

# 甲基乙烯基硅橡胶/溶聚丁苯橡胶并用胶性能的研究

何庆<sup>1</sup>, 吴友平<sup>1\*</sup>, 黄强<sup>2</sup>, 王有治<sup>2</sup>

(1. 北京化工大学 北京市先进弹性体工程技术研究中心, 北京 100029; 2. 成都硅宝科技股份有限公司, 四川 成都 610041)

**摘要:** 研究甲基乙烯基硅橡胶(MVQ)/溶聚丁苯橡胶(SSBR)并用胶的性能, 探讨并用胶表面能与耐磨和抗湿滑性能的关系。结果表明: 随着MVQ用量的增大, MVQ/SSBR并用胶的物理性能和抗湿滑性能下降, 摩擦因数和表面能减小, 耐磨性能先提高后降低; 当MVQ用量为20份时, MVQ/SSBR并用胶的综合性能最佳; MVQ/SSBR并用胶的表面能与摩擦因数和抗湿滑性能成正比; 当MVQ用量小于20份时, MVQ/SSBR并用胶的表面能与耐磨性能成正比。

**关键词:** 甲基乙烯基硅橡胶; 溶聚丁苯橡胶; 并用胶; 表面能; 耐磨性能; 抗湿滑性能

**中图分类号:** TQ333.93; TQ333.1

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1000-890X(2020)04-0251-07

**DOI:** 10.12136/j.issn.1000-890X.2020.04.0251



OSID开放科学标识码  
(扫码与作者交流)

近年来, 硅橡胶由于不依赖石油资源, 并且具有耐高低温及耐老化等优良特性而应用于许多领域。在所有种类的硅橡胶中, 甲基乙烯基硅橡胶(MVQ)是最常用的品种。但是硅橡胶也具有表面能小和力学强度低的缺点, 因而限制了其在轮胎胎面胶中的应用。首先硅橡胶的Si—O—Si键角大, 分子链柔顺并呈螺旋状排列, 非极性的侧链烷基都指向外侧, 因此其具有很小的表面能; 其次内聚能密度小的特点致使其纯胶的力学强度不高<sup>[1]</sup>。溶聚丁苯橡胶(SSBR)是目前高性能轮胎常用的一种橡胶基体, 与硅橡胶不同的是其表面性能稳定, 力学强度高<sup>[2]</sup>。将MVQ与SSBR共混改性, 可以发挥硅橡胶耐热和耐老化等优良特性, 同时改善其力学性能。H. Y. Ren等<sup>[3]</sup>研究了硅烷偶联剂对MVQ/SSBR并用胶性能的影响。结果表明, 使用偶联剂Si69可以提高并用胶的力学性能和耐磨性能, 使用偶联剂A-151可以提高并用胶的抗湿滑性能。孙钺等<sup>[4]</sup>研究发现, 在SSBR中并用MVQ可以明显改善并用胶的耐磨性能和抗湿滑性能, 并且加入界面相容剂后并用胶的力学性能也

提高<sup>[5]</sup>。

胎面胶作为轮胎接触地面的部件, 其表面特性非常重要, 理论上轮胎的耐磨性能和抗湿滑性能等行驶性能都与胎面的表面特性相关。其中, 耐磨性能直接影响轮胎的使用寿命, 抗湿滑性能则关乎车辆行驶的安全性<sup>[6]</sup>。硅橡胶具有极小的表面能, 而有关橡胶表面能对轮胎耐磨性能和抗湿滑性能等影响的报道很少。本工作研究MVQ/SSBR并用胶的性能, 探讨并用胶表面能与耐磨性能和抗湿滑性能的关系, 为硅橡胶在轮胎工业中的进一步应用提供参考。

## 1 实验

### 1.1 主要原材料

SSBR, 牌号2550, 结合苯乙烯质量分数为0.25, 充油37.5份, 韩国LG化学有限公司产品; MVQ, 牌号110-9, 乙烯基质量分数为0.05, 宁波道若有机硅有限公司产品; 沉淀法白炭黑, 牌号Ultrasil VN3, 德国赢创工业集团产品。

### 1.2 基本配方

MVQ/SSBR(并用比为变量) 100, 白炭黑 70, 偶联剂Si69 5, 偶联剂A-151 0.6, 硬脂酸 1, 阻聚剂 1, 防老剂4010NA 1.5, 防老剂RD

**基金项目:** 国家重点研发计划资助项目(2017YFB0307002)

**作者简介:** 何庆(1994—), 男, 四川宜宾人, 北京化工大学硕士研究生, 主要从事有机硅橡胶在轮胎中的应用研究。

\*通信联系人(wuyyp@mail.buct.edu.cn)

