



橡胶材料在减震应用方面的现状及展望

郑文博, 吴文彪

(北京橡胶工业研究设计院, 北京 100039)

摘要:论述橡胶材料在减震器中的作用、材料的选择原理以及橡胶减震器的发展趋势。橡胶材料独特的粘弹性能使其具有很好的减震和缓冲作用, NR、CR、BR、SBR 和 EPDM 等都在橡胶减震器中得到广泛应用; 复合橡胶减震器、弹性胶泥缓冲器、磁流体复合弹簧等都是减震器的新型产品。

关键词:橡胶材料; 减震; 胶料特性

随着现代工业的飞速发展, 仪器设备的功率越来越大, 转速越来越快, 振动和噪声的危害也越来越突出。振动和噪声不仅影响产品质量和操作精度、缩短产品寿命、危及安全性, 而且污染环境、影响人身健康。因此掌握振动与噪声控制技术是各国工业发展面临的重大课题。橡胶材料由于其自身具有的特定形态和性能, 应用于工业生产及生活设施等各个方面, 尤其是在缓冲和减轻震动方面的显著特点, 使其在减震方面得到应用。利用橡胶材料与骨架材料(如金属、纤维、工程塑料等)复合制成的功能装置或特殊的橡胶粘弹性高阻尼材料来消除振动源的振动冲击和吸收噪声是一种消除振动和噪声的有效方法。这种橡胶减震功能装置已广泛应用于飞机、舰船、汽车、火车和建筑工程等方面, 以及仪器仪表的振动隔离。特别是在铁路机车上已越来越多地使用橡胶—金属减震器, 其中包括中央支撑橡胶锥体、轴箱拉杆弹性体、旁承橡胶堆、电机悬挂橡胶垫、弹性车轮、弹性齿轮、空气弹簧、传动装置的弓型橡胶块和球铰、车钩橡胶缓冲器等, 品种达 20 多个。减震器主要承受压缩应力、剪切应力和扭转力矩以及两种或两种以上应力的复合作用, 在保证机车的高速性、舒适性和安全性方面起着重要作用。

1 国内外发展态势

结构减震技术可分为主动和被动两种方式,

主动方式是利用传感器和调节器(压电装置)来实现减震; 被动方式则是利用材料的内在性质(例如材料的力学形变)吸收振动能量, 提供被动的能量耗散, 它以其价格优势及易于实现成为研究重点。被动方式主要有两种思路, 一是彻底改变传统“强化”结构的抗震思想, 把结构的某些非承重构件设计成耗能元件, 通过磨擦、剪切变形或材料的塑性变形来消耗和吸收振动能量, 以减少主体结构的振动反应或减轻其破坏; 二是采用所谓的“基础隔震”, 即在振动源和要求减震的主体之间设置一层具有足够可靠性的“隔震层”也称隔震系统, 从而减少振动的传递。

目前国内外已开发出多种耗能减震装置和隔震系统, 按耗能机理分类, 主要品种有: (1) 耗能减震元件, 通过在适当部位设置“薄弱环节”, 对该环节采用特殊构造措施, 利用其塑性变形消耗大量的振动能量; (2) 摩擦耗能减震器, 通过使用摩擦耗能支撑件来减震; (3) 粘弹性阻尼器, 由粘弹性材料和钢结构材料组成, 利用粘弹性材料剪切滞后变形耗散能量; (4) 复合耗能器, 上述几种耗能减震方式综合应用的减震设备。隔震技术也可以分为主动隔震和被动隔震两种, 主动隔震是隔离机械设备通过支座向地基的振动传递, 被动隔震是减少从地基传至需保护的精密仪器或仪表的振动。在轨道交通运输上主要采用主动隔震形式, 利用叠层橡胶支座和螺旋弹簧支座耗散能量。

制备减震器的主要材料是金属和聚合物,橡胶材料以其特殊的粘弹性能已普遍用作减震材料,研究发展十分迅速,大量生产橡胶减震器的国家有美国、日本、德国、英国、俄罗斯和法国等。橡胶减震器具有如下优点:(1)可以自由确定形状,通过调整橡胶配方组分来控制硬度,可满足对各个方向刚度和强度的要求;(2)内部摩擦大,减震效果好,有利于越过共振区,衰减高频振动和噪声;(3)弹性模量比金属小得多,可产生较大弹性形变;(4)没有滑动部分,易于保养;(5)质量小,安装和拆卸方便。其缺点是:(1)耐高、低温性能和耐油性能不如金属;(2)对于直射日光需要用薄膜遮蔽,(3)长期用于大载荷时弹性降低。

