

炭黑品种对补气保用轮胎支撑胶性能的影响

顾培霜,赵相帅,刘华侨

[特拓(青岛)轮胎技术有限公司,山东 青岛 266100]

摘要:采用3种不同牌号的炭黑分别搭配不同并用比的NR/BR,设计性能侧重点分别为机械强度、耐屈挠性能和生热性能的支撑胶配方,研究其对补气保用轮胎零气压耐久性能的影响。结果表明:成品轮胎的零气压耐久性能与支撑胶的硬度和刚性相关性较强;在不同的胶料硬度水平下,支撑胶的耐屈挠性能和生热性能未表现出对成品轮胎零气压耐久性能的明显增益效果。

关键词:补气保用轮胎;炭黑;支撑胶;硬度;刚性;生热;零气压耐久性能

中图分类号:TQ336.1;TQ330.38⁺¹

文献标志码:A

文章编号:1006-8171(2024)01-0032-04

DOI:10.12135/j.issn.1006-8171.2024.01.0032



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

近年来,为了追求更低的滚动阻力和材料成本,轮胎产品无论是轮廓设计还是材料分布设计都向着更加轻量化的方向发展^[1]。尽管轮胎轻量化设计的前提是将安全性能放在首位,必须通过各项室内外测试,但是诸如胎侧减薄设计等仍然不可避免地一定程度上降低了胎侧的防撞击性能^[2]。

补气保用轮胎是在轮胎胎侧部位加装具有强支撑作用的补强支撑胶,保证轮胎在爆胎、漏气等情况下可以正常行驶,用以消除猛然的操作失衡带来的安全隐患^[3]。补气保用轮胎因加装支撑胶的缘故质量比相同规格产品大很多。补气保用轻量化设计既可以减小传统补气保用轮胎产品的质量,又可以提高轻量化轮胎的安全性,因此成为轮胎发展方向之一。现今,很多大型轮胎厂也上市或配套了补气保用轮胎产品,但并不在胎侧上体现“蜗牛”(零气压法规要求的1 h)标识,能够在突发情况下保证行车安全而不考虑爆胎后的继续行驶距离,这种设计也体现了平衡成本、兼顾安全的设计方向^[4-5]。

本工作研究炭黑品种对补气保用轮胎支撑胶性能的影响。

作者简介:顾培霜(1981—),女,山东青岛人,特拓(青岛)轮胎技术有限公司工程师,学士,主要从事轿车轮胎配方设计及工业化研究。

E-mail:cm0003@tta-solution.com

1 实验

1.1 主要原材料

天然橡胶(NR),3[#]烟胶片,泰国产品;钕系顺丁橡胶(BR),牌号CB24,朗盛化学(中国)有限公司产品;炭黑N330和N550,上海卡博特化工有限公司产品;炭黑S204,德国欧励隆公司产品。

炭黑技术参数如表1所示。其中炭黑S204为炉法炭黑,根据ASTM D1765《橡胶用炭黑分类命名系统》命名规则,前缀S代表该品种炭黑硫化速度缓慢,炭黑N330和N550为炉法炭黑。

表1 炭黑技术参数

项 目	炭黑牌号		
	N330	N550	S204
吸碘值/(g·kg ⁻¹)	82	43	19
吸油×10 ⁵ /(m ³ ·kg ⁻¹)	102	121	138
压缩样吸油值×10 ⁵ /(m ³ ·kg ⁻¹)	88	85	76
CTAB吸附比表面积×10 ⁻³ /(m ² ·kg ⁻¹)	79	42	
外表面积×10 ⁻³ /(m ² ·kg ⁻¹)	75	39	19

1.2 配方

试验配方如表2所示。

1.3 主要设备和仪器

BB430型密炼机,日本神户制钢所产品;XM270型密炼机,大连橡胶塑料机械股份有限公司产品;UM-2050型门尼粘度仪和UT-2060型万能拉力机,中国台湾优肯科技股份有限公司产品;Eplexor[®]型动态力学分析(DMA)仪,德国GABO公司产品。

表2 试验配方 份				
组 分	配方编号			
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]
NR	30	80	35	35
BR	70	20	65	65
炭黑N330	70	0	0	0
炭黑N550	0	65	0	0
炭黑S204	0	0	60	50
其他	23.1	16.8	16	16

1.4 试样制备

胶料采用三段混炼工艺混炼。

一段混炼在BB430型密炼机中进行,压砣压力为0.5 MPa,转子转速为50 r·min⁻¹,混炼工艺为:生胶和小料→压压砣保持20 s→提压砣→炭黑→压压砣至115℃→提压砣→压压砣至135℃→提压砣→压压砣至165℃,排胶,停放4 h以上。