1.5,硫化剂双25 2。

### 1.3 主要设备和仪器

X(S)K-160型开炼机,上海橡胶机械一厂有限公司产品;XSM-500型哈克密炼机,瑞安日新橡塑机械有限公司产品;XLB-D 350×350型平板硫化机,浙江湖州东方机械有限公司产品;RPA2000橡胶加工分析(PRA)仪,美国阿尔法科技有限公司产品;MR-C3型无转子硫化仪,北京瑞达宇辰仪器有限公司产品;XY-1型邵氏硬度计,营口市材料试验机厂产品;CMT4104型万能拉力试验机,深圳新三思计量技术有限公司产品;LAT100型磨耗试验机,荷兰VMI公司产品;MZ-4061型阿克隆磨耗试验机,江苏明珠试验机机械有限公司产品;S-4800型扫描电子显微镜(SEM),日本日立公司产品;VA3000型动态力学分析(DMA)仪,法国01dB-Metravib公司产品;OCA-20型视频光学接触角测量仪,德国Dataphysics公司产品。

### 1.4 试样制备

将MVQ和白炭黑按100:35的用量比在开炼机上混匀出片,制得MVQ母胶;依次将SSBR和MVQ母胶、偶联剂、剩余的白炭黑、硬脂酸和防老剂加入密炼机中,密炼室温度控制在145℃下混炼5 min后出料;待胶料冷却至室温,在开炼机上加入阻聚剂和硫化剂双25,混匀后出片。混炼胶在平板硫化机上硫化,硫化条件为170℃/15 MPa×20 min。

### 1.5 测试分析

#### 1.5.1 RPA分析

采用RPA仪进行应变扫描,混炼胶测试条件为:频率 1 Hz,温度 100℃,应变范围 0.28%~400%;硫化胶测试条件为:频率 10 Hz,温度 60℃,应变范围 0.28%~40%。

#### 1.5.2 硫化特性

采用无转子硫化仪测试混炼胶的硫化特性,测试温度为170℃。

#### 1.5.3 物理性能

硫化胶的邵尔A型硬度按GB/T 531.1—2008《硫化橡胶或热塑性橡胶 压入硬度试验方法 第1部分 邵氏硬度计法(邵尔硬度)》测试,测3个试样,结果取中值;拉伸强度和拉断伸长率按GB/T

528—2009《硫化橡胶或热塑性橡胶 拉伸应力应变性能的测定》测试,测5个试样,结果取中值;撕裂强度按GB/T 529—2008《硫化橡胶或热塑性橡胶撕裂强度的测定(裤形、直角形和新月形试样)》测试,测5个试样(直角形),结果取中值。

#### 1.5.4 摩擦因数和耐磨性能

摩擦因数采用LAT100型磨耗试验机测试,试样为外径84 mm、内径35 mm的环状硫化胶。首先按标准程序预磨所有试样,磨耗盘选择250 μm刚玉盘,试样在室温下测试,负荷力为75 N,滑移角为0°,以0.2 km·h<sup>-1</sup>的速率摩擦刚玉盘。每组试样4个,结果取平均值。

硫化胶的耐磨性能采用MZ-4061型阿克隆磨耗试验机按照GB/T 1689—1998《硫化橡胶耐磨性能的测定(用阿克隆磨耗机)》测试。每组试样3个,结果取平均值。

#### 1.5.5 SEM分析

将经过耐磨性能测试的试样裁剪成一定尺寸的小方块,使用导电胶粘贴在试样台上,经喷金处理后采用SEM观察磨耗表面形貌,测试电压为20 kV。

#### 1.5.6 DMA分析

采用DMA仪测试硫化胶的动态力学性能,在拉伸应变模式下进行温度扫描,温度扫描范围为-80~80℃,升温速率为3℃·min<sup>-1</sup>,应变振幅为0.3%,应变频率为10 Hz。

#### 1.5.7 抗湿滑性能

采用LAT100型磨耗试验机测试硫化胶在不同温度下的侧向力因数。首先调整水流使试样表面刚好铺上一层水膜,按标准程序预磨所有试样,磨耗盘选择60 μm刚玉盘,试验温度分别为2,15,30和55℃,负荷力为75 N,滑移角为15°,试样以1.5 km·h<sup>-1</sup>的速度滚动。

