

原材料·配方

# 生物基棕榈油在三元乙丙橡胶胶料中的应用

柯玉超<sup>1,2</sup>, 杨春<sup>1,2</sup>, 苏春义<sup>1,2</sup>, 章维国<sup>1,2</sup>, 田友峰<sup>1,2</sup>

(1. 安徽中鼎密封件股份有限公司, 安徽 宁国 242300; 2. 高性能橡胶材料与制品安徽省重点实验室, 安徽 宁国 242300)

**摘要:** 研究生物基棕榈油在三元乙丙橡胶(EPDM)胶料中的应用。结果表明: 与石蜡油相比, 绿色可再生的棕榈油用于EPDM胶料拥有更好的增塑效果和热稳定性; 采用棕榈油作为增塑剂的EPDM硫化胶的雾化冷凝值更小, 棕榈油有望替代石蜡油应用于EPDM制品。

**关键词:** 三元乙丙橡胶; 棕榈油; 石蜡油; 绿色可再生; 热稳定性

**中图分类号:** TQ330.38<sup>+4</sup>

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1000-890X(2023)08-0583-06

**DOI:** 10.12136/j.issn.1000-890X.2023.08.0583



OSID开放科学标识码  
(扫码与作者交流)

三元乙丙橡胶(EPDM)的饱和分子主链结构使其具有良好的耐热老化性能及优异的耐臭氧性能和耐候性能, 被广泛应用于航空航天、汽车、家电、建筑等领域, 可用在密封、隔热、减震、缓冲等制品的生产中<sup>[1-2]</sup>。EPDM胶料中通常需要添加增塑剂来降低橡胶分子间的结合力, 改善EPDM胶料的加工性能<sup>[3-4]</sup>。其中最常用的增塑剂为石蜡油, 这是一种从原油中分馏得到的矿物油, 对人体存在一定危害, 也是一种不可再生资源, 其应用不符合可持续发展的理念。

目前环保型增塑剂主要包括柠檬酸酯类、聚酯类、离子液体类以及环氧植物油基类<sup>[5-7]</sup>。其中植物油基油脂如环氧大豆油、亚麻油、环氧蓖麻油、腰果油等<sup>[8-14]</sup>, 由于其环保性、可再生性以及来源广泛等, 是石蜡油的理想替代品。

棕榈油是一种绿色可再生的热带木本植物油, 从棕榈果中提取压榨而成, 是目前世界上生产量、消费量和国际贸易量最大的植物油品种。本工作针对生物基棕榈油, 对比研究石蜡油与棕榈

油对EPDM胶料塑性、硫化特性、物理性能、雾化挥发性以及动态力学性能的影响, 以期棕榈油的应用提供技术支持。

## 1 实验

### 1.1 主要原材料

EPDM, 牌号J-4045, 中国石油吉林石化有机合成厂产品; 炭黑N550, 山东卡博特化学有限公司产品; 强威粉GTC和促进剂GT, 上海麒祥化工科技有限公司产品; 间接法氧化锌, 安徽省含山县锦华氧化锌厂产品; 硬脂酸, 浙江海裕橡胶有限公司产品; 硫黄, 牌号S-80, 珠海经济特区科茂橡塑材料有限公司提供; 石蜡油Plaxene 1100, 闪点为230℃, 运动粘度为 $5.4 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ , 上海怡创化工有限公司提供; 棕榈油, 熔点为51.4℃, 碘值为38.72(100 g物质所能吸收碘的克数), 北京华威锐科化工有限公司产品。

### 1.2 试验配方

试验配方如表1所示。

**基金项目:** 国家重点研发计划项目(2021YFB3400603)

**作者简介:** 柯玉超(1988—), 男, 安徽宁国人, 安徽中鼎密封件股份有限公司高级工程师, 博士, 主要从事橡塑密封机理与应用的研究。

**E-mail:** hgckeyuchao14@163.com

**引用本文:** 柯玉超, 杨春, 苏春义, 等. 生物基棕榈油在三元乙丙橡胶胶料中的应用[J]. 橡胶工业, 2023, 70(8): 583-588.

**Citation:** KE Yuchao, YANG Chun, SU Chunyi, et al. Application of bio-based palm oil in EPDM compound[J]. China Rubber Industry, 2023, 70(8): 583-588.

