

聚酯帘线在欧洲轿车子午线轮胎中 取代人造丝

P. B. Rim 等著 戴近禹编译 涂学忠校

目前,欧洲轿车子午线轮胎胎体增强材料主要采用人造丝,而美国则采用聚酯,这是因为早在 50 年代轿车子午线轮胎在欧洲商品化时,人造丝纤维是主导材料,而到 70 年代美国轮胎子午化时,已出现了价格较低廉的聚酯纤维。尽管目前欧洲人造丝的价格高于聚酯,而且人造丝在生产加工过程中还存在环境问题,但是在欧洲市场上聚酯帘线仍然不能占主导位置。关于这一问题主要有两方面原因:首先,用聚酯取代人造丝需要大量的投资,用聚酯帘线生产轮胎常常需要增设硫化后充气装置,硫化后充气可以减轻胎侧凹痕和改善轮胎的均匀性,人造丝优良的高温模量保持率和收缩特性完全可以生产合格的轮胎而无需后充气;其次,欧洲人认为高温模量保持率将有利于轿车子午线轮胎高速行驶时的操纵性。因此,聚酯取代人造丝的比例可能尚未使成本的降低达到能推动改用新材料的程度。

本文将对联信 (Allied-Signal) 公司工业纤维部最近推出的新型尺寸稳定型聚酯轮胎帘线 (DSP)^[1,2] 的特性进行讨论。这种名为 DSP 的产品兼有高模量和低收缩率的优异特性。当然,应当指出,自 60 年代以来,尺寸稳定性对工业化聚酯产品在广泛领域中得到应用起了重大作用。那时,一般聚酯帘线的高模量和耐湿性大大降低了轮胎的平点,这足以推动它在斜交轮胎胎体中取代尼龙帘线,尽管尼龙帘线具有更高的强力和与橡胶的良好粘合强度。80 年代,第 1 代 DSP 实现商品化生产以改善单层子午线轮胎胎侧凹痕,即使其强度比普通聚酯低,尺寸稳定型聚

酯也已流行开来。目前,由于聚酯帘线的高强力和在世界各地都有供应,它正在轮胎胎体中逐步取代人造丝,当然取代的最终程度和速度要看帘线本身的尺寸稳定性,特别是尺寸稳定性对帘线在轮胎内性能的影响。

在以前发表的论文中^[3,4]介绍了一种方法,可通过模拟硫化来预测聚酯帘线在实际轮胎中的性能。为便于讨论,本文将模拟试验的帘线称为“轮胎内”帘线,而采用的方法是将两种不同帘线即聚酯与人造丝进行对比,同时还将讨论这些帘线在轮胎高速行驶时常碰到的高温和疲劳环境下的性能。试验证明,新型聚酯帘线无需硫化后充气就具有取代人造丝所需的各项性能。可以预料聚酯最终一定会取代人造丝,成为“通用型”轮胎帘线材料。

1 实验

1.1 材料

研究使用的 4 种 1 100dtex 聚酯纱线均为联信公司产品,它们的牌号及说明如下:

- 1W70 ——普通型聚酯纤维;
- 1X90 ——第 1 代轮胎增强 DSPTM 纤维 (尺寸稳定型纤维);
- 1X30 ——第 2 代轮胎增强 DSPTM 纤维 (高强度尺寸稳定型纤维);
- 1X40 ——第 3 代轮胎增强 DSPTM 纤维 (超尺寸稳定型纤维)。

1.2 轮胎帘线的制备

将聚酯纱线捻成捻度为 $315 \text{ 捻} \cdot \text{m}^{-1} \times 315 \text{ 捻} \cdot \text{m}^{-1}$ 的股线,结构为 3 股 (1 100dtex/3 315 × 315),帘线浸渍采用典型的两次浸渍

法,使用异氰酸酯/RFL(间苯二酚、甲醛、胶乳)粘合体系,美国普遍采用这种结构的聚酯帘线。这种分析也适用于捻度系数相同但纤度不同的帘线。在具有拉伸和松弛两个区域的烘箱内进行浸渍热处理,温度为 232°C ,两个区域滞留时间分别为40和60s。浸渍处理时每种帘线先拉伸6%,然后松弛0.2%或4%。在如上不同净拉伸条件下制备试样,以便能测定给定材料的拉伸性能(如模量、强力)与收缩率之间的相关性。

用工业上常用的 $1\ 850\text{dtex}/2\ 472$ 捻 $\cdot\text{m}^{-1}\times 472$ 捻 $\cdot\text{m}^{-1}$ 的白坯帘线制备浸渍人造丝。由于人造丝本身耐疲劳性能较差,因此捻度系数要比聚酯帘线高,用RFL粘合体系浸渍的标准时间、温度和拉伸条件分别为80s, 75°C 和+3%。

