

海南天然橡胶在全钢越野子午线轮胎胎面胶中的应用

韩 慧¹, 李德新², 聂万江¹, 李文东¹, 李福军¹

(1. 北京橡胶工业研究设计院, 北京 100143; 2. 海南天然橡胶产业集团股份有限公司, 海南 海口 570105)

摘要:研究海南天然橡胶在全钢越野子午线轮胎胎面胶中的应用, 并与马来西亚天然橡胶SMR20进行对比。结果表明: 海南天然橡胶的杂质质量分数及氮质量分数均低于SMR20; 将海南天然橡胶替代马来西亚天然橡胶SMR20用于越野轮胎胎面胶, 胶料的拉伸性能、抗撕裂性能和抗切割性能稍好, 脆性温度基本相同, 生热较低; 成品轮胎耐久性试验和高速性能试验顺利通过验证, 海南天然橡胶轮胎的高速性能较好。

关键词:天然橡胶; 越野轮胎; 胎面胶; 生热; 耐久性能; 高速性能

中图分类号: U463.341⁺.2/.6; TQ332.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1006-8171(2017)01-0024-05

随着现代越野车辆的发展, 对配套轮胎的性能要求越来越高, 具有较好的高速性能和耐久性能以及广泛适应性的全钢越野子午线轮胎面临更大发展机遇。

目前在全钢越野子午线轮胎制造过程中大量使用天然橡胶(NR), 而轮胎中使用的NR主要依赖从马来西亚和泰国等国进口。NR为战略资源, 为满足国内市场需求, 海南天然橡胶产业集团股份有限公司开发了高性能NR。本工作对海胶集团产NR(文中简称海胶)在全钢越野子午线轮胎胎面胶中的应用进行研究。

1 实验

1.1 主要原材料

NR, SMR20, 马来西亚产品。海南天然海胶(海胶), 海南天然橡胶产业集团股份有限公司产品。

1.2 试验配方

试验配方如表1所示。

1.3 主要设备和仪器

1.6 L密炼机, 英国法雷尔公司产品; XK-160A型开炼机, 上海橡胶机械厂产品; GK400和GK255型密炼机, 益阳橡胶塑料机械集团有限公司产品; M200E型橡胶门尼粘度仪、C2000E型橡

表1 试验配方

组 分	配方编号			
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]
SMR20	100	0	100	0
海胶	0	100	0	100
炭黑N121	42	42	0	0
炭黑N220	0	0	43	43
硫黄和促进剂NS	3.0	3.0	2.9	2.9

注: 配方其余组分及用量为白炭黑 15, 氧化锌 5, 硬脂酸 2, 硅烷偶联剂Si69 3, 防老剂RD/4020 3, 增塑剂A 1。

胶无转子硫化仪、T2000E型材料拉力试验机和Y3000E型压缩生热试验机, 北京友深电子仪器有限公司产品; RPA2000橡胶加工分析仪, 美国阿尔法科技有限公司产品; 阿克隆磨耗试验机, 江都实验仪器厂产品; LP-61型热空气老化箱, 重庆慧达试验仪器有限公司产品。

1.4 试样制备

1.4.1 小配合试验

胶料混炼采用两段混炼工艺。一段混炼在1.6 L密炼机中进行, 转子转速为 $80 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$, 混炼工艺为: 破胶(30 s) → 炭黑、白炭黑和小料 → 压压砣(60 s) → 提压砣(15 s, 中间提压砣1次) → 排胶(总时间为5 min), 下片停放8 h; 二段混炼在开炼机上进行, 混炼工艺为: 一段混炼胶 → 硫黄和促进剂 → 薄通6次 → 下片。

