

反应性液体异戊二烯橡胶增塑丁苯橡胶的性能

李倩倩¹, 赵素合^{1,2*}, 张兴英^{1,2}, 任月庆²

(1. 北京化工大学 有机无机复合材料国家重点实验室, 北京 100029; 2. 北京化工大学 北京市新型高分子材料制备与成型加工重点实验室, 北京 100029)

摘要:以自制液体异戊二烯橡胶(ZLIR)增塑乳聚丁苯橡胶(ESBR), 研究 ZLIR 用量对 ESBR 性能的影响, 并分别与进口液体异戊二烯橡胶(进口 LIR)和芳烃油进行对比。结果表明: ZLIR 和进口 LIR 对 ESBR 胶料的增塑效果优于芳烃油, 其能显著改善 ESBR 的流动性能, 降低胶料的加工能耗, 在硫化过程中能参与硫化, 是一种反应性增塑剂; 与芳烃油相比, ZLIR 和进口 LIR 增塑 ESBR 硫化胶的 300%定伸应力(用量为 7, 10 和 15 份)和 0℃下的 $\tan\delta$ 较大, 压缩疲劳温升、Payne 效应、60℃下的 $\tan\delta$ 和阿克隆磨耗量较小。ZLIR 与进口 LIR 对 ESBR 胶料综合性能的影响基本相近。

关键词:乳聚丁苯橡胶; 液体异戊二烯橡胶; 增塑剂; 增塑效果; 物理性能

中图分类号: TQ333. 1; TQ330. 38⁺4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-890X(2014)01-0005-07

芳烃油等小分子化合物增塑剂可改善胶料的加工性能、塑性和流动性^[1]。但小分子油类化合物仅为一种物理增塑剂, 高温易挥发, 多数具有污染性。此外, 小分子化合物增塑剂增塑的橡胶材料在使用过程中, 小分子油品易迁移或被溶剂抽出, 使制品体积收缩、变形而影响使用寿命^[2]。目前已证实, 芳烃油中的多环芳烃具有致癌性、致突变性及生殖系统毒害性, 危害人类的健康^[3]。

液体异戊二烯橡胶(LIR)是异戊二烯经聚合而成的一种粘性液体橡胶, 无色、无味、无残留卤素, 对胶料无污染, 可硫化, 是一种反应性增塑剂^[4]。谭锋等^[5]采用 LIR 增塑天然橡胶(NR), 使 NR 胶料的门尼粘度降低, 炭黑分散性提高。杨阳等^[6]研究 LIR 对 NR/顺丁橡胶(BR)并用胶性能的影响, 结果表明, LIR 能有效降低混炼时的最大和平衡功率, 提高 NR/BR 并用胶的定伸应力和硬度, 降低拉断伸长率, 而对其他物理性能影响不大。Z. G. Li 等^[7]研究了 3 种不同牌号 LIR 对乳聚丁苯橡胶(ESBR)动态力学性能的影响, 发现 3 种 LIR 均能降低 ESBR 的滚动阻力, 提高抗湿滑性能和填料分散性。目前对占据中国市场

的日本可乐丽公司生产的 LIR 的应用仅进行了初步研究, 国产 LIR 在市场上尚属空白, 许多厂家还处于研制阶段。

本工作以自制液体异戊二烯橡胶(ZLIR)增塑 ESBR, 研究 ZLIR 用量对 ESBR 胶料性能的影响, 并分别与进口液体聚异戊二烯橡胶和芳烃油进行对比, 为 ZLIR 的生产和推广应用提供基础数据。

1 实验

1.1 主要原材料

ESBR, 牌号 1502, 中国石油吉林石化分公司有机合成厂产品; 炭黑 N234, 天津海豚炭黑有限公司产品; 芳烃油, 北京橡胶六厂提供; LIR, 牌号 50, 日本可乐丽公司产品; ZLIR, 自制。进口 LIR 和 ZLIR 的分子结构参数如表 1 所示。

1.2 试验配方

ESBR 100, 炭黑 50, 氧化锌 4, 硬脂酸

表 1 进口 LIR 和 ZLIR 的分子结构参数

项 目	进口 LIR	ZLIR
数均相对分子质量	49 028	48 808
多分散性	1. 17	1. 23
顺式 1, 4-聚丁二烯质量分数	0. 674 8	0. 712 9
反式 1, 4-聚丁二烯质量分数	0. 255 4	0. 217 3
3, 4-丁二烯质量分数	0. 069 8	0. 069 8

