

新技术 新工艺

TPI/NR 全钢子午线轮胎胎面胶性能的研究

李 博, 魏静勋, 罗吉良

(广州市华南橡胶轮胎有限公司, 广东 番禺 511400)

摘要: 探讨反式聚异戊二烯(TPI)部分代替天然橡胶(NR)对全钢子午线轮胎胎面胶性能的影响。结果表明, 以 15~35 份 TPI 替代 NR, 胎面胶定伸应力提高, 滚动阻力减小, 压缩生热降低, 耐疲劳性能和耐磨性能改善。

关键词: 天然橡胶; 反式聚异戊二烯; 全钢子午线轮胎; 胎面胶

目前, 全钢子午线轮胎胎面胶主体材料使用天然橡胶(NR), 以获得良好的加工性能、抗撕裂性能以及良好平衡的耐磨性能、滚动阻力和抗湿滑性能。为得到更好抗撕裂性能, NR 可以与丁苯橡胶(SBR)并用(10~30 份), 但胶料的生热升高, 滚动阻力增大, 影响轮胎的使用寿命。

反式聚异戊二烯(TPI)是一种动态生热低、滚动阻力小、耐磨性能及耐动态疲劳性能优良的高性能轮胎用合成橡胶材料, 与 NR 具有完全相同的化学结构, 二者有很好的共混性能。本课题基于生产用全钢子午线轮胎胎面胶配方, 研究 TPI/NR 并用比对胶料的物理性能的影响, 探讨 TPI 用于胎面胶的可行性。

1 实验

1.1 原材料

NR, SMR20, 马来西亚产品; TPI, 青岛科技大学方泰材料工程有限公司产品; 炭黑 N375, 江西黑猫炭黑股份有限公司产品; 防老剂 RD、防老剂 4020、氧化锌、硬脂酸、促进剂 TBBS、石蜡、硫黄、防焦剂 CTP 均为市售工业品。

1.2 基本配方

NR X , TPI Y , 炭黑 N375 60, 氧化锌 5, 硬脂酸 2, 防老剂 RD 1.5, 防老剂 4020 2.5, 石蜡 2, 芳烃油 5, 硫黄 2, 促进剂 TBBS 1.5, 防焦剂 CTP 0.2。其中 $X+Y=100$, Y/X 分别为: 0/100, 15/85, 25/75, 35/65, 50/50。

1.3 设备与仪器

RPA2000 橡胶加工分析仪, MV2000 门尼粘度仪, 美国阿尔法公司产品; LAT-100 磨耗机, 荷兰 VMI 公司产品; T-10 拉力试验机, 美国孟山都公司产品; XK-150 开炼机, 广东省湛江机械厂产品; 401A 热空气老化箱, 上海实验仪器总厂产品; XJB 橡胶回弹性试验机, 天津市材料试验机厂产品; DG1000 炭黑分散仪, 瑞典 DG 公司产品; JW-T124 橡胶疲劳龟裂机, 江苏江都试验机械厂产品; T5525A 定负荷压缩生热试验机, 北京橡胶工业研究设计院产品。

1.4 试样制备

胶料在 XK-150 开炼机上进行混炼, 辊温控制在 70℃以上。混炼工艺为: TPI 和 NR 塑炼→氧化锌、硬脂酸、加工助剂、防老剂和石蜡→炭黑→硫黄、促进剂、防焦剂, 薄通 6 次下片。硫化条件为 150℃×30 min, 压力为 10~15 MPa。

2 结果与讨论

2.1 TPI/NR 并用比对胶料硫化特性的影响

TPI/NR 并用比对胶料硫化特性的影响见表 1。由表 1 可知, 随着 TPI 在配方中的使用比例增大, 胶料的门尼焦烧时间、 t_{10} 、 t_{90} 延长, 说明使用 TPI 会提高加工的安全性, 但硫化速度降低。随着 TPI 使用比例增大, M_H-M_L 值增大, 这是由于 TPI 物理性能受结晶和硫化交联的双重影响, 随着 TPI 用量增大, 胶料的结晶趋势增大, 在

表 1 不同 TPI/ NR 并用比胶料的硫化特性

项 目	TPI/ NR 并用比				
	0	15/ 85	25/ 75	35/ 65	50/ 50
125 ℃ 门尼焦烧时间/ min	20. 60	21. 33	22. 35	23. 30	24. 62
硫化仪数据(150 ℃)					
t_{10}/min	3. 53	3. 73	3. 50	3. 93	4. 17
t_{90}/min	9. 87	10. 83	11. 53	11. 75	12. 57
$M_L/(\text{dN} \cdot \text{m})$	2. 67	2. 78	2. 48	2. 66	2. 72
$M_H/(\text{dN} \cdot \text{m})$	13. 23	14. 15	14. 43	15. 61	16. 27
$M_H - M_L/(\text{dN} \cdot \text{m})$	10. 56	11. 37	11. 96	12. 95	13. 55

