白炭黑在全钢载重子午线轮胎胎面基部胶中的应用

胡　源，牟成乾*，李建勋，李　伟，孔德鲁，林纪祥
（通力轮胎有限公司，山东 兖州　272000）

摘要：研究白炭黑在全钢载重子午线轮胎胎面基部胶中的应用。结果表明，以沉淀法白炭黑全部替代全钢载重子午线轮胎胎面基部胶配方中的炭黑，优化白炭黑和吡咯烷酮用量后，能有效降低轮胎冠部生热和滚动阻力，提升轮胎耐久性能。

关键词：沉淀法白炭黑；全钢载重子午线轮胎；胎面基部胶；生热；滚动阻力；耐久性能
中图分类号：U463.341^{+}.3/.6；TQ330.38^{+}3　　**文章编号**：1006-8171(2020)08-0483-05
文献标志码：A　　**DOI**：10.12135/j.issn.1006-8171.2020.08.0483

OSID开放科学标识码（扫码与作者交流）

随着轮胎工业的快速发展，沉淀法白炭黑在全钢载重子午线轮胎中已得到广泛应用[1-5]。对各大品牌的全钢载重子午线轮胎胎冠部位配方进行剖析发现，双层胎面基部胶配方中白炭黑的用量在0～15份，其中炭黑用量在30～42份，未发现全部采用白炭黑作为补强填料的轮胎胎面基部胶配方设计。

白炭黑在全钢载重子午线轮胎中主要应用于胎冠配方，以提高胎面的抗撕裂性能，降低胶料生热和损耗因子。载重轮胎在极端条件使用过程中易产生肩空和冠空问题，本工作通过采用沉淀法白炭黑全部替代炭黑的胎面基部胶配方设计思路来降低载重轮胎的肩冠部生热和滚动阻力，提高轮胎的耐久性能。

1　实验

1.1　主要原材料

天然橡胶（NR），SMR20，马来西亚产品；炭黑N330，山西安仑化工有限公司产品；白炭黑，牌号175MP，福建三明正元化工有限公司产品；硅烷偶联剂HP-699，江西宏柏新材料有限公司产品；环保油VIVATEC600，宁波汉圣化工有限公司产品；硬脂酸，泰柯棕化（张家港）有限公司产品；防老剂4020和促进剂TBBS，山东尚舜化工有限公司产品；分散剂吡咯烷酮（NOP），德国Brenntag公司产品；高比表面积氧化锌，美国洛克伍德公司产品；分散剂FS-200，武汉泾河化工有限公司产品；不溶性硫黄70P，欧米亚精细化工有限公司产品；防焦剂CTP，山东阳谷华泰化工有限公司产品。

1.2　配方

正常生产配方：NR　100，炭黑N330　34，白炭黑　15，硅烷偶联剂HP-699　3，环保油　1.3，氧化锌　4.5，硬脂酸　1，防老剂4020　2，防焦剂　0.1，分散剂FS-200　1.5，不溶性硫黄　2.57，促进剂TBBS　1.3。

试验配方如表1所示。

表1　试验配方　　份

配方编号	白炭黑	炭黑N330	NOP
1#	0	40	5
2#	0	40	2
3#	40	0	2
4#	40	0	5
5#	20	20	2
6#	20	20	5
7#	30	20	5
8#	30	20	2
9#	20	30	2
10#	20	30	5
11#	25	25	5
12#	25	25	2

注：配方其他组分和用量为NR　100，硅烷偶联剂HP-699　7，环保油　1.3，氧化锌　4.5，硬脂酸　2，防老剂4020　2，防焦剂CTP　0.1，分散剂FS-200　2，不溶性硫黄　2.8，促进剂TBBS　1.8。

作者简介：胡源（1979—），男，贵州毕节人，通力轮胎有限公司工程师，学士，主要从事轮胎技术研究管理工作。
*通信联系人（chengqian.mu@hixih.com.cn）

1.3 主要设备和仪器

X(S)M-1.5型智能密炼机，青岛科高橡塑机械技术装备有限公司产品；GK400N型和GK255N型密炼机，德国克虏伯公司产品；XLH-Q600×600×X4/1400型平板式硫化机，青岛高策橡胶工程有限公司产品；Premier MDR型无转子硫化仪、RPA2000橡胶加工分析仪(RPA)和MV2000型门尼粘度仪，美国阿尔法科技有限公司产品；AI-7000S型电子拉力试验机和RH 2000N型压缩生热试验机，高铁检测仪器(东莞)有限公司产品；2-PC(Y)型轮胎高速试验机，天津久荣车轮技术有限公司产品；1station型滚动阻力试验机，美国Akron公司产品。