二段混炼在BB430型密炼机中进行回车返炼,压砣压力为0.5 MPa,转子转速为40 r·min⁻¹,混炼工艺为:一段混炼胶→压压砣保持25 s→提压砣→压压砣保持20 s→提压砣→压压砣至155℃,排胶,停放4 h以上。

三段混炼在XM270型密炼机中进行,压砣压力为0.4 MPa,转子转速为25 r·min⁻¹,混炼工艺为:二段混炼胶和硫化剂→1次压压砣保持30 s→2次压压砣保持30 s→提压砣至105℃排胶。

1.5 测试分析

- (1) DMA分析。采用Eplexor[®]型DMA仪进行DMA测试,使用拉伸模式,温度扫描,预拉伸5%,频率 10 Hz,振幅 0.25%,温度范围-60~80℃。
- (2) 其他性能。均按相应国家标准或化工行业标准测定。

2 结果与讨论

2.1 硫化特性

胶料的硫化特性如表3所示。

从表3可以看出:采用炭黑N330和N550的胶料硫化速度较快, t_{10} 和 t_{90} 短;采用炭黑S204的胶料硫化速度较慢。这主要是由炭黑生产工艺不同导致炭黑颗粒的表面化学性质不同决定的。

2.2 物理性能

硫化胶的物理性能如表4所示。

1[#]配方硫化胶采用补强能力较强的炭黑

表3 胶料的硫化特性				
项 目	配方编号			
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]
门尼焦烧时间 t_5 (135℃)/min	10.5	9.7	17.0	17.7
硫化仪数据(150℃)				
F_L /(dN·m)	2.7	2.9	2.4	2.2
F_{max} /(dN·m)	36.0	27.8	31.0	27.1
t_{10} /min	2.9	3.3	5.6	5.7
t_{50} /min	3.9	4.4	6.8	6.9
t_{90} /min	6.3	6.4	9.0	8.9

表4 硫化胶的物理性能				
项 目	配方编号			
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]
邵尔A型硬度/度	79	75	72	68
10%定伸应力/MPa	1.3	0.9	0.8	0.6
50%定伸应力/MPa	3.9	3.1	2.7	2.0
100%定伸应力/MPa	8.7	7.1	5.8	4.1
200%定伸应力/MPa	—	16.5	12.6	9.4
拉伸强度/MPa	13.1	18.9	13.6	10.7
拉断伸长率/%	131	230	222	225
回弹值/%	50	57	71	72
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	43	53	43	39

N330,硬度大,可提供强支撑作用;生胶以BR为主,弥补硫化胶的耐屈挠性能。2[#]配方硫化胶采用耐屈挠性能较好的炭黑N550;生胶以NR为主,增强硫化胶的机械强度。3[#]和4[#]配方硫化胶采用特种炭黑S204,生胶以BR为主,整体考虑硫化胶的耐屈挠性能。

从表4可以看出:4种配方硫化胶的物理性能实测结果与配方设计预期相符,1[#]配方硫化胶的邵尔A型硬度最大;2[#]配方硫化胶的拉伸强度较大,达到18.9 MPa,而1[#]配方硫化胶因硬度大和BR占生胶体系比重大,3[#]和4[#]配方硫化胶因炭黑S204本身补强不足和BR占生胶体系比重大,相应硫化胶的拉伸强度均较低,为13 MPa左右;1[#]—4[#]配方硫化胶的回弹值依次增大,表明生热降低^[6]。

2.3 不同温度下的拉伸性能

硫化胶不同温度下的拉伸性能如图1所示。

从图1可以看出:4种硫化胶不同温度下的拉伸性能表现出与常温下相同的变化趋势;随着温度的升高,各硫化胶的定伸应力和拉伸强度降幅明显,其中温度从25℃增大到140℃,4种硫化胶的拉伸强度分别下降48%,57%,54%和50%。值得注意的是,1[#]配方硫化胶在140℃时的拉断伸长率不足100%。

