

文章编号: 1005-9865(2009)01-0110-05

国际近海工程研究进展

——第 26 届近海力学与极地工程国际会议海洋工程分会简介

舒颢俊^{1,2}, 江森汇^{1,2}

(1. 河海大学 海岸灾害及防护教育部重点实验室, 江苏 南京 210098; 2. 河海大学 环境海洋实验室, 江苏 南京 210098)

摘 要: 简要介绍了 2007 年 6 月在美国圣迭戈举行的第 26 届近海力学与极地工程国际会议海洋工程主题分会的概况, 分别从船舶研究与实际运用、水下技术研究与进展、海洋建筑物、水动力理论研究与应用以及海底矿产和能源开发利用等方面叙述了国内外海洋工程的研究进展情况, 为国内相关领域的研究提供有益参考。

关键词: 海洋工程; 水动力; 海洋建筑物; 水下机器人; 海底矿产

中图分类号: P741 **文献标识码:** A

An introduction of 26th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering

SHU Xie-jun^{1,2}, JIANG Sen-hui^{1,2}

(1. Key Laboratory of Coastal Disaster and Defence, Ministry of Education, Hohai University, Nanjing 210098, China; 2. Laboratory of Ocean Environment, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: This paper contains the briefing of the papers presented in the Ocean Engineering session of the 26th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering. Advances of ship research, underwater technology study, ocean engineering structure, hydrodynamic theory research and engineering application, and exploitation of seabed minerals and energy resources are introduced, thus providing beneficial reference for related researches in China.

Key words: ocean engineering; hydrodynamics; ocean engineering structure; underwater vehicle; seabed mineral

近海力学与极地工程国际会议(International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering, 简称 OMAE)是海洋、近海力学、极地工程以及相关机械领域举办的一个国际性学术会议。会议创办于 1982 年, 每年举办一届, 由美国机械工程师协会下的海洋、近岸与极地工程学会(Ocean, Offshore, and Arctic Engineering Division of the American Society of Mechanical Engineers)主办。会议的主要目的是针对近海与极地工程的基础研究以及实际应用中的最新进展, 为研究者和相关产业的从业人员以及政府部门提供一个讨论交流的国际平台, 对于推动全球近海与海洋工程领域的发展, 促进世界专家学者的学术交流和各国政府部门在相关领域的合作起到了重要作用。和上一届在德国汉堡举办的会议一样, 2007 年 6 月在美国圣迭戈举行的第 26 届近海力学与极地工程国际会议也有八个主题分会, 分别是: 近海工程技术、建筑物安全与可靠性、材料工艺、管

收稿日期: 2008-06-02

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40476039); 博士点基金资助项目(20050294009)

作者简介: 舒颢俊(1983-), 男, 江西靖安人, 博士生, 主要从事港口航道水动力学的研究。Email: shuxiejun@tom.com

道与立管技术、海洋空间利用、海洋工程、极地科学与技术、CFD与VIV等八个分会。在此主要介绍了此次海洋工程主题分会会议论文^[1]的主要研究成果,为读者提供了国际上相关研究领域的进展状况。为方便检索,引用论文的同时给出其在论文集集中的论文编号。

1 船舶研究与实际运用

船舶是人们的水上交通工具,随着全球经济的发展,船舶运输日益重要,因此受到越来越多的关注^[2]。

国际上船舶研究主要集中在各种海洋动力与船舶的相互影响上,尤以波浪与船舶的相互作用为研究重点^[3-4]。运用线性势流理论描述流体运动和采用三维源汇法计算船舶在波浪中匀速前进时受到的力,由此精确模拟船舶耐波性能,并用经典巴拿马型集装箱船进行验证(29170)。波浪中两船相互影响条件下耐波性能数值模型模拟了在两船垂荡、横摇以及纵摇等情况下船舶的耐波性能(29328)。“波浪中并列式系泊船的高效时域模拟(29749)”计算了两艘并列式系泊船受规则海况或随机海况下风、波浪、海流作用,速度为零和不为零时的六个自由度运动,是预估静止或前进的船舶与水动力相互影响的有效工具,并证明了在船舶结构布局评估过程中此方法对早期设计非常有用。大型油轮的波浪慢漂阻尼研究在静水的阻尼系数线性项引入一个附加阻尼,并进行模拟大型油轮在波浪中的运动衰减实验,从中得到波浪慢漂阻尼(29591)。

