

文章编号: 1006-9941(2009)06-0668-06

PBT 与高能氧化剂的相互作用的热分析法研究

张腊莹¹, 衡淑云¹, 刘子如¹, 张 泉¹, 邵颖慧¹, 王 琳¹, 赵凤起¹, 谭惠民²

(1. 西安近代化学研究所, 陕西 西安 710065;

2. 北京理工大学 材料科学与工程学院, 北京 100081)

摘要: 用高压差示扫描量热法 (PDSC) 和热重-微商热重法 (TG-DTG), 研究了 PBT 与 CL-20、DNTF、TNAZ、ADN 之间的相互作用。结果表明, CL-20 受到 PBT 的促进而提前分解, PBT/CL-20 中 CL-20 的分解峰温比 CL-20 单组分提前了 33.7 °C, 一部分 PBT 因受到 CL-20 和(或)其分解产物的作用也提前分解。PBT 大分子对 DNTF 和 TNAZ 的气化起到抑制作用, 并使其分解放热反应大幅提前近 100 °C, 同时, DNTF 和 TNAZ 气相产物对 PBT 的分解也有促进作用。除了 PBT 对 ADN 产物 AN 的升华过程有抑制外, PBT 和 ADN 及其凝聚相产物之间的相互作用较小, 但 ADN 的气相产物对 PBT 和 ADN 都有一定的影响。

关键词: 物理化学; 3,3-双(叠氮甲基)环氧丁烷四氢呋喃共聚物 (PBT); 六硝基六氮杂异伍兹烷 (CL-20); 3,4-二硝基呋喃基氧化 (DNTF); 1,3,3-三硝基氮杂环丁烷 (TNAZ); 二硝酰胺铵 (ADN); 相互作用; 热分解

中图分类号: TJ55; O657.99

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1006-9941.2009.06.007

1 引 言

由于含能黏合剂可以使固体推进剂很好地兼顾高能和钝感的特性, 已成为人们研究的热点。其中以 3,3-双(叠氮甲基)环氧丁烷 (BAMO) 作为黏合剂的推进剂是近年来重点开发和的一类含能推进剂, 这类黏合剂具有较高的正生成焓、密度大、氮含量高、分解温度低、易点火、燃烧时耗氧量少等特点, 而 BAMO-THF (3,3-双(叠氮甲基)环氧丁烷四氢呋喃共聚物, 下文简称 PBT) 因其优异的力学性能, 较好的工艺性能、燃烧性能和能量特性受到国内外研究者的青睐^[14]。

含能叠氮黏合剂 PBT 作为固体推进剂的主黏合剂应用, 研究它与推进剂中其它组分的相互作用是必不可少的, 而通过热分解特性研究 PBT 与推进剂中氧化剂的相互作用更是 PBT 推进剂燃烧和爆轰研究的基础, 是安定性、相容性和安全性评价的依据。已有学者对 BAMO 和 PBT 黏合剂的热分解进行了研究^[57], 推进剂中常用氧化剂的热分解研究也屡见不鲜^[810], 但是利用量热法对 PBT 与推进剂组分氧化剂的研究目前还未见报道。

本实验主要通过热分析手段研究 PBT 与几种推进剂中常用的高能氧化剂六硝基六氮杂异伍兹烷 (CL-20)、

3,4-二硝基呋喃基氧化 (DNTF)、1,3,3-三硝基氮杂环丁烷 (TNAZ) 和二硝酰胺铵 (ADN) 之间的相互作用, 希望对今后推进剂的配方设计或改进有所帮助。

2 实验部分

2.1 试 样

PBT, 黄色液体, 平均分子量 6000, 西安近代化学研究所制备; CL-20, 白色结晶, 纯度 99%, 平均粒径 80 μm, 北京理工大学制备; DNTF, 浅黄色结晶, 纯度 99%, 平均粒径 310 μm, 西安近代化学研究所制备; TNAZ, 白色针状结晶, 纯度 99%, 平均粒径 133 μm, 西安近代化学研究所制备; ADN, 球形化处理, 浅黄色细颗粒, 纯度 99%, 平均粒径 290 μm, 西安近代化学研究所制备。

PBT/CL-20 (1 : 1 质量比) 混合体系; PBT/DNTF (1 : 1 质量比) 混合体系; PBT/TNAZ (1 : 1 质量比) 混合体系; PBT/ADN (1 : 1 质量比) 混合体系。