#### 1.5.8 接触角和表面能

采用视频光学接触角测量仪测试硫化胶的接触角和表面能。首先使用砂纸打磨试样表面至无明显光泽,再使用丙酮溶液擦拭并吹干,每组试样3个,结果取平均值。采用OWRK法<sup>[7]</sup>计算硫化胶的表面能,测试液体为去离子水和二碘甲烷,两种液体的表面能如表1所示,其中 $\gamma$ 为表面能, $\gamma^d$ 为表面能色散力分量, $\gamma^p$ 为表面能极性分量。

表1 测试液体的表面能  $\text{mJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 

项 目	$\gamma$	$\gamma^d$	$\gamma^p$
去离子水	72.8	21.8	51.0
二碘甲烷	50.8	49.5	1.3

$$\gamma = \gamma^d + \gamma^p \quad (1)$$

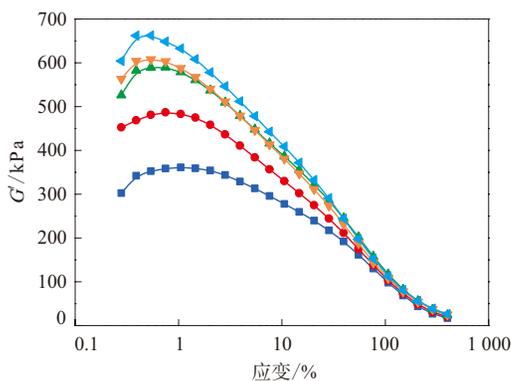
$$\cos \theta = -1 + \frac{2\sqrt{\gamma_L^d \gamma_s^d} + 2\sqrt{\gamma_L^p \gamma_s^p}}{\gamma_L} \quad (2)$$

式中,  $\theta$ 为接触角,  $\gamma_L$ 和 $\gamma_s$ 分别为液体和硫化胶的表面能。将去离子水和二碘甲烷的表面能带入式(1)和(2), 经计算即可得到硫化胶的接触角和表面能。

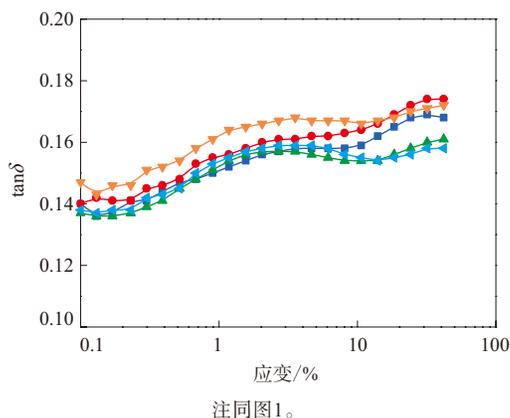
## 2 结果与讨论

### 2.1 RPA分析

MVQ/SSBR并用胶(混炼胶)的剪切储能模量( $G'$ )-应变曲线如图1所示, MVQ/SSBR并用胶(硫化胶)的损耗因子( $\tan\delta$ )-应变曲线如图2所示。



MVQ/SSBR并用比: ■—0/100; ●—10/90; ▲—20/80;  
▼—30/70; ◀—40/60。

图1 MVQ/SSBR并用胶的 $G'$ -应变曲线

注同图1。

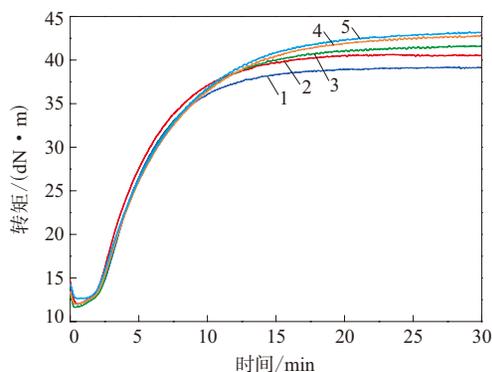
图2 MVQ/SSBR并用胶的 $\tan\delta$ -应变曲线

从图1可以看出, 随着MVQ用量的增大, MVQ/SSBR并用胶的Payne效应逐渐增强, 说明SSBR并用MVQ可能使两相的白炭黑分散得更不均匀。

从图2可以看出, 在整个应变范围内, MVQ/SSBR并用胶的 $\tan\delta$ 变化都很小, 这是由于MVQ分子链柔顺却不利于填料分散, 最终导致 $\tan\delta$ 稳定在一定范围内。

