



## 耐低温强韧型环氧树脂研究进展

**摘要：**环氧树脂作为被广泛使用的复合材料基体树脂，在航空航天等领域中发挥着重要作用。随着我国近地空间探测的持续深入，发展适应于宇宙环境的飞行器结构材料对环氧树脂及其复合材料都提出了更高的要求。如何有效兼顾树脂的低温韧性及其高温模量是该领域研究的难点。本文系统分析了关于环氧树脂增韧的研究现状，重点关注了低温条件下环氧树脂的韧性改善措施，从分子结构设计、低温力学性能和增韧机理等方面梳理了本领域代表性的研究工作，以期为开发耐低温的特种环氧树脂及其复合材料提供参考。

**关键词：**环氧树脂;低温;力学性能;增韧;复合材料

**基金资助：**国家自然科学基金资助项目(52373088); 陕西省航天复合材料重点实验室开放基金

《高分子材料科学与工程》，网络首发2025-04-09

## 高强度二硫键/氢键双动态交联丁苯橡胶的设计及可回收、形状记忆性能研究

**摘要：**传统化学键硫化的丁苯橡胶机械性能优异，但无法再加工且废料处理对环境危害极大，因此，制备兼具优异机械性能和可回收性、形状记忆等多功能丁苯橡胶具有重要意义，但仍面临巨大挑战。本研究通过一锅法-热压法成功制备了一种高强度、可回收和三重形状记忆的二硫键/氢键双动态交联丁苯橡胶。以丁苯橡胶(SBR)为主链，通过1,4-双键与间氯过氧苯甲酸的环氧化反应生成环氧化丁苯橡胶

(ESBR)，再分别引入二硫键交联剂4,4'-二氨基二苯二硫醚(DTDA)与氢键交联剂3-氨基-1,2,4-三唑(ATA)合成动态二硫键和氢键交联密度可调的双动态交联网络丁苯橡胶(ESBR-DTDA-ATA)。结果表明，动态氢键和二硫键交联网络在机械性能上呈现显著的协同增强作用。通过优化两种交联剂的比例，获得了性能最优的ESBR-DTDA10%-ATA5%，其断裂强度高达15.9 MPa，断裂伸长率为114.7%，杨氏模量和韧性分别高达135.7 MPa和14.4 MJ/m<sup>3</sup>。此外，ESBR-DTDA10%-ATA5%具有可... 更多

**关键词：**二硫键/氢键双动态交联;高强度丁苯橡胶;可回收;三重形状记忆

**基金资助：**山东省自然科学基金(项目号ZR2021ME055,ZR2022QB170); 济南大学新引进人才科研项目(项目号XBS2418); 山东省科学院齐鲁工业大学生物材料与绿色造纸国家重点实验室项目(项目号GZKF202128)资助

《高分子学报》，网络首发2025-04-15

## 炭黑/石墨烯共混改性硅橡胶基复合材料电阻/应变响应特性优化

**摘要：**导电弹性体复合材料在减隔震领域具有广泛的应用前景。然而，导电弹性体复合材料在电阻/应变响应特性中通常表现出肩峰现象，限制了其在实际应用中的应用。文中以炭黑(CB)和石墨烯(GR)共混改性硅橡胶(VMQ)，分别通过阴、阳离子表面活性剂改性GR和CB，利用离子间静电引力产生协同效应，以自组装方式促进CB与GR分子交替分布，实现导电网络结构的均匀化和稳定化，消除肩峰现象，从而提高导电弹性体复合材料的稳定性。通过和单掺CB/GR及非自组装CB-GR/VMQ复合材料性能对比，发现自组装复合材料的渗透阈值最低(0.49%)，电阻/应变响应灵敏度最高(GF<sub>max</sub>>8043.17)，应变感知范围最大( $\epsilon_{\max}$ >200%)，信号稳定性最佳，且无肩峰现象，特别是在7000次循环加载实验后期展现出优异的电阻响应信号稳定性。根据扫描电镜的表征和渗流理论分析，自组装复合材料导电纳米粒子的均匀分布以及导电网络稳定的结构是其电阻/应变响应性能优异的主要原因，为大变形结构实现实时应变监测提供了理论支撑。

