

丁腈橡胶 / 氯丁橡胶并用胶料性能的研究

曾凡伟¹, 宋浩宇², 常甲兵³

1. 山东锐巴新材料科技有限公司, 山东 临沂, 276400;
2. 山东省青岛第九中学, 山东 青岛, 266432;
3. 苏州华旌航天电器有限公司, 江苏 苏州, 215129)

摘要: 本文主要研究了丁腈橡胶 / 氯丁橡胶 (NBR/CR) 不同配比共混胶料的硫化特性、力学性能、耐老化性能、耐油性性能和耐含醇燃油性能, 结果表明: 随着 CR 含量的增加, NBR/CR 胶料的交联密度增大, 正硫化时间延长; 硬度, 拉伸强度、撕裂强度、100% 定伸应力和压缩永久变形都增加, 拉断伸长率有所下降; 耐老化性能有所下降; 耐油性性能略有下降, 但耐含醇燃油性能有所改善。

关键词: 丁腈橡胶; 氯丁橡胶; 力学性能; 耐油性; 耐含醇燃油性能

中图分类号: TQ330.44

文献标识码: B

文章编号: 1009-797X(2025)11-0036-04

DOI: 10.13520/j.cnki.rpte.2025.11.008

丁腈橡胶 (NBR) 分子结构中含有强极性 -CN 基团, 耐油性优异, 可广泛用于耐油密封制品, 其中汽车用密封件约占密封制品总消费量的 50%^[1]。其分子结构中的不饱和双键使得耐高温性、耐老化性及耐臭氧性不如饱和橡胶, 目前使用的含醇汽油使 NBR 溶胀严重, 耐油性大幅下降^[2-4]。氯丁橡胶 (CR) 具有良好的耐候、耐臭氧、耐火焰、耐老化、中等的耐油性能和耐多数化学介质性能。此外, CR 还具有良好的物理机械性能、良好的弹性和较高的耐磨性能^[5]。目前橡胶的并用及共混是国内外橡胶工业研究开发的热点, 橡胶并用可以使二者性能优势互补, 得到高性价比的高性能胶料, 因此研究 NBR/CR 并用胶料的特性具有重要的现实意义。

1 实验部分

1.1 原材料

NBR, 牌号 1052, 丙烯腈质量分数 33%, 台湾南帝化学工业股份有限公司; CR, WRT, 美国杜邦公司产; 炭黑 N550, 欧励友工程炭 (青岛) 有限公司; 防护蜡 RW254、促进剂和硫化剂等预分散助剂, 由江苏锐巴新材料科技有限公司提供; 其他助剂均为橡胶工业常用工业级原材料, 由上海锐巴新材料科技有限公司提供。

1.2 主要仪器和设备

开炼机, X(S)K-160, 上海双翼橡塑机械有限公

司; 无转子硫化仪, GT-M2000-A, 台湾高铁科技股份有限公司; AI-7000S 型电子拉力机, 台湾高铁公司; 电热式平板硫化机, HS100T-FTMO-90, 佳鑫电子设备科技有限公司。

1.3 试验配方

NBR/CR 并用配方设计见表 1, 配方中出现的数

表 1 配方编号

配方编号	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]
NBR	100	75	50	25	0
CR	0	25	50	75	100
氧化锌	5	5	5	5	5
氧化镁 150GT	0	1	2	3	4
TMTD-80GE	2.5	1.5	1	0.5	0
CBS-80GE	2.5	1.5	1	0.5	0
ETU-80GE	0	0.125	0.25	0.375	0.5
S-80GE	0.5	0.375	0.25	0.125	0

配方其他组分为: 硬脂酸 1.5, 防护蜡 RW254 1.5, 炭黑 N550 50, 防老剂 RD 1.5, 防老剂 MB 1.5。

1.4 性能测试

耐含醇燃油性试验: 浸泡液体为体积分数 90% 的无铅汽油与体积分数 10% 的无水乙醇混合物, 试验条件为室温, 浸泡 24 h 后取出, 自然风干至质量恒定后, 测其性能; 其他各项性能均按相应最新国家标准测试, 其中, 压缩永久变形性能的测试, 采用 B 型试样, 压

