

# 不同产地天然橡胶标准胶的微观结构和性能

林广义<sup>1</sup>,孔令伟<sup>1</sup>,井源<sup>1</sup>,王祥<sup>1</sup>,王权杰<sup>1</sup>,朱连超<sup>2</sup>

(1. 青岛科技大学 机电工程学院, 山东 青岛 266061; 2. 上海诗董贸易有限公司, 上海 200040)

**摘要:**研究泰国北部STR20 1<sup>#</sup>、泰国南部STR20 2<sup>#</sup>、马来西亚SMR20和缅甸MSR20四种天然橡胶标准胶的微观结构和性能。结果表明,SMR20和STR20 2<sup>#</sup>除了含有顺式聚异戊二烯外,还含有少量聚异戊二烯3,4-结构单元,且SMR20蛋白质含量最高,耐热氧化能力最强。在加工性能方面,SMR20加工性能最好,凝胶含量最低,STR20 1<sup>#</sup>加工性能最差。在物理性能方面,SMR20和STR20 1<sup>#</sup>硫化胶的定伸应力、拉伸强度和耐磨性能优于MSR20硫化胶,但抗撕裂性能比MSR20硫化胶差。SMR20硫化胶的抗湿滑性能最好,滚动阻力小,动态力学性能最优。

**关键词:**天然橡胶;微观结构;加工性能;物理性能;抗湿滑性能;滚动阻力;耐磨性

**中图分类号:**TQ332.6 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-890X(2018)00-0000-07

天然橡胶(NR)作为一种弹性体,具有独特的高弹性、高强度、高伸长以及耐磨、抗撕裂、耐冲击、耐酸碱、耐腐蚀、绝缘性好、密封性强、易加工等特点,是合成橡胶等其他原材料所不可替代的,如航空轮胎等特殊制品,只能用NR生产<sup>[1-2]</sup>。随着汽车行业的发展、工业化进程的加快,NR的需求量不断增大。目前对NR的研究侧重割胶制度、胶树品系及树龄、凝固工艺等,对不同地域NR的微观结构及性能少有研究<sup>[3-6]</sup>。

本工作对比4种不同产地的NR标准胶的微观结构和性能,以期对用胶企业购买标准胶提供原料筛选依据。

## 1 实验

### 1.1 主要原材料

NR,STR20,泰国北部产品记为STR20 1<sup>#</sup>,泰国南部产品记为STR20 2<sup>#</sup>,沈阳和平轮胎有限公司提供;马来西亚产品SMR20和缅甸产品MSR20,上海诗董橡胶有限公司提供。

### 1.2 基本配方

NR 100,炭黑N330 50,氧化锌 5,硬脂酸 2,防老剂4020 1,硫黄 2.5,促进剂NS

**基金项目:**山东省自然科学基金资助项目(ZR3013EMM002);山东省轮胎与橡胶协同创新中心资助项目(2014G7R0015)

**作者简介:**林广义(1975—),男,山东平度人,青岛科技大学副教授,博士,主要从事高分子材料成型技术研究。

0.7。

### 1.3 主要设备和仪器

XK-160型开炼机,青岛科高橡塑机械技术装备有限公司产品;QLB-400×400×2型平板硫化机,上海第一橡胶机械厂产品;RM-200C型混炼式转矩流变仪,哈尔滨哈普电气技术有限公司产品;M-2000-AN型无转子硫化仪和GT-7012-D型DIN磨耗机,中国台湾高铁检测仪器有限公司产品;VERTEX 70型傅里叶变换红外光谱仪,德国Bruker光谱亚太有限公司产品;UM-2050型门尼粘度计和TS2005b型拉力试验机,中国台湾优肯科技股份有限公司产品;P1/4型华莱士快速塑性计,高特威尔检测仪器有限公司产品;RPA2000橡胶加工分析仪,美国阿尔法科技有限公司产品;VMA1000型胶料流动分析仪,特拓(青岛)轮胎技术有限公司产品;TG209F1型热重(TG)分析仪,德国耐驰公司产品;LX-A型邵尔硬度计,上海六菱仪器厂产品;SATA861e型动态力学分析(DMA)仪,梅特勒-托利多国际股份有限公司产品。

