

新型防老剂 Naugard 445 用量对三元乙丙橡胶共混胶性能的影响

徐颖淑¹, 温艳蓉^{1,2}, 陈梦寒¹, 杨子凡¹, 贾红兵^{1*}

(1. 南京理工大学化学化工学院, 江苏 南京 210094;
2. 常州朗博密封科技股份有限公司, 江苏 常州 213200)

摘要: 为进一步提高新能源汽车发动机密封圈的使用性能, 以 4,4'-二(苯基异丙基)二苯胺(Naugard 445)和 2-硫醇基甲基苯并咪唑锌盐(Vulkanox ZMB2)并用作为防老剂, 系统研究了防老剂 Naugard 445 用量对三元乙丙橡胶共混胶物理机械性能、热氧老化性能、动态力学性能和热稳定性的影响。结果表明: 与空白胶相比, Naugard 445 和 Vulkanox ZMB2 并用能大大提高三元乙丙橡胶硫化胶的耐老化性能, 随着防老剂 Naugard 445 用量的增加, 压缩永久变形增大。当防老剂 Naugard 445 用量为 0.2 份时, 三元乙丙橡胶共混硫化胶的物理机械性能、耐高温老化性能和压缩永久变形性能最优, 达到新能源汽车密封圈性能的要求。

关键词: 乙丙橡胶; 共混; 防老剂 Naugard 445

中图分类号: TQ334.4

文献标识码: B

文章编号: 1009-797X(2024)09-0038-07

DOI: 10.13520/j.cnki.rpte.2024.09.009

0 引言

橡胶老化^[1]是硫化橡胶(包括橡胶制品)在储存、运输, 或加工、使用过程中, 由于受到内外因素的综合作用和影响, 引起橡胶的组成和结构的破坏, 使其逐步失去原有的优良性能, 甚至丧失使用价值的现象^[2]。其中, 乙丙橡胶主要是以乙烯和丙烯为单体的共聚物^[12], 其主链由化学稳定的饱和烃组成, 故耐臭氧老化性能、耐热老化性能和耐候性能优异, 但在更高温度下, 其机械强度低、压缩永久变形大、加工性差^[3]。因此研制性能优异的耐高温乙丙橡胶密封圈材料迫在眉睫。防老剂是提高乙丙橡胶防老化性能的重要方法^[4]。张作鑫^[5]等研究了不同防老剂并用种类对 EPDM 共混胶耐老化性能的影响。发现老化后, 加入防老剂 4,4'-二(苯基异丙基)二苯胺/苯乙烯化二苯胺(445/DDA)和防老剂 2,2'-亚甲基双(4-甲基-6-叔丁基苯酚)/2-巯基苯并咪唑(2246/MB)的扯断伸长率较高, 综合看防老剂 2246/MB 和防老剂 445/DDA 两者并用效果较好。谢复霞^[6]等研究发现防老剂 N-异丙基-N'-苯基对苯二胺(4010NA)和 2,2,4-三甲基-1,2-二氢化喹啉聚合体(RD)并用对三元乙丙橡胶具有较好的耐热氧老化性能。陈龙^[7]等系统研究了 N-4(苯胺基苯基)甲基丙烯酰胺

(NAPM)的防老化效果与三元乙丙橡胶结构之间的关系; 结果表明 NAPM 对乙烯基降冰片烯(VNB)型的 EPDM 和亚乙烯基降冰片烯(ENB)型 EPDM 的老化效果不同, VNB 型比 ENB 型具有更快的硫化速度和更高的硫化程度, 硫化胶也表现出更好的耐高温老化性能和更低的压缩永久变形。

为进一步提高新能源汽车发动机密封圈的使用性能, 本文采用新型防老剂 4,4'-二(苯基异丙基)二苯胺(Naugard 445)和 2-硫醇基甲基苯并咪唑锌盐(Vulkanox ZMB2)并用提高乙丙橡胶的防老化性能, 系统研究了防老剂 Naugard 445 的用量对乙丙橡胶共混胶物理机械性能、热氧老化性能、动态力学性能和热稳定性的影响。