2 橡胶材料减震应用的基本概况

由于橡胶分子中的长链分子结构以及分子间存在较弱的次级力,使得橡胶材料呈现出独特的粘弹性能,因而具有良好的减震、隔音和缓冲性能,使橡胶减震器产生良好的阻尼特性和衰减振动,帮助减震器越过共振区。但橡胶减震器的阻尼作用也有导致橡胶材料生热的不利一面,产生于橡胶的滞后特性和变形时的内摩擦使振动的机械能转变为热能,导致橡胶生热。橡胶的滞后和内摩擦特性通常用损耗因子表示,损耗因子越大,橡胶的阻尼和生热越显著。橡胶材料损耗因子的大小不仅与橡胶本身的结构有关,而且与温度和频率有关。在常温下,天然橡胶(NR)和顺丁橡胶(BR)的损耗因子较小,丁苯橡胶(SBR)、氯丁橡胶(CR)、乙丙橡胶(EPR)、聚氨酯(PU)和硅橡胶的损耗因子居中,丁基橡胶(IIR)和丁腈橡胶(NBR)的损耗因子较大。

近几年来,为了改善粘弹性材料的阻尼特性,提高橡胶材料的耐老化性能(包括热氧老化和臭氧老化)、与金属的粘合力、耐冲击性能以及耐屈挠疲劳性能等,人们在粘弹性材料的选择上进行了大量研究,其中以日本的研究最为突出,对减震橡胶材料的归纳总结也最为完善。在最新的防震橡胶材料标准中将防震橡胶材料分为 5 类:(1)一般硫化胶;(2)耐油硫化胶;(3)耐天候硫化胶;(4)对振动衰减大的硫化胶;(5)耐热硫化胶。

减震器中使用的橡胶种类也越来越多,常用的包括 NR、CR、SBR、三元乙丙橡胶(EPDM)和

PU 等。NR 有优异的弹性、耐寒性和电绝缘性,物理性能好,容易加工,但耐热和耐天候性能较差,通常采用 NR 改性或与其它胶种共混的方式来提高其减震性能。CR 具有优良的耐天候性能,但耐寒性较差,因此也采用改性或与 NR、SBR 并用的方式提高其性能。由于 EPDM 耐天候性能、耐臭氧老化、电绝缘性、耐热和耐寒等性能优异,近年来受到广泛关注。PU 具有优良的耐磨性、耐屈挠性和对烃类燃料以及大部分有机溶剂的抵抗能力,同时具有很高的物理性能、良好的电绝缘性、粘合性和耐老化性等,但其耐高温性能、水解稳定性以及对酸碱的抵抗能力欠佳。PU 在减震、隔音方面也得到了广泛应用。

人们也研究了其它类型的橡胶材料在减震器中的应用。NBR 和 SBR 也可以应用于橡胶减震器中,但是当使用玻璃化温度较高的 NBR 硫化胶后,橡胶的低温减震性能变差。当然,粘弹性不是材料具有减震特性的唯一条件,材料的错位、相界面、晶粒界面等都会使材料具有减震特性。因此在制备减震橡胶材料时,不仅要注意生胶材料的选择,也要注意补强剂的使用。补强剂对橡胶减震性能的影响十分重要,动态弹性模量和损耗因子均随补强剂(如炭黑、白炭黑等)用量的增大而增大。在用量相同时,补强剂的补强效果愈好,弹性模量愈大。在等量配合的条件下,炭黑粒径越小,补强效果越好,弹性模量越大;炭黑粒径越大,比表面积越小,回弹性则越高损耗因子越小,生热越低。对减震橡胶材料来说,在 NR 中大多配合半补强炭黑和细粒子热裂解法炭黑;在 SBR 中有时因补强效果不够,只得采用快压出炭黑和通用炭黑。从疲劳和屈挠性能来看,炭黑在减震橡胶材料中起着不良作用;炭黑粒径越小,补强效果越大,疲劳作用越显著,屈挠破坏也越严重,这是由于炭黑粒径越小,在橡胶中越容易形成局部应力集中,在振动条件下,会导致橡胶分子链断裂,破坏硫化胶的初始结构,使物理性能下降。考虑到橡胶的减震和生热特性,为了获得较好的耐疲劳和耐屈挠性能,应该选用粒径较大的炭黑。

