

低滚动阻力全钢载重子午线轮胎胎面胶配方的研究

刘恒武^{1,2}, 崔永岩¹

(1. 天津科技大学 材料科学与化学工程学院, 天津 300222; 2. 银川佳通轮胎有限公司, 宁夏 银川 750011)

摘要:研究低滚动阻力全钢载重子午线轮胎胎面胶的配方。结果表明:在胎面胶中采用顺丁橡胶和炭黑 N234,并适当增大白炭黑用量,硫化胶的物理性能满足使用要求,60 ℃时的损耗因子明显减小,耐磨性能提高;成品轮胎的耐久性能和速度性能均达到企业标准要求,滚动阻力降低。

关键词:全钢载重子午线轮胎;胎面胶;滚动阻力

中图分类号:U463.341⁺.3/.6 **文献标志码:**B **文章编号:**1006-8171(2013)11-0673-04

随着人们对环境保护的深入认识,现已开始通过立法对相关生产活动和产品要求进行规范和约束。轮胎在汽车行驶过程中的滚动阻力直接影响汽车的燃油经济性。欧洲汽车制造商已在轮胎性能技术规范中包括了对滚动阻力的要求。欧盟明确发布法规 EC 661/2009,规定汽车轮胎滚动阻力系数的限制要求分两个阶段实施:第 1 阶段 C3 类轮胎(负荷指数不大于 121 且速度级别不大于 M 的轻型载重轮胎和负荷指数大于 121 的载重轮胎)的滚动阻力系数不大于 $8.0\text{ N}\cdot\text{kN}^{-1}$,实施日期为 2012 年 11 月 1 日;第 2 阶段 C3 类轮胎的滚动阻力系数不大于 $6.5\text{ N}\cdot\text{kN}^{-1}$,实施日期为 2016 年 11 月 1 日。

轮胎的滚动阻力与其花纹形式、质量、结构设计、配方设计以及所用材料等有关。单对配方来说,混炼胶在 60 ℃时的损耗因子($\tan\delta$)与其滚动阻力性能相关性较大,可直接用其值表征滚动阻力。我公司通过对全钢载重子午线轮胎胎面胶配方进行优化,开发出达到欧盟标准的低滚动阻力轮胎。现将试验有关情况介绍如下。

1 实验

1.1 主要原材料

天然橡胶(NR),SMR20[#],马来西亚产品;顺丁橡胶(BR),牌号 9000,中国石化北京燕山分公

司产品;炭黑 N115,新疆塔里木炭黑有限责任公司产品;炭黑 N234,河北龙星炭黑有限公司产品;炭黑 N375,乌海黑猫炭黑有限责任公司产品;白炭黑,牌号 Z195GR,山西同德化工股份有限公司产品;氧化锌,山东海化金钟锌业有限公司产品。

1.2 配方

试验配方和生产配方如表 1 所示。

表 1 试验配方和生产配方					份
组 分	试验配方				生产配方
	A	B	C	D	
NR	90	80	85	85	100
BR	10	20	15	15	0
炭黑 N115	0	0	0	0	45
炭黑 N234	20	25	33	25	0
炭黑 N375	25	30	0	10	0
白炭黑	20	20	18	15	10
氧化锌	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
硬脂酸	2	2	2	2	2
硅烷偶联剂 X50-S	4	4	4	3	2
防老剂(4020、TMQ 和防护蜡)	4.5	4.5	4.8	4.8	4.5
硫黄	1.3	1.2	1.3	1.1	1.1
促进剂 NS	1.5	1.3	1.2	1.5	1.2
其他	3.5	3	4	2	4.5

1.3 主要设备和仪器

GK410N 型和 1.45 L 密炼机,德国克虏伯公司产品;SY270 型密炼机,上海精元机械有限公司产品;E2000T 型拉力机、MDR2000 型硫化仪和 RPA2000 型橡胶加工分析仪(RPA),美国阿尔法科技有限公司产品;EPLEXOR500N 型动态热力学粘弹谱分析仪(DMTA),德国 GABO 公司产品;

