

原材料配方

国产聚酯帘布在半钢丝子午线轮胎中的应用

刘昌波 于喜涛 孙永贵

(荣成市橡胶厂 264300)

梅周焜 王同英 谢遂志

(化工部北京橡胶工业研究设计院 100039)

摘要 介绍了这几年来国产聚酯帘布在半钢丝子午线轮胎中的应用情况。弹力纬线聚酯帘布的基本性能好于棉线纬线聚酯帘布。用国产聚酯帘布生产的子午线轮胎成品性能符合标准,使用性能满足要求,帘线耐久性好,帘线与橡胶的粘合符合要求。国产聚酯帘布可代替进口聚酯帘布。文章讨论了聚酯胎体子午线轮胎生产工艺特点,说明了国产聚酯帘布存在的问题。

1 引言

聚酯帘线具有强力高、模量高、伸长低、尺寸稳定性好等优点,自实现工业化生产以来,以其优异的性能,逐渐被国内外轮胎工业所接受,年消耗量逐年增加,被广泛应用于轿车轮胎、航空轮胎和轻载轮胎。聚酯帘线作为胎体材料应用于半钢丝子午线轮胎既能满足子午线轮胎的设计要求,也能满足轮胎制造工艺的要求。聚酯胎体子午线轮胎的尺寸稳定性及舒适性均优于锦纶胎体子午线轮胎;与人造丝胎体子午线轮胎相比,具有工艺简单、便于生产管理及产品合格率高等特点。因此国内外广泛采用聚酯帘布作为半钢丝子午线轮胎的胎体材料,现已成为轿车子午线轮胎骨架材料的发展趋势。

荣成市橡胶厂与化工部北京橡胶工业研究设计院(以下简称北院)于1989年共同合作,在国内首次将国产聚酯帘布应用于半钢丝子午线轮胎,现已有4个规格轿车子午线轮胎和6个规格轻载子午线轮胎通过了化工部部级技术鉴定。目前已开发并批量生产的共有25种规格子午线轮胎。截止至1993年6月底,已累计使用聚酯帘布近180吨,共生产聚酯胎体子午线轮胎40多万套,外观合格率达到98%以上。使用中聚酯胎体子午线轮

胎很少发生质量问题,这充分体现出国产聚酯帘线性能基本符合子午线轮胎胎体材料性能的要求。本文将介绍国产聚酯帘布的主要性能和在半钢丝子午线轮胎中的应用情况。

2 国产聚酯帘布应用基本概况

(1)1990年10月首次采用平顶山帘布厂用进口聚酯长丝生产的1667dtex/2帘布试制聚酯胎体轿车子午线轮胎。

(2)1990年7月起,首次采用无锡三力工业布厂用国产聚酯长丝生产的帘布,批量生产了聚酯胎体轿车子午线轮胎。1990年10月,3个规格的聚酯轿车子午线轮胎通过了化工部部级技术鉴定。

(3)1992年10月起,荣成市橡胶厂开始批量生产轿车系列、轻载车系列聚酯胎体子午线轮胎。

(4)1992年10月开始试用安丘涤纶帆布厂生产的1110dtex/2、1110dtex/3、1440dtex/3三种规格的聚酯帘布。产品经检验和试用合格后开始批量生产半钢丝子午线轮胎。

(5)1993年开始试用平顶山帘布厂生产的1110dtex/2聚酯帘布。随后又试用了该厂生产的1110dtex/2、1110dtex/3、1440dtex/3

三种规格的带有锦纶弹力纬线和涤纶弹力纬线的聚酯帘布,并取得较好的效果。

3 国产聚酯帘布的性能

3.1 基本性能

到目前为止,荣成市橡胶厂生产轿车、轻载车系列子午线轮胎时采用了无锡、安丘、平顶山三个产地生产的聚酯帘布,其中无锡三力工业用布厂的产品约占 80% 左右。每批帘布入厂时都严格按标准进行性能检测,并多次将厂内实验结果与北院的检测结果相比较。实验结果如表 1 所示。

