

钕系顺丁橡胶在全钢载重子午线轮胎胎面胶中的应用

牟成乾, 胡源, 许俊龙, 卞延超, 任慧, 林纪祥

(通力轮胎有限公司, 山东 兖州 272000)

摘要:研究钕系顺丁橡胶(NdBR)在全钢载重子午线轮胎胎面胶中的应用。结果表明:通过配方优化,即NdBR用量不超过40份,同时添加适量白炭黑,轮胎具有较大的磨耗里程和较好的路况适应性;当NdBR用量为40份时,配合炭黑用量为42~49份、白炭黑用量为10~15份,随着炭黑或白炭黑用量的增大,胶料的硬度增大,当硬度大于68度时,轮胎的路况适应性下降,且胎面存在啃伤、掉块的风险。

关键词:钕系顺丁橡胶;全钢载重子午线轮胎;胎面胶;配方优化;磨耗里程;路况适应性

中图分类号:TQ333.2;U463.341⁺.3/.6

文献标志码:A

文章编号:1006-8171(2020)08-0474-05

DOI:10.12135/j.issn.1006-8171.2020.08.0474



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

近年来,物流市场对无内胎载重轮胎的需求量不断增大,因此无内胎轮胎的耐磨性能成为用户和轮胎工程技术人员关注的重点^[1-2]。单独提高轮胎的耐磨性能不存在技术壁垒,但同时提高轮胎的路况适应性(抗撕裂性能、耐老化性能和抗胎面掉块等)较难^[3]。

本工作研究钕系顺丁橡胶(NdBR)在全钢载重子午线轮胎胎面胶中的应用,以期提高轮胎的耐磨性能和路况适应性。

1 实验

1.1 主要原材料

NR, SMR20, 马来西亚产品;NdBR, 牌号CB22, 荷兰阿朗新科公司产品;炭黑N234, 上海卡博特化工有限公司产品;白炭黑175MP, 福建三明正元化工有限公司产品;硅烷偶联剂HP-699, 江西宏柏新材料股份有限公司产品;硬脂酸, 泰柯棕化(张家港)有限公司产品;微晶蜡、促进剂TBBS、防老剂4020和RD, 山东尚舜化工有限公司产品;高活性高比表面积氧化锌R80P, 美国洛克伍德公司产品;分散剂FS-200, 武汉径河化工有限公司

产品;增塑剂40MSFL-55C, 美国Flow Polymers公司产品;精制硫黄, 山东临沂湖滨化工有限公司产品;防焦剂CTP, 山东阳谷华泰化工股份有限公司产品。

1.2 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, 中国台湾高铁检测仪器有限公司产品。

1.3 混炼工艺

(1)小配合试验。胶料在X(S)M-1.5型智能密炼机中分两段进行混炼,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、白炭黑和部分小料→压压砣50 s→剩余小料→压压砣至135℃→提压砣保持30 s→压压砣至155℃→排胶;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→提压砣保持5 s→压压砣至105℃→排胶。

(2)大配合试验。胶料一、二段混炼均在

作者简介:牟成乾(1984—),男,四川宜宾人,通力轮胎有限公司工程师,本科,主要从事轮胎材料配方技术研究管理工作。

E-mail:chengqian.mu@hixih.com.cn

GK400N型密炼机中进行,一段混炼转子转速为 $50\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$,混炼工艺为:塑炼胶、炭黑、白炭黑和部分小料→压压砣 35 s →提压砣并将转子转速调至 $35\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ →压压砣至 $155\text{ }^{\circ}\text{C}$ →排胶;二段混炼转子转速为 $35\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$,对一段混炼胶进行返炼,排胶温度为 $140\text{ }^{\circ}\text{C}$;三段混炼在GK255N型密炼机中进行,转子转速为 $20\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$,混炼工艺为:二段混炼胶、硫黄、促进剂和防焦剂→反复提压砣至 $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ →排胶。