作者简介:刘恒武(1977—),男,宁夏中宁人,银川佳通轮胎有限公司高级工程师,天津科技大学在读硕士研究生,主要从事轮胎配方设计和工艺管理工作。

EKTRON 门尼粘度仪,中国台湾晔中公司产品。

1.4 试样制备

小配合试验胶料采用 1.45 L 密炼机混炼,初始转子转速为 $70\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$,压砣压力为 2.0 MPa,混炼工艺为:生胶 $\xrightarrow{20\text{ s}}$ 炭黑和白炭黑 $\xrightarrow{30\text{ s}}$ 氧化锌、硬脂酸、防老剂和其他加工助剂 $\xrightarrow{60\text{ s}}$ 转子转速降为 $20\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 并提压砣,至温度降为 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时加入硫黄、促进剂 $\xrightarrow{40\text{ s 或 }105\text{ }^{\circ}\text{C}}$ 排胶。

大配合试验胶料采用三段混炼工艺进行混炼,一段和二段混炼均在 GK410N 型密炼机中进行,转子转速为 $50\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$,压砣压力为 15 MPa。一段混炼工艺为:生胶、氧化锌、硅烷偶联剂和其他加工助剂 $\xrightarrow{15\text{ s}}$ 白炭黑、2/3炭

黑 $\rightarrow$ 压压砣 $\xrightarrow{50\text{ s}}$ 提压砣 $\xrightarrow{10\text{ s}}$ 压压砣 $\xrightarrow{80\text{ s 或 }155\text{ }^{\circ}\text{C}}$ 排胶;二段混炼工艺为:一段混炼胶、防老剂、剩余炭黑 $\rightarrow$ 压压砣 $\xrightarrow{30\text{ s}}$ 提压砣 $\xrightarrow{10\text{ s}}$ 压压砣 $\xrightarrow{70\text{ s 或 }155\text{ }^{\circ}\text{C}}$ 排胶;三段混炼在 SY270 型密炼机中进行,转子转速为 $25\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$,压砣压力为 11 MPa,混炼工艺为:二段混炼胶、硫黄和促进剂 $\rightarrow$ 压压砣 $\xrightarrow{30\text{ s}}$ 提压砣 $\xrightarrow{10\text{ s}}$ 压压砣 $\xrightarrow{60\text{ s 或 }105\text{ }^{\circ}\text{C}}$ 排胶。

1.5 性能测试

各项性能均按相应的国家或企业标准测试。

2 结果与讨论

2.1 小配合试验

小配合试验结果如表 2 所示。

表 2 小配合试验结果

项 目	试验配方												生产配方						
	A				B				C							D			
门尼粘度[ML(1+4)100 ℃]	103.0				107.4				93.0				97.4				83.2		
门尼焦烧时间 t_5 (127 ℃)/min	9.87				6.75				15.82				13.90				16.65		
硫化仪数据(151 ℃)																			
M_L /(dN·m)	2.38				2.45				1.76				2.13				1.54		
M_H /(dN·m)	19.69				25.57				17.24				18.41				18.14		
t_{30} /min	3.61				2.46				5.61				5.02				3.92		
t_{60} /min	5.35				4.60				7.17				6.55				4.92		
t_{95} /min	11.16				10.63				12.90				11.37				9.17		
硫化时间(151 ℃)/min	20	30	40	20	30	40	20	30	40	20	30	40	20	30	40				
密度/(Mg·m ⁻³)	1.154				1.176				1.123				1.116				1.120		
邵尔 A 型硬度/度	65	65	64	70	71	71	61	63	63	63	62	64	63	64	63				
50%定伸应力/MPa	1.5	1.5	1.5	2.1	2.2	2.2	1.2	1.4	1.3	1.4	1.3	1.4	1.3	1.3	1.3				
100%定伸应力/MPa	2.6	2.7	2.6	3.6	3.7	3.7	2.0	2.3	2.1	2.3	2.3	2.4	2.1	2.2	2.1				
300%定伸应力/MPa	12.1	12.1	11.8	14.5	14.9	15.0	10.1	11.2	10.6	11.1	11.3	11.7	10.7	11.4	10.8				
拉伸强度/MPa	19.1	17.4	16.6	17.6	16.7	16.3	28.6	28.5	27.5	27.9	27.8	27.6	29.4	30.1	28.3				
拉断伸长率/%	439	406	406	354	321	318	634	616	608	582	577	568	614	636	600				
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	89				84				103				106				127		
回弹值/%	44				39				50				51				46		
阿克隆磨耗量/cm ³	0.296				0.173				0.146				0.139				0.317		
tanδ(60 ℃)																			
RPA 测试 ¹⁾	0.184				0.207				0.154				0.163				0.206		
DMTA 测试 ¹⁾	0.217				0.238				0.169				0.176				0.218		
100 ℃×48 h 老化后																			
邵尔 A 型硬度/度	68				75				65				66				67		
50%定伸应力/MPa	1.9				2.2				1.5				1.9				1.6		
100%定伸应力/MPa	3.4				4.1				3.0				3.4				3.0		
300%定伸应力/MPa	15.4				16.1				13.7				15.1				14.2		
拉伸强度/MPa	16.6				16.3				25.5				26.3				25.0		
拉断伸长率/%	340				301				508				491				492		
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	51				42				55				61				62		
回弹值/%	45				41				56				56				51		
阿克隆磨耗量/cm ³	0.391				0.211				0.332				0.301				0.401		

