

芳纶环保轮胎的制造与性能研究

刘安华¹, 陆 林², 黎继荣³

(1. 华南理工大学材料学院, 广州, 510641; 2. 桦林佳通轮胎有限公司, 黑龙江 桦林 157032;
3. 华南橡胶轮胎有限公司, 广东 广州 511400)

摘要: 试制了多个规格的芳纶轿车子午线轮胎, 其重量比正常生产的普通胎降低 10%, 滚动阻力降低 10%以上, 并具有优异的高速性能, 完全满足高性能绿色环保轮胎的要求
关键词: 芳纶; 环保; 轮胎; 性能

21 世纪是以高技术为中心的环保世纪, 也是全面推行环保型绿色轮胎的世纪。20 世纪 90 年代以来, 欧、美、日等发达国家相继提出了“绿色轮胎”、“环保轮胎”的概念, 推出了“低燃料轮胎”、“超轻量子午线轮胎”等系列新品种, 以达到降低燃料消耗, 减少汽车尾气排放, 降低噪音、保护环境的目的。按绿色轮胎的标准, 其滚动阻力比普通子午线轮胎降低 20%以上, 全球每年可节省燃料油约 3000 万 t。减少二氧化碳排放量达 810 亿 t, 发展绿色环保轮胎具有十分重要的意义。

高性能环保轮胎的主要指标之一是其低滚动阻力, 而低滚动阻力的表现形式是重量轻、低滞后和低变形, 这些要求都是芳纶作为骨架材料的优势所在。芳纶强度高、变形小、热收缩低、高耐热, 并且蠕变性能极小, 超群于其它各类帘线。采用芳纶帘子线取代钢丝等骨架材料生产子午线轮胎, 对轮胎技术的进步和开发绿色环保轮胎是很有意义的。以芳纶代替钢丝, 可以省去价格昂贵的钢丝压延专用生产线, 进口一条线约 300 万美元以上。以芳纶代替尼龙帘线等, 可以省去轮胎硫化的后充气装置, 有利于提高生产效率和节省硫化设备的投资。

芳纶作为高性能轿车子午线轮胎的带束层骨架材料, 不仅可以提高轮胎吸收地面冲击的能力, 改善舒适性, 而且可以降低噪音。滚动阻力较使用钢丝的可减少 5%~7%。用于载重轮胎, 胎体重量可减轻 3~5kg, 燃油经济性提高 1.25%。由

于减少了胎体帘布层数, 对轮胎轻量化和降低生热均有利, 同时有利于高生热行驶时帘布层的耐久性提高。用于航空子午线轮胎的带束层, 在飞机起飞、着陆以及高载荷滑跑时, 能表现出优异的耐磨性能。另外用于工程轮胎胎体外侧补强层, 可以使其获得良好的耐切割性能。本文在前期芳纶帘线基本性能研究的基础上, 通过对芳纶帘子线结构的选择研究, 芳纶与橡胶复合材料力学性能和粘合体系的研究及芳纶材料在轮胎中加工工艺的研究, 试制了采用芳纶帘线取代钢丝帘线, 开发重量轻、耗油少、滚动阻力低、耐磨好、使用寿命长的新型绿色环保轮胎。

1 试验操作

1.1 主要材料

芳纶帘线, 1500dtex /2, 山东博莱特公司生产, 其基本性能如表 1。生胶、炭黑及其他助剂均为橡胶工业通用材料。

表 1 芳纶帘线的性能

检验项目	指标
断裂强度/(N/根)	532
300N 伸长率/%	2.7
断裂伸长率/%	5.0
H 抽出/(N·cm ¹)	120
帘布密度/(根/10cm)	71
帘布幅宽/mm	1400
帘线直径/mm	0.69
捻度/(捻/10cm)	31.5

1.2 主要实验设备

轮胎性能试验机, RW 860, (桂林曙光橡胶研究院); 动态粘弹谱仪, NETZSCH DMA 242 型, 德国产(华南理工大学)。

1.3 轮胎试制

在基础研究工作的基础上, 确定了芳纶轮胎

的试制方案, 其中有芳纶帘线带束层, 而胎体材料不变的方案, 也有用一层芳纶帘线代替一层聚酯帘线或两层锦纶帘线作胎体层的。具体试制工作分别在桦林、华南两家轮胎厂实施。试制方案如

