

# 不同牌号溶聚丁苯橡胶在轮胎胎面胶中的应用性能

刘华侨<sup>1,2</sup>, 孙茂忠<sup>1</sup>, 李红卫<sup>1</sup>, 顾培霜<sup>1</sup>, 汪传生<sup>2</sup>

[1. 特拓(青岛)轮胎技术有限公司, 山东 青岛 266061; 2. 青岛科技大学 机电工程学院, 山东 青岛 266061]

**摘要:**研究3种牌号溶聚丁苯橡胶(SSBR)在轮胎胎面胶中的应用性能。结果表明:RC2557S胶料的门尼粘度最大,但流动性最好;RC2564S硫化胶的耐磨性能和抗湿滑性能最好,压缩升温最低;RC2557S, RC2564S和LG2550胶料的硫化特性、物理性能和滚动阻力相当,3种牌号SSBR在相同配方体系下可以实现相互替换。

**关键词:**溶聚丁苯橡胶;胎面胶;门尼粘度;流动性;加工性能;物理性能;动态力学性能

**中图分类号:**TQ333.6

**文献标志码:**A

**文章编号:**1006-8171(2020)05-0286-05

**DOI:**10.12135/j.issn.1006-8171.2020.05.0286



OSID开放科学标识码  
(扫码与作者交流)

目前,国内轮胎胎面胶用溶聚丁苯橡胶(SSBR)的牌号主要有RC2557S和RC2564S,国外牌号主要有LG2550。为应对某一SSBR生产厂家停机检修而引起的供货不足情况,轮胎生产企业经常对于胎面胶用SSBR牌号选取额外的1—2种验证材料,用以等量替换或配方微调,从而避免停产风险<sup>[1-3]</sup>。例如,2019年4月中国石油独山子石化公司停机检修造成RC2557S每月5 000 t的产能停滞,国内很多轮胎企业面临原材料短缺危机,必须启用RC2564S和LG2550的应对方案。虽然这3个牌号SSBR的物理性能和动态力学性能均在配方开发目标限值要求内,但因其独特的相对分子质量及其分布而造成门尼粘度不同,从而影响胶料加工性能,因此必须对其工业化性能进行研究。

本工作针对RC2557S, RC2564S和LG2550 3种牌号SSBR,以门尼粘度为评判标准进行密炼工艺调整,研究3种牌号SSBR在轮胎胎面胶中的应用性能。

## 1 实验

### 1.1 主要原材料

SSBR, 牌号RC2557S和RC2564S, 中国石

**作者简介:**刘华侨(1989—),男,山东青岛人,特拓(青岛)轮胎技术有限公司工程师,硕士,主要从事半钢子午线轮胎配方新技术、材料开发和标签法应对设计等工作。

**E-mail:**cm0004@tta-solution.com

油独山子石化公司产品;牌号LG2550,韩国LG公司产品(SSBR出厂技术参数见表1)。天然橡胶(NR),牌号STR20,泰国产品。白炭黑,牌号1115MP,青岛罗地亚白炭黑有限公司产品。炭黑N234,江西黑猫炭黑股份有限公司产品。偶联剂Si69,南京曙光精细化工有限公司产品。环保芳烃油V500,德国汉圣化工集团产品。

**表1 SSBR出厂技术参数**

项 目	SSBR牌号		
	RC2557S	RC2564S	LG2550
门尼粘度[ML(1+4)100℃]	54	50	50
结合苯乙烯质量分数	0.25	0.25	0.25
乙烯基质量分数	0.57	0.64	0.50
填充油品种	环烷油	环烷油	环保芳烃油TDAE
填充油用量/份	NAP	NAP	NAP
玻璃化温度( $T_g$ )/℃	37.5	37.5	37.5
	-27	-23	-30

