

# 橡胶发动机悬置耐低温性能研究

李云华

(河北省汽车减震与密封条橡胶产品工程技术研究中心,河北 保定 072550)

**摘要:**研究温度对纯胶发动机悬置和液封发动机悬置性能的影响、生胶和软化剂对硫化胶低温性能的影响以及耐低温改进配方胶料发动机悬置刚度变化。结果表明:随着温度的降低,纯胶发动机悬置和液封发动机悬置的刚度增大,液封发动机悬置阻尼特性频率段阻尼角减小;采用天然橡胶/并用胶,低倾点软化剂可改善硫化胶低温性能,提高发动机悬置的耐低温稳定性。

**关键词:**发动机悬置;低温性能;刚度;阻尼角;天然橡胶;顺丁橡胶

**中图分类号:**TQ336.4;TQ330.7 **文献标志码:**A **文章编号:**2095-5448(2018)0?-?-04

发动机悬置是指汽车动力总成(包括发动机、离合器及变速器等)与车架或车身之间的弹性连接系统,其质量直接关系到发动机与车体之间的振动传递,影响整车的NVH性能。好的悬置系统应当能够充分减小发动机引起的震动和噪声,延长零部件的使用寿命。发动机悬置的基本功能为:固定并支撑动力总成,承受动力总成内部因发动机旋转和平移质量产生的往复惯性力及力矩;承受汽车行驶过程中作用于动力总成的一切动态力;隔离由于发动机激励而引起的车架或车身震动;隔离由于路面不平度以及车轮受路面冲击而引起的震动向动力总成传递。橡胶悬置可有效地隔离发动机的震动,这是由于橡胶的内摩擦远大于金属材料,故其能有效地衰减震动,使冲击产生的衰减震动尽快停止。但橡胶是一种高分子材料,在载荷及一定温度长时间作用下会发生蠕变,影响悬置使用寿命和减震效果。

天然橡胶(NR)具有弹性好、动态损失小和动静比低等特点,是适用于发动机悬置的生胶之一,广泛应用于汽车减震制品。然而,NR为结晶型橡胶,在低温环境下分子间链段运动减弱,滞后角和动刚度增大,其制品减震性能下降。

本工作研究温度对纯胶发动机悬置和液封发动机悬置性能的影响、生胶及软化剂对硫化胶低

温性能的影响以及耐低温改进配方胶料在发动机悬置中的应用。

## 1 实验

### 1.1 主要原材料

NR,烟胶片,牌号RSS3,泰国产品;顺丁橡胶(BR),牌号BR9000,北京燕山石油化工有限公司产品;凡士林(工业级)和芳烃油(牌号A4),卡博特化工有限公司产品;石蜡油,牌号R2291,北京艾迪尔助剂复合材料有限公司产品。

### 1.2 主要设备和仪器

3 L型密炼机和 $\Phi 203$  mm开炼机,广东利拿机械有限公司产品;YM-RH300T-3000CC型注射硫化机,无锡阳明橡胶机械有限公司产品;831型1000 Hz弹性体试验机,MTS公司产品;XW-221型平板硫化机和MC010-LXS-A型邵氏硬度计,上海研润光机科技有限公司产品;BY-260C型高低温箱,北京明斯特设备有限公司产品;DMA242E型动态机械热分析仪,德国耐驰公司产品。

### 1.3 配方

生胶 100,炭黑 15,氧化锌 5,硬脂酸 2,防老剂 5,石蜡 3,软化剂 5,硫化剂 2,促进剂 1.5。

### 1.4 样品制备

(1)混炼。一段混炼:密炼室初始温度为40℃,加生胶混炼60 s→加氧化锌等小料混炼120 s→加炭黑和软化剂等混炼600 s(或达到125℃)→排

**作者简介:**李云华(1981—),女,河北承德人,河北省汽车减震与密封条橡胶产品工程技术研究中心工程师,学士,主要从事汽车减震橡胶制品配方设计工作。

**E-mail:**yunhuali0514@126.com

胶;开炼机调整辊距至3 mm,混炼胶在开炼机上过辊6次→下片→停放24 h。

二段混炼:密炼室初始温度为40 ℃,加入一段混炼胶,混炼60 s→加入硫化剂和促进剂混炼600 s(或达到125 ℃)→排胶;开炼机调整辊距至3 mm,混炼胶在开炼机上过辊6次→下片→停放16 h。

