

全钢载重子午线轮胎胎冠胶配方优化

丛守清,马小刚,孙 涛,孙学杰
(山东玲珑橡胶有限公司,山东 招远 265400)

摘要:应用组合回归设计方法对全钢载重子午线轮胎胎面胶配方进行优化设计。经试验得到试验因素的最佳配比(份)为:NR/SBR/BR 80/8.5/11.5,硫黄 1.575,白炭黑 11.8。胎面胶配方优化后制成成品的耐久性能达到 59.2 h,速度性能达到 140 km·h⁻¹。

关键词:全钢载重子午线轮胎;胎冠胶;组合回归设计

中图分类号:TQ336.1⁺1;U463.341⁺.6 **文献标识码:**B **文章编号:**1006-8171(2004)11-0693-03

胎面是轮胎承受外部应力最苛刻的部位^[1],因此需要具有优异的耐磨、耐切割、耐撕裂、抗湿滑性以及低生热和耐老化性能等^[2]。其中,胶料的生热性、抗湿滑性和耐磨性能被称为轮胎的三大行驶性能,它们之间既相互联系又相互制约。对全钢载重子午线轮胎来说,胎面胶的生热、抗湿滑性和耐磨性尤为重要。在以往的配方设计中通常采用正交设计法,虽然方便,但由于没有采用回归分析,数据达不到要求,不能很好地适应配方设计发展的需要。组合回归设计一方面利用了正交试验法的“正交性”,即均衡搭配和综合可比性原理,有计划地在正交表上安排次数较少的试验;另一方面又利用回归分析中最小二乘法原理,将正交法和回归分析的优点有机地结合起来,通过试验数据分析,可得出较为精确的结果^[3]。

本工作在全钢载重子午线轮胎胎面胶配方设计中应用组合回归设计,以生胶、硫黄和白炭黑用量为研究对象,对胎面胶的生热和耐磨性的相关性进行了研究,建立了胎面胶生热性和耐磨性的数学模型,以通过优化配方设计来提高产品性能。

1 实验

1.1 主要原材料

NR,牌号 SMR20,马来西亚产品;BR(牌号 9000)和 SBR(牌号 1500),中国石化齐鲁石化股份有限公司橡胶厂产品;硫黄,山西长治化工有限公司

公司产品;促进剂 NS,山东单县化工厂产品;防老剂 4020,美国 FLEXXSYS 公司产品;氧化锌,辽宁省葫芦岛锌厂产品;硬脂酸,江苏中鼎化工有限公司产品;炭黑 N234,招远玲珑炭黑有限公司和上海卡博特化工公司产品;白炭黑,青岛罗地亚化学有限公司产品;碳氢树脂混合物,美国 STRUKTOL 公司产品。

1.2 仪器与设备

XK-160 型开炼机,上海橡胶机械厂产品;XLR-25T 型平板硫化机,青岛第三橡胶机械厂产品;Z010 型电子拉力试验机,德国 Zwick 公司产品;WML-76 型磨耗试验机,江苏江都试验机械厂产品;电光分析天平,上海天平仪器厂产品;定负荷压缩生热试验机,北京橡胶工业研究设计院机电技术开发有限公司产品;轮胎耐久性试验机,天津久荣有限公司产品。

1.3 试验配方

生胶 100,硫黄 变量,白炭黑 变量,氧化锌 5,硬脂酸 2,促进剂 NS 1.3,防老剂 4020 2,防老剂 RD 1,微晶蜡 2,炭黑 N234 45,均匀剂 40MSF 2,其它 3。