1.4 测试分析

1.4.1 硫化特性

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,硫化温度为 $151\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

1.4.2 物理性能

邵尔A型硬度和拉伸性能分别按照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》进行测试,采用 4 mm 试样,硫化条件为 $151\text{ }^{\circ}\text{C}\times 40\text{ min}$ 。

1.4.3 DIN磨耗量

DIN磨耗量按照GB/T 9867—2008《硫化橡胶或热塑性橡胶耐磨性能的测定(旋转辊筒式磨耗机法)》进行测试。

1.4.4 RPA分析

RPA分析时,先将试验条件设置为频率 1.67

Hz,应变 7% ,温度 $151\text{ }^{\circ}\text{C}$,达到条件后稳定 5 min ;再将试样放入模腔硫化 60 min ;后将温度降至 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$,按照频率 10 Hz ,应变 7% 的条件进行测试分析。

2 结果与讨论

2.1 NdBR/NR并用比的选择

不同NdBR/NR并用比胶料配方见表1。

表1 不同NdBR/NR并用比胶料配方 份							
组 分	配方编号						
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]	7 [#]
Nd-BR	0	10	20	30	40	50	60
NR	100	90	80	70	60	50	40

注:配方其他组分和用量为炭黑N234 48,氧化锌R80P 4.5,硬脂酸 2.4,增塑剂40MSFL-55C 2,分散剂FS-200 2,微晶蜡 1.5,防老剂4020 2,防老剂RD 1,硫黄 1.5,促进剂TBBS 1.3。

不同NdBR/NR并用比硫化胶的物理性能如表2所示。

从表2可以看出:随着NdBR用量增大,硫化胶的拉伸强度、撕裂强度和DIN磨耗量减小;根据期望值筛选,5[#]配方(即NdBR/NR并用比为40/60)符合优化要求。

2.2 补强体系的选择

不同补强体系胶料配方见表3。

不同补强体系硫化胶的物理性能如表4所示,其中 $\tan\delta$ 为损耗因子。

根据表3和4中的数据,建立自变量与因变量

表2 不同NdBR/NR并用比硫化胶的物理性能

项 目	配方编号							期望值
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]	7 [#]	
拉伸强度/MPa	29.4	28.5	26.8	25.3	24.6	22.3	19.7	≥ 23.0
拉断伸长率/%	520	525	507	509	510	496	472	$470\sim 540$
撕裂强度/($\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$)	110	102	99	97	96	92	81	≥ 90
DIN磨耗量/ mm^3	115	105	80	55	48	45	44	≤ 80

表3 不同补强体系胶料配方 份

组 分	配方编号							
	8 [#]	9 [#]	10 [#]	11 [#]	12 [#]	13 [#]	14 [#]	15 [#]
炭黑N234	55	55	50	40	55	50	45	40
白炭黑175MP	0	10	15	15	0	0	15	15
偶联剂HP-699	0	0	3	3	3	3	3	0

注:配方其他组分和用量为NdBR 40,NR 60,氧化锌R80P 4.5,硬脂酸 2.4,增塑剂40MSFL-55C 2,分散剂FS-200 2,微晶蜡 1.5,防老剂4020 2,防老剂RD 1,硫黄 1.5,促进剂TBBS 1.3。

表4 不同补强体系硫化胶的物理性能

项 目	配方编号								期望值
	8 [#]	9 [#]	10 [#]	11 [#]	12 [#]	13 [#]	14 [#]	15 [#]	
邵尔A型硬度/度	70	75	73	68	71	68	70	67	68~72
拉伸强度/MPa	22.9	24.1	25.50	25.8	23.6	24.5	26.2	24.2	≥25.0
拉断伸长率/%	460	420	458	521	456	487	512	524	460~540
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	99	102	103	108	97	100	103	101	≥100
DIN磨耗量/mm ³	59	62	58	52	59	53	55	56	≤60
tanδ	0.195	0.200	0.191	0.142	0.201	0.183	0.159	0.167	≤0.175

