

低滚动阻力轿车轮胎胎面胶配方的研究

顾高照,侯 波,丁全勇,高 明
(三角轮胎股份有限公司,山东 威海 264200)

摘要:研究低滚动阻力轿车轮胎胎面胶的配方。结果表明:在胎面胶中使用溶聚丁苯橡胶并填充一定量的高分散白炭黑,可加快胶料的硫化速度,提高硫化胶的定伸应力和拉伸强度,改善硫化胶的动态性能;成品轮胎的高速性能和耐久性能均达到国家标准要求,滚动阻力明显降低。

关键词:溶聚丁苯橡胶;白炭黑;轿车轮胎;胎面胶;滚动阻力

中图分类号:U463.341⁺.4/.6 **文献标志码:**B **文章编号:**1006-8171(2013)08-0468-04

随着汽车工业和高速公路的迅猛发展,石油资源的紧张形势将继续加剧,使得节能减排任务越来越重要。降低轮胎滚动阻力以减少汽车的燃油消耗和对环境的污染迫在眉睫,促使能够降低滚动阻力、节约燃油的新型绿色轮胎快速发展。

欧盟于 2012 年 11 月起实施 EC 1222/2009《有关燃油效率及其他基本参数的轮胎标签》的技术法规,要求国内轮胎公司对现有产品从胶料配方、结构、工艺等方面尽快改进优化,在降低轮胎滚动阻力的同时改善抗湿滑性能和减小噪声,从而巩固其产品在欧洲市场的地位。降低滚动阻力最直接的方法是减小轮胎自身质量,但鉴于安全标准的限制,各企业轮胎设计者已在这方面做足了工作。由于胎面滚动阻力约为整条乘用车轮胎滚动阻力的 50%^[1],因此低滚动阻力的胎面胶配方设计对成品轮胎滚动阻力的降低起到很大作用。我公司最新开发的轿车轮胎胎面胶配方在这方面取得了初步成效,现将试验有关情况介绍如下。

1 实验

1.1 主要原材料

丁苯橡胶(SBR),牌号 1502,韩国锦湖石化有限公司产品;乳聚丁苯橡胶(ESBR),牌号 1723,充 37.5 份经处理的芳烃油(TDAE),中国石化齐鲁石油化工公司产品;溶聚丁苯橡胶(SS-

BR),牌号 VSL5025,苯乙烯质量分数为 0.25,乙烯基质量分数为 0.63,充 37.5 份 TDAE,德国朗盛化学有限公司产品;顺丁橡胶(BR),牌号 9000,中国石化北京燕山石化分公司产品;炭黑 N234,上海卡博特化工有限公司产品;高分散白炭黑,牌号 7000Gr,赢创德固赛(台湾)有限公司产品;白炭黑活化分散剂 PEG,牌号 4000,德国巴斯夫化学公司产品;有机硅混合料 TESPT,山东文兴科技有限公司产品;环保芳烃油 RAE,牌号 595B,壳牌石油(中国)有限公司产品。

1.2 试验配方

试验配方如表 1 所示。

表 1 试验配方		份		
组 分	方案编号			
	A	B	C	
SBR	0	8	8	
ESBR	75	25	25	
SSBR	0	42	42	
BR	25	25	25	
炭黑 N234	68	30	4	
高分散白炭黑	0	40	75	
活性分散剂 PEG	0	2.5	4	
TESPT	0	3.2	6	
RAE	8	8	12	

注:配方其余组分和用量为氧化锌 3,硬脂酸 1.5,防老剂 4020 2,防老剂 RD 1,防护蜡 1,硫黄和促进剂 CZ 3.5,防焦剂 CTP 0.15。

1.3 主要设备和仪器

GK580E 型密炼机和 GK255 型密炼机,益阳橡胶塑料机械集团有限公司产品;ODR2000 型硫

作者简介:顾高照(1980—),男,山东郯城县人,三角轮胎股份有限公司工程师,学士,主要从事乘用车子午线轮胎配方的研究工作。

化仪,美国孟山都公司产品;TS-2000M 型拉力机,中国台湾高铁检测仪器有限公司产品;Q800 型橡胶粘弹态分析仪,美国热分析仪器公司产品;TJR-2-TB(Y)型轮胎高速耐久试验机,天津赛象科技股份有限公司产品。