用1125型Instron拉力机在每分钟120%的拉伸速率下测拉伸强度。用“特定伸长下的负荷”测中间模量(例如LASE-5是在拉伸5%下的负荷)。在0.091N负荷下测定收缩率(自由收缩)。

依据ASTM D885-64T进行固特里奇圆盘疲劳和Mallory管式疲劳试验。进行圆盘疲劳试验时,把帘线埋嵌在胶料里,经受反复压缩和伸展周期后,测量帘线的断裂强度保持率,这项试验中帘线的应变是+3%/-9%,转速为 $2\ 500\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$,时间为48h。进行管式疲劳试验时,帘线是在压力为345kPa、转速为 $850\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$ 的条件下试验至破坏的。

由于人造丝对水很敏感,因此,必须测量其含水率对性能的影响。人造丝的含水率随处理后帘线放置环境而变,为此,使用饱和盐溶液来控制 25°C 下的环境湿度。在浸渍以后将“绝干”人造丝立即放置在相对湿度为0的干燥容器中,所有聚酯帘线则在温度为 25°C 、相对湿度为55%的条件下调节。

在 100°C ,10周期以后测量最小负荷与 $13.2\text{cN}\cdot\text{tex}^{-1}$ 之间的滞后损失,而在 120°C ,

$13.2\text{cN}\cdot\text{tex}^{-1}$ 的负荷下测量蠕变。在频率为10Hz、热扫描速率为 $1.6^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ 时,用RSALL流变分析仪测量低应变(0.17%)条件下的动态力学性能。这些帘线均在 $1.1\text{cN}\cdot\text{tex}^{-1}$ 条件下进行预拉伸。

2 结果与讨论

2.1 分析方法

下面讨论的结果是为了说明聚酯和人造丝浸渍帘线在轮胎制造和使用期间的性能损失。先讨论刚处理后帘线的性能,然后再讨论轮胎硫化和在道路上使用的影响。通过加速疲劳试验和高温特性来预测道路行驶时的性能。开始讨论各自的影响,在后面章节里再讨论它们的综合效应,说明聚酯和人造丝在轮胎长时间高速行驶时以及在由此产生的高温状态下相对性能的预期下降。因为这些帘线在充气轮胎中是处于预拉伸状态,而在行驶期间又产生周期变形,所以需用“有效”模量来说明在这些条件下的帘线变形,对于“有效”模量的各种可能性将给予定量化并加以讨论。

2.2 浸渍帘线特性

作为轮胎工程师,在考虑增强帘线时最关心的两种特性就是尺寸稳定性和强度。就我们的目的而言,尺寸稳定性可简单地定义为在某一给定高温收缩率下的模量。浸渍帘线LASE-5(即在5%伸长下的负荷)将用于标定尺寸稳定性的变化。虽然,LASE-5超过了与轮胎胎侧凹痕和操纵性有关的应变范围,但它是一个很容易测定的参数,而这个参数对具有不同内部形态的聚酯帘线在应力-应变曲线方面的变化提供了一个良好的量度。参考文献4对此做了更详细的论述。人造丝帘线及聚酯帘线在浸渍期间拉伸到各个不同净伸长点时的LASE-5与收缩率的关系曲线见图1。

这些结果表明,假如不考虑收缩率的话,仅以浸渍帘线的LASE-5与强力来比较,所

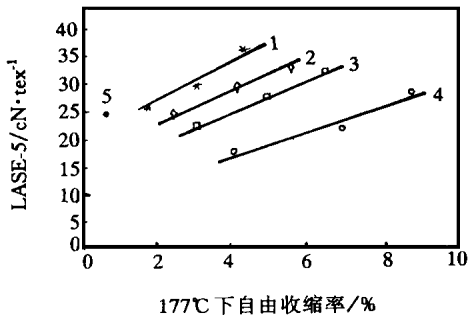


图 1 浸渍帘线尺寸稳定性

1 —1X40;2 —1X30;3 —1X90;4 —1W70;5 —干人造丝

有尺寸稳定型聚酯纤维均优于人造丝。然而,收缩率高的帘线在轮胎硫化期间往往性能下降更大。在给定收缩率下排列 LASE 的值,所得尺寸稳定性排列顺序如下:干人造丝 > 1X40 > 1X30 > 1X90 > 1W70。浸渍帘线断裂强度曲线见图 2,排列顺序是:1X30 > 1X90 > 1W70 > 1X40 > 干人造丝。

