

The Impact Analysis of Metal Rubber Damper on the Random Vibration of the Aerospace Electronic Equipment

Qiuju Zhu, Jie Chen, Xumin Cao, Mao Zhang, Shenghao Li

Shanghai Aerospace Electronic Technology Institute, Shanghai
Email: zhuqiuju0626@163.com

Received: Oct. 2nd, 2018; accepted: Oct. 19th, 2018; published: Oct. 26th, 2018

Abstract

In the process of random vibration, the aerospace electronic equipment can only bear a certain range of response acceleration, which may lead to failure of the components when the response acceleration value is too high. In order to analyze the impact of metal rubber damper on the response acceleration in the random vibration process of a aerospace electronic equipment, random vibration tests were carried out on the structural parts of the equipment without metal rubber damper and with metal rubber damper, and corresponding data were obtained. By comparing the experimental data, it can be seen that the response acceleration of the random vibration of the aerospace electronic equipment in three directions decreases in different degrees after adding the metal rubber damper. This paper provides experimental data and design ideas for damping design of the aerospace electronic equipment.

Keywords

Metal Rubber Damper, The Aerospace Electronic Equipment, Random Vibration, Response Acceleration

金属橡胶减振器对宇航单机随机振动的影响分析

朱秋菊, 陈 婕, 曹旭民, 张 茂, 李晟昊

上海航天电子技术研究所, 上海
Email: zhuqiuju0626@163.com

收稿日期: 2018年10月2日; 录用日期: 2018年10月19日; 发布日期: 2018年10月26日

摘要

宇航单机的元器件在随机振动过程中只能承受一定范围的响应加速度，当响应加速度值过高时，可能导致元器件失效。为了分析金属橡胶减振器对单机随机振动过程中响应加速度的影响，分别对不带减振器和带减振器的单机结构件进行了随机振动试验，获得了相应的数据。对比实验数据可知，增加减振器后单机在三个方向上的随机振动响应加速度都有不同程度的降低。该论文为单机的减振设计提供了试验数据和设计思路。

关键词

金属橡胶减振器，宇航单机，随机振动，响应加速度

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

美国、前苏联等国家在二十世纪五十年代开始研究和应用一种新型弹性阻尼材料——金属橡胶。它是通过一定的工艺方法，将特定质量的金属丝螺旋成型拉长，有序地缠绕模压制成的一种均质弹性多孔物质[1][2]，如图1所示。



Figure 1. Metal rubber damper

图1. 金属橡胶减振器

金属橡胶的原料是金属丝, 不含任何普通橡胶, 却既具有所选用金属的固有特性, 又具有橡胶一样的弹性, 不易老化、不会挥发、不惧高低温、也不怕空间辐射和离子撞击, 由其制成的金属橡胶减振构件可满足航空航天的特殊要求, 解决高低温、高真空及力学振动等环境下的阻尼、减振等问题[2]。

金属橡胶可以制备成结构形状各异的减振器产品, 采用特殊的制备工艺可以使它具有不同的承载能力和方向, 以满足不同的工况要求。改变金属丝的材料、直径等物理参数, 可以使金属橡胶材料具有不同的刚度及阻尼减振性能。对于航天飞行器而言, 金属橡胶减振器储存寿命长、环境适应能力强、对温度不敏感, 它的广泛应用对提高航空航天产品的寿命、可靠性和性能有很大好处。特别是, 在采用金属橡胶减振器后, 可以减少航天器太阳能帆板的振动, 显著提高对地侦查卫星及无人机拍照分辨率和清晰度。

为了分析金属橡胶减振器对宇航单机随机振动的影响效果, 作者分别对不带减振器和带减振器的单机结构件进行了三个方向的随机振动试验, 获得了对比试验数据, 对以后的宇航单机减振设计有一定的指导意义。

