

# 炭黑NC803在全钢子午线轮胎胎肩垫胶中的应用

陈新中, 陈嘉璇, 李慎永, 丁利虎

(山东耐斯特炭黑有限公司, 山东 东营 257500)

**摘要:**研究炭黑NC803在全钢子午线轮胎胎肩垫胶中的应用。炭黑NC803是一种高结构度、较低比表面积、较大粒径的非标准炭黑, 其独特之处是炭黑表面的官能团较多, 能与橡胶发生更多的交联。试验结果表明: 在胎肩垫胶中采用22.5份炭黑NC803等量替代炭黑N375, 可以提高胶料的定伸应力和拉伸强度, 同时降低生热, 解决胎肩垫胶的生热问题; 与炭黑N375相比, 炭黑NC803具有更低的滞后性, 同时具有成本和环保优势。

**关键词:** 炭黑; 胎肩垫胶; 全钢子午线轮胎; 粒径分布; 物理性能; 生热; 滞后性

**中图分类号:** TQ330.38<sup>+</sup>1

**文章编号:** 2095-5448(2023)08-0382-04

**文献标志码:** A

**DOI:** 10.12137/j.issn.2095-5448.2023.08.0382



OSID开放科学标识码  
(扫码与作者交流)

全钢子午线轮胎胎肩垫胶因厚度较大, 在轮胎高速行驶时生热快、散热慢, 而且补强剂大多采用炭黑N375, 为了解决生热问题, 一般在配方中加入白炭黑, 但是白炭黑不易分散, 需加入硅烷偶联剂对白炭黑进行改性, 导致生产成本和混炼能耗提高<sup>[1-5]</sup>。炭黑NC803是一种新开发的高结构度、较低比表面积、较大粒径的非标准炭黑, 其粒径约为36 nm, 大粒径炭黑能赋予胶料更低的生热。

本工作主要研究炭黑NC803在全钢子午线轮胎胎肩垫胶中的应用, 探索炭黑NC803替代炭黑N375的可行性。

## 1 实验

### 1.1 主要原材料

天然橡胶(NR), 1#标准胶, 泰国进口产品; 炭黑NC803和N375, 山东耐斯特炭黑有限公司产品; 白炭黑, 江西黑猫炭黑股份有限公司产品; 偶联剂Si69, 南京曙光硅烷化工有限公司产品; 防老剂RD和4020, 山东尚舜化工有限公司产品; 氧化锌、硬

脂酸、不溶性硫黄和促进剂TBBS, 宁波艾克姆新材料有限公司产品。

### 1.2 试验配方

炭黑鉴定标准配方(用量/份): NR 100, 炭黑(变品种) 50, 氧化锌 5, 硬脂酸 3, 硫黄 2.5, 促进剂MBTS 0.6。Q1和Q2配方分别采用炭黑N375和NC803, 其余组分及用量相同。

胎肩垫胶生产配方(用量/份): NR 100, 炭黑(变品种) 22.5, 白炭黑 15, 偶联剂Si69 3, 氧化锌 3.5, 硬脂酸 2, 防老剂RD 1, 防老剂4020 1.5, 不溶性硫黄 1.9, 促进剂TBBS 1.9。Q3和Q4配方分别采用炭黑N375和NC803, 其余组分及用量相同。

### 1.3 主要设备和仪器

XSM-500型橡塑实验密炼机, 上海科创橡塑机械设备有限公司产品; Brabender C型吸油计, 德国布拉本达公司产品; TriStar II型氮吸附仪, 美国麦克公司产品; 炭黑粒径分析仪, 德国Brookhaven公司产品; MDR2000型无转子硫化仪, 美国阿尔法科技有限公司产品; XL-800×800×2型平板硫化机, 青岛光越橡胶机械制造有限公司产品; TD-401A型热老化试验机, 江都市腾达试验仪器厂产

**作者简介:** 陈新中(1970—), 男, 安徽安庆人, 山东耐斯特炭黑有限公司技术总监, 学士, 主要从事炭黑的生产及其应用研究工作。

**E-mail:** xinzhongchen2008@163.com

品;GT-TCS-2000型电子拉力机和GT-RH-2000型压缩生热试验机,中国台湾高铁检测仪器有限公司产品;DMAQ800型动态热机械分析(DMA)仪,美国TA公司产品。

