

泥地轮胎胎面胶配方的开发

崔晓, 韩玉瑶, 顾高照, 李栋林

(三角轮胎股份有限公司, 山东威海 264200)

摘要:介绍泥地轮胎胎面胶配方的开发。试验结果表明:通过调整在用配方的生胶体系(采用天然橡胶/溶聚丁苯橡胶/顺丁橡胶并用胶)、补强体系(采用炭黑N375与白炭黑并用),减小环保芳烃油RAE用量,增加抗撕裂树脂,胶料的门尼粘度减小,硫化速度加快;硫化胶的物理性能较好,耐磨性能提高;成品轮胎的高速和耐久性能提高,滚动阻力降低,抗刺扎性能提高。

关键词:半钢子午线轮胎;泥地轮胎;胎面胶;耐磨性能;滚动阻力;抗刺扎性能

中图分类号:U463.341⁺.4/.6 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-8171(2018)00-0000-05

MT(Mud-terrain)轮胎亦称泥地轮胎,专业用于越野车和赛事车,该类车辆是在普通越野车基础上进行特殊改装的车辆,更加适合于没有道路的环境使用。MT轮胎主要用于越野族日常的训练和比赛。在路况非常差的各类矿区也有部分非比赛越野车主选择使用MT轮胎,但是主流越野车还是沿用AT(全地形)和HT(公路)越野轮胎。

与其他轮胎相比,MT轮胎的花纹块较大,花纹沟槽较深且花纹间距较宽,在泥地行驶时能够迅速分解和排出轮胎上的淤泥,保持抓着力,使车辆具有较强的通过性能;独立块状的特殊花纹设计对胎面胶性能提出了更高的要求,当高速行驶时胎面花纹块受到高频率的碾压会产生和积累大量的热量,使胎面温度急剧升高,直接导致胶料性能下降,因此在MT轮胎胎面胶配方设计上不能沿用轻型载重汽车和SUV等车辆轮胎设计技术^[1]。

我公司乘用车轮胎设计中心经过几年的努力,成功推出TR281系列MT纯越野花纹。TR281泥地轮胎专用花纹肩部采用大块设计结合大角度斜向花纹沟槽设计,提供了轮胎在非铺装路面卓越的驱动性能和驾驶操控安全性能;四节梯形倒角设计有效地防止了夹持杂物,在泥泞路面具备出色的自洁性能;采用宽曲折沟设计,提高了复杂路面的通过性能和排水性能。TR281花纹推向市

场两年多来,受到广大越野一族的强力追捧,目前已经形成系列化近20个规格。为赋予TR281花纹更出色的泥地路面高速行驶安全性能,采用新设计的MT轮胎专用胎面胶配方试制了LT265/75R16 TR281轮胎,其高速性能和抗刺扎性能显著提高。本文主要介绍MT轮胎胎面胶配方的开发。

1 实验

1.1 主要原材料

天然橡胶(NR),20[#]标准胶,马来西亚产品;充油乳聚丁苯橡胶(ESBR),牌号1723,充37.5份环保芳烃油TDAE,中国石化齐鲁石油化工股份有限公司产品;丁苯橡胶(SBR),牌号1502,韩国锦湖石化有限公司产品;顺丁橡胶(BR),牌号9000,中国石化北京燕山石化公司产品;充油溶聚丁苯橡胶(SSBR),牌号2564S,苯乙烯质量分数为0.25,乙烯基质量分数为0.63,充37.5份环保芳烃油TDAE,中国石油独山子石化有限公司产品;高分散白炭黑7000Gr,赢创德固赛(台湾)有限公司产品;炭黑N220,N234和N375,上海卡博特化工有限公司产品;硅烷偶联剂TESPT,山东文兴科技有限公司产品;环保芳烃油RAE,牌号595B,壳牌石油(中国)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

IM320E/550E串联式啮合型密炼机,德国HF

作者简介:崔晓(1982—),女,山东威海人,三角轮胎股份有限公司工程师,硕士,主要从事轮胎配方设计和工艺管理工作。

E-mail:cuixiao@triangle.com.cn

表1 试验配方

份

组 分	配方编号			
	A	B	C	D
NR	50	90	0	67
ESBR1723	0	0	27.5	0
SBR1502	30	0	80	0
SSBR2564S	0	13.8	0	38.5
BR9000	20	0	0	5
炭黑N234	0	58	55	0
炭黑N375	0	0	0	58
炭黑N220	60	0	0	0
白炭黑7000Gr	10	13	15	10
硅烷偶联剂TESPT	0	2	3	3
环保芳烃油RAE	15	8	6	3
抗撕裂树脂	0	5	5	5