1.4 试样制备

A 方案试验胶料采用三段混炼工艺进行混炼。一段和二段混炼均在 GK580E 型密炼机中进行,转子转速为 $(50\pm2)\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$,压砷压力为 $15\sim18\text{ MPa}$ 。一段混炼工艺为:生胶、活性剂和防老剂等 $\xrightarrow{25\text{ s}}$ 提压砷 $\rightarrow 4/5$ 炭黑 $\rightarrow$ 压压砷 $\xrightarrow{30\text{ s}}$ 提压砷 $\rightarrow$ 部分 RAE $\rightarrow$ 压压砷 $\xrightarrow{45\text{ s}}$ 提压砷 $\rightarrow$ 排胶($160\text{ }^{\circ}\text{C}$);二段混炼工艺为:一段混炼胶、剩余炭黑 $\xrightarrow{35\text{ s}}$ 提压砷 $\rightarrow$ 剩余 RAE $\rightarrow$ 压压砷 $\xrightarrow{45\text{ s}}$ 提压砷 $\rightarrow$ 排胶($155\text{ }^{\circ}\text{C}$);三段混炼在 GK255 型密炼机中进行,转子转速为 $22\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$,压砷压力为 $8\sim11\text{ MPa}$,混炼工艺为:二段混炼胶、硫黄、促进剂和防焦剂等 $\rightarrow$ 压压砷 $\xrightarrow{45\text{ s}}$ 提压砷 $\rightarrow$ 压压砷 $\xrightarrow{30\text{ s}}$ 提压砷 $\rightarrow$ 排胶($110\text{ }^{\circ}\text{C}$)。

B 和 C 方案试验胶料采用两段混炼工艺进行混炼。一段混炼在 GK580E 型密炼机中进行,转子转速为变速,压砷压力为 $15\sim18\text{ MPa}$,混炼工艺为:生胶、活性剂、活化分散剂和防老剂等 $\xrightarrow{25\text{ s}}$ 提压砷 $\rightarrow$ 炭黑和白炭黑 $\rightarrow$ 压压砷 $\xrightarrow{30\text{ s}}$ 提压砷 $\rightarrow$ RAE $\rightarrow$ 压压砷 $\xrightarrow[145\text{ }^{\circ}\text{C}]{320\text{ s}}$ 提压砷 $\rightarrow$ 排胶($150\text{ }^{\circ}\text{C}$);二段混炼在 GK255 型密炼机中进行,转子转速为 $22\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$,压砷压力为 $8\sim11\text{ MPa}$,混炼工艺为:一段混炼胶、硫黄、促进剂和防焦剂等 $\rightarrow$ 压压砷 $\xrightarrow{45\text{ s}}$ 提压砷 $\rightarrow$ 压压砷 $\xrightarrow{30\text{ s}}$ 提压砷 $\rightarrow$ 排胶($105\text{ }^{\circ}\text{C}$)。

1.5 性能测试

1.5.1 硫化特性

混炼胶的硫化特性采用硫化仪测试,测试条件为 $150\text{ }^{\circ}\text{C}\times60\text{ min}$ 。

1.5.2 物理性能

硫化胶的物理性能按相应的国家标准进行测试,硫化条件为 $150\text{ }^{\circ}\text{C}\times20\text{ min}$ 。

1.5.3 动态性能

硫化胶的动态性能采用橡胶粘弹态分析仪测试。测试条件为:振幅(应变) 0.25% ;频率 10 Hz ;温度 $-50\sim+70\text{ }^{\circ}\text{C}$;升温速率 $3\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ 。

2 结果与讨论

2.1 硫化特性

胶料的硫化特性如表 2 所示。

表 2 胶料的硫化特性

项 目	方案编号		
	A	B	C
门尼粘度[ML(1+4)100 $^{\circ}\text{C}$]	61	62	76
门尼焦烧时间(125 $^{\circ}\text{C}$)/min	35.30	21.95	25.85
硫化仪数据			
$M_L/(\text{dN}\cdot\text{m})$	12.66	12.12	18.76
$M_H/(\text{dN}\cdot\text{m})$	40.36	42.36	70.46
t_{10}/min	8.60	4.95	5.28
t_{90}/min	15.85	11.20	18.90