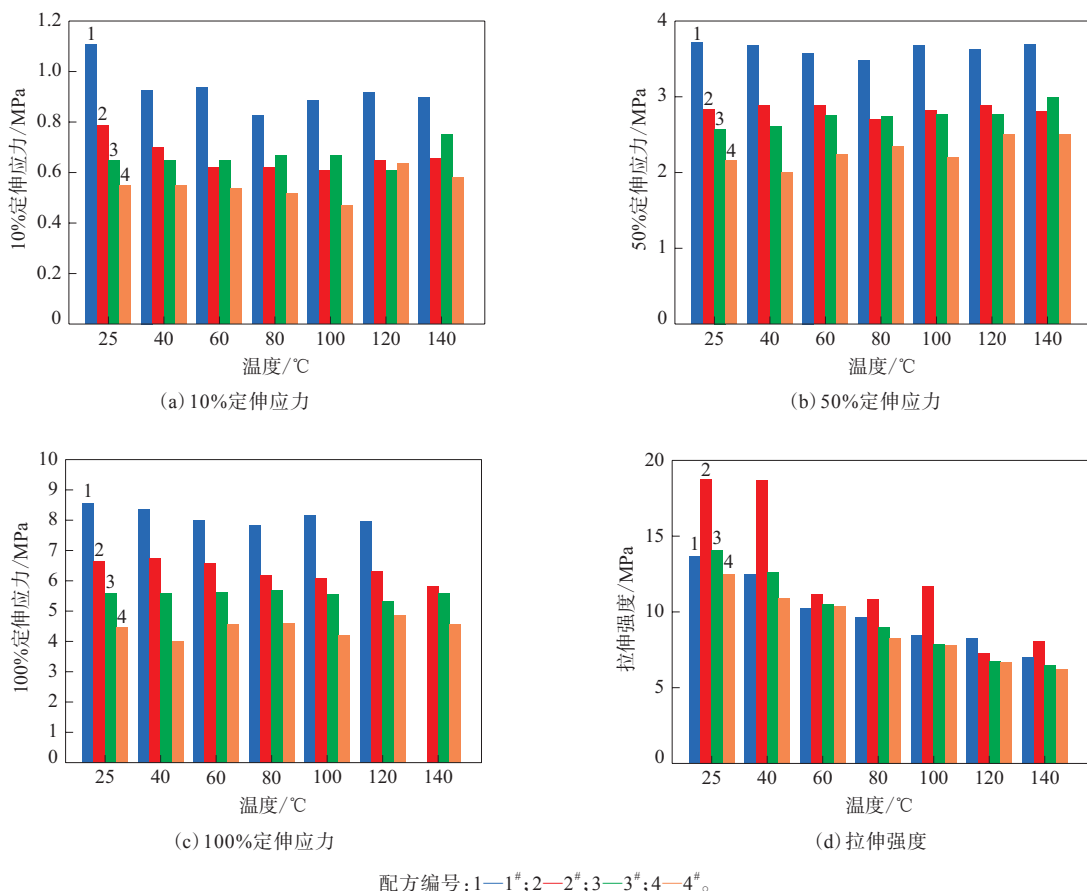


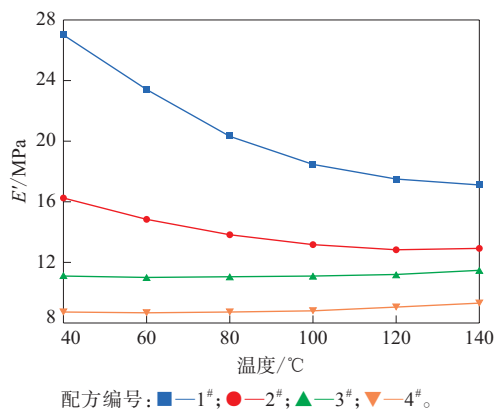
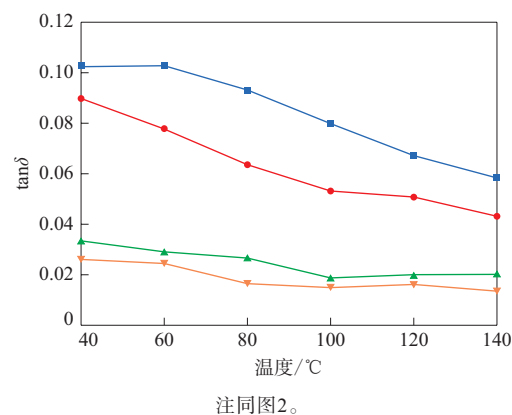
图1 硫化胶不同温度下的拉伸性能

