

高性能子午线轮胎胎面胶的开发

林世军,王振太,毛庆文

(青岛黄海橡胶集团有限责任公司,山东 青岛 266041)

摘要:采用充油 SBR1721 和低滞后炭黑 DZ-13 开发高性能子午线轮胎胎面胶配方,并试制 185/60R14 82H 轿车子午线轮胎。结果表明,试验配方胶料的基本物理性能与生产配方相差不大;损耗因子($\tan\delta$)在 40~100 °C 内较小,胶料的滚动阻力和生热降低, $\tan\delta$ 在 -15~+15 °C 内较大,胶料的抗冰滑和抗湿滑性能优异;试验轮胎在冰滑和湿滑路面上的抓着力较大,行驶时牵引力增大,制动距离明显缩短,同时滞后损失和生热降低,即轮胎的抗滑性能、滚动阻力和耐磨性能获得很好的平衡。

关键词:高性能子午线轮胎;胎面;损耗因子;低滞后;抗冰滑性能;抗湿滑性能

中图分类号:TQ333.1;U463.341+.6 **文献标识码:**B **文章编号:**1006-8171(2006)01-0027-05

汽车行驶的安全性能与所使用轮胎的性能密切相关。研究轮胎胎面胶对地面的抓着力性能,提高其在湿路面上的抗湿滑性能和在冰面上的抗冰滑性能,有利于缩短车辆的制动距离,提高汽车行驶的安全性能。

SBR1721 是中国石化齐鲁股份有限公司橡胶厂根据国内市场对研制安全抗滑高性能轮胎所使用 SBR 的特性要求而开发成功的 SBR 新品种。SBR1721 是在 100 份 SBR 中充入 37.5 份高芳烃油的充油橡胶,其结合苯乙烯质量分数约为 0.40,远大于普通 SBR(约 0.235),不仅具有优异的抗湿滑和抗冰滑性能,而且具有较好的耐磨性能和良好的加工性能。但以 SBR1721 为主的胎面胶配方却增大了轮胎的滞后损失,使轮胎在行驶过程中生热增大。在提高轮胎抗湿滑和抗冰滑性能的同时,降低其滞后损失是轮胎工业迫切需要解决的课题。

炭黑 DZ-13 是一种新型结构炭黑产品,具有较低的滞后损失,可以有效抵消 SBR1721 高滞后性给轮胎性能带来的不利影响。本工作对 SBR1721 和炭黑 DZ-13 在安全抗滑高性能轮胎胎面胶中的应用进行试验研究,并试制 185/

60R14 82H 轿车子午线轮胎,取得了良好效果,现简介如下。

1 实验

1.1 原材料

SBR1721 和 SBR1712,中国石化齐鲁股份有限公司橡胶厂产品;低顺式 BR(LCBR),英国 ENICHEM 工厂产品;炭黑 DZ-13,中橡集团炭黑工业研究设计院产品;炭黑 N339,抚顺江江炭黑有限公司产品;其余均为轮胎工业常用原材料。

1.2 配方

试验配方: SBR1721/LCBR 133.75, 炭黑 DZ-13 85, 芳烃油 16, 活性体系 4.5, 防护体系 4, 硫化体系 3.75, 其它 适量。

生产配方: SBR1712/SBR1500/BR9000 122.5, 炭黑 N339 85, 芳烃油 16, 活性体系 4.5, 防护体系 4, 硫化体系 3.5, 其它 适量。

1.3 主要设备和仪器

GK400N型和GK255N型密炼机,德国W&P公司产品;160 mm×320 mm开炼机,青岛橡胶机械厂产品;1.7 L密炼机、轮胎耐久/高速试验机,日本神户制钢公司产品;MV2000型门尼粘度计、MDR2000型无转子硫化仪、RPA2000型橡胶加工试验仪和T-2000型拉力试验机,美国埃达法科技有限公司产品;阿克隆磨耗试验机,上海化工机械厂产品;DMTA粘弹谱仪,美国 Rheometric Sci-

基金项目:2002年国家重点技术创新项目(02BK-431)