从表 2 可以看出,虽然 B 和 C 方案的硫化体系相同,但胶料的硫化速度相差较大,这可能是由于 C 方案的白炭黑用量较大,对促进剂的吸附作用比 B 方案大,从而影响胶料的硫化速度。与 A 方案相比,B 方案胶料的硫化速度明显提高,这主要是由于其白炭黑用量较小,加之并用白炭黑活化分散剂 PEG 的作用所致,但在胶料硫化速度提高的同时,胶料的焦烧时间缩短,加工安全性能下降。

2.2 物理性能

硫化胶的物理性能如表 3 所示。

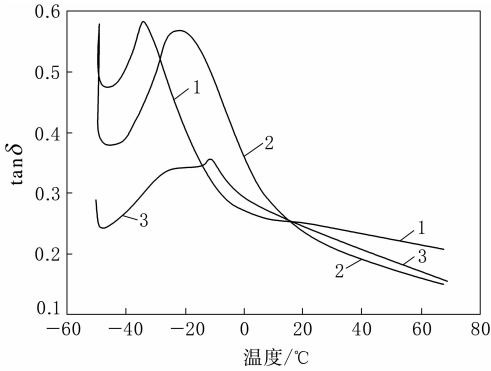
表 3 硫化胶的物理性能

项 目	方案编号		
	A	B	C
邵尔 A 型硬度/度	65	66	75
100%定伸应力/MPa	1.8	3.0	5.0
300%定伸应力/MPa	7.1	11.9	—
拉伸强度/MPa	15.0	15.7	14.2
拉断伸长率/%	569	390	262
拉断永久变形/%	20	12	16
撕裂强度/($\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$)	50	47	44
阿克隆磨耗量/ cm^3	0.175	0.192	0.196
回弹值/%			
室温	28	33	24
100 $^{\circ}\text{C}$	49	56	50

从表 3 可以看出:与 A 方案相比,B 方案硫化胶在室温和 100 ℃下的回弹值明显增大,这有助于硫化胶动态性能的改善,从而降低胎面胶生热;方案 C 硫化胶的硬度增大,拉伸伸长率明显减小,室温下回弹值减小,这可能是由于白炭黑用量较大,以致填料之间的网络化趋势增强^[2],形成的填料聚集体较难分散的缘故;B 和 C 方案硫化胶的耐磨性能和撕裂强度下降。

2.3 动态性能

硫化胶的损耗因子($\tan\delta$)-温度曲线如图 1 所示。



1—A 方案;2—B 方案;3—C 方案。

图 1 硫化胶的 $\tan\delta$ -温度曲线

高频率下 0 ℃和低温时的 $\tan\delta$ 值表征胎面胶在湿地及低温条件下的抓着性能,通常采用增大 0 ℃时的 $\tan\delta$ 值来提高胎面胶与路面的抓着力,从而改善轮胎的抗湿滑性能;60 ℃左右的 $\tan\delta$ 值表征胎面胶的滚动阻力,其值越小,轮胎的滚动阻力越低。

从图 1 可以看出,B 和 C 方案硫化胶在 0 ℃时的 $\tan\delta$ 值均大于 A 方案硫化胶,其中 B 方案硫化胶的优势更为明显,可见 SSBR/高分散白炭黑体系硫化胶的抗湿滑性能要比 ESBR/炭黑体系硫化胶突出。B 和 C 方案硫化胶在 60 ℃时的 $\tan\delta$ 值均小于 A 方案硫化胶,其中 B 方案硫化胶的 $\tan\delta$ 值比 C 方案硫化胶小,具有更低的滚动阻力。由于 C 方案的白炭黑用量较大,白炭黑表面含有大量极性羟基基团,在氢键作用下很容易发生团聚^[3],填料间的相互作用增强,导致在混炼过程中分散困难,从而影响胶料的滞后损失,这一点应该与硫化胶回弹值较小的原因一致。

2.4 成品性能

根据上述试验结果,选择综合性能较优的 B 方案配方试制 185/60R15 88H TR928 轿车子午线轮胎进行成品性能试验;同时选择 A 方案配方生产相同规格轮胎进行对比,两方案的成品轮胎仅胎面胶不同,其他施工均相同。

2.4.1 高速性能

成品轮胎的高速性能按 GB/T 4502—2009《轿车轮胎性能室内试验方法》进行测试,试验结果如表 4 所示。

表 4 成品轮胎的高速性能试验结果

项 目	方案编号		国家标准
	A	B	
试验速度/($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)	230	240	>210
试验时间/min	10	10	10
试验结束时轮胎状态	轮胎	轮胎	
	爆破	爆破	

