海岸和近海工程国家重点实验室

实验室简介

海岸和近海工程国家重点实验室于1986年由国家计委批准筹建，1990年通过验收后对国内外开放。先后于1994年、1997年、2003年、2008年、2013年、2018年六次通过国家科技部组织的评估。

2020年，实验室对核心科研队伍进行了全面论证与梳理，确定93人为实验室固定人员，其中教授58人，副教授28人，讲师及助理研究员5人，管理人员2人。实验室现有中国科学院院士2人，中国工程院院士2人，澳大利亚技术科学与工程院院士1人，欧盟科学院院士1人，“百千万人才工程”国家级人选5人，国家杰出青年基金获得者9人，长江学者特聘教授7人，“国家高层次人才特殊支持计划”入选者4人，“国家海外高层次人才引进计划”入选者1人，国家优秀青年基金获得者6人，青年长江1人，青年海外高层次人才1人，其他省部级人才42人次。

实验室定位于应用基础研究，聚焦海岸和近海工程建设与安全防护、海洋资源开发利用、海洋环境修复与保护等国家重大需求，开展原始创新研究，是我国海岸及海洋工程研究和人才培养的重要基地。实验室的主要研究方向有：海洋动力环境与流固耦合作用，陆海水域环境与海岸侵蚀防治，海岸与跨海工程及其防灾减灾，海洋资源开发基础设施工程和海洋工程智慧运维与全寿命安全。

2020年度实验室研究工作概况

承担科研项目

2020年，实验室承担纵向项目251项，横向课题244项，其中国家重点研发计划项目负责7项，课题负责20项，参与29项；国家自然科学基金139项，含重大研究计划集成项目1项，国家重大科研仪器研制项目2项，专项基金项目2项，重大项目1项，重点项目9项、杰出青年基金2项；到位纵向经费7754.71万元，横向经费3512.28万元。

科研获奖

2020年，实验室获得省部级以上奖励24项，牵头获得省部级特等奖1项，一等奖7项。

发表论文

2020年，实验室出版专著11部，参与制定标准4项，发表学术论文647篇，其中国际合作论文154篇，SCI收录论文410篇，EI收录论文401篇，学科领域JCR分区Q1的论文163篇，占论文总数的25.19%。

专利技术及成果转化

2020年，实验室申请国际发明专利50项，国内发明专利226项，实用新型69项，授权国际发明专利9项，国内发明专利82项，实用新型109项，获得软件著作权15项。

2020年度实验室代表性研究工作介绍

▶ 代表性成果 —— 深水波破碎特征的及模型化研究

深水波浪破碎耗散项是风浪模型最重要的源项之一。目前广泛应用的风浪模型SWAN的一个明显缺陷是预测的谱峰周期和平均周期都要比实测小。造成这种差异的根源在于风浪模型中深水波浪破碎耗散项的量化公式不能准确反映各频率组份的波能耗散。本项目以实验室试验为主要手段，结合现场观测，重点开展深水破碎波能量耗散的试验及其在风浪模型中的模型化研究。项目取得的技术突破和研究成果如下：

1. 基于线性波浪聚焦理论生成特定位置的单次破碎深水波列，利用PIV与BIV的测量技术分别测量波面下水体和破碎气液混合区的速度，并利用图像复原技术、形态学技术、增强技术等实现破碎气液混合区的自动识别再结合图像拼接技术完成PIV和BIV测量结果的耦合。该耦合技术的应用实现了深水波浪破碎全区域、

全深度的速度测量，达到了详细分析聚焦波浪传播过程中波浪变化特征的目的。

2.基于不同谱型下的临界和破碎波浪的实验室水槽试验论证了临界有效波陡作为波浪破碎判据存在适用性不强的缺点。结合临界有效波陡受谱峰升高因子γ和谱宽ν影响的特点，提出新的波浪破碎谱参数WSP用以在波浪模型中判断深水波浪破碎。该谱参数WSP的显著特点是能准确反映波浪的破碎情况尤其在波浪破碎较为分散破碎强度较小的海况下。

3.基于试验数据详细分析了波浪破碎引起的波能谱耗散规律和能量转移机制。结合现有模式的缺点并考虑能量转移特点，对现有海浪模型中深水波浪破碎耗散项的计算公式进行了改进，将改进模式应用于实际台风浪的计算，计算结果显示相比于现有模型，改进模型对波浪参数尤其是周期的模拟更符合实际，体现了改进模型的优越性和可靠性。

