



芳纶/聚酯复合帘线性能研究

张清水

(化工部北京橡胶工业研究设计院 100039)

摘要 通过改变芳纶/聚酯复合帘线的初捻捻度比和复捻捻系数对比了复合帘线的强伸性能变化规律,并优选加捻参数,研究了芳纶、聚酯、芳纶/聚酯复合帘线在不同温度下老化不同时间的静态及往复拉伸疲劳后的粘合性能和不同受力条件下动态往复疲劳后的粘合性能以及不同受力条件下动态往复疲劳后的粘合强度保持率,比较了 3 种帘线的耐疲劳性能。结果表明,复合帘线的静、动态老化后粘合性能均优于芳纶、聚酯帘线,耐疲劳性能比芳纶帘线略有提高,成本比芳纶帘线降低 44%。

关键词 芳纶,聚酯,复合帘线,粘合

芳纶纤维由于分子链高度取向、结晶度高,因此其拉伸强度、模量高,与其它骨架材料如人造丝、尼龙、聚酯相比,具有强度高,变形小,尺寸稳定性好等特点,是橡胶制品较理想的骨架材料,但芳纶耐压缩弯曲疲劳性差,芳纶与橡胶的粘合也不理想,尤其是价格昂贵,在某种程度上限制了它的进一步开发应用。为了满足橡胶制品的要求,必须对其进行改性,方法之一就是采用另一种纤维与芳纶纤维复合,即分别加初捻,然后两股一起加复捻,以提高其耐疲劳性并降低成本。复合帘线在橡胶制品中的应用,在国外 70 年代就开始研究。杜邦公司^[1]研究了含芳纶复合帘线的全面性能,此复合帘线具有强度高、耐疲劳性能好的特点。美国专利^[2,3]介绍了由芳纶与尼龙和聚酯制成的复合帘线。专利^[4]报道了芳纶和人造丝复合帘线在充气轮胎中的应用,此复合帘线用在轻载子午线轮胎中,只需 2 层帘布,用在轿车轮胎中,只需 1 层骨架材料。

美国通用轮胎公司还将芳纶与尼龙制成复合帘线用在矿山工程轮胎的缓冲层中,轮胎使用寿命可提高 25%,胎面耐刺扎、耐切割性能可提高 60%^[5]。

本文研究芳纶/聚酯复合帘线性能。

1 实验

1.1 样品

芳纶纤维为芳纶 1414,规格为 1680dtex,荷兰 AKZO 公司产品。

聚酯纤维为工业用聚酯束丝,规格为 1400dtex,汪清涤纶厂产品。

1.2 试验设备及条件

(1)帘线加捻。复合帘线的加捻试验是在小加捻机上进行,大批样品加工是在生产厂的 811,812 初捻机、复捻机上进行。

(2)动态粘合测试。H 抽出试片在日本岛津公司生产的 DCS-500 电子强力机上进行往复拉伸疲劳,往复次数为 100 次,下降速度为 $300\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$,返回速度为 $500\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$,行程 10mm,往复频率为 13 次 $\cdot \text{min}^{-1}$ 。最后把各种条件下往复疲劳后的 H 抽出试片进行抽出试验,测定粘合强度保持率,比较变化规律。

(3)疲劳试验。在日本产往复疲劳试验机上进行,往复频率为 $84 \text{次} \cdot \text{min}^{-1}$,负荷为 $9.8\text{N} \cdot \text{根}^{-1}$ 。

2 结果与讨论

2.1 复合帘线的加捻及浸渍

芳纶和聚酯是两种不同材质的纤维,其

束丝性能对比见表1。

表1 芳纶和聚酯纤维性能对比

纤维特性	芳纶	聚酯
束丝规格, dtex	1680	1400
模量, $\text{cN} \cdot (\text{dtex})^{-1}$	542.2	52.2
扯断强度, $\text{cN} \cdot (\text{dtex})^{-1}$	18.4	8.1
扯断强力, N	307.7	113.7
29.4N 定负荷伸长率, %	0.35	4.9
44.1N 定负荷伸长率, %	0.52	7.1
88.2N 定负荷伸长率, %	1.03	—
扯断伸长率, %	3.25	13.6