1.4.2 大配合试验

SMR20混炼采用三段混炼工艺。海胶生胶门

作者简介: 韩慧(1979—), 女, 山东菏泽人, 北京橡胶工业研究设计院高级工程师, 硕士, 主要从事橡胶配方研究工作。

尼粘度偏高,采用三段混炼工艺时胶料门尼粘度较高,为了满足后续工序要求,胶料混炼需增加1段胶料返炼工艺,即采用四段混炼工艺。

一段和二段混炼在GK400型密炼机中进行。一段混炼密炼机转子转速为 $50\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$,混炼工艺为:生胶→压压砣(30 s)→提压砣,转子转速调至 $35\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ →部分炭黑和小料。二段混炼密炼机转子转速为 $30\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$,混炼工艺为:一段混炼胶→剩余炭黑。海胶三段混炼为二段混炼胶返炼,在GK400型密炼机中进行。SMR20三段或海胶四段混炼在GK255型密炼机上进行,密炼机转子转速为 $20\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$,排胶以时间和温度控制。

1.5 性能测试

胶料性能按相应国家标准或行业标准测试。

2 结果与讨论

2.1 生胶分析

生胶性能如表2所示。从表2可以看出:海胶和SMR20中的杂质质量分数和氮质量分数有明显差异,海胶的杂质质量分数和氮质量分数小于SMR20;与SMR20相比,海胶的塑性初值、塑性保持指数及门尼粘度较高。

2.2 小配合试验

2.2.1 硫化特性

混炼胶的硫化特性如表3所示。从表3可以看

表2 生胶性能

项 目	海胶	SMR20
杂质质量分数 $\times 10^2$	0.22	0.42
氮质量分数 $\times 10^2$	0.12	0.30
挥发分质量分数 $\times 10^2$	0.29	0.28
灰分质量分数 $\times 10^2$	0.46	0.40
丙酮抽出物质量分数 $\times 10^2$	2.14	2.45
水溶物质量分数 $\times 10^2$	0.23	0.25
未老化塑性初值 P_0	66	53
老化后塑性中值 P_{30}	50	27
塑性保持指数	76	51
门尼粘度[ML(1+4) 100 ℃]	87	78

表3 混炼胶的硫化特性

项 目	配方编号			
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]
门尼粘度[ML(1+4) 100 ℃]	62	76	68	79
硫化仪数据(151 ℃)				
$F_L/(\text{dN}\cdot\text{m})$	0.83	0.82	0.79	0.73
$F_{\max}/(\text{dN}\cdot\text{m})$	2.24	2.13	2.10	2.14
t_{10}/min	5.63	5.87	6.53	6.35
t_{50}/min	7.20	7.33	8.43	8.32
t_{90}/min	9.83	10.08	11.70	11.82

出,与SMR20胶料相比,海胶胶料的门尼粘度较高, t_{90} 延长。

2.2.2 物理性能

硫化胶的拉伸性能、抗撕裂性能、压缩疲劳性能、低温性能、抗切割性能及耐磨耗性能分别如表4—9所示。

从表4和5可以看出,用海胶替代SMR20,胶料

表4 硫化胶的拉伸性能

项 目	配方编号							
	1 [#]		2 [#]		3 [#]		4 [#]	
硫化时间(151 ℃)/min	20	40	20	40	20	40	20	40
邵尔A型硬度/度	69	69	66	67	66	67	67	67
100%定伸应力/MPa	3.43	3.30	3.11	3.19	3.07	2.01	1.97	2.18
300%定伸应力/MPa	15.6	15.8	16.0	15.8	14.1	3.15	3.23	3.08
拉伸强度/MPa	27.5	26.6	31.1	30.1	26.4	23.4	28.8	27.1
拉伸伸长率/%	526	483	557	542	551	486	561	552
100 ℃×24 h老化后								
邵尔A型硬度变化量/度	+2	+2	+4	+1	+5	+3	+3	+3
拉伸强度变化率/%	-5	-3	-6	-11	-11	-3	-4	-6
拉伸伸长率变化率/%	-17	-11	-11	-14	-22	-8	-8	-11

