



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110806146 B

(45) 授权公告日 2023. 06. 27

(21) 申请号 201911190394.0

(22) 申请日 2019.11.28

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 110806146 A

(43) 申请公布日 2020.02.18

(73) 专利权人 青岛沙木新材料有限公司

地址 266000 山东省青岛市城阳区空港工

业园金刚山路2号

专利权人 青岛理工大学

(72) 发明人 丁国雷 黄微波 张锐 许圣鸣

常瑞景 张静 梁龙强

(74) 专利代理机构 山东康裕律师事务所 37311

专利代理师 傅培

(51) Int. Cl.

F41H 5/04 (2006.01)

B32B 15/20 (2006.01)

B32B 15/04 (2006.01)

B32B 3/08 (2006.01)

B32B 3/12 (2006.01)

B32B 33/00 (2006.01)

B32B 37/24 (2006.01)

B32B 38/00 (2006.01)

B29C 39/10 (2006.01)

审查员 孙慧慧

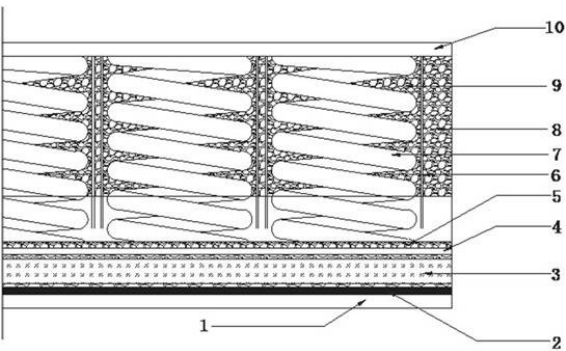
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

蜂窝阻尼单元多层复合吸能材料及其制备

(57) 摘要

本发明提供了蜂窝阻尼单元多层复合吸能材料及其制备。所述复合吸能材料依次由防护金属板I、高强聚脲涂层、蜂窝阻尼吸能层和能量处理层组成。所述蜂窝阻尼吸能层由蜂窝铝吸能板和多个聚脲弹性吸能柱组成；聚脲弹性吸能柱填充在蜂窝铝吸能板的蜂窝结构单元中。所述能量处理层依次包括夹层金属板、粘弹性阻尼层I、高强度弹簧、薄壁吸能管、粘弹性阻尼层II和防护金属板II。所述高强度弹簧的一端固定在粘弹性阻尼层I中，所述高强度弹簧的另一端通过粘弹性阻尼材料III固定在薄壁吸能管中。所述薄壁吸能管远离高强度弹簧的一端固定在粘弹性阻尼层II中。所述复合吸能材料不但极大的提高了防护效率而且克服了传统结构一次性防护的缺点，提高了利用率。



1. 蜂窝阻尼单元多层复合吸能材料,依次由防护金属板I(1)、高强聚脲涂层(2)、蜂窝阻尼吸能层(3)和能量处理层组成;其特征在于:所述蜂窝阻尼吸能层(3)与相邻各层之间采用粘弹性阻尼材料进行连接;所述蜂窝阻尼吸能层(3)由蜂窝铝吸能板(12)和多个聚脲弹性吸能柱(11)组成,所述蜂窝铝吸能板(12)由多个蜂窝结构单元组成,每个所述聚脲弹性吸能柱(11)填充在蜂窝结构单元中;所述能量处理层依次包括夹层金属板(4)、粘弹性阻尼层I(5)、高强度弹簧(7)、薄壁吸能管(6)、粘弹性阻尼层II(8)和防护金属板II(10);所述高强度弹簧(7)的一端固定在粘弹性阻尼层I(5)中,所述高强度弹簧(7)的另一端通过粘弹性阻尼层III(9)固定在薄壁吸能管(6)中;所述薄壁吸能管(6)远离高强度弹簧(7)的一端固定在粘弹性阻尼层II(8)中,且薄壁吸能管(6)内部的粘弹性阻尼层III(9)与外部的粘弹性阻尼层II(8)高度相等。

2. 根据权利要求1所述的蜂窝阻尼单元多层复合吸能材料,其特征在于:所述蜂窝结构单元为六边形,所述六边形的边长为8-15mm;所述蜂窝结构单元的材质为铝合金,所述铝合金的厚度为0.03-0.08mm;所述蜂窝结构单元的高度为14~30mm;所述聚脲弹性吸能柱(11)的半径为5-12mm,高度与蜂窝结构单元相同。

3. 根据权利要求2所述的蜂窝阻尼单元多层复合吸能材料,其特征在于:所述薄壁吸能管(6)的高度h为能量处理层高度H的3/5;所述粘弹性阻尼层II(8)和粘弹性阻尼层III(9)的厚度d均大于吸能管高度h的2/3,小于吸能管高度h的7/8。

4. 根据权利要求2所述的蜂窝阻尼单元多层复合吸能材料,其特征在于:所述粘弹性阻尼层I(5)的厚度为10-15mm;所述薄壁吸能管(6)的高度h为33-46mm;所述粘弹性阻尼层II(8)和粘弹性阻尼层III(9)的厚度为22-41mm;所述高强度弹簧(7)的高度不小于薄壁吸能管(6)高度h的1.2倍,且不大于56mm。

5. 根据权利要求3或4所述的蜂窝阻尼单元多层复合吸能材料,其特征在于:所述高强度弹簧(7)的压并应力为750MPa-900MPa,所述薄壁吸能管(6)的材质为铝合金;所述夹层金属板(4)采用厚度为3.5-5mm的高强度抗爆合金。

6. 根据权利要求3或4所述的蜂窝阻尼单元多层复合吸能材料,其特征在于:所述的粘弹性阻尼层采用基于聚脲改性的双组份粘弹性阻尼材料;其中A组分为异氰酸酯,所述异氰酸酯的指数R值为0.8,B组分为氨基化合物。

7. 根据权利要求3或4所述的蜂窝阻尼单元多层复合吸能材料,其特征在于:所述防护金属板I(1)和防护金属板II(10)均采用厚度为5-10mm的高强度抗爆合金;所述聚脲涂层(2)通过喷涂工艺形成于防护金属板I(1)的内侧,所述聚脲涂层(2)的弹性模量为180MPa~260MPa,聚脲涂层的厚度为6mm。

8. 根据权利要求7所述的蜂窝阻尼单元多层复合吸能材料,其特征在于:所述的聚脲涂层(2)为A、B两组分反应而成,其中A组分为异氰酸酯预聚物,B组分由端氨基聚醚、胺类扩链剂和助剂组成。

9. 如权利要求1-8任一项所述的蜂窝阻尼单元多层复合吸能材料的制备方法,其特征在于:包括以下步骤:

(a) 准备防护金属板I,首先在金属板I内侧进行打磨处理,喷涂底漆;待底漆表干后喷涂一定厚度的高强聚脲弹性体,形成高强聚脲涂层;在聚脲涂层上浇注粘弹性阻尼材料,立即将蜂窝铝吸能板和聚脲弹性体吸能柱插入至粘弹性阻尼材料中,常温养护12小时,

