

压缩生热试验机在全钢轮胎配方中的应用

李代强，冯 萍
(贵州轮胎股份有限公司，贵州 贵阳 550008)

摘要：本文主要阐述了 Goodrich 压缩生热试验机在全钢载重子午线轮胎胎面胶、肩垫胶配方中的应用。结果表明，通过实验室测试数据，结合生产试制进行配方的优选，从而降低了胎面、肩垫的生热，提高了产品的耐久性能。
关键词：Goodrich 压缩生热试验机；生热；温升；静压缩变形率 ϵ_1 ；初动压缩变形率 ϵ_2 ；终动压缩变形率 ϵ_3 ；永久变形 S

近年来，随着我国公路状况的改善和国民经济的飞速发展，带动了运输业的快速增长，车辆的行驶速度有了较大的提高，运输车辆超载现象严重，在运输人员中形成了“不超载就赚不了钱”的思想。导致国内各轮胎生产厂家的全钢载重子午线轮胎的早期损坏，特别是肩空问题。致使轮胎退赔率大幅度上升，几乎每个轮胎生产厂家 65% 的退赔胎是由于肩空退赔。轮胎是复杂的橡胶制品，胎肩部位是轮胎最厚的地方，橡胶是热的不良导体，车辆在超载行驶过程中由于滞后损失产生的热量不能及时的导出，从而导致轮胎出现肩空。Goodrich 压缩生热试验机是测试硫化橡胶在给定的试验条件下使试样经受恒定应力的周期形变，测定硫化橡胶的压缩屈挠和耐疲劳性能的定负荷压缩屈挠试验的仪器。本工作通过 Goodrich 压缩生热试验机在全钢载重子午线轮胎胎面、肩垫配方设计中的应用，降低轮胎肩部生热，从而提高轮胎的耐久性能。

1 实验

1.1 主要原材料

NR，牌号 SMR20，SMR10，马来西亚产品；BR，牌号 9000，中石化北京燕山石油化工有限公司合成橡胶厂产品；SBR，牌号 1500，中国石油吉林化工集团公司产品；炭黑 N234，N330，N115，N660 上海卡博特产品；TBBS，江苏群发化工有限公司产品；S，贵阳金轮产品；HDOT-20，FLEXSYS 马来西亚产品；

其它材料均为橡胶工业常用原材料。

- ### 1.2 试验配方
- #### 1.2.1 胎面胶试验配方
- A1 配方（原生产配方）：NR 100；N234 55；活性剂 5 5；防老剂 6；S 1.2；促进剂 1.5；其它助剂 9.3。A2 配方：NR 70；BR 25；N234 48；活性剂 7；防老剂 6；S 1.8；促进剂 1；其它助剂 9.3。A3 配方：NR 80；BR 20；N234 52；活性剂 7；防老剂 6；S 1.8；促进剂 1；其它助剂 9.3。A4 配方：NR 60；BR 20；SBR 20；N115 48；活性剂 5 5；防老剂 6；S 1.2；促进剂 1.5；其它助剂 9.3。A5 配方：NR 50；BR 30；SBR 20；N234 50；活性剂 5 5；防老剂 6；S 1.2；促进剂 1.5；其它助剂 9.3。
- #### 1.2.2 肩垫胶配方
- B1 配方（原生产配方）：NR 100；N330 25；N660 20 活性剂 5 5；防老剂 1.7；S 1.5；促进剂 1.3；其它助剂 3.3。B2 配方：NR 100；N330 44；活性剂 6.5；防老剂 3；OT20 3.13；促进剂 0.9；其它助剂 3.6。B3 配方：NR 100；N330 38；活性剂 6.5；防老剂 1.9；S 3.13；促进剂 0.8；其它助剂 4.1。B4 配方：NR 100；N330 38；活性剂 6.5；防老剂 1.9；芳烃油 2；S 1.2；促进剂 0.8；其它助剂 3.1。
- ### 1.3 试验设备与仪器

00C BANBURY MIXER 4. 5L 小型密炼机, 美国法雷尔有限公司产品; XK-250 型开炼机, 上海橡胶机械一厂产品; XLB-Q500×500×250t 平板硫化机, 青岛巨融机械技术有限公司产品; R100E 型硫变仪, M2000E 型门尼粘度计, T2000E 电子拉力机, 北京友深电子仪器厂产品; MH-74 阿克隆磨耗机, 上海中艺机器厂产品; 52201 型 Goodrich 压缩生热试验机, 美国 TechPro 公司产品。

