

轮胎用纤维骨架材料的研究进展

宁研彤¹, 王丹灵^{1,2}, 刘凤丽¹, 陈 想¹

(1. 中策橡胶集团有限公司, 浙江 杭州 310018; 2. 浙江大学 高分子科学与工程学院, 浙江 杭州 310027)

摘要:介绍锦纶、聚酯、芳纶、人造丝、碳纤维、玻璃纤维以及混纺纤维7种轮胎用纤维骨架材料的主要性能, 并对其最新研究进展进行综述分析。锦纶、聚酯和芳纶纤维今后几年内仍将是轮胎用主要纤维骨架材料。由于聚酯帘线价格便宜, 且高模量、低收缩聚酯纤维性能不断优化将使其成为轿车轮胎的主要纤维骨架材料。随着人造丝生产过程中污染问题得到有效的控制和治理, 改性人造丝以其不可替代的优势将成为高性能和缺气保用轿车轮胎首选骨架材料。同时随着非充气轮胎的发展和汽车轻量化的不断推进, 玻璃纤维和碳纤维作为轮胎纤维骨架材料也将得到更广泛的应用。

关键词:轮胎; 纤维骨架材料; 锦纶; 聚酯; 芳纶; 人造丝; 碳纤维; 玻璃纤维; 混纺纤维

中图分类号: TQ336.1⁺1; TQ330.38⁺9

文献标志码: A

文章编号: 1006-8171(2021)08-0469-06

DOI: 10.12135/j.issn.1006-8171.2021.08.0469



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

轮胎的结构、材料、生产工艺等伴随着车辆的发展而不断变化。轮胎主要由骨架材料和橡胶构成, 而纤维材料是轮胎最重要的骨架材料之一^[1]。一般来说, 轮胎用纤维帘线主要应具有较高的强度、韧性、弹性模量, 与橡胶良好的粘合性能, 优异的耐疲劳性能及良好的尺寸稳定性和耐热性能等。本文通过对锦纶、聚酯、芳纶、人造丝、碳纤维、玻璃纤维以及混纺纤维7种轮胎用纤维骨架材料进行分析, 以期了解纤维骨架材料的发展趋势。

1 锦纶

锦纶是分子主链上含有重复酰胺基团的热塑性树脂的总称。锦纶具有较好的耐疲劳性能、较高的伸长率以及与橡胶良好的粘合性能等优异性能, 适用于负荷大、使用条件差的各种载重轮胎和工程机械轮胎, 在超大负荷和恶劣路面行驶更有优越性, 也可用于严苛条件下其他类型轮胎和农业机械轮胎^[1]。

普利司通公司将177℃下热收缩率为2.0%~6.0%的锦纶帘线用于飞机轮胎交叉带束层, 可以

有效保护胎体, 提高轮胎的耐磨性能, 同时也确保轮胎的纵向刚性和横向刚性^[2]。锦纶帘线不只应用在飞机轮胎带束层, 还可用于汽车轮胎冠带层以保护带束层, 防止带束层脱层^[3]。

为了进一步提高锦纶帘线的性能, 对锦纶纤维的改性研究越来越深入。现有研究表明^[4], 通过在锦纶纤维中加入玻璃纤维, 可提高锦纶纤维的拉伸强度、冲击强度和弯曲强度, 同时增大其表面的粗糙度, 增强纤维与橡胶的机械互锁作用, 进一步提高锦纶帘线与橡胶的粘合性能。吕永根等^[5]研究表明, 在锦纶纤维中加入碳纤维可降低材料密度, 减小轮胎质量, 经碳纤维改性后的锦纶纤维可应用于更广泛的领域。汪理文等^[6]研究表明在锦纶纤维中添加玻璃纤维和碳纤维可增强锦纶纤维的强度, 添加改性蒙脱土可改善锦纶纤维的韧性, 同时在聚酰胺基体中添加相容剂和改性超支化聚醚胺, 也可生产出高韧性的锦纶纤维。辅助添加二氧化硅、丙烯酸甲酯、分散剂和硅烷偶联剂, 其协同作用可保证锦纶材料的力学性能, 有助于进一步提升轮胎性能^[7]。神马实业股份有限公司通过一步法熔体直纺可使锦纶66聚合物纺丝相对粘度提高至83~85, 有效提高锦纶66工业丝强度, 为轮胎性能的优化提供有效保障^[8]。除了对锦纶66的改性研究外, 上海凯赛技术有限公司从谷物中提取赖氨酸并脱羧基制备出了戊二胺, 再通

