

胎面胶性能对轿车轮胎雪地制动性能的影响

曹 晖,王志远,周荣杰,蒋林峰

(万力轮胎股份有限公司,广东 广州 510080)

摘要:对相同结构和花纹设计、不同胎面胶配方的轿车轮胎的雪地制动性能进行对比分析,研究胎面胶性能对轮胎雪地制动性能的影响。结果表明:胎面胶的玻璃化温度(T_g)越低,轮胎的雪地制动性能越好,但若满足 T_g 低于轮胎使用温度的基本要求,胎面胶的 T_g 对轮胎雪地制动性能的影响减弱;损耗因子对轮胎的雪地制动性能影响不大; $-20\text{ }^\circ\text{C}$ 时胎面胶的复合模量(E^*)与轮胎雪地制动性能高度相关, E^* 越小,轮胎的雪地制动性能越好;低温下胎面胶硬度与轮胎雪地制动性能有一定相关性,总体趋势为低温下胎面胶硬度越低,轮胎雪地制动性能越好,但若将低温下胎面胶硬度控制在一定范围内,其与轮胎雪地制动性能的相关性下降,甚至无相关性。

关键词:轿车轮胎;胎面胶;粘弹性;硬度;雪地制动性能

中图分类号:U463.341⁺.4

文献标志码:A

文章编号:1006-8171(2023)02-0104-07

DOI:10.12135/j.issn.1006-8171.2023.02.0104



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

对轿车轮胎的冬季性能,我国有关于雪地抓着性能的试验方法(GB/T 33829—2017),但对结果没有明确的指标要求;在国际上,欧盟ECE R117法规要求,轮胎雪地抓着系数(SG) ≥ 1.07 (制动法)或SG ≥ 1.1 (牵引法),方可在胎侧上加山峰雪花标志,才能被认为是真正的雪地轮胎。虽然GB/T 33829—2017和ECE R117关于轮胎雪地抓着性能测试在细节方面存在差异,但均采用了雪地制动的方法^[1-2]。因此,雪地制动性能是评价轮胎冬季性能的重要检测项目。研究表明,冰面上轮胎的牵引力随着胎面胶复数模量的增大而降低^[3-5];也有资料显示,胎面胶在冰雪路面上的抓着性能与生胶的玻璃化温度(T_g)以及胎面胶的硬度有较大关系^[6-9]。

本工作采用相同结构和花纹设计、不同胎面胶配方生产试验轮胎进行轮胎雪地制动性能对比,即主要从胎面胶动态粘弹性能和硬度入手,研究胎面胶性能对轿车轮胎雪地制动性能的影响。

1 实验

1.1 试验方案

选取比较有代表性的两组方案轮胎进行雪地

作者简介:曹晖(1977—),女,湖南邵阳人,万力轮胎股份有限公司工程师,学士,主要从事半钢子午线轮胎配方设计工作。

E-mail:caohui@wanlitire.cn

制动性能对比分析,两组方案轮胎测试年度不同,但均与相同的标准轮胎进行对比;每组方案轮胎分别采用相同的结构和花纹设计、不同的胎面胶配方(常规配方)。

第1组方案:9个不同的胎面胶配方,包含夏季胎面和四季胎面两大类型,方案A1—A5为夏季胎面,方案A6—A9为四季胎面,方案A1—A9均采用常规夏季胎面花纹(205/55R16 H20)。

第2组方案:8个不同的胎面胶配方,包含四季胎面和冬季胎面两大类型,方案B1—B5为四季胎面,方案B6—B8为冬季胎面,方案B1—B8均采用常规四季胎面花纹(205/55R16 SC501)。

1.2 主要测试仪器

ARES-G2型动态热机械分析(DMA)仪,美国TA公司产品;LX-A型邵尔硬度计,上海六菱仪器厂产品;VBOX3i型汽车测试仪,英国Racelogic公司产品。

1.3 性能测试

(1)动态粘弹性能。采用DMA仪测试,试验条件为:频率 10 Hz,应变 0.25%,升温速率 $3\text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ 。

(2)胎面硬度。采用手持式LX-A型邵尔硬度计在轮胎胎面相对平整的位置进行测试。

(3)雪地制动性能。4条试验轮胎安装在试验

车辆上,试验车辆在规定的初始速度下行驶,然后紧急制动,直至停止,计算车辆速度从 $40 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 降至 $5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 的平均减速度。以标准轮胎性能指数为100,与标准轮胎进行对比,得到试验轮胎的雪地制动性能指数,指数越高,说明轮胎雪地制动性能越好。