### 1.4 胶料制备

#### 1.4.1 混炼

NR在开炼机上塑炼5次后剪成细条状,将密炼机在初始温度90℃、转子转速80 r·min<sup>-1</sup>下预热,放入塑炼胶混炼1 min,加入小料混炼1.5 min,加入补强剂混炼3 min,排胶。将开炼机辊筒温度设置为50℃,胶料置于开炼机上包辊1 min后加入

硫黄和促进剂,混炼2 min,左右割刀5次,打三角包,下片,停放8 h。

#### 1.4.2 硫化

取混炼胶5~6 g,使用无转子硫化仪在150 °C下测得 $t_{90}$ 。胶料在平板硫化机模压成片,硫化条件为150 °C/10 MPa $\times$ 1.3 $t_{90}$ ,硫化试样停放8 h进行性能测试。

#### 1.5 测试分析

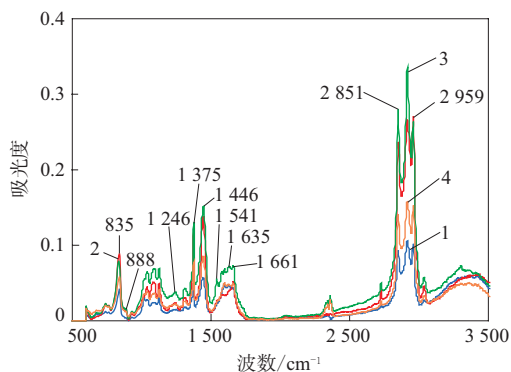
生胶红外光谱采用傅里叶转换红外光谱仪进行测试,选用ATR模式;生胶加工性能采用RPA2000橡胶加工分析仪进行测试,应变扫描条件:温度 100 °C,频率 0.1 Hz,应变范围 0.7%~70%;生胶流动性采用胶料流动分析仪进行测试,选用砝码 100 g,冷却水温度 90 °C,裁刀温度 90 °C;生胶热稳定性采用TG分析仪进行测试,测试条件:温度 室温~600 °C,升温速率 20 °C $\cdot$ min<sup>-1</sup>,氮气速率 50 mL $\cdot$ min<sup>-1</sup>;硫化胶动态力学性能分析采用DMA仪进行测试,测试条件:温度 -65~+65 °C,频率 10 Hz,负荷 5 N,形变 20  $\mu$ m,升温速率 2 °C $\cdot$ min<sup>-1</sup>。胶料其余各项性能均按照相应国家标准进行测试。

## 2 结果与分析

### 2.1 生胶性能

#### 2.1.1 红外光谱分析

不同产地NR标准胶的红外光谱如图1所示。



1—STR20 1<sup>#</sup>; 2—STR20 2<sup>#</sup>; 3—SMR20; 4—MSR20。

图1 不同产地NR标准胶的红外光谱

从图1可以看出,4种不同产地的NR标准胶均有相同的特征谱带:在1 375和2 959 cm<sup>-1</sup>有NR顺式结构中—CH<sub>3</sub>变形振动峰;在1 446和2 851 cm<sup>-1</sup>处有—CH<sub>2</sub>—的弯曲振动峰;在835 cm<sup>-1</sup>处有NR

顺式结构中=C—H振动吸收峰;在1 661 cm<sup>-1</sup>有—C=C—伸缩振动峰,可见4种不同产地NR标准胶的主要成分是顺式聚异戊二烯。

从图1还可以看出,除了上述特征谱带外,4种NR标准胶在1 541和1 635 cm<sup>-1</sup>处有蛋白质吸收谱带;在1 246 cm<sup>-1</sup>附近有磷脂吸收谱带,说明4种NR标准胶的成分还含有蛋白质和磷脂等非橡胶成分<sup>[7]</sup>。所不同的是,SMR20中蛋白质的吸收峰强度最高,说明SMR20中蛋白质含量最高,然后依次为STR20 1<sup>#</sup>,MSR20和STR20 2<sup>#</sup>;STR20 2<sup>#</sup>和SMR20在888 cm<sup>-1</sup>处有聚异戊二烯3,4-结构单元的振动峰,说明STR20 2<sup>#</sup>和SMR20含有少量的3,4-结构单元。

#### 2.1.2 门尼粘度

不同产地NR标准胶的门尼粘度如表1所示。

表1 不同产地NR标准胶的门尼粘度

| 项 目              | STR20 1 <sup>#</sup> | STR20 2 <sup>#</sup> | SMR20 | MSR20 |
|------------------|----------------------|----------------------|-------|-------|
| 初始门尼粘度           | 107                  | 123                  | 111   | 97    |
| ML[(1+4) 100 °C] | 86                   | 85                   | 84    | 84    |

