

# 溶聚丁苯橡胶在全钢载重子午线轮胎胎面胶中的应用

高冬兰, 崔玉叶, 张洪学

(江苏通用科技股份有限公司, 江苏 无锡 214199)

**摘要:** 研究溶聚丁苯橡胶(SSBR) SL PBR 4089在全钢载重子午线轮胎胎面胶中的应用。结果表明:随着SSBR SL PBR 4089用量的增大,胶料的门尼粘度有所提高,加工性能略差;撕裂强度、300%定伸应力、拉伸强度和拉伸伸长率呈降低趋势,生热和滚动阻力减小。在胎面胶中添加23份SSBR SL PBR 4089,胶料老化前的DIN磨耗量降低约25%,阿克隆磨耗量降低约33%。

**关键词:** 溶聚丁苯橡胶;胎面胶;耐磨性能;滚动阻力

**中图分类号:** U463.341+.3/.6;TQ333.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1006-8171(2018)04-0221-04

轮胎滚动阻力降低10%,汽车油耗下降 $0.001 \text{ L} \cdot \text{km}^{-1}$ ,二氧化碳排放量降低 $0.2 \text{ g} \cdot \text{km}^{-1}$ ,燃油消耗降低约1.6%<sup>[1]</sup>。轮胎胎面滚动阻力约占整个轮胎滚动阻力的49%,降低胎面胶滚动阻力、提高耐磨性能成为高性能绿色轮胎设计的首要任务。

溶聚丁苯橡胶(SSBR)是丁二烯和苯乙烯在烃类溶剂中采用有机锂引发阴离子聚合制得的共聚物。具有相对分子质量分布窄、支化少、顺式-1,4-结构含量高等特点,成品胶耐磨、耐寒、生热低、弹性好。

本工作研究SSBR在全钢载重子午线轮胎胎面胶中的应用,探讨其对胎面胶滚动阻力、生热及耐磨性能的影响。

## 1 实验

### 1.1 主要原材料

天然橡胶(NR),牌号SCR5,云南天然橡胶产业股份有限公司产品。钕系顺丁橡胶(BR),牌号Buna CB22;SSBR,牌号SL PBR 4089,朗盛化学(中国)有限公司产品。炭黑,牌号BL201,山东贝斯特化工有限公司产品。白炭黑,牌号Newsil 175FFG,确成硅化学股份有限公司产品。

**作者简介:** 高冬兰(1988—),女,江苏盐城人,江苏通用科技股份有限公司工程师,硕士,主要从事轮胎配方设计及新材料开发工作。

### 1.2 试验配方

试验配方如表1所示。

组 分	配方编号			
	1#	2#	3#	4#
NR	80	70	60	50
BR	20	20	20	20
SSBR	0	11.5	23	34.5

注:配方其余组分及用量为炭黑/白炭黑 55,偶联剂Si69 4,氧化锌 4,硬脂酸 3,防老剂 3,防焦剂 0.25,硫黄 1,促进剂 0.8,其他 2.7。

### 1.3 主要设备和仪器

XSK-150型开炼机,庄河橡胶机械有限公司产品;KD-1-5型密炼机,利拿机械工业股份有限公司产品;BB430型密炼机,日本神户制钢有限公司产品;GK255N型密炼机,益阳橡胶塑料机械集团有限公司产品;MV2000型门尼粘度计、MDR2000型硫化仪和RPA2000橡胶加工分析仪,美国阿尔法科技有限公司产品;XLB-Q型平板硫化机,浙江湖州东方机械有限公司产品;JGL-100型橡胶屈挠龟裂试验机,江都市精艺试验机械有限公司产品;AI-2000M型拉力试验机,高铁检测仪器有限公司产品;401A型热空气老化箱,江都市真威试验机械有限责任公司产品。

### 1.4 试样制备

小配合试验胶料采用两段混炼工艺。一段

混炼在KD-1-5型密炼机中进行,初始温度为100℃,转子转速为60 r·min<sup>-1</sup>,工艺为:生胶<sup>30s</sup>→塑炼<sup>40s</sup>→氧化锌、硬脂酸<sup>20s</sup>→防老剂等小料<sup>20s</sup>→炭黑、白炭黑、Si69<sup>60s</sup>→混炼<sup>45s</sup>→提压砑,清扫<sup>20s</sup>→压压砑,混炼<sup>45s</sup>→提压砑,混炼<sup>25s</sup>→排胶(150±5)℃。二段混炼在开炼机上进行,工艺为:一段混炼胶→辊距调至4 mm→包辊<sup>60s</sup>→促进剂、硫黄和防焦剂→混炼<sup>90s</sup>→左右各割刀3次→打三角包6次(最小辊距)→下片。

