

芳纶/锦纶混纺帘线冠带条的开发及应用

吴祥鑫,车明明,刘昌波,王海艳,周献伟,王志楠

[浦林成山(山东)轮胎有限公司,山东 荣成 264300]

摘要:开发了芳纶/锦纶混纺帘线冠带条,并研究冠带条对轮胎性能的影响。结果表明:冠带条材料强度增大、带束层角度减小,轮胎外直径减小;随着冠带条缠绕强度和材料强度的增大、带束层角度的减小,轮胎静态接地印痕长轴和短轴长度及面积呈增大趋势;冠带条缠绕强度和材料强度增大,轮胎高速性能提高;带束层角度增大,V速度级别轮胎高速性能显著提升;冠带条缠绕强度和材料强度增大,轮胎滚动阻力降低,带束层角度微调对轮胎滚动阻力影响不大。

关键词:芳纶/锦纶混纺帘线;冠带条;缠绕方式;带束层角度;外直径;接地印痕;高速性能;滚动阻力

中图分类号:U463.341;TQ330.38⁺9

文献标志码:A

文章编号:1006-8171(2021)06-0364-06

DOI:10.12135/j.issn.1006-8171.2021.06.0364



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

芳纶帘线具有高模量、低收缩、质量小等特点,很多企业开展了芳纶短纤维、芳纶/锦纶混纺帘线的开发,并取得了工业化应用^[1-5]。根据某主机厂电动汽车开发需求,其配套轮胎滚动阻力要求达到欧盟标签法A级水平,高于市场上此规格轮胎滚动阻力要求。为满足主机厂配套轮胎要求,我公司开发了芳纶/锦纶混纺帘线冠带条,并研究冠带条缠绕方式和材质及带束层角度对成品轮胎外直径、接地印痕、高速性能和滚动阻力的影响。

1 规格选取及方案设计

1.1 规格选取

选择不同速度级别(V,W,Y)、不同断面宽(215,225,275 mm)、不同高宽比(45,55,60)的高性能和超高性能轮胎进行方案设计(花纹样式见图1—3),并对不同方案轮胎性能进行对比。



图1 225/60R18 100V轮胎花纹样式



图2 215/55R17 98Y轮胎花纹样式



图3 275/40R18 103W轮胎花纹样式

1.2 设计方案

主要从冠带条的缠绕方式和材料及带束层角度3个方面进行成品轮胎性能对比。设计方案如表1—3所示。其中,芳纶/锦纶混纺帘线冠带条的强度大于锦纶帘线冠带条;冠带条强度由大到小的缠绕方式依次为WC,FC,AC,BC。

2 结果与讨论

2.1 各因素对轮胎外直径的影响

2.1.1 冠带条缠绕方式

冠带条缠绕方式对轮胎外直径的影响见表4。

作者简介:吴祥鑫(1986—),男,山东莱阳人,浦林成山(山东)轮胎有限公司工程师,硕士,从事轿车轮胎配套开发工作。

E-mail:xxwu@prinxschengshan.com

表1 225/60R18 100V轮胎的设计方案

项 目	方案编号											
	A	B	C	D	L	M	N	P	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]
冠带条材料	混纺 ¹⁾	锦纶 ²⁾	锦纶 ²⁾	混纺 ¹⁾	锦纶 ³⁾	锦纶 ³⁾	混纺 ¹⁾	混纺 ¹⁾	锦纶 ³⁾	锦纶 ²⁾	锦纶 ²⁾	混纺 ¹⁾
冠带条缠绕方式	AC	FC	FC	AC	AC	AC	BC	AC	AC	AC	AC	AC
带束层角度/(°)	27	27	24	24	24	24	24	24	24	24	27	27
带束层宽度/mm	200/190	194/184	200/190	194/184	200/190	190/180	190/180	190/180	200/190	200/190	200/190	200/190

注:1)芳纶/锦纶混纺帘线;2)牌号WD-2;3)牌号ND-2。A方案与4[#]方案试验批次不同。

表2 215/55R17 98Y轮胎的设计方案

项 目	方案编号			
	A'	B'	C'	D'
冠带条材料	锦纶 ¹⁾	混纺 ²⁾	锦纶 ¹⁾	混纺 ²⁾
冠带条缠绕方式	WC	FC	WC	FC
带束层角度/(°)	29	29	27	27

注:1)牌号WD-2,2)芳纶/锦纶混纺帘线。带束层宽度均为180/170 mm。

从表4可以看出:冠带条缠绕方式对不同规格轮胎外直径的影响趋势不同,对于225/60R18 100V轮胎,冠带条缠绕强度越大,轮胎外直径越小;而对于275/40R18 103W轮胎,冠带条缠绕强度越大,轮胎外直径越大。

