

国产高模量低收缩聚酯帘线在高性能轿车子午线轮胎中的应用

陈敏玲, 阙元元

(北京橡胶工业研究设计院, 北京 100039)

摘要:研究了国产尺寸稳定性较佳的高模量低收缩聚酯帘线(简称 DSP)在高性能轿车子午线轮胎中的应用。试验结果表明,国产 DSP 帘线的尺寸稳定性好,经耐久性和高速性能试验后轮胎外直径只比试验前膨胀 0.3%~0.5%,断面宽变化率绝对值为 0.2%~0.7%;其热收缩率小,在高温硫化下可以不用后充气;国产 DSP 帘线的强力保持率和滞后损失率均与进口 1X30 帘线接近;试制的采用 DSP 轮胎的耐久性达到 200 h,高速性能达到 290 km·h⁻¹,可满足 V 速度级别轮胎的性能要求。

关键词:聚酯帘线;模量;热收缩率;尺寸稳定性;轿车子午线轮胎

中图分类号: TQ330.38⁺9; U463.341⁺.6 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-8171(2002)07-0406-04

随着高等级公路和豪华轿车的发展,轮胎的速度级别越来越高,汽车对轮胎的性能要求也越来越苛刻。高性能轿车子午线轮胎的速度级别一般在 H 级以上,要求轮胎具有高速性能好、滚动阻力低和寿命长的特点。

胎体骨架材料对轮胎的特性,如高速性能、耐久性和操纵性起到很重要的作用。目前轿车子午线轮胎的骨架材料主要为人造丝、锦纶和聚酯三大类。由于锦纶帘线的生热特性、尺寸稳定性差以及工艺加工条件的原因,很少在 H 级以上轮胎中使用。人造丝帘线具有高初始模量和低收缩率,特别是具有优良的高温模量保持率和所产轮胎硫化后无需后充气,能保证轮胎的外观质量和高速行驶性能。普通聚酯帘线作为轮胎骨架材料存在许多问题,如轮胎的尺寸稳定性差,高温热收缩率大,致使轮胎胎侧出现凹陷,影响轮胎的均匀性和耐久性。为提高轮胎的质量,使用普通聚酯的轮胎硫化后需要后充气。因此过去高性能轿车子午线轮胎基本采用人造丝作为胎体的首选骨架材料。20 世纪 80 年代,国外开始研究尺寸稳定性较佳的高模量低收缩聚酯帘线(简称 DSP),并且在轮胎工业中应用。近 10 年来,DSP 帘线已开

发出 3 代产品,其尺寸稳定性逐步提高,强度也接近普通聚酯帘线的指标。据美国联信公司资料介绍,1994 年美国市场 DSP 帘线用量占聚酯帘线总量的 80%。北京橡胶工业研究设计院 1995 年解剖的美国固特异公司 V 级轿车轮胎就是采用 DSP 帘线。在欧洲,由于帘线的资源和轮胎加工的历史问题,轿车轮胎的胎体大部分仍采用人造丝,但近年来也逐步转向使用聚酯帘线,尤其是 DSP 帘线的开发。由于其成本、性能以及环境方面的优势,已经逐步替代人造丝的使用。但 45 和 50 系列 Z 级以上的轮胎仍用增强型的人造丝制造。

表 1 示出了北京橡胶工业研究设计院自 1992 年以来解剖国外大轮胎公司轿车子午线轮胎骨架材料的情况。由表 1 可见,普利司通和米其林日本公司的 H 级轮胎使用了聚酯帘线,而米其林、大陆和倍耐力公司的高速度级别轮胎仍用人造丝制造。

我们于 1996 年开始研制高性能轿车子午线轮胎,目标定为高速、低滚动阻力,速度级别达到 V 级。为了满足高性能轮胎的性能和加工工艺条件的要求,我们开始研究 DSP 帘线在轿车子午线轮胎中的应用。在测试过程中,对 DSP 帘线的性能、工艺加工性能及设计参数进行了探讨,并进行

