

合成杜仲橡胶在汽车扭力梁铰接中的应用

黄 硕¹, 曹 兰², 黄江玲¹, 周言和¹, 高祥达¹, 应 芳³

(1. 东风汽车公司 技术中心, 湖北 武汉 430058; 2. 青岛科技大学, 山东 青岛 266042; 3. 安徽中鼎减震橡胶技术有限公司, 安徽 宁国 242300)

摘要: 研究合成杜仲橡胶(TPI)在汽车扭力梁铰接中的应用。结果表明,在天然橡胶体系中并用少量TPI,可以在保持原胶料物理性能基本不变的情况下,大幅提高伸张疲劳性能、耐屈挠疲劳性能和动态力学性能;将TPI用于汽车扭力梁铰接能够显著改善耐动态疲劳性能。

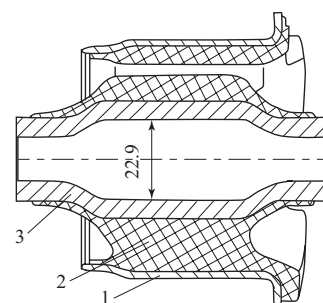
关键词: 合成杜仲橡胶; 天然橡胶; 汽车扭力梁铰接; 疲劳性能

中图分类号: TQ332. 2; TQ336. 4⁺2 **文献标志码:** B **文章编号:** 1000-890X(2018)00-0000-04

杜仲橡胶是一种具有橡塑二重性的优异高分子材料,分为天然杜仲橡胶和合成杜仲橡胶(TPI)两类。杜仲橡胶与天然橡胶(NR)化学成份相同,但分子结构不同,前者为反式聚异戊二烯橡胶,后者为顺式聚异戊二烯橡胶。杜仲橡胶是典型柔性链高分子,熔点低,与其他橡胶并用可明显降低混炼温度,大幅降低混炼胶生热,改善焦烧特性。由于杜仲橡胶具有与NR相等的碳-碳双键密度,因此可用相同种类和用量的硫化体系,且具有相似的硫化特性。

研究表明,天然杜仲橡胶的反式-1,4-结构含量和结晶度略高于TPI,二者常规物理性能相差不大^[1]。少量杜仲橡胶与NR和丁苯橡胶等并用,可在保持胶料各项基本物理性能不变的情况下,明显降低滚动阻力和生热,大幅度提升材料的耐磨性能和耐疲劳性能。国内有报道将TPI加入到NR中,大大延长了硫化胶的伸张疲劳寿命^[2]。

现代汽车大量使用各种减震橡胶制品以起到减震、降噪、提高舒适性和行驶稳定性的作用^[3],汽车底盘的扭力梁铰接为其中之一。扭力梁铰接主要由钢制外管、钢制内管及中间的橡胶层构成(见图1),钢制外管连接扭力梁,钢制内管连接车身金属支架,中间填充NR用于内外管之间的连接和减震。由于乘用车中扭力梁铰接长期受力,工况恶劣,铰接中起减震作用的NR胶料长期受到较大的



1—钢制外管; 2—橡胶; 3—钢制内管

图1 扭力梁铰接剖面示意

动态应力作用,在车型开发和客户使用过程中常因动态疲劳而失效。本工作研究杜仲橡胶对扭力梁铰接耐动态疲劳性能的影响,以促进杜仲橡胶在汽车用减震橡胶件中的应用。

1 实验

1.1 主要原材料

TPI, 相对分子质量55万左右, 青岛第派新材料有限公司产品; NR, 牌号为SVR3L, 玉顺贸易有限公司提供; 炭黑N339, 上海卡博特化工有限公司产品; 白炭黑, 牌号1165, 确成硅化学股份有限公司产品。

1.2 试验配方

生胶(变NR/TPI并用比) 100, 炭黑N339 30, 白炭黑 10, 偶联剂Si69 1, 氧化锌 5, 硬脂酸 1, 防老剂RD 1.5, 防老剂4010NA 2, 防老剂4020 2, 微晶蜡B-10 2, 橡胶分散剂D-4A