### 1.2 基本配方

SSBR(变品种) 80, NR 20, 白炭黑 70, 炭黑N234 12, 偶联剂Si69 8.4, 氧化锌 3, 硬脂酸 2, 环保芳烃油V500和填充油 37, 微晶蜡 1.5, 防老剂4020 2, 硫黄 1.8, 促进剂CBS 1.5。

### 1.3 主要设备和仪器

BB430型密炼机,日本神户制钢公司产品; M-2000-AN型硫化仪,高铁检测仪器(东莞)有限

公司产品;150 N拉力试验机和压缩生热试验机,中国台湾高铁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;VMA2000型流动性测试仪,特拓(青岛)轮胎技术有限公司产品;GABOMETER-150型动态力学性能分析(DMA)仪,德国GABO检测仪器有限公司产品。

#### 1.4 混炼工艺

母胶和终炼胶均采用BB430型密炼机进行混炼。

母胶采用三段混炼工艺,一段混炼初始转子转速为 $55 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ,压砣压力为 $0.6 \text{ MPa}$ ,混炼工艺为:加入生胶、小料和炭黑,混炼22 s后提压砣,加油,转子转速减小至 $45 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ,混炼20 s或温度达到 $122 \text{ }^\circ\text{C}$ 时提压砣,清扫,转子转速减小至 $20 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ,胶料升温至 $146 \text{ }^\circ\text{C}$ 自动进入恒温炼胶模式,恒温混炼30 s后排胶;二段混炼初始转子转速为 $50 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ,压砣压力为 $0.6 \text{ MPa}$ ,混炼工艺为:加一段混炼胶混炼20 s后提压砣,转子转速减小至 $45 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ,混炼25 s后提压砣,转子转速减小至 $35 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ,混炼至 $125 \text{ }^\circ\text{C}$ 时提压砣,转子转速减小至 $30 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ,胶料达到 $145 \text{ }^\circ\text{C}$ 时提压砣,排胶;三段混炼初始转子转速为 $45 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ,压砣压力为 $0.6 \text{ MPa}$ ,混炼工艺为:加二段混炼胶混炼20 s后提压砣,转子转速减小至 $40 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ,混炼25 s后提压砣,转子转速减小至 $35 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ,混炼至 $120 \text{ }^\circ\text{C}$ 时提压砣,转子转速减小至 $30 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ,胶料达到 $140 \text{ }^\circ\text{C}$ 时提压砣,排胶。

终炼初始转子转速为 $35 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ,压砣压力为 $0.5 \text{ MPa}$ ,混炼工艺为:加三段混炼胶混炼30 s后提压砣,转子转速减小至 $30 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ,混炼35 s后提压砣,转子转速减小至 $25 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ,混炼20 s或温度达到 $110 \text{ }^\circ\text{C}$ 时提压砣,排胶。

3种SSBR中RC2557S母胶采用三段混炼工艺,RC2564S和LG2550母胶仅采用前两段混炼工艺;3种SSBR的终炼工艺相同。

#### 1.5 性能测试

(1)流动性。采用VMA2000型流动性测试仪进行分析,测试温度为 $90 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

(2)加工性能。采用RPA2000橡胶加工分析仪对混炼胶进行应变扫描,测试条件为:频率  $1$

Hz,温度  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ ,应变范围  $0.1\% \sim 40\%$ 。

(3)物理性能。各项性能均按相应的国家标准测试,其中压缩生热的测试条件为:冲程  $4.45 \text{ mm}$ ,负荷  $1 \text{ MPa}$ ,温度  $55 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

(4)动态力学性能。采用DMA仪进行温度扫描,测试条件为:拉伸模式,温度范围  $-65 \sim 65 \text{ }^\circ\text{C}$ ,频率  $10 \text{ Hz}$ ,升温速率  $2 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