2 结果与讨论

2.1 雪地制动性能测试结果

轮胎雪地制动试验均在黑河嘉兴汽车试验场进行,同一组方案轮胎在3天内完成测试,每2—3套试验轮胎之间进行一次标准轮胎测试;第1组方案轮胎试验环境温度为 $-22 \sim -15 \text{ }^\circ\text{C}$,第2组方案轮胎试验环境温度为 $-22 \sim -18 \text{ }^\circ\text{C}$ 。第1组和第2组方案轮胎的雪地制动性能试验结果分别见表1和2。

表1 第1组方案轮胎的雪地制动性能试验结果

项 目	方案编号								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
胎面类型	夏季	夏季	夏季	夏季	夏季	四季	四季	四季	四季
雪地制动性能指数	32.0	41.3	37.0	47.2	52.2	56.4	57.5	59.8	59.3

表2 第2组方案轮胎的雪地制动性能试验结果

项 目	方案编号							
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
胎面类型	四季	四季	四季	四季	四季	冬季	冬季	冬季
雪地制动性能指数	86.5	72.9	72.2	86.9	85.9	101.6	92.1	102.1

从表1和2可见,对于不同类型胎面胶配方,轮胎的雪地制动性能从高到低依次为冬季配方、四季配方和夏季配方。

2.2 胎面胶粘弹性能对轮胎雪地制动性能的影响

对两组方案胎面胶进行DMA测试,分析不同温度下胶料粘弹性能与轮胎雪地制动性能指数的相关性。第1组和第2组方案胎面胶的DMA测试结果分别如表3和4所示, $\tan\delta$ 为损耗因子, E^* 为复合模量, E' 为储能模量, E'' 为损耗模量。

图1—4所示分别为比较有代表性的夏季胎面胶(方案A2)、四季胎面胶(方案A9)和冬季胎面胶(方案B8)的 $\tan\delta$ -温度、 E^* -温度、 E' -温度和 E'' -温

度曲线。

从图1—4可以看出:随温度的降低,方案A2、A9和B8胎面胶的 $\tan\delta$ 均先提高后降低, T_g 左右为转折点; E^* 和 E' 均提高;方案A2和A9胎面胶的 E'' 先提高后降低,方案B8胎面胶的 E'' 提高。

为进一步分析不同类型胎面胶的粘弹性能与轮胎雪地制动性能的相关性,将第1组与第2组方案中四季胎面胶(简称四季1和四季2)的 T_g 、 $\tan\delta$ 、 E^* 、 E' 和 E'' 与轮胎雪地制动性能指数的相关性进行分析。

2.2.1 T_g 的影响

T_g 是橡胶耐寒性能的重要指标,是橡胶从高弹态转变为玻璃态的特征温度, T_g 越低,橡胶耐寒性能越好。轮胎行业中一般用 T_g 来区分夏季、四季、冬季胎面胶配方,轮胎使用时的温度通常需高于胎面胶的 T_g 。 T_g 对轮胎雪地制动性能的影响如图5所示, R^2 为相关因数。

从图5可以看出:第1组方案及第1组方案中的四季胎面胶的 T_g 与轮胎雪地制动性能指数表现出高度相关性;第2组方案胎面胶表现为中度相关性,第2组方案中的四季胎面胶表现为无相关性。不同方案胎面胶的 T_g 与轮胎雪地制动性能指数的相关性差异较大,但均表现出 T_g 越低,轮胎雪地制动性能越好的趋势。分析认为:第1组方案包含了夏季和四季胎面胶配方,夏季胎面胶的 T_g 高于测试时环境温度,四季胎面胶的 T_g 在测试温度附近,在这种情况下 T_g 的影响较大,因此 R^2 较大;第2组方案为四季和冬季胎面胶配方,胎面胶的 T_g 低于测试温度,满足了橡胶处于高弹态的基本要求,因此 T_g 对轮胎雪地制动性能的影响相对降低;第2组方案中的四季胎面胶配方B1—B5,胎面胶的 T_g 相差不大,且都低于测试温度,故 T_g 对轮胎雪地制动性能的影响较低。

由上述分析可知,胎面胶的 T_g 对轮胎雪地制动性能的影响总体规律为: T_g 越低,轮胎雪地制动性能越好;但若满足 T_g 低于使用温度的基本要求, T_g 对轮胎雪地制动性能的影响减弱。

