

文章编号: 1006-9941(2015)02-0156-07

RDX 基浇铸 PBX 的老化性能

丁黎, 郑朝民, 梁忆, 刘文亮, 常海

(西安近代化学研究所, 陕西 西安 710065)

摘要: 采用 $-55 \sim 71$ °C 温度循环老化试验, 研究了 RDX 基浇铸高聚物粘结炸药 (PBX) 老化时, 随时间的的外观变化、结构完整性、质量/体积变化率、机械感度、力学性能及发射安全性。进行了 65, 75, 85, 95 °C 老化试验和老化样扫描电镜 (SEM) 及动态力学分析 (DMA) 的研究。结果表明, 25 个温度循环后, PBX 炸药装药内部无可见裂纹和气孔, 结构完整性未发生变化, 质量/体积变化率小于 1%, 撞击感度增加到 16%, 在锤重 400 kg 和落高 3 m 的撞击条件下, 未发生爆炸, PBX 的抗压强度增加、压缩率下降, 力学性能显著劣化。65 °C 恒温老化 252 d 后, 抗压强度增加 47.5%, 压缩率下降 9.8%。随老化时间延长, β 松弛的动态力学损耗峰 ($\tan\delta$) 降低, 网络交联程度提高, 与填料之间的结合更为紧密, 显示后固化交联反应是力学性能劣化的原因之一。

关键词: 浇铸 PBX; 加速老化; 极限力学性能; 动态力学性能

中图分类号: TJ55; O64

文献标志码: A

DOI: 10.11943/j.issn.1006-9941.2015.02.010

1 引言

浇铸高聚物粘结炸药 (polymer bonded explosive, PBX) 以高分子材料作为粘结剂, 高能猛炸药作为主体填料, 辅以增塑剂、钝感剂等物质的一种高能混合炸药, 采用炸药捏合、真空振动注药、热固化工工艺成型。浇铸 PBX 不仅满足工艺制造的流动性, 而且威力大、降低了其对破片、子弹及火焰等多种刺激的敏感性^[1], 还赋予了 PBX 非常优异的力学性能^[2], 受力后可以产生较大的变形, 在高速碰撞过程中能将一部分撞击能量消耗和储存在粘结剂中, 配方中主炸药颗粒所承受的外界作用力大大降低, 使这类炸药有较强的抗过载能力^[3-5]。

炸药装入战斗部壳体后, 希望其物理和化学状态基本保持不变。浇铸 PBX 在贮存或使用环境下, 作为粘结剂的高分子材料处于高能量含能材料中, 比起单质高分子极易老化, 是导致 PBX 性能劣化的重要因素^[6-7]。由于浇铸 PBX 用于侵彻战斗部时, 服役环境非常复杂, 在侵彻过程中高速冲击下, 炸药自身的力学响应会影响其侵彻安定性和起爆可靠性, 对弹药的整

体性能产生重要影响。因此, 需要深入研究 PBX 老化规律, 以了解服役过程中炸药装药的安全性状态。

本研究以典型的某 RDX 基浇铸 PBX 为对象, 开展温度循环和恒温加速两种方式的老化试验, 通过监测老化药柱外观、显微形貌、结构完整性、质量/体积变化率、机械感度、静态和动态力学性能以及发射安全性变化, 研究贮存过程中老化性能变化规律及机理, 为 PBX 在武器装备服役阶段的可靠性和安全性提供支持。

2 实验部分

2.1 试样

浇铸 PBX 由端羟基聚丁二烯 (HTPB)/RDX/Al/固化剂 (TDI) 组成。其中, HTPB 黎明化工研究院; RDX (甘肃银光化学工业集团); Al (中国铝业股份有限公司西北铝加工分公司); 2,4-甲苯二异氰酸酯 (TDI, CR, 北京化学试剂公司)。

试样制备: 采用“捏合-真空浇注-固化”的制备工艺, 试验件经原材料准备与配制、物料真空捏合、真空浇注、控温固化成型四个步骤制成, 退模后车床按照各试验项目尺寸要求加工成药柱。

2.2 温度循环加速老化试验

试验温度: 炸药药柱进行 25 个高低温循环老化试验, 循环实验条件为 $-55 \sim 71$ °C, 一个循环试验程序如图 1 所示。

收稿日期: 2013-10-30; 修回日期: 2014-03-13

作者简介: 丁黎 (1970-), 女, 硕士, 副研究员, 主要从事含能材料热化学与热安全特性研究。e-mail: dingli166@163.com

通信联系人: 郑朝民 (1963-), 男, 高级工程师, 主要从事含能材料贮存安全性研究。e-mail: zheng.chaomin@xtc.slbcn.com

