

# 工程机械轮胎胎体胶混炼工艺的改进

邓旺, 吕强

(贵州轮胎股份有限公司, 贵州 贵阳 550008)

**摘要:** 研究工程机械轮胎胎体胶混炼工艺改进对胶料性能的影响。结果表明: 通过将炭黑分2段加入, 并将防老剂和塑解剂分开加入, 混炼效率提高, 塑解剂效能得到保护; 与改进前胶料相比, 改进后胶料的门尼粘度降低, 硫化特性变化不大, 硬度、定伸应力、拉伸强度和撕裂强度相当, H抽出力明显增大, 自粘性显著提高, 流动性好, 压延半成品尺寸稳定性提高。

**关键词:** 工程机械轮胎; 胎体; 混炼工艺; H抽出力; 自粘性

胎体胶是工程机械轮胎的主要受力部件, 随着工程机械轮胎负载量提高、使用寿命延长、路况条件愈加苛刻, 对胎体的性能要求越来越高。工程机械轮胎的胎体胶应满足加工性能好、自粘性好、帘线-橡胶粘合性能好等要求。传统混炼工艺制备工程机械胎体胶生产效率较低, 胶料性能有待进一步改进<sup>[1]</sup>。

本工作通过改进工程机械轮胎胎体胶混炼工艺, 研究混炼工艺改进对混炼效率和胶料性能的影响。

## 1 实验

### 1.1 主要原材料

天然橡胶(NR), SCR5, 云南高深集团有限公司产品; 1400dtex/2锦纶66帘线, 河南神马实业股份有限公司; 炭黑N330和N660, 曲靖众一精细化工有限公司产品; 塑解剂SJ-103, 武汉径河化工有限公司产品。

### 1.2 主要设备和仪器

F-270型密炼机和XK-660型开炼机, 大连冰山橡塑股份有限公司产品; XM-140型密炼机, 益阳橡胶塑料机械集团有限公司产品; XLB-0型平板硫化机, 青岛巨融机械技术有限公司产品; MFR-100A型多功能无转子硫化仪和VSMV-100B型可变速门尼粘度计, 上海诺甲仪器仪表有限公司产品;

RPA2000橡胶加工分析仪, 美国阿尔法科技有限公司产品; T2000E型电子拉力机, 北京友深电子仪器有限公司产品。

### 1.3 配方

NR, 100; 炭黑 N330, 20; 炭黑 N660, 15; 白炭黑, 5; 氧化锌, 5; 硬脂酸, 2; 硫黄, 1.7; 促进剂, 1.8; 防老剂, 3; 塑解剂, 0.3; 芳烃油, 5; 其他, 5; 合计, 163.8。

### 1.4 混炼工艺

#### 1.4.1 改进前

混炼工艺改进前胶料混炼分3段进行。

一段和二段混炼均在F270型密炼机中进行, 转子转速 $40 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ , 密炼室初始温度 $80 \text{ }^\circ\text{C}$ 。一段混炼工艺为: 生胶→炭黑和白炭黑→小料→芳烃油→排胶( $160 \text{ }^\circ\text{C}$ ); 二段混炼工艺为: 一段混炼胶→排胶( $160 \text{ }^\circ\text{C}$ )。

三段混炼在XM-140型密炼机中进行, 转子转速 $20 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ , 密炼室初始温度 $60 \text{ }^\circ\text{C}$ 。混炼工艺为: 二段混炼胶→硫黄和促进剂→排胶至XK-660型开炼机上薄通下片。

