

# 芳纶帘线——轻型载重子午线轮胎 理想的胎体骨架材料

许美华, 朱立新, 宋继美, 张彦军, 姜少云, 王大正

(山东成山集团公司, 山东 荣成 264300)

**摘要:** 采用芳纶帘线替代普通聚酯帘线进行轻型载重子午线轮胎的生产, 并将两种轮胎性能进行了对比。结果表明, 采用芳纶帘线生产的轮胎静负荷性能、耐久性能、强度性能及高速性能等均可达到普通聚酯帘线轮胎的水平, 轮胎的刚性、转向能动性和驾驶性能提高, 而且还可提高生产效率, 同时减小了轮胎质量, 节约了成本。

**关键词:** 芳纶帘线; 轻型载重子午线轮胎

**中图分类号:** TQ330.38<sup>+</sup>9; U463.341<sup>+</sup>.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-8171(2002)12-0733-04

我厂 1989 年开始生产子午线轮胎, 采用的骨架材料为聚酯帘线, 对于大规格的轻型载重子午线轮胎, 如 6.50R16 10PR, 7.50R16 14PR 等, 由于其气压高、负荷大, 因此轮胎的胎体层数较多, 少则两层, 多则三层。以 6.50R16 10PR 轮胎(非标)为例, 采用普通聚酯帘线胎体层数为三层, 每台机的班产量为 80 条, 生产效率很低, 并且由于胎体层数多, 轮胎胎圈处级差难以均匀错开, 使得轮胎胎圈处的应力过于集中, 易造成轮胎早期损坏。鉴于这种情况, 我们经过对多种骨架材料的反复比较, 认为芳纶帘线具有耐高温、高强度、高模量及变形小的特性, 又具有相对密度小、耐疲劳、耐剪切的柔性, 兼备了钢丝、人造丝、锦纶、聚酯帘线的优异性能, 有“合成钢丝”之称, 是目前最理想的骨架材料。因此我厂决定采用芳纶帘线作为轻型载重子午线轮胎的胎体骨架材料。我们以 6.50R16 10PR 为代表规格做了一系列的试验, 并取得了理想效果。

## 1 实验

### 1.1 芳纶帘线来源及性能

我厂使用的芳纶帘线为荷兰阿克苏公司产品, 其规格为 1680dtex/3。为了更好地应用该批

芳纶帘线, 我们和北京橡胶工业研究设计院对阿克苏公司提供的芳纶帘布丝 1680dtex/1、白坯帘线 1680dtex/3 和浸胶帘线 1680dtex/3 进行了性能检测, 测试结果见表 1。

### 1.2 工艺

#### (1) 混炼

炼胶设备采用 GK270 密炼机, 加硫黄排胶温度为 95, 母炼胶排胶温度为 155。

#### (2) 压延

压延设备为美国产两用 S 形四辊压延机, 压延工艺条件如下: 供胶温度为 95; 压延机干燥辊温度为 75; 压延辊温: 1<sup>#</sup> 95, 2<sup>#</sup> 95, 3<sup>#</sup> 110, 4<sup>#</sup> 115; 压延速度为 20

表 1 阿克苏公司提供的芳纶帘线 1680dtex 的性能

| 项 目                           | 1 <sup>#</sup> | 2 <sup>#</sup> | 3 <sup>#</sup> |
|-------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| 断裂强力/N                        | 331.0          | 810.6          | 896.6          |
| 1%定伸应力/N                      | 92.9           | 67.2           | 126.7          |
| 2%定伸应力/N                      | 198.1          | 154.5          | 255.6          |
| 90 N 定负荷伸长率/%                 | 1.0            | 1.3            | 0.72           |
| 180 N 定负荷伸长率/%                | 1.9            | 2.3            | 1.4            |
| 300 N 定负荷伸长率/%                | 2.9            | 3.3            | 2.3            |
| 捻度/[捻·(10 cm <sup>-1</sup> )] |                |                |                |
| 初捻                            | 7.5            | 28.0           | 28.0           |
| 复捻                            | —              | 27.4           | 26.7           |
| 断裂伸长率/%                       | 3.2            | 6.1            | 5.4            |
| 粘合强度/(kN·m <sup>-1</sup> )    | —              | —              | 23.15          |

注: 1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup>和 3<sup>#</sup>分别代表 1680dtex/1(丝), 1680dtex/3(白坯帘线)和 1680dtex/3(浸胶帘线)。

**作者简介:** 许美华(1965-), 女, 山东莱州人, 山东成山集团公司高级工程师, 学士, 主要从事轮胎结构设计和工艺管理工作。

$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

### (3) 裁断

裁断采用高台式裁断机,专用裁刀(阿克苏公司提供)。

### (4) 成型

采用一次法成型工艺,一层胎体,胶囊反包。

### (5) 硫化

采用 1 168 mm 常温硫化机。由于胎体层数由原来的三层改为一层,因此硫化条件也做适当调整,硫化工艺条件为:内温 168,外温 155,内压 2.5 MPa,总硫化时间 36 min。