1.4 性能测试

Goodrich 压缩生热试验机测试原理是通过一个平衡杠杆(杠杆长臂 288.3mm, 短臂 127.0mm)将规定的压缩负荷施加到试样上, 以一定的振幅和频率对试样进行周期性压缩, 测定试样在一定的时间内的压缩疲劳温升 Δ_t , 静压缩变形, 动压缩变形, 永久变形和疲劳寿命。试验结果以底部温升 Δ_b , 中部温升 Δ_m , 静压缩变形率 ϵ_1 , 初动压缩变形率 ϵ_2 , 终动压缩变形率 ϵ_3 ,

永久变形 S 表示。胶料的各项物理性能均按相应的国家标准进行测试。胎面胶试样硫化条件为 151℃×30min, 肩垫胶试样硫化条件为 151℃×20min。

2 结果与讨论

2.1 小配合试验

小配合试验胶料在实验室中用 00C BANBURY MIXER 4. 5L 小型密炼机生产母胶; XK-250 型开炼机生产终炼胶, 试验结果见表 1 和表 2。

2.1.1 胎面胶

胎面胶配方改进前后的物理性能见表 1。从表 1 胎面胶的小配合试验数据可以看出, A2, A3, A4, A5 试验配方的生热性能都低于原配方, A2, A3 的磨耗性能优于 A1, 特别是 A3, 其磨耗性能提高了将近一倍。在提高了磨耗性能的同时, 降低了天然橡胶的用量, 节约了

表 1 胎面胶配方小配合试验结果

项目	A1	A2	A3	A4	A5
密度/(Mg·m ⁻³)	1.1385	1.1248	1.1268	1.1294	1.1346
门尼粘度 ML(1+4)100℃	74.6	73.5	82.1	72.6	70.5
门尼焦烧时间(127℃)/min	30.50	21.93	20.2	30.3	26.25
硫化胶性能 151℃×30min					
邵尔 A 型硬度/度	73	66	68	67	66
100%定伸应力/MPa	4.06	2.83	3.24	2.73	3.18
300%定伸应力/MPa	16.18	13.17	15.20	11.41	13.13
拉伸强度/MPa	26.73	26.60	26.83	25.25	22.72
扯断伸长率/%	512	543	508	574	486
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	120	98	100	98	49
Tanδ/60℃ ^①	0.1764	0.1856	0.1966	0.2161	0.1983
阿克隆磨耗量/cm ³	0.1560	0.1277	0.0825	0.1838	0.1364
热空气老化(100℃×24h)					
邵尔 A 型硬度/度	73	68	72	68	72
100%定伸应力/MPa	5.03	3.48	3.80	3.05	3.57
300%定伸应力/MPa	18.49	14.98	16.42	12.78	14.38
拉伸强度/MPa	24.43	23.26	22.04	23.91	20.02
扯断伸长率/%	444	503	439	509	413
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	81	51	44	56	42
老化系数	0.7926	0.8100	0.7102	0.7277	0.7491
Goodrich 压缩生热数据 ^②					
静压缩率 ϵ_1 /%	20.33	22.67	20.30	22.38	20.33
初动压缩率 ϵ_2 /%	15.04	16.97	14.75	16.82	15.05
终动压缩率 ϵ_3 /%	16.25	17.25	15.26	17.97	15.26
永久变形 S/%	3.31	2.69	2.76	3.36	2.44
底部温升 Δ_b /℃	26	21	24	2624	
中部温升 Δ_m /℃	135	119	125	132	128

注: ① Tanδ 的测试条件为应力 0.40MPa, 频率 7Hz, 温度 60℃; ② Goodrich 压缩生热条件为环境温度 18℃, 相对湿度 29%, 冲程 4.45mm, 烘箱温度 55℃, 负荷 245N, 振动频率 30Hz。

配方的设计成本，密度也比原配方 A1 低，有利于轮胎的轻量化，降低轮胎重量和滚动阻力。从 Goodrich 压缩生热数据我们不难看出，试验配方 A3 静压缩率同原配方差不多，但初动压缩率、终动压缩率、永久变形、底部温升、中部温升都低于原配方 A1，这表明试验配方 A3 的在动态条件下，其滞后损失较低，胶料的物理性能保持较好。虽然 A2 的生热性能比 A3 还要好，但磨耗性能远不及配方 A3，动态性能也不如 A3

