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。现任实验室主任程亮教授，实验室第七届学术委员会主任李华军院士。

实验室集聚了一批学术造诣深厚、享誉国内外的海洋工程专家学者，形成了以欧进萍院士、孔宪京院士、滕斌教授等为代表的，由国家级人才组成的十六人学术带头队伍。实验室建有十二个研究团队，并以此为基础，获批2个国家自然科学基金委创新研究群体、2个教育部创新团队和2个辽宁省高等学校创新团队。实验室现有固定人员117人，其中研究人员105人、实验技术人员9人、管理人员3人，拥有两院院士4人，国务院学科评议组成员2人、“百千万人才工程”国家级人选4人，长江学者特聘教授6人，国家杰出青年基金获得者9人，“国家高层次人才特殊支持计划”入选者4人，国家优秀青年基金获得者6人，其他省部级人才37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。

2019年度实验室研究工作概况

承担科研项目

2019年，实验室承担纵向项目258项，横向课题234项，其中国家重点研发计划项目负责5项，课题负责18项，参与29项；“973计划”首席负责1项，课题负责4项；国家自然科学基金143项，含重大项目2项、杰出青年基金2项、重点项目10项；到位纵向经费7799.94万元，横向经费4330.40万元。

科研获奖

2019年，实验室获得省部级以上奖励13项，其中参与获得国家自然科学二等奖1项，牵头获得省部级一等奖4项，个人奖2项。

发表论文

2019年，实验室出版专著15部，参与制定标准4项，发表学术论文587篇，其中国际学术期刊365篇，SCI收录论文403篇，EI收录论文384篇，实验室在本学科领域JCR中Q1区发表论文174篇，占总论文数的29.64%。

专利技术及成果转化

2019年，实验室申请国际发明专利51项、国内发明专利163项、实用新型92项，授权国际发明专利3项、国内发明专利61项、实用新型65项，获得软件著作权33项。

2019年度实验室代表性研究工作介绍

▶ 代表性成果 ——海洋环境流场系统

《数值水池创新专项（一期）》“海洋环境流场系统”是为弥补我国海洋环境水动力分析数值软件的空白，突破发达国家对我国海洋环境水动力学数值关键技术的封锁，减小每年从发达国家花费大量资金购买相关软件的费用，提高我国自主开发大型海洋环境水动力分析软件的能力而设。为此海岸和近海工程国家重点实验室联合哈尔滨工程大学、中国海洋大学等国内优势力量组成海洋环境水动力软件开发组，整合国内原有海洋环境水动力分析优势代码，梳理原有代码的优点和局限性，结合国际计算流体力学和水波动力学的进展，融合先进的计算机技术和互联网条件，凝练出开发水动力学分析软件的关键科学问题，制定

出了自主研发海洋环境水动力分析软件的技术路线和实施方案，决定通过五年的时间开发出具有完全自主产权的具备全球/区域尺度的海洋波浪水动力模型，嵌套公里范围量级的具有强非线性、全水深时域波浪模型并耦合百米级范围的粘性流波浪模型的大型多尺度的耦合的海洋波浪数值仿真智能软件，通过技术攻关，突破大规模计算的并行难题，可完成不同海况下三维极端海浪的生成演化、强非线性海浪的破碎等复杂现象的模拟。

经过四年的研发，开发完成了大尺度海洋环境流场虚拟试验子系统、中尺度海洋环境流场虚拟试验子系统和中小尺度海洋环境流场虚拟试验子系统，单机版和网络版已经同步上线，并于2019年12月参加了在上海举办的中国国际海事会展，得到了国内外海洋工程界的高度关注，中海油和海洋环境监测中心等单位采用本系统开展了相关工程设计和研究工作，得到用户单位的高度评价。