表 2 芳纶轮胎试制方案

试制厂	方案	轮胎规格	带束层结构	胎体结构	胎面胶构	试制条数
桦林	A-1	195 /60R14 86H	2 层钢丝帘线	2 层聚酯帘线	正常生产	10
	A-2	195 /60R14 86H	2 层芳纶帘线	2 层聚酯帘线	正常生产	10
	A-3	195 /60R14 86H	2 层芳纶帘线	2 层聚酯帘线	低滚阻力胎面	10
	A-4	195 /60R14 86H	2 层芳纶帘线	1 层芳纶帘线	低滚阻力胎面	10
	B-1	185 /70R13 86H	2 层钢丝帘线	2 层聚酯帘线	正常生产	10
	B-2	185 /70R13 86H	2 层芳纶帘线	2 层聚酯帘线	正常生产	10
华南	B-3	185 /70R13 86H	2 层芳纶帘线	2 层聚酯帘线	低滚阻力胎面	10
	A-1	195 /60R14 86H	2 层芳纶帘线	1 层尼龙帘线	低滚阻力胎面	20
	A-2	195 /60R14 86H	2 层芳纶帘线	1 层尼龙帘线	正常生产	20
	B-1	195 /65R15 91V	2 层芳纶帘线	1 层尼龙帘线	正常生产	20
	C-1	225 /40Z R18 88W	2 层芳纶帘线	1 层尼龙帘线	低滚阻力胎面	20
	C-2	225 /40Z R18 88W	2 层芳纶帘线	1 层芳纶帘线	低滚阻力胎面	10

2 结果与分析

2.1 低滚阻力胎面胶配方

为了协调降低轮胎滚动阻力, 研究开发了低滚动阻力胎面胶配方, 经实际轮胎试制, 工艺顺利通过, 性能达到要求, 轮胎滚动阻力实测结果效果显著, 达到了国际先进轮胎公司同规格轮胎的水平。

生胶体系: 以充油 SBR 为主, 并用少量 BR, 为 SR100 份。

补强体系: 除生胶外, 影响最大的材料是采用炭黑与白炭并用体系, 总用量为 70 份, 并加入硅烷偶联剂。

防老体系: 防老剂 4020+ 防老剂 RD+ 臭氧防护蜡。

硫化体系: 采用 S+NS+TM TD+D 的硫化体系, 总用量 4.04 份, 氧化锌采用了纳米氧化锌。

加工助剂: 由于白炭黑和较高的补强填料, 需加入分散剂 2 份。同时解决 SR 的粘性, 加入增粘树脂 3 份, 本配方除充油 SBR 中的油以外, 不再另加操作油。

胶料性能指标和实测值见表 3。

低滚动阻力胎面胶配方, 胶料的低滚动阻力一般以 60℃tg δ 表征, 其防滑性则以 0℃tg δ 表征, 目标值以 0℃tg δ 高, 60℃tg δ 低为综合性能理想。由图 1 可以看出, 本课题开发的低滚动阻力配方的综合性能理想。

表 3 低滚阻力胎面胶配方性能

检验项目	标准	桦林值	华南值
300%定伸强度 /MPa	13±1	11.7	14.0
邵尔 A 型硬度 /度	68±2	64	68
拉伸强度 /M Pa	≥18	18.8	17.8
扯断伸长率 /%	380±20	455	371
永久变形 /%	≤16	-	10.5
撕裂强度 /(k N · m ⁻¹)	≥30	69	43
阿克隆磨耗量 /cm ³	-	0.2	-
老化系数 100℃×48h	-	0.52	-

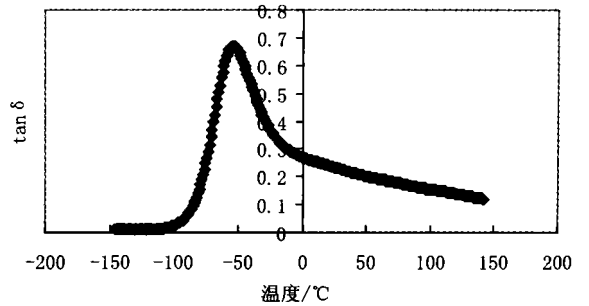


图 1 胎面胶的动态粘弹谱

2.1 轮胎重量

表 4 是试制样胎的重量与对照胎的比较。由表 4 可以看出, 桦林的试制胎中, 最大重量减少 12%~13%, 最少减少 7%~8%; 华南的试制胎中, 最大重量减少 9%以上, 最少减少 6%~8%。由于华南正常生产的普通胎是一层胎体, 其重量与国外大轮胎公司重量(表 5)已相近, 与国外胎同属轻量水平, 所以芳纶轮胎的重量与其比较, 减重相对少一些。