2. 随机振动试验设备

本次随机振动试验所用的设备为北京中元 ACT2000-R24DL 振动台, 分水平振动台和垂直振动台, 主要技术指标见表 1。

3. 试验单机参数和随机振动试验条件

试验单机为支架一体化式摄像机, 单机的外形尺寸如图 2 所示(单位为 mm), 整机重量为 0.575 kg。单机采用铝合金 2A12-112 加工获得。

使用的减振器为北京强度环境研究所开发的双侧式套筒型金属橡胶减振器 JZP1205-3, 单机安装金属橡胶减振器时, 安装脚处的安装孔设计需根据减振器的安装接口进行相应的更改, 如图 3 所示。

其中, 通过图 3 可知, 安装金属橡胶减振器后会将整个单机悬空, 单机的安装接触面积变小, 单机的热传导会受到影响。在减振设计时需考虑到单机的散热需求。

Table 1. Main technical indexes of the vibration table ACT2000-R24DL
表 1. ACT2000-R24DL 振动台主要技术指标

振动台型号	ACT2000-24DL
生产厂家	北京中元
台面直径	440 mm
正弦峰值推力 F	26 kN
随机均方根推力 F	26 kN
使用频率范围	DC-2700 Hz
动圈一阶共振频率	2300 Hz ± 10%
动圈有效质量 M1	39 kg
台面重量 M2	33 kg
	43 kg (垂直)
正弦峰值加速度 A	60 g
正弦峰值最大速度	1.8 m/s
最大位移(峰-峰值)	50.8 mm
台体隔振频率	<3 Hz
台面最大垂直承载	300 kg

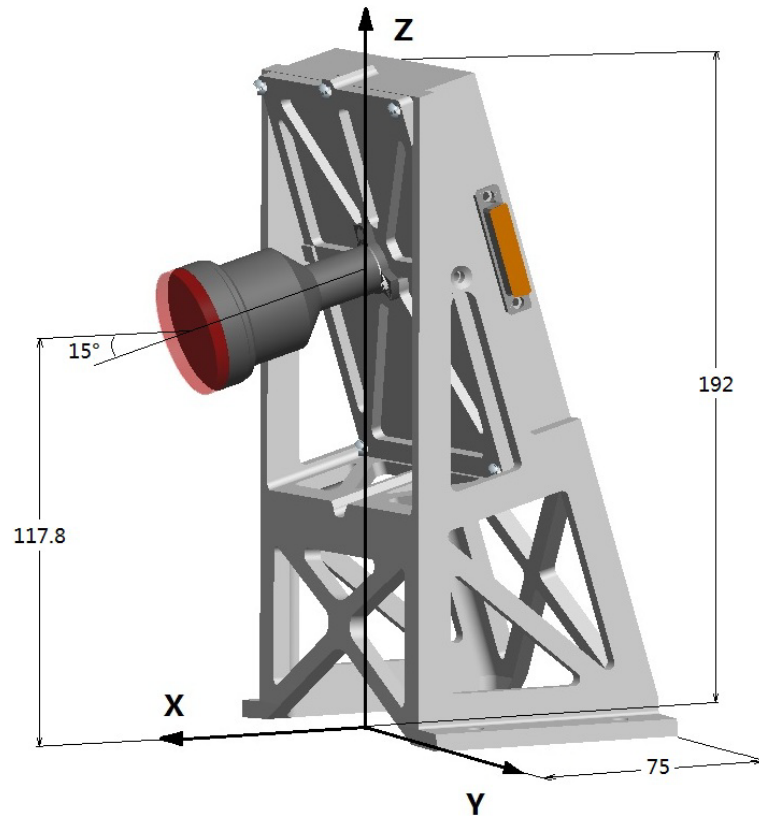


Figure 2. Definition of dimensions and directions of the test equipment
图 2. 试验用单机外形尺寸及方向定义

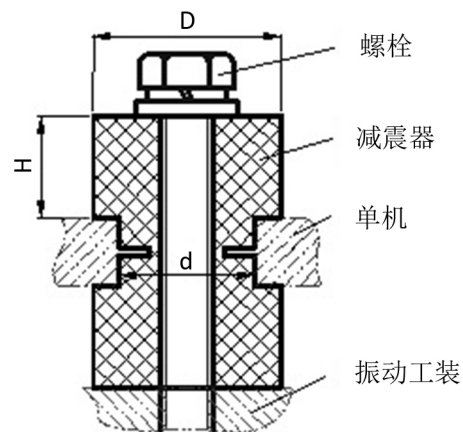


Figure 3. Schematic diagram of two-sided sleeve metal rubber damper
图 3. 双侧式套筒型金属橡胶减振器结构示意图