图1：海洋环境流场系统单机版

图2：海洋环境流场系统网络版（http://www.numericaltank.com/）

▶ **代表性成果**　——海洋岩土三维大变形分析方法及基础稳定性评价

海洋油气资源开发由近浅海走向深远海，海洋平台由固定式向移动式、浮式发展，海洋平台基础型式也在不断创新。自升式平台桩靴基础插拔桩过程、锚固基础安装过程均面临复杂的移动边界问题，传统的小变形分析方法和基于极限平衡的稳定性设计可能面临很大风险。三维土工大变形分析方法是岩土工程领域公认的具有挑战性的难题，各类新型海洋基础稳定性分析和安全设计方法是岩土工程学科发展的国际前沿。该项目率先建立了功能完善的三维土工大变形有限元方法，阐明了复杂条件下自升式平台桩靴、平板锚等基础与土大变形相互作用机理，完善了海洋基础承载力设计理论。该项成果取得如下科学发现：

1. 率先提出了基于网格重剖分和场变量映射技术的三维土工大变形有限元方法，建立了自由曲面拟合及三维网格全自动剖分方法，提出了场变量分区映射技术，构建了模拟基础-地基三维大变形/大位移相互作用的实用方法，自主研发了高效并行的三维大变形有限元分析程序，并首次在海洋岩土工程中应用。被计算机和岩土工程领域顶级杂志《Computers and Geotechnics》的审稿人评价为“在一个具有挑战性的领域上开拓了新的天地”、“它代表了三维大变形有限元分析的另一个里程碑”。

2. 首次在有限元程序中实现MIT-S1 模型，揭示了应力各向异性对基础承载力的影响机理，阐明了多层土地基自升式平台桩靴基础穿刺破坏机制，提出了考虑土塞效应的桩靴基础承载力评价方法和穿刺破坏临界深度预测方法，完善了桩靴基础承载力设计理论。研究结果被海洋岩土工程领域国际同行作为主要对比验证结果以及商业程序的验证结果。

3. 阐明了板锚下潜机理，揭示了锚链、锚眼偏移角、埋深以及土强度对板锚旋转调节过程的影响机制；提出了综合考虑板锚几何、埋置深度、倾角、有效土重、界面摩擦特性以及地基土强度非均质度等因素的板锚承载力设计方法。在流体力学和土力学两个框架内提出了新的海底滑坡对管道作用力的计算方法。

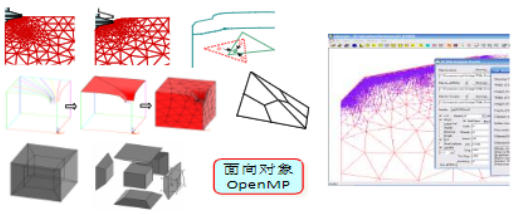

图3 三维大变形分析方法与软件

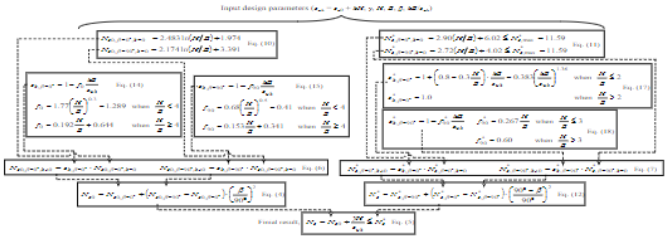

图4 锚板基础承载力设计方法和流程图

▶代表性成果 ——深海系泊结构非线性大幅漂移运动的分析方法

深海系泊浮式结构水平方向固有频率低，受到的低频非线性波浪力易与系泊平台水平自振周期接近引起大幅低频慢漂运动，使系泊系统和采油立管产生较大的张力甚至破坏。目前工程中主要采用频时转换分析方法（Cummins方法）或全时域摄动展开分析方法，但对于非线性的平台大幅低频漂移问题都存在理论缺陷。Cummins方法中二阶平方传递函数（QTF）是入射波浪和物体一阶运动响应的函数，计算QTF时物体的一阶运动响应还是未知的。因此对于运动物体直接应用Cummins方法计算深海平台的二阶运动响应存在严重的问题。全时域摄动展开分析方法基于摄动理论，前提是结构做小幅运动，显然与深海系泊平台大幅低频慢漂运动相悖。