作者简介: 宁研彤(1995—), 女, 辽宁铁岭人, 中策橡胶集团有限公司工程师, 硕士, 主要从事半钢子午线轮胎骨架材料研究工作。

E-mail: 623669798@qq.com

过戊二胺与己二酸反应聚合后直接进行纺丝制备出“绿色”锦纶56纤维,通过该方法制备的锦纶56减小了石油化工原材料的使用量,有利于绿色轮胎研制开发^[9]。

2 聚酯

聚酯是二元醇与二元羧酸发生缩聚反应生成的聚合物,常见的有聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)、聚对苯二甲酸丁二醇酯(PBT)、聚萘二甲酸乙二醇酯(PEN)和聚萘二甲酸丁二醇酯(PBN)等。

聚酯在结构上由结晶区和非结晶区组成,结构形态使得纤维在动态负荷下具有粘弹性,结晶区的性能类似于弹性体,而非结晶区的性能类似于粘性体。常用聚酯帘线结晶区的体积分数一般约为60%,且分子的非结晶区(无定形区)越大,聚酯纤维越易收缩^[10]。通过提高聚酯的聚合度能够提升其强度,同时降低羧基含量可以改善其水解稳定性和热稳定性^[11]。因此可以通过调节聚酯结构获得更适合轮胎用的聚酯帘布。

田立勇等^[12]进一步对高模量低收缩(HMLS)聚酯纤维研究得出,采用1440dtex/2和3340dtex/2高强度HMLS聚酯帘线替代1670dtex/2普通HMLS聚酯帘线分别用于205/60R16 92H和225/60R17 103V轮胎胎体,可以在保持轮胎安全性和操纵性能基本不变的前提下,明显减小轮胎质量,降低轮胎滚动阻力,提高燃料利用率,减少汽车尾气排放,实现轮胎向绿色环保方向发展。普利司通公司提供的一款轮胎胎肩包布主要由PEN/PET材料构成,并将纤维之间间隙设计得相对较大,方便胶料渗入纤维,提高纤维与橡胶之间的粘合性。同时由于纤维彼此之间不易产生摩擦也有利于加强结构的耐久性能。采用胎肩包布可以有效减小帘布层的使用量,使轮胎在不增大质量的情况下提高耐久性能^[13]。同时不同捻度交替平行的聚酯也可用于充气子午线轮胎的冠带层,提高轮胎的高速耐久性能及抗胎面脱层和抗冲击性能^[14]。除此之外,通过降低模量、提高伸长率对聚酯纤维进行改性,也可将改性聚酯纤维用于H速度级别轮胎冠带层,相对锦纶66在轿车轮胎冠带层中的应用具有明显的价格优势^[15]。

除了改变聚酯纤维自身的性质与结构外,改变聚酯帘线的浸胶工艺也可改变聚酯帘线的使用性能。例如,普利司通公司曾提出,采用包含热塑性聚合物、聚氨酯树脂和环氧化合物等混合物作为聚酯纤维的第一浴浸渍液,可以大大提高纤维与橡胶之间的粘合性能,使其具有替代锦纶用于冠带层的潜力^[16]。

3 芳纶

芳纶又称为芳香族聚酰胺,是至少有85%的酰胺键直接与两个芳香环连接制成的纤维物质。具有代表性的芳纶是聚对苯二甲酰对苯二胺和聚间苯二甲酰间苯二胺。

普利司通公司利用芳纶纤维作为轮胎增强层帘线,并将环氧系化合物或异氰酸酯系化合物涂于帘线层上,再将间苯二酚-甲醛树脂涂于其上,可赋予轮胎轻量、经济、高强度等特性^[17]。同时韩建等^[18]通过加捻、热湿定型以及环氧树脂组合液喷涂等处理方法降低了芳纶纱线的强度损失,充分发挥芳纶纤维作为轮胎骨架材料的作用。王中江等^[19]通过在轮胎骨架层内置芳纶帘线,推出了低油耗轮胎和超轻量子午线轮胎等系列产品,以达到降低燃料消耗、减少汽车尾气排放、降低噪声和保护环境的目的。