之间的关联,按照最小二乘法进行预测值和试验值拟合, P 值均小于0.05[P 值指在一个概率模型中,统计摘要(如两组样本均值差)与实际观测数据相同,或甚至更大这一事件发生的概率, $P\leq 0.05$ 可以定为拟合程度优],结果如图1—6所示。

根据试验值与预测值的拟合曲线绘制自变量(白炭黑175MP和炭黑N234用量)与因变量(胶料性能)等高线(见图7),线条阴影部分为白炭黑175MP和炭黑N234用量的期望值范围,其中白炭黑175MP用量为10.6~15份,炭黑N234用量为42~49.3份,

偶联剂HP-699用量为白炭黑用量的20%。

图7中标记的期望值区间4个方向白炭黑175MP和炭黑N234的极值用量及通过等高线预测的物理性能如表5所示。

从表5可以看出,①和④标记点白炭黑用量均为15份,且硫化胶综合性能较优,故选取①和④标记点作为路试胶料配方进行对比分析。

2.3 路试分析

路试胶料配方如表6所示。

根据表6配方进行大配合试验,得到胎面胶的

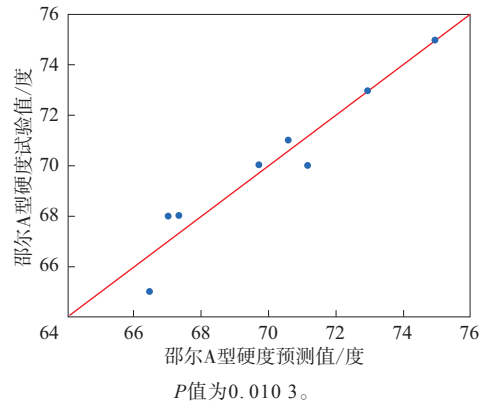


图1 邵尔A型硬度拟合曲线

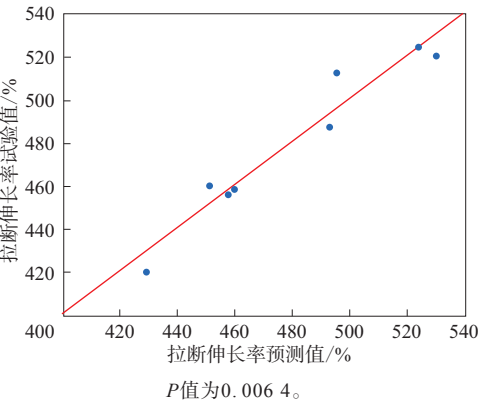


图3 拉断伸长率拟合曲线

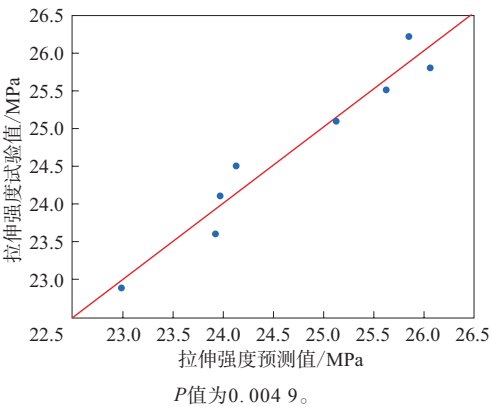


图2 拉伸强度拟合曲线

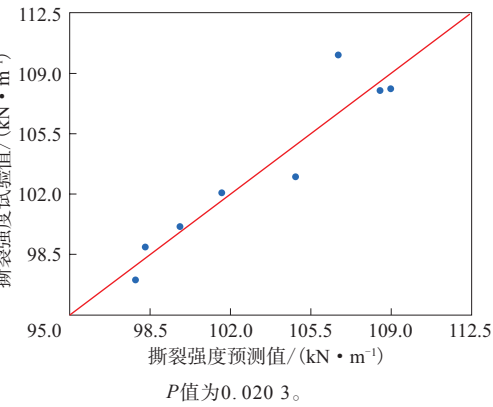


图4 撕裂强度拟合曲线

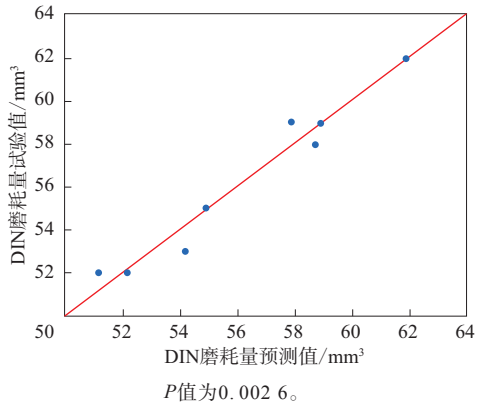


图5 DIN磨耗量拟合曲线

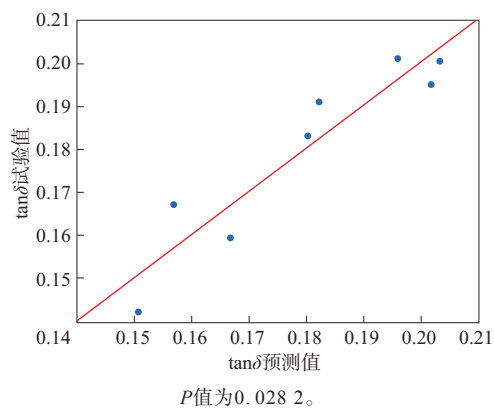


