

提高载重斜交轮胎耐磨性的研究

杨树田

(辽宁轮胎集团有限责任公司, 朝阳 122009)

摘要 从配方及硫化工艺角度分析了载重斜交轮胎在实际使用中耐磨性差的原因,认为胎面胶生胶体系采用 NR/BR/SBR 三胶并用体系、软化剂采用芳烃油、补强填充剂采用新工艺炭黑 N234、加工助剂采用新型加工助剂及通过强化轮胎硫化测温来确定最佳硫化工艺条件可提高载重斜交轮胎耐磨性。试验结果表明,采取这些措施可使 9.00 - 20 16PR 载重斜交轮胎总行驶时间和总行驶里程均提高 16.9%,11.00 - 20 18PR 轮胎的总行驶里程超过 5 万 km。

关键词 载重斜交轮胎,耐磨性,耐久性

随着我国公路等级和汽车性能,尤其是高速行驶性能的提高,载重斜交轮胎出现了耐磨性差的问题。为此,辽宁轮胎集团有限责任公司(以下简称辽轮集团)对其“长征”牌载重斜交轮胎胎面胶配方、硫化工艺进行了改进。现将载重斜交轮胎耐磨性差的原因及相应的改进措施和辽轮集团的试验情况简介如下。

1 问题的提出

1996 年 1 月辽轮集团派员去辽河油田钻井一队等 14 家单位调查“长征”牌 9.00 - 20 16PR 和 11.00 - 20 18PR 载重斜交轮胎的实际使用情况。结果是,1994 年以前生产的 9.00 - 20 16PR 载重斜交轮胎行驶里程一般在 10 万 km 以上,而 1995 年以后生产的一般在 5 万 km 左右;1994 年以前生产的 11.00 - 20 18PR 载重斜交轮胎平均行驶里程为 62 755.7 km,而 1995 年以后生产的平均行驶里程只有 28 288.1 km。可见,1995 年以后生产的这两种规格载重斜交轮胎耐磨性均比 1994 年以前降低 50% 以上,且使用过程中均是初期耐磨性好,中后期耐磨性变劣,轻者花纹磨平,重者花纹磨光、露出帘线,而被磨平或磨光的部位硫化胶呈灰色,并出现刺扎、裂口、肩部掉块等现象。其它品牌的同规格轮胎也有类似情况发生。

作者简介 杨树田,男,1957 年出生。高级工程师。大学本科(函授)毕业。主要从事橡胶配方设计、新型原材料的开发和应用等方面的技术工作。1996 年被授予辽宁省经济建设服务先进个人称号及获得全国化工优秀质量管理成果一等奖,1997 年获得辽宁省职工自学成才奖。已发表论文 61 篇。

2 耐磨性差的原因

(1) 胎面胶生胶体系的影响

胎面胶生胶体系是决定轮胎使用寿命的关键因素。轮胎行驶过程中,由于胎面与路面接触,胎面承受最苛刻的外部应力,因此许多轮胎尽管胎体完整无损,却因胎面花纹磨平或磨光而报废。据调查,为提高载重斜交轮胎的耐磨性,很多企业采用玻璃化温度较低的 BR 与 NR 并用(并用比为 50/50~60/40)作载重斜交轮胎的生胶体系。实践证明,这种并用体系虽然合理,但由于未对防护体系和炭黑品种进行适当的调整,导致了载重斜交轮胎使用初期耐磨性好,而中后期耐磨性变劣的现象,这与文献[1]的报道是一致的。

(2) 炭黑品种及用量的影响

炭黑的品种及用量是影响轮胎胎面胶耐磨性的主要因素。据文献[2]介绍,在苛刻使用条件下,炭黑的结构对硫化胶的耐磨性影响最大。炭黑 N220 氮吸附比表面积和 DBP 吸收值均低于炭黑 N234,因此炭黑 N220 硫化胶的耐磨性比炭黑 N234 硫化胶差。将炭黑 N220 和 N234 分别用于(基本用量为 47~56 份)载重斜交轮胎胎面胶的试验结果表明^[3],随着炭黑用量增大,炭黑 N220 胎面胶硫化胶的耐磨性逐渐变差,而炭黑 N234 胎面胶硫化胶的耐磨性逐渐变好。在辽宁省朝阳市货运公司进行的“长征”牌 9.00 - 20 16PR 载重斜交轮胎实际行驶里程试验结果表明,炭黑 N220 胎面胶硫化胶的单位磨耗比炭黑 N234 胎面胶硫化胶降低了 10.6%。