2.2.2 $\tan\delta$ 的影响

$\tan\delta$ 表征材料的粘弹性, $\tan\delta$ 越大,代表材料的粘性越大,力学滞后越严重。通常用 $0 \text{ }^\circ\text{C}$ 的

表3 第1组方案胎面胶的DMA测试结果

项 目	方案编号								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
$T_g/^\circ\text{C}$	-10.9	-11.3	-12.4	-12.7	-13.2	-18.7	-19.5	-24.5	-27.3
$\tan\delta$									
-40 $^\circ\text{C}$	0.084	0.073	0.076	0.080	0.155	0.200	0.203	0.288	0.150
-30 $^\circ\text{C}$	0.165	0.155	0.108	0.182	0.267	0.389	0.376	0.495	0.647
-20 $^\circ\text{C}$	0.448	0.479	0.369	0.449	0.436	0.577	0.590	0.527	0.555
-10 $^\circ\text{C}$	0.757	0.786	0.742	0.580	0.486	0.490	0.477	0.389	0.359
0 $^\circ\text{C}$	0.540	0.507	0.452	0.460	0.383	0.347	0.315	0.286	0.268
10 $^\circ\text{C}$	0.335	0.310	0.303	0.346	0.279	0.259	0.236	0.227	0.230
25 $^\circ\text{C}$	0.188	0.179	0.199	0.250	0.198	0.185	0.170	0.176	0.203
E^*/MPa									
-40 $^\circ\text{C}$	1 601.7	1 497.5	1 458.8	1 439.5	946.8	1 037.2	1 016.1	713.4	1 187.2
-30 $^\circ\text{C}$	1 114.6	1 090.0	1 136.6	1 030.4	556.3	478.0	483.9	291.4	372.0
-20 $^\circ\text{C}$	470.5	468.4	616.1	445.6	228.7	151.0	143.9	91.3	89.8
-10 $^\circ\text{C}$	103.1	98.6	108.8	132.9	86.7	50.8	52.8	40.1	42.7
0 $^\circ\text{C}$	32.8	32.6	39.6	54.4	41.4	27.0	28.3	23.9	28.7
10 $^\circ\text{C}$	17.1	19.0	24.5	30.8	26.2	18.4	20.0	17.0	21.7
25 $^\circ\text{C}$	11.0	13.0	16.5	18.9	18.0	12.7	14.0	11.9	16.0
E'/MPa									
-40 $^\circ\text{C}$	1 596.1	1 493.5	1 454.6	1 434.9	935.7	1 017.1	995.7	685.5	1 174.1
-30 $^\circ\text{C}$	1 099.7	1 077.1	1 130.0	1 013.8	537.4	445.6	453.0	261.1	312.4
-20 $^\circ\text{C}$	429.4	422.4	577.9	406.5	209.6	130.7	123.9	80.7	78.5
-10 $^\circ\text{C}$	82.2	77.5	87.4	115.0	78.0	45.6	47.7	37.3	40.2
0 $^\circ\text{C}$	28.9	29.1	36.1	49.4	38.6	25.5	27.0	23.0	27.8
10 $^\circ\text{C}$	16.2	18.1	23.4	29.1	25.2	17.8	19.4	16.6	21.1
25 $^\circ\text{C}$	10.8	12.8	16.2	18.3	17.7	12.5	13.8	11.7	15.7
E''/MPa									
-40 $^\circ\text{C}$	133.5	109.1	110.9	115.2	144.9	203.3	202.3	197.5	175.7
-30 $^\circ\text{C}$	181.6	167.2	121.9	184.2	143.7	173.2	170.3	129.3	202.0
-20 $^\circ\text{C}$	192.4	202.4	213.5	182.4	91.5	75.5	73.1	42.5	43.6
-10 $^\circ\text{C}$	62.2	60.9	64.8	66.7	37.9	22.3	22.7	14.5	14.4
0 $^\circ\text{C}$	15.6	14.8	16.3	22.7	14.8	8.8	8.5	6.6	7.4
10 $^\circ\text{C}$	5.4	5.6	7.1	10.1	7.0	4.6	4.6	3.8	4.9
25 $^\circ\text{C}$	2.0	2.3	3.2	4.6	3.5	2.3	2.3	2.1	3.2