表5 硫化胶的抗撕裂性能 $\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$

配方编号	撕裂强度	配方编号	撕裂强度
1 [#]	109	3 [#]	103
2 [#]	136	4 [#]	133

注:硫化条件为151 ℃×20 min。

硬度变化不大,拉伸强度、拉伸伸长率提高,撕裂强度大幅提高,老化后硬度变化差别不大,耐老化性能相当。

从表6可以看出,用海胶替代SMR20,胶料的压缩疲劳温升降低。

表6 硫化胶的压缩疲劳性能

项 目	配方编号			
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]
终动压缩率/%	10.5	9.9	13.1	12.6
压缩疲劳温升/℃	30.3	27.6	35.2	32.3
永久变形/%	3.6	3.9	5.1	5.9

注:1)硫化条件为151℃×30 min。2)压缩疲劳试验条件为冲程 4.45 mm,负荷 1 MPa,温度 55℃。

表7 硫化胶的低温脆性温度 ℃

配方编号	低温脆性温度	配方编号	低温脆性温度
1 [#]	-57	3 [#]	-54
2 [#]	-57	4 [#]	-57

注:同表5。

表8 硫化胶的抗切割性能

项 目	配方编号			
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]
初始质量/g	25.276 0	25.309 6	25.432 8	25.276 5
切割后质量/g	24.944 4	25.004 6	25.059 4	24.910 6
失重率/%	1.31	1.21	1.47	1.45

注:硫化条件为151℃×30 min。

从表7可以看出,用海胶替代SMR20,胶料的低温脆性温度基本不变。

从表8可以看出,用海胶替代SMR20,胶料失重率减小,抗切割性能提高;1[#]和2[#]配方胶料的抗切割性能优于3[#]和4[#]配方胶料。

从表9可以看出:在正硫化条件下,海胶胶料

表9 硫化胶耐磨耗性能

项 目	配方编号							
	1 [#]		2 [#]		3 [#]		4 [#]	
硫化时间(151℃)/min	20	40	20	40	20	40	20	40
密度/(Mg·m ⁻³)	1.14	1.14	1.14	1.14	1.15	1.15	1.14	1.15
阿克隆磨耗量/cm ³	0.189	0.184	0.196	0.176	0.155	0.205	0.206	0.223
100℃×24 h老化后								
密度/(Mg·m ⁻³)	1.14	1.14	1.13	1.13	1.14	1.15	1.14	1.14
阿克隆磨耗量/cm ³	0.292	0.228	0.206	0.229	0.299	0.297	0.255	0.295

的磨耗量大于SMR20胶料,耐磨耗性能稍差;在过硫化条件下,2[#]配方胶料耐磨耗性能优于1[#]配方胶料,而4[#]配方胶料耐磨耗性能低于3[#]配方胶料;老化后海胶胶料耐磨耗性能下降幅度较小。

2.2.3 RPA分析

2.2.3.1 混炼胶频率扫描

混炼胶的tanδ-频率曲线如图1所示。

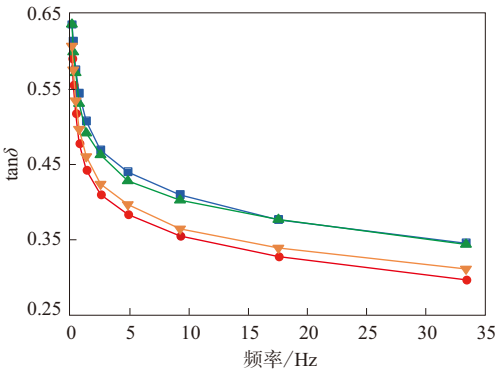
从图1可以看出,随着频率增大,胶料的tanδ减

小,海胶胶料与SMR20胶料相比,tanδ变化幅度较大。

2.2.3.2 混炼胶应变扫描

混炼胶的tanδ-应变曲线如图2所示。

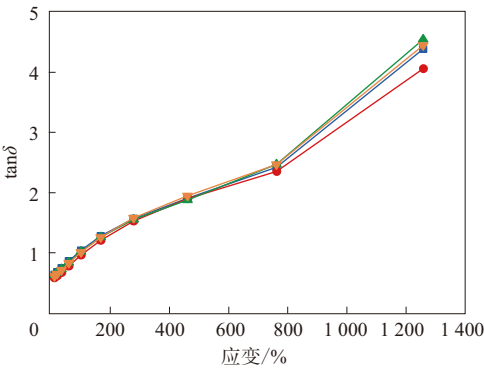
从图2可以看出,随着应变增大,采用海胶的2[#]配方胶料的tanδ比采用SMR20的1[#]配方胶料略小,加工性能稍差,3[#]和4[#]配方胶料的tanδ基本在同一水平。



