

# 沉淀法白炭黑ZC-120MP在低滚动阻力全钢载重子午线轮胎胎面胶中的应用

冉宇宁, 余腾龙, 王丹, 朱碧柱  
(贵州轮胎股份有限公司, 贵州 贵阳 550008)

**摘要:** 研究沉淀法白炭黑ZC-120MP在低滚动阻力全钢载重子午线轮胎胎面胶中的应用。结果表明, 白炭黑ZC-120MP具有较大的粒径和较高的结构, 替代常用白炭黑用于全钢子午线轮胎胎面基部胶中补强效果良好, 胶料的加工性能和弹性好、生热低, 成品轮胎的滚动阻力降低、耐久性能提高。

**关键词:** 沉淀法白炭黑; 低滚动阻力; 全钢载重子午线轮胎; 胎面胶; 基部胶

按生产工艺分, 白炭黑主要有沉淀法白炭黑和气相法白炭黑。沉淀法白炭黑价格低廉, 且具有较好的补强性能, 与硅烷偶联剂共同作用可降低胶料滞后损失, 因此广泛应用于轮胎生产中。但不同沉淀法白炭黑产品因粒径和结构不同, 对胶料的补强性能、耐磨性能和滚动阻力等影响不同。随着对轮胎滚动阻力降低以及湿抓着性能改善要求的持续提高, 各种白炭黑产品的应用研究进一步深入。

沉淀法白炭黑ZC-120MP是一种具有高分散性、高纯度、较大粒径和高结构的白炭黑新产品。本工作主要研究沉淀法白炭黑ZC-120MP在全钢载重子午线轮胎胎面上层胶和胎面基部胶中的应用, 考察其对轮胎滚动阻力和耐久性能的影响。

## 1 实验

### 1.1 主要原材料

天然橡胶(NR), STR20, 泰国普吉宏曼丽(橡胶)有限公司产品; 顺丁橡胶(BR), 牌号9000, 中国石化北京燕山石油化工有限公司产品; 炭黑N234, 江西黑猫炭黑股份有限公司产品; 沉淀法白炭黑ZC-120MP, 福建正盛无机材料股份有限公司产品; 常用白炭黑(无定形沉淀法白炭黑), 国产产品。

### 1.2 主要设备与仪器

152.4 mm (6英寸) 开炼机和平板硫化机, 青岛巨融机械技术有限公司产品; 3 L密炼机和F-270型密炼机, 英国法雷尔公司产品; PX-420型密炼机, 意大利POMINI公司产品; MV2000型门尼粘度仪和MDR2000型无转子硫化仪, 美国阿尔法科技有限公司产品; T2000E型电子拉力机和Y3000E型压缩生热试验机, 北京友深电子仪器有限公司产品; EPH-50型橡胶回弹仪, 英国SATRA公司产品; GT-7012-D型DIN磨耗试验机, 高铁检测仪器有限公司产品; DMA2980型动态力学分析仪, 美国杜邦公司产品; TJR-RR-TB(Y)型载重轮胎滚动阻力试验机, 天津久荣车轮技术有限公司产品。

### 1.3 配方

(1) 全钢载重子午线轮胎胎面上层胶配方

试验配方: NR, 60; BR, 40; 炭黑N234, 45; 白炭黑ZC-120MP, 15; 氧化锌, 3.5; 硬脂酸, 2; 促进剂CBS, 1.3; 硫黄, 1.3; 其他, 9.8; 合计, 177.9。

生产配方: 除白炭黑为常用白炭黑之外, 其余同试验配方。

(2) 全钢载重子午线轮胎胎面基部胶配方

试验配方: NR, 100; 炭黑N234, 15; 白炭黑ZC-120MP, 45; 芳烃油, 10; 氧化锌, 3.5; 硬

脂酸, 2; 偶联剂Si69, 10; 促进剂TBBS, 1.3; 促进剂DPG, 1; 硫黄, 1.8; 其它, 12.75; 合计, 202.35。

生产配方: 除白炭黑为常用白炭黑之外, 其余同试验配方。

#### 1.4 试样制备

小配合试验胶料混炼分2段进行。一段混炼在3 L密炼机中进行, 转子转速为 $80 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ , 混炼工艺为: 生胶和小料→压压砣→提压砣→炭黑和白炭黑→压压砣→提压砣(温度 $110 \text{ }^{\circ}\text{C}$ )→芳烃油→排胶(温度 $145 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ); 二段混炼在开炼机上进行, 混炼工艺为: 一段混炼胶→硫黄和促进剂→薄通6次→打1个卷后下片。

大配合试验胶料混炼分4段进行。一、二、三段在PX-420型密炼机中进行, 转子转速由 $40 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 降至 $25 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ , 每段之间停放8~12 h。一段混炼工艺为: 生胶→炭黑、白炭黑→氧化锌、偶