4 人造丝

人造丝属于热固性纤维,具有优良的高温模量保持率,尺寸稳定性好、生热较低,这是高性能轮胎骨架材料的必备性能^[20]。同时人造丝帘线的尺寸稳定性和蠕变性是其他纤维无法比拟的。人造丝与聚酯帘线部分性能对比如表1所示。

表1 人造丝与聚酯帘线部分性能对比

项 目	人造丝	HMLS聚酯帘线
断裂强度/(cN · tex ⁻¹)	47	50
模量/(cN · tex ⁻¹)	315	195
负荷率10%的蠕变率/%		
20 ℃ × 24 h	0.9	1.4
80 ℃ × 24 h	1.5	3.0
负荷率20%的蠕变率/%		
20 ℃ × 24 h	1.9	3.7
80 ℃ × 24 h	3.5	5.5

注:人造丝是英国Acordis公司生产的Cordenka 700三超丝。

从表1可以看出,人造丝的蠕变程度明显小于聚酯帘线。虽然聚酯帘线适用于制造多种轮胎,但在高性能子午线轮胎领域无法与人造丝帘线抗衡^[21]。其中Lyocell品牌纤维是普利司通公司通过N-甲基吗啉-N-氧化物溶解纤维素原料,破坏羟基氢键而制得的人造丝,避免了二硫化碳排放,降低环境污染,同时该纤维具有较高的结晶度和晶体取向性,相对于普通人造丝有更高的模量,受湿度的影响相对较小^[22]。伯恩哈德·穆勒等^[23]通过将不同模量的人造丝纤维在相同纺丝条件下进行纺丝,形成一种高强度的人造丝帘线,在不增大轮胎质量的前提下,实现了更好的耐疲劳效果,有利于轮胎轻量化发展。

5 碳纤维

碳纤维是一种对腐蚀较不敏感的高强度、高模量的新型纤维材料^[24],其碳质量分数在0.95以上,是由石墨微晶等有机物纤维沿纤维轴向堆砌而成、经碳化及石墨化工艺处理而得到的微晶石墨集合体。

针对低滚动阻力高性能轮胎,通过在帘布表面附一层碳纤维作为导电纤维(如图1所示),可使轮胎具有良好的导电性和低滚动阻力等优异的性能^[25]。

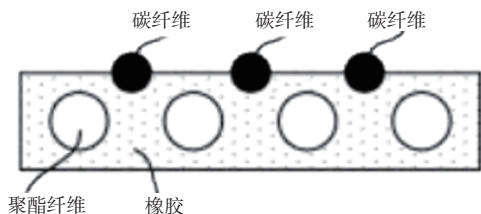


图1 碳纤维骨架材料结构示意图

由于轮胎高速行驶过程中接近胎侧部位的带束层容易磨损断裂,普利司通公司设计了一款耐疲劳性能较好的带束层结构(如图2所示),并使用高模量、高强度的碳纤维作为带束层骨架材料,赋予轮胎轻量、高速、耐磨等特性^[26]。普利司通公司还研制出一款彼此交叉两层以上的碳纤维材料交叉带束层(如图3所示),赋予轮胎更高的操纵稳定性、更低的滚动阻力、更高的燃料利用率等特性。

此外,为了达到降低燃料消耗、减少汽车尾气

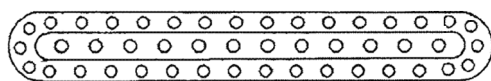


图2 碳纤维材料交叉带束层结构示意图

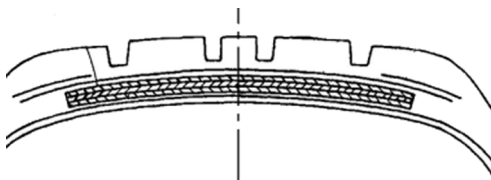


图3 碳纤维带束层轮胎断面示意图

排放、降低噪声和保护环境的目的,已提出采用碳纤维材料代替胎圈钢丝,推动了低油耗轮胎、超轻量子午线轮胎等系列产品的发展^[19]。

6 玻璃纤维

玻璃纤维性能优异、种类繁多,具有密度小、韧性好、高化学稳定性和耐高温等优点,但其缺点是性脆、耐磨性能较差。玻璃纤维可用于子午线轮胎缓冲层和斜交轮胎保护层,其综合物理性能最接近于金属帘线^[27]。玻璃纤维代替钢丝用于带束层可以有效减小胎面厚度,提高轮胎高速性能,减小轮胎质量^[28]。同时玻璃纤维也可用于实心轮胎,使其具有防弹效果良好、强度高、耐磨性能好、质量小、行驶速度快、安全性高及使用寿命长等优异性能^[29]。