作者简介:李倩倩(1987—), 女, 山东滨州人, 北京化工大学在读硕士研究生, 主要从事聚合物的合成与加工应用研究。

* 通信联系人

2,防老剂 RD 1.5,硫黄 1.8,促进剂 CZ 1,促进剂 TMTD 0.2,增塑剂 变品种、变量。

1.3 试验设备和仪器

M3810C 型门尼粘度仪,北京环峰化工机械实验厂产品;Instron 3211 型毛细管流变仪,英国英斯特朗公司产品;XY-1 型橡胶硬度计,上海化工机械四厂产品;CMT4104 型电子拉力试验机,深圳市新三思材料检测有限公司产品;YS-25 型压缩疲劳试验机,上海橡胶机械厂产品;RZH-1001 型热老化试验箱,天津市天宇实验仪器有限公司产品;MZ-4061 型阿克隆磨耗试验机,江都市明珠试验机械厂产品;S-4700 型扫描电子显微镜(SEM),日本日立公司产品;RPA2000 型橡胶加工分析(RPA)仪,美国阿尔法科技有限公司产品;VA3000 型动态力学分析(DMA)仪,美国 Rheometric Scientific 公司产品。

1.4 试样制备

将 ESRB 置于 $\Phi 360\text{ mm} \times 900\text{ mm}$ 开炼机上薄通数次,依次加入炭黑及配合剂,混炼均匀后出片,放置 24 h 后分成数份;然后置于 $\Phi 160\text{ mm} \times 320\text{ mm}$ 开炼机上加入增塑剂及硫黄,混匀后出片,放置待用。胶料在 25 t 平板硫化机上硫化,硫化条件为 $150\text{ }^{\circ}\text{C} \times t_{90}$ 。

1.5 测试分析

1.5.1 流动性能

胶料的门尼粘度采用门尼粘度仪按 GB/T 1232.1—2000《未硫化橡胶 用圆盘剪切粘度计进行测试 第 1 部分:门尼粘度的测定》进行测试。

流变性能采用毛细管流变仪进行测试,毛细管直径为 0.12 cm,长径比为 40,柱塞速率分别为 0.06,0.2,0.6,2.0,6.0 和 20.0 $\text{cm} \cdot \text{min}^{-1}$,试验温度为 90 $^{\circ}\text{C}$,预热 3 min,未进行入口校正。

1.5.2 物理性能

邵尔 A 型硬度按 GB/T 531.1—2008《硫化

橡胶或热塑性橡胶 第 1 部分:邵氏硬度计法(邵尔硬度)》进行测试;拉伸性能采用电子拉力试验机按 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;撕裂性能按 GB/T 529—2008《硫化橡胶或热塑性橡胶 撕裂强度的测定(裤形、直角形和新月形试样)》进行测试,直角形试样。

压缩疲劳生热按 GB/T 1687—1993《硫化橡胶在屈挠试验中温升和耐疲劳性能的测定 第 2 部分:压缩屈挠试验》进行测试,试验条件为:模腔温度 55 $^{\circ}\text{C}$,负荷 1.01 MPa,冲程 4.45 mm,预热时间 30 min,试验时间 25 min,压缩频率 30 Hz。

1.5.3 耐磨性能

耐磨性能采用阿克隆磨耗试验机按 GB/T 1689—1998《硫化橡胶耐磨性能的测定(用阿克隆磨耗机)》进行测试。

1.5.4 动态力学性能

胶料的应变扫描曲线采用 RPA 仪进行测试,试验条件为:温度 60 $^{\circ}\text{C}$,频率 10 Hz,应变 0.28%~42%。

胶料的温度扫描曲线采用 DMA 仪进行测试,试验条件为:拉伸模式,温度范围 $-70 \sim +30\text{ }^{\circ}\text{C}$,升温速率 3 $^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$,应变 0.1%,频率 10 Hz;温度范围 10~90 $^{\circ}\text{C}$,升温速率 3 $^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$,应变 5%,频率 10 Hz。