硫黄和促进剂用量相同、硫化交联点相同的情况下,结晶造成的胶料的物理交联点增多,故而 $M_H - M_L$ 值增大。

2.2 TPI/ NR 并用比对胶料基本物理性能的影响

TPI/ NR 并用比对胶料基本物理性能的影响见表 2。由表 2 可知,随着 TPI 使用比例增大,胶料的 100%定伸应力、200%定伸应力、300%定伸应力逐渐增大,拉断永久变形总体减小,拉伸强度变化不大,当 TPI/ NR 并用比大于 35/ 65 时,撕裂强度有较大下降,硬度有较大提高。

表 2 不同 TPI/ NR 并用比胶料的基本物理性能

项 目	TPI/ NR 并用比				
	0/ 100	15/ 85	25/ 75	35/ 65	50/ 50
邵尔 A 型硬度/度	70	71	75	77	90
100%定伸应力/ MPa	3. 0	3. 20	3. 3	3. 6	5. 6
200%定伸应力/ MPa	8. 1	8. 30	9. 2	10. 0	11. 2
300%定伸应力/ MPa	14. 8	14. 90	15. 3	16. 0	18. 1
拉伸强度/ MPa	27. 5	27. 0	26. 0	26. 7	26. 5
拉断伸长率/ %	505	509	462	453	423
拉断永久变形/ %	15. 6	14. 8	11. 2	9. 2	10. 8
撕裂强度/($\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$)	100. 9	95. 5	91. 8	71. 3	50. 7
回弹值/ %	42	44	47	44	42

2.3 TPI/ NR 并用比对胶料生热和屈挠性能的影响

TPI/ NR 并用比对胶料生热和屈挠性能影响见图 1、图 2 和表 3。由图 1 可知,随着 TPI 比例增大,胶料的生热降低。在表 3 中,胶料的 $\tan \delta$ 值随着 TPI 使用比例增大而总体减小,2 组数据相互印证说明胶料的滚动阻力也减小。由图 2 可知,随着 TPI/ NR 并用比增大,胶料屈挠次数先增后减,在 TPI/ NR 并用比为 25/ 75 时达到峰值。

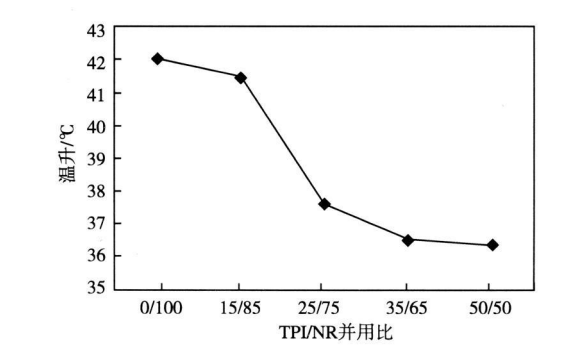


图 1 TPI/ NR 并用比与胶料压缩生热性能的关系

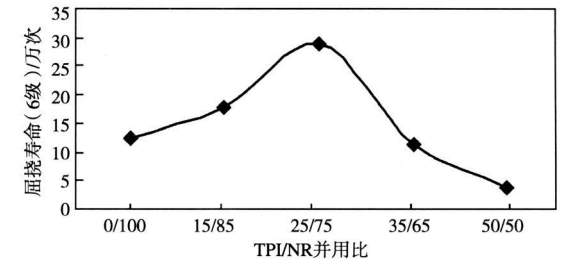


图 2 TPI/ NR 并用比与胶料屈挠性能的关系

表 3 不同 TPI/ NR 并用比胶料的温度扫描结果

项 目	TPI/ NR 并用比				
	0/ 100	15/ 85	25/ 75	35/ 65	50/ 50
弹性模量					
60 ℃	1 239. 6	1 275. 3	1 291. 4	1 339. 6	1 401. 8
70 ℃	1 265. 7	1 236. 0	1 273. 7	1 318. 5	1 376. 7
80 ℃	1 218. 3	1 210. 8	1 254. 5	1 287. 7	1 297. 1
90 ℃	1 136. 0	1 157. 6	1 216. 4	1 256. 3	1 276. 4
100 ℃	1 127. 5	1 147. 5	1 189. 7	1 240. 8	1 253. 8
110 ℃	1 111. 9	1 128. 9	1 176. 3	1 221. 5	1 247. 0
$\tan \delta$					
60 ℃	0. 218	0. 195	0. 188	0. 182	0. 175
70 ℃	0. 202	0. 187	0. 183	0. 178	0. 168
80 ℃	0. 194	0. 178	0. 176	0. 174	0. 168
90 ℃	0. 184	0. 173	0. 170	0. 174	0. 167
100 ℃	0. 179	0. 179	0. 178	0. 182	0. 168
110 ℃	0. 190	0. 185	0. 182	0. 192	0. 173

2.4 TPI/ NR 并用比对胶料磨耗性能的影响

TPI/ NR 并用比对胶料磨耗性能的影响见图 3 和表 4。由图 3 可知,随着 TPI/ NR 并用比增大,胶料的阿克隆磨耗量递减,耐磨性能变好。而 VMI 磨耗量和阿克隆磨耗量的变化趋势有差别。从表 4 可知,在 4 个条件下测试的 VMI 磨耗量变化趋势一致,即随着 TPI/ NR 并用比增大,磨耗量先减小再增大,当 TPI/ NR 并用比为 25/ 75 时

