



前言 · 海洋工程水动力学

中国具有漫长的海岸线和辽阔的海域,蕴藏着丰富的矿物、油气和生物资源.为了满足经济增长和能源安全的需求,我们自 1970 年开始,迄今已建成海洋石油工业体系,中国工程师已经具有自主设计和制造近海水深 300 m 的固定式平台的能力.近 20 年来,世界各国能源工业已经把注意力从大陆坡转向深海盆,所以适合浅水作业的导管架平台必须由适合于深水开采的浮式结构所取代,其中最具有代表性的类型有张力腿平台(Tension Leg Platform)、半潜式平台(Semi-Submersible Platform)、单柱式平台(Spar)和浮式生产储油系统(Floating Production, Storage and Offloading Unit)等.为了利用海洋空间,超大型浮式结构(Very Large Floating Structure)可以弥补沿海地区土地资源的不足.因此,海洋工程已经受到国家、工业界、工程界、科学界的重视.

众所周知,海洋工程结构必须能承受来自严峻海洋环境巨大的流体动力载荷.显然,要求这些浮式结构的动力响应限定在一定的范围内,这对于保证正常钻井、生产和作业是至关重要的.特别是在全球气候变化的背景下,类似于 2005 年卡特里娜和丽塔那样的飓风可能比以往更加频繁地发生.因此,海洋工程在这一领域需要解决的科学问题有:强非线性水波;极端风、浪、流环境及其相互作用;浮式平台的动力响应;小尺度结构的涡激振动等.总起来说,我们所面临的挑战性问题是:极端海洋环境预测及其与海洋结构物的流体动力相互作用.只有当这些前沿问题解决以后,才有可能实现自主创新地设计和制造深水浮式油气钻探、生产平台的目标.

在这种情况下,本刊经过同行评议,中、英文共录用了 16 篇有关海洋工程流体力学的论文,以专题形式,分别在《中国科学:物理学、力学、天文学》英文版(2011 年 54 卷第 1 期(8 篇)和中文版(2011 年 41 卷第 2 期(8 篇)上发表了.这些论文涵盖了上述的相关科学问题的诸多方面,如:基于修正的非线性薛定谔方程(mNLS)研究瞬变波的演化,阐明了畸形波的发生机制;发展了数值波浪池的造波和消波技术获得所需的规则波和随机波,尤其是可以造出波群的若干个连续大波,为模拟海洋结构物的破坏场景提供条件;用同伦变换方法从理论上探讨了波流(指数衰减型)相互作用机理;采用缓坡方程模型模拟了近岸区波浪变陡、破碎和生流的过程;基于 FVCOM 建立波流耦合模型,模拟了卡特里娜飓风在墨西哥湾引起的风暴潮;通过在势流模型中引进一个阻尼力,提高了预测多个并排的超大型浮式结构或多个液化天然气运输船窄隙中的共振波幅的能力;通过分析容器内分层液体晃动的共振频率以避免液化天然气运输船(LNG)因液体晃动的抨击破坏;由于超大型浮式结构可能产生大变形,研究了水表面波与任意形状薄弹性板的水弹性问题;在中国南海现场观测了环境参数和 FPSO 的 6 个自由度运动,计算定位锚链所受的张力;分析了锚链轴向刚度对 FDPSO 的水平运动的影响;模拟了在不同低频环境载荷作用下,半潜式平台动力定位系统的定位能力与功率消耗;采用尾流振子模型模拟单柱式浮式平台横荡的周期与振幅;研究围油栏前垂向压力梯度对油水界面稳定性的影响,分析了导致围油栏可能失效的机理;在计算水动力学方面,高性能的计算方法不断涌现,如:移动粒子半隐格式及其改进(MPS, XMPs),快速多极子边界元方法(FMBEM)可以高效、准确地模拟大变形的自由面及其与结构物的相互作用,发展了黏性波浪理论及其算法,将 SST $k-\omega$ 湍流模型,Level set 和压力隐式分裂算子方法(PISO)结合起来,可以获得 Wigley 船和 DTMB 5415 现代复杂船型的阻力系数和船行波的波型,与船模实验进行了比较.

我们非常高兴地看到,在本专题的研究中,往往采用理论、数值、实验和现场观察相结合的方法,这是值得提倡的.本专题为海洋工程和相关领域的工程师和研究人员提供了一个学术交流的平台,可以期望,它一定能在深化海洋工程力学前沿问题的研究中发挥积极作用.

李家春

中国科学院力学研究所

2011 年 1 月 12 日