作者简介: 黄硕(1987—), 男, 湖北十堰人, 东风汽车公司工程师, 硕士, 主要从事汽车用高分子材料的应用与研究。

2, 不溶性硫黄 3, 促进剂CZ 1, 防焦剂CTP 0.2。

1.3 主要设备和仪器

XSM-1/10~120型密炼机, 上海科创橡塑机械设备有限公司产品; XK-160型开炼机和XLB-D型平板硫化机, 上海双翼橡塑机械有限公司产品; MDR2000型无转子硫化仪, 阿尔法科技有限公司产品; GT-GS-MB型邵尔硬度计(A型)、GT-TCS-2000型电子拉力试验机、GT-7042-RE型弹性试验机、GT-7049型压缩变形试验机和GT-7011-DG型曲折试验机(德墨西亚型), 中国台湾高铁检测仪器有限公司产品; MZ-4003B型橡胶立式疲劳试验机, 江苏明珠试验机械有限公司产品; EPLEXOR型动态热机械分析仪, 德国GABO公司产品; 8 kN·m级液压伺服试验设备, 德国Shenck公司产品; 10 kN级拉压力传感器, 南京华东电子集团有限公司产品。

1.4 试样制备

1.4.1 胶料的制备

NR母炼胶和TPI母炼胶分别在密炼机中制备, 停放16 h后在密炼机中按配比加入NR母炼胶、TPI母炼胶、硬脂酸、防老剂、氧化锌、石蜡等进行混炼, 然后置于开炼胶机上开炼; 停放16 h后加入促进剂和硫化剂等再次混炼。转子转速保持在 $40\sim 50\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 。胶料在平板硫化机上硫化, 硫化条件为 $160\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ MPa}\times 11\text{ min}$ 。

1.4.2 扭力梁铰接的制备

将NR/TPI混炼胶加入注射机中, 注入放有表面磷化处理并涂胶粘剂金属骨架的模具后硫化成型, 硫化条件为 $160\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ MPa}\times 11\text{ min}$ 。

1.5 测试分析

1.5.1 胶料性能

回弹值按照ASTM D 1054—2002《用回跳摆锤法测定橡胶弹性的实验方法》进行测试。其余各项性能均按照相应国家标准进行测试, 压缩永久变形采用B型试样, 压缩率 25%, 测试条件 $100\text{ }^{\circ}\text{C}\times 22\text{ h}$; 伸张疲劳寿命和永久变形测试伸长率 100%, 频率 5 Hz; 动态力学性能测试采用拉伸模式, 温度范围 $-80\sim +100\text{ }^{\circ}\text{C}$, 频率 3 Hz, 升温速率 $3\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$, 动态应变 2.5%, 静态应变 5%。

1.5.2 产品性能

径向静刚度测试条件为预载 0 N, 加载力范围 $(-5\sim +5)\text{ kN}$, 速率 $10\text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$, 计算范围 $\pm 980\text{ N}$ 。轴向静刚度测试条件为预载 0 N, 加载力范围 $(-3\sim +3)\text{ kN}$, 速率 $10\text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$, 计算范围 $\pm 980\text{ N}$ 。扭转刚度测试条件为加载范围 $0\sim 15^{\circ}$, 速率 $30\text{ }(^{\circ})\cdot\text{min}^{-1}$, 计算范围 $0\sim 1^{\circ}$ 。

扭力梁铰接的耐动态疲劳性能采用动态疲劳台架试验进行测试, 主要试验设备为8 kN·m级液压伺服试验设备和10 kN级拉压力传感器, 样品安装、台架和加载方式如图2所示。测试时沿铰接径向方向施加5 kN载荷, 同时施加扭转运动, 扭转角度为 $\pm 5^{\circ}$, 频率为1.8 Hz, 试验次数为100万次, 试验中检查铰接的破坏情况, 包括橡胶的撕裂情况、内衬套与橡胶之间的脱离情况、外衬套与橡胶的脱离情况等。



