

·RS 推介·

流体力学在海洋工程中的研究进展

海洋工程以开发、利用、保护、恢复海洋资源为目的,在海岸线向海一侧进行新建、改建、扩建工程。*Philosophical Transactions of the Royal Society A* 2015年373卷2033期发表了“流体力学在海洋工程中的研究进展”专题,探讨了流体力学应用于海洋工程所取得的最新进展,并着重强调其中的建模问题,本期专题由 **Maurizio Brocchini** 和 **Odd Magnus Faltinsen** 整理编辑(图1)。专题中强调,尽管与可再生能源开采(从波浪、水流和风力)相关的“新兴海洋工程”非常重要,但人们仍应该将注意力集中在“经典海洋工程”,也即服务于海军、石油和天然气产业的工程领域。这两个领域的研究方向在实际应用中差别较为明显,但从物理学角度考虑其差别不大。



图1 流体力学在海洋工程中的研究进展
<http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/373/2033>

非线性规则波中三次谐波力激发的张力腿平台共振

哈尔滨工业大学的 **Zhou** 等基于完全非线性理论,采用高阶边界元法(BEM)研究了由规则波的三次谐波力激发的浮动张力腿平台(TLP)共振。作者基于通过主体从无穷性和扰动势而来的输入波,将总波高度和总速度势分离成

两部分。在远场下,应用数值辐射条件吸收扰动势,而不会影响入射势。在自由表面上的边界元网格仅在初始时间生成一次,随后使用弹簧分析方法使该元素节点在不改变连接的情况下发生重排。通过一些辅助功能,解耦流体/构造动作的相互依赖,这样无需知道压力的分布便可获得的主体加速度。对浮动TLP与波的相互作用进行数值模拟,重点在于主要由高次谐波力激发的动作。同时作者还研究了在规则波三重波频下由三阶力所产生的ISSC TLP共振,以及应力束的张力。

大风暴中海底管线的稳定性

西澳大利亚大学的 **Draper** 等认为,底部稳定性设计对确保海底管线输送烃类的安全性和可靠性来说非常重要,但要在恶劣的海洋气象条件(气象学和海洋学)尤其是大风暴下(如热带气旋、飓风或台风)实现起来则是一项挑战。因为海底流动可以导致管线在沙质海底的下降和自我埋藏,同时目前也未见有工业设计标准利用海底流动的潜在性能提供指导。文中作者展示了管道冲刷实验模型的最新进展及管线在大风暴中稳定性变化的研究结果。作者还特别考察了风暴的初始阶段,在这段期间侵蚀床的冲刷是不可避免的,因为该条件下风暴速度经历了峰值。在此初始阶段,作者比较了一次大风暴近床峰值速度的增加速率(通常小于 10^{-3} m/s^2)和一条管线冲刷随后下降的速率(其不仅依赖于风暴速度,还与下降机制和管线属性有关)。研究表明,二者相对差异的幅度影响着管线在风暴中的包埋和管线稳定性。

浮动二维体与月池的波振响应

船舶与海洋结构中心(CeSOS)的 **Fredriksen** 等研究了浮动静态二维体与月池的规则波振行为。研究的重点在于

月池和刚体运动的活塞模式谐振运动。作者进行了二维实验,并进一步发展了先前应用于相关问题的两种数值混合方法。这两种数值方法伴随势能和黏性流动,半非线性混合方法采用线性自由面和体边界条件,另一方法采用全非线性自由面和体边界条件。谐波多项式元方法在势流域解拉普拉斯方程,而有限体积分法在近体黏流域解Navier-Stokes方程。两组方法的结果与实验数据进行比较。非线性混合方法与数据的一致性较好,而半非线性方法观察到某些差异,过度预测了辊运动。文章讨论了在半非线性混合方法的误差来源。月池强烈影响了月池活塞模式谐振频率附近的频率范围下的垂荡运动。活塞模式谐振频率下月池中未发生谐振的水中运动。相反,垂荡固有频率下发生月池的大运动,与活塞模式谐振频率附近的小阻尼相关。

陡波和表面穿孔列间的相互作用

伦敦帝国学院的 **Swan** 等给出了受到广泛表面引力波的一个单面穿孔列的实验结果。选择列直径 D 使波流在拖拽性机制内,识别了两种类型的高频波散射。第一种由列表面在上游和下游滞流点附近的溯升和冲下所驱动。第二种涉及列周围的流体循环,其导致一对非同心波阵面的散射。第二种模式演变的波周期相位取决于流体移动绕柱的时间。这引入了额外的时间尺度,解释了为什么现有基于入射波谐波分析的衍射解,无法描述这种散射组件。散射波和下一个(陡峭)入射波之间的相互作用可以产生散射波的大量扩增,特别是第二类型的散射波。作者提供证据表明了这些相互作用可以产生高度局部化的自由表面效果,包括垂直喷射(对甲板高程的设定具有重要意义)、波浪冲击的发生和大溯升速度的发展。

(编译 田恬)