

文章编号: 1006-1355(2014)06-0202-04

一种复合机座对设备隔振效果影响试验

李海涛, 贺华, 丁炜, 王强

(上海船舶设备研究所, 上海 200031)

摘要: 通过隔振理论分析, 设计复合设备机座的隔振效果试验方案, 并讨论试验方案中振级落差和插入损失的关系; 通过试验分析, 研究复合设备机座自身的隔振效果与其对试验系统的隔振效果的影响, 结果表明复合设备机座具有较好的高频隔振效果, 但对不同隔振系统的隔振效果影响不同。

关键词: 振动与波; 复合设备机座; 单层隔振系统; 双层隔振系统; 隔振效果

中图分类号: O422.6

文献标识码: A

DOI编码: 10.3969/j.issn.1006-1355.2014.06.045

Research of the Impact of a Composite Foundation on the Effect of Equipment's Vibration Isolation

LI Hai-tao, HE Hua, DING Wei, WANG Qiang

(Shanghai Marine Equipment Research Institute, Shanghai 200031, China)

Abstract: The test scheme of a composite equipment foundation for vibration isolation is worked out and the relationship between the vibration level difference and the insertion loss in the test scheme is discussed through theoretical analysis. Through the test analysis, the vibration isolation effect of the non-metallic equipment foundation is studied and its impact on the vibration isolation effect of the test system with the composite equipment foundation is analyzed. The results show that the composite equipment foundation has good vibration isolation effect in high-frequency, but has different vibration isolation effects for different isolation systems.

Key words: vibration and wave; composite equipment foundation; single-layer isolation system; double-layer isolation system; vibration isolation effect

为了降低船舶的辐射噪声, 需要通过弹性元件对主要振动设备进行振动隔离, 以降低其振动能量的传递, 达到减小船体结构振动的目的。在船舶设备振动隔离中通常采用单层隔振系统与双层隔振系统^[1]。

近几年, 随着新型复合材料的发展, 复合设备机座已逐步应用于舰艇的振动控制中。文献 [2] 研究了不同夹层材料与几何参数对结构抑振量的影响, 得出增加夹层层数对结构抑振的提高量有限, 增加夹层厚度可改善抑振性能, 采用较硬的约束层和较软的阻尼层可显著提高抑振量。文献 [3] 通过电—力类比的方法建立了弹性基座的导纳分析模型, 提出了单层隔振系统中弹性基座噪声控制的基本原则。文献 [4] 通过试验研究的方法, 研究了夹芯复合

材料基座的隔振效果, 得出夹芯复合材料基座均具有较好的隔振效果, 且能够有效抑制高频共振的结论。

目前, 国内对复合材料设备机座的研究主要是基座自身的隔振效果。本文通过试验分析, 研究一种复合设备机座(以下简称复合机座)对设备隔振系统隔振效果的影响, 为复合机座的研制及工程应用提供依据。

1 试验系统设计

1.1 隔振理论分析

在船舶工程中, 应用隔振系统的目的是减小设备的振动传递, 因此, 对隔振系统进行评估的指标是设备振动量级的衰减量。目前常用的隔振效果评估指标有力传递率、插入损失、振级落差等。一般以力传递率作为隔振效果的理论预测论据, 以插入损失或振级落差来评定各种实际系统的隔振效果。这三个评价指标是从不同角度推导出来的。力传递率主

收稿日期: 2014-07-21

作者简介: 李海涛(1989-), 男, 辽宁省朝阳市人, 硕士生, 主要研究方向: 机械设备振动噪声冲击控制研究。

E-mail: leewaver@163.com

要是针对理论研究,振级落差在试验分析中测量最为简单,只需测量隔振器上下两端的振动量级之差就可得出其值,然而设计者最感兴趣的是插入损失,它可理解为经过隔振系统的作用,基础的原始振动量级的降低值,体现了装与不装隔振系统的直接效果。

假设试验设备与基础是质量分别为 m 与 M 的集中质量块,隔振系统的刚度为 k ,阻尼为 c ,所以设备阻抗 $Z_m = i\omega m$,基础阻抗 $Z_M = i\omega M$,隔振系统阻抗 $Z_k = \frac{k + i\omega c}{i\omega}$ ^[5],则插入损失 L_I 与振级落差 L_D ^[6]可写为

$$L_I = 20 \lg \left| 1 + \frac{Z_m Z_M}{Z_k (Z_M + Z_m)} \right| \quad (1)$$

$$L_D = 20 \lg \left| 1 + \frac{Z_M}{Z_k} \right| \quad (2)$$

在设计隔振系统时,基础阻抗一般比隔振系统阻抗大5~10倍,当基础阻抗远小于设备阻抗时,插入损失 L_I 与振级落差 L_D 近似相等;当基础阻抗与设备阻抗相当时,插入损失 L_I 比振级落差 L_D 约小5 dB左右;当基础阻抗与设备阻抗相比较小时,插入损失 L_I 远小于振级落差 L_D 。为此,可以看出,振级落差仅在基础阻抗与设备阻抗相比小于1时,才可近似反映隔振系统的隔振效果。