1.4 混炼工艺

1.4.1 小配合试验

小配合试验胶料在X(S)M-1.5型智能密炼机中进行，采用两段混炼工艺。一段混炼转子转速为70 r·min^{-1}，混炼工艺为：生胶→压压砣30 s→炭黑或白炭黑、硅烷偶联剂HP-699和硬脂酸→压压砣50 s→其他小料→压压砣→提压砣30 s(135 ℃)→压压砣→排胶(155 ℃)；二段混炼转子转速为30 r·min^{-1}，混炼工艺为：一段混炼胶、硫黄、促进剂和防焦剂→压压砣50 s→提压砣5 s→压压砣→排胶(105 ℃)。

1.4.2 大配合试验

大配合试验胶料采用三段混炼工艺，前两段均在GK400N型密炼机中进行。一段混炼转子转速为50 r·min^{-1}，混炼工艺为：塑炼胶、炭黑、白炭黑和小料(偶联剂、环保油、NOP、氧化锌、防老剂、硬脂酸、分散剂)→压压砣35 s→提压砣→转速变为35 r·min^{-1}→压压砣→排胶(155 ℃)；二段混炼转子转速为35 r·min^{-1}，将一段混炼胶进行返炼，排胶温度为150 ℃。终炼在GK255N型密炼机中进行，转子转速为20 r·min^{-1}，混炼工艺为：二段混炼胶、硫黄、促进剂和防焦剂→反复提压砣和压压砣→排胶(101 ℃)。

1.5 测试分析

1.5.1 硫化特性

按照GB/T 16584—1996《橡胶 用无转子硫化仪测定硫化特性》进行测试，测试条件为151 ℃×60 min。

1.5.2 物理性能

按照GB/T 531.1—2008《硫化橡胶或热塑性橡胶 压入硬度试验方法 第1部分：邵氏硬度计法(邵尔硬度)》和GB/T 528—2009《硫化橡胶或热塑性橡胶 拉伸应力应变性能的测定》分别测试硫化胶的邵尔A型硬度和拉伸性能，采用4 mm试样，硫化条件为151 ℃×40 min。

1.5.3 压缩温升

按照ASTM D 623—2007《橡胶性能的标准试验方法.压缩发热和弯曲疲劳试验》进行测试。在恒定应变条件下，恒温室温度为55 ℃，预热时间为30 min，试验时间为25 min，负荷为245 N，频率为30 Hz，冲程为4.45 mm。试样为直径18 mm、高24 mm的实心圆柱。

1.5.4 RPA分析

试验条件为温度 60 ℃，频率 10 Hz，应变7%。

1.5.5 耐久性能

按照GB/T 4501—2016《载重汽车轮胎性能室内试验方法》进行测试，轮辋符合GB/T 2977—2016规定的尺寸，充气压力以单胎最大额定负荷对应的充气压力为准，充气后的试验轮胎和轮辋组合体在(38±3) ℃的环境下至少停放3 h。

1.5.6 滚动阻力系数

依据欧盟ECE R117轮胎法规进行测试，试验轮辋为9.00，热平衡时间不短于6 h，温度修正系数为0.006，正向升温180 min，反向升温30 min。

2 结果与讨论

2.1 数据拟合

试验配方胶料物理性能测试结果见表2。

按照最小二乘法进行预测值与实际值拟合，结果如图1—6所示。

结果表明，胶料邵尔A型硬度、拉伸强度、拉断伸长率、撕裂强度、压缩温升和损耗因子拟合曲线的P值(用来判定假设检验结果的参数)分别为0.000 9，0.021 7，0.028 2，0.003 5，0.006 9，0.005 3，拟合结果较为准确($P\leqslant0.05$可以定为拟合程度优)。