### 2.2 硫化特性

MVQ/SSBR并用胶(混炼胶)的硫化特性(170 °C)如图3和表2所示。



MVQ/SSBR并用比: 1—0/100; 2—10/90; 3—20/80;  
4—30/70; 5—40/60。

图3 MVQ/SSBR并用胶的硫化曲线

表2 MVQ/SSBR并用胶的硫化特性参数

项 目	MVQ/SSBR并用比				
	0/100	10/90	20/80	30/70	40/60
$F_L / (\text{dN} \cdot \text{m})$	11.97	12.02	11.64	12.00	12.63
$F_{\max} / (\text{dN} \cdot \text{m})$	39.19	40.64	41.62	42.87	43.23
$F_{\max} - F_L / (\text{dN} \cdot \text{m})$	27.22	28.62	29.98	30.87	30.60
$t_{10} / \text{min}$	1.77	1.72	1.72	1.82	1.97
$t_{90} / \text{min}$	10.50	10.87	12.17	13.78	13.73

从图3和表2可以看出, MVQ/SSBR并用胶都具有较长的安全焦烧期, 这是由于阻聚剂在硫化开始前消耗一部分活性自由基<sup>[8]</sup>, 直到硫化时间为10 min前所有MVQ/SSBR并用胶的硫化曲线都基本重合, 这可能是由于MVQ/SSBR并用胶的双键含量充足, 硫化速度由硫化剂用量决定, 因此改变MVQ用量几乎不会影响硫化速率。MVQ/SSBR并用胶的 $F_{\max}$ 随着MVQ用量的增大而呈增大趋势, 说明在MVQ/SSBR并用胶中MVQ相的模量较高。

### 2.3 物理性能

MVQ/SSBR并用胶的物理性能如表3所示。

表3 MVQ/SSBR并用胶的物理性能

项 目	MVQ/SSBR并用比				
	0/100	10/90	20/80	30/70	40/60
100%定伸应力/MPa	1.6	1.6	1.8	1.8	1.7
300%定伸应力/MPa	9.2	8.8	9.3	8.2	7.4
拉伸强度/MPa	15.4	14.3	13.3	11.1	10.5
拉断伸长率/%	428	425	390	380	392
拉断永久变形/%	8	8	4	4	4
撕裂强度/(kN·m <sup>-1</sup> )	25	25	23	21	21

从表3可以看出,随着MVQ用量的增大,MVQ/SSBR并用胶的拉伸强度、拉断伸长率、拉断永久变形和撕裂强度均呈减小趋势,说明MVQ会降低并用胶的力学强度,一是因为MVQ的力学强度低,另一个重要因素是MVQ与SSBR的相容性较差。此外,当MVQ用量小于10份时,MVQ/SSBR并用胶的力学强度与SSBR相差不大。

#### 2.4 摩擦系数和耐磨性能

MVQ/SSBR并用胶的摩擦系数和阿克隆磨耗量如图4所示。

从图4可以看出,随着MVQ用量的增大,MVQ/SSBR并用胶的摩擦系数呈线性递减趋势。与此同时,MVQ/SSBR并用胶的物理性能也随着MVQ用量的增大而降低。当MVQ/SSBR并用比为20/80时,MVQ引起的摩擦系数和耐老化性能等加分项和力学强度等减分项接近平衡点,MVQ与

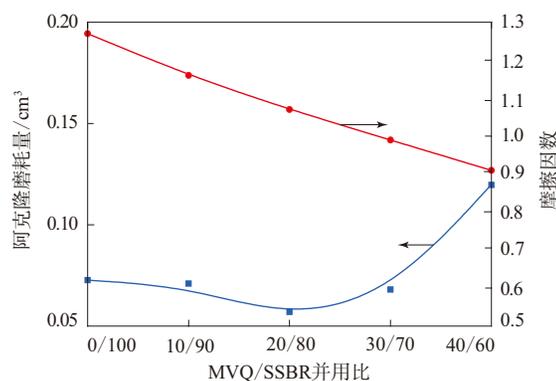


图4 MVQ/SSBR并用胶的摩擦系数和阿克隆磨耗量  
SSBR形成了优势互补,因此MVQ/SSBR并用胶的耐磨性能较好。总之,加入少量MVQ,可以有效地减小MVQ/SSBR并用胶的摩擦系数,改善耐老化性能,从而使阿克隆磨耗量减小,此时摩擦系数和耐老化性能成为并用胶性能的主导因素;MVQ用量过大,则会使MVQ/SSBR并用胶的力学强度下降,在磨耗过程中撕裂脱落,此时力学强度成为并用胶性能的主导因素。

橡胶的滑动摩擦运动也可以看作是一种磨耗行为,因此可以通过观察摩擦表面形貌分析MVQ/SSBR并用胶的磨耗机理。MVQ/SSBR并用胶在恒定滑动摩擦速度下的摩擦表面形貌如图5所示,图中箭头方向为滑动速度方向,即摩擦方向。