注:配方其余组分和用量为氧化锌 3,硬脂酸 1.5,防老剂4020 1.5,防老剂RD 1,防护蜡 1.5,硫黄和促进剂 4.2,防焦剂CTP 0.25。配方A为在用配方。

机械集团有限公司产品;GK255型密炼机,益阳橡胶塑料机械集团有限公司产品;MDR2000型硫化仪,美国阿尔法科技有限公司产品;TS-2000M型拉力机,中国台湾高铁检测仪器有限公司产品;BPD-RRT5109.001型回弹仪,德国Zwick仪器公司产品;Q800型橡胶粘弹态分析仪(DMA),美国热分析仪器公司产品;TJR-2-TB(Y)型轮胎高速耐久试验机,天津赛象科技股份有限公司产品;UP2092型轮胎综合试验机,优肯科技股份有限公司产品;TSII-01型轮胎滚动阻力试验机,德国TS检测设备有限公司产品。

1.4 混炼工艺

4个配方试验胶料的混炼工艺一致,均采用两段混炼工艺,一段混炼在IM320E/550E串联式啮合型密炼机中进行,压砣压力为15~18 MPa,混炼工艺为:生胶、活性剂和防老剂等(20 s)→提压砣→全部炭黑和白炭黑→压压砣(120 °C)→提压砣→环保芳烃油RAE→压压砣→155 °C左右提压砣→排胶,下密炼机混炼工艺为:母胶150 °C恒温(260 s)→排胶;二段混炼在GK255型密炼机中进行,转子转速为25 r·min⁻¹,压砣压力为8~11 MPa,混炼工艺为:一段混炼胶、硫黄、促进剂和防焦剂等→压压砣(45 s)→提压砣→压压砣(30 s)→110 °C提压砣→排胶。

1.5 性能测试

(1)硫化特性。采用MDR2000型硫化仪测试,测试条件为150 °C×60 min。

(2)物理性能。各项性能均按相应的国家标准进行测试,硫化条件为150 °C×18 min。

(3)动态力学性能。采用DMA分析仪测试,硫化条件为145 °C×35 min,测试条件为振幅(应变)0.25%,频率 10 Hz,温度范围 -40~80 °C,升温速率 3 °C·min⁻¹。

2 结果与讨论

2.1 硫化特性

胶料的硫化特性如表2所示。

表2 胶料的硫化特性

项 目	配方编号			
	A	B	C	D
门尼粘度[ML(1+4)100 °C]	62	59	60	53
门尼焦烧时间 t_5 (125 °C)/min	32.18	18.85	26.95	23.63
硫化仪数据(150 °C)				
F_L /(dN·m)	2.58	2.18	1.85	1.96
F_{max} /(dN·m)	18.42	16.36	14.49	15.45
t_{s2} /min	8.32	5.49	8.87	7.04
t_{10} /min	7.96	4.86	8.06	6.47
t_{25} /min	9.35	6.27	9.31	7.86
t_{50} /min	10.88	7.96	13.62	9.53
t_{90} /min	19.38	14.45	22.69	16.01

从表2可以看出:虽然4个配方的硫化体系相同,但胶料的硫化速度相差较大,配方A中没有使用硅烷偶联剂,导致白炭黑对促进剂的吸附较大,从而降低了胶料的硫化速度;NR的双键碳原子上含有推电子的甲基,活化后的双键形成烯丙基自由基的活性比BR和SBR高,这是配方B,C和D在硫化体系相同、不同NR并用比导致胶料硫化速度差异的主要原因,其中全SBR的配方C胶料的硫化速度最慢。使用低比表面积炭黑N375的配方D胶料的门尼粘度最小,转矩相对较小,加工性能更好;配方A胶料的门尼粘度最大,这是因为白炭黑在缺少硅烷偶联剂的情况下没有得到充分分散而导致填料的堆积效应增强,团聚的白炭黑造成胶料的门尼粘度增大^[2]。胶料的门尼焦烧时间和 t_{s2} 变化趋势一致;NR用量比例高的配方胶料的硫化速度快,这与NR分子链上推电子的侧甲基增大分子链活性有关。