得到蜂窝阻尼吸能层；养护结束后，在夹层金属板的表面浇注粘弹性阻尼材料，此时将蜂窝阻尼吸能层插入，养护12小时完成固定；

(b) 准备防护金属板II，在金属板内侧表面打磨后，采用少量粘弹性阻尼材料将金属薄壁吸能管固定于防护金属板II表面；待粘弹性阻尼材料表干后，浇注一定厚度的粘弹性阻尼材料于金属薄壁吸能管的四周，即为粘弹性阻尼层II；将高强度弹簧置于金属薄壁吸能管的中心，并向金属薄壁吸能管中浇注与外部的粘弹性阻尼层II等高的粘弹性阻尼材料，得到粘弹性阻尼层III；

(c) 将固定有高强度弹簧的防护金属板II倒扣；向夹层金属板上浇注一定厚度的粘弹性阻尼材料，即为粘弹性阻尼层I；迅速将高强度弹簧浸没其中，待粘弹性阻尼层I表干；

养护24h后，即可得到多层复合吸能材料。

10. 如权利要求1-8任一项所述的蜂窝阻尼单元多层复合吸能材料的应用，其特征在于：将其应用于车辆或者建筑物的防爆抗爆，具体为：将所述复合吸能材料安装/固定在车辆或建筑物的外层，作为吸能防护层。

蜂窝阻尼单元多层复合吸能材料及其制备

技术领域

[0001] 本发明属于材料领域,涉及一种吸能材料,具体地说,涉及一种用于防爆领域的轻型多层复合吸能材料。

背景技术

[0002] 爆炸载荷是一种高频荷载,与静态载荷相比,更容易对结构造成损害。爆炸后产生的爆炸波能量极大,对目标的破坏力也极强。爆炸发生时,其能量冲击不仅会对爆炸中心的结构和人员造成伤害,产生的冲击波和结构碎片还会对附近环境产生影响,造成结构振动且往往伴随着巨大的噪音。

[0003] 防爆结构的研究主要集中在两个方面,一方面是基于材料本身的吸能特性,也就是利用材料变形吸收能量或提高材料损耗因子的原理研究新材料。如通过加装附加防爆装甲实现对军用运输车的防护。这种方法可以有效的提高车辆的安全性,但附加装甲会大幅度增加运输车辆自重,从而使车辆的机动性大幅度下降。对于运输飞行器来讲,过大的负重将严重影响飞行器的运输能力,并使飞行器的机动性大大下降。另一方面是利用反动量原理抵抗来袭爆炸波,设计复杂的结构。比如通过采用V形车底结构分散爆炸冲击能量,减小车身底部爆炸冲击压力,从而提高车辆的防地雷能力。目前,越来越多的现代防地雷车辆均采用类似的车底结构,然而由于军用车辆对野外通过性有较高要求,车身底部安装V形防护结构往往导致离地间隙减小,从而使得车辆重心位置往往较高,造成车辆操作稳定性降低。

[0004] 为了解决上述问题,发明专利201510211687.8公开了“一种防爆炸波复合装甲结构”,所述复合装甲结构从外向内依次包括超材料层、结合层、吸能缓冲层;其中,超材料层与吸能缓冲层通过结合层优化结合,其中超材料层为金属-非金属球体系统组成的微结构。每一个微结构是一个冲击振动吸收器,其内部共振器的共振频率与爆炸冲击波特定频率接近,使来袭冲击波从反射。因此,该发明所述的防爆结构一方面通过超材料层的微结构设计,可以阻挡爆炸波中超压峰值附近区域的冲击波;另一方面通过吸能缓冲层吸收爆炸压力波,从而提高了结构的防爆能力。然而,对于爆炸所带来的大变形,结构只能通过吸能缓冲层的压溃变形而达到吸能效果,因而该结构只能抵抗单次爆炸;一旦吸能层吸能破坏后,该结构的吸能作用将大幅度下降。此外,对于接触式爆炸以及高速撞击等高应变率的应力集中作用,超材料层极容易发生脆性破坏,从而使结构的防护性能大幅度下降。

[0005] 蜂窝结构作为一种高效轻质的吸能结构,被广泛应用于各类防护领域,并在蜂窝空腔中填充各种材料以提高刚度。实用新型专利201821026217.X公开了一种蜂窝式吸能缓冲抗裂防爆舱,其采用单层蜂窝板作为骨架,通过钢框板维护,并浇注轻质弹性填充材料的方法,提高蜂窝强度。但是该结构自重较大,且吸能方向为蜂窝六边形水平方向,吸能效果较弱。实用新型专利201821861677.4公开了一种高速公路多功能防护围栏,防护栏板内部形成护板蜂窝孔,防护固定柱内部形成固定柱蜂窝孔。蜂窝多孔囊腔结构抗冲击性与缓冲性好,有很好的吸能作用,大大提高了抗撞击性能。由于其采用的仍然是单一的蜂窝结构,其吸能效果较弱,只能用于低速冲击或缓冲结构的防护。

[0006] 此外,传统吸能管通过压溃变形,能够吸收一定的能量,但由于其本身吸能原理的限制,吸能管只能进行单次防护。高强度弹簧往通常作为车辆的减振装置,其吸能效果较差,一般用于提高车辆稳定性,而未见用于吸能。传统聚脲材料则多用于基材的防护领域,多用于防水、防腐以及车辆耐磨等领域。三者的应用领域差别较大,目前尚没有三者结合组成吸能或耗能结构的相关报道。

发明内容

[0007] 针对现有技术中吸能材料所存在的问题,本发明提供了蜂窝阻尼单元多层复合吸能材料。所述多层复合吸能材料不仅实现了同等防护等级下的轻量化,而且克服了传统结构一次性防护的缺陷,大幅度提高了被防护结构的安全性。

[0008] 本申请的技术方案:

[0009] 蜂窝阻尼单元多层复合吸能材料,依次由防护金属板I1、高强聚脲涂层2、蜂窝阻尼吸能层3和能量处理层组成。所述蜂窝阻尼吸能层3与相邻各层之间采用粘弹性阻尼材料进行连接。所述的粘弹性阻尼材料采用基于聚脲改性的双组份粘弹性阻尼材料。所述粘弹性阻尼材料在高应变率下表现为弹性,在荷载作用时不发生脆性破坏。

[0010] 所述蜂窝阻尼吸能层3由蜂窝铝吸能板12和多个聚脲弹性吸能柱11组成;所述蜂窝铝吸能板12由多个蜂窝结构单元组成,每个所述聚脲弹性吸能柱11填充在蜂窝结构单元中。所述蜂窝结构单元为六边形,所述六边形的边长为8-15mm;所述蜂窝结构单元的材质为铝合金,所述铝合金的厚度为0.03-0.08mm;所述蜂窝结构单元的高度(即蜂窝铝吸能板的厚度/蜂窝阻尼吸能层的厚度)为14~30mm。所述聚脲弹性吸能柱11的半径为5-12mm,高度与蜂窝结构单元相同。所述弹性吸能柱为商业途径购买的聚脲弹性体浇筑而成,具有高强高弹的特点;亦可根据防护荷载需要替换为其他强度的弹性吸能柱。由于蜂窝阻尼吸能层为空心复合结构,其质量要远低于同量级吸能结构或材料,对防护基材的影响小。此外,由于蜂窝阻尼吸能层由多个蜂窝结构单元与吸能柱组成,每个蜂窝空腔均可对冲击波进行有效弥散,将能量分散给各吸能结构,从而减小其对结构的损伤。