表1 试验配方  
Tab. 1 Experimental Formulas

配方编号	棕榈油	石蜡油	硫黄	份 phr
1 <sup>#</sup>	10	0	0.8	
2 <sup>#</sup>	20	0	0.8	
3 <sup>#</sup>	30	0	0.8	
4 <sup>#</sup>	0	10	0.8	
5 <sup>#</sup>	0	20	0.8	
6 <sup>#</sup>	0	30	0.8	
7 <sup>#</sup>	20	0	1.4	
8 <sup>#</sup>	20	0	2	

注:配方中其他组分和用量为EPDM 100,炭黑N550 50,强威粉GTC 20,间接法氧化锌 5,硬脂酸 1,促进剂GT 3.5。

### 1.3 试样制备

胶料在X(S)K-160型开炼机上混炼,混炼工艺为:加入生胶塑炼,调整辊距使生胶包辊并留有适量堆积胶;依次加入氧化锌、硬脂酸、炭黑、强威粉GTC、棕榈油或石蜡油;加入硫黄和促进剂;胶料混炼混合均匀后将辊距调到最小,薄通并打三角包6次,辊距调至3 mm,打卷5次,下片。

胶料在XLB-D350×350型平板硫化机上硫化,硫化条件为175 °C×10 min。

### 1.4 测试分析

(1) 石蜡油和棕榈油的分子结构采用Mid-IR型傅里叶变换红外光谱(FTIR)仪进行分析。

(2) 混炼胶料的门尼粘度采用MV2000型门尼粘度计按照GB/T 1232.1—2016《未硫化橡胶用圆盘剪切粘度计进行测定 第1部分:门尼粘度的测定》进行测试,测试温度为100 °C。

(3) 混炼胶的RPA2000橡胶加工分析仪试验采用应变扫描程序,扫描频率为1 Hz,应变范围为5%~100%,测试温度为100 °C。

(4) 胶料的硫化特性采用MDR S3L型无转子硫化仪按照GB/T 16584—1996《橡胶用无转子硫化仪测定硫化特性》进行测试,测试温度为175 °C。

(5) 胶料的交联程度用常温下甲苯溶剂浸泡前后试样的质量变化来表征。

(6) 硫化胶的硬度采用邵氏硬度计按照GB/T 531.1—2008《硫化橡胶或热塑性橡胶压入硬度试验方法 第1部分:邵氏硬度计法(邵尔硬度)》进行测试;拉伸性能采用GT-AI-7000M型橡胶拉力

机按照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,拉伸速率为500 mm·min<sup>-1</sup>。

(7) 石蜡油和棕榈油的热稳定性采用TGA4000型热重(TG)分析仪进行分析,在氮气气流流速为50 mL·min<sup>-1</sup>的条件下,将试样从室温升温到600 °C,升温速率为10 °C·min<sup>-1</sup>。

(8) 硫化胶的雾化冷凝值采用FT-F1型雾化测试仪按照GB/T 40726—2021《橡胶或塑料涂覆织物汽车内饰材料雾化性能的测定》进行测试,测试温度为100 °C。

(9) 硫化胶的动态力学性能采用动态热机械分析仪进行测试,选用拉伸模式,频率 1 Hz,振幅 60 μm,扫描范围 -80~30 °C,升温速率 2 °C·min<sup>-1</sup>。

## 2 结果与讨论

### 2.1 石蜡油和棕榈油的分子结构

石蜡油和棕榈油的FTIR谱如图1所示,其中2 921和2 853 cm<sup>-1</sup>处为饱和碳的C—H伸缩振动特征峰,1 377和1 470 cm<sup>-1</sup>处为亚甲基的弯曲振动特征峰,718 cm<sup>-1</sup>处较强的特征峰来源于碳键骨架的振动。