从表1可以看出,4种生胶门尼粘度[ML(1+4) 100 °C]相差不大,其中STR20 1<sup>#</sup>的门尼粘度值最高,预示着其平均相对分子质量高于其他生胶。此外,STR20 2<sup>#</sup>的初始门尼值最高,说明其生产中初始能耗要高于另外3种生胶。

#### 2.1.3 塑性

不同产地NR标准胶的塑性初值( $P_0$ )、加热老化30 min后塑性值( $P_{30}$ )和塑性保持率(PRI)如表2所示。

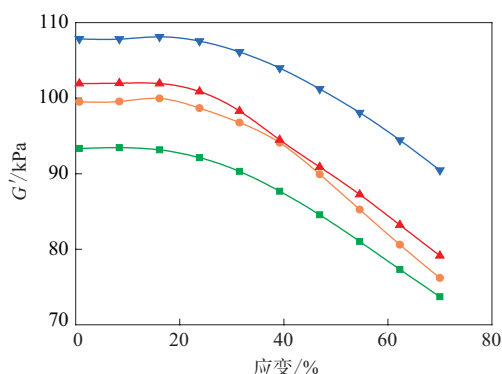
表2 不同产地NR标准胶的 $P_0$ 、 $P_{30}$ 和PRI

| 项 目      | STR20 1 <sup>#</sup> | STR20 2 <sup>#</sup> | SMR20 | MSR20 |
|----------|----------------------|----------------------|-------|-------|
| $P_0$    | 45.4                 | 41.9                 | 40.1  | 41.1  |
| $P_{30}$ | 37.2                 | 32.8                 | 34.3  | 33.3  |
| PRI      | 81.9                 | 78.3                 | 85.5  | 81.0  |

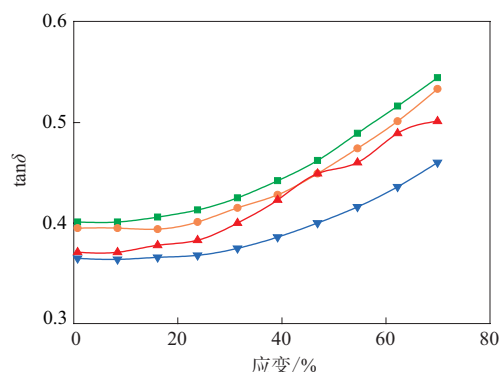
从表2可以看出,SMR20的 $P_0$ 最小,加工性能最好,STR20 1<sup>#</sup>的加工性能最差,MSR20和STR20 2<sup>#</sup>依次居中<sup>[8]</sup>。从PRI来看,4种标准胶的耐热氧老化能力由大到小依次为SMR20,STR20 1<sup>#</sup>,MSR20,STR20 2<sup>#</sup>,这是由于蛋白质是NR天然的防老剂,能够防止橡胶老化,因此蛋白质含量直接影响生胶的耐热氧老化能力<sup>[9]</sup>,这与红外光谱测试结果相呼应。

### 2.1.4 加工性能

不同产地NR标准胶的RPA应变扫描曲线如图2所示, $G'$ 为剪切储能模量, $\tan\delta$ 为损耗因子。



(a)  $G'$  随应变的变化曲线



(b)  $\tan\delta$  随应变的变化曲线

▼—STR20 1<sup>#</sup>; ▲—STR20 2<sup>#</sup>; ■—SMR20; ●—MSR20。

图2 不同产地NR标准胶的RPA应变扫描曲线

从图2(a)可以看出,4种NR标准胶在低应变时, $G'$ 受应变影响很小,当应变超过24%之后, $G'$ 下降明显。这是因为小应变不足以使橡胶分子链解缠结,只存在链段的运动;随着应变的增大,发生橡胶分子链的滑移和分子链之间的解缠结, $G'$ 迅速下降。4种NR标准胶中,STR20 1<sup>#</sup>的 $G'$ 最高,说明其弹性最好,加工性能最差。

从图2(b)可以看出,4种NR标准胶的 $\tan\delta$ 随着应变的增大而增大,这是由于随着应变的增大,橡胶分子链运动能力增强,表现为内摩擦力增大, $\tan\delta$ 增大。从流动性角度看, $\tan\delta$ 越大,加工性能越好,因此4种NR标准胶的加工性能由好到差依次是SMR20,MSR20,STR20 2<sup>#</sup>和STR20 1<sup>#</sup>[3]。

