

不同品种炭黑在全钢载重子午线轮胎胎面胶中的应用研究

王暖, 张航伟, 李维鸽, 沈春和

(陕西延长石油集团橡胶有限公司, 陕西 咸阳 712000)

摘要: 研究 3 种炭黑 (N134、N234 和 V9HX1) 在全钢载重子午线轮胎胎面胶中的应用。结果表明: 炭黑 N134 比表面积最大, 填充胶料的加工性能和炭黑 N134 相当, 耐磨性能最差, 生热性能和炭黑 V9HX1 相当; 炭黑 N234 的结构度和炭黑 N134 相当, 填充胶料的加工安全性和加工性能最好, 耐磨性能居中, 生热最低; 炭黑 V9HX1 比表面积最小、结构度最高, 填充胶料的耐磨性能最好。生热性能和炭黑 N134 相当。因此可以根据对轮胎耐磨性能和生热性能的实际要求, 合理选择不同品种的炭黑。

关键词: 炭黑; 比表面积; 结构度; 胎面胶; 磨耗性能; 生热性能

中图分类号: TQ330.381

文献标识码: B

文章编号: 1009-797X(2025)02-0042-04

DOI: 10.13520/j.cnki.rpte.2025.02.010

0 前言

随着轮胎行业的快速发展, 对载重子午线轮胎的耐磨性能和生热性能提出了更高的要求。轮胎胎面是与地面接触的唯一部位, 车辆的启动、运行、转弯和刹车都需要轮胎胎面胶具有良好的耐磨性能和低生热性能。因此提高全钢载重子午线轮胎的性能, 延长使用寿命, 胎面胶的耐磨性能和低生热性能显得尤为重要。

炭黑作为全钢载重子午线轮胎胎面胶料主要的补强填充剂, 可提高胶料的拉伸强度、撕裂强度及耐磨性, 而炭黑的比表面积大小和结构度高低等特性直接影响胶料的耐磨性能和低生热性能^[1-2]。本工作主要研究 3 种不同品种的炭黑在全钢载重子午线轮胎胎面胶中的应用, 旨在为不同路况用轮胎配方设计中补强体系的选择提供参考。

1 主要实验

1.1 主要原材料

NR, STR20, 泰国产品; BR, 中国石油天然气股份有限公司西北化工销售分公司; 炭黑 N134, 西安仑化工有限公司; 炭黑 N234, 韩城黑猫炭黑有限责任公司; 炭黑 V9HX1, 卡博特(中国)投资有限公司产品; 白炭黑, 上海彤程化工有限公司; 其他化工助剂均为市售。

1.2 配方

NR 85, BR 15, 炭黑(变品种) 25, 白炭黑 20, 其他材料 19.6。

1[#]~3[#] 配方分别加入炭黑 N134, N234 和 V9HX1。

1.3 主要设备及仪器

密炼机 BB-2, 日本株式会社神户制钢所; 开炼机 XK-150, 湛江机械厂; XLB-D 型平板硫化机, 湖州宏桥橡胶机械有限公司; TCS-2000 型电子拉力试验机, 高铁检测仪器有限公司产品; MV2000 型门尼黏度仪和 MDR2000 型无转子硫化仪, 美国阿尔法科技公司产品; 橡胶加工分析仪 DMA, 阿尔法科技公司; DIN 磨耗试验机 GT-7012-D, 高铁检测仪器有限公司; 炭黑吸油计 Absorptometer-C, 德国布拉本德尔公司(Brabender)。

1.4 试样制备

配合实验胶料采用密炼机和开炼机两种设备进行胶料混炼。一段混炼在 BB-2 型密炼机中进行, 转子速度为 50 r/min 时, 生胶塑炼 → 炭黑 → 氧化锌、硬脂酸、防老剂等小料 → 155 °C 降速混炼, 当功率曲线稳定温度降至 100 °C 时, 加入硫磺、促进剂等 → 90 s

作者简介: 王暖(1992-), 女, 工程师, 硕士, 主要从事轮胎配方设计及原材料应用研究工作。

排胶。

在开炼机上薄通 → 放大辊距 → 出片停放。

1.5 性能测试

炭黑的氮吸附比表面积按照 GB/T 10722—2014 测试；炭黑的吸油值按照 GB/T 3780.2—2017；压缩吸油值按照 GB/T 3780.4—2017 测试；硫化特性按照 GB/T 9869—2014 测试，测试温度为 151 °C；门尼焦烧时间按照 GB/T 1233—2008 测试；门尼粘度按照 GB/T 1232.1—2016 测试；硬度按照 GB/T 531.1—2008 测试；撕裂强度按照 GB/T 529—2008 测试；拉伸性能按照 GB/T 528—2009 测试；DIN 磨耗按照 GB/T 9867—2008 测试；成品胎的耐久性能按照 GB/T 4501—2023 测试。