注:1)应变 5%;频率 10 Hz。

从表 2 可以看出,与生产配方相比,试验配方 C 硫化胶 60 ℃时的 $\tan\delta$ 值下降了 20% 以上,同时硬度和弹性综合表现良好,撕裂强度稍低。试验配方在恶劣路面使用时会有不良反应,但在高等级路面使用时该缺点表现不会太明显。根据所使用轮胎对应规格和花纹规划,后续试验均采用试验配方 C 进行。

2.2 大配合试验

大配合试验结果如表 3 所示。

从表 3 可以看出,与生产配方相比,试验配方硫化胶的硬度、定伸应力和拉伸强度等主要物理性能没有太大差异,耐磨性能有所提高,60 ℃时

表 3 大配合试验结果

项 目	试验配方			生产配方		
门尼粘度[ML(1+4)100 ℃]	77.4			70.1		
门尼焦烧时间 t_5 (127 ℃)/min	18.71			18.30		
硫化仪数据(151 ℃)						
M_L /(dN·m)	2.45			2.12		
M_H /(dN·m)	16.73			17.31		
t_{30} /min	6.33			6.21		
t_{60} /min	7.52			7.47		
t_{95} /min	12.07			12.23		
硫化时间(151 ℃)/min	20	30	40	20	30	40
密度/(Mg·m ⁻³)	1.110			1.124		
邵尔 A 型硬度/度	62	62	61	62	63	62
50%定伸应力/MPa	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
100%定伸应力/MPa	1.9	2.0	2.0	2.1	2.2	2.1
300%定伸应力/MPa	10.1	10.7	10.7	11.4	11.8	11.2
拉伸强度/MPa	27.0	26.2	26.5	27.7	27.2	26.7
拉断伸长率/%	574	566	559	580	561	568
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	98			115		
回弹值/%	56			46		
阿克隆磨耗量/cm ³	0.194			0.316		
tanδ(60 ℃)						
RPA 测试 ¹⁾	0.156			0.201		
DMTA 测试 ¹⁾	0.167			0.214		
100 ℃×48 h 老化后						
邵尔 A 型硬度/度	64			66		
50%定伸应力/MPa	1.6			1.7		
100%定伸应力/MPa	2.9			3.1		
300%定伸应力/MPa	14.8			15.6		
拉伸强度/MPa	24.8			25.4		
拉断伸长率/%	462			482		
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	55			69		
回弹值/%	57			48		
阿克隆磨耗量/cm ³	0.247			0.398		

注:同表 2。

的 $\tan\delta$ 值保持了下降 20% 的优势,达到了设计目的。

2.3 成品试验

采用试验配方胶料生产 315/70R22.5 18PR 全钢载重子午线轮胎。成品轮胎的耐久性能和速度性能按企业标准进行测试,试验条件和结果见表 4~6。

表 4 成品轮胎的耐久性试验条件

项 目	试验阶段									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
负荷率/%	65	85	100	0	110	120	130	140	150	160
速度/(km·h ⁻¹)	70	70	70	0	70	70	70	70	70	70
时间/h	7	16	24	0.25	10	10	10	10	10	10