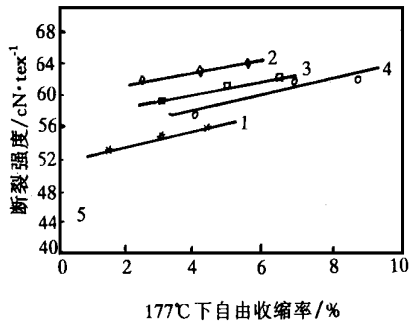


图 2 浸渍帘线断裂强度与自由收缩率的关系

注同图 1

2.3 轮胎内帘线性能

本节讨论的是聚酯和人造丝在轮胎制造期间和以后性能的定量变化,同时建立一个适合模拟轮胎加工过程的实验室试验。这个试验为后面的试验与分析提供了帘线试样。

首先我们重点讨论轮胎内聚酯帘线的性能。表 1 展示了从硫化轮胎(硫化温度为 350 °C(疑有误,原文如此——编者著),无后充气)上剥下的帘线与两种模拟轮胎硫化试

验帘线的相对关系,帘线松弛后的模拟帘线 F 和 A 在 177 °C 相同温度下试验负荷分别为 0.0912N 和 0.441cN ·tex⁻¹,这两种试验负荷分别代表自由收缩与 ASTM 收缩试验各自使用的张力。

表 1 轮胎内帘线性能评价

项 目	1W70	1X90	1X30	1X40	人造丝
轮胎内 ¹⁾					
强度	100	99	100	94	65
LASE-5	100	125	133	151	135
模拟 F					
强度	104	103	104	91	70 ²⁾
LASF-5	93	104	118	143	137 ²⁾
模拟 A					
强度	105	102	103	93	70 ²⁾
LASE-5	107	122	137	160	138 ²⁾

注:1)从轮胎上剥下帘线并立即试验;2)从轮胎上剥下帘线并立即试验,轮胎中人造丝含水率为 6 %。

所得数据表明,按照模拟“轮胎内”和实际轮胎的结果,尺寸稳定型 1X30 和 1X40 聚酯帘线的 LASE-5 有希望超过上一代产品。由于硫化模拟将从轮胎上剥下的帘线的数据归类在一起,因此高温松弛显然是轮胎生产期间性能损失的主要形式。而这种性能下降的幅度取决于帘线的收缩倾向和胶料基体阻力之间的平衡状况。模拟 A 较高的张力更适宜于硫化温度较低和/或粘度较高、或硫化速度较快的胶料。由于模拟 F 看来代表了聚酯帘线最坏的情况,因此它将用于表示“轮胎内”1X40 的性能。

业已观察到,浸渍期间净拉伸(如 6 %的拉伸再减去 2 %的松弛 = 4 %的净拉伸)对模拟“轮胎内”性能的影响是很小的。1X90 浸渍帘线性能见图 3。

从图 3 可以看出,1X90 浸渍帘线经过任意一种模拟后不同净拉伸下获得的性能,与初始性能的差别是不明显的。类似的结果在其它聚酯帘线上也可观察到。因此,应当将“轮胎内”帘线性能而不是浸渍帘线的性能作为轮胎性能的指标。由纱线的性能不能很

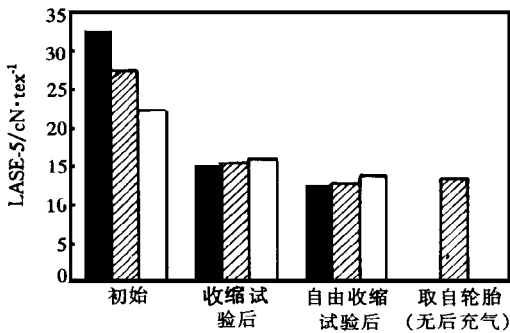


图 3 1X90 浸渍帘线性能

■—纱线, 拉伸 6%/ 松弛 0%; ▨—浸渍帘线, 拉伸 6%/ 松弛 2%; □—自由收缩后帘线, 拉伸 6%/ 松弛 4%

好地预测轮胎帘线的性能, 这从图 4 和 5 中的普通与尺寸稳定型聚酯纱线的 LASE-5 和扯断强度的对比以及经处理达到给定 LASE-5 的浸渍帘线与经受模拟 F 的帘线对比中可以看出, 1W70“轮胎内”LASE-5 保持