## 2 结果与讨论

### 2.1 硫化特性

SSBR胶料的硫化特性见表2。

表2 SSBR胶料的硫化特性

项 目	SSBR牌号		
	RC2557S	RC2564S	LG2550
门尼粘度[ML(1+4)100 $^\circ\text{C}$ ]	72	66	71
门尼焦烧时间 $t_5(130 \text{ }^\circ\text{C})/\text{min}$	20.3	19.3	19.8
硫化仪数据(150 $^\circ\text{C}$ )			
$F_L/(\text{dN} \cdot \text{m})$	2.17	2.07	2.24
$F_{\text{max}}/(\text{dN} \cdot \text{m})$	12.20	12.00	12.30
$t_{10}/\text{min}$	6.85	6.40	6.71
$t_{50}/\text{min}$	11.80	11.10	11.40
$t_{90}/\text{min}$	21.30	20.40	20.60

从表2可以看出:RC2564S母胶采用两段混炼工艺,胶料的门尼粘度最小;LG2550母胶和终炼胶工艺均与RC2564S相同,但胶料的门尼粘度较大;RC2557S母胶采用三段混炼工艺,胶料门尼粘度与LG2550相当,但仍大于RC2564S。这是因为RC2557S的相对分子质量比RC2564S大25%左右,生胶的门尼粘度较高,而且RC2564S的乙烯基含量较大,与白炭黑硅烷化反应的活性连接点较多,白炭黑硅烷化反应的二级反应化学连接点增加,白炭黑分散性提高。为保证胎面胶半部件挤出尺寸均匀稳定,胎面胶随SSBR替换情况需调整混炼工艺,调节门尼粘度水平,因此,RC2557S母胶的混炼需要额外增加一段返炼工艺,导致胶料的能耗增大,流转周期延长。

从表2还可以看出,3种SSBR胶料的硫化特性相当,在轮胎硫化过程中可设定相同的硫化工艺。

### 2.2 流动性

SSBR胶料的流动值见表3。

从表3可以看出:虽然RC2557S胶料的门尼粘

表3 SSBR胶料的流动值 (100 mm)<sup>-1</sup>

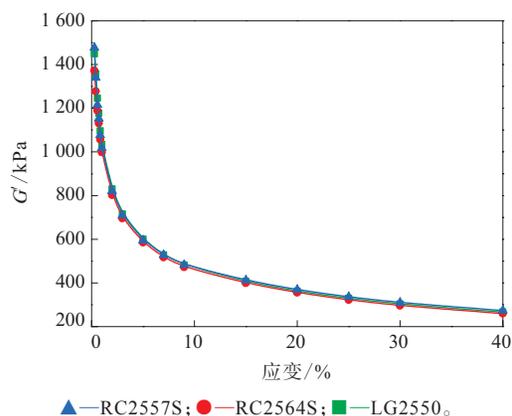
项 目	SSBR牌号		
	RC2557S	RC2564S	LG2550
测试时间/d			
1	197	154	148
4	189	143	130
7	181	134	124
12	167	120	111
15	152	105	101
平均每天变化量	-3.1	-3.3	-3.0

度比RC2564S胶料高,但RC2557S胶料的流动值最大,比RC2564S增大28%左右;LG2550胶料的门尼粘度与RC2557S胶料相当,但流动性较低。因此,门尼粘度并不能有效地表征SSBR胶料的流动性。

从表3还可以看出,随着测试时间的延长,各胶料的流动性下降,且下降幅度相当。因此,可以采用VMA2000型流动性测试仪对胶料的流转周期进行控制。

### 2.3 加工性能

SSBR胶料的剪切储能模量( $G'$ )和损耗模量( $G''$ )与应变的关系曲线分别如图1和2所示。

图1 SSBR胶料的 $G'$ -应变曲线

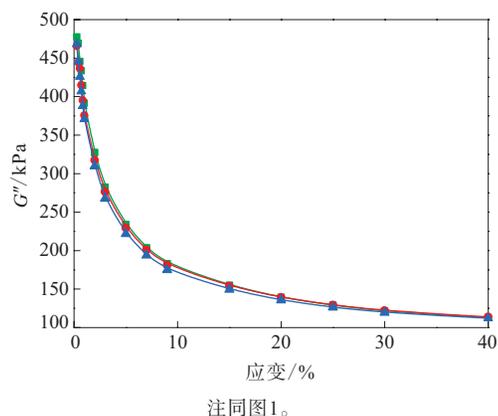
从图1和2可以看出,随着应变的增大,3种SSBR胶料的 $G'$ 和 $G''$ 的下降趋势相似,说明其Payne效应相当。

