

# 金属橡胶阻尼元件的性能研究

周易 张虎 徐惠彬

(北京航空航天大学材料科学与工程学院, 北京 100083)

**摘要** 对金属橡胶减振器的性能进行了实验研究, 考察了成型密度、高度、预压缩程度和激励力大小等对单自由度系统阻尼性能的影响。结果表明, 适当的调节金属橡胶的结构参数, 可以有效地提高其对承载物体的减振效果。

**关键词** 金属橡胶(MR) 减振器 阻尼

**中图法分类号** TQ336.43; **文献标识码** A

金属橡胶是一种新型的阻尼减振材料, 由金属丝经过螺旋成型、拉长、缠绕后模压成型, 其内部呈网状, 类似天然橡胶的大分子结构。用它制成的减振器主要利用其在受力变形时内部金属丝的相对位移而产生的摩擦耗散振动能量, 具有阻尼效果好、耐高温、耐腐蚀、耐老化、强度高等优点<sup>[1,2]</sup>。

本文以某型导弹制导平台的减振需求为背景, 研制了金属橡胶减振器, 并深入研究了金属橡胶的成型密度、高度、预压缩程度和激励力对金属橡胶减振器阻尼减振性能的影响。

## 1 实验方法

### 1.1 金属橡胶自由衰减振动实验

实验设备如图1所示, 数据采集和分析都由DASP系统进行。用头部装有加速度传感器的小锤敲击压板中心位置, 使得压板和试件组成的单自由度系统作自由衰减振动, 其衰减振动信号通过A/D板进行数据采集, 形成一个衰减曲线, 由DASP分析软件计算元件的阻尼比。

### 1.2 金属橡胶减振器的正弦扫描振动实验

实验设备如图2所示, 所用的减振器平台为矩形截面(长 $L=211$  mm, 宽 $b=186$  mm), 金属橡胶截面为圆环(外径20 mm, 内径7.5 mm, 厚度12 mm), 所用材料为不锈钢丝(1Cr18Ni9Ti), 其丝径分别为 $d_1=0.15$  mm和 $d_2=0.22$  mm, 安装后受压方向和激励力方向均为MR成型受压方向。试验时, 由信号发生器产生正

弦信号, 经过功率放大器放大后, 输入激励器产生振动, 传感器的 $a_1$ 为放在振动台台面上的振动台控制反馈信号。 $a_2$ 为放在质量块上测试激励的响应。在每一次实验中, 保持振动台面的激励加速度 $a_1$ 为恒定值。通过改变 $a_1$ 的大小, 可以检测减振器在不同频率下的减振性能。实验中, 除考察不同激励力水平的影响外均保持激励力 $a_1=2$  g一定, 减振效果用响应加速度与激励加速度

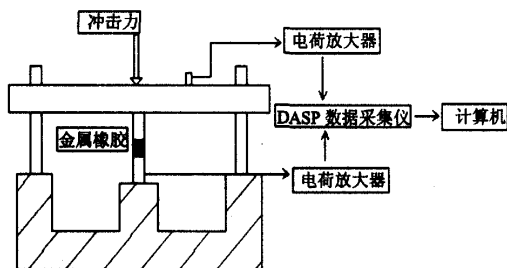


图1 自由衰减实验原理图

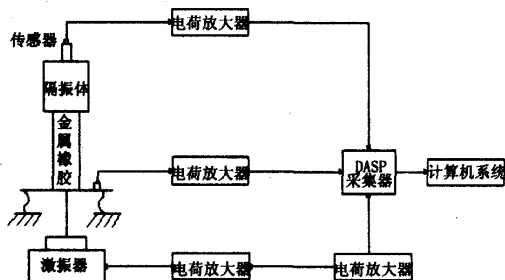


图2 正弦扫描实验原理图

2003年10月13日收到

国家自然科学基金(40172101)资助

之比来衡量。选用传递率曲线来表示减振器的幅频特性及减振性能。

2 实验结果与分析

2.1 金属橡胶元件的阻尼比

对不同参数的金属橡胶进行实验,实验时的测试方向为金属橡胶成型压缩方向,金属橡胶为圆环体(外径 20 mm,内径 7.5 mm,厚度 12 mm),未安装金属橡胶元件和安装有金属橡胶元件的自由衰减振动曲线分别如图 3(a)和 3(b),显然安装有金属橡胶的减振效果要好得多。