作者简介: 曾凡伟 (1986-), 男, 高级工程师, 硕士, 从事橡胶助剂及橡胶配方的研发和技术服务工作。

缩率 25%，经 120 °C × 24 h 热空气环境处理。

2 结果与讨论

2.1 NBR/CR 并用比例对硫化特性的影响

表 2 为硫化仪 170 °C × 30 min 条件下测得的硫化特性数据，随着 CR 含量的增加，NBR/CR 并用胶料的焦烧时间变化不大，正硫化时间有所延长， $M_H - M_L$ 的值明显增大，交联程度增大。本实验配方设计中，NBR 相硫化体系选用耐热较好的低硫高促的有效硫化体系，硫磺用量 0.5 质量份，硫化的交联密度相对较低，扭矩较低；CR 相选用综合性能优异的金属氧化物硫化体系，该硫化体系的反应机理属于“模量渐增”型，即：随着硫化时间的延长，模量会渐渐增加，这有利于加深交联程度增大扭矩，因此随着 CR 相含量的增加， M_L 、 M_H 、 $(M_H - M_L)$ 的值明显增大，同时也延长了正硫化的时间。

表 2 硫化特性数据

配方编号	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]
M_L/dNm	1.25	1.48	1.56	1.93	2.02
M_H/dNm	12.2	13.97	13.98	15.61	19.55
$(M_H - M_L)/dNm$	10.95	12.49	12.42	13.68	17.53
T_{s1}/S	36	37	42	44	26
T_{c90}/S	281	138	229	357	386

2.2 NBR/CR 并用比例对机械性能的影响

硫化胶的机械性能如图 1~ 图 3 所示，由此可以看出：随 CR 并用比例的增加硫化胶的拉伸强度、撕裂强度、硬度、100% 定伸应力及压缩永久变形呈增大趋势，拉断伸长率有大幅度下降。