2.2 炭黑-白炭黑性能等高线

根据实际值与预测值的拟合绘制炭黑-白炭

表2　试验配方胶料物理性能

项　目	配方编号											
	1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#	9#	10#	11#	12#
邵尔A型硬度/度	64	64	68	66	66	65	69	70	70	69	70	71
拉伸强度/MPa	28.1	28.0	29.5	30.0	28.0	28.5	29.0	28.7	27.8	28.0	28.9	28.6
拉断伸长率/%	462	465	490	510	480	485	472	469	452	450	478	469
撕裂强度/(kN·m^{-1})	105	108	112	121	113	115	115	109	108	110	110	111
压缩温升/℃	20	22	16	13	19	18	18	19	21	22	19	21
损耗因子	0.113	0.115	0.069	0.060	0.082	0.080	0.079	0.080	0.107	0.104	0.089	0.091

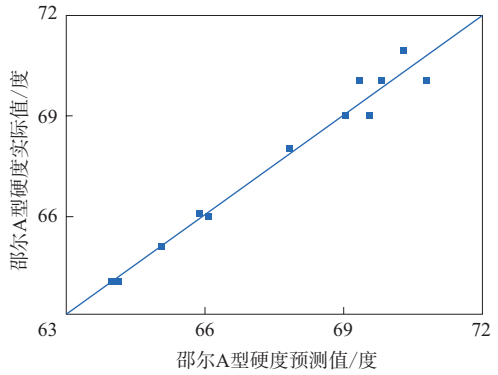


图1　邵尔A型硬度拟合曲线

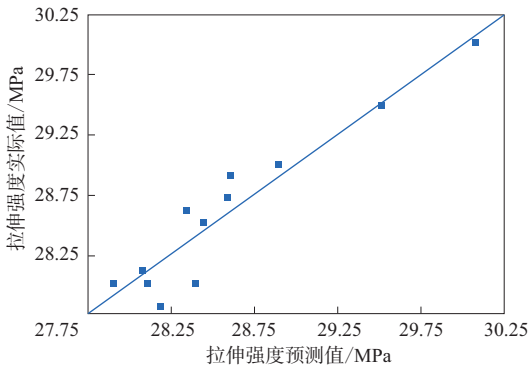


图2　拉伸强度拟合曲线

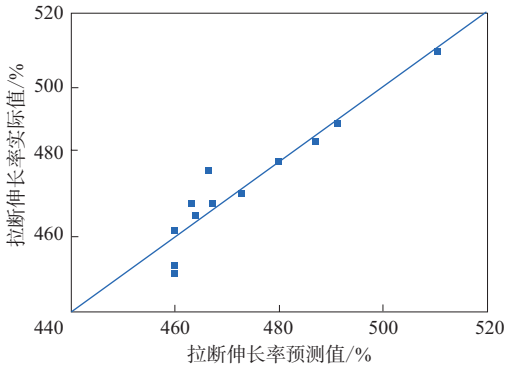


图3　拉断伸长率拟合曲线

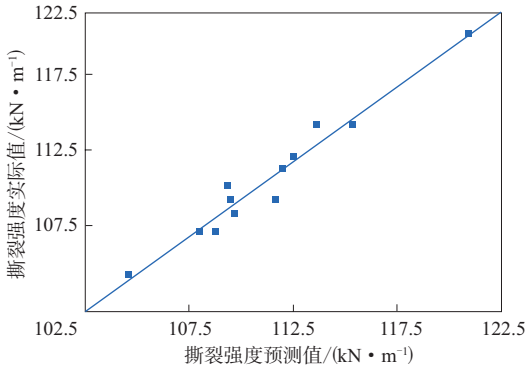


图4　撕裂强度拟合曲线

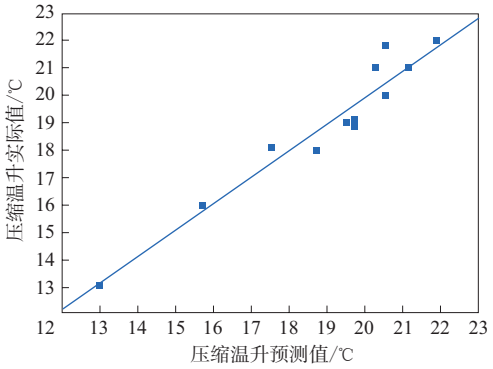


图5　压缩温升拟合曲线

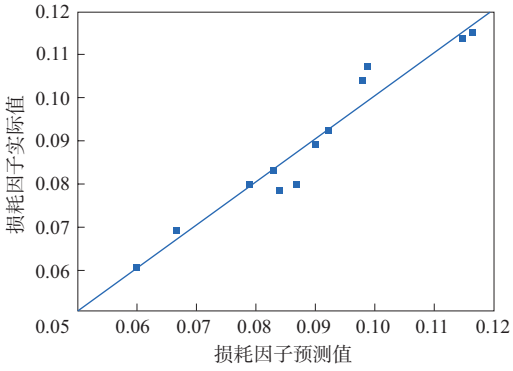
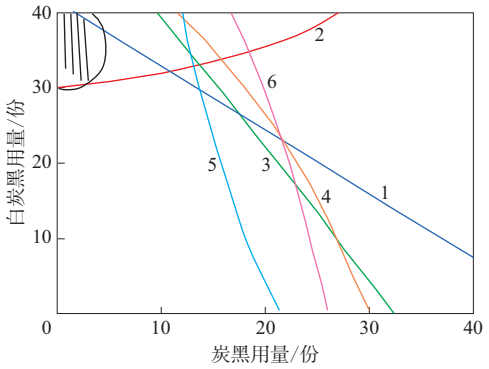


图6　损耗因子拟合曲线

黑性能等高线,结果如图7所示。

根据性能指标期望值[邵尔A型硬度(64～68)度,拉伸强度　≥28.0 MPa,拉断伸长率480%～540%,压缩温升　≤15 ℃,撕裂强度



1—邵尔A型硬度；2—拉伸强度；3—拉断伸长率；4—撕裂强度；5—压缩温升；6—损耗因子。