2 结果与讨论

2.1 硫化特性

增塑剂品种和用量对 ESRB 胶料硫化特性的影响如表 2 所示。

从表 2 可以看出:与未增塑 ESRB 胶料相比,芳烃油对 ESRB 胶料的焦烧时间和正硫化时间基本无影响;进口 LIR 和 ZLIR 增塑 ESRB 胶料的

表 2 增塑剂品种和用量对 ESRB 胶料硫化特性的影响

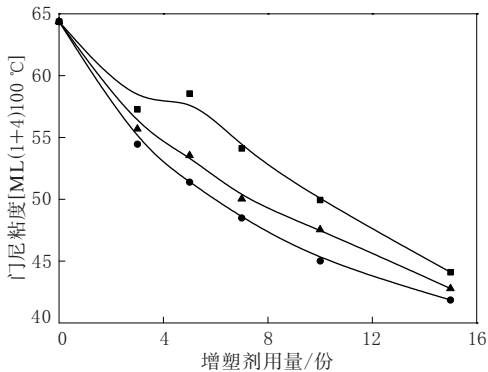
项 目	空白	芳烃油用量/份					进口 LIR 用量/份					ZLIR 用量/份				
		3	5	7	10	15	3	5	7	10	15	3	5	7	10	15
t_{10}/min	4.9	4.6	4.6	4.7	4.8	4.8	5.2	5.2	5.3	5.3	5.5	5.1	5.1	5.2	5.2	5.3
t_{90}/min	11.6	10.9	10.9	10.7	11.2	10.9	12.2	12.1	12.2	12.3	12.7	11.9	11.8	12.0	12.1	12.3
$M_L/(\text{dN} \cdot \text{m})$	1.7	1.6	1.6	1.4	1.0	1.1	1.6	1.5	1.2	1.3	1.1	1.6	1.6	1.5	1.4	1.3
$M_H/(\text{dN} \cdot \text{m})$	18.2	16.6	16.8	15.9	15.1	13.9	17.7	17.0	16.5	16.2	15.1	17.8	17.2	17.0	16.4	15.2

焦烧时间和正硫化时间延长,这是因为进口 LIR 和 ZLIR 参与了胶料硫化所致。随着增塑剂用量的增大,3 种胶料的最大转矩和最小转矩均呈减小趋势,这与增塑剂降低了橡胶大分子间作用力有关。由于进口 LIR 和 ZLIR 的相对分子质量远大于芳烃油,因此进口 LIR 和 ZLIR 增塑 ESBR 胶料的最大转矩大于芳烃油增塑胶料,最小转矩变化不明显。ZLIR 与进口 LIR 增塑胶料的硫化参数基本相近。

2.2 流动性能

2.2.1 门尼粘度

增塑剂品种和用量对 ESBR 胶料门尼粘度的影响如图 1 所示。



增塑剂品种: ■—芳烃油; ●—进口 LIR; ▲—ZLIR。

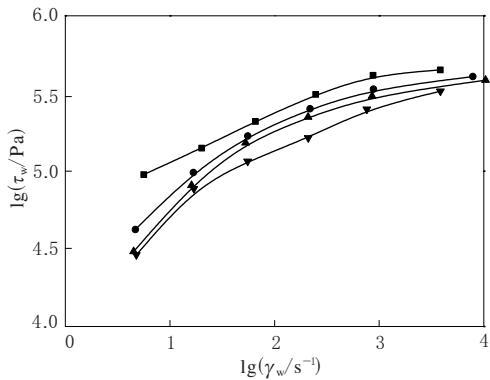
图 1 增塑剂品种和用量对 ESBR 胶料门尼粘度的影响

从图 1 可以看出,随着增塑剂用量的增大,ESBR 胶料的门尼粘度减小,说明增塑剂用量越大,增塑效果越明显。与芳烃油相比,进口 LIR 和 ZLIR 增塑 ESBR 胶料的门尼粘度均较小,说明进口 LIR 和 ZLIR 的增塑效果优于芳烃油;ZLIR 增塑 ESBR 胶料的门尼粘度比进口 LIR 增塑胶料略大,但差别较小。

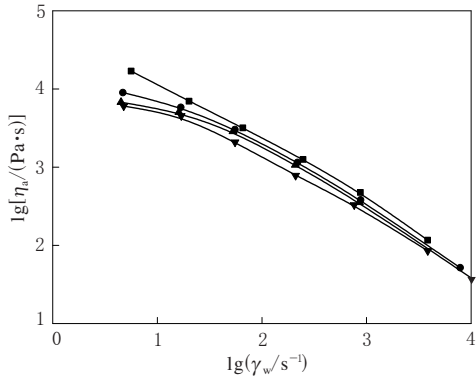
2.2.2 流变性能

增塑剂品种和用量对 ESBR 胶料流变性能的影响如图 2 所示。

从图 2 可以看出,随着剪切速率(γ_w)的增大,ESBR 胶料的剪切应力(τ_w)增大,且 τ_w - γ_w 对数曲线是弯曲的,表观粘度(η_a)明显降低,即 3 种增塑剂增塑和未增塑的 ESBR 胶料均表现出非牛顿流体剪切变稀的基本特性。当 γ_w 相同时,未增塑 ESBR 胶料的 τ_w 和 η_a 最大,芳烃油、进口 LIR 和