从表1结果知,两种纤维在模量、强度、变形性能上差异很大,分子链结构及聚集态结构决定了两种纤维性能的巨大差异。

芳纶和聚酯纤维初捻后的强伸性能见图1,图1结果表明,随着初捻捻度的增加,芳纶帘线的强力明显下降,而聚酯帘线在开始阶段强力基本保持不变,后期才呈缓慢下降的趋势。

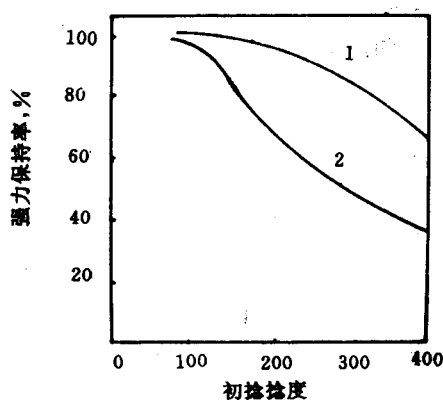


图1 初捻捻度对帘线强力的影响

1—聚酯;2—芳纶

固定初捻捻度,改变复捻捻系数的试验结果如图2所示。

从图2可见,芳纶扯断强力受捻系数变化影响较大,而聚酯帘线所受影响就很小,这说明不同材质纤维受捻系数变化影响不同,

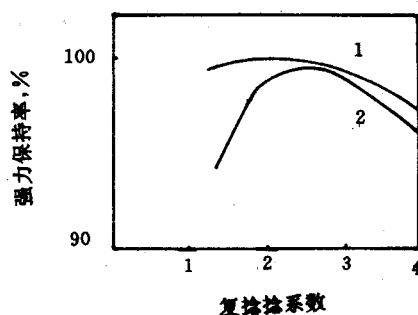


图2 复捻捻系数对帘线强力的影响

1—聚酯;2—芳纶

像芳纶这样的刚性纤维,其帘线强伸性能不仅决定于初捻捻度、复捻的捻系数,而且初捻与复捻比对性能也有很大影响。因此要想把芳纶和聚酯这样两种变形、模量、强力差异很大的纤维复合在一起,组成一根帘线,使两者的性能都得到充分发挥,做到强力高、变形小、耐疲劳性能好,满足橡胶制品的使用要求,真正达到降低成本、提高使用寿命的目的是很不容易的,对此进行了芳纶/聚酯复合帘线加工参数的探索试验。

图3和4分别示出了固定复捻捻系数改变芳纶/聚酯初捻捻度比、固定芳纶/聚酯初捻捻度比改变复捻捻系数后复合帘线的扯断强力变化规律。

从图3看到,当复捻捻系数为2.1时,随着芳纶/聚酯初捻捻度比的增加,复合帘线扯

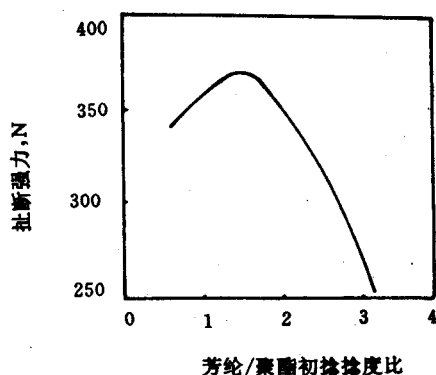


图3 芳纶/聚酯初捻捻度比对帘线强力的影响

复捻捻系数为2.1

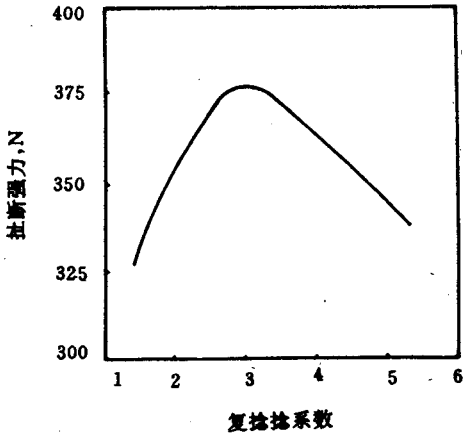


图 4 复捻系数对帘线强力的影响

芳纶/聚酯初捻度比为 1.75

断强力逐渐提高,捻度比为 1.75 时,达到最大值,而后随着捻度比的增加,扯断强力逐渐下降,图 4 表明,当捻度比为 1.75 时,随着复捻系数的增加,复合帘线扯断强力逐渐增加,当复捻系数为 3 时,达到最大值,而后又开始逐渐下降,以上结果表明要想获得最佳的复合帘线扯断强力,必须选择合适的芳纶/聚酯初捻度比及复捻系数。采用最佳加捻工艺参数在正常生产机器上加工复合帘线,并进行浸胶工艺参数探索,通过调整干燥、定型温度及时间、热伸张张力,达到调整帘线性能的目的。通过优选参数,浸胶后的复合帘线具有较佳性能,结果如表 2 所示。

