

一种高结构炭黑在轮胎中的应用研究

焦清伟¹, 刘海琳², 杨作伟³, 陈海龙², 李海艳²

(1. 山东亿和橡胶输送带有限公司, 山东 枣庄 277800;

2. 山东丰源轮胎制造股份有限公司, 山东 枣庄 277300;

3. 八亿橡胶有限责任公司, 山东 枣庄 277800)

摘要: 本文主要研究一种高结构、中等比表面积炭黑在半钢轮胎中的应用验证。试验结果表明: 此品类炭黑等量替代常规炭黑 N234 在轮胎胎面中, 配方对应的终炼胶炼制的过程无异常, 终炼胶各项检测数据波动较小, 门尼黏度一致, 加工性能数据波动较小; 终胶料的硫化速率等性能与原生产配方基本接近, 但终炼胶的阿克隆磨耗数据降低较多, 说明磨耗性能提升较多, 有利于差异化改进产品, 提升在行业内的竞争力

关键词: 炭黑; 表面积; 高结构; 配方; 半钢

中图分类号: TQ330.381

文献标识码: B

文章编号: 1009-797X(2025)05-0048-05

DOI: 10.13520/j.cnki.rpte.2025.05.010

2023 年初疫情结束, 防控转段后, 全国经济放开、人民消费逐渐升温, 中国对出口、配套、维修替换三大轮胎市场发展的影响, 其中有两个市场表现“好于预期”。“国内轮胎出口火爆, 远超预期”。作为拉动经济增长的“三驾马车”之一, 出口量占生产总量近 50%, 并大幅增长, 对国内产能释放和盈利起到比较关键性的作用。海关总署统计数据显示, 2023 年, 轮胎出口总量达 857.13 万 t, 出口金额 213.53 亿美元, 分别增长(同比, 下同)16.4% 和 13.2%。其中, 乘用车轮胎出口量 286.27 万 t, 出口金额 78.64 亿美元, 分别增长 20.3% 和 16.7%; 卡客车轮胎出口量 462.02 万 t, 出口金额 100.86 亿美元, 分别增长 14.3% 和 9.8%。2023 年我国抓住了疫情放开后的机遇, 展现出良好的发展趋势, 增强了市场信心, 将会极大的助推 2024 年行业经济运行持续向好。

同时 2024 年, 是中华人民共和国成立 75 周年, 是实施“十四五”规划的关键 1 年, 推进实施“双碳”战略, 实现高质量可持续发展, 建设新型中国式现代化企业, 轮胎行业任重而道远。

NC8515 炭黑可应用轮胎的胎面配方以及高耐磨及低生热的输送带制品等。该炭黑具有高结构、中等比表面积和中等粒径的特点, 赋予胶料更好的耐磨性能, 有助于促进行业的绿色发展。本文主要研究了 NC8515 炭黑在轮胎中的应用过程。

1 实验部分

1.1 主要原材料及助剂

20# 标准胶 NR, 泰国进口天然胶产品; 高顺 BR9000, 独山子石化有限公司; 丁苯橡胶 SBR1502, 齐鲁石化有限公司; 黑炭黑 N234, 卡博特有限公司; 炭黑 NC8515, 耐斯特炭黑有限公司; 白炭黑 SIL1115MP, 罗地亚白炭黑有限公司; 环保油, 牌号 V700, 德国汉圣公司; 其他均为市售产品。

1.2 胶料配方

胎面胶料制备配方详见表 1。

表 1 TJ1 配方

原材料	TJ1	TJ1 试
NR+BR900+SBR1502	100	100
1115MP+ 环保油 V700	20	20
N234	45	/
NC8515	/	45
其他	15	15
合计	180	180

1.3 主要设备与检测仪器

X(S)M-1.5X 型小密炼机、XK-160 型开炼机、XLB-400-400 型四立柱平板硫化机, 均为青岛科高橡塑机械技术装备公司产品; XM370 型密炼机、XM305 型开炼机, 高校软控股份有限公司产品;