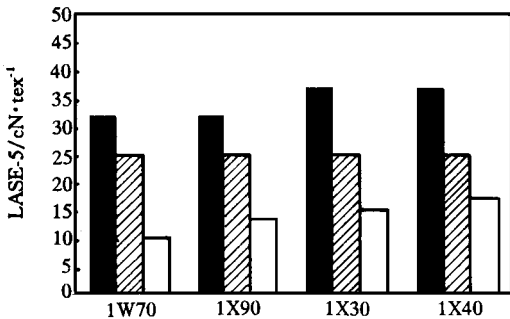


图 4 聚酯帘线的 LASE-5

■—纱线; ▨—浸渍帘线; □—自由收缩后帘线

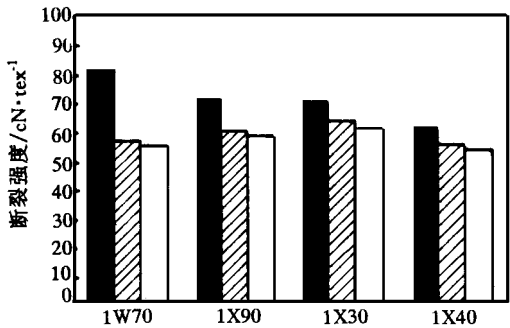


图 5 聚酯帘线断裂强度

注同图 4

率为 30 %, 而 1X40 为 50 %, 与之类似, 1W70 “轮胎内”强力保持率比较低, 为 70 %, 而更优异的材料可达 85 %~90 %。可见, 若仅凭纱线性能就说 1W70 是最好的轮胎帘线显然是不妥的, 而且在实践和理论上都已证明是错误的。当然, 如果这些帘线在浸渍时达到的初始 LASE-5 相当低时, “轮胎内”帘线保持率也许会更高些。

人造丝性能损失的模拟试验要比聚酯复杂得多, 因为在轮胎加工过程中及其前后一直存在吸湿降解效应。图 6 所示的含水率对浸渍人造丝性能的影响强调了这一点。

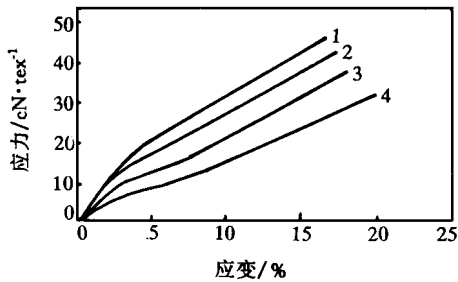


图 6 浸渍人造丝帘线的应力-应变曲线

1, 2, 3 和 4—人造丝帘线含水率分别为 1 %, 6 %, 10 % 和 15 %

轮胎厂通常特别注意确保压延前人造丝的干燥。为方便起见, 我们仅考虑人造丝帘布覆胶之后立即迅速应用的状况。在这种条件下, 人造丝帘线的吸水主要发生在轮胎制成以后。因此, 轮胎模拟试验 (包括对于干燥人造丝进行的模拟 A 和模拟 F) 时干燥人造丝要在各种相对湿度下调节, 以达到图 7 所

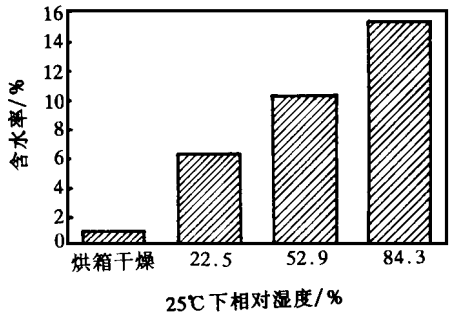


图 7 人造丝的含水率

示的含水率。图8和9所示为轮胎中抽出的

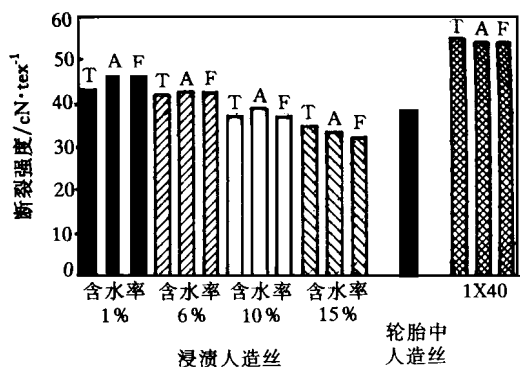


图8 人造丝、轮胎中抽出人造丝和 A340* 断裂强度对比

(*原文如此——编者注)

T—浸渍帘线; A—ASTM 收缩帘线; F—自由收缩帘线

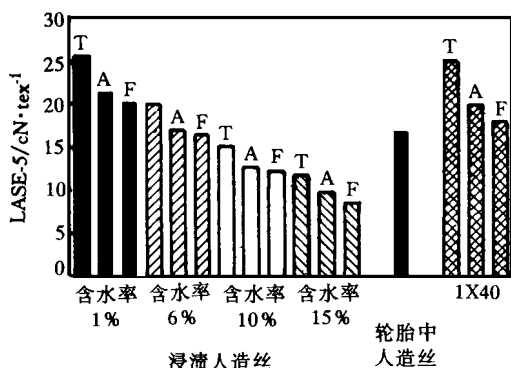


图9 人造丝、轮胎中抽出人造丝和 A340* 的 LASE-5 对比

(*原文如此——编者注)

注同图8

人造丝帘线与 1X40 聚酯帘线进行的性能对比。从轮胎中抽出的人造丝帘线不经调节即进行试验,当人造丝含水率为 6% 时,模拟与实际轮胎中帘线之间的性能最吻合。这个结论与 1946 年 Wakenham^[5]所发表的结果相当吻合。他们做了水蒸汽透过胶料进入轮胎胎体的试验,发现人造丝帘线的吸水率稳定在 4%~6% 之间,因此,除另有规定外,后面进行的“轮胎内”人造丝性能分析将使用含水率调节至 6% 的人造丝。“轮胎内”1X40 聚酯帘线与“轮胎内”人造丝帘线相比,在强