2 结果与讨论

2.1 理化性能

3 种炭黑的理化性能检测结果如表 1 所示。吸碘值常用来表征炭黑的比表面积和粒径的大小，吸碘值越大，比表面积越大，粒径越小。从表 1 可以看出，炭黑 N134 的比表面积最大，炭黑 V9HX1 的表面积最小，炭黑 N234 的比表面积介于炭黑 N134 和炭黑 V9HX1 之间。常用 DBP 吸油值法测定炭黑的结构度，DBP 吸油值表征炭黑一次结构和二次结构的总和，压缩样 DBP 吸油值接近炭黑的一次结构^[3]。炭黑 N134 和 N234 的 DBP 吸油值和压缩样 DBP 吸油值基本相当，炭黑 V9HX1 的 DBP 吸油值和压缩样 DBP 吸油值均高于炭黑 N134 和 N234。这表明，炭黑 N134 和 N234 的结构度差异不大，均低于炭黑 V9HX1。炭黑 N134 的着色强度最高，炭黑 N134 和 V9HX1 处于同一水平。

表 1 3 种炭黑理化性能

项目	N134	N234	V9HX1
吸碘值/(g·kg ⁻¹)	140	121	108
DBP 吸油值 × 10 ⁵ /(m ³ ·kg ⁻¹)	131	129	150
压缩样 DBP 吸油值 × 10 ⁵ /(m ³ ·kg ⁻¹)	98	98	110
着色强度	126	121	119

2.2 硫化特性

不同炭黑填充的混炼胶的流变性能见表 2。由表 2 可以看出，1[#] 和 3[#] 配方胶料的焦烧时间、门尼粘度和 ML 均相当，2[#] 配方胶料的焦烧时间略长、门尼粘度和 ML 偏低，这说明炭黑 N234 填充胶料的加工安全性和加工性能优于炭黑 N134 和炭黑 V9HX1 填充胶料。这可能是 3 种炭黑的比表面积和结构度的差

异所致。F_{max}-F_L 可以表征胶料的交联密度。炭黑 N234 和炭黑 V9HX1 填充胶料的交联密度相当，而炭黑 N134 填充胶料的交联密度最小。从理论上分析，炭黑 N134 比表面积大于炭黑 N234，结构度相当，炭黑 N134 表面的原子或原子团更多，补强性能更佳。由此可见，炭黑的补强性能除与自身的比表面积、结构度密切相关外，还受其在胶料中分散程度的影响。

表 2 混炼胶流变性能

编号	1 [#]	2 [#]	3 [#]
焦烧时间 t ₅ (127 °C) /min	14	17	14
M _L (1+4)100 °C	83	72	84
F _L (dN·m)	3.02	2.88	3.02
F _{max} (dN·m)	22.11	23.71	23.23
F _{max} -F _L (dN·m)	19.09	20.83	20.21
t ₅₁ /min	3.26	3.87	2.91
t ₅₂ /min	4.17	4.84	4.10
t ₁₀ /min	4.11	4.90	4.11
t ₃₀ /min	5.62	6.55	5.90
t ₅₀ /min	6.34	7.30	6.68
t ₆₀ /min	6.72	7.70	7.09
t ₉₀ /min	10.77	11.65	10.97
R ₉₇ /min	35.43	34.48	37.29

2.3 物理性能

对混炼胶进行硫化，硫化条件为：151 °C × 30 min，老化条件：100 °C × 48 h。分析比对 3 种炭黑填充胶料的物理性能。硫化胶老化前后的物理性能见表 3。

由表 3 可以看出，3 种炭黑填充胶料的硬度和扯断伸长率相当，1[#] 和 2[#] 配方胶料的拉伸强度和 300% 定伸应力一致，3[#] 配方胶料略高。炭黑 V9HX1 填充胶料具有较高的定伸应力，这是由于炭黑 V9HX1 具有高结构度，形成较多的吸留橡胶复合体，相对减小了橡胶的体积，因此在胶料中采用高结构度炭黑，橡胶弹性损失变大，但能提高胶料的定伸应力^[4]。与 1[#] 配方相比，老化前，2[#] 配方的磨耗指数相当，3[#] 配方的磨耗指数增大 10.6%。热氧老化后，与 1[#] 配方相比，2[#] 配方的磨耗指数增大 9.8%，3[#] 配方的磨耗指数增大 17.9%。分析认为，炭黑 N134 和炭黑 N234 吸油值相同，但炭黑 N134 比表面积和着色强度更高。从理论上讲，当炭黑 N134 的分散性与炭黑 N234 达到同一水平时，炭黑 N134 胶料的耐磨性能会优于炭黑 N234，但在本实验中，炭黑 N134 并无耐磨性能优势，可见在使用炭黑 N134 时，需要进一步优化混炼工艺，才能充分发挥其性能优势^[5]。阿克隆数据和 DIN 磨耗指数表现出相同的变化规律。从性能保持率上看，3[#] 配方胶料拉伸性能保持率最高，1[#] 配方胶料经过长时间高温老化后拉伸强度的降幅最大。

