

聚氨酯与橡胶隔振器性能对比分析

谢 华, 张小华, 殷长春

(七一一研究所, 上海 200090)

摘 要: 以船用柴油机广泛使用的 CM-III(G)型隔振器为研究对象, 对聚氨酯与天然橡胶隔振器的动、静态等性能进行试验对比分析。试验结果表明: 聚氨酯隔振器具有较低的固有频率, 承载范围更宽; 随弹性体硬度提高, 其承载能力可以达到远高于天然橡胶隔振器的承载能力; 聚氨酯隔振器的蠕变性能和天然橡胶隔振器的蠕变性能相当。

关键词: 隔振器; 聚氨酯; 橡胶; 性能

中图分类号: TB55⁺.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4357(2015)06-0033-03

Comparative Analysis of Vibration Isolation Performance of Polyurethane and Rubber Isolator

Xie Hua, Zhang Xiaohua, Yin Changchun

(Shanghai Marine Diesel Engine Research Institute, Shanghai 200090)

Abstract: Based on CM-III (G) type vibration isolator which is widely used in marine diesel engine, comparative analysis of dynamic and static performance of polyurethane and natural rubber isolators was performed. The test results show that polyurethane isolators have lower nature frequency and wider loading range; with the increase of elastomer hardness, polyurethane isolators can have much higher loading capacity; polyurethane isolator have similar creep performance with natural rubber isolators.

Key words: vibration isolator; polyurethane; rubber; performance

0 引 言

目前, 在动力机械振动控制领域应用最为普遍的减振元件主要为橡胶隔振器。常见的弹性体材料有天然橡胶、丁腈橡胶、氯丁橡胶等^[1], 其中以天然橡胶的动态性能为最佳, 但因其耐油性能较差, 应用场合受到限制。丁腈和氯丁橡胶虽然具有较好的耐油性能, 但动态性能及材料强度与天然橡胶相比存在一定的差距^[2]。因此, 有必要寻求一种兼具动态性能和耐油性能的弹性体材料。

传统橡胶隔振器主要依靠在胶料中添加炭黑来调节硬度, 调节范围一般在邵 A45 至邵 A80。当橡胶硬度接近上限时, 几乎已经不成为弹性材料了。

因此若试图提高橡胶隔振器的承载能力, 必须相应增大隔振器的设计尺寸, 由此带来的空间和重量的增加对各种设备来说是极大的负担^[3]。因此, 研发出一种承载范围更宽的减振材料具有很高的实用价值。

聚氨酯作为一种新型合成高分子材料, 在近几十年里发展非常迅速, 现已广泛应用于汽车、航天、医疗、国防等领域。其中浇注型聚氨酯弹性体(CPUE)具有硬度范围宽、高弹性、高承载能力、耐腐蚀、耐磨、耐油等特性^[4]。

本文分别以浇注型聚氨酯和天然橡胶为基础进行隔振器的试制, 并结合试验结果对两者的隔振性能进行对比分析。

1 隔振器性能试验

1.1 隔振器试制

本次试制选取 CM-Ⅲ (G) 型隔振器, 该型隔振器为剪切压缩复合型, 广泛应用于 MAN 16/24 等船用中速柴油机组减振。橡胶隔振器采用天然橡胶硫化制得; 聚氨酯隔振器采用浇注型, 由两步法制得。

1.2 隔振器动、静态性能试验

对不同弹性体硬度的聚氨酯隔振器进行动、静态性能测试分析, 并与天然橡胶隔振器的性能进行对比。测试标准参照 GB/T 15168-2013《振动与冲击隔离器性能测试方法》^[5]。测试在七一一研究所的 INSTRON 试验机上完成, 见图 2。



图 1 隔振器动、静态性能测试

1.3 隔振器蠕变性能试验

对 CM-Ⅲ (G)-4 型聚氨酯隔振器进行额定载荷下蠕变性能测试。测试标准参照 GB/T 15168-2013《振动与冲击隔离器性能测试方法》。测试在七一一研究所的蠕变试验台上完成, 见图 2。



