

锦纶66浸胶帘布在轮胎中的应用发展趋势

胡旭红,胡晓梅

(神马实业股份有限公司,河南 平顶山 467000)

摘要:介绍锦纶66的特性,并结合国内外轮胎的设计使用特点,分析锦纶66浸胶帘布在半钢子午线轮胎冠带层、全钢载重子午线轮胎胎圈加强层和斜交轮胎缓冲层中的应用情况,并探讨了不同应用对锦纶66帘布结构和性能的新要求和发展方向。

关键词:锦纶66帘布;轮胎;冠带层;加强层;缓冲层

中图分类号:TQ336.1⁺¹;TQ330.38⁺⁹

文献标志码:B

文章编号:1006-8171(2015)12-0720-04

锦纶66自问世以来,已在工业和民用领域得到了广泛的应用,特别是轮胎工业,其优异的性能使轮胎各部位发挥了特有的优势。由于生产锦纶纤维所采用的原材料和工艺不同,商品有锦纶6和锦纶66之分。

本文主要介绍锦纶66浸胶帘布的特性,并根据多年来从事轮胎结构设计和锦纶66应用推广的经验,从锦纶66的特性和轮胎的设计、实际使用方面,分析锦纶66目前在轮胎中的使用情况和发展趋势。

1 锦纶66分子结构与特性

1.1 分子结构

锦纶66分子链呈平行排列,化学重复单元和结晶重复单元完全一致,所有的—C—和—N—均可形成氢键,因此锦纶66纤维具有较高的强度,机械加工性能良好。

而锦纶6的分子链排列不对称,化学重复单元和结晶重复单元不一致,部分—C—和—N—不能形成氢键,因此纤维强度比锦纶66低。

1.2 特性

(1) 锦纶66与锦纶6的耐热性能对比如表1所示。从表1可以看出,锦纶66的耐热性能明显优于锦纶6。

作者简介:胡旭红(1969—),女,河南平顶山人,神马实业股份有限公司工程师,学士,目前主要从事轮胎骨架材料纤维帘布的市场开发、推广应用和售后服务工作。

表1 锦纶66与锦纶6的耐热性能对比 ℃

项 目	锦纶66	锦纶6
强度降至零的温度	240	195
塑化点	220	160
软化点	235	170
熔点	260	220
玻璃化温度	70	59

(2) 相对锦纶6,锦纶66的蠕变率小,尺寸稳定性良好,可提高轮胎的使用寿命。

(3) 与锦纶6相比,锦纶66的干热收缩率低,耐湿热性好,用作轮胎的骨架材料有利于确保行车安全。

锦纶6和锦纶66分子式($C_6H_{11}ON$)_n相同,但由于生产原材料和工艺不同,分子的立体结构和分子链的取向不同,分子之间形成的氢键和结晶度也不同。

锦纶66在干热收缩、尺寸稳定及耐高温等方面具有优异的特性,一直以来在高层级载重斜交轮胎和工程机械斜交轮胎的胎体中得到广泛应用;与聚酯相比,改性锦纶66在速度级别较高的轿车和轻型载重子午线轮胎胎体中的应用也体现出了特有的优势。

2 半钢子午线轮胎冠带层

2.1 冠带层设置的必要性

车辆在行驶过程中,轮胎带束层由于离心力的作用而伸展,但是钢丝帘线是不能伸展的,只能由原来的位置转向沿轮胎周向排列。在位移过程中带束层帘线锋利的端头会对相邻的橡胶产生剪

切作用。此外,露边钢丝带束层的边部是没有黄铜镀层的,钢丝与橡胶的粘合力在该界面上几乎为零。当轮胎在临界运转条件(即高载荷、低充气内压或高速状态)下,钢丝-橡胶界面处开始出现裂口,并随轮胎使用时间的延长,裂口逐渐变大,最终导致带束层脱层,即轮胎损坏。同时,裂口的增大还会影响轮胎的外形,导致轮胎接地印痕不规则。轮胎胎面与路面的不均匀接触会加速胎面局部磨损。由于胎面寿命由磨损最严重位置的状况决定,因此会使轮胎的使用寿命变短。

随着高速公路的快速发展,为了生产耐久性更好和速度级别更高的高性能轿车轮胎,设计增加冠带层成为必要,冠带层材料的用量也在不断增长。

2.2 冠带层的作用

冠带层(0° 带束层)的作用是沿周向箍紧胎体,保护钢丝带束层边缘,缓解钢丝带束层两端向上翘,限制钢丝带束层径向扩展。随着行驶速度的提高,轮胎的温度升高、直径增大,冠带层可产生内应力限制高速运转时带束层的延伸幅度,即限制轮胎胀大,从而减少轮胎生热,降低滚动阻力,改善轮胎的行驶性能。另外,冠带层还可以有效地避免带束层边部脱空,增强轮胎的耐久性,减小轮胎突然损坏的危险性,并赋予轮胎更高的速度级别。乘用子午线轮胎设计增加冠带层可以提高轮胎的行驶速度,改善轮胎高速行驶时外缘尺寸的稳定性。