$\tan\delta$ 来评价胎面胶的抗湿滑性能, $\tan\delta$ 越高,滞后阻力越大,抗湿滑性能越好。不同温度下胎面胶的 $\tan\delta$ 与轮胎雪地制动性能的相关性见图6。

从图6可见,各组方案胎面胶的 $\tan\delta$ 在-30和0 $^\circ\text{C}$ 左右与轮胎雪地制动性能的相关性较好,其中,-30 $^\circ\text{C}$ 表现为正相关,0 $^\circ\text{C}$ 表现为负相关。

在-30 $^\circ\text{C}$,夏季及部分四季胎面胶已处于玻璃态,所表现出的相关性意义不大;在0 $^\circ\text{C}$,胶料的 $\tan\delta$ 高,说明橡胶内部滞后损失大,但轮胎雪地制动性能反而下降。分析认为:在低温下,橡胶模量升高,在相同受力条件下,虽然 $\tan\delta$ 增大,但应变降低,实际由滞后导致的能量损失相对减小,滞

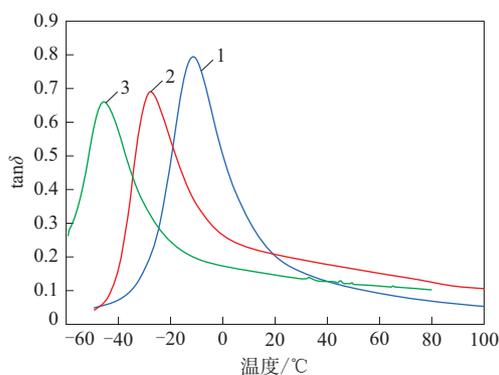
后损失对制动性能的影响变小;0 $^\circ\text{C}$ 的 $\tan\delta$ 与轮胎雪地制动性能表现出负相关性,随机性的可能比较大。

2.2.3 模量的影响

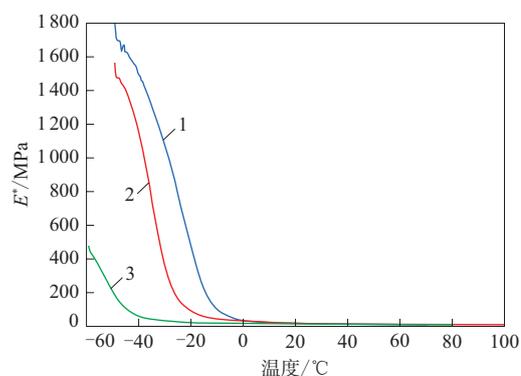
E^* 为橡胶受拉伸应力时应力与应变之比, E^* 越大,说明在达成同样变形的情况下需要的应力越高,也说明材料刚性增大。 E' 反映材料受力时可逆形变所储存能量的大小, $E' = E^* \cos\delta$; E'' 反映材料受力时不可逆形变所损耗能量的大小, $E'' = E^* \sin\delta$ 。 E' 及 E'' 同时受 E^* 及 δ 的影响,单独对比 E' 及 E'' 意义不大。不同温度下胎面胶的 E^* 与轮胎雪地制动性能的相关性见图7。