其中, 混合样品均是按照比例称取 200 mg 以上的试样量在玛瑙研钵中进行反复多次的研磨, 制成均一的样品进行试验。

2.2 仪器和实验条件

高压差示扫描量热仪 (PDSC), 为 Netzsch DSC 204 HP 型, 试样量约 0.7 mg, 普通铝池卷边, 升温速率为 10 °C · min⁻¹, 充压气体为高纯氮气, 动态气氛, 氮气流速为 50 mL · min⁻¹。

TA 2950 型热重-微商热重仪 (TG-DTG), 试样量

收稿日期: 2009-02-19; 修回日期: 2009-05-26

基金项目: 国家基础研究项目基金资助 (No. 513400101)

作者简介: 张腊莹 (1981), 女, 硕士, 研究领域为火炸药热化学、热分析。e-mail: zhang.laying@163.com

约 2 mg, 无盖铝池, 升温速率为 $10\text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$, 氮气流速为 $100\text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

3 结果和讨论

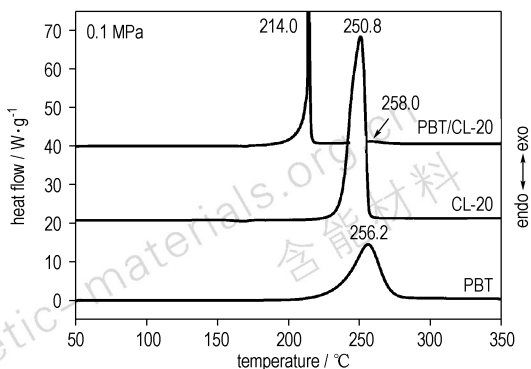
3.1 PBT 与 CL-20 之间的相互作用

图 1 是 PBT、CL-20 及 PBT/CL-20 (1 : 1 质量比, 下同) 在常压 (0.1 MPa) 和 4 MPa 下的 DSC 曲线。由图 1 可知, 常压下, PBT 在 256.2 $^{\circ}\text{C}$ 有一明显的放热峰, CL-20 的分解峰温为 250.8 $^{\circ}\text{C}$, 而 PBT/CL-20 混合体系的放热分解分为两个过程进行, 首先在 214.0 $^{\circ}\text{C}$ 有一个十分尖锐的分解峰, 其峰温 T_p 比 PBT 和 CL-20 单组分均提前了 35 $^{\circ}\text{C}$ 以上, 初始分解温度 T_o 则提前了 20 $^{\circ}\text{C}$ 之多 (见表 1), 另外在 258.0 $^{\circ}\text{C}$ 还有一个低而宽的分解峰。

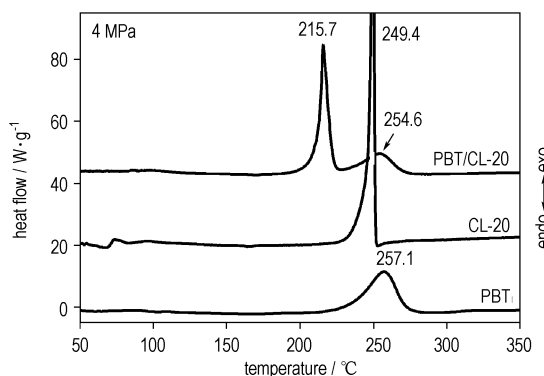
在 4 MPa 压力下, PBT 放热分解过程除峰温稍有变化外, 未发现压力的影响。压力虽未使 CL-20 单组分的分解峰温发生较大的变化, 但使 PDSC 上的放热峰形变得更尖锐, 即反应过程被加速。而 PBT/CL-20 体系的 PDSC 上的第二峰的放热量提高, 峰形更明显, 峰温由常压时的 258.0 $^{\circ}\text{C}$ 提前到 254.6 $^{\circ}\text{C}$; 与同样试验条件下的单组分比较, 第一个峰温 T_p 比 CL-20 单组分提前了 33.7 $^{\circ}\text{C}$, T_o 则提前了 39.2 $^{\circ}\text{C}$, 而第二个峰也较 PBT 者有所提前。