(a) $\lg \tau_w$ - $\lg \gamma_w$ 曲线



(b) $\lg \eta_a$ - $\lg \gamma_w$ 曲线

增塑剂品种: ■—空白; ●—芳烃油; ▲—进口 LIR; ▼—ZLIR。用量均为 5 份。

图 2 增塑剂品种和用量对 ESBR 胶料流变性能的影响 ZLIR 增塑 ESBR 胶料依次减小。这说明增塑剂进口 LIR 和 ZLIR 改善了 ESBR 胶料的流动性能,降低了胶料的加工能耗。与进口 LIR 增塑胶料相比,ZLIR 增塑 ESBR 胶料的 η_a 更低,加工流动性能更好。

综合来看,进口 LIR 和 ZLIR 可以较好地改善 ESBR 的流动性能,ZLIR 的增塑效果更优。

2.3 物理性能

增塑剂品种和用量对 ESBR 硫化胶物理性能的影响如表 3 所示。

从表 3 可以看出,与未增塑硫化胶相比,3 种增塑 ESBR 硫化胶的拉伸强度、拉断伸长率和压缩疲劳生热均较大,说明添加适量增塑剂有利于大分子取向,使其承受极限应力的能力增强。尽管小分子油品的加入降低了分子间作用力,但小分子运动对硫化胶摩擦损耗的贡献高于由分子间作用力降低而导致内耗减小的贡献。随着增塑剂

表 3 增塑剂品种和用量对 ESRB 硫化胶物理性能的影响

项 目	空白	芳烃油用量/份					进口 LIR 用量/份					ZLIR 用量/份				
		3	5	7	10	15	3	5	7	10	15	3	5	7	10	15
邵尔 A 型硬度/度	74	73	73	73	71	69	74	73	73	70	69	73	73	72	70	68
300%定伸应力/MPa	16.5	14.2	13.2	12.2	10.9	7.7	14.0	13.0	13.6	12.8	11.1	16.2	14.9	13.7	11.6	11.1
拉伸强度/MPa	21.2	24.3	24.0	22.7	22.3	23.8	22.0	24.8	23.8	22.6	22.8	25.3	24.0	23.2	23.6	21.6
拉断伸长率/%	374	437	461	488	502	621	409	477	442	466	485	427	427	430	495	477
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	64	63	63	61	59	59	60	56	62	59	56	65	58	61	60	56
压缩疲劳温升/℃	20.0	21.2	21.1	21.2	21.2	21.6	21.0	20.9	21.3	21.2	21.7	20.3	20.4	20.9	21.0	21.6
100℃×24 h 老化后																
拉伸强度变化率/%	-18	-23	-20	-14	-15	-24	-16	-25	-24	-17	-26	-27	-13	-13	-23	-22
拉断伸长率变化率/%	-39	-41	-37	-34	-37	-43	-41	-47	-42	-41	-44	-40	-35	-37	-45	-41

用量的增大,3 种增塑硫化胶的邵尔 A 型硬度、拉伸强度(进口 LIR 用量为 5 份除外)和撕裂强度总体呈减小趋势,拉断伸长率增大。高用量(7,10 和 15 份)进口 LIR 和 ZLIR 增塑 ESRB 硫化胶的 300%定伸应力和拉断伸长率分别高于和低于芳烃油增塑硫化胶,这与进口 LIR 和 ZLIR 参与硫化有关。相同用量(5~15 份)ZLIR 增塑 ESRB 硫化胶的压缩疲劳生热略低。增塑剂品种对硫化胶的硬度和耐老化性能影响不大。