图 2 隔振器蠕变性能测试

2 试验结果分析

2.1 聚氨酯与橡胶隔振器承载范围对比

为探讨聚氨酯与橡胶隔振器承载范围的差异, 分别选取一组硬度为 SHA50°~SHA90°的聚氨酯隔振器, 以及一组硬度为 SHA50°~SHA71°的天然橡胶隔振器进行静刚度测试。测试结果见图 3。

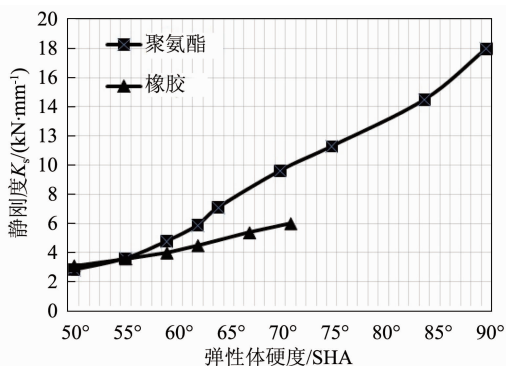


图 3 聚氨酯与天然橡胶隔振器承载范围对比

由图 3 所示曲线可以看出, 当弹性体硬度同为 SHA50°时, 天然橡胶隔振器的静刚度略高于聚氨酯隔振器的; 随着硬度的提高, 聚氨酯隔振器的静刚度增加速度远大于天然橡胶隔振器的; 天然橡胶隔振器一般实际使用硬度不超过 SHA75°, 承载能力也随之达到极限; 而聚氨酯材料可以在 SHA90°甚至更高的条件下保持高弹性, 承载能力可达到天然橡胶隔振器承载能力极限的数倍。

2.2 隔振器动静比随承载能力的变化

分别对一组不同承载能力的聚氨酯隔振器和天然橡胶隔振器进行静、动态性能测试。首先, 将每只隔振器垂向静变形 8 mm 时所受的载荷定为该隔振器的试验载荷, 测得静刚度 K_s ; 然后在该试验载荷下对隔振器进行动态性能测试, 测得动刚度 K_d 。隔振器动静刚度比 (即动静比) 测试结果如图 4 所示。

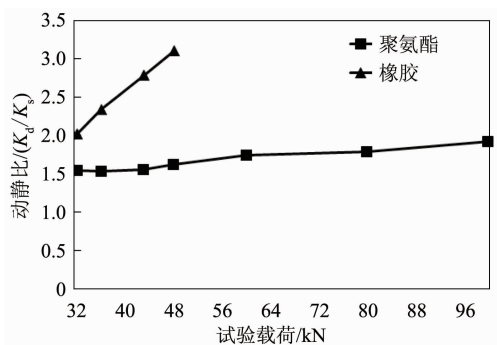


图 4 隔振器动静比-承载能力关系曲线

由图 4 所示曲线可以看出: 随着硬度和承载能

力的提高，聚氨酯和天然橡胶隔振器的动静比都呈逐渐升高的趋势，其中天然橡胶动静比增加速度远高于聚氨酯隔振器。这是因为天然橡胶隔振器的硬度主要靠炭黑来调节，增加配方中炭黑的比例会导致隔振器动静比显著上升。而聚氨酯弹性体分子链上含有大量的极性基团，如酯基、醚基、氨基甲酸酯基、脲基、缩二脲基及脲基甲酸酯基等，具有很强的分子间作用力和氢键^[6]。对硬度的调节主要靠调整分子链中软、硬段的比例来实现，不需要添加任何填料，因此随硬度上升，动静比增加并不明显。

2.3 同载荷下聚氨酯与橡胶隔振器性能对比

试制三种不同配方的聚氨酯隔振器，编号分别为 1#、2#和 3#；天然橡胶隔振器编号为 4#。对四只隔振器分别进行了动、静态性能试验，结果均满足 43 kN 载荷下静变形 8 ± 1 mm，并且变形量较为接近。试验结果见表 1。

