

# ANBR3305 与 NBR40H 性能对比研究

张保岗<sup>1\*</sup>, 高志兴<sup>2</sup>, 刘晓<sup>3</sup>, 张路晨<sup>1</sup>, 冯晓萌<sup>3</sup>

(1. 青岛科技大学高性能聚合物及成型技术教育部工程研究中心, 山东 青岛 266042;

2. 中国石油天然气股份有限公司兰州石化分公司, 甘肃 兰州 730060;

3. 青岛海晟泰材料有限公司, 山东 青岛 266000)

**摘要**: 本文主要对比研究了兰化中丙烯腈的冷法软聚丁腈橡胶 ANBR3305 与高丙烯腈、高凝胶含量的热法硬聚丁腈 NBR40H 的微观结构、物理机械性能和加工性能, 结果表明: ANBR3305 的耐油性、低温性能较好、耐热性好, 且平衡了耐寒、耐油性, 可继续研究其耐热性能, 用于一般的密封、胶管产品。NBR40H 的常温力学性能较好, 可能是由于其凝胶含量高, 有利于其常温力学性能, 且耐油性好, 耐寒性、弹性差, 可继续研究其综合性能, 用于油等苛刻的环境中。

**关键词**: 丁腈橡胶; 丙烯腈; 冷法软聚; 热法硬聚; 耐热氧化老化

**引用论文**: 张保岗, 高志兴, 刘晓, 等. ANBR3305 与 NBR40H 性能对比研究 [J]. 橡塑技术与装备, 2026, 52(10):53-56.

**中图分类号**: TQ330.46

**文章编号**: 1009-797X(2026)10-0053-04

**文献标识码**: B

DOI:10.13520/j.cnki.rpte.2026.10.010

丁腈橡胶 (NBR) 是一种应用广泛的合成橡胶, 其分子链中含有的极性丙烯腈基团, 使得 NBR 的耐非极性介质性能十分优异, 被广泛应用于耐油胶管、胶带、O 型圈、油封、汽车密封件等领域<sup>[1-2]</sup>。

新型耐热型丁腈橡胶 ANBR3305 是在冷法聚合阶段引入反应型防老剂 NAPM, 得到功能性橡胶, 防老剂不会因油、溶剂和热的作用从制品中损失掉, 从而起到延长丁腈橡胶使用寿命的作用。而新型热法丁腈橡胶 NBR40H 是通过热法聚合得到的, 且采用了环保乳化体系。即助剂环保化替代开发出了新型热法聚合高结合丙烯腈量丁腈橡胶<sup>[3]</sup>。

本研究主要从生胶微观结构、胶料物理机械性能、耐热氧化性能、耐油性能等方面对丁腈橡胶 ANBR3305 和 NBR40H 进行对比, 为丁腈橡胶的实际工况应用提供参考。

## 1 实验部分

### 1.1 主要原材料

ANBR3305, NBR40H, 中国石油兰州石化公司产品; 炭黑 N330、N550、氧化锌、硬脂酸、硫化剂、防老剂、增塑剂均为市售橡胶工业常用助剂材料。

### 1.2 试验配方

(1) 标准试验配方 (质量份):

NBR, 100; ZnO, 3; S, 1.5; SA, 1; N330, 40;

TBBS, 0.7。

(2) 硫化体系配方 (质量份):

NBR, 100; ZnO, 3; SA, 1; N330, 20; N550, 30; RD, 2; 4010NA, 1.5; DOA, 15。

硫磺硫化体系: S, 0.6, TMTD, 1; CZ, 1.5; 过氧化物硫化体系: DCP, 1.5; TAIC, 1.5; M11: ANBR3305+ 硫磺硫化体系; M12: ANBR3305+ 过氧化物硫化体系; M21: NBR40H+ 硫磺硫化体系; M22: NBR40H+ 过氧化物硫化体系。

### 1.3 主要仪器设备

转矩流变仪, Rheomix 3000 型, 德国哈克公司产品; 橡胶加工分析 (RPA) 仪, RPA2000, 美国 TA 公司产品; 开炼机, X(S)K-160 型, 上海双翼橡塑机械有限公司产品; 平板硫化机, XLB-D, 浙江湖州东方机械有限公司产品; GT-7040-1 型恒温油槽、GT-7017-URP 型热空气老化箱、GT-7080S2 型门尼黏度仪和 GT-TCS-2000 型拉力试验机, 高铁检测仪器有限公司产品。