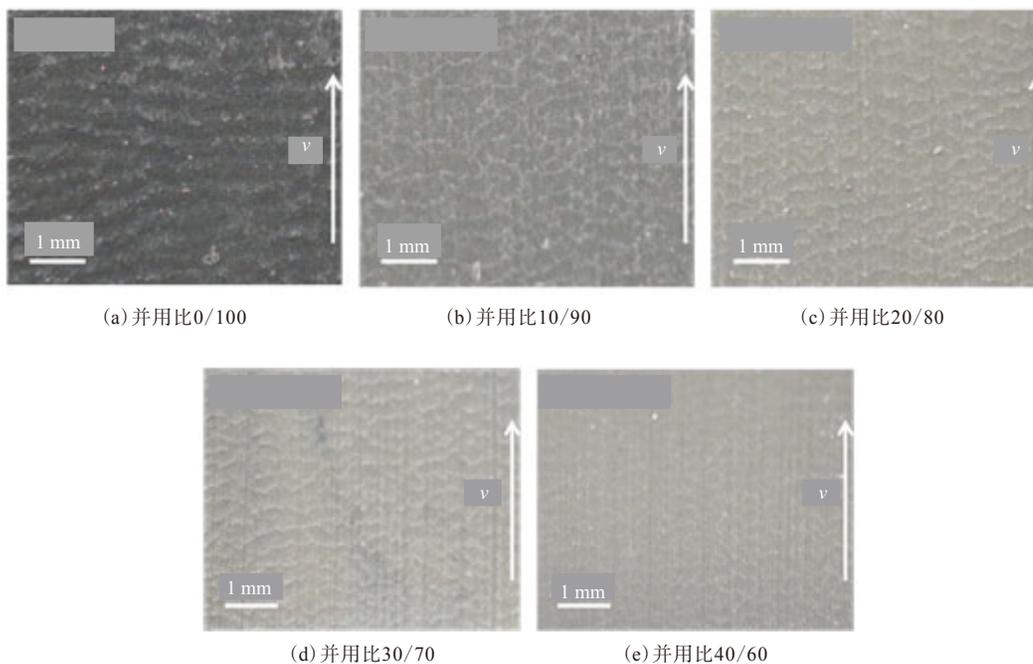


图5 MVQ/SSBR并用胶的滑动摩擦表面形貌

从图5可以看出:在垂直于摩擦方向MVQ/SSBR并用胶都出现了平行凸纹,且随着MVQ用量的增大,凸纹逐渐变得不明显;在平行于摩擦方向MVQ/SSBR并用胶也有规整的细纹,且随着MVQ用量的增大,细纹越来越明显。

以上两种磨耗花纹分别代表了橡胶的图纹磨耗和磨蚀磨耗两种磨耗形式。第1类磨耗花纹的形成主要归因于橡胶独特的粘弹性,它的出现往往会使磨耗量显著增大;而第2类磨耗花纹则是由砂轮上的尖锐点将表面刮擦形成的<sup>[9]</sup>。结合磨耗表面

的形貌,可以说明MVQ用量越大,摩擦因数越小,图纹磨耗越弱,但磨蚀磨耗增强。这与文献[10]中橡胶磨耗量与摩擦因数、滞后性以及力学性能相关的结论相一致。当MVQ/SSBR并用比为20/80时,MVQ/SSBR并用胶的磨蚀磨耗和图纹磨耗产生的磨耗量接近最低点。

