深了学生对观测网可实现从海底到海面的全天候、长期、连续、实时的高分辨率和高精度观测的理解。

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21步

步骤序号	步骤名称	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	岸基站功能认知	掌握岸基站功能及其电力设施、通信设施等主要设备。	4	完成所有部件学习的+5分，遗漏一项-1分；	5	
2	主干网系统组成和功能认知	掌握主干网系统主要组成的结构与功能	8	完成所有部件学习的+30分，遗漏一项-1分；	30	
3	终端观测系统组成和功能认知	掌握终端观测系统的主要构成，并实现对各类观测平台结构及其主要设备的认知。	15	完成所有部件学习的+35分，遗漏一项-1分；	35	

4	监控与数据中心工作原理和流程认知	了解监控与数据中心的构成及功能，并实现对缆系观测、无线观测、混合式观测三种数据传输及处理流程的认知。	10	完成所有部件学习的+30分，遗漏一项-1分；	30	
5	坐底观测平台海流载荷响应分析	确认坐底观测平台设计任务，获取平台参数以及设计集成所需的环境参数，评估海流对坐底观测平台在海底环境中稳定性的影响。	10	坐底观测平台设计任务及参数确认+10分；确认“海流作用估算”任务+1分，第一次计算正确+1分，第二次正确计85%分，第三次正确计70%分；其余计0分。“海流翻转力矩计算”第一次计算正确+2分，第二次正确计85%分，第三次正确计70%分；其余计0分（计算误差允许在5%范围内）。	14	
6	坐底观测平台配载设计	通过相关计算合理设计配载铅块数量及位置，实现平台稳定性的提高。	10	确认“平台配载”任务+1分，第一次配置正确+1分，第二次正确计85%分，第三次正确计70%分；其余计0分；“重力抗翻转力矩计算”第一次计算正确+2分，第二次正确计85%分，第三次正确计70%分；其余计0分（计算误差允许在5%范围内）。	4	
7	坐底观测平台防沉板配置设计	通过比较沉积物承载力与配载后的平台总重量，在平台底部合理配置活动防沉板，以达到避免平台陷入沉积物的目的。	10	确认“防沉板配置”任务+1分，第一次配置正确+1分，第二次正确计85%分，第三次正确计70%分；其余计0分；“沉积物承载力计算”第一次计算正确+2分，第二次正确计85%分，第三次正确计70%分；其余计0分（计算误差允许在5%范围内）。	4	
8	坐底观测平台缆绳选择及系统集成	充分考虑平台自身重力与沉积物吸附力对平台布放、回收的影响，实现对缆绳规格的科学设计。	12	确认“缆绳选择”任务+1分；“布放最小起吊力计算”第一次计算正确+1分，第二次正确计85%分，第三次正确计70%分；其余计0分；“沉积物吸附力计算”、“回收最小起吊力计算”、“钢缆选择”评分标准均为：第一次正确+2分，第二次正确计85%分，第三次正确计70%分；其余计0分（计算误差允许在5%范围内）。	8	
9	潜标观测平台组装	确认潜标观测平台设计任务及平台参数，以及设计集成所需参数，正确拖动潜标各组件模型进行组装，实现“结构组件”训练。	5	潜标观测平台设计任务及参数确认+17分；拖动潜标模型组装正确+2分。	19	
10	潜标观测平台主浮体静力学分析及姿	掌握一定海流条件下主浮体的受力状况及姿态计算及分析方法。	12	三个计算项目得分标准均为：第一次正确+2分，第二次正确计85%分，第三次正确计70%分；其余计0分（计算误差允	6	

	态计算			许在 5%范围内)。		
11	潜标观测平台传感器包静力学分析及姿态计算	掌握一定海流条件下传感器包的受力状况及姿态计算及分析方法	12	三个计算项目得分标准均为：第一次正确+2 分，第二次正确计 85%分，第三次正确计 70%分；其余计 0 分（计算误差允许在 5%范围内）。	6	
12	潜标观测平台海床基配重计算	通过对海床基进行合理的铅块配重，实现平台稳定性设计	8	“海床基配重计算”第一次正确+2 分，第二次正确计 85%分，第三次正确计 70%分；其余计 0 分（计算误差允许在 5%范围内）。	2	
13	潜标观测平台优化设计	在相同的设计环境下，要求 ϕ 下 $\leq 13^\circ$ ，通过校核浮球数量 n 以及相应配置设计，以保障潜标在水下较好的姿态	6	“浮球数量及配中重量计算”第一次全部正确+2 分，第二次正确计 85%分，第三次正确计 70%分；其余计 0 分，如第三次仅浮球数量计算正确+0.5 分（计算误差允许在 5%范围内）。	2	
14	浮标观测平台海流载荷响应计算分析	确认浮标观测平台设计任务及设计集成所需参数，通过计算和对比不同浮标结构型式下海流载荷响应结果，探究有效降低海流作用力的结构设计	12	浮标观测平台设计任务及参数确认+15 分；确认“海流载荷响应”任务+2 分，三个项目计算第一次正确各+1 分，第二次正确计 85%分，第三次正确计 70%分；其余计 0 分（计算误差允许在 5%范围内）。	20	
15	浮标观测平台波浪载荷响应计算分析	准确计算波浪载荷，确保浮标观测平台结构设计的安全性。	10	确认“波浪载荷响应计算”任务+3 分，第一次正确+2 分，第二次正确计 85%分，第三次正确计 70%分；其余计 0 分（计算误差允许在 5%范围内）。	5	
16	浮标观测平台风载荷响应计算分析	通过风作用力分析和力矩估算，比较不同结构参数下浮标对风载荷的响应情况，探究浮标稳定性设计。	16	确认“风载荷响应”任务+3 分，两个项目计算正确各+1 分，第二次正确计 85%分，第三次正确计 70%分；其余计 0 分（计算误差允许在 5%范围内）。	5	
17	浮标观测平台锚泊系统设计	根据系统随机给出的海水深度值并结合经济因素，确定合适的锚链长度。	2	确认“锚泊系统”任务+3 分，第一次选择正确+2 分，第二次正确计 85%分，第三次正确计 70%分；其余计 0 分（计算误差允许在 5%范围内）。	5	
18	海洋缺氧、藻华观测系统配置	开展观测节点系统配置训练，培养海洋工程综合设计能力。	12	确认“观测系统配置”任务并进入拓扑结构界面+8 分；“缺氧观测系统配置”、“藻华观测系统配置”得分标准均为：点击节点图标+3 分，点击观测平台+1 分，两种平台选择都正确+2 分，点击传感器+1 分；两种传感器选择及其数量正确各+1 分。	30	
19	组网拓扑结构设计	根据海缆铺设推荐路由，从安全可靠、经济合理角度出发，完成海底观测网拓扑结构设计、海缆选型的工程设计训练。	5	确认“组网设计与施工”任务+18 分；“海缆铺设推荐路由”确认+2 分，根据手势点击“北分支路由”、“南分支路由”各+0.5 分；“组网拓扑结构设计”确认+1.5 分，第一次正确+1.5 分，	24	

				第二次正确计 85%分，第三次正确计 70%分；其余计 0 分。		
20	埋深设计与施工	根据东海海域地形地质等实际情况开展埋深设计，理解并掌握海底科学观测网施工作业过程。	5	确认“埋深设计与施工”+1.5 分；输入“埋设深度”，选择“埋设设备”，第一次正确+1.5 分；第二次正确计 85%分，第三次正确计 70%分；其余计 0 分；观看“施工动画视频”+2 分，观看时长超过 60 秒+1 分；观看时长超过 30~60 秒+0.5 分。	6	
21	数据接收、预处理、存储和可视化方法学习	利用真实的历时观测数据开展案例学习，掌握数据管理与应用的相关知识和能力。	12	确认“数据管理与应用”任务+20 分；“传感数据接收”、“传感数据格式转换”，“结构化数据存储管理”、“缺氧观测时序数据可视化分析”、“藻华观测时序数据可视化分析”得分标准均为：第一次正确+4 分，第二次正确+3 分，第三次提交正确得 2 分，直接或三次之后点击自动配置得 0 分。	40	

(2) 交互性步骤详细说明

环节一：观测网基本组成认知

本环节包含岸基站、主干网系统、终端观测系统、监控与数据中心认知共4个子环节，对应交互步骤1~4，旨在帮助学生通过对观测网关键组网单元的认知，掌握观测网基本组成和工作原理，完成“基础认知”层面的训练。具体步骤如下：

步骤1：岸基站功能认知。掌握岸基站功能及其电力和通信等主要设备：点击场景中闪烁的岸基站（图11a），再点击查看主要设备（图11b），结合界面右侧岸基站功能和主要设备介绍，开展对岸基站功能及其中常用设备的认知。



图11a 岸基站认知

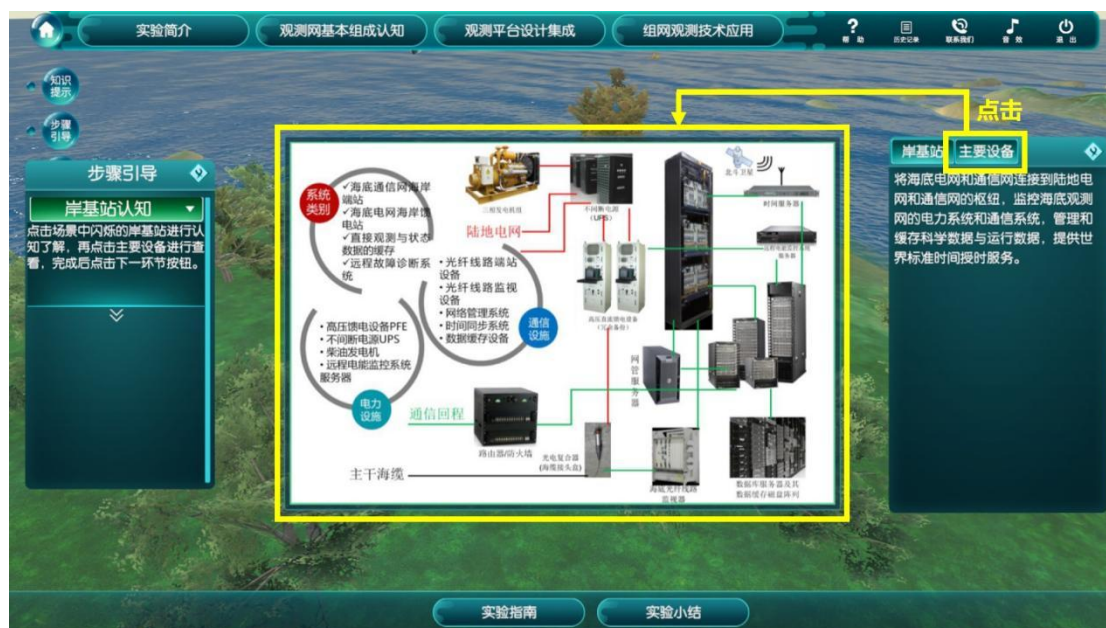


图11b 岸基站主要设备认知

步骤2：主干网系统组成和功能认知。掌握主干网系统主要组成的结构与功能：依次点击场景中闪烁的主干海缆、中继器、分支器、主基站及其相应的结构示意图（图12a~e），并阅读左侧的相关介绍，逐一认知主干网系统的基本组成单元，理解主干网系统的组成和功能。