2.1.2 冠带条材料

冠带条材料对轮胎外直径的影响见表5。从

表3 275/40R18 103W轮胎的设计方案

项 目	方案编号											
	A''	B''	C''	D''	E''	F''	G''	H''	L''	M''	N''	P''
冠带条材料	锦纶 ¹⁾	混纺 ²⁾	混纺 ²⁾	锦纶 ¹⁾	锦纶 ³⁾	混纺 ²⁾	锦纶 ³⁾	混纺 ²⁾	锦纶 ³⁾	锦纶 ¹⁾	锦纶 ¹⁾	混纺 ²⁾
冠带条缠绕方式	WC	FC	WC	FC	WC	AC	WC	AC	WC	WC	WC	AC
带束层角度/(°)	29	29	27	27	24	24	27	27	24	24	29	29

注:1)牌号WD-2;2)芳纶/锦纶混纺帘线;3)牌号ND-2。带束层宽度均为240/230 mm。

表4 冠带条缠绕方式对轮胎外直径的影响

mm

项 目	225/60R18 100V轮胎				275/40R18 103W轮胎			
	N	P	2 [#]	C	B''	P''	C''	H''
外直径	724.5	721.0	723.5	722.2	672.6	670.4	668.5	667.5
差值 ¹⁾	3.5		1.3		2.2		1.0	

注:1)两个对比方案的前者减去后者。

表5 冠带条材料对轮胎外直径的影响

mm

项 目	225/60R18 100V轮胎						275/40R18 103W轮胎			
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	M	P	G''	C''	E''	M''
外直径	722.9	723.5	723.8	722.2	723.2	721.0	672.3	668.5	669.7	668.5
差值 ¹⁾	-0.6		1.6		2.2		3.8		1.2	

注:同表4。

表5可见:锦纶帘线冠带条轮胎外直径大于芳纶/锦纶混纺帘线冠带条轮胎,这是因为冠带条束缚能力增强,带束层膨胀减小,从而使轮胎外直径减小;锦纶帘线牌号对轮胎外直径的影响无明显规律。

2.1.3 带束层角度

带束层角度对轮胎外直径的影响见表6。从表6可以看出:带束层角度减小,轮胎外直径趋于减小,这可能是由于带束层角度减小,带束层自身

表6 带束层角度对轮胎外直径的影响

mm

项 目	215/55R17 98Y轮胎				275/40R18 103W轮胎				
	A'	C'	B'	D'	G''	E''	P''	H''	F''
外直径	666.2	665.3	665.0	663.7	672.3	669.7	670.4	667.5	666.5
差值 ¹⁾	0.9		1.3		2.6		2.9 ²⁾		1.0 ³⁾

注:1)同表4;2)P''方案减去H''方案;3)H''方案减去F''方案。

的束缚力增大导致的。

以上结果表明:冠带条缠绕方式对不同规格轮胎外直径的影响不同;冠带条材料强度增大,轮胎外直径减小;带束层角度减小,轮胎外直径减小。

2.2 各因素对轮胎静态接地印痕的影响

2.2.1 冠带条缠绕方式

冠带条缠绕方式对轮胎静态接地印痕的影响见表7。从表7可以看出,冠带条缠绕强度越大,接地印痕的长轴长度、短轴长度和面积趋于增大,其中对短轴长度影响较小,但P方案与N方案的对比结果与其他不同,有待进一步验证。

2.2.2 冠带条材料

冠带条材料对轮胎静态接地印痕的影响见表8。从表8可以看出:与锦纶帘线冠带条轮胎相比,

芳纶/锦纶混纺帘线冠带条轮胎接地印痕长轴长度、短轴长度和面积基本呈增大趋势;不同牌号锦纶帘线冠带条对轮胎静态接地印痕的影响无明显规律性。

2.2.3 带束层角度

带束层角度对轮胎静态接地印痕的影响见表9。从表9可以看出,随着带束层角度的减小,轮胎静态接地印痕的长轴长度、短轴长度和面积呈增大趋势(P"方案与H"方案对比比例外),但变化幅度不大。