(3)芳烃油组成的影响

芳烃油的主要组分是烃类化合物^[4],其芳烃、烷烃、胶质、沥青质的质量分数对硫化胶耐磨性的影响较大。过去,轮胎生产企业多用机械油作软化剂。由于机械油烷烃质量分数最高达 0.88,与橡胶相容性差,因此使用效果不理想。80 年代中期以来,随着全钢子午线轮胎生产线的引进,芳烃油取代各种机械油成为现实。但现在相当一部分轮胎生产企业采用的是生产工艺流程不合理及检测手段不完善的小型炼油厂生产的所谓“芳烃油”(将两种抽出油按比例搅拌而成),因而存在着芳烃油组成不合格的质量问题,如芳烃质量分数要求为 0.62±0.05,而实际最高达 1.00,最低为 0.39;胶质/沥青质质量分数要求不大于 0.110,而实际最高达 0.201,最低为 0.136;蜡质量分数要求不大于 0.010,而实际最高达 0.119,最低为 0.028。这既不利于胶料加工,更有损于硫化胶耐磨性,直接影响载重轮胎行驶里程。芳烃油组成对胶料耐磨性影响的试验结果见表 1。

表 1 芳烃油组成对胶料耐磨性的影响

项 目	芳烃油编号			
	1	2	3	4
芳烃质量分数	0.681	0.603	0.531	0.763
胶质/沥青质				
质量分数	0.067	0.080	0.193	0.084
蜡质量分数	0.002 5	0.009 6	0.109 6	0.032 0
阿克隆磨耗量/cm ³	0.094	0.092	0.124	0.196

注:胶料配方为:钕系 BR 100;氧化锌 4;硬脂酸 2;防老剂 RD 1;炭黑 N330 55;硫黄 1.5;促进剂 CZ 1;芳烃油 10。硫化条件为 145 ℃×30 min。

(4)硫化程度的影响

硫化程度对载重斜交轮胎耐磨性影响很大。在进行轮胎整体配方设计时,既要考虑各部件胶料硫化速度的匹配,又要考虑硫化结束时各部件胶料硫化程度是否最佳,因此必须对硫化温度进行实际测定并计算等效硫化时间。但目前一些轮胎生产企业由于不具备条件,无法做到这一点,多是引用其它厂或原有相近的硫化条件,因此难免存在不适之处^[5]。辽轮集团对载重斜交轮胎进行的硫化测温试验结果表明,硫化机硫化和硫化罐硫化温度分布不同,传热速度不同^[6],等效硫化时间也不同。硫化机硫化时,基部胶的等效硫化时间远远超过正硫

化时间,即过硫化程度大;硫化罐硫化时,基部胶的等效硫化时间远远小于正硫化时间,即欠硫化程度大。这两种情况都导致轮胎性能降低,直接影响耐磨性。

3 主要技术措施

根据上述分析,为提高载重斜交轮胎的耐磨性,在其胎面胶配方设计及轮胎硫化工艺方面采取了以下主要技术措施。

3.1 胎面胶配方设计

(1)调整生胶并用比例

胎面胶生胶体系采用 NR/BR/SBR 三胶并用体系,以改善胶料的综合物理性能,特别是硫化胶的耐热氧化性能,从而有利于提高载重斜交轮胎的耐磨性、抗刺扎性、抗崩花掉块性。

(2)采用新工艺高结构炭黑 N234

定伸应力和硬度是影响轮胎耐磨性的关键因素^[7],因此适当调整载重斜交轮胎胎面胶的定伸应力和硬度非常重要。过去,多数轮胎生产企业利用合成橡胶对炭黑亲合性大的特点,大量填充炭黑,且随着合成橡胶用量不断扩大,炭黑的用量也逐渐增大,而炭黑品种却没做相应调整,致使载重斜交轮胎胎面胶定伸应力和硬度偏低,耐磨性变差。近年来,胎面胶已趋于使用新工艺高结构炭黑,如胎面胶中用新工艺高结构炭黑 N234 替代传统炭黑 N220,胎面胶的定伸应力和硬度提高,耐磨性改善。