大配合试验胶料按工厂常规工艺制备。

### 1.5 性能测试

胶料的各项性能均按照相应的国家标准进行测试。

## 2 结果与讨论

### 2.1 生胶性能

SSBR SL PBR 4089的生胶性能如表2所示。

表2 SSBR SL PBR 4089的生胶性能

项 目	实测值	技术指标
外观	棕色固体	棕色固体
密度/(Mg·m <sup>-3</sup> )	0.94	0.94
苯乙烯质量分数	0.18	0.18
门尼粘度[ML(1+4)100℃]	75	70~80
挥发分质量分数	0.002 3	≤0.007 5
油质量分数	0.13	0.13

从表2可以看出,SSBR SL PBR 4089的生胶性能符合企业技术指标要求。

### 2.2 小配合试验

#### 2.2.1 硫化特性和物理性能

小配合试验结果如表3所示。

从表3可以看出:随着SSBR SL PBR 4089用量的增大,胶料的门尼粘度增大,加工性能略差; $t_{90}$ 有所延长,硫化速度略减慢。

从表3还可以看出,随着SSBR SL PBR 4089用量的增大,胶料老化前后硬度相差不大,撕裂强

表3 小配合试验结果

项 目	配方编号							
	1 <sup>#</sup>		2 <sup>#</sup>		3 <sup>#</sup>		4 <sup>#</sup>	
门尼粘度[ML(1+4)100℃]	70		79		81		79	
门尼焦烧时间 $t_5$ (127℃)/min	18.0		18.7		21.0		23.5	
硫化仪数据(150℃)								
$F_L$ /(dN·m)	2.81		3.04		2.91		2.84	
$F_{max}$ /(dN·m)	18.77		18.27		17.11		16.57	
$t_{10}$ /min	4.78		5.43		6.00		6.69	
$t_{30}$ /min	6.24		7.13		7.95		8.76	
$t_{60}$ /min	8.05		9.04		10.15		11.22	
$t_{90}$ /min	12.02		13.22		14.98		16.69	
$t_{100}$ /min	20.03		22.23		26.36		26.99	
硫化时间(150℃)/min	30	40	30	40	30	40	30	40
邵尔A型硬度/度	65	65	66	66	66	66	65	65
100%定伸应力/MPa	2.4	2.4	2.7	2.6	2.5	2.6	2.5	2.4
200%定伸应力/MPa	6.7	6.7	7.0	7.0	6.4	6.9	6.3	6.0
300%定伸应力/MPa	13.1	13.1	13.1	13.0	12.3	13.1	12.0	11.7
拉伸强度/MPa	26.0	26.1	25.4	24.6	23.3	24.4	23.3	23.2
拉伸伸长率/%	507	517	505	495	474	486	485	483
撕裂强度/(kN·m <sup>-1</sup> )	76	93	93	49	62	45	45	42
回弹值/%	45		45		45		45	
DIN磨耗量/mm <sup>3</sup>	63	65	51	50	47	46	46	43
阿克隆磨耗量/cm <sup>3</sup>	0.188	0.195	0.166	0.180	0.126	0.158	0.131	0.140
损耗因子(tan $\delta$ ,60℃)	0.18		0.17		0.18		0.18	
100℃×48 h老化后								
邵尔A型硬度/度	68		69		69		69	
100%定伸应力/MPa	3.1		3.7		3.5		3.3	
200%定伸应力/MPa	8.6		9.8		9.1		8.7	
300%定伸应力/MPa	15.7		17.2		16.1		15.7	

续表3

项 目	配方编号			
	1 <sup>#</sup>	2 <sup>#</sup>	3 <sup>#</sup>	4 <sup>#</sup>
拉伸强度/MPa	22.0	21.0	21.9	19.9
拉断伸长率/%	396	365	377	354
撕裂强度/(kN·m <sup>-1</sup> )	83	42	38	43
DIN磨耗量/mm <sup>3</sup>	81	72	69	64
阿克隆磨耗量/cm <sup>3</sup>	0.276	0.246	0.235	0.236