2.4 反应性

以己烷为溶剂在索氏抽提器中抽提硫化胶 24 h,抽提后在 50℃的真空烘箱中干燥至恒质量。增塑剂品种和用量对 ESRB 硫化胶抽提率的影响如图 3 所示。

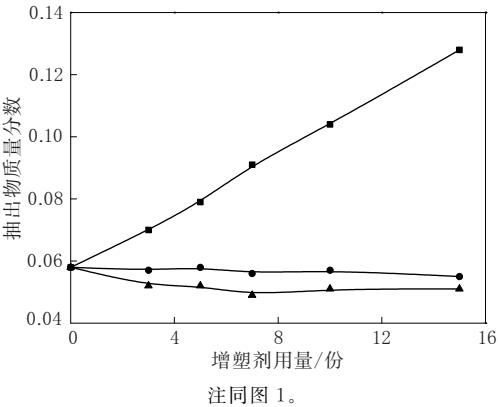


图 3 增塑剂品种和用量对 ESRB 硫化胶抽提率的影响

从图 3 可以看出,随着增塑剂用量的增大,芳烃油增塑 ESRB 硫化胶的抽出物质量分数呈线性增大趋势;进口 LIR 和 ZLIR 增塑 ESRB 硫化胶的抽出物质量分数基本不变。这说明芳烃油仅为一种物理增塑剂,其能被溶剂从硫化胶中抽出,进口 LIR 和 ZLIR 参与了硫化,基本不被溶剂抽出。

2.5 耐磨性能

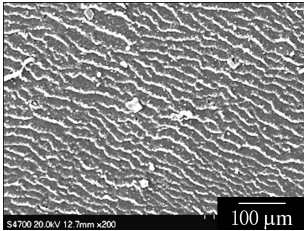
增塑剂品种和用量对 ESRB 硫化胶阿克隆磨耗量的影响如表 4 所示。

表 4 增塑剂品种和用量对 ESRB 硫化胶阿克隆磨耗量的影响

增塑剂品种	空白	增塑剂用量/份					cm ³
		3	5	7	10	15	
芳烃油	0.076	0.085	0.089	0.091	0.085	0.101	
进口 LIR	0.076	0.059	0.074	0.075	0.091	0.125	
ZLIR	0.076	0.061	0.064	0.083	0.082	0.123	

从表 4 可以看出,随着增塑剂用量的增大,3 种增塑 ESRB 硫化胶的阿克隆磨耗量均呈增大趋势。与芳烃油增塑硫化胶相比,3~10 份进口 LIR 和 ZLIR 增塑 ESRB 硫化胶的阿克隆磨耗量略小,耐磨性能较好,但增塑剂用量为 15 份时则相反。这可能是大用量的进口 LIR 和 ZLIR 不耐磨特性突出显现的原因。进口 LIR 增塑 ESRB 硫化胶的耐磨性能与 ZLIR 差别不大。

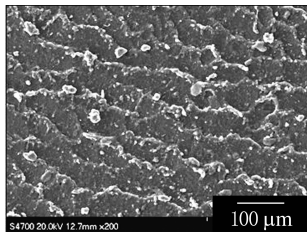
未增塑和添加 5 份增塑剂的 ESRB 硫化胶磨耗表面的 SEM 照片分别如图 4 和 5 所示。



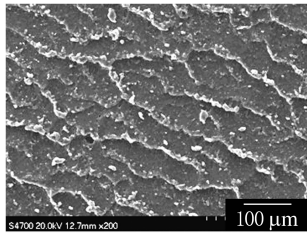
放大 200 倍。

图 4 未增塑 ESRB 硫化胶磨耗表面的 SEM 照片

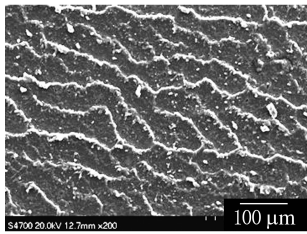
从图 4 可以看出,未增塑 ESRB 硫化胶的磨耗纹比较紧密,且磨耗纹深度较小,表明硫化胶在磨耗过程中受力均匀。