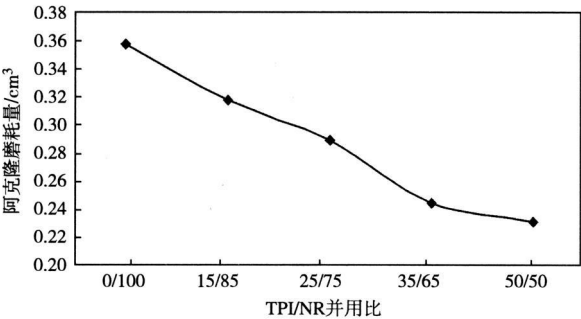


图 3 TPI/NR 并用比与胶料阿克隆磨耗量的关系

表 4 TPI/NR 并用比与胶料 VMI 磨耗量的关系

TPI/NR 并用比	VMI 磨耗量/(mg · km ⁻¹)	磨耗等级
测试一 ¹⁾		
0/100	414.1	100
15/85	371.2	111.5
25/75	352.9	117.3
35/65	360.0	115.0
50/50	415.5	99.7
测试二 ²⁾		
0/100	398.9	100
15/85	380.1	104.9
25/75	345.6	112.8
35/65	372.6	104.7
50/50	420.7	94.8
测试三 ³⁾		
0/100	127.8	100
15/85	122.1	104.7
25/75	114.7	111.5
35/65	119.0	107.4
50/50	139.1	91.9
测试四 ⁴⁾		
0/100	112.9	100
15/85	103.5	108.7
25/75	97.4	115.9
35/65	99.9	113.0
50/50	117.8	95.8

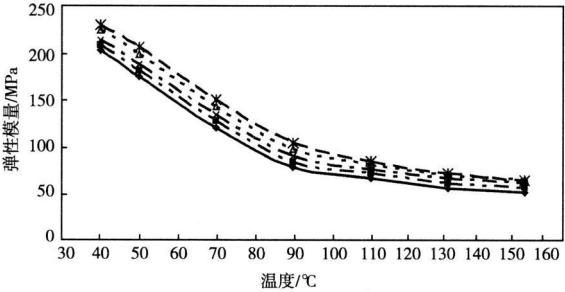
注: 1) 速度 25 km · h⁻¹, 角度 16°, 里程 500 m; 2) 速度 13 km · h⁻¹, 角度 16°, 里程 500 m; 3) 速度 25 km · h⁻¹, 角度 9°, 里程 500 m; 4) 速度 13 km · h⁻¹, 角度 9°, 里程 500 m。

胶料的耐磨性能最好, 当 TPI/NR 并用比大于 35/65 时, 胶料耐磨性能差于纯 NR 体系。

2.5 TPI/NR 并用比对胶料加工性能的影响

TPI/NR 并用比对胶料加工性能的影响见图 4。由图 4 可知, 随着温度的升高, 胶料的弹性模量逐渐减小, 说明加工性能变好。随着 TPI 比例增大, 胶料弹性模量增大。在图 4 中也可以看到,

假定纯 NR 胎面胶加工温度为 110 ℃, 在并用 TPI 后要达到相同弹性模量, 需要更高的温度。同时, 使用 TPI 后胶料的粘性变差, 胶料变凉后变硬, 需要对半成品部件增加保温或者预热工序, 给加工造成困难。TPI 的这些特点成为制约其应用的一个缺点。



TPI/NR 并用比: ◆—15/85; ×—25/75; ▲—35/65; *—50/50。

图 4 TPI/NR 并用胶的加工性能

3 结论

1. TPI 对胶料的焦烧时间和硫化速度有延长的作用, 随着 TPI/NR 并用比增大, 这种趋势加大。
2. 随着 TPI 使用的比例增大, 胶料的定伸应力逐渐提高, 硬度增大, 拉断永久变形减小, 拉伸强度变化不大, 当并用比大于 35/65 时撕裂强度较大幅度降低。
3. 随着 TPI 使用的比例增大, 胶料的生热降低, 滚动阻力减小, 耐屈挠性能先提高后降低, 在 TPI/NR 并用比为 25/75 时最佳。
4. 随着 TPI/NR 并用比增大, 胶料的阿克隆磨耗量递减, 耐磨性能变好。而 VMI 磨耗量随着 TPI/NR 并用比增大先减小再增大, 当 TPI/NR 并用比为 25/75 时最小。
5. 使用 TPI 后胶料的加工性能和粘性变差, 这成为制约其在轮胎胶料中应用的一个缺点。

参考文献: 略

▲张家港骏马集团旗下的骏马化纤公司决定投资 2 亿元, 在江苏宿迁兴建轮胎帘布生产基地。该项目于 2009 年 11 月破土动工, 2010 年 5 月竣工投产。目前, 骏马集团是全球最大的锦纶 6 帘线生产商。

国 艺