1.2 复合机座的设计依据

在隔振设计中,一方面,要求系统的固有频率很低,通常外部激励频率要大于固有频率的 $\sqrt{2}$ 倍才能起隔振作用,另一方面,隔振系统作为支撑结构,为了保证设备的安装精度和支撑系统的稳定性,又要求有足够的支撑结构刚度。利用复合材料良好的阻尼特性,在刚性基座的设备安装连接处填充复合材料,复合机座结构如图1所示。机座中复合材料部分的几何尺寸为400 mm×80 mm×15 mm, $E=454$ MPa, $\mu=0.44$,机座外形尺寸为1 100 mm×500 mm×70 mm,质量为278 kg。

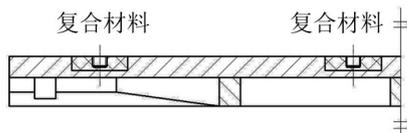


图1 复合机座结构

1.3 隔振试验系统设计

在试验中采用模拟船用设备的陆上系统来模拟复合机座的工作环境。模拟船用设备系统由两台电机、复合机座、中间质量、隔振器、基座组成,其结构如图2所示。

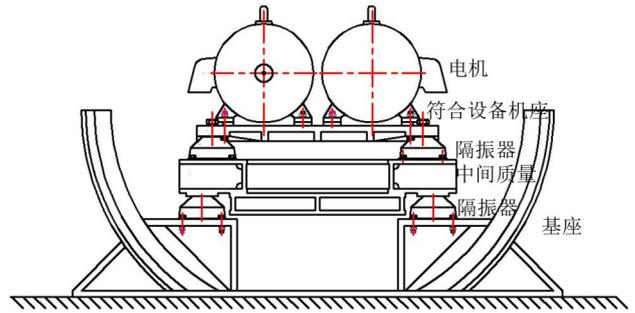


图2 试验系统结构

两台电机与复合机座连接,复合机座通过隔振器与中间质量连接,中间质量最终与基座相连,组成一套双层隔振系统。为研究设备机座对隔振系统隔振效果的影响,原动机选用Y系列(IP 44)电动机,机座号为225 M,极数为2,重量约为309 kg,转速为3 000 r/min,功率为15 kW。中间质量重577 kg,机座质量为2 632.94 kg。在设计试验系统时充分考虑到中间质量阻抗、基座阻抗与设备阻抗的关系,中间质量的原点速度阻抗对于设备的阻抗是比较小,基座隔振器安装连接处原点速度阻抗对于设备的阻抗是比较小的。所以根据(1)、(2)式可知,针对此试验系统插入损失 L_I 与振级落差 L_D 均能正确反映隔振效果。

考虑到为了试验研究复合机座对设备隔振效果的影响,采用在试验时通过更换与复合机座结构相同而不含有复合材料的刚性机座进行对比试验,进而得到复合机座的插入损失。本论文对设备隔振系统隔振效果的评估指标统一选用插入损失。机械振动噪声的分析频率范围为10 Hz~8 000 Hz,并且采用丹麦B&K公司生产的加速度传感器与LMS公司的采集器和软件进行数据采集与分析。

2 复合机座隔振效果的试验分析

为了分析复合机座的隔振效果,将复合机座与基座直接刚性连接,其结构如图3。在试验时通过更换与复合机座结构相同的刚性机座进行对比试验,进而得到复合机座的插入损失,从而研究其自身的隔振效果。