当应变从0.28%增大到40%时,SSBR胶料的 $G'$ 和 $G''$ 下降率见表4。

从表4可以看出,3种SSBR胶料的 $G'$ 和 $G''$ 下降率基本相同。这说明在3组工艺条件下,各胶料的白炭黑硅烷化反应及填料分散性良好。

### 2.4 物理性能

SSBR硫化胶的物理性能见表5。

图2 SSBR胶料的 $G''$ -应变曲线表4 SSBR胶料的 $G'$ 和 $G''$ 下降率 %

项 目	SSBR牌号		
	RC2557S	RC2564S	LG2550
$G'$	81	81	82
$G''$	59	60	61

表5 SSBR硫化胶的物理性能

项 目	SSBR牌号		
	RC2557S	RC2564S	LG2550
邵尔A型硬度/度	64	64	63
10%定伸应力/MPa	0.33	0.35	0.34
50%定伸应力/MPa	1.16	1.19	1.13
100%定伸应力/MPa	2.18	2.27	2.20
300%定伸应力/MPa	9.99	10.50	10.40
拉伸强度/MPa	16.7	16.3	16.5
拉断伸长率/%	496	457	510
拉断永久变形/%	19	21	20
撕裂强度/(kN·m <sup>-1</sup> )	34	32	31
阿克隆磨耗量/cm <sup>3</sup>	0.154	0.124	0.180
回弹值/%	33	32	32
压缩温升/°C	24	20	21

注:硫化条件为150 °C×40 min。

从表5可以看出:3种SSBR硫化胶的硬度、定伸应力、拉伸强度和回弹值相当;LG2550硫化胶的拉断伸长率最大;RC2557S硫化胶的撕裂强度最大;RC2564S硫化胶的耐磨性能最好,压缩温升最低。

综合来看,3种SSBR因分子链结构及微观结构单元的差异化而导致性能不同。一般来说,SSBR的苯乙烯含量主要影响胶料的力学强度,乙烯基含量对力学强度的影响较小,主要影响与白炭黑反应的活性点,从而影响胶料的耐磨性能和生热性能等。从配方设计上,3种SSBR可以在相同配方体系下实现相互替换。