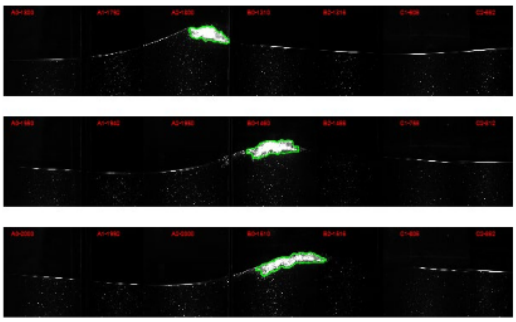

图1 破碎过程图像拼接及破碎气液掺混区的自动识别

$$WSP = \epsilon_{peak} * power(\frac{4.6}{QPW}, 0.59)$$

$$QPW = \frac{\sqrt{Q_p}}{\nu^2} \times 10^{-1}$$

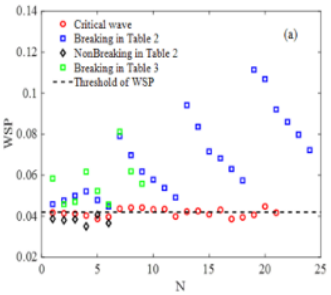

图2 波浪破碎谱参数WSP的计算公式和WSP的波浪破碎判断结果

▶ 代表性成果 —— 克服泥沙物理实验模型比尺效应的工程化外推方法

有关水下结构物局部冲刷的研究工作，主要依赖室内物理实验。但是，受实验水槽或水池尺寸限制，必须将原型结构物进行几何缩尺并满足一定的相似律才能开展物理实验，由于影响结构物局部冲刷的因素众多，目前还没有任何一种相似律能满足所有参数的相似要求。因此，实验结果将不可避免地受到模型比尺效应的影响。模型的比尺效应主要体现在以下方面：1）影响水下结构局部冲刷的物理参数众多，目前没有任何一种相似律能满足所有参数的相似要求；2）泥沙颗粒不能按几何比尺缩尺，否则会导致泥沙物理力学特性的改变，使实验结果失真；3）水下结构物局部冲刷实验基本只考虑弗劳德相似，忽略雷诺相似。但雷诺数会深刻影响结构物周围的流态，进而影响其局部冲刷特性；4）在将物理实验结果外推到原型时，其精度依赖于主控变量的选择。但是，影响结构物局部冲刷的参数之间是相互关联、耦合的，这使得主控变量的选择较为困难。这些因素导致实验结果在向原型外推时会产生较大误差。这些因素严重制约了实验室物理实验结果外推到原型的精度，极大地限制了实验结果的工程应用。因此需要发展新的方法，克服泥沙局部冲刷物理实验模型比尺效应难题，形成客观、准确的工程化外推方法。

基于土体表观冲刷速率物理实验以及水下结构周围海床的应力放大系数，建立了水下结构局部冲刷预报模型，并通过物理实验对所建立的预报模型的有效性进行了验证。该方法从局部冲刷的物理本质出发，即无论何种海底沉积物，发生局部冲刷的根本原因在于结构物周围海床的剪切应力大于沉积物的临界剪切应力。因此所建立的方法可以有效克服泥沙物理实验比尺效应难题。此外，所建立的方法具有良好的可拓展性，可适用于复杂流动条件、任意形式结构物的局部冲刷预报，其核心是建立结构物周围海床应力放大系数与流动条件间的定量关系。