力方面优于后者,而在 LASE-5 方面则至少相当。在下面的章节中将讨论这些帘线性能对轮胎使用性能的影响。

2.4 轮胎内帘线性能与轮胎使用性能

2.4.1 轮胎均匀性

近年来,汽车原配胎制造公司不断提出改进轮胎均匀性,尤其是轮胎径向力变化的要求。在美国,轿车轮胎的均匀性已通过用尺寸稳定型聚酯作骨架材料而得到改善,这主要是由于这种尺寸稳定型材料具有较低的收缩率以及伴随而来较低的收缩形变,因此,在轮胎制造期间减少了帘线长度和模量方面的变化。鉴于径向力直接影响到轮胎与试验转鼓或地面接触时其断面的变形,因此,帘线模量和帘线间隙的变化直接影响轮胎的均匀性。

正如前面图3所示,某一帘线“轮胎内”的 LASE 基本上与浸渍帘线初始的 LASE 无关,因此,这种新型聚酯帘线通过有选择地调节其收缩率以及和浸渍帘线、硫化轮胎中帘线 LASE 之间的差别,进而最大限度地提高了轮胎均匀性。有人认为,帘线一定的收缩率是必要的,因为这有利于轮胎中所有帘线都被拉紧而无波形。人造丝帘线却不允许进行这种调节,因为人造丝的干热收缩率非常低,虽然吸湿后提高了收缩率,但它是不可控制的。

2.4.2 胎侧凹陷(SWI)

胎侧凹陷出现在与单层轮胎胎体帘布搭接部位相邻的胎侧上,由于在搭接处帘线的高密度,因此与非搭接处帘线相比,每根帘线相当于仅承受一半的应力(见图10)。因此,这些重叠的帘线在轮胎充气时伸长减少了 $\Delta\varepsilon$,结果在胎侧径向出现凹陷。经验表明,高模量帘线可明显降低 $\Delta\varepsilon$ 值,进而降低胎侧凹陷,本次研究所用帘线的 LASE 和 $\Delta\varepsilon$ 的相对变化列于表2中。

图11描述了“轮胎内”1X40聚酯与人造

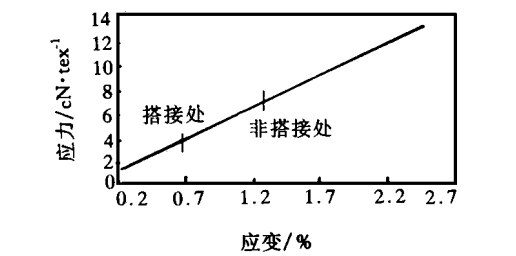


图 10 1X30 聚酯帘线的应力-应变曲线

表 2 帘线自由收缩后的 LASE 和 $\Delta\varepsilon$ 值

项 目	LASE-2	LASE-3	LASE-5	$\Delta\varepsilon$	最低模量
1W70	100	100	100	100	100
1X90	105	106	112	89	142
1X30	108	115	127	79	200
1X40	114	133	154	65	225
干人造丝	131	154	179	56	185 *
含水率为 6 % 的 人造丝	125	137	147	68	160 *

注：*人造丝在应变为 4 %~6 % 时的结果与聚酯帘线
在应变为 3 %~4 % 时结果对比。

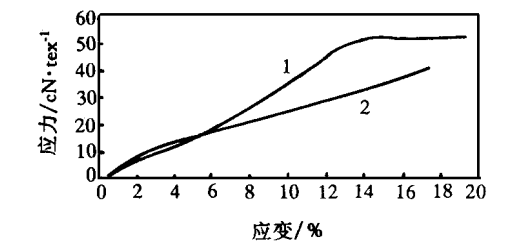


图 11 “轮胎内”1X40 聚酯和人造丝的
应力-应变曲线

1—1X40 聚酯;2—人造丝

丝的应力-应变特性曲线。

胎侧凹陷程度,用数据分析表明,1X40 聚酯在解决胎侧凹陷方面比其它聚酯更有优越性,但仍不如干人造丝和“轮胎内”的人造丝。作为预测^[3]和实际轮胎数据之间的一种对比,1X90 聚酯轿车子午线轮胎的胎侧凹陷程度比包括 1W70 在内的相同规格其它聚酯子午线轮胎降低了 32 %。根据表 2 中的 $\Delta\varepsilon$ 值,预测胎侧凹陷降低率是 19 %。遵循这个规律,“轮胎内”人造丝的胎侧凹陷将比“轮胎内”1X40 聚酯减轻 20 %。然而,假如