**关键词：**纳米炭黑;石墨烯;硅橡胶;电阻-应变响应;

大应变监测

基金资助：国家自然科学基金资助项目  
(52368043)

《高分子材料科学与工程》，网络首发2025-04-08

### 表面改性对生物基PA56纤维/橡胶 复合材料界面粘合性能的影响

摘要：探讨了5种表面改性剂（NaOH、多巴胺及硅烷偶联剂KH550、KH560、KH570）对生物基PA56纤维表面改性的影响。改性后的PA56纤维经过RFL（树脂-甲醛-乳胶）浸渍工艺处理，并与橡胶材料复合制备改性纤维/橡胶复合材料。重点分析了改性剂对纤维力学性能及其与橡胶基体界面粘合性能的影响。结果表明：NaOH处理导致纤维表面蚀刻，拉伸强度有所下降；而KH550、KH560和KH570改性纤维保持了拉伸强度，并显著提高了断裂伸长率。多巴胺通过在纤维表面形成保护层，延缓了热分解过程，提高了碳残余率，但对纤维的拉伸性能影响较小。RFL处理后，改性纤维及其复合材料的H抽出力显著高于未改性纤维。各改性剂对纤维/橡胶复合材料界面粘合性能的改善效果存在显著差异，其中KH550表现出最优异的性能提升效果。

关键词：生物基PA56纤维；表面改性剂；RFL浸渍处理；界面粘合性能

《化工新型材料》，网络首发2025-04-07

### 选择性激光烧结成型热固性聚酰亚 胺复合材料

摘要：工业领域快速响应的应用需求推动了3D打印聚酰亚胺的发展，然而受限于现有聚酰亚胺材料种类及3D打印成型策略，难以实现高尺寸精度耐高温复杂零部件的成型制备。针对上述问题，本研究从化学结构设计出发，合成具有优异熔体流动性的苯乙炔基团封端聚酰亚胺低聚物（PI），将其与碳纤维（CF）粉末及气相纳米二氧化硅流动助剂共混，发展了适用于3D打印选择性激光烧结成型（SLS）的CF/PI粉末。制定SLS-热固化两步反应成型策略，依次实现了具有一定交联程度的自支撑烧结制件的制备与维形固化，打印件拉伸强度为73.3 MPa，玻璃化转变温度高达376.1℃。由于直接以CF/PI粉末作为原材料，其中

不存在溶剂或有机添加剂等小分子，且整个成型过程的主化学反应是苯乙炔基团通过加成反应形成交联网络，期间不会产生挥发性物质，因而固化制件的尺寸收缩率低。进而通过对高尺寸精度薄壁和变截面复杂模型件的制备证明了基于CF/PI粉末材料的SLS-热固化两步成型策略的应用潜力。

关键词：选择性激光烧结；热固性聚酰亚胺；力学性能；耐热性；线收缩率

基金资助：国家重点研发计划  
(2023YFB3709702)；中国科协青年人才托举工程  
(2022QNRC001)

《复合材料学报》，网络首发2025-04-03

### 两亲性Janus填料改性水性环氧树脂 涂层的制备及性能研究

摘要：采用乳液界面聚合诱导相分离一步法制备两亲性Janus纳米颗粒聚丙烯酰胺-交联聚苯乙烯（PAM-cPS），将其作为填料用于改善水性环氧树脂（WEP）涂层的耐腐蚀性、疏水性和耐磨性能。研究了PAM-cPS填料含量对WEP涂层的耐腐蚀性、疏水性以及机械性能的影响。结果表明：添加PAM-cPS填料可以有效提高WEP涂层的综合性能，当填料含量为WEP涂料3%时，涂层在中性盐雾环境下测试75d后未出现腐蚀现象，涂层的水接触角从73°提升至97°，并且涂层的耐磨性相对未添加填料的WEP涂层有所增加，在外力摩擦30次后涂层水接触角仍可保持在80°。

关键词：两亲性；Janus颗粒；水性环氧树脂涂层；耐腐蚀；耐磨

基金资助：国家自然科学基金  
(52203271)；2024年“大学生创新创业训练计划项目”资助项目（X202410149117）；辽宁省重点研发项目（2024JH2/102400046和2024JH2/102400048）

《化工新型材料》，网络首发2025-04-02