图 2 为这三种试样的 TG-DTG 曲线。图 2 中的 TG 曲线表明, PBT 的质量损失分为两个过程, 第一个质量损失过程的 DTG 峰温 T_p 为 260.9 $^{\circ}\text{C}$, 质量损失为 39.4%, 第二个质量损失过程比较缓慢而平稳, 到 450 $^{\circ}\text{C}$ 时累计质量损失达到 75.4% (见表 1)。CL-20 的质量损失只有一个过程, DTG 峰在 246.7 $^{\circ}\text{C}$, 质量损失为 90.9%。而混合体系的质量损失分为三个阶段, 第一阶段的质量损失为 34.4%, DTG 峰在 224.1 $^{\circ}\text{C}$, 较 CL-20 单组分提前了 22.6 $^{\circ}\text{C}$; 第二阶段的 DTG 峰温虽然较 PET 单组分的第一个分解峰温前移只有 2.8 $^{\circ}\text{C}$, 但这部分 TG 曲线前移甚为明显 (见图 2)。

显然, 上述 PDSC 和 TG-DTG 的结果表明, PBT/CL-20 体系中的 CL-20 受到 PBT 的促进而提前分解, PBT 加速 CL-20 分解的较为合理的解释是: 由于 PBT 有活泼的 -OH 供电子基团, 与 CL-20 上的 -NO₂ (亲电子基团) 发生反应; 第二阶段是组分 PBT 的分解, 也显示了 PBT 因受到 CL-20 和 (或) 其分解产物 (尤其是氮氧化物如 NO₂ 和 NO) 的作用使 TG 曲线显著提前, PDSC 放热峰温也下降。



a. $p = 0.1\text{ MPa}$



b. $p = 4\text{ MPa}$

图 1 PBT、CL-20 和 PBT/CL-20 混合体系的 PDSC 曲线
Fig. 1 PDSC curves of PBT, CL-20 and PBT/CL-20 mixture

表 1 PBT、CL-20 和 PBT/CL-20 的 PDSC 和 TG-DTG 特征量
Table 1 PDSC and TG-DTG characteristic values of PBT, CL-20 and PBT/CL-20

composition	DSC				TG-DTG			
	0.1 MPa		4 MPa		$T_{p1}/^{\circ}\text{C}$	$Mlc_1/\%$	$T_{p2}/^{\circ}\text{C}$	$Mlc_2/\%$
PBT	233.5	256.2	232.7	257.1	260.9	39.4	423.9	75.4
CL-20	237.2	250.8	248.5	249.4	246.7	90.9	-	-
PBT/CL-20	212.8	214.0	209.3	215.7	224.1	34.4	258.1	57.0

Note: T_o is onset temperature of decomposition process, T_p is peak temperature of decomposition process, Mlc is mass-loss percent.

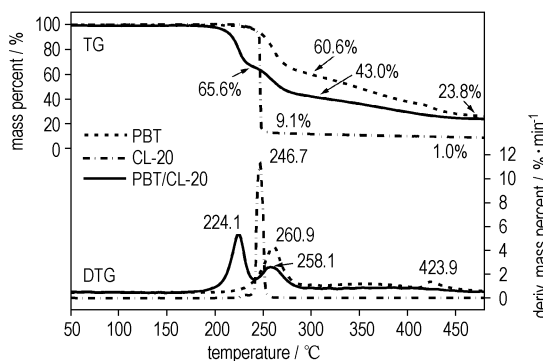


图 2 PBT、CL-20 和 PBT/CL-20 混合体系的 TG-DTG 曲线
Fig. 2 TG-DTG curves of PBT, CL-20 and PBT/CL-20 mixture

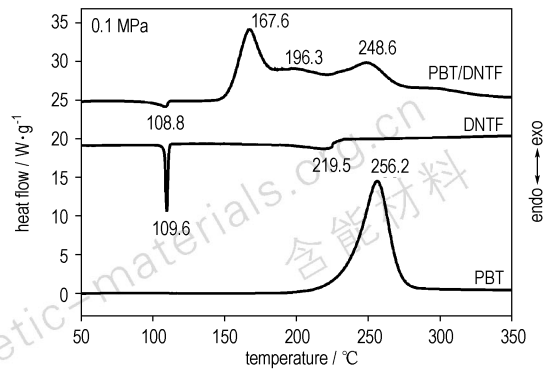
3.2 PBT与DNTF之间的相互作用

图3分别是PBT、DNTF及PBT/DNTF(1:1)在常压和4 MPa下的DSC曲线。由图3可见,DNTF单组分在109.6 °C(0.1 MPa)和110.1 °C(4 MPa)时出现了一个熔融吸热峰,常压(0.1 MPa)下在219.5 °C时还有一个小的吸热峰(图3a),这是熔融DNTF的气化,整个过程没有明显的放热峰,在4 MPa时,由于压力的抑制作用,DNTF气化的吸热峰消失,而在275.3 °C出现放热分解峰,并带有一个分解温度较高的肩峰(见图3b)。