相关研究成果成功应用到我国渤海油气田水下生产系统国产化研究与应用示范项目，为水下沉箱的安全设计提供了科学依据和技术保障。

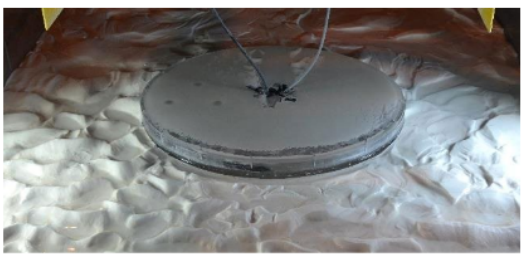

图3 渤海水下沉箱局部冲刷物理实验现场照片

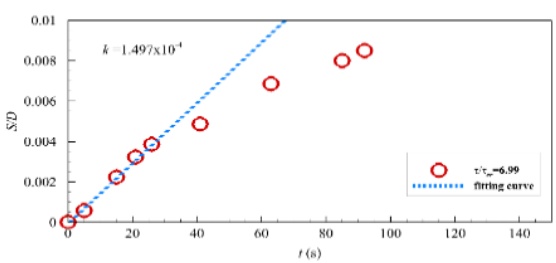

图4 实验测量得到的沉箱深度方向冲刷扩展速率随时间的变化

▶代表性成果 —— 智慧港口数字孪生平台虚拟模型开发

2020年，实验室完成“智慧港口数字孪生平台虚拟模型”开发，研究团队创新提出智慧港口耦合作业系统模拟框架设计方案，基于多智能体的离散型仿真模拟技术，针对集装箱港区生产作业系统流程，构建了基于多智能体的离散型集装箱港区生产作业系统仿真模型，通过初步构建的全尺寸全流程仿真模型，突破实现了面向智慧港口的耦合作业系统与复杂动态生产流程的多维解析技术，全方位解析集装箱码头各生产作业系统构成，厘清集装箱码头生产作业流程，并与集装箱码头运维一体化数字孪生模型形成初步交互以验证集装箱码头数字孪生虚拟孪生模型的有效性，为集装箱码头的智能调度技术与智能化改造研究提供关键模型基础。

同时，在收集海量港口平面布置与资源参数的基础上，创新构建了基于3ds MAX的集装箱港口三维精细化场景，实现多层级生产资源的精细化建模，深层复现集装箱港区生产作业流程。嵌入集成化数据显示查询统计平台，具有交通热力图、交叉路口流量统计及用户交互查看设备状态等功能。突破实现了智慧港口混杂资源海量信息传输的复杂接口融合技术，为一体化数字孪生平台构建提供了完善接口，针对岸桥、场桥和拖车三类的港口核心设备，提供作业运动标准化接口，实现虚实设备双向通讯同步。

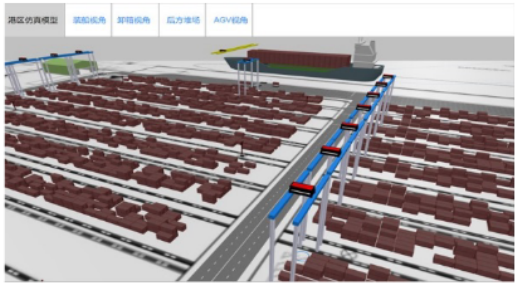

图5 集装箱码头仿真示意图

智慧港口数字孪生平台虚拟孪生模型作为实验室重要课题“智慧港口创新实验平台”的关键基础，该代表性成果的取得深度推进了实验室在海洋工程智慧运维与全寿命安全方向的建设，该模型作为一体化数字孪生系统的核心组成，解决了我国智慧港口建设中面临的水域、陆域及集疏运复杂耦合系统空间需求与功能耦合机理解析的难题，为我国实现建设交通强国、世界一流强港等国家战略提供关键技术支撑，技术应用可推进大连港等航运枢纽智慧建设，进一步助推实现东北振兴。

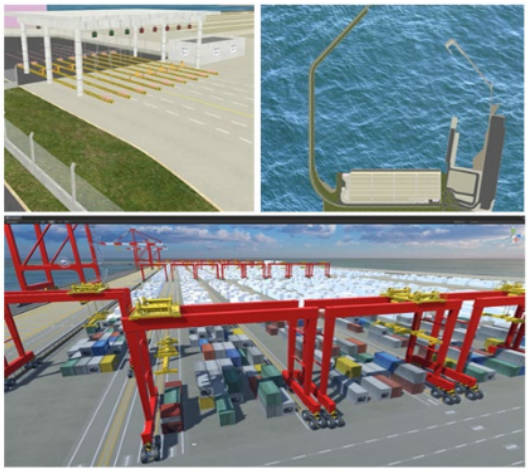

图6 数字孪生场景图

2020年度科研队伍建设与研究生培养

科研队伍建设

依托大连理工大学和建设工程学部，2020年实验室持续推进高水平人才队伍建设和人事人才管理重心下移建设，深入推进体制机制改革，进一步完善了人才评价、人才激励及教师考核机制。建立了更加灵活的人才引进制度，实施引进人才准聘制和柔性引进制，拓宽渠道，招揽国际人才，举办了新加坡、北美、欧洲和亚洲地区的4场海外专场云招聘活动。2020年，邹德高受聘为长江学者特聘教授和“百千万人才工程”国家级人选，徐斌受聘为青年长江学者，陈丽芬入选青年海外高层次人才，年廷凯入选辽宁省兴辽英才计划特聘教授，卢鹏入选辽宁省兴辽英才计划青年拔尖人才，张崇伟获批人社部高层次留学人才回国资助项目。