(a) 芳烃油增塑



(b) 进口 LIR 增塑



(c) ZLIR 增塑

放大 200 倍。

图 5 不同增塑剂品种的 ESBR 硫化胶磨耗表面 SEM 照片

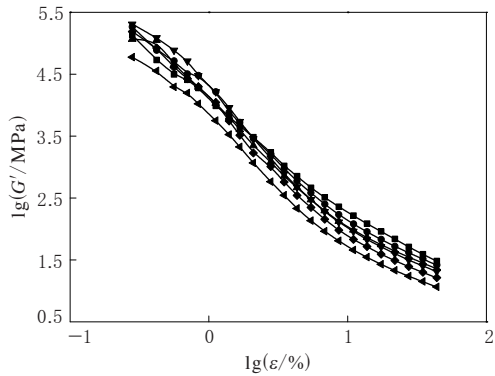
从图 5 可以看出,芳烃油增塑 ESBR 硫化胶的磨耗纹间距较大,磨耗纹深度较大。这是因为芳烃油增塑硫化胶较软,受力作用前行时其剪切形变大,应力分布不均匀,形成较明显的坡-沟及纹路破损现象,磨耗量增大。进口 LIR 增塑 ESBR 硫化胶磨耗纹间距比芳烃油的小,磨耗纹深度较小,磨耗量较小。ZLIR 增塑 ESBR 硫化胶的磨耗纹间距更小,磨耗纹深度更小,磨耗量也更小,这与其 300%定伸应力较大有关。3 种增塑剂增塑 ESBR 硫化胶的阿克隆磨耗量与照片现象相吻合。综合考虑,进口 LIR 和 ZLIR 能改善 ESBR 的耐磨性能,且用量为 3~10 份时,能保持较长的使用寿命。

2.6 动态力学性能

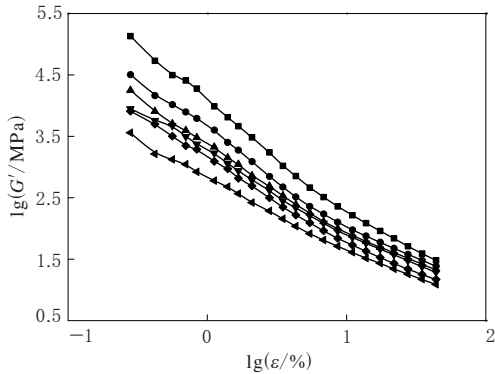
2.6.1 应变扫描

不同增塑剂品种和用量 ESBR 硫化胶的剪切储能模量(G')与应变(ϵ)关系曲线如图 6 所示。

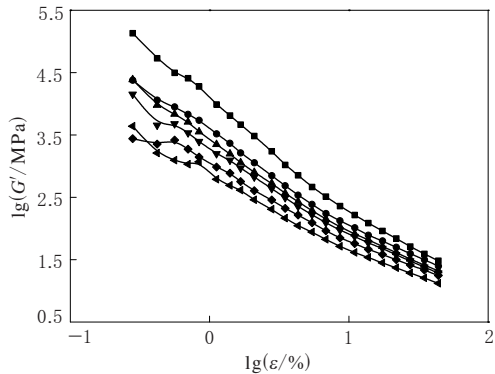
从图6可以看出:随着增塑剂用量的增大,芳



(a) 芳烃油增塑



(b) 进口 LIR 增塑



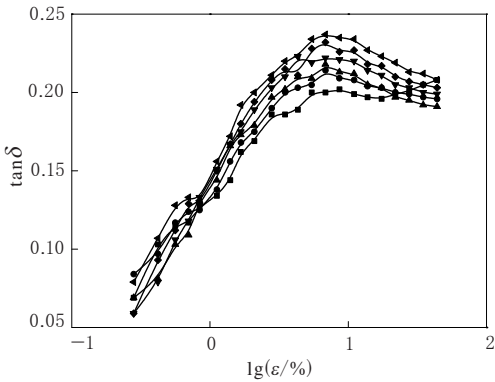
(c) ZLIR 增塑

增塑剂用量/份: ■—0; ●—3; ▲—5; ▼—7; ◆—10; ◀—15。

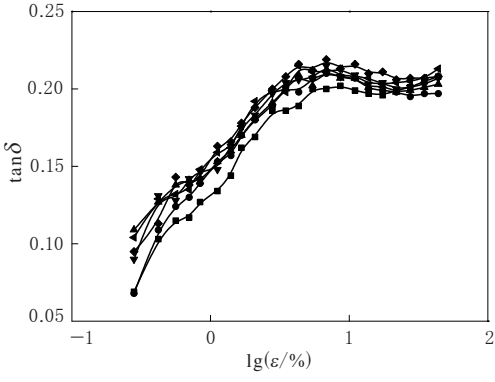
图 6 不同增塑剂品种和用量 ESBR 硫化胶的 $\lg G' - \lg \epsilon$ 曲线