作者简介: 焦清伟 (1987-), 男, 工程师, 学士, 主要从事轮胎输送带橡胶配方技术及工艺管理相关工作。

门尼黏度仪, MV3000, 德国 Montech 公司; 拉力试验机, Zwick Z010, 德国 Zwick 公司; 拉力试验机, Zwick Z010, 德国 Zwick 公司; 硬度计, Z3130, 德国 Zwick 公司检测设备。

1.4 胶料试样制备及测试

1.4.1 小配合胎面混炼胶的制备

在小型密炼机(型号: X(S)M-1.5X)(青岛科高橡塑机械技术装备有限公司生产)中加入 NR、BR900 等橡胶, 小密炼机设定的起始温度是 70℃, 转速 70 r/min, 混炼 60 s 后加入炭黑等小料, 混炼 125 s, 当胶料温度达到 160℃ 时排胶, 得到一段胎面母炼胶。一段胎面母炼胶停放 2 h 后可进行二段终炼胶炼制。二段终炼胶在小型开炼机(型号 XK-160, 青岛科高橡塑机械技术装备有限公司生产)上先加入一段胎面母炼胶, 随后加入促进剂等助剂, 然后进行三角包切片, 补充混炼 1 750 s 后得到二段终炼胶, 放置 8 h 备用。

1.4.2 大配合胎面混炼胶的制备

车间大料试验工艺采用 SSM 低温一步法炼胶工艺, NR 等生胶料与炭黑、促进剂等小料在 XM370 型密炼机中进行预混合混炼, 然后排胶到(XM305 型)双驱全自动开炼机上, 初步塑炼并压制成片, 然后分流给 4 组全自动混炼开炼机进行进一步混炼, 胎侧胶料在每组混炼开炼机上进行自动混炼, 过程包含补充混炼、胶料冷却、胶料收取等步骤^[1-7]。

1.4.3 硫化胶的制备

采用平板硫化机(XLB-400-400 型四立柱平板硫化机, 青岛科高橡塑机械技术装备有限公司)进行硫化得到硫化胶, 硫化温度为 150℃, 硫化时间为 40 min。

胶料的各项性能测试, 标准执行相应的国家标准。

1.3 测试与表征

胶料的各项性能测试, 标准执行相应的国家标准。

2 结果与讨论

2.1 理化数据分析

炭黑 NC8515 炭黑和炭黑 N234 的理化性能, 详见表 2。

从表 2 可以看出: 炭黑 NC8515 的吸碘值、总表面积、外表面积降低, 但是 DBP 吸收值和压缩 DBP 吸收值提高, 这说明炭黑 NC8515 比表面积虽然降低但是结构度提高。筛余物和细粉含量相对较低, 各项指标均符合公司性能使用指标要求。

表 2 炭黑 NC8515、N234 对比检测结果

项目	N234	NC8515
吸碘值/(g·kg ⁻¹)	115	94
DBP 吸收值/(10 ⁻⁵ m ³ ·kg ⁻¹)	125	135
压缩 DBP 吸收值/(10 ⁻⁵ m ³ ·kg ⁻¹)	105	108
加热减量(125℃)/%	0.21	0.16
灰分(825±25℃)	0.13	0.12
总表面积/(10 ⁻⁵ m ² ·kg ⁻¹)	116	97
外表面积/(10 ⁻⁵ m ² ·kg ⁻¹)	112	94
筛余物(45 μm)/(mg·kg ⁻¹)	531	33
细粉含量/%	2.2	0.35
300% 定伸与 IRC4 [#] 参比炭黑差值/MPa	0.4	2.8

2.2 小配合试验

2.2.1 硫化特性

混炼胶硫化特性如表 3 所示。

表 3 小配合试验胶料的硫化特性

检测项目	TJ1	TJ1 试	提升率/%
门尼黏度[M _L (预热 1 min+ 测试 4 min) 100℃]	66	64	-3.0
门尼焦烧时间 t ₅ (130℃)/min	17.2	17.1	-0.6
M _L /(dN·m)	2.5	2.4	-4.0
M _H /(dN·m)	15.2	14.8	-2.0
t ₁₀ /min	6.1	6	-1.6
t ₅₀ /min	8.9	8.8	-1.1
t ₉₀ /min	16.8	16.3	-2.9