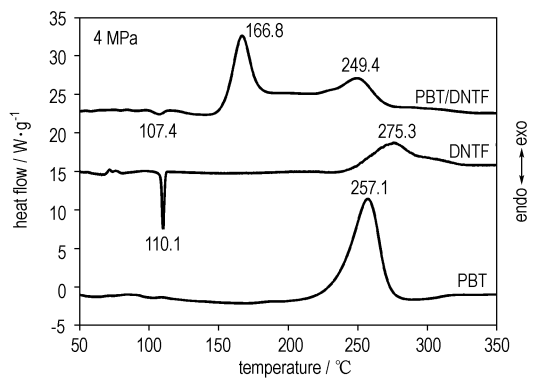
虽然在常压的DSC曲线上DNTF未见有放热峰,但PBT/DNTF混合体系出现了三个连续的放热分解峰,分别在167.6 °C、196.3 °C和248.6 °C,在4 MPa时,第二个分解放热峰变得不明显,第一和第三个峰变化不大。从图4的TG-DTG曲线可以看到,与常压DSC曲线对应的结果,PBT/DNTF体系的DTG峰与DSC曲线基本对应,在159.1 °C有一个DTG峰,对应的质量损失为34.5%,可见在167.6 °C出现放热峰说明DNTF已由单质时的熔化挥发转变为在PBT/DNTF混合物中的放热分解,而且与单质DNTF相比,在压力下该放热分解温度也大幅度地提前,从275.9 °C提前到166.8 °C,PBT的放热分解也较单组分的提前了7.7 °C。

此外,常压下PBT/DNTF的DSC曲线与4 MPa下的PDSC曲线很相似,第一个放热分解峰温也基本一致,这说明PBT/DNTF中的DNTF的气化已被有效地抑制。对这种抑制的可能解释是,熔融的DNTF分子被高分子PBT缠绕和包覆,不易逃脱,产生了与压力作用同样的效果。由于气化几乎已被完全抑制,因此,压力提高并不会使DNTF组分的主分解峰发生进一步的明显变化。但由于压力增大,DNTF的分解产物,尤其是气相产物对DNTF的二次分解过程的作用加强,因此,压力下PBT/DNTF中的第二个分解放热峰(拟为DNTF的二次分解)提前与主放热合并,使之稍有增强,DNTF主分解过程也受其作用,峰温也稍为前移。

PBT加速了DNTF的分解,可能也是由于PBT活泼的羟基,使DNTF的呋咱环的N—O—N键断裂,或与硝基,或与氧化呋咱N→O上的O发生反应,这些都可能使DNTF的分解,但压力对这个过程影响不大,PBT分解峰温的提前则主要是来自DNTF气相分解产物的促进。



a. $p = 0.1 \text{ MPa}$



b. $p = 4 \text{ MPa}$

图3 PBT、DNTF和PBT/DNTF混合体系的PDSC曲线
Fig.3 PDSC curves of PBT,DNTF and PBT/DNTF mixture

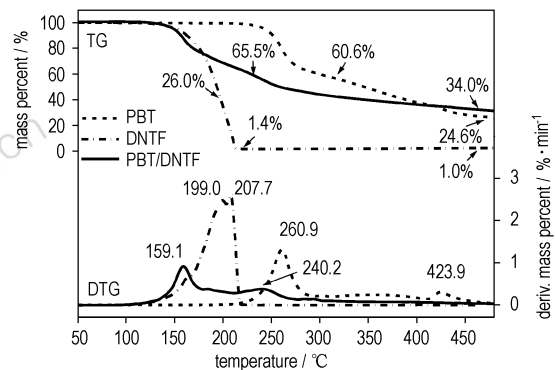


图4 PBT、DNTF和PBT/DNTF混合体系的TG-DTG曲线
Fig.4 TG-DTG curves of PBT,DNTF and PBT/DNTF mixture