由于普通玻璃纤维性脆及耐疲劳性能较差,因此在其表面涂覆耐热性能和耐疲劳性能优异的锦纶可制得单丝轮胎帘线,弥补多丝玻璃纤维低弯曲刚度的不足,达到比钢丝更高的弯曲刚度。用外层为锦纶涂层的玻璃纤维复合材料(如图4所示)制造轮胎带束层,可减小带束层质量11%,节油性能提高3%~5%^[30]。玻璃纤维轻质高强等特性推动了相关行业的节能减排,同时其压缩断裂性能高于拉伸断裂性能,可用于非充气轮胎的增强部件^[31]。米其林公司曾提出一款环状增强层作为胎冠增强部件,环状增强结构包括至少3层,如图5所示,其中每个复合层纤维优先选用玻璃纤维可以显著减小轮胎质量,同时增强层的数量及其各自角度的设置能够优化胎冠区域的耐久性能,对简化非充气轮胎结构设计、提升轮胎性能具有重要意义^[32]。玻璃纤维除了应用于胎冠外还可以在胎圈处使用,固特异公司曾设计了一种胎圈,其芯

体为玻璃纤维,卷绕在芯体周围的外护套层为金属,可作为充气轮胎的轻质混合胎圈使用,如图6所示^[33]。

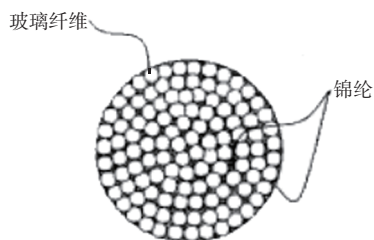


图4 玻璃纤维-锦纶复合纤维结构示意图

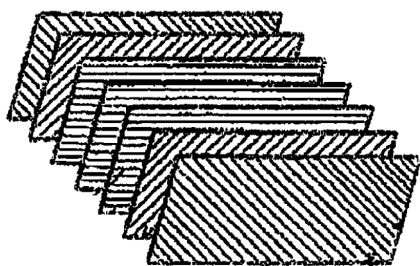


图5 非充气轮胎增强层结构示意图

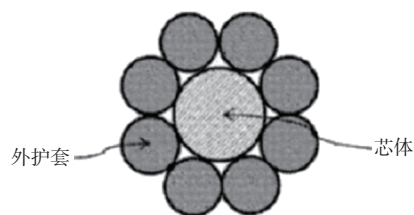


图6 轻质混合胎圈结构示意图

7 混纺纤维

混纺纤维是不同物质结构的聚合物在纺丝后通过加捻而成的混合纤维,可最大限度地提高产品的相关应用性能^[34]。

普利司通公司曾提出一款聚酮纤维与聚酯纤维混合、截面为月牙状的混合纤维帘线。混合纤维帘线具有较高的刚性,可用在补气保用轮胎胎侧部位作为增强部件^[35]。

倍耐力公司在2016年提出将芳纶与聚酯/锦纶混纺纱线用于带束层,并利用圆周带束层结构显著减小轮胎质量(例如355/25R21规格轮胎质量可减小600~700 g)^[36]。提高帘线的断裂强力一般通过增大帘线直径或增大材料的断裂应力,但增大帘线直径容易造成轮胎外轮廓起伏等变形