由于芳纶帘线模量高,硫化后帘线不收缩,按理不必进行后充气,但为了观察帘线弹力纬纱的质量情况和比较轮胎有、无后充气的区别,我们对硫化后的一部分轮胎进行了后充气,后充气的时间为硫化时间的两倍,压力为 0.5 MPa。试验结果表明,两者的性能无明显区别。

## 2 结果与讨论

### 2.1 胶料性能

考虑到轮胎的刚性以及芳纶与橡胶的粘合性能,我们对胎体原来的配方进行了部分调整,调整后的胎体胶与芳纶帘线的粘合性能有了明显提高,小料测试结果见表 2。芳纶帘布用胎体胶料性能如下:密度  $1.19 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$ ;门尼焦化时间 20 min;门尼粘度 [ML (1+4) 100] 62;拉伸强度 22 MPa;300%定伸应力 18 MPa;邵尔 A 型硬度 73 度;扯断伸长率 320%;扯断永久变形 23%。

### 2.2 成品试验

芳纶与聚酯帘线轮胎的外缘尺寸、静负荷性能、耐久性能、强度、水压爆破及高速性能对比分别见表 3~8。从表 3 可以看出,用单层芳纶的胎体(无后充气)外缘尺寸基本符合国家标准的要求。由表 4~8 可以看出,芳纶帘线轮胎的静负荷性能、耐久性能、强度、高速性能等均可达到普通

表 2 配方调整前后的粘合性能对比

| 项目                            | 原配方   | 新配方   |
|-------------------------------|-------|-------|
| H 抽出力/N                       | 208.3 | 223.1 |
| 100 $\times$ 48 h 老化后 H 抽出力/N | 178.8 | 216.8 |

表 3 轮胎的充气外缘尺寸

| 项目   | 充气压力/<br>MPa | 外直径/mm |     | 断面宽/mm |     |
|------|--------------|--------|-----|--------|-----|
|      |              | 实测     | 标准  | 实测     | 标准  |
| 芳纶胎体 | 560          | 741.4  | 744 | 179.7  | 176 |
| 聚酯胎体 | 560          | 742.3  | 744 | 174.5  | 176 |

表 4 轮胎的静负荷性能

| 项目                  | 芳纶胎体  | 聚酯胎体  |
|---------------------|-------|-------|
| 印痕面积/ $\text{mm}^2$ | 245.6 | 237.0 |
| 断面宽/mm              | 177.5 | 178.9 |
| 负荷下轮胎的断面高/mm        | 134.5 | 135.2 |
| 下沉量/mm              | 33.3  | 24.6  |
| 下沉率/%               | 19.9  | 14.7  |
| 接地因数                | 1.81  | 0.80  |
| 硬度因数                | 0.69  | 0.80  |

表 5 轮胎的耐久性能

| 项目         | 芳纶胎体  | 聚酯胎体  |
|------------|-------|-------|
| 充气预热后      |       |       |
| 断面宽/mm     | 179.3 | 179.8 |
| 外直径/mm     | 741.1 | 741.1 |
| 试验阶段“3”完成后 |       |       |
| 断面宽/mm     | 180.3 | 180.0 |
| 外直径/mm     | 741.1 | 741.4 |
| 累计行驶时间/h   | 120   | 120   |
| 试验结束时轮胎状况  | 未损坏   | 未损坏   |

表 6 轮胎的强度试验结果

| 项目           | 芳纶胎体    | 聚酯胎体  |
|--------------|---------|-------|
| 最后的破坏能/(N·m) | 1 058.4 | 935.9 |
| W 压穿/%       | 205.9   | 162.5 |
| 试验结束时轮胎的状况   | 未压穿     | 未压穿   |

表 7 轮胎的水压爆破试验结果

| 项目     | 芳纶胎体  | 聚酯胎体  |
|--------|-------|-------|
| 水压/kPa | 3 205 | 2 995 |
| 气压/kPa | 560   | 560   |
| 安全倍数   | 5.7   | 5.4   |

聚酯帘线轮胎的水平。

### 2.3 滚动阻力试验

由于使用芳纶帘线后轮胎的质量减小,滚动阻力也降低了很多。我们分别抽取了聚酯胎体和芳纶胎体的 6.50R16 10PR 轮胎各 20 条,进行滚动阻力对比试验,结果证明芳纶胎体轮胎的滚动阻力比聚酯胎体轮胎降低了 14%。

