

295/75R22.5低滚动阻力轮胎胎面胶配方的研究

张守昌, 张宏文, 刘玉成

(山东恒宇橡胶有限公司, 山东 广饶 257335)

摘要: 研究降低295/75R22.5轮胎胎面胶滚动阻力的配方。设计2个低滚动阻力胎面胶配方: 一个是主体材料为天然橡胶与顺丁橡胶和溶聚丁苯橡胶并用, 炭黑用量为20份, 白炭黑用量为34份; 一个是主体材料为全天然橡胶, 炭黑选用高耐磨炭黑, 炭黑用量为30份, 白炭黑用量为20份。结果表明, 2个试验配方轮胎滚动阻力均明显降低, 达到客户要求。

关键词: 滚动阻力; 胎面胶; 轮胎; 白炭黑; 炭黑; 天然橡胶

随着人们环保意识的增强, 汽车燃油经济性和尾气排放量受到前所未有的重视。欧盟实施轮胎标签法规, 其他国家或地区纷纷效仿, 对轮胎滚动阻力、抗湿滑性和噪声进行分级。美国根据能源和安全法案, 提议交通部建立全国性的机动车替换轮胎燃油经济性定级体系, 以帮助消费者选择购买轮胎。美国环境保护署Smart Way认证也对轮胎滚动阻力极为重视。越来越多的国内轮胎企业注重轮胎滚动阻力。根据客户的要求, 本工作对降低295/75R22.5轮胎胎面胶滚动阻力进行研究。

1 实验

1.1 原材料

天然橡胶(NR), 牌号SMR20, 马来西亚产品; 丁苯橡胶(SBR), 牌号1502, 顺丁橡胶(BR), 牌号9000, 中国石化齐鲁石化公司产品; 溶聚丁苯橡胶(SSBR), 牌号RC2557-S, 中国石油独山子石化公司产品; 高强度再生橡胶, 江苏强维橡塑科技有限公司产品; 炭黑N220, 山西志信化工有限公司产品; 炭黑N330, 东营广北炭黑有限公司产品; 炭黑N234, 东营贝斯特化工有限公司产品; 白炭黑Jinsil 700, 山东金能科技股份有限公司产品; 氧化锌, 潍坊龙达锌业有限公司产品; 硬脂酸, 高密友强助剂有限公司产品; 防老剂RD,

科迈化工股份有限公司产品; 防老剂4020, 山东圣奥化工股份有限公司产品; 分散剂HT-5, 河南新密化工有限公司产品; 均匀剂RH-100, 连云港锐巴化工有限公司产品; 防护蜡H3236和防焦剂CTP, 阳谷华泰化工股份有限公司产品; 硫黄, 正和化工公司产品; 促进剂NS, 东营万通助剂有限公司产品。

1.2 配方设计

生产配方: NR, 80; SBR1502, 20; 高强度再生橡胶, 5; 炭黑N234, 55; 白炭黑, 5; 氧化锌, 3.5; 硬脂酸, 2; 硫化剂和促进剂, 2.4; 其他, 10.5。

设计2种胎面胶试验配方方案以降低滚动阻力。

第1种方案: NR与BR9000和SSBR RC2557-S并用, 炭黑用量减小, 白炭黑用量增大。1[#]试验配方为: NR, 50; BR9000, 30; SSBR RC2557-S, 25.5; 炭黑N220, 20; 白炭黑, 34; 氧化锌, 3.5; 硬脂酸, 2; 偶联剂Si69, 6.5; 硫化剂和促进剂, 3.8; 其他, 11。

第2种方案: 全NR配方, 炭黑选用高耐磨炭黑, 炭黑用量减小, 白炭黑用量增大。2[#]试验配方为: NR, 100; 炭黑N330, 30; 白炭黑, 20; 氧化锌, 3.5; 硬脂酸, 2; 偶联剂Si69, 4.5; 硫化剂和促进剂, 3.2; 其他, 10.5。

1.3 结构设计

1.3.1 施工设计

胎体采用 $3+9 \times 0.22+0.15$ W 钢丝帘线；带束层采用3层半结构，1#和2#带束层采用 $3 \times 0.20+6 \times 0.35$ HT 钢丝帘线，3#带束层采用 5×0.30 HI 钢丝帘线，零度带束层采用 $3 \times 7 \times 0.20$ HE 钢丝帘线。