图 12a 主干网系统-海光缆认知



图 12b 主干网系统-中继器认知



图 12c 主干网系统-分支器认知



图 12d 主干网系统-主基站认知

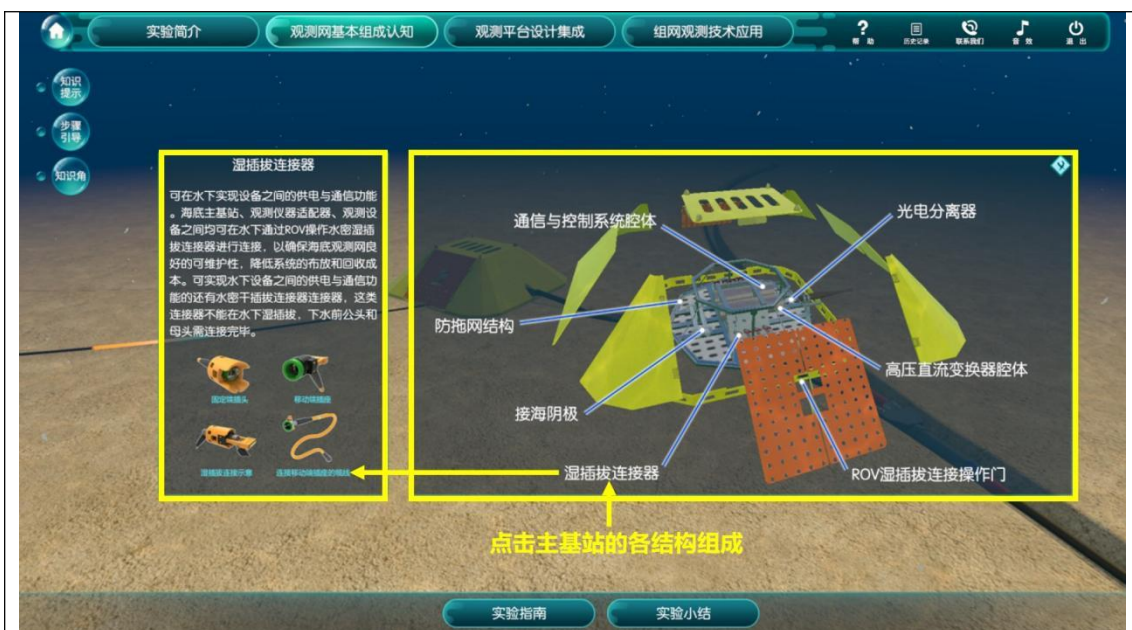


图 12e 主干网系统-主基站结构组成认知

步骤3：终端观测系统组成和功能认知。掌握终端观测系统的主要构成，并实现对各类观测平台结构及其主要设备的认知：首先阅读终端观测系统的构成介绍（图13a），然后依次点击场景右侧菜单栏中的仪器适配器、坐底观测平台、潜标观测平台、浮标观测平台、观测传感器及其下一级目录（图13b~f），并利用鼠标滚轮对左侧模型进行360°旋转、放大、缩小观察，了解组成终端观测系统的各类观测平台及其主要设备的结构和功能。



图13a 终端观测系统-主要构成认知



图13b 终端观测系统-仪器适配器认知



图13c 终端观测系统-坐底观测平台认知



图13d 终端观测系统-潜标观测平台认知



图 13e 终端观测系统-浮标观测平台认知



图13f 终端观测系统-观测传感器认知

步骤4: 监控与数据中心工作原理和流程认知。了解监控与数据中心的构成及功能,并实现对缆系观测、无线观测、混合式观测三种数据传输及处理流程的认知:点击场景中闪烁的监控与数据中心,观看视频和文字介绍(图14a),了解其基本构成和功能;随后,点击一键展开数据中心流程,然后依次点击缆系观测、无

线观测、混合式观测按钮，完成对海底观测网数据传输流程的认知（图14b）；再逐一点击流程图中的蓝色圆形模块P1-P10并查看功能说明，实现对远程控制和数据处理过程的认知（图14c）。至此，观测网基本组成认知实验环节的内容全部结束。



图14a 监控与数据中心认知



图14b 数据传输流程认知



图14c 数据传输流程各环节功能认知

环节二：观测平台设计集成

本环节包括坐底观测平台、潜标观测平台以及浮标观测平台设计集成共3个子环节，对应交互步骤5~17。学生利用控制变量法、对比法、图像法等多种实验方法，开展风、浪、流等载荷对坐底、潜标、浮标观测平台设计影响的计算和评估，旨在培养学生根据实际观测需求开展终端观测平台设计的能力，实现“分析设计”层面的训练。

➤ 坐底观测平台设计集成

本子环节中，学生根据系统提供的设计框架、步骤引导和相关参数，计算评估海流和沉积物等环境要素对坐底观测平台的影响，掌握根据不同的环境要素对坐底观测平台进行设计与优化的方法，为今后根据科学观测需求全面开展坐底观测平台的设计构筑基础。具体步骤如下：

步骤5：海流载荷响应分析。评估海流对坐底观测平台在海底环境中稳定性的影响：点击工程船上闪烁的坐底观测平台，查看单独展示的平台模型及其相关参数

(图15a); 然后点击右侧目录中“获取设计参数”, 并阅读平台海流载荷分析的“知识提示”及相关资料(图15b), 开展海流作用力和海流翻转力矩计算, 完成坐底观测平台设计的海流载荷响应分析(图15c)。



图 15a 坐底观测平台模型观察及设计参数获取

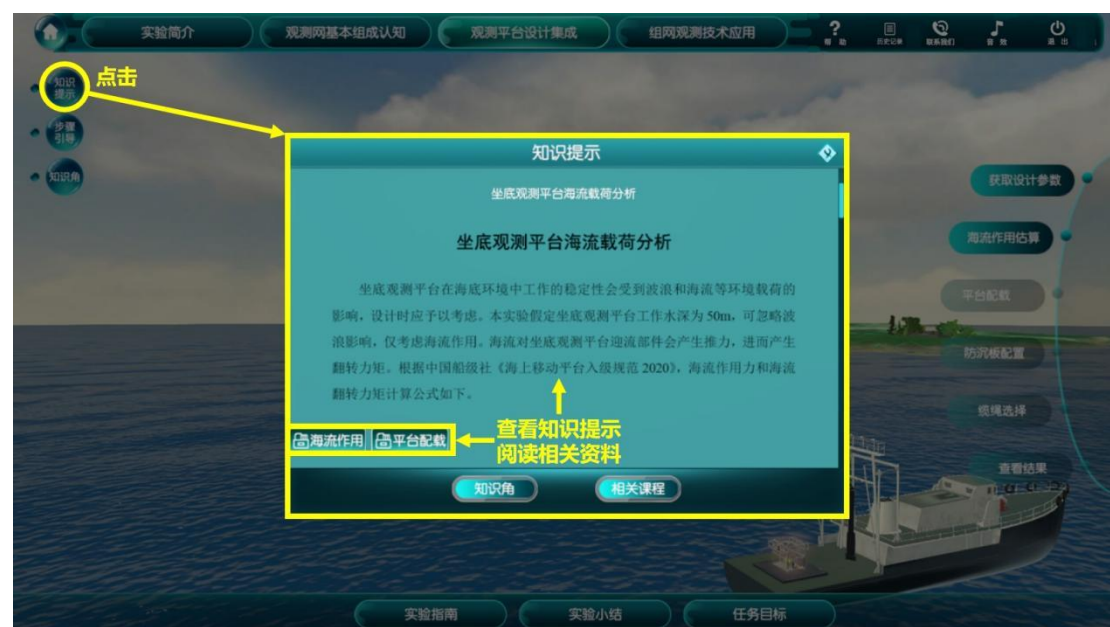


图15b 坐底观测平台海流荷载分析知识提示



图15c 坐底观测平台海流作用估算

步骤6: 平台配载设计。通过相关计算合理设计配载铅块数量及位置，实现平台稳定性的提高：首先阅读平台稳定性设计的“知识提示”及相关资料（图16a），计算平台重力抗翻转力矩，并与海流作用环节中计算的海流翻转力矩进行比较，然后根据需求在平台编号1-4位置上添加配重铅块，并计算配载后的重力抗翻转力矩（图16b）。

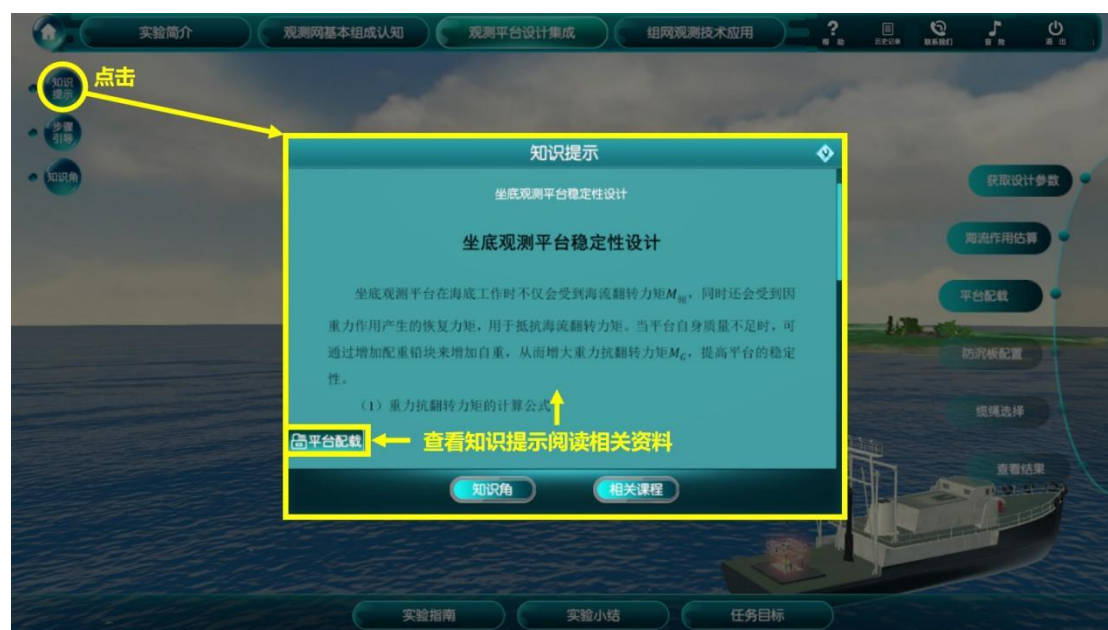


图16a 坐底观测平台稳定性设计知识提示



图16b 坐底观测平台配载设计

步骤7: 防沉板配置设计。通过比较沉积物承载力与配载后的平台总重量，在平台底部合理配置活动防沉板，以达到避免平台陷入沉积物的目的：首先阅读平台沉积物承载力分析的“知识提示”及相关资料（图17a），计算沉积物承载力，并与平台配载环节中计算的配载后的平台总重量进行比较，确定是否需要配置防沉板；如需要，则以对称性分布的原则在平台编号1-8位置添加所需的防沉板，每个位置最多添加1块，然后计算配置后的沉积物承载力（图17b）。

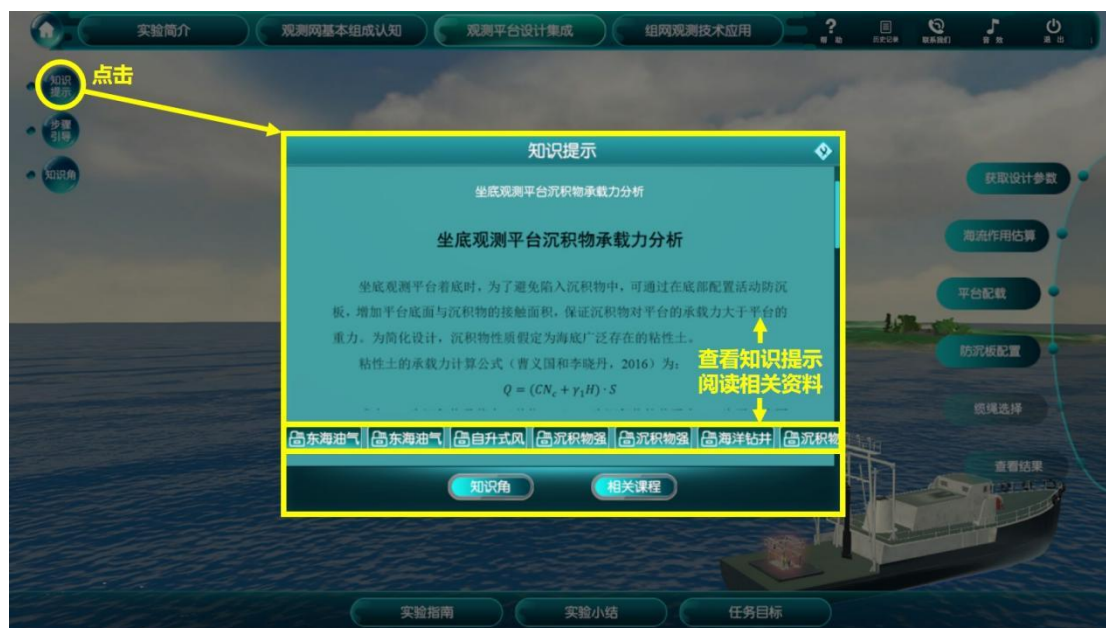


图17a 坐底观测平台沉积物承载力知识提示



图17b 坐底观测平台防沉板配置

步骤8：缆绳选择及系统集成。充分考虑平台自身重力与沉积物吸附力对平台布放、回收的影响，实现对缆绳规格的科学设计：首先阅读平台吸附力分析的“知识提示”及相关资料（图18a），依次计算布放最小起吊力、沉积物吸附力、回收最小起吊力，并根据计算结果选择适当规格的缆绳（图18b）。然后，点击“查看结果”，观看坐底观测平台布放、海底稳定性及回收的虚拟仿真过程（图18c）。若平台布放失败，学生则需重新进行实验设计（图18d）；若平台布放成功，学生也可参考虚拟仿真效果和评估意见进一步完善设计（图18e）。至此，坐底观测平台设计子环节结束。

