

悬臂梁根部金属橡胶减振器 阻尼性能的实验研究

北京航空航天大学 邓剑波** 朱梓根 李其汉 赵 杰

【摘要】 本文拓展金属橡胶减振材料的应用领域, 对其用于悬臂梁根部进行减振进行了研究。实验中对不同金属丝材料, 不同的压紧密度, 以及不同的安装位置等进行了实验考查, 实验结果表明适当的调节金属橡胶的结构参数, 将有效地提高其对悬梁的减振效果。

主题词: 减振 梁 阻尼器

分类号: O 328

1 实验装置及设备

本文采用悬臂梁根部加金属橡胶块来模拟叶片减振。金属橡胶是一种新型的阻尼材料, 它是由金属丝相互缠绕模压成型的, 用它制成的减振器在受力变形时由其内部金属丝的相对位移而产生的磨擦耗散振动能量, 因此具有阻尼效果^[1]。本文采用正交实验的分析方法, 对不同金属丝材, 不同丝径, 不同形密度以及不同的安装位置和方向进行了分析。

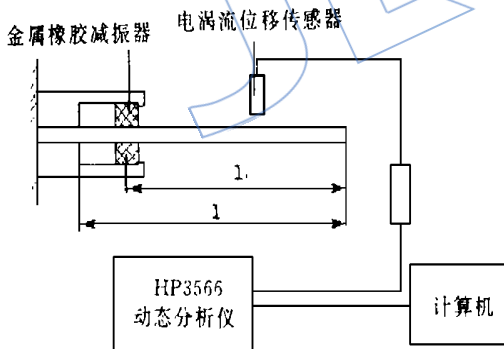


图1 悬臂梁自由衰减振动实验装置图

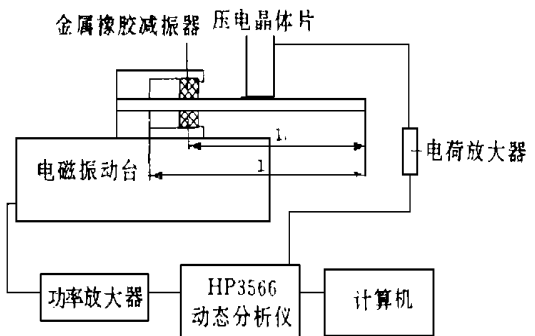


图2 悬臂梁振动台实验装置图

实验所用的悬臂梁为矩形等截面 45# 钢梁, ($160 \times 3 \times 20$ mm), 金属橡胶减振器均做成长方体 ($20 \times 10 \times 10$ mm)。实验共分两部分, 第一部分阶段悬臂梁的自由衰减振动试验, 如图 1 所示, 将悬臂梁用两个对称钢块夹紧固定在支座上。金属橡胶装在钢块与梁之间且可调节位置。将电涡流位移传感器置于梁的中部, 经前置放大器接入 HP3536 动态分析仪中。HP3566 直

接与计算机相连接。通过计算可实时观测实验结果。第二部分为悬臂梁的正弦扫描振动实验,如图 2 所示。

2 实验过程及结果分析

对于第一部分实验,本文首先对未安装金属橡胶的情况进行了测试(图 3),然后对不同参数的金属橡胶减振器用正交实验的安排方法进行实验,以分析了各参数对减振性能的影响(图 4)。正交实验的安排采用了二、三水平五因素,见表 1。其中五因素为: A 为金属橡胶的安装方向, B 为金属橡胶的安装位置, C 为金属丝材料, D 为金属橡胶的成形密度及 E 为金属丝丝径。金属橡胶的安装位置为 l_1/l_0 。金属橡胶的正方向为金属橡胶模压成形时的受压方向,与之垂直的方向为侧方向。实验结果是计算所得的阻尼比 $\xi = \ln(A_n/A_{n+m})/2\pi m$, A_n 和 A_{n+m} 是相隔 m 周后量得的两个位移幅值。