表 1 国外几大轮胎公司轿车子午线轮胎胎体帘线品种

公司名称	所在地	解剖年份	轮胎规格	速度级别	帘线品种
普利司通	日本	1992	175/ 70R13	S	聚酯
			185/ 80R14	S	聚酯
			185/ 70R14	H	聚酯
米其林	法国	1994	195/ 65R14	H	人造丝
			205/ 60R15	V	人造丝
固特异	美国	1995	195/ 70R14	S	聚酯
			225/ 60R16	V	聚酯
			205/ 55R15	V	聚酯
			LT225/ 70R16	—	聚酯
锦湖	韩国	1996	195/ 65R15	H	聚酯
			195/ 60R14	H	聚酯
米其林	日本	1998	205/ 60R15	H	聚酯
大陆	法国	1999	225/ 50R16	Z	人造丝
倍耐力	英国	2000	225/ 60R16	W	聚酯
	意大利	2000	205/ 45R16	Z	人造丝

了轮胎的试制 ,轮胎性能达到了预期的效果。现将有关试验情况介绍如下。

1 实验

1.1 主要原材料

111tex/2 DSP 帘线 ,上海石油化工股份有限公司涤纶厂和山东潍坊大龙化纤有限公司产品 ;111tex/ 2 1X30 DSP 和 111tex/ 2 1X50 DSP 帘线 ,美国联信公司产品。

1.2 性能测试

- (1)强伸性能 :按 GB 9102 —88 进行测试。
- (2)热收缩试验 :试验条件为 150 / 0.44 cN ·tex⁻¹ × 30 min 和 177 / 0.088 cN tex⁻¹ × 5 min。

- (3)耐疲劳试验 :往复次数为 84 次 min⁻¹ ,负荷为 14.7 N ,进行 3 万次弯曲拉伸疲劳。
- (4)滞后损失试验 :拉伸、回复 150 次 ,变形速度为 100 mm min⁻¹ ,张力为 0 ~ 73.5 N。
- (5)成品试验 :外缘尺寸、耐久性和高速性能分别按 GB 521 —93 ,GB/ T 4502 —1998 和 GB/ T 7034 —1998 进行测定。
- (6)高温硫化 :内温为 205 ~ 210 ;外温为 170 ~ 175 。

2 结果与讨论

2.1 DSP 帘线的性能特征

DSP 帘线的综合性能见表 2。

表 2 DSP 帘线的综合性能

项 目	国产	1X30	1X50	指标
断裂强力/ N	143.0	148.1	139.4	≥135
44 N 定负荷伸长率/ %	4.1	4.5	4.0	≤4.2
断裂伸长率/ %	16.2	16.3	14.8	15 ±2
干热收缩率(177 / 0.088 cN tex ⁻¹ ×5 min)/ %	3.0	1.7	1.6	≤2
粘合强度/ (N cm ⁻¹)	119.3	134.0	133.5	≥120
1 %伸长负荷/ (cN dtex ⁻¹)	0.716	0.693	0.681	—
3 %伸长负荷/ (cN dtex ⁻¹)	1.543	1.501	1.607	—
5 %伸长负荷/ (cN dtex ⁻¹)	2.386	2.197	2.429	2.4 ~ 2.6
1 %变形模量/ (cN dtex ⁻¹)	69.6	66.9	66.0	—
3 %变形模量/ (cN dtex ⁻¹)	52.6	49.5	52.9	—
5 %变形模量/ (cN dtex ⁻¹)	47.3	43.8	48.2	—
韧度/ (cN dtex ⁻¹)	0.62	0.60	0.55	—
H 抽出力(143 ×30 min)/ N	141.3	146.6	141.9	—
直径/ mm	0.55	0.55	0.55	—