[0011] 所述能量处理层依次包括夹层金属板4、粘弹性阻尼层I 5、高强度弹簧7、薄壁吸能管6、粘弹性阻尼层II 8和防护金属板II 10。所述高强度弹簧7的一端固定在粘弹性阻尼层I 5中,所述高强度弹簧7的另一端通过粘弹性阻尼层III 9固定在薄壁吸能管6中。所述薄壁吸能管6远离高强度弹簧7的一端固定在粘弹性阻尼层II 8中,且薄壁吸能管6内部的粘弹性阻尼层III 9与外部的粘弹性阻尼层II 8高度相等。耗能的本质是对外荷载能量的转化和吸收,本申请利用吸能管压溃吸能、高强度弹簧与粘弹性阻尼材料的能量转化、弹性形变和高损耗因子的特点,将三者结合,实现了将塑性变形、弹性变形以及阻尼耗能充分结合,从而实现了全新的分级耗能复合抗爆防护装甲。

[0012] 其中,所述薄壁吸能管6的高度h为能量处理层高度H的3/5;所述粘弹性阻尼层II 8和粘弹性阻尼层III 9的厚度d均大于吸能管高度h的2/3,小于吸能管高度h的7/8。所述的粘弹性阻尼层(包括粘弹性阻尼层I、粘弹性阻尼层II和粘弹性阻尼层III)与上述的粘弹性阻尼材料相同,均采用基于聚脲改性的双组份粘弹性阻尼材料;其中A组分为异氰酸酯,所述异氰酸酯的指数R值为0.8,B组分为氨基化合物。所述粘弹性阻尼层可以有效的降低车辆在正常行驶中的振动,起到减振作用,大大提高车辆的稳定性以及车内乘车人员的舒适性。

[0013] 优选的是,所述粘弹性阻尼层I 5的厚度为10-15mm;所述薄壁吸能管6的高度h为33-46mm;所述粘弹性阻尼层II 8和粘弹性阻尼层III9的厚度为22-41mm;所述高强度弹簧7的高度不小于薄壁吸能管6高度h的1.2倍,且不大于56mm。

[0014] 所述高强度弹簧7的压并应力为750MPa-900MPa,所述薄壁吸能管6的材质为铝合金。所述夹层金属板4采用厚度为3.5-5mm的高强度抗爆合金;作为能量传递结构,受到外界激励时不但保证了复合结构的完整性,还将变形传递给下一层吸能结构。

[0015] 所述防护金属板I1和防护金属板II10均采用厚度为5-10mm的高强度抗爆合金;所述聚脲涂层2通过喷涂工艺形成于防护金属板I1的内侧,所述聚脲涂层2的弹性模量为180MPa~260MPa,聚脲涂层的厚度为6mm。所述的聚脲涂层为A、B两组分反应而成,其中A组分为异氰酸酯预聚物,B组分由端氨基聚醚、胺类扩链剂和助剂组成。所述聚脲涂层具有较高的抗拉强度以及断裂伸长率,因而具有承受大变形的能力,可以抵抗高应变率荷载作用时所带来的撕裂破坏,以确保结构的完整性。且高强聚脲涂层在高应变率作用下弹性模量极高,当防护金属板I破坏、外界破片以及发生弹体侵彻时,可以将外界破片弹开或降低破片速度,大大减少破片等二次伤害。防护金属板II为所述抗爆复合装甲背爆面的基板,与防护金属板I采用相同材料,作为防护的最后一层结构,在结构受到外界激励时保证结构的完整性。

[0016] 如上所述的蜂窝阻尼单元多层复合吸能材料的制备方法,包括以下步骤:

[0017] (a) 准备防护金属板I,首先在金属板I内侧进行打磨处理,喷涂底漆,提高聚脲涂层与金属板之间的附着力。待底漆表干后喷涂一定厚度的高强聚脲弹性体,形成高强聚脲涂层;在聚脲涂层上浇注粘弹性阻尼材料,立即将蜂窝铝吸能板和聚脲弹性体吸能柱插入至粘弹性阻尼材料中,常温养护12小时,得到蜂窝阻尼吸能层。养护结束后,在夹层金属板的表面浇注粘弹性阻尼材料,此时将蜂窝阻尼吸能层插入,养护12小时完成固定。

[0018] (b) 准备防护金属板II,在金属板内侧表面打磨后,采用少量粘弹性阻尼材料将金属薄壁吸能管固定于防护金属板II表面。待粘弹性阻尼材料表干后,浇注一定厚度的粘弹性阻尼材料于金属薄壁吸能管的四周,即为粘弹性阻尼层II。将高强度弹簧置于金属薄壁吸能管的中心,并向金属薄壁吸能管中浇注与外部的粘弹性阻尼层II等高的粘弹性阻尼材料,得到粘弹性阻尼层III。

[0019] (c) 将固定有高强度弹簧的防护金属板II倒扣;向夹层金属板上浇注一定厚度的粘弹性阻尼材料,即为粘弹性阻尼层I;迅速将高强度弹簧浸没其中,待粘弹性阻尼层I表干。养护24h后,即可得到多层复合吸能材料。

[0020] 如上所述的蜂窝阻尼单元多层复合吸能材料的应用,将其应用于车辆或者建筑物的防爆抗爆,具体为:将所述复合吸能材料安装/固定在车辆或建筑物的外层,作为吸能防护层。

[0021] 吸能耗能原理:

[0022] 迎爆面的防护金属板I和高强聚脲涂层形成第一级吸能结构。当外界荷载作用在防护金属板I时,外界荷载通过金属板的大变形将能量消耗;高强聚脲涂层一方面具有较高的损耗因子,可将机械能转化为内能,另一方面由于高应变率作用,可以有效抑制防护金属板I的大变形,从而保证了结构的完整性。在结构发生大变形时,不同层间发生弯曲变形而引起相对滑移,使层间的粘弹性阻尼材料发生剪切变形,从而将能量转化为内能消耗掉。

[0023] 二级吸能结构由蜂窝阻尼吸能层及相邻的粘弹性阻尼材料和夹层金属板组成。在外界爆炸或冲击荷载作用时,防护钢板I向内部变形,蜂窝阻尼吸能层(包括蜂窝结构单元及其内部的聚脲弹性吸能柱)随之压缩变形。;由于聚脲弹性体吸能柱有很高的损耗因子和弹性模量,发生压缩变形时可吸收大量冲击能量;且当外界荷载作用不足以完全压溃蜂窝阻尼吸能层时,聚脲弹性吸能柱将在极短的时间内恢复变形,从而带动蜂窝结构单元的恢复。此时结构虽然存在一定损坏,但仍可以抵抗多次爆炸或冲击荷载作用。