仪器设备: 高低温循环试验箱为 ESPEC HGTP-1000 K。

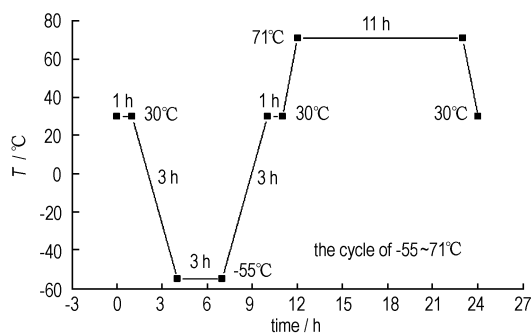


图1 -55 ~71 °C 温度循环程序

Fig.1 Temperature cycle program from -55 °C to 71 °C

2.3 恒温加速老化试验

试验温度: $(65 \pm 1) ^\circ\text{C}$, $(75 \pm 1) ^\circ\text{C}$, $(85 \pm 1) ^\circ\text{C}$, $(95 \pm 1) ^\circ\text{C}$ 。

仪器设备: 南京理工大学 824 型安全型水浴烘箱。将装药试样铝塑袋密封, 置于调试好的安全型烘箱中, 由监控系统自动记录烘箱温度, 到达试验时间时, 将样品从烘箱中取出, 冷却后的装药样品进行相关性能测试。

2.4 物理性能测试

(1) 尺寸/质量稳定性。 $\Phi 30 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}$ 样品轴向进行三次测量, 径向两次测量, 均值分别作为高度、直径计算单发药柱体积, 3 发药柱体积均值作为尺寸数据; 3 发 $\Phi 30 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}$ 的药柱称重, 平均值作为质量数据。

(2) 结构完整性 CT 检测。采用工业 CT 机 BT-400 对试样进行全景 DR 扫描, 获得总体结构, 同时获得装药宏观裂纹、孔隙、杂质及药柱的匹配情况。CT 系统参数: 电压 340 ~ 400 kV, 后准直器厚度 0.5 ~ 2 mm, 扫描场尺寸 200 mm, 探测器灵敏度 12。

2.5 力学性能测试

(1) PBX 静态力学性能测试。采用 INSTRON4505 电子式万能试验机, 测试环境温度为 $(25 \pm 2) ^\circ\text{C}$, 相对湿度不高于 70%。每组取 5 个药柱进行测试, 取平均值为药柱强度、压缩率。

抗压强度 ($\Phi 20 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}$) 按照 GJB772A-1997 《抗压强度 压缩法 415.1》执行; 抗剪强度 ($\Phi 20 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}$) 按照 GJB772A-1997 《剪切强度 双剪法 415.1》执行; 劈裂抗拉强度 ($\Phi 20 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$) 按照机械电子工业部第二〇四研究所标准 QA/Y11-11

《炸药试验方法 劈裂抗拉强度试验》执行; 邵氏硬度按照 GB/T531-1999 《橡胶袖珍硬度计压入硬度试验方法》执行。

(2) 动态力学性能试验。采用 AIRG2 S 型动态力学分析仪用扭摆夹具, 试样尺寸 $4 \text{ mm} \times (12 \sim 13) \text{ mm} \times (2 \sim 3) \text{ mm}$, 频率 1, 2, 5, 10, 20 Hz, 振幅 $2 \mu\text{m}$, 温度范围为 $-110 \sim 70 ^\circ\text{C}$, 采用多频步进式温度谱, 升温速率为 $3 ^\circ\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

2.6 安全性能测试

(1) 机械感度。 $\Phi 40 \text{ mm}$ 药柱原始样和老化样中心部位取样。撞击感度按照 GJB772A-1997 方法 601.1 撞击感度爆炸概率法测量, 摩擦感度按照 GJB772A-1997 方法 602.1 摩擦感度爆炸概率法测量。

(2) 发射安全性。采用大落锤试验法模拟榴弹发射时膛内轴向应力状态。采用的样弹内孔直径 40 mm, 壁厚 24 mm, 样品为 $\Phi 40 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$, 落锤重 400 kg, 试验时将落锤从某一高度以自由落体方式下降, 撞击样弹, 压力传感器获得落锤给予受试样弹的应力加载波形, 获得应力响应数值。