1 实验部分

1.1 原材料

二元乙丙橡胶(EPM, 牌号 Dutral LCO 054), 意大利公司产品; 三元乙丙橡胶(EPDM, 牌号

作者简介: 徐颖淑(2001-), 女, 硕士, 主要从事高分子材料的改性研究。

* 为通讯联系人

收稿日期: 2023-04-25

Royalene 525), LION (美国) 公司产品; 橡胶润滑剂 BR-2, 上海智孚化工科技有限公司产品; 活性氧化锌 (AZO-945), 海丽化学(昆山) 公司产品; 炭黑 (N550), Carbot (上海) 公司产品; 促进剂三烯丙基异氰脲酸酯 (TAIC-70, 有效成分约 70%), 上海方锐达化学品有限公司产品; 硫化剂过氧化二异丙苯 (DCP-40C), 诺力昂化学品(宁波) 有限公司产品; 防老剂 2-硫醇基甲基苯并咪唑锌盐 (Vulkanox ZMB2), LANXESS (德国) 公司产品; 防老剂 4,4-二(苯基异丙基)二苯胺 (Naugard 445), Chemtura (美国) 产品。硬脂酸。

1.2 试样制备

将开炼机的辊距调至 1 mm, 按照 EPM/EPDM 共混胶实验配方(见表 1) 投入乙丙橡胶生胶后进行混炼, 经过其包辊后, 按顺序加入 AZO-945、硬脂酸、BR-2 和防老剂等小料, 混炼直至小料分散均匀, 多次添加炭黑, 待其吃料完全后, 割胶翻炼, 最后加入促进剂和硫化剂, 左右割胶各 4 次进行薄通, 共打 8 次三角包, 调节辊距至 2 mm, 出片, 制得混炼胶。见表 1 所示。

表 1 不同种类防老剂填充 EPM/EPDM 共混胶的实验配方

配方编号	Naugard 445/份	Vulkanox ZMB2/份
1 [#]	0	0
2 [#]	0.5	0
3 [#]	0	0.5
4 [#]	0.2	0.3
5 [#]	0.2	0.9
6 [#]	0.4	0.9
7 [#]	0.6	0.9

其他组分: EPM, 50 份; EPDM, 50 份; N550, 60 份; AZO-945, 5 份; 硬脂酸, 1 份; BR-2, 1 份; 硫化剂 DCP-40C, 7 份; 促进剂 TAIC-70, 1 份。

用平板硫化机制作试样, 试片尺寸: 100×100×2 mm³, 硫化条件为 180 °C × 1.5 倍 t_{90} (正硫化时间); B 型压缩永久变形试样柱尺寸: 直径为 13±0.5 mm, 高度为 6.3±0.3 mm 硫化条件为 180 °C × 2 倍 t_{90} 。

1.3 试样测试

(1) 差示扫描量热分析 (DSC) 测试。

梅特勒托利多公司 DSC1 型差示扫描量热仪, 温度范围 -80~50 °C, N₂ 气氛, 升温速率 10 °C /min。

(2) 动态力学性能 (DMA) 测试。

美国 TA 公司 Q 800 型 DMA 仪, 温度范围 -70~20 °C, 升温速率 3 °C /min, 频率 1 Hz。

(3) 热失重 (TGA) 测试: 梅特勒托利多公司

TGA1 型热失重分析仪, 温度范围 30~600 °C, N₂ 气氛, 升温速率为 20 °C /min。

(4) 硫化性能按照 GB/T 16584—1996 测试, 平板硫化机 (P-100-PCD 型), 磐石石油压工业(安徽) 有限公司产品。

(5) 拉伸性能按 GB/T 528—2009 进行, 拉伸速度 500 mm/min。

(6) 热氧老化性能按 GB/T 3512—2001 测试, 老化温度分别为 150 和 175 °C, 老化时间 70 h, 高温试验箱 (FED115), 德国宾德 BINDER 产品。