2 结果与讨论

2.1 试验安排

试验因素($P=3$)为 NR/SBR/BR、硫黄和白炭黑。

试验次数: $N=2^P+2P+1=2^3+2\times 3+1=15$,三因素二次回归设计试验点 x_i 取值范围为

作者简介:丛守清(1970-),男,山东招远人,山东玲珑橡胶有限公司工程师,学士,主要从事全钢子午线轮胎的配方设计工作。

-1.215~+1.215。试验因素的水平取值见表1,试验安排见表2。

2.2 性能测试

各试验硫化胶性能测试结果如表3所示。

拉伸强度等物理量的回归因数和F检验结果如表4所示。由表4可以看出,这些物理量在

表2 试验安排

试验编号	x_1	x_2	x_3
1	1	1	1
2	1	1	-1
3	1	-1	1
4	1	-1	-1
5	-1	1	1
6	-1	1	-1
7	-1	-1	1
8	-1	-1	-1
9	1.215	0	0
10	-1.215	0	0
11	0	1.215	0
12	0	-1.215	0
13	0	0	1.215
14	0	0	-1.215
15	0	0	0

表1 各试验因素的取值

x_i	NR/SBR/BR	硫黄	白炭黑
1.215	80/6/14	2.1	16
1	80/5/15	2	15
0	80/10/10	1.6	10
-1	80/15/5	1.2	5
-1.215	80/14/6	1.1	4

表3 硫化胶性能测试结果

试验编号	300%定伸应力/MPa	拉伸强度/MPa	拉断伸长率/%	撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	阿克隆磨耗量/cm ³	压缩生热 ¹⁾ /℃
1	13.9	23.2	423	72.4	0.11	62
2	12.1	22.9	431	64.3	0.15	50
3	10.8	19.8	535	64.8	0.29	52
4	9.2	19.0	554	54.6	0.34	47
5	13.0	22.8	441	109.6	0.24	70
6	12.4	22.1	451	87.6	0.28	59
7	9.7	17.9	525	104.3	0.41	60
8	10.0	18.6	533	85.3	0.36	48
9	12.1	21.8	430	68.9	0.13	50
10	12.6	22.0	447	91.6	0.32	60
11	12.7	22.2	419	92.6	0.15	61
12	9.0	18.2	521	77.5	0.46	49
13	10.2	20.4	485	96.8	0.21	62
14	10.1	21.3	475	81.4	0.22	48
15	11.5	21.9	443	95.2	0.16	55

注:1)冲程 4.55 mm,时间 25 min,温度 55℃,预加负荷 1 MPa。硫化条件为 151℃×30 min。

不同程度上显著。由此得到各性能参数的回归方程如下。

(1)拉伸强度

$$y = 20.83 + 3.26x_1 + 20.56x_2 + 0.01x_3 - 1.10x_1x_2 + 1.10x_1x_3 + 0.90x_2x_3 + 1.66x_1^2 - 3.36x_2^2 - 1.44x_3^2$$

(2)撕裂强度

$$y = 83.07 - 158.28x_1 + 42.26x_2 + 78.01x_3 + 9.70x_1x_2 - 22.70x_1x_3 + 0.90x_2x_3 - 30.44x_1^2 - 16.27x_2^2 - 4.31x_3^2$$

(3)阿克隆磨耗量

$$y = 0.25 - 0.63x_1 - 1.00x_2 - 0.09x_3 -$$

$$0.12x_1x_2 + 0.10x_1x_3 - 0.08x_2x_3 + 0.05x_1^2 + 0.28x_2^2 + 0.02x_3^2$$

(4)压缩生热

$$y = 56.23 - 38.15x_1 + 48.58x_2 + 57.01x_3 - 80.00x_1x_2 - 38.15x_1x_3 + 6.00x_2x_3 + 2.27x_1^2 + 2.27x_2^2 + 2.27x_3^2$$

通过上述方程可以得出,胎面胶的拉伸强度、撕裂强度、阿克隆磨耗量和压缩生热性能达到相互匹配时的 x_1 、 x_2 和 x_3 分别为0.30,-0.05和0.36。从而得出在其它原材料不变的情况下,胎面胶配方中3个试验因素的最佳配比(份)为:NR/SBR/BR 80/8.5/11.5,硫黄 1.575,白炭

