

内流对剪切流作用下立管横向涡激振动特性的影响¹⁾

段金龙^{* 2)}, 周济福^{* +}, 王旭^{* +}, 陈科^{**}

^{*} (中国科学院流固耦合系统力学重点实验室, 中国科学院力学研究所, 北京 100190)

⁺ (中国科学院大学工程科学学院, 北京 100049)

^{**} (上海交通大学海洋工程国家重点实验室, 上海交通大学, 上海 200240)

摘要: 深海资源开采工程中, 海洋立管在输送油气以及矿产资源的同时, 极易受到海洋波浪的影响, 从而产生涡激振动现象 (VIV), 影响立管的疲劳寿命。目前大部分研究主要针对外流诱发的涡激振动展开, 而海洋立管的内部流动很可能使得立管表现出更复杂的动力学特性。因此, 有必要对内外流共同作用下海洋立管的涡激振动特性进行研究。

鉴于此, 本文基于 Euler-Bernoulli 梁方程和半经验时域水动力模型, 建立了含内流海洋立管涡激振动预报模型, 运用有限元方法对含内流立管控制方程进行离散, 使用 Newmark- β 逐步积分法求解方程, 并将该模型数值模拟结果与已有的实验结果进行了对比, 验证了模型的准确性。在此基础上, 研究了剪切流下含均匀稳定内流的顶张立管在不同内流速度和密度下的横向涡激振动响应, 主要分析了立管在不同内流速度下的横向主导振动模态、主导振动频率以及位移均方根 (RMS) 等涡激振动参数。

结果表明, 剪切流下含内流海洋立管在横向上表现出多模态多频率的涡激振动; 随着内流速度和密度的增大, 立管在横向上的最大均方根位移表现出增大的趋势, 特别是当内流速度较大的时候, 横向最大均方根位移明显增大; 立管在横向上的主导振动频率随着内流速度和密度的增大而减小, 并且内流密度的增大会引起模态转换和频率转换。

本文对含均匀稳定内流的海洋立管在剪切流下的横向涡激振动特性进行了一系列数值研究, 所获得研究成果, 可为今后深入研究内外流耦合作用下海洋立管涡激振动特性机理和变化规律提供参考。

关键词: 海洋立管; 内流; 剪切流; 横向涡激振动; 半经验时域预报模型;

1) 资助项目 (国家重点基础研究发展规划 (编号: 2017YFC1404200)、国家自然科学基金 (编号: 11972352) 和中国科学院战略性先导科技专项 (编号: XDB22040203, XDA22000000))