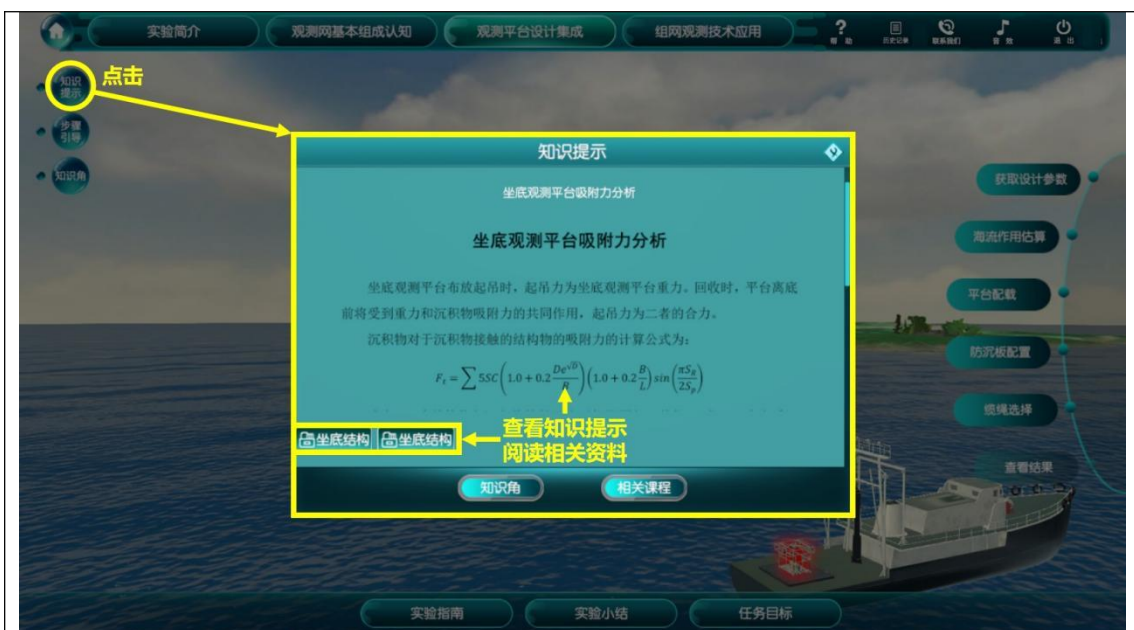


图18a 坐底观测平台吸附力分析知识提示



图18b 坐底观测平台缆绳选择

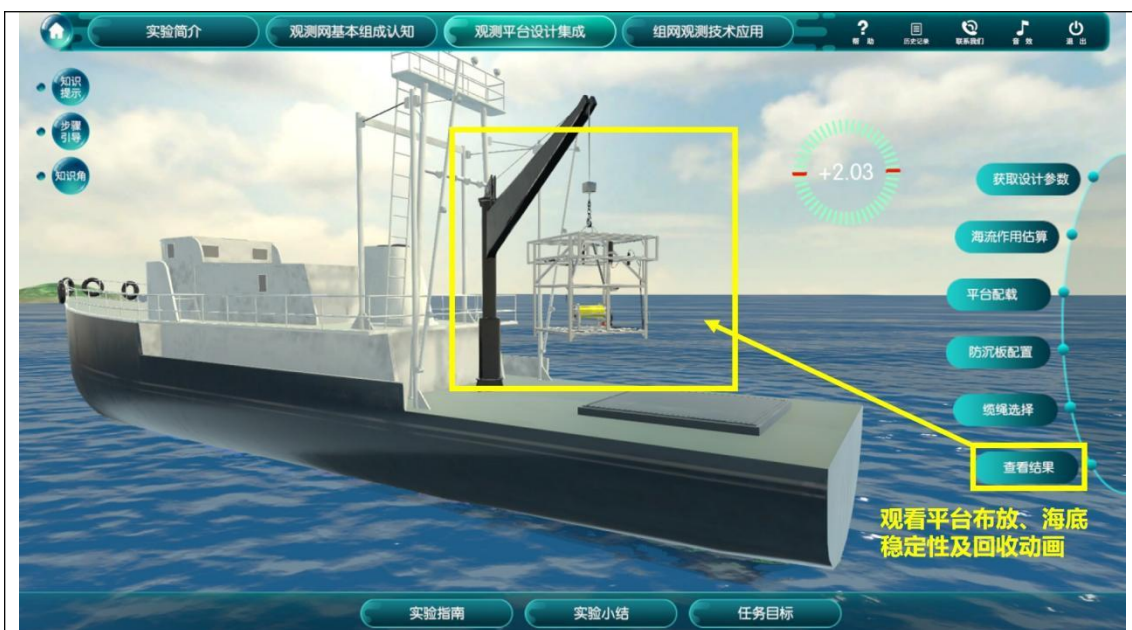


图18c 坐底观测平台布放回收动画观看



图 18d 根据布放回收结果重新设计计算

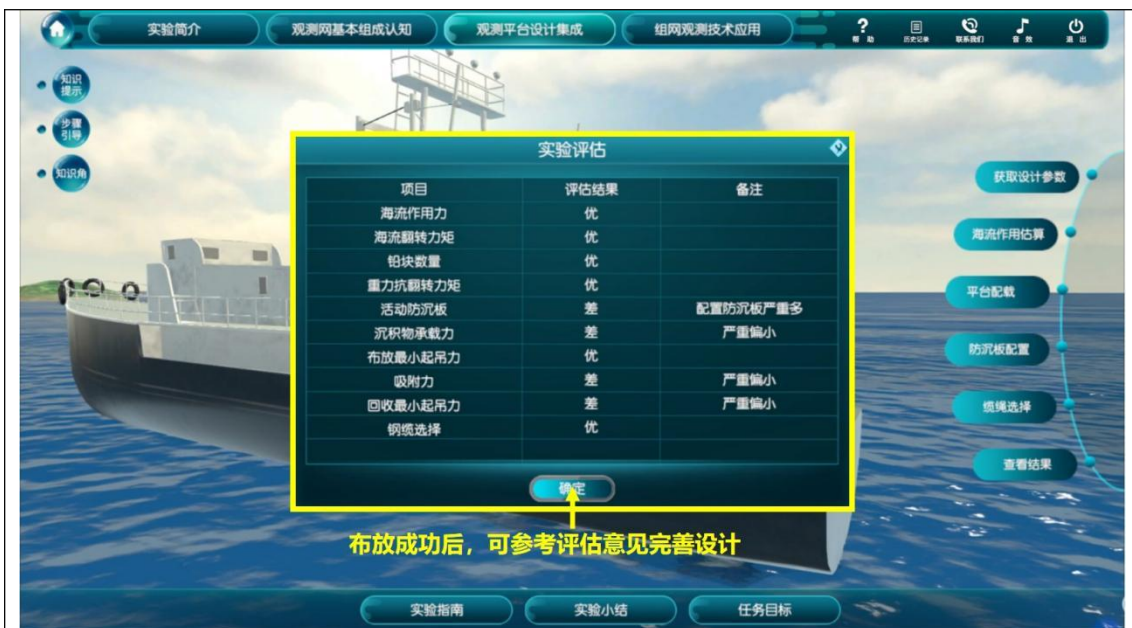


图18e 根据实验评估优化设计

➤ 潜标观测平台设计优化

本子环节中, 学生通过开展潜标观测平台主要组件的装配训练, 巩固对潜标结构的认知, 并通过特定海洋环境下潜标主要组件的静力学分析和姿态计算以及海床基配重设计, 初步掌握潜标结构静力学设计要素, 为今后开展潜标观测平台的全面设计构筑基础。具体步骤如下:

步骤9: 潜标观测平台组装。通过开展潜标观测平台装配, 实现“结构组件”训练: 为便于理解潜标结构组装和系统静力学设计计算, 本实验采用简化的潜标模型进行装配, 仅设置1个传感器包及1条电气承力缆(图19)。学生需要从左侧模型库中选择主要组件, 拖拽到中央空白处进行潜标组装。



图19 潜标观测平台组装

步骤10: 主浮体静力学及姿态分析。掌握一定海流条件下主浮体的受力状况及姿态计算及分析方法：首先阅读平台主浮体静力学及姿态分析的“知识提示”及相关资料（图20a），然后根据界面顶部系统所给出的环境条件及部件参数，计算输入主浮体绕流阻力、浮球下部缆与竖直方向夹角、浮球下部缆的拖拽力参数值（图20b），点击“确定”后，系统反馈该步骤计算结果，若结果有误则根据系统提示重新计算分析（图20c）。

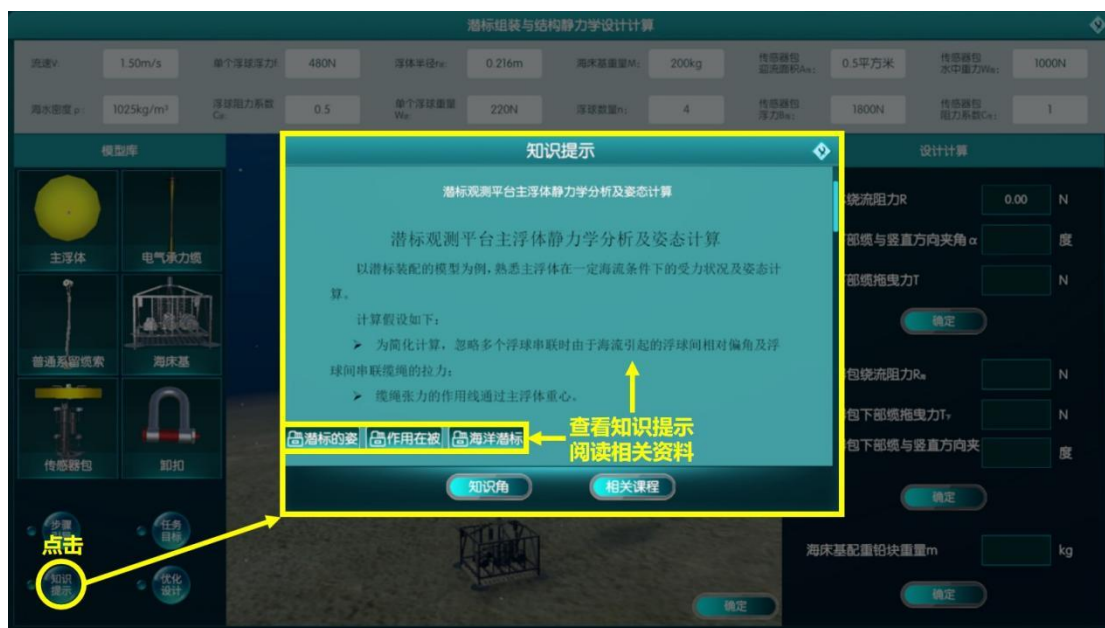


图20a 潜标观测平台主浮体静力学分析及姿态计算知识提示

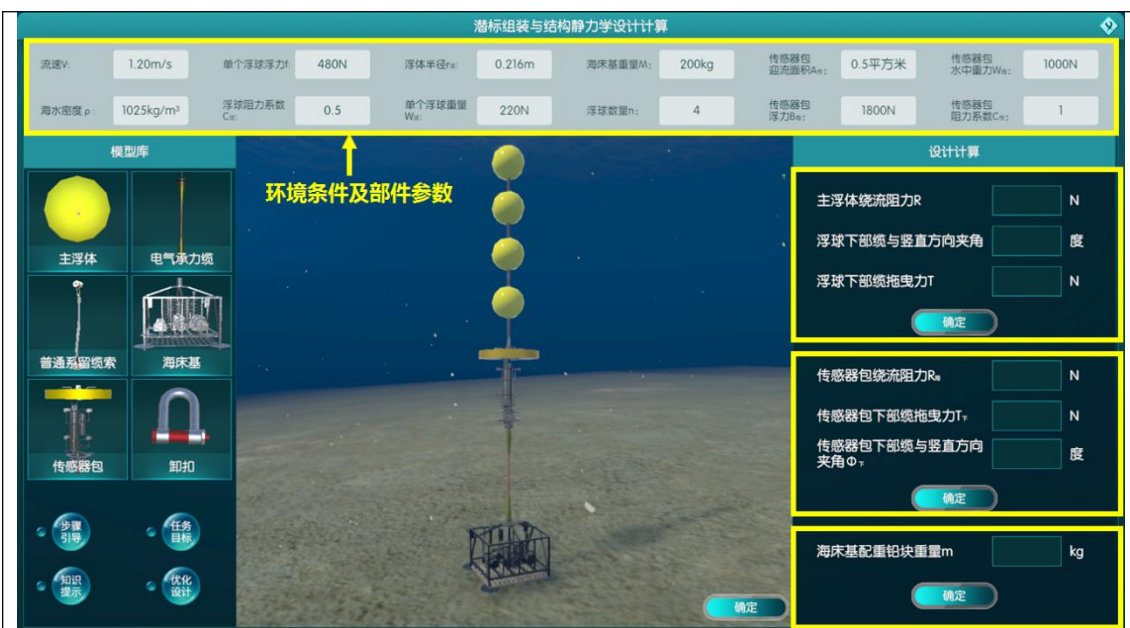


图 20b 潜标观测平台结构静力学设计计算



图 20c 根据提示重新进行潜标主浮体静力学及姿态分析

步骤11: 传感器包静力学及姿态分析。掌握一定海流条件下传感器包的受力状况及姿态计算及分析方法: 首先阅读平台传感器包静力学及姿态分析的“知识提示”及相关资料（图21a），然后结合步骤10计算得出的主浮体相关参数，计算传感器包绕流阻力、传感器包下部缆拖曳力、传感器包下部缆与竖直方向夹角（图