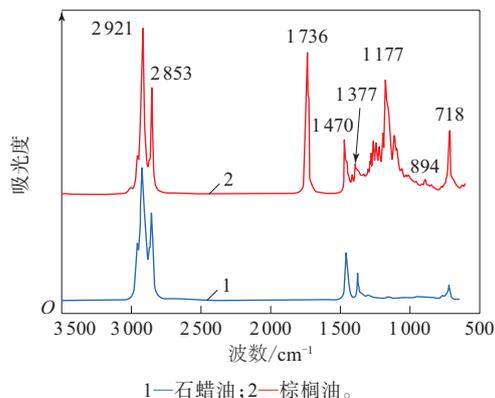


图1 石蜡油和棕榈油的FTIR谱

Fig. 1 FTIR spectra of paraffin oil and palm oil

从图1可以看出:棕榈油主要为碳氢化合物,饱和度非常高;除了上述特征峰外,棕榈油还在1 736和1 177 cm<sup>-1</sup>处分别出现了C=O和C—O键的伸缩振动特征峰,说明棕榈油中含有大量的脂肪酸类物质;棕榈油在718 cm<sup>-1</sup>处的特征峰比石蜡

油更强,表明棕榈油具有比石蜡油更长的分子碳链结构;894  $\text{cm}^{-1}$ 处出现的特征峰表明棕榈油中含有不饱和 $\text{C}=\text{C}$ 键,硫化过程中增塑剂分子中的不饱和双键会消耗硫化剂,从而影响胶料的交联效率<sup>[15]</sup>。

## 2.2 加工性能

增塑剂主要起到提高胶料塑性、降低胶料粘度、改善胶料加工性能的作用。1<sup>#</sup>—6<sup>#</sup>配方胶料的门尼粘度[ML(1+4)100  $^{\circ}\text{C}$ ]分别为60,40,28,72,56和36。可以看出:胶料的门尼粘度随着增塑剂用量的增大而不断下降;在增塑剂用量相同的时候,填充棕榈油的胶料的门尼粘度低于填充石蜡油的胶料,棕榈油表现出更为优异的增塑效果。

一般来说,在RPA2000橡胶加工分析仪试验中胶料的剪切储能模量( $G'$ )越小,胶料的加工性能越好。胶料的 $G'$ -应变曲线如图2所示。

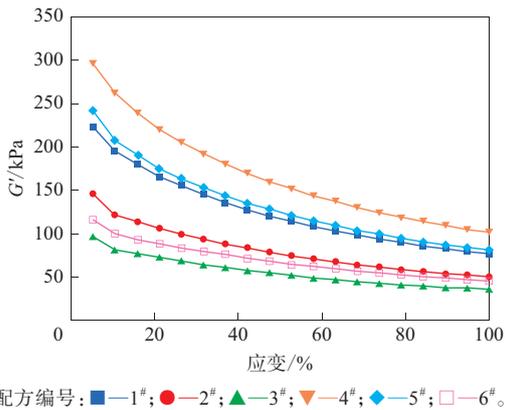


图2 胶料的 $G'$ -应变曲线  
Fig. 2  $G'$ -strain curves of compounds

从图2可以看出,在相同应变条件下,胶料的 $G'$ 随增塑剂用量的增大而不断下降。这是因为增塑剂的加入对炭黑等粉状配合剂有润湿作用,使之易于分散到橡胶基体中,从而降低了橡胶大分子之间的结合力,减少了内摩擦。在相同用量下,填充棕榈油的胶料的 $G'$ 比填充石蜡油的胶料更低,加工性能更好。