模拟 A 反映的是实际状况,那么人造丝与 1X40 聚酯之间的差别仅仅是 10 %。

因为我们感兴趣的是帘线搭接与非搭接部位之间的帘线伸长率,所以在与这些张力有关的伸长下的瞬时模量可能会提供深入的情况。因此,另一个分析工具将是由应力-应变曲线推导出的瞬时模量与应变之间的关系。“轮胎内”人造丝、干人造丝及“轮胎内”1X40 聚酯帘线有关曲线如图 12 所示。

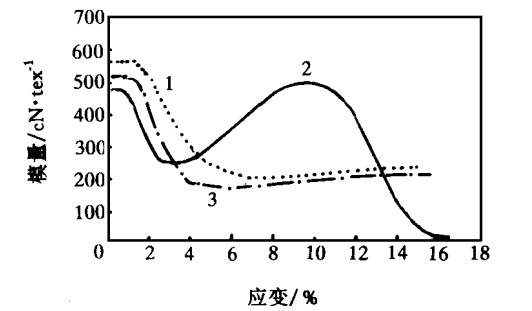


图 12 帘线的瞬时模量

1—干人造丝;2—1X40 聚酯;3—含水率
为 6 % 的模拟人造丝

在预应变达到 3 % 时,“轮胎内”1X40 聚酯的瞬时模量接近“轮胎内”人造丝的水平,可是此时的干人造丝的瞬时模量则高出 40 % 以上。另外,虽然所有“轮胎内”聚酯帘线在 3 % 应变时模量都出现最小值,但其中 1X40 在此应变下是最优异的。根据生产模拟结果,瞬时模量排列顺序如表 2 所示。

在以前的文献中^[4]将此参数与 LASE-5 关联起来。有时用来评定材料尺寸稳定性的另一种形式的模量(实际是柔量)是蠕变。这种刚度值可做为胎侧凹陷的实际控制系数,同时在汽车厂“重喷漆”烘箱中此值可表征轮胎胀大。“重喷漆”期间,由充气轮胎支撑的汽车停放在温度高于 100 °C 的环境里。在本研究里,试样在 120 °C 的典型“重喷漆”烘箱温度下,停放 3 min 后,通过观察伸长百分率来测量蠕变值。图 13 示出了 1X40 聚酯帘线、干人造丝和“轮胎内”吸水率下的人造丝

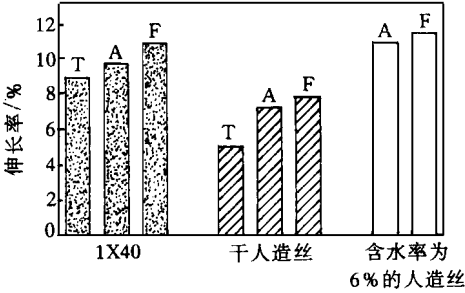


图 13 人造丝和聚酯帘线蠕变对比

试验条件:拉力 13.2cN tex⁻¹;时间 3min

注同图8

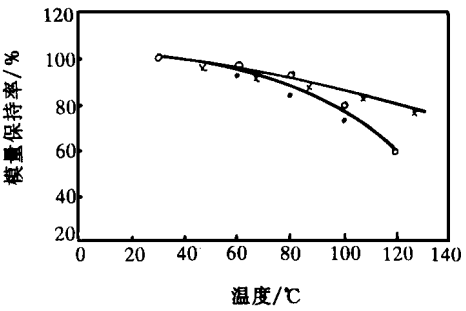


图 14 动态模量保持率与温度的关系

·—1X30; °—1X40; ×—干人造丝

的模量保持率。

动态模量是在较低应变振幅/预拉伸(0.17%/1.1cN tex⁻¹)条件下测得的。所示动态模量数据是帘线在试验张力下加热到170 °C的预处理后测量,然后测量试验周期中冷却期间的数据。这些帘线预处理后,会达到试样在其它试验中重现的“平衡”性能。就聚酯帘线而言,此值的重要意义在于与温度对应的模量值基本与聚酯帘线品种无关。因此,高温动态模量可通过环境温度下的测量值乘以图 14 所示的保持率来推算。根据此数据,帘线模量排列顺序为:人造丝 > 1W70 > 1X40 > 1X30 > 1X90。由于这些数据是在低于轮胎充气后帘线预应力的应力-应变条件下获得的,因此对轮胎操纵性能的影响不甚明了。

图 15 对人造丝和“轮胎内”1X40 聚酯帘线的LASE-2 ,LASE-3 及LASE-5 的保持率

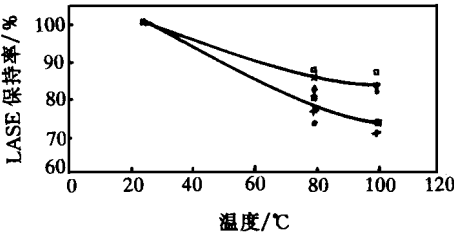


图 15 人造丝和 1X40 聚酯帘线的 LASE 保持率与温度的关系

·—1X40 LASE-2; + —1X40 LASE-3; ° —1X40 LASE-5;
□—人造丝 LASE-2; ×—人造丝 LASE-3;
◇—人造丝 LASE-5