(2) 物理性能测试试样。在平板硫化机上进行硫化,条件为160 ℃×8 min。

(3) 产品试制。在YM-RH300T-3000 CC型注射硫化机上进行产品硫化,条件为(155~160) ℃/19.6 MPa×12 min。

### 1.5 性能测试

动刚度和阻尼角检测按照QCC/SY 050—2009《车用橡胶减震零部件动静特性试验方法》进行。

## 2 结果与讨论

### 2.1 温度对纯胶发动机悬置性能的影响

分别采用某SUV纯胶发动机悬置和液封发动机悬置(胶料配方的生胶为100份NR,软化剂为5份凡士林)作为研究对象,研究低温对发动机悬置动态特性的影响,试样在试验环境下停放48 h,刚度测试预载为1 053 kN,振幅为±0.3 mm。温度对纯胶发动机悬置动刚度和阻尼角的影响分别如图1和2所示。

由图1和2可见,随着温度的降低,纯胶发动机悬置刚度及阻尼角均呈增大趋势。这主要是因为低温环境下NR逐渐结晶,且随着温度的降低结晶度增大,而随着结晶度增大,橡胶材料模量增大即刚度增大,同时橡胶分子间链段运动减弱,滞后性增加,即阻尼角增大。

温度对液封发动机悬置动刚度和阻尼角的影响分别如图3和4所示。

由图3可见,液封发动机悬置阻尼特性出现在11~13 Hz范围,液封发动机悬置动刚度随温度降低呈增大趋势,但在阻尼特性频率段刚度增大趋势较小,而在非阻尼特性频率段随温度降低刚度增大趋于明显。其原因为非阻尼特性段,刚度变化与NR低温结晶性有关。

