# 硅烷偶联剂对白炭黑胶料性能的影响

花曙太，刘连波，罗洪罡，张丽丽，马玉净
（山东玲珑轮胎股份有限公司，山东 烟台 265400）

**摘要**：研究硅烷偶联剂Si75和NXT对白炭黑胶料性能的影响。结果表明，与偶联剂Si75胶料相比，偶联剂NXT胶料的门尼粘度较低，硫化时间较长，定伸应力和拉伸强度较小，拉断伸长率较大，动态性能差别不大。

**关键词**：硅烷偶联剂；偶联剂Si75；偶联剂NXT；白炭黑；丁苯橡胶

绿色环保是当今世界发展主题。白炭黑在胎面胶中应用可以降低轮胎的滚动阻力，减小汽车的燃油消耗。但是，由于白炭黑表面的羟基含量高，极性大，与橡胶相容性较差，在白炭黑胶料中必须使用偶联剂。偶联剂所起的作用主要是改善白炭黑-聚合物界面间的相容性，提高白炭黑在胶料中的分散度，降低混炼胶门尼粘度，改善加工性能，降低生热，从而降低轮胎的滚动阻力。本工作研究硅烷偶联剂Si75和NXT对白炭黑胶料性能的影响。

## 1 实验

### 1.1 原材料

溶聚丁苯橡胶（SSBR），牌号5025-2（充油型），德国朗盛化学公司产品。乳聚丁苯橡胶（ESBR），牌号1739（充油型，高苯乙烯含量），申华化学工业有限公司产品；牌号1502，中国石化齐鲁石化分公司产品。炭黑N234，华东材料有限公司产品。白炭黑Z1165，韩国罗地亚公司产品。环保芳烃油（TDAE），汉圣化工有限公司产品。偶联剂Si75，台湾宏柏化工有限公司产品。偶联剂NXT，迈图高科有限公司产品。氧化锌，青岛海燕化工有限公司产品。硬脂酸，江苏如皋化工有限公司产品。防老剂4020，江苏圣奥化学科技有限公司产品。防老剂TMQ，山东华润化工有限公司产品。微晶蜡，德国莱茵化学公司产品。硫黄，山东临沂湖滨化工有限公司产品。促进剂NS，山东阳谷华泰化工股份有限公司产品。促进剂DPG，山东尚舜化工有限公司产品。

### 1.2 配方

基本配方：SSBR5025-2，55；SBR1739，55；SBR1502，20；炭黑N234，55；白炭黑，40；氧化锌，3；硬脂酸，3；TDAE，8；增塑剂A，3；防老剂4020，2；防老剂TMQ，1.5；微晶蜡，1.5；硫黄，1.5；促进剂NS，1.0；促进剂DPG，1.3；硅烷偶联剂（变品种），4；其他，3。

1#配方添加偶联剂Si75，2#配方添加偶联剂NXT。

### 1.3 主要设备和仪器

GK1.5N型密炼机，德国克虏伯公司产品；XLB160型开炼机，烟台化工机械厂产品；CMT4503型万能试验机，深圳新三思材料检测有限公司产品；MV2000型门尼粘度仪、MDR2000硫化仪和RPA2000橡胶加工分析仪，美国阿尔法科技有限公司产品；动态力学性能分析仪，德国GABO公司产品。

### 1.4 试样制备

胶料采用3段混炼。一段混炼在密炼机中进行，填充因数0.75，转子转速85 $r \cdot min^{-1}$，混炼工艺为：生胶→压砣40 s→1/2炭黑、白炭黑、TDAE和硅烷偶联剂→压砣→排胶（160 ℃），停放8 h。二段混炼在密炼机中进行，填充因数0.72，混炼工艺为：一段混炼胶→剩余1/2炭黑、氧化锌、硬脂酸、防老剂、微晶蜡和增塑剂A→压砣→排胶（160 ℃）。三段混炼在开炼机上进行，混炼工艺