1.4 试样制备

采用密炼机按照GB/T 3780.18—2017《炭黑第18部分:在天然橡胶(NR)中的鉴定方法》制备标准配方混炼胶。

生产配方胶料按常规工艺进行混炼。

胶料在平板硫化机上硫化,硫化条件为145℃/10 MPa×30 min。

1.5 性能测试

动态力学性能采用DMA仪进行测试,测试条件为:拉伸模式,应变 0.25%,频率 10 Hz,升温速率 3℃·min<sup>-1</sup>,温度范围 -60~80℃。

胶料其他性能均按照相应的国家标准测试。

2 结果与讨论

2.1 炭黑的化学性能

两种炭黑的化学性能对比如表1所示。

表1 两种炭黑的化学性能对比

| 项 目                                                           | 炭黑N375  | 炭黑NC803 |
|---------------------------------------------------------------|---------|---------|
| 吸碘值/(g·kg <sup>-1</sup> )                                     | 91.0    | 62.0    |
| DBP吸油值×10 <sup>5</sup> /(m <sup>3</sup> ·kg <sup>-1</sup> )   | 113.0   | 131.0   |
| 压缩样吸油值×10 <sup>5</sup> /(m <sup>3</sup> ·kg <sup>-1</sup> )   | 93.7    | 99.2    |
| 氮吸附比表面积×10 <sup>-3</sup> /(m <sup>2</sup> ·kg <sup>-1</sup> ) | 91.1    | 72.4    |
| 外比表面积×10 <sup>-3</sup> /(m <sup>2</sup> ·kg <sup>-1</sup> )   | 87.6    | 68.0    |
| 着色强度/%                                                        | 108.0   | 96.7    |
| pH值                                                           | 7.4     | 7.2     |
| 挥发分质量分数/%                                                     | 1.42    | 1.65    |
| 加热减量(125℃×1 h)/%                                              | 0.41    | 0.30    |
| 灰分质量分数/%                                                      | 0.34    | 0.32    |
| 45 μm筛余物含量/(mg·kg <sup>-1</sup> )                             | 0.014 2 | 0.011 0 |
| 150 μm筛余物含量/(mg·kg <sup>-1</sup> )                            | 0.001 5 | 0.000 8 |
| 500 μm筛余物含量/(mg·kg <sup>-1</sup> )                            | 0       | 0       |
| 甲苯抽出物透光率/%                                                    | 83.2    | 75.6    |
| 平均粒子强度/cN                                                     | 34      | 35      |
| 倾注密度/(kg·m <sup>-3</sup> )                                    | 336     | 385     |
| 细粉质量分数/%                                                      | 2.3     | 5.0     |

从表1可以看出,与炭黑N375相比,炭黑NC803的吸碘值低31.9%(粒径较大),DBP吸油值(结构度)高15.9%,压缩样吸油值高5.9%,氮吸附比表面积低20.5%,但单从数值来看,氮吸附比表面积比吸碘值高17%,这是炭黑NC803不同于炭

黑N375的主要特性,表明炭黑NC803表面较炭黑N375表面有更多的官能团,能与橡胶产生更多的交联,增强胶料的性能,同时其滞后性能更低。

2.2 炭黑粒径分布

对炭黑的微观结构进行分析,采用离心沉降法分析炭黑聚集集体分布结构。两种炭黑的粒径分布参数对比如表2所示。

表2 两种炭黑的粒径分布参数对比 μm

| 粒径分布参数 <sup>1)</sup> | 炭黑N375 | 炭黑NC803 |
|----------------------|--------|---------|
| D <sub>10</sub>      | 0.057  | 0.069   |
| D <sub>16</sub>      | 0.063  | 0.075   |
| D <sub>50</sub>      | 0.087  | 0.103   |
| D <sub>84</sub>      | 0.119  | 0.147   |
| D <sub>90</sub>      | 0.131  | 0.172   |