图7 炭黑-白炭黑性能等高线

≥110 kN·m^{-1}，损耗因子 ≤0.080]在等高线中得出期望值范围。

图7中黑色线条阴影部分为白炭黑与炭黑用量的期望范围，最大期望值为配方中使用40份白炭黑和0份炭黑。

2.3 NOP-白炭黑性能等高线

基于补强填充材料分析结果，根据实际值与预测值的拟合绘制NOP-白炭黑性能等高线，结果如图8所示。

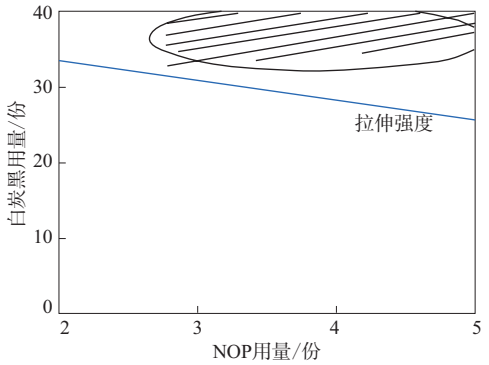


图8 NOP-白炭黑性能等高线

图8中黑色线条阴影部分为白炭黑与NOP用量的期望范围，最大期望值为配方中使用40份白炭黑和3.5份NOP。

2.4 优选试验配方与正常生产配方对比分析

2.4.1 硫化特性和物理性能

优选试验配方和正常生产配方胶料的硫化特性和物理性能如表3所示。

从表3可以看出，与正常生产配方胶料相比，优选试验配方胶料的硫化速率和撕裂强度增大，压缩温升和损耗因子明显降低，其他性能相近。

表3 优选试验配方和正常生产配方胶料的硫化特性和物理性能

项 目	优选试验配方	正常生产配方
硫化仪数据(151 ℃)		
F_L/(dN·m)	1.91	2.64
F_{max}/(dN·m)	18.05	17.26
t_{10}/min	4.44	5.77
t_{50}/min	6.08	8.64
t_{90}/min	11.04	13.91
硫化胶性能(151 ℃×40 min)		
邵尔A型硬度/度	66	66
50%定伸应力/MPa	1.48	1.54
100%定伸应力/MPa	3.13	3.09
300%定伸应力/MPa	16.20	16.07
拉伸强度/MPa	30.1	29.5
拉断伸长率/%	495	527
撕裂强度/(kN·m^{-1})	121	107
压缩温升/℃	10.5	17.0
损耗因子	0.048	0.082

2.4.2 成品性能

2.4.2.1 耐久性能

采用优选试验配方和正常生产配方试制12.00R20混合型花纹轮胎，进行室内耐久性试验，结果如表4所示。

表4 12.00R20混合型花纹轮胎室内耐久性试验结果

项 目	优选试验配方	正常生产配方
累计行驶时间/h	121.58	105.35
试验结束时胎冠温度/℃	83	89
试验结束时轮胎状况	胎间分模线位置周向脱空	胎间分模线位置周向裂口