图6 tanδ拟合曲线

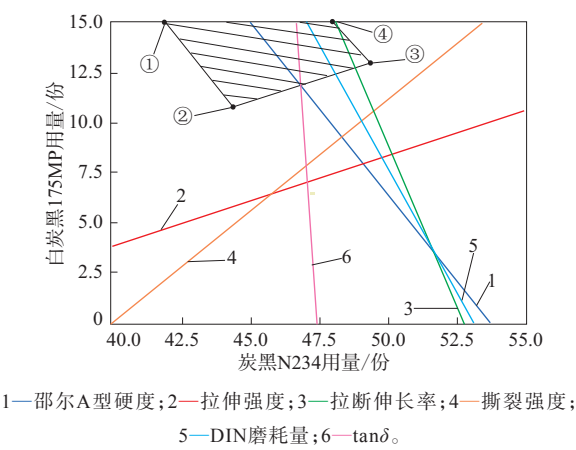


图7 白炭黑175MP和炭黑N234用量与胶料性能的等高线

物理性能,如表7所示。

由表7可知,胎面胶的拉断伸长率比预测值小,撕裂强度和DIN磨耗量比预测值大。

采用表6配方胎面胶试制12R22.5轮胎(花纹

表5 4个标记点对应白炭黑175MP和炭黑N234的用量及等高线预测的物理性能

项 目	标记点			
	①	②	③	④
炭黑N234用量/份	42.0	44.5	49.3	48.0
白炭黑175MP用量/份	15.0	10.6	12.8	15.0
物理性能				
邵尔A型硬度/度	68	68	72	72
拉伸强度/MPa	25.5	25.0	25.0	25.3
拉断伸长率/%	513	504	467	470
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	108	105	104	105
DIN磨耗量/mm ³	53	53	58	58
tanδ	0.160	0.167	0.183	0.179

表6 路试胶料配方 份

组 分	配方编号	
	16 [#]	17 [#]
炭黑N234	42	48
白炭黑175MP	15	15
偶联剂HP-699	8.4	9.6

注:同表3。

表7 路试胎面胶的物理性能

项 目	配方编号	
	16 [#]	17 [#]
邵尔A型硬度/度	68	73
拉伸强度/MPa	27.3	26.2
拉断伸长率/%	503	465
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	112	108
DIN磨耗量/mm ³	55	61
tanδ	0.157	0.181