在内倾船型的横摇阻尼机理及模型方面,David J Grant等通过在一定范围的前进速度下一系列静水受迫横摇模型试验验证内倾船型的横摇阻尼机理(29310),试验为半经验横摇阻尼模型的研发和验证提供数据,用于模拟船舶运动以及横摇阻尼分析模型的改进和发展。NSWCCD做了一系列模型试验来研究传统船型和改进内倾船型的横摇阻尼机理,评估水面舰船的耐波性能、机动和水动力特性,从试验中收集数据用于研究横摇阻尼经验分析模型(29324)。

在船舶附体形状引起的波浪荷载研究中,Naval Surface Warfare中心在2005年做了研究波浪冲击荷载的实验,实验中记录了规则波不破碎的前提下,一个边长为0.305 m的正方形板和一个直径0.5 m的横向圆柱在各种波高、波长、波陡和板角度以及板和圆柱的浸没深度情况下所受的纵向和横向荷载,并运用仿真技术开发一个前馈神经网络来预测波浪横向力,对船舶结构设计有重要意义(29217)。挪威科技大学利用全尺寸物理模型试验的方法研究弓形船艏对远洋船舶船体垂荡和鞭状运动的影响(29148),试验表明船舶垂荡和鞭状运动主要受波浪的作用,船艏形状不同的情况下,波浪引起船舶振荡所造成的船体疲劳破坏程度没有明显不同。

关于液化天然气船对内槽液体晃荡的响应方面,美国Texas A&M大学对船舶运动与储罐内部液体晃荡的耦合和相互作用进行了研究,开发一个模拟储罐内部液体线性运动的三维面板程序,并与一个船舶在频域中运动的程序相结合,研究表明横摇运动的耦合作用随水槽内液体深度改变而改变,而相对于横摇运动,内槽液体运动对船舶纵摇运动的影响很小(29665)。“薄膜式液化天然气船设计晃荡载荷响应预估(29746)”采用薄膜式液化天然气储罐的晃荡模型实验和动力结构分析确定液化天然气储存系统的晃荡载荷,尤其是研究实测晃荡载荷长期的统计特性,为液化天然气储存系统结构评价确定设计晃荡载荷。

船舶系泊研究中系船缆疲劳破坏和系泊结构的可靠性^[5]成为评估的重要因素。Bluewater Energy Services所用的方法是改进的有限元法,考虑系船缆材料的弹性和缆绳之间的摩擦力,由数据库提供计算系船缆不同点的局部应力经验公式,根据船舶等漂浮物的运动来计算系船缆局部应力改变量以及疲劳破坏(29178)。“船舶系泊结构可靠性控制(29463)”介绍了多点系泊系统的水面船舶动力定位,控制器利用可靠性系数来决定安全操作所需的驱动力,其中结构可靠性测定是控制器的核心部分,它具有自动适应地形、水流、天气条件和各种系缆的特性。

2 水下技术与进展

海底资源的开发利用以及水下打捞的需求促进了自治水下机器人(AUV)和遥控式水下机器人(ROV)等水下技术的发展^[6],它们可方便地用来进行水下观测、设备检修以及搜索等,最近得到各国学者和有关部门的持续关注。

“自治水下机器人的水力推进模型率定(29061)”利用Pontryagin最大值原理发展了相关理论并得到可用于自治水下机器人测试的时间最优轨迹,用数学模型和水池试验相互验证了这些轨迹,这是理论到实用过程

的第一步。德国最新一代自治水下机器人——海狼,可运用在水下安全领域和水下科研方面,它的5个推进器使它具有很好的操控性能,并且可以装备光缆后进行长距离的宽带数据传输。海狼可以在极端复杂的情况下执行各种观测、检查和搜索任务,即使周围环境有许多干扰或者能见度很低,也能无需人的操控在水下大范围地自主探测和分辨异常情况(29110)。德国机器人技术实验室人工智能研究中心开发了一种自治模块化C型机器人,它具有双份操纵系统并可进行水下作业,介绍了新一代可视伺服技术控制方法以及用于机器人系统设计的网络(29202)。ONR BODY 1的水下机动模拟(29516)把水流非定常雷诺平均NS方程与刚体六自由度运动方程连结起来,通过计算程序预测物体的瞬时位置和姿态,整个模拟周期使用单套计算网格,保证了模拟结果的精确性。