20b)，点击“确定”后，系统反馈该步骤计算结果，若结果有误则根据系统提示重新计算分析（图21b）。

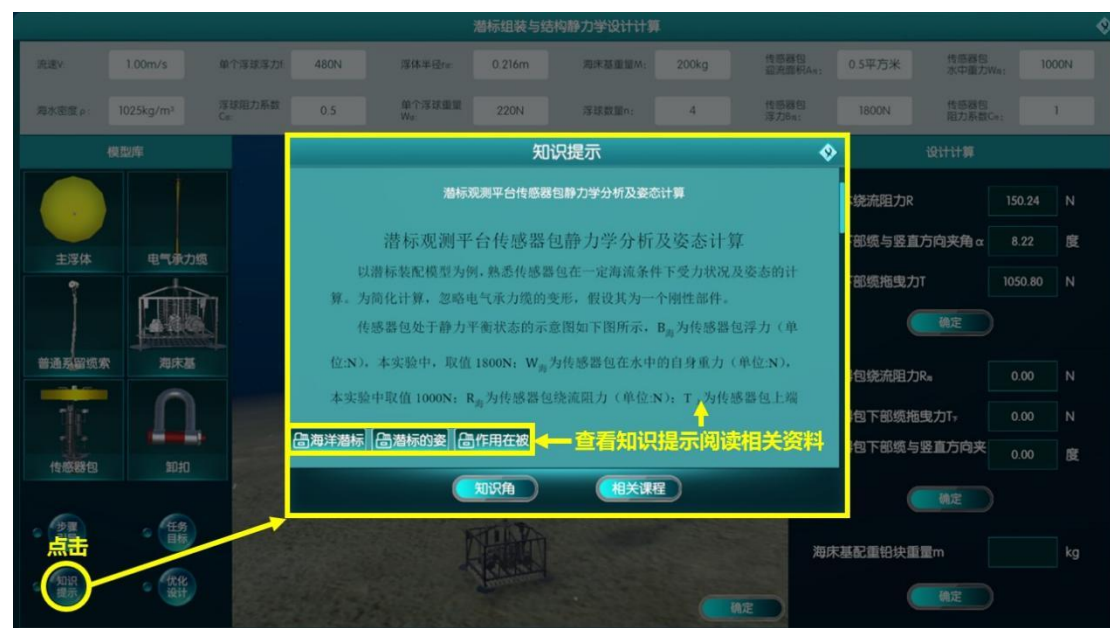


图21a 潜标观测平台传感器包静力学分析及姿态计算知识提示



图21b 根据提示重新进行潜标传感器包静力学及姿态分析

步骤12: 海床基配重计算。通过对海床基进行合理的铅块配重，实现平台稳定性设计：首先阅读平台海床基配重的“知识提示”及相关资料（图22a），然后根据潜标的主要部件参数，合理计算海床基配重铅块的重量（图20b），点击“确定”

定后，系统反馈该步骤设计计算结果，并给出优化设计提示，若结果有误则根据系统提示重新开展设计（图22b）。

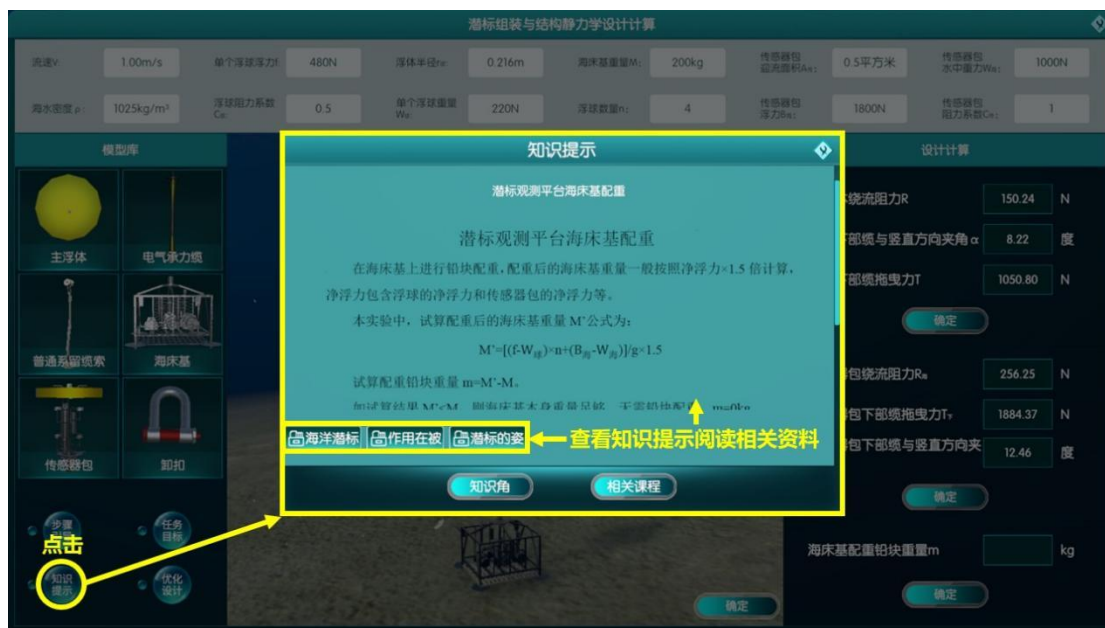


图22a 潜标观测平台海床基配重知识提示



图22b 根据提示重新设计海床基配重

步骤13: 潜标观测平台优化设计。在相同的设计环境下，要求 $\phi_f \leq 13^\circ$ ，通过校核浮球数量 n 以及相应配置设计，以保障潜标在水下较好的姿态：首先阅读平台优化设计的“知识提示”及相关资料（图23a），然后根据系统给出的提示，重新

校核浮球数量 n 并进行相应的配重（图23b），进行参数的优化设计，点击“确定”后，系统给出优化结果评判，若计算错误，则需重新优化设计（图23c）。

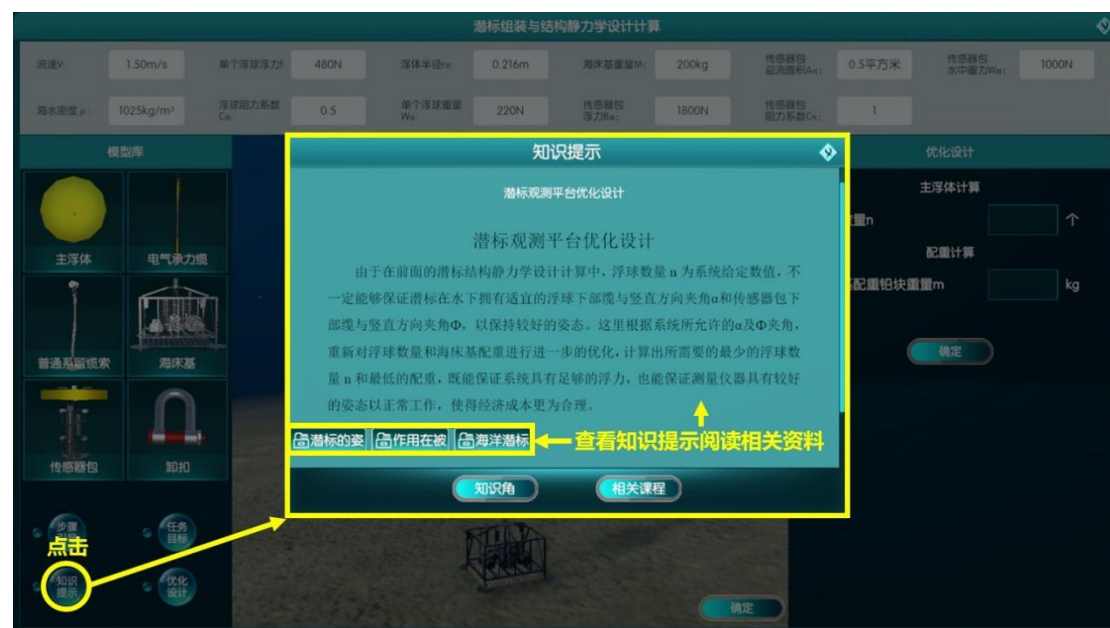


图 23a 潜标观测平台优化设计知识提示

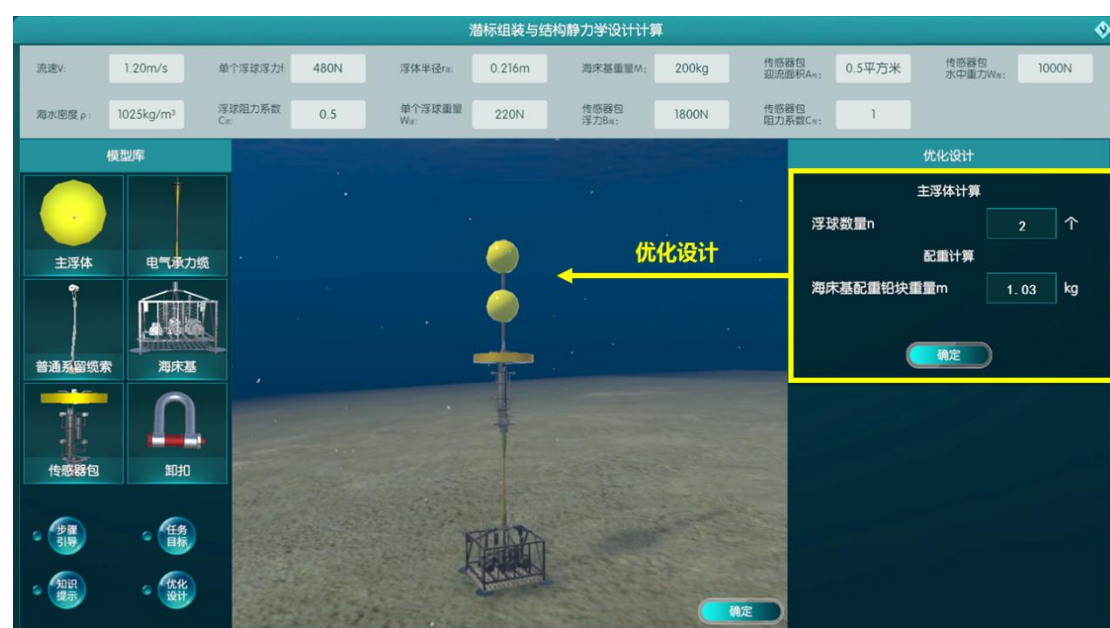


图23b 潜标观测平台优化设计



图23c 根据提示重新优化潜标设计

➤ 浮标观测平台集成探究

在浮标观测平台集成探究子环节中, 进一步巩固对浮标观测平台结构的认知, 并通过自主选择浮标结构参数, 实现不同结构尺寸条件下, 风、浪、流等环境载荷响应的对比分析和评估, 初步掌握海洋环境载荷设计规范和设计要素, 为今后开展浮标观测平台的全面设计构筑基础。

步骤14: 浮标海流载荷响应计算。通过计算和对比不同浮标结构型式下海流载荷响应结果, 探究有效降低海流作用力的结构设计: 自主填写浮标底板直径(1-9m范围内)、计算不同浮标(圆柱体、锥体、圆台体等)水下界面形状(长方形、锥形、梯形等)对应的迎流面积及其海流作用力(图24a)。完成所有结果计算后, 系统给出评判结果, 以红色闪烁方式指出错误结果(图24b), 学生需要回到界面重新计算, 修改错误答案。