2.4 DMA分析

硫化胶的储能模量(E')-温度曲线和损耗因子($\tan\delta$)-温度曲线分别如图2和3所示。

从图2可以看出:1[#]配方硫化胶的 E' 随着温度的升高下降趋势明显;3[#]和4[#]配方硫化胶的 E' 保持率较好,且有轻微翘头的表现。

从图3可以看出:1[#]配方硫化胶因使用补强性

图2 硫化胶的 E' -温度曲线图3 硫化胶的 $\tan\delta$ -温度曲线

能较强的炭黑N330, $\tan\delta$ 最大;2[#]配方硫化胶次之;3[#]和4[#]配方硫化胶因采用了小粒径高结构度的炭黑S204, 具有极小的 $\tan\delta$, 且随着温度的升高, $\tan\delta$ 的下降趋势也更为缓和。

2.5 成品性能

采用4种配方胶料制备补气保用轮胎支撑胶

用于试制245/45R18 96W轮胎,其零气压耐久性性能测试结果如表5所示。

表5 成品轮胎的零气压耐久性性能

项 目	配方编号			
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]
累计行驶时间/min	57	54	44	39
破坏描述	支撑胶断裂	支撑胶断裂	支撑胶断裂	支撑胶断裂

从表5可以看出,采用1[#]—4[#]配方支撑胶的成品轮胎零气压耐久性性能测试结果与相应配方胶料的硬度和刚性相符,胶料硬度越高,相应轮胎的零气压耐久性性能越好。与1[#]配方相比,硬度较小、偏重于耐屈挠性能且生热较低的2[#]配方并没有使成品轮胎的零气压耐久性性能得到明显提升,且破坏分析结果均为支撑胶断裂。3[#]和4[#]配方采用炭黑S204,追求极致的低生热和耐屈挠性能,但零气压耐久性性能下降明显,尤其是相对于3[#]配方,4[#]配方炭黑S204用量仅降低了10份,相应硫化胶的硬度和生热进一步下降,相应成品轮胎的零气压耐久性性能也下降。

3 结论

采用3种不同牌号的炭黑分别搭配不同并用比的NR/BR,从硫化胶的机械强度、耐屈挠性能和生热性能方面设计4组缺气保用轮胎支撑胶试

验配方,探讨其对成品轮胎零气压耐久性性能的影响。结果显示:成品轮胎的零气压耐久性性能与支撑胶硬度和刚性相关性良好,支撑胶越硬,成品轮胎的零气压耐久性性能越好;支撑胶的耐屈挠性能和生热性能在本轮试验中并没有表现出对成品轮胎零气压耐久性性能的增益效果。

本次试验研究胶料的刚性和生热设计为单一梯度,未有刚性相同或较大但生热较低的试验比较,结果及结论仅为支撑胶的设计提供一定的参考,今后的研究将扩展设计思路,在相同胶料硬度水平下开展生热性能的试验对比。

参考文献:

- [1] 任乔伟,谭苗,杜凡,等. 电子束辐照预硫化技术在轮胎轻量化中的应用[J]. 橡胶科技,2021,19(6):283-285.
- [2] 李汉堂. 安全轮胎的开发及其发展前景(一)[J]. 橡胶科技市场,2005,3(21):3-5.
- [3] 潘弋人,刘华侨,朱琳,等. 生胶体系对胎侧支撑胶耐屈挠性能的影响[J]. 橡胶工业,2019,66(12):917-920.
- [4] 焦文秀,崔轶,张海盟,等. 跑气保用轮胎胎侧支撑胶配方的优化[J]. 轮胎工业,2019,39(5):295-297.
- [5] 周荣杰,王志远,曹晖,等. 多功能交联剂WY988对跑气保用轮胎支撑胶性能的影响[J]. 轮胎工业,2020,40(3):163-166.
- [6] 陈思奎. 国产Nd-BR的微观结构,性能及在半钢子午线轮胎中的应用[D]. 青岛:青岛科技大学,2015.

收稿日期:2023-09-23

Effect of Different Carbon Black Varieties on Performance of Support Compounds for Run Flat Tire

GU Peishuang, ZHAO Xiangshuai, LIU Huaqiao

[TTA (Qingdao) Tire Technology Co., Ltd, Qingdao 266100, China]

Abstract: Using three different kinds of carbon black to match NR/BR with different ratios separately, a support compound formula was designed with a focus on mechanical strength, flexural resistance and heat build-up performance, and the effect of the support compound on the zero-air pressure durability of run flat tire was studied. The results showed that the zero-air pressure durability of finished tires had a strong correlation with the hardness and rigidity of the support compound. The flexural resistance and heat build-up performance of the support compound with different hardness did not show a significant improvement effect on the zero-air pressure durability of the finished tire.

Key words: run flat tire; carbon black; support compound; hardness; rigidity; heat build-up; zero-air pressure durability