ROV研究主要涉及系链、水下拖曳系统和光缆等方面,主要通过数值模型手段进行研究。ROV系链模拟采用有较高计算效率和精确度的确定系链自碰撞方法,通过组合全局优化方法来计算系链相隔的近似距离,再用局部优化法得到精确距离和最近点的位置来判断是否发生自碰撞(29153)。“二元拖带系统的二维动力数值模型研究(29166)”分析船舶在水下拖带部分高程和位置受到的波浪运动干扰。美国Woods Hole海洋研究所在WHOI Cable的二维版本上建立了模拟ROV光缆连接布置的数值模型,模型集成了速度和张力计算模块,可用来计算当地水流对光缆的拖曳系数和最大工作荷载(29442)。

3 海洋建筑物

海洋平台、人工渔礁等海洋建筑物对人类利用海洋能源和渔业资源有重要意义,许多学者采用物理试验、数学模型以及现场观测等手段进行相关研究^[7-8]。

Petrobras通过与一些大学和研究机构的合作,对一种新概念的海洋石油钻井平台进行了投资,目的是减小工作在深水范围的海洋石油钻井平台产生的位移,研究涉及到波浪对不同垂荡板和不同直径单柱Spar平台的影响(29024)。“自升式海洋平台在畸形波中的波浪荷载和结构分析(29434)”研究了畸形波对位于北海的一个移动钻井平台的影响,所用的模型利用流体体积法的界面捕捉技术求解雷诺平均NS方程。伊朗的SeaStar是新一代的张力腿平台,它类似于一个圆柱,具有TLP的响应特性,通过在一个波浪水槽中用一个比例为1:100的SeaStar TLP模型试验得到模型在不同的系链索和各种方向的规则入射波情况下不同自由度造成的张力(29678)。

Reza Taghipour通过状态空间模型对一个海上柔性建筑物进行时域水弹性分析,数学模型中的卷积项用状态空间表达式代替,模型的参数由状态空间原理得到(29272)。“近海结构物外壳设计约束多目标优化运用(29625)”介绍了近海结构物外壳设计自动优化的发展过程,把先进参数设计算法、波浪建筑物相互作用数值分析和多目标优化都集成到计算机辅助设计系统里,可设计出有较高耐波性能的外壳形状,还开发了Pareto frontier优化方法,在优化过程中考虑各种约束,去掉不可行的设计,为使用者提供最佳设计方案。

“人工鱼礁的水动力理论、生态影响和风险评估(29404)”用物理实验和数值模拟的方法研究了人工鱼礁的水动力特性和生态影响,并结合中国海最重要的自然灾害——台风造成的极端海况来评估人工鱼礁的风险。近海水产养殖柔性结构设计中运用有限元分析程序ABAQUS研究在张拉整体结构受到水动力荷载和各种外力造成变形时的刚度特性和性能,展示了张拉整体梁在拉伸、压缩和弯曲方面的刚度特性优势(29735)。

4 水动力理论与工程应用

海洋水动力主要研究热点是各种水动力理论及其在实际工程中的应用^[9-10]。对波浪、水流等动力因素的研究有:基于有效波高模拟的神经网络采用统计学和人工神经网络的方法以3h之前的有效波高观测数据预测条件,通过概率密度函数预测波浪要素的概率分布,从有效波高随机变化的样条函数分布得到短期或长期有效波高预测(29171)。“陡变地形水域的波浪和平均流预测耦合模式技术(29365)”建立了一个完整的相位解析波浪模型,耦合中、浅水深的平均流方程的迭代计算,得到陡变地形中、浅水深的波浪和波生流精确计算。“中咀湾工程波浪数值模拟(29504)”采用基于改进缓坡方程的波浪数学模型计算中咀湾极端高水位和设计高水位时各种波况的波浪要素,为中咀湾防波堤提供设计参数。“磁场中非线性波浪运动利用(29573)”开发一种小型阻尼设备来控制建筑物的晃动,初步结果显示磁场能有效抑制自由表面的运动,并为小型阻尼设备提供额外能量。

理论实际应用方面涉及波浪、水流与海洋建筑物、渔网、海底的相互作用等内容。“对波浪中物体运动的三维大振幅(29261)”研究了有前进速度和没有前进速度两种情况下三维时域波浪与建筑物相互影响,模拟计算从静止开始到有一个前进速度再达到稳定情况,最后得到了具有前进速度的改进 Wigley 船产生周期性受迫运动的情况。法国 J C Gilloteaux 等人研发了一个时域非线性势流模型,可以计算 SEAREV 设备在指定海况或随机海况下的大振幅运动(29308),悬浮部分可三维六自由度地运动,水流假设为均一不能压缩、无粘性并无旋的,水深为无穷大且不考虑表面张力,通过高阶谱法给出入射波场。波浪、网阻尼作用和力相互作用的实验研究结果显示渔网的阻尼作用和波浪力并没有必然联系,但复杂非线性过程对水流与渔网的相互作用有影响,入射波的非线性能量将导致渔网受到更大的非线性波浪力(29680)。澳大利亚悉尼大学先建立一个随机波浪对海底沉积物造成的剩余孔隙水压力模型,再结合以前的研究成果整合成一个新模型(PORO-WSSI),通过新模型研究波浪与海床的相互作用(29481)。