### 1.4 试样制备

混炼胶的制备: 启动开炼机, NBR 生胶, 包辊后,

**作者简介**: 张保岗 (1988-), 男, 博士研究生, 高级工程师, 主要研究方向为高分子材料工程化与性能化。

**基金项目**: 先进橡胶材料教育部重点实验室开放课题基金资助项目 (项目编号: XJCL2025007)

\* 为通讯作者

在堆积胶上加入氧化锌、硬脂酸等基础配方成分，待吃粉完成，依次加入炭黑、增塑剂、防老剂、促进剂，最后加入硫化体系；左右进刀切割、混炼均匀，调整辊距 2~3 mm，先后薄通、打三角包 6 次；打卷下片得混炼胶。

混炼胶在室温下静置 16 h 以上，将制得的混炼胶放置平板硫化仪上硫化，温度 170 °C，压力 10 MPa，时间为  $t_{90}+2$  min。

## 1.5 性能测试

(1) 硫化胶拉伸强度：按照 GB/T 528—2009《硫化橡胶或热塑性橡胶 拉伸应力应变性能的测定》进行测试；

(2) 耐热氧性能：按照 GB/T 3512—2014《硫化橡胶或热塑性橡胶 热空气加速老化和耐热试验》进行，测试条件为 100 °C ×24 h，125 °C ×24 h；

(3) 耐油性能：按照 GB/T 1690—2006《硫化橡胶或热塑性橡胶耐液体试验方法》进行测试，测试条件为 15# 液压油，120 °C ×24 h；

(4) 压缩永久变形性能：按 GB/T 7759.1—2015《硫化橡胶或热塑性橡胶 压缩永久变形测定 第 1 部分：在常温及高温条件下》进行测试，测试条件为 100 °C ×24 h、125 °C ×24 h。

## 2 结果与讨论

### 2.1 生胶微观性能

#### 2.1.1 生胶序列结构及相对含量

观察表 1 数据，两种生胶的分子链主要由 BBB、BBA、ABA、BAB 序列结构组成，丙烯腈含量相差较大，这与胶料的牌号相一致，说明 ANBR3305 属于中丙烯腈含量丁腈橡胶，NBR40H 属于高丙烯腈含量丁腈橡胶。此外，ANBR3305 的 BBB 含量高于 NBR40H 的 BBB 含量，说明 ANBR3305 的分子链柔顺性较好<sup>[4]</sup>。

表 1 两种 NBR 的生胶序列结构及相对含量

| 项目         | ANBR3305 | NBR40H |
|------------|----------|--------|
| BBB        | 34.7     | 22.2   |
| BBA        | 11.4     | 10.2   |
| ABA        | 32.8     | 38.9   |
| BAB        | 21.1     | 25.0   |
| 结合丙烯腈含量 /% | 34.9     | 41.4   |

#### 2.1.2 凝胶含量、玻璃化转变温度

由表 2 可以看出，ANBR3305 的凝胶含量较低，NBR40H 的凝胶含量较高。说明热法聚合丁腈橡胶过程中，反应初期，聚合温度升高，分子链交联概率增

大、引发剂分解速度快、反应体系中自由基浓度增加，导致生胶凝胶含量逐渐升高；反应后期（如转化率超过 60% 后），高温加剧分子链支化交联，形成更多三维网络结构，凝胶含量快速上升<sup>[5]</sup>。

表 2 生胶的凝胶含量、玻璃化转变温度

| 项目                 | ANBR3305 | NBR40H |
|--------------------|----------|--------|
| 凝胶含量 /%            | 4.1      | 83.1   |
| T <sub>g</sub> /°C | -25.63   | -17.78 |

ANBR3305 的玻璃化转变温度较低，NBR40H 的玻璃化转变温度较高，说明 ANBR3305 的分子链柔顺性更好。这与生胶凝胶含量结果、序列结构 BBB 含量相一致。

### 2.2 混炼胶的加工性能、硫化特性

两种丁腈橡胶门尼黏度、硫化特性和物理机械性能，如表 3 所示。

表 3 丁腈橡胶门尼黏度、硫化特性和物理机械性能

| 项目                         | ANBR3305 | NBR40H   |
|----------------------------|----------|----------|
| LM Mooney (生胶)             | 47       | 95       |
| LM Mooney (混炼胶)            | 61       | 116      |
| $\Delta LM$                | 14       | 21       |
| $Rlx a$                    | -0.446 3 | -0.297 7 |
| $Rlx A$                    | 644.37   | 1 629.5  |
| $F_L/(dN \cdot m)$         | 2.73     | 1.80     |
| $F_{max}/(dN \cdot m)$     | 17.63    | 15.88    |
| $F_{max}-F_L/(dN \cdot m)$ | 14.90    | 14.08    |
| $t_{10}/min$               | 1.59     | 1.93     |
| $t_{90}/min$               | 8.51     | 7.16     |
| 邵尔 A 型硬度 / 度               | 71       | 64       |
| 拉伸强度 /MPa                  | 17.2     | 18.7     |
| 拉断伸长率 /%                   | 252      | 360      |
| 100% 定伸应力 /MPa             | 6.0      | 3.1      |