现象,而锦纶-芳纶混纺帘线具有较高的抗断裂性能。因此米其林公司提出一款锦纶-芳纶混纺帘线,其主要部分为锦纶,少量使用芳纶。锦纶-芳纶混纺帘线可作为胎体增强帘线以降低轮胎滚动阻力,减少轮胎外轮廓起伏变形等现象发生^[37]。将锦纶-芳纶混纺帘线用于胎圈包布也可以有效保护胎体免受挤压冲击的危害。同样,芳纶-聚酯混纺帘线也可用于胎圈包布^[38]。金南寿^[39]提出一款芳纶-锦纶混纺帘线作为轮胎带束层骨架材料,其中锦纶66的捻度为50~200捻·m⁻¹、芳纶的捻度为200~500捻·m⁻¹,并且锦纶66的捻度始终低于芳纶。该款芳纶-锦纶混纺帘线在轮胎低速行驶时显示锦纶66的特性、高速行驶时显示芳纶的特性。李智完等^[40]也提出一款芳纶-锦纶混纺纤维(如图7所示)帘线代替钢丝帘线作为带束层骨架材料,可减少带束层脱层现象。芳纶-锦纶帘线不仅可以代替钢丝帘线在带束层中使用,而且可以代替锦纶在冠带层中使用,与普通的同规格轿车子午线轮胎相比,可减小质量8%左右,降低滚动阻力约18%,降低油耗,提高乘坐舒适性、高速性能及耐久性能,同时可缩短轮胎硫化时间,轮胎使用过程中生热较低,加上材料本身的高耐热性能,可以有效改善轮胎平点问题,提高轮胎翻新次数^[41]。

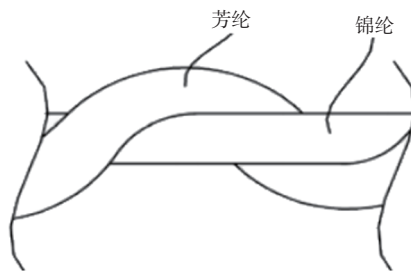


图7 芳纶-锦纶混纺纤维结构示意图

近些年来,锦纶-人造丝-芳纶混纺纤维也用作轮胎骨架材料,具体结构为锦纶和Lyocell纤维Z向加捻做包覆层、芳纶为芯。此款混纺纤维具有更好的耐疲劳性能、可控的热收缩率、更高的伸长率、更好的力学性能和尺寸稳定性及与橡胶更高的粘合性能^[4]。

S. FIDAN^[42]提出一种锦纶-聚酯高性能混纺帘线,在保证帘布层线密度相同条件下,通过控制

捻向和捻度来增大与橡胶的接触面积,进而提高纤维帘线与橡胶的粘合力,将其用于斜交轮胎或子午线轮胎可提高轮胎的耐久性能。

除了高分子聚合物纤维之间混纺外,纤维与金属之间混纺也十分常见,金属与纤维交替排布混纺帘线(如图8所示)用于带束层可以增大其弯转阻力,延长轮胎使用寿命^[43]。

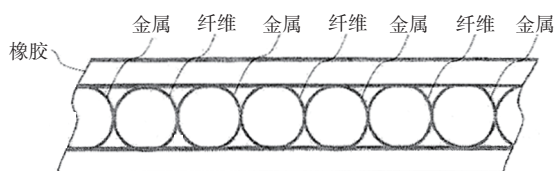


图8 金属与纤维交替排布混纺帘线结构示意图

8 结语

锦纶纤维伸长率高、耐疲劳性能优异、与橡胶粘合性能较好,但耐热性能差、模量低,容易产生平点;聚酯纤维生产工艺简单,但滞后损失大,容易产生帘线老化;芳纶纤维熔点和强力高、热稳定性好,但耐压缩疲劳和与橡胶粘合性能差;人造丝具有优良的高温模量保持率和低收缩性,尺寸稳定性好,耐热性能较好,但生产过程存在严重的环境污染问题;玻璃纤维韧性好、耐高温、化学稳定性和尺寸稳定性较高,但性脆,耐磨性能较差;碳纤维强度和模量高、耐腐蚀,但与橡胶粘合效果较差、生产成本较高、可回收性较差;混纺纤维通过不同性能的纤维混合加捻,可最大限度地提高产品的相关应用性能。

锦纶、聚酯和芳纶帘线今后几年内仍将是轮胎用主要纤维骨架材料。由于聚酯帘线价格便宜,经济效益较高,且高模量、低收缩聚酯纤维不断优化将使其成为轿车轮胎的主要纤维骨架材料。随着人造丝生产过程中污染问题得到有效的控制和治理,改性人造丝以其不可替代的优势将成为高性能和缺气保用轿车轮胎首选骨架材料。同时随着非充气轮胎的发展和汽车轻量化的不断推进,玻璃纤维和碳纤维作为轮胎纤维骨架材料也将得到更广泛的应用。

参考文献:

[1] 白德胜. 锦纶和聚酯帘线的应用及技术经济分析[J]. 合成纤维工

业,1988(1):54-58.