(7) 压缩永久变形按 GB/T 7759—2015 测试, 电子式万能试验机 (AGS-X 1kN 型), 株式会社 岛津制作所 岛津(中国) 试验机。

(8) 邵尔 A 型硬度按 GB/T 531.1—2008 测试, 全自动硬度计 (TEST II), 德国 BAREISS 公司产品。

2 结果与讨论

2.1 防老剂种类对 EPM/EPDM 共混胶性能的影响

2.1.1 硫化特性

不同防老剂填充二元乙丙橡胶 / 三元乙丙橡胶共混胶 (EPM/EPDM) 的硫化特性数据如表 2 所示。由表 2 可知, 单独加入防老剂 Naugard 445, EPM/EPDM 共混胶的最大转矩 (M_H)、最大转矩和最小转矩差 (M_H-M_L)、最小转矩 (M_L) 下降明显, 这是由于防老剂 Naugard 445 是二苯胺型防老剂, 橡胶硫化时, 硫化剂以及橡胶大分子反应生成的自由基与防老剂发生反应, 减少自由基, 消耗了硫化剂, 从而降低了硫化程度。单独加入防老剂 Vulkanox ZMB2 的 EPM/EPDM 共混胶的 M_H 、 M_H-M_L 、 M_L 与空白胶相近。当防老剂 Naugard 445 和防老剂 Vulkanox ZMB2 并用时, M_H 、 M_H-M_L 均低于空白胶, 稍高于纯防老剂 Naugard 445 的 EPM/EPDM 共混胶, 说明防老剂 Naugard 445 与防老剂 Vulkanox ZMB2 并用比单一防老剂 Naugard 445 的 EPM/EPDM 共混胶的交联程度高。单独加入防老剂 Naugard 445 以及防老剂 Naugard 445 和防老剂 Vulkanox ZMB2 并用的 EPM/EPDM 共混胶硫化速率均低于空白胶, 单独加入防老剂 Vulkanox ZMB2 的 EPM/EPDM 共混胶的硫化速率与空白胶相近。

2.1.2 物理机械性能

表 3 为不同种类防老剂填充 EPM/EPDM 共混胶

表 2 不同种类防老剂填充 EPM/EPDM 共混胶的硫化特性参数

样品编号	$M_H/N \cdot m$	$M_L/N \cdot m$	$M_H - M_L/N \cdot m$	t_{10}/min	t_{90}/min	$(t_{90} - t_{10})^{-1}/min^{-1}$
1 [#]	3.104	0.238	2.866	0.47	3.67	0.313
2 [#]	2.613	0.194	2.419	0.53	3.42	0.347
3 [#]	3.149	0.229	2.920	0.50	4.10	0.278
4 [#]	3.004	0.227	2.777	0.47	4.27	0.263

的物理性能。从表 3 中可见，防老剂 Naugard 445 的加入对 EPM/EPDM 共混胶的拉伸强度的影响较大。在 150 °C 和 175 °C 老化后下，加入防老剂的 EPM/EPDM 共混胶的强度变化率和断裂伸长率的变化率明显下降，共混硫化胶力学性能变化率由大到小顺序为：空白胶 > 防老剂 Vulkanox ZMB2 > 防老剂 Naugard

445/ 防老剂 Vulkanox ZMB2 并用 > 防老剂 Naugard 445。加入防老剂 Vulkanox ZMB2 的 EPM/EPDM 共混胶压缩永久变形与空白胶相近，说明单独使用防老剂 Vulkanox ZMB2 对 EPM/EPDM 共混胶的压缩永久变形性能无影响。

表 3 不同种类防老剂填充 EPM/EPDM 共混胶的物理性能

测试性能	1 [#] (空白胶)	2 [#] (Naugard 445)	3 [#] (ZMB2)	4 [#] (Naugard 445/ZMB2)
物理机械性能				
硬度 /Shore A	73	74	75	74
拉伸强度 /MPa	20.4	17.9	19.7	20.9
断裂伸长率 /%	123	187	186	198
耐热空气老化 (150 °C × 70 h)				
硬度 /Shore A	74	75	76	75
拉伸强度 /MPa	11.4	18.8	20	21.9
断裂伸长率 /%	63	200	184	194
拉伸强度变化率 /%	-57.7	5	1.5	4.8
断裂伸长变化率 /%	-48.8	7	-1.1	-2
耐热空气老化 (175 °C × 70 h)				
硬度 /Shore A	81	76	80	76
拉伸强度 /MPa	5.5	16.1	10.5	18.1
断裂伸长率 /%	27	170	122	177
拉伸强度变化率 /%	-73.1	-10.1	-46.7	-13.4
断裂伸长变化率 /%	-78.1	-9.1	-34.4	-10.6
压缩永久变形 (150 °C × 70 h, 25%, B 型) /%	26	18	24	16
压缩永久变形 (175 °C × 70 h, 25%, B 型) /%	35	23	31	21

2.1.3 差示扫描量热分析 (DSC)

不同种类防老剂填充 EPM/EPDM 共混胶 DSC 曲线如图 1 所示。从图 1 中可见，加入防老剂的 EPM/EPDM 共混胶的玻璃化转变温度 (T_g) 稍有下降，这是因为防老剂的加入降低了体系的交联密度，导致橡胶分子链更容易运动。