图24a 浮标观测平台海流载荷响应计算

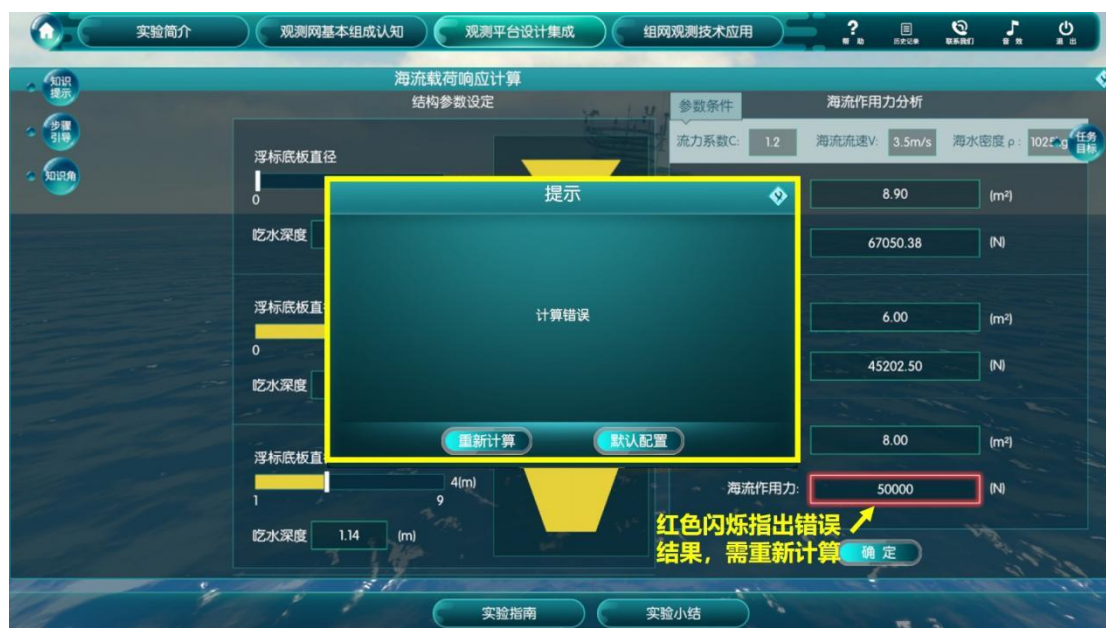


图 24b 根据浮标海流载荷响应计算结果重新设计计算

步骤15: 波浪载荷响应计算。准确计算波浪载荷，确保浮标观测平台结构设计的安全性：首先阅读平台波浪载荷响应计算的“知识提示”及相关资料（图25a），然后根据系统随机给出的波高和波浪周期，参照知识提示计算波浪载荷响应（图25b）。完成波浪作用力参数输入后，系统给出评判结果（图25c），针对错误结

果，学生则回到界面修改。

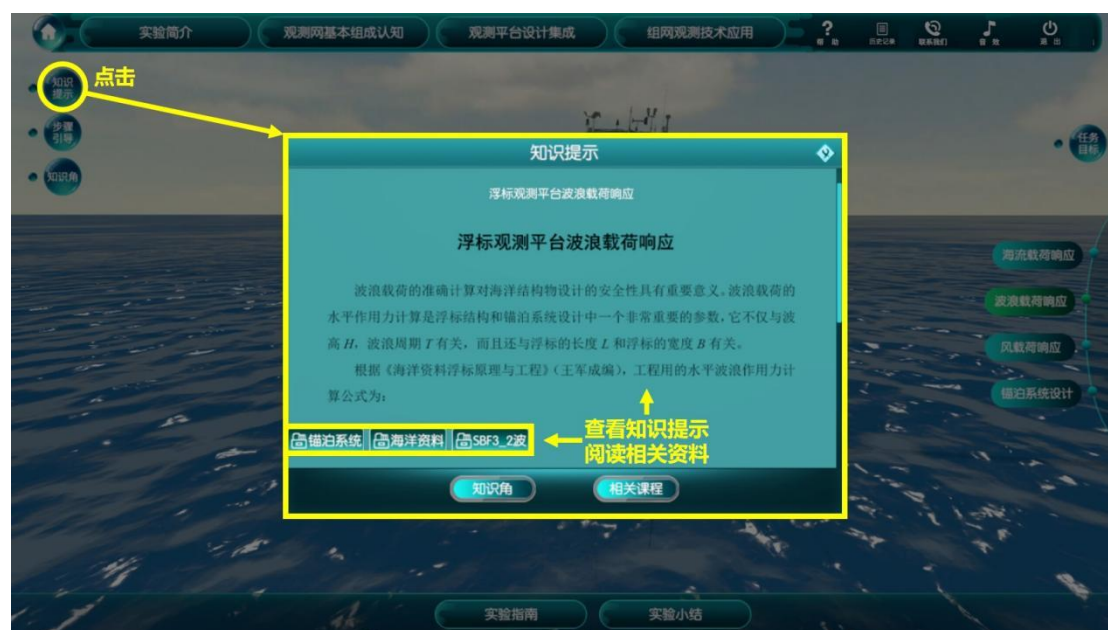


图25a 浮标观测平台波浪载荷响应计算知识提示



图25b 浮标观测平台波浪载荷响应计算



图 25c 根据提示重新进行浮标波浪载荷响应计算

步骤16: 风载荷响应计算。通过风作用力分析和力矩估算，比较不同结构参数下浮标对风载荷的响应情况，探究浮标稳定性设计：首先阅读平台风载荷响应计算的“知识提示”及相关资料（图26a），然后开展两种方案的设计比较：自主填写桅筒总高度、上桅筒高度，依次计算上桅筒、过渡段和下桅筒等三部分的迎风面积、水平风载荷作用力和侧倾力矩，进而获得水平风载荷的总作用力和总作用力矩（图26b）。点击“确定”后，系统会给出评判结果（图26c），如果设计方案无法满足平台设计要求，学生则需回到界面继续修改优化；完成设计后，学生利用比较法进一步探讨方案一和二 的优劣，提升分析设计能力。

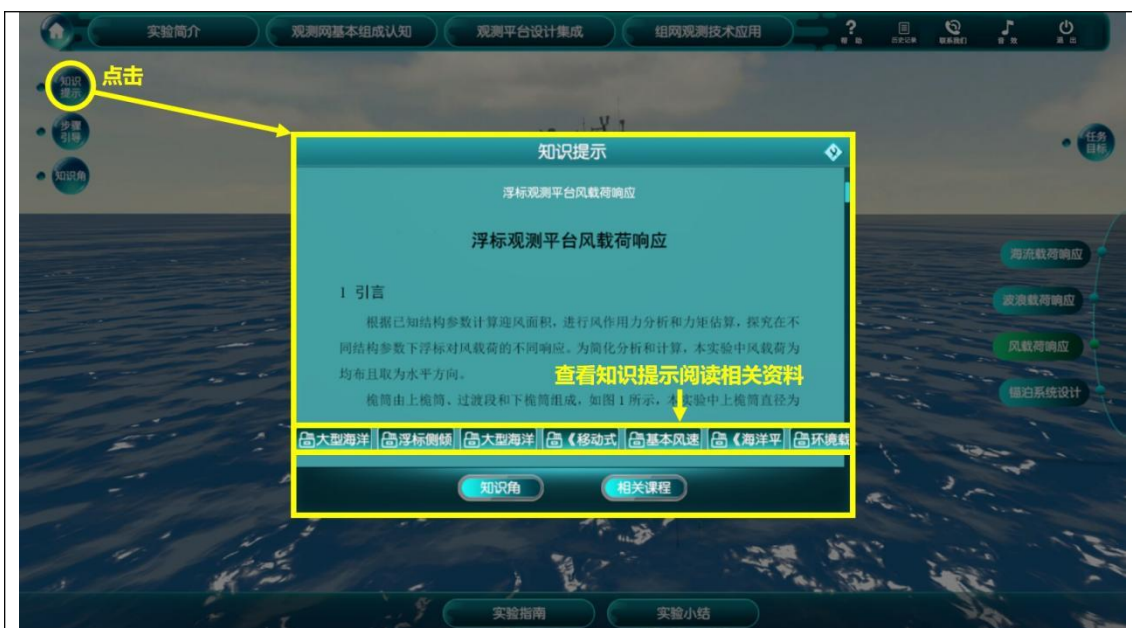


图26a浮标观测平台风载荷响应计算知识提示



图26b 浮标观测平台风载荷响应计算

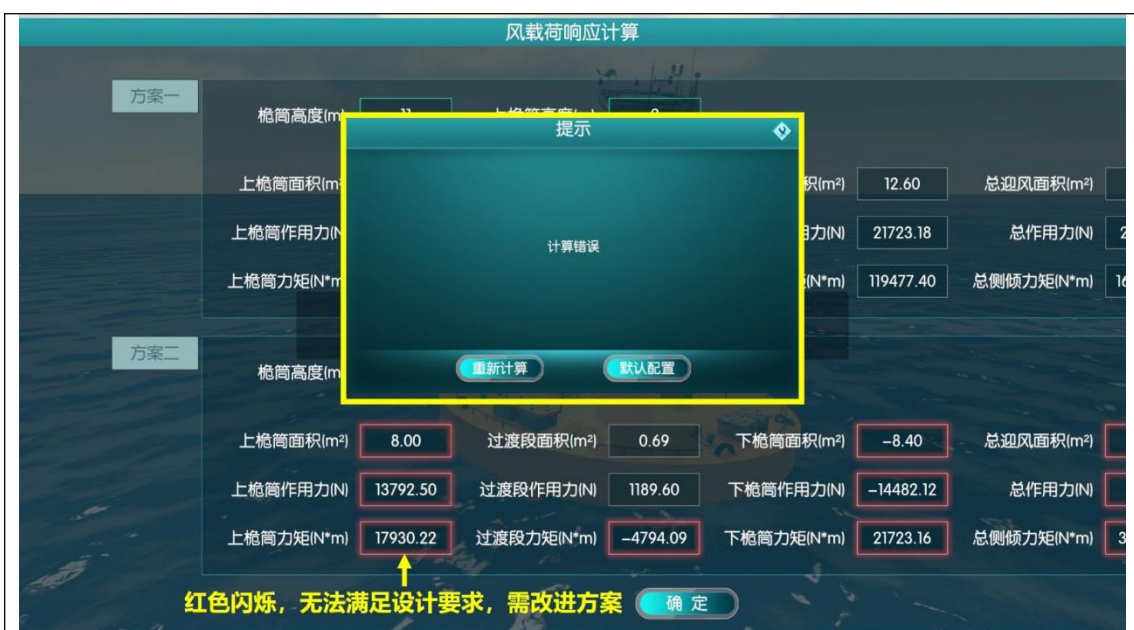


图 26c 根据浮标风载荷响应计算结果改进方案

步骤17: 锚泊系统设计。根据系统随机给出的海水深度值并结合经济因素, 确定合适的锚链长度 (图27a): 点击“确定”, 获得结果评估, 若设计不合理则需回到该界面再次确认锚链长度 (图27b)。至此, 浮标观测平台设计子环节结束。



图27a 浮标观测平台锚泊系统设计



图 27b 根据浮标锚泊设计结果重新确定锚链长度

环节三：组网观测技术应用

本环节包括观测系统配置、组网设计与施工、数据管理与应用共3个子环节，对应交互步骤18~21，旨在锻炼学生应用所学知识、根据工程实际需求，开展海底观测网组网观测设计的能力。

步骤18：海洋缺氧、藻华观测系统配置。开展观测节点系统配置训练，培养海洋工程综合设计能力：首先阅读针对缺氧/藻华观测目标开展观测系统配置的“知识提示”及相关资料（图28a），了解“组网观测技术应用实验背景”（图28b）。然后开展范例学习，点击A3节点并查看其主要设施，了解符合科学需求的、合理且经济的终端观测系统配置方案（图28c）。然后，阅读A1(A4)节点的科学目标（图28d），根据海区实际情况和科学观测的具体任务要求，依次选定观测平台以及传感器的类型和数量，并进行试装配（图28e~f）；系统对配置结果进行评判，若有错误则指出，要求学生返回配置界面（图28g），完成A1(A4)节点海洋缺氧（藻华）观测系统的正确配置。