好。胎面配方其主要性能要求为低生热，低滞后性，低滚动阻力，很好的干湿路面的抓着性能和抗撕裂性，很好的耐磨耗性能，抗热氧老化性能。从表 1 中的数据来看，试验配方 A3 具有良好的综合性能。因此，我们选用试验配方 A3 与原生产配方 A1 继续做大配合试验。

2 1 2 肩垫胶

肩垫胶配方改进前后胶料物理性能见表 2。

表 2 肩垫胶配方小配合 试验结果

项目	B1	B2	B3	B4
密度/（Mg·m ⁻³ ）	1. 093	1. 096	1. 093	1. 086
门尼粘度 ML（1+4）100℃	66. 8	64. 7	62. 1	63. 1
门尼焦烧时间（127℃）/min	20. 55	18. 10	18. 30	18. 10
硫化胶性能 151℃×20min				
邵尔 A 型硬度/度	58	59	58	58
100%定伸应力/M Pa	2. 60	3. 61	2. 45	2. 43
300%定伸应力/M Pa	12. 93	16. 12	12. 46	11. 59
拉伸强度/M Pa	26. 11	26. 20	26. 65	24. 68
扯断伸长率/%	511	458	507	494
撕裂强度/（kN·m ⁻¹ ）	57	50	49	53
屈挠次数/万次	10. 33	26. 33	23	19. 66
热空气老化（100℃×24h）				
邵尔 A 型硬度/度	64	71	65	65
100%定伸应力/M Pa	3. 48	4. 92	3. 82	3. 55
300%定伸应力/M Pa	16. 08	0	17. 58	16. 33
拉伸强度/M Pa	21. 80	18. 19	19. 97	18. 30
扯断伸长率/%	392	287	335	341
撕裂强度/（kN·m ⁻¹ ）	46	50	47	45
屈挠次数/万次	9. 66	23	23. 33	13. 33
老化系数	0. 640	0. 436	0. 495	0. 512
Goodrich 压缩生热数据①				
静压缩率ε ₁ / %	23. 96	18. 89	23. 56	21. 33
初动压缩率ε ₂ / %	16. 92	12. 41	16. 35	15. 62
终动压缩率ε ₃ / %	17. 15	12. 49	16. 72	15. 78
永久变形 S/ %	1. 27	2. 10	1. 47	2. 06
底部温升△ _t /℃	17	15	11	14
中部温升△ _v /℃	108	106	98	104

注：①Goodrich 压缩生热条件为环境温度 30℃，相对湿度 59%，冲程 4. 45mm，烘箱温度 55℃，负荷 245N，振动频率 30Hz。

从表 2 的数据可以看出，试验配方 B2，B3，B4 的比重、门尼焦烧时间、门尼粘度、老化前的硬度都与原生产配方 B1 的相差不大，但屈挠次数却大幅度的提高。从 Goodrich 压缩生热数据更是体现出，试验配方 B2，B3，B4 更好，静压缩率，初动压缩率，终动压缩率都较原配方 B1 好，特别是 B3 试验配方，其底部温升下降 6℃，中部温升降幅达到 10℃，这说明了试验配方弹性好，生热低，滞后性低和良好的抗屈挠性

能。综合以上试验数据，我们选用试验配方 B3 与原生产配方 B1 继续做大配合试验。

2 2 大配合试验

由于轮胎是复杂的橡胶制品，各部件要求胶料性能合理匹配，综合我们在实验室的小配合物理性能和 Goodrich 压缩生热数据。我们挑选了胎面胶试验配方 A3，肩垫胶试验配方 B3 进行匹配，与原生产配方 A1，B1 作对比试验，选用 11. 00R20规格做成品轮胎试验。

