

炭黑用量对橡胶减震器性能的影响

曾宪奎, 黄年昌*, 李营如, 张 杰, 郭 磊

(青岛科技大学 机电工程学院, 山东 青岛 266061)

摘要:研究炭黑用量对橡胶减震器性能的影响。结果表明:随着炭黑用量的增大,胶料拉伸强度和撕裂强度均呈先增大后减小的趋势;减震器的静刚度、动刚度和硬度呈增大趋势,损耗因子呈减小趋势,振动传递率呈增大趋势,且在炭黑用量为20份时,振动传递率最小,减震器减震性能最好。

关键词:炭黑;橡胶减震器;减震性能

中图分类号:TQ333.4⁺2;TQ330.38⁺1 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-890X(2018)00-0000-04

橡胶减震器因其优异的减震性能被广泛应用于车辆减震系统中,起到吸收、衰减低、高频振动和降低噪声的作用^[1-3]。在橡胶减震器结构固定的情况下,影响橡胶减震器减震性能的主要因素是橡胶材料的性能^[4-5]。炭黑作为橡胶材料的主要补强与填充成分之一,在配方中占有很大的比例^[6-9]。本工作主要研究配方中炭黑用量对橡胶减震器性能的影响。

1 实验

1.1 原材料

天然橡胶,门尼粘度[ML(1+4)100℃]为44~45,马来西亚产品;其他原材料均为市售品。

1.2 配方

天然橡胶 100,氧化锌 5,硬脂酸 2,防老剂RD 2,硫黄 1.6,促进剂NS 1.6,炭黑N550 变量。

1.3 主要设备和仪器

XK-160E型全自动开炼机和X(S)M-1.7L型密炼机,青岛科技大学自主研制产品;LX-A型邵尔A型硬度计,江苏明珠试验机械有限公司产品;QLB-400×400×2型平板硫化机,上海第一橡胶机械厂产品;TS2005b型万能试验机和UD-3601-

A-100H型动态疲劳试验机,中国台湾优肯科技股份有限公司产品。

1.4 试样制备

胶料先在密炼机中初炼,转子转速为60 r·min⁻¹,混炼时间为3 min,排胶温度为140~160℃。然后在开炼机上终炼,并添加硫黄和促进剂NS。将炼好的胶料常温下停放24 h,采用平板硫化机进行硫化。橡胶减震器试样采用注射成型机制作。

1.5 性能测试

分别按照GB/T 531.1—2008、GB/T 528—2009和GB/T 529—2008测量硫化胶硬度、拉伸强度和撕裂强度,撕裂试样为直角形;采用UD-3601-A-100H型动态疲劳试验机测量橡胶减震器试样的静刚度、动刚度和损耗因子。

2 结果与讨论

2.1 拉伸强度和撕裂强度

炭黑用量对胶料拉伸强度和撕裂强度的影响如图1所示。

从图1可以看出:随着炭黑用量的增大,拉伸强度和撕裂强度均呈先增大后减小的趋势,炭黑用量为40份时,拉伸强度达到最大值(24.48 MPa),而在炭黑用量为60份时,撕裂强度达到最大(90 kN·m⁻¹)。这是因为当炭黑用量小时,炭黑起补强作用,胶料拉伸强度和撕裂强度都是增大的,而炭黑用量过大时,炭黑起填充作用,胶料含胶量下降,导致胶料拉伸强度和撕裂强度减小。

基金项目:山东省自然科学基金资助项目(ZR2014EMM018);山东省科技发展计划项目(2014GSF116013);山东省自然科学基金资助项目(ZR2015EL011)

作者简介:曾宪奎(1967—),男,山东青州人,青岛科技大学教授,博士,主要从事高分子材料加工技术与装备的教学及研究工作。

*通信联系人(879638137@qq.com)