为：二段混炼胶→硫黄、促进剂→混炼均匀后下片。

### 1.5 性能测试

胶料物理性能按相应国家标准进行测试，动态力学性能按企业标准进行测试。

## 2 结果与讨论

### 2.1 偶联剂分子结构

偶联剂Si75分子结构如图1所示，偶联剂NXT分子结构如图2所示。可以看出，偶联剂NXT的硫含量低，有助于改善胶料的加工性能，高温条件下混炼胶不易焦烧。

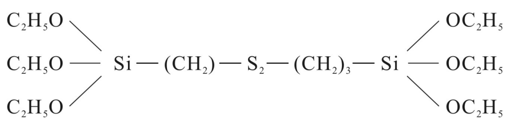


图1 偶联剂Si75分子结构

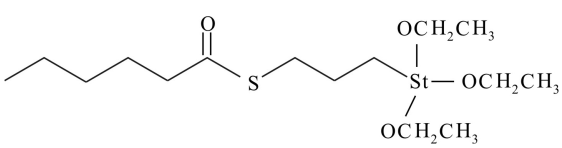


图2 偶联剂NXT分子结构

### 2.2 胶料硫化特性

胶料硫化特性见表1。可以看出，与偶联剂Si75胶料相比，偶联剂NXT胶料的门尼粘度较低，门尼焦烧时间相同，$M_L$和$M_H$较小，$t_{90}$较长。

表1 胶料硫化特性

| 项 目 | 1#配方 | 2#配方 |
| --- | --- | --- |
| 门尼粘度[ML（1+4）100 ℃] | 62 | 48 |
| 门尼焦烧时间（127 ℃）/min | 23.5 | 23.5 |
| 硫化仪数据（151 ℃） | | |
| $M_L$/（dN·m） | 2.05 | 1.52 |
| $M_H$/（dN·m） | 10.07 | 9.57 |
| $t_{S1}$/min | 5.0 | 5.2 |
| $t_{S2}$/min | 5.9 | 6.0 |
| $t_{10}$/min | 4.7 | 5.0 |
| $t_{25}$/min | 5.9 | 6.0 |
| $t_{60}$/min | 8.6 | 8.7 |
| $t_{90}$/min | 14.8 | 15.8 |

### 2.3 胶料物理性能

胶料物理性能见表2（硫化条件：151 ℃×30 min）。可以看出，与偶联剂Si75胶料相比，偶联剂NXT胶料的定伸应力和拉伸强度较低，拉断伸长率较大，这可能与偶联剂NXT的硫含量较小有关；撕裂强度和回弹值相当。

表2 胶料物理性能

| 项 目 | 1#配方 | 2#配方 |
| --- | --- | --- |
| 邵尔A型硬度/度 | 61 | 60 |
| 100%定伸应力/MPa | 2.0 | 1.6 |
| 300%定伸应力/MPa | 8.7 | 6.6 |
| 拉伸强度/MPa | 20.4 | 19.1 |
| 拉断伸长率/% | 629 | 688 |
| 撕裂强度/（$kN \cdot m^{-1}$） | 45 | 44 |
| 回弹值/% | 51 | 51 |

### 2.4 胶料RPA2000橡胶加工分析仪应变扫描

胶料RPA2000橡胶加工分析仪应变扫描结果如图3所示（应变扫描测试条件：温度100 ℃，频率0.5 Hz）。可以看出，与偶联剂Si75胶料相比，偶联剂NXT胶料的培恩效应较低，说明偶联剂NXT胶料中白炭黑分散较好。