联剂Si69 $\xrightarrow{30\text{s}}$ 提压砣(温度 $110 \text{ }^{\circ}\text{C}$ )→芳烃油→排胶(温度 $150 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ); 二段加料顺序为: 一段混炼胶→剩余小料→排胶(温度 $140 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ); 三段混炼不加任何配料,  $135 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 排胶; 四段混炼在F270型密炼机中进行, 转子转速 $20 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ , 混炼工艺为: 三段混炼胶→硫黄、促进剂→排胶(温度 $105 \text{ }^{\circ}\text{C}$ )。

#### 1.5 性能测试

动态力学性能测试条件为应变0.25%, 频率10 Hz, 温度 $30\sim 100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , 升温速度 $2 \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$ 。胶料其他性能测试均按照相应国家标准进行。

## 2 结果与讨论

### 2.1 理化分析

白炭黑ZC-120MP的理化性能见表1。从表1可以看出, 与常用白炭黑相比, 白炭黑ZC-120MP的DBP吸收值较高, 比表面积很小, 即白炭黑ZC-120MP具有较大的粒径与很高的结构。

表1 白炭黑ZC-120MP的理化性能

项 目	测定值		测试方法
	白炭黑ZC-120MP	常用白炭黑	
二氧化硅含量/%	93.5	91.0	HG/T 3062—2008
加热减量(105 $^{\circ}\text{C} \times 2 \text{ h}$ )/%	6.27	4.10	HG/T 3065—2008
灼烧减量/%	4.87	5.90	HG/T 3066—2008
DBP吸收值/( $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ )	2.4	2.2	HG/T 3072—2008
pH值	6.6	6.8	HG/T 3067—2008
氮吸附比表面积/( $\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ )	115	175	HG/T 3061—2009

### 2.2 小配合试验

#### 2.2.1 未硫化胶性能

##### (1) 加工特性

小配合试验胶料的加工特性见表2。从表2可以看出: 无论是胎面上层胶还是胎面基部胶, 与生产配方胶料相比, 试验配方胶料的门尼粘度和 $M_L$ 较小, 门尼松弛直线斜率绝对值较大, 表明白炭黑ZC-120MP胶料的加工性能优于常用白炭黑胶料; 门尼焦烧时间较短, 说明白炭黑ZC-120MP胶料的加工安全性能稍差。

##### (2) 硫化特性

小配合试验胶料的硫化特性见表3。从表3可以

看出, 无论是胎面上层胶还是胎面基部胶, 与生产配方相比, 试验配方胶料的 $t_{10}$ ,  $t_{50}$ 和 $t_{90}$ 及门尼焦烧时间 $\Delta t_{30}$ 均稍短, 表明白炭黑ZC-120MP胶料的硫化速度比常用白炭黑胶料快。

#### 2.2.2 硫化胶性能

小配合试验的硫化胶性能见表4。从表4可以看出: 与生产配方胶料相比, 试验配方胶料的弹性较好, 压缩生热较低,  $\tan\delta$ 较小, 表明白炭黑ZC-120MP胶料的滚动阻力低于常用白炭黑胶料; 试验配方胶料的磨耗量和切削减量较大, 撕裂强度、 $G'$ 和 $G''$ 较小, 其余性能与生产配方胶料相当。综合得出, 白炭黑ZC-120MP用于胎面基部胶, 既能降

表2 小配合试验胶料的加工特性

项目	胎面上层胶		胎面基部胶	
	试验配方	生产配方	试验配方	生产配方
门尼粘度 $M_L[(1+4+2)100\text{ }^\circ\text{C}]^{1)}$	97.5	99.9	60.6	74.8
门尼应力松弛直线斜率 $[(1+4+2)100\text{ }^\circ\text{C}]^{1)}$	-0.283	-0.282	-0.602	-0.511
门尼焦烧时间 $t_5(127\text{ }^\circ\text{C})/\text{min}$	17.03	18.40	9.40	10.58
$M_L(151\text{ }^\circ\text{C})/(dN\cdot m)$	4.62	4.79	2.21	2.77

注: 1) 括号内2为应力松弛时间(单位min)。

表3 小配合试验胶料的硫化特性

项目	胎面上层胶		胎面基部胶	
	试验配方	生产配方	试验配方	生产配方
硫化仪数据(151 °C)				
$t_{10}/\text{min}$	4.50	4.98	2.77	2.83
$t_{50}/\text{min}$	6.63	7.21	5.07	5.51
$t_{90}/\text{min}$	9.73	10.55	11.12	12.35
门尼焦烧时间 $\Delta t_{30}(127\text{ }^\circ\text{C})/\text{min}$	3.21	3.27	2.23	3.09