注:充气压力 900 kPa;额定负荷 3 750 kg。

表 5 成品轮胎的速度性能试验条件

项 目	试验阶段									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
负荷率/%	90	90	0	90	90	90	90	90	90	90
速度/(km·h ⁻¹)	60	80	0	80	90	100	110	120	130	140
时间/h	2	5	2	2	2	2	2	2	2	4

注:同表 4。

表 6 成品性能测试结果

项 目	试验轮胎	生产轮胎
耐久性试验		
累计行驶时间/h	97.12	96.57
试验结束时轮胎损坏形式	胎圈裂口	胎圈脱层
速度性能试验		
最高行驶速度/(km·h ⁻¹)	130	120
行驶时间/min	53	87
试验结束时轮胎损坏形式	胎肩脱层	胎肩脱层

从表 6 可以看出,试验轮胎和生产轮胎的耐久性能和速度性能基本相当,且均达到了企业标准要求。

成品轮胎的滚动阻力按 ISO 28580:2009《乘用车、卡车和公共汽车轮胎 滚动阻力测量方法 单点试验和测量结果的相关性》进行测试。试验轮胎和生产轮胎的滚动阻力系数分别为 6.4 和 7.7 N·kN⁻¹,均达到了欧盟 2012 年要求,试验轮胎的滚动阻力系数达到了欧盟 2016 年要求。

将试验轮胎在长途高速客车上进行路试,跟踪行驶里程 13 万 km,其耐磨性能与生产轮胎相

差不多,同时也达到了同类优等产品水平。

3 结论

在全钢载重子午线轮胎胎面胶配方中,通过采用 BR 和炭黑 N234,并适当增大白炭黑用量

等,硫化胶的物理性能满足使用要求,60℃时的 $\tan\delta$ 值明显减小,成品性能达到企业标准要求,滚动阻力系数达到欧盟法规要求。企业因此保证了出口市场稳定,经济效益和社会效益显著。

收稿日期:2013-05-11

Study on Tread Compound Formulation of Low Rolling Resistance Truck and Bus Radial Tire

LIU Heng-wu^{1,2}, CUI Yong-yan¹

(1. Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300222, China; 2. Yinchuan Grand Tour Tire Co., Ltd, Yinchuan 750011, China)

Abstract: The tread compound formulation of low rolling resistance truck and bus radial tire was investigated. The results showed that, by using butadiene rubber and carbon black N234, and increasing the additional level of silica properly in the tread compound, the physical properties of the vulcanizates met the application requirements, the loss factor at 60℃ decreased significantly, and the wear resistance was improved. The endurance and speed performance of finished tire met the requirements of enterprise standards, and the rolling resistance decreased.

Key words: truck and bus radial tire; tread compound; rolling resistance

固铂商业新发现者轻型载重轮胎

中图分类号:U463.341 文献标志码:D

美国《现代轮胎经销商》(www.moderntire-dealer.com)2013年8月27日报道:

发现者 HT3 轮胎设有连续胎肩花纹,可提供较强的抗不规则磨损性能和安静的驾乘体验。发现者 HT3 轮胎如图 1 所示。

固铂轮胎和橡胶公司正在扩大其包括发现者

HT3 轮胎在内的高端产品系列,发现者 HT3 是专为高端商业性能和全季节公路牵引性设计的轻型载重轮胎。

固铂称,现已在全国经销商发售的发现者 HT3 轮胎旨在抵御异常磨损,并使其成为企业主最可靠的轮胎之一。

固铂轮胎产品管理总监 Scott Jamieson 称:“固铂非常高兴可以通过推出商业轻型载重轮胎来继承强大的发现者传统。”

“发现者 HT3 轮胎可满足劳动密集型企业主的需求并提供了约覆盖 96% 的主流轻型载重市场的智能轮胎规格。”

固铂发现者 HT3 轮胎的先进技术包括白炭黑胎面胶配方和三维细小的深刀槽花纹,可提高全季节公路性能。

耐用的 HT3 轮胎的性能有益于恶劣城市路况的需要,拥有 R 和 S 级轮辋直径在 15~18 英寸范围内的 17 个规格。



图 1 发现者 HT3 轮胎

(孙斯文摘译 田军涛校)