

# 高性能高模低缩涤纶骨架材料的研究 生产和应用(一)

刘全平,周立民,张玉友

(山东海龙博莱特化纤有限责任公司,山东 安丘 262100)

随着我国汽车子午线轮胎产量持续高速增长,对涤纶浸胶帘子布的需求量持续攀升,同时对帘子布的质量要求也不断提高。高性能高模低缩涤纶工业丝及骨架材料的生产与应用正受到业内人士越来越多的关注。

## 1 涤纶材料的发展

与锦纶 66 相比,普通涤纶的主要特点是模量高、热收缩小。用该材料生产的帘子布、帆布广泛应用于橡胶工业,在子午线轮胎、输送带等方面都有大量应用。但是就用作子午线轮胎骨架材料而言,普通涤纶具有抗疲劳性能偏低、热收缩仍较大等缺点,限制了其在高性能子午线轮胎的应用,同时也限制了轮胎生产效率的提高。后来人们研究开发出了高模低缩涤纶。高模低缩涤纶在热收缩及模量方面有了明显的改进,应用领域扩大,应用于子午线轮胎的性能表现也有所提高。在传统意义上的高模低缩涤纶发明之初,人们普遍认为模量高、低收缩就是它的基本内涵,这种观点在 21 世纪初开始受到质疑。人们在使用高模低缩涤纶 10 多年的过程中发现,这种传统的高模低缩涤纶有一个明显的弱点就是抗疲劳性较差,使它应用于橡胶骨架材料的性能大打折扣,正是缘于这种对传统高模低缩涤纶的改进期望,近两年高性能高模低缩涤纶研发成功,同时也使人们对高模低缩涤纶的认识增加了新的内容。

## 2 高性能高模低缩涤纶的性能特点

这种高性能高模低缩涤纶最突出的优势是它更多地考虑了橡胶制品对骨架材料在使用和性能提高方面的要求,其优点是特定阶段模量高、高温下热收缩小、蠕变小、弹性回复好、抗疲劳和抗冲

击性能好,综合性能明显提高,成为一种高性能的橡胶骨架材料。目前,这种高性能高模低缩涤纶材料正在欧美等发达国家推广应用,其突出的综合性能优势使其成为一种极具竞争力的骨架材料。欧美的国际著名轮胎公司对高模低缩涤纶帘子线的基本要求是:(1)模量高;(2)高温下热收缩小且在一个较稳定的范围;(3)抗疲劳性能好。符合该要求的涤纶才是真正的现代意义上的高性能高模低缩涤纶骨架材料。我们将原来的高模低缩涤纶称为传统高模低缩涤纶,以区别于该高性能高模低缩涤纶。

### 2.1 模量高

#### 2.1.1 长丝模量高

通过拉伸曲线可以直观地分析纤维模量,通常所说的模量是指初始模量,即纤维负荷-伸长曲线上起始一段直线部分的应力应变比值,较多的情况下是使用纤维变形 1% 时的模量来比较,模量的大小说明纤维在小负荷作用下变形的难易程度。图 1 是 1100dtex 普通涤纶、传统高模低缩涤纶、高性能高模低缩涤纶的拉伸曲线。

从图 1 可以看出高性能高模低缩涤纶的拉伸特性是:在伸长小于 5% 时负荷值明显大,在伸长 5%~7% 时负荷值稍大于传统高模低缩涤纶、明显大于普通涤纶,在伸长 7%~10% 时负荷值与传统高模低缩涤纶基本相当、明显大于普通涤纶,在伸长 10% 以上时负荷值稍微小于传统高模低缩涤纶、小于普通涤纶。