表4 小配合试验硫化胶性能

项目	胎面上层胶		胎面基部胶	
	试验配方	生产配方	试验配方	生产配方
硫化胶性能(151 °C × 30 min)				
邵尔A型硬度/度	65	64	66	65
100%定伸应力/MPa	2.38	2.53	5.02	4.81
300%定伸应力/MPa	10.90	10.85	14.88	14.12
拉伸强度/MPa	23.24	22.95	22.59	21.14
拉断伸长率/%	582	578	474	465
撕裂强度/(kN·m <sup>-1</sup> )	72	85	92	102
回弹值/%	45.4	45.7	50.6	46.6
切削减量/g	0.0358	0.0344	0.0467	0.0340
阿克隆磨耗量/cm <sup>3</sup>	0.1199	0.0743	0.1368	0.1041
DIN磨耗量/mm <sup>3</sup>	87.81	84.86	138.73	152.78
压缩疲劳试验 <sup>1)</sup>				
中心温升/°C	150.0	163.0	137.5	140.0
永久变形/%	6.6	6.9	26.0	27.0
动态力学性能				
储能模量( $G'$ )(70 °C)/MPa	70.40	76.50	101.10	107.70
损耗模量( $G''$ )(70 °C)/MPa	7.89	9.30	9.44	10.89
$\tan\delta(70\text{ }^\circ\text{C})$	0.1120	0.1215	0.0934	0.1011

注: 1) 冲程4.45 mm, 负荷245 N, 温度55 °C。

低轮胎滚动阻力,又不会影响轮胎的耐磨性能。

### 2.3 大配合试验

从综合性能考虑,选择胎面基部胶配方进行大配合试验,结果见表5。从表5可以看出,胎面

基部胶的大配合与小配合试验结果基本一致。

### 2.4 成品轮胎性能

以大配合试验胎面基部胶试制轮胎,成品轮胎性能见表6。从表6可以看出,与生产轮胎相比,试

表5 胎面基部胶大配合试验结果

项目	试验配方	生产配方	项目	试验配方	生产配方
门尼粘度 $[M_L(1+4+2)100\text{ }^\circ\text{C}]^{1)}$	60.2	64.5	拉断伸长率/%	489	485
门尼应力松弛直线斜率 $[(1+4+2)100\text{ }^\circ\text{C}]^{1)}$	-0.722	-0.613	撕裂强度/ $(\text{kN}\cdot\text{m}^{-1})$	92	97
门尼焦烧时间 $(127\text{ }^\circ\text{C})$			回弹值/%	52.2	48.3
$t_5/\text{min}$	9.33	10.02	切削减量/g	0.0370	0.0285
$\Delta t_{30}/\text{min}$	2.18	3.00	阿克隆磨耗量/ $\text{cm}^3$	0.1296	0.1010
硫化仪数据 $(151\text{ }^\circ\text{C})$			DIN磨耗量/ $\text{mm}^3$	136.50	142.18
$t_{10}/\text{min}$	2.43	2.59	压缩疲劳试验 <sup>1)</sup>		
$t_{50}/\text{min}$	4.98	5.30	中心温升/ $^\circ\text{C}$	132.4	136.1
$t_{90}/\text{min}$	10.98	12.15	永久变形/%	19.0	18.0
硫化胶性能 $(151\text{ }^\circ\text{C}\times 30\text{ min})$			动态力学性能		
邵尔A型硬度/度	64	64	$G'(70\text{ }^\circ\text{C})/\text{MPa}$	85.1	87.5
100%定伸应力/MPa	4.88	4.52	$G''(70\text{ }^\circ\text{C})/\text{MPa}$	7.82	8.72
300%定伸应力/MPa	14.76	14.01	$\tan\delta(70\text{ }^\circ\text{C})$	0.0918	0.1000
拉伸强度/MPa	22.22	20.94			

注:同表4。

表6 成品轮胎性能

项目	试验轮胎	生产轮胎	测试方法
滚动阻力因数	6.41	6.83	ISO 28580: 2009 (2.0 m直径鼓)
耐久性能			GB/T 4501—2008
累计行驶时间/h	117.2	101.8	
损坏方式	肩裂	胎冠脱落	

验轮胎的滚动阻力因数减小,耐久性能提高。

### 3 结论

在全钢载重子午线轮胎胎面基部胶中,用白炭黑ZC-120MP替代常用白炭黑,胶料的加工性能较好、硫化速度加快,可以进一步提高硫化效率;胶料的生热低、弹性好,耐磨性能不受影响;成品轮胎的滚动阻力降低,耐久性能提高。

## Application of Precipitated Silica ZC-120MP in the Tread Compound of Low Rolling Resistance TBR Tire

Ran Yuning, She Tenglong, Wang Dan, Zhu Bizhu  
(Guizhou Tyre Co., Ltd., Guiyang 550008, China)

**Abstract:** The precipitated silica ZC-120MP possessed large particle size and high structure. It was applied in the tread compound of low rolling resistance TBR tire in this study. The experimental testing results showed that silica ZC-120MP provided better reinforcement than regular carbon black. The tread base compound with silica ZC-120MP showed good processing properties, high resilience, and low heat build-up. The rolling resistance of the finished tire with silica ZC-120MP filled tread base compound decreased and the tire durability was improved.

**Keywords:** silica; low rolling resistance; TBR tire; tread compound; base compound