### 2.1.5 流动性

不同产地NR标准胶的流动性如表3所示。

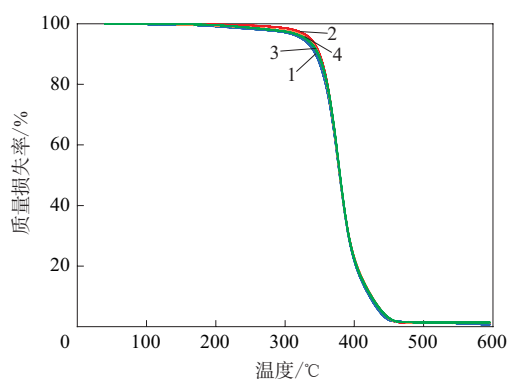
表3 不同产地NR标准胶的流动性

| 项 目                  | STR20 1 <sup>#</sup> | STR20 2 <sup>#</sup> | SMR20   | MSR20   |
|----------------------|----------------------|----------------------|---------|---------|
| 流动指数                 | 52                   | 64                   | 70      | 65      |
| 剪切速率/ $s^{-1}$       | 14.0                 | 16.9                 | 18.6    | 17.2    |
| 表观粘度/ $(Pa \cdot s)$ | 149 894              | 121 123              | 109 462 | 128 003 |

胶料流动性测试仪是通过恒压下胶料的流动值及流动值对应的剪切速率和表观粘度来反映胶料流动性。剪切速率随着流动指数增大而增大,而由于胶料本身的剪切变稀现象,表观粘度随剪切速率的增大而减小,相应胶料的加工流动性变好<sup>[10]</sup>。从表3可以看出,SMR20的流动指数最大,说明其流动性最好,然后依次为MSR20,STR20 2<sup>#</sup>和STR20 1<sup>#</sup>。该结果与门尼粘度、塑性和RPA分析得出的生胶流动性规律基本吻合。

### 2.1.6 TG分析

不同产地NR标准胶的TG和DTG曲线分别如图3和4所示,热质量损失参数如表4所示。



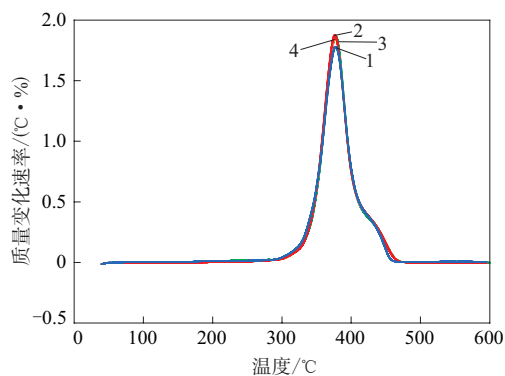
注同图1。

图3 不同产地NR标准胶的TG曲线

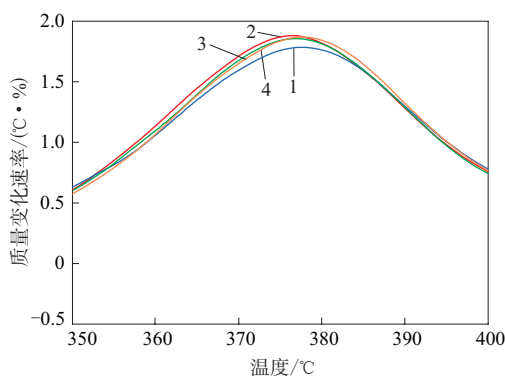
从图3可以看出:生胶的TG曲线刚开始时平缓,只有微量质量损失,这部分质量损失主要对应NR中残存的水分和氨残留物;最终曲线趋于直线,但质量保持率没有到零,而是含有1%~2%的残余质量损失,残余的主要成分是灰分和其他杂质<sup>[1]</sup>。图3的TG曲线只有1个台阶,图4(a)的DTG曲线只有一个明显的峰,说明NR在氮气中的反应是一步反应。从图4(b)和表4可以看出,4种生胶在377 °C左右达到最大降解速率,且STR20 2<sup>#</sup>的起始降解温度和终止降解温度最高,热稳定性最好,然后依次为MSR20,SMR20和STR20 1<sup>#</sup>。