在模拟 A 和 F 前后的结果。

数据显示了“轮胎内”1X40 聚酯帘线与“轮胎内”人造丝的特性对比,由于人造丝帘线在蠕变试验时的脱水比在轮胎中快,因此人造丝帘线在轮胎中会有更大的蠕变。

2.4.3 轮胎操纵性能

聚酯帘线增强轮胎的高速性能,尤其是操纵性能历来被认为不如人造丝轮胎。人造丝的这种优越性应归功于人造丝本身优异的高温模量。然而,适当调整轮胎设计和合理搭配材料,用聚酯帘线同样可获得优异的轮胎高速性能。尽管如此,达到人造丝的高温特性仍然需要注意设计成本,尽量减少替代人造丝的聚酯用量,而轮胎性能方面还要保持没有大变化。

为了便于分析,高温特性要用在室温条件下的测量结果和在高温下帘线强度保持率来描述。例如,表 3 示出了环境温度下动态模量测定值,而图 14 则显示了聚酯与人造丝

表 3 流变仪动态模量(自由收缩之后)

帘 线	cN tex ⁻¹	
	初始值	预处理后值
1W70	430	623
1X90	350	573
1X30	420	578
1X40	430	581
干人造丝	634	834
含水率为 6 % 的人造丝	478	653

与温度关系的对比中观察到较高的应变。

就 1X40 聚酯而言,3 种 LASE 测量值在高温下都具有相近的保持率。为简化起见而未示出的其它聚酯也具有类似行为。此外,观察到 1X40 聚酯在 100 °C 时 LASE 下降大约 25 %,等于该温度下的动态模量损失值,此时“轮胎内”人造丝的 LASE 保持率为 64 %。表 3 列出了 100 °C 下 LASE-2 和 LASE-5 的绝对值。用 100 °C 下的 LASE 作为轮胎在极高速度下行驶时的操纵性能指标。1X40 聚酯帘线在较低应变 (2 %) 下与“轮胎内”人造丝类似,而在高应变 (5 %) 下优于后者。干人造丝的性能在高、低应变下都是优异的。鉴于 100 °C 已超过通常情况下轮胎在行驶中的温度,更高温度下的数值的意义就不大了。

值得注意的是,选择这个条件进行性能对比有利于人造丝。例如,轮胎在 100 °C 下行驶并不普遍。另外,自由收缩对轮胎生产时 LASE 降低幅度做了夸张模拟。

2.5 轮胎耐久性

本节将讨论除疲劳以外的轮胎内帘线性能。轮胎通过印痕面转动时,帘线经历了一个压缩/伸展往复过程。由于这种变形,帘线在机械作用和热降解作用下其断裂强度下降,这两种作用与补强材料的滞后或生热性能密切相关,其原因在于这种帘线内的生热影响着轮胎温度。

试验中疲劳模拟是用第 2 节所述圆盘疲劳试验法进行的。为了达到准确评估轮胎中预期的疲劳响应,试验是用经受了模拟轮胎生产过程的帘线进行的,结果列于表 4。

所有聚酯帘线的值都比得上人造丝,轮胎的疲劳性能差距不大。圆盘试验之所以被普遍采用,在某种意义上讲要归功于其具有相当高的再现性。然而这种方法也有一定的局限性,因为对生热影响反映得还不够灵敏。另外,这种恒定应变试验对于高模量材料而言易出偏差,因为在轮胎胎侧上的帘线可能

表 4 模拟轮胎内帘线圆盘疲劳试验
断裂强度保持率

帘 线	断裂强度保持率		%
	模拟 F	模拟 A	
1W70	78	79	
1X90	82	83	
1X30	91	85	
1X40	85	76	
人造丝	86	85	

经受恒定应力变形。Mallory 管式试验,虽然再现性较差,但提供的数据与“生热”相关。模拟 F 试验结果表明,与普通聚酯帘线 1W70 相比,尺寸稳定型聚酯帘线明显延长了疲劳时间,同时降低了行驶温度,见表 5。行驶温度的降低与图 16 所示单独测定的滞后损失结果很吻合。

表 5 模拟轮胎的管式疲劳试验

帘 线	模拟 F	
	疲劳时间,min	管内温度,°C
1W70	66	116
1X90	162	112
1X30	256	107
1X40	155	109
人造丝	532	86