表4 第2组方案胎面胶的DMA检测结果

项 目	方案编号							
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
$T_g/^\circ\text{C}$	-23.8	-25.9	-20.2	-23.1	-25.2	-28.6	-28.4	-45.4
$\tan\delta$								
-40 $^\circ\text{C}$	0.252	0.261	0.203	0.253	0.248	0.401	0.387	0.576
-30 $^\circ\text{C}$	0.408	0.345	0.331	0.349	0.359	0.537	0.510	0.360
-20 $^\circ\text{C}$	0.444	0.336	0.404	0.361	0.357	0.465	0.439	0.248
-10 $^\circ\text{C}$	0.331	0.289	0.342	0.312	0.291	0.324	0.296	0.197
0 $^\circ\text{C}$	0.244	0.254	0.274	0.271	0.241	0.241	0.203	0.175
10 $^\circ\text{C}$	0.200	0.236	0.241	0.247	0.218	0.197	0.158	0.161
25 $^\circ\text{C}$	0.170	0.219	0.213	0.220	0.202	0.161	0.127	0.143
E^*/MPa								
-40 $^\circ\text{C}$	685.9	733.6	800.6	562.6	647.3	414.1	409.6	57.2
-30 $^\circ\text{C}$	303.6	353.0	397.9	265.1	300.4	146.2	150.5	28.9
-20 $^\circ\text{C}$	121.2	163.2	159.9	126.2	139.3	58.0	63.0	20.1
-10 $^\circ\text{C}$	60.4	95.4	79.8	71.9	79.8	31.4	36.3	16.2
0 $^\circ\text{C}$	41.1	63.4	50.6	47.4	54.6	22.3	26.3	13.7
10 $^\circ\text{C}$	31.7	47.3	37.5	35.4	40.4	17.4	21.4	12.0
25 $^\circ\text{C}$	24.3	33.1	26.7	25.0	28.7	13.6	17.5	10.0
E'/MPa								
-40 $^\circ\text{C}$	665.1	709.8	784.5	545.4	628.3	384.4	382.0	49.5
-30 $^\circ\text{C}$	281.1	333.8	377.8	250.4	282.7	128.8	134.1	27.1
-20 $^\circ\text{C}$	110.8	154.7	148.2	118.7	131.2	52.6	57.7	19.5
-10 $^\circ\text{C}$	57.4	91.6	75.5	68.6	76.6	29.9	34.8	15.9
0 $^\circ\text{C}$	40.0	61.4	48.8	45.7	53.1	21.7	25.7	13.5
10 $^\circ\text{C}$	31.1	46.0	36.4	34.3	39.5	17.1	21.2	11.8
25 $^\circ\text{C}$	24.0	32.3	26.1	24.4	28.1	13.5	17.4	9.9
E''/MPa								
-40 $^\circ\text{C}$	167.6	185.4	159.3	138.1	155.9	154.2	147.8	28.6
-30 $^\circ\text{C}$	114.8	115.0	124.9	87.3	101.5	69.2	68.4	9.8
-20 $^\circ\text{C}$	49.2	51.9	59.9	42.9	46.8	24.4	25.3	4.8
-10 $^\circ\text{C}$	19.0	26.5	25.8	21.4	22.3	9.7	10.3	3.1
0 $^\circ\text{C}$	9.7	15.6	13.3	12.4	12.8	5.2	5.2	2.4
10 $^\circ\text{C}$	6.2	10.9	8.8	8.5	8.6	3.4	3.3	1.9
25 $^\circ\text{C}$	4.1	7.1	5.6	5.4	5.7	2.2	2.2	1.4