2.7 扫描电镜分析

扫描电镜分析是用美国 FEI 公司的 QUANTA600FEG 型场发射扫描电子显微镜, 真空度 10^{-3} Pa , 工作距离 10 mm, 试样为 $\Phi 40 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$ 药柱轴心抛面。

3 结果与讨论

3.1 温度循环加速老化后性能变化

开展了 $-55 \sim 71 ^\circ\text{C}$ 温度循环老化试验, 对不同尺寸装药开展无约束和约束 (不锈钢壳体) 两种条件下温度循环试验。循环过程中监测外观、结构完整性、质量/体积变化率、机械感度、力学性能及发射安全性变化。

3.1.1 物理性能变化

经历 25 个温度循环老化试验后, PBX 炸药装药外观颜色稍有加深, 见图 2, 其余外观特征未发生明显变化。采用工业 CT 扫描跟踪检测了不同尺寸 PBX 装药结构完整性, 其 CT 扫描图见图 3。结果表明, 25 个温度循环后, PBX 装药的结构完整性未发生变化, 内部无可见裂纹和气孔。

PBX 原样 (未经老化的样品) 和 25 个温度循环后的样品质量和体积变化率见表 1。

从表 1 可以看出, RDX 基 PBX 炸药经过 25 个温度循环后, 药柱质量减少, 体积下降, 但变化率未超过 1%。



图2 PBX药柱原始及温度循环试验后外观

Fig. 2 Photographs of original and aged PBX after temperature cycle aging test

表1 温度循环试验后的质量和体积变化率

Table 1 Mass/volume change rate under temperature cycle aging test

cycles	$\Delta m/m$	$\Delta V/V$
4	-0.079	-0.02
8	-0.14	-0.44
13	-0.17	-0.25
17	-0.21	-0.66
25	-0.26	-0.68

Note: $\Delta m/m$ is mass change rate, $\Delta V/V$ is volume change rate.

3.1.2 力学性能变化

PBX原样和25个温度循环后的样品力学性能测试结果见表2。

表2 温度循环试验后力学性能

Table 2 Mechanical performance under temperature cycle aging test

cycles	compressive strength		shear strength	splitting tensile	Shore hardness/HD
	σ_b /MPa	ε_b /%	τ /MPa	σ_m /MPa	
0	1.43±0.03	19.71±0.58	0.300±0.013	without inflection point	41.0
25	2.00±0.02	15.24±0.89	0.335±0.011	0.475±0.001	53.8

Note: σ_b is compressive strength, ε_b is compressive ratio, τ is shear strength, σ_m is splitting tensile strength.

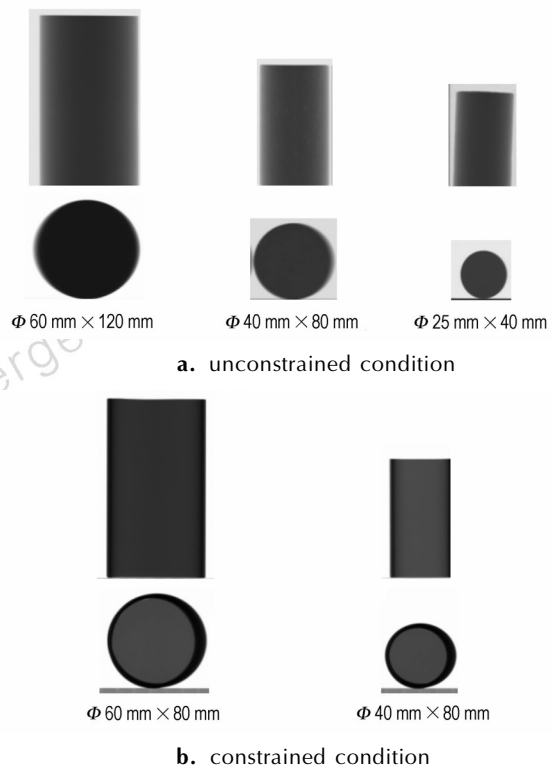


图3 温度循环老化试验前后样品外观

Fig. 3 Photographs for appearance of original PBX and aged PBX

从表2可知,RDX基PBX经过25个温度循环后,力学性能变化表现为抗压强度增加、压缩率下降,劈裂抗拉强度、剪切强度及邵氏硬度增加。因此,温度循环老化后显著地性能变化主要为力学性能下降。抗压强度和压缩率都较好地描述了力学性能退化规律,表现为老化过程中压缩率降低,抗过载能力下降。