结果表明,无锡、安丘、平顶山三家帘布厂生产的聚酯帘布性能可以和进口聚酯帘布的相媲美,特别是强力、定负荷伸长率完全达到了半钢丝子午线轮胎的设计要求。

3.2 弹力纬线聚酯帘布的基本性能

目前,国产聚酯帘布的纬线主要是采用棉纱线,随着我厂聚酯帘布用量增加,逐渐体

验到棉纱线在子午线轮胎成型和硫化工艺中带来一些影响成品质量的问题:①在子午线轮胎二段成型充气膨胀中,因棉纬线弹性较小,对经线(聚酯帘线)的束缚力较大,使帘线膨胀不均匀,并有部分纬线断裂,造成帘线密度有密有稀,胎里凹凸不平,且接头处稀开程度较大。这种问题在我厂使用几个厂家的三种规格聚酯帘布中都出现过。②在轮胎硫化工艺中则表现为后充气时轮胎胎侧部位径向之间有凹凸不平的现象。1110dtex/2 帘线情况较好些,最严重的是 1440dtex/3 帘线。最初试制时以为是帘布压延时张力值取值不当造成的,经反复试验后仍未见成效。后来采用平顶山帘布厂生产的弹力纬线聚酯帘布,胎侧凹痕明显减少了,只是在二段成型过程中帘线接头处有少量凸痕,接头质量进行改进后,这种凹凸痕迹即可消除。

表 1 聚酯帘线的基本性能

规格	生产厂家	扯断强力, N	44.1N 定伸率 %	66.6N 定伸率 %	88.2N 定伸率 %	扯断伸长率 %	强力不均匀率 %	扯断伸长不均匀率, %	复捻度	粗度, mm
1110dtex/2	标准	≥133	4.5±0.5	—	—	15±2	≤4	≤5	450±15	0.55±0.03
	无锡 1"	140.6	4.0	—	—	13.1	2.1	2.4	438	0.52
	无锡 2"	139.2	5.0	—	—	16.8	2.6	2.0	440	0.54
	安丘 1"	136.1	4.0	—	—	12.5	3.4	3.0	460.4	0.53
	安丘 2"	133.3	5.0	—	—	15.9	1.5	2.4	459.6	0.54
	平顶山 1"	147.5	4.4	—	—	14.9	2.1	2.7	456	0.54
	平顶山 2"	143.1	4.3	—	—	14.5	2.3	1.4	460	0.52
	日本 1"	138.8	5.1	—	—	15.2	2.3	4.9	455	0.55
	日本 2"	149.3	4.5	—	—	16	1.5	2.4	445	0.55
1110dtex/3	标准	≥186	—	5.0±0.5	—	15±2	≤4	≤5	380±15	0.65±0.03
	无锡 1"	196.9	—	5.3	—	14.9	3.1	2.2	371	0.64
	无锡 2"	203.5	—	4.8	—	15.5	2.1	3.5	378	0.63
	安丘 1"	197	—	5.2	—	17.1	1.5	4.5	378	0.63
	安丘 2"	213.9	—	4.5	—	13	1.7	3.7	363	0.62
	平顶山 1"	212.6	—	5.0	—	14.9	1.8	1.6	397	0.63
	平顶山 2"	215.5	—	5.2	—	15.5	1.2	1.4	401	0.64
	日本 1"	206.7	—	5.0	—	17.3	2.0	4.1	393	0.63
1440dtex/3	标准	≥265	—	—	5.0±0.5	15±2	≤4	≤5	320±15	0.76±0.03
	无锡 1"	270.3	—	—	4.5	12.8	2.7	3.9	339	0.72
	无锡 2"	267.5	—	—	5.6	16.8	2.4	4.5	334	0.76
	安丘 1"	269.8	—	—	4.6	13.6	2.7	3.5	31.5	0.71
	安丘 2"	267.5	—	—	5.2	16.7	1.5	1.9	323	0.73
	平顶山 1"	282.2	—	—	5.0	15.2	2.0	3.1	333	0.74
	平顶山 2"	280.1	—	—	5.3	15.6	1.7	3.4	348	0.74