从表4可以看出，采用优选试验配方试制的12.00R20混合型花纹轮胎，耐久时间延长15.4%，耐久性能提升。

2.4.2.2 滚动阻力系数

采用优选试验配方和正常生产配方试制12R22.5线性花纹轮胎，进行滚动阻力试验，结果如表5所示。

表5 12R22.5线性花纹轮胎滚动阻力系数

N·kN^{-1}

项 目	优选试验配方	正常生产配方
正向	4.819	5.127
反向	4.842	5.215
平均值	4.831	5.171

由表5可见，采用优选试验配方试制的12R22.5线性花纹轮胎的滚动阻力系数降低6.58%。

3　结论

在全钢载重子午线轮胎胎面基部胶配方中采用全白炭黑设计能有效降低胎冠部位的动态生热和滞后损失。成品轮胎的耐久性能提高，滚动阻力下降。在满足性能指标期望值的前提下，优选出白炭黑用量为40份，NOP用量为3.5份。

参考文献：

[1] 武玉斌，王连祥. 沉淀法白炭黑在橡胶产品中的应用[J]. 橡胶工业，2002，49(2)：83-86.
[2] Cochet P. 冬季轮胎胎面用高性能沉淀法白炭黑[J]. 涂学忠译. 轮胎工业，2004，24(9)：35-39.
[3] 龙飞飞，郑涛，刘加强，等.白炭黑比表面积对轮胎胎面胶性能的影响[J].轮胎工业，2018，38(4)：225-228.
[4] 朱玉荪，孙志斌. 沉淀法白炭黑的生产现状和市场发展趋势[J]. 橡胶科技，2008，6(22)：6-8.
[5] 王检，刘力.不同结构白炭黑对绿色轮胎胎面胶性能的影响[J].橡胶工业，2019，66(2)：106-110.

收稿日期：2020-04-28

Application of Silica in Tread Base Compound of Truck and Bus Radial Tire

HU Yuan，MU Chengqian，LI Jianxun，LI Wei，KONG Delu，LIN Jixiang
（Tongli Tire Co.，Ltd，Yanzhou　272000，China）

Abstract：The application of precipitated silica in the tread base compound of truck and bus radial tire was investigated. The results showed that，by using precipitated silica to replace all of the carbon black in the formula of tread base compound，and optimizing the dosage of silica and pyrrolidone，the heat build-up and rolling resistance of tire crown were effectively reduced，and the durability of tire was improved.

Key words：precipitated silica；truck and bus radial tire；tread base compound；heat build-up；rolling resistance；durability

益阳橡机GE5密炼机获欧盟CE认证

日前，由益阳橡胶塑料机械集团有限公司（简称益阳橡机）生产的GE5啮合型密炼机顺利通过世界权威认证机构莱茵公司的CE认证，为提升该公司密炼机系列产品品牌影响力和市场竞争力，进一步拓展国际市场，特别是进入欧盟市场打开了绿色通道。

GE5密炼机是益阳橡机目前E型啮合型密炼机系列中最小规格的密炼机。该密炼机采用啮合型转子设计，能使胶料混炼均匀，温升低，适合炼制各种质量要求较高的胶料和塑料，主要适用于轮胎和橡胶制品企业以及大中专院校的实验室炼胶。

GE5密炼机是益阳橡机继GK190E，GE250，GE420等啮合型密炼机之后出口欧洲的第6台密炼机。在顺利通过欧洲客户的现场试车验收后，为获得欧盟市场的CE认证，益阳橡机为该机在机械传动、液压管路、电气等方面设计了专门的安全防护措施和吊装、接地等安全指示，通过第三方认证机构多次现场检查审核，最终完全符合欧盟CE认证的安全标准，获得欧盟的CE认证。

目前，益阳橡机已为用户提供最小规格GE5至最大规格GE1000T啮合型密炼机等数十种机型。为更好地满足橡胶工业的发展，益阳橡机积极与国内外大型轮胎和橡胶制品企业深入合作，在成功研制出GE320/590T串联式密炼机后，又相继开发了90E/180T，135E/260T，420E/800T，580E/1000T等多种规格串联式密炼机，受到国内外客户的青睐。

公司现已累计为橡胶轮胎客户提供了40多套串联式密炼机炼胶装备，更好地满足了轮胎、工程橡胶制品、航空航天橡胶制品、电线电缆、输送带等诸多橡胶产品领域的要求。

（摘自《中国化工报》，2020-06-10）