由表 3 可以看出，两种丁腈橡胶的门尼黏度相差较大，其中 ANBR3305 的门尼、 $Rlx a$  和  $Rlx A$  值较小，加工性能较好；NBR40H 的门尼黏度、 $\Delta LM$  较高，加工性能较差，这与表 2 中 NBR40H 凝胶含量较大相一致。两种标准配方丁腈橡胶混炼胶的  $t_{c10}$  短，说明其加工安全性差； $F_{max}-F_L/dNm$  的值能一定程度上反映硫化胶的交联程度，由表 3 可以看出，两种丁腈橡胶的交联程度相差不大。

两种硫化胶的拉伸强度相差不大，ANBR3305 的 100% 定伸应力较大，说明冷法聚合得到的丁腈橡胶结构规整度高，分子间作用力强。

### 2.3 不同硫化体系胶料的性能

由表 4 可以看出，M11、M21 的常温物理机械性能较优，即硫磺硫化体系相较于过氧化物硫化体系，更有利于胶料的常温物理机械性能。这与表 3 中胶料

的硫化特性相吻合：M11 和 M21 的交联程度较大，在拉伸强度、硬度方面，M21 优于 M11、M22 优于 M12，说明 NBR40H 的常温力学性能较好，可能是因其凝胶含量高，有利于其常温力学性能。

100 ℃ ×24 h 热空气老化后，各胶料的硬度变

化 < 10，M12、M22 胶料的老化综合性能较好，且 M12 最优，说明该老化条件下，过氧化物硫化体系胶料，体现出的老化性能较好；ANBR3305+ 过氧化物硫化体系，老化性能最好。

表 4 不同硫化体系硫化胶性能对比

| 项目                      | M11   | M12   | M21   | M22   |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|
| 邵尔 A 型硬度 / 度            | 58    | 46    | 59    | 50    |
| 拉伸强度 /MPa               | 14.1  | 7.0   | 16.7  | 10.2  |
| 拉断伸长率 /%                | 510   | 804   | 390   | 621   |
| 100% 定伸应力 /MPa          | 1.8   | 0.7   | 3.5   | 1.1   |
| 100 ℃ ×24 h 热空气老化       |       |       |       |       |
| 硬度变化 / 度                | +8    | +7    | +9    | +5    |
| 拉伸强度变化率 /%              | -24.1 | 4.4   | -6.0  | 17.6  |
| 拉断伸长率变化率 /%             | -47.5 | -2.6  | -45.6 | 1.0   |
| 125 ℃ ×24 h 热空气老化       |       |       |       |       |
| 硬度变化 / 度                | +10   | +11   | +12   | +15   |
| 拉伸强度变化率 /%              | -3.5  | 50.0  | -5.4  | 43.1  |
| 拉断伸长率变化率 /%             | -52.0 | -17.0 | -53.8 | -15.0 |
| 压缩永久变形                  |       |       |       |       |
| 100 ℃ ×24 h 压缩永久变形 /%   | 33    | 42    | 27    | 37    |
| 125 ℃ ×24 h 压缩永久变形 /%   | 41    | 49    | 37    | 40    |
| 耐油性 (120 ℃ ×24 h 15# 油) |       |       |       |       |
| 硬度变化 / 度                | +10   | +14   | +14   | +16   |
| 拉伸强度变化率 /%              | -10.2 | 31.1  | -4.3  | 41.0  |
| 拉断伸长率变化率 /%             | -49.3 | -12.7 | -47.5 | -7.2  |
| 耐油体积膨胀率 /%              | -5.4  | -3.5  | -8.1  | -8.7  |
| 低温性能                    |       |       |       |       |
| 压缩耐寒系数 (-30 ℃)          | 38    | 42    | 2.5   | 6.5   |

125 ℃ ×24 h 热空气老化后，各胶料的硬度变化 ≥ 10，M11、M21 胶料的老化拉伸强度变化率较低，说明该条件下，就胶料的老化后的拉伸强度性能而言，硫磺硫化体系影响优于过氧化物硫化体系；

100 ℃ ×24 h 压缩永久变形、125 ℃ ×24 h 压缩永久变形，M11 优于 M12、M21 优于 M22，说明就胶料的压缩永久变形而言，硫磺硫化体系的影响优于过氧化物硫化体系的影响。

各胶料的耐油后硬度变化，M11=10，其余均 > 10；拉伸强度变化，M11、M21 较优。拉断伸长率变化，M12、M22 较优。各胶料的耐油体积膨胀率，均较小，M11 和 M12 较优，说明 ANBR3305 的耐油性能较优。

