

新产品 新技术 新工艺

可以进一步取代人造丝的新型聚酯增强材料(一)

Jean-Francois Fritsch

(美国 Honeywell 公司功能纤维欧洲产品部)

1 前言

过去几年间,轮胎工业经历了一系列重大变革,包括材料的探索和归并、设计的变化。新型轮胎增强材料如尺寸稳定型聚酯和 PEN 纤维向人们展示出骨架材料的变化及其发展方向。

汽车工业施加的价格压力迫使轮胎制造商采取诸如使用高模低缩聚酯纤维这样的措施来大幅度降低成本。新型聚酯纤维显示出很强的性能,足以满足多层胎体轮胎的增强需求及确保车辆的性能。PEN 纤维有希望成为超高性能轮胎中取代人造丝的增强材料,因为超高性能轮胎要求增强材料有更优秀的尺寸稳定性、更好的耐热性及减轻胎体重量,这些对于车辆的性能是至关重要的。

本文以技术优势和成本为基础,从轮胎行业的角度介绍聚酯纤维和 PEN 纤维骨架材料各自优越于人造丝的优点。

2 使用聚酯骨架材料是降低成本的措施

早在上世纪 90 年代,欧洲制造的以纺织品增强的轮胎中只有不到五分之一使用聚酯,聚酯被排除在主流产品之外。现在,聚酯纤维在技术与经济性的竞争中已胜过人造丝,新型的尺寸稳定型聚酯纤维已经在轿车轮胎和轻型轮胎的胎体增强材料中占据主导地位。

用聚酯取代人造丝作为胎体增强材料,已经为降低轮胎成本作出了巨大贡献。第二代和第三代的尺寸稳定型聚酯使胎体成本降低了 15%~20%,而胎体强度提高了 10%。由于能提供足够

的尺寸稳定性来满足对价格特别关注的汽车驾驶员和许多 T、H、V 级轮胎生产商对轮胎性能要求的需要,尺寸稳定型聚酯成为多数新轮胎生产线的设计者们的选用材料。

作为汽车安全性的一个关键部件,轮胎的设计应有很高的安全性。相应也要求纤维材料在经历严酷的疲劳使用条件如充气 and 超载后,还能保持其性能的耐久性。

选择适当的捻度可以达到对帘线耐疲劳性能的要求。用测试帘线在经历加速耐疲劳试验后强度变化的方法可以在试验室模拟胎体的耐疲劳性能,试验中包覆了橡胶的帘子线在整个试验时间内将交替受到拉伸和压缩的作用。对 IX 53 型尺寸稳定型聚酯 1670dtex/2 帘子线和 1840dtex/2 人造丝帘子线两种帘子线加捻不同的捻度,在相同的条件下试验对比。之所以选择这两个帘线规格,是因为其细度(直径)相同。比较试验结果,可以找出在试验条件下为达到最大一定的强力保持率所应选择的捻度或螺旋升角,称之为名义捻度。从试验结果可以发现,IX53 型聚酯帘线在捻度稍低于人造丝的 420T/m 时即有优秀的耐疲劳性能,若加捻到与人造丝同样的 420T/m,则其耐疲劳性比人造丝高 23%。也就是说,IX53 型聚酯帘线的捻度加得比人造丝低,这可以降低聚酯帘线的加捻成本并可使帘线的其它多数力学性能如强度和模量的损失减轻。

同样,由于尺寸稳定型聚酯兼具优秀的耐疲劳性和强度越来越高两项特性,已成为轻型载重轮胎主要的增强材料。三种不同纤维材料制成的

帘子布的拉伸强度分别为:IX53 型尺寸稳定聚酯 5.8(5.8)、人造丝 3.7(3.1)、PEN 纤维 6.0(6.0) (括号内外数字分别为绝干状态和经过调温调湿后帘线的测试结果)。可以清楚地看到,无论是在绝干状态下还是经过调温调湿,如果使用等量的骨架材料,用胎体拉伸强度测试 PEN 纤维和