## 2.3 硫化特性

175  $^{\circ}\text{C}$ 下胶料的硫化特性如表2所示。

分别对比1<sup>#</sup>—3<sup>#</sup>和4<sup>#</sup>—6<sup>#</sup>配方胶料可以看

表2 胶料的硫化特性

Tab. 2 Vulcanization characteristics of compounds

项 目	配方编号					
	1 <sup>#</sup>	2 <sup>#</sup>	3 <sup>#</sup>	4 <sup>#</sup>	5 <sup>#</sup>	6 <sup>#</sup>
$F_L/(\text{dN} \cdot \text{m})$	1.43	0.83	0.54	1.87	1.33	0.67
$F_{\max}/(\text{dN} \cdot \text{m})$	12.06	7.37	4.85	13.86	10.31	8.96
$F_{\max}-F_L/(\text{dN} \cdot \text{m})$	10.63	6.54	4.31	11.99	8.98	8.29
$t_{10}/\text{s}$	29.4	31.5	32.4	30.5	31.4	35.4
$t_{90}/\text{s}$	254.3	274.4	288.1	248.0	236.8	276.0

出:随着增塑剂用量的增大,胶料的 $F_L$ 和 $F_{\max}$ 以及 $F_{\max}-F_L$ 均不断减小,交联程度降低;胶料的 $t_{10}$ 和 $t_{90}$ 呈延长趋势,硫化速度减慢。当增塑剂用量为10份时,1<sup>#</sup>和4<sup>#</sup>配方胶料的 $F_{\max}-F_L$ 相差不大;但当增塑剂用量达到20份及以上时,2<sup>#</sup>和3<sup>#</sup>配方胶料的 $F_{\max}-F_L$ 急剧下降,远低于5<sup>#</sup>和6<sup>#</sup>配方胶料。分析认为,由于棕榈油中存在不饱和双键,在胶料交联过程中消耗了一部分硫化剂,从而降低了胶料的交联程度,并且延迟了交联反应。

胶料完全交联后,在甲苯溶剂中只发生溶胀而不会溶解。进一步分析,胶料的硫化程度越高,交联网络越致密,在甲苯溶剂中溶胀体积越小,因此可以通过比较浸泡前后胶料的质量变化率来定性反映胶料的交联程度。1<sup>#</sup>—6<sup>#</sup>配方硫化胶室温下在甲苯溶剂浸泡前后的质量变化率分别为2.509%,2.894%,3.238%,2.261%,2.323%和2.375%。可以看出,填充20和30份棕榈油的2<sup>#</sup>和3<sup>#</sup>配方硫化胶的质量变化率较大,交联程度较低。这一结果也与表2中的硫化特性分析结果相符。

为解决填充棕榈油的胶料交联程度低的问题,本研究设计了两组对比试验配方——7<sup>#</sup>和8<sup>#</sup>配方,其增塑剂用量与2<sup>#</sup>配方一致,仅硫磺用量从0.8份增大到1.4和2份。175  $^{\circ}\text{C}$ 下胶料的硫化曲线如图3所示。

对比图3中2<sup>#</sup>,7<sup>#</sup>和8<sup>#</sup>配方胶料的硫化曲线可以看出,随着硫磺用量的增大,胶料的 $F_{\max}$ 增大,交联效率提高。当硫磺用量提高到1.4份时,填充20份棕榈油的7<sup>#</sup>配方胶料的交联程度与填充相同用量石蜡油的5<sup>#</sup>配方胶料相当,这说明使用生物基棕榈油替代石蜡油造成的交联程度降低问题可以通过适当增大硫化剂用量来解决。