#### 2.1.2 浸胶帘子布模量高

长丝的加工性能对骨架材料影响是非常重要的,对高性能高模低缩涤纶、普通涤纶、传统高模低缩涤纶 3 种材料生产的浸胶帘子布进行拉伸对比,拉伸曲线如图 2 所示。

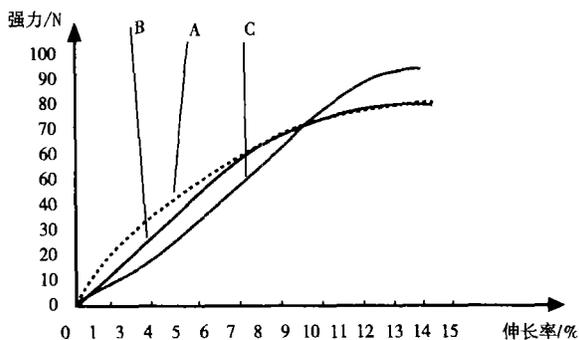


图 1 三种工业长丝拉伸曲线

A 高性能高模低缩涤纶; B 传统高模低缩涤纶; C 普通涤纶

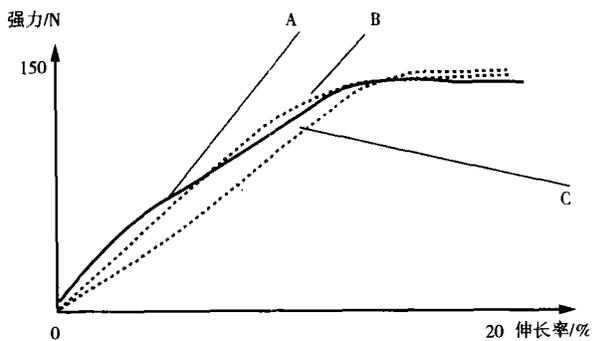


图 2 三种材料生产浸胶帘子布(1100dtex/2)的拉伸曲线

图注: 同上

从图 2 可以看出, 高性能高模低缩涤纶生产的帘子布的模量模式保持了长丝的模量特点, 特定阶段模量高。

就纤维帘子布而言, 所谓模量主要是指初始模量, 采用帘子线伸长变形 1% 时的负荷值便是一个常用的检测衡量方法。从轮胎等橡胶制品运行使用情况来看, 初始模量是最重要的, 但它还不足以反映和保证产品使用过程中的变形状况要求。国内外轮胎制造研究范围基本上界定在变形 10% 区域内(通常采用 5% 以内), 以不同的变形点对纤维进行模量评价考核, 该范围内的模量足以承受橡胶制品的使用变形。考虑到轮胎运行中帘子线在承受剪切、曲挠、冲击等外力的动态情况下会产生的实际变形、并尽量准确地体现这种状态下帘子线的性能, 采用帘子线伸长 3% 及 5% 时的负荷值, 从而了解、掌握和判断帘子线的动态使用性能。低伸长时的较大负荷说明帘子线的模量较高, 对保持轮胎运行中的尺寸稳定性有较好的适应性, 可以使轮胎变形小、滞后损失小、驾乘舒适性好、节能、提速和延长轮胎使用寿命。高性能高模低缩涤纶顺应了国际先进轮胎技术的要求,

纤维的模量可以通过纺丝设备实现工艺创新达到。

## 2.2 耐热性能好

### 2.2.1 热收缩性能好

为了分析高性能高模低缩涤纶、普通涤纶、传统高模低缩涤纶这三种材料的后加工热收缩性能, 我们进行了从 60 ~ 200 °C 热环境下的热收缩试验。图 3 是三种材料生产的帘子布在 60 ~ 200 °C 热环境下的热收缩试验曲线。

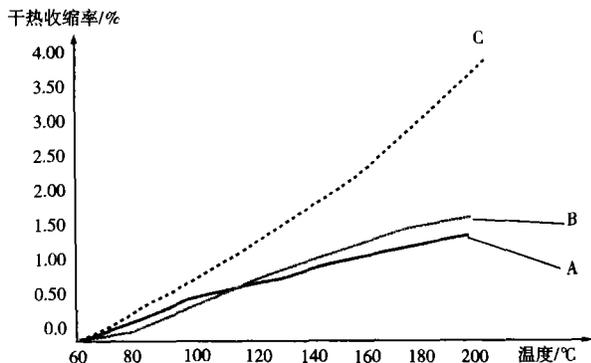


图 3 三种材料帘子布的热收缩曲线

图注: 同上

实验发现, 高性能高模低缩涤纶帘子线在耐热性能方面最大的特点是低温下热收缩较大、高温下热收缩较小。对热收缩试验结果可以描述为: 高性能高模低缩涤纶帘子线在 120 °C 以下热收缩稍微大于传统高模低缩涤纶帘子线、小于普通涤纶帘子线的热收缩; 在 120 ~ 150 °C 时热收缩同传统高模低缩涤纶帘子线热收缩基本相等, 明显小于普通涤纶帘子线的热收缩, 在 150 °C 以上时稍微小于传统高模低缩涤纶帘子线、明显小于普通涤纶帘子线热收缩。

骨架材料的热收缩性能对轮胎的用途不外乎两个方面:

一是轮胎制造硫化条件下的高温热收缩性能。该状态下的低收缩可以使轮胎制造省去硫化后冷却的后充气工序, 所以如果可能, 骨架材料的热收缩越低越好。

二是轮胎行驶条件下即低温下的热收缩性能。事实上, 轮胎在行驶过程中总会产生热量, 会使轮胎处在 120 °C 以下的不同温度条件下, 骨架材料在该温度范围内, 或多或少会发生一定收缩, 骨架材料的收缩会使轮胎尺寸有变小的趋势, 而同时, 轮胎在行驶中也会受离心力的作用使骨架