研究生培养

对于研究生培养，实验室在生源质量、师资队伍和课程质量建设上下功夫，全面提升学生实践及创新能力，重点培养高水平创新型和复合型人才。近年来，实验室依托建设工程学部，创新研究生培养模式，实施“本研一贯式国际化”培养，研究生生源质量逐年提高。改革专业学位研究生培养模式，完成全日制专业学位硕士培养方案修订，制定工程博士毕业标准。严格把关学位论文质量，硕博研究生论文在省抽检中合格率100%。2020年，实验室培养博士研究生69人、硕士研究生360人；目前在读博士研究生547人、硕士研究生1214人。

2020年度学术交流与开放共享

合作交流

实验室面向国内外科研人员和优秀博士毕业生设立了规范的访问学者制度和博士后管理制度。通过国家“重大土木水利工程防灾减灾学科创新引智基地”“海洋基础工程与结构安全及污染防治学科创新引智基地”项目与依托单位设置的“海外访问学者”计划等人才项目，利用全职、短期、兼职、客座教授和名誉教授等多种方式，积极聘请海外著名研究机构的高水平科研人员参与实验室科研、教学与学科建设等方面的工作。2020年，受全球疫情影响，实验室线下国际互访转为线上研讨，聘请海外访问学者35人次开展远程合作交流，2020年在册海外学术大师3人，海天学者/海外访问学者10人。2020年，入站博士后13人，出站5人。水利工程博士后流动站在2020年度全国博士后科研流动站综合评估中获评优秀，土木工程流动站获评良好。

2020年实验室主办、承办国际、双边、国内大中型学术会议5场。其中11月23日至25日承办的第14届国际极地与海洋工程学术会议-亚太地区近海工程会议（ISOPE PACOMS-2020）在大连成功举行。

2020年8月25日-27日，由中国科协、教育部主办的“云上科学营”设立大连理工分营，海岸与近海工程国家重点实验室“开放日”直播作为其中重要板块参与其中。本次活动主题为“我们在大工乘风破浪——云游海岸和近海工程国家重点实验室”，吸引了线上来自全国各地的青少年学生、社会大众百余人前来打卡。另外，为了加强学术沟通交流、促进深入学术合作、创设良好学术氛围、扩展师生知识视野，实验室从5月8日开始，固定于每周五下午15:30-16:30举办“学术讲堂”活动，面向国内外科研同行、专业学生。目前已成功举办34期，每期观众稳定在百人左右，得到了海洋工程领域国内外学者的大力支持。莅临“学术讲堂”的邀请嘉宾包括来自于实验室固定人员、流动人员，国内外兄弟高校、科研机构和企业的院士、国家高端人才、中青年教授等行业领域内的众多知名学者，学术报告的主题涵盖水动力学、岩土、极地、结构、材料等海洋工程主要研究领域。

2020年，实验室接待来自国家海洋监测中心、南昌大学等师生来访参观47人。另外，依托完善的试验设备条件，实验室开设专业实验3项、土木水利学科前沿实验12项、创新创业训练计划项目4项，采取小班授课与试验操作相结合的形式，向学生普及相关专业科学前沿，激发同学们的科研兴趣。

图7 亚太地区近海工程会议

图8 “云上科学营”和开放日活动

平台与仪器

实验中心始终坚持以“统筹实验资源、实现资源共享、有序推进实验室公共资源有偿使用及建立一支高水平的实验技术服务队伍”的总体改革目标，持续深化改革，完成了“实验资源信息服务平台”建设并投入使用，基本满足实验室仪器设备的预约共享使用需求。结合各研究分室实际情况，推进实验室管理改革，协助海动、结构、抗震、岩土等8个研究分室制定了实验收费标准，并已逐步启动了设备开放共享收费。2020年，实验室组织专业技能培训6次，促进实验技术人员技能提升。目前，实验室的大型仪器设备全部对校内外开放和共享，设备完好率95%以上，设备的使用率达到90%以上，为各科研项目的顺利完成提供了支持和保障。