[0024] 粘弹性阻尼层III与高强度弹簧构成第三级耗能结构,在外界爆炸或冲击波作用时,夹层金属板变形带动高强度弹簧与粘弹性阻尼层III发生压缩变形,将能量转化为弹性势能,在结构恢复变形的过程中将能量消耗。当夹层金属板发生大变形至薄壁吸能管时,分级耗能复合抗爆装甲进入第四级耗能阶段,此时金属薄壁吸能管未浇注段发生压溃变形,进而消耗能量。当夹层金属板在外界荷载作用下继续向上变形,达到粘弹性阻尼层II时,结构进入第五级耗能阶段。当外界荷载作用时,高强度弹簧、金属薄壁吸能管以及粘弹性阻尼层同时发生压缩变形;此时由于粘弹性阻尼材料的高弹性模量特性,金属薄壁压溃耗能也随之增大,而粘弹性阻尼层II由于其本身的高损耗因子特性,将外界机械能转化为内能消耗。背爆面的防护金属板II与迎爆面的防护金属板I采用相同材料,作为防护的最后一层结构,在结构受到外界激励时保证结构的完整性。

[0025] 本发明的有益效果:

[0026] (1) 本发明所述的蜂窝阻尼单元多层复合吸能材料,针对外界荷载对迎爆面的防护金属板I的作用变形进行五级分级耗能,极大的提高了防护效率。当结构变形未达到四级耗能阶段时,结构可以反复使用,且防护性能基本保持一致,从而克服了传统结构一次性防护的缺点,提高利用率。

[0027] (2) 本发明所述的二级吸能结构中,蜂窝阻尼吸能层由多个蜂窝结构单元与吸能柱组成,每个蜂窝空腔均可对冲击波进行有效弥散,减小其对结构的损伤;同时在外界荷载作用不足以完全压溃蜂窝阻尼吸能层时,可在聚脲弹性吸能柱的带动下实现结构的恢复;因此一定程度上实现了反复使用的目的。

[0028] (3) 本发明所述的蜂窝阻尼单元多层复合吸能材料,可根据防护对象及防护级别的需求,灵活调整防护装甲的尺寸与位置,不受防护位置的限制,且金属板易于施工,可制成装配式结构,安装方便。

[0029] (4) 本发明所述的蜂窝阻尼单元多层复合吸能材料通过蜂窝阻尼吸能层的空心复合结构,实现了结构的轻量化;且粘弹性阻尼层和抗爆聚脲涂层的氧指数为28%~30%,均为难燃材料,因此具有良好的阻燃性能。

附图说明

[0030] 附图1为本申请所述的蜂窝阻尼单元多层复合吸能材料的结构示意图;其中,1为防护金属板I,2为聚脲涂层,3为蜂窝阻尼吸能层,4为夹层金属板,5为粘弹性阻尼层I,6为薄壁吸能管,7为高强度弹簧,8为粘弹性阻尼层II,9为粘弹性阻尼层III,10为防护金属板II,11为聚脲弹性吸能柱,12为蜂窝铝吸能板。

[0031] 附图2为蜂窝阻尼吸能层的局部剖面结构示意图。

[0032] 附图3为粘弹性阻尼材料不同频率下损耗模量与温度曲线;其中,曲线a-e分别代

表1Hz, 5Hz, 10Hz, 25Hz, 50Hz。

[0033] 附图4为粘弹性阻尼材料不同频率下储能模量与温度曲线;其中,曲线a-e分别代表1Hz, 5Hz, 10Hz, 25Hz, 50Hz。

[0034] 附图5为粘弹性阻尼材料模量的峰值与频率的关系;其中,a为损耗模量;b为储能模量。

[0035] 附图6为粘弹性阻尼材料不同频率下损耗因子随温度变化曲线;其中,曲线a-e分别代表1Hz, 5Hz, 10Hz, 25Hz, 50Hz。

[0036] 附图7为不同应变率作用下聚脲弹性体的应力应变曲线。

[0037] 附图8为高强聚脲弹性体的TG-DTG曲线。

具体实施方式

[0038] 下面结合实施例对本发明做进一步的说明。

[0039] 实施例1:粘弹性阻尼材料的阻尼性能分析

[0040] 为测试本申请采用的粘弹性阻尼材料的阻尼性能,采用美国TA公司生产的DMA-Q800动态机械分析仪测试其动态力学性能,得到材料的损耗模量(图3)、储能模量(图4)以及损耗因子曲线(图6)

[0041] 由图3可知,当频率一定时,粘弹阻尼材料的损耗模量和储能模量在3个不同的温域内呈现不同规律。 $-80\sim-40^{\circ}\text{C}$ 是玻璃态,分子链段处于冻结状态,损耗模量较储能模量小,但随着温度的升高缓慢增长,材料储能模量较高并且随着温度的升高而降低;这一阶段对应材料高应变率作用阶段,力学性能表现为高弹性模量。 $-40\sim 20^{\circ}\text{C}$ 是玻璃化转变区,在该区域内材料的损耗模量是先上升后下降。在 $-30\sim-20^{\circ}\text{C}$ 时取得损耗模量的峰值,储能模量急剧下降。 $20\sim 100^{\circ}\text{C}$ 是橡胶态,在此区域内材料的损耗模量和储能模量均缓慢降低至趋于平稳。

[0042] 本申请还研究了频率对材料模量峰值的影响及峰值对应的温度变化,如图5所示。由曲线变化趋势可以看出,随着频率的升高,材料损耗模量峰值下降并趋于平稳,材料储能模量峰值升高。当频率由1Hz升高至50Hz时,损耗模量从197.9MPa增长到175.7MPa,下降幅度为22.2MPa,下降了11.2%;而储能模量峰值由1443.2MPa变为1522.5MPa,增长幅度为79.3MPa,增长了5.49%。可以看出,频率对损耗模量峰值影响更为明显,但从图中可看出,随频率升高,材料损耗模量逐渐趋于一个定值。

[0043] 由图6可以看到,当频率一定时,随温度的升高,材料的损耗因子大致呈现先快速增长后慢速迅速下降的趋势,在某一温域内达到峰值。在 $-80^{\circ}\text{C}\sim 0^{\circ}\text{C}$ 温度范围内,随着温度的升高,材料的损耗因子增长迅速,在 $-20^{\circ}\text{C}\sim 20^{\circ}\text{C}$ 温域内达到峰值。

[0044] 通过对粘弹性阻尼材料的动态力学性能测试,对损耗模量、储能模量和损耗因子的分析验证,得出:粘弹性阻尼材料在高应变率作用时,材料具有较高的损耗因子,可以有效耗散外界机械能,转化为内能,能够有效提高防护结构的抗爆性能。

[0045] 实施例2:高强聚脲弹性体的性能分析

[0046] (1) 高强聚脲弹性体应变率敏感性分析

[0047] 为验证聚脲弹性体具有高应变率敏感性,采用万能力学试验机对聚脲涂层进行力学性能测试,得到材料的应力应变曲线如图7所示。

[0048] 从材料的应力应变曲线可以看出,在低应变率作用下,聚脲在不同数量级的应变率下其强度发生明显变化;随应变率升高,其弹性阶段逐渐变长,且弹性模量也发生一定的变化,二应变也随之减小。但由于聚脲弹性体具有较高的断裂伸长率,其变形仍满足实际需要。通过由WLF方程可知,在高应变率作用下,聚脲弹性体的力学强度将进一步提高,且高于现有测量数值,故聚脲弹性体满足实际变形需要,且强度较高。