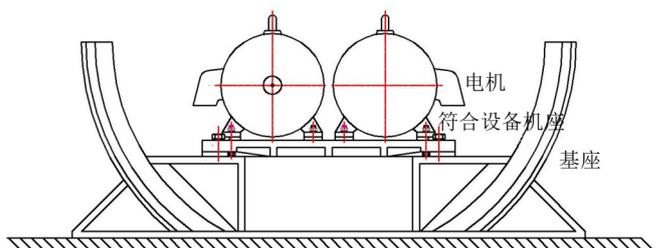


图3 复合机座的隔振效果试验系统

由图4可知,在低频段复合机座对振动激励频率50 Hz处起到约3 dB的放大作用,并且从160 Hz起对电机振动起到衰减作用。

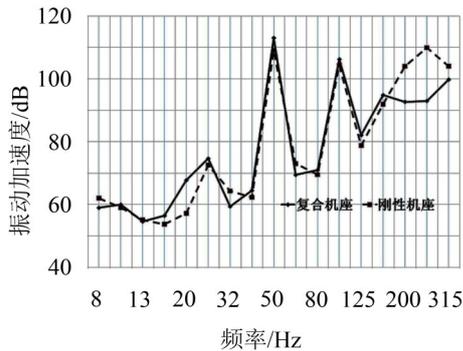


图4 复合机座与刚性机座的低频振动加速度

由图5可知,虽然在部分高频段复合机座对电机振动没有起到衰减作用,但是在整个中高频段315 Hz~8 000 Hz,复合机座对电机振动仍起到衰减作用。从图4和图5对比可得出,复合机座在中高频段加速度响应比刚性机座要小得多,所以复合机座能够有效地抑制中高频共振峰,取得较好的高频隔振效果。

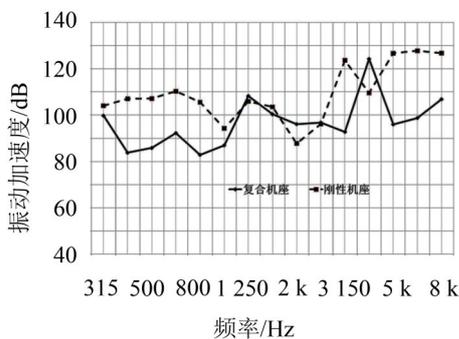


图5 复合机座与刚性机座的中高频振动加速度

由图4与图5可知,复合机座的低频隔振效果为3.85 dB,中高频隔振效果为6.81 dB,全频段为6.93 dB,所以复合机座本身能够有效抑制高频共振峰,取得较好的高频隔振效果。由于考虑到设备安装强度问题,复合材料的刚度偏大,使得50 Hz的激励频率没有处于大于固有频率的 $\sqrt{2}$ 倍的区域,所以使得轴频处的加速度放大约3 dB。

3 复合机座对隔振系统隔振效果影响分析

由于在船舶设备振动隔离中通常采用单层隔振系统与双层隔振系统^[7],所以本文主要研究复合机座对单层隔振系统与双层隔振系统隔振效果的影响。

3.1 复合机座对单层隔振系统隔振效果影响的试验分析

为了试验分析复合机座对单层隔振系统隔振效果的影响,将复合机座与基座通过隔振器连接,其结构如图6。在试验时,通过更换与复合机座结构相同而不含有复合材料的刚性机座进行对比试验,进而得到复合机座对单层隔振系统隔振效果的影响。

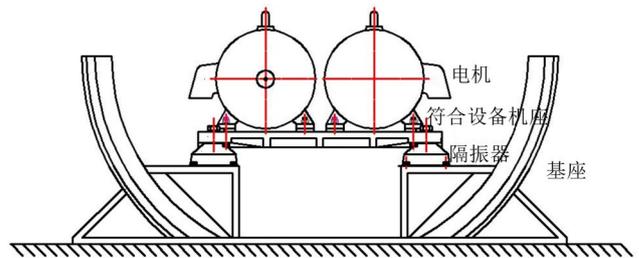


图6 复合机座对单层隔振隔振效果影响试验系统

由图7可知,安装了复合机座的单层隔振系统与刚性机座情况下的单层隔振系统相比,在低频段复合机座对振动激励频率50 Hz处起到约7 dB的放大作用,但是在100 Hz处对电机的二倍频激励起到了大约9 dB的衰减作用,并且在100 Hz处开始对电机的低频振动起到衰减作用。

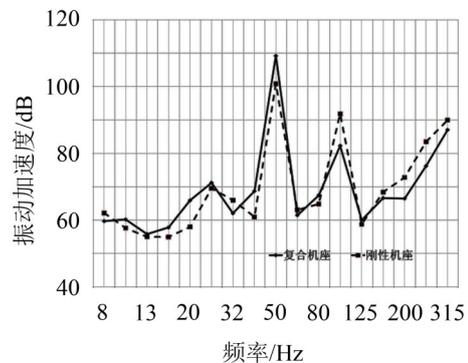


图7 复合机座与刚性机座的低频振动加速度

由图8可知,安装了复合机座的单层隔振系统与刚性机座的单层隔振系统相比在整个中高频段315 Hz~8 000 Hz对振动均有明显的抑制作用。在500 Hz与2 500 Hz处复合机座的隔振效果最小,分别约为2.67 dB与2.09 dB,而在其余频段隔振效果均在5 dB以上,并且大部分频段的隔振效果在13 dB以上。