1—扭力梁铰接安装位置

图2 扭力梁铰接疲劳耐久试验台架

2 结果与讨论

2.1 NR/TPI并用胶性能

2.1.1 物理性能

NR/TPI并用比对并用胶物理性能的影响如表1所示。

从表1可以看出, 并用TPI后, NR/TPI并用胶的邵尔A型硬度在TPI用量为20份时略有提高, 这是由于20份时TPI未全部参与硫化, 仍有部分以微晶状态存在, 而晶体TPI的邵尔A型硬度可达95度, 因此体现为硬度增大。撕裂强度表现出随着TPI用量的增大先升高后降低的趋势, 推测为用量较小时, TPI部分呈现微晶状态分散在橡胶基体中, 可起到阻止撕裂裂纹扩张的作用, 但随着TPI用

表1 NR/TPI并用胶的物理性能

项 目	NR/TPI并用比			
	100/0	93/7	85/15	80/20
邵尔A型硬度/度	57	57	57	60
300%定伸应力/MPa	11.3	11.3	10.6	11.7
拉伸强度/MPa	30.0	28.2	28.5	23.8
拉断伸长率/%	640	631	637	512
撕裂强度(新月形)/ (kN·m ⁻¹)	64	78	83	77
回弹值	57.1	55.7	56.3	56.0
压缩永久变形/%	42.1	41.2	43.6	43.0
低温脆性/℃	-50.9	-53.4	-53.4	-53.4
70℃×168 h热空气老化后				
邵尔A型硬度变化/度	+6	+6	+5	+5
拉伸强度变化率/%	-14.0	-8.9	-13.7	-10.7
拉断伸长率变化率/%	-29.7	-23.0	-28.9	-24.9

量的进一步增大,晶体有聚集现象,导致撕裂强度下降。随着TPI用量的增大,并用胶的拉伸强度、拉断伸长率和热空气老化性能均呈现略微降低趋势;300%定伸应力、回弹值和压缩永久变形变化不大。

2.1.2 耐屈挠疲劳性能

NR/TPI并用比对并用胶耐屈挠疲劳性能的影响如表2所示。

表2 NR/TPI并用胶屈挠疲劳次数 ×10⁻³

项 目	NR/TPI并用比			
	100/0	93/7	85/15	80/20
无龟裂	104	104	246	104
6级龟裂	374	534	855	403

从表2可以看出,并用TPI后,胶料的耐屈挠疲劳性能优于NR胶料,且随着TPI用量的增大,NR/TPI并用胶出现6级龟裂的屈挠次数先增大后减小,当TPI用量为15份时,并用胶的耐屈挠龟裂性能达到峰值。

2.1.3 伸张疲劳性能

NR/TPI并用比对并用胶伸张疲劳性能的影响如表3所示。

表3 NR/TPI并用胶的伸张疲劳性能

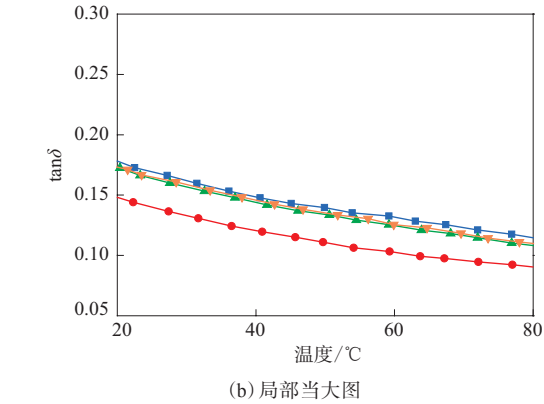
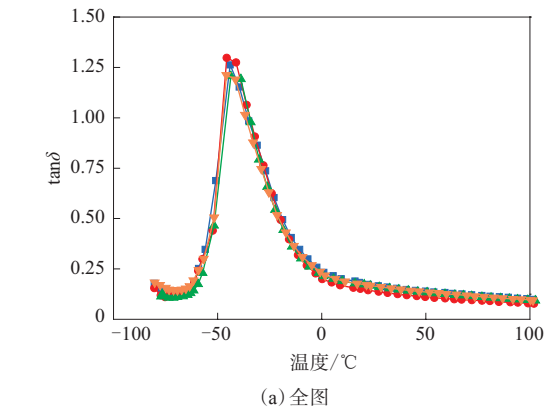
项 目	NR/TPI并用比			
	100/0	93/7	85/15	80/20
伸张疲劳寿命×10 ⁻⁴	23.03	24.87	26.43	24.87
永久变形/%	6.32	5.92	5.92	6.40