- [2] TADA Y, NAKAMURA K. Radial tire[P]. WO: WP 054798A1, 2020-03-19.
- [3] 三田庆一. 轮胎[P]. 中国:CN 109789731A,2019-05-21.
- [4] 王农跃. 一种用于轮胎的复合帘线[P]. 中国:CN 104790081A, 2015-07-22.
- [5] 吕永根,姚莉丽,李志豪,等. 一种碳纤维增强尼龙复合材料的制备方法[P]. 中国:CN 108503865A,2018-09-07.
- [6] 汪理文,翁永华,陈胜,等. 汽车用高强度改性尼龙材料[P]. 中国:CN 110894356A,2020-03-20.
- [7] 刘春艳. 一种玻纤增强聚酰胺材料及其制备方法和应用[P]. 中国:CN 111019334A,2020-04-17.
- [8] 谢巧丽,薛山. 一步法熔体直纺高强度尼龙66工业丝工艺研究[J]. 橡胶工业,2019,66(3):221-224.
- [9] 刘驰,秦兵兵,郑毅. 尼龙纤维及其制备方法[P]. 中国:CN 104562271A,2015-04-29.
- [10] 姚钟尧. 轮胎帘线的表征和帘线热力学性能对轮胎的影响(二)[J]. 橡胶科技市场,2006,4(14):21-23.
- [11] 倪天明. 轮胎帘线用聚酯纤维[J]. 合成纤维工业,1983(5):42-48, 52.
- [12] 田立勇,李小明,卓坚锐,等. 高强度和高模量低收缩聚酯帘线在轮胎轻量化中的应用[J]. 轮胎工业,2018,38(10):607-611.
- [13] 河野好秀,今誓志. 轮胎[P]. 中国:CN 103391854B,2016-04-20.
- [14] 菲丹 M S. 新型聚酯冠带层[P]. 中国:CN 108349307A,2018-07-31.
- [15] 黎宁,姚志敏,陈耀华,等. 聚酯与锦纶66帘布在轿车轮胎冠带中的应用对比[J]. 轮胎工业,2021,41(4):252-256.
- [16] 中岛大亮. 充气子午线轮胎[P]. 中国:CN 100491141C,2009-05-27.
- [17] 爱蜜吉萨. 轮胎[P]. 中国:CN 108136833A,2018-06-08.
- [18] 韩建,汪伦合,孟扬,等. 一种降低芳纶纱线强度损失的方法[P]. 中国:CN 107083681B,2019-08-20.
- [19] 王中江,杜云峰,罗吉良,等. 一种全纤维半钢子午线轮胎[P]. 中国:CN 107244192A,2017-10-13.
- [20] 丁剑平,俞淇,林惠音,等. 子午线轮胎用纤维骨架材料的发展概况[J]. 橡胶工业,2004,51(5):302-308.
- [21] 孙玉平. 粘胶纤维及其浸胶帘布的性能与应用[J]. 轮胎工业,2006,26(10):598-601.
- [22] 小出光治,杉本健一. 帘线、橡胶-帘线复合体和轮胎[P]. 中国:CN 104508194A,2015-04-08.
- [23] 伯恩哈德·穆勒,罗曼·考尼格. 用于橡胶结构、尤其是形式为轮胎帘线结构的增强材料和其制造方法[P]. 中国:CN 109477247A,2019-03-15.
- [24] DE P J M F, DOS S A D N, PJMF D, et al. Mechanical and morphological characterizations of carbon fiber fabric reinforced epoxy composites used in aeronautical field[J]. Mater Research-Ibero-American,2009,12(3):367-374.