表 4 芳纶轮胎的重量比较

桦林试制				华南试制			
方案	平均重量/kg	降低重量/kg	降低 /%	方案	平均重量/kg	降低重量/kg	降低 /%
A-1	8.79	0	0	正常	8.85	0	0
A-2	8.19	0.60	6.8	A-2	8.28	0.57	6.4
A-3	8.06	0.73	8.3	正常	9.49	0	0
A-4	7.70	1.09	12.4	B-1	8.76	0.73	7.7
B-1	7.83	0	0	正常	10.17	0	0
B-2	6.81	1.02	13.0	C-1	9.37	0.80	7.9
B-3	6.86	0.97	12.3	C-2	9.21	0.96	9.4

表 5 同规格国外轮胎重量 kg

规格	195/65R15 91V	225/40ZR18
米其林	8.51	9.20
固特异	8.92	9.60
大陆	8.95	9.89
倍耐力	9.13	9.70
平均	8.99	10.19
华南万力	9.49	10.17

2.2 轮胎滚动阻力

轮胎滚动阻力试验是委托桂林曙光研究院在引进的专门试验设备上进行的,试验结果列于表

表 7 芳纶轮胎的滚动阻力(华南)

试验速度 / (km·h ⁻¹)	195/60R14					195/65R15		
	普通轮胎 /N	A-2 /N	A-1 /N	A-2 降低 /%	A-1 降低 /%	普通轮胎 /N	B-1 /N	B-1 降低 /%
50	51.323	49.120	47.913	4.29	6.64	63.372	52.443	17.25
90	51.974	47.484	47.487	8.64	8.63	62.163	53.365	14.15
120	53.043	49.913	48.312	5.90	8.92	60.144	53.691	10.73
140	53.640	49.396	-	7.91	-	58.721	54.764	6.74
160	55.247	49.823	43.806	9.82	20.71	61.458	56.334	8.34

2.3 轮胎外缘尺寸

表 8 是芳纶试制样胎的外缘尺寸情况。
从表 8 表明,各方案的芳纶轮胎外缘尺寸均符合国家标准要求,与普通轮胎外缘尺寸无太大差别,用现生产模具不需要修改就可以用芳纶帘线。

2.4 轮胎强度

轮胎强度试验按 GB/T4503 1996 国家标准测试,结果列于表 9。

表中数据表明,各方案的芳纶轮胎强度均符合国家标准,说明方案设计中芳纶帘线规格及帘布密度的选择是合理的。

2.5 高速性能

高速性能是轿车子午线轮胎水平高低的一项重要特征指标。本课题研制的各方案芳纶轿车子

午和表 7。

在一般情况下,轮胎的滚动阻力随行驶速度的增加而增加。但从表 6 和表 7 的数据可以看出,芳纶轮胎的滚动阻力明显小于正常生产的普通轮胎,同时,随试验速度的提高,滚动阻力比普通轮胎下降更明显,如每小时 160km 时,华南试制的 195/60HR14 A-1 方案,比普通轮胎滚动阻力下降 20%,A-2 方案下降接近 10%。195/65R15 由于滚动阻力数据的波动,以滚动阻力系数表征,B-1 方案比普通轮胎下降也在 10%以上,桦林试制的 195/60R14, A-3、A-4 方案比普通轮胎下降 12%~14%。

表 6 芳纶轮胎的滚动阻力(桦林)

样品	A-1	A-2	A-3	A-4
滚动阻力 /N	51.4357	49.4616	45.1122	44.1295
滚动阻力系数	0.01238	1.01191	0.01085	0.01062
滚动阻力降低 /%	0	3.87	12.29	14.20
滚动阻力系数降低 /%	0	3.80	12.36	14.22