该混炼工艺的主要问题是混炼效率低, 每车二段混炼胶需要1车一段混炼胶, 一段和二段混炼胶都占用较多的场地, 转运过程较繁琐。

#### 1.4.2 改进后

混炼工艺改进后胶料混炼分3段进行。

一段和二段混炼均在F270型密炼机中进行, 转子转速 $40 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ , 密炼室初始温度 $80 \text{ }^\circ\text{C}$ 。一段混炼工艺为: 生胶 $\rightarrow$ 炭黑N330和白炭黑 $\rightarrow$ 塑解剂和3份芳烃油 $\rightarrow$ 排胶( $165 \text{ }^\circ\text{C}$ ); 二段混炼工艺为: 一段混炼胶 $\rightarrow$ 炭黑N660 $\rightarrow$ 小料 $\rightarrow$ 2份芳烃油 $\rightarrow$ 排胶( $160 \text{ }^\circ\text{C}$ )。

三段混炼在XM-140型密炼机中进行, 转子转速 $20 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ , 密炼室初始温度 $60 \text{ }^\circ\text{C}$ 。混炼工艺为: 二段混炼胶 $\rightarrow$ 硫黄和促进剂 $\rightarrow$ 排胶至XK-660型开炼机上薄通下片。

改进工艺主要调整了一段和二段混炼的加料顺序, 将炭黑分2段加入, 这样可以提高一段混炼胶的密炼机填充率和混炼效率, 每车二段混炼胶仅需0.84车一段混炼胶; 将防老剂和塑解剂分开加入, 这是由于防老剂在混炼过程中易产生自由基, 会终止塑解剂与橡胶大分子之间的自由基反应, 使塑解剂失效, 防老剂与塑解剂分开加入, 可以保护塑解剂的效能, 降低一段和二段混炼胶的门尼粘度, 改善胶料加工性能。

### 1.5 性能测试

混炼胶自粘性试验按照文献<sup>[2]</sup>进行, 其它胶料性能测试按照相应国家标准进行。

## 2 结果与讨论

### 2.1 混炼工艺参数

混炼工艺改进前后的一段和二段混炼工艺参数见表1。

从表1可以看出, 与混炼工艺改进前混炼胶相比, 混炼工艺改进后的一段和二段混炼胶门尼粘

表1 混炼工艺改进前后的一段和二段混炼工艺参数

项 目	一段混炼工艺		二段混炼工艺	
	改进前	改进后	改进前	改进后
混炼时间/s	210	209	170	190
混炼能耗/( $\text{kW} \cdot \text{h}$ )	20.1	19.6	16.6	19.1
排胶温度/ $^\circ\text{C}$	165	165	165	165
生产能耗 <sup>1)</sup> /( $\text{kW} \cdot \text{h}$ )	2010	1646	1660	1910
混炼胶门尼粘度 [ML(1+4) 100 $^\circ\text{C}$ ]	$65 \pm 5$	$61 \pm 5$	$58 \pm 5$	$49 \pm 5$

注: 1) 以生产100车2段混炼胶计。

度降低, 二段混炼胶的混炼时间延长, 混炼能耗增大。由于改进后每生产1车二段混炼胶只需0.84车一段混炼胶, 二段混炼胶的生产效率提高, 以生产100车2段混炼胶计, 改进前生产能耗为 $3670 \text{ kW} \cdot \text{h}$ , 改进后生产能耗为 $3556.4 \text{ kW} \cdot \text{h}$ , 总能耗下降3.09%。

### 2.2 胶料物理性能

混炼工艺改进前后的胶料物理性能见表2。从表2可以看出, 与混炼工艺改进前胶料相比, 混炼工艺改进后胶料的门尼粘度降低, 硫化特性变化不大, 硬度、定伸应力、拉伸强度和撕裂强度相当, H抽出力明显增大, 这是因为胶料门尼粘度降低, 流动性增大, 更容易浸润帘线表面, 因此帘线和胶料的粘合强度提高。

