

舰载电缆自动收放装置隔振器抗振特性分析研究

马庆岩¹ 刘帆²
1 中国人民解放军 31451 部队 2 沈阳兴华航空电器有限责任公司
DOI:10.12238/etd.v6i4.15465

[摘 要] 本文应用有限元方法建立了隔振器数值模型,并根据指标完成了刚度校准和验证。基于校准后的隔振器模型开展了电缆自动收放装置的正弦扫频振动和颠振加速度数值仿真,获得了结构应力及变形特性。数值模拟结果表明,安装的隔振器能够有效吸收振动能量,降低箱体结构的应力水平和振动幅值。
[关键词] 自动收放装置; 隔振器; 数值模拟; 振动分析
中图分类号: TM726.4 文献标识码: A

Study on the Anti-vibration Characteristics of Isolator for Shipborne Cable Automatic Retractable Device
Qingyan Ma¹ Fan Liu²
1 Unit 31451 of the Chinese People's Liberation Army
2 AVIC Shenyang Xinghua Aero-Electric Appliance Co., Ltd.

[Abstract] A numerical model of the isolator was established by the finite element method, and stiffness calibration were completed based on the actual parameters. The numerical simulations of sine sweep vibration and shock acceleration of the cable automatic retractable device were carried out based on the calibrated isolator model, and the structural stress and deformation characteristics were obtained. The numerical simulation results showed that the installed isolator can effectively absorb vibration energy, reduce the stress level and vibration amplitude of the box structure.
[Key words] Automatic retractable device; Vibration isolator; Numerical simulation; Vibration analysis

引言

舰船由于长期海上服役的特点,导致其搭载的机械设备易长时受到海洋波浪环境及舰船自身振动的影响^[1],此外,舰载机着陆或武器发射也会引发瞬时的高能级的振动^[2]。因此,如何保证舰载设备服役期间在各类振动载荷下的结构安全性成为了产品研制的重要课题。

1 隔振器数值模型校准

1.1 结构模型及网格划分

本舰载电缆自动收放装置在底端两侧分别安装有隔振器,实际作业时两只串联使用。在数值几何模型建立过程中,为提升计算效率,将钢丝绳简化为实心圆柱。而由于采用实心圆柱代替了实际的钢丝绳结构,因此必然导致隔振器结构刚度大大提升,为保证数值模型的准确性,应当基于产品手册指定的结构刚度,定义合适的材料弹性模量,对数值模型的刚度进行计算校准。

1.2 静刚度校准

对于静刚度的校准,主要通过隔振器结构模型上施加规

定的额定静载荷,开展结构静力分析,通过不断调整材料弹性模量的取值,获得结构对应方向的最大位移用以与规定范围进行对比验证。额定载荷下对应方向变形量数值模拟结果及定义的弹性模量取值如表1所示。通过在各方向上定义不同的弹性模量,使得隔振器满足了结构静刚度的要求。

表1 隔振器额定载荷变形结果对比

方向	x 方向	y 方向	z 方向
规定额定载荷变形量/mm	2.5-8	2.5-8	1.5-4
数值仿真变形量/mm	2.639	2.529	1.556
是否满足规定要求	是	是	是
弹性模量取值/MPa	7500	10500	2500

1.3 动刚度验证

在静刚度校准的基础上进一步开展了结构动刚度验证,主要通过开展隔振器结构的模态计算,获取对应方向变形模态下的频率,并与规定的频率范围进行对比验证。由于产品手册中规定的频率范围仅针对单只隔振器,因此本节计算也采用了单只

隔振器的数值模型。通过数值模拟得到的隔振器模态频率如表2所示,各方向的频率结果均处于规定范围内,进一步验证了数值模型的准确性。

表2 隔振器模态频率结果对比

方向	x 方向	y 方向	z 方向
规定的频率范围/Hz	6-10	6-10	14-18
数值仿真模态频率/Hz	7.70	6.29	17.80
是否满足规定要求	是	是	是

