

两相流水平管道流致振动数值模拟及实验研究

宿恒¹, 瞿叶高^{1*}, 彭志科¹, 谢永诚²

(1. 上海交通大学机械与动力工程学院, 上海 200240;

2. 上海核工程研究设计院有限公司, 上海 200233)

摘要: 以水平直管为研究对象开展两相流输运管道流致振动数值仿真与实验研究, 研究了水平直管在气液两相流作用下的振动响应, 重点考察了段塞流及气泡流下气液表观流速对流体脉动压力和管道振动响应的影响规律。基于流体体积 (VOF) 方法及分区强耦合算法建立了水平直管流固耦合计算模型, 研究了段塞流作用下两相流的流动特性及直管的流致振动响应。经过对比, 模拟结果与实验结果具有很好的一致性。研究表明, 段塞流引起的压力脉动幅值最大且随气相表观流速的增加逐渐增大, 气泡流引起的压力脉动幅值远小于段塞流且波动均匀; 段塞流引起的脉动压力频段范围集中在 0~5Hz 以内, 峰值频率随气相表观流速的增加而减小, 气泡流脉动压力频段范围较宽且没有明显的峰值频率; 管道振动幅值随气相表观流速增加而增大, 振幅最大值出现在段塞流; 两相流周期性冲击激励主要激起管道的低阶运行模态, 管道振动响应的主频随气相表观流速的增加逐渐增大。

关键词: 两相流; 水平管道; 宽频压力脉动; 流致振动

基于 CFD/CSD 耦合的间隙非线性气动弹性数值研究

黄程德*, 郑冠男, 杨国伟

(中国科学院力学研究所, 北京 100190)

摘要: 在飞行器操纵面的铰链处往往存在间隙非线性, 会导致在低于线性颤振速度下就出现了流固耦合振动, 如极限环振荡。对于实际工程应用, 结构模型往往是三维的, 流动也是复杂的, 会存在跨音速流动、粘性效应等气动非线性因素。建立基于计算流体力学/计算结构力学 (CFD/CSD) 耦合的间隙非线性气动弹性分析方法 (JSV, 494 (2021), 115896)。流场网格变形采用径向基函数方法, 减缩结构运动方程的建立采用虚拟质量法, 间隙非线性切换点的捕捉采用二分法, 通过二分法确定的自适应时间步长要返回到 CFD 程序, 从而实现 CFD 和 CSD 的耦合。对一类典型的三维全动舵面进行气动弹性分析, 对本文提出的 CFD/CSD 耦合方法与传统基于面元法的等效线性化方法进行比较。讨论极限环振荡、初始条件影响、时滞现象、倍频响应、粘性效应、跨音速凹坑等问题。对跨音速条件下开展极限环临界速度计算, 发现极限环临界速度同样存在跨音速凹坑。计算表明, 极限环的跨音速凹坑比传统线性颤振的跨音速凹坑下降将近 50%。

关键词: 气动弹性; 间隙非线性; 颤振; 跨音速凹坑; 极限环

基金项目: 国家自然科学基金 (11702298, 11672303)