材料和轮胎有膨胀的趋势,而低温下的骨架材料热收缩可以消减轮胎的膨胀趋势,显然低温下一定程度的热收缩是有益的。

因此在帘子线热收缩性能方面,期望帘子线在轮胎行驶温度范围内热收缩值较大,有利于防止轮胎行驶过程中的膨胀变形;而在轮胎硫化范围内则期望热收缩值较小,即可以高温硫化,提高轮胎生产效率,可以不必后充气定型,并为轮胎的制造尺寸提供更大的方便,使轮胎的硫化尺寸与硫化冷却尺寸有更小的差异,并且帘子布的热收缩指标越均衡越好,可以提高轮胎的均衡性。在胶带等其他橡胶制品中也同样如此。而高性能高模低缩涤纶完全能达到上述要求。

### 2.2.2 热定型加工强力损失小、强力保持率高

为了了解高性能高模低缩涤纶、普通涤纶、传统高模低缩涤纶这三种材料的热定型加工性能,对三种材料长丝白坯帘子布进行了热定型加工前后的强力对比实验,就是在白坯帘子布经受相同的热定型温度条件处理后的帘子线强度(受热温度达到 240℃)。受热前后强度实验对比数据如表 1。

表 1 热定型加工前后强力对比

	高性能高模低缩涤纶 (1100dtex/2)	传统高模低缩涤纶 (1100dtex/2)	普通涤纶 (1100dtex/2)
白坯布强力/(N·根 <sup>-1</sup> )	144.4	147.1	158.6
浸胶布强力/(N·根 <sup>-1</sup> )	144.8	144.2	143.6
浸胶强力保持率/%	接近 100	98.0	9.5
浸胶强力损失率/%	接近 0	2.0	90.5

从表 1 可以看出:高性能高模低缩涤纶帘子布经过浸胶高温热定型处理后,强力基本不变甚至略有提高,浸胶加工性能最优秀,传统高模低缩

表 3 疲劳实验前后物性对比

项目	高性能高模低缩涤纶		传统高模低缩涤纶		普通涤纶	
	强度/ (CN·dtex <sup>-1</sup> )	定负荷伸长率/ %	强度/ (CN·dtex <sup>-1</sup> )	定负荷伸长率/ %	强度/ (CN·dtex <sup>-1</sup> )	定负荷伸长率/ %
实验前	6.6	4.2	6.6	4.2	6.5	4.7
30%负荷	6.5	4.3	6.4	4.4	6.4	4.9
50%负荷	6.3	4.4	6.1	4.6	6.2	5.2
80%负荷	6.1	4.7	5.9	4.8	5.7	5.6

从表 3 可以看出,在经过设定的疲劳动作之后,三种材料发生了不同的物性变化,在 30%负荷的疲劳实验后,物性指标差别较小,在 50%负荷的疲劳实验后,物性指标差别明显,在 80%负荷的疲劳实验后,物性指标差别较大。高性能高模低缩涤

涤纶帘子布浸胶后有较小的强力损失,浸胶加工性能良好,而普通涤纶帘子布浸胶后强力损失率非常明显,浸胶加工性能较差。

### 2.2.3 强力损失小、强力保持率高

为了进一步了解对比高性能高模低缩涤纶、普通涤纶、传统高模低缩涤纶这三种材料生产的浸胶帘子布的耐热性能,进行了浸胶帘子线受热后强力实验,就是在浸胶帘子线经受不同温度条件后(120℃、140℃、160℃、180℃、200℃,30min,0.05CN·dtex<sup>-1</sup>)的帘子线强度。

从实验结果看,高性能高模低缩涤纶的耐热性能优秀,传统高模低缩涤纶良好,普通涤纶较差。受热前后强度实验对比数据如表 2 所示。

表 2 受热前后强力对比 N·根<sup>-1</sup>

	高性能高模低缩涤纶 (1100dtex/2)	传统高模低缩涤纶 (1100dtex/2)	普通涤纶 (1100dtex/2)
实验前	144.4	144.2	143.6
120℃	144.4	144.2	143.6
140℃	144.4	143.8	143.0
160℃	144.2	143.2	142.5
180℃	144.2	142.0	141.2
200℃	143.8	141.5	137.5

### 2.3 抗疲劳性能好

分别选取普通涤纶、传统高模低缩涤纶和高性能高模低缩涤纶浸胶帘子布进行实验。实验方法采用给三种材料生产的 1100dtex/2 浸胶帘子布各自断裂强力 30%、50%、80%的负荷,并使材料在该间歇负荷下作疲劳动作,经过相同的时间后,对三种材料重新测试比较,以间接判断它们的耐疲劳性。

纶在承受反复的加负荷、去负荷次数之后,仍然可以接近纤维在未承受该疲劳动作前的物理性能指标,具有较好的耐疲劳特性。从该耐疲劳性能比较来看,高性能高模低缩涤纶最好,传统高模低缩涤纶较好,普通涤纶较差。(未完待续)