注:1) D<sub>10</sub>为炭黑样品的累计粒度分布百分数达到10%时所对应的粒径,其他参数依此类推。

从表2可以看出,两种炭黑的D<sub>10</sub>差异不大,但D<sub>50</sub>和D<sub>90</sub>有较大差异,表明炭黑NC803的粒径分布比炭黑N375更宽,粒径稍大。

2.3 标准配方试验

两种炭黑对标准配方胶料性能的影响如表3所示。

表3 标准配方胶料的物理性能

| 项 目                        | Q1配方   | Q2配方   |
|----------------------------|--------|--------|
| 密度/(Mg·m <sup>-3</sup> )   | 1.130  | 1.131  |
| 邵尔A型硬度/度                   | 70     | 69     |
| 100%定伸应力/MPa               | 4.48   | 4.61   |
| 200%定伸应力/MPa               | 11.46  | 11.93  |
| 300%定伸应力/MPa               | 19.14  | 19.52  |
| 拉伸强度/MPa                   | 25.53  | 25.36  |
| 拉断伸长率/%                    | 392    | 386    |
| 拉断永久变形/%                   | 24.4   | 19.2   |
| 回弹值/%                      | 37     | 38     |
| 撕裂强度/(kN·m <sup>-1</sup> ) | 35     | 33     |
| 压缩生热性能                     |        |        |
| 底部温升/℃                     | 25.70  | 22.65  |
| 永久变形/%                     | 4.65   | 5.47   |
| DIN磨耗指数/%                  | 170.51 | 237.47 |
| 100℃×48 h老化后               |        |        |
| 邵尔A型硬度/度                   | 72     | 71     |
| 100%定伸应力/MPa               | 5.22   | 5.42   |
| 200%定伸应力/MPa               | 12.56  | 13.15  |
| 拉伸强度/MPa                   | 13.90  | 14.94  |
| 拉断伸长率/%                    | 218    | 227    |
| 拉断永久变形/%                   | 7.2    | 6.0    |
| 撕裂强度/(kN·m <sup>-1</sup> ) | 16     | 19     |
| DIN磨耗指数/%                  | 105.13 | 109.37 |

从表3可以看出:在标准配方试验中,与炭黑N375胶料相比,老化前炭黑NC803胶料的邵尔A型硬度、拉伸强度和撕裂强度相差不大,定伸应力略高,拉断伸长率略低,压缩生热降低11.9%,DIN磨损指数较大,其原因可能是炭黑NC803的结构度较高,分散性更好;老化后炭黑NC803胶料的定伸应力、拉伸强度、拉断伸长率和撕裂强度均比炭黑N375胶料略高。

## 2.4 生产配方试验

### 2.4.1 物理性能

在相同的配方及工艺条件下,用炭黑NC803等量替代炭黑N375,胶料物理性能如表4所示。

表4 生产配方胶料的物理性能

| 项 目                                            | Q3配方   | Q4配方   |
|------------------------------------------------|--------|--------|
| 密度/( $\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$ )         | 1.080  | 1.078  |
| 邵尔A型硬度/度                                       | 56     | 56     |
| 100%定伸应力/MPa                                   | 2.34   | 2.48   |
| 200%定伸应力/MPa                                   | 6.30   | 6.90   |
| 300%定伸应力/MPa                                   | 12.27  | 12.99  |
| 拉伸强度/MPa                                       | 28.52  | 29.57  |
| 拉断伸长率/%                                        | 523.5  | 522.6  |
| 拉断永久变形/%                                       | 10.4   | 8.4    |
| 回弹值/%                                          | 54     | 54     |
| 撕裂强度/( $\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$ )       | 58     | 58     |
| 压缩生热性能                                         |        |        |
| 底部温升/ $^{\circ}\text{C}$                       | 7.55   | 7.20   |
| 永久变形/%                                         | 1.22   | 0.82   |
| DIN磨损指数/%                                      | 125.25 | 125.66 |
| 100 $^{\circ}\text{C} \times 48 \text{ h}$ 老化后 |        |        |
| 邵尔A型硬度/度                                       | 59     | 57     |
| 100%定伸应力/MPa                                   | 3.11   | 3.23   |
| 200%定伸应力/MPa                                   | 8.52   | 8.75   |
| 300%定伸应力/MPa                                   | 15.71  | 15.83  |
| 拉伸强度/MPa                                       | 27.77  | 28.82  |
| 拉断伸长率/%                                        | 461.1  | 476.1  |
| 拉断永久变形/%                                       | 10.0   | 6.0    |
| 撕裂强度/( $\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$ )       | 49     | 47     |
| DIN磨损指数/%                                      | 110.18 | 111.55 |