### 2.1.7 凝胶含量

NR中含有溶胶和凝胶,凝胶是由线性橡胶分



(a) 全图



(b) 局部放大图

注同图1。

图4 不同产地NR标准胶的DTG曲线

表4 不同产地NR标准胶的热质量损失参数

| 项 目                  | STR20 1 <sup>#</sup> | STR20 2 <sup>#</sup> | SMR20  | MSR20  |
|----------------------|----------------------|----------------------|--------|--------|
| $T_0/^\circ\text{C}$ | 324.86               | 336.72               | 332.49 | 330.07 |
| $T_p/^\circ\text{C}$ | 377.19               | 377.62               | 376.89 | 377.73 |
| $T_f/^\circ\text{C}$ | 462.06               | 472.23               | 467.46 | 462.71 |
| $C_p/\%$             | 52.62                | 54.62                | 54.14  | 53.08  |
| $C_f/\%$             | 1.70                 | 1.32                 | 1.49   | 1.65   |

注:  $T_0$ —起始降解温度;  $T_p$ —最大降解速率温度;  $T_f$ —终止降解温度;  $C_p$ —温度为  $T_p$  时的质量保持率;  $C_f$ —温度为  $T_f$  时的质量保持率。

子链交联形成的三维立体高分子聚合物,由于交联高分子聚合物的加工性能远不如线性高分子聚合物,因此凝胶含量的高低可在一定程度上反应NR加工性能的好坏<sup>[12-13]</sup>。STR20 1<sup>#</sup>, STR20 2<sup>#</sup>, SMR20和MSR20的凝胶质量分数分别为0.152 9, 0.152 8, 0.074 5和0.151 1,可以看出,SMR20的凝胶含量最小,说明其加工性能最好,其余3种NR标准胶的凝胶含量近似相等。

## 2.2 胶料性能

### 2.2.1 硫化特性

不同产地NR胶料的硫化特性如表5所示。

表5 不同产地NR胶料的硫化特性

| 项 目                                   | STR20 1 <sup>#</sup> | STR20 2 <sup>#</sup> | SMR20 | MSR20 |
|---------------------------------------|----------------------|----------------------|-------|-------|
| $F_L/(\text{dN} \cdot \text{m})$      | 2.22                 | 1.94                 | 2.04  | 1.95  |
| $F_{\max}/(\text{dN} \cdot \text{m})$ | 20.42                | 19.68                | 20.87 | 19.94 |
| $t_{10}/\text{min}$                   | 3.15                 | 3.67                 | 3.80  | 3.20  |
| $t_{90}/\text{min}$                   | 12.38                | 13.33                | 15.25 | 12.57 |
| $t_{R97}^{1)}/\text{min}$             | 31.88                | 30.20                | 38.03 | 30.93 |

注: 1) 转矩降至  $F_{\max}$  的97%时所用时间。

从表5可以看出: STR20 1<sup>#</sup>胶料的  $t_{90}$  最短, SMR20胶料的  $t_{90}$  最长, 说明SMR20的加工效率最低、能耗最高; SMR20胶料的  $t_{10}$  最长, 预示着其操作安全性最高, 然后依次为STR20 2<sup>#</sup>, MSR20和STR20 1<sup>#</sup>。从表5还可以看出, 胶料的  $F_{\max}$  由大到小依次为SMR20, STR20 1<sup>#</sup>, MSR20和STR20 2<sup>#</sup>, 说明SMR20的理想交联密度最高, 预示良好的力学性能, STR20 2<sup>#</sup>和MSR20的  $F_{\max}$  最低, 预示着其力学性能稍差<sup>[14]</sup>。从抗硫化返原性看, SMR20转矩降至  $F_{\max}$  的97%所用的时间最长, 抗硫化返原性最好, 然后依次为STR20 1<sup>#</sup>, MSR20和STR20 2<sup>#</sup>。

