

废旧轮胎再生胶在轿车子午线轮胎胎侧胶中的应用

徐文龙, 宫亭亭, 邱海强, 徐 旗, 李崇兵

[浦林成山(山东)轮胎有限公司, 山东 荣成 264300]

摘要:研究废旧轮胎再生胶(简称再生胶)在轿车子午线轮胎胎侧胶中的应用。结果表明:随着再生胶用量的增大,胶料的硫化速度减慢,300%定伸应力、拉伸强度、回弹值明显减小,耐屈挠性能下降,滞后损失增大;在轿车子午线轮胎胎侧胶中加入5份再生胶,胶料的加工性能和物理性能基本不变,成品轮胎的高速和耐久性能满足国家标准要求,同时生产成本降低。

关键词:轿车子午线轮胎;废旧轮胎再生胶;胎侧胶;性能;成本

中图分类号:TQ335;U463.341⁺.4/.6

文献标志码:A

文章编号:1006-8171(2023)01-0023-03

DOI:10.12135/j.issn.1006-8171.2023.01.0023



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

《2021—2027年中国废轮胎行业竞争格局分析及发展趋势预测报告》数据显示:随着我国家用轿车的广泛普及和全国物流业的高速发展,我国机动车保有量逐年增大,2020年我国汽车保有量高达3亿辆,同比增长8.1%。汽车行业的蓬勃发展,使得汽车轮胎的产量急剧增长,同时废旧轮胎的数量也随之增长^[1]。2020年我国废旧轮胎量高达2 000万t^[2]。近几年由于轮胎的耐老化性能、强度和耐磨性能提升,造成废旧轮胎的处理更加困难。废旧轮胎在自然条件下很难降解,一般几十年也不会被分解,造成“黑色污染”^[3]。

目前废旧橡胶回收利用方式主要有生产胶粉、原型利用、热能利用、热裂解、脱硫生产再生胶和轮胎翻新^[4]。裂解炭黑、胶粉、再生胶都可作为轮胎生产的原材料使用,由于再生胶自身强力较高,且经脱硫后有一定活性,具有较好的应用前景。

橡胶是我国重要的战略资源和基础工业原料,同时我国也是橡胶消费大国,我国橡胶年消费量占世界的30%,但是我国天然橡胶(NR)资源比较匮乏,种植区域仅限海南、云南、广东3省的部分地区。我国85%的NR、24%的合成橡胶依赖进口^[5]。2020年6月,工业和信息化部发布第21号公告《废旧轮胎综合利用行业规范条件》^[6],积极推

进废旧轮胎循环利用。提高废旧轮胎资源循环利用水平对于缓解我国橡胶资源短缺局面、促进橡胶工业节能减排具有重要的战略和现实意义。

本工作研究废旧轮胎再生胶(以下简称再生胶)在轿车子午线轮胎胎侧胶中的应用,以助力轮胎企业降低生产成本。

1 实验

1.1 主要原材料

NR,SMR20,马来西亚产品;顺丁橡胶(BR),牌号9000,中国石化燕山石化公司产品;炭黑N330,金能科技股份有限公司产品;再生胶,国内某再生胶公司产品。

再生胶的基本参数如下:外观 黑色质地均匀胶块,密度 $1.717 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$,加热减量 0.8%,灰分质量分数 7.2%,丙酮抽出物质量分数 14.84%,门尼粘度[ML(1+4)100 °C] 63,拉伸强度 7.8 MPa,拉断伸长率 280%。

1.2 配方

以轮胎行业常用胎侧胶配方体系作为基础及调整再生胶用量,所设计的配方A如下:NR 40, BR9000 60,炭黑N330 50,环保芳烃油 3,防老剂 3.5,其他 15。

配方B,C,D分别加入5,10和15份再生胶,其余组分及用量均同配方A。

1.3 主要设备和仪器

XK(S)-160型开炼机,青岛科高橡塑机械技

作者简介:徐文龙(1989—),男,山东青岛人,浦林成山(山东)轮胎有限公司工程师,硕士,主要从事轮胎配方设计工作。

E-mail:wlxu89@163.com

术装备有限公司产品;V502H-18X型平板硫化机,美国WASBASH MPI公司产品;UM2050型门尼粘度仪,青岛育肯仪器有限公司产品;MDR 3000型无转子硫化仪,德国Montech公司产品;GT-AI7000M型拉力试验机和GT-7042-RDHS数位式高温回弹值试验机,中国台湾高铁检测仪器有限公司产品;FT-1200型压缩生热试验机和VR-7130型动态热机械分析(DMA)仪,日本上岛制作所产品。