3.1.3 安全性能变化

PBX原样和温度循环后的机械感度测试结果见表3。

从表3可知,RDX基PBX经过25个温度循环后,撞击感度增加到16%,但小于RDX的撞击感度(54%)^[8]。摩擦感度没有发生显著变化。

表 3 温度循环试验后的机械感度

Table 3 Mechanical sensitivity under temperature circulations aging test

cycles	impact sensitivity/%	friction sensitivity/%
0	4	4
8	8	0
25	16	0

通过大落锤(400 kg)试验进一步考察 PBX 老化后发射安全性的变化,结果见表 4。

表 4 25 个温度循环试验后 PBX 炸药大型落锤试验结果

Table 4 Results of large big drop test under 25 temperature cycles aging test for PBX

No. sample	circles	H /m	σ /MPa	phenomenon
1		1	514	no explosion
2 unaged	0	2	652	no explosion
3		3	1190	no explosion
4 aged with steels shell	25	3	762	no explosion
5 aged without steels shell	25	3	-	no explosion

Note: H is drop height, σ is impact strength.

从表 4 可以看出:未老化样品在落锤 400 kg、高度 3 m 的撞击条件下,所承载荷部分已经超过 1 GPa,结果未爆;经历温度循环试验后的两种状态样品在此高度亦未爆。说明 PBX 炸药经历温度循环试验前后在 400 kg 落锤、落高 3 m 的撞击作用下,均表示安全,认为发射安全性与原样相比无明显变化。

3.1.4 微观结构变化

为了进一步考察 PBX 老化后抗压强度增加,压缩率减小以及自由体积分数减小的原因,对 25 个温度循环后的 PBX 试样进行扫描电镜分析(SEM),照片见图 4。

从图 4 可知,在未老化试样表面(图 4a)和内部(图 4c),RDX 嵌入粘结剂体系中,其边缘与粘结剂基体间隙偏大,而循环老化后间隙有减小的趋势。由于 RDX 基 PBX 炸药装药为密闭条件下的长贮,主要的环境因素为温度。温度循环加速老化试验条件下,PBX 炸药的高聚物网络体系发生交联反应,改变了装药的力学性能,微观表现为交联密度增加,宏观力学特性的变化表现在抗压强度增加,压缩率降低,抗过载能力下降。