### 2.2.2 物理性能

不同产地NR硫化胶的物理性能如表6所示。

表6 不同产地NR硫化胶的物理性能

| 项 目                                      | STR20 1 <sup>#</sup> | STR20 2 <sup>#</sup> | SMR20 | MSR20 |
|------------------------------------------|----------------------|----------------------|-------|-------|
| 邵尔A型硬度/度                                 | 67                   | 65                   | 68    | 67    |
| 100%定伸应力/MPa                             | 4.28                 | 3.89                 | 4.05  | 4.06  |
| 300%定伸应力/MPa                             | 19.81                | 18.35                | 19.55 | 18.88 |
| 拉伸强度/MPa                                 | 25.54                | 25.21                | 26.51 | 25.07 |
| 拉断伸长率/%                                  | 386                  | 398                  | 391   | 380   |
| 撕裂强度/( $\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$ ) | 60                   | 60                   | 58    | 61    |
| DIN磨耗量/g                                 | 0.172                | 0.185                | 0.169 | 0.178 |

从表6可以看出, SMR20和STR20 1<sup>#</sup>硫化胶的定伸应力和拉伸强度大致高于STR20 2<sup>#</sup>和MSR20硫化胶, 但撕裂强度大致低于STR20 2<sup>#</sup>和MSR20硫化胶。STR20 2<sup>#</sup>硫化胶的拉断伸长率最大, 然后依次为SMR20, STR20 1<sup>#</sup>和MSR20硫化胶。

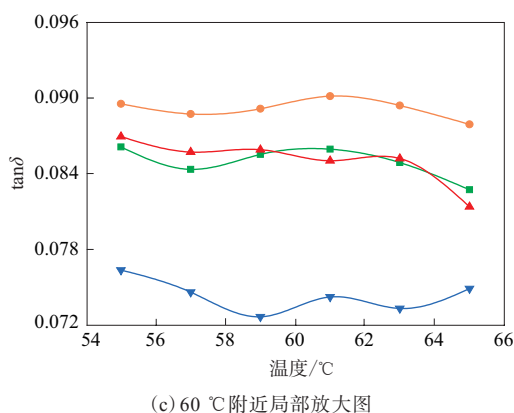
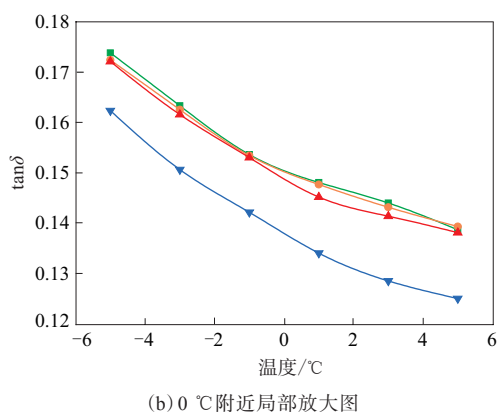
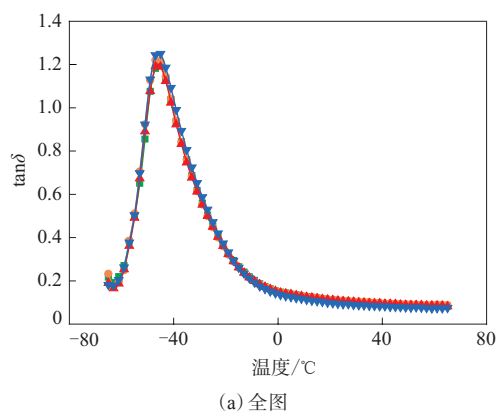
硬度对NR硫化胶的耐磨性能影响很大, 定伸应力也有一定影响。一般情况下硫化胶的硬度和定伸应力越大, 耐磨性能越好。从表6可以看出,



SMR20硫化胶的硬度最大,而定伸应力仅次于STR20 1<sup>#</sup>硫化胶,因此SMR20硫化胶的磨耗量最低,耐磨性能最好,然后依次是STR20 1<sup>#</sup>,MSR20和STR20 2<sup>#</sup>硫化胶。

### 2.2.3 DMA分析

不同产地NR标准胶硫化胶的DMA曲线如图5所示。



注同图2。

图5 不同产地NR标准胶硫化胶的DMA曲线

胎面胶滚动阻力与胶料60 °C附近的 $\tan\delta$ 相关,该温度范围内, $\tan\delta$ 越小,滚动阻力越小,汽车油耗越小;抗湿滑性能与胶料0 °C附近的 $\tan\delta$ 相关,在该温度范围内, $\tan\delta$ 越大,抗湿滑性能越好,汽车操作性和安全性越高<sup>[15]</sup>。从图5(b)可以看出,SMR20硫化胶的抗湿滑性能最好,然后依次为MSR20,STR20 2<sup>#</sup>和STR20 1<sup>#</sup>硫化胶。从图5(c)可以看出,STR20 1<sup>#</sup>硫化胶的滚动阻力最小,MSR20硫化胶的滚动阻力最大。综合考虑,SMR20硫化胶的抗湿滑性能好、滚动阻力较小,用于轮胎胎面胶中,可以实现操纵性和滚动阻力的平衡,符合绿色轮胎的要求。