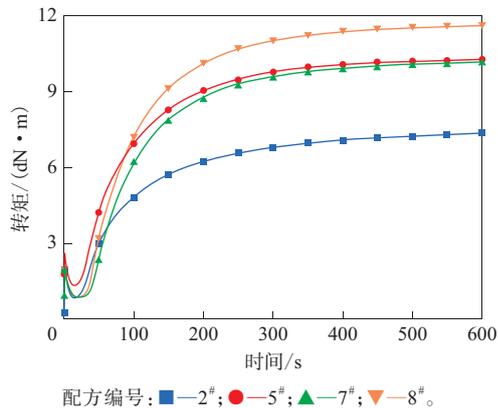


图3 胶料的硫化曲线

Fig. 3 Vulcanization curves of compounds

## 2.4 物理性能

硫化胶的物理性能如表3所示。

表3 硫化胶的物理性能  
Tab. 3 Physical properties of vulcanizates

配方编号	邵尔A型硬度/度	100%定伸应力/MPa	拉伸强度/MPa	拉断伸长率/%
1 <sup>#</sup>	65	2.5	19.5	714
2 <sup>#</sup>	59	1.8	12.4	821
3 <sup>#</sup>	55	1.4	9.4	852
4 <sup>#</sup>	65	2.9	20.3	589
5 <sup>#</sup>	60	2.3	19.5	639
6 <sup>#</sup>	55	1.7	19.1	734
7 <sup>#</sup>	64	1.9	18.2	637
8 <sup>#</sup>	65	2.4	18.7	566

从表3可以看出,随着增塑剂用量的增大,硫化胶的物理性能表现为邵尔A型硬度、100%定伸应力和拉伸强度减小,拉断伸长率增大。增塑剂用量为10份时,1<sup>#</sup>和4<sup>#</sup>配方硫化胶的拉伸强度基本相近,但当增塑剂用量增大到20份及以上时,填充棕榈油的2<sup>#</sup>和3<sup>#</sup>配方硫化胶的拉伸强度急剧下降,拉断伸长率增大,这是由于2<sup>#</sup>和3<sup>#</sup>配方硫化胶的交联程度过低所致。7<sup>#</sup>和8<sup>#</sup>配方在2<sup>#</sup>配方的基础上增大了硫化剂用量,随着交联程度的提高,相应硫化胶的拉伸强度由未增大硫化剂用量时硫化胶的12.4 MPa增大到18.2和18.7 MPa,物理性能大幅提高。

## 2.5 挥发性

很多应用场景下都需要考虑橡胶制品的挥发性。例如由于受到灯泡辐射热量的影响,车灯密封胶条不可避免地会有部分小分子挥发分产生,这

会导致车灯内部产生雾化现象,影响夜间照明效果,危及行车安全<sup>[16]</sup>。除小分子加工助剂外,挥发分主要来源于胶料的增塑剂。因此,研究棕榈油和石蜡油在高温下的挥发性具有重要的现实意义。

石蜡油和棕榈油的TG曲线如图4所示。

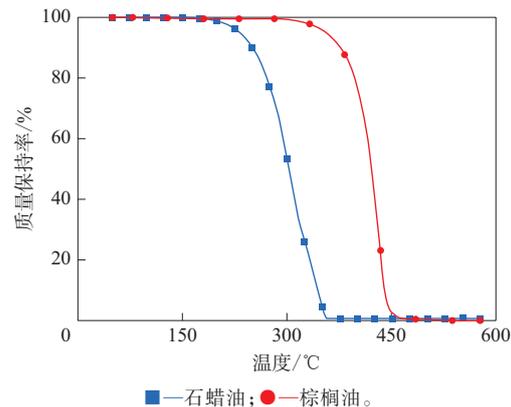


图4 石蜡油和棕榈油的TG曲线

Fig. 4 TG curves of paraffin oil and palm oil

从图4可以看出,石蜡油从200 °C开始发生分解,360 °C时分解完全,而棕榈油的初始分解温度为300 °C,460 °C左右分解完全。相比石蜡油,棕榈油拥有更高的分解温度和热稳定性。