[0049] (2) 高强聚脲弹性体热稳定性分析

[0050] 将高强聚脲弹性体进行TG测试,试样的热失重行为在热重分析仪中进行。取6.44mg样品放于氧化铝坩埚中,在氮气环境下,以10℃/min升温速率升至750℃,并在该温度保温1h。测试实验设备是美国TA-SDTQ600热综合分析仪。

[0051] 采用热重对粘弹性阻尼材料进行热性能测试,其热重曲线如图8所示。通过热重曲线可以看出,在实验温度范围内,起始热降解温度为231.87℃。这一参数可用以评价其热稳定性。材料残余为起始质量一半时和残余质量趋于稳定时的温度分别为376.5℃和512.6℃,材料质量的损失是由于材料的热解反应,其最终残留质量大约为原材料质量的7.7%,说明材料的热稳定性能良好。

[0052] 实施例3:

[0053] 蜂窝阻尼单元多层复合吸能材料,依次由防护金属板I(1)、高强聚脲涂层(2)、蜂窝阻尼吸能层(3)和能量处理层组成。所述蜂窝阻尼吸能层(3)与相邻各层之间采用粘弹性阻尼材料进行连接。所述的粘弹性阻尼材料采用基于聚脲改性的双组份粘弹性阻尼材料;其中A组分为异氰酸酯,所述异氰酸酯的指数R值为0.8,B组分为氨基化合物。

[0054] 所述蜂窝阻尼吸能层(3)由蜂窝铝吸能板(12)和多个聚脲弹性吸能柱(11)组成,所述蜂窝铝吸能板(12)由多个蜂窝结构单元组成,每个所述聚脲弹性吸能柱(11)填充在蜂窝结构单元中。所述蜂窝结构单元为六边形,所述六边形的边长为8mm;所述蜂窝结构单元的材质为铝合金,所述铝合金的厚度为0.03mm;所述蜂窝结构单元的高度(即蜂窝铝吸能版的厚度/蜂窝阻尼吸能层的厚度)为14mm。所述聚脲弹性吸能柱(11)的半径为5mm,高度与蜂窝结构单元相同。

[0055] 所述能量处理层依次包括夹层金属板(4)、粘弹性阻尼层I(5)、高强度弹簧(7)、薄壁吸能管(6)、粘弹性阻尼层II(8)和防护金属板II(10);所述高强度弹簧(7)的一端固定在粘弹性阻尼层I(5)中,所述高强度弹簧(7)的另一端通过粘弹性阻尼层III(9)固定在薄壁吸能管(6)中;所述薄壁吸能管(6)远离高强度弹簧(7)的一端固定在粘弹性阻尼层II(8)中,且薄壁吸能管(6)内部的粘弹性阻尼层III(9)与外部的粘弹性阻尼层II(8)高度相等。

[0056] 其中,所述的粘弹性阻尼层与上述的粘弹性阻尼材料相同,均采用基于聚脲改性的双组份粘弹性阻尼材料。所述粘弹性阻尼层I(5)的厚度为10mm;所述粘弹性阻尼层II(8)和粘弹性阻尼层III(9)的厚度为22mm。所述薄壁吸能管(6)的材质为铝合金;所述薄壁吸能管(6)的高度h为33mm。所述高强度弹簧(7)的压并应力为880MPa,所述高强度弹簧(7)的高度为40mm。所述夹层金属板(4)采用厚度为3.5mm的高强度抗爆合金;作为能量传递结构,受到外界激励时不但保证了复合结构的完整性,还将变形传递给下一层吸能结构。

[0057] 所述防护金属板I(1)和防护金属板II(10)均采用厚度为10mm的高强度抗爆合金;所述聚脲涂层(2)通过喷涂工艺形成于防护金属板I(1)的内侧,所述聚脲涂层(2)的弹性模量为185MPa,聚脲涂层的厚度为6mm。防护金属板II为所述抗爆复合装甲背爆面的基板,与

防护金属板I采用相同材料,作为防护的最后一层结构,在结构受到外界激励时保证结构的完整性。

[0058] 如上所述的蜂窝阻尼单元多层复合吸能材料的制备方法,包括以下步骤:

[0059] (a) 准备防护金属板I,首先在金属板I内侧进行打磨处理,喷涂底漆,提高聚脲涂层与金属板之间的附着力。待底漆表干后喷涂一定厚度的高强聚脲弹性体,形成高强聚脲涂层;在聚脲涂层上浇注粘弹性阻尼材料,立即将蜂窝铝吸能板和聚脲弹性体吸能柱插入至粘弹性阻尼材料中,常温养护12小时,得到蜂窝阻尼吸能层。养护结束后,在夹层金属板的表面浇注粘弹性阻尼材料,此时将蜂窝阻尼吸能层插入,养护12小时完成固定。

[0060] (b) 准备防护金属板II,在金属板内侧表面打磨后,采用少量粘弹性阻尼材料将金属薄壁吸能管固定于防护金属板II表面。待粘弹性阻尼材料表干后,浇注一定厚度的粘弹性阻尼材料于金属薄壁吸能管的四周,即为粘弹性阻尼层II。将高强度弹簧置于金属薄壁吸能管的中心,并向金属薄壁吸能管中浇注与外部的粘弹性阻尼层II等高的粘弹性阻尼材料,表干后得到粘弹性阻尼层III。

[0061] (c) 将固定有高强度弹簧的防护金属板II倒扣;向夹层金属板上浇注一定厚度的粘弹性阻尼材料,即为粘弹性阻尼层I;迅速将高强度弹簧浸没其中,待粘弹性阻尼层I表干。养护24h后,即可得到多层复合吸能材料。

[0062] 如上所述的蜂窝阻尼单元多层复合吸能材料的应用,将其应用于车辆或者建筑物的防爆抗爆,具体为:将所述复合吸能材料安装/固定在车辆或建筑物的外层,作为吸能防护层。

[0063] 实施例4:

[0064] 与实施例3不同的是,所述蜂窝结构单元为六边形,所述六边形的边长为12mm;所述蜂窝结构单元的材质为铝合金,所述铝合金的厚度为0.05mm。所述蜂窝结构单元的高度为24mm。所述聚脲弹性吸能柱(11)的半径为9mm,高度与蜂窝结构单元相同。

[0065] 所述粘弹性阻尼层I(5)的厚度为12mm;所述粘弹性阻尼层II(8)和粘弹性阻尼层III(9)的厚度为27mm。所述薄壁吸能管(6)的高度h为40mm。所述高强度弹簧(7)的压并应力为820MPa,所述高强度弹簧(7)的高度为48mm。所述夹层金属板(4)采用厚度为4mm的高强度抗爆合金。

[0066] 所述防护金属板I(1)和防护金属板II(10)均采用厚度为8mm的高强度抗爆合金;所述聚脲涂层(2)通过喷涂工艺形成于防护金属板I(1)的内侧,所述聚脲涂层(2)的弹性模量为260MPa。