表 2 复合帘线性能对比

性 能	白坯帘线	浸胶帘线
扯断强力, N	363.6	379.3
147N 定负荷伸张率, %	4.4	2.9
扯断伸张率, %	7.0	5.3
H 抽出力, $\text{N} \cdot \text{cm}^{-1}$	—	147

试验结果表明,优化初捻比、捻系数及浸渍热处理工艺参数,可获得高强度、高模量、变形小、粘合性能优异的芳纶/聚酯复合帘线。

2.2 静态粘合性能

分别将芳纶、聚酯、芳纶/聚酯复合帘线

硫化的 H 抽出试样在 80, 100, 120, 150℃ 下老化 2, 4, 6, 8h, 然后测定粘合强度保持率, 结果如图 5 和 6 所示。

从图 5 得知,随老化时间的延长,帘线粘合强度保持率逐渐下降,芳纶帘线粘合强度保持率最低,聚酯帘线次之,芳纶/聚酯复合帘线最高,图 6 表征随老化温度的提高,粘合强度保持率逐渐下降,而且也是芳纶帘线下降最多,聚酯帘线次之,复合帘线最少,说明复合帘线对静态粘合的老化性能有贡献。

2.3 高温动态粘合性能

把帘线硫化在胶料中,做成 H 抽出试

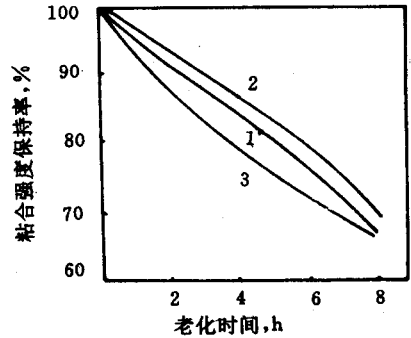


图 5 老化时间对粘合强度的影响

1—聚酯; 2—芳纶/聚酯; 3—芳纶
老化温度 120℃

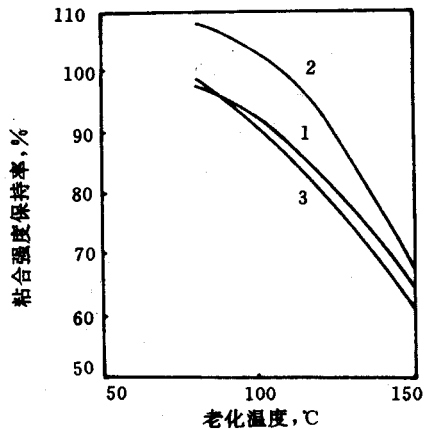


图 6 老化温度对粘合强度的影响

1—聚酯; 2—芳纶/聚酯; 3—芳纶
老化时间 2h

样,对3种帘线试样在80,100,120℃分别处理8h,在150℃下分别处理2,4,6和8h,再进行往复拉伸疲劳试验,试样原长15mm,拉伸5mm,往复次数为100次,往复疲劳后再抽出测定粘合强度保持率,结果如图7和8所示,当老化时间为8h时,随处理温度的提高,动态粘合强度保持率逐渐下降,在120℃之前,复合帘线保持率最高,聚酯帘线次之,芳纶帘线最低。处理温度超过120℃时,聚酯帘线粘合强度保持率最高,复合帘线次之,芳纶帘线仍最低。

另外在24.5,53.9,68.9和98N 4种拉

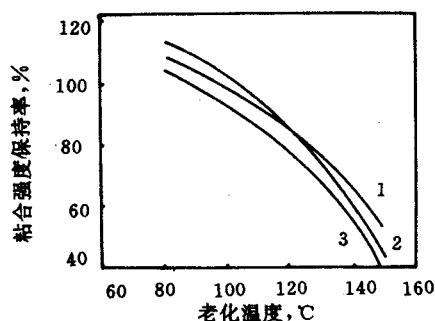


图7 老化温度对粘合强度的影响
(动态往复疲劳)