表 3 硫化胶物理性能

	1 [#]	2 [#]	3 [#]
硬度 / 邵氏 A	66	68	67
密度 / (g·cm ⁻³)	1.111	1.115	1.112
拉伸强度 /MPa	21.4	22.0	23.8
扯断伸长率 / %	384	384	367
10% 定伸应力 /MPa	0.7	0.8	0.8
50% 定伸应力 /MPa	1.8	2.1	2.2
100% 定伸应力 /MPa	3.3	4.1	4.3
300% 定伸应力 /MPa	15.3	16.2	18.3
撕裂强度 / (kN·m ⁻¹)	52	50	48
相对体积磨耗量 /mm ³	98	95	89
磨耗指数	151	156	167
100 °C ×48 h 老化后物理性能			
硬度 邵氏 A	69	70	69
拉伸强度 /MPa	16.0	17.5	19.4
扯断伸长率 / %	285	295	298
10% 定伸应力 /MPa	0.7	0.8	0.8
50% 定伸应力 /MPa	2.0	2.4	2.4
100% 定伸应力 /MPa	3.8	4.9	4.8
撕裂强度 / (kN·m ⁻¹)	44	43	40
相对体积磨耗量 /mm ³	120	110	102
磨耗指数	123	134	145
阿克隆磨耗体积 /cm ³	0.790	0.816	0.768
拉伸性能保持率 */%	55.5	61.1	66.2

注：* 拉伸性能保持率 = (老化后拉伸强度 × 老化后扯断伸长率) / (老化前拉伸强度 × 老化前扯断伸长率) × 100%。

2.4 动态力学性能

用 DMA 仪对硫化胶进行温度扫描。扫描条件为：应变 5%，频率 10 Hz，升温速率 3.0 K/min，温度范围：-30~80 °C。3 种炭黑填充胶料的损耗因子 (tanδ) 与温度关系曲线如图 1 所示，0 °C 和 60 °C 时 tanδ 数值如表 4 所示。

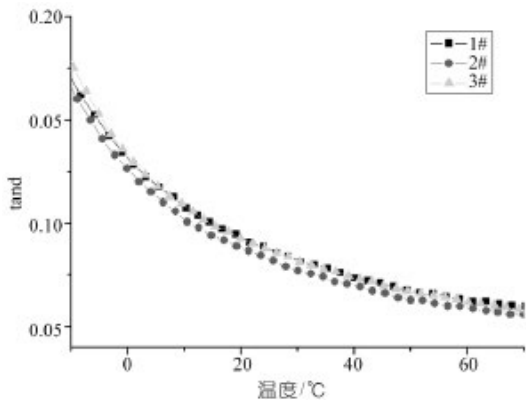


图 1 损耗因子与温度曲线关系

通常采用 0 °C 时的 tanδ 表征轮胎的抗湿滑性，0 °C 时的 tanδ 越大，轮胎抗湿滑性越好；采用 60 °C 时的 tanδ 表征轮胎的生热性能，60 °C 时的 tanδ 越小，胶料的滞后损失越小，轮胎生热越大。由图 1 和表 4 可知，1[#] 配方和 3[#] 配方的 0 °C 和 60 °C 时的 tanδ 数值均相当，说明炭黑 N134 和 V9HX1 填充胶料的抗湿滑性能和生热性能均在同一水平。2[#] 配方的 0 °C 时的 tanδ 数值比 1[#] 配方低 5.66%，比 3[#] 配方低 6.90%；2[#] 配方的 60 °C 时的 tanδ 数值比 1[#] 配方低 5.5%，比 3[#] 配方低 5.2%；说明炭黑 N134 填充胶料的抗湿滑性能不如炭黑 N134 和 V9HX1，而生热低于炭黑 N134 和 V9HX1。

表 4 0 °C 和 60 °C 时 tanδ 数值

	1 [#]	2 [#]	3 [#]
0 °C	0.134 3	0.126 7	0.136 1
60 °C	0.062 2	0.058 8	0.062 0

3 实验结论

在全钢载重子午线轮胎胎面胶配方中进行 3 种炭黑的实验：

(1) 炭黑 V9HX1 比表面积最小、结构度最高；炭黑 N134 比表面积最大；炭黑 N314 和 N234 的结构度相当。

(2) 炭黑 N234 填充胶料的加工安全性和加工性能优于炭黑 N134 和炭黑 V9HX1 填充胶料。

(3) 采用相同的混炼工艺，炭黑 N134 填充胶料的耐磨性能最差，生热性能和炭黑 V9HX1 相当；炭黑 N234 填充胶料的耐磨性能居中，生热最低；炭黑 V9HX1 的耐磨性能最好。因此可以根据对轮胎耐磨性能和生热性能的实际要求，合理选择不同品种的炭黑。