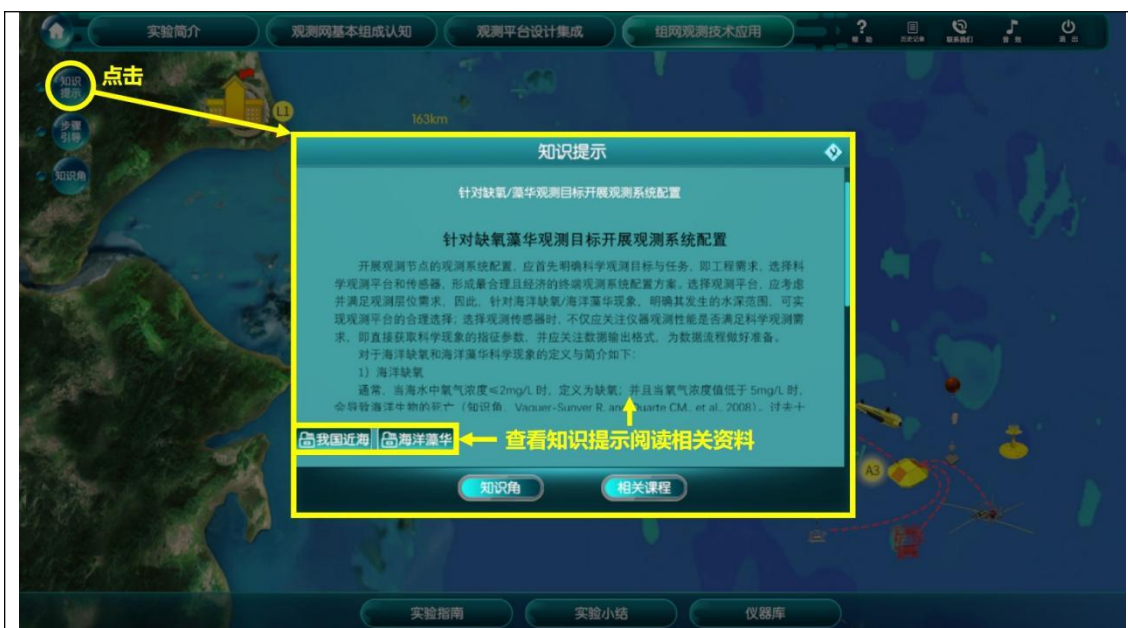


图28a 针对缺氧藻华观测目标开展观测系统配置知识提示



图28b 组网观测技术应用实验背景



图28c A3节点范例学习



图28d A1(A4)节点观测科学目标获取



图28e A1(A4)节点观测平台选择及传感器配置



图 28f 查看仪器库并试装配



图 28g 根据提示重新配置

步骤19: 组网拓扑结构设计。根据海缆铺设推荐路由，从安全可靠、经济合理角度出发，完成海底观测网拓扑结构设计、海缆选型的工程设计训练：首先阅读海底科学观测网拓扑结构设计的“知识提示”及相关资料（图29a），查看东海海缆铺设“推荐路由情况”（图29b）；然后从仪器库中选择主干网设备，并将其布设在路由线路上闪烁的虚线和方框内（图29c），系统会对设计实验的结果进行评判，指导学生探索完成正确的组网拓扑结构设计模拟试验。

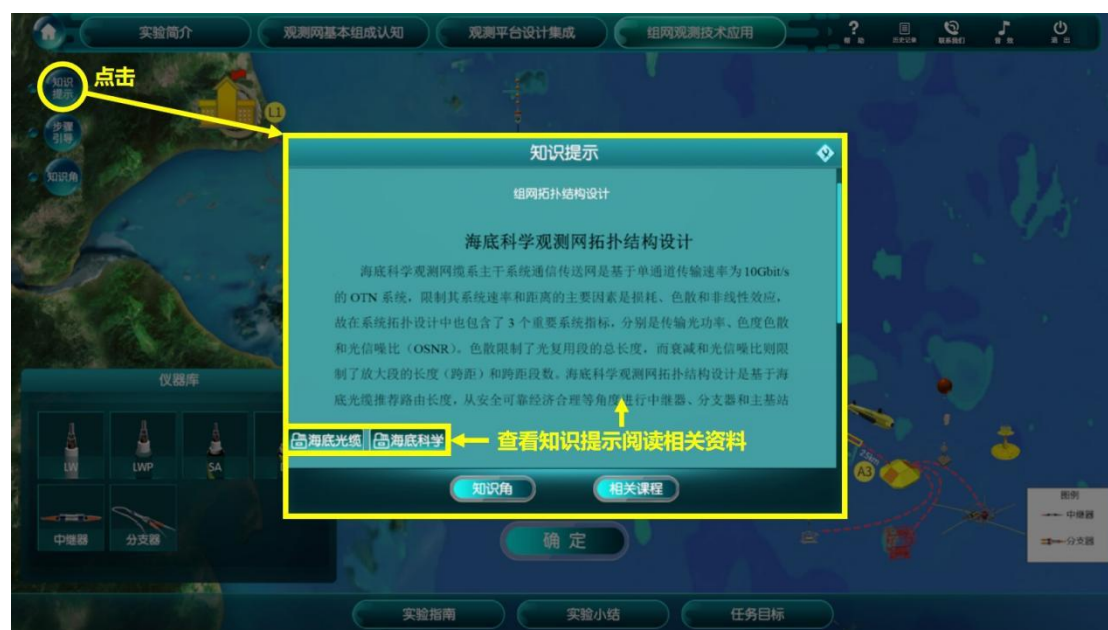


图29a 海底科学观测网拓扑结构设计知识提示



图29b 东海海缆铺设推荐路由查看



图29c 网拓扑结构设计模拟试验

步骤20: 埋深设计与施工。根据东海海域地形地质等实际情况开展埋深设计，理解并掌握海底科学观测网施工作业过程：首先阅读海光缆埋深设计与施工的“知识提示”及相关资料（图30a），然后选择海光缆埋设深度，再根据埋深设计选择施工作业方式（图30b）。系统对实验结果进行评判，若设计不合理，则需重

新设计（图30c）；若设计符合规范要求，则进入海底科学观测网主干网施工过程演示环节（图30d）。

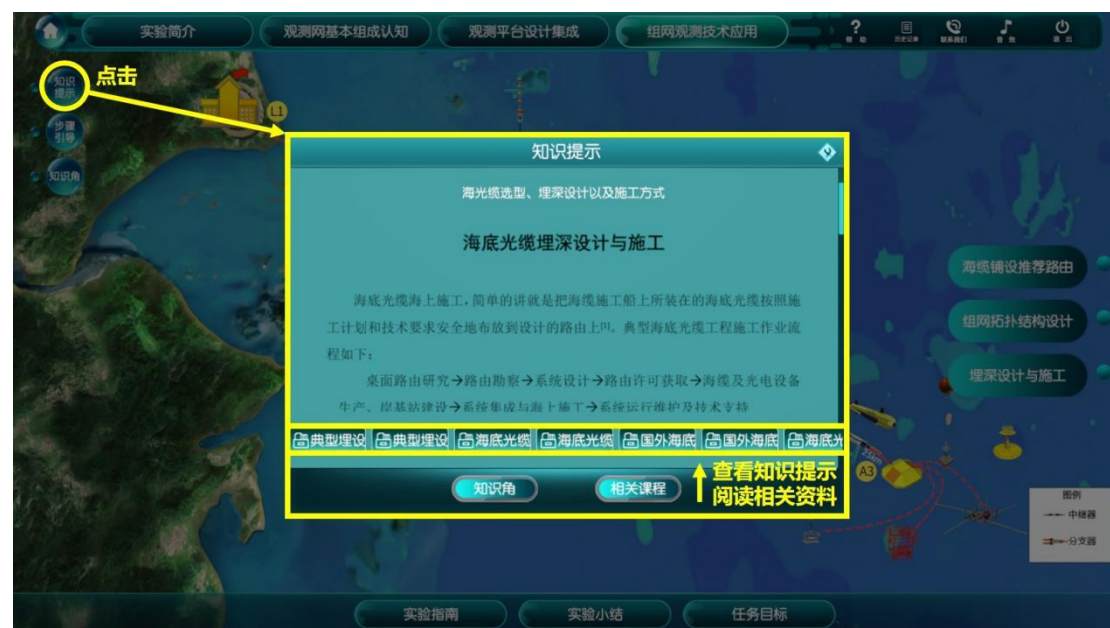


图30a 海光缆埋深设计与施工知识提示



图 30b 海光缆埋深设计与施工



图 30c 若海光缆埋深与施工错误则重新设计

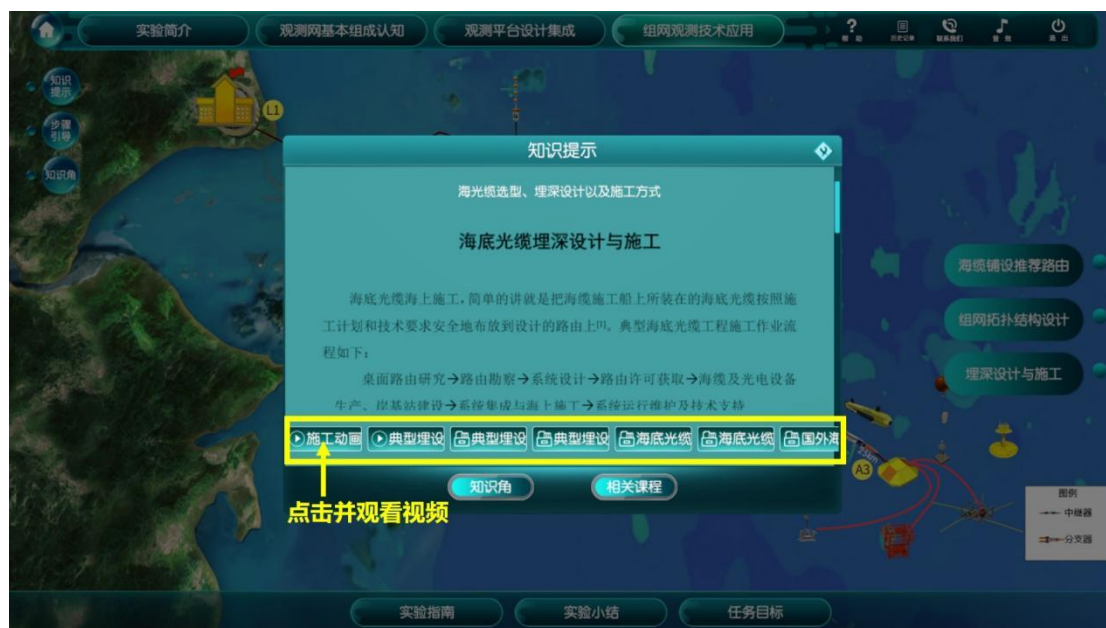


图 30d 海光缆埋深设计与施工视频观看

步骤21: 数据接收、预处理、存储和可视化方法学习。利用真实的历时观测数据开展案例学习, 掌握数据管理与应用的相关知识和能力: 首先阅读数据接收、预处理、存储和可视化方法的“知识提示”及相关资料(图31a), 并结合“实验数据说明”(图31b), 逐一选择观测平台使用的数据接收方式(图31c); 随后逐

一完成各类传感器观测数据的预处理（图31d）、存储（图31e）以及海洋缺氧、藻华观测数据的可视化操作（图31f）。每一步系统都会给出评判结果，指导学生掌握正确的数据接收、预处理、存储和可视化方法。至此，组网观测技术应用环节结束。