3.2 恒温加速老化后力学性能变化

3.2.1 静态力学性能变化

试验样品用铝塑袋密封,分别在 65,75,85,95 °C 4 个老化温度开展 PBX 炸药加速老化实验,然后,按照

试验标准测定各温度下不同老化时间 PBX 炸药的抗压强度/压缩率变化。

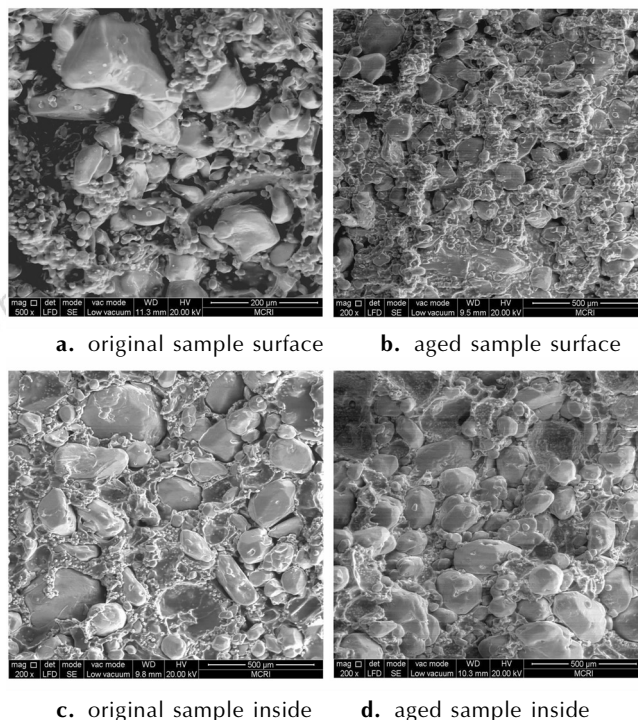


图 4 温度循环老化试验前后样品的 SEM

Fig. 4 SEM photographs of original PBX and aged PBX

(1) PBX 炸药老化过程中抗压强度的变化规律及机理。

各温度下 PBX 炸药的抗压强度与老化时间的关系见图 5。

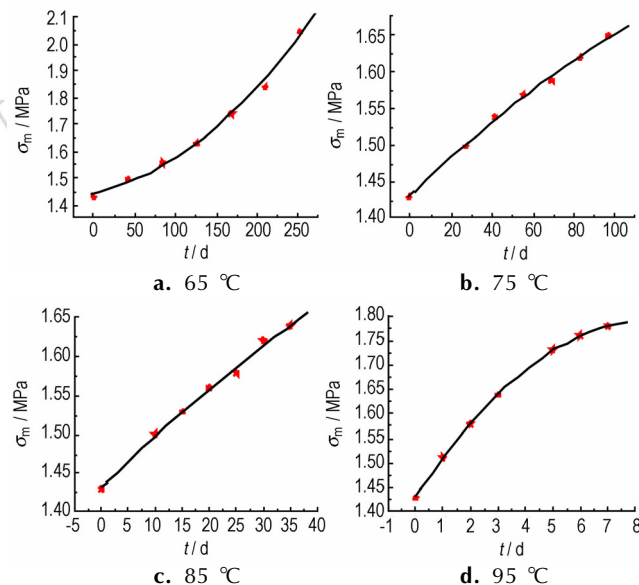


图 5 不同温度下抗压强度随老化时间的变化关系

Fig. 5 Relationship of compressive strength vs aging time at different temperatures

从图 5 可以看出,在 4 个老化温度下,随着加速老化时间的延长,抗压强度逐渐增大。

分析抗压强度随老化时间的变化关系认为,PBX 炸药固化工艺结束后,尚有未发生反应的聚丁二烯的端羟基和固化剂上残存异氰酸根基团,在老化试验限定的温度、时间条件下,二者会继续发生反应^[9],即后固化反应,后固化反应使体系的交联点增加,提高了交联密度,从而抗拉强度增加。

对 PBX 炸药加速老化过程中抗压强度与老化时间的关系求导,得到最大抗拉强度随老化时间的变化速率,见图 6。

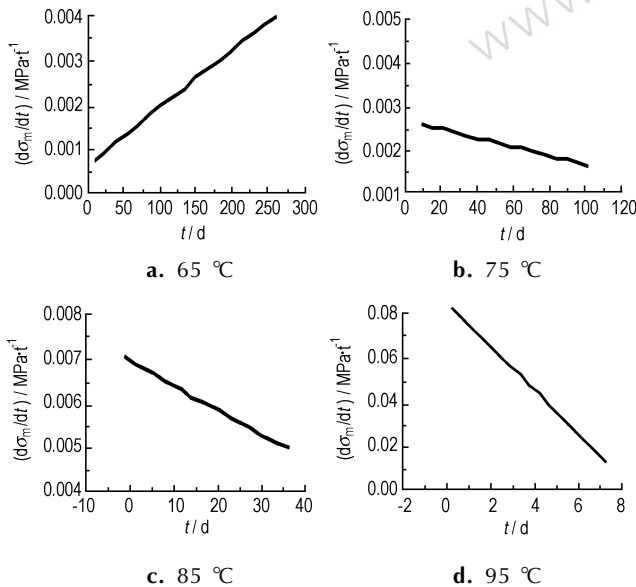


图 6 不同温度下抗压强度变化速率与老化时间的关系
Fig. 6 Relationship of change rate of compressive strength vs aging time at different temperatures

由图 6 可见,在加速老化试验时间内,4 个温度下抗压强度变化速率均为正值,表明主要反应为交联固化反应,65 °C 抗压强度变化速率上升,表明交联反应为优势反应;由于温度升高即有利于交联反应的发生、也有利于降解反应的发生,75,85 °C 抗压强度变化速率有所下降,预示着出现了降解反应,即交联反应与降解反应同时存在,交联反应仍为主反应;95 °C 抗压强度变化速率迅速降低,表明高温老化,交联反应趋缓,即固化逐渐趋于完全,同时降解反应比 75,85 °C 下有所增加。分析抗压强度变化速率与老化温度时间的关系认为,在 PBX 炸药的老化过程,交联固化作用和降解断链作用同时存在,高温促使交联、降解反应加剧,95 °C 以内交联占主导,但降解反应随着温度升高逐渐显著。