从表4可以看出:在生产配方试验中,与炭黑N375胶料相比,老化前炭黑NC803胶料的定伸应力和拉伸强度有所提高,拉断伸长率、撕裂强度和DIN磨损指数基本一致,压缩生热略降低,这应该这是由于加入白炭黑改善了胶料的压缩生热性能,使两种炭黑胶料的压缩生热差异减小;老化后炭黑NC803胶料的定伸应力和拉伸强度较高,其他性能在同一水平。

### 2.4.2 动态力学性能

两种炭黑胶料的动态力学性能如图1—4和表5所示,其中 $\tan\delta$ 为损耗因子, $E'$ 为弹性模量, $T_g$ 为玻璃化转变温度。

从图1—4和表5可以看出,炭黑NC803胶料0  $^{\circ}\text{C}$ 时的 $\tan\delta$ 比炭黑N375胶料大,60  $^{\circ}\text{C}$ 时的 $\tan\delta$ 比炭黑N375胶料小,这表明炭黑NC803具有较低的滞后性,可满足全钢子午线轮胎胎肩垫胶的低生热需求。

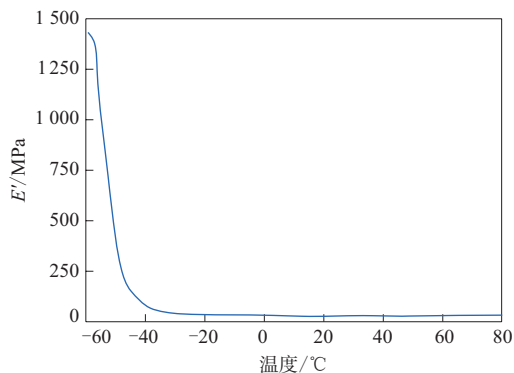


图1 Q3配方胶料的 $E'$ -温度曲线

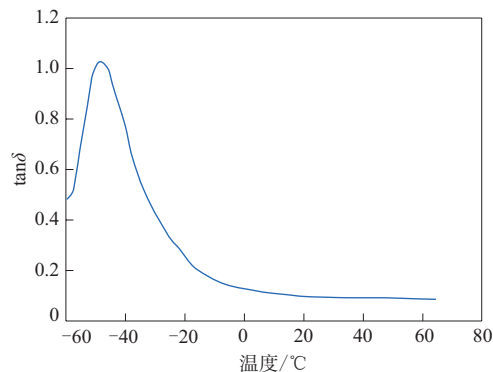


图2 Q3配方胶料的 $\tan\delta$ -温度曲线

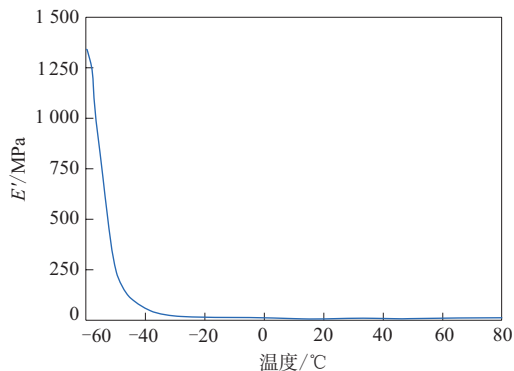


图3 Q4配方胶料的 $E'$ -温度曲线

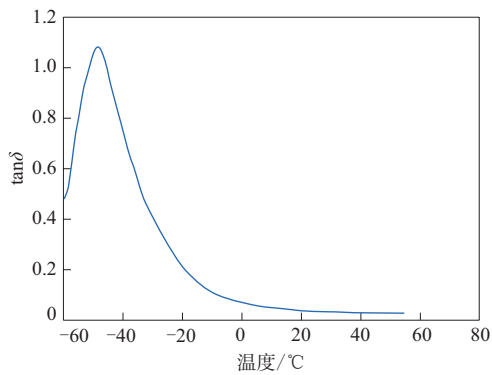


图4 Q4配方胶料的tan δ-温度曲线

表5 两种炭黑胶料的动态力学性能

| 项 目               | Q3配方  | Q4配方  |
|-------------------|-------|-------|
| tanδ              |       |       |
| 0℃                | 0.113 | 0.117 |
| 20℃               | 0.087 | 0.090 |
| 60℃               | 0.072 | 0.067 |
| E'/MPa            |       |       |
| -20℃              | 20.2  | 22.1  |
| 0℃                | 15.0  | 17.1  |
| 20℃               | 12.8  | 14.6  |
| T <sub>g</sub> /℃ | -48.8 | -49.9 |

2.5 效益分析

炭黑NC803的吨产品油消耗量(1.65 t)低于炭黑N375(1.80 t),日产量提升,电、水及蒸汽用量相对减少,碳排放量明显降低,炭黑NC803的生产成本比炭黑N375约低10%。

3 结论

- (1) 炭黑NC803是一种高结构度、较低比表面积和较大粒径的非标准炭黑,其独特之处是炭黑表面的官能团较多,能与橡胶发生更多的交联,有利于提高胶料的性能。
  - (2) 在全钢子午线轮胎胎肩垫胶配方中,采用22.5份炭黑NC803等量替代炭黑N375,可以提高胶料的定伸应力和拉伸强度,同时降低生热。
  - (3) 相较于炭黑N375,炭黑NC803具有更低的滞后性,同时生产成本低,碳排放量更小。
- 综上所述,炭黑NC803完全可以替代炭黑N375应用于全钢子午线轮胎胎肩垫胶中,解决胎肩垫胶的生热问题。

参考文献:

[1] 张焕,张晓莲,蔡庆,等.降低负重轮天然橡胶基复合材料生热的研究状况[J].橡胶工业,2021,68(3):227-232.

[2] 梁永波,刘方方,刘宏瑞,等.白炭黑在全钢载重子午线轮胎胎肩垫胶中的应用[J].轮胎工业,2013,33(6):349-352.

[3] 陈新中,陈嘉璇,蔡强,等.NC8515炭黑在橡胶轮胎中的应用研究[J].中国橡胶,2018(11):52-56.

[4] 李花婷,赵天琪,陈名行.绿色轮胎与橡胶新材料[J].科学通报,2016,61(31):3297-3303.

[5] 赵敏.降低轮胎滚动阻力的途径[J].轮胎工业,2006,26(10):586-593.

收稿日期:2023-04-25

Application of Carbon Black NC803 in Shoulder Pad Compound of All-steel Radial Tire

CHEN Xinzong, CHEN Jiaxuan, LI Shenyong, DING Lihu  
(Shandong NICEST Carbon Black Co., Ltd, Dongying 257500, China)

**Abstract:** The application of carbon black NC803 in the shoulder pad compound of all-steel radial tires was studied. Carbon black NC803 was a non-standard carbon black with high structural degree, low specific surface area, and large particle size. Its unique feature was that the surface of carbon black NC803 had more functional groups than conventional carbon black; therefore, carbon black NC803 could participate in more cross-linking reactions with rubber. The test results showed that by using 22.5 phr carbon black NC803 to replace the same amount of carbon black N375 in the shoulder pad compound, the modulus and tensile strength of the compound were improved, and the heat build-up was reduced. Compared with carbon black N375, carbon black NC803 had lower hysteresis, as well as the advantages of lower cost and better environmentally friendly properties.

**Key words:** carbon black; shoulder pad compound; all-steel radial tire; particle size distribution; physical property; heat build-up; hysteresis