注:试验负荷 448 kg,试验充气压力 320 kPa。

从表 4 可以看出,两方案轮胎的试验速度均达到国家标准要求,其中 B 方案轮胎的试验性能较优,这可能是由于其胎面胶的弹性较好、行驶中生热较低所致。

2.4.2 耐久性能

成品轮胎的耐久性能按 GB/T 4502—2009《轿车轮胎性能室内试验方法》进行测试,试验条件和结果如表 5 所示。

表 5 成品轮胎的耐久性试验条件和结果

项 目	试验阶段							
	1	2	3	4	5	6	7	8
负荷率/%	85	90	100	100	105	110	120	130
试验时间/h								
A 方案	4	6	24	1.5	3	3	10	8.5
B 方案	4	6	24	1.5	3	3	10	8.5

注:试验速度 120 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$,试验充气压力 220 kPa。

从表 5 可以看出,两方案轮胎的累计行驶时间均为 60 h,达到国家标准(>34 h)要求,累计行驶里程均为 7 200 km,试验结束时轮胎未损坏。

2.4.3 滚动阻力性能

成品轮胎的滚动阻力性能按 ISO 28580:2009《轮胎滚动阻力测试方法》进行测试,试验条件和结果如表 6 所示。

表 6 成品轮胎的滚动阻力性能试验条件和结果

项 目	方案编号	
	A	B
试验速度/(km·h ⁻¹)	80	80
升温行驶时间/min	30	30
滚动半径/m	0.283 2	0.282 4
25℃下 1.7 m 转鼓		
滚动阻力/N	28.58	26.30
滚动阻力系数/(N·kN ⁻¹)	9.72	8.94

注:试验充气压力 230 kPa,试验负荷 336 kg。

从表 6 可以看出,B 方案轮胎的滚动阻力系数比 A 方案轮胎减小 8.72%,成品轮胎的滚动阻力明显降低。

3 结论

(1)在轿车轮胎胎面胶配方中并用 50%左右高分散白炭黑的硫化胶综合性能优于高填充白炭黑体系的硫化胶,这可能是由于白炭黑用量大,导致填料间的相互作用增强,在混炼过程中分散困难,从而影响硫化胶的物理性能和动态性能。

(2)由于白炭黑表面大量的羟基基团为极性基团,在氢键作用下很容易发生团聚,导致填料分

散困难或部分团聚,因此填充白炭黑的胶料配方建议采用新型硅烷偶联剂(如 GE 公司的 NXT 和德固赛公司的 VP-Si-363)结合不同的混炼工艺来延长硅烷化反应时间,从而达到均匀分散的效果。

(3)与普通 ESBR/炭黑体系相比,SSBR/高分散白炭黑体系的硫化胶和成品轮胎的滚动阻力明显降低。

(4)SSBR/高分散白炭黑体系的不利方面是导致配方成本增加及耐磨性能下降,同时由于其混炼及半成品挤出过程的特殊性,使其半成品稳定性比普通炭黑体系下降,生产成本也增大。

参考文献:

[1] 李炳炎. 白炭黑在轮胎制造工艺中的应用(上)[J]. 炭黑工业,2007(1):26-30.
[2] 王梦蛟. 炭黑-白炭黑双相填料的研究[J]. 吴秀兰摘译. 轮胎工业,1999,19(5):280-289.
[3] 王灿,阮少阳,尹超. 我国含硫硅烷偶联剂的生产与应用[J]. 橡胶科技市场,2011,9(10):8-12.

收稿日期:2013-03-09

Study on Tread Compound Formulation of Low Rolling Resistance Passenger Car Tire

GU Gao-zhao ,HOU Bo ,DING Quan-yong ,GAO Ming
(Triangle Tire Co. ,Ltd, Weihai 264200, China)

Abstract: The tread compound formulation of low rolling resistance passenger car tire was investigated. The results showed that, by using solution polymerized styrene-butadiene rubber and highly dispersed silica in the tread compound, the curing rate of compound increased, the modulus and tensile strength of the vulcanizates increased, and the dynamic properties were improved. The high speed performance and endurance performance of the finished tire met the requirements of national standards, and the rolling resistance was significantly reduced.

Key words: solution polymerized styrene-butadiene rubber; silica; passenger car tire; tread compound; rolling resistance

欢迎订阅《轮胎工业》《橡胶工业》杂志
欢迎刊登广告