2.2 轮胎外缘尺寸

轮胎的断面参数受帘线的定伸值和热收缩率的影响。帘线收缩率低,轮胎的尺寸稳定性好。尺寸稳定型帘线具有初始模量高、干热收缩率低的特点,一般用干热收缩率和 5 %伸长负荷来表征,这两个参数在帘线浸胶加工过程中是相互制约的。如果加大帘布张力,能提高帘布的模量,同时也能增大帘布的干热收缩率;而提高帘布的热处理温度,能降低帘布的干热收缩率,但帘线的模量也会降低。表 3 列出了不同条件下聚酯帘线的热收缩率。

从表 3 可以看出,当试验条件为 150 / 0.44 cN ·tex⁻¹ × 30 min 和 177 / 0.44 cN ·tex⁻¹ × 5 min 时,国产 DSP 帘线与进口 1X30 和 1X50 帘线的热收缩率相当,而当负荷减小到 0.088 cN ·tex⁻¹(自由状态)时,国产聚酯帘线的热收缩率增大了 100 %,而进口 1X30 和 1X50 帘线的

表 3 不同条件下聚酯帘线的热收缩率 %

试验条件	国产 DSP	1X30	1X50	国产普通 聚酯
150 / 0.44 cN ·tex ⁻¹ × 30 min	1.2	1.2	1.0	1.9
177 / 0.44 cN ·tex ⁻¹ × 5 min	1.5	1.6	1.6	2.7
177 / 0.088 cN ·tex ⁻¹ × 5 min	3.0	1.7	1.7	5.6

热收缩率基本不变,说明国外 DSP 帘线的高温尺寸稳定性比国产的优良。但实际上,轮胎在硫化过程和行驶过程中受到内压的作用力,胎体中的每根帘线都要受到拉伸张力的作用,它制约了帘线的收缩,可减小轮胎的变形。为了对比 DSP 帘线的热收缩率对轮胎断面参数的影响,在高温硫化后采用后充气和不后充气两种工艺,观察 DSP 帘线由高温张力变为无张力和有张力冷却后的收缩率变化。轮胎充气外缘尺寸、耐久性和高速性能试验后断面参数的变化分别示于表 4~6。

表 4 轮胎充气外缘尺寸

轮胎规格	帘线品种	硫化工艺	断面宽/mm		外直径/mm	
			实测	标准	实测	标准
205/55R15	国产 DSP	后充气	211.1	214 ±7.5	609.2	607 ±6.1
	国产 DSP	未后充气	208.6	214 ±7.5	608.9	607 ±6.1
	1X30	后充气	211.0	214 ±7.5	609.2	607 ±6.1
	1X30	未后充气	210.6	214 ±7.5	608.9	607 ±6.1
225/50R16	国产 DSP	后充气	227.3	233 ±8.2	635.7	632 ±6.3
	国产 DSP	未后充气	225.8	233 ±8.2	633.8	632 ±6.3
	1X50	后充气	226.9	233 ±8.2	634.4	632 ±6.3
	1X50	未后充气	224.3	233 ±8.2	634.1	632 ±6.3

表 5 耐久性试验后轮胎尺寸变化

轮胎规格	帘线品种	硫化工艺	试验时间/ h	气压/kPa		外直径/mm			断面宽/mm		
				试验前	试验后	试验前	试验后	变化率/%	试验前	试验后	变化率/%
225/50VR16	1X50	未后充气	94	280	320	635.4	637.6	0.35	224.0	224.6	0.27
225/50VR16	1X50	后充气	200	280	330	635.7	638.2	0.39	227.3	226.4	-0.4
205/55VR15	1X30	后充气	200	280	330	609.2	610.8	0.26	211.3	210.8	-0.24
205/55VR15	国产 DSP	后充气	200	280	360	609.9	611.5	0.26	211.9	211.4	-0.2

表 6 高速性能试验后轮胎的尺寸变化

轮胎规格	帘线品种	硫化工艺	试验速度/ (km ·h ⁻¹)	气压/kPa		外直径/mm			断面宽/mm		
				试验前	试验后	试验前	试验后	变化率/%	试验前	试验后	变化率/%
225/50VR16	1X50	后充气	280	300	380	633.0	638.5	0.4	227.0	225.3	-0.7
225/50VR16	国产 DSP	未后充气	240	300	360	634.7	637.6	0.4	224.9	226.1	0.53
205/55VR15	国产 DSP	后充气	290	300	360	609.2	612.4	0.5	210.4	209.4	-0.57
205/55VR15	1X30	未后充气	280	300	360	608.9	612.4	0.57	208.9	209.3	0.19