表 4 各性能参数的回归因数及 F 检验结果

回归因数	拉伸强度/ MPa	撕裂强度/ (kN·m ⁻¹)	阿克隆磨 耗量/cm ³	压缩生热 ¹⁾ / ℃
b ₀	20.83	83.07	0.25	56.23
b ₁	3.26	-158.28	-0.63	-38.15
b ₂	20.56	42.26	-1.00	48.58
b ₃	0.01	78.01	-0.09	57.01
b ₁₂	-1.10	9.70	-0.12	-80.00
b ₁₃	1.10	-22.70	0.10	-38.15
b ₂₃	0.90	0.90	-0.08	6.00
b ₁₁	1.66	-30.44	0.05	2.27
b ₂₂	-3.36	-16.27	0.28	2.27
b ₃₃	-1.44	-4.31	0.02	2.27
S _e	45.84	3 524.36	0.16	899.60
S _h	43.67	3 359.88	0.15	843.09
S _s	2.17	164.48	0.01	56.52
F 检验值	11.18	11.35	8.33	8.29

注：1)同表 3。S_e—总方差；S_h—回归因数方差；S_s—剩余方差。
黑 11.8。

2.3 胶料物理性能验证及成品性能

将最佳配比代入各性能参数的回归方程得出的计算值与实际测试的数据对比如表 5 所示。从表 5 可以看出,胎面胶料性能回归方程的计算值与实测值很相近,说明通过试验得出的性能参数回归方程与实际情况基本吻合。

表 5 胎面胶物理性能计算值与实测值对比

项 目	计算值	实测值
拉伸强度/MPa	20.86	21.7
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	55.60	63.6
阿克隆磨耗量/cm ³	0.10	0.12
压缩生热 ¹⁾ /℃	60.36	62

注：1)同表 3。

将胎面胶优化配方应用于轮胎生产(10.00R20 16PR),成品的耐久和高速性能试验结果如表 6 所示。从表 6 可以看出,成品轮胎速度和耐久性能实测值与计算值接近且略好。

表 6 成品性能试验结果

项 目	计算值	实测值
耐久性能 ¹⁾ /h	≥58	59.2
高速性能试验/(km·h ⁻¹)	≥120	140

注：1)试验速度为 81 km·h⁻¹。

3 结语

在全钢载重子午线轮胎胎面胶配方设计中应用组合回归设计,同时借助数学手段和计算机,建立了胎面胶各项性能的回归方程,即数学模型。在实际应用中达到了优化配方设计,提高轮胎速度和耐久性能的目的,具有很高的实用价值和良好的经济效益。

致谢：在配方设计试验过程中,哈尔滨工业大学崔胜民教授、赵桂范老师和李继宗高工给予了悉心指导、帮助和支持,质管部、炼胶中心等部门有关人员在试验过程中给予了全力支持,在此表示衷心感谢。

参考文献：

[1] 崔胜民,余 群. 汽车轮胎行驶性能与测试[M]. 北京:机械工业出版社,1995. 1-11.
[2] 张殿荣,马占兴,杨清芝. 现代橡胶配方设计[M]. 北京:化学工业出版社,1994. 125-253.
[3] 高允彦. 正交及回归试验设计方法[M]. 北京:冶金工业出版社,1996. 21-32.

收稿日期:2004-08-18

韩泰公司计划投资 10 亿美元在东欧建厂
中图分类号:TQ336.1 文献标识码:D
印度《印度橡胶杂志》2004 年 83 卷 25 页报道:据消息灵通人士透露,韩国主要轮胎公司韩泰公司正考虑在东欧建一个新生产厂。该公司此举可能受到韩国汽车巨头现代公司最近决定在斯洛伐克开办汽车厂的推动。
据说,波兰是这个 10 亿美元投资项目的首选地之一。估计,该项目要花 2~3 年才能竣工投产。
(涂学忠摘译)

橡胶混合物和充气轮胎
中图分类号:TQ336.1;TQ333.1/2 文献标识码:D
由日本株式会社普利司通申请的专利(专利号 02101751.4,公开日期 2002-09-04)“橡胶混合物和充气轮胎”,涉及 BR 与 SBR 的共混物及炭黑与白炭黑的混合填料,其中树脂的掺用量低于 4 份(每 100 份橡胶混合物)。采用该橡胶混合物制备充气轮胎胎面可同时改善其抗湿滑性和耐磨性。
(杭州市科技情报研究所 王元荪供稿)