(3)选择适当的软化剂

软化剂是轮胎工业改善胶料加工和工艺性能、降低胶料成本、提高硫化胶综合性能的重要操作助剂。软化剂应选用与橡胶相容性好^[8]、相对分子质量大、不易挥发、族组成适当、无毒、能提高硫化胶综合物理性能、降低胶料成本的品种。目前吉林化学工业公司江南炼油厂和辽宁省锦州古塔软化剂厂以大庆油田或辽河油田的原油为主要原料,经深度脱蜡、糠醛精制、分馏等工序精制配合成了优质橡胶加工专用软化剂——芳烃油。试验证明,在胎面胶中用芳烃油替代传统的机械油,有利于促进炭黑的分散、降低胶料的门尼粘度、增大胶料的自粘性及提高硫化胶的耐磨性。

(4)应用新型加工助剂

目前,新型加工助剂在轮胎工业中的应用

已成为配方设计工作者非常关注的热点,它可以促进胶料中炭黑的分散,降低胶料门尼粘度、排胶温度、胎面挤出温度,减少气孔、焦烧胶料,提高硫化胶耐磨性。试验证明,在胎面胶中加入新型加工助剂——分散剂 FS-200(武汉市国营泾河化工厂产品)或莱茵塑分 T(莱茵化学公司产品)、胶易素 T-78(青岛昂记橡塑科技有限公司产品)或莱茵散 42(莱茵化学公司产品)后,可取消防焦剂和塑解剂的使用。

3.2 确定合理的硫化工艺条件

近年来,一些企业通过硫化测温及根据硫化温度分布和传热方式,运用活化能-等效硫化时间关系比较准确地计算出了各部件胶料的等效硫化时间,调整了各部件胶料硫化速度匹配,确定了合理的硫化工艺条件,从而提高了轮胎的耐磨性。

4 辽轮集团试验情况

4.1 胎面胶配方设计

根据胎面胶物理性能要求,运用多因素变量设计方法和方差分析方法对胎面胶配方进行优化,确定了表 2 所示的载重斜交轮胎胎面胶 NR/BR/ SBR 并用胶胶料配方。胶料性能见表 3。从表 3 可以看出,改进后胶料的 t_{90} 值较改进前略小,但满足胶料硫化速度的整体匹配;改进后硫化胶热空气老化前后的强伸性能、硬度、疲劳寿命明显优于改进前硫化胶。

4.2 硫化测温及成品试验

对用上述配方制作的 9.00 - 20 16PR 载重

表 2 改进前后载重斜交轮胎胎面胶配方			份
组 分	改进后	改进前	
NR	50	40	
BR	40	60	
SBR	10	0	
防老剂 A	0	1.5	
防老剂 JOL	1.5	0	
炭黑 N220	0	53	
炭黑 N234	53	0	
塑解剂	0	0.1	
防焦剂	0	0.15	
分散剂 FS-200	1.0	0	
胶易素 T-78	1.0	0	
机械油 N68	0	5	
芳烃油	6	0	

注:其它组分不变。

表 3 改进前后 9.00 - 20 16PR 载重斜交轮胎胎面胶上层胶料物理性能

性 能	改进后	改进前
硫化仪数据(151 °Q)		
M_H / (N · m)	6.03	6.10
M_L / (N · m)	1.27	1.48
t_{10} / min	6.4	6.8
t_{90} / min	13.2	15.1
拉伸强度/ MPa	21.6(17.4)	19.5(16.1)
扯断伸长率/ %	631(432)	592(425)
300 %定伸应力/ MPa	11.6(13.6)	7.2(10.2)
扯断永久变形/ %	7.8(8.8)	8.8(6.4)
邵尔 A 型硬度/ 度	64(67)	61(68)
撕裂强度/ (kN · m ⁻¹)	96.8(81.7)	88.4(80.8)
阿克隆磨耗量/ cm ³	0.05(0.14)	0.09(0.17)
回弹值(28 °Q) / %	33(36)	38(40)
疲劳寿命(拉伸 200 %) / 次	10 438(4 471)	5 875(996)