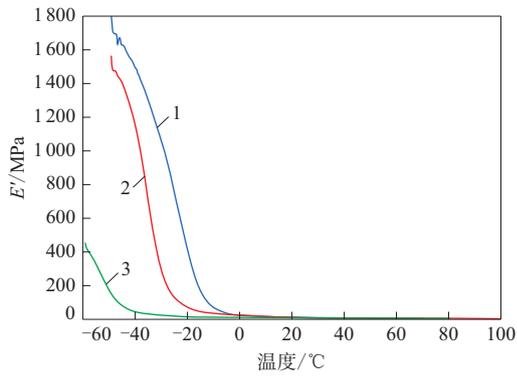


方案编号: 1—A2; 2—A9; 3—B8。

图1 夏季、四季和冬季胎面胶的 $\tan\delta$ -温度曲线

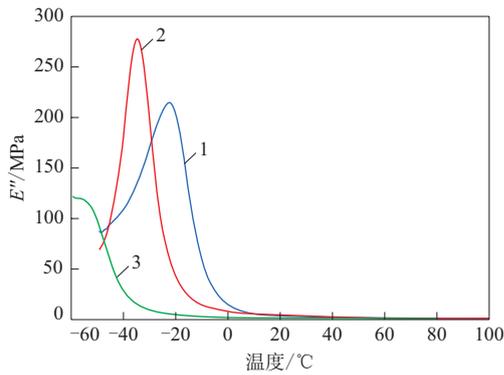
注同图1。

图2 夏季、四季和冬季胎面胶的 E^* -温度曲线



注同图1。

图3 夏季、四季和冬季胎面胶的 E' -温度曲线



注同图1。

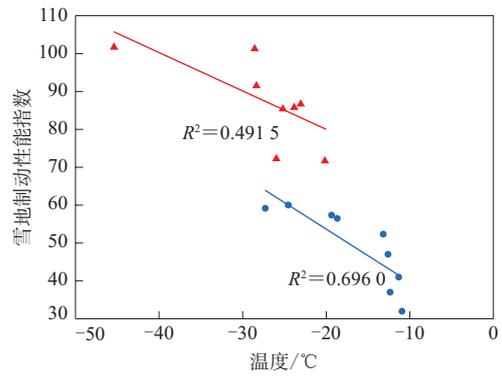
图4 夏季、四季和冬季胎面胶的 E'' -温度曲线

由图7可见,在 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,各方案胶面胶的 E^* 均表现出与轮胎雪地制动性能的高度相关性。分析认为:随着温度的降低,橡胶分子链段活动性减弱,达到同样变形需要的应力增大, E^* 也随之增大;低温时胎面胶 E^* 越小,说明同等应力条件下其应变更大,一方面轮胎与地面的接触面积增大,另一方面在不考虑 $\tan\delta$ 的前提下,应变大的滞后能量损失更高。胎面胶的 E^* 越小,轮胎的雪地制动性能越好。

2.3 胎面胶硬度对轮胎雪地制动性能的影响

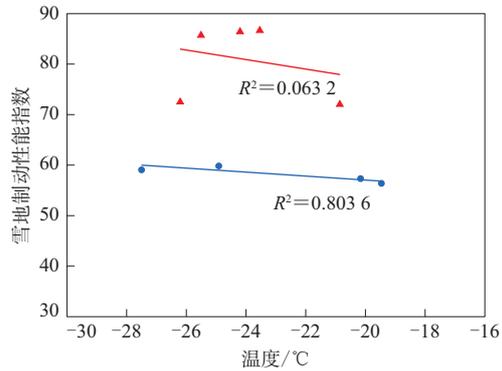
硬度为橡胶抵抗压针压力的能力,反映了橡胶的软硬程度,橡胶越软,压针越容易压入,测得的硬度越低。随着温度的降低,橡胶的硬度逐步增大,温度低于 T_g 后,橡胶的硬度会有较大幅度提高。胎面胶的硬度高,则刚性大,轮胎与地面的接触面积减小。通常认为在低温环境下,橡胶的硬度越低,与地面的接触面积越大,抓着性能越好。

第1组和第2组轮胎在不同环境温度下的胎面



●—第1组方案;▲—第2组方案。

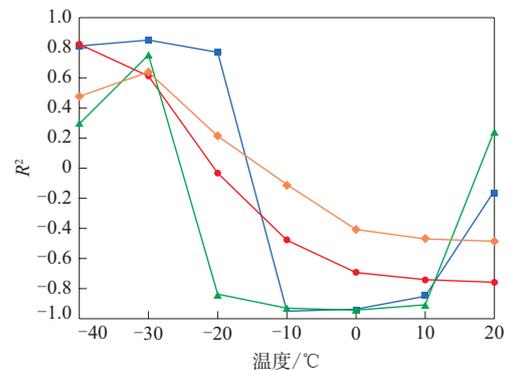
(a) 两组方案对比



●—四季1;▲—四季2。

(b) 四季轮胎对比

图5 T_g 对轮胎雪地制动性能的影响



■—第1组方案;●—第2组方案;▲—四季1;◆—四季2。

图6 不同温度下胎面胶 $\tan\delta$ 与轮胎雪地制动性能的相关性胶硬度测试结果分别如表5和6所示。

不同温度范围内胎面胶硬度与轮胎雪地制动性能的相关性如图8所示。

从表5和6及图8可以看出:室温($22\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右)及较低温度($6\sim 10\text{ }^{\circ}\text{C}$)下胎面胶硬度与轮胎雪地制动性能的相关性较差,且不同方案轮胎的变化趋

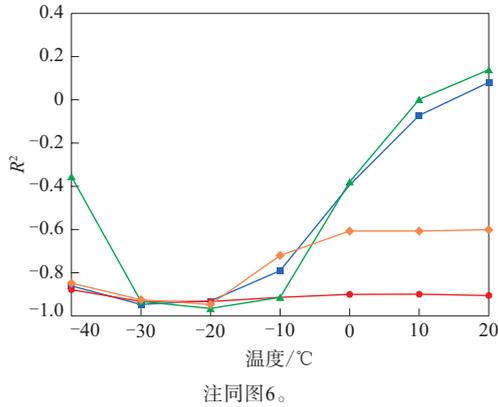


图7 不同温度下胎面胶 E^* 与轮胎雪地制动性能的相关性

表5 第1组方案轮胎不同温度下胎面胶邵尔A型硬度 度

温度/°C	方案编号								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
22	64	66	71	68	71	64	69	66	67
6	70	73	75	75	76	72	75	71	71
-20	84	82	91	81	81	79	79	80	76