烃油增塑 ESBR 硫化胶 G' 变化值($\Delta G'$)基本未变,说明芳烃油对 ESBR 硫化胶中炭黑的分散性影响不大;随着进口 LIR 和 ZLIR 用量的增大,进口 LIR 和 ZLIR 增塑 ESBR 硫化胶的 $\Delta G'$ 减小,即 Payne 效应减弱,炭黑分散性变好,说明进口 LIR 和 ZLIR 的加入有利于炭黑分散。

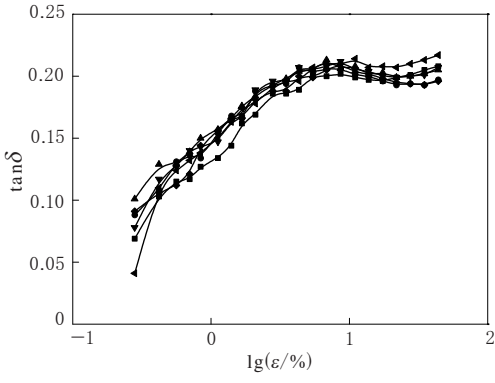
图7所示为不同增塑剂品种和用量ESBR硫



(a)芳烃油增塑



(b)进口 LIR 增塑



(c)ZLIR 增塑

注同图 6。

图 7 不同增塑剂品种和用量 ESBR 硫化胶的 $\tan\delta$ - $\lg\varepsilon$ 曲线

化胶的损耗因子($\tan\delta$)- $\lg\varepsilon$ 曲线。

从图 7 可以看出:芳烃油增塑 ESBR 硫化胶的 $\tan\delta$ 明显比进口 LIR 和 ZLIR 增塑硫化胶大;随着增塑剂用量的增大,芳烃油增塑 ESBR 硫化胶的 $\tan\delta$ 的增幅增大,但进口 LIR 和 ZLIR 增塑 ESBR 硫化胶的 $\tan\delta$ 变化不大。这可能是因为芳烃油与 ESBR 的亲性好,胶料分子链的滑动

形变产生的摩擦损耗显著之故。而进口 LIR 和 ZLIR 参与了硫化反应,成为胶料的一部分,对分子链之间的滑动摩擦影响较小。

综上所述,进口 LIR 和 ZLIR 在改善 ESBR 胶料中炭黑分散性方面明显好于芳烃油,且内耗比芳烃油低;ZLIR 增塑 ESBR 硫化胶的动态力学性能与进口 LIR 相差不大。

2.6.2 温度扫描

不同品种和用量增塑剂增塑 ESBR 硫化胶在不同温度范围扫描下的玻璃化温度(T_g)和 $\tan\delta$ 值如表 5 所示。

表 5 不同增塑剂品种和用量的 ESBR 硫化胶的 T_g 和 $\tan\delta$

项 目	空白	增塑剂用量/份		
		3	5	7
$T_g/^\circ\text{C}^{1)}$				
芳烃油	-32.7	-31.4	-32.2	-32.1
进口 LIR	-32.7	-32.4	-32.2	-32.4
ZLIR	-32.7	-32.2	-30.7	-31.5
0 ℃ 下的 $\tan\delta^{1)}$				
芳烃油	0.162	0.166	0.162	0.166
进口 LIR	0.162	0.165	0.172	0.171
ZLIR	0.162	0.173	0.188	0.175
60 ℃ 下的 $\tan\delta^{2)}$				
芳烃油	0.203	0.220	0.226	0.231
进口 LIR	0.203	0.201	0.197	0.202
ZLIR	0.203	0.186	0.196	0.197

注:1)温度范围为-70~+30 ℃,应变为 0.1%;2)温度范围为 10~90 ℃,应变为 5%。

从表 5 可以看出:3 种增塑剂增塑 ESBR 硫化胶的 T_g 基本不变;芳烃油对 ESBR 硫化胶 0 ℃ 下的 $\tan\delta$ 基本无影响;ZLIR 增塑 ESBR 硫化胶 0 ℃ 下的 $\tan\delta$ 比芳烃油和进口 LIR 增塑硫化胶大,说明 ZLIR 提高了胶料运动单元的多重性,改善了硫化胶的抗湿滑性能。ZLIR 增塑硫化胶的抗湿滑性能比进口 LIR 增塑硫化胶好。