[0067] 实施例5:

[0068] 与实施例3不同的是,所述蜂窝结构单元为六边形,所述六边形的边长为15mm;所述蜂窝结构单元的材质为铝合金,所述铝合金的厚度为0.08mm。所述蜂窝结构单元的高度为30mm。所述聚脲弹性吸能柱(11)的半径为12mm,高度与蜂窝结构单元相同。

[0069] 所述粘弹性阻尼层I(5)的厚度为15mm;所述粘弹性阻尼层II(8)和粘弹性阻尼层III(9)的厚度为39mm。所述薄壁吸能管(6)的高度h为46mm。所述高强度弹簧(7)的压并应力为760MPa,所述高强度弹簧(7)的高度为56mm。所述夹层金属板(4)采用厚度为5mm的高强度抗爆合金。

[0070] 所述防护金属板I(1)和防护金属板II(10)均采用厚度为5mm的高强度抗爆合金;

所述聚脲涂层(2)通过喷涂工艺形成于防护金属板I(1)的内侧,所述聚脲涂层(2)的弹性模量为210MPa。

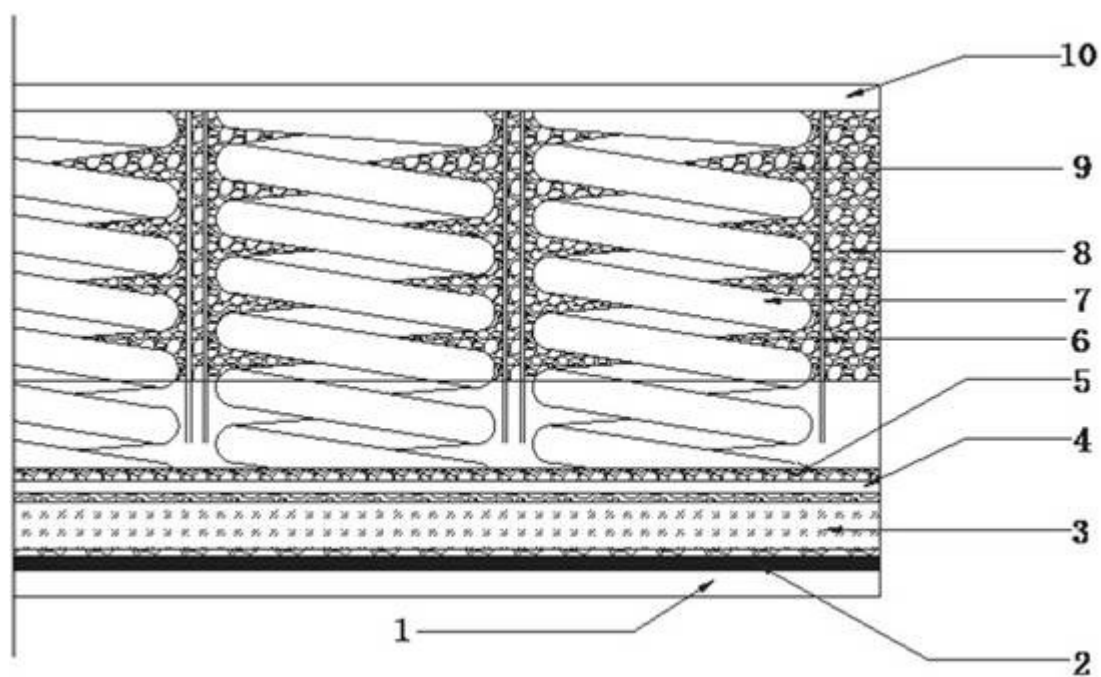


图1

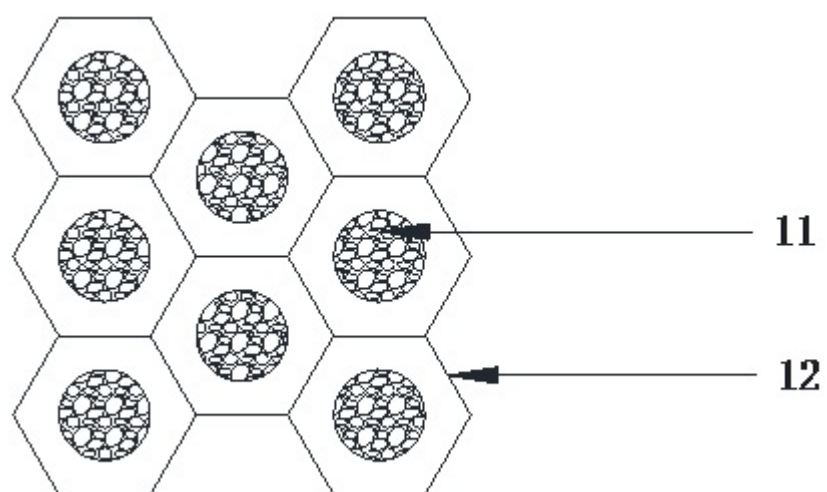


图2