在推算极端水位方面,源自 ISO-compliant 的北海 10000 年重现期极端水位推荐方法(29559)采用了新的 ISO19901-1 标准,波峰高度综合考虑波浪要素长期和短期分布得到,并比较 ISO-compliant 中计算极端波峰高度的三种方法,最终得到一个考虑极端波峰高度、潮位和风暴潮的极端水位联合概率算法。

这次分会涉及海啸、风暴潮等海岸灾害的研究不多,只有孟加拉国国立工程技术大学利用印度洋海啸模型模拟了孟加拉海湾情况,初始扰动条件由 2004 年印度洋海啸状况提供,重现了海啸发生时波高和波浪变形的动态过程(29691)。

5 海底矿产与能源开发利用

如今矿产和能源已成为一个国家的战略资源,许多沿海国家在陆地上不断勘察的同时,日益加强对海底矿产和能源的开发利用,并加大了对相关技术研究的投入^[11-12]。Ormen Lange 是在 Norwegian shelf 发现的第二大天然气田,水深达到 850 m,是挪威大陆架的第一个深水工程,从挪威到达英国东海岸的海底管道必须经过比大陆架高 200~300 m 且坡度非常陡的 Storegga 滑坡边缘,需要用大约 2.8×10^6 t 的岩石来支护运输管道,“Ormen Lange 气田的海上岩石支护快速解决(29038)”分别从海床表面侵蚀、岩石块体穿透深度、支护结构建造过程的沉降和海床受压变形等 4 个方面讨论了如何评估初始沉降,并对计算结果进行比较和反分析,证明了计算方法的适宜性。“深海锰结核开采系统设计合成研究(29239)”详细介绍了用于深海锰结核开采系统的设计合成方法和发展,锰结核等深海矿产的开采对机械设计是一个很大的挑战,开采机械要保证能在 5000 m 水深的稀软海床上长时间工作,目前的工作是通过研究结构融合,加固、浮力和防护的功能共享,动力相互平衡以及设备的响应等来改进传统设计合成方法,而新兴的仿生学设计方法对锰结核开采系统的设计合成具有显著效果。

6 结 语

由于海洋资源的丰富性,随着社会经济的发展,各国研究机构都对可持续利用海洋资源投入了大量的人力物力,此次会议为我国与其他国家同行提供了讨论交流的平台,可以了解国际上在相关领域的研究进展。

从本次分会论文总体上看,主要介绍船舶研究与实际运用、水下技术、海洋建筑物、水动力理论研究与应用以及海底矿产和能源开发利用等方面的研究现状和未来发展趋势,研究手段主要为现场观测、理论基础研究、物理模型试验和数学模型相结合等。我国在水动力学和结构分析的理论基础研究以及物理模型试验和数学模型相结合两方面已基本接近国际先进水平,但在现场观测方面有所欠缺,尤其是缺乏观测数据,并且观测仪器也比较落后,还需国家和研究机构在相关领域加大投入力度。

参考文献:

- [1] Proceedings of 26th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering [C]. OMAE 2007, 2007.
- [2] 杨承新. 现代物流与海运战略探究[J]. 世界海运, 2000, (1): 41-43.
- [3] Newman J N. Second-order slowly varying forces on vessels in irregular waves [A]. Proc Int Symp Dynm Marine Vehicles Struct Waves [C]. London: IMechE, 1974.
- [4] Xie Yonghe, Xu Jinsong, Li Runpei. Wave induced loads on very large FPSOs at restricted water depth [J]. China Ocean Engineering,

2005, 19(2): 215 - 224.