IX53 型尺寸稳定型聚酯,都能比人造丝改善轮胎的安全性,幅度超过 50%以上。

不论从改善轮胎的安全性和耐久性还是从降低胎体增强材料的用量的方面考虑,轮胎制造商都应使用聚酯或 PEN 纤维,以利用这两种合成纤维的优势。

表 1

	对照	等强度 成本最低	等体积 相同设计	等重量 1:1 取代	等模量 性能
结构/(dtex/ply)	1840/2	1440/2	1670/2	1840/2	2200/2
捻度/(T·m ⁻¹)	480	410	380	363	320
帘线直径/mm	0.68	0.63	0.68	0.72	0.78
胎体增强材料重量	100	76	89	98	118
断裂强力/N	174	174	210	228	277
在轮胎内模量:LASE-1(N)	22	16	18	20	24
单位重量纤维相对价格	100	62	60	58	56
单位重量纤维相对加工成本	29	30	28	27	25
单位重量帘子布相对价格	129	92	88	85	81
每条胎纺织品相对成本	100	54	63	64	74

相对于人造丝,典型的胎体重量节省幅度是 15%,这个材料取代系数使帘子布的模量和轮胎的乘用性能出现类似下降。然而,正如表 1 所显示的那样,取代系数较大照样能克服这些缺陷。使用直径更细(即线密度更低)的帘线同样可达到减轻轮胎重量的效果,不仅降低轮胎消耗骨架材料的成本,还可节省压延帘子布所需要的胶料。从表 1 可以看出,实际上有一系列的 IX53 型尺寸稳定型聚酯可以取代 1840dtex/2 这样标准结构的人造丝,具体选用哪种取决于轮胎制造商的需要。很多公司要求最大程度地降低轮胎的胎体重量,这时可选择 1440dtex/2,如果帘子布的经线密度与人造丝相同,聚酯可提供与参比人造丝一样的安全系数,性能通常对于不把操纵性能看得太重的经济型轮胎来说已经足够了。如果选择的聚酯帘线的规格较大,尺寸稳定型聚酯胎体的刚度能达到或超过人造丝胎体。

表 1 表明,如果用模拟硫化后帘线在 1% 变形时的受力来表征帘线模量,用与人造丝同等重量的尺寸稳定型聚酯纤维制成的帘线,可以有与人造丝同样的“在轮胎内帘线模量”。为了帮助聚酯为轮胎业所接受,Honeywell 公司开发出新的纺丝工艺,以使其多数型号的聚酯纤维能生产出 2200dtex 线密度的产品。这种新结构帘线对轮

胎制造业有多种好处:(1)帘线尺寸与 1840dtex/2 人造丝匹配;(2)用两股 2200dtex 帘线即可替代 3 股结构的 1440dtex 帘线;(3)两股结构的帘子线可用运行成本低的直捻机来加工;(4)帘子线加捻和织布、浸胶成本更低;(5)增加了加捻工序的产能。

现在,超高性能乘用车轮胎已普遍使用调整了经线密度的 2200dtex/2 结构的 IX53 型尺寸稳定型聚酯帘子布作为胎体骨架材料。表 2 把用先进的尺寸稳定型聚酯骨架材料与人造丝骨架材料增强的 196/65 R15 H 或 V 级乘用轮胎所能达到的性能进行对比。本例中每条轮胎的成本下降了接近 0.5 欧元。

如今,尺寸稳定型聚酯已成功地用来生产 M +S、T、H 级轮胎,很多高性能轮胎甚至原配胎也能被设计为用聚酯纤维增强。近年来出现低胎侧和更加关注轮胎的速度极限的倾向,但经过鉴别发现人造丝与聚酯这两种骨架材料各自对轮胎该方面性能的影响并不明显。多数的轮胎生产商迅速地适应了这种形势,起初是在替换胎中使用聚酯骨架材料,现在很多的原配胎也用聚酯骨架材料了。不过技术平台概念和轮胎部件的标准化有利于人造丝,所以人造丝还保留着其基准材料的地位。在需要用人造丝增强的标准轮胎生产中,