注:硫化条件为:142 °C×40 min;括号内数据为 100 °C×48 h 热空气老化后测定值。

斜交轮胎进行硫化测温、成品解剖、耐久性行驶里程试验。

(1) 硫化测温

改进硫化条件后的轮胎硫化测温(用 XWX-300 型自动平衡记录仪测定)结果见表 4。从表 4 可以看出,硫化时轮胎各主要部件胶料硫化速度匹配,因此改进后的硫化条件合理。

表 4 改进后 9.00 - 20 16PR 载重斜交轮胎主要部件硫化测温结果

部件	硫化条件/ (°C×min)	活化能/ (kJ · mol ⁻¹)	等效硫化时 间/min	过硫化程 度/ %
胎冠胶	142 ×40	85.7	53	32
基部胶	142 ×40	85.8	40	0
胎侧胶	142 ×40	85.8	—	—
缓冲层胶	137 ×30	77.3	46	130
外层胶	137 ×30	78.0	50	150
内层胶	137 ×30	80.1	53	165

(2) 成品胎面胶物理性能

成品胎面胶物理性能对比见表 5。从表 5 看出,不同品牌的轮胎,定伸应力和邵尔 A 型硬度相差比较大。辽轮集团改进技术后,胎面胶的定伸应力由 9.2 及 9.7 MPa 提高到 12.9 及 11.4 MPa,邵尔 A 型硬度由 57 及 58 度提高到 62 及 61 度,耐磨性明显提高。

(3) 耐久性试验

改进前后轮胎耐久性试验结果见表 6。从表 6 看出,改进后轮胎的总行驶时间和总行驶里程较改进前均提高了 16.9 %,笔者认为这与

表 5 9.00 - 20 16PR 载重斜交轮胎成品胎面胶物理性能对比

性 能	“长征”牌				A 厂牌		B 厂牌	
	改进后		改进前					
	上层	下层	上层	下层	下层	上层	下层	上层
阿克隆磨耗量/ cm ³	0.059	—	0.089	—	0.088	—	0.14	—
300 %定伸应力/ MPa	12.9	11.4	9.2	9.7	15.5	14.4	11.5	12.1
邵尔 A 型硬度/ 度	62	61	57	58	65	65	60	61
拉伸强度/ MPa	23.7	22.4	20.6	19.6	26.5	27.2	23.9	23.8
扯断伸长率/ %	472	437	426	491	459	462	528	489
扯断永久变形/ %	11	11	13	12	17	10	10	9

表 6 改进前后 9.00 - 20 16PR 载重斜交轮胎
耐久性试验结果

项 目	改进后	改进前
总行驶时间/ h	121.0	103.5
总行驶里程/ km	6 050	5 175
气压增大率/ %	11.1	12.3
外直径增大率/ %	1.5	1.4
断面宽增大率/ %	2.9	2.9
冠部表面温度/ °C	52	55
花纹沟表面温 度/ °C	80	73
试验结束损坏情况	外层与缓冲层间 脱空面积 140 mm ×70 mm	外层与缓冲层间 脱空面积 210 mm ×120 mm

轮胎硫化程度密切相关。硫化程度适当,轮胎性能,特别是耐久性及耐磨性好。辽轮集团曾多次做过内温降低 10 °C、外温不变和内温降低 5 °C、外温提高 4 °C 的试验,结果表明,前者对轮胎性能有一定影响,特别是耐磨性有所下降,而后者对轮胎性能基本无影响,故选择了后者。

(4) 行驶里程试验

在辽宁省朝阳市货运公司进行的 9.00 - 20 16PR 载重斜交轮胎行驶里程试验情况为:改进前后的轮胎各装 2 辆车,车型为自重 5 t 并带有挂车的新解放 141 型,行驶路况为辽宁省朝阳地区的砂石路面及柏油路面,汽车月平均行驶里程为 4 000 km,循环行驶。截止到 1997 年 3 月,改进后的轮胎行驶里程已超过 5 万 km,未发生磨损等质量问题,用户十分满意。具体试验结果见表 7。

1996 年度湖北地区全国轮胎 (9.00 - 20 16PR) 里程试验情况是:试验轮胎分别装在扬州产 6970 型 2 辆客车上,行驶路况主要为沥青和水泥路面,但在省级交界处也有少量的沙土、碎石路面,循环行驶。试验于 1998 年 2 月结束 (1996 年 12 月 10 日装车完毕),其中“长征”牌轮胎没有发生磨损质量问题,平均行驶里程