作者简介:林世军(1968-),男,山东即墨人,青岛黄海橡胶集团有限责任公司高级工程师,学士,从事子午线轮胎的配方设计及工艺技术管理工作。

entific 公司产品;回弹性试验仪,VEB 公司产品。

1.4 性能测试

胶料各项性能均按相应国家标准进行测试。

2 结果与讨论

2.1 理化分析

表 1 示出了 SBR1721 和 SBR1712 的理化分析结果。从表 1 可以看出,SBR1721 结合苯乙烯的质量分数明显高于 SBR1712,物理性能也较优。

表 1 SBR1712 和 SBR1721 的理化分析结果

项 目	SBR1721	SBR1712
挥发分质量分数×10 ²	0.21	0.24
灰分质量分数×10 ²	0.03	0.01
有机酸质量分数×10 ²	5.45	5.76
皂质量分数×10 ²	0.11	0.15
油质量分数×10 ²	27.0	27.8
结合苯乙烯质量分数	0.405	0.237
门尼粘度[ML(1+4)100℃]		
生胶	46	47
混炼胶	53	54
邵尔 A 型硬度/度	62	62
300%定伸应力/MPa	10.4	10.6
拉伸强度/MPa	21.0	19.4
拉断伸长率/%	562	487

注:鉴定配方为 SBR 137.5,3[#] 标准参比炭黑 68.75,氧化锌 4.125,硬脂酸 1.375,硫黄 2.41,促进剂 NS 1.375。硫化条件为 145℃×35 min。

表 2 示出了炭黑 DZ-13 和 N339 的理化分析结果。由于试验条件的限制,我公司暂不能对炭黑 DZ-13 微观结构进行深入测试和分析,仅从表 2 看,炭黑 DZ-13 的基本理化性能指标并无特别之处,但它作为一种新型结构的炭黑,其特点应在胶料性能上有所体现(后面的试验很好地证实了这一点)。

2.2 小配合试验

小配合试验的一段混炼在 1.7 L 密炼机内进行,二段混炼(加硫黄和促进剂)在 160 mm×320 mm 开炼机上进行。表 3 示出了小配合试验结果。

从表 3 可以看出,试验配方胶料的一些基本物理性能(如强伸性能)与生产配方相差不大;回弹值在-20~+25℃的相对低温区域内与生产

表 2 炭黑 DZ-13 和 N339 的理化分析结果

项 目	炭黑 DZ-13	炭黑 N339
加热减量 ¹⁾ /%	1.80	0.75
灰分质量分数×10 ²	0.20	0.04
吸碘值/(g·kg ⁻¹)	54	87
DBP 吸收值/[mL·(100 g) ⁻¹]	117	122
压缩样 DBP 吸收值/[mL·(100 g) ⁻¹]	101	103
300%定伸应力 ²⁾ /MPa	0	+0.2
拉伸强度 ²⁾ /MPa	-1.3	+0.7
拉断伸长率 ²⁾ /%	-13	+2.0

注:1)试验条件为(105±2)℃×1 h。2)与 3[#] 标准参比炭黑试验结果的差值。鉴定配方为 1[#] 烟胶片 100,炭黑 50,氧化锌 5,硬脂酸 3,硫黄 2.5,促进剂 DM 0.6;硫化条件为 143℃×30 min。

配方相差较大,在 25~70℃的相对高温区域内与生产配方的差值趋于缩小。根据回弹值与损耗因子(tanδ)之间的线性关系可知,试验配方胶料的 tanδ 值在相对低温区域内明显高于生产配方,在相对高温区域内与生产配方胶料的 tanδ 值趋于接近。根据 Nordsiek 的理想胎面胶模型理论可知,试验配方胶料的抗冰滑和抗湿滑性能明显优于生产配方,即试验配方胶料在较低温度区域内(室温以下)的抓着力较高。与生产配方相比,试验配方胶料在滚动阻力和生热性能方面也较为理想。

由上述可知,采用 SBR1721/LCBR 为生胶体系、低滞后炭黑 DZ-13 为补强剂的试验配方,可以很好地解决完全使用 SBR1721 所导致的轮胎的滚动阻力和生热较高的问题^[1]。

2.3 大配合试验

大配合试验胶料一段母炼采用 GK400N 型密炼机,终炼采用 GK255N 型密炼机,硫黄和促进剂直接在密炼机内加入。表 4 示出了大配合试验结果。

从表 4 可以看出,大配合试验结果与小配合试验结果所反映的趋势基本一致,试验配方胶料的基本物理性能与生产配方差异不大,耐磨性能和耐老化性能相当,耐屈挠性能比生产配方有一定的优势。