### 2.3 混炼胶自粘性

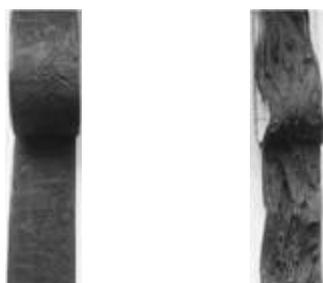
混炼工艺改进前后的混炼胶自粘性见表3, 试样测试后的剥离面外观见图1。

表2 混炼工艺改进前后的胶料物理性能

项 目	混炼工艺 改进前	混炼工艺 改进后
门尼粘度 [ML(1+4) 100 $^\circ\text{C}$ ]	49.6	39.8
门尼焦烧时间 (125 $^\circ\text{C}$ )		
$t_2/\text{min}$	7.40	9.25
$\Delta t_{30}/\text{min}$	12.49	11.10
硫化仪数据 (145 $^\circ\text{C}$ )		
$t_{10}/\text{min}$	4.11	3.88
$t_{90}/\text{min}$	11.26	10.18
$M_L/(N \cdot m)$	1.77	1.64
$M_H/(N \cdot m)$	14.46	14.24
硫化胶性能 (145 $^\circ\text{C} \times 60 \text{ min}$ )		
邵尔 A 型硬度/度	60	60
100% 定伸应力/MPa	2.4	2.6
300% 定伸应力/MPa	11.0	11.0
拉伸强度/MPa	25.2	24.8
拉断伸长率/%	530	509
拉断永久变形/%	18	16
帘线-橡胶 H 抽出力/( $N \cdot \text{cm}^{-1}$ )	145.2	154.6
撕裂强度/( $\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$ )	53	53

表3 混炼工艺改进前后的混炼胶自粘性

项目	混炼工艺改进前				混炼工艺改进后			
	1	2	3	平均值	1	2	3	平均值
最大剥离力 /N	66.7	105.4	45.3	72.4	141.3	149.4	157.6	149.4
平均剥离力 /N	0.9	2.9	0.8	1.5	3.3	4.0	3.5	3.6
剥离能 /J	6.6	11.0	5.7	7.7	12.3	16.6	17.1	15.3



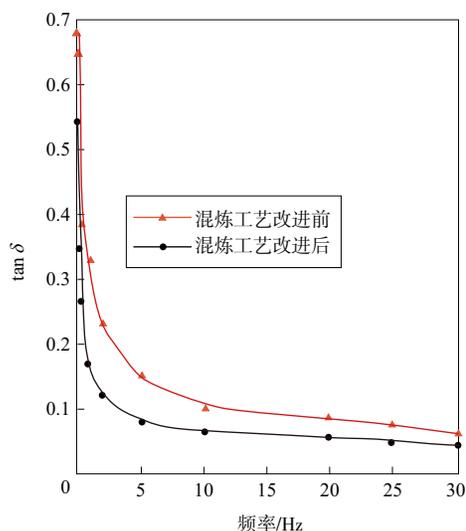
(a) 混炼工艺改进前 (b) 混炼工艺改进后

图1 试样测试后的剥离面外观

从表3和图1可以看出：与混炼工艺改进前混炼胶相比，混炼工艺改进后混炼胶的剥离力和剥离能明显增大；混炼工艺改进前试样剥离面为粘合界面，剥离面非常光滑，而混炼工艺改进后试样的粘合面融合在一起，剥离面凹凸不平，说明混炼胶的自粘性显著提高。

#### 2.4 混炼胶加工性能分析

用RPA2000橡胶加工分析仪对混炼胶进行频率扫描<sup>[3-4]</sup>，得到频率-损耗因子( $\tan \delta$ )关系曲线，见图2。从图2可以看出，与混炼工艺改进前混炼

图2 混炼胶扫描频率- $\tan \delta$ 的关系曲线

胶相比，混炼工艺改进后混炼胶的 $\tan \delta$ 较大，即粘弹比[粘性模量( $G''$ )/弹性模量( $G'$ )]较大，说明在剪切过程中，混炼工艺改进后混炼胶的 $G'$ 下降更快，胶料更容易流动，有利于压延。

用RPA2000橡胶加工分析仪对混炼胶进行时间扫描，得到时间-转矩下降率的关系曲线，见图3。从图3可以看出，随着扫描时间延长，与混炼工艺改进前混炼胶相比，混炼工艺改进后混炼胶转矩下降率较大，说明混炼胶松弛速度较快，这样可以使压延半成品在后续停放过程中不易发生收缩变形，即压延半成品的尺寸稳定性好。