表 2 196/65VR15 轿车胎中用 2200dtex/2 结构的 IX53 型尺寸稳定型聚酯代替 1840dtex/2 人造丝

性能	单位	人造丝	IX53 聚酯	备注
结构	dtex/ply	1840/3	2200/2	
经线密度	根/10cm	90	102	
初捻(S向)	T/m	300	290	加捻后有等同的耐疲劳性能
复捻(Z向)	T/m	300	290	
绝干帘子布面单位面积重量	g/m ²	463	462	取代系数 100%
帘子布商业重量	g/m ²	524	464	节省材料及加工成本 11%
材料相对成本	单位重量成本指数	100%	70%	节省材料成本 30%
材料相对成本	单位面积成本指数	52%	32%	节省帘子布成本 38%
浸胶处理后帘子布性能				
帘线细度(直径)	mm	0.838	0.784	聚酯比人造丝直径小 6.4%
帘子布投影覆盖度	%	75	80	帘子布容许覆盖度
帘子布压延用胶料	cm ³ /m ²	742	716	节省胶料成本 3.5%
帘子布绝干强度	N/dm	25650	27540	胎体强度增加 7%
4500N/dm 拉力下帘布变形量	%	2.0	1.9	
干热收缩率	%	0.5	0.8	热收缩低有最大的均匀性
轮胎内帘子布的性能(以在 177℃、0.05cN/dtex 张力下硫化 2min 模拟)				
帘子布强度	N/dm	23040	27540	胎体强度增加 20%
4500N/dm 拉力下帘布变形量	%	2.0	2.1	轮胎行为等同
半湿帘子布变形量	%	2.2	2.1	胎侧凹陷相同

很多 H 级和 V 级轮胎还会继续用人造丝骨架材料增强,这与轮胎设计有关,特别是与轮胎反包部位使用的胶料有关。

通过纤维生产商和轮胎生产商的开发工作,我们必将看到会有更多的尺寸稳定型聚酯被用作轮胎的骨架材料。

3 人造丝的市场形势

2002 年,欧洲的一家人造丝生产企业关闭后,工业用人造丝的产量已减少到 59000t。保留下来的生产能力中,80%以上是由欧洲两家公司的三家生产厂生产的。这些人造丝中 80%以上被用在了欧洲的轮胎生产中。以年度增长率 3%来考虑轮胎产量,这种形势对轮胎行业不利。因为使用人造丝会提高轮胎价格,而且今后可能会越来越频繁地出现人造丝短缺的情况。

尽管人造丝的生产商们作了大量尝试性的开发工作,人造丝纺丝工艺仍存在固有的成本高、效率一般和在生产过程中排放二硫化碳、二氧化硫和硫化氢等废气而非常不利于环境保护等缺点。改变这种情况需要耗费大量的资金。2002 年,乘用车胎中人造丝的消耗量首次稍稍低于工业用聚酯纤维。自 20 世纪 90 年代以来,欧洲的轮胎胎体用纤维骨架材料呈现出高模低缩聚酯逐年上升而人造丝逐年下降的趋势:1990 年人造丝

68000t,聚酯 22000t;1995 年人造丝 53000t,聚酯 38000t;2000 年人造丝 46000t,聚酯 46000t;2005 年预测人造丝 46000t,聚酯 53000t。

由于单条轮胎使用的聚酯骨架材料稍少于人造丝,这意味着 55%的乘用车胎是以聚酯为骨架材料生产的,而 45%是使用人造丝骨架材料生产的。但是,现在平台战略仍支持使用人造丝为轮胎的标准结构,即使在使用尺寸稳定型聚酯已经足够多的产品中亦如此。

4 PEN 纤维是高性能轮胎的增强材料

轮胎产品向更高性能方向发展的趋势促进了竞争。轮胎生产商正在开发新技术以保持或增加其产品在市场中的份额。诸如 PEN 纤维(聚 2,6-萘二甲酸乙二酯纤维)的新型骨架材料由于具有下列一系列的重要的综合性能而成为理想的候选材料:(1)模量是人造丝的两倍;(2)拉伸强度比人造丝高 60%;(3)不吸湿;(4)工艺可行性与人造丝、聚酯相同;(5)热稳定性、化学稳定性好。由于轮胎生产商们把关注焦点集中在能源消耗和降低原材料成本上及如何减轻轮胎重量上,大量尝试在结构上用单层胎体取代双层胎体以减少压延胶料的消耗,这就促使低线密度规格的帘线得以使用,当然最好是使用性能更高的纤维材料如 PEN 纤维。
(未完待续)