2.3 冠带层对帘线性能的要求

冠带层用帘线需要有适中的模量、高收缩力及与橡胶之间的高粘合强度。

在硫化温度下,适中的模量和足够的收缩率是关键。在轮胎制造过程中,对于现行的大多数轮胎生产工艺,冠带层帘线模量最好低些。硫化时,胎坯膨胀,从而贴紧硫化模型,如果冠带层帘线的模量过高,必然妨碍膨胀。冠带层在硫化过程中收缩,有适当的热收缩率和热收缩力,从而确保其能紧紧地包覆在钢丝带束层上。这在轮胎的边部尤其重要。当轮胎在模具内膨胀后,在带束层边部会产生弯曲。如果冠带层不能充分收缩,则会导致带束层边部松散,意味着其将会失去在高速下对带束层的保护。过高的收缩率也会在硫

化过程中产生问题,即硫化过程中冠带层移动,使轮胎均匀性变差,也有可能使接头拉开。

在轮胎行驶过程中,帘线受热会产生收缩力。提高热收缩力可以提高冠带层的总限制力,从而限制轮胎增大。

锦纶66帘线的一个典型特征是在 $180\text{ }^\circ\text{C}$ 的轮胎硫化温度下所表现出的高热收缩力。热收缩力高将使冠带层能通过收缩紧紧地包围住钢丝带束层,这对带束层边缘来说是一个颇有价值的特性。锦纶66帘线在受热状态下强力保持率高,耐干热性和耐湿热性都优于锦纶6。锦纶66可高温硫化,从而缩短硫化时间,提高生产效率。温度在 $80\sim140\text{ }^\circ\text{C}$ 时锦纶帘线的强力基本保持不变,在 $170\text{ }^\circ\text{C}$ 时锦纶6的强力大幅度下降, $195\text{ }^\circ\text{C}$ 时下降为零,而锦纶66帘线在 $220\text{ }^\circ\text{C}$ 时才大幅度下降。在湿度达到饱和状态时,锦纶6在 $162\text{ }^\circ\text{C}$ 时强力为零,此时锦纶66的强力仍可保持在90%以上。

在车辆连续行驶过程中,轮胎内部温度可达到 $70\sim100\text{ }^\circ\text{C}$,在此温度下,锦纶66帘线可以提供足够的热收缩力阻止轮胎胀大。冠带层起限制钢丝带束层径向胀大的作用,要求其模量较高。在相同的松弛程度下,锦纶6的收缩力比锦纶66的收缩力小得多,冠带层专用锦纶66浸胶帘布能满足冠带层所要求的中等模量、足够大的收缩力及良好的粘合等各项性能,可以在高硫化温度下达到良好的综合性能。冠带层的模量、收缩力及收缩率是影响其对钢丝带束层径向扩展限制程度的因素。锦纶66帘线具有优异的粘合性能和耐疲劳性能,其模量足以满足轮胎良好性能的需要,又可提供良好的轮胎生产工艺性能。与橡胶良好的粘合性能可以保证冠带层在轮胎高速运转时不与胎面分离。轮胎在行驶过程中随着温度的不断升高和热量的积累,锦纶66优异的耐疲劳性能可以保证轮胎的使用寿命,即锦纶66帘线作冠带层的轮胎耐久性能很出色。冠带层常用锦纶66帘布规格及指标如表2所示。

