

声源激励下的声-振耦合响应分析

杨焱^{1*}, 吴臣武¹

1. 中国科学院力学研究所 北京市海淀区北四环西路15号 100190

摘要: 监控单元在现代航空航天飞行器中有重要作用, 通常置于相对封闭的薄壁容器内。为提高监控单元可靠性, 需要准确描述其环境条件, 包括其声学、振动状态和热环境, 三者存在相互作用, 其结构和声响应是耦合的。本文通过一个典型结构模型, 建立热-声-振耦合响应分析方法, 研究监控及控制单元的多物理环境特征。首先建立考虑热膨胀效应和热软化效应的热-结构动力学控制及有限元模型, 其次进行不同声激励下的声-振耦合数值分析; 用该耦合方法预测了该盒子壁面的声传递损失, 建立了监控单元薄壁容器多物理环境与声-结构响应的数值预测方法。

关键词: 振动; 声学; 热结构; 多物理环境

中图分类号: O32/O42 **文献标识码:** A

现代高速飞行器越来越追求高机动性和操纵性, 监视和控制单元逐渐成为飞行器总体性能的中枢。监控单元的元器件可靠性往往对环境的振动和噪声状态会提出较严格的要求。因此, 在设计阶段, 都需要进行相应的振动-噪声环境考核[1]。近年来, 为了提高各个环节的效率, 数值计算和预测手段逐渐应用于飞行器设备的环境设计与优化。对于高速飞行器结构而言, 当温度升高时, 材料特性如材料的弹性模量, 会相应地改变, 从而引起结构动力学行为的改变。结构动力学行为的变化, 就会改变它与所处流场的相互作用, 比如噪声分布和传播等, 而流场变化反过来又会改变它对结构的激励, 这本质上将是一个热-声-振耦合过程。这方面的研究目前正在快速发展中, Jeyarai 等[2]研究了热环境下平板在有谐振载荷条件下的振动-声学响应, 其中热应力效应包含在温度提升后的几何刚度矩阵中。Geng 和 Li[3]研究了各项同性矩形薄板在热环境下的振动和声学辐射特征, 其中热应力假设只由热环境决定。通常, 为了节省计算量, 结合有限元与边界元的耦合方法正逐渐得到重视。

本文以薄壁容器为典型模型, 发展了一种热-声-振耦合分析方法, 研究了某飞行器监控单元所采用的薄壁方盒的噪声-振动环境。采用有限元法计算了若干热平衡态的结构温度和热应力, 并考虑了材料热软化的影响。针对典型热平衡态, 采用边界元方法进行振动和声学响应耦合分析。本文假设无力载荷, 主要考察声学激励下的响应。考虑两类声载荷: 盒外平面波; 盒内点声源。后者又分为两种情况:

基金项目: 国家自然科学基金课题资助(11602277); 装备预研基金。

*通讯作者. E-mail: yangyan@imech.ac.cn

引用格式: 杨焱, 吴臣武. 声源激励下的声-振耦合响应分析[J]. 航空学报, 2016, 37(x): xxx-xxx. YANG Y, WU C-W. Coupling analysis of vibro-acoustic response under acoustic excitations [J]. Acta Aeronautica et Astronautica Sinica, 2016, 37(x): xxx-xxx.

单极子和偶极子声源。并考虑热结构效应,即考虑两种温度环境,冷(cool)和热(hot),杨氏模量由指定的材料温度决定,后者为前者的70%,即140 GPa。结果给出了不同声源激励下的声和结构响应以及容器的传声损失曲线。

参 考 文 献

1. Hughes W O, McNelis M E, 2002. Recent advances in vibroacoustics. NASA/TM-2002-211697.
2. Jeyaraj P, Padmanabhan C, Ganesan N, 2008. Vibration and acoustic response of an isotropic plate in a thermal environment. *Journal of Vibration and Acoustics*. 130(5): 051005.
3. Geng Q, Li Y, 2012. Analysis of dynamic and acoustic radiation characters for a flat plate under thermal environments. *International Journal of Applied Mechanics*. 4(3): 1250028.
4. Tong Z, et al., 2007. Dynamic behavior and sound transmission analysis of a fluid-structure coupled system using the direct-BEM/FEM. *Journal of Sound and Vibration*. 299(3):645-655.

The fundamental study on controlling aerodynamic noise by helicity control

YANG Yan^{1*}, WU Chen-Wu¹

1. *Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China*

Abstract: Monitor and control unit is essential to almost all of the modern aircrafts or spacecrafts, which always places in a relatively closed space and requires a compatible mechanical environment to ensure its normal function. The acoustic, vibration and thermal loads developed in the operation of the aircraft determine a complex environment for its monitor and control unit. In particular, there should be couple effect among the vibration and acoustic responses. This article presents numerical simulation studies on a thermo-acoustic-vibration response of a typical thin-walled box, to explore the multi-physics environment of the monitor and control unit. The thermo-structural equations were proposed and solved numerically, following that the vibro-acoustic analysis was implemented. The coupled algorithm was developed to simulate the structure response and sound distribution, and predict the sound loss during transmitting through the box. The outcome provides the multi-physics environment prediction method for designing and optimizing the monitor and control unit or similar applications.

Key words: vibration, acoustics, thermal structure, multi-physics environment

Foundation item: NSFC(11602277).

*Corresponding author. E-mail: yangyan@imech.ac.cn