改性煅烧高岭土在车钩支撑装置用橡胶材料中的应用与性能研究

张世鑫

（中国航发北京航空材料研究院，北京　100095）

摘要：制备改性煅烧高岭土/炭黑/天然橡胶（NR）/顺丁橡胶（BR）/三元乙丙橡胶（EPDM）复合材料，并对其性能进行研究。结果表明：改性煅烧高岭土对NR/BR/EPDM并用胶具有一定的补强作用，添加适量改性煅烧高岭土可使复合材料具有良好的拉伸强度、电绝缘性能和耐热老化性能；以复合材料制备的动车组车钩支撑装置具有良好的刚度和耐压性能以及较长的使用寿命。

关键词：改性煅烧高岭土；天然橡胶；顺丁橡胶；三元乙丙橡胶；复合材料；车钩支撑装置

中图分类号：TQ336.4；TQ330.38^{+}3　　**文献标志码**：B　　**文章编号**：1000-890X（2018）07-0765-03

煅烧高岭土是高岭土经煅烧脱水、除去挥发性杂质而制得的。与普通高岭土相比，煅烧高岭土不仅化学稳定性和电绝缘性提高，而且具有洁白度高、密度小、比表面积大、吸油性能好和光性特殊等特点，在涂料、塑料和造纸等行业应用广泛。美国、日本和英国等发达国家早已大量生产和应用煅烧高岭土，而我国近几年才开始煅烧高岭土及其表面改性产品的应用[1-2]。

蔡启振等[3]研究了经煅烧与表面改性处理后高岭土作高绝缘PVC电缆填充材料的技术可行性。结果表明，中、低品位松阳高岭土（三氧化二铝质量分数约为0.23）经适当煅烧和表面包覆处理后，可用以填充高绝缘PVC电缆材料。

本工作制备改性煅烧高岭土/炭黑/天然橡胶（NR）/顺丁橡胶（BR）/三元乙丙橡胶（EPDM）复合材料，对其性能进行研究，并应用于动车组车钩支撑装置。

1　实验

1.1　主要原材料

NR，1#烟胶片，印度尼西亚产品；BR，牌号9000，齐鲁石油化学工业公司产品；EPDM，牌号4045，吉林化学工业股份有限公司产品；炭黑N550和N330，上海卡博特化工有限公司产品；改性煅烧高岭土（粒径15 μm，二氧化硅质量分数0.5），工业级，北京至诚坤泰科技发展有限公司产品。

1.2　基本配方

NR　70，BR　25，EPDM　5，炭黑N330　30，炭黑N550　25，氧化锌　10，硬脂酸　2，芳烃油　2，偶联剂Si69　2，微晶蜡　2，防老剂RD　2，防老剂4010NA　2，防老剂MB　1，抗硫化返原剂SDT/S　少量，硫黄　少量，促进剂DM　少量，改性煅烧高岭土　变量。

1.3　主要设备和仪器

XK-160型开炼机和XLB型平板硫化机，大连华韩橡塑机械有限公司产品；ZWL-Ⅲ型无转子硫化仪，江都市振邦试验机械厂产品；RG1-30A型微机控制电子万能试验机和CMT5305型刚度试验机，深圳三思纵横科技有限公司产品；LX-A型邵氏硬度计，深圳稻田仪器有限公司产品；401A型热老化实验箱，扬州市俊平试验机械有限公司产品；ZC-90F型高阻仪，扬州索亚电气有限公司产品。

1.4　试样制备

（1）取适量改性煅烧高岭土，过筛后放入100 ℃烘箱中持续烘烤24 h。分别按改性煅烧高岭土用量为0，10，20，30和40份取料。

（2）将NR进行一段、二段塑炼，然后与BR和EPDM合炼。将原料按顺序投入开炼机中混炼20

作者简介：张世鑫（1984—），男，北京人，中国航发北京航空材料研究院高级工程师，博士，主要从事橡塑产品研发工作。

E-mail：148030124@qq.com

min，打3个三角包，打3个胶卷后下片，晾胶停放。

(3)将混炼胶放入模具，在平板硫化机上硫化，条件为140 ℃/12 MPa×20 min，脱模后自然冷却。

(4)将混炼胶定量放入支撑装置模具中，在平板硫化机上硫化，条件为135 ℃/15 MPa×50 min，脱模后自然冷却。

1.5 性能测试

拉伸性能测试按照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，耐热老化性能测试按照GB/T 3512—2001《硫化橡胶或热塑性橡胶 加热老化和耐热试验》进行，电阻性能测试按照GB/T 1692—2008《硫化橡胶 绝缘电阻率的测定》进行，动车组用支撑装置复合材料寿命测试按照GB/T 20028—2005《硫化橡胶或热塑性橡胶 应用阿累尼乌斯图推算寿命和最高使用温度》进行。