2.4 发展趋势

通过分析冠带层对帘线性能的要求以及对国内外轮胎公司冠带层使用帘线情况的调研分析,发现冠带层用锦纶66帘线呈现下列发展趋势。

(1) 轻型载重子午线轮胎增设冠带层使锦纶

表2 冠带层常用锦纶66帘布规格及指标

品种规格	断裂强力/N	定负荷伸长率/%	H抽出力/N	干热收缩率/%	备注
930dtex/2/126EPD	≥137.2	8.5±1.09(44 N)	≥107.8	≤4.0	160 °C×30 min(烘箱法)
930dtex/2/94EPD	≥137.2	8.5±1.0(44 N)	≥107.8	5.5+0.5/-1.0	160 °C×30 min(烘箱法)
930dtex/2/134EPD	≥137.2	8.5±1.0(44 N)	≥107.8	5.5+0.5/-1.0	160 °C×30 min(烘箱法)
930dtex/2/F98	≥132.0	9.0±1.0(44.1 N)	≥107.8	3.5±1.0	150 °C×30 min(烘箱法)
930dtex/2/F118	≥137.2	8.5±1.0(44.1 N)	≥107.8	5.0±1.0	160 °C×2 min(84 g, 仪器法)
930dtex/2/F110	≥137.2	9.0±1.0(44.1 N)	≥107.8	5.5±2.0	177 °C×2 min(84 g, 仪器法)
930dtex/2/68EPD	≥137.2	9.0±1.0(45 N)	≥107.8	初值≤6.5, 残值≤3.8	160 °C×2 min(仪器法)
930dtex/2/97EPD	≥137.2	9.0±1.0(45 N)	≥107.8	初值≤6.5, 残值≤3.8	160 °C×2 min(仪器法)
700dtex/2/125EPD	≥97.0	9.0±1.0(45 N)	≥85.0	初值≤6.0, 残值≤3.8	160 °C×2 min(仪器法)

注:根据GB/T 9101—2002《锦纶66浸胶帘子布》(恒温恒湿法)进行测试,温度 (24±2) °C, 相对湿度 (55±3)%。

66的用量不断增大。根据实际情况,轮胎设计时大多采用纤度为1400dtex/2的低捻度帘线。

采用低捻度锦纶66作冠带层,其作用是在高温时利用其自身的热收缩力保证轮胎在高速行驶时外缘不过度膨胀,因此,冠带层用骨架材料的捻度越低越好。

通过改性和适当降低捻度,帘线具有较高的强度、初始模量以及中低的干热收缩率和较高的热收缩力。这就使低捻度帘线更具有用于冠带层的优势。因此,冠带层用锦纶66帘线通常采用低捻度的形式,国外采用低捻度帘线作冠带层已经非常普遍。冠带层常用的低捻度帘线品种和规格如表3所示。

表3 冠带层常用的低捻度帘线品种和规格

品 种	经密度/(根·dm ⁻¹)	捻度(正常)/(捻·dm ⁻¹)
930dtex/2	90~110	28~35(46)
1400dtex/2	90~120	22~30(37)
930dtex/1	90~120	15~25
1400dtex/1	80~130	15~25

(2) 通过改性技术的运用和帘线结构的变化来提高帘线的模量、强度和尺寸稳定性;在现有改性帘线基础上提高模量,适度增大干热收缩率以提高干热收缩力,进一步改善锦纶66帘线的性能,提高车辆行驶的平稳性和舒适性。

改性后的低捻度帘线和单股帘线在冠带层中的用量越来越大。

在某些速度级别不高、载荷相对较小、使用条件不太苛刻的轮胎中,虽可采用冠带层,但为避免性能过剩,可以考虑采用降低帘布的经密度或在带束层边缘等应力集中部位作双层缠绕等方法来降低轮胎的制造成本。

3 全钢载重子午线轮胎胎圈加强层

3.1 胎圈加强层设置的必要性

随着高速公路、高等级公路的发展,对全钢载重子午线轮胎的要求也越来越高,全钢载重子午线轮胎在使用中发生胎圈裂的比例有上升的趋势。为避免轮胎在使用中出现胎圈裂,满足不同用户对轮胎性能的要求,全钢载重子午线轮胎选择适宜的材料在胎圈上部增设加强层已在国内轮胎制造企业成为共识。

3.2 锦纶66帘线的适用性

锦纶66强度高、耐热性好、抗冲击、负荷下变形小,抗剪切应力强,不易脱层,适应高负荷、冲击大等复杂环境。在轮胎行驶过程中,随着温度的不断升高和热量的积累,特别是在临界点时,采用锦纶66作胎圈加强层的轮胎胎体强度下降较小,可以抵抗较高的剪切应力,不易导致轮胎损坏。

3.3 发展趋势

为提高耐久性,避免轮胎使用中出现胎圈裂,国内一些知名品牌轮胎企业都在轮胎设计上增加锦纶66帘布作为胎圈加强层。另外,由于具有良好的耐热性能,锦纶66作轮胎钢丝圈包布更能满足高温硫化工艺要求,延长轮胎使用寿命。因此,用作胎圈补强层和钢丝圈包布的锦纶66帘线用量在不断增长。全钢子午线轮胎胎圈加强层、钢丝圈包布常用锦纶66帘布规格及指标如表4所示。