本成果提出了平方传递函数QTF的分解方法，将物体运动响应从原函数中分离，待时域分析求得物体一阶运动后在时域内通过卷积方法求得完整的二阶波浪力，进而求解物体的二阶运动响应，解决了计算QTF时一阶运动响应未知的难题。针对深海系泊平台大幅运动不满足摄动展开理论基本假定的问题，本成果建立了基于双参数两次展开方法的全时域摄动分析法，将平台的运动分解为低频大幅漂移运动和围绕低频运动位置的微幅运动，采用实时预报方法预报大幅低频慢漂运动轨迹，围绕低频慢漂运动轨迹进行摄动展开，解决了不满足小振幅运动假设的难题。

图6和图7为海洋石油981平台（图5）普通海况和十年一遇海况的运动响应，可以看出常规海况时低频漂移运动较小，本成果的两次展开法与直接法结果相近，但当十年一遇海况时，波浪非线性较大，平台产生大幅的低频漂移运动，两种方法差别显著，基于小幅运动假设的直接展开法明显低估了平台的低频运动幅值。应用本成果建立的分析方法对JIP Spar和Truss Spar平台开展了计算对比研究，本成果得到的结果更接近解析分析结果和试验结果，说明本成果建立的分析方法的合理性，可以用于深海平台的水动力分析中，具有实际工程应用价值。

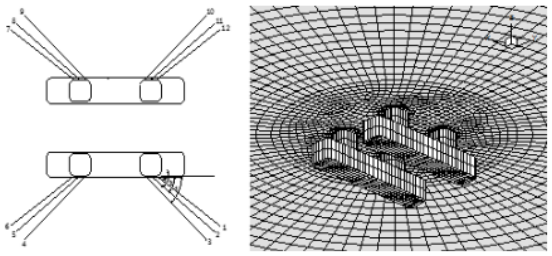

图5 海洋石油981平台锚链分布及计算网格划分

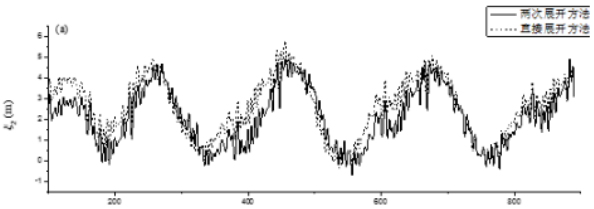

图6 两次展开法计算普通海况下垂直浮筒方向纵荡运动响应

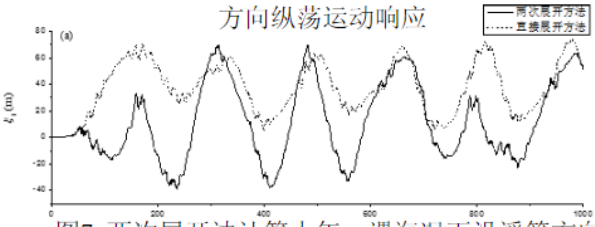

图7 两次展开法计算十年一遇海况下沿浮筒方向纵荡运动响应

2019年度科研队伍建设与研究生培养

科研队伍建设

依托建设工程学部，2019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改革，深化人才发展体制机制改革，改进人才评价机制，健全人才培养机制，构筑一流人才发展体系。制定出台《建设工程学部引进人才暂行办法》、《建设工程学部高层次人才柔性引进暂行管理办法》等6个文件，通过设置引进人才伯乐奖，赴香港、新加坡、英国等地进行海外招聘等措施加大引进人才力度。2019年引进人才5人，其中教授1人，副教授4人，重点引进的杰出青年基金获得者宋长春教授，成为实验室在陆海水域环境与海岸侵蚀防治等方面研究的学术带头人。在人才培养方面，实验室也收获丰富，伊廷华获聘“长江学者奖励计划”特聘教授、中国青年科技奖等荣誉；张弛获批国家杰出青年科学基金、入选“万人计划”领军人才；卢鹏获批国家优秀青年科学基金；程亮获得辽宁省科学技术奖国际合作奖；赵云鹏、安永辉入选辽宁省兴辽英才计划青年拔尖人才。