2.1.4 动态力学性能

不同防老剂填充 EPM/EPDM 共混胶的储能模量和损耗因子与温度的关系曲线如图 2 所示，相关的 DMA 数据见表 4。可以看出，加入防老剂后的 EPM/EPDM 共混胶 T_g 稍有下降，这与 DSC 得到的结果一致。此外由 DMA 测试得到的 T_g 和 DSC 测试得到的 T_g 有一定的差异。这是由于测试方法不同所致。储能模量随温度升高而减小，可能因为橡胶分子间作用力减小，分子链运动破坏了炭黑网络，使得弹性模量随温度快速下降。

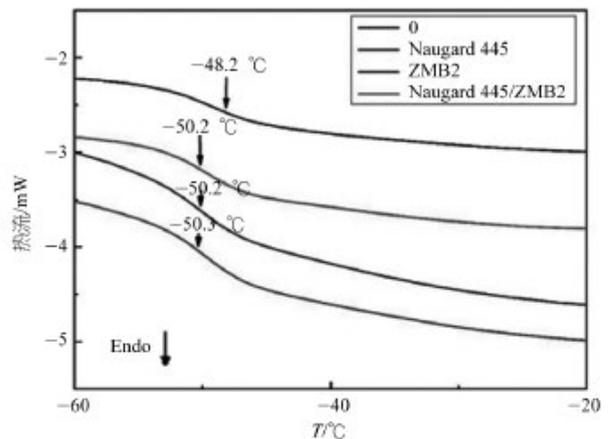
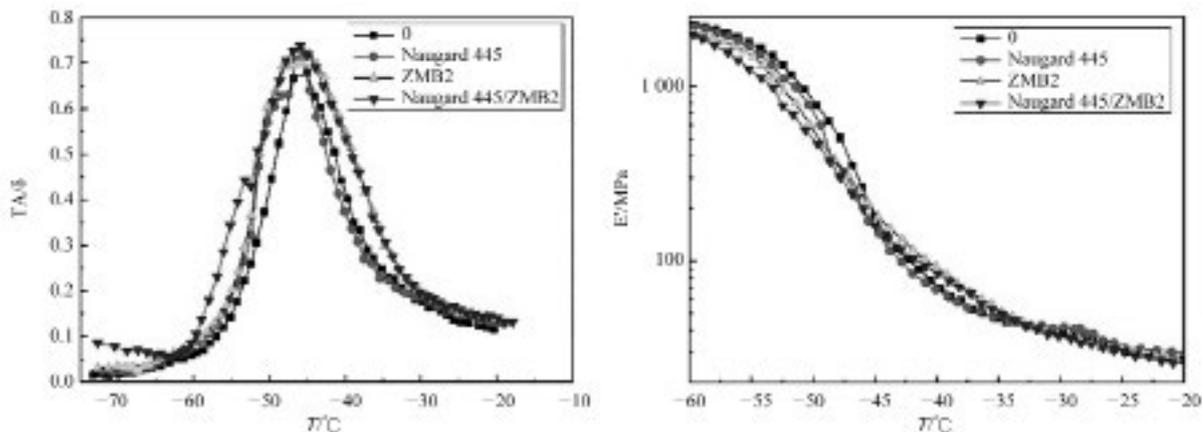