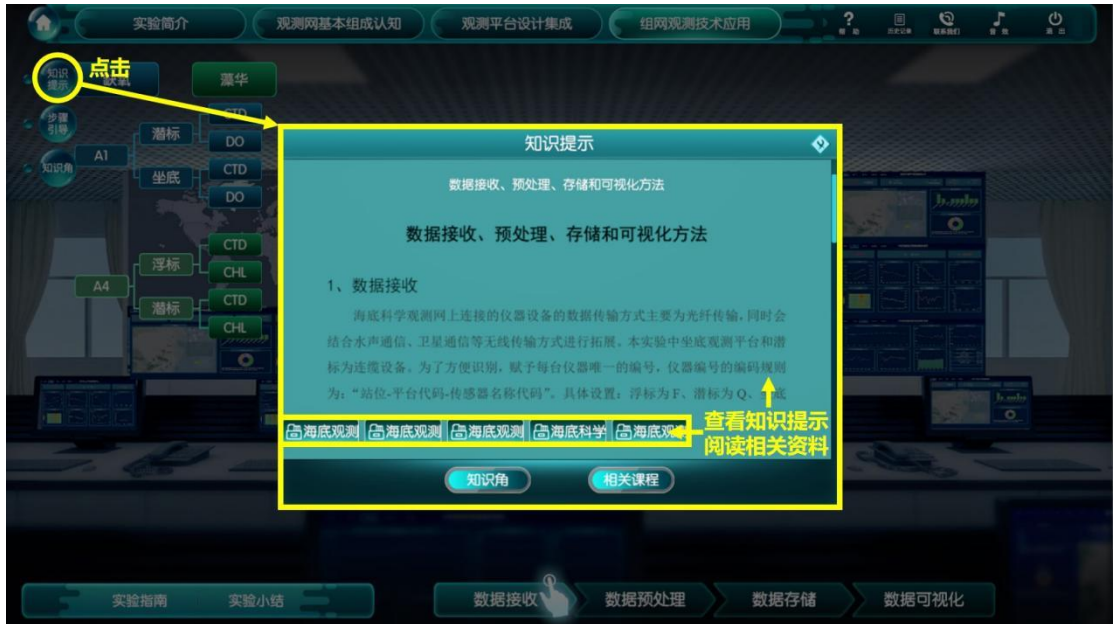


图31a 数据接收、预处理、存储和可视化方法知识提示

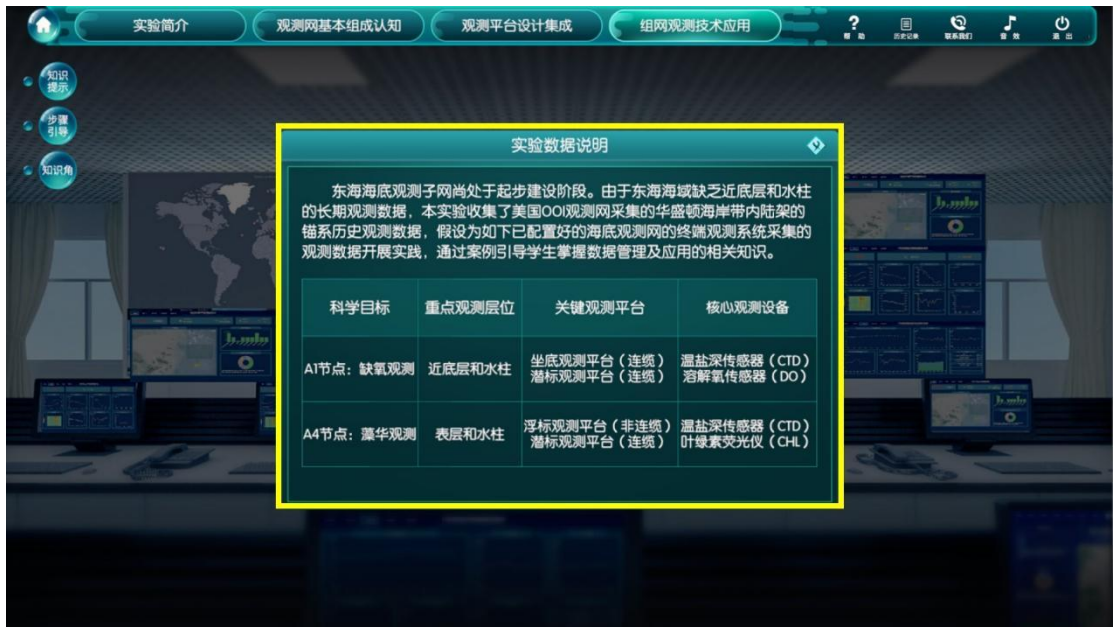


图31b 实验数据说明



图31c 数据接收

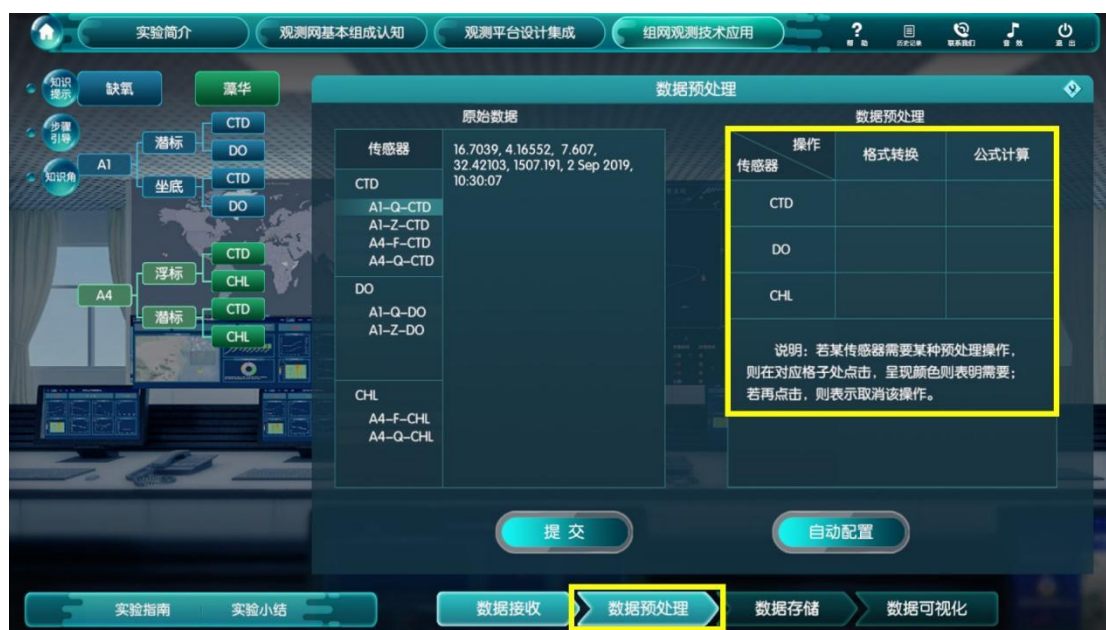


图31d 数据预处理



图31e 数据存储



图31f 数据可视化

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）

本实验将“任务驱动式”、“交互体验式”、“容错探究式”的教学方法综合应用于各个实验环节，使学生由浅入深、循序渐进地开展学习实践过程。系统会完整记录学生的实验过程，及其在每个实验环节产生的实验结果，并根据学生在3个实验环节中的完成情况，自动依据成绩评价模型（图32）对各环节操作及结果进行单独打分，每环节按100分计算。在此基础上，系统按照30%、35%

和 35%的权重(图 33)计算学生的实验总成绩,合并生成最终的实验报告(表 1)。学生可查看实验报告,通过总结提高综合分析和解决问题的能力。每个环节学生完成实验的结果是本实验成绩评定的主要依据。

实验环节	教学目的	子环节	知识点	考核点/分值	能力提升
观测网基本组成认知	掌握观测网基本组成和工作原理的知识	岸基站	1. 岸基站组成与功能	1个/+5分	基础认知
		主干网系统	2. 主干网系统组成与功能	5个/+30分	
		终端观测系统	3. 终端观测系统组成与功能	32个/+35分	
		监控与数据中心	4. 监控与数据中心工作原理和流程	15个/+30分	
		100分			
观测平台设计集成	平台设计优化的基础 构筑针对观测需求开展	坐底观测平台	5. 海流载荷分析 6. 平台稳定性设计 7. 沉积物承载力/吸附力分析	4个/+30分	分析设计
		潜标观测平台	8. 主浮体/传感器包静力学及姿态分析 9. 海床基配重计算 10. 平台优化设计	4个/+35分	
		浮标观测平台	11. 海流/波浪/风载计算 12. 锚泊系统设计	4个/+35分	
		100分			
		组网观测技术应用	组网观测实际问题的能力 锻炼应用理论知识解决	观测系统配置	
组网设计与施工	14. 组网拓扑结构设计模拟实验 15. 海光缆选型/埋深设计/施工方式			4个/+30分	
数据管理及应用	16. 数据接收/预处理/存储/可视化			5个/+40分	
100分					

图 32 实验原理及成绩评价模型

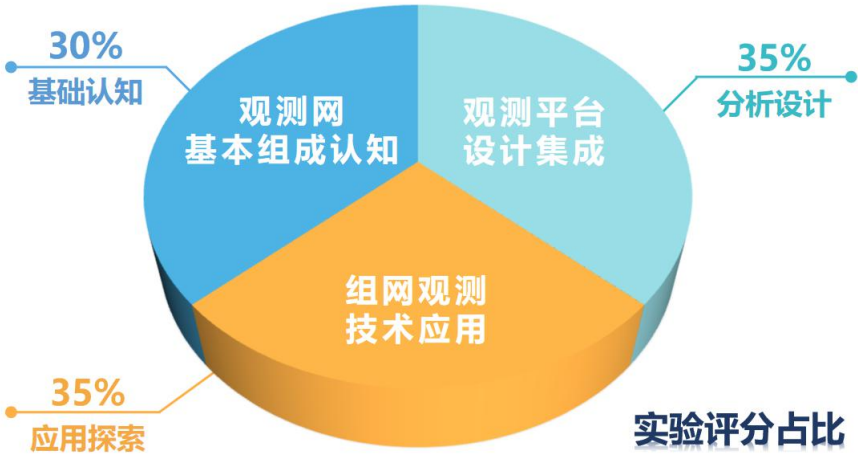


图 33 实验操作评分权重图示

表 1 《海底科学观测网组网观测虚拟仿真实验》实验报告

海底科学观测网组网观测实验报告

实验：虚拟仿真实验

姓名：

学号：

班级：

环节	子环节	操作	完成度	得分	
观测网基本组成认知 总报告中占据30%	岸基站（5分）	岸基站认知			
	主干网系统（30分）	主干网系统总体认知			

	终端观测系统（35分）	终端观测系统总体认知			

	监控与数据中心（30分）	监控与数据中心总体认知			

实验小结					
环节	子环节	操作	完成度	得分	
观测平台设计集成 总报告中占据35%	坐底观测平台（30分）	坐底观测平台设计任务与参数获取			

	潜标观测平台（35分）	坐底观测平台设计任务与参数获取			

	浮标观测平台（35分）	坐底观测平台设计任务与参数获取			

实验小结					
环节	子环节	操作	完成度	得分	
组网观测技术应用 总报告中占据35%	观测系统配置（30分）	坐底观测平台设计任务与参数获取			

	组网设计与施工（30分）	组网设计与施工任务获取			

	数据管理及应用（40分）	数据管理与应用任务获取			

实验小结					
环节一：观测网基本组成认知（百分制）					
环节二：观测平台设计集成（百分制）					
环节三：组网观测技术应用（百分制）					
实验总分数（百分制）					

在不同的实验条件和操作下,学生可能获得不同的实验结果与结论,具体如下:

环节一: 观测网基本组成认知

学生根据步骤引导,逐个点击并观察“岸基站”、“主干网系统”、“终端观测系统”以及“监控与数据中心”的主要结构和相关设备,并结合针对功能的详细说明开展对比分析和认知学习。本环节主要根据学生的点击操作计算分数。学生必须按照步骤引导和任务要求逐个点击观察对象,方能获取全部分数,如有遗漏将扣除相应分数。因此,学生对观测网各个基本组成的点击学习情况决定了本环节的实验成绩。

环节二: 观测平台设计集成

本环节为学生提供了海洋观测平台设计的框架和相关随机参数,学生通过实验操作完成观测平台分析设计的训练,建立从“结构组件”到“系统设计”的整体思维,构筑创新设计的基础。在计算过程中,系统提供三次重复实验机会且计算误差允许在5%范围内,操作错误后允许重做,但获取的分值随着实验次数的增加而递减。

➤ 坐底观测平台设计集成

系统给出常规配置的坐底观测平台模型,包括其主要特性参数,如平台质量、平台结构参数和重心坐标等。学生根据系统提供的设计框架和随机获得的相关海洋要素参数(最大海流流速和沉积物抗剪强度),开展海流和沉积物等环境要素对坐底观测平台影响的计算评估,掌握根据不同的环境要素对坐底观测平台进行设计与优化的方法,为今后根据科学观测需求开展坐底观测平台的设计构筑基础。具体实验结果如下:

在海流作用分析中,随着海流流速的增加,海流作用力和海流翻转力矩也增加,而重力抗翻转力矩与海流无关。在某一海流环境下,重力抗翻转力矩随着铅块配重数量的增加而增大,安全系数也随之增大。

在平台配载、防尘板配置、缆绳选择设计中,沉积物承载力、吸附力和回收最小起吊力与沉积物抗剪强度和防尘板数量有关。在铅块配重和防尘板数量一定时,沉积物承载力、吸附力和回收最小起吊力随着沉积物抗剪强度的增大而增大,

承载安全系数也相应增加；在沉积物抗剪强度和铅块配重一定时，沉积物承载力、吸附力和回收最小起吊力随着防沉板数量的增加而增大，承载安全系数也相应增加。

➤ 潜标观测平台设计优化

学生首先通过装配简化的潜标模型，进一步加深对潜标结构的认识；然后随机获取不同的海洋环境关键要素——海流流速值，利用系统简化配置的经验潜标系统模型（主要组成部件及其相应特性参数，如浮球串、传感器包和海床基等经验模型及其参数），探究该环境要素对系统设计结果有直接影响。具体实验结果如下：