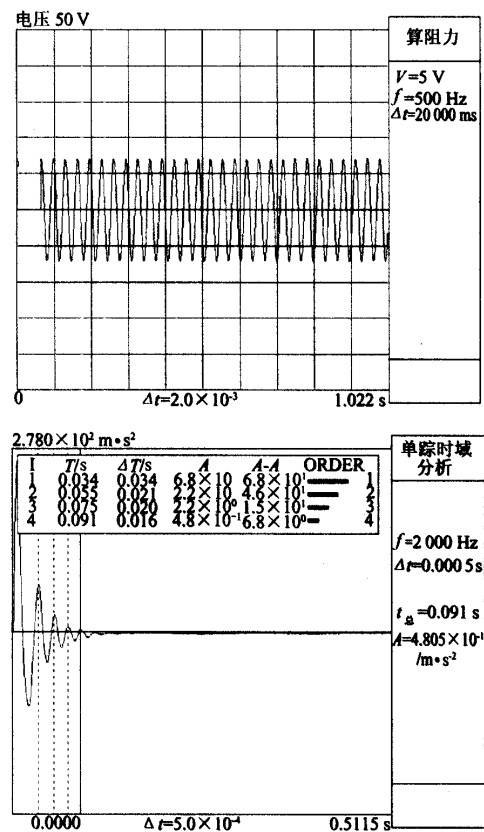


图 3 金属橡胶自由衰减实验图

(a) 无金属橡胶时的情况(b) 有金属橡胶时的情况

各试样在不同负载下的阻尼比的测量结果如表 1。未加金属橡胶时的自由衰减阻尼比约为 0.008 9, 与

相比,安装后的阻尼比可以提高约 25.6 倍以上,且成型厚度越大,阻尼性能越好。一般在 12 mm~15 mm 之间金属橡胶性能最好。

2.2 预压缩对传递率 T 的影响

金属橡胶的减振性能与其预压缩量有关,这里定义安装紧度为: $\lambda$ =安装高度/成型高度。不同安装紧度下金属橡胶减振器的传递率实验结果如图 4。可见,当安装紧度逐渐增大时,金属橡胶内部金属丝之间的相互挤压作用加强,系统的传递率逐渐增大,阻尼比减小,共振频率增大,说明此时刚度增加了。

表 1 实验参数及结果

序号	密度 /g·cm <sup>-3</sup>	高度/mm	负载量(kg)/阻尼比		
			3.6	7.2	10.8
1	1.59	10.5	0.102	0.146	0.179
2	1.78	10.5	0.202	0.226	0.206
3	2.13	10.5	0.183	0.204	0.181
4	1.59	12.0	0.106	0.155	0.187
5	1.78	12.0	0.213	0.248	0.209
6	2.13	12.0	0.189	0.221	0.182

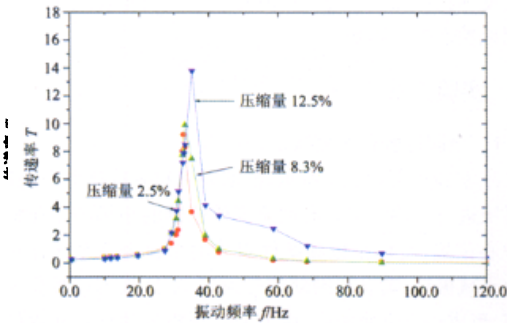


图 4 安装紧度对传递率 T 的影响

2.3 成型密度对传递率 T 的影响

金属橡胶的成型密度不同时,传递率 T 的变化规律如图 5,不同成型密度的金属橡胶减振器都表现出类似的基本规律。但是对于不同密度的试件,传递率 T 有较大的差别。当安装紧度相同时,基本上是随成型密度增大,阻尼比减小。当密度太小,刚度就会很小,承载力也会很小或不易夹紧减振对象。一般以不小于 1.0 g/cm<sup>3</sup> 为宜。