度、300%定伸应力、拉伸强度和拉断伸长率呈降低趋势。此外,胶料老化前后的DIN磨耗量和阿克隆磨耗量也呈降低趋势,其中3<sup>#</sup>胶料与1<sup>#</sup>胶料相比,老化前DIN磨耗量降低约25%,阿克隆磨耗量降低约33%;老化后DIN磨耗量降低约15%,阿克隆磨耗量降低约15%。

### 2.2.2 生热分析

1<sup>#</sup>—4<sup>#</sup>配方胶料剪切储能模量( $G'$ )、损耗模量( $G''$ )和 $\tan\delta$ 随应变的变化曲线分别如图1—3所示。应变扫描条件为温度 60 °C,频率 1 Hz,应变 1%~8%。

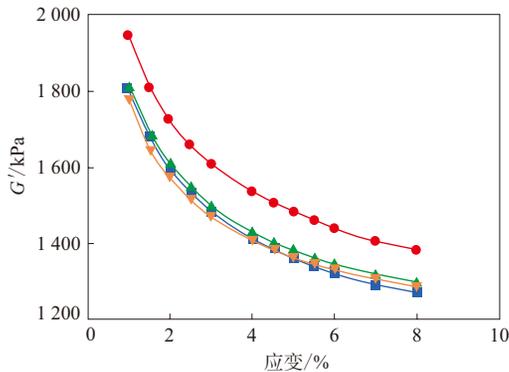


图1 1<sup>#</sup>—4<sup>#</sup>配方胶料  $G'$  随应变的变化曲线

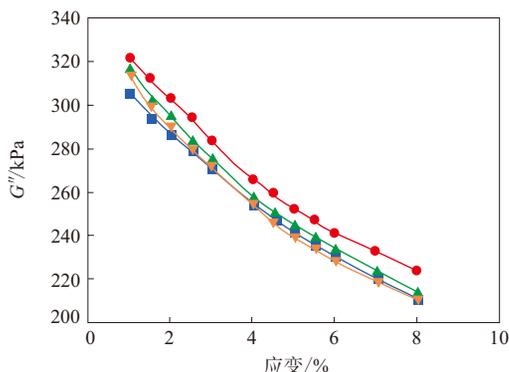
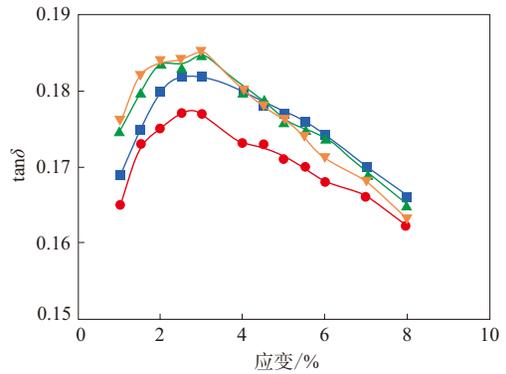


图2 1<sup>#</sup>—4<sup>#</sup>配方胶料  $G''$  随应变的变化曲线



注同图1。

图3 1<sup>#</sup>—4<sup>#</sup>配方胶料  $\tan\delta$  随应变的变化曲线

一般用4%应变下的 $\tan\delta$ 值分析轮胎胎面胶性能,从图3可以看出:2<sup>#</sup>配方胶料4%应变下的 $\tan\delta$ 值比1<sup>#</sup>配方胶料明显低很多,说明其滚动阻力更小,生热更低;3<sup>#</sup>配方胶料和4<sup>#</sup>配方胶料4%应变下的 $\tan\delta$ 值与1<sup>#</sup>配方胶料相当,4%应变之后的 $\tan\delta$ 低于1<sup>#</sup>配方胶料。

### 2.3 大配合试验

选取综合性能最好的3<sup>#</sup>配方进行大配合试验,结果如表4所示。从表4可以看出,大配合试验结果与小配合试验结果基本一致。

### 3 结论

(1)在胎面胶中加入SSBR SL PBR 4089,混炼胶的门尼粘度提高,加工性能略差; $t_{90}$ 有所延长,硫化速度略慢。

(2)随着SSBR SL PBR 4089用量的增大,胶料的撕裂强度、300%定伸应力、拉伸强度和拉断伸长率呈降低趋势。

(3)在胎面胶中加入23份SSBR SL PBR 4089,老化前DIN磨耗量降低约25%,阿克隆磨耗量降低约33%;老化后DIN磨耗量降低约15%,阿克隆磨耗量降低约15%。