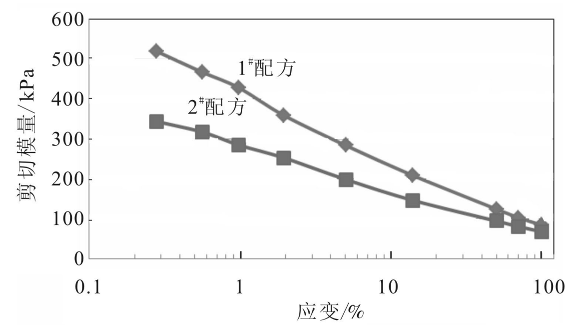



图3 胶料RPA2000橡胶加工分析仪应变扫描曲线

### 2.5 胶料动态力学性能分析

胶料动态力学性能分析仪温度扫描结果如图4所示（温度扫描条件：温度范围-60~80 ℃，静态应变5%，频率10 Hz，稳定时间300 s，升温速率2.0

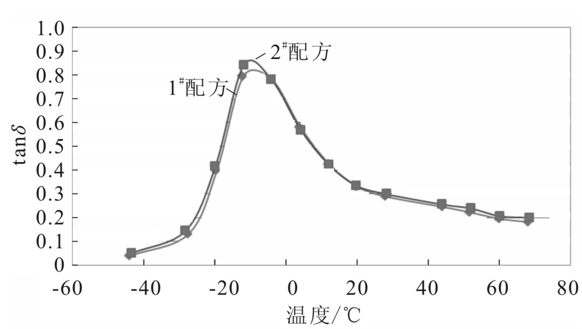



图4 胶料动态力学性能分析仪温度扫描曲线

K·min$^{-1}$，500 N传感器）。可以看出，加入偶联剂Si75和偶联剂NXT胶料的动态力学性能差别不大。

## 3 结论

（1）与偶联剂Si75胶料相比，偶联剂NXT胶料的门尼粘度较低，加工性能好；硫化时间稍长；定伸应力和拉伸强度较低，拉断伸长率较大，撕裂强度和回弹值相当。

（2）偶联剂Si75与偶联剂NXT胶料的动态性能影响差别不大。

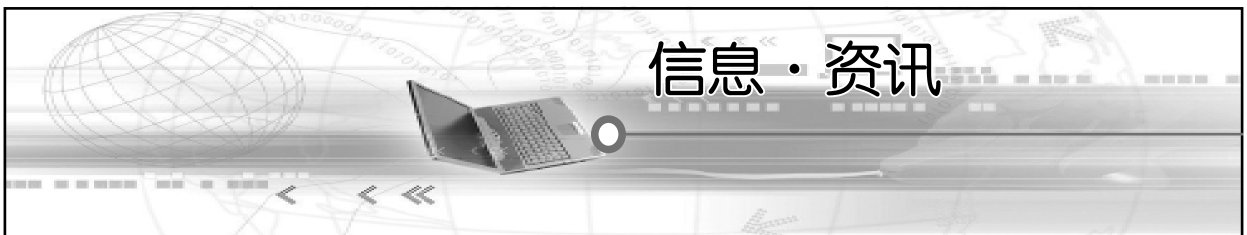
# Influence of Silane Coupling Agents on the Properties of Silica Filled Rubber Compounds

Hua Shutai, Liu Lianbo, Luo Honggang, Zhang Lili, MA Yujing

（Shandong Linglong Tyre Co., Ltd., Yantai 265400, China）

**Abstract:** The influence of silane coupling agents Si75 and NXT on the properties of silica filled rubber compound was studied. The results showed that, compared with the compound with coupling agent Si75, the compound with coupling agent NXT had a lower Mooney viscosity, longer curing time, lower modulus and tensile strength, larger elongation at break, and similar dynamic properties.

**Keywords:** silane coupling agent; coupling agent Si75; coupling agent NXT; silica; SBR




## 赢创在巴西兴建白炭黑工厂

德国赢创工业集团计划在巴西兴建的沉淀法白炭黑工厂开始进行基础工程设计。该厂是赢创在南美洲的第1个白炭黑生产基地，投资额约5000万欧元，预计于2015年投产，生产的ULTRASIL牌白炭黑主要用于低滚动阻力节能轮胎，而SIPERNAT牌白炭黑主要用于饲料、食品工业以及油漆和涂料行业。南美洲汽车产业快速发展，对沉淀法白炭黑的需求强劲增长。由于巴西计划推行轮胎标签制度，赢创预计巴西的白炭黑需求量将会持续增长。

专家估计，未来5年全球低滚动阻力轮胎需求量年增长率将超过18%。因此，赢创计划大幅提高其全球白炭黑生产能力。2012年底赢创宣布将其美国切斯特工厂的沉淀法白炭黑年产能扩大约2万t，扩建工程计划于2014年投产。在北美和南美的扩张计划是赢创继启动亚洲和欧洲扩建项目后的又一重大举措。到2014年，赢创的白炭黑产能将比2010年提高30%。 朱永康