表 1 金属橡胶五个因素(见文)水平表

水平号	A	B	C	D (g/cm ³)	E (mm)
1	正	0.07	Cr18i9Ti 冷	1.5	0.12
2	侧	0.10	Cr18i9Ti 软	2.0	0.15
3		0.14	Cr20Ni80	2.5	0.18

数的金属橡胶减振器用正交实验的安排方法进行实验,以分析了各参数对减振性能的影响(图 4)。正交实验的安排采用了二、三水平五因素,见表 1。其中五因素为: A 为金属橡胶的安装方向, B 为金属橡胶的安装位置, C 为金属丝材料, D 为金属橡胶的成形密度及 E 为金属丝丝径。金属橡胶的安装位置为 l_1/l_0 。金属橡胶的正方向为金属橡胶模压成形时的受压方向,与之垂直的方向为侧方向。实验结果是计算所得的阻尼比 $\xi = \ln(A_n/A_{n+m})/2\pi m$, A_n 和 A_{n+m} 是相隔 m 周后量得的两个位移幅值。

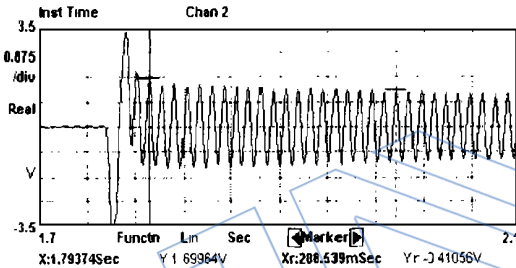


图 3 无金属橡胶时悬臂梁自由衰减振动图

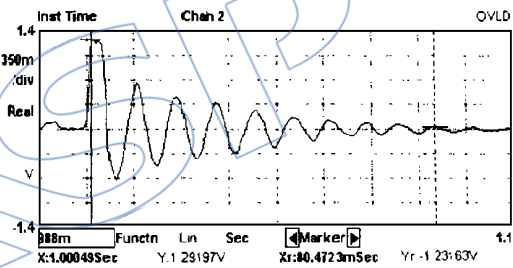


图 4 悬臂梁自由衰减振动 16 号实验图

自由衰减实验的实验结果如表 2 所示。根据正交试验分析,极差 R_j 的大小反应了该列所

表 2 自由衰减持动实验结果

试验号	各 因 素 的 水 平 号					阻尼系数
	A	B	C	D	E	
1	1	1	1	1	1	0.0083
2	1	1	2	2	2	0.0100
3	1	1	3	3	3	0.0108
4	1	2	1	2	3	0.0123
5	1	2	2	3	1	0.0133
6	1	2	3	1	2	0.0111
7	1	3	1	3	2	0.0359
8	1	3	2	1	3	0.0253
9	1	3	3	2	1	0.0259
10	2	1	1	1	1	0.0171
11	2	1	2	2	2	0.0253
12	2	1	3	3	3	0.0366
13	2	2	1	2	3	0.0406
14	2	2	2	3	1	0.0412
15	2	2	3	1	2	0.0454
16	2	3	1	3	2	0.0542
17	2	3	2	1	3	0.0417
18	2	3	3	2	1	0.0526
R_j	0.2018	0.1275	0.0256	0.0431	0.0235	0.5076

排因素选取的水平变动对阻尼比系数影响的大小。因此从表 2 中可以看出, 所考虑的五种因素中, 对阻尼系统的影响大小的顺序为金属橡胶的方向、安装位置、密度的大小、材料及丝径, 在未加金属橡胶时的自由衰减振动的阻尼系数为 0.0022, 与之相比, 金属橡胶减振器最大可将阻尼系数提高 24.6 倍。因此它有显著的阻尼性能, 表 3 中的阻尼系数是用多个波峰所求出的, 对于线性阻尼材料, 阻尼系数与采用的波峰数无关。但由于金属橡胶是非线性阻尼材料, 因此本文用两波峰求阻尼系数, 发现阻尼系数随振幅峰值的衰减而减小(表 3)。