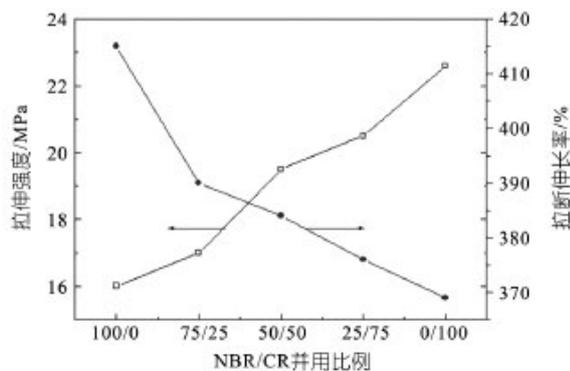


图 1 NBR/CR 拉伸强度与拉断伸长率

这主要是由于 NBR 相的硫化程度较低，而 CR 相的“模量渐增”型硫化机理交联程度较高引起的。

2.3 NBR/CR 并用比例对胶料耐老化性能的影响

经过 120 °C × 72 h 热空气老化后，随 CR 在并用

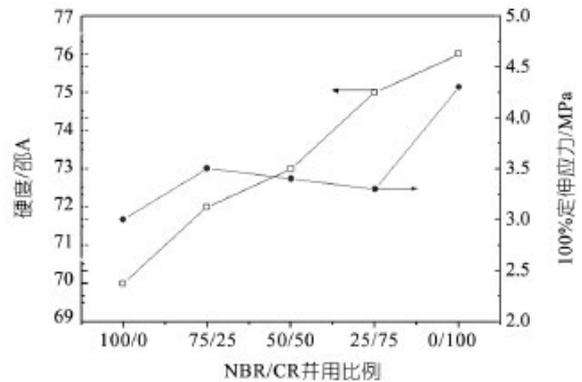


图 2 NBR/CR100% 定伸应力与硬度

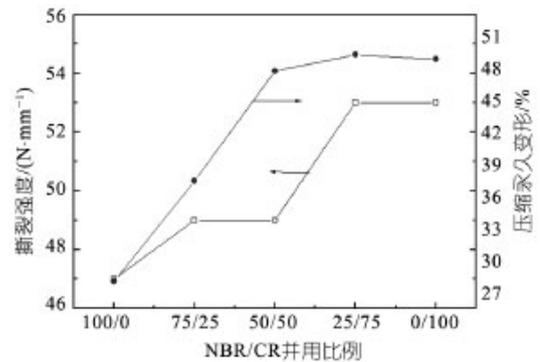
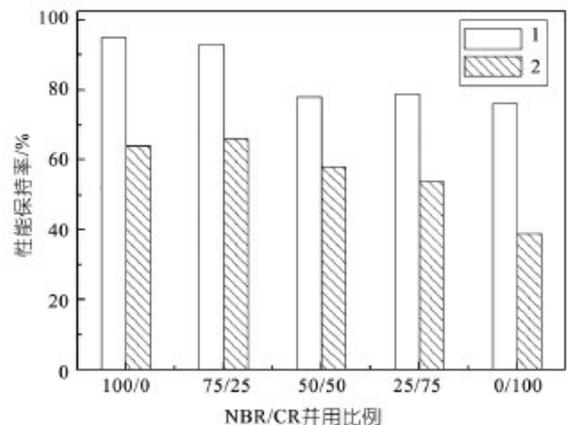


图 3 NBR/CR 撕裂强度与压缩永久变形 (120 °C × 24 h)

胶中比例的增加，拉伸强度和拉断伸长率的性能保持率都呈下降趋势。根据橡胶的耐热等级，低硫高促硫化体系的 NBR 硫化胶耐热性能优异，明显优于金属氧化物硫化的硫调型 CR 硫化胶，因此随着 CR 相的增加，并用胶料的耐热性能下降，同时 CR 的“模量渐增”硫化机理，在热空气中会有进一步的交联反应，也是造成拉断伸长率下降的重要原因。



1—拉伸强度性能保持率；2—拉断伸长率性能保持率

图 4 NBR/CR 并用胶的耐老化性能 (120 °C × 72 h)

2.4 NBR/CR 并用比例对胶料耐 ASTM 标准油性能的影响

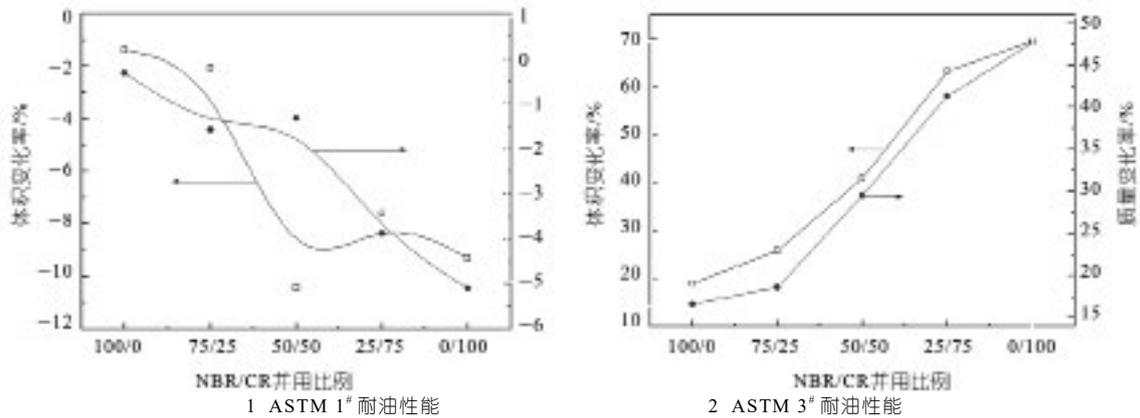
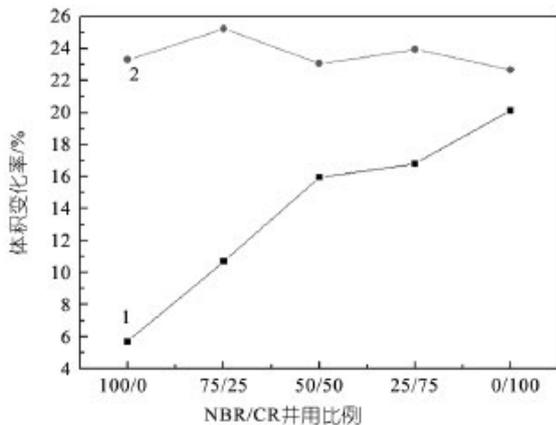