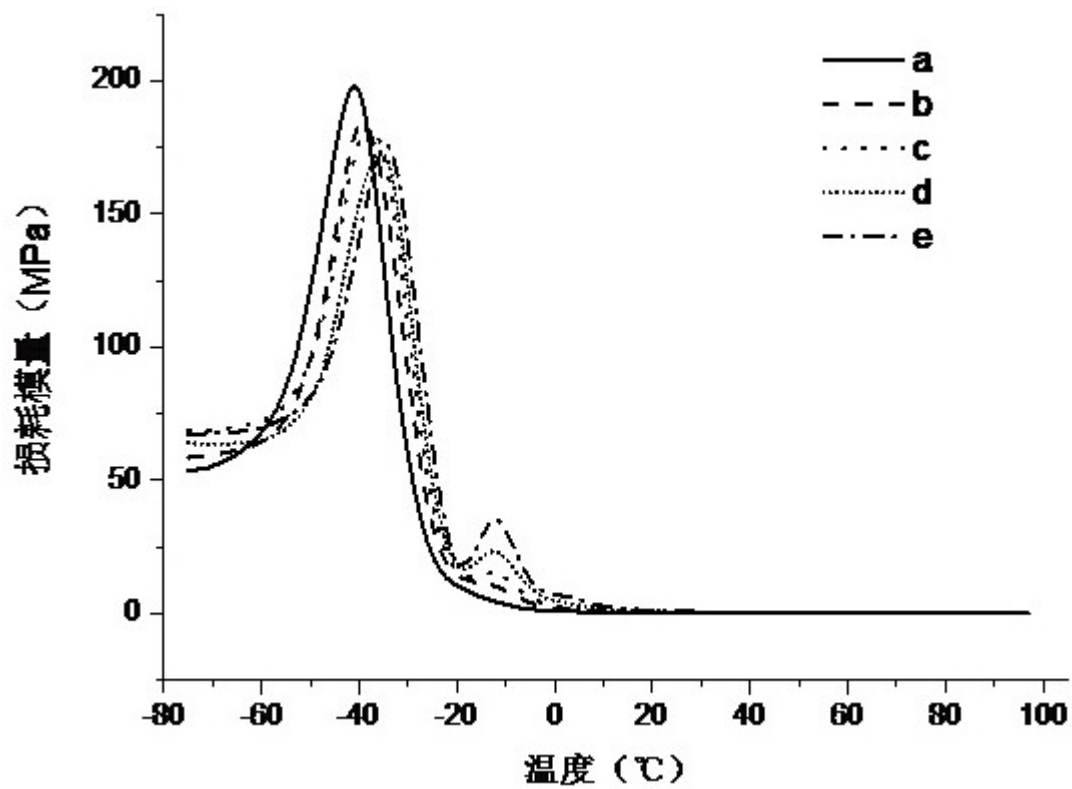


图3

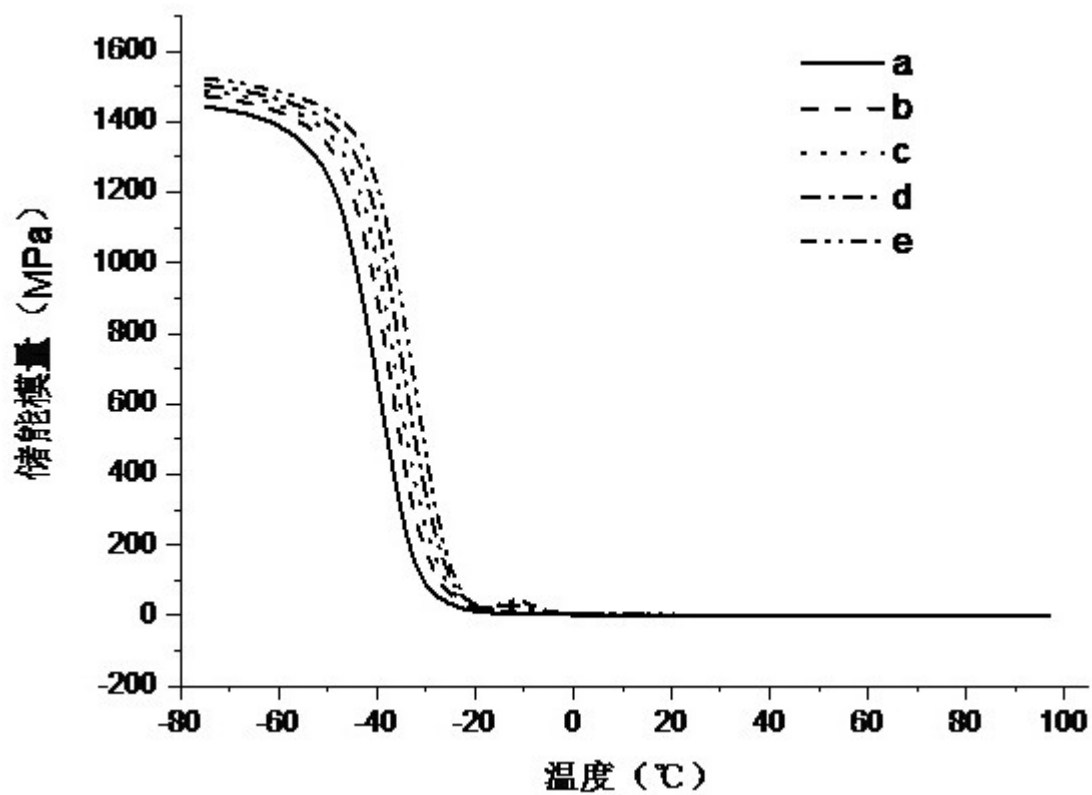


图4

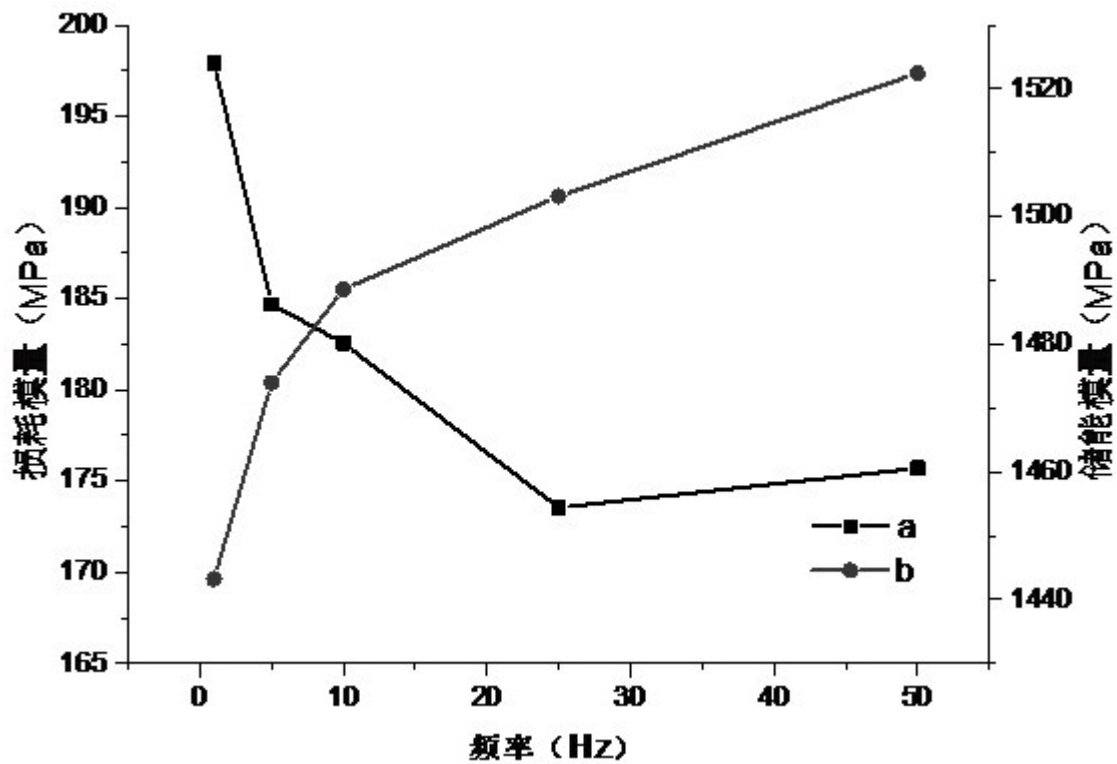


图5

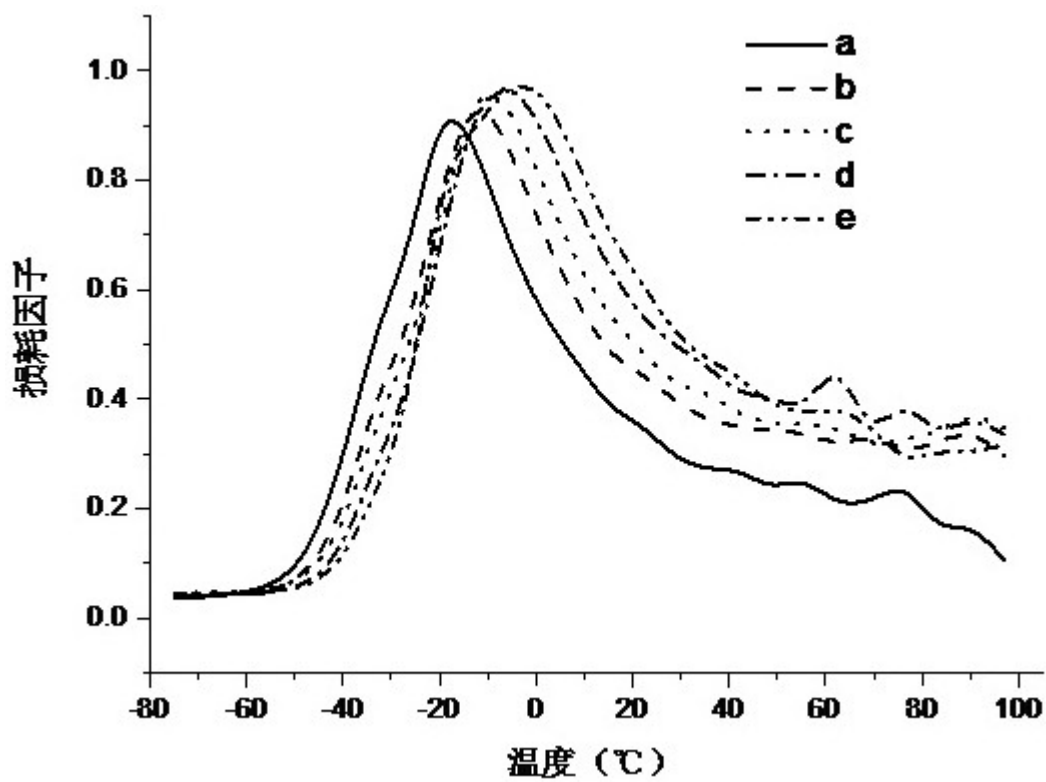


图6

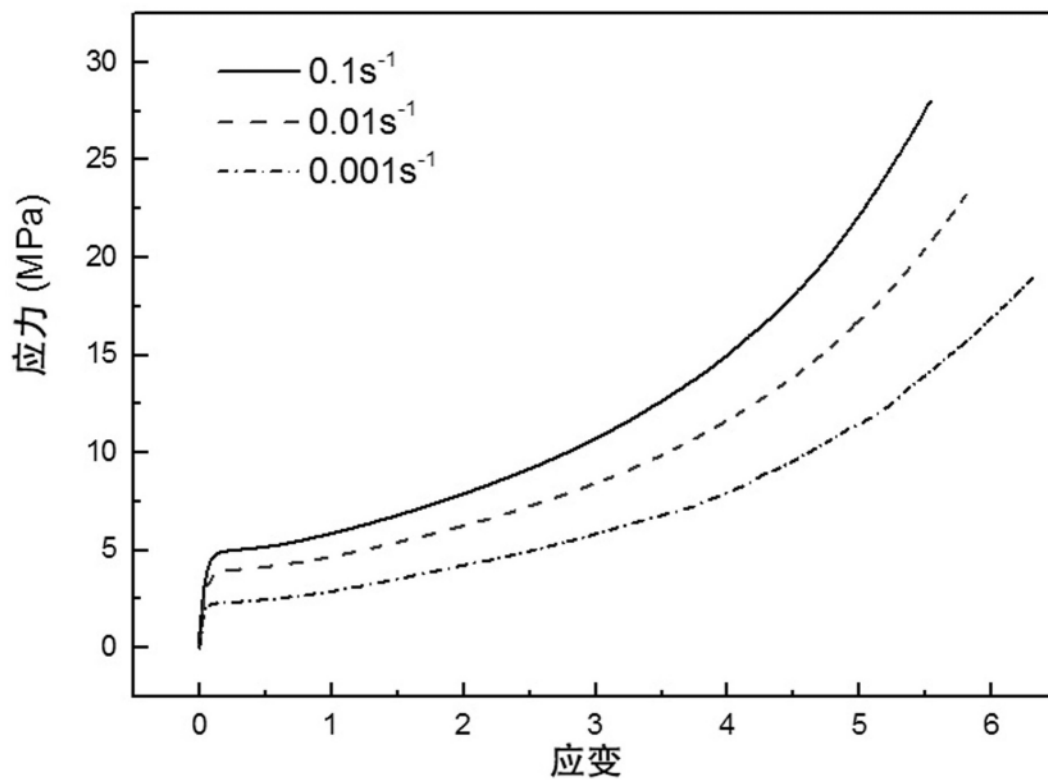


图7

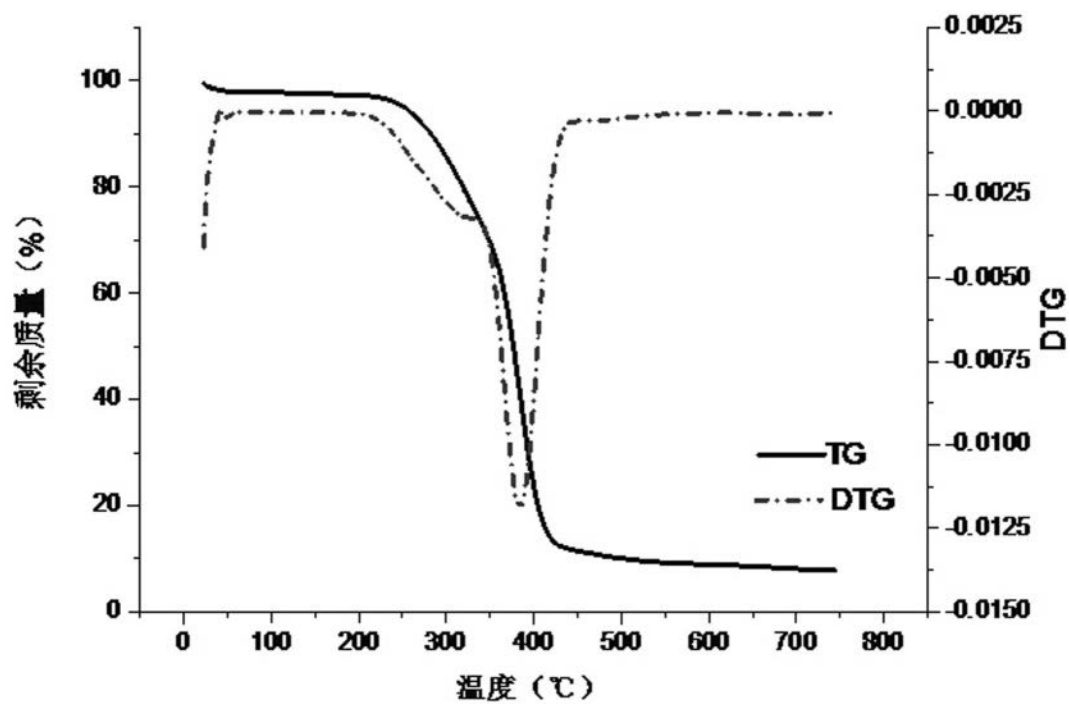


图8