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，实验室尤其注重拓展培养学生的国际化视野，2019年，实验室副主任宁德志教授与英国埃克塞特大学、菲律宾德拉萨大学联合承担的“海上能源工程与创新合作项目”获批中英大学伙伴服务“一带一路”项目，该项目为该计划首批设立的六个项目之一，旨在海洋可再生能源领域开展深入科研

和教育合作，增进学术交流和学生流动，设立和开展联合研究生学位项目，利用科研和教学优势培养教育下一代的国际化海洋能源工程师。2019年，实验室培养博士研究生48人、硕士研究生347人；目前在读博士生496人、硕士生1129人。

2019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”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。为助力一流学科建设，推进国际化合作与交流，提高人才培养水平，营造健康良好的学术氛围，2019年，实验室设立了“国外学者来访基金”，制定相关管理办法，效果显著，首次资助邀请海外来访学者14人，资助额达36.66万元。2019年长聘“海外访问学者”4人，博士后14人。

持续推进海洋工程国际联合研究中心和海洋油气工程国际合作联合实验室建设，提高学术水平和国际化水平，拓展了实验室可持续发展的空间。2019年，实验室充分发挥国际合作平台优势，在研国际合作项目10个，联合发表论文106篇，其中JCR 1区论文65篇，显著提升了实验室在海洋工程领域的国际影响力。

实验室非常重视与国内外学术机构的交流与合作，2019年主办、承办国际、区域、双边、国内大中型学术会议8场，接待来自日本埼玉大学、澳大利亚莫纳什大学、英国卡迪夫大学、英国莱斯特大学、欧洲黑山大学等的国外访问学者34人次；参加国内外学术会议200余场，做主题报告37人次；组团走访了走访了英国斯特格莱德大学、澳大利亚西澳大学、韩国釜山大学、天津大学、中国海洋大学等学府，开展学术交流、洽谈合作事宜。

2019年，实验室接待来访人员近千人，其中接待西澳大学、伦敦城市大学、香港新界校长会、宁波大学、北极航行冰科学与工程夏季班等来访师生参观147人；作为大连市科普教育基地，接待来访市民40余人，“公众开放日”接待市民300余人；配合学校招生宣传，素质拓展教育等接待来访大学生200余人，中学教师及学生200余人。 6月14日-16日，实验室举行第三届“公众开放日”活动，活动形式采用展板展示、视频讲解、现场试验和介绍等多种方式，不仅让参观者对实验室有了感官上的认识，更从科学的角度对海洋知识有了进一步了解。活动3天实验室累计接待来访300余人次，广泛向公众展示了深海大洋的魅力。

另外，依托完善的试验设备条件，实验室每年开设20个左右土木水利前沿实验专题，采取小班授课的形式，每班不超过15名学生，通过课堂讲授与试验实际操作相结合的方式，向本科一年级学生普及相关专业科学前沿，激发同学们的科研兴趣。课程在学生中反响强烈，通过实施这样的研究型教学方式，让学生在试验教学中感受理论知识的产生和发展过程，不仅促进了理论课程的学习热情，发挥自主学习和利用各种资源获取知识的能力，而且培养了科学研究的素养和创新思维的能力，为优秀学生脱颖而出提供有利的环境。让学生真切感受到学科发展的现状和方向，也有利于学部大类招生的学生将来按照不同的学科兴趣选择专业。

图8 大学生参观实验室

图9 开放日活动

平台与仪器

实验室的仪器管理制度完善，2019年，依托建设工程学部成立了实验管理中心，制定“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，制定《大连理工大学建设工程学部实验管理中心工作条例（试行）》，完成“实验资源信息服务平台”的立项、论证和采购工作，网站开发已完成并试运行。实验室的大型仪器设备大部分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。