图5(b)和(c)显示MSR20硫化胶抗湿滑性能优异,但滚动阻力最大;而STR20 1<sup>#</sup>硫化胶滚动阻力最小,但抗湿滑性最差。本研究将MSR20和STR20 1<sup>#</sup>并用,以期得到滚动阻力低、抗湿滑性能好的胶料。MSR20/STR20 1<sup>#</sup>并用胶(并用比50/50)的DMA曲线如图6所示。

从图6(b)和(c)可以看出:MSR20/STR20 1<sup>#</sup>并用胶的抗湿滑性能接近MSR20硫化胶,抗湿滑性得到了提高;滚动阻力介于MSR20和STR20 1<sup>#</sup>硫化胶之间。因此采用并用的方法可以获得抗湿滑性能好、滚动阻力低的胎面胶。

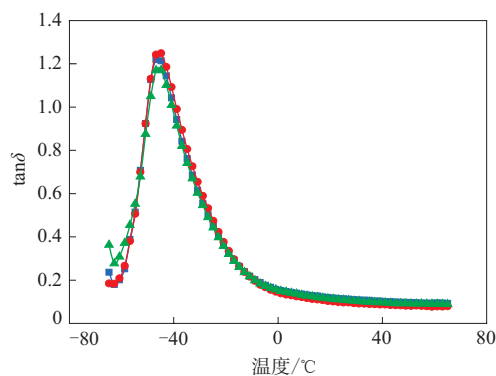
## 3 结论

(1) STR20 2<sup>#</sup>和SMR20含有少量的3,4-结构单元;SMR20中蛋白质含量最高,耐热氧老化能力最强;SMR20的加工性能最好。

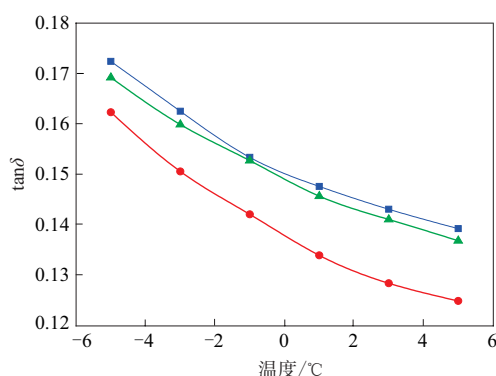
(2) SMR20胶料的 $t_{10}$ 最长,操作安全性最高, $t_{90}$ 也最长,生产效率低;SMR20胶料的抗硫化返原性最好,然后依次为STR20 1<sup>#</sup>,MSR20和STR20 2<sup>#</sup>胶料。

(3) SMR20和STR20 1<sup>#</sup>硫化胶的定伸应力和拉伸强度最大,耐磨性能最好;MSR20硫化胶的定伸应力和拉伸强度最小,耐磨性能最差,但抗撕裂性能最好。

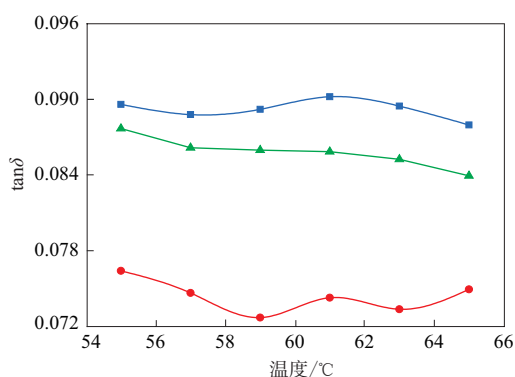
(4) SMR20硫化胶的抗湿滑性能最好;STR20 1<sup>#</sup>硫化胶的滚动阻力最小;SMR20硫化胶滚动阻力小,抗湿滑性能好,可以应用在胎面胶中,实现操纵性和滚动阻力的平衡,符合绿色轮胎的要求。MSR20和STR20 1<sup>#</sup>并用可获得抗湿滑性能