由图4可见:在23 ℃时阻尼特性段出现阻尼角最大值,约25°;随着温度的降低,在阻尼特性频率

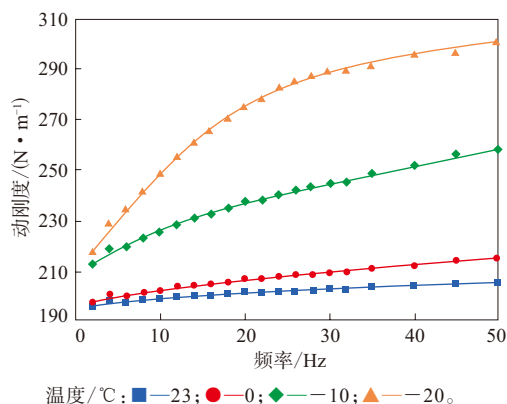


图1 温度对纯胶发动机悬置动刚度的影响

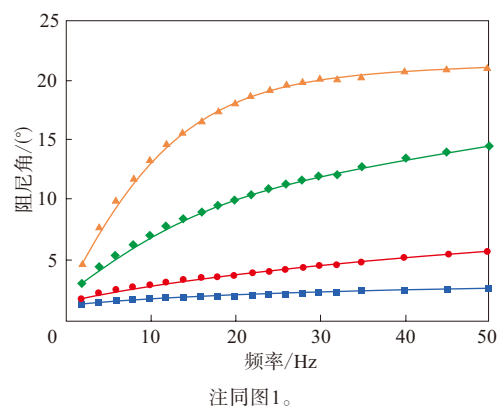


图2 温度对纯胶发动机悬置阻尼角的影响

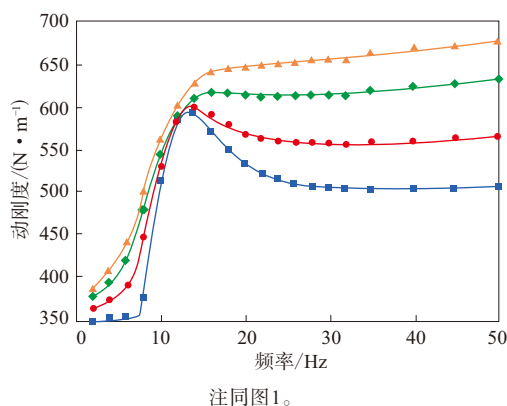
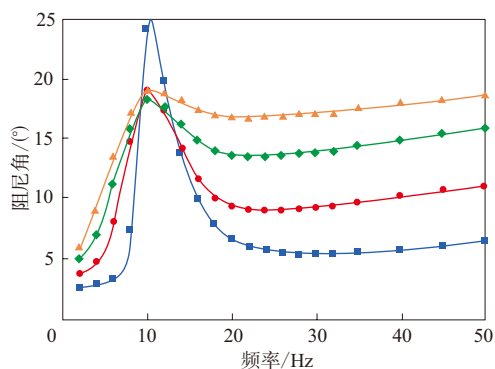


图3 温度对液封发动机悬置动刚度的影响

段阻尼角减小,其他频率段阻尼角随温度降低呈增大趋势。分析原因认为:在阻尼特性频率段,阻尼液通过惯性通道在上下液室间往复运动,当液体流经惯性通道时,由于液体往复运动产生较大的能量损失,从而产生较大的阻尼,该阻尼大小与液体通过惯性通道的体积有关,而液体粘度影响液体单位时间内通过惯性通道的体积量;随着温



注同图1。

图4 温度对液封发动机悬置阻尼角的影响

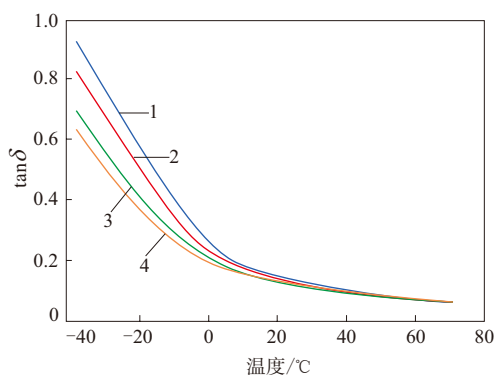
度的降低,阻尼液粘度增大,故在阻尼特性频率段随温度降低阻尼角减小;随着频率的增大,惯性通道内惯性增大,液体来不及流动,阻尼特性减弱,此时阻尼增大是受NR特性,即低温结晶性的影响<sup>[1]</sup>。

## 2.2 生胶和软化剂对硫化胶低温性能的影响

### 2.2.1 生胶

生胶对硫化胶低温性能的影响如图5所示。

由图5可见,并用BR可以改善NR的耐低温性能,且随着BR用量的增大,硫化胶的低温阻尼角正切值( $\tan\delta$ )变化趋势减小。硫化胶耐低温性能主要取决于生胶的玻璃化温度和结晶性,BR主链含有双键,分子链柔顺性好,玻璃化温度低,为 $-109^\circ\text{C}$ ,低于NR的 $-72^\circ\text{C}$ ,故BR的并用可以改善NR的耐低温性能<sup>[2]</sup>。



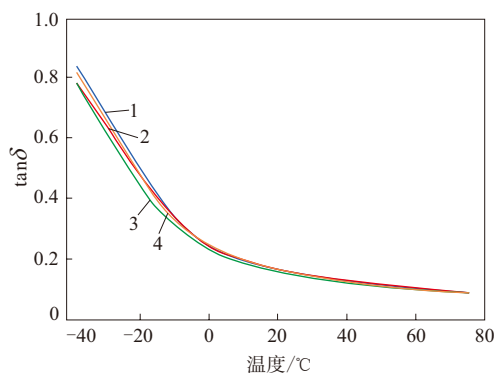
NR/BR用量比:1—100/0;2—90/10;3—70/30;4—50/50。

图5 生胶对硫化胶低温性能的影响

### 2.2.2 软化剂

软化剂对硫化胶低温性能的影响如图6所示。

由图6可见:从常温到 $-35^\circ\text{C}$ ,空白试样的



软化剂:1—空白;2—凡士林;3—石蜡油;4—芳烃油。

图6 软化剂对硫化胶低温性能的影响

$\tan\delta$ 变化趋势最为明显,而石蜡油试样的低温效果最好;在 $-20^\circ\text{C}$ 时凡士林和芳烃油试样的 $\tan\delta$ 变化趋势趋于一致,即低温性能较低差;芳烃油与空白试样低温的 $\tan\delta$ 接近;在 $-30^\circ\text{C}$ 以下凡士林试样的 $\tan\delta$ 变化趋势较芳烃油试样缓和。