温度为100℃,应变振幅为7%。

■—1[#]配方; ●—2[#]配方; ▲—3[#]配方; ▼—4[#]配方。

图1 混炼胶的tanδ-频率曲线



温度为100℃,频率为0.1 Hz。

■—1[#]配方; ●—2[#]配方; ▲—3[#]配方; ▼—4[#]配方。

图2 混炼胶的tanδ-应变曲线

2.2.3.3 硫化胶应变扫描

硫化胶的 $\tan\delta$ -应变曲线如图3所示。从图3可以看出,与SMR20胶料相比,海胶胶料的 $\tan\delta$ 减小,生热可能会降低,这将有助于提高轮胎的使用寿命。

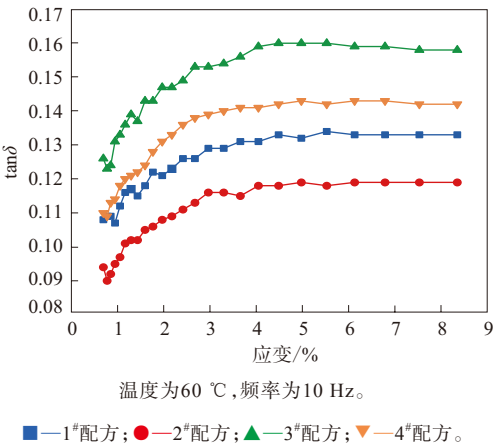


图3 硫化胶的 $\tan\delta$ -应变曲线

2.3 大配合试验

根据小配合试验胶料的生热、磨耗性能和抗切割性能等,选取1[#]和2[#]配方进行大配合试验。

2.3.1 硫化特性

大配合试验混炼胶的硫化特性如表10所示。从表10可以看出,与SMR20胶料相比,海胶胶料 F_L 偏大, F_{max} 偏小, t_{10} 和 t_{90} 延长。

表10 大配合试验混炼胶的硫化特性

项 目	配方	
	1 [#]	2 [#]
硫化仪数据 (151 °C)		
$F_L/(N \cdot m)$	0.65	0.73
$F_{max}/(N \cdot m)$	2.38	2.00
t_{10}/min	2.68	4.52
t_{50}/min	4.08	6.00
t_{90}/min	7.68	8.73

2.3.2 物理性能

大配合试验硫化胶的物理性能如表11所示。从表11可以看出:与SMR20胶料相比,海胶胶料的300%定伸应力偏低,这与其 F_{max} 偏低是一致的,拉伸强度相当,拉断伸长率偏大;撕裂强度较高;压缩疲劳温升较低,压缩永久变形较小;耐老化性能较好。

对于越野轮胎,一个重要的考量指标就是低

表11 大配合试验硫化胶的物理性能

项 目	配方	
	1 [#]	2 [#]
硫化胶性能 (151 °C × 20 min)		
邵尔A型硬度/度	66	66
100%定伸应力/MPa	3.38	2.79
300%定伸应力/MPa	16.0	13.8
拉伸强度/MPa	28.4	28.4
拉断伸长率/%	514	554
撕裂强度/(kN · m ⁻¹)	116	123
压缩疲劳性能 ¹⁾		
温升/°C	31.1	24.0
永久变形/%	3.9	2.2
阿克隆磨耗量/cm ³	0.199	0.220
磨耗指数	100	90.5
初始质量/g	25.430 5	25.237 3
切割后质量/g	25.139 2	24.939 3
失重率/%	1.15	1.18
100 °C × 24 h老化后		
拉伸强度变化率/%	-9	-1
拉断伸长率变化率/%	-16	-11