由表 4 可见,不论是否后充气,国产 DSP 帘线和国外 DSP 帘线的外直径和断面宽差值都很小,后充气的轮胎断面宽比无后充气的大 1 %左右。表 5 和 6 表明,经耐久性和高速性能试验后,无论是否后充气,轮胎外直径的差别不大,外直径只比试验前膨胀 0.3 %~0.5 %,断面宽变化率绝对值为 0.2 %~0.7 %。经后充气的轮胎试验后断面宽增加值为负值,而未后充气的轮胎试验后断面宽增加值为正值。从以上轮胎断面参数变化值认为

国产 DSP 帘线高温硫化可以不用后充气。从表 3 可以看出,国产普通聚酯帘线对高温非常敏感,当温度由 150 ℃升至 177 ℃时,热收缩率增大了 42 %,而当负荷由 0.44 cN·tex⁻¹减小到 0.088 cN·tex⁻¹时,热收缩率增大了 107 %。国产普通聚酯帘线在 150 ℃时热收缩率接近 2 %,说明它适宜 150 ℃左右的硫化温度,而不适宜超过 150 ℃的硫化温度。

表 7 所示为高温硫化工艺条件下国产 DSP

表 7 国产 DSP 帘线与普通聚酯帘线的轮胎外缘尺寸对比

轮胎规格	帘线品种	硫化工艺	测量轮辋 [*]	测量气压/ kPa	外直径/mm		断面宽/mm	
					实测	标准	实测	标准
165/70R13	国产 DSP	后充气	4 $\frac{1}{2}$ J	250	570.1	570 ±5.7	165.6	170 ±6.0
165/70R13	国产 DSP	未后充气	4 $\frac{1}{2}$ J	250	570.1	570 ±5.7	159.7	170 ±6.0
165/70R13	普通聚酯	后充气	4 $\frac{1}{2}$ J	250	571.0	570 ±5.7	162.0	170 ±6.0
165/70R13	普通聚酯	未后充气	4 $\frac{1}{2}$ J	250	571.3	570 ±5.7	156.3	170 ±6.0

注: * 国家标准为 5B。
帘线和普通聚酯帘线的轮胎断面参数。
从表 7 可以看出,在高温硫化条件下普通聚酯帘布轮胎的断面宽比国产 DSP 聚酯帘布轮胎断面宽缩小约 2.2 %。

2.3 轮胎的动态性能

在轮胎行驶过程中帘线受到压缩/拉伸的往复运动,在这种机械作用下使帘线产生热降解致使其断裂强度下降,影响轮胎的使用寿命和高速操纵性能。帘线强度的下降率与帘线本身的耐疲劳性能和滞后损失有直接的关系。尽管锦纶帘线具有较高的强力和强力保持率,但由于帘线有高温平点的作用,因此很少在高性能轮胎中使用。普通聚酯帘线相对人造丝而言,即使在苛刻的使用条件下仍具有较高的强度保持率和耐湿性,但滞后损失比人造丝大。轮胎在高速行驶下帘线的滞后损失使轮胎内部的温度升高,而内部温度升高加速帘线的强力降解,直至轮胎脱层损坏,这就是 Z 级以上高性能轿车轮胎仍采用人造丝制造的原因之一。因此高温下帘线的强力保持率和滞后损失率对轮胎的高速性能和安全性有重要的意义。帘线的耐疲劳性能用弯曲拉伸疲劳的强力损

失率表征。帘线耐疲劳性能试验结果如下:国产 DSP 帘线的强力保持率为 70.8 %,进口 1X30 帘线的强力保持率为 71.9 %,可见国产 DSP 帘线的强力保持率与进口 1X30 帘线接近。