大配合试验在 PX-420 密炼机上生产母炼胶，F-270 密炼机上生产终炼胶，试验结果见表 3 和表 4。

表 3 胎面胶配方大配合试验结果		
项目	原生产配方 A1	试验配方 A3
密度/ (M g ° m ⁻³)	1. 1458	1. 1224
门尼粘度 M L (1+4) 100℃	57. 0	53. 1
门尼焦烧时间 (127℃) / min	30. 51	20. 00
硫化胶性能 151℃× 30min		
邵尔 A 型硬度/ 度	70	64
100%定伸应力/ MPa	3. 63	2. 65
300%定伸应力/ MPa	17. 83	14. 21
拉伸强度/ MPa	26. 09	23. 36
扯断伸长率/ %	464	450
撕裂强度/ (k N ° m ⁻¹)	124	89
阿克隆磨耗量/ cm ³	0. 1738	0. 1090
热空气老化 (100℃× 24h)		
邵尔 A 型硬度/ 度	75	71
100%定伸应力/ MPa	4. 33	3. 15
300%定伸应力/ MPa	19. 73	16. 11
拉伸强度/ MPa	24. 57	21. 64
扯断伸长率/ %	452	413
撕裂强度/ (k N ° m ⁻¹)	89	44
阿克隆磨耗量/ cm ³	0. 2298	0. 1659
老化系数	0. 9174	0. 8490
Goodrich 压缩生热数据①		
静压缩率 ε ₁ / %	13. 9	14. 9
初动压缩率 ε ₂ / %	8. 5	9. 1
终动压缩率 ε ₃ / %	12. 8	11. 3
永久变形 S/ %	7. 69	6. 56
底部温升 △ _t / °C	36	33
中部温升 △ _t / °C	133	121

注：①Goodrich 压缩生热条件为环境温度 21℃，相对湿度 56%，冲程 4. 45mm，烘箱温度 55℃，负荷 245N，振动频率 30Hz。

从表 3 的胎面胎的大配合试验数据可以看出，大配合试验得出的结果与小配合试验基本一致，试验配方 A3 的静压缩率高于原生产配方，这是由于试验配方比原配方刚度小，在相同的静态压力下变形较大，但初动压缩率、终动压缩率、永久变形、底部温升、中部温升都低于原配方 A1，这表明试验配方 A3 的在动态条件下，其滞后损失低，胶料的物理性能保持较好，生热低，磨耗性能好。只是磨耗数据，无论是原配方，还是试验配方，其结果都不如实验室中小配合的数据好，其原因是小配合试验胶料分散比大配合试验胶料分散均匀。但试验配方的磨耗结果都比原配方提高很大。

表 4 肩垫胶配方大配合试验结果		
项目	原生产配方 B1	试验配方 B3
密度/ (M g ° m ⁻³)	1. 1080	1. 0985
门尼粘度 M L (1+4) 100℃	52. 1	49. 3
门尼焦烧时间 (127℃) / min	18. 33	14. 88
硫化胶性能 151℃× 20min		
邵尔 A 型硬度/ 度	64	64
100%定伸应力/ MPa	2. 94	2. 79
300%定伸应力/ MPa	15. 53	14. 82
拉伸强度/ MPa	27. 63	27. 17
扯断伸长率/ %	490	474
撕裂强度/ (k N ° m ⁻¹)	53	51
屈挠次数/ 万次	11	28
热空气老化 (100℃× 24h)		
邵尔 A 型硬度/ 度	67	68
100%定伸应力/ MPa	3. 48	4. 14
300%定伸应力/ MPa	17. 23	19. 31
拉伸强度/ MPa	22. 84	22. 61
扯断伸长率/ %	399	361
撕裂强度/ (k N ° m ⁻¹)	40	39
屈挠次数/ 万次	10. 67	16. 33
老化系数	0. 6740	0. 6340
Goodrich 压缩生热数据①		
静压缩率 ε ₁ / %	24. 52	20. 73
初动压缩率 ε ₂ / %	17. 25	13. 86
终动压缩率 ε ₃ / %	17. 41	14. 00
永久变形 S/ %	1. 99	1. 96
底部温升 △ _t / °C	18	12
中部温升 △ _t / °C	111	104

注：①Goodrich 压缩生热条件为环境温度 28℃，相对湿度 55%，冲程 4. 45mm，烘箱温度 55℃，负荷 245N，振动频率 30Hz。

从表 4 的大配合数据可以看出，大配合试验的结论和小配合试验的完全一致，屈挠性能和生热性能均优于原配方，动态性能也比原配方好。与胎面配方一样，实验室小配合试验的结果要比大配合工厂试验好，这是混炼不均匀造成的，但规律是一致的。

为了检验以上优选的胎面和肩垫试验配方的匹配性能，我们在 11. 00R20 上进行了成品胎试验，其国标耐久性能见表 5。

通过表 5 可以看出，原生产配方所生产的轮胎进行国标耐久测试时，其损坏特点均为肩垫部位，有肩空，肩裂和花纹沟裂口，说明原配方的胎面和肩垫生热较高。通过 4 组对比试验，试验配方的国标耐久性能较稳定，且比原配方生产的成品胎提高 8h 左右，约提高耐久性能 7%。（下转第 34 页）