软化剂对硫化胶低温性能的影响因素主要为软化剂的倾点,倾点越低则低温性能越好,如试验用芳烃油的倾点为 $13^\circ\text{C}$ ,而石蜡油倾点为 $-18^\circ\text{C}$ ,故选用石蜡油作为软化剂的硫化胶性能在常温至 $-35^\circ\text{C}$ 时表现最为优异;另外,对于结晶性NR而言,含有大分子的软化剂能有效抑制硫化胶的结晶性,即增大橡胶分子链之间的距离,降低分子链之间的相互作用,提高橡胶分子链的柔性,降低NR的结晶温度和玻璃化温度<sup>[3]</sup>。

### 2.3 耐低温改进配方胶料在发动机悬置中的应用

采用生胶为70/30的NR/BR并用胶、软化剂为5份石蜡油的配方,与原配方(生胶为100份NR、软化剂为5份凡士林)进行纯胶纯胶发动机悬置产品制作并对比常温、 $-20^\circ\text{C}$ 及 $-40^\circ\text{C}$ 下刚度和阻尼角。具体对比结果如图7和8所示。

由图7和8可见,胶料配方中NR并用BR及使用低倾点软化剂可以有效改善发动机悬置在低温环境下的刚度和阻尼稳定性,提升发动机悬置的低温性能,改善在寒冷地区整车NVH性能,提升驾乘人员的舒适性。

## 3 结论

(1)随着温度的降低,纯胶发动机悬置刚度和阻尼角均增大,悬置减震效果降低。

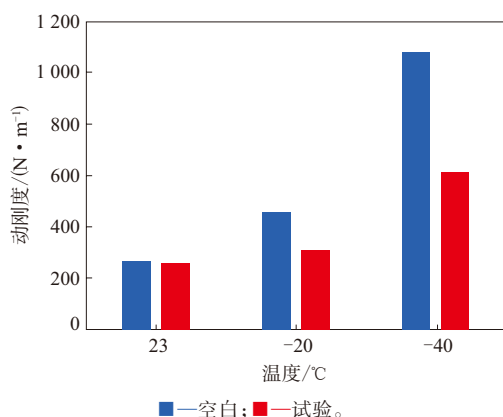
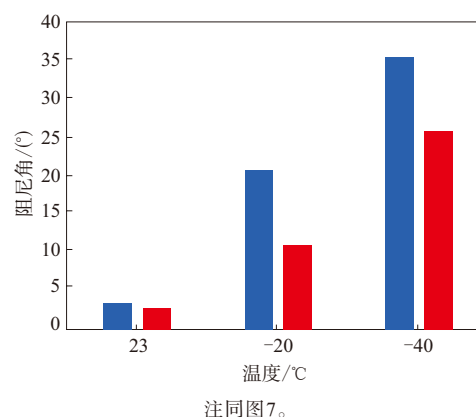


图7 胶料配方改进对纯胶发动机悬置动刚度的影响

(2) 对于液封发动机悬置, 温度降低则刚度增大, 但在阻尼特性频率段阻尼角减小。

(3) NR与BR并用可以改善硫化胶的低温性能, 软化剂倾点直接影响硫化胶的低温性能, 倾点越低则硫化胶的低温性能越好。

(4) 生胶采用NR/BR并用胶、软化剂采用石蜡油的纯胶发动机悬置, 低温稳定性能改善, 其在寒冷地区仍具有优异的减震性能。



注同图7。

图8 胶料配方改进对纯胶发动机悬置阻尼角的影响

#### 参考文献:

- [1] 岳跃珍, 黄鼎友. 液压悬置参数对其动态性能影响[J]. 机械设计与制造, 2010(4): 90-92.
- [2] 余惠琴, 刘晓红, 高守超, 等. 天然橡胶低温改性实验[J]. 特种橡胶制品, 2005, 26(1): 19-21.
- [3] 张殿荣, 马占兴, 杨清芝. 现代橡胶配方设计[M]. 北京: 化学工业出版社, 1994: 263-268.

收稿日期: 2017-10-20