动车组用支撑装置产品由顶板、橡胶层和底板组成，将橡胶支撑装置产品放置于试验台上(见图1)，加载压头与承载板接触并加载约50 N后，位移和载荷清零，然后以15 mm·min^{-1}的速度垂向加载至位移为30 mm(卸载速度设定为25～30 mm·min^{-1})，从正式加载至位移0～30 mm时的载荷-变形曲线取点，计算相应位移时产品的垂向刚度。

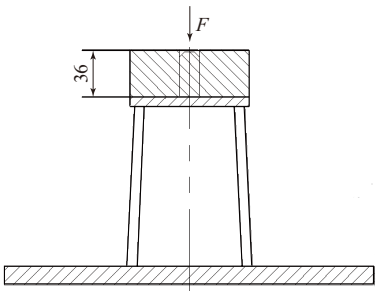


图1 橡胶支撑装置垂向刚度示意

2 结果与讨论

2.1 改性煅烧高岭土用量对NR/BR/EPDM并用胶性能的影响

2.1.1 拉伸性能

改性煅烧高岭土用量为0，10，20，30和40份时，NR/BR/EPDM并用胶拉伸强度分别为17.0，19.0，20.0，22.0和17.5 MPa。可以看出：随着改性煅烧高岭土用量的增大，并用胶的拉伸强度先增大后减小，在改性煅烧高岭土用量为30份时达到最大值，此时其分散性和相容性达到最好；继续增大改性煅烧高岭土用量，团聚情况增加，进而产生应力集中，复合材料容易断裂。这说明加入适量的改性煅烧高岭土对NR/BR/EPDM并用胶有补强作用。

2.1.2 耐热老化性能

不同改性煅烧高岭土用量的NR/BR/EPDM并用胶的耐热老化性能见表1。

表1 不同改性煅烧高岭土用量的NR/BR/EPDM并用胶老化前后拉断伸长率 %

项 目	改性煅烧高岭土用量/份				
	0	10	20	30	40
老化前拉断伸长率	400	380	370	365	360
老化后拉断伸长率	364	350	344	343	346

由表1可以看出，随着改性煅烧高岭土用量的增大，并用胶的耐热老化性能不断提高，在试验范围内，当改性煅烧高岭土用量为40份时，耐热老化性最好。这说明改性煅烧高岭土可提高NR/BR/EPDM并用胶的耐热老化性能。

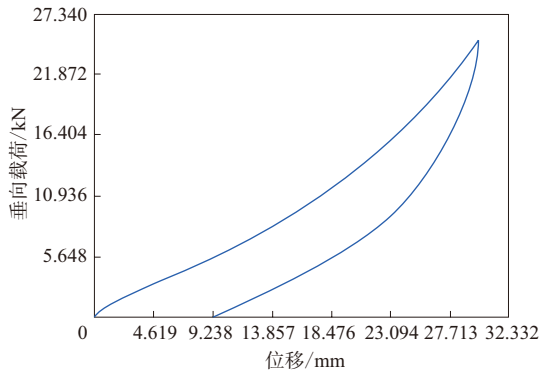
2.1.3 电阻性能

改性煅烧高岭土用量为0，10，20，30和40份时NR/BR/EPDM并用胶的电阻分别为1×10^4，1×10^5，1×10^6，1×10^7和1×10^8 Ω。可以看出，随着改性煅烧高岭土用量的增大，并用胶的电阻不断增大。改性煅烧高岭土用量越大，并用胶的电绝缘性能越好。改性煅烧高岭土为多组分无机物，二氧化硅质量分数高达0.5，改性煅烧高岭土的加入有助于NR/BR/EPDM并用胶电绝缘性能的提高。

2.2 动车组用支撑装置性能

2.2.1 刚度

动车组车钩体系中的支撑装置在车钩部位起连接和支撑作用。支撑装置产品由金属和橡胶通过硫化组成，橡胶主要提供弹性，起到减震降噪的作用，而金属骨架材料主要提供刚性并为安装提供支撑。为满足对支撑装置的可靠性、可用性、维护性和安全性的要求，制备改性煅烧高岭土/炭黑/NR/BR/EPDM复合材料，并对动车组用支撑装置刚度进行测试，结果见图2。