- [25] LEE J W, LEE M J, KIM S T, et al. Cord reinforced rubber layer for a tire, method for manufacturing the same, and tire comprising the same[P]. EU:EP 3501847A1, 2019-06-26.
- [26] SASAKI Y. Rubber-cord composite, reinforcing member for tires, and tire using same[P]. USA:USP 0275838A1, 2019-09-12.
- [27] GAO H T, LIU X H, CHEN J Q, et al. Preparation of glass-ceramics with low density and high strength using blast furnace slag, glass fiber and water glass[J]. Ceramics International, 2018, 44 (6) : 6044-6053.
- [28] 勒斯根 A E F, 斯米茨 A, 蒂瑟-福尔贡 M R C A, 等. 轻量的玻璃纤维带束子午线轮胎[P]. 中国:CN 1259905A, 2000-07-12.
- [29] 刘良春, 王恒宜, 李俊荣. 具有防弹效果的高强度实心轮胎车轮[P]. 中国:CN 204567148U, 2015-08-19.
- [30] 姜晶璐. 包含玻璃纤维复合材料的轮胎帘线及利用该轮胎帘线的子午线轮胎[P]. 中国:CN 102102253A, 2011-06-22.
- [31] 威尔逊 C, 博恩 C, 赖恩 T B. 具有超低滞后橡胶的剪切带[P]. 中国:CN 110177835A, 2019-08-27.
- [32] 梅里诺洛佩兹 J, 卡雷姆 C, 皮诺 J. 非充气车轮[P]. 中国:CN 111479702A, 2020-07-31.
- [33] 恩德雷斯 P J, 塞利克 C, 吉利克 J G. 用于轮胎的轻质胎圈[P]. 中国:CN 111319404A, 2020-07-31.
- [34] 张强, 秦凡. 连续长玻纤增强PA6复合材料的制备与性能研究[J]. 塑料科技, 2020, 48 (8) : 15-18.
- [35] 山口真广, 横仓宏行, 随行裕吾. 补气保用轮胎[P]. 中国:CN 101652255A, 2010-02-17.
- [36] 拉姆帕纳 B, 比奇 S, 布里维奥 F. 提高用于车辆车轮的轮胎的性能的方法和用于车辆车轮的轮胎[P]. 中国:CN 105517814A, 2016-04-20.
- [37] 费里戈 H, 穆尔霍夫 O. 包括具有大直径帘线的径向帘布层或斜交帘布层胎体的充气轮胎[P]. 中国:CN 108430807A, 2018-08-21.
- [38] 莫特尊 C. 包括附加胎侧增强件的轮胎[P]. 中国:CN 104619522, 2016-10-26.
- [39] 金南寿. 芳纶-尼龙66的复合帘线以及将其作为加强帘线使用的充气轮胎[P]. 中国:CN 102899768A, 2013-01-30.
- [40] 李智完, 高桔柱, 金晟泰, 等. 复合帘线及使用该复合帘线制造的轮胎[P]. 中国:CN 107012561A, 2017-08-04.
- [41] 王中江, 孔冬冬, 马研研, 等. 一种芳纶尼龙66的低滚阻轮胎[P]. 中国:CN 207496401U, 2018-06-15.
- [42] FIDAN S. High performance tire cords[P]. WO: WP 182538A2, 2019-12-05.
- [43] 阿克索伊 K, 梅托尔 B A, 菲丹 S. 用于子午线车辆轮胎的加强带束层包[P]. 中国:CN 104936794, 2018-01-02.

收稿日期:2021-02-08

Research Progress of Fiber Skeleton Materials for Tire

NING Yantong¹, WANG Danling^{1,2}, LIU Fengli¹, CHEN Xiang¹

(1. Zhongce Rubber Group Co., Ltd, Hangzhou 310018, China; 2. Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: The main properties of nylon, polyester, aramid, rayon, carbon fiber, glass fiber and mixed fiber were introduced, and the latest research progress was summarized and analyzed. Nylon, polyester and aramid fiber will continue to be the major fiber skeleton materials for tires in the next few years. Because polyester cord is cheap and the properties of high modulus and low shrinkage polyester fiber are continuously optimized, it will become the main fiber skeleton material of passenger car tire. With the effective control and treatment of the pollution problem in the production process of rayon, the modified rayon will become the preferred skeleton material for high-performance and run-flat passenger car tires with its irreplaceable advantages. At the same time, with the development of non pneumatic tire and the continuous promotion of lightweight of automobiles, glass fiber and carbon fiber will also be more widely used as the fiber skeleton materials for tires.

Key words: tire; fiber skeleton material; nylon; polyester; aramid; rayon; carbon fiber; glass fiber; mixed fiber