注:1) 试验条件同表6注2)。

温性能。由于苛刻的使用条件,要求越野轮胎从-41 °C至50 °C均能正常使用。大配合试验海胶胶料的低温脆性温度为-57 °C,SMR20胶料的低温脆性温度为-56 °C,两者的低温脆性温度基本在同一水平。

2.4 成品性能

用海胶生产的成品越野轮胎耐久性试验和高速性能试验均顺利通过验证。

成品轮胎性能如表12所示。从表12可以看出:海胶轮胎与SMR20轮胎室内耐久性试验均达到了相同阶段,SMR20轮胎的耐久性能略优于海胶轮胎;海胶轮胎高速性能试验顺利通过,海胶轮

表12 成品轮胎性能

项 目	SMR20轮胎	海胶轮胎
耐久性试验		
负荷率/%	120	120
行驶时间/h	10	10
负荷率/%	130	130
行驶时间/h	79.57 (胎冠鼓包)	66.85 (胎冠鼓包)
累计行驶时间/h	156.57	143.85
高速性能试验		
速度/(km · h ⁻¹)	90	90
行驶时间/min	30	30
速度/(km · h ⁻¹)	100	100
行驶时间/min	43 (胎冠鼓包)	55 (胎冠鼓包)
累计行驶时间/h	2.72	2.92

胎的高速性能优于SMR20轮胎。

3 结论

(1) 海胶的杂质质量分数及氮质量分数均低于SMR20。

(2) 小配合试验中海胶胶料的拉伸性能、抗撕裂性能和抗切割性能等稍优于SMR20胶料,生热较低,脆性温度基本相同。

(3) 大配合试验中海胶和SMR20胶料的物理

性能相近,海胶胶料生热较低。

(4) 用海胶生产的成品越野轮胎顺利通过耐久性试验和高速性能试验验证。在耐久性试验中,海胶轮胎与SMR20轮胎达到相同阶段,SMR20轮胎的耐久性能略优于海胶轮胎,而海胶轮胎的高速性能优于SMR20轮胎。

(5) 海胶在全钢越野子午线轮胎胎面胶中的应用性能比SMR20稍好或基本相当。

第19届中国轮胎技术研讨会论文

Application of Hainan NR in Tread Compound of Off-road Radial Tire

HAN Hui¹, LI Dexin², NIE Wanjiang¹, LI Wendong¹, LI Fujun¹

(1. Beijing Research and Design Institute of Rubber Industry, Beijing 100143, China; 2. Hainan Rubber Industry Group Co., Ltd, Haikou 570105, China)

Abstract: The application of Hainan NR in the tread compound of off-road radial tire was investigated, and compared with Malaysia SMR20. The results showed that, the impurity concentration and nitrogen content of Hainan NR were lower than that of SMR20. When Hainan NR was used to replace SMR20 in the tread compound, the tensile strength, tear resistance and anti-cutting performance of the vulcanizate were slightly better, the brittle temperature was the same, and the heat build-up was lower. The finished tire with Hainan NR in the tread compound passed the durability and high speed performance tests, and had better high speed performances.

Key words: NR; off-road radial tire; tread compound; heat build-up; durability performance; high speed performance

Toyo Open Country A26轮胎被选为 Nissan Titan的原配胎

中图分类号:TQ336.1 文献标志码:D

美国《现代轮胎经销商》(www.moderntiredealer.com)2016年9月29日报道:

Toyo Open Country A26轮胎(见图1)已在北美被选为Nissan Titan 2017车型的原配胎。该产品为全天候轮胎,可提供优异的牵引和燃油经济性,即使在冰雪路面也具有稳定的驾驶性能。

东洋轮胎橡胶公司称,从2016年7月已开始生产全规格皮卡轮胎产品,这是首次被Nissan Titan选为原配胎。新车型配备P265/70R18 114S规格轮胎。



图1 Toyo Open Country A26轮胎

该公司称,在其2014年年中的业务计划中即已提出加强SUV、CUV和皮卡轮胎发展的目标。

(吴秀兰摘译 赵敏校)