从表3可以看出,并用了TPI后,胶料的伸张疲劳寿命延长,且随着TPI用量的增大,胶料的伸张疲劳寿命先延长后缩短,当TPI用量为15份时达到

最优值,较NR胶料提升15%。从表3还可以看出,NR/TPI并用比为93/7和85/15的并用胶永久变形减小。

2.1.4 动态力学性能

NR/TPI并用比对并用胶动态力学性能的影响如图3所示,其中tanδ为损耗因子。



NR/TPI并用比: ■—100/0; ●—93/7; ▲—85/15; ▼—80/20。

图3 NR/TPI并用胶的动态力学性能曲线

从图3可以看出,在20~100℃温度范围内,并用TPI后,胶料的tanδ降低,且在TPI用量为7份时,胶料的tanδ降低最明显,说明此时TPI/NR并用胶动态疲劳生热最小,将TPI与NR并用可以降低生热。

2.2 NR/TPI并用胶在汽车扭力梁铰产品中的应用

2.2.1 静态力学性能

NR/TPI并用比对扭力梁铰接产品静态力学性能的影响如表4所示。

从表4可以看出,并用TPI后,产品的静态力学性能变化不明显,在TPI用量为15份时产品的静刚

表4 扭力梁铰接产品的静态力学性能

项 目	NR/TPI并用比			
	100/0	93/7	85/15	80/20
径向静刚度/(N·mm)				
空心	528	512	520	518
实心	2 234	2 167	2 215	2 208
轴向静刚度/(N·mm)	189	181	200	192
扭转刚度/[N·m·(°) ⁻¹]	1.9	1.8	2.0	1.9

度和扭转刚度均最优。

2.2.2 耐动态疲劳性能

NR/TPI并用比为100/0, 93/7, 85/15和80/20的扭力梁铰接的动态疲劳耐久次数分别为35, 68, 92和74万次。可以看出, 并用了TPI的扭力梁铰接产品的耐动态疲劳性能有了显著提高, 随着TPI用量的增大, 产品的耐动态疲劳性能先增强后减弱, 加入15份TPI的产品耐动态疲劳性能最优, 达到NR胶料产品的近3倍。

3 结语

(1) 在NR中并用少量TPI, 可以在保持原胶料物理性能基本不变的情况下, 大幅提高伸张疲劳性能和耐屈挠疲劳性能, 并改善内部生热状况。

(2) 并用TPI可以显著改善扭力梁铰接的耐动态疲劳性能, 在汽车减震橡胶件中应用前景光明。

参考文献:

- [1] 陈彰斌, 黄自华, 董晶晶, 等. 杜仲橡胶在减震材料及制品中的应用研究[J]. 橡胶工业, 2016, 63(3): 165-166.
- [2] 宋景社, 范汝良, 姚薇, 等. 反式-1,4-聚异戊二烯硫化及其共混硫化胶的研究[J]. 橡胶工业, 1997, 44(4): 209-213.
- [3] 王雪飞, 杨军. 汽车用橡胶减振材料及制品的应用与发展[J]. 橡胶科技, 2004, 2(21): 1-4.

收稿日期: 2016-12-05

Application of Trans-1,4-polyisoprene in Automobile Torsion Beam Hinge

HUANG Shuo¹, CAO Lan², HUANG Jianglin¹, ZHOU Yanhe¹, GAO Xiangda¹, YING Fang³

(1. Dongfeng Motor Corporation Technical Center, Wuhan 430058, China; 2. Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266042, China; 3. Anhui Zhongding NVH Co., Ltd. Ningguo 242300, China)

Abstract: The application of trans-1, 4-polyisoprene (TPI) in automobile torsion beam hinge was studied. The results showed that adding a small amount of TPI to natural rubber (NR) system, the tensile fatigue property, flex fatigue resistance and dynamic mechanical property of NR/TPI blends were highly improved with the physical properties almost unchanged to NR compound. The fatigue performance of automobile torsion beam hinge significantly improved when TPI was applied in it.

Key words: trans-1, 4-polyisoprene; natural rubber; automobile torsion beam hinge; fatigue performance