## 2.5 动态力学性能

SSBR胶料的储能模量( $E'$ )和损耗因子( $\tan\delta$ )与温度的关系曲线分别如图3和4所示。

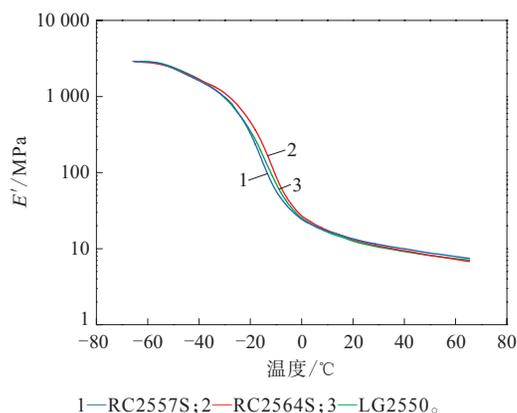


图3 SSBR胶料的 $E'$ -温度曲线

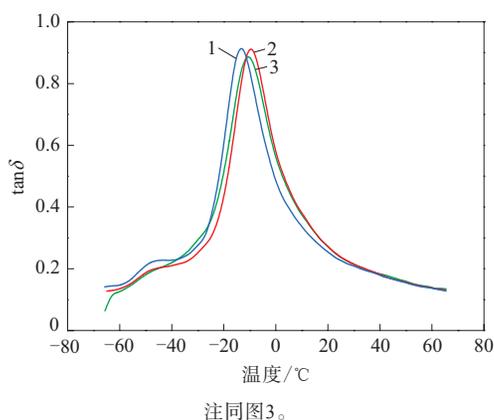


图4 SSBR胶料的 $\tan\delta$ -温度曲线

动态力学性能主要包括 $T_g$ 、0和60℃时的 $\tan\delta$ 。 $T_g$ 决定了胶料的适应环境温度, $T_g$ 越高,胶料的抗湿滑性能和干地操纵性能越好; $T_g$ 越低,则越有利于降低胶料的滚动阻力和提高耐磨性能。一般来说,0℃时的 $\tan\delta$ 表征胶料的抗湿滑性能,其值越大,抗湿滑性能越好;60℃时的 $\tan\delta$ 表征胶料的滚动阻力,其值越小,滚动阻力越低<sup>[4-5]</sup>。SSBR胶料的动态力学性能见表6。

从图3和4及表6可以看出,在相同配方体系下3种SSBR胶料的 $T_g$ 均在 $(-10\pm 2)$ ℃范围内,RC2557S胶料的 $T_g$ 略低,LG2550胶料次之,RC2564S胶料最高。这是因为虽然3种SSBR胶料的苯乙烯含量相同,但RC2564S胶料的乙烯基含

表6 SSBR胶料的动态力学性能

项 目	SSBR牌号		
	RC2557S	RC2564S	LG2550
$T_g/^\circ\text{C}$	-12.62	-8.71	-10.62
$\tan\delta$			
0℃	0.50	0.60	0.58
60℃	0.138	0.140	0.141

量最大,生胶的静态 $T_g$ 最高。胶料在0℃时的 $\tan\delta$ 与动态 $T_g$ 有明显的相关性,RC2564S胶料在0℃时的 $\tan\delta$ 最大,LG2550胶料次之,RC2557S胶料最小,说明RC2564S胶料的抗湿滑性能最好;RC2557S胶料在60℃时的 $\tan\delta$ 最小,RC2564S胶料次之,LG2550胶料最大,但DMA仪测试存在仪器偏差,3种胶料在60℃时的 $\tan\delta$ 测定值相对误差均在2%左右,属于波动范围内,因此可以认为3种SSBR胶料的滚动阻力基本相同。

通过对配方设计性能进行综合分析,认为3种牌号SSBR可以相互替换。

## 3 结论

(1)以门尼粘度作为加工性能的评价指标时,RC2557S胶料的门尼粘度最大,相对于RC2564S和LG2550胶料需要额外增加一段返炼工艺,使胶料的能耗增大,流转周期延长。

(2)门尼粘度在一定条件下并不能有效表征胶料的流动性,RC2557S母胶采用三段混炼工艺,其流动性优于RC2564S和LG2550胶料。

(3)RC2557S,RC2564S和LG2550胶料的硫化特性、物理性能和滚动阻力相当,3种牌号SSBR在相同配方体系下可以实现相互替换。

## 参考文献:

- [1] 高冬兰,崔玉叶,张洪学. 溶聚丁苯橡胶在全钢载重子午线轮胎胎面胶中的应用[J]. 轮胎工业,2018,38(4):221-224.
- [2] 陈勇前,何庆,杨林,等. 甲基乙烯基橡胶/溶聚丁苯橡胶并用胶在轮胎胎面胶中的应用研究[J]. 橡胶工业,2019,66(3):199-202.
- [3] 陈益艺,赵素合,张兴英,等. 新型高性能溶聚丁苯橡胶在轮胎胎面胶中的应用[J]. 橡胶工业,2018,65(3):268-273.
- [4] 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(续1)[J]. 轮胎工业,2000,20(11):670-677.
- [5] 刘大晨,吴新亮,汤琦,等. 稻壳源白炭黑/炭黑/天然橡胶复合材料的性能研究[J]. 橡胶工业,2016,63(8):458-463.