1—聚酯;2—芳纶/聚酯;3—芳纶
老化时间8h

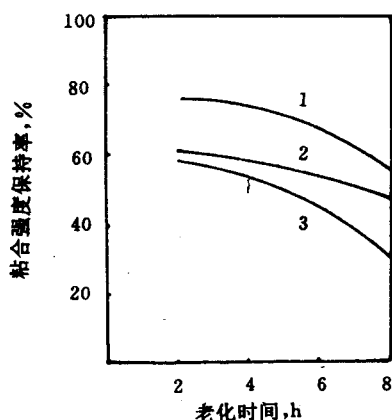


图8 老化时间对粘合强度的影响
(动态往复疲劳)

1—聚酯;2—芳纶/聚酯;3—芳纶
老化温度150℃

伸力条件下进行了动态往复疲劳试验,往复次数为100次,结果如表3所示,发现复合、聚酯、芳纶3种帘线的粘合强度保持率不但没有下降,反而比往复疲劳前有所提高,复合帘线优于聚酯、芳纶帘线,而且不随拉伸力的增加而变化,说明在此4种拉伸力下,3种帘线动态往复疲劳后的粘合性能是很稳定的。

表3 不同拉伸力往复疲劳后粘合
强度保持率

受力负荷, N	芳纶	聚酯	芳纶/聚酯
24.5	107.0	103.3	122.2
53.9	116.3	94.1	128.4
68.8	116.3	114.3	126.7
98.0	117.2	101.5	118.5

3种帘线又在8,13和15次·min⁻¹3种不同往复频率下进行动态往复疲劳试验,往复次数为100次,结果如表4所示,其动态往复疲劳后的粘合强度保持率也没有损失,复合帘线保持率优于聚酯、芳纶帘线,且不随往复频率的增加而变化。

表4 不同频率下往复疲劳后粘合
强度保持率

往复频率, 次·min ⁻¹	芳纶	聚酯	芳纶/聚酯
8	96.8	107.1	116.6
13	93.1	110.1	112.9
15	109.9	107.8	106.0

2.4 疲劳性能

3种帘线在日本往复疲劳试验机上进行了往复疲劳试验,结果如图9所示,在5—80min 疲劳范围内,聚酯帘线强力没有损失,复合帘线疲劳后强力保持率略高于芳纶帘线,说明聚酯与芳纶组成的复合帘线有利于疲劳性能的提高。

3 结论

把聚酯与芳纶制成复合帘线,与原芳纶

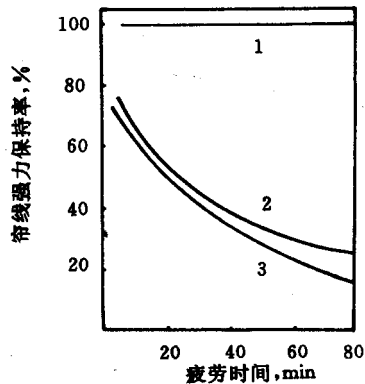


图 9 帘线疲劳性能

1—聚酯; 2—芳纶/聚酯; 3—芳纶

帘线进行对比, 可得到以下几点结论:

(1) 帘线成本降低达 44%, 提高了强力利用率;

(2) 在相同的粘合配方下可提高帘线与橡胶的静态老化粘合性能, 优于芳纶和聚酯帘线;

(3) 复合帘线试样老化后在动态往复疲

劳后的粘合性能优于芳纶和聚酯帘线, 但在 150℃ 时比聚酯帘线略低;

(4) 在试验选择的拉伸负荷下和往复频率内两者的变化对动态往复疲劳后的粘合性能影响不明显;

(5) 复合帘线耐疲劳性能比芳纶帘线略高。

参考文献

- 1 Barron E R. Hybrid tire cords containing kevlar aramid. K. G. K., 1987; 40(2): 130—135
- 2 Philip D. Shepherd, Midland, Mich. Tire cord composite and pneumatic tire. U. S. Pat. 4155394, 1979, 12
- 3 Jal N. Rerawalla, Greenville, N. C., Reinforcement cord. U. S. Pat. 3977172, 1976, 4
- 4 Oebele P. Van der Werff, Reinforcement cord for elastomeric article. U. S. Pat. 4389839, 1983, 18
- 5 Lee D D, Loesch R W. Nylon/aramid hybrid cord in earthmover tire applications. K. G. K., 1986; 39(12): 1195—1197