随机振动试验条件见表 2。

4. 随机振动试验过程及结果[3] [4]

分别对不带减振器和带减振器的单机结构件进行 X、Y、Z 三个方向的随机振动试验，将单机结构件的 X、Y、Z 方向对应位置分别贴上加速度传感器测量该点三个方向的随机振动响应。两次试验时传感器在三个方向上粘贴在同一位置，传感器粘贴位置如图 4 所示。

Table 2. Experimental conditions for random vibration
表 2. 随机振动试验条件

方向	X、Y、Z 三个方向
频率	鉴定级
20~100	+6 dB/oct
100~1500	0.2 g 2/Hz
1500~2000	-12 dB/oct
总均方根加速度	18.6 g
时间	每向 2 min

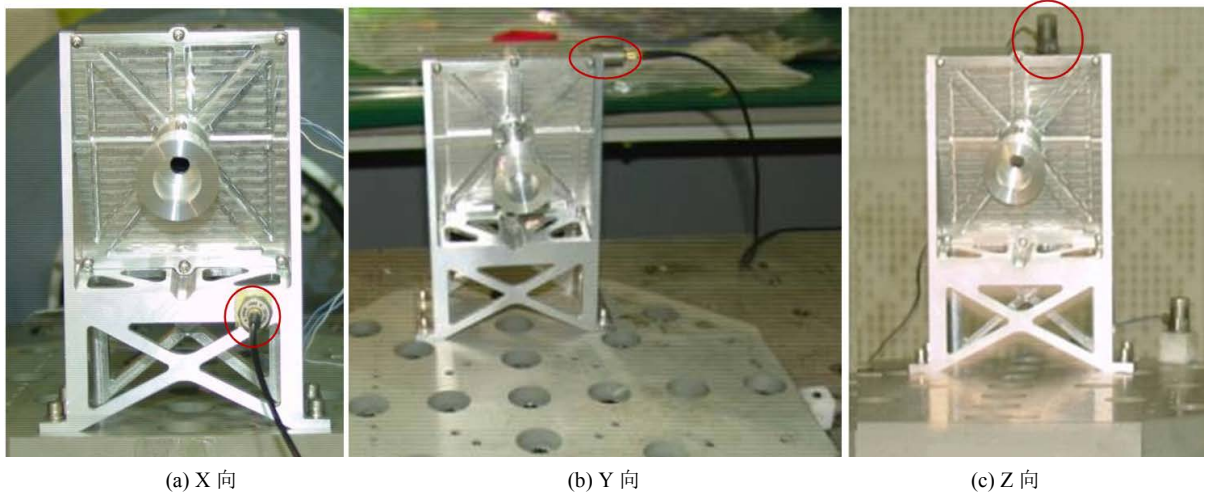
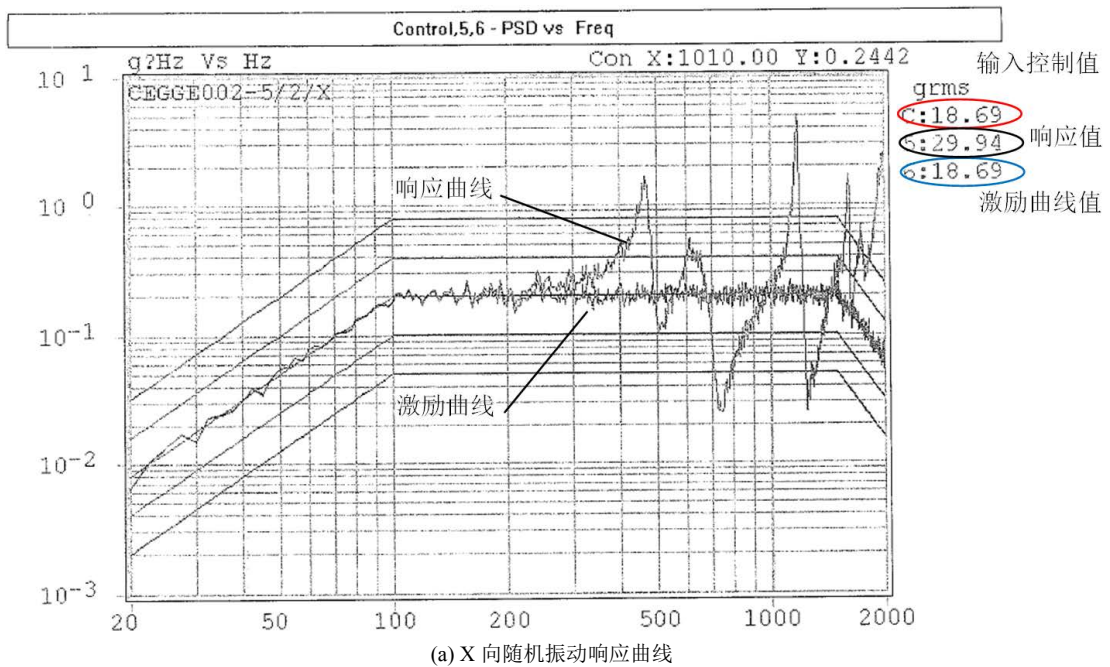