注:无锡即无锡三力工业用布厂;安丘即安丘涤纶帘帆布厂;平顶山即平顶山神欧化纤有限公司。

弹力纬线聚酯帘布除具有一般棉纬线聚酯帘布的基本性能外(表 1),还具有以下特点:

(1)弹力纬线对聚酯帘布的基本性能没有影响;

(2)弹力纬线伸长率较大。目前试用的弹力纬线为锦纶长丝外部缠有微量棉纱,其平均强力为 2~5N/根,扯断伸长率为 230~260%;

(3)胎体帘线膨胀均匀,大大提高了子午线轮胎的外观质量。165/70SR13 无内胎子午线轮胎使用了 1110dtex/2 帘线,其均匀性一级品率由原来的 70.03%提高到 88.53%。6.50R16 6PR 轻载子午线轮胎使用 1440dtex/3 帘线,其高速试验速度达到 180km/h 时轮胎跳动程度较以前明显减弱了;高速试验后轮胎胎侧部位也无凹痕现象。

3.3 子午线轮胎成品性能

自 1989 年以来,荣成市橡胶厂与北院共同合作,利用国产聚酯帘布成功地试制了 25 个规格品种的子午线轮胎,并且通过了国家轮胎质量检测中心的测试,各项性能指标均符合国家标准,并且达到或超过了化工部(92)化橡轮字 20 号文中所规定的轻载轿车子午线轮胎新产品技术鉴定的指标。其主要性能检测结果见表 2。除表中所列的外,其它

规格的子午线轮胎各项性能也均通过了国家轮胎检测中心检测。

表 2 部分聚酯胎体子午线轮胎成品主要性能

规格	外直径 mm	断面宽 mm	耐久性 (未坏),h	强度 N·m	水压爆 破,倍	高速试 验,km/h
165/70SR13	569.1	165	120	679.7	10.1	190
165/80SR13	594.3	162.1	120	648	8.1	210
175/80SR13	608.6	174.2	120	730	8.9	220
185/70SR13	596.5	185.4	120	855.7	8.4	240
185/70SR14	622.6	185.8	120	686.3	9.7	200
185/80SR14	650.4	186.2	120	616	8.1	210
205/80SR14	684	210.9	120	767	7.3	190
P215/75R15	701.6	216.9	120	797	11.2	190
6.50R16(5.50F)	751.8	186.8	120	607	6.1	200
6.50R15	730.5	186.9	120	712.7	5.6	180
7.00R15	756.3	199.8	120	598.3	5.4	190
7.00R16	775.8	201.6	120	1012	7.8	190

3.4 轮胎耐久性试验后帘线性能变化

轮胎经耐久性试验后聚酯帘线的性能见表 3。从中可见,175/80SR13 和 6.50R16 子午线轮胎分别经耐久试验 178h 和 170h 后,帘线仍保持原有的强力。185/80SR14 经耐久试验 210h 后帘线强力保持 87.7%,165/80SR13 轮胎经耐久试验 450h 后强力仍保持 60%。这些结果说明国产聚酯帘线完全适合作为半钢丝子午线轮胎理想的胎体骨架材料。

表 3 轮胎经耐久试验后帘线的性能

性能	175/80SR13 耐久试验 178h (1110dtex/2)	6.50/80SR14 耐久试验 170h (1440dtex/3)	185/80SR14 耐久试验 210h (1110dtex/2)	165/80SR13 耐久试验 450h (1110dtex/2)
扯断强力,N	137.79	265	120.7	83.3
44.1N 定伸率,%	4.03	—	—	—
88.2N 定伸率,%	—	4.7	—	—
扯断伸长率,%	14.57	14.3	—	—
强力保持率,%	100	100	87.7	60.5
胎体层间剥离力,kN/m	10.25	—	—	—