3.3 PBT与TNAZ之间的相互作用

图5和图6分别是PBT、TNAZ及PBT/TNAZ(1:1)在常压和4 MPa下的DSC曲线和TG-DTG曲线。图5的PDSC曲线表明,TNAZ单组分在100.7 °C(0.1 MPa)和101.3 °C(4 MPa)时出现了一个熔融吸热峰,常压(0.1 MPa)下紧接着有一明显的吸热过程,是熔融TNAZ的气化,其峰温为177.4 °C,整个过程没有明显的放热峰,在4 MPa时,由于压力的抑制作用,TNAZ气化的吸热峰消失,而在262.6 °C出现放热分

解峰(见图 5b)。

常压下 PBT/TNAZ 混合体系出现两个放热峰,分别在 183.7 °C 和 258.1 °C,第一个分解峰是 PBT 的大分子对熔融 TNAZ 分子的缠绕和包覆,对它的挥发起到一定的抑制作用,PBT 的供电子基团—OH 与 TNAZ 上亲电子偕二硝基的作用^[10],使 TNAZ 提前放热分解,但是这个分解峰与 4 MPa 下相比很小,可见 TNAZ 的气化并没有被 PBT 的作用完全一致,而是分解与挥发同时进行。从 TG-DTG 图也可以看出,第一个失重过程正是 TNAZ 的提前分解,质量损失达到了 44.4% (见图 6)。

在 4 MPa 下,PBT/TNAZ 则表现为三个连续的放热分解峰,第一个峰在 176.4 °C,是 TNAZ 的放热分解,除了 PBT 大分子的缠绕作用外,TNAZ 的气化已被高压气氛完全抑制,因此,与常压下相比,该峰变得尖锐明显并且峰温提前,而紧跟其后的 221.8 °C 和 248.2 °C 放热峰(见图 5(b)),则是 TNAZ 的气相产物由于受到压力抑制对 PBT 产生加速分解的作用,虽然从 TG-DTG 看不到这种影响,但这正说明 TNAZ 对 PBT 的影响主要来自 TNAZ 的气相产物,因为在 TG 的敞开式装样和较大流量的气氛中,气相产物的影响减弱。这也证明了对 PBT 的作用主要是 TNAZ 的气相产物。

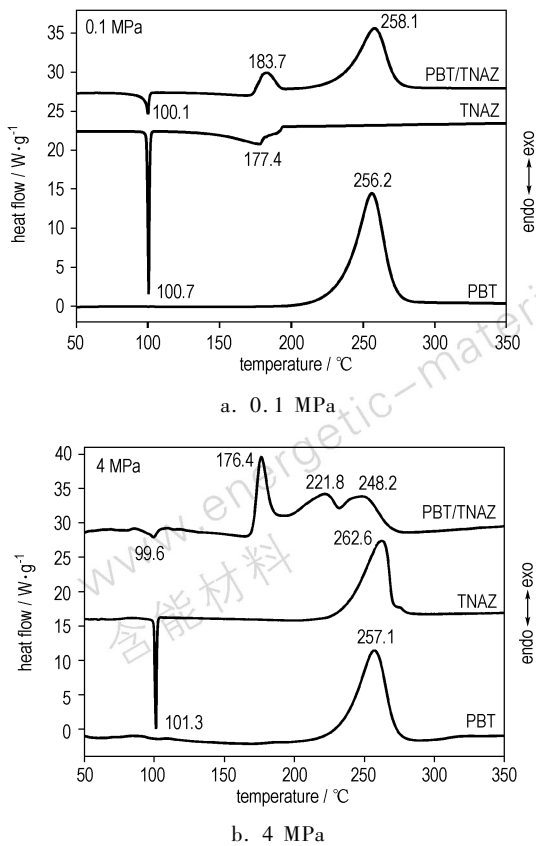


图 5 PBT、TNAZ 和 PBT/TNAZ 混合体系的 PDSC 曲线
Fig. 5 PDSC curves of PBT, TNAZ and PBT/TNAZ mixture

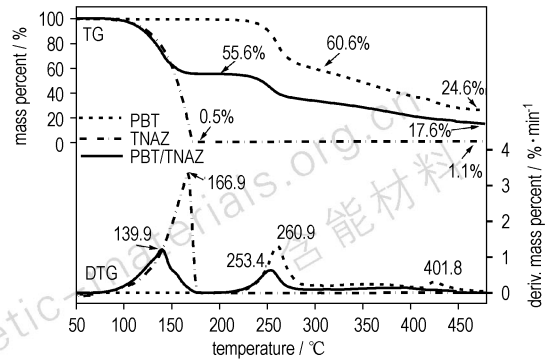


图 6 PBT、TNAZ 和 PBT/TNAZ 混合体系的 TG-DTG 曲线
Fig. 6 TG-DTG curves of PBT, TNAZ and PBT/TNAZ mixture

