

# 芳纶纤维在轮胎骨架材料中的应用

王 劼

(平顶山神马帘子布发展有限公司, 河南 平顶山 467000)

**摘要:**介绍芳纶纤维作为轮胎骨架材料的性能优势及国内外研究应用情况,对芳纶帘线在轮胎骨架材料中的应用进行总结和展望。芳纶纤维不仅能减小轮胎质量和降低滚动阻力,而且有利于提高轮胎的抗刺扎和抗切割性能,芳纶复合帘线及芳纶胎圈帘布、芳纶束带层的应用可作为开发重点,更有实际生产价值。

**关键词:**芳纶纤维;骨架材料;芳纶复合帘线;轮胎

**中图分类号:**TQ330.38<sup>+</sup>9;TQ336.1<sup>+</sup>1

**文献标志码:**A

**文章编号:**1006-8171(2020)03-0139-03

**DOI:**10.12135/j.issn.1006-8171.2020.03.0139



OSID开放科学标识码  
(扫码与作者交流)

从1895年米其林第1条充气轮胎正式生产以来<sup>[1]</sup>,伴随着汽车工业的迅猛发展,轮胎行业不断改进技术,推陈出新,如今在世界范围内已经形成了成熟完备的轮胎生产链。对轮胎而言,骨架材料是保证轮胎强度、承受负荷以及保持轮胎尺寸稳定性的关键性材料。随着子午线轮胎的日益普及,高性能子午线轮胎和绿色环保轮胎正逐步发展,对骨架材料的性能提出了更高的要求,对位芳纶因优异的材料性能而逐渐应用于高性能轮胎中。

## 1 轮胎骨架材料的分类和性能

骨架材料是橡胶制品的主要受力层,对橡胶制品的使用性能、使用寿命和使用价值起决定性作用。理想的骨架材料需具备高强度、高模量、耐疲劳、低蠕变等力学性能以及低密度、耐高低温、耐腐蚀和阻燃等理化性能。轮胎纤维骨架材料主要有四大类,各有其优点和不足。

(1)人造丝帘线具有优良的高温模量保持率和低收缩特性,尺寸稳定性远优于锦纶和聚酯帘线,应用于子午线轮胎胎体可使轮胎获得优异的操纵性能,但人造丝帘线湿强度低,生产污染严重。

(2)聚酯帘线具有模量高、强力高、伸长率低、热收缩率低、尺寸稳定性好、干湿强度大致相同等优点,耐疲劳性能和抗冲击性能优于人造丝帘线,但是其温升高,在高温时会胺解。

(3)锦纶帘线的优点是强度高、相对密度小、滞后损失小、吸湿率低、湿强度高、弹性好,耐屈挠性比人造丝帘线高10倍,耐疲劳性能优于其他纤维帘线,主要缺点是热收缩率大,热稳定性和尺寸稳定性差。

(4)芳纶帘线因其耐高温、高强度、高模量及变形小的特性近年来逐渐得到扩大应用。研究表明<sup>[2]</sup>,芳纶帘线不仅能够减小轮胎质量和降低滚动阻力,而且有利于提高轮胎的抗刺扎和抗切割性能。

轮胎常用骨架材料的性能对比如表1所示。

表1 轮胎常用骨架材料的性能对比

| 项 目                                    | 对位芳纶  | 钢丝    | 人造丝  | 锦纶66 | 聚酯    |
|----------------------------------------|-------|-------|------|------|-------|
| 密度/(Mg·m <sup>-3</sup> )               | 1.44  | 7.85  | 1.53 | 1.14 | 1.38  |
| 分解温度(氮气)/℃                             | >500  | 1 600 | 200  | 255  | 260   |
| 抗张强度/MPa                               | 2 830 | 2 550 | 780  | 960  | 1 150 |
| 比强度/(mN·tex <sup>-1</sup> )            | 1 970 | 330   | 510  | 840  | 830   |
| 初始模量/GPa                               | 80    | 160   | 18   | 6    | 14    |
| 比模量/(N·tex <sup>-1</sup> )             | 55    | 20    | 12   | 5    | 10    |
| 热膨胀系数×10 <sup>6</sup> /K <sup>-1</sup> | -2.2  | 3.7   | —    | —    | —     |
| 断裂伸长率/%                                | 3.6   | 1.9   | 13.0 | 20.0 | 13.5  |
| 200℃×48 h后强力保持率/%                      | 90    | 100   | 20   | 45   | 55    |
| 空气干热收缩率(160℃×4 min)/%                  | <0.1  | 0     | 1.0  | 3.8  | 5.0   |