图5 NBR/CR 并用胶的耐 ASTM 标准油性能 (100 °C × 72 h)

并用胶在 ASTM 1# 和 3# 标准油实验后质量和体积变化率可以看出：随 CR 比例的增加，NBR/CR 并用胶对 ASTM 标准油的抗耐性下降，体积变化率和质量变化率的数值都呈增大的趋势。随 CR 比例的增加，并用胶对 ASTM 1# 的耐抽出性能下降，CR 比例在 50 份以内时，体积变化率和质量变化率都较小，但是 CR 超过 50 份时，体积变化率和质量变化率都明显增大；随着 CR 比例的增加，并用胶对 ASTM 3# 的耐溶胀性能下降，体积变化率和质量变化率都明显增大。CR 比 NBR 的极性小，耐油性能差，随 CR 比例的增加，NBR 的耐油性能也会随之下降。

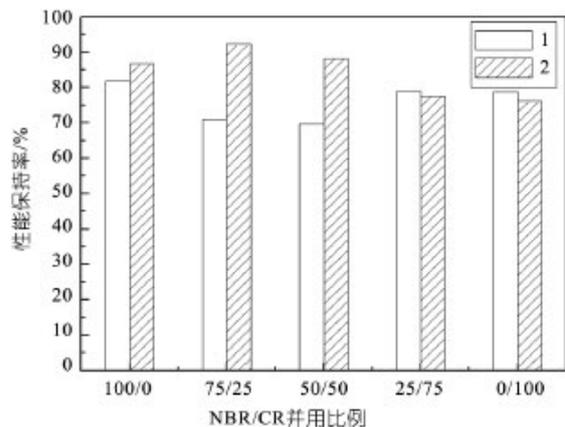
2.5 NBR/CR 并用比例对胶料耐汽油与耐含醇汽油性能的影响



1—汽油实验体积变化率；2—乙醇汽油实验体积变化率
图6 NBR/CR 并用胶的耐油性能 (室温 × 72 h)

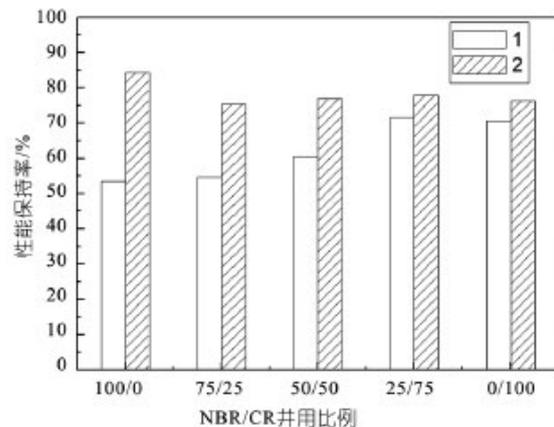
NBR/CR 并用胶的耐汽油性能和耐含乙醇汽油性能的体积变化率可看出，在汽油实验中，随着 CR 用量的增加，并用胶的体积变化率呈增大趋势，说明加入 CR 降低了 NBR 的耐汽油性能；在乙醇汽油实验中，

随着 CR 用量的增加，并用胶的体积变化率略有下降，说明加入 CR 能够略微改善 NBR 的耐乙醇汽油性能。



1—拉伸强度性能保持率；2—拉断伸长率性能保持率

图7 NBR/CR 并用胶的耐汽油试验 (室温 × 72 h)