从表 3 我们可以看出, 与正常生产 TM 配方胶料相比, TJ1 试验配方胶料的门尼黏度低约 2 个值(-3.0%); 焦烧时间测试数值略短, 时间短了 0.1 min(-0.6%) 差别不大; M_L 数据略低, 低约 0.1 个值(-4.0%) 差别不大; M_H 数据略低, 低约 0.4 个值(-2.0%) 差别不大; t₁₀、t₅₀ 和 t₉₀ 均略低, 分别低 0.1 个值(-1.6%)、0.1 个值(-1.1%)、0.5 个值(-2.9%) 总体数值变化不大。说明硫化速率与生产配方差别不大。

2.2 胶料的物理性能

硫化胶料的物理性能如表 4 所示。

表 4 小配合试验胶料的物理特性

检测项目	TJ1	TJ1 试	提升率/%
硬度/邵尔 A	65	65	0.0
M10/MPa	0.61	0.59	-3.2
M50/MPa	1.40	1.41	0.7
M100/MPa	2.45	2.53	3.3
M200/MPa	6.57	7.04	7.1
M300/MPa	11.64	12.23	5.0
拉伸强度/MPa	19.55	19.26	-1.4
断裂伸长率/%	503	484	-3.7
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	42	45	7.1
永久变形/%	18	18	0.0
回弹性/%	30	32	6.7
炭黑分散等级/%	9	9	0.0
密度/(g·cm ⁻³)	1.178	1.178	0.0
阿克隆磨耗/[cm ³ ·(1.61 km) ⁻¹]	0.099	0.079	-20.2

从表 4 我们可以看出, 与正常生产配方胶料相比, TJ1 试验配方胶料的邵尔 A 型硬度值无差别; 定伸应

力除了 10% 略有降低, 约为 0.02 个值 (-3.2%), 50% 定伸应力、100% 定伸应力、200% 定伸应力、300% 定伸应力数值均略有提高, 分别提高 0.01 (0.7%)、0.08 (3.3%)、0.47 (7.1%)、0.59 (5.0%) 但差异较小; 拉伸强度和断裂伸长率有降低, 变化率分别为 -1.4%、-3.7%; 永久变形 TJ1 试验配方无变化; 撕裂强度有提高, 约为 3 (7.1%); 回弹性略高, 约为 2 (6.7%); 炭黑分散度无变化; 密度无变化; 阿克隆磨耗变化较大, 降低 20.2%, 说明磨耗性能提升 20.2%。

硫化胶料老化后的物理性能如表 5 所示。

表 5 小配合试验胶料(老化后)的物理特性

检测项目	TJ1 TJ1 试 提升值 提升率 /%			
	老化后			
硬度、邵尔 A	70	70	0	0.0
M10/MPa	0.98	0.98	0	0.0
M50/MPa	2.22	2.25	0.03	1.3
M100/MPa	4.14	4.25	0.11	2.7
M200/MPa	10.28	10.60	0.32	3.1
M300/MPa	15.57	15.97	0.40	2.6
拉伸强度 /MPa	19.04	18.96	-0.08	-0.4
断裂伸长率 /%	390	376	-14	-3.6

从表 5 我们可以看出老化后, 与正常生产 TM 配方胶料相比, TJ1 试验配方胶料的邵尔 A 型硬度值均为 70, 无差别; 定伸应力除了 10% 无变化, 50% 定伸应力、100% 定伸应力、200% 定伸应力、300% 定伸应力数值均略有提高, 分别提高 0.03 (1.3%)、0.11 (2.7%)、0.32、(3.1%) 0.42 (2.6%) 但差异均不是很大; 拉伸强度降低 0.08 个值, 变化率为 -0.4%, 属于误差范围内; 断裂伸长率降低 14 个值, 变化率为 -3.6%。