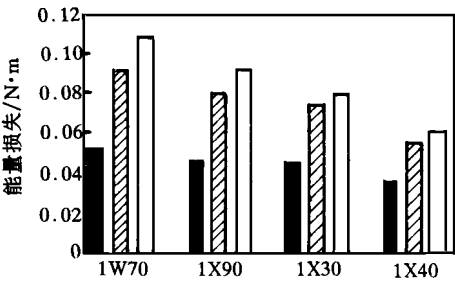


图 16 帘线的滞后损失 (第 10 周期)
—自由收缩;▨—ASTM 收缩;□—处理后

尽管人造丝的性能甚至优于新一代聚酯,但是这种管式试验的苛刻度在实际轮胎中是否能重现尚不得而知。

2.6 高速碰撞

本节主要讨论生产过程、疲劳和高温的综合效应,以评价聚酯和人造丝轮胎在高速行驶中撞击路面障碍物时的安全系数,计算形式如下:

严格的耐久性能 = 轮胎制造后强度 × 疲
劳后强力保持率 × 在
100 °C时强力保持率
帘线高温下强力保持率如图 17 所示。从图
中可以看出,在温度升到 80 °C以前,1X40 聚
酯和人造丝的强力保持率基本相同,而在
100 °C时人造丝的强力保持率则更高些。

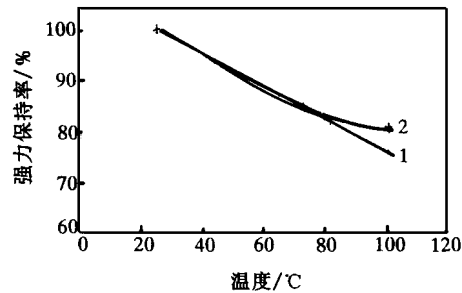


图 17 1X40 聚酯和人造丝强力保持率
1 —1X40 聚酯;2 —干人造丝

表 6 所示模拟苛刻耐久条件的帘线性
能。从表 6 中可以看出,聚酯帘线相对于人
造丝而言,即使在较苛刻的使用条件下仍然
有明显的强力或强度优势。由于是以 cN ·

tex⁻¹单位为基础进行对比,相当于是在某一
给定重量下的对比,所以根据与干人造丝相
比还是跟轮胎内人造丝相比,1X40 聚酯帘线
的用量可减少 10 %~20 %。此外,还存在一个
问题,就是对人造丝的强度要求代表了合理
的轮胎安全系数,还是为了考虑到无意造
成含水率过高的异常人造丝轮胎的需求。

表 6 模拟苛刻耐久条件的帘线性能

帘 线	cN tex ⁻¹		
	LASE-2	LASE-5	强度
1W70	5.3	8.4	36.7
1X90	5.5	9.3	36.3
1X30	5.7	10.6	40.6
1X40	6.0	12.9	34.3
干人造丝	5.9	12.9	30.4
含水率为 6 %的人造丝 ^a	5.7	10.6	27.9

注:a. 100 °C时 LASE 和强度保持率分别为 64 %和
77 %。

参考文献(略)
译自“美国联信公司交流资料”

新型脱模剂的研制及在轮胎上的应用
脱模剂在轮胎硫化过程中对制品的顺利
离型起着重要作用,它直接影响轮胎的质量
和生产效率。中国兵器工业第五三研究所采
用阴离子乳液聚合与机械乳化两种技术研制
出有机硅乳液脱模剂系列产品,克服了传统
油基脱模剂的缺点,安全可靠、无污染、成本
低。其性能指标见附表。
实际应用证明,当脱模剂中的有机硅成

分在 5 %~7 %时,可满足汽车、拖拉机轮胎
外胎使用,并可反复脱模 4~5 次;摩托车外
胎因其体积较小,脱模较困难,通过改进配方
工艺,研制出摩托车轮胎专用 T252 型脱模
剂,受到用户的欢迎;对于力车轮胎(自行车、
三轮车、地排车胎等),脱模剂中的有机硅含
量在 3 %左右,可反复脱模 4~5 次;机械乳
化型脱模剂应用于汽车轮胎内胎的生产,可
取代传统的滑石粉,减少污染,提高制品质
量,拓宽脱模剂的应用范围。
实践表明,有机硅乳液脱模剂可完全取
代传统的油基脱模剂,应用于各种轮胎及内
胎的硫化脱模;也可加水稀释,采用涂刷、浸
涂、喷涂等工艺;还可望在塑料泡沫、复合材
料成型、金属压铸等领域得到推广应用。
(中国兵器工业第五三研究所 张以河
孙维钧 刘永礼 李大勇供稿)

附表 脱模剂的性能指标

项 目	乳液聚合型	机械乳化型
外观	白色乳状液	白色乳状液
固体含量/ %	15~25	18~30
pH 值	7.0 ±0.5	7.0 ±0.5
机械稳定性 (300r ·min ⁻¹ , 15min)/ %	0(无水相体积)	0(无水相体积)
乳液粒径/ μm	—	≤1
贮存稳定性/ d	≥365	≥365