表 8 轮胎的高速性能试验结果

| 项 目                        | 芳纶胎体  | 聚酯胎体  |
|----------------------------|-------|-------|
| 充气预热后                      |       |       |
| 断面宽/mm                     | 177.9 | 179.2 |
| 外直径/mm                     | 740.4 | 741.2 |
| 试验完毕后                      |       |       |
| 断面宽/mm                     | 179.2 | 182.4 |
| 外直径/mm                     | 744.6 | 742.3 |
| 试验速度/(km·h <sup>-1</sup> ) | 130   | 130   |
| 轮胎状况                       | 未损坏   | 未损坏   |

## 2.4 实际里程试验

里程试验用车为 IVECO 中巴车,17 座(4 个副座),该车用于公路客运,行驶路线为荣成-济南,两天往返一次,每天行驶里程为 520 km。

装车时轮胎主花纹深度平均为 9.5 mm,断面宽为 178 mm。当车辆行驶了 2.6 万 km 后,对轮胎进行了第 1 次检测,此时轮胎的主花纹深度为 7 mm,断面宽为 182 mm,累计平均磨耗为 10 400 km·mm<sup>-1</sup>,轮胎的外观正常,无明显的凹凸痕迹;当车辆行驶了 8.5 万 km 时,进行了第 2 次检测,此时轮胎的主花纹深度为 2.4 mm,轮胎的下胎侧出现周向龟裂,并夹有疲劳裂口。

## 2.5 经济效益

芳纶与聚酯胎体轮胎质量对比如表 9 所示。从表 9 可以看出,芳纶轮胎的质量明显减小。

经与阿克苏诺贝尔公司协商,如果能批量生

表 9 聚酯轮胎与芳纶轮胎质量对比 kg

| 项 目             | 芳纶胎体    | 聚酯胎体    |
|-----------------|---------|---------|
| 轮胎质量            | 14.50   | 16.92   |
| 轮胎用帘布的质量        | 0.290 7 | 0.884 7 |
| 聚酯轮胎与芳纶轮胎质量差    | 2.416   |         |
| 聚酯轮胎与芳纶轮胎的帘布质量差 | 0.594   |         |
| 聚酯轮胎与芳纶轮胎的胶料质量差 | 1.822   |         |

产,则进口芳纶的价格可以降低,原来的报价为 22 美元·kg<sup>-1</sup>,批量生产则可以考虑降到 15~18 美元·kg<sup>-1</sup>。以 18 美元·kg<sup>-1</sup>的价格计算,则每条轮胎可节约成本约 6.6 元。

## 3 结语

用芳纶帘线替代聚酯帘线,轮胎的胎体由原来的三层减到一层,使压延、裁断和成型工序的生产效率提高了 60%。轮胎的硫化时间由原来的 36 min 缩短到 26 min,生产效率提高了 28%。轮胎的质量减小,降低了轮胎的滚动阻力,汽车节油提高了 1.5%。采用芳纶帘线后轮胎的刚性、转向能动性、驾驶性能和耐磨性能提高。采用聚酯胎体时,轮胎一般能行驶 7 万 km 左右,采用芳纶胎体能行驶到 8.5 万~9 万 km,轮胎的耐磨性能提高了 22%。由于减少了胎体层数,使轮胎在技术和施工设计上都得到简化,轮胎胎圈处的级差均匀,减少了应力集中,避免了轮胎的早期损坏,使轮胎的退赔率降低了 1.2%。

通过轮胎的试生产、室内试验和实际里程试验证明,芳纶帘线完全可以用作轻型载重子午线轮胎的胎体骨架材料。

由于只有一层胎体,据驾驶员和大量乘客反映,汽车的驾驶性能、乘坐舒适性比原来有了很大提高。采用芳纶帘线作轮胎的骨架材料,还可以提高生产效率和产品质量,降低生产成本,节约设备投资(不需购买后充气装备)。

总之,采用芳纶帘线作为轮胎的骨架材料不但是可行的,而且轮胎性能优异,发展前景广阔。致谢:非常感谢北京橡胶工业研究设计院莫定英、张清水、张燕三位高级工程师的大力协助。

第一届全国橡胶工业用织物和骨架材料技术研讨会论文

## Application of aramid cord to radial light truck tire

XU Mei-hua, ZHU Li-xin, SONG Ji-mei, ZHANG Yan-jun, JIANG Shaoyun, WANG Da-zheng

(Shangdong Chengshan Group Company, Rongcheng 264300, China)

**Abstract:** The aramid cord was used instead of the conventional polyester cord in the radial light truck tire and the performances of two tires were compared to each other. The results showed that the static load capacity, endurance, strength and speed properties of tire changed little, the stiffness and maneuverability of

tire improved ,the productivity increased ,and the tire weight and cost reduced.

**Key words** :aramid cord ;radial light truck tire