表 1 聚氨酯与橡胶隔振器动静态测试结果

测试项目	1#	2#	3#	4#
硬度/邵 A	63	64	64	67
载荷/kN	43	43	43	43
静变形/mm	7.91	7.78	8.19	8.02
静刚度/ $(\text{kN} \cdot \text{mm}^{-1})$	5.44	5.53	5.25	5.36
固有频率/Hz	7.6	7.0	6.4	9.4
动刚度/ $(\text{kN} \cdot \text{mm}^{-1})$	9.89	8.56	6.97	14.95
动静比	1.82	1.55	1.33	2.79

由表 1 中的数据可以看出：聚氨酯隔振器与天然橡胶隔振器相比，具有较低的固有频率和动静比，其中 3#配方的固有频率比天然橡胶隔振器的固有频率低 3 Hz。另外，改变聚氨酯弹性体的配方，可以在静刚度不变的前提下，在一定范围内对隔振器的动静比进行调整。

2.4 聚氨酯与橡胶隔振器蠕变性能对比

选取 2.3 节中 2#聚氨酯隔振器和 4#天然橡胶隔振器分别进行额定载荷 43 kN 下的蠕变性能测试，初始 6 h 中每 1 h 记录一次变形量，6 h 后每 24 h 记录一次，持续 10 d。隔振器蠕变量和蠕变曲线测试结果见表 2 和图 5。

表 2 聚氨酯与天然橡胶隔振器蠕变量

测试项目	聚氨酯	天然橡胶
加载 1 h 时变形量/mm	7.80	8.05
加载 10 d 时变形量/mm	7.95	8.24
蠕变量/mm	0.15	0.19

由表 2 可以看出，聚氨酯隔振器的蠕变量略低于天然橡胶隔振器的，但总体性能较为接近。图 5

中两者的蠕变曲线也较为相似，加载 24 h 后蠕变量变化较小，在试验结束前已经趋于稳定。这说明在蠕变特性方面，聚氨酯具备和天然橡胶相当的性能。

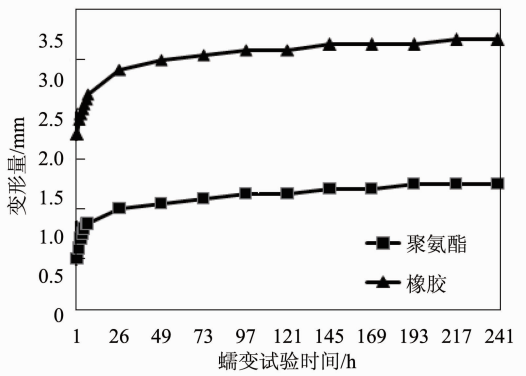


图 5 聚氨酯与天然橡胶隔振器蠕变曲线

3 结 论

本文对聚氨酯和天然橡胶隔振器的性能进行了测试和比较，得到如下结论：

- (1) 相同弹性体硬度的情况下，聚氨酯和天然橡胶隔振器承载能力存在差异。低硬度时天然橡胶的静刚度略高于聚氨酯隔振器的，但随着硬度的提高，聚氨酯隔振器的静刚度增加速度远大于天然橡胶隔振器的。
- (2) 聚氨酯和天然橡胶均可通过提高硬度来增加承载能力。随硬度的提高，天然橡胶隔振器的动静比增加幅度远高于聚氨酯隔振器的。
- (3) 相同承载能力下，聚氨酯隔振器具有较低的固有频率和动静比，在理论上具备更好的隔振效果。
- (4) 聚氨酯的蠕变性能与天然橡胶隔振器的比较接近，具备实际应用条件。

参考文献

[1] 吴恒亮, 谢华, 车振东. 大载荷聚氨酯隔振器研究 [J]. 噪声与振动控制, 2012, 32 (1): 167-169.

[2] 严济宽. 机械振动隔离技术 [M]. 上海: 上海科学技术文献出版社, 1985.

[3] 谢华, 吴恒亮, 车振东. 聚氨酯弹性体隔振性能分析 [J]. 噪声与振动控制, 2012, 32 (1): 154-156.

[4] 山西省化工研究所. 聚氨酯弹性体手册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2001.

[5] GB/T15168-2013, 振动与冲击隔离器性能测试方法[S].

[6] 赵雨花, 贾林才, 亢茂青, 等. 高性能浇注型聚氨酯弹性体的耐热性能 [J]. 合成橡胶工业, 2008 (3): 187-190.