1—拉伸强度性能保持率；2—拉断伸长率性能保持率

图8 NBR/CR 并用胶的耐乙醇汽油试验 (室温 × 72 h)

NBR/CR 并用胶的耐汽油试验，可以看出并用胶料的拉伸强度和拉断伸长率的性能保持率变化不大，说明 CR 并用后仍然较好的保持了 NBR 的耐油性能；

NBR/CR 并用胶的耐乙醇汽油试验,可以看出并用胶料的拉断伸长率的性能保持率变化很小,拉伸强度的性能保持率有所增加,也说明了说明 CR 并用后能提高 NBR 的耐乙醇汽油性能。

产生上述实验结果的原因是, NBR 中的—CN 基团和 CR 中的—Cl 基团都是极性基团, —CN 基团的极性大于—Cl 基团。因此, NBR 的分子间作用力较大, 内聚能密度高, 不易受到非极性油类物质的溶胀而破坏, 表现出了较好的耐汽油性能; 其次, —CN 基团的极性与乙醇的溶解度参数相近, 与乙醇分子产生的溶剂化作用较强, 因此 NBR 比 CR 更容易被乙醇溶胀, 其用量下降后被乙醇分子溶胀较大的基团部分减少, 耐含乙醇汽油的性能增强。

3 结论

(1) 随 CR 并用比例的增加, NBR/CR 并用胶料的交联程度增大, 焦烧时间变化不大, 正硫化时间有所延长。

(2) 随 CR 并用比例的增加, NBR/CR 硫化胶的

拉伸强度、撕裂强度、硬度、100% 定伸应力及压缩永久变形呈增大趋势, 拉断伸长率有大幅度下降。

(3) 随 CR 并用比例的增加, NBR/CR 硫化胶的耐老化性能下降。

(4) 随 CR 并用比例的增加, NBR/CR 硫化胶耐 ASTM 1# 和 3# 标准油性能下降。

(5) 随 CR 并用比例的增加, NBR/CR 硫化胶耐汽油性能略有下降, 但耐乙醇汽油性能略有增加。

参考文献:

- [1] 朱景芬. 世界合成橡胶产品现状及发展趋势 [J]. 橡胶工业, 2002,49(9):563-567.
- [2] 张茂荣. NBR 耐油密封制品胶料的研制 [J]. 橡胶工业, 1999,46(2):92-93.
- [3] 赵志正译. 丁腈橡胶耐油性的提高 [J]. 橡胶参考资料, 2001,31(3):42-46.
- [4] 肖建斌, 曾凡伟. NBR/CM 并用胶性能的研究 [J]. 特种橡胶制品, 2011,32(3):30-33.
- [5] 骆瑞静编译. 氯丁橡胶 (Baypren) 的性能、加工及其应用 [J]. 橡胶参考资料, 2009,39(1):47-55.

Study on the properties of nitrile rubber/chloroprene rubber blends

Zeng Fanwei¹, Song Haoyu², Chang Jiabing³

- (1. Shandong Ruiba New Material Technology Co. LTD., Linyi 276400, Shandong, China;
2. Qingdao No.9 High School, Qingdao 266432, Shandong, China;
3. Suzhou Huazhan Aerospace Electric Appliance Co. LTD., Suzhou 215129, Jiangsu, China)

Abstract: This article primarily investigates the vulcanization characteristics, mechanical properties, aging resistance, oil resistance, and alcohol-containing fuel resistance of nitrile rubber/chloroprene rubber (NBR/CR) blends with different ratios. The results indicate that as the CR Content increases, the crosslinking density of the NBR/CR compound increases, and the optimal vulcanization time prolongs; hardness, tensile strength, tear strength, 100% tensile modulus, and compression set all increase, while the elongation at break decreases; aging resistance decreases; oil resistance slightly decreases, but alcohol-containing fuel resistance improves.

Key words: nitrile rubber; chloroprene rubber; mechanical properties; oil resistance; resistance to fuel containing alcohol

(R-03)