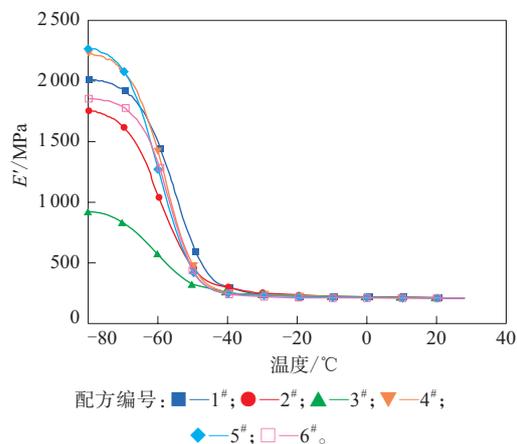
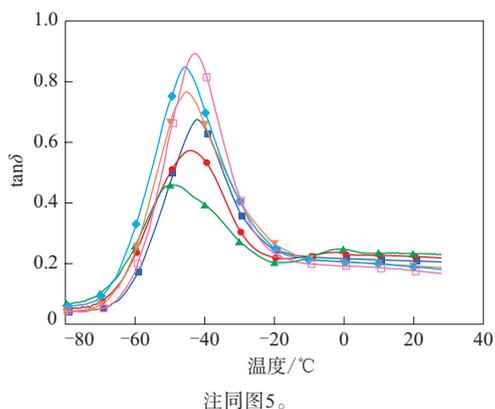
1<sup>#</sup>—6<sup>#</sup>配方硫化胶的雾化冷凝值分别为6.03, 13.1, 18.9, 10.3, 25.9和39.9  $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 。可以看出:随着增塑剂用量的增大,硫化胶的雾化冷凝值不断增大;在增塑剂用量相同时,填充棕榈油的硫化胶的雾化冷凝值比填充石蜡油的硫化胶更小,棕榈油表现出更低的挥发性。

## 2.6 动态力学性能

橡胶材料由于其粘弹性特征,在受到交变应力时,其应变会滞后应力一个相位角 $\delta$ ,相位角的正切值 $\tan\delta$ 称为损耗因子,可以表征橡胶材料的粘弹性,其峰值所在的温度被称为玻璃化温度( $T_g$ )<sup>[17-19]</sup>。

硫化胶的弹性模量( $E'$ )和 $\tan\delta$ 随温度的变化曲线分别如图5和6所示。

从图5可以看出,在低温段,由于橡胶分子链段被冻结,硫化胶处于玻璃态,因此其 $E'$ 很高。相对而言,3<sup>#</sup>配方硫化胶的 $E'$ 在-80 °C时只有800

图5 硫化胶的 $E'$ -温度曲线Fig. 5  $E'$ -temperature curves of vulcanizates图6 硫化胶的 $\tan\delta$ -温度曲线Fig. 6  $\tan\delta$ -temperature curves of vulcanizates

MPa,这可能是由于3<sup>#</sup>配方硫化胶的含胶率和交联程度较低,硫化胶的弹性不足所致。随着温度的升高,橡胶分子链段开始运动,硫化胶均进入高弹态。

从图6可以看出,随着配方中棕榈油用量的增大,硫化胶的 $\tan\delta$ 峰值向低温方向移动,这表明填充棕榈油有利于降低硫化胶的 $T_g$ ,改善低温性能。另外,与填充石蜡油的4<sup>#</sup>—6<sup>#</sup>配方硫化胶相比,填充棕榈油的1<sup>#</sup>—3<sup>#</sup>配方硫化胶的玻璃化转变峰更宽、 $\tan\delta$ 峰值更小,这表明棕榈油增塑的橡胶分子链段由冻结到运动的玻璃化转变温域较宽,且力学损耗小;但温度高于 $-10\text{ }^\circ\text{C}$ 时,与石蜡油增塑的硫化胶相比,棕榈油增塑的硫化胶的 $\tan\delta$ 略大。

### 3 结论

(1) 在增塑剂用量相同时,填充棕榈油的EPDM胶料的门尼粘度和 $G'$ 均低于填充石蜡油的EPDM胶料,说明棕榈油可以有效提高胶料的加工性能。

(2) 石蜡油在 $200\text{ }^\circ\text{C}$ 时开始分解,而棕榈油的初始分解温度为 $300\text{ }^\circ\text{C}$ ,且填充棕榈油的EPDM硫化胶的雾化冷凝值更小,因此棕榈油具有更好的热稳定性和低挥发性。