表 8 所示为不同温度下聚酯帘线的滞后损失率。由表 8 可见,国产 DSP 帘线的滞后损失率与进口 1X30 帘线接近。普通聚酯帘线在 150 ℃以下的滞后损失与国产 DSP 帘线滞后损失增加率差不多都在 10 %,而当温度升高至 150~200 ℃,国产 DSP 帘线滞后损失增加率为 9.3 %左右,表明帘线滞后损失率随温度升高而缓慢增大,而普通聚酯帘线的滞后损失增加率为 11.7 %,因此可以认为国产 DSP 帘线具有高温生热低的优异特性。

表 8 不同温度下聚酯帘线的滞后损失率 %

项 目	温度/℃				
	室温	50	100	150	200
国产 DSP	17.3	19.4	21.6	23.7	25.9
1X30	17.2	19.3	21.2	23.4	25.4
普通聚酯	19.4	21.6	24.0	26.5	29.6

(下转第 423 页)

(上接第 409 页)

表 9 和 10 分别示出了不同 DSP 帘线轮胎的耐久性和高速性能试验结果。试验结果表明,国产 DSP 帘线轮胎的耐久性达到 200 h,高速性能达到 290 km·h⁻¹,已达到或接近国外同类产品的水平,可满足和超过 V 速度级别轮胎的使用条件

表 9 不同 DSP 帘线轮胎的耐久性试验结果

轮胎规格	速度级别	帘线品种	试验速度/ (km·h ⁻¹)	试验气压/ kPa	试验时间/h		试验结束后 轮胎状况
					实测	标准	
205/ 55R15	V	国产 DSP	80	280	200	34	轮胎未坏
205/ 55R15	V	1X30	80	280	200	34	轮胎未坏
225/ 50R16	V	1X30	80	280	200	34	轮胎未坏

表 10 不同 DSP 帘线轮胎的高速性能试验结果

轮胎规格	速度级别	帘线品种	试验气压/ kPa	试验速度/(km·h ⁻¹)		试验结束后轮胎 状况
				实测	标准	
205/ 55R15	V	国产 DSP	300	290	240	轮胎未坏
205/ 55R15	V	1X30	300	270	240	280 km·h ⁻¹ 行驶 2.6 min, 胎肩脱层
225/ 50R16	V	1X50	300	280	240	轮胎未坏

要求。

(2) 国产 DSP 帘线的干热收缩率小,在高温硫化后可以不充气。

3 结论

(1) 国产 DSP 帘线的尺寸稳定性好,可满足高性能轮胎的性能要求,经耐久性和高速性能试验后,轮胎的外直径只膨胀 0.3 %~0.5 %,断面宽变化率绝对值为 0.2 %~0.7 %。

(3) 国产 DSP 帘线的滞后损失比普通聚酯帘线小,其生热低。轮胎的耐久性达到 200 h,高速性能达到 290 km·h⁻¹,可满足 V 速度级别轮胎的耐久性和高速性能要求。

第一届全国橡胶工业用织物和骨架材料技术研讨会论文

Application of domestically produced DSP to performance tire

CHEN Min-ling, QUE Yuan-yuan

(Beijing Research and Design Institute of Rubber Industry,Beijing 100039 ,China)

Abstract :The application of domestically produced DSP to performance tire was investigated. The test results showed that the overall diameter of test tire after endurance and speed tests was only 0.3 %~0.5 % greater than that of tire before tests ,and the absolute value of sectional width changed by 0.2 %~0.7 %;the test tire didn't need post-cure because of lower thermal shrinkage of domestically produced DSP ;the strength retension and hysteresis of domestically produced DSP cord were similar to those of imported 1X30 DSP cord ;and the endurance of test DSP tire reached 200 h and the speed reached 290 km·h⁻¹ ,which could meet the requirements for V speed-rated tire.

Key words polyester cord ;DSP ;modulus ;thermal shrinkage ;dimension stability ;performance tire