3.5 与橡胶的粘合

聚酯的化学结构决定了其活性官能团少,极性低,与橡胶的亲合性差。因此传统的 RFL 浸渍体系对提高聚酯帘线的粘合无济

于事,必须优选新的粘合剂体系。对于帘线与橡胶粘合方面的工作,一是优选浸渍体系,处理帘线;二是优选粘合剂,完善帘线胶料配方设计。表 3 中轮胎经耐久试验后胎体层剥离

力试验结果以及荣成市橡胶厂投入社会使用的聚酯胎体子午线轮胎从未出现胎体帘布脱层现象,说明国产聚酯帘线采用适合的粘合体系可以使子午线轮胎的优异性能得到保证。

3.6 聚酯帘布胎体子午线轮胎的使用性能

到目前为止,荣成市橡胶厂推入社会使用的近 40 多万条聚酯胎体半钢丝子午线轮胎,无一例出现胎体帘线质量问题。6.50R15、7.00R15 子午线轮胎经江西汽车厂在海南汽车试验厂进行的整车试验,“成山”牌国产聚酯胎体子午线轮胎成为国内三家参试厂中唯一中标合格的轮胎。165/70SR13 无内胎子午线轮胎在天津汽车工业公司的整车实际里程考核中,行驶至 5.5 万公里时,无一出现质量问题。同时轿车系列、轻载车系列子午线轮胎也顺利通过了深圳、中山、梅县、云南、烟台、青岛等固定里程试验点的实际里程试验,达到或超过 GB9743~9744—88 和各地所规定的子午线轮胎实际行驶里程指标。

综上所述,国产聚酯帘线完全可以代替进口聚酯帘线,满足轿车、轻载车子午线轮胎的要求。

4 聚酯胎体子午线轮胎的生产工艺特点

由于聚酯帘线的性能与人造丝帘线、钢丝帘线等的性能有较大的差异,因此聚酯胎体子午线轮胎的生产工艺,除了具有人造丝胎体、钢丝胎体子午线轮胎的基本特点外,还有其特殊的工艺特点及要求。

4.1 炼胶工艺

聚酯帘线与橡胶的粘合性能差,一般的胎体帘线胶料配方无法达到所要求的粘合强度,因此要求在帘线浸渍配方确定以后,应有

适合聚酯帘线特点的胶料配方及炼胶工艺。

(1)胶料配方中并用一定比例的合成橡胶,有利于改善聚酯帘线的降解作用。

(2)常用促进剂对聚酯帘线的降解作用,以秋兰姆类最严重,次磺酰胺类次之,噻唑类最小。秋兰姆类促进剂 TT 用量少于 0.5 份时,对聚酯的降解作用不明显,为得到良好的胶料物理性能,可在配方中使用噻唑类和少量秋兰姆类促进剂。

(3)配方中必须采用适合的粘合剂体系。炼胶工艺中亦需采用多段混炼工艺,并严格控制各段的加硫和混炼温度。

4.2 压延工艺

聚酯帘布的压延工艺是聚酯胎体子午线轮胎生产的关键工序,压延工艺参数的选定尤其重要。因为参数的正确与否,直接关系到帘布裁断、成型、硫化等工序及成品轮胎的使用性能。

4.2.1 压延工序中温度参数的确定

(1)干燥辊温度的确定

聚酯纤维的分子结构式为 $[-OC-\text{C}_6\text{H}_4-COO(CH_2)_2O-]_n$ 。由于聚酯纤维的大分子链中没有亲水基,分子端基只有很小的吸湿能力。通过对各厂的几十批国产聚酯帘布进行检验,其平均含水率见表 4。从表 4 可见,国产聚酯帘布含水率极低,完全符合子午线轮胎生产工艺中含水率低于 1% 的要求。因此,聚酯帘布干燥温度不宜过高。温度越高,帘线越易产生收缩(详见表 5),且热收缩率逐渐增大。根据试验和实际检测结果,干燥温度定为 60~70℃。