以上结果表明:随着冠带条缠绕强度和冠带条材料强度的增大以及带束层角度的减小,轮胎静态接地印痕长轴长度、短轴长度和面积基本呈增大趋势。

表7 冠带条缠绕方式对轮胎静态接地印痕的影响

项 目	225/60R18 100V轮胎				275/40R18 103W轮胎			
	P	N	C	2"	B"	P"	C"	H"
长轴长度/mm	173	184	196	177	144	125	136	121
差值 ¹⁾ /mm		-11		19		19		15
短轴长度/mm	181	180	180	178	228	228	232	230
差值 ¹⁾ /mm		1		2		0		2
面积/mm ²	300.2	310.4	316.9	307.5	315.1	298.1	305.4	285.9
差值 ¹⁾ /mm ²		-10.2		9.4		17.0		19.5

注:同表4。

表8 冠带条材料对轮胎静态接地印痕的影响

项 目	225/60R18 100V轮胎						275/40R18 103W轮胎			
	1"	2"	3"	A	M	P	G"	C"	E"	M"
长轴长度/mm	178	177	179	186	163	173	120	136	123	128
差值 ¹⁾ /mm		1		-7		-10		-16		-5
短轴长度/mm	177	178	176	180	180	181	223	232	230	223
差值 ¹⁾ /mm		-1		-4		-1		-9		7
面积/mm ²	305.6	307.5	308.8	310.3	302.1	300.2	286.6	305.4	291.8	294.5
差值 ¹⁾ /mm ²		-1.9		-1.5		1.9		-18.8		-2.7

注:同表4。

表9 带束层角度对轮胎静态接地印痕的影响

项 目	215/55R17 98Y轮胎				275/40R18 103W轮胎				
	A'	C'	B'	D'	G"	E"	P"	H"	F"
长轴长度/mm	154	154	150	153	120	123	125	121	124
差值 ¹⁾ /mm		0		-3		-3		4 ²⁾	-3 ³⁾
短轴长度/mm	167	171	169	171	223	230	228	230	233
差值 ¹⁾ /mm		-4		-2		-7		-2 ²⁾	-3 ³⁾
面积/mm ²	241.9	245.4	242.4	248.3	286.6	291.8	298.1	285.9	298.5
差值 ¹⁾ /mm ²		-3.5		-5.9		-5.2		12.2 ²⁾	-12.6 ³⁾

注:同表6。

2.3 各因素对轮胎高速性能的影响

2.3.1 冠带条缠绕方式

冠带条缠绕方式对轮胎高速性能的影响见表10和11。从表10和11可以看出,随着冠带条缠绕强度的增大,轮胎高速性能提高(P方案与N方案对比结果除外)。

2.3.2 冠带条材料

冠带条材料对轮胎高速性能的影响见表12和13。从表12和13可以看出:随着冠带条材料强度的增大,轮胎高速性能提高;在其他条件相同的情况下,冠带条材料对轮胎高速性能提升效果由高到低依次为芳纶/锦纶混纺帘线、WD-2锦纶帘线、

ND-2锦纶帘线。

2.3.3 带束层角度

带束层角度对轮胎高速性能的影响见表14—16。从表14—16可以看出:对于速度级别为V的轮胎,带束层角度增大,轮胎高速性能显著提升;对于速度级别为W和Y的轮胎,带束层角度增大,轮胎高速性能无明显提升;275/40R18 103W轮胎冠带条材料为锦纶ND-2时,轮胎高速性能很难达到法规要求,冠带条材料为芳纶/锦纶混纺帘线时,冠带条缠绕方式采用AC,高速性能也无法满足法规要求。

高速性能试验轮胎损坏照片见图4。

表10 冠带条缠绕方式对225/60R18 100V轮胎高速性能的影响

项 目	方案编号												
	P				N			C			2 [#]		
试验条件													
(km·h ⁻¹ ×h)	250×2	240×8	250×4	280×2	270×9	270×6	290×5	290×1	290×2	250×6	250×10	270×1	
破坏形式	胎圈起鼓	胎圈起鼓	胎冠爆破	胎冠爆破	胎圈起鼓	胎肩起鼓	胎圈起鼓	胎圈起鼓	胎圈起鼓	胎圈爆破	胎圈起鼓	胎圈起鼓	胎圈起鼓

表11 冠带条缠绕方式对275/40R18 103W轮胎高速性能的影响

项 目	方案编号											
	B''				P''				C''		H''	
试验条件												
(km·h ⁻¹ ×h)	300×3	290×8	300×4	270×2	270×5	270×3	300×6	290×4	290×5	270×1	260×6	260×10
破坏形式	胎肩掉块	胎肩掉块	胎肩掉块	胎肩掉块	胎肩起鼓	胎肩起鼓	胎肩起鼓	胎肩起鼓	胎肩起鼓	胎肩起鼓	胎肩掉块	胎肩掉块