**作者简介:**王劼(1970—),女,河南平顶山人,平顶山神马帘子布发展有限公司工程师,学士,主要从事合成纤维、轮胎骨架材料研究工作。

**E-mail:**pdsaaa@163.com

由表1可以看出,对位芳纶的比强度、比模量分别是钢丝的近6和3倍,是锦纶66的2和10倍多。对位芳纶材料性能在 $-200\sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内仍可以保持正常水平,在相同抗张强度的前提下,可大幅减小橡胶制品的质量,并可满足在极端气候条件下的使用。对位芳纶具有优异的低蠕变、耐疲劳、低热收缩性和耐化学腐蚀性能,可显著提高橡胶制品的尺寸稳定性和延长使用寿命<sup>[3-4]</sup>。因此,对位芳纶是一种极为理想的轮胎骨架材料。

## 2 对位芳纶在轮胎骨架材料中的应用

芳纶在轮胎结构中的首次应用是作子午线轮胎带束层。由于它特殊的性能,现正被用在日益增多的轮胎各种不同部件中。从技术角度考虑,芳纶可用作轮胎任何部位的骨架材料,甚至可以与树脂结合取代钢丝制造轮胎胎圈,大大减小轮胎的质量。目前在露边带束层、折叠带束层、周向带束层、子午线轮胎胎体、胎圈包布、钢丝圈、赛车斜交轮胎胎体、斜交轮胎缓冲层中都有芳纶应用的实例。

钱伯章介绍了1680dtex/2芳纶帘线代替 $2\times 0.30\text{HT}$ 钢丝帘线在轿车轮胎带束层中的应用,替代后轮胎质量可减小6.4%~7.5%,滚动阻力降低12.5%,轮胎的耐久性能、高速性能、脱圈阻力和强度都远超过国家标准要求;将1680dtex/2芳纶帘线用于胎体和带束层,轮胎质量可减小15%,轮胎其他性能均达到标准要求,而且提高了汽车乘坐舒适性。

Van der Made等<sup>[5]</sup>介绍了对位芳纶作为轮胎增强材料的应用,在相同质量下,其强度和模量远超过聚酯、聚酰胺和钢丝等材料,在安全性和耐用性方面极为优异。将芳纶帘线替代钢丝帘线用于可折叠赛车轮胎,最显著的优势就是使轮胎质量减小,而且具有可折叠性。芳纶轻量化的特性非常适合高性能赛车轮胎,在减小赛车质量的同时可以实现更快的刹车和更好的过弯性能。

石超等<sup>[6]</sup>介绍了芳纶短纤维在全钢载重子午线轮胎填充胶中的应用。芳纶短纤维本身特殊的结构和性能可以赋予橡胶制品高模量、高硬度、高强度、尺寸稳定、耐磨等优良特性。试验结果表

明,芳纶短纤维使胶料的门尼粘度减小, $t_{90}$ 缩短,温升降低,损耗因子减小,Payne效应降低,成品轮胎的耐久性能良好,说明芳纶材料对轮胎性能的提升是很有效的。

神马实业股份有限公司为了适应国内外子午线轮胎的飞速发展,早在1995年就开始关注芳纶材料,并推出了对位芳纶浸胶帘布,随着市场发展和制造技术的更新,现已能够规模化生产1100dtex/2和1680dtex/2两种规格浸胶芳纶帘布,其物理性能指标如表2所示。

表2 2种浸胶芳纶帘布的物理性能指标

| 项 目                                    | 1100dtex/2   | 1680dtex/2   |
|----------------------------------------|--------------|--------------|
| 断裂强力/N                                 | $\geq 330$   | $\geq 450$   |
| 断裂强力不均匀率/%                             | $\leq 3.5$   | $\leq 3.5$   |
| 66.6 N定负荷伸长率/%                         | $1.8\pm 0.6$ | $2.0\pm 0.6$ |
| 断裂伸长率/%                                | $4.5\pm 1.5$ | $6.0\pm 1.5$ |
| 断裂伸长不均匀率/%                             | $\leq 5.0$   | $\leq 5.0$   |
| 干热收缩率/%                                | $\leq 0.5$   | $\leq 0.5$   |
| H抽出力/( $\text{N}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) | $\geq 100$   | $\geq 130$   |

芳纶帘布虽有诸多优点,但作为橡胶骨架材料也存在抗压缩及弯曲疲劳性能差、不易粘合、生产成本高等问题,这些都限制了芳纶帘布的广泛应用。为此,神马实业股份有限公司又开发出芳纶/高强度锦纶复合帘布,推出1680dtex/2+1400dtex/1, 1680dtex/1+1400dtex/2, 1680dtex/1+1400dtex/1三种规格芳纶/高强度锦纶复合浸胶帘布,并进行子午线轮胎里程试验。结果表明,复合帘布轮胎的各项性能均达到预期目标。芳纶/锦纶66复合浸胶帘布的物理性能指标如表3所示。

将芳纶与锦纶按一定股数配比经纺捻、浸胶热处理得到的复合帘布能消除锦纶、芳纶的缺点而集两者优点于一身,实现材料特性互补,满足了高性能轮胎的严苛需求,未来复合帘布在轮胎中的应用会更多、更广。

