

DOI:10.19908/j.cnki.ISSN1000-1255.2023.06.0538

# 硅烷偶联剂并用体系对白炭黑/溶聚丁苯橡胶/天然橡胶复合材料结构和性能的影响

郑涛<sup>1</sup>, 龙飞飞<sup>1</sup>, 邵红琪<sup>2\*</sup>

(1. 山东丰源轮胎制造股份有限公司, 山东 枣庄 277300; 2. 山东省科学技术情报研究院, 济南 250101)

**摘要:**以硅烷偶联剂双[3-(三乙氧基硅)丙基]四硫化物(Si 69)和3-巯丙基乙氧基双(十三烷基-五乙氧基-硅氧烷)(Si 747)为改性剂,采用机械混炼法制备了白炭黑/溶聚丁苯橡胶/天然橡胶复合材料,研究了硅烷偶联剂种类和用量对复合材料微观结构、硫化特性、加工性能、物理机械性能、动态力学性能和成品轮胎性能的影响,以及复合材料结构与性能的关系。结果表明,相较于单独使用Si 69,添加Si 747后复合材料的焦烧时间和工艺正硫化时间均明显缩短,硫化速率随着Si 747用量的增加逐渐加快;硅烷偶联剂Si 69和Si 747协同改性使得复合材料的拉伸强度、回弹性和300%定伸应力等均降低;当Si 747用量增加时,用以表征复合材料储能模量对温度依赖性的活化能逐渐降低;添加Si 747后复合材料中白炭黑的分散性明显改善;单独使用Si 747改性的复合材料在0℃的损耗因子( $\tan \delta$ )明显增加,而在60℃的 $\tan \delta$ 明显降低;轮胎滚动阻力随着Si 747用量的增加逐渐降低。

**关键词:**溶聚丁苯橡胶;天然橡胶;硅烷偶联剂;白炭黑;复合材料;滚动阻力;物理机械性能;动态力学性能

中图分类号:TQ 330.7+3 文献标志码:B 文章编号:1000-1255(2023)06-0538-07

自法国 Michelin 公司提出“绿色轮胎”概念之后,白炭黑( $\text{SiO}_2$ )已成为轮胎行业最重要的增强填料之一<sup>[1-4]</sup>。 $\text{SiO}_2$ 能够使轮胎的湿地抓地力、耐磨性能和滚动阻力达到很好的平衡<sup>[5-7]</sup>。欧盟委员会从2012年11月1日开始实施轮胎标签法规——EC 1222/2009,且对轮胎性能的要求越来越高, $\text{SiO}_2$ 增强优势不断被发掘,其应用已然成为“绿色轮胎”的发展趋势<sup>[8]</sup>。新能源汽车的推广和普及有力地推动了“绿色轮胎”的发展,与传统燃油汽车相比,新能源汽车在车身质量、输出扭矩、体感噪音和续航能力等方面有较大的区别,与之适配的新能源汽车专用轮胎在抓地力、低滚动阻力、低噪音及耐磨性能方面尚需更为突出的表现。由于 $\text{SiO}_2$ 表面富含大量的羟基,极性较大,致使 $\text{SiO}_2$ 在橡胶体系中分散较为困难且在混炼胶中容易团聚,严重限制了其应用<sup>[9-11]</sup>。如要拓宽 $\text{SiO}_2$ 的应用,就必须改变其与橡胶的相互作用,改善其在橡胶中的分散效果,因此 $\text{SiO}_2$ 表面改性技术得以广泛应用。目前,一般可通过硅烷偶联

剂与 $\text{SiO}_2$ 携带的羟基发生水解缩聚反应而使得白炭黑表面羟基数量减少,从而提高其分散性;此外,含硫的硅烷偶联剂也可以与橡胶发生反应而接枝到橡胶大分子上,从而提高 $\text{SiO}_2$ 与橡胶之间的相互作用<sup>[12]</sup>。硅烷偶联剂3-巯丙基乙氧基双(十三烷基-五乙氧基-硅氧烷)(Si 747)作为一种新型偶联剂,具有可改善加工环境、阻止 $\text{SiO}_2$ 团聚、降低轮胎滚动阻力的特性,从而引起广大学者和技术专家的兴趣。夏立建等<sup>[13]</sup>使用硅烷偶联剂Si 747在液相体系中分别对 $\text{SiO}_2$ 表面进行改性,采用乳液共混技术制备了 $\text{SiO}_2$ /天然橡胶(NR)复合材料,研究了偶联剂Si 747改性 $\text{SiO}_2$ /NR复合材料的结构和性能,测试结果表明Payne效应明显得到改善,填料的分散性更

收稿日期:2023-04-04;修订日期:2023-10-29。

作者简介:郑涛(1982—),男,山东枣庄人,硕士,高级工程师。主要从事轮胎配方、工艺研究及管理工作。

基金项目:山东省重大科技创新工程项目(2018CXGC0605)。

\*通讯联系人。