表12 冠带条材料对225/60R18 100V轮胎高速性能的影响

项 目	方案编号									
	1 [#]			2 [#]			3 [#]			
试验条件(km·h ⁻¹ ×h)	270×10	240×8	240×9	250×6	250×10	270×1	280×4	280×7	280×1	
破坏形式	胎圈起鼓	胎圈起鼓	胎圈起鼓	胎圈起鼓	胎圈起鼓	胎圈起鼓	胎圈起鼓	胎圈起鼓	胎圈起鼓	
项 目	方案编号									
	A			M			P			
试验条件(km·h ⁻¹ ×h)	300×2	290×5	300×4	230×2	220×5	220×10	250×2	240×8	250×4	
破坏形式	胎圈爆破	胎圈起鼓	胎冠掉块	胎圈起鼓	胎圈起鼓	胎圈起鼓	胎圈起鼓	胎圈起鼓	胎圈起鼓	

表13 冠带条材料对275/40R18 103W轮胎高速性能的影响

项 目	方案编号									
	G [#]		C [#]			E [#]			M [#]	
试验条件(km·h ⁻¹ ×h)	250×6	250×5	300×6	290×4	290×5	240×6	240×4	240×5	260×3	260×5
破坏形式	胎肩起鼓	胎肩掉块	胎肩起鼓	胎肩起鼓	胎肩起鼓	胎冠起鼓	胎肩掉块	胎肩掉块	胎肩起鼓	胎肩掉块

表14 带束层角度对225/60R18 100V轮胎高速性能的影响

项 目	方案编号					
	2 [#]			3 [#]		
试验条件(km·h ⁻¹ ×h)	250×6	250×10	270×1	280×4	280×7	280×1
破坏形式	胎圈起鼓	胎圈起鼓	胎圈起鼓	胎圈起鼓	胎圈起鼓	胎圈起鼓

表15 带束层角度对215/55R17 98Y轮胎高速性能的影响

项 目	方案编号											
	A'			C'			B'			D'		
试验条件 (km·h ⁻¹ ×h)	320×3	320×3	320×7	310×4	320×7	310×6	300×3	300×7	300×8	320×1	320×6	310×6
破坏形式	胎冠起鼓	胎冠掉块	胎冠掉块	胎肩起鼓	胎冠掉块	胎肩掉块	胎冠掉块	胎冠起鼓	胎冠起鼓	胎冠起鼓	胎冠起鼓	胎冠掉块

表16 带束层角度对275/40R18 103W轮胎高速性能的影响

项 目	方案编号							
	G''		E''				P''	
试验条件(km·h ⁻¹ ×h)	250×6	250×5	240×6	240×4	240×5	240×6	240×4	240×5
破坏形式	胎肩起鼓	胎肩掉块	胎冠起鼓	胎肩掉块	胎肩掉块	胎冠起鼓	胎肩掉块	胎肩掉块

项 目	方案编号					
	H''			F''		
试验条件(km·h ⁻¹ ×h)	270×1	260×6	260×10	270×5	270×1	270×3
破坏形式	胎肩起鼓	胎肩掉块	胎肩掉块	胎肩起鼓	胎肩掉块	胎肩掉块



图4 高速性能测试损坏轮胎照片

以上结果表明:冠带条缠绕强度和材料强度增大,轮胎高速性能提高;带束层角度增大,V速度级别轮胎高速性能显著提升,W和Y速度级别轮胎高速性能基本无提升。

2.4 各因素对轮胎滚动阻力的影响

2.4.1 冠带条缠绕方式

冠带条缠绕方式对轮胎滚动阻力的影响见表17。从表17可以看出,冠带条缠绕强度增大,轮胎

滚动阻力性能趋好(P方案与N方案对比结果除外,后续需验证),这主要是由于冠带条强度增大使带束层部位生热降低。

2.4.2 冠带条材料

冠带条材料对轮胎滚动阻力的影响见表18。从表18可以看出:与锦纶ND-2冠带条轮胎相比,芳纶/锦纶混纺帘线冠带条轮胎滚动阻力系数可减小0.22~0.39 N·kN⁻¹(2.5%~4.4%),这主要

表17 冠带条缠绕方式对轮胎滚动阻力的影响

项 目	225/60R18 100V轮胎				275/40R18 103W轮胎			
	P	N	C	2 [#]	B''	P''	C''	H''
滚动阻力系数	8.63	8.51	8.44	9.36	8.07	8.68	8.44	8.54
差值 ¹⁾	0.12		-0.92		-0.61		-0.10	