4 斜交轮胎缓冲层

4.1 缓冲层的结构和作用

缓冲层即斜交轮胎的胎体外层,通常的结构为2层配置,一宽一窄,在轮胎成品中宽的一层超

表4 全钢载重子午线轮胎胎圈加强层、钢丝圈包布常用锦纶66帘布规格及指标

项 目	1400dtex/2 V ₁ /V ₂ /V ₃	1870dtex/2 V ₁ /V ₂
帘线直径/mm	0.65±0.05	0.74±0.05
帘线捻度/(捻·dm ⁻¹)		
初捻	39.0±1.5	32.0±1.5
复捻	37.0±1.5	32.0±1.5
经密度/(根·dm ⁻¹)	100/74/52	88/68.4
纬密度/(根·dm ⁻¹)	8/10/10	9/9
幅宽/cm	145.0±3.0	145.0±3.0
匹长/m	1 160	900/1 360
断裂强力/N	≥215.6	≥284.2
定负荷伸长率/%	9.0±0.6(66 N)	9.2±0.6(88 N)
断裂伸长率/%	21.5±2.0	22.5±2.0
干热收缩率(150 °C×30 min)/%	≤5.0	≤5.0
粘合力(H抽出法)/N	≥137.2	≥156.8
附胶率/%	5.0±0.9	5.0±0.9
回潮率/%	≤1.5	≤1.5

注:同表2。

过行驶面宽度,端点在肩部的变形区外,窄的一层一般不超过行驶面宽度。缓冲层的作用在于控制行驶过程中轮胎的变形,提高行驶面的压穿强度,避免胎体过度振动和变形,通常采用密度较小的帘布品种,可使胎体与胎面的粘合性能更好。

4.2 锦纶66帘线的适用性

由于缓冲层的结构比较特殊,在胎坯定型、硫化过程中,两端点完全处于自由状态,相对位移比较容易,且在成品轮胎中,两端点处于轮胎变形区附近,该区域为轮胎材料分布最厚处,散热性最差,温度最高,往往是轮胎损坏最早的部位,易发生胎肩脱层、炸裂问题。

在胎坯定型过程中,径向变形大、轴向变形小,导致缓冲层的宽度变小、直径变大。由于缓冲层处于自由状态,两端点发生位移,使端点处产生微小空隙,尽管此空隙在硫化时有所消除,但最大的危险在于高温硫化时处于自由状态的缓冲层骨架材料的热收缩率高,而在此温度下橡胶的流动性很差。此时由于帘线收缩造成的空隙就很难完全消除,至少会造成该处的材料致密性很差,或有一部分毛细孔存在。轮胎使用时的变形会引起毛细孔孔径变大,使帘布端点开始脱开。帘布端点脱开后在变形的作用下,摩擦生热,造成大面积脱层。如果材料在高温下发生融化,则会引起炸裂。因此缓冲层采用锦纶66,充分利用了其热收

缩率小的优点,可有效地减少轮胎早期胎肩脱层问题。

在硫化过程中,缓冲层宽度变化较小,其端点处的材料致密性较好,有利于提高轮胎的质量和安全性,但缓冲层帘布端点未经浸渍处理,粘合力较低,如果帘线的蠕变大,则会使端点在受热和应力下迁移,加快该部位胶线出现剥离,并发展为胎肩脱层。与锦纶6相比,锦纶66的初始模量高、蠕变小、尺寸稳定性好,可有效推迟胎肩脱层的出现。国内知名品牌轮胎生产企业坚持采用锦纶66作缓冲层,有效降低了胎肩脱层的早期发生率。

4.3 发展趋势

据统计,60%左右的斜交轮胎是因胎肩脱层损坏报废的。轮胎中缓冲层占比很小,采用锦纶66作缓冲层增加成本不大,但可使因胎肩脱层造成的理赔轮胎减少20%左右。因此,锦纶66帘线在缓冲层中的用量也在增长。斜交轮胎缓冲层专用930dtex/2锦纶66帘布性能指标如表5所示。

表5 斜交轮胎缓冲层专用930dtex/2锦纶66帘布性能指标

项 目	930dtex/2
帘线直径/mm	0.53±0.05
帘线捻度/(捻·dm ⁻¹)	
初捻	46.0±1.5
复捻	46.0±1.5
经密度/(根·dm ⁻¹)	60
纬密度/(根·dm ⁻¹)	10
幅宽/cm	145.0±3.0
匹长/m	1 160
断裂强力/N	≥137.2
44.1 N定负荷伸长率/%	9.0±0.6
断裂伸长率/%	21.5±2.0
干热收缩率(150 °C×30 min)/%	≤5.0
粘合力(H抽出法)/N	≥107.8
附胶率/%	5.0±0.9
回潮率/%	≤1.5

注:同表2。

5 结语

目前锦纶66在半钢子午线轮胎冠带层、全钢载重子午线轮胎胎圈加强层和斜交轮胎缓冲层的用量均在不断增长。冠带层用锦纶66帘线通常采用低捻度的形式。