表 4 国产聚酯帘布平均含水率

帘线规格	1110dtex/2	1110dtex/3	1440dtex/3
含水率, %	0.269	0.286	0.254

表 5 不同温度下帘线的热收缩率

试验条件, °C × 30min	无锡三力工业用布厂			安丘涤纶帘帆布厂	
	1110dtex/2	1110dtex/3	1440dtex/3	1110dtex/2	1440dtex/3
80	0.27	0.34	0.39	0.19	0.16
95	0.53	0.57	0.57	0.40	0.39
105	0.64		0.81	0.43	0.46

注:1110dtex/2、1110dtex/3、1440dtex/3 所加平衡块分别为 100g、150g 及 195g。

(2)压延辊温度的确定

荣成市橡胶厂采用美国波宁公司生产的“S”型钢丝、纤维两用压延机,该联动线可实现温度、张力的自动控制。

聚酯帘线胶料配方中因采用了粘合剂体系和不溶性硫黄,因此压延机胶料温度不能超过 105℃,四个辊筒温度应控制在 85~95℃的范围内。如果温度过高,一则易造成帘布表面喷霜,胶料早期硫化;二则易造成二段成型过程中胶片与聚酯帘布层间脱层。

4.2.2 聚酯帘布压延张力控制

荣成市橡胶厂的压延联动线张力可分为六个张力区来控制。

第一张力区:导开装置-送布器,最大张力为 2050kg。

第二张力区:送布器-储布装置-干燥辊-前牵引装置,最大张力为 1000kg。

第三张力区:前牵引装置-压延主机,最大张力为 2050kg。

第四张力区:压延主机-后牵引装置,最大张力为 2050kg。

第五张力区:后牵引装置-冷却装置-后储布装置,最大张力为 1000kg。

第六张力区:后储布装置-卷取装置,最大张力为 300kg。

聚酯帘布压延需经过以上六个张力区。由于各区温度、帘布幅宽等条件不同,帘布经过各区域时的收缩伸张情况也不尽相同,因此同一规格的帘线在不同的区域其张力值大小也不可能一致;在同一区域的不同规格帘线的张力值也不相同。因此,在干燥辊温度及压延辊温度确定之后,应根据不同规格聚酯帘线在不同温度下的热收缩率(表 5)和热收缩力(见表 6),确定单根帘线在不同区域下的张力范围。

按照以上工艺条件进行压延的聚酯帘布,压延前后性能基本一致,帘布幅宽、长度以及密度基本保持不变。压延前后性能见表 7。这说明,只要采用合理的压延工艺条件,即可保证聚酯帘布的性能不受影响。

表 6 不同温度下帘线的热收缩力*

试验条件	1110dtex/2	1110dtex/3	1440dtex/3
80℃×30min	350	420	480
105℃×30min	400	520	620

* 热收缩力的单位是 g/根。

表 7 国产聚酯帘布压延前后性能

性能	1110dtex/2		1110dtex/3		1440dtex/3	
	压延前	压延后	压延前	压延后	压延前	压延后
扯断强力,N	144.1	151.7	215.5	222.8	268.8	276.4
44.1N 定伸率,%	4.0	4.1	—	—	—	—
66.6N 定伸率,%	—	—	5.2	5.2	—	—
88.2N 定伸率,%	—	—	—	—	4.9	5.0
扯断伸长率,%	13.0	14.4	15.5	16.2	14.8	15.2
扯断强力不匀率,%	2.4	2.3	1.2	2.3	2.2	2.8
扯断伸长不匀率,%	2.9	4.2	1.4	4.1	2.6	3.3

4.3 成型硫化工艺

国产聚酯帘线与进口聚酯帘线及人造丝帘线相比具有挺性大、手感硬的特点。因此应用国产聚酯帘布时,一段成型必须增加反包压力,确保反包质量。再者,在结构设计中,国产聚酯帘布不宜采用多层帘布全为反包的形式,而应采用反包和正包并存的形式。否则硫化后的成品轮胎后充气时,反包端点处易出