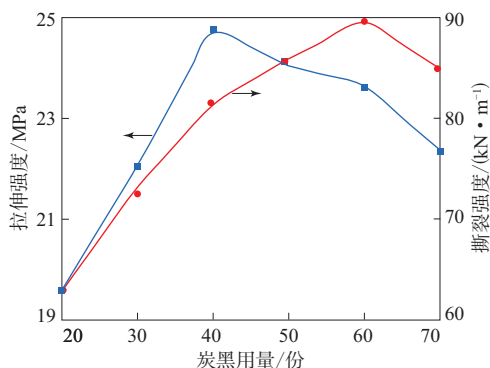


图1 炭黑用量对胶料拉伸强度和撕裂强度的影响

2.2 邵尔A型硬度

炭黑用量对减震器邵尔A型硬度的影响如图2所示。

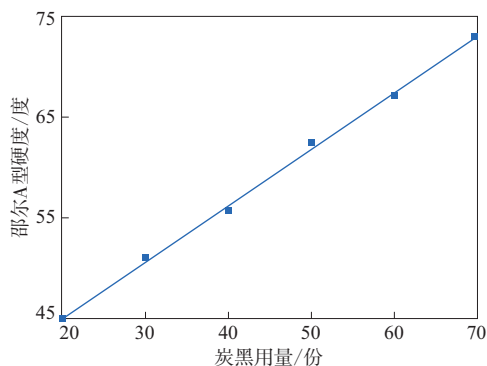


图2 炭黑用量对减震器邵尔A型硬度的影响

从图2可以看出,随着炭黑用量的增大,减震器的硬度呈不断增大的趋势。这是因为随着炭黑用量的增大,炭黑与橡胶分子间交联网络密度增大,橡胶的变形能力减小,宏观表现为橡胶减震器硬度的增大。

经对试验结果进行分析可知,炭黑用量与硬度有着明显的线性关系,使用Matlab曲线拟合工具箱对样本数据拟合,得到硬度与炭黑用量的数学模型1:

$$Y=0.52X+36.93 \quad (1)$$

式中, Y 为橡胶减震器的硬度, X 为炭黑用量。减震器邵尔A型硬度测量值、拟合值及两者误差见表1。

从表1可以看出,根据试验炭黑用量,利用数

表1 减震器邵尔A型硬度测量值、拟合值及两者误差

项 目	炭黑用量/份					
	20	30	40	50	60	70
实测值/度	47	53	57	64	68	73
拟合值/度	47.33	52.53	57.73	62.93	68.13	73.33
误差/%	0.70	0.89	1.28	1.67	0.19	0.45

学模型1得出的硬度拟合值与测量值之间的最大误差为1.67%,小于5%,满足使用要求。

2.3 静刚度

静刚度是衡量橡胶减震器静态性能的主要参数,炭黑用量对减震器静刚度的影响如图3所示。

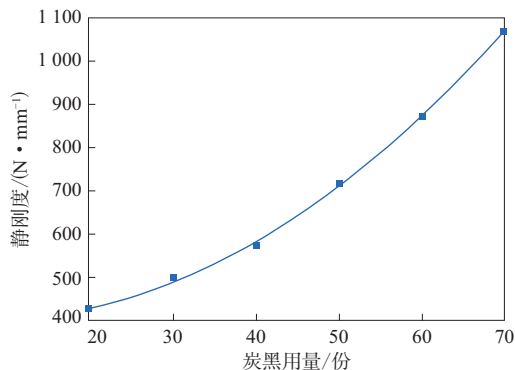


图3 炭黑用量对减震器静刚度的影响

从图3可以看出,随着胶料中炭黑用量的增大,减震器的静刚度呈增大趋势。这表明在稳态载荷下,炭黑用量增大,减震器抵抗变形的能力增强,可靠性增强。

对测试结果进行分析可知,炭黑用量与静刚度之间存在一定规律,利用Matlab对数据进行曲线拟合,得到静刚度-炭黑用量的数学模型2:

$$Y=0.17036X^2-2.55214X+411.685 \quad (2)$$

式中, Y 为橡胶减震器的静刚度, X 为炭黑用量。减震器静刚度测量值、拟合值及两者误差见表2。

表2 减震器静刚度测量值、拟合值及两者误差

项 目	炭黑用量/份					
	20	30	40	50	60	70
测量值/(N·mm⁻¹)	428	493	564	734	865	1073
拟合值/(N·mm⁻¹)	428.8	488.4	582.2	710.0	871.9	1067.8
误差/%	0.18	0.92	3.22	3.27	0.79	0.48