注:轮胎规格:195/60R14;试验速度每小时 90km。

午线轮胎,其速度性能均在每小时 210 km 以上,达到标准要求。从表 10 可以看出,芳纶轮胎显出非常优越的高速性能,达每小时 290km,比设计的 H 级(每小时 210km)提高了 8 个速度档次,在高速度级别 Z 级(W=270km·h⁻¹)中达到每小时 310~320km,已达到最高速度级别 Z 级(Y=300km·h⁻¹)的标准。V 级胎中也超出标准 5 个档。一般高水平的国外轮胎,其速度实际比设计的高 3~4 个档。所以,芳纶轮胎能在很大程度上改善高速性能。

2.6 轮胎其他性能

轮胎耐久性方面,各方案的芳纶样胎均超过国家标准的要求,即 34h 未损坏。选择其中几个方案,分别在 140h 和 180h 均未损坏。

无内胎的脱圈试验均达到国家标准。

表 8 芳纶轮胎外缘尺寸

轮胎规格	方案	标准		桦林试胎		华南试胎	
		外直径±1.0% /mm	断面宽度±3.5% /mm	外直径/mm	断面宽度/mm	外直径/mm	断面宽度/mm
195 /60HR14	普通轮胎	590	201	588.6	197	590.1	206.3
	A-2	-	-	591.4	195	591.4	206.1
	A-3	-	-	592.9	196	589.8	206.3
	A-4	-	-	590.5	195	-	-
185 /70HR13	普通轮胎	590	189	594.9	194	-	-
	A-2	-	-	594.9	194	-	-
	A-3	-	-	595.4	192	-	-
195 /60HR15	普通轮胎	635	201	-	-	635.4	203.2
	B-1	-	-	-	-	635.4	202.8
225 /40ZR18	普通轮胎	637	230	-	-	638.9	228.0
	C-1	-	-	-	-	638.5	228.2
	C-2	-	-	-	-	638.2	228.2

表 9 芳纶轮胎的强度

轮胎规格	方案	标准最小破坏能 W ₀ /(N·m)	桦林试胎		华南试胎	
			破坏能 W [*] /(N·m)	W/W ₀ ×100%	破坏能 W [*] /(N·m)	W/W ₀ ×100%
195/60R14	正常	295	692.3	234.6	-	-
	A-2	295	712.3	241.5	477.0	161.7
	A-3	295	701.5	237.8	457.2	155.0
	A-4	295	575.7	195.2	-	-
185/70R13	正常	295	715.4	242.5	-	-
	A-2	295	594.8	201.6	-	-
	A-3	295	545.7	185.0	-	-
195/65R15	正常	295	-	-	-	-
	B-1	295	-	-	636.2	215.7
225 /40ZR18	正常	295	-	-	-	-
	C-1	295	-	-	509.0	172.5
	C-2	295	-	-	400.5	135.8

注: * 为 5 点破坏时数据, 1~4 点均未破坏。

表 10 芳纶轮胎的高速性能

轮胎规格	方案	标准速度/(km·h ⁻¹)	桦林试胎		华南试胎	
			检验通过速度 /(km·h ⁻¹)	破坏情况	检验通过速度 /(km·h ⁻¹)	破坏情况
195/60R14 86H	正常	210	220	未损坏	-	-
	A-2	210	250	未损坏	290	上模脱空
	A-3	210	210	未损坏	250	上模脱空
	A-4	210	210	未损坏	-	-
185/70R13 86H	正常	210	240	冠脱层	-	-
	A-2	210	240	肩脱层	-	-
	A-3	210	250	未损坏	-	-
195 /65R15 91V	正常	240	-	-	-	-
	B-1	240	-	-	290	下模肩空
225 /40ZR18 88W	正常	270	-	-	-	-
	C-1	270	-	-	320	上模肩空
	C-2	270	-	-	310	-

注: 按 GB/T7034-1998 执行, 225/40ZR18 由于无国家标准, 按欧洲 ECE 标准试验。

3 小结

试制的 195/60H R14 86H, 195/65HR15 91V、185/70R13 86H, 225/40 ZR18 88W 等轿车子午线轮胎, 重量降低 10%, 滚阻力降低 10%以

上, 尤其是具有优异的高速性能, 充分说明了芳纶应用于轮胎中具有非常优异的性能, 显示了广阔的应用前景。