2.3 大配合试验

2.3.1 大配合胶料的硫化特性

混炼胶硫化特性如表 6 所示。

表 6 大配合试验胶料的硫化特性

检测项目	TJ1	TJ1 试	提升值	提升率 /%
门尼黏度 [M_L (预热 1 min+ 测试 4 min)100 °C]	65	65	0	0%
门尼焦烧时间 t_5 (130 °C)/min	16.9	16.8	-0.1	-0.6%
M_L /(dN·m)	2.3	2.3	0	0.0%
M_H /(dN·m)	14.4	14.2	-0.2	-1.4%
t_{10} /min	5.8	5.9	0.1	1.7%
t_{50} /min	8.5	8.6	0.1	1.2%
t_{90} /min	16.4	16.2	-0.2	-1.2%

从表 6 我们可以看出大配合胶料, 与正常生产 TM 配方胶料相比, TJ1 试验配方胶料的门尼黏度无差别; 焦烧时间测试数值略短, 时间短了 0.1 min(-0.6%) 差别不大; M_L 数据无差异; M_H 数据略低, 低约 0.2 个值 (-1.4%) 差别不大; t_{10} 和 t_{50} 略高, 分别

低 0.1 个值 (1.7%)、0.1 个值 (1.1%), 但数值变化不大; t_{90} 略低, 低 0.2 个值 (-1.2%), 数值变化不大, 说明硫化速率与生产配方差别不大。整体数据与小配合数据一致, 且更趋于稳定。

2.3.2 大配合胶料的物理性能

大配合硫化胶料老化前的物理性能如表 7 所示。

表 7 大配合试验胶料的物理特性

检测项目	TJ1 TJ1 试 变化值 变化率 /%			
	老化前			
硬度 / 邵尔 A	60	60	0	0.0%
M10/MPa	0.65	0.65	0	0.0%
M50/MPa	1.37	1.40	0.03	2.2%
M100/MPa	2.32	2.41	0.09	3.9%
M200/MPa	5.95	6.10	0.15	2.5%
M300/MPa	10.51	10.75	0.24	2.3%
拉伸强度 /MPa	19.41	19.41	0	0.0%
断裂伸长率 /%	529	520	-9	-1.7%
撕裂强度 /(kN·m ⁻¹)	45	45	0	0.0%
永久变形 /%	19	19	0	0.0%
回弹性 /%	30	31	1	3.3%
炭黑分散等级 /%	8	8	0	0.0%
密度 /(g·cm ⁻³)	1.174	1.175	0.001	0.1%
阿克隆磨耗 /[cm ³ ·(1.61 km) ⁻¹]	0.127	0.095	-0.032	-25.2%

从表 7 我们可以看出大配合胶料, 与正常生产配方胶料相比, TJ1 试验配方胶料的邵尔 A 型硬度值无差别; 定伸应力除了 10% (均为 0.65) 无变化, 50% 定伸应力、100% 定伸应力、200% 定伸应力、300% 定伸应力数值均略有提高, 分别提高 0.03 (2.2%)、0.09 (3.9%)、0.15 (2.5%) 0.24 (2.3%) 但差异较小; 拉伸强度和撕裂强度无变化; 断裂伸长率有降低, 变化率为 -9 (-1.7%); 永久变形无差异; 回弹性提高 1, 为 3.3%; 炭黑分散度前后数值一致; 密度变化略高为 0.1%; 阿克隆磨耗变化较大, 降低 25.2%, 说明磨耗性能提升 25.2%。整体数据与小配合数据一致, 磨耗性能更优。

硫化胶料老化后的物理性能如表 8 所示。

表 8 大配合试验胶料(老化后)的物理特性

检测项目	TJ1 TJ1 试 变化值 提升率 /%			
	老化后			
硬度 / 邵尔 A	69	69	0	0
M10/MPa	0.75	0.75	0	0
M50/MPa	1.88	1.92	0.04	2.1
M100/MPa	3.56	3.61	0.05	1.4
M200/MPa	8.84	8.91	0.07	0.8
M300/MPa	13.6	13.7	0.1	0.7
拉伸强度 /MPa	17.65	17.77	0.12	0.7
断裂伸长率 /%	410	408	-2	-0.5

从表 8 我们可以看出老化后, 与正常生产配方胶料相比, TJ1 试验配方胶料的邵尔 A 型硬度值均为 69, 无差别; 除了定伸应力 10% (0.75) 无变