深度为18 mm,如图8所示),并进行道路试验,试验条件为:车型 1F+2D+3T拖挂车(如图9所示),单程运距 200 km,车货总质量 ≤49 t、行驶路况 70%高速+30%国道。16[#]配方轮胎安装于左侧轮位(即图9中轮位3,4,7,8,11,12,15,16,19和20),17[#]配方轮胎安装于右侧轮位(即图9中轮位5,6,9,10,13,14,17,18,21和22)。

车辆行驶超过15万km后对轮胎磨损情况进行评价,结果如表8和图10所示。



图8 12R22.5轮胎花纹示意

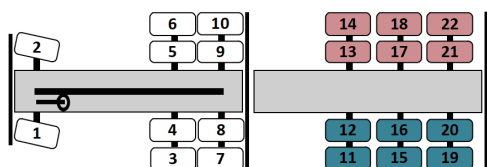


图9 路试车型示意

表8 路试结果

项 目	配方编号	
	16 [#]	17 [#]
行驶里程/km	186 503	186 503
原始花纹深度/mm	18.0	18.0
平均剩余花纹深度/mm	11.4	11.1
磨损花纹深度/mm	6.6	6.9
单位磨损深度行驶里程/(km·mm ⁻¹)	28 258	27 029

由表8可知,16[#]配方轮胎单位磨损深度行驶里程较17[#]配方轮胎大4.5%,由于花纹测量按平均值计算,故磨损里程数相差5%以内可视为水平相当。从图10可以看出,17[#]配方轮胎胎面有啃伤、掉块现象。

3 结论

NdBR在全钢载重子午线轮胎胎面胶中应用时,通过配方优化,即NdBR用量不超过40份,同时添加适量白炭黑,轮胎具有较大的磨损里程和较好的路况适应性;当NdBR用量为40份时,配合炭黑用量为42~49份、白炭黑用量为10~15份,随着炭黑或白炭黑用量的增大,胶料的硬度增大,当硬度大于68度时,轮胎的路况适应性下降,且胎面存

(a) 16[#]配方(b) 17[#]配方

图10 路试轮胎胎面磨损情况在啃伤、掉块的风险。

参考文献:

- [1] 付平,赵晓鹏,宿晓峰,等. 无内胎载重子午线轮胎的结构设计及仿真评价[J]. 轮胎工业,2018,38(7):401-405.
- [2] 范宁宁. 325/95R24 22PR无内胎全钢载重子午线轮胎的设计[J]. 橡胶科技,2019,17(4):211-213.
- [3] 赵天琪,周志峰,张志强. 高门尼粘度钕系顺丁橡胶/溶聚丁苯橡胶胎面胶的性能研究[J]. 橡胶工业,2019,66(11):830-834.

收稿日期:2020-04-16

Application of NdBR in Tread Compound of Truck and Bus Radial Tire

MU Chengqian, HU Yuan, XU Junlong, BIAN Yanchao, REN Hui, LIN Jixiang

(Tongli Tire Co., Ltd, Yanzhou 272000, China)

Abstract: The application of neodymium butadiene rubber (NdBR) in the tread compound of truck and bus radial tire was studied. The results showed that, when the dosage of NdBR did not exceed 40 phr, and appropriate dosage of silica was added, the tire had a great wear mileage and excellent road adaptability. When the dosage of NdBR was 40 phr, the appropriate dosage of carbon black was 42 to 49 phr, and the appropriate dosage of silica was 10 to 15 phr. As the dosage of carbon black or silica increased, the hardness of the compound increased. If the hardness was higher than 68, the road adaptability of the tire decreased, and there was a risk of cutting or cracking on the tread.

Key words: NdBR; truck and bus radial tire; tread compound; formula optimization; wear mileage; road adaptability