在橡胶配方中添加一定量的软化剂可以改善胶料的低温性能。对于石油系软化剂,一般选用烷烃油类,它可使胶料的损耗因子较小,生热较低;若芳香油用量较大,则胶料的损耗因子会显著

提高,生热也会提高。其它配合剂,如氧化锌、硬脂酸和防老剂等一般用量很小,对胶料的弹性模量和损耗因子无显著影响。由于减震橡胶材料是在动态下使用的,它的老化(热氧老化、臭氧老化和疲劳老化)远比静态时严重得多,各老化因素不仅单独作用,还以各种耦合形式对其施加作用,如机械方面的影响因素(载荷、振动条件等)常常有大气中的氧、臭氧和光等参与作用,还有热(温度)的参与,从而导致材料发粘(切断交联键)、硬化(交联的进行)或者龟裂及裂纹等现象发生,因此防老剂的使用及其配合十分重要。此外,在配方中加入填充剂和各种助剂,可以进一步改善胶料性能和降低成本。

3 橡胶材料的减震应用的发展趋势

随着高科技材料的迅猛发展,现代机车对弹性元件的使用性能提出了更高的要求,弹性元件正逐步向功能化和智能化方向发展。粘弹性材料也逐渐从 NR、CR 和 EPDM 等向橡塑共混、橡胶并用等复合材料方向发展,当然也有使用其它类型材料减震器的研究。内封液体的复合橡胶减震器(简称液体弹簧)和弹性胶泥缓冲器是近 20 年来欧洲铁路联合系统(UIC)国家首先使用的一种高技术缓冲器产品,用于弹性胶泥缓冲器的缓冲介质是弹性胶泥材料,它是一种未经硫化的有机硅化合物,具有弹性、可压缩性和流动性,其物理性能在 $-80\sim+250$ 度内具有较高的稳定性和耐老化性,无毒、无臭,对环境友好,是缓冲器理想的胶泥材料。这种弹性胶泥缓冲器具有容量大、阻力小、体积小、质量小、检修周期长的优点。国际上研制弹性胶泥缓冲器处于领先地位的国家有法国、波兰等。但是这种减震器存在制造复杂、密封

难的问题。

磁流体复合弹簧(Magnetic Hydraulic Spring)是应用磁流体高科技材料发展起来的一种新型减震元件。这种减震元件利用磁流体的流动性和记忆性作为减震介质的减震、降噪技术,是磁流体应用的重要方面。与以往的减震元件不同,磁流体复合弹簧是将磁流体置于一种特殊结构的磁场梯度中,由于铁磁流体具有磁性,可受到磁场的控制,从而使它产生一定的磁力来抵抗振动,达到减震的目的。它不仅具有万向减震性、功能稳定性及寿命长的优点,而且能彻底消除磨擦,无噪声,适合在各种环境下工作。近 20 年来,磁性流体材料的研究应用一直是世界各国十分关注的前沿课题,以磁流体为材料的减震产品是减震元件未来的发展趋势。目前相关的减震材料的技术研究已取得阶段性成果,但要将这些成果转换成产品,继而大规模推向市场尚需一定的时间。

高分子材料已经成为继钢铁、石头之后高速铁路的第三大材料,并且随着高速列车向高速化、舒适化和安全化方向发展将起到越来越重要的作用。目前我国生产的橡胶减震器除了部分橡胶—金属减震器和 XL 系列高弹性联轴节已实现标准化外,大多数产品仍处于“非标准化”状态。为了满足社会发展的需要,应该在橡胶装备、工艺技术、材料和结构几个方面努力,加快我国橡胶减震器的发展步伐。

橡胶材料在减震应用方面的发展,可以通过实践经验的累积以及理论知识的不断完善而得到实现。而各学科及适用范围的不断渗透,必将创造出更多的应用空间和机会。

参考文献:略

《国内外橡胶制品配方手册》优惠销售

为满足广大技术人员的需要,我站特举办《国内外橡胶制品配方手册》优惠销售活动,每套原价 300 元,现优惠价 200 元(含邮费)。欢迎广大业内人士踊跃订购!

银行汇款请汇至北京橡胶工业研究设计院科研部,开户行:北京市工行永定路支行,帐号:02000049090033009-53(配方手册)。

邮局汇款请汇至全国橡胶工业信息总站,详细地址:北京市海淀区阜石路甲 19 号 北京橡胶工业研究设计院内,邮编:100039。

联系人:杨 静

电话:(010)51338150

传真:(010)68164371

全国橡胶工业信息总站