1.4冲击刚度验证

在静、动刚度验证的基础上开展了结构冲击刚度验证,主要通过隔振器结构模型上表面施加相应方向指定幅值的时域集中力冲击载荷,开展动力显式计算,记录结构在对应方向上位移的时域变化特性,进而与产品手册中的规定值进行对比验证。通过数值模拟得到的隔振器各方向最大变形如表3所示,数值仿真与规定值的偏差不大于3%,验证了数值模型的准确性。

表3 冲击载荷下对应方向变形结果对比

方向	x 方向	y 方向	z 方向
施加的冲击载荷幅值/N	3600	3600	8720
冲击载荷持续时间/ms	18		
规定最大变形/mm	20	20	20
数值仿真最大变形/mm	20.29	19.40	19.77
数值仿真偏差	1.45%	-3.00%	-1.15%

2 电缆自动收放装置振动数值模拟

2.1结构模型及网格划分

电缆自动收放装置箱体结构的宽、深、高分别为900mm、900mm和850mm,内部装载有卷盘机及电缆组件,箱体结构总质量为350kg,箱体底部两侧分别安装了隔振器。箱体及内部结构材料为不锈钢,弹性模量为206GPa,泊松比为0.3,网格模型采用C3D4单元,单元特征长度为20mm,箱体结构共包含单元252405个,节点79988个。

2.2正弦扫频振动模拟

为分析安装的隔振器对于结构振动的抑制效果,按照GJB150.16A-2009规范^[3]对目标电缆自动收放装置开展了正弦扫频振动数值模拟。数值模拟采用了线性摄动法,并且首先开展了结构频率响应计算,再以频响结果作为输入开展了基于位移和加速度的扫频振动模拟。数值模拟中对隔振器底板上的螺栓孔进行刚性固定作为边界条件。

图1和图2给出了通过正弦扫频振动仿真得到的等效应力的频率响应曲线,分别提取了隔振器和箱体结构的最大应力响应,根据该曲线可以明确结构在不同方向上引发共振所对应的频率。隔振器在x方向上产生了最大应力,约300MPa,箱体在z方向上产生了最大应力,约110MPa,应力响应结果表明,隔振器结构能够有效吸收振动载荷,保证了箱体结构始终处于较低的应力

水平,提升了箱体的结构安全性。

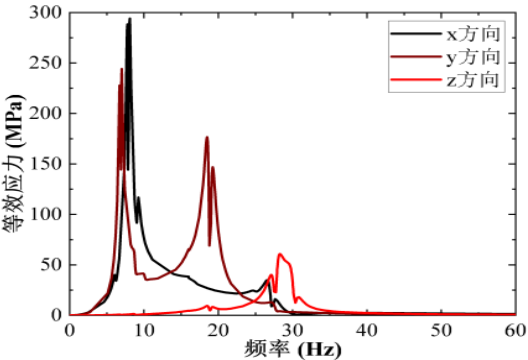


图1 不同振动频率下隔振器结构的最大应力响应曲线

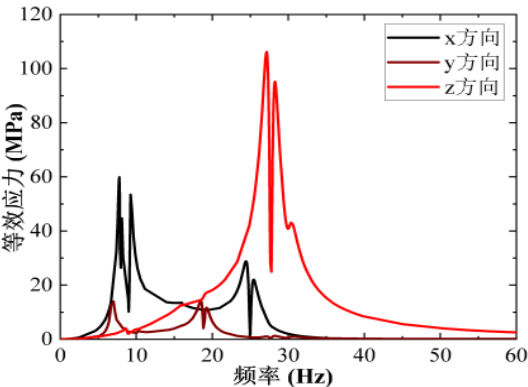


图2 不同振动频率下箱体结构的最大应力响应曲线

2.3颤震加速度模拟

按照GJB4.8-1983规范^[4]对目标电缆自动收放装置开展了颤震加速度数值模拟。数值模拟采用了动力显式积分法,计算时长取为0.5s以模拟一次颤震,数值模拟中通用对隔振器底板上的螺栓孔进行刚性固定作为边界条件。