表 7 改进前后 9.00 - 20 16PR 载重斜交轮胎
行驶里程试验结果

项 目	改进后	改进前
累计平均磨耗/ (km ·mm ⁻¹)	7 126	6 791
已行驶里程/ km	58 454	46 177
剩余花纹/ mm	7.4	6.6

注:行驶里程试验还在进行中。
104 723 km,累计平均磨耗 10 066 km ·mm⁻¹。
具体试验结果见表 8。

表 8 9.00 - 20 16PR 载重斜交轮胎
行驶里程试验对比

项 目	“长征”牌	A 厂牌	B 厂牌
累计平均磨耗/ (km ·mm ⁻¹)	10 066	7 255	9 733
行驶里程/ km	104 723	79 810	88 677
剩余花纹/ mm	5.4	4.3	5.7
断面宽变化/ mm	+4	+6	+3
外直径变化/ mm	+9	+13	+10

1997 年 5 月,辽轮集团再次派员去辽河油田钻井一队调查 9.00 - 20 16PR 和 11.00 - 20 18PR 载重斜交轮胎的实际使用情况 (实行一胎一卡记录轮胎使用情况的管理办法)。车队对改进后的“长征”牌 9.00 - 20 16PR 和 11.00 - 20 18PR 载重斜交轮胎的质量反映很好。

在 1997 年度新疆地区全国轮胎行驶里程试验中,截止到 1998 年 4 月 15 日,“长征”牌 11.0 - 20 18PR 载重斜交轮胎的行驶里程已达到 50 281 km,而试验还在进行中。

5 结论

(1) 胎面胶的生胶体系采用 NR/BR/ SBR 三胶并用、软化剂采用芳烃油、补强填充剂采用新工艺炭黑 N234、加工助剂采用新型加工助剂及通过强化轮胎硫化测温来确定最佳硫化工艺

(下转第 241 页)

(上接第 223 页)

条件,是提高载重斜交轮胎耐磨性的有效措施。

(2) 辽轮集团改进后的载重斜交轮胎综合性能好,其中 9.00 - 20 16PR 轮胎的总行驶时间和总行驶里程较改进前均提高 16.9 %,11.00 - 20 18PR 轮胎行驶里程均达到规定的标准,用户非常满意。

致谢 本课题的试验研究得到了锦州石油化工公司国家突出贡献科技专家、教授级高级工程师乔三阳及其它有关人员的大力支持和帮助,特此致谢!

参考文献

- 1 Prackash Kumbalpur. 三种橡胶并用——一种制备胎面胶的正确途径. 姚岐轩译. 轮胎研究与开发,1996(3):30
- 2 吴道兰. 轮胎磨损的影响因素. 橡胶工业,1991,38(4):23
- 3 杨树田. 三种炭黑在斜交轮胎胎冠胶中的应用. 橡胶工业,1992,39(10):588
- 4 邓本诚,纪奎江. 橡胶工艺原理. 北京:化学工业出版社,1984.1
- 5 傅彦杰. 硫化温度测定与经济效益. 中国橡胶,1996(11):11
- 6 王树亭. 硫化程度对轮胎性能的影响. 轮胎工业,1995,15(10):608
- 7 张殿荣,马占兴,杨清芝. 现代橡胶配方设计. 北京:化学工业出版社,1994.63
- 8 郑正仁,王洪士,毛寿昌. 子午线轮胎技术与应用. 合肥:中国科学技术大学出版社,1994.3

第十届全国轮胎技术研讨会论文

Study on Improving Truck Bias Tire Wear Resistance

Yang Shutian

(Liaoning Tire Group Co., Ltd. 122009)

Abstract The causes of the poor wear resistance of truck bias tire were analysed in terms of compounding and vulcanizing technology. It was found that the wear resistance of truck bias tire was improved by using NR/BR/SBR,aromatic oil softner,new technical black N234 and new processing aids ,and optimizing the vulcanizing process with the temperature measurement during vulcanization. The results of road test showed that the total wear life of 9.00 - 20 16PR truck bias tire increased by 16.9 %and the total wear life of 11.00 - 20 16PR truck bias tire exceeded 50 000 km due to the said measures.

Keywords truck bias tire ,wear resistance ,endurance