(3) 当棕榈油用量达到20份及以上时,EPDM硫化胶的物理性能会大幅下降,需增大硫化剂用量以提高硫化胶的交联程度。

(4) 填充棕榈油的EPDM硫化胶的 $\tan\delta$ 峰值比填充石蜡油的EPDM硫化胶小,但常温下其 $\tan\delta$ 要略大于填充石蜡油的。

(5) 随着国家“双碳”政策不断推进,使用绿色可再生生物质材料取代传统石油化工类原材料必将是未来的材料发展方向。采用生物基棕榈油作为增塑剂的EPDM胶料具有低挥发性、低门尼粘度、节能减排、绿色环保等优点,有望替代石蜡油应用于EPDM制品。

### 参考文献:

- [1] 王倩,刘波.三元乙丙橡胶应用市场分析及改性技术研究进展[J].化工管理,2020(10):91-92.  
WANG Q, LIU B. Advances in market analysis and modification technology of EPDM rubber[J]. Chemical Enterprise Management, 2020(10):91-92.
- [2] 谢忠麟,吴淑华,马晓.高性能特种弹性体的拓展(一)——三元乙丙橡胶、丙烯酸弹性体和乙丁橡胶[J].橡胶工业,2021,68(9):705-717.  
XIE Z L, WU S H, MA X. Expansion of high performance elastomers (part 1) ——EPDM, PBE and EBT[J]. China Rubber Industry, 2021,68(9):705-717.
- [3] FAEZ R, PAOLI M D. Elastic polyaniline with EPDM and dodecylbenzenesulfonic acid as plasticizers[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2001,82(7):1768-1775.
- [4] RODGERS B, HALASA A. Compounding and processing of rubber/rubber blends[M]. USA: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2016.
- [5] 李博,谢海波,王彦文,等.生物基增塑剂的研究进展[J].广东化