从表2可以看出,根据试验炭黑用量,利用数学模型2得出的静刚度拟合值与测量值之间的最大误差为3.27%,小于5%,满足使用要求。

2.4 动刚度

动刚度是衡量减震器动态性能的主要参数。炭黑用量对减震器动刚度的影响如图4所示。

从图4可以看出,随着胶料中炭黑用量的增大,橡胶减震器的动刚度呈不断增大的趋势。这表明在动态载荷作用下,减震器抵抗变形的能力随炭黑用量增大而增强。在一定范围内,动刚度增大,减

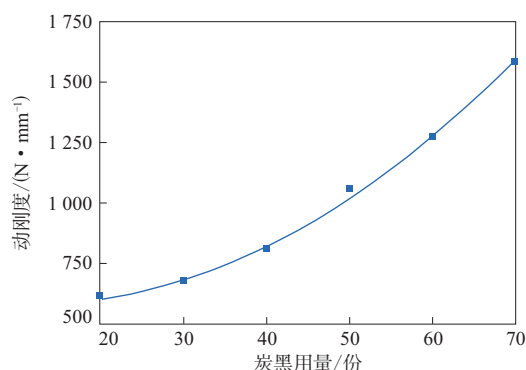


图4 炭黑用量对减震器动刚度的影响

震器储能能力的上升,有利于振动能量的衰减,增强减震效果。但当减震器的动刚度过大时,减震器变形很小,储能无法消耗,减震效果变差。

用Matlab曲线拟合工具对样本数据进行拟合,得到减震器动刚度与炭黑用量的数学模型3:

$$Y=0.298\ 93X^2-7.0235\ 7X+622.542\ 8 \quad (3)$$

式中, Y 为橡胶减震器的动刚度, X 为炭黑用量。减震器动刚度测量值、拟合值及两者误差见表3。

表3 减震器动刚度测量值、拟合值及两者误差

项 目	炭黑用量/份					
	20	30	40	50	60	70
测量值/(N·mm ⁻¹)	603	681	803	1054	1245	1607
拟合值/(N·mm ⁻¹)	601.6	680.9	819.9	1018.7	1277.3	1595.6
误差/%	0.22	0.02	2.10	3.35	2.59	0.71

从表3可以看出,根据试验炭黑用量,利用数学模型3得出的动刚度拟合值与测量值之间的最大误差为3.35%,小于5%,满足使用要求。

2.5 损耗因子

损耗因子表征减震器对振动能量的损耗能力。炭黑用量对减震器损耗因子的影响见图5。

从图5可以看出,随着炭黑用量的增大,橡胶

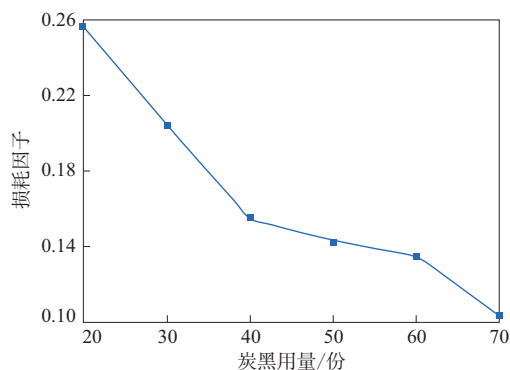


图5 炭黑用量对减震器损耗因子的影响

减震器的损耗因子呈不断减小的趋势。这表明橡胶减震器对振动能量的损耗能力随炭黑用量增大而下降,减震能力变差。但当损耗因子过大时,减震器会产生过多的热量,加速橡胶的疲劳和老化,降低减震性能。