现整周凹痕。轮胎在使用过程中也有整周凹痕的情况,影响轮胎的外观质量。

聚酯胎体子午线轮胎与人造丝胎体子午线轮胎硫化工艺条件基本相同,不同之处是聚酯胎体子午线轮胎必须进行后充气,否则胎体帘线将产生收缩,一般收缩量为 2%~3%。后充气压力为轮胎标准气压的 120%,

充气时间为1~2个硫化周期。

5 聚酯胎体子午线轮胎的技术经济效益分析

聚酯胎体子午线轮胎具有子午线轮胎的各项优点,如行驶里程高(比斜交轮胎提高30%~40%)、节油(可节油7%左右)、耐磨、抗刺扎、乘坐舒适等。与人造丝胎体子午线轮胎相比,它具有以下特点:

(1)含水率低且干湿强度大致相同。人造丝帘线在标准状态下含水率高达9%,强力至少损失5%~10%,因此在压延工艺中烘干温度必须在150℃左右。若工艺条件稍有变动,则很难达到轮胎产品对含水率(2%以下)的工艺要求,在这种情况下生产的产品不可避免地会产生帘布脱层、起鼓等弊病,严重影响轮胎的使用寿命。国产聚酯帘线在正常情况下含水率不会超过0.4%,产品很少有帘布脱层、气泡及起鼓等质量缺陷,外观合格率达99%。

(2)减少原材料消耗。在扯断强力和织物结构相同的条件下,聚酯帘线的重量仅是人造丝的59%。考虑到单位重量价格的差异(7%)后,聚酯价格比人造丝低40%。再者,由于聚酯的密度(1.38)比人造丝的密度(1.56)小,聚酯胎体比人造丝胎体轻。因此,应用聚酯帘线代替人造丝帘线具有很大的经济潜力。

6 国产聚酯帘布存在的问题及改进意见

目前国产聚酯帘线的基本性能及粘合性能已达到子午线轮胎的设计要求,但还存在一些问题,例如:

(1)各批次的帘布性能不稳定,突出表现在强力、定负荷伸长率两项忽高忽低。

(2)边部密度较小。一般压延胶帘布边部密度比中部或标准密度少2~3根,成型时易造成帘布接头处稀开,成品轮胎均匀性差。因此在帘布裁断时不得不将边部10~20mm帘布撕掉,造成至少2%~3%的帘布损失。

(3)在帘布头部、尾部和中部,时常有纬线断裂的现象。

(4)棉纬线聚酯帘布在二段成型过程中,因其帘线膨胀不均匀,使子午线轮胎成品均匀性效果不太理想,胎侧部位出现较浅的凹凸痕迹。

目前,国产聚酯帘线基本性能及粘合性能已达到要求,最重要的是提高各项性能的稳定性及帘布的编织质量。而现在国内许多厂家只注重聚酯帘布浸胶设备的投资,忽视了织布设备的投资,这会给轮胎生产带来较大的浪费。荣成市橡胶厂使用平顶山厂生产的喷气式织机捻织的弹力纬线帘布,帘布边部的弹力纬线采用“单纬双织边”的方法,较好地固定了边部经线的密度,压延后胶帘布边部与中部密度一致,生产工序中几乎没有胶帘布损失,大大提高了聚酯帘布的利用率及子午线轮胎的均匀性和外观质量。

(5)美国Allied Signal公司已于80年代研制出第二代高模量、低收缩型聚酯纤维(英文缩写DSP)。应用DSP帘布可以使轿车甚至轻载车子午线轮胎胎体为单层,而且具有较好的尺寸稳定性,硫化后可以不进行后充气,轮胎的均匀性也大大提高了。目前我国使用的聚酯帘线为第一代普通型(PET)聚酯,希望国内涤纶厂尽快开发出DSPI长丝,以适应国产聚酯胎体子午线轮胎发展的需要。

收稿日期 1993-10-26