- 工, 2021, 48(5): 59-60, 77.
- LI B, XIE H B, WANG Y W, et al. Research progress of biological plasticizers[J]. Guangdong Chemical Industry, 2021, 48(5): 59-60, 77.
- [6] 刘玉芬, 安欣, 袁滨. 环保型增塑剂DINCH的研究进展[J]. 精细与专用化学品, 2022, 30(10): 8-11.
- LIU Y F, AN X, YUAN B. The research progress of environmentally-friendly plasticizer DINCH[J]. Fine and Specialty Chemicals, 2022, 30(10): 8-11.
- [7] 冯国东, 马艳, 贾普友, 等. 植物油基PVC增塑剂化学合成与应用[J]. 林业工程学报, 2020, 5(1): 18-28.
- FENG G D, MA Y, JIA P Y, et al. Chemical synthesis and application of vegetable oil based plasticizers[J]. Journal of Forestry Engineering, 2020, 5(1): 18-28.
- [8] 韩悦, 王朝, 吴卫东, 等. 生物基反应性增塑剂大豆油对三元乙丙橡胶增塑效果的研究[J]. 橡胶科技市场, 2012, 10(4): 21-25.
- HAN Y, WANG C, WU W D, et al. Plasticizing effect of bio-based reactive plasticizer soybean oil on EPDM[J]. China Rubber Science and Technology Market, 2012, 10(4): 21-25.
- [9] WANG Z, HAN Y, HUANG Z H, et al. Plasticization effect of hydrogenated transgenic soybean oil on nitrile-butadiene rubber[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2014, 131(16): 590-600.
- [10] WANG Z, HAN Y, ZHANG X, et al. Plasticization effect of transgenic soybean oil. I. On ethylene propylene diene monomer (EPDM), as substitute for paraffin oil[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2013, 130(6): 4457-4463.
- [11] 申颖. 亚麻油的改性及其在生物基增塑剂中的应用[D]. 北京: 北京化工大学, 2020.
- SHEN Y. Modification of linseed oil and its application in bio-based plasticizers[D]. Beijing: Beijing University of Chemical Technology, 2020.
- [12] 王舒婷, 陈福林, 龚湛林, 等. 马来酸酐改性腰果壳油对丁苯橡胶性能的影响[J]. 橡胶工业, 2014, 61(11): 666-670.
- WANG S T, CHEN F L, GONG Z L, et al. Effect of MAH modified cashew nut shell liquid on properties of SBR[J]. China Rubber Industry, 2014, 61(11): 666-670.
- [13] 许伟, 葛小东, 金丽珠, 等. 蓖麻油基下游产物及蓖麻油增塑剂的研究及其应用进展[J]. 化工进展, 2015(7): 1983-1988.
- XU W, GE X D, JIN L Z, et al. Research and application progress of castor oil-based downstream products and its plasticizer[J]. Chemical Industry and Engineering Progress, 2015(7): 1983-1988.
- [14] XU H S, FAN T, YE N, et al. Plasticization effect of bio-based plasticizers from soybean oil for tire tread rubber[J]. Polymers, 2020, 12(3): 623-632.
- [15] WANG Z, PENG Y H, ZHANG L Q, et al. Investigation of palm oil as green plasticizer on the processing and mechanical properties of ethylene propylene diene monomer rubber[J]. Industrial & Engineering Chemistry Research, 2016, 55(10): 2784-2789.
- [16] 杨春, 夏迎松, 方炳虎, 等. 一种低挥发EPDM车灯密封件材料及其制备方法[P]. 中国: CN 111234391A, 2020-06-05.
- [17] 孙攀, 李静, 解希铭, 等. 配合剂用量对丁基橡胶动态力学性能的影响[J]. 橡胶工业, 2022, 69(11): 841-846.
- SUN P, LI J, XIE X M, et al. Effect of ingredient dosages on dynamic mechanical properties of IIR[J]. China Rubber Industry, 2022, 69(11): 841-846.
- [18] 王博, 邹涛, 苍飞飞, 等. 用动态力学热分析仪研究胶料的动态力学性能[J]. 橡胶科技, 2017, 15(1): 12-16.
- WANG B, ZOU T, CANG F F, et al. Study on dynamic mechanical properties of compound by DMA[J]. Rubber Science and Technology, 2017, 15(1): 12-16.
- [19] 陈祝丹, 李大宇, 刘军, 等. 基于高斯过程回归的橡胶玻璃化温度的预测研究[J]. 橡胶工业, 2022, 69(11): 826-829.
- CHEN Z D, LI D Z, LIU J, et al. Study on prediction of glass transition temperature of rubber based on Gaussian process regression[J]. China Rubber Industry, 2022, 69(11): 826-829.

收稿日期: 2023-03-09

## Application of Bio-based Palm Oil in EPDM Compound

KE Yuchao<sup>1,2</sup>, YANG Chun<sup>1,2</sup>, SU Chunyi<sup>1,2</sup>, ZHANG Weiguo<sup>1,2</sup>, TIAN Youfeng<sup>1,2</sup>

(1. Anhui Zhongding Sealing Parts Co., Ltd, Ningguo 242300, China; 2. Key Laboratory of High-performance Rubber Materials & Products of Anhui Province, Ningguo 242300, China)

**Abstract:** The application of bio-based palm oil in ethylene propylene diene rubber (EPDM) compounds was studied. The results showed that compared with paraffin oil, green and renewable palm oil used in EPDM compounds had better plasticizing effect and thermal stability. The condensation value of the EPDM vulcanizate with palm oil as plasticizer after high temperature atomization was smaller, and the palm oil was expected to replace paraffin oil in EPDM products.

**Key words:** EPDM; palm oil; paraffin oil; green and renewable; thermal stability