表6 第2组方案轮胎不同温度下胎面胶邵尔A型硬度 度

温度/°C	方案编号							
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
23	65	61	62	63	59	57	65	56
10	67	63	64	65	64	58	64	55
-21	78	75	74	73	73	64	70	61

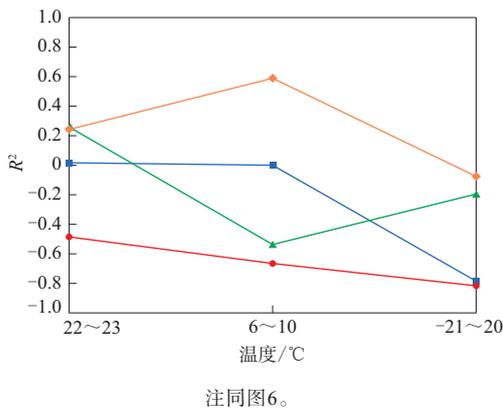
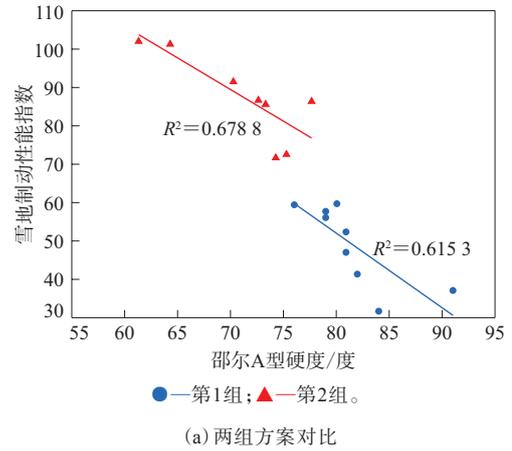


图8 不同温度下胎面胶硬度与轮胎雪地制动性能的相关性

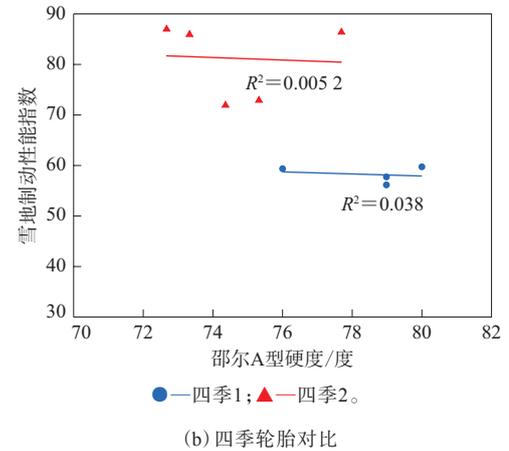
势不一致,可认为无相关性;低温环境下第1组和第2组方案胎面胶硬度与轮胎雪地制动性能指数的 R^2 分别为 -0.78 和 -0.82 , 为中高度相关,但对于两组方案中的四季胎面胶 R^2 很低,仅为 -0.19 和 -0.07 。

$-20\text{ }^\circ\text{C}$ 下两组方案轮胎胎面胶硬度对轮胎雪

地制动性能的影响如图9所示。



(a) 两组方案对比



(b) 四季轮胎对比

图9 $-20\text{ }^\circ\text{C}$ 时胎面胶硬度对轮胎雪地制动性能的影响

四季胎面胶在 $-20\text{ }^\circ\text{C}$ 左右的硬度在 $70\sim 80$ 度之间,硬度差异不大,可能导致胎面胶硬度对轮胎雪地制动性能的影响降低。分析胎面胶硬度及其对应的轮胎雪地制动性能可知, $-20\text{ }^\circ\text{C}$ 时胎面胶硬度在 $60\sim 70$ 度时,轮胎的雪地制动性能最好,通常冬季胎面胶控制在这个硬度范围内;胎面胶硬度在 $70\sim 80$ 度时,轮胎的雪地制动性能中等,通常四季胎面胶在这个硬度范围内;胎面胶硬度在 80 度以上时,轮胎的雪地制动性能较差,通常夏季胎面胶在这个硬度区间。