图 1 不同种类防老剂填充 EPM/EPDM 共混胶的 DSC 曲线

2.1.5 热稳定性

不同种类防老剂填充 EPM/EPDM 共混胶的 TGA 和 DTG 曲线如图 3 所示，相关的热失重数据如失重 5%

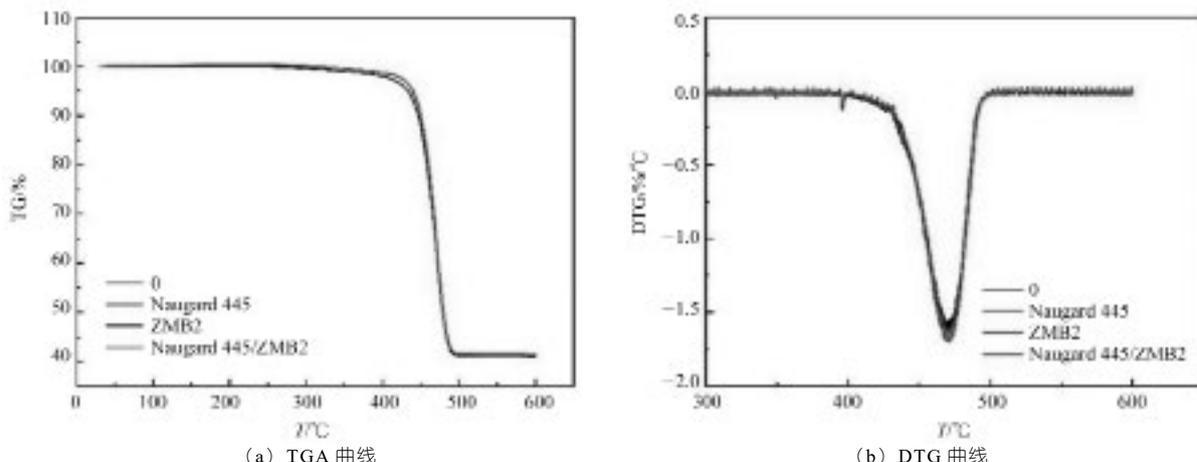


(a) 损耗因子 ($\tan\delta$) — 温度曲线 (b) 储能模量 (E') — 温度曲线
图 2 不同种类防老剂填充 EPM/EPDM 共混胶的 DMA 曲线

表 4 不同种类防老剂填充 EPM/EPDM 共混胶的 DMA 数据

样品编号	$T_g/^\circ\text{C}$	E'/MPa		$\tan\delta$
		-60°C	-20°C	
1 [#] (空白胶)	-45.0	2 264	27.1	0.67
2 [#] (Naugard 445)	-45.5	2 243	29.7	0.72
3 [#] (ZMB2)	-45.2	2 015	27.0	0.71
4 [#] (Naugard 445/ZMB2)	-45.9	2 009	25.8	0.73

的温度 (T_s)、失重 50% 的温度 (T_{50})、最大热失重温度 (T_{max}) 和残留的质量百分数 (R_{600}) 见表 5。从表中可以看出, 加入防老剂后, 共混胶的 T_s 、 T_{50} 和 T_{max} 均增加, 说明防老剂的使用提高了 EPM/EPDM 共混胶的热稳定性。



(a) TGA 曲线 (b) DTG 曲线
图 3 不同种类防老剂填充 EPM/EPDM 共混胶的 TGA 和 DTG 曲线

表 5 不同种类防老剂填充 EPM/EPDM 共混胶的热稳定性数据

样品编号	$T_s/^\circ\text{C}$	$T_{50}/^\circ\text{C}$	$T_{max}/^\circ\text{C}$	$R_{600}/\%$
1 [#] (空白胶)	433	479	469	40.91
2 [#] (Naugard 445)	439	479	469	41.52
3 [#] (ZMB2)	439	480	470	41.43
4 [#] (Naugard 445/ZMB2)	439	484	470	41.45

2.2 防老剂 Naugard 445 用量对 EPM/EPDM 共混胶性能的影响

2.2.1 硫化特性

防老剂 Naugard 445 的用量对 EPM/EPDM 共混胶硫化性能的影响如表 6 所示, 随着防老剂 Naugard

445 用量的增加, EPM/EPDM 共混胶的 M_H 和 $M_H - M_L$ 减少, t_{90} 增加, 硫化速度变慢, 这是因为防老剂的活性基团与自由基相结合, 降低了橡胶的交联程度。

2.2.2 物理机械性能

不同温度下防老剂 Naugard 445 用量对 EPM/

表 6 不同 Naugard 445 用量 EPM/EPDM 共混胶的硫化特性参数

样品编号	$M_H/N \cdot m$	$M_L/N \cdot m$	$M_H - M_L/N \cdot m$	t_{10}/min	t_{90}/min	$(t_{90} - t_{10})^{-1}/min^{-1}$
1# (空白胶)	3.104	0.238	2.866	0.47	3.67	0.313
5# (0.2 份)	3.009	0.234	2.775	0.47	4.37	0.256
6# (0.4 份)	2.899	0.226	2.673	0.53	4.37	0.261
7# (0.6 份)	2.831	0.236	2.595	0.52	4.42	0.256

EPDM 共混胶的物理机械性能的影响如表 7 所示。由表可知, 随着 Naugard 445 用量增加, EPM/EPDM 共混胶的硬度变化和拉伸强度变化不大, 但是老化后拉伸强度变化率和断裂伸长率变化率降低^[9], 当防老

剂 Naugard 445/Vulkanox ZMB2 并用比为 0.2/0.3 时, EPM/EPDM 共混胶拉伸性能和抗热氧老化性能最好, 老化后的压缩永久变形最小, 综合性能最好。