Figure 4. The pasting position of acceleration sensor in the test of the equipment
图 4. 不带减振器的单机结构件随机振动试验时响应传感器的粘贴示意图



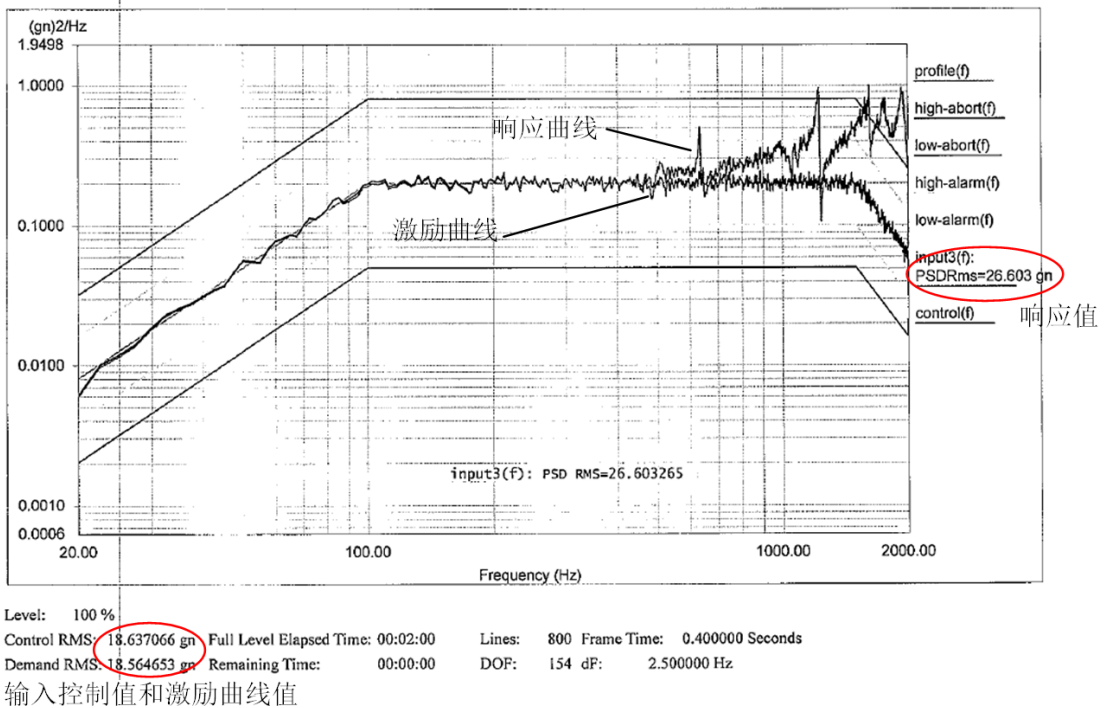