1.3.2 胎面花纹结构

导向轮轮胎胎面的HA968花纹结构如图1所示，花纹深度14.5 mm。

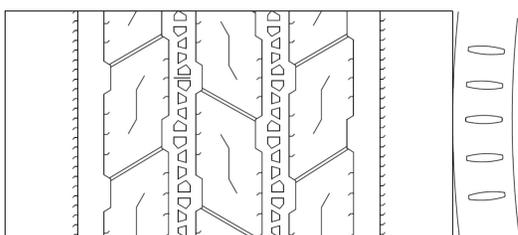


图1 导向轮轮胎胎面的HA968花纹结构

驱动轮轮胎胎面的HD967花纹结构如图2所示，花纹深度21.5 mm。

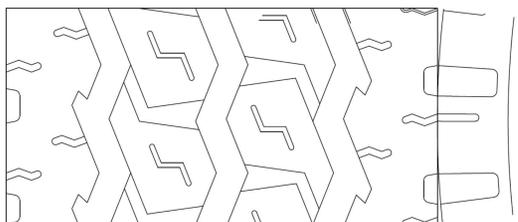


图2 驱动轮轮胎胎面的HD967花纹结构

1.4 主要设备与仪器

S(X)K-160型两辊开炼机，沈阳机械厂产品；XM370型密炼机和F270型密炼机，大连橡胶塑料机械股份有限公司产品；GT-7080-S2型门尼粘度计、GT-M2000A型流变仪和GT-TCS-2000型拉力试验机，高铁检测仪器有限公司产品；阿克隆磨耗试验机和橡胶回弹性试验机，江都精益试验机械有限公司产品；DMA/SDTA861e型动态机械分析仪，瑞士Mettler Toledo公司产品。

1.5 胶料混炼

小配合试验胶料混炼按常规工艺在开炼机上进

行。大配合试验胶料采用3段混炼，一段和二段混炼在XM370型密炼机中进行，三段混炼在F270型密炼机中进行。

1.6 性能测试

胶料性能测试按照相应国家标准进行，轮胎滚动阻力试验按照ISO 28580:2009进行。

2 结果与讨论

2.1 第1种方案

2.1.1 小配合试验

第1种方案小配合试验结果见表1。

从表1可以看出：与生产配方相比，1#试验配方中BR用量较大，胶料的定伸应力和拉伸强度下

表1 第1种方案小配合试验结果

项 目	1#试验配方	生产配方
门尼粘度[ML(1+4)100℃]	51.0	51.8
门尼焦烧时间 t_5 (127℃)/min	27.78	26.82
硫化仪数据(151℃)		
M_I /(dN·m)	2.58	2.83
M_H /(dN·m)	19.64	17.89
t_{s2} /min	5.77	4.88
t_{10} /min	5.87	4.43
t_{90} /min	16.05	13.08
硫化胶性能(151℃×30min)		
邵尔A型硬度/度	68	72
100%定伸应力/MPa	3.0	3.2
300%定伸应力/MPa	10.9	13.1
拉伸强度/MPa	18.4	21.2
拉断伸长率/%	460	459
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	62	95
阿克隆磨耗量/cm ³	0.3114	0.2804
回弹值/%	43	40
密度/(g·cm ⁻³)	1.1537	1.1503
动态力学性能		
T_g /℃	-41.7	-33.9
0℃时的tanδ	0.21	0.28
60℃时的tanδ	0.11	0.21

降趋势较明显,弹性明显提高,60℃时的 $\tan\delta$ 表明滚动阻力明显降低。

2.1.2 大配合试验

第1种方案大配合试验结果见表2。

表2 第1种方案大配合试验结果

项 目	1 [#] 试验配方	生产配方
门尼粘度[ML(1+4)100℃]	61.2	69.1
门尼焦烧时间 t_5 (127℃)/min	22.22	23.83
硫化仪数据(151℃)		
M_L /(dN·m)	2.41	3.31
M_H /(dN·m)	19.32	20.39
t_{s2} /min	8.15	6.67
t_{10} /min	7.38	4.85
t_{90} /min	20.52	19.68
硫化胶性能(151℃×30min)		
邵尔A型硬度/度	68	72
100%定伸应力/MPa	2.9	3.4
300%定伸应力/MPa	10.4	13.1
拉伸强度/MPa	17.8	23.6
拉断伸长率/%	470	495
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	53	95
阿克隆磨耗量/cm ³	0.2048	0.1778
回弹值/%	47	42
密度/(g·cm ⁻³)	1.1526	1.1491
动态力学性能		
T_g /℃	-41.87	-34.49
0℃时的 $\tan\delta$	0.22	0.26
60℃时的 $\tan\delta$	0.11	0.19

从表2可以看出,大配合试验结果与小配合试验结果基本一致。

2.2 第2种方案

2.2.1 小配合试验

第2种方案的设计目标是在不降低胶料物理性能的前提下,胶料60℃时的 $\tan\delta$ 在1[#]试验配方胶料的基础上略有减小。第2种方案小配合试验结果见表3。