表 7 不同 Naugard 445 用量 EPM/EPDM 共混胶的物理性能

测试性能	1# (空白胶)	5# (0.2 份)	6# (0.4 份)	7# (0.6 份)
物理机械性能				
硬度 (ShoreA) / 度	73	75	75	74
拉伸强度 / MPa	20.4	20.2	19.9	20.6
断裂伸长率 / %	123	199	224	238
耐热空气老化 (150 °C × 70 h)				
硬度变化 / 度	74	77	77	76
拉伸强度 / MPa	11.4	19.3	19.8	19.7
断裂伸长率 / %	63	196	218	224
拉伸强度变化率 / %	-57.7	-4.5	-0.5	-4.4
断裂伸长变化率 / %	-48.8	1.5	-2.7	-5.9
耐热空气老化 (175 °C × 70 h)				
硬度变化 / 度	81	78	77	77
拉伸强度 / MPa	5.6	18.4	17.9	18.7
断裂伸长率 / %	27	184	190	211
拉伸强度变化率 / %	-73.1	-8.9	-10	-9.2
断裂伸长变化率 / %	-78.1	-7.5	-15.2	-11.3
压缩永久变形 (150 °C × 70 h, 25%, B 型) / %	27	17	19	24
压缩永久变形 (175 °C × 70 h, 25%, B 型) / %	36	26	28	33

2.2.3 差示扫描量热分析 (DSC)

图 4 为 Naugard 445 用量对 EPM/EPDM 共混胶的 DSC 曲线的影响。可以看出随着防老剂 Naugard 445 用量增加, EPM/EPDM 共混胶的 T_g 稍有下降, 这是因为防老剂的加入降低了体系的交联密度, 因而分子链易运动所致。

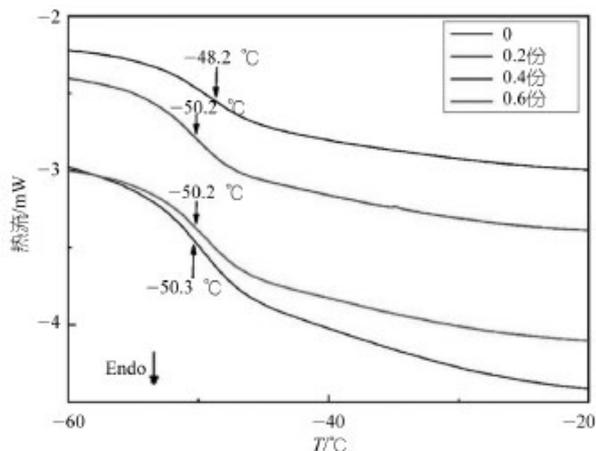


图 4 不同 Naugard 445 用量 EPM/EPDM 共混胶的 DSC 曲线

2.2.4 动态力学性能

图 5 与表 8 为 Naugard 445 用量对 EPM/EPDM 共混胶的动态力学性能的影响。从图表可以随着 Naugard 445 用量的增加, EPM/EPDM 共混胶的璃化温度稍有下降, 结果与 DSC 的研究结果相似。储能模量随温度升高而减小, 可能因为橡胶分子间作用力减小, 分子链运动破坏了炭黑网络, 使得弹性模量随温度快速下降。

表 8 不同 Naugard 445 用量 EPM/EPDM 共混胶的 DMA 数据

样品编号	$T_g/°C$	E'/MPa		$\tan\delta$
		-60 °C	-20 °C	
1# (空白胶)	-48.2	2 275	27.1	0.67
5# (0.2 份)	-50.2	2 123	30.1	0.72
6# (0.4 份)	-50.2	1 957	26.6	0.73
7# (0.6 份)	-50.3	1 872	23.4	0.74

2.2.5 热稳定性

不同 Naugard 445 用量对 EPM/EPDM 共混胶热稳定性的影响如图 6 所示, 热失重数据见表 9。结合图表可以看出, 随着防老剂 Naugard 445 用量的增加,