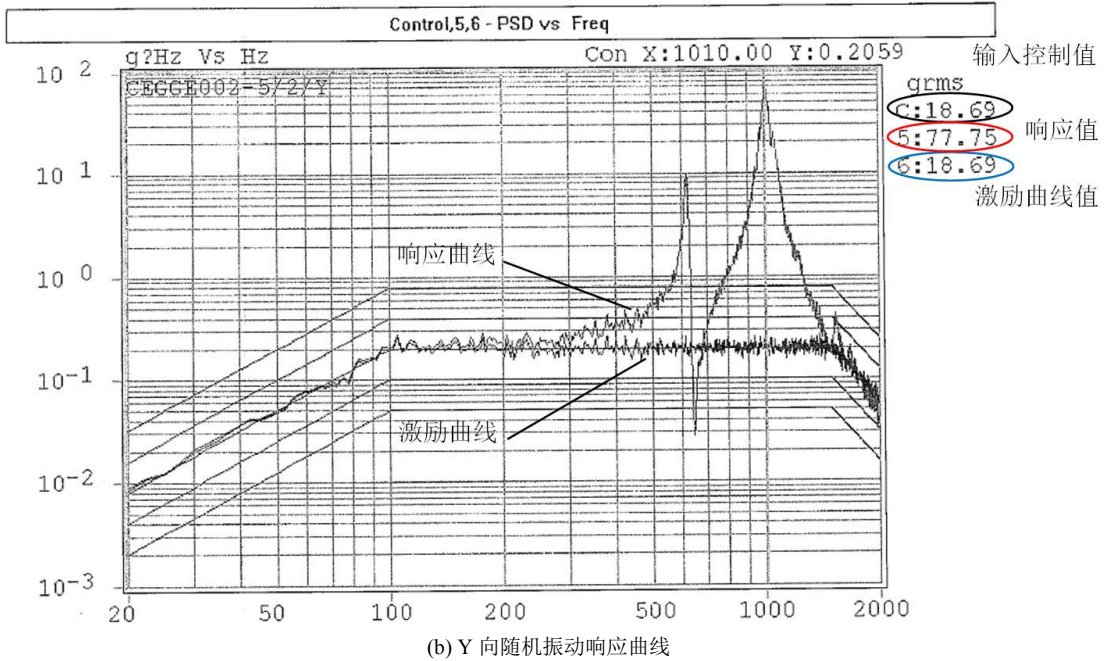


Figure 5. Random vibration response curve of the equipment without metal rubber damper
图 5. 不带减振器的单机结构件随机振动响应曲线