图 1 示出了硫化胶的弹性曲线。从图 1 可以看出,试验配方胶料的回弹值在-25~+60℃温度范围内小于生产配方;在 60~70℃温度范围内与生产配方趋于一致;在 70℃以上已大于生产

表 3 小配合试验结果			表 4 大配合试验结果		
项 目	试验配方	生产配方	项 目	试验配方	生产配方
门尼粘度[ML(1+4)100 ℃]	55	53	门尼粘度[ML(1+4)100 ℃]	56	57
门尼焦烧时间(138 ℃)/min			门尼焦烧时间(138 ℃)/min		
t_5	16.23	14.48	t_5	12.42	12.52
t_{35}	19.48	17.55	t_{35}	14.83	14.80
硫化仪数据(160 ℃)			硫化仪数据(160 ℃)		
$M_L/(dN \cdot m)$	2.42	2.41	$M_L/(dN \cdot m)$	1.59	2.13
$M_H/(dN \cdot m)$	9.85	9.26	$M_H/(dN \cdot m)$	11.48	13.07
t_{s1}/min	5.07	4.22	t_{s1}/min	2.95	3.13
t_{s2}/min	7.70	5.32	t_{s2}/min	3.47	3.75
t_{10}/min	3.78	3.83	t_{10}/min	2.92	3.20
t_{50}/min	7.83	8.05	t_{50}/min	5.13	5.33
t_{90}/min	17.18	15.95	t_{90}/min	10.22	9.40
硫化胶性能(160 ℃×15 min)			硫化胶性能(160 ℃×15 min)		
密度/(Mg·m ⁻³)	1.17	1.16	密度/(Mg·m ⁻³)	1.15	1.17
邵尔 A 型硬度/度	65	61	邵尔 A 型硬度/度	64	63
300%定伸应力/MPa	10.4	11.2	300%定伸应力/MPa	9.2	11.8
拉伸强度/MPa	15.9	15.1	拉伸强度/MPa	18.5	17.8
拉断伸长率/%	456	382	拉断伸长率/%	495	515
拉断永久变形/%	19	16	拉断永久变形/%	19	18
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	66	59	撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	60	70
回弹值/%			回弹值/%		
—20 ℃	5	10	—20 ℃	5	20
10 ℃	12	20	0 ℃	6	20
25 ℃	16	26	15 ℃	9	25
50 ℃	23	28	25 ℃	16	29
70 ℃	26	29	30 ℃	19	31
阿克隆磨耗量/cm ³	0.19	0.19	50 ℃	27	31
压缩疲劳试验 ¹⁾			60 ℃	31	35
温升/℃	21.0	25.0	70 ℃	25	24
永久变形/%	4.4	5.9	阿克隆磨耗量/cm ³	0.19	0.19
100 ℃×48 h 热空气老化后			100 ℃×72 h 热空气老化后		
100%定伸应力/MPa	4.1	4.0	100%定伸应力/MPa	5.7	3.9
拉伸强度/MPa	15.5	14.7	拉伸强度/MPa	15.4	15.4
拉断伸长率/%	336	229	拉断伸长率/%	295	306
拉断永久变形/%	13	9	拉断永久变形/%	8	9
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	52	44	撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	49	53
10 万次疲劳后			10 万次疲劳后		
100%定伸应力/MPa	9.7	8.6	300%定伸应力/MPa	12.2	10.2
拉伸强度/MPa	16.1	14.3	拉伸强度/MPa	17.8	17.3
拉断伸长率/%	511	316	拉断伸长率/%	459	484
拉断永久变形/%	27	24	拉断永久变形/%	19	17
屈挠裂口长度/mm			屈挠裂口长度/mm		
3 000 次	2.7	3.1	3 000 次	5.2	6.6
4 500 次	2.8	4.0	4 500 次	6.6	8.4
7 500 次	3.0	5.2	7 500 次	7.9	10.3
12 000 次	3.5	6.1	12 000 次	9.5	12.6
18 000 次	4.2	7.0	18 000 次	10.4	14.5
27 000 次	5.3	8.8	27 000 次	11.7	16.8
50 000 次	6.8	9.9	50 000 次	13.4	19.8