表3 第2种方案小配合试验结果

项 目	2 [#] 试验配方	生产配方
门尼粘度[ML(1+4)100℃]	31.8	62.3
门尼焦烧时间 t_5 (127℃)/min	25.35	29.52
硫化仪数据(151℃)		
M_L /(dN·m)	1.00	2.08
M_H /(dN·m)	19.50	16.85
t_{s2} /min	5.27	5.83
t_{10} /min	5.01	5.13
t_{90} /min	11.47	14.12
硫化胶性能(151℃×30min)		
邵尔A型硬度/度	71	69
100%定伸应力/MPa	3.5	2.8
300%定伸应力/MPa	14.4	11.5
拉伸强度/MPa	23.6	23.6
拉断伸长率/%	454	557
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	93	95
阿克隆磨耗量/cm ³	0.1930	0.2028
回弹值/%	45	37
密度/(g·cm ⁻³)	1.1494	1.1497
动态力学性能		
T_g /℃	-42.69	-33.90
0℃时的 $\tan\delta$	0.20	0.26
60℃时的 $\tan\delta$	0.08	0.21

从表3可以看出,2[#]试验配方胶料的物理性能得到了保证,达到了预期目的。

2.2.2 大配合试验

第2种方案大配合试验结果见表4。

从表4可以看出:2[#]试验配方大配合试验胶料60℃时的 $\tan\delta$ 比小配合试验胶料略大,但比1[#]试验配方大配合试验胶料小,2[#]试验配方胶料滚动阻力低于1[#]试验配方胶料,且物理性能较好。

3 胎面挤出

试验配方胶料在胎面挤出时,胶料膨胀率较大,胎面宽度较大,1[#]试验配方胶料挤出胎面气孔率比生产配方胶料大,2[#]试验配方胶料挤出胎面气

表4 第2种方案大配合试验结果

项 目	2 [#] 试验配方	生产配方
门尼粘度[ML (1+4) 100 °C]	57.2	64.1
门尼焦烧时间 t_5 (127 °C) /min	17.88	29.52
硫化仪数据 (151 °C)		
M_L / (dN · m)	1.80	2.28
M_H / (dN · m)	17.40	17.35
t_{s2} /min	5.37	5.77
t_{10} /min	5.20	5.32
t_{90} /min	14.83	15.12
硫化胶性能 (151 °C × 30 min)		
邵尔A型硬度/度	64	69
100%定伸应力/MPa	2.9	2.8
300%定伸应力/MPa	13.8	11.6
拉伸强度/MPa	26.6	23.2
拉断伸长率/%	528	551
撕裂强度 / (kN · m ⁻¹)	72	105
阿克隆磨耗量/cm ³	0.2180	0.1961
回弹值/%	49	37
密度 / (g · cm ⁻³)	1.1487	1.1497
动态力学性能		
T_g / °C	-41.92	-34.3
0 °C时的tan δ	0.21	0.28
60 °C时的tan δ	0.10	0.21

孔率与生产配方胶料接近。

4 成品轮胎滚动阻力

生产轮胎、1[#]试验轮胎、2[#]试验轮胎的滚动阻力系数如表5所示。从表5可以看出：1[#]试验轮胎和2[#]试验轮胎的滚动阻力系数明显小于生产轮胎。

表5 成品轮胎滚动阻力系数

项 目	滚动阻力系数 / (N · kN ⁻¹)	
	导向轮轮胎	驱动轮轮胎
胎面花纹	HA968	HD967
层级	16PR	16PR
负荷指数	146/143	146/143
速度级别	L	L
轮胎		
生产轮胎	6.89	9.17
1 [#] 试验轮胎	5.89	7.16
2 [#] 试验轮胎	5.45	6.36

5 结语

本工作设计的2种低滚动阻力胎面胶配方完全不同，但轮胎滚动阻力均明显降低，轮胎实际道路行驶的性能有待继续跟踪。

Formulation Study of the Tread Compound for 295/75R22.5 Low Rolling Resistance Tire

Zhang Shouchang, Zhang Hongwen, Liu Yucheng
(Shandong Hengyu Rubber Co., Ltd., Guangrao 257335, China)

Abstract: The purpose of this study was to reduce the rolling resistance of 295/75R22.5 tire by formulation design of the tread compound. Two formulations were designed. In one of the formulations, NR, BR and SBR were selected as the base material, and the reinforcing system was 20 phr of carbon black and 34 phr of silica. In another one, base material was all NR, carbon black was a high abrasion furnace black and its addition level was 30 phr, and 20 phr of silica was also applied. The experimental test results showed that with either formulation, the tire rolling resistance was reduced significantly, meeting customer requirements.

Keywords: rolling resistance; tread compound; tire; silica; carbon black; NR