化, 50% 定伸应力、100% 定伸应力、200% 定伸应力、300% 定伸应力数值均略有提高, 分别提高 0.04 (2.1%)、0.05 (1.4%)、0.07 (0.8%) 0.1 (0.7%) 但差异均不是很大; 拉伸强度上升 0.12 个值, 变化率为 0.7%; 断裂伸长率降低 2 个值, 变化率为 -0.5%。

2.4 成品性能分析

轮胎胎体胶试验前后, 分别生产试验轮胎后进行测试, 测试轮胎规格 195/70R15。胎面原配方生产的轮胎命名为 TJ1, 胎面试验配方生产的轮胎命名为 TJ1 试验。

2.4.1 强度性能

强度性能测试, 依据 Q/B A3-2023《子午线轮胎强度试验》, 测试轮胎的充气压力为 185 kPa, 测试的数据, TJ1 和 TJ1 试验第 1~第 4 点破坏能, 都达到标准值, TJ1 第五点破坏能 602.3J、TJ1 试验第五点破坏能 604.1J, 无明显差异, 均超过标准值, TJ1 和 TJ1 试验轮胎强度性能测试, 均达到企业标准要求。

2.4.2 耐久性能

表 9 试验轮胎耐久性能			
试验阶段	试验轮胎负荷率 /%	测试时间 /h	
		TJ1 轮胎	TJ1 试验轮胎
普通耐久阶段			
1	85~100	34	34
低气压耐久阶段			
4	100	9.5	9.5
5	120	20.5	20.5
6	120	2	9

从表 9 可以看出, 试验轮胎累计行驶分别为 66 h、73 h 后发生损坏, 停止试验, 损坏部位均为胎侧部位, 提升 7 h, 提升率为 10.6%, 成品轮胎耐久性能均达到企业标准要求。

2.4.3 高速性能

从表 10 可以看出, 轮胎累计行驶 113 min、114 min 后发生损坏, 停止试验, 损坏部位均为胎面与胎侧交界的肩下部位, 提升率约为 0.9%, 成品轮胎高速性能均达到企业标准要求。

3 结论

综上所述:

表 10 试验轮胎高速性能			
试验阶段	试验速度 /(km·h ⁻¹)	行驶时间 /min	
		TJ1 轮胎	TJ1 试验轮胎
1	0~210	10	10
2	210~240	50	50
3	250	10	10
4	260	10	10
5	270~290	30	30
8	300	3	4

注: 充气压力为 285 kPa, 负荷率为 85%。

(1) 轮胎中使用炭黑 NC8515 等量替代 N234, 门尼黏度无差别, 焦烧时间略有降低, 但差别较小, 差值为 0.1min, 说明轮胎胶料整体的加工性能基本无差别。

(2) 其他各项性能, 定伸应力方面 10% 无变化, 50%、100%、200%、300% 略有提升, 分别提高 0.03 (2.2%)、0.09 (3.9%)、0.15 (2.5%)、0.24 (2.3%) 但差异较小; 拉伸强度和撕裂强度无变化; 断裂伸长率有降低, 变化率为 -9 (-1.7%); 永久变形无差异; 回弹性提高 1, 为 3.3%; 炭黑分散度前后数值一致; 密度变化略高为 0.1%; 阿克隆磨耗变化较大, 降低 25.2%, 说明磨耗性能提升 25.2%, 磨耗性能更优。

(36) 成品性能方面, 强度性能、耐久性能、高速性能均均达到企业标准要求, 其中耐久性能提升约 10.6%。

参考文献:

[1] 郑涛, 龙飞飞, 邵红琪. 硅烷偶联剂并用体系对白炭黑 / 溶聚丁苯橡胶 / 天然橡胶复合材料结构和性能的影响 [J]. 合成橡胶工业, 2023,46(06):538-544.

[2] 郑涛, 邵红旗. 改性溶聚丁苯橡胶对轮胎胎面胶性能的影响 [J]. 合成橡胶工业, 2020,43(05):414-418.

[3] 孙耀, 郑涛, 张宁, 等. 相同牌号不同厂家炭黑在胎侧配方中的应用 [J]. 弹性体, 2021,31(02):52-55.