不带减振器的单机结构件和带减振器的单机结构件 X、Y、Z 三个方向的随机振动响应曲线分别见图 5 和图 6。

比较单机加固前后的随机振动响应值，整理图 5 和图 6 的数据如下表 3 所示。

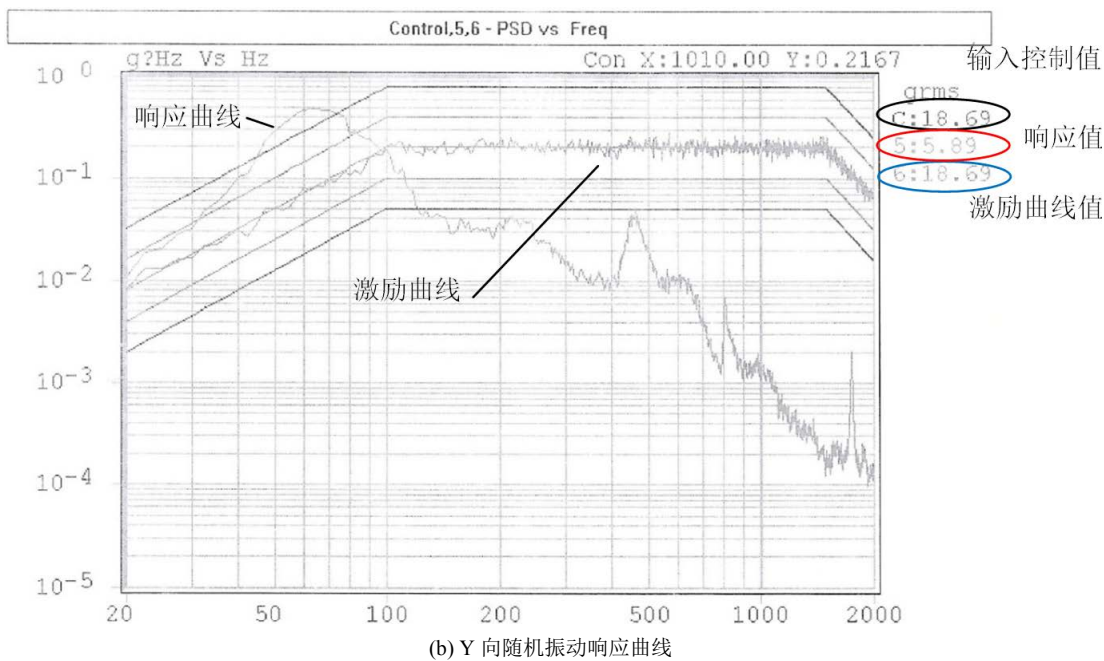
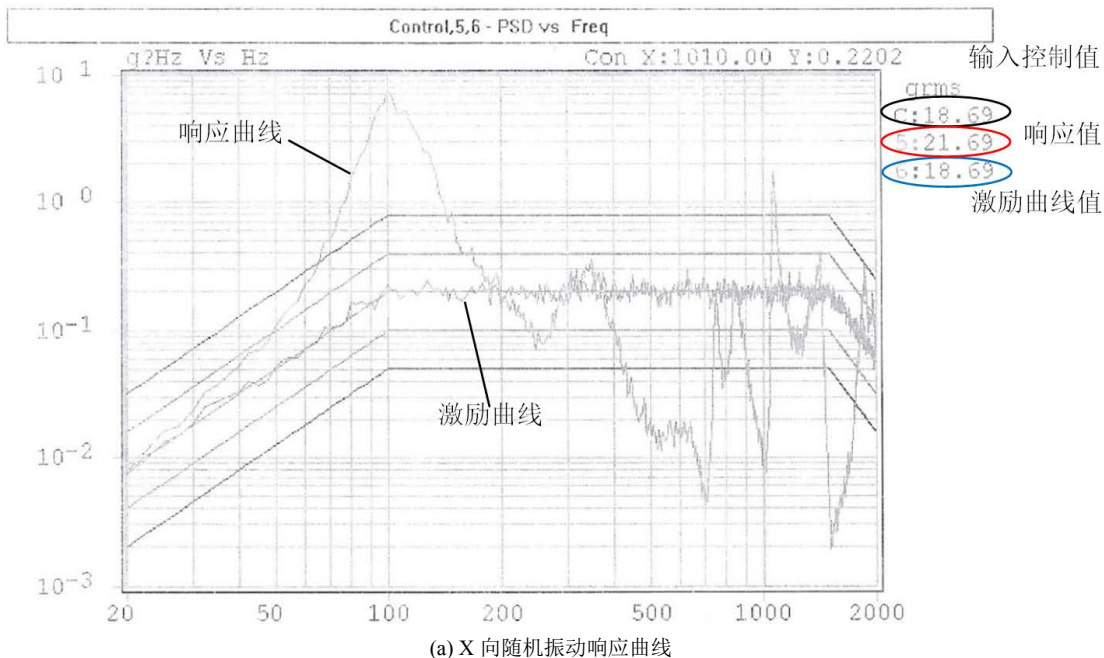
由表 3 可知，安装金属橡胶减振器后单机在 X、Y、Z 三个方向上的随机振动响应加速度值都有不同