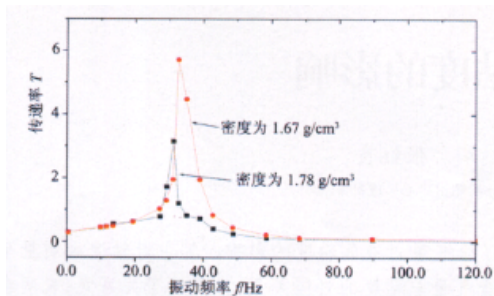


图5 成型密度不同的比较

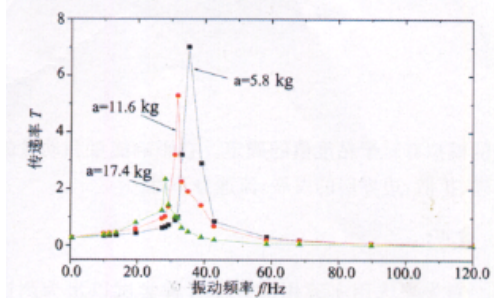


图6 外加负载的影响

#### 2.4 外加负载对传递率 $T$ 的影响

试验用外加负载为 5.8 kg/块,外形为长方体(长 300 mm,宽 100 mm,厚 25 mm),通过螺栓与减振器平台固定。外加负载不同对金属橡胶传递率的影响如图 6。随着外加负载的增加,系统的刚度和阻尼都发生了变化,其共振频率减小,即刚度减小了,而阻尼增加了。与负载不变,激励加速度增大时的情况有着类似的规律。

#### 2.5 激励加速度对传递率 $T$ 的影响

实验所用的金属橡胶密度为  $1.67 \text{ g/cm}^3$ ,安装紧度为 2.02%,分别用加速度  $a=(1\sim3) \text{ g}$  激励此单自由度系统。扫描频率(7~1 000) Hz。实验结果如图 7。可见,随着激励力的增加,系统的共振频率减小,即刚度减小了,而阻尼增加了。说明金属橡胶具有软特性,并且对大的振动有较好的减振效果。

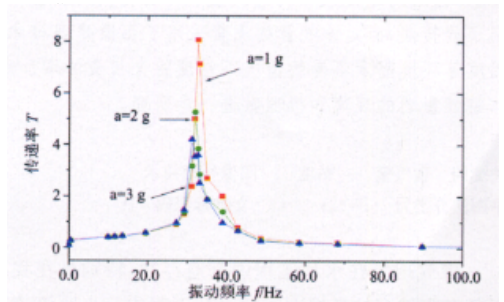


图7 激励加速度的影响

### 3 结论

不锈钢丝金属橡胶是一种很好的阻尼减振材料,其减振特性受成型参数尤其是成型高度、密度和预压缩程度的影响较大。通过合理的选择这些参数,可以设计出减振效果最优的减振器,满足实际工况的需求。随着激励力和外加负载的增加,金属橡胶减振器的减振效果提高,因此可以有效的抑制一些剧烈振动。

#### 参 考 文 献

- 1 王新,朱梓根. 环形金属橡胶减振器. 航空动力学报, 1997; 12(2): 143—145
- 2 戴德沛. 阻尼技术的工程应用. 北京: 清华大学出版社, 1991

## Research on Vibration Isolation Characteristics of Metal Rubber Damper

ZHOU Yi, ZHANG Hu, XU Huibin

(School of the Materials Science and Engineering of Beihang University, Beijing 100083)

**[Abstract]** The performance of metal rubber(MR) damper was investigated. The effects of the parameters such as formation density, thickness, pre-stress and exciting force on the damping were discussed. The result indicates that the appropriate structure parameters of the MR can efficiently improve the damping.

**[Key words]** metal rubber(MR) vibration isolator damping