表 3 用相邻振幅峰值求得的阻尼系数

波峰序号	1	2	3	4	5	6	7	8
振幅峰值	1.292	0.691	0.463	0.351	0.272	0.213	0.172	0.140
阻尼系数	0.0996	0.0637	0.0441	0.0406	0.0389	0.0340	0.0327	

在振动台的正弦扫描激振实验中, 用半功率法求阻尼比: $\xi = (f_2 - f_1) / (f_2 + f_1)$ 。式中 f_1 和 f_2 为共振峰值的 $\sqrt{2}/2$ 处的频率。

实验证明金属橡胶的阻尼性能与其变形量有关, 变形量越大, 阻尼性能越好。为了验证本文将正交试验中的几种不同试验因素在振动台上以不同的激振力作为试验, 试验结果如表 4 所示。

表 4 不同激振力下有金属橡胶减振器梁的阻尼比系数(位移测试位置在梁的中部)

试验号	100 mV	200 mV	500 mV	800 m	1.0 V	1.5 V
1	0.0317	0.0410	0.0580	0.687	0.833	0.1071
12	0.0588	0.0796	0.1185	0.1418	0.1914	0.2230
16	0.0857	0.1145	0.1548	0.2095	0.2334	0.2863

从表中可以看出, 随着共振幅值的增加, 阻尼比系数也迅速增加, 这表明金属橡胶是非线性阻尼材料, 它对大的振动有很好的减振效果。

3 结 论

金属橡胶用于梁的减振实验结果表明, 金属橡胶是一种很好的阻尼减振材料, 它所具有的非线性, 随着振幅增大, 其阻尼性能也迅速增加, 因此能有效的抑制一些能造成破坏的剧烈振动, 此外还具有结构轻, 抗老化的优点。由于它是由金属丝制成的, 因此在恶劣环境, 特别是在高温、低温场合是理想的阻尼材料, 因此具有广泛的应用前景。

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

(责任编辑 王震华)

A CONSTRAINT MANAGEMENT SYSTEM OF AEROENGINE BLISK SUPPORTING CONCURRENT ENGINEERING

Duan Haibo, Fan Xiaohua, Ma Mei, Yang Xiaoguang

(4th Dept. Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083)

ABSTRACT In order to solve the problems caused by transition from sequential engineering to concurrent engineering in aeroengine research and development, to give the overall representation and sustain the comprehensive relationship among the multifunctional teams and the team members, the hierarchic structure of constraint network in the research and development of an engine was analysed, and a general constraint management system for supporting concurrent design has been developed. The system initiates the collaborative work of multifunctional teams and considers the needs of follow-up activities simultaneously in the design stage. As an example, a blisk constraint network of a given turbofan engine has been worked out for the blisk feature modeling system. This work provides a supporting tool for application of the concurrent engineering to the aeroengine research and development.

Key Words Aircraft engines Management science Concurrent control Constraints

STUDY ON CONCURRENT ENGINEERING MODEL FOR PIPING

Chen Zhiying and Ma Mei

(4th Dept. Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083)

ABSTRACT A method, for concurrent engineering model transformation namely formark method is provided. A series designing model can be transformed into a concurrent model by the method. The mark method as a math tool can be used to transform the complex series piping model into an administrative level model. All the tasks directly related to piping can be newly marked and arranged for coordinative work according to concurrent engineering concept. Then the concurrent piping model is built. The time efficiencies of the series and the concurrent models are analyzed and compared. It is shown that the concurrent model with multi-level, in addition to CAD technology and process management, can route a new pipe system successfully for a developing engine only once. It will cut down the development time and costs.

Key Words Aircraft engines Pipeline system Computer aided design Modeling

DAMPING CHARACTERISTICS OF METAL RUBBER DAMPER ON ROOT OF CANTILEVER BEAM

Deng Jianbo, Zhu Zigen, Li Qihan, Zhao Jie

(4th Dept. Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083)

ABSTRACT An experimental investigation on application of the Metal Rubber to vibration reduction of the cantilever beam has been carried out. Therefrom the engineering application field of the Metal Rubber damping material is expanded. The parameters such as the materials of metal wire, the pressing density of the Metal Rubber and directions of the lo-