室温及较低温度下胎面胶硬度与轮胎雪地制动性能相关性差,可认为无相关;低温下胎面胶硬度与轮胎雪地制动性能有一定相关性,低温下胎面胶的硬度越低,轮胎雪地制动性能越好,但若将胎面胶硬度控制在一定范围内,其与轮胎雪地制动性能的相关性下降,甚至无相关性。

3 结论

根据两组胎面胶粘弹性和胎面硬度与轮胎(相同结构和花纹设计、不同胎面胶配方)雪地制动性能的相关性分析结果,胎面胶性能对轮胎雪地制动性能影响的可能趋势如下。

(1)胎面胶的 T_g 越低,轮胎的雪地制动性能越好;但若满足 T_g 低于轮胎使用温度的基本要求, T_g 对轮胎雪地制动性能的影响减弱。

(2)胎面胶的 $\tan\delta$ 对轮胎的雪地制动性能影响不大。

(3)胎面胶 $-20\text{ }^\circ\text{C}$ 时的 E^* 与轮胎雪地制动性能高度相关; E^* 越小,轮胎的雪地制动性能越好。

(4)低温下胎面胶硬度与轮胎雪地制动性能有一定相关性,总体趋势表现为低温下胎面胶硬度越低,轮胎雪地制动性能越好;但若将低温下胎面胶硬度控制在一定范围内,其与轮胎雪地制动性能的相关性下降,甚至无相关性。

参考文献:

- [1] 牟守勇. 国内外雪地轮胎概况与测试标准分析[J]. 橡胶工业, 2019, 66(1): 69-74.
- [2] 陈少梅, 王琳, 陈雪梅, 等. 轮胎安全相关法规标准的分析与研究[J]. 轮胎工业, 2020, 40(9): 526-528.
- [3] 彭旭东, 孟祥凯, 卢荡, 等. 冰雪路面汽车轮胎摩擦特性研究进展[J]. 摩擦学学报, 2003, 23(5): 451-456.
- [4] 谢伟忠, 陈龙, 袁世海, 等. 两种冬季轮胎在寒区的性能研究与对比测试[J]. 汽车实用技术, 2017(8): 55-56.
- [5] 郑涛, 陈强, 马研研, 等. 碳纳米管在雪地轮胎胎面胶中的应用[J]. 橡胶科技, 2018, 16(8): 26-29.
- [6] 魏胜, 路波, 张丽杰, 等. 配套轿车轮胎的性能测试[J]. 轮胎工业, 2021, 41(3): 148-156.
- [7] 李兵. 计及复杂胎面花纹的子午线轮胎结构有限元分析[J]. 中国科学技术大学, 2008, DOI: 10. 7666/d. y1412578.
- [8] 王洁, 李钊, 李子然. 制动工况下不同滑移率轮胎胎面的磨损行为研究[J]. 橡胶工业, 2021, 68(8): 563-568.
- [9] 布雷士 P J, 斯乔恩马凯尔 J, 狄龙 R, 等. 在不牺牲于制动或无磨损的情况下具有改进的雪地性能的轮胎[P]. 中国: CN 111556814A, 2020-08-18.

收稿日期: 2022-10-12

Effect of Tread Compound Properties on Snow Braking Performance of Passenger Car Tire

CAO Hui, WANG Zhiyuan, ZHOU Rongjie, JIANG Linfeng

(Wanli Tire Co., Ltd., Guangzhou 510080, China)

Abstract: The snow braking performance of passenger car tires with the same structure, same pattern design and different tread compound formula was compared and analyzed, and the effect of tread compound properties on the snow braking performance of tires was studied. The results showed that the lower the glass transition temperature (T_g) of the tread compound, the better the snow braking performance of the tires. However, if T_g was lower than the tire service temperature, the influence of T_g of the tread compound on the snow braking of the tire would be weakened. The loss factor had little effect on the snow braking performance of the tire. The complex modulus (E^*) of the tread compound at $20\text{ }^\circ\text{C}$ was highly related to the snow braking performance of the tire. The smaller the E^* , the better the snow braking performance of the tire. Furthermore, the hardness of tread compound at low temperatures had a certain correlation with the snow braking performance of the tire. The overall trend was that the lower the hardness of the tread compound at low temperatures, the better the snow braking performance of the tire. However, if the hardness of the tread compound at low temperatures was controlled within a certain range, its correlation with the snow braking performance of the tire decreased, or even had no correlation.

Key words: passenger car tire; tread compound; viscoelasticity; hardness; snow braking performance