收稿日期:2019-12-03

## Application Property of Different Brand SSBR in Tire Tread Compound

LIU Huaqiao<sup>1,2</sup>, SUN Maozhong<sup>1</sup>, LI Hongwei<sup>1</sup>, GU Peishuang<sup>1</sup>, WANG Chuansheng<sup>2</sup>

[1. TTA (Qingdao) Tire Technology Alliance Co., Ltd., Qingdao 266061, China; 2. Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266061, China]

**Abstract:** The application properties of three brands of solution polymerized styrene butadiene rubber (SSBR) in the tire tread compound were investigated. The results showed that the Mooney viscosity of RC2557S compound was the highest, but its fluidity was the best. The wear resistance and wet skid resistance of RC2564S vulcanizate were the best, and the compression heat build-up was the lowest. The curing characteristics, physical properties and rolling resistance of RC2557S, RC2564S and LG2550 compound were similar. These three brands of SSBR could be used to replace each other in the same formula system.

**Key words:** SSBR; tread compound; Mooney viscosity; fluidity; processability; physical property; dynamic mechanical property

### “四月充电周——橡胶知识有奖问答”

#### 线上活动圆满成功

明媚四月,春暖花开,在全国疫情防控取得阶段性胜利但仍不能放松警惕的关键时刻,《橡胶工业》《轮胎工业》《橡胶科技》编辑部携手中国化工学会橡胶专业委员会和全国橡胶工业信息中心,通过官方微信公众号“橡胶工业传媒”于2020年4月6—12日开展了“四月充电周——橡胶知识有奖问答”线上活动。

本次线上问答活动分为天然橡胶、合成橡胶、填料和助剂、骨架材料、轮胎、橡胶制品、橡胶机械7个模块,每日1个模块,每个模块含10道单选题,每人每天一次答题机会。题目精炼、图文并茂、覆盖面广,参赛者答完题目即可看正确答案,查漏补缺。

本次线上问答活动共吸引6 000多人参与,成绩在60分及以上的有效答卷约占65%,其中约78%抽中了微信红包,获得鼓励奖。所有参与者均获得普奖——50元参会抵扣券。

经过7天的激烈角逐,累计总分排列前10名的参赛者获得优秀奖,其中一等奖1名,二等奖3名,三等奖6名。三角轮胎股份有限公司刘娟荣获一等奖,浦林成山(山东)轮胎有限公司邱海

强、四川海大橡胶集团有限公司徐晓翠、中策橡胶集团有限公司徐贺荣获二等奖,青岛科技大学翟天剑、山东丰源轮胎制造股份有限公司姜雪娜、固铂(昆山)轮胎有限公司刘虎、某校学生郭虹吕、四川海大橡胶集团有限公司赵新辉、某校教师程训谦荣获三等奖。

本次参赛者所在单位中,中策橡胶集团有限公司、三角轮胎股份有限公司、浦林成山(山东)轮胎有限公司、四川海大橡胶集团有限公司、山东丰源轮胎制造股份有限公司、八亿橡胶有限责任公司、固铂(昆山)轮胎有限公司、山东玲珑轮胎股份有限公司、彤程集团有限公司、北京橡胶工业研究设计院有限公司、山西省化工研究所(有限公司)、机械科学研究总院、青岛科技大学、北京化工大学、沈阳化工大学、徐州工业职业技术学院等企业、院所和高校均展现出了不俗实力。

在全球战“疫”期间,“四月充电周——橡胶知识有奖问答”线上活动以知识竞赛的方式丰富了广大橡胶行业同仁的专业知识,每天通过微信公众号发布前日参赛情况和满分榜单的快报,充分提高了行业同仁的学习兴趣,营造了愉悦的学习和交流氛围,放松了疫情期间紧绷的身心。本次线上问答活动取得圆满成功。

(本刊编辑部 胡浩)