

对位芳香族聚酰胺纤维在超大型单装载重轮胎中的应用前景

E. Dommershuijzen 著 高称意编译 孙燕琴校

阿克苏公司的对位芳香族聚酰胺纤维(以下简称芳纶)作为一种大型轮胎的增强材料,一经问世就很快并牢固地占领了市场。当然,这一成就在很大程度上归因于其特有的综合性能,如高强度、高模量、良好的屈挠性和不收缩性。

本文介绍了阿克苏公司开发的应用于超大型单装载重轮胎的芳纶帘线。

1 超大型单装载重轮胎

超大型单装载重轮胎正日益被规范化,尤其是在欧洲。在美国,这种轮胎也开始受到人们的喜爱。现在,超大型单装轮胎最普遍的规格有:385/65R19.5,385/65R22.5和425/65R22.5。

与传统的二胎并装轮胎相比,超大型单装轮胎具有如下优点:

- 轮胎重量大大减轻;
- 节油效果较为显著,据资料介绍,如全部换用超大型单装轮胎,节油5%。

超大型单装轮胎之所以历史很短,主要原因之一是,直到不久前才能生产出强度足够的骨架材料。

现在,一般用钢丝帘线来满足轮胎的性能要求。阿克苏公司作为世界上最大的工业纤维制造商,把在其原有超强芳纶纤维基础上开发出用于超大型单装轮胎的帘线作为挑战。我们期望作为目前通用钢丝帘线替代物的芳纶,用于超大型单装轮胎上时具有如下优点:

- 油耗可再降低几个百分点;
- 各规格的轮胎重量(每条)均可再减轻

4—5kg;

- 胎体寿命延长(由于降低了磨损疲劳);
- 乘用性更好;
- 轮胎使用过程中温度较低;
- 胎面磨耗均匀。

2 超大型单装载重轮胎对骨架材料的要求

目前芳纶帘线的最高标准结构(意指已工业化规模生产)是3360dtex/3,该帘线的直径约1.2mm,单根扯断强度约1600N;当帘线的覆胶量约为70%时,其帘布的扯断强度最高,可达 $932\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$ 。

不同规格的超大型单装轮胎所需要的帘布扯断强度如下:

- 385/65R19.5:约 $920\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$;
- 385/65R22.5:约 $1200\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$;
- 425/65R22.5:约 $1300\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$ 。

显然,对于385/65R19.5规格的轮胎,3360dtex/3结构的帘布强度就足够了,但对于其它两个规格的轮胎,就需要寻找不同的解决办法。

由于重量原因,这类帘线的最大直径只能达1.5mm,单靠提高帘布的线密度不能满足425/65R22.5规格轮胎所需要的帘布强度,因为经密度为 $466\text{根} \cdot \text{m}^{-1}$,单根帘线的直径为1.5mm,扯断强度约为2800N,而帘线的直径由1.2mm增至1.5mm,其扯断强度约提高到原来的1.5倍,达到单根2400N。

总之,我们开发出适用于超大型单装轮胎胎体所用帘线,其应具有:

- 扯断强度约提高15%(2800/2400);

- 直径不超过 1.5mm;
- 足够高的耐压缩疲劳性。

有两条基本的途径可以改进帘线性能:

- 通过改变制造帘线用长丝的性能;
- 通过优化帘线的结构。

我们研究了这两条途径的可行性,结果见后述。

3 改进长丝的性能

在溶液纺丝法生产芳纶纤维的各种限制条件下,仍存在着改善长丝强度和耐压缩疲劳性的各种可能性,下面是可供选择的纺丝参数:

- 纺丝液的聚合物浓度;
- 喷丝头的几何形状;
- 纺丝浴的温度;
- 纺丝浴的酸浓度;
- 长丝张力;
- 干燥温度。

实际上,随着长丝强度的提高,其耐压缩疲劳性通常会降低,同时性能的提高,也意味着成本的提高。图 1 可以说明几种牌号的芳纶长丝性能。图 1 中除有标准的 1000 型芳纶长丝外,还有其它 3 种牌号的芳纶长丝,而每一种长丝都通过改变上述纺丝参数对某些性能进行了优化。

2000 型芳纶长丝在强度方面进行了优

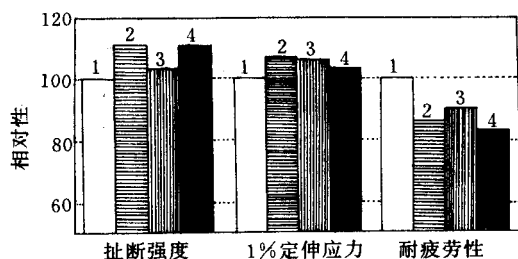


图 1 不同牌号的芳纶性能

帘线结构:1680dtex/2,330/330(T/m);1—1000 型;

2—试验型;3—1111 型;4—2000 型

化,1111 型芳纶长丝在模量方面进行了优化,而试验型(尚未投入生产)芳纶长丝在强度和模量两方面都进行了优化。图 1 示出的是这些长丝制成的帘布浸渍处理后的性能。可以看出,这些长丝之间的差异是很明显的。

图 1 所示的耐疲劳性是在一系列不同试验条件下取得的。尽管 1000 型芳纶帘线的初始强度较低,但其相对剩余强度明显最高。实际上,在极端试验条件下,1000 型芳纶帘线的绝对剩余强度也最高。