(2) PBX 老化过程中压缩率的变化规律

PBX 老化过程中压缩率与老化时间的关系见图 7。

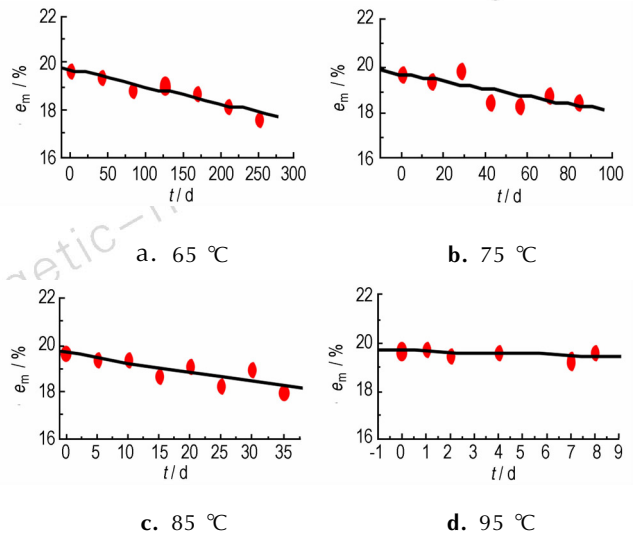


图 7 不同温度下压缩率与老化时间的关系
Fig. 7 Relationship of compression ratio vs aging time at different temperatures

从图 7 可看出,4 个加速老化温度下,压缩率整体上均呈降低的趋势;如 65 °C 的实验数据表明(图 7a),老化 252 d 后,抗压强度较未老化试样增加 47.5%,压缩率下降 9.8%,由于 PBX 是一种以粘结剂为基体、高固体颗粒填充的复合弹性体,该弹性体的网络结构特性会直接影响它的力学性能。分析原因可能是加速老化过程中 PBX 发生后固化,使得粘合剂系统交联度增加,导致压缩率降低。

3.2.2 动态力学性能变化

PBX 作为多组份的混合体系,是以 HTPB 为粘结剂,填充高能炸药 RDX 以及铝粉(Al),也是一种高聚物为骨架的复合体系。决定高聚物复合体系力学特性的是高聚物、填料与组分之间的作用。老化使整个体系的力学性能劣化,这种变化不仅可以采用静态力学方式描述,还可以采用动态方式表征^[10]。

(1) PBX 的动态机械分析(DMA)曲线

未老化和 65 °C 老化 252 d 的 PBX 试样在 6 个频率下动态模量与温度关系曲线见图 8。其中, E' 、 E'' 和 $\tan\delta$ 分别为储能模量、损耗模量和损耗角正切。

从图 8 可知,未老化与老化后的 PBX 炸药试样的力学损耗 $\tan\delta$ 都有两个峰,分别可称为 α (高温)和 β (低温)松弛或力学松弛过程。PBX 炸药为高分子混合体系,两个损耗峰分别反映了不同组分的力学松弛过程。较低温度下的 β 峰(-80 °C)十分明显,物理本质较

为复杂,可以认为主要由固体填料部分(RDX、Al)与高分子粘结体系的网络缠结引起的,与填料相粘结的那部分界面层聚合物分子的松弛运动相关,是填料/聚合物界面相互作用的反映^[10]。较高温度下的 α 峰($-30\text{ }^{\circ}\text{C}$)反应了体系中聚合物(HTPB)链段发生运动的过程。

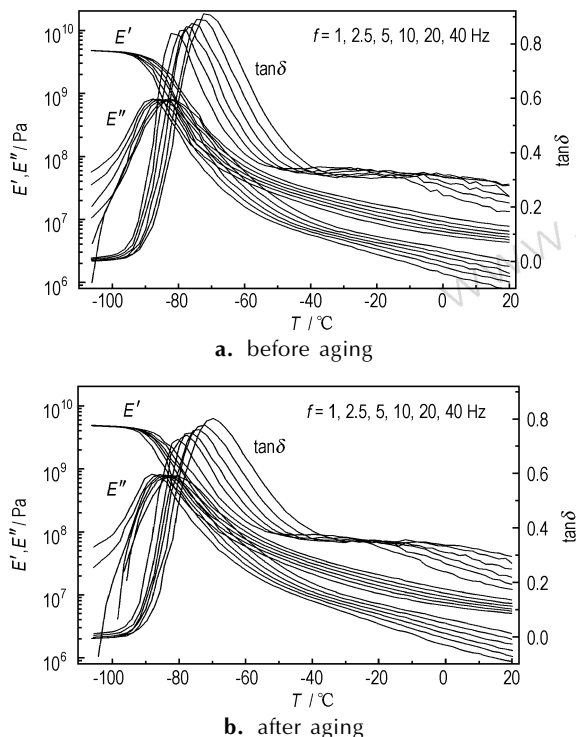


图8 PBX 65 °C老化前后的DMA曲线

Fig.8 Dynamic mechanical analyzer(DMA) curves for PBX before and after aging at 65 °C and 25 d