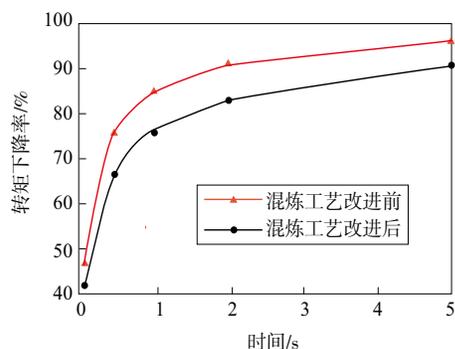


图3 混炼胶扫描时间-转矩下降率的关系曲线

### 3 结论

(1) 改进胎体胶的混炼工艺，调整一段和二段混炼的加料顺序：炭黑分2段加入，提高一段混炼的生产效率；防老剂和塑解剂分开加入，保护塑解剂的效能，降低胶料的门尼粘度，改善加工性能。

(2) 与混炼工艺改进前胶料相比，混炼工艺改进后胶料的门尼粘度降低，硫化特性变化不大，H抽出力明显增大，自粘性显著提高。

(3) 与混炼工艺改进前胶料相比，混炼工艺

改进后胶料的流动性好,有利于压延,压延半成品的尺寸稳定性好。

#### 参考文献:

- [1] 吴学斌,何磊.优化混炼工艺降低混炼能耗[J].橡胶科技市场,2009,7(7):23-25.  
[2] 李花婷.胶料自粘性影响因素的研究[J].轮胎工业,

1988,8(12):731-735.

- [3] John S Dick, Henry A Pawlowski.橡胶加工分析仪的应用(上)[J].姚琳,译.橡塑技术与装备,2001,27(1):43-47.  
[4] John S Dick, Henry A Pawlowski.橡胶加工分析仪的应用(下)[J].姚琳,译.橡塑技术与装备,2001,27(2):38-47.

## Improvement of Mixing Process of Carcass Compound of OTR Tire

Deng Wang, Lv Qiang

(Guizhou Tire Co., Ltd., Guiyang 550008, China)

**Abstract:** The mixing process of carcass compound of OTR tire was optimized and its influence on the properties of the compound was studied. In the optimized process, carbon black was added in two stages, and the antioxidant and peptizer were added separately. The mixing efficiency was then improved and peptizer was effectively protected. The experimental testing results showed that after optimization the Mooney viscosity of the compound was reduced, curing characteristic didn't change, the hardness, tensile modulus, tensile strength and tear strength of the vulcanizates were also kept unchanged, but the H pull-out force and tackiness of the compound increased significantly, the flowability was better, and the dimensional stability of the calendered semi-finished products was improved.

**Keywords:** OTR tire; carcass; mixing process; H pull-out force; tackiness



### 信息·资讯

## 米其林与印尼Chandra Asri公司合资建设合成橡胶装置

米其林与印度尼西亚Chandra Asri公司在印度尼西亚Cilegon合资建设合成橡胶装置。项目投资约为4.35亿美元,溶聚丁苯橡胶和钎系聚丁二烯橡胶生产装置总年生产能力为12万t。项目将于2016年初开始建设,预计2018年建成。初期生产的合成橡胶产品主要出口泰国和中国,产量增大后也将供应印度尼西亚市场。

该项目将由PT合成橡胶印度尼西亚公司运

作。PT合成橡胶印度尼西亚公司是合资企业,其中米其林持有55%股份,Chandra Asri公司的全资子公司PT Styrindo Mono印度尼西亚公司持有45%股份。米其林负责工艺技术,主要原料丁二烯将由Chandra Asri公司的另一个子公司PT Petrokimia丁二烯印度尼西亚公司提供。印度尼西亚IKPT公司负责设计、采购和施工。

钱伯章