- [5] 李文龙, 谭家华. 我国战略石油储备船系泊系统安全性评估[J]. 中国造船, 2005, 46(2): 87 - 95.
- [6] 封锡盛. 从有缆遥控水下机器人到自治水下机器人[J]. 中国工程科学, 2000, 2(12): 29 - 33.
- [7] Toulou Onoufriou. Overview of advanced structural and reliability techniques for optimum design of fixed offshore platform [J]. J. Construct Steel Res., 1997, 44(3): 181 - 201.
- [8] Mark Baine. Artificial reef: a review of their design application management and performance [J]. Ocean & Coastal Management, 2001, 44: 241 - 259.
- [9] 张海彬, 赵耕贤. 水动力分析在海洋结构物设计中的应用[J]. 中国海洋平台, 2008, 23(1): 1 - 6.
- [10] 李炎保. 韩国海岸港口工程概况[J]. 海洋工程, 2001, 19(2): 61 - 68.
- [11] Glasby G P. Deep seabed mining: past failures and future prospects [J]. Marine georecources and geotechnology, 2002, 20: 161 - 176.
- [12] 方银霞, 包更生, 金翔龙. 21 世纪深海资源开发利用的展望[J]. 海洋通报, 2000, 19(5): 73 - 78.

~~~~~  
(上接第 109 页)

#### 参考文献:

- [1] Bechaz C, Thomas H. GIB system; the underwater GPS solution[A]. UDT(Undersea Defence echnology)Europe 2000[C]. 2000.
- [2] 王泽民, 罗建国, 陈琴仙, 等. 水下高精度立体定位导航系统[J]. 声学电子工程, 2005, (2): 1 - 3.
- [3] 李小民, 李建增, 宋 军, 等. 水下 GPS 应用方法研究[J]. 测控技术, 2004, 23(6): 57 - 59.
- [4] 陈俊昌. 外观海浪谱及其估计[J]. 南海海洋科学集刊, 1982, (3): 73 - 79.
- [5] 管长龙. 风浪槽内风浪外频谱谱形的一些特征[J]. 青岛海洋大学学报(自然科学版), 2000, 30(1): 1 - 6.
- [6] 罗 亮, 杨东凯, 王宏燕, 等. 基于单频 GPS 的单点测浪方法的研究[J]. 遥测遥控, 2007, 28(1): 42 - 47.
- [7] 王正明, 易东云, 周海银, 等. 弹道跟踪数据的校准与评估[M]. 长沙: 国防科技大学出版社, 1999.
- [8] 易东云. 动态测量误差的复杂特征研究与数据处理结果的精度评估[D]. 长沙: 国防科技大学博士论文, 2003.

# 国际近海工程研究进展——第26届近海力学与极地工程国际会议海洋工程分会简介

作者: [舒懿俊](#), [江森汇](#), SHU Xie-jun, JIANG Sen-hui  
作者单位: [河海大学, 海岸灾害及防护教育部重点实验室, 江苏, 南京210098](#); [河海大学, 环境海洋实验室, 江苏, 南京210098](#)  
刊名: [海洋工程](#) [ISTIC](#) [PKU](#)  
英文刊名: [THE OCEAN ENGINEERING](#)  
年, 卷(期): 2009, 27(1)

## 参考文献(12条)

1. [Mark Baine Artificial reef:a review of their design application management and performance](#) 2001
2. [Toula Onoufriou Overview of advanced structural and reliability techniques for optimum design of fixed offshore platform](#)[外文期刊] 1997(03)
3. [封锡盛 从有缆遥控水下机器人到自治水下机器人](#)[期刊论文]-[中国工程科学](#) 2000(12)
4. [方银霞;包更生;金翔龙 21世纪深海资源开发利用的展望](#)[期刊论文]-[海洋通报](#) 2000(05)
5. [Glasby G P Deep seabed mining:past failures and future prospects](#) 2002
6. [李炎保 韩国海岸港口工程概况](#)[期刊论文]-[海洋工程](#) 2001(02)
7. [张海彬;赵耕贤 水动力分析在海洋结构物设计中的应用](#)[期刊论文]-[中国海洋平台](#) 2008(01)
8. [李文龙;谭家华 我国战略石油储备船系泊系统安全性评估](#)[期刊论文]-[中国造船](#) 2005(02)
9. [Xie Yonghe;Xu Jinsong;Li Runpei Wave induced loads on very large FPSOat restricted water depth](#)[期刊论文]-[China Ocean Engineering](#) 2005(02)
10. [Newman J N Second-order slowly varying forces on vessels in irregular waves](#) 1974
11. [杨承新 现代物流与海运战略探究](#) 2000(01)
12. [查看详情](#) 2007

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_hygc200901018.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_hygc200901018.aspx)