(2) 储能模量和损耗模量

将未老化与分别 65 °C 老化 84, 136, 168, 252 d 的 PBX 炸药试样的 DMA 数据,依据时间温度叠加原理,在 TTS 软件中设定在($-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tan\delta$ 峰值)进行叠加,得到不同老化程度的 PBX 炸药试样的 E' 等动态模量与频率关系的叠合主曲线。 E' 和 E'' 的叠合图见图 9。

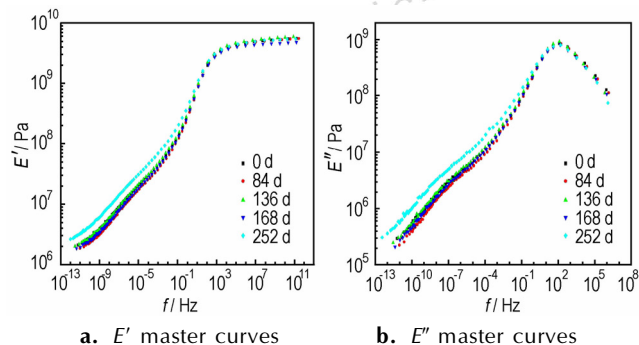


图9 不同老化时间下 PBX 的 E' 和 E'' 主曲线

Fig.9 E' and E'' master curves of PBX at different aging time

从图 9 可以看出,在较宽的频率范围内,不同老化样品的储能模量和损耗模量都有所变化,特别是 252 d 老化样品有明显增加。由于 E' 和 E'' 受样品尺寸的影响,常用 $\tan\delta$ 来进行老化性能的比较,表征 PBX 炸药的老化性能变化。

(3) 损耗角正切

不同频率下, $\tan\delta$ 的叠合曲线有类似结果。因此,以频率 $f=1\text{ Hz}$ 为例,不同老化时间下 $\tan\delta$ 曲线的叠合见图 10。

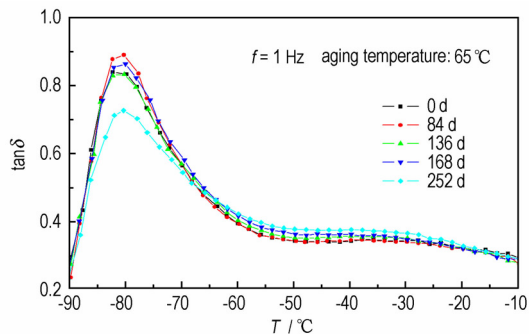


图10 不同老化时间的 PBX 炸药 $\tan\delta$ 曲线

Fig.10 The $\tan\delta$ curves of PBX at different aging time

β 松弛与聚合物同填料之间的相互作用有关, $\tan\delta$ 的 β 松弛值随着老化时间的延长有先增加后减小的趋势;由于 PBX 炸药体系中加入的 HTPB 等粘合剂在高温老化过程中会发生热交联,老化时间越长,网络交联程度越高,与填料之间的结合更为紧密, $\tan\delta$ 的 β 松弛峰值降低,与静态力学性能变化一致。

4 结论

(1) 温度循环试验表明, PBX 装药内部无可见裂纹和气孔,结构完整性未发生变化,质量/体积变化率小于 1%,机械感度撞击感度增加到 16%,落锤 400 kg 高度 3 m 的撞击条件下未发生爆炸, PBX 炸药抗压强度增加、压缩率下降,力学性能劣化较为显著。

(2) 抗压强度和压缩率都较好地描述了力学性能退化规律,力学性能随老化时间的变化关系为:抗压强度增加,压缩率下降。压缩率降低,抗过载能力下降,因此,以压缩率作为力学老化特征参量评价装药的预估有效贮存期限。

(3) PBX 老化过程中,交联作用和降解断链作用同时存在: 65 °C 低温下交联反应占优,升高温度促使交联、降解反应加剧, 95 °C 以内交联反应占主导,但降解反应随着温度升高逐渐显著。

(4) 65 °C 老化试样的扫描电镜及动态力学分析技术的进一步研究表明, 老化时间增加, β 松弛的动态力学损耗峰 $\tan\delta$ 值降低, 网络交联程度提高, 与填料之间的结合更为紧密, 显示引起后固化的交联反应是力学性能劣化的原因之一。

参考文献:

- [1] 唐桂芳, 王晓峰, 李巍. 浇注 PBX 的低易损性能研究[J]. 含能材料, 2003, 11 (3): 163-166.
TANG Gui-fang, WANG Xiao-feng, LI Wei. Study on low vulnerability of cast PBX [J]. *Journal of Energetic Materials (Hanneng Cailiao)*, 2003, 11 (3): 163-166.
- [2] Vadhe P P, Pawar R B, Sinha R K, et al. Cast aluminized explosives (Review) [J]. *Combustion Explosion and Shock Waves*, 2008, 44 (4): 461-477.
- [3] 张子敏, 仲凯, 许碧英, 等. 浇注型 PBX 炸药的动态力学性能研究[J]. 火工品, 2010 (6): 30-33.
ZHANG Zi-min, ZHONG Kai, XU Bi-ying, et al. Study on dynamic mechanic performance of cast PBX explosive [J]. *Initiators & Pyrotechnics*, 2010 (6): 30-33.
- [4] Walley S M, Siviour C R, Drodge D R, et al. High-rate mechanical properties of energetic materials [J]. *Journal of the Minerals Metals & Materials Society*, 2010, 62 (1): 31-34.
- [5] 李媛媛, 高立龙, 李巍, 等. 抗过载炸药装药侵蚀安全性试验研究[J]. 含能材料, 2010, 18 (6): 702-705.
LI Yuan-yuan, GAO Li-long, LI Wei, et al. Experimental researches on security of insensitive explosive charge during penetration [J]. *Chinese Journal of Energetic Materials (Hanneng Cailiao)*, 2010, 18 (6): 702-705.
- [6] Campbell M S, Garcia D, Idar D. Effects of temperature and pressure on the glass transitions of plastic bonded explosives [J]. *Thermochimica Acta*, 2000, 357: 89-95.
- [7] HAO Ying, LI Jing-ming. Dynamic mechanical properties of the plastic bonded explosive during aging process [C] // *Theory and Practice of Energetic Material*. Chengdu: Sichuan Publishing House of Science and Technology, 1999: 178-185.
- [8] 封雪松, 赵省向, 李小平. 重结晶降低 RDX 感度研究[J]. 火炸药学报, 2007, 6 (30): 45-48.
FENG Xue-song, ZHAO Sheng-xiang, LI Xiao-ping. Study on lowering sensitivity of RDX by recrystallization [J]. *Chinese Journal of Explosives & Propellants*, 2007, 6 (30): 45-48.
- [9] 郑申声, 关立峰, 董兰, 等. HTPB /N100 体系的聚合反应动力学和粘度变化 [J]. 含能材料, 2011, 19 (3): 291-294.
ZHENG Shen-sheng, GUAN Li-feng, DONG Lan, et al. Reaction kinetics and viscosity variation of HTPB/N100 polymerization system [J]. *Chinese Journal of Energetic Materials (Hanneng Cailiao)*, 2011, 19 (3): 291-294.
- [10] 过梅丽. 高聚物与复合材料的动态力学热分析 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2002: 32-35.
- [11] 刘子如. 含能材料热分析 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2008: 352-352.
LIU Zi-ru. *Thermal Analysis for Energetic Materials* [M]. Beijing: National Defense Industry Press. 2008: 352-352.

Aging Properties of Casted RDX- based PBX

DING li, ZHENG Chao-min, LIANG Yi, LIU Wen-liang, CHANG Hai

(Xi'an Modern Chemistry Research Institute, Xi'an 710065, China)

Abstract: The changes in appearance, structure integrity, mass /volume change rate, mechanical sensitivity, mechanical performance and launch safety of casted RDX-based polymer bonded explosive (PBX) with time during aging were studied by an accelerated aging test with temperature cycle from -55 °C to 71 °C. The aging test at 65, 75, 85, 95 °C, and SEM and DMA study of aging samples were carried out. Results show that after 25 temperature cycles aging test, there is no visible fissure and pores in PBX, and the structural integrity does not change, and the mass/volume change rate is less than 1%. The impact sensitivity increases to 16%. The explosion does not occur under the impact conditions of drop weight of 400 kg and drop height of 3 m. The compressive strength increases, and the compression ratio decreases, and the mechanical properties of the PBX deteriorate obviously. The compressive strength increases by 47.5% and compression ratio decreases by 9.8% after aging 252 d at 65 °C. With the aging time extended, the dynamic mechanical loss peak ($\tan\delta$) of β relaxation decreases, the crossing degree of polymer network increases and polymer combine with filling material tightly, showing that crossing reaction of post curing is one of the reason about mechanical properties deterioration.

Key words: casted polymer bonded explosive; accelerated aging; ultimate mechanical properties dynamic mechanical properties

CLC number: TJ55; O64

Document code: A

DOI: 10.11943/j.issn.1006-9941.2015.02.010