## 3 国内芳纶的产业发展情况

目前我国对位芳纶工程化技术研发已取得了较大的突破。中国平煤神马能源化工集团有限责任公司年产500 t级产业化试验生产线于2008年4月20日通过技术鉴定,烟台氨纶股份有限公司年

表3 芳纶/锦纶66复合浸胶帘布的物理性能指标

| 项 目                        | 1680dtex/2+1400dtex/1 | 1680dtex/1+1400dtex/2 | 1680dtex/1+1400dtex/1 | 1100dtex/1+1400dtex/1 |
|----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 断裂强力/N                     | ≥570                  | ≥410                  | ≥320                  | ≥215                  |
| 66 N定负荷伸长率/%               | 3.5±0.5               | 8.5±0.5               | 6.5±0.5               | 5.0±0.5               |
| 断裂伸长率/%                    | 8.0±2.0               | 17.0±2.0              | 11.0±2.0              | 11.0±2.0              |
| 干热收缩率/%                    | ≤3.0                  | ≤3.5                  | ≤3.0                  | ≤3.0                  |
| 粘合强度/(N·cm <sup>-1</sup> ) | ≥150                  | ≥150                  | ≥140                  | ≥130                  |

产100 t级试验生产线也于2008年12月26日通过鉴定。现在国内有6家企业走在芳纶产业化的道路上,中蓝晨光化工研究设计院有限公司、烟台泰和新材料股份有限公司、苏州兆达特纤科技有限公司、河北硅谷化工有限公司、中国平煤神马能源化工集团有限责任公司和中国石化仪征化纤有限责任公司的建设年产能分别为1 000,1 000,500,1 000,1 000和3 000 t。

由于我国对位芳纶纤维制造技术起步较晚,在技术上还需不断完善和改进,在应用基础研究方面更是严重滞后,在未来提高产能和效率的同时,应积极开发芳纶的应用多样性,以芳纶的功能性研究作为重点,以便应对国内对特种纤维日益增长的需求。

#### 4 结语与展望

(1) 国内芳纶生产成本较高,产能不足,性能不稳定。建议将芳纶产业集中,重点突破,对生产设备和工艺进行优化,建设完整的产业链,优化产业结构,在提升产品性能的同时,降低生产成本。

(2) 芳纶研发分散,产品应用少。国内生产芳纶的企业有多家,但是核心技术和生产工艺改进

不大,属于低水平的重复建设,研发投入少。芳纶产品种类单一,在多功能性开发方面的发展空间很大。

(3) 芳纶纤维昂贵的成本制约着其应用及发展,但是只用部分芳纶纤维作骨架材料即可达到提升轮胎性能的目的。因此,芳纶纤维在轮胎中的开发应用重点为芳纶复合帘布的开发、芳纶胎圈帘布的开发及轮胎束层芳纶帘布的使用等,更有实际生产价值。

#### 参考文献:

- [1] 隆有明. 21世纪轮胎工业发展趋势[J]. 轮胎工业,2001,11(8):451-456.
- [2] 刘肖英. 芳纶纤维在子午线轮胎中的应用[J]. 橡胶工业,2016,63(3):169-173.
- [3] 马千里,刘震,林威宏,等. 对位芳纶增强橡胶复合材料产业发展现状[J]. 中国橡胶,2018,34(2):28-32.
- [4] 刘震,唐凯,吴迪,等. 对位芳纶骨架材料弯曲性能研究[J]. 橡胶工业,2017,64(12):740-743.
- [5] Van der Made,王云海. 帝人芳纶在轮胎中的应用和开发[A]. 中国橡胶工业协会2012年度橡胶骨架材料中外技术论坛暨会员大会论文集[C]. 北京:中国橡胶工业协会,2012:125-139.
- [6] 石超,徐静,王玉海. 芳纶短纤维在全钢载重子午线轮胎填充胶中的应用[J]. 轮胎工业,2013,33(7):416-420.

收稿日期:2019-10-12

#### 一种轮胎冠带条的粘性控制工艺

由特拓(青岛)轮胎技术有限公司申请的专利(公开号 CN 110497639A,公开日期 2019-11-26)“一种轮胎冠带条的粘性控制工艺”,包括以下步骤:(1)浸隔离剂:将分裁后的宽冠带完全浸入含有橡胶隔离剂水溶液的水槽中,出水槽后的宽冠带先经过海绵辊进行拉伸,后经过吹风装置除去宽冠带表面的橡胶隔离剂,再经过烘干装置进行表面烘干,放置备用;(2)分裁:将烘干后的

宽冠带进行分裁得到合适尺寸的待用冠带条,并进行卷取;(3)去隔离剂涂层:将分裁后的冠带条导开后浸入循环水槽,穿过循环水槽内设置的若干组辊道,同时安装于循环水槽内的上、下两组毛刷对冠带条正反两面的橡胶隔离剂进行清理,冠带条依次经过吹风装置和烘干装置,烘干后的冠带条经过各辊道传递至成型机贴合鼓,完成成型胎坯工序的冠带条缠绕和贴合。

(本刊编辑部 储 民)