注:1)试验条件为负荷 1 MPa,冲程 4.45 mm,温度 55 ℃。

配方。

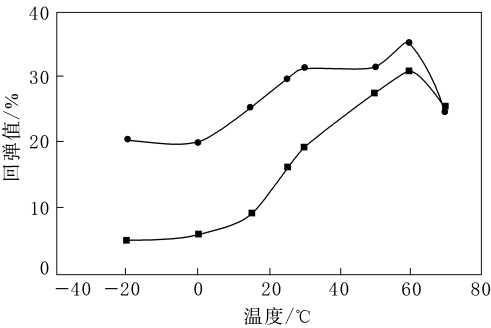


图 1 硫化胶弹性曲线

●—生产配方；■—试验配方。

除使用回弹性试验仪测试胶料的回弹值外，还采用 RPA2000 型橡胶加工试验仪和 DMTA 粘弹谱仪对胶料在高温区域和低温区域的粘弹性转变予以进一步试验验证。表 5 和 6 分别示出了大配合试验胶料的动态性能和粘弹性能。

表 5 大配合试验胶料的动态性能

项 目	试验配方	生产配方
未硫化胶应变扫描 $\tan\delta$ 值 ¹⁾		
2°	0.729	0.799
5°	0.966	1.008
10°	1.327	1.332
20°	1.876	1.791
30°	2.312	2.054
40°	2.730	2.293
50°	3.193	2.629
60°	3.643	2.997
70°	4.048	3.317
80°	4.469	3.685
硫化胶温度扫描 $\tan\delta$ 值 ²⁾		
40℃	0.276	0.279
50℃	0.255	0.264
60℃	0.225	0.254
70℃	0.199	0.236
80℃	0.180	0.222
90℃	0.161	0.216
100℃	0.145	0.204

注：1)扫描温度 110℃，扫描频率 20 r·min⁻¹；2)应变 0.2%，扫描频率 500 r·min⁻¹。

从表 5 可以看出，试验配方未硫化胶的加工性能优于生产配方，试验配方硫化胶的 $\tan\delta$ 值减小，表明硫化胶的动态生热较低，动态性能较好。在 40~100℃ 的相对高温区域内，试验配方硫化胶的 $\tan\delta$ 值比生产配方小，且温度越高（接近于轮胎实际行驶时的温度）， $\tan\delta$ 值减小的趋势就越明显，与生产配方硫化胶的 $\tan\delta$ 值相比就越

表 6 大配合试验胶料的粘弹性能

粘弹谱仪 $\tan\delta$ 值 ¹⁾	试验配方	生产配方
-15℃	0.381 02	0.267 60
-10℃	0.659 28	0.229 30
-5℃	0.713 44	0.207 31
0℃	0.552 83	0.196 00
5℃	0.423 96	0.198 69
10℃	0.337 19	0.195 46
15℃	0.287 43	0.194 10

注：1)升温速度 2℃·min⁻¹，频率 10 Hz。

小。这表明随着轮胎在行驶过程中温度的不断升高，以试验配方为胎面胶所制造的轮胎滚动阻力和生热越低。

从表 6 可以看出，在 -15~+15℃ 的相对低温区域内，试验配方胶料的 $\tan\delta$ 值明显高于生产配方。这表明试验配方的抗冰滑和抗湿滑性能明显提高。采用 RPA2000 型橡胶加工试验仪测试表明，40℃ 是试验配方胶料 $\tan\delta$ 值变化较明显的温度。这种变化会使以试验配方胶料为胎面胶的轮胎具有良好的抗冰滑和抗湿滑性能，且行驶过程中轮胎的滚动阻力和生热明显降低。

采用回弹性试验仪测试的试验配方胶料的回弹值转变温度与采用 RPA2000 型橡胶加工试验仪测试的该胶料的 $\tan\delta$ 值转变温度不同，这是由于前者测试比较粗糙，使得回弹性试验存在着较大的系统误差，但这两种测试手段所反映的趋势一致。