表4 大配合试验结果

项 目	3 <sup>#</sup> 试验配方		生产配方		项 目	3 <sup>#</sup> 试验配方		生产配方	
门尼粘度[ML(1+4)100℃]	79		69		拉断伸长率/%	486	498	515	521
门尼焦烧时间 $t_5$ (127℃)/min	19.5		17.8		撕裂强度/(kN·m <sup>-1</sup> )	82	63	92	87
硫化仪数据(150℃)					回弹值/%	48		47	
$F_L$ /(dN·m)	2.87		2.89		DIN磨耗量/mm <sup>3</sup>	45		65	
$F_{max}$ /(dN·m)	16.85		18.17		阿克隆磨耗量/cm <sup>3</sup>	0.125		0.184	
$t_{10}$ /min	5.95		4.61		tan $\delta$ (60℃)	0.178		0.181	
$t_{30}$ /min	7.89		6.18		100℃×48h老化后				
$t_{60}$ /min	9.23		7.94		邵尔A型硬度/度	69		68	
$t_{90}$ /min	13.28		11.85		100%定伸应力/MPa	3.6		3.2	
$t_{100}$ /min	25.95		20.12		200%定伸应力/MPa	9.3		8.2	
硫化时间(150℃)/min	30	40	30	40	300%定伸应力/MPa	15.9		15.8	
邵尔A型硬度/度	66	65	65	65	拉伸强度/MPa	22.5		22.2	
100%定伸应力/MPa	2.6	2.3	2.3	2.3	拉断伸长率/%	385		399	
200%定伸应力/MPa	6.5	6.8	6.8	6.8	撕裂强度/(kN·m <sup>-1</sup> )	49		84	
300%定伸应力/MPa	12.8	13.5	13.5	13.3	DIN磨耗量/mm <sup>3</sup>	66		78	
拉伸强度/MPa	24.2	26.5	26.5	26.9	阿克隆磨耗量/cm <sup>3</sup>	0.238		0.265	

(4)在胎面胶中加入SSBR SL PBR 4089,胶料的生热和滚动阻力降低,SSBR SL PBR 4089是生产低滚动阻力高耐磨轮胎胎面胶的重要原材料。

#### 参考文献:

[1] 张子鹏. 轮胎滚动阻力性能[J]. 世界汽车, 2015(9): 88-91.

收稿日期: 2017-11-05

## Application of SSBR in Tread Compound of All-steel Truck and Bus Radial Tire

GAO Donglan, CUI Yuye, ZHANG Hongxue

(Jiangsu General Science and Technology Co., Ltd, Wuxi 214199, China)

**Abstract:** The application of SSBR SL PBR 4089 in the tread compound of all-steel truck and bus radial tire was investigated. The results showed that when the additional level of SSBR SL PBR 4089 increased, the Mooney viscosity of the compound was higher, the processing properties were slightly decreased, the tear strength, modulus at 300% elongation, tensile strength and elongation at break also showed the trend of decrease in general, and the heat build-up and rolling resistance were reduced. With 23 phr SSBR SL PBR 4089, before aging, the DIN abrasion loss of the vulcanizate was reduced by 25% and Akron abrasion loss was reduced by 33%.

**Key words:** SSBR; tread compound; abrasion resistance; rolling resistance

### 一种沥青改性用废轮胎胶粉的 表面氧化改性工艺

中图分类号: TQ335 文献标志码: D

由南开大学申请的专利(公开号 CN 103145882B, 公开日期 2018-01-26)“一种沥青改性用废轮胎胶粉的表面氧化改性工艺”, 涉及一种沥青改性用废轮胎胶粉的表面氧化改性工艺。具体步骤包括: 将废轮胎胶粉分散在水中, 加入一

定量的氧化剂, 25~80℃恒温搅拌1.5h, 其中氧化剂为二氯异氰尿酸钠、三氯异氰尿酸、次氯酸钠或过氧化氢中的一种, 氧化剂用量占废轮胎胶粉质量的3%~30%, 反应结束后过滤烘干得到氧化改性胶粉, 将其作为沥青改性剂制备胶粉改性沥青, 以调控改性沥青性能。该方法能耗低、氧化剂低廉易得、易于实现工业化应用, 同时能有效调控改性沥青软化点、针入度、延度等主要性能。

(本刊编辑部 马 晓)