1.4 试样制备

胶料混炼分两段进行。一段混炼在密炼机中进行,初始转子转速为 $65 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$,混炼工艺:生胶和再生胶(30 s)→1/2炭黑、硬脂酸、环保芳烃油(60 s)→剩余1/2炭黑和剩余小料(120 s)→调整转子转速为 $55 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$,升温至 $150 \sim 155 \text{ }^\circ\text{C}$ →排胶。胶料在开炼机上过辊(辊距3 mm)45 s,下片并停放24 h以上。

二段混炼在开炼机上进行,混炼工艺:一段混炼胶→硫黄和促进剂→混炼均匀→下片。

胶料在平板硫化机上硫化,硫化条件为 $161 \text{ }^\circ\text{C} \times 20 \text{ min}$ 。

1.5 性能测试

胶料的性能测试按照相关国家标准进行。

2 结果与讨论

2.1 硫化特性

评估胶料的加工性能为车间生产的可实现性提供依据,胶料的加工性能和硫化特性见表1。

从表1可以看出,加入再生胶对胶料的门尼粘度和焦烧时间基本无影响。但随着再生胶用量的增大,胶料的硫化速度减慢, F_{max} 减小,原因可能是再生胶不参与硫化反应,再生胶用量增大,减小了硫化体系在配方中的占比。

表1 胶料的加工性能和硫化性能

项 目	配方编号			
	A	B	C	D
门尼粘度[ML(1+4)100 $^\circ\text{C}$]	48	48	48	47
门尼焦烧时间 t_5 (127 $^\circ\text{C}$)/min	19.85	20.00	20.27	20.08
硫化仪数据(161 $^\circ\text{C}$)				
F_L /(dN·m)	1.41	1.41	1.42	1.38
F_{max} /(dN·m)	9.88	9.45	8.79	8.53
t_{60} /min	3.56	3.69	3.71	3.84
t_{90} /min	5.94	6.76	7.53	7.92

在实际生产中,如果大量使用再生胶,需要考虑调整硫化体系,以满足轮胎的硫化工艺要求。在胎侧胶配方中加入5份再生胶对胶料的加工性能影响较小。

2.2 物理性能

胶料的物理性能测试结果见表2。

表2 胶料的物理性能

项 目	配方编号			
	A	B	C	D
密度/($\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$)	1.084	1.083	1.088	1.087
邵尔A型硬度/度	53	52	53	52
100%定伸应力/MPa	1.4	1.4	1.3	1.3
300%定伸应力/MPa	6.8	6.3	5.8	5.8
拉伸强度/MPa	15.1	14.3	13.1	12.9
拉断伸长率/%	566	561	570	572
撕裂强度/($\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$)	74	72	71	59
60 $^\circ\text{C}$ 回弹值/%	60.4	58.4	57.5	54.3
屈挠裂口等级				
54万次	0	0	2	3
130万次	1	2	3	3

由表2可以看出:随着再生胶用量的增大,胶料的密度、硬度、拉断伸长率和撕裂强度(配方D除外)无明显变化;胶料的300%定伸应力、拉伸强度、回弹值呈现明显减小和耐屈挠性能呈现明显降低趋势。由于子午线轮胎对胎侧胶的耐屈挠性能要求较高,综合考虑分析,加入5份再生胶对胶料的物理性能影响较小。

2.3 动态力学性能

轮胎的使用性能如燃油经济性能、干湿地抓着性能、耐磨性能和噪声等的装车实测费用高、测试周期较长,因此轮胎行业常用胶料的动态力学性能来预测轮胎的整胎性能。胶料的DMA测试条件如下:拉伸模式,预拉伸 1%,动应变 0.25%,频率 10 Hz,温度扫描范围 $-60 \sim 80 \text{ }^\circ\text{C}$ 。胶料的动态力学性能测试结果见表3。

通常用60 $^\circ\text{C}$ 时的损耗因子($\tan\delta$)来预测胶料的滚动阻力, $\tan\delta$ 越小,胶料的滚动阻力越小。由表3可知:添加再生胶对胶料的玻璃化温度影响不