[4] 郑涛, 潘超, 邵红旗. 低滚动阻力改性剂 OCST 在胎面胶中的应用 [J]. 合成橡胶工业, 2021,44(04):300-304.

[5] 潘超, 郑涛, 龙飞飞. 不同牌号溶聚丁苯橡胶在轮胎胎面胶配方中的应用试验 [J]. 合成橡胶工业, 2020,43(04):317-322.

[6] 郑涛, 邵红琪, 吴晓辉, 等. 硅烷偶联剂原位改性白炭黑 / 溶聚丁苯橡胶复合材料的流变性能和力学性能研究 [J]. 橡胶工业, 2022,69(09):652-658.

[7] 刘玉国, 郑涛. SUV 轮胎胎面胶的配方优化 [J]. 橡胶工业, 2023,70(07):516-521.

Study on the application of a kind of high structure carbon black in tires

Jiao Qingwei¹, Liu Hailin², Yang Zuowei³, Chen Hailong², Li Haiyan²

- (1. Shandong Yihe Rubber Conveyor Belts Co. LTD., Zaozhuang 277800, Shandong, China;
2. Shandong Fengyuan Tire Manufacturing Co. LTD., Zaozhuang 277300, Shandong, China;
3. Bayi Rubber Co. LTD., Zaozhuang 277800, Shandong, China)

Abstract: This paper focuses on the application of a kind of carbon black with high structure and medium specific surface area in semi steel tires. The experimental results showed that when using an equal amount of this type of carbon black instead of conventional carbon black N234 for tire tread, there were no abnormal situations in the final rubber compound corresponding to the formula during the refining process. The various testing data of the final rubber compound fluctuated little, the Mooney viscosity remained consistent, and the processing performance data changed little; The vulcanization rate and other properties of the final rubber compound are basically the same as the original production formula, but the Akron abrasion data is significantly reduced, indicating a significant improvement in abrasion performance. This helps to achieve differentiated improvements in products and enhance competitiveness within the industry.

Key words: carbon black; specific surface area; high structure; formulation; semisteel

(R-03)

巴斯夫将展示基于 Acrodur® 水性胶黏剂的天然纤维复合材料

BASF to showcase natural fiber composites based on acrodur® waterborne adhesives

巴斯夫分散体和树脂业务部将首次参加于 2025 年 4 月 15~18 日举行的 CHINAPLAS 2025 国际橡塑展。在这一备受期待的展会期间，巴斯夫将展示基于 Acrodur®（安固特）水性胶黏剂的天然纤维复合材料技术平台，为多个行业提供量身定制的可持续解决方案。

Acrodur® 胶黏剂是一种无甲醛的热交联丙烯酸水性树脂，具有卓越的黏结强度和环保优势。其设计用于多种应用，包括汽车半结构件、家具板材和轻质夹层板，有助于开发可持续、经济实惠和轻质的复合材料。

基于 Acrodur® 胶黏剂的纤维复合材料的综合使用成本与当前的塑料解决方案大致相当（例如 PP 塑料或 ABS 塑料），对于希望满足不同市场需求（例如家具、家居、汽车）的制造商来说，基于 Acrodur® 胶黏剂的复合材料是一种经济可行的选择，为那些需要更环保材料的用户提供了实用的替代性选择。

借助 Acrodur® 胶黏剂，可以将天然纤维复合材料中的再生成分提高到 75% 以上，并且尽可能降低挥发性有机化合物（VOCs）的排放，体现了巴斯夫对环保实践的承诺。

这种创新树脂在复合材料的纤维黏合发挥了至关重要的作用，从而大幅提高了其机械强度，无论对天然纤维还是合成纤维都具有优异的黏结表现，让产品坚固耐用，满足多个行业的高标准需求。

“我们很自豪能在 CHINAPLAS 2025 国际橡塑展上展示基于 Acrodur® 水性胶黏剂的天然纤维复合材料的生态创新技术。这彰显了巴斯夫持续推进化工行业迈向可持续和循环未来的承诺。”巴斯夫高级副总裁、亚太区分散体业务负责人傅安之（Andreas Fechtenkötter）表示。

摘编自“巴斯夫”

(R-03)