参考文献：

- [1] 王宏, 武勇, 王雪宁. 炭黑主要理化指标对胶料硫化特性的影响 [J]. 轮胎工业, 2011(31):37-40.
- [2] 朱永康. 炭黑粒径和结构对填充胶磨耗的影响 [J]. 现代橡胶技术, 2011(37):29-36.
- [3] 李再琴, 李安庆, 丁祥, 等. 不同种类炭黑在全钢载重子午线轮胎胎面胶中的应用研究 [J]. 橡胶科技, 2023,21(2) :69-73.
- [4] 方晓波, 廉杰, 罗吉良, 等. 炭黑品种对载重子午线轮胎胎面胶性能的影响 [J]. 轮胎工业, 2010,30(2):94-98.
- [5] 任夫云, 张世鑫, 鲁强. 不同品种炭黑在载重子午线轮胎胎面胶中的应用 [J]. 轮胎工业, 2020,40(12):735-737.

Research on the application of different types of carbon black in the tread rubber of all steel radial truck tires

Wang Nuan, Zhang Hangwei, Li Weige, Shen Chunhe

(Shaanxi Yanchang Petroleum (Group) Rubber Co. LTD., Xianyang 712000, Shaanxi, China)

Abstract: This article studies the application of three types of carbon black (N134, N234, and V9HX1) in the tread rubber of all steel radial truck tires. The results showed that the specific surface area of carbon black N134 was the largest, the processability of filled rubber compound was the same as that of carbon black N134, the wear resistance was the worst, and the heat generation performance was the same as that of carbon black V9HX1; The structural degree of carbon black N234 is equivalent to that of carbon black N134. The processing safety and processing performance of the filled rubber compound are the best, the wear resistance is in the middle, and the heat generation is the lowest; Carbon black V9HX1 has the smallest specific surface area, the highest structural degree, and the best abrasion resistance of filled rubber compound. The heat generation performance is equivalent to that of carbon black N134. Therefore, different types of carbon black can be reasonably selected based on the actual requirements for tire wear resistance and heat generation performance.

Key words: carbon black; specific surface area; structural degree; tread rubber; wear performance; heat generation performance

(R-03)

伊之密加速铸造技术壁垒，2024 年新增授权专利 49 项

Yizumi accelerated casting technical barriers and added 49 authorized patents in 2024

以科技创新塑造发展新动能新优势是大势所趋，也是目前众多制造业企业实现高质量发展的迫切要求。一直以来，伊之密就十分重视科技创新，而在近期其就连续取得了多项发明专利。

2024 年 12 月 30 日，国家知识产权局信息显示，伊之密股份有限公司取得一项名为“一种半固态镁合金注射成型机的高张力喷嘴头”的专利，授权公告号 CN 222221096 U。本实用新型涉及压铸机技术领域，并公开了一种半固态镁合金注射成型机的高张力喷嘴头，可避免浆料流延现象产生。

同日消息，伊之密取得了一项名为“压射关闭油路及压铸机”的专利，授权公告号 CN 222221099 U，专利摘要显示，本实用新型公开了一种压射关闭油路和压铸机，涉及压铸机压射技术领域，可有效提高工作效率。

据了解，今年以来，伊之密在注塑机、压铸机、橡胶机、机器人自动化系统以及半固态镁合金注射成型领域，已新增授权专利 49 项，其中发明 11 项（含 1 项美国发明）。而值得一提的是，在日前伊之密就又成功申请了一项名为“远程连接方法、装置、设备以及存储介质”的发明专利，专利号为 CN202411300468.2。该专利涉及工业控制技术领域，主要应用于服务器端，通过网关与控制器端进行高效通信。

分析人士认为，今年以来，伊之密在专利方面好消息不断，主要源于对其以创新驱动发展，为不断满足全球客户的新需求，一直在持续开发和推出新产品。受此影响，目前公司也涌现出了越来越多的创新项目和成果，并在多个应用领域取得了突破性进展。

实际上，创新不仅仅是技术的革新，更是人才的培养和成长。在人才方面，伊之密高度重视，并在这方面业进行了长期的投入、耐心的积累。如 2024 年 7 月 18~19 日，伊之密举办了首届科技节，并颁发了百万元现金重奖，以表彰在创新领域取得显著成绩的团队和个人。

未来，业内普遍认为，伊之密通过将涉及软件开发、硬件制造等多个技术领域的前沿技术应用于实际生产中，将显著提升产品的市场竞争力和占有率，为企业筑起更加坚实的技术壁垒。

摘编自“塑料机械网”

(R-03)