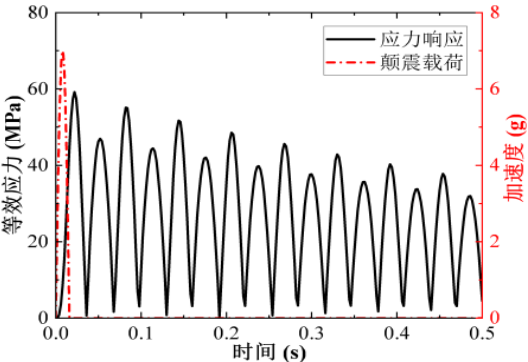


图3 颤震时历载荷及结构最大应力响应曲线

图3给出了颤震载荷以及箱体最大应力的时历响应曲线,根据曲线结果,最大等效应力与加速度载荷之间存在显著的相位差,表明了隔振器对振动载荷的吸收使得传递至箱体结构上的载荷发生了衰减和滞后,有效体现了隔振器的隔振效果。图4展示了20ms时,箱体结构的等效应力分布特性,结合图3的应力响应曲线可知,箱体最大应力产生于前端右侧箱门上端,最大应力不超过60MPa,能够满足材料屈服强度的要求,箱体其他部位均

处于较低的应力水平。计算结果表明,通过安装隔振器,有效消耗了颠簸载荷的输入能量,保证了箱体设备处于安全应力状态,提升了结构的安全性。

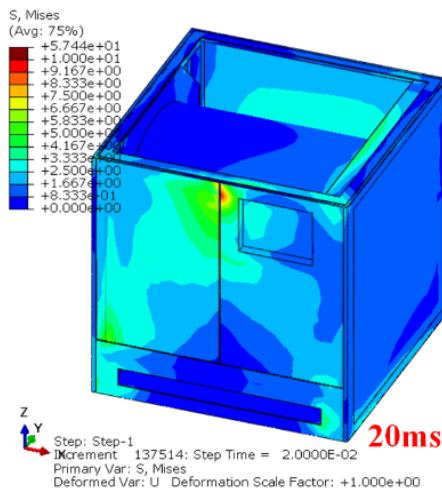


图4 颠簸载荷下结构应力响应特性

3 结论

(1) 基于有限元方法分别开展了隔振器结构的静力计算、模态计算和动力冲击计算。通过弹性模量的方法,完成了结构的静刚度、动刚度和冲击刚度的校准和验证,保证了应用于箱体结构振动分析的准确性。

(2) 通过开展正弦扫频振动数值仿真,获得了各方向上不同

频率下的结构响应特性,明确了应力峰值所对应的振动频率。计算结果表明,箱体结构最大应力不超过110MPa,其余部位应力水平较低。

(3) 通过开展颠簸数值仿真计算,分析了隔振器-箱体结构在颠簸加速度下的瞬态动力学响应特性。计算结果表明,颠簸载荷作用下箱体结构维持了较低的应力水平,最大应力不超过60MPa,通过安装隔振器有效消耗了振动能量,提升了结构安全性。

[参考文献]

[1] 阮翔,郑宏军,叶栋,等.基于ANSYS仿真的某舰载监控设备故障分析与优化设计[J].环境技术,2023,41(05):11-16+23.

[2] 程林风,王敏毅,黄朝学.基于ANSYS的舰载电子机柜振动可靠性研究[J].四川兵工学报,2014,35(01):115-118.

[3] 中国人民解放军总装备部.军用装备实验室环境试验方法振动试验:GJB150.16A-2009[S].2009.

[4] 国防科学技术工业委员会.舰船电子设备环境试验颠簸试验:GJB4.8-1983[S].1983.

作者简介:

马庆岩(1984--),女,汉族,辽宁本溪人,硕士研究生,工程师,主要从事计算机科学与技术方面的研究。

刘帆(1994--),男,汉族,江苏镇江人,博士研究生,工程师,主要从事环境载荷与结构强度方面的研究。