## 2.5 SEM分析

MVQ/SSBR并用胶磨耗表面的SEM照片如图6所示。

从图6可以看出,橡胶表面由于磨耗产生了平

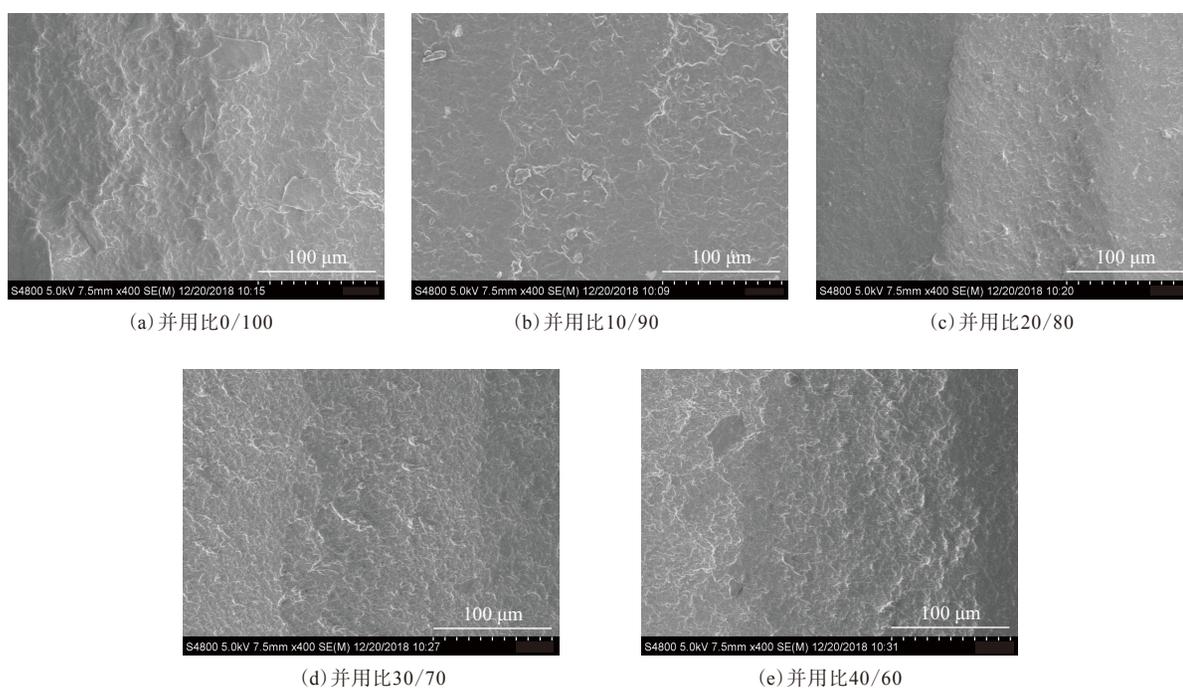


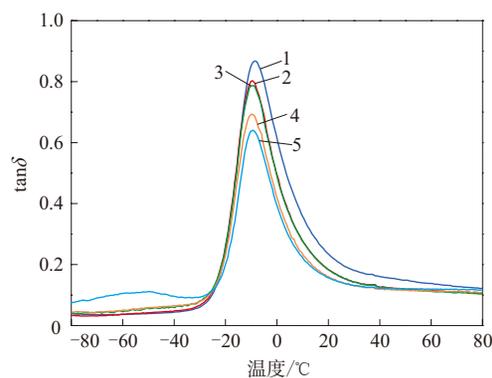
图6 MVQ/SSBR并用胶磨耗表面的SEM照片

行脊。研究<sup>[11]</sup>表明,在负荷和摩擦副不变的情况下,脊与脊的间距与橡胶模量成反比。因此,随着MVQ用量的增大,MVQ/SSBR并用胶的模量减小,两个脊之间的间距逐渐增大。此外,磨耗脊呈逐渐变浅的趋势,这也证明了随着MVQ用量的增大,图纹磨耗逐渐减弱。

## 2.6 DMA分析

对于橡胶而言,耐磨性能与抗湿滑性能和滚动阻力常为此消彼长的关系,因此需要同时考虑MVQ对MVQ/SSBR并用胶这三者的影响。通常以10 Hz应变频率下0 °C时的损耗因子( $\tan\delta$ )表征抗湿滑性能,60 °C时的 $\tan\delta$ 表征滚动阻力<sup>[12-13]</sup>。MVQ/SSBR并用胶的 $\tan\delta$ 与温度的关系曲线如图

7所示。



注同图3。

图7 MVQ/SSBR并用胶的 $\tan\delta$ -温度曲线

从图7可以看出,由于MVQ的玻璃化温度很低,因此在测试温度范围内MVQ/SSBR并用胶的 $\tan\delta$ -温度曲线上未出现MVQ形成的单独的峰。但是,随着MVQ用量的增大,MVQ/SSBR并用胶的 $\tan\delta$ 峰向低温方向移动。此外,MVQ用量越大,MVQ/SSBR并用胶0℃时的 $\tan\delta$ 越小,说明并用胶的抗湿滑性能越差;而60℃时的 $\tan\delta$ 先减小后增大,说明加入适量的MVQ可以降低并用胶的滚动阻力。分析认为:一方面,MVQ的分子链柔顺,可以减小橡胶分子链之间的摩擦以及橡胶分子链与填料之间的摩擦;另一方面,从RPA分析得知,随着MVQ用量的增大,填料分散性逐渐变差,从而使填料与填料之间的摩擦逐渐增大。