(a) 全图



(b) 0 °C 附近局部放大图



(c) 60 °C 附近局部放大图

■—MSR20; ●—STR20 1#; ▲—MSR20/STR20 1#并用胶。

图6 MSR20/STR20 1#并用胶的DMA曲线

好、滚动阻力低的胎面胶。

**致谢:**感谢橡塑材料与工程教育部重点实验室张建明、刘璐、庄涛等的帮助。

### 参考文献:

- [1] 李乐凡,李思东,汪志芬.天然橡胶纳米复合材料的研究进展[J].弹性体,2011,21(3):70-74.
- [2] 文晓君.不同季节产天然橡胶的结构与性能研究[D].海口:海南大学,2012.
- [3] 许体文,贾志欣,罗远芳,等.几种不同品级国产标准天然橡胶性能的对比[J].弹性体,2016,26(1):13-18.
- [4] 文晓君,廖小雪,廖双泉,等.两种品系天然橡胶的结构与性能研究[J].弹性体,2013,23(1):44-47.
- [5] Ferreira M, Moreno R M B, Goncalves P S, et al. Evaluation of Natural Rubber from Clones of Hevea Brasiliensis[J]. Rubber Chemistry and Technology, 2002, 75(1):171-177.
- [6] Le R Y, Ehab E, Sainte B J, et al. Seasonal and Clonal Variation in the Latex and Raw Rubber of Hevea Brasiliensis[J]. Journal of Rubber Research, 2000, 3(3):142-143.
- [7] 陈旭辉.天然橡胶与合成聚异戊二烯橡胶红外光谱鉴定[J].光谱实验室,2001,18(3):314-316.
- [8] 张芸华,缪桂兰,苏艳玲,等.不同贮存期和熟化时间对标准天然橡胶 $P_0$ 、PRI值的影响[J].热带农业科技,2009,32(3):6-7.
- [9] 赵同建,陆应梅,陈莉,等.天然胶乳中的蛋白质对其热老化性能的影响研究[J].化学工程师,2008,1(3):1-3.
- [10] 潘弋人.胶料流动性测试机理及实验研究[D].青岛:青岛科技大学,2016.
- [11] 李中选,彭莹,王忠,等.热重分析法研究橡胶耐热性能[J].橡胶工业,2014,61(5):312-315.
- [12] 李军.NBR中凝胶含量的测定[J].橡胶工业,2005,52(2):112-113.
- [13] 李思东,黎沛森.天然橡胶在加速储存中凝胶尺寸及力学性能的变异[J].橡胶工业,1992,39(7):421-423.
- [15] 杨诗润,罗筑,吴晓宇,等.动态固化环氧树脂对芳纶/天然橡胶复合材料界面的改性[J].高分子材料科学与工程,2013,29(12):77-81.
- [16] 吴其晔,张萍,杨文君,等.高分子物理学[M].北京:高等教育出版社,2011.

收稿日期:2017-05-08

## Microstructure and Properties of Standard Natural Rubber from Different Producing Areas

LIN Guangyi<sup>1</sup>, KONG Lingwei<sup>1</sup>, JING Yuan<sup>1</sup>, WANG Xiang<sup>1</sup>, WANG Quanjie<sup>1</sup>, ZHU Lianchao<sup>2</sup>

(1. Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266061, China; 2. Shanghai Shi Dong Trading Co., Ltd, Shanghai 200040, China)

**Abstract:** The microstructure and properties of four standard natural rubbers from northern Thailand

(STR20 1<sup>#</sup>), southern Thailand (STR20 2<sup>#</sup>), Malaysia (SMR20) and Myanmar (MSR20) were studied. The results showed that the SMR20 and STR20 2<sup>#</sup> raw rubber contained a large number of cis-polyisoprene, a small amount of 3, 4-structural units. The content of protein in SMR20 raw rubber was the highest, and its antioxidant ability was the best. In terms of processability, SMR20 had the best processability and the lowest gel content, but STR20 1<sup>#</sup> had the worst processability. In terms of physical properties, the modulus, tensile strength and wear resistance of SMR20 and STR20 1<sup>#</sup> vulcanizates were better than those of MSR20 vulcanizate, but the tear resistance was poorer than that of MSR20 vulcanizate. SMR20 vulcanizate had the best wet skid resistance, lower rolling resistance and excellent dynamic mechanical properties.

**Key words:** natural rubber; microstructure; processability; physical property; wet skid resistance; rolling resistance; wear resistance