改性煅烧高岭土用量为30份。

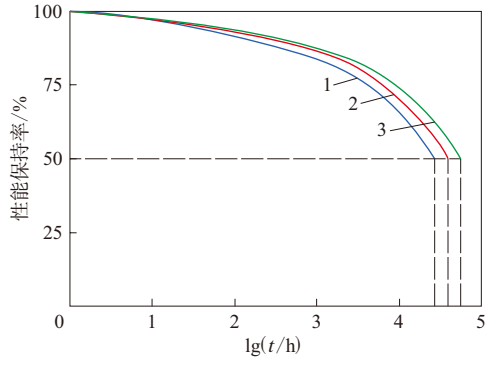
图2　动车组用支撑装置刚度测试结果

从图2可以看出：在位移0～30 mm阶段，随着压缩变形的增大，垂向载荷随之增大，基本呈线性增长；压缩形变量为30 mm时，其垂向载荷为25.074 kN，即位移0～30 mm割线段的刚度为0.835 kN·mm^{-1}。试验结束后，动车组用支撑装置表面无开裂、脱胶等异常现象，使用改性煅烧高岭土/炭黑/NR/BR/EPDM复合材料制备的动车组用支撑装置具有良好的刚度和耐压性能，满足动车组车钩的设计要求。

2.2.2　使用寿命

应用阿累尼乌斯图推算材料寿命：在选定的测试温度下，将所选的压缩永久变形数值变化看作是时间(t)的函数，继续该步骤直至达到相应性能的临界值为止，从而得出在该温度下老化的失效时间。以所获得的失效时间与温度的函数作出阿累尼乌斯图，所得到的直线可以外推到使用温度下的失效时间，见图3和4。

以每个测试温度达到临界值时间的对数与相



温度/℃：1—140；2—120；3—100。

图3　复合材料性能保持率与老化时间的关系曲线

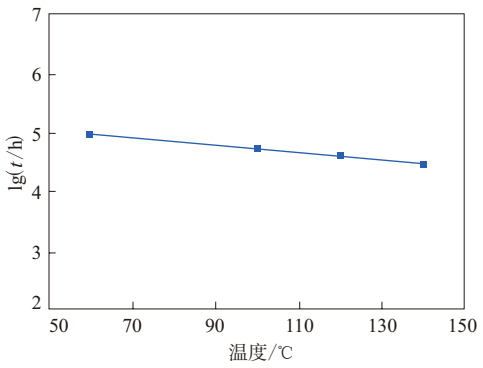


图4　复合材料的阿累尼乌斯图(时间-温度曲线)

应的测试温度作图，将所得直线外推可得到使用温度下的估计寿命(热老化寿命)。由图4可见，60 ℃时对应的时间对数为4.95，热老化寿命＝$10^{4.95}$＝89 125 h＝10.17年。改性煅烧高岭土/炭黑/NR/BR/EPDM复合材料在工况温度下使用寿命达到10年之久，符合设计要求，适用于制备动车组用支撑装置。

3　结论

(1)改性煅烧高岭土对NR/BR/EPDM并用胶具有一定的补强作用，可作为补强剂使用，当改性煅烧高岭土用量为30份时，胶料的拉伸强度达到最大值，为22.0 MPa。

(2)添加改性煅烧高岭土可使NR/BR/EPDM并用胶具有较好的耐热老化性能，当改性煅烧高岭土为40份时，胶料的耐热老化性能最好。

(3)改性煅烧高岭土能有效提高NR/BR/EPDM并用胶的电绝缘性能，当改性煅烧高岭土用量为40份时，其电阻为1×10^{8} Ω。

(4)改性煅烧高岭土/炭黑/NR/BR/EPDM复合材料制备的动车组用支撑装置具有良好的刚度和耐压性能以及较长的使用寿命，满足动车组车钩系统的设计要求，符合动车组运行工况要求。

参考文献：

[1] 魏俊峰. 煅烧高岭土的开发与应用[J]. 华东地质学院学报，1996，19(2)：189.

[2] 黄环宇，代高峰，刘民英，等. 溴化异丁烯-对甲基苯乙烯共聚物/高岭土纳米复合材料在药用丁基橡胶塞中的应用[J]. 橡胶工业，2016，63(2)：89-92.

[3] 蔡启振，王民权，樊先平. 高岭土填充聚氯乙烯的研究[J]. 非金属矿，1992(2)：26-29.

收稿日期：2018-02-18