3.4 PBT 与 ADN 之间的相互作用

图 7 和图 8 分别是 PBT、ADN 及 PBT/ADN (1 : 1) 在常压和 4 MPa 下的 DSC 和 TG-DTG 曲线。由图可见,ADN 单组分在 91.8 ~ 92.3 °C 时出现了一个熔融吸热峰,压力对熔融过程影响不大。常压下在 190.4 °C 时有一个很明显的分解峰,随后出现了一个小的吸热峰,已被证明是 ADN 分解产物 AN 的离解和升华过程^[10],4 MPa 时该主分解峰温下降为 185.0 °C,并且产物 AN 的吸热峰消失,变成放热过程合并到主分解峰(见图 7b)。

对于 PBT/ADN 混合体系,在常压下出现了两个放热分解峰,其峰温分别对应于 ADN 和 PBT 单组分的分解,与 ADN 单组分峰对比,产物 AN 的吸热峰与在压力下单组分 ADN 分解一样也消失了,峰形发生变化,顶峰过后的放热量增大,ADN 的放热量由单组分时的 2114 J · g⁻¹ 增大为 3450 J · g⁻¹ (以 ADN 为 100% 计),这说明与对 DNTF 和 TNAZ 一样,PBT 对 ADN 分解产物 AN 在分解过程中的升华有抑制作用,这种作用与加压气氛有同样效果。从 TG 图上也可以看出,PBT/ADN 的 DTG 峰有两个,从质量损失来看 ADN 与 PBT 的分解是两个相对独立的过程。在 4 MPa 下,压力对 PBT/ADN 的分解峰温有一定影响,两个分解峰温比常压下都有所降低,这显然是由于 ADN 的气相产物对 ADN 本身和 PBT 都产生一定影响。

从以上结果可以看出,除了 PBT 对 ADN 产物 AN 的升华过程有抑制外,PBT 和 ADN 及其凝聚相产物之间的相互作用较小,压力下 DSC 特征量的变化说明,ADN 的气相产物对两者都有一定的影响。

4 结 论

(1) CL-20 受到 PBT 的促进而提前分解,

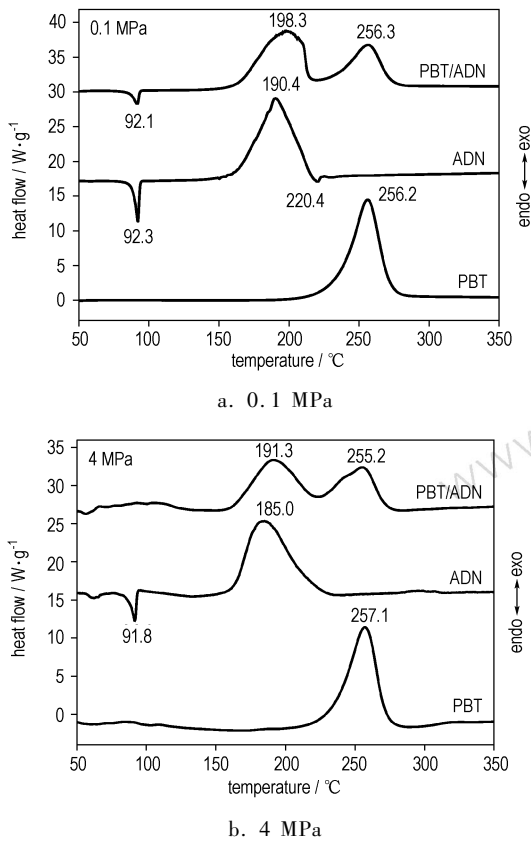


图7 PBT、ADN和PBT/ADN混合体系的PDSC曲线
Fig.7 PDSC curves of PBT,ADN and PBT/ADN mixture

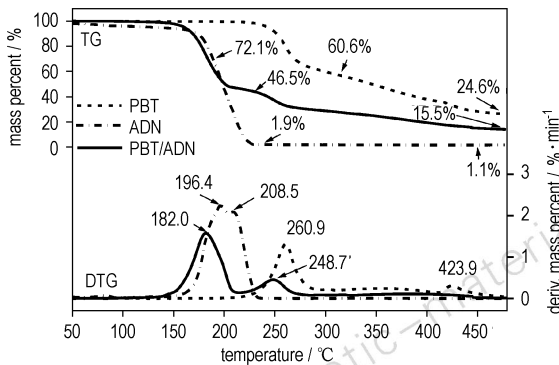


图8 PBT、ADN和PBT/ADN混合体系的TG-DTG曲线
Fig.8 TG-DTG curves of PBT,ADN and PBT/ADN mixture