2.6 振动传递率

橡胶减震器的综合减震性能主要由振动传递率来衡量,它是静刚度、动刚度和损耗因子之间的一种平衡。炭黑用量对减震器振动传递率的影响如图6所示。

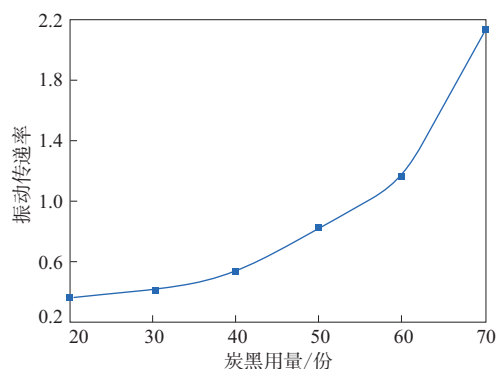


图6 炭黑用量对减震器振动传递率的影响

从图6可以看出,随着炭黑用量的增大,振动传递率呈现出不断增大的趋势,即减震器的减震性能呈下降的趋势。因此,在炭黑用量为20份时,减震器振动传递率为0.34,减震性能最佳。

3 结论

(1)随着炭黑用量的增大,胶料的拉伸强度和撕裂强度都呈现出先增大后减小的趋势,其中炭黑用量为40份时,拉伸强度最大(24.48 MPa),炭黑用量为60份时,撕裂强度最大(90 kN·m⁻¹)。

(2)随着炭黑用量的增大,橡胶减震器的静刚度、动刚度和硬度都呈现出增大趋势,损耗因子呈现出减小趋势;建立了炭黑用量与硬度、静刚度、和动刚度的数学模型,为橡胶减震器的优化设计提供了参考。

(3)在炭黑用量为20份时,橡胶减震器的振动传递率最小(0.34),减震器综合性能最佳。

参考文献:

- [1] 曾宪奎,张杰,黄年昌,等. 工作环境因素对橡胶减震器振动传递率的影响[J]. 橡胶工业,2018,65(4):445-447.

- [2] 杨晓光, 庄志鹏, 邓佑鲜, 等. 赛车轮胎低频动力学特性试验研究[J]. 轮胎工业, 2018, 38 (4) : 195-199.
- [3] 张凯, 岳耀, 张宏生, 等. 高阻尼橡胶复合材料在桥梁防震支座中的应用[J]. 橡胶工业, 2018, 65 (4) : 365-369.
- [4] 周文敏. 炭黑填充NR及NR/SIBR并用胶动态疲劳特性研究[D]. 青岛: 青岛科技大学, 2015.
- [5] 曾宪奎, 韩广文, 孙延奎. 配方因素对三元乙丙橡胶密封圈硫化胶性能的影响[J]. 橡胶工业, 2016, 63 (6) : 336-341.
- [6] 周文敏, 宋新星, 孙翀, 等. 炭黑网络化程度对填充天然橡胶体系伸张疲劳过程中介观结构和动态粘弹性的影响[J]. 橡胶工业, 2017, 64 (2) : 84-88.
- [7] Hassan M A, Kasem A A, Mahmoud A, et al. Evaluation of the Material Constants of Nitrile Butadiene Rubbers (NBRs) with Different Carbon Black Loading (CB) : FE-Simulation and Experimental[J]. Polymer, 2012, 53 (17) : 3807-3814.
- [8] Xu Li, Tao Bai, Ziran Li, et al. Influence of the Temperature on the Hyper-Elastic Mechanical Behavior of Carbon Black Filled Natural Rubbers[J]. Mechanics of Materials, 2016, 95 : 136-145.
- [9] Diaz R, Diani J, Gilormini P. Physical Interpretation of the Mullins Softening in a Carbon-black Filled SBR[J]. Polymer, 2014, 55 (19) : 4942-4947.

收稿日期: 2018-06-10

Effect of Carbon Black Content on the Performance of Rubber Damper

ZENG Xiankui, HUANG Nianchang, LI Yingru, ZHANG Jie, GUO Lei

(Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266061, China)

Abstract: The effect of carbon black content on the performance of rubber damper was investigated. The results showed that, with the increase of the amount of carbon black, the tensile strength and tear strength of the vulcanizate were increased first and then decreased. The static stiffness, dynamic stiffness and hardness of the rubber damper showed an increasing trend, the loss factor showed a decreasing trend and the vibration transmission rate showed an increasing trend. When the amount of carbon black was 20 phr, the vibration transmission rate was the smallest and the damping performance of rubber damper was the best.

Key words: carbon black; rubber damper; damping performance