从表 5 还可以看出,随着增塑剂用量的增大,芳烃油增塑 ESBR 硫化胶在 60 ℃ 下的 $\tan\delta$ 增大,进口 LIR 增塑硫化胶的 $\tan\delta$ 略有减小,ZLIR 增塑硫化胶的 $\tan\delta$ 减小。这再次说明芳烃油的加入增大了胶料运动的阻力,而进口 LIR 和 ZLIR 能参与硫化成为 ESBR 交联网络中的一部分,减小了胶料分子运动的阻力,即滚动阻力

降低。

3 结论

(1)与芳烃油相比,进口 LIR 和 ZLIR 增塑 ESRB 胶料的门尼粘度和表观粘度较小,加工流动性较好。进口 LIR 和 ZLIR 能参与硫化反应,不易被溶剂从硫化胶中抽出。ZLIR 与进口 LIR 的增塑效果和反应性基本相近。

(2)与未增塑硫化胶相比,3 种增塑 ESRB 硫化胶的拉伸强度和拉断伸长率均较大;随着增塑剂用量的增大,3 种增塑 ESRB 硫化胶的硬度、拉伸强度、撕裂强度减小,拉断伸长率增大;高用量(7,10 和 15 份)进口 LIR 和 ZLIR 增塑 ESRB 硫化胶的 300%定伸应力比芳烃油增塑硫化胶大。相同用量 ZLIR 增塑 ESRB 硫化胶的压缩疲劳生热略低。用量为 3~7 份进口 LIR 和 ZLIR 增塑硫化胶的阿克隆磨耗量比芳烃油增塑硫化胶小。

(3)加入芳烃油基本不影响 ESRB 硫化胶的 Payne 效应,进口 LIR 和 ZLIR 能显著降低胶料的 Payne 效应,进口 LIR 和 ZLIR 有利于硫化胶

中炭黑的分散。

(4)3 种增塑剂对 ESRB 硫化胶的 T_g 基本没影响;与芳烃油相比,进口 LIR 和 ZLIR 可显著提高硫化胶的抗湿滑性和降低滚动阻力。

参考文献:

- [1] 中国化工学会橡胶专业委员会. 橡胶助剂手册[M]. 北京:化学工业出版社,2000:314-331.
- [2] 杨清芝. 现代橡胶工艺学[M]. 北京:中国石化出版社,1997:352-376.
- [3] 刘春晓,鲁飞. 环保轮胎:欧盟来真的了[J]. 汽车观察,2009,9(1):88-89.
- [4] Nishikawa M, Maeda M, Nakata H, et al. New Isoprene Polymers[M]. Oxford:Oxford University Press,1998.
- [5] 谭锋,王迪珍,罗东山. 液体天然橡胶作为 NR 反应型增塑剂的研究[J]. 橡胶工业,1988,35(12):711-714.
- [6] 杨阳,尹国杰,王小萍,等. LIR-50 对 NR/BR 胶料混炼特性和力学性能的影响[J]. 弹性体,2005,15(5):47-50.
- [7] Li Z G, Ren W T, Ye L, et al. Effect of Liquid Isoprene Rubber on Dynamic Mechanical Properties of Emulsion Polymerized Styrene/Butadiene Rubber Vulcanizates[J]. Polymer International,2011,61(4):531-538.

收稿日期:2013-07-29

Study on Properties of SBR Compound Plasticized by Reactive Liquid Isoprene Rubber

LI Qian-qian, ZHAO Su-he, ZHANG Xing-ying, REN Yue-qing

(Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

Abstract: The self-made liquid isoprene rubber(ZLIR) was used to plasticize ESRB, and the effects of addition levels of ZLIR, aromatic hydrocarbon oil and imported liquid isoprene rubber(ILIR) on the properties of ESRB compound were investigated. The results showed that, the plasticizing effect of ILIR and ZLIR on ESRB compound were superior to aromatic hydrocarbon oil, ILIR and ZLIR could significantly improve the processing flow property of ESRB and reduce the processing energy consumption, and they were reactive plasticizers and could be co-crosslinked with ESRB during vulcanization. Compared with aromatic hydrocarbon oil plasticized ESRB, the modulus at 300% elongation and $\tan\delta$ at 0 °C of ZLIR or ILIR(7, 10, 15 phr) plasticized ESRB vulcanizates were higher, the compression temperature rise, Payne effect, $\tan\delta$ at 60 °C and Akron abrasion loss were lower. The influences of ZLIR and ILIR on the comprehensive performance of ESRB compound were substantially similar.

Key words: ESRB; liquid isoprene rubber; plasticizer; plasticizing effect; physical property