## 2.7 抗湿滑性能

橡胶的侧向力因数也可以反映其抗湿滑性能。MVQ/SSBR并用胶在不同温度下的侧向力因数如图8所示。

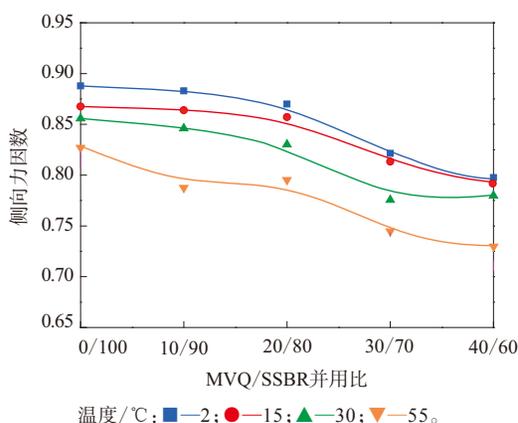


图8 MVQ/SSBR并用胶在不同温度下的侧向力因数

从图8可以看出:当MVQ用量不大于20份时,MVQ/SSBR并用胶的抗湿滑性能保持较好;MVQ用量较大时,MVQ/SSBR并用胶的抗湿滑性能下降。分析认为:一方面是因为在2~55℃范围内MVQ的 $\tan\delta$ 相比SSBR更小;另一方面可能是并用胶的表面能减小。此外,随着温度的升高,MVQ/SSBR并用胶的侧向力因数逐渐减小,这是由于温度升高时,MVQ/SSBR并用胶的 $\tan\delta$ 减小,即损耗减小所致。

## 2.8 接触角和表面能

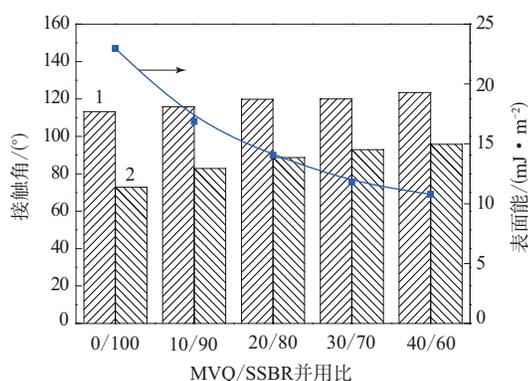
纯MVQ(p-MVQ)和纯SSBR(p-SSBR)硫化胶的接触角和表面能如表4所示。

表4 p-MVQ和p-SSBR硫化胶的接触角和表面能

项目	p-MVQ	p-SSBR
接触角/(°)		
去离子水	110.8	104.5
二碘甲烷	75.7	65.0
表面能/(mJ·m <sup>-2</sup> )	20.49	26.51

从表4可以看出,p-MVQ的接触角大于p-SSBR,而p-SSBR的表面能明显大于p-MVQ,这是由MVQ的特殊分子链结构决定的。

MVQ/SSBR并用胶的接触角和表面能见图9。



柱形框表示接触角,1—去离子水,2—二碘甲烷。

图9 MVQ/SSBR并用胶的接触角和表面能

从图9可以看出,随着MVQ用量的增大,MVQ/SSBR并用胶在去离子水和二碘甲烷中的接触角均增大,而并用胶的表面能逐渐减小。分析认为,MVQ用量越小,MVQ/SSBR并用胶与MVQ的表面能差越大,受动态热力学作用,MVQ扩散至表面的趋势更大,表面能的降幅越大。

通过对比分析发现:MVQ/SSBR并用胶的表面能与摩擦因数和抗湿滑性能成正比;当MVQ用量小于20份时,MVQ/SSBR并用胶的表面能与耐磨性能成正比。

## 3 结论

(1) 随着MVQ用量的增大,MVQ/SSBR并用胶的物理性能和抗湿滑性能下降,摩擦因数和表面能减小,耐磨性能先提高后降低,磨耗主要类型由图纹磨耗向磨蚀磨耗转变。