的 4. 07 亿美元的销售记录，公司决定将锦湖北美轮胎公司总部迁至加利福尼亚州新址。目前北美轮胎总部占地面积 83 万平方英尺，比原来的面积扩大了两倍，包括办公室和仓库。公司确立的目标是今年在美国市场销售收入增加 25%，达到 5. 05 亿美元。锦湖轮胎在美国开办了 5 家轮胎销售中心，仓库的使用面积超过 100 万平方英尺，这为公司更好地在北美市场推广锦湖品牌创造了条件。至于何时在北美设厂一事，锦湖依旧持谨慎态度。但公司表示，公司已经开始把目光转向美国的原配轮胎市场。今年 2 月，锦湖在美国底特律设立了原配轮胎办事处，主要目标是美国的克莱斯勒、通用和福特三大汽车公司的中、高档轿车。锦湖计划生产适合克莱斯勒汽车的 18 英寸轮胎，并在 2008 年推出适用于运动型汽车的 19 英寸轮胎。至于与其他两家汽车公司的合作计划，锦湖轮胎尚未对外宣布。

为了能生产高质量轮胎，并且保证轮胎满足不同国家的公路使用环境，锦湖轮胎每年从销售额中拿出 4% 以上的收入作为研发费用，分别在韩国、北美、欧洲和中国设立了 4 家轮胎研发中心。公司开发了在韩国乃至全球范围内适用的轮胎，并且通过各研究中心之间合理的任务分配，全力以赴开发轮胎新品。

2003 年锦湖开发了轮胎自动化系统 (APU)，这套系统被安装在靠近汉城的平泽轮

胎厂，175 个雇员每天生产近 6000 条轮胎。Oh 博士说，公司将扩大 APU 系统的适用范围，并将不断改进该系统，使之更适合轮胎生产。

目前，锦湖轮胎开发的跑气保用轮胎（即零压轮胎），已经在韩国市场上使用，并且公司一直关注着这一领域的变化。Oh 博士表示，公司目前正在开发一种新概念轮胎，计划今年面世，具体细节未透露。

为更好地配合公司在全球开发原配轮胎市场，锦湖将投入更多的精力，开发滚动阻力低和轮胎重量轻的新产品。

2005 年 2 月锦湖轮胎将 11% 的股份卖给了美国库珀轮胎橡胶公司，为此两家公司已经探讨了在销售和市场领域合作的可行性，特别是在欧洲市场的合作，两家公司将共同分享在世界不同地区的销售利润。

梁金兰

越南橡胶出口中国受阻

近日，据越南贸易部信息中心报道，越南经芒街口岸出口中国的橡胶受阻，导致橡胶出口价格每吨下降 2000 ~ 3000 元人民币。造成上述状况的直接原因是由于中国进出口管理部门规定，橡胶必须通过正额贸易进行，限制小额贸易并加征 12% 的进口税。

苏 博

(上接第 22 页)

表 5 成品国标耐久性能

轮胎规格	方案	硫化胎号	行驶时间	损坏情况	损坏部位
11. 00R20	试验胎面 A3+试验肩垫 B3	050614C100	124h55min	肩空	下肩部（沿底皮胶方向）
		050613C101	121h42min	肩空	上肩部（沿底皮胶方向）
		050613C102	123h08min	肩空	下肩部（沿底皮胶方向）
		050614C099	121h57min	肩空	上肩部（沿底皮胶方向）
11. 00R20	原生产胎面 A1+原生产肩垫 B1	050614H 138	118h24min	花纹沟裂口	上肩部（肩垫，胎面）
		050614H 135	117h14min	肩空	上肩部（肩垫）
		050686H 125	116h13min	肩裂	下肩部（肩垫，胎面）
		050723H 166	112h40min	肩空	下肩部（肩垫）

4 结语

在配方设计中，通过使用 Goodrich 压缩生热试验机在全钢载重子午线轮胎配方中的应用，对胎面胶配方和肩垫胶配方进行优化设计。提高了胎面的磨耗性能，降低了胎面的生热，滞后性，滚动阻力，同时降低了胎面的设计成本。提

高了肩垫胶配方的弹性，降低了肩垫的生热，提高了其动态性能。

通过使用 Goodrich 压缩生热试验机在全钢载重子午线轮胎配方中的应用，提高了成品轮胎的耐久性能约 7%，降低退赔率 1% 左右。