2.4 成品性能试验

以试验配方胶料为胎面胶试制 185/60R14 82H 安全抗滑低滞后高性能轿车子午线轮胎，并进行室内高速性能、耐久性能和强度性能试验，结果见表 7。

从表 7 可以看出，高速性能试验中，试验配方轮胎以最高速度 240 km·h⁻¹ 运行 4 min 出现了冠部起鼓的现象，生产配方轮胎以最高速度 230 km·h⁻¹ 运行 5 min 出现了严重的冠部脱落现象。耐久性能测试中，试验配方轮胎运行 167 h 后，冠部温度和肩部的温度分别达到 48 和 50℃，生产配方轮胎运行 117.5 h 后，冠部温度和肩部温度分别达到 56 和 58℃，远高于试验配方轮胎。试验配方轮胎的强度性能良好。

试验配方轮胎在高速性能和耐久性能等方面

表 7 185/60R14 82H 轿车子午线轮胎
成品的性能试验结果

项 目	试验配方	生产配方
高速性能试验		
最高速度/(km·h ⁻¹)	240	230
最高速度行驶时间/min	4.0	5.0
试验结束时肩部温度/℃	66	
试验结束时冠部温度/℃	68	
试验结束时轮胎状况	冠部起鼓	冠部脱落
轮胎损坏处温度/℃	76	
耐久性试验		
最大负荷率/%	150	150
试验速度/(km·h ⁻¹)	80	80
累计行驶时间/h	167	117.5
34 h 后肩部温度/℃	46	
34 h 后冠部温度/℃	44	
试验结束时轮胎状况	未损坏	未损坏
试验结束时肩部温度/℃	50	58
试验结束时冠部温度/℃	48	56
强度性能		
压头速度/(mm·min ⁻¹)	50	50
平均破坏能/J	311.7	298.6
压穿值/J	362.7	425.3

表现优异,体现了试验配方胎面胶的低生热性,说明试验配方很好地解决了使用 SBR1721 所带来的胶料滞后损失大和生热过高问题^[1]。

试制轮胎的里程试验表明,轮胎在干湿路面上的抓着性能均特别好,行驶时牵引力增大,装配试制轮胎的车辆在 80 km·h⁻¹ 的速度下刹车,制动距离比使用普通轮胎缩短一个车身之多(10%以上),在湿路面上高速行驶时刹车也不会出现打

滑现象,轮胎的行驶安全性能较普通子午线轮胎有较大的提高。

3 结论

(1)试验配方胶料的基本物理性能与生产配方相差不大。

(2)在 40~100 ℃ 的相对高温区域内,试验配方胶料的 tanδ 值较小,可以明显降低轮胎在行驶过程中的滚动阻力和生热。

(3)在 -15~+15 ℃ 相对低温区域内,试验配方胶料的 tanδ 值较大,胶料的抗冰滑和抗湿滑性能优异。

(4)与生产配方相比,试验配方胶料的粘弹性能存在一个明显的转变温度,在转变温度以下胶料的 tanδ 值较大,轮胎的安全抗滑性能较佳;在转变温度以上胶料的 tanδ 值较小,轮胎的滞后损失较低,滚动阻力和生热降低。

(5)试验配方轮胎在湿滑和冰滑路面上的抓着性能提高,行驶时牵引力增大,制动距离缩短 10% 以上,安全性能提高,同时轮胎滞后损失和生热大幅度降低,轮胎的抗滑性能、滚动阻力和耐磨性能获得了很好的平衡。

参考文献:

[1] 林世军,王振太,毛庆文. SBR1721 在高性能轿车子午线轮胎胎面胶中的应用[J]. 轮胎工业,2003,23(9):533-536.

收稿日期:2005-07-15

Development of tread compound for performance tire

LIN Shi-jun, WANG Zhen-tai, MAO Qing-wen
(Qingdao Yellow Sea Rubber Group Co., Ltd, Qingdao 266041, China)

Abstract: A tread compound for performance tire was developed with oil-extended SBR1721 and low hysteresis carbon black DZ-13, and 185/60R14 82H PCR tire was made with the above compound in pilot production. The results showed that the basic physical properties of test compound were similar to those of existent production compound; the rolling resistance and heat build-up of test compound decreased because of smaller tanδ at 40~100 ℃, and the ice and wet traction improved significantly because of greater tanδ at -15~+15 ℃; and a performance tire with good balanced traction, rolling resistance and wear resistance was obtained with the test tread compound.

Keywords: performance tire; tread; tanδ; low hysteresis; ice traction; wet traction