(2) 当MVQ用量为20份时,MVQ/SSBR并用胶的耐磨性能、滚动阻力和抗湿滑性能达到最佳平衡。

(3) MVQ/SSBR并用胶的表面能与摩擦因数和抗湿滑性能成正比;当MVQ用量小于20份时,

MVQ/SSBR并用胶的表面能与耐磨性能成正比。

### 参考文献:

- [1] Shit S C, Shah P. A Review on Silicone Rubber[J]. National Academy Science Letters, 2013, 36(4): 355-365.
- [2] 张建国, 张君花, 张新军. 高乙烯基溶聚丁苯橡胶在高性能胎面胶中的应用[J]. 弹性体, 2013, 23(3): 53-58.
- [3] Ren H Y, Sun Z, Wu Y P, et al. Effects of Silane Coupling Agents on Structure and Properties of Silica-filled Silicone Rubber/Styrene Butadiene Rubber Composites[J]. Rubber Chemistry and Technology, 2018, 91(2): 453-468.
- [4] 孙征, 吴友平, 张立群, 等. 硅橡胶/溶聚丁苯橡胶并用胶在胎面胶中的应用研究[J]. 橡胶工业, 2017, 64(11): 674-676.
- [5] Sun Z, Huang Q, Wu Y P, et al. Structure and Properties of Silicone Rubber/Styrene-Butadiene Rubber Blends with in Situ Interface Coupling by Thiolene Click Reaction[J]. Industrial & Engineering Chemistry Research, 2017, 56(6): 1471-1477.
- [6] Grosch K A. The Rolling Resistance, Wear and Traction Properties Tread Compounds[J]. Rubber Chemistry and Technology, 1996, 69(3): 495-568.
- [7] Owens D K, Wendt R C. Estimation of the Surface Free Energy of Polymers[J]. Journal of Applied Polymer Science, 1969, 13(8): 1741-1747.
- [8] Mani S, Cassagnau P, Bousmina M, et al. Cross-Linking Control of PDMS Rubber at High Temperatures Using TEMPO Nitroxide[J]. Macromolecules, 2009, 42(21): 8460-8467.
- [9] Moore D F. Friction and Wear in Rubbers and Tyres[J]. Wear, 1980, 61(2): 273-282.
- [10] Ratner S B, Melnikova N V. Abrasion of Rubber against Abrasive Paper[J]. Rubber Chemistry and Technology, 1959, 32(4): 1199-1208.
- [11] Schallamach A. Friction and Abrasion of Rubber[J]. Wear, 1958, 1(5): 384-417.
- [12] 王梦蛟. 聚合物-填料和填料-填料相互作用对填充硫化胶动态力学性能的影响[J]. 轮胎工业, 2000, 20(10): 601-605.
- [13] Wang M J, Kutsovsky Y. Effect of Fillers on Wet Skid Resistance of Tires. Part I: Water Lubrication vs. Filler-Elastomer Interactions[J]. Rubber Chemistry and Technology, 2008, 81(4): 552-575.

收稿日期: 2019-10-30

## Study on Properties of MVQ/SSBR Blends

HE Qing<sup>1</sup>, WU Youping<sup>1</sup>, HUANG Qiang<sup>2</sup>, WANG Youzhi<sup>2</sup>

(1. Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China; 2. Chengdu Guibao Science and Technology Co., Ltd, Chengdu 610041, China)

**Abstract:** The properties of methyl vinyl silicone rubber (MVQ) /solution polymerized styrene-butadiene rubber (SSBR) blends were studied, and the relationship between the surface energy, wear resistance and wet skid resistance was investigated. The results showed that with the increase of the content of MVQ, the physical properties and wet skid resistance of MVQ/SSBR blends decreased, while the friction coefficient and surface energy decreased, and the wear resistance increased at first and then decreased. When the content of MVQ was 20 phr, the comprehensive properties of MVQ/SSBR blends were the best. The surface energy of MVQ/SSBR blends was proportional to the friction coefficient and wet skid resistance. When the content of MVQ was less than 20 phr, the surface energy of MVQ/SSBR blends was proportional to the wear resistance.

**Key words:** MVQ; SSBR; blend; surface energy; wear resistance; wet skid resistance

一种耐高温老化的橡胶弹簧胶料及其制备方法 由南漳富元鼎航空器材配件有限公司申请的专利(公开号 CN 110204797A, 公开日期 2019-09-06) “一种耐高温老化的橡胶弹簧胶料及其制备方法”, 涉及的橡胶弹簧胶料配方为: 改性丁腈橡胶 30~45, 顺丁橡胶 10~15, 炭黑 20~40, 玄武岩 1~3, 膨润土 1~2, 氢氧化

铝 2~5, 氧化锌 3~5, 增塑剂 2~5, 芳烃油 1~3, 分散剂 1~2, 防老剂 1~5, 防护蜡 0.2~1.5, 促进剂 2~5。该橡胶弹簧胶料具有良好的耐老化、耐高温、阻燃、弹性、耐紫外线、耐氧化、耐磨和耐疲劳等性能, 且制备方法简单, 原料来源广泛。

(本刊编辑部 赵敏)