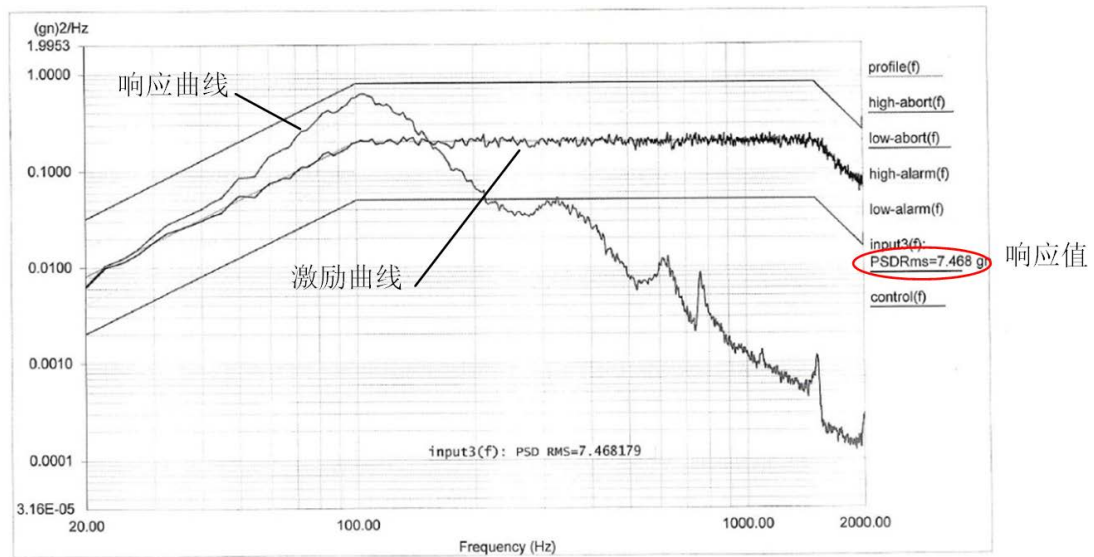
程度的降低。其中不同参数的金属橡胶减振器对单机的加速度响应值响应各异,此方向还有待进一步研究。

对比图 5 和图 6 的随机振动加速度响应曲线可以看出,单机在振动过程中的第一个响应放大点即单机的基频有了很大的变化,原单机的基频在 450 Hz 左右,安装金属减振器后,单机的基频降至 100 Hz 左右。常规宇航单机一般要求基频高于 100 Hz,在宇航单机减振设计中应用金属橡胶减振器时,需选择满足需求的金属橡胶减振器并校验其整体的基频,使其满足总体要求。

5. 结论

本文通过试验方法研究分析了金属橡胶减振器对单机随机振动过程中响应加速度的影响。通过试验





输入控制值和激励曲线值

(c) Z 向随机振动响应曲线

Figure 6. Random vibration response curve of the equipment with metal rubber damper

图 6. 带减振器的单机结构件随机振动响应曲线

Table 3. Comparison of random vibration test results

表 3. 随机振动试验结果对比

测量点响应值(实测)	X 方向	Y 方向	Z 方向
原单机结构件	29.94 g	77.75 g	26.603 g
加减振器结构件	21.69 g	5.89 g	7.468 g

结果得知,增加减振器后单机在 X、Y、Z 三个方向上的随机振动响应加速度都有不同程度的降低。该论文为宇航单机的减振设计提供了理论依据。

参考文献

- [1] 李玉龙, 何忠波, 等. 金属橡胶的研究及应用进展[J]. 兵器材料科学与工程, 2011, 34(1): 103-107.
- [2] 李拓, 白鸿柏, 等. 金属橡胶的研究进展及应用[J]. 材料研究, 2013(3): 85-89.
- [3] 华明海. 关于随机振动试验[J]. 技术专栏, 2009, 27(2): 42-45.
- [4] 张玉梅, 韩增尧, 等. 航天器随机振动和噪声试验条件设计方法[J]. 航天器环境工程, 2012, 29(2): 163-167.

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2167-6631，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：met@hanspub.org