表3 胶料的动态性能测试结果

项 目	配方编号			
	A	B	C	D
玻璃化温度/ $^\circ\text{C}$	-49.8	-49.8	-50.8	-49.8
60 $^\circ\text{C}$ 时的 $\tan\delta$	0.123	0.126	0.135	0.145

大;添加5份再生胶后,胶料的60℃时的 $\tan\delta$ 变化不大;再生胶用量增大到10份以后,胶料的60℃时的 $\tan\delta$ 明显增大,即胶料的生热增大,对轮胎的滚动阻力不利。

综上所述,加入5份再生胶,对胶料各方面性能影响较小。

2.4 成品轮胎性能

选择配方A和B制备205/55R16 91V轮胎。随机抽取2个方案的成品轮胎,按照GB/T 4502—2016《轿车轮胎性能室内试验方法》进行轮胎的高速性能和耐久性能测试,结果分别见表4和5。

表4 轮胎的高速性能测试结果

项 目	配方A轮胎	配方B轮胎
最高行驶速度/($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)	280	280
最高速度行驶时间/min	8	9
累计行驶时间/min	98	99
试验结束时轮胎状况	胎爆	胎爆

表5 轮胎的耐久性能测试结果

项 目	配方A轮胎	配方B轮胎
累计行驶时间/h	109.2	108.9
试验结束时轮胎状况	胎冠爆破	胎冠爆破

由表4和5可见,两个方案轮胎的高速性能和耐久性能相当,均达到国家标准要求。

3 结论

(1)加入再生胶对胶料的门尼粘度和焦烧时

间基本无影响,但是随着再生胶用量的增大,胶料的硫化速度减慢, F_{\max} 减小。

(2)随着再生胶用量的增大,胶料的密度、硬度、拉伸伸长率和撕裂强度无明显变化,300%定伸应力、拉伸强度、回弹值明显减小,耐屈挠性能明显下降,加入5份再生胶对胶料的物理性能影响较小。

(3)添加5份再生胶对胶料的60℃时的 $\tan\delta$ 无明显影响,再生胶用量增大到10份以后,胶料的60℃时的 $\tan\delta$ 明显增大。

(4)在胎侧胶中添加5份再生胶,对成品轮胎的高速性能和耐久性能影响不大,轮胎的性能满足国家标准要求。

此外,再生胶的成本较低,使用后可降低轮胎生产的整体成本。

参考文献:

- [1]《中国橡胶》编辑部. 轮胎:“十四五”确定七大目标,产量年均复合增长2.7%[J]. 中国橡胶,2021,37(7):6-10.
- [2]吴志红.“十四五”废旧轮胎综合利用开启“绿色黄金”时代[J]. 中国轮胎资源综合利用,2021(5):10-12.
- [3]田晓龙,郭磊,王孔烁,等. 废旧轮胎循环与资源化利用发展现状[J]. 中国材料进展,2022,41(1):22-29,66-67.
- [4]李志华,马涛,周云杰. 废旧橡胶裂解方式及其工艺装备[J]. 橡胶工业,2014,61(5):316-319.
- [5]莫业勇,杨琳. 2019年国内外天然橡胶产销形势[J]. 中国热带农业,2020(2):8-12.
- [6]《橡胶科技》编辑部.《废旧轮胎综合利用行业规范条件》发布[J]. 橡胶科技,2020,18(7):416-417.

收稿日期:2022-08-12

Application of Reclaimed Rubber from Waste Tires in Sidewall Compound of Passenger Car Radial Tire

XU Wenlong, GONG Tingting, QIU Haiqiang, XU Qi, LI Chongbing

[Prinx Chengshan (Shandong) Tire Co., Ltd, Rongcheng 264300, China]

Abstract: The application of reclaimed rubber from waste tires (referred to as reclaimed rubber) in the sidewall compound of passenger car radial (PCR) tire was studied. The results showed that with the increase of the amount of reclaimed rubber, the vulcanization speed of the compound slowed down, the modulus at 300% elongation, tensile strength and rebound value were reduced obviously, the flexural resistance decreased, and the hysteresis loss increased. Addition of 5 phr reclaimed rubber in the sidewall compound of PCR tire, the processability and physical properties of the compound changed little, and the high-speed performance and durability of the finished tire met the requirements of national standard, while the tire production cost was reduced.

Key words: PCR radial tire; waste tire reclaimed rubber; sidewall compound; property; cost