图 1 所示的 4 种芳纶长丝中,1000 型芳纶长丝的成本最低,因此长丝性能的优化决不是简单的事。

在进一步研究的基础上,我们知道了还有可能专门改善芳纶的耐压缩疲劳性,但其方案不是在最近不能实现,就是对于应用而言成本过高,因此本文不对此进行讨论。

4 超大型单装载重轮胎胎体帘线结构的优化

如上所述,用于重型载重单装轮胎的,现已实现规模化生产的最高帘线结构是 3360dtex/3,其捻系数为 167。捻系数用下述公式计算:

捻系数 =

$$\frac{\text{捻度}(\text{捻} \cdot \text{m}^{-1}) \cdot \sqrt{\text{公称线密度}(\text{tex})}}{\text{芳纶密度}(\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})}$$

捻系数值 167 是由来已久的选择,这主要基于对两股结构帘线的研究,它也适用于三股结构的帘线。然而根据不同的研究结果很快发现,应用到轮胎胎体上,三股帘线比两股帘线具有更为优异的性能。我们最近做了 1680dtex/3 和 2520dtex/2 两种结构帘线的性能对比研究,结果如图 2 所示。

显然在相同的线密度下,三股结构的帘线扯断强度和耐压缩疲劳性较高,如在长丝生产过程中通过调整工艺来达到这样的水平是很困难的。

由此得出,可以制造一种捻系数稍低的

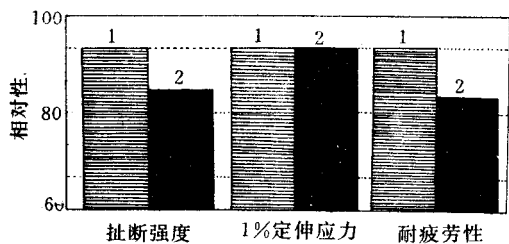


图2 不同几何参数的帘线性能

1000型芳纶[280/280(T/m)];

1—1680dtex/3;2—2520dtex/2

三股结构帘线,它集中了我们已知的两股结构帘线耐压缩疲劳性好和扯断强度较高的优点。

我们从其它的研究工作中得知,对于本研究数量级的捻系数而言,两股结构帘线的捻度降低10%,其耐疲劳性约降低15%,为此我们对以下几种帘线进行了进一步的研究:

- 1000型芳纶,1680dtex/3×3,捻系数167;
- 1000型芳纶,1680dtex/3×3,捻系数142;
- 2000型芳纶,1680dtex/3×3,捻系数164;
- 2000型芳纶,1680dtex/3×3,捻系数139;
- 1000型芳纶,3360dtex/2×2,捻系数144。

选择这些帘线有可能确定出帘布强度和耐压缩疲劳性同时提高的最有效方法。

图3所示的是浸胶处理后的帘线扯断强度和1%定伸应力。很显然,强度优化的2000型芳纶的扯断强度最高,而两股结构帘线的性能比三股结构帘线差得多。

图3也示出了压缩疲劳试验后的剩余强度。以上结果证实了我们的假设:

- 近期内,对应用于超大型单装载重轮胎的帘线而言,优化帘线的结构比优化长丝的性能结果更好;

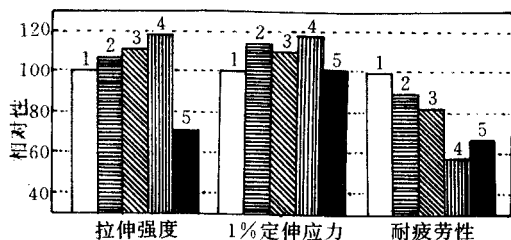


图3 不同捻系数的芳纶性能

1—1000型,1680dtex/3×3,捻系数167;2—2000型,

1680dtex/3×3,捻系数139;3—1000型,1680

dtex/3×3,捻系数142;4—1000型,3360

dtex/2×2,捻系数144;5—2000型,

1680dtex/3×3,捻系数164

• 三股结构帘线的性能明显优于两股结构帘线的性能;

• 对于三股结构的帘线,在保持一定的优异性能前提下,可以降低其捻系数。

5 超大型单装载重轮胎胎体的优化帘线结构

综上所述,选择1000型芳纶长丝制造捻系数为142的1680dtex/3×3结构帘线,这批帘线中试的性能如下:

- 平均扯断强度约为2600N;
- 浸胶后帘线的断面直径平均值为1.45mm。

计算结果表明,当帘布的覆胶量为73%时,帘布的扯断强度超过1300kN·m⁻¹。

这些帘布已用于重型载重轮胎的制造,试验结果良好。

6 结论

芳纶帘线可以适用于所有类型的载重轮胎,包括现在在欧洲处于重要地位而在美国正流行起来的超大型单装轮胎,因为它能满足所有的技术要求,并使轮胎具有如下优点:

- 重量较轻;
- 油耗较少;
- 行驶温度较低;

- 寿命较长；
- 乘用性能较好。

现在,尽管芳纶纤维已经达到一定的强度水平,但我们还是需要继续优化轮胎设计。在这方面,首先要注意的是,提高芳纶的屈挠

性可降低轮胎的高宽比,从而减轻轮胎重量和减少油耗。当然对车辆设计也应不断加以改进。

译自“美国化学学会橡胶分会 1993 年
144 届国际橡胶技术研讨会论文”