PBT/CL-20中CL-20的初始分解温度 T_0 和分解峰温 T_p 均比单组分大幅度提前。PBT因受到CL-20和(或)其分解产物(尤其是氮氧化物如 NO_2 和 NO)的作用也提前分解。

(2) 常压下,DNTF在分解之前发生气化现象,但在PBT/DNTF体系中,由于被PBT大分子缠绕抑制了熔融DNTF的气化,并使DNTF的放热分解反应大幅提前 $100\text{ }^\circ\text{C}$ 。在 4 MPa 下,DNTF的分解产物,尤其是

气相产物对DNTF的二次分解过程的作用加强。同时,由于DNTF气相分解产物的促进使PBT分解峰温提前 $7.7\text{ }^\circ\text{C}$ 。

(3) 常压下,混合体系中部分TNAZ的气化被PBT抑制并提前分解, 4 MPa 下,除了PBT大分子的缠绕作用外,TNAZ的气化已被高压气氛完全抑制,其分解峰变得尖锐明显并且峰温提前 $7.3\text{ }^\circ\text{C}$ 。另外,PBT的分解也因为受到TNAZ气相分解产物的作用而提前。

(4) 除了PBT对ADN产物AN的升华过程有抑制外,PBT和ADN及其凝聚相产物之间的相互作用较小,压力下DSC峰温的变化说明ADN的气相产物对PBT和ADN都有一定的影响。

参考文献:

- [1] 刘建平. 国外固体推进剂技术现状和发展趋势[J]. 固体火箭技术,2000,23(1): 2226.
LIU Jian-ping. Current situation and trend of solid propellant technology abroad[J]. *Journal of Solid Rocket Technology*,2000,23(1): 2226.
- [2] 李上文,赵风起,袁潮,等. 国外固体推进剂研究与开发的趋势[J]. 固体火箭技术,2002,25(2): 3642.
LI Shang-wen, ZHAO Feng-qi, YUAN Chao, et al. Tendency of research and development for overseas solid propellants[J]. *Journal of Solid Rocket Technology*,2002,25(2): 3642.
- [3] 王文俊. 含能材料技术的发展与展望[J]. 固体火箭技术,2003,26(3): 4245.
WANG Wen-jun. Advances and prospects of energetic material technologies[J]. *Journal of Solid Rocket Technology*,2003,26(3): 4245.
- [4] Kubota N, Sonobe T. Combustion mechanism of azide polymer[J]. *Propellants, Explosives, Pyrotechnics*,1988,13: 172177.
- [5] Ling L Y, Chum C Y. Preparation and properties of BAMO/THF triblock copolymers[C] // Proceedings of 24th international annual conference of institute of chemical technology. Germany,1993: 10. 110. 11.
- [6] Yoshio O. Thermal decomposition of azide polymers[J]. *Propellants, Explosives, Pyrotechnics*,1992,17: 226231.
- [7] Kubota N, Ohlemiller T J, Caveny L H, et al. The Mechanism of Super-Rate Burning of Catalyzed Double Base Propellants[R]. AD-763786, 1973.
- [8] 刘艳,刘子如,邱刚,等. 静态与动态高压对含能材料热分解的影响[J]. 火炸药学报,2001,24(3): 2629.
LIU Yan, LIU Zi-ru, QIU Gang, et al. The Influence of high pressure of static and dynamic atmosphere on the thermal decomposition of energetic materials[J]. *Chinese Journal of Explosives and Propellants*, 2001,24(3): 2629.
- [9] 刘艳,罗阳,阴翠梅,等. 新型含能材料ADN的热分解动力学[C] // 史启祯等编. 热分解动力学和热动力学. 西安: 陕西科学技术出版社,2001: 297299.
- [10] 刘子如. 含能材料热分析[M]. 北京: 国防工业出版社,2008.