2.2 物理性能

硫化胶的物理性能如表3所示。

从表3可以看出:配方B和D使用NR的比例较

表3 硫化胶的物理性能				
项 目	配方编号			
	A	B	C	D
密度/(Mg·m ⁻³)	1.158	1.155	1.156	1.152
邵尔A型硬度/度	66	67	67	66
100%定伸应力/MPa	3.3	3.1	3.5	2.7
300%定伸应力/MPa	14.1	14.2	14.9	12.3
300%定伸应力/100%定伸应力	4.3	4.6	4.3	4.6
拉伸强度/MPa	20.2	23.9	19.7	24.6
拉伸伸长率/%	405	480	383	506
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	46	105	69	102
100℃×48 h老化后				
邵尔A型硬度/度	73	72	71	70
100%定伸应力/MPa	4.8	4.7	4.5	3.8
300%定伸应力/MPa	17.2	18.6	17.2	15.5
300%定伸应力/100%定伸应力	3.6	4.0	3.8	4.1
拉伸强度/MPa	17.8	19.8	19.2	20.7
拉伸伸长率/%	305	319	313	371

高,由于NR的拉伸强度和撕裂强度较出色,因此这两个配方硫化胶的拉伸强度和撕裂强均优于配方A和C硫化胶,其中配方D硫化胶的拉伸强度和撕裂强分别比配方A硫化胶提高21.8%和121.7%。由于NR分子链密集的双键和硫化后形成的交联键形式导致其易发生高温返原,从热老化后物理性能的损失率来看,高比例NR配方硫化胶的物理性能损失程度大于全SBR配方硫化胶,综合分析配方D硫化胶老化后的拉伸性能较好。各硫化胶老化后的物理性能变化趋势与老化前一致,配方D硫化胶老化后的硬度变化与配方C硫化胶相同。

2.3 动态力学性能

2.3.1 DMA分析

胶料的温度扫描曲线如图1所示,tanδ为损耗因子。

通常用60℃左右的tanδ值表征胎面胶的滚动

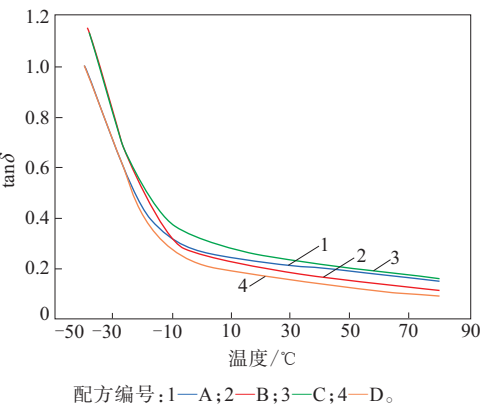


图1 胶料的温度扫描曲线

阻力,其值越小,滚动阻力越低;0℃左右的tanδ表征胎面胶的抗湿滑性能,其值越大,抗湿滑性能越好^[3]。从图1可以看出:配方D胶料60℃时的tanδ最小,而配方C胶料60℃时的tanδ最大。分析认为,SBR分子链上侧苯基体积较大,严重影响了分子链的柔顺性,导致其胶料弹性与NR和BR相比降低,滞后损失增大。

2.3.2 动态数据和耐磨性能

胶料的动态数据和耐磨性能如表4所示。

表4 胶料的动态数据和耐磨性能				
项 目	配方编号			
	A	B	C	D
回弹值/%				
23℃	42	44	40	47
100℃	59	60	57	64
tanδ				
0℃	0.182	0.178	0.216	0.168
60℃	0.141	0.116	0.154	0.108
DIN磨耗量/mm ³	0.135	0.140	0.140	0.125

从表4可以看出:与配方A相比,配方D胶料高温回弹值提升了近10%;60℃时的tanδ值减小了23.4%;DIN磨耗量降低了7.41%,这说明配方D胶料的滚动阻力降低,耐磨性能提高。从整体分析,胶料的动态性能变化规律与DMA分析结果一致。

2.4 成品性能

根据上述试验结果,选择综合性能较好的配方D进行成品性能试验,同时选择配方A作为对比配方,在保证其他施工条件相同的前提下对两种配方的成品轮胎性能进行对比。

2.4.1 高速和耐久性能

对于MT专用轮胎试制,本试验选择的轮胎规格为LT265/75R16 TR281 10PR 123/120Q,并按照GB/T 4501—2016《载重汽车轮胎性能室内试验方法》进行高速和耐久性试验,试验条件和结果分别如表5和6所示。

表5 成品轮胎高速性能试验条件和结果							
项 目	试验阶段						
	1	2	3	4	5	6	7
负荷率/%	80	140	150	160	170	180	190
试验时间/min							
配方A	5	15	10	40	35	6	—
配方D	5	15	10	40	35	30	15