学生采用相同经验潜标系统模型开展分析设计，但不同海洋环境条件下，不同学生会获得不同的系统设计分析结果。学生可通过群组讨论，探讨并掌握浮球串和传感器包下部缆拖拽力、下部缆与竖直方向夹角以及海床基配重在潜标观测平台系统设计中的角色与作用。以上所有设计参数（海床基配重除外）都会因海洋环境中海流流速的增加而增大，为简化计算，本实验海床基配重计算仅与浮球数量有关，与流速无关。

在优化设计实验中，学生在固定的海流环境模型条件下，随机获取系统优化任务：即为保持潜标平台在给定环境条件下特定的姿态，给定不同的 ϕ_F 值，优化原经典系统模型中主要组件（如浮球数量和海床基配重），获得相应不同的潜标系统优化设计结果。深刻理解水下潜标平台系统 ϕ_F 的变化对系统模型组成设计的影响（海流流速不变的情况下， ϕ_F 越小，则浮球数量和海床基配重设计值会随之增大）。

➤ 浮标观测平台集成探究

学生通过自主选择浮标结构参数，对比分析和评估不同结构尺寸条件下风、浪、流等环境载荷的响应，设计完成后将初步掌握海洋环境载荷设计规范和设计要素，为今后开展浮标的全面设计打下基础。具体实验结果如下：

海流载荷响应计算中，学生自主选择浮标底板直径、水下形状（圆柱体、锥体、圆台体等），调整水下迎流面积（矩形、三角形、梯形等），探究不同结构型式下海流载荷的不同响应。通过计算，可以发现选择矩形或底板直径较大的梯

形可有效降低海流的作用力。

波浪载荷响应计算中，系统随机给出波高和波浪周期，学生根据浮标长度 L 、宽度 B 、以及系统随机给定的波浪参数，计算水平波浪作用力。通过计算，可以发现波高越大、波浪周期越小，水平波浪作用力越大，对浮标观测平台稳定性和安全性的危害越大。

风载荷响应计算中，学生自主选择桅筒高度，采用探索方式进一步建立对浮标的总体结构（浮标体、上、下桅筒、观测平台等）、迎风面积构成和观测需求的认知，通过对不同结构的受力分析，了解降低风荷载的途径和对浮标结构的影响程度，将力学分析和观测需求相协调，完成对桅筒结构的优化设计。通过计算，可以发现风速一定的情况下，浮标平台在平浮或倾斜状态受风构件的正投影面积越小，平台的稳定性和安全性更高。

锚泊系统设计中，系统随机给定海域水深。浮标的锚链通常采用有档锚链，根据《海洋资料浮标原理与工程》等专业书籍和规范，锚链长度一般为水深的 3~5 倍，即学生填写的锚链长度 $L = (3 \sim 5) H$ 均为正确答案。

环节三：组网观测技术应用

本环节中，学生首先需要了解东海海域情况，并针对 A3 观测节点开展案例分析，然后根据缺氧、藻华的科学观测需求选配观测平台和传感器；若装配错误，系统会给出提示引导学生重新开展观测系统配置。

然后，学生查看海缆铺设推荐路由概况，并完成组网拓扑结构设计模拟操作，进而选择海光缆埋设深度及施工作业方式；若设计与施工不合理，系统会提示学生重新操作。

最后，学生通过缺氧、藻华观测的案例开展海洋数据的接收、预处理、存储以及可视化训练，可视化操作中学生可自主设计可视化界面。

本环节为学生提供了三次操作机会，操作错误后允许重做，但获取的分值随着实验次数的增加而递减，因此，学生的操作情况决定了本环节实验成绩是否理想。

3-8 面向学生要求

(1) 专业与年级要求

本实验属于同济大学海洋技术专业二年级学生的专业基础课《海洋技术导论》课程的授课内容。

鉴于本实验课程中“观测网基本组成认知、观测平台设计集成、组网观测技术应用”三个环节的实验内容具有相对独立性，全校其它专业的学生也可根据专业需求和个人能力选择不同的实验环节进行选修。

(2) 基本知识和能力要求

具备一定的海洋学知识和一定的计算机使用能力，具有较强的自主学习能力和自主探索能力，能够在基础认知、分析设计、应用探索三个层次的实验中总结分析特定实验结果背后的原因，将专业理论知识活学活用。

3-9 实验应用及共享情况

(1) 本校上线时间：2020 年 2 月 17 日（上传系统日志）

(2) 已服务过的学生人数：本校 160 人，外校 65 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 个，具体专业：海洋技术

教学周期：2 个，学习人数：34

(4) 是否面向社会提供服务：☒是 ☐否

(5) 社会开放时间：2020 年 5 月 8 日

(6) 已服务过的社会学习者人数：265 人

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）

（1）实施科教融合，利用虚拟仿真还原海底观测网组网观测真实场景，传授当前教材中所缺乏的海底观测网组网观测先进知识，实现对传统教学的延伸与拓展。

针对21世纪初出现的海底观测网实施运行场景为广袤的海洋，内部组网观测过程不可见，无法开展真实实验、原理实验成本高昂等问题，依托海底科学观测网国家重大科技基础设施开展科教融合，采用虚拟仿真高度再现了从岸基到海底的具有开放性、扩展性的组网观测场景，使学生能够突破时空限制，“身临其境”地开展观测网基本组成认知、观测平台设计集成、组网观测技术应用等实验，学习当前教材中所缺乏的海底观测网组网观测先进知识。

（2）坚持以学生为中心、以立德树人为根本的教学理念，采用多种教学方法，使学生由浅入深、循序渐进地开展学习过程。

任务驱动式：依据教学目标和重/难点，设置明确的任务目标，引导学生围绕任务展开自主学习和探究，激发实验兴趣，并体验完成任务的满足感。

交互体验式：不仅使学生“身临其境”地体验由海面到海底全方位、立体化的组网实验过程和场景，还可通过微信群、论坛等开展在线互动和交流，有效激发学生的自主学习兴趣和实验积极性。

容错探究式：当学生实验结果不理想时，系统提供评价意见引导学生反思，并开展针对性的计算修正和设计优化，从而充分感受到探索、解决问题的乐趣，并在探究过程中提升创新思维能力。

（3）构建多层次、多元化的综合评价体系，科学客观地反映学生的基础认知程度和创新实践能力。

容错式阶梯打分：学生出错后可根据实验结果和评估意见，反思并重复实验，但成绩随操作次数阶梯递减，保证了评估的科学性。

独立式环节计分：系统提供的实验报告包括各步骤、各环节（百分制）得分、实验权重总得分以及教师评价，利于学生开展重复训练，便于教师开展针对性指导。

灵活组合的成绩评定：各高校及行业可根据教学需求灵活选择实验环节开展实验并获取成绩，还可以结合学生的课堂表现、考试成绩等对其进行综合评定。

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) 4 名提供在线教学服务的团队成员；

教学团队保证工作日期间提供 8 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）

带宽要求：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

限度地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 时，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常有发生，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）

本虚拟仿真课程的服务器最佳响应并发数为 300。

我们模拟用户访问虚拟仿真课程网站首页、用户登录和加载课件等操作。

经测试，当用户数量在 300 以下时，各项服务均能在 0.2s 内做出响应，服务器负载处于较低水平，课件加载也很快。当用户数达到 2000，服务响应时间维持在 0.8s 以内，但课件加载速度下降严重。当用户数达到 6000 时，服务响应时间超过 1s，服务器负载也超过了 80%。

基于以上测试结果我们认为本虚拟仿真课程服务器的最佳响应并发数为 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：

(4) 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	支持	

及以上版本		
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.hdmool.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：④无 ○有

如勾选“有”，请填写其他计算终端特殊外置硬件要求：

无

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：31000043264-21010

(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		依据《信息安全等级保护管理办法》的有 关规定， <u>同济大学</u> 单位 的：
		海底科学观测网组网观 第 <u>二</u> 级 <u>测虚拟仿真实验平台</u> 系统
证书编号：31000043264-21010	予以备案。	
中华人民共和国公安部监制	备案公安机关公章 2021年06月25日	

7. 实验教学技术架构及主要研发技术

指标	内容
系统架构图及简要说明	本系统是基于 B/S 架构设计的虚拟仿真实验教学平台。系统采用轻量化的开发语言和模块化设计方案，部署简单、使用方便。系统支持分布式部署方案，可随使用情况动态扩充容量，基于容器化部署还可实现自动扩容，无需人为干预。 系统包含实验实训、实验报告、实验指南、数据统计、考试系统、帮助中心、收费系统、安全中心、资源中心、协同服务、学问系统和知识角等功能模块。系统除支持虚拟仿真实验外还可上传视频和其它文档资料，支持系统化课程体系学习。系统可对学生实验、学习数据做详细记录并分析每个学生的学习情况和整体学生知识掌握情况，实验报告系统可对学生提交的实验报告进行自动批阅也可由教师人工批阅或学生相互阅评。 系统用户可分为教师和学生两种角色。教师可发布实验资源、建设实验课程、设置课程共享信息、可查看发布课程的学习情况、可批阅学生实验报告和考试。学生可报名参与课程，可观看报名课程的视频操作课程的实验资源，可查看个人的学习情况，可评价学习课程、参与课程讨论，可参与实验报告互评等。

实验 教学	开发技术	☒ VR ☐ AR ☐ MR ☒ 3D 仿真 ☐ 二维动画 ☐ HTML5 ☐ 其他
	开发工具	☒ Unity3D ☒ 3D Studio Max ☒ Maya ☐ ZBrush ☐ SketchUp ☐ Adobe Flash ☐ Unreal Development Kit ☐ Animate CC ☐ Blender ☐ Visual Studio ☐ 其他

	运行环境	服务器 CPU <u>16</u> 核、内存 <u>32</u> GB、磁盘 <u>1000</u> GB、 显存 <u>16</u> GB、GPU 型号 <u>NVIDIA GRID K1</u> 操作系统 ☐Windows Server ☒Linux ☐其他 具体版本： 数据库 ☒Mysql ☐SQL Server ☐Oracle ☐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：40 万三角面 贴图分辨率：512*512 每帧渲染次数：30fps 动作反馈时间：1/90s 显示刷新率：60HZ 分辨率：4K

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	在推广使用过程中征集高校和社会各界意见，进一步优化系统，改进用户体验感。
第二年	围绕碳减排、碳中和等热点，增加二氧化碳等监测传感器，提升学生服务国家意识。
第三年	拓展科学观测目标，丰富仪器设备库，拓展学生视野。
第四年	根据国际进展，持续改进实验结构和评价体系，加强学生创新能力培养。
第五年	进一步提升用户体验，使实验和交流可随时随地开展。

其他描述：

海底科学观测网组网观测虚拟仿真实验是一门**综合设计型**实验。同济大学将依托海底科学观测网国家重大科技基础设施的先进技术和人才优势，加强科教融合，与各海洋类兄弟院校一同携手，持续完善现有的海底科学观测网组网观测虚拟仿真实验课程资源，进一步拓展实验内容、提升教学品质，实现本课程在学科建设、人才培养、科普宣传等多领域的共享应用，助力海洋强国建设。

（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 所	200	2	200
第二年	2 所	200	3	300
第三年	3 所	300	3	300
第四年	4 所	400	3	300
第五年	5 所	500	5	500

其他描述:

在建设海洋强国的背景下,国内相关高校纷纷开设海洋相关专业。海底科学观测网作为新涌现出来的海洋观测新技术,受到了大家的普遍关注。本实验将持续改进和完善,主动联系并配合具有虚拟仿真实验需求的高校推广应用,提升本虚拟仿真实验课程的功能、效果和受益面。

此外,随着海底观测网建设在我国日益兴起,有不少相关单位前来海底科学观测网国家重大科技基础设施大科学工程平台参观访问。本实验依托国家海底科学观测网,计划作为重要的高端科普培训课程,面向国内外相关科研机构和社会大众积极推广,促进海底科学观测网组网观测技术知识在国内的普及,激发社会民众建设海洋强国的热情和使命感。

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	海底科学观测网组网观测虚拟仿真实验软件
是否与课程名称一致	☒ 是 ☐ 否
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。	
著作权人	著作权人类型
同济大学	☒ 课程所属学校 ☐ 企业 ☐ 课程负责人 ☐ 学校团队成员
权利范围	全部权利
软件著作登记号	2020SR1568376
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）： 杨群慧 高晓

2021 年 7 月 8 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。）