Interactions of PBT with Some High Energy Oxidizers by Thermal Analysis

ZHANG La-ying¹, HENG Shu-yun¹, LIU Zi-ru¹, ZHANG Gao¹,
SHAO Ying-hui¹, WANG Lin¹, ZHAO Feng-qi¹, TAN Hui-min²

(1. Xi'an Modern Chemistry Research Institute, Xi'an 710065, China;

2. School of Materials Science and Engineering, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

Abstract: The interactions for 3,3-bis(azidomethyl)oxetane/tetrahydrofuran copolymer (PBT) with hexanitrohexaazaisowurtzitane (CL-20), 3,4-dinitrofurazanfuroxan (DNFTF), 1,3,3-trinitroazetidine (TNAZ) and ammonium nitrate (ADN) were studied by using pressure differential thermal analyzer (PDSC) and thermogravimetry-derivative thermogravimetry (TG-DTG). The results show that decomposition of CL-20 is accelerated by PBT, decomposition peak temperature of CL-20 in PBT/CL-20 is a drop in 33.7 °C compared with that of pure CL-20. A part of PBT is also accelerated to decompose for the effect of the CL-20 and (or) its decomposition products. Sublimation and volatilization of the DNFTF and TNAZ may be restrained by macromolecule of PBT, and their decompositions are advanced about 100 °C. Besides, PBT is also accelerated to decompose by the decomposed gas products of DNFTF and TNAZ. The interaction for PBT with ADN and its condensed phase products is not evident, except for the restraint effect of PBT on the sublimation of AN as the products of ADN. However, the gas products of ADN exert an influence on the PBT and ADN.

Key words: physical chemistry; 3,3-bis(azidomethyl)oxetane/tetrahydrofuran copolymer (PBT); CL-20; DNFTF; TNAZ; ADN; interaction; thermal decomposition

❁❁❁❁❁❁❁❁❁❁
❁ 读者·作者·编者 ❁
❁❁❁❁❁❁❁❁❁❁

第四十届 ICT 国际会议简讯

第四十届 ICT 国际会议(40th International Annual Conference of ICT)于2009年6月23日~26日在德国卡尔斯鲁厄市召开。本次 ICT 年会的主题是含能材料的表征、模拟与验证。会议由德国 ICT 研究所主办,参会者来自20多个国家,值得一提的是其中部分参会者来自于所在国的军方。

大会共收到各类文章117篇,文章内容涵盖含能材料研究领域的炸药、推进剂和烟火剂,按研究方向可分为含能材料的数值模拟与性能预测, PBX 的老化,发射药与推进剂的燃烧和点火,炸药的配方组成、结构与性能研究,含能材料加工工艺的实验与模拟,推进剂与气体发生器研究等。大会上北约 IM 情报中心介绍了他们最新开发的含能材料专家系统 EMC,美国的 Darren 介绍了利用量子化学 QSAR 模型预测含能材料溶剂的研究进展,瑞士的 Bertrand 等人介绍了利用动力学模拟方法预测含能材料热行为的研究结果,英国的 Simon、瑞士的 Manfred、德国 ICT 的 Manfred、荷兰 TNO 的 Wim 报道了浇注 PBX 老化研究的最新进展,LANL 的 Larry 等人介绍了一种新的圆筒试验方法,LLNL 的 Trevor 等人发表了关于 TATB 基 PBX 微结构研究的最新进展,美国新泽西理工学院的王鹏等人报道了利用离散元模拟颗粒喷雾干燥包覆工艺的研究进展,法国 SNPE 公司的 Georges 等人报道了他们对推进剂药浆在双螺杆挤出机混合过程中的 3D 流动性模拟,荷兰 TNO 的 Elena 等人介绍了一种用于含能材料包覆的流化床等离子体反应器,德国 ICT 的 Boskovic 等人介绍了使用微反应器技术实现液体炸药的快速制备,瑞典 FOI 的 Carina 等人介绍了球形化 ADN 的制备、表征和配方,瑞典 Bofors 公司介绍了一种以 ADN 为基的液体推进剂配方。会议结束后主办方组织与会者参观了 ICT 研究所的部分实验室,实验室一流的硬件设备和较高的研究水平给与会者留下了深刻的印象。

下一届 ICT 年会将于2010年6月29日在卡尔斯鲁厄召开,会议主题是 energetic materials for high performance, insensitive munitions and zero pollution。

(中国工程物理研究院化工材料研究所 刘永刚 供稿)