注:试验负荷为1 395 kg,充气压力为550 kPa。

表6 成品轮胎耐久性试验条件和结果

项 目	试验阶段				
	1	2	3	4	5
负荷率/%	65	85	100	100	110
试验时间/h					
配方A	7	16	24	6	30.98
配方D	7	16	24	6	37

注:试验速度为110 km·h⁻¹,充气压力为550 kPa。

高速性能试验结束时,配方A和D轮胎的损坏形式均为胎面崩花;耐久性试验结束时,配方A轮胎的损坏形式为胎面崩花,配方D轮胎未损坏。从表5和6可以看出,配方D轮胎的高速性能和耐久性能均比配方A轮胎明显提高,尤其是高速性能提升了一个等级。

2.4.2 滚动阻力

MT轮胎试制规格为LT265/75R16 TR281 10PR 123/120Q,成品轮胎参照ISO 28580《汽车轮胎滚动阻力试验方法——单点试验和测量结果的相关性》进行滚动阻力性能测试,试验条件和结果如表7所示。

表7 成品轮胎的滚动阻力测试条件和结果

项 目	配方A轮胎	配方D轮胎
试验速度/(km·h ⁻¹)	80.006	80.006
升温行驶时间/min	50	50
25℃下2.0 m转鼓		
滚动阻力/N	97.427	93.655
滚动阻力系数/(N·kN ⁻¹)	7.095	6.808

注:试验充气压力为550 kPa,试验负荷为1 317.5 kg。

从表7可以看出,配方D轮胎的滚动阻力系数比配方A轮胎减小4%,成品轮胎的滚动阻力性能提高。

2.4.3 抗刺扎性能

由于目前行业内缺少对轮胎抗刺扎性能的实胎验证手段,本试验借助轮胎设计和工艺国家工程实验室的轮胎综合试验机,在国家工程实验室专业测试人员的配合下,采用与实际相关性非常强的钉板模拟,运用轮胎综合试验机的纵向刚度测试方法进行抗刺扎模拟试验,结果如图2所示。试验结果显示,配方D轮胎单位面积的撕裂掉块量比配方A轮胎减小了50%左右。



图2 抗刺扎性能测试结果

3 结论

(1) 增大胎面胶配方中的NR比例,可以明显提高硫化胶的拉伸强度和撕裂强度,但是由于NR分子链密集的双键和硫化后形成的交联键形式,导致其易发生高温返原,因此硫化胶热老化后的物理性能损失率较大。

(2) 白炭黑胶料在未使用硅烷偶联剂的情况下,可导致填料的堆积效应增强,分散性变差,团聚的白炭黑使胶料的门尼粘度增大;白炭黑对促进剂等配合剂的吸附性增大,导致胶料的硫化速度降低。

(3) 与配方A相比,配方D硫化胶的拉伸强度

和撕裂强度明显增大,60℃时的tanδ值和DIN磨耗量明显减小,成品轮胎的高速性能和耐久性能提高,尤其是高速性能提升了一个等级,滚动阻力降低,抗刺扎性能提高。

参考文献:

- [1] 李晚兰. 越野轮胎胶料配方的特点[J]. 世界橡胶工业,1998,1(1): 42-43.
- [2] 王梦蛟. 聚合物-填料和填料-填料相互作用对填充硫化胶动力学性能的影响[J]. 轮胎工业,2001,21(1): 38-44.
- [3] 周宏斌,王宝金,张元洪,等. 低滚动阻力载重子午线轮胎配方的开发[J]. 橡胶工业,2017,64(2): 99-103.

收稿日期:2017-12-21

Development of Tread Compound for Mud-terrain Tire

CUI Xiao, HAN Yuyao, GU Gaozhao, LI Donglin

(Triangle Tire Co., Ltd, Weihai 264200, China)

Abstract: The formulation of tread compound for mud-terrain tire was introduced. The test results showed that, by adjusting the raw rubber system in use formula (natural rubber/soluble styrene-butadiene rubber/cis-butadiene rubber blend) and reinforcing system (carbon black N375/silica blend), decreasing the addition level of environmental friendly aromatic oil RAE and adding the tearing resistance resin, the Mooney viscosity of the compound decreased and the curing rate increased. The physical properties of the vulcanizate were better, and the wear resistance improved. The high speed performance and endurance of the finished tire improved, the rolling resistance decreased and the puncture resistance improved.

Key words: steel-belted radial tire; mud-terrain tire; tread compound; wear resistance; rolling resistance; puncture resistance