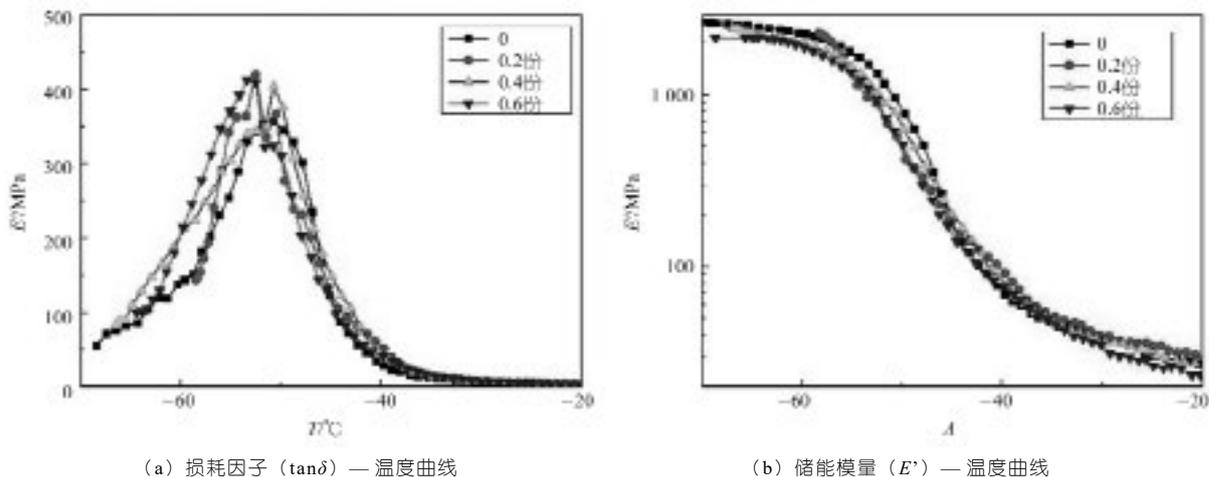


图 5 不同 Naugard 445 用量 EPM/EPDM 共混胶的 DMA 曲线

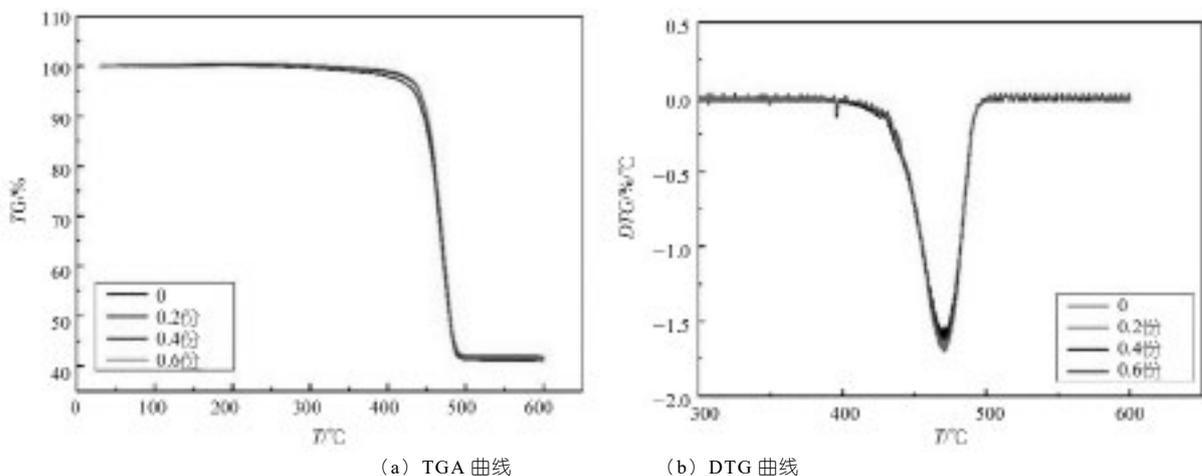


图 6 不同 Naugard 445 用量 EPM/EPDM 共混胶的热稳定性曲线

T_5 , T_{50} , T_{max} 有所增加, 表明防老剂能提高 EPM/EPDM 共混胶的热稳定性。

表 9 不同 Naugard 445 用量 EPM/EPDM 共混胶的热稳定性数据

样品编号	$T_5/^\circ\text{C}$	$T_{50}/^\circ\text{C}$	$T_{max}/^\circ\text{C}$	$R_{600}/\%$
1# (空白胶)	433	479	469	40.9
5# (0.2 份)	440	480	469	41.9
6# (0.4 份)	439	479	470	41.7
7# (0.6 份)	440	480	470	41.6

3 结论

研究了防老剂 Vulkanox ZMB2 和 Naugard 445 并用对 EPM/EPDM 共混胶的影响, 得到如下结论:

(1) 防老剂 Naugard 445 与防老剂 Vulkanox ZMB2 并用比单一防老剂 Naugard 445 的 EPM/EPDM 共混胶的防老效果更好。