M11、M12 的压缩耐寒系数较大，即 ANBR3305 的低温性能较好。

3 结论

(1) ANBR3305 的 BBB 含量较高，玻璃化转变温度较低。

(2) NBR40H 凝胶含量较高，加工性能较差。

(3) 两种硫化胶的拉伸强度相差不大，

ANBR3305 的 100% 定伸应力较大，说明冷法聚合得到的丁腈橡胶结构规整度高，分子间作用力强。

(4) NBR40H 的常温力学性能较好，可能是因其凝胶含量高，有利于其常温力学性能。

(5) 100 ℃ ×24 h 热空气老化，过氧化物硫化体系更有利于胶料的老化性能；125 ℃ ×24 h 热空气老化，硫磺硫化体系更有利于胶料的拉伸强度保持。

(6) 100 ℃ ×24 h 压缩永久变形、125 ℃ ×24 h 压缩永久变形，硫磺硫化体系的影响优于过氧化物硫化体系。

(7) ANBR3305 的耐油性能、低温性能较优。

参考文献：

[1] 卜金迎, 孙广聚, 杜爱华. 硫化体系对丁腈橡胶压缩性能的影响 [J]. 特种橡胶制品, 2025,46(6):18-22.

[2] 徐胜强, 葛亚奇, 朱晓东, 等. 填料类型对丁腈橡胶基复合材料性能的影响 [J]. 弹性体, 2025,35(6):42-49.

[3] 徐斌, 张海毅, 范永将. 热法聚合丁腈橡胶 40H 与 3604 结构和性能对比 [J]. 合成橡胶工业, 2024,47(6):476-479.

[4] 郭雪, 郑浩帅, 马迎荷. 高腈橡胶序列结构与加工硫化特性 [J]. 高分子材料科学与工程, 2023,39(10):113-118.

[5] 于奎, 朱晶, 杨海江. 羧基丁腈橡胶合成过程中凝胶生成的主要影响因素 [J]. 合成橡胶工业, 2016,39(4):257-259.

## Comparative study on the performance of ANBR3305 and NBR40H

Zhang Baogang<sup>1\*</sup>, Gao Zhixing<sup>2</sup>, Liu Xiao<sup>3</sup>, Zhang Luchen<sup>1</sup>, Feng Xiaomeng<sup>3</sup>

(1. Engineering Research Center for High-Performance Polymers and Molding Technology, Ministry of Education, Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266042, Shandong, China;

2. PetroChina Company Limited Lanzhou Petrochemical Branch, Lanzhou 730060, Gansu, China;

3. Qingdao Haishengtai Materials Co. LTD., Qingdao 266000, Shandong, China)

**Abstract:** This article primarily compares the microstructure, physical and mechanical properties, and processing performance of ANBR3305, a cold-process soft polybutadiene rubber with medium acrylonitrile content from Lanzhou Petrochemical Company, and NBR40H, a hot-process hard polybutadiene rubber with high acrylonitrile and gel content. The results indicate that ANBR3305 exhibits superior oil resistance, low-temperature performance, and good heat resistance, while maintaining a balance between cold resistance and oil resistance. Its heat resistance can be further studied for applications in general sealing and hose products. NBR40H demonstrates good mechanical properties at room temperature, possibly due to its high gel content, which benefits its mechanical properties at room temperature. It also exhibits good oil resistance, but poor cold resistance and elasticity. Its comprehensive performance can be further studied for applications in harsh environments such as oil.

**Key words:** nitrile rubber; acrylonitrile; cold soft polymerization; hot hard polymerization; heat-resistant oxygen aging resistance

(R-03)

## 大陆集团工业轮胎产能从德国转移至亚太

Continental Group's industrial tire production capacity is transferred from Germany to Asia-Pacific

近日，大陆集团决定将实心工业轮胎的生产从其德国 Korbach 工厂逐步迁至亚太地区。

大陆集团表示，在其全球生产网络中，位于斯里兰卡 Kalutara 和马来西亚 Petaling Jaya 的工厂将承接这部分生产任务。与此同时，Korbach 工厂将继续生产乘用车轮胎和两轮轮胎。

大陆集团在给 ERJ 的声明中解释道：“做出这一决定，是公司针对工业轮胎板块多年来持续存在的产能利用率不足，以及显著的成本压力所采取的应对措施。”

公司表示，此次业务重整预计将增强大陆集团全球轮胎业务的长期竞争力。

据大陆集团透露，产能转移将于今年启动，预计 2029 年年中完成。过渡期的安排也旨在为工厂 140 名受影响的员工提供新的职业发展机会。

大陆集团强调，Korbach 工厂在其全球生产网络中仍占据重要地位，轮胎板块员工约 2 400 人。除乘用车和轻型商用车轮胎外，Korbach 工厂还生产摩托车轮胎和自行车轮胎。

摘编自“中国轮胎商务网”

(R-03)