注:同表4。

表18 冠带条材料对轮胎滚动阻力的影响

项 目	225/60R18 100V轮胎					275/40R18 103W轮胎			
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	M	G''	C''	E''	M''
滚动阻力系数	9.45	9.36	9.36	9.40	8.85	8.83	8.44	9.33	9.38
差值 ¹⁾	0.09		-0.04		0.22	0.39		-0.05	

注:同表4。

是由于芳纶/锦纶混纺帘线冠带条伸长率小,使得带束层变形小,胎冠部位生热降低,因此滚动阻力下降;芳纶/锦纶混纺帘线冠带条轮胎滚动阻力与锦纶WD-2帘线冠带条轮胎相当。

2.4.3 带束层角度

带束层角度对轮胎滚动阻力的影响见表19。从表19可以看出,微调带束层角度,轮胎滚动阻力变化不大且无明显规律。

表19 带束层角度对轮胎滚动阻力的影响

$\text{N} \cdot \text{kN}^{-1}$

项 目	225/60R18 100V 轮胎		215/55R17 98Y 轮胎				275/40R18 103W 轮胎				
	2 [#]	3 [#]	A'	C'	B'	D'	G''	E''	P''	H''	F''
滚动阻力系数	9.36	9.36	8.57	8.58	8.40	8.37	8.83	9.33	8.68	8.54	8.84
差值 ¹⁾	0		-0.01		0.03		-0.50		0.14 ²⁾		-0.30 ³⁾

注:同表6。

以上结果表明:冠带条缠绕强度和材料强度增大,轮胎滚动阻力趋于降低;带束层角度微调对轮胎滚动阻力影响不大。

3 结论

(1)冠带条缠绕方式对不同规格轮胎外直径的影响不同;冠带条材料强度增大、带束层角度减小,轮胎外直径趋于减小。

(2)随着冠带条缠绕强度和材料强度的增大、带束层角度的减小,轮胎静态接地印痕长轴长度、短轴长度和面积基本呈增大趋势。

(3)冠带条缠绕强度和材料强度增大,轮胎高速性能提高;带束层角度增大,V速度级别轮胎高速性能显著提升,W和Y速度级别轮胎变化不大;速度级别为W及以上轮胎冠带条材料强度大于锦纶ND-2强度或使用芳纶/锦纶混纺帘线时,冠带条

缠绕方式强度大于AC缠绕方式时,轮胎高速性能可满足欧盟法规要求。

(4)冠带条缠绕强度和材料强度增大,轮胎滚动阻力降低;带束层角度微调对轮胎滚动阻力影响不大。

参考文献:

- [1] 袁锋,高敬民,宋志成,等. 芳纶材料在汽车制品中的应用[J]. 汽车实用技术,2017(23):26-30,61.
- [2] 李新新,张慧萍,晏雄. 芳纶纤维生产及应用状况[J]. 天津纺织科技,2009(3):4-6,9.
- [3] 刘肖英,何雪涛,邓世涛,等. 芳纶纤维在子午线轮胎中的应用[J]. 橡胶工业,2016,63(3):169-173.
- [4] 邹立,罗鹏,孙琰,等. 纳米填料对芳纶纤维与天然橡胶粘合性能的影响[J]. 橡胶工业,2020,67(1):17-22.
- [5] 王劫. 芳纶纤维在轮胎骨架材料中的应用[J]. 轮胎工业,2020,40(3):139-141.

收稿日期:2020-12-22

Development and Application of Aramid/Nylon Blend Cord Crown Strip

WU Xiangxin, CHE Mingming, LIU Changbo, WANG Haiyan, ZHOU Xianwei, WANG Zhinan

[Prinx Chengshan (Shandong) Tire Co., Ltd, Rongcheng 264300, China]

Abstract: Aramid/nylon blend cord crown strips were developed, and the effect of crown strip on the tire performance was studied. The results showed that, when the strength of crown strip material increased or the belt angle decreased, the tire outer diameter decreased. With the increase in the winding strength and material strength of the crown strip and the decrease of the belt angle, the length of the long axis and short axis and area of the tire static footprint were increased. When the winding strength and material strength of the crown strip increased, the high-speed performance of the tire was improved. With the increase of the belt angle, the high-speed performance of the V-speed tire was significantly improved. When the winding strength or material strength of the crown strip increased, the rolling resistance of the tire was reduced. In addition, the fine adjustment of the belt angle had little effect on the rolling resistance of the tire.

Key words: aramid/nylon blend cord; crown strip; winding form; belt angle; overall diameter; footprint; high-speed performance; rolling resistance