(2) 随着防老剂 Naugard 445 用量的增加, EPM/

EPDM 共混胶 M_H-M_L 降低, 焦烧时间 t_{10} 和硫化时间 t_{90} 延长; 高温老化后拉伸强度变化率和断裂伸长率变化率下降; 当 Naugard 445/Vulkanox ZMB2 并用比为 0.2/0.3 时, EPM/EPDM 共混胶的物理机械性能、耐高温老化性能和压缩永久变形性能最优。

参考文献:

- [1] 高飞. 新能源汽车电池包的三元乙丙橡胶密封圈研究 [J]. 橡胶工业, 2022,69(5):364-368.
- [2] 化学工业部合成材料老化研究所. 高分子材料老化与防老化 [M]. 北京: 化学工业出版社, 1979.
- [3] 王思静, 熊金平, 左禹. 橡胶老化机理与研究方法进展 [J]. 合成材料老化与应用, 2009,38(2):23-33.
- [4] Awwad Amer, McDaniel Dwayne, Lagos Leonel, et al. Effect of solution concentration on ethylene propylene diene monomer (EPDM) nonmetallic components used in caustic liquid waste transfer lines [J]. Engineering Failure Analysis, 2023, 145:107 007.

- [5] Shuijun Y, Ruyi Z, Yunliang Y, et al. EXPERIMENTAL STUDY OF RUBBER ANTI-AGING AGENTS IN PREVENTING COAL SPONTANEOUS COMBUSTION[C]. Proceedings of the Second International Symposium on Safety Science and Technology (2000 ISSST) Part B, 2000:212-217.
- [6] 张作鑫, 于祥, 邓涛. 防老剂 MB 用量对三元乙丙橡胶共混胶耐老化性能的影响 [J]. 橡塑技术与装备, 2019,45(01):26-29.
- [7] 谢艳霞, 郑天辰, 石杰, 等. 抗氧剂 4010NA 和 RD 对过氧化二异丙苯交联 EPDM 耐热复合材料性能的影响 [J]. 高分子材料科学与工程, 2019,35(10):68-76.
- [8] 陈龙. 耐高温老化 EPDM 胶料的开发 [J]. 弹性体, 2020,30(06):7-11.
- [9] 张作鑫, 于祥, 邓涛. EPDM/FKM 共混比对共混胶耐高温及老化性能的影响 [J]. 橡塑技术与装备, 2020,46(01):9-15.
- [10] 田帅承, 王增林, 张福涛, 等. 防老剂在氯化丁腈橡胶复合材料中的应用研究 [J]. 弹性体, 2015,25(02):17-20.
- [11] 周阳, 邹华, 冯予星, 等. 高性能氯化丁腈橡胶密封材料的制备及性能 [J]. 特种橡胶制品, 2015,36(01):19-23.
- [12] YANG Y Q, MA Y X, WANG X L. Influence of basic structural parameters on properties of EPDM [J]. China Powder Science and Technology, 2021,27(2):87-95.

Effect of the dosage of new antioxidant Naugard 445 on the properties of EPDM rubber blends

Xu Yingshu¹, Wen Yanrong^{1,2}, Chen Menghan¹, Yang Zifan¹, Jia Hongbing^{1*}

(1. School of Chemistry and Chemical Engineering, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China;

2. Changzhou Langbo Sealing Technology Co. LTD., Changzhou 213200, Jiangsu, China)

Abstract: In order to further improve the performance of engine seals for new energy vehicles, this paper systematically investigated the effect of the dosage of antioxidant Naugard 445 on the physical and mechanical properties of EPDM rubber blends by using 4,4-bis(phenylisopropyl)diphenylamine (Naugard 445) and zinc salt of 2-thioxomethylmethylbenzimidazole (Vulkanox ZMB2) as antioxidants. The effects of the amount of Naugard 445 on the physical and mechanical properties of EPDM rubber blends, thermo-oxidative aging properties, dynamic mechanical properties and thermal stability were systematically investigated. The results show that compared with the blank rubber, the combination of Naugard 445 and Vulkanox ZMB2 can greatly improve the aging resistance of EPDM vulcanized rubber, and the compression permanent deformation increases with the increase of the dosage of antioxidant Naugard 445. When the dosage of antioxidant Naugard 445 is 0.2, the physical and mechanical properties, high temperature aging resistance and compression permanent deformation of EPDM rubber vulcanized rubber are optimal, which meets the requirements of the new energy automobile sealing ring performance.

Key words: ethylene propylene rubber; blending; antioxidant Naugard 445

(R-03)