从图7和图8对比可得出,安装了复合机座单层隔振系统的低频隔振效果为13.41 dB,中高频隔振效果为31.47 dB,全频段为34.89 dB,而安装刚性机座单层隔振系统的低频隔振效果为10.17 dB,中高频隔振效果为19.79 dB,全频段为22.27 dB。所以可以

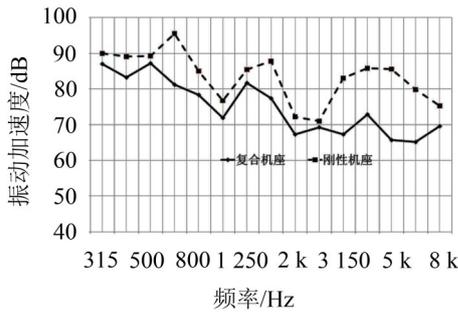


图8 复合机座与刚性机座的中高频振动加速度

看出复合机座相对于刚性机座在本套单层隔振试验系统中能够有效地抑制中高频共振峰,提升 11.68 dB 的中高频隔振效果。由于复合材料的刚度偏大,使得 50 Hz 的激励频率处于隔振系统的二次共振峰区域,所以使得轴频处的加速度放大约 7 dB,但是由于在电机的二倍频处对振动起到衰减作用,所以低频段相比于刚性机座仍提高了 3.24 dB 的隔振效果,并且在全频段提高了 12.62 dB 的隔振效果。

3.2 复合机座对双层隔振系统隔振效果影响的试验分析

为了试验分析复合机座对双层隔振系统隔振效果的影响,选用结构如图 1 所示的双层隔振系统。在试验时通过更换刚性机座进行对比试验,进而得到复合机座对双层隔振系统隔振效果的影响。

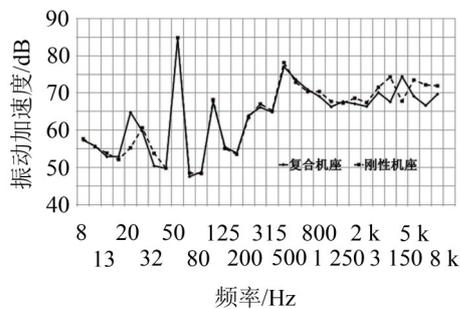


图9 复合机座对双层隔振系统隔振效果的影响

由图 9 可知,安装了复合机座的双层隔振系统与刚性机座的双层隔振系统在全频段 10 Hz~8 000 Hz 的隔振效果几乎是一致的,并且从试验分析得到安装了复合机座的双层隔振系统的隔振效果为 48.7 dB,而刚性机座情况下的双层隔振系统的隔振效果为 48.1 dB,从而得出对于本套双层隔振试验系统,这种复合机座并不能显著提高全频段的隔振效果。

4 结语

本文针对一种复合机座,设计了一个隔振效果试验系统,通过试验分析,主要研究了一种复合设备机座对试验系统的隔振效果的影响,并对结果进行分析,得出如下结论:

(1) 复合机座本身能够有效抑制高频共振峰,取得较好的高频隔振效果;

(2) 将复合机座应用于单层隔振试验系统中能够在高频段进一步增加隔振效果,从而在不增加整个单层隔振试验系统质量的情况下,增加其隔振效果;

(3) 将复合机座应用于双层隔振试验系统中,并不能增加其隔振效果。

综上,设计合理的复合机座能够有效地抑制高频共振峰,取得较好的高频隔振效果,并且在单层隔振系统中也能够在高频段进一步增加隔振效果。但是,对于在双层隔振系统中应用复合机座可能会没有效果,如何正确的选择和优化复合机座,则需要进行更多细致的研究工作。

参考文献:

- [1] 朱石坚,何琳. 船舶减振降噪技术与工程设计[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [2] 王朝杰,盛美萍,赵颖坤. 夹层阻尼结构抑振特性研究[J]. 机械设计与制造, 2006(7): 108-110.
- [3] 盛美萍,王敏庆,刑文华. 单层隔振系统中弹性基座的振动与声辐射特性[J]. 机械科学与技术, 2000, 19, (9): 94-96.
- [4] 梅志远,罗忠,周欣,等. 夹芯复合材料基座激振试验研究[J]. 振动与冲击, 2009(01): 152-155.
- [5] 熊琳. 试验基座阻抗对隔振装置隔振效果的影响[J]. 柴油机, 2007, 29(4): 39-41.
- [6] 祝华,张宗安. 弹性元件的机械阻抗理论研究[J]. 噪声与振动控制, 2001, 21(4): 31-33.
- [7] 葛剑民,毛东兴,洪宗辉,等. 水泵机组双层隔振降噪研究[J]. 噪声与振动控制, 2003, (4): 7-10.