

文章编号: 1006-9941(2010)02-0174-06

DNTF 含量对改性双基推进剂动态力学性能的影响

李亮亮, 王江宁, 刘子如

(西安近代化学研究所, 陕西 西安 710065)

摘要: 采用动态力学分析(DMA)研究了不同含量 3, 4-二硝基呋咱基氧化呋咱(DNTF)对 DNTF-CMDB(DF)推进剂动态力学性能的影响,获得了 DF 系列推进剂的多频动态力学性能特征量。结果表明, DF 推进剂的动态力学过程除了 α 转变外,有两个 β 转变峰,其中 β_1 转变峰是 DNTF 的作用。DNTF 的含量对 DF 系列推进剂高低温动态力学性能有较大影响; α 转变的损耗角正切 $\tan\delta$ 的峰温 T_a 及 α 和 β 转变的自由体积膨胀系数 α_f 均与 NG/NC 和 DNTF/NC 含量比的组合含量相关;当 DNTF 含量为 20% 时,推进剂具有最佳的高低温力学性能。

关键词: 物理化学; 改性双基推进剂; 3, 4-二硝基呋咱基氧化呋咱(DNTF); 动态力学性能; 动态力学分析(DMA)

中图分类号: TJ55; V512+.2; O64

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1006-9941.2010.02.011

1 引言

3, 4-二硝基呋咱基氧化呋咱(DNTF)合成危险性小、工艺简单、稳定性好,其能量高、密度大、安全性能好,综合性能优于奥克托今(HMX),接近于 CL-20,成为最有应用前景的高能量密度材料之一^[1-2]。相关文献^[3-9]报道了添加 DNTF 改性双基推进剂(DNTF-CMDB)的热分解规律、能量特性、燃烧性能等研究结果,DNTF-CMDB 推进剂的力学性能,尤其是动态力学性能尚未见报道,因此有必要对 DNTF-CMDB 的动态力学性能进行研究,为 DNTF 的应用提供依据。

本实验以改性双基推进剂配方为基础,采用动态力学分析(DMA)研究了添加不同含量 DNTF 的 CMDB 推进剂力学性能。

2 实验部分

2.1 试样制备

所研究的改性双基推进剂采用光辊压延工艺制备,以(NC+NG)为黏合剂体系,DNTF 作为含能添加剂,中定剂、催化剂和其它添加剂组成基本配方,经吸收、驱水、光辊压延过程制得条状样品并进行力学性能测试。所使用的 DNTF 由西安近代化学研究所提供。

所用样品为双基推进剂(DB)及 DF 系列推进剂,配方如表 1 所示。

表 1 DNTF-CMDB(DF)推进剂的实验配方

Table 1 Formulations of the modified double-base propellants (DF) %

samples	NC	NG	DNTF	others
DB	58.60	32.20	0	9.20
DF-1	54.15	33.65	3	9.20
DF-2	49.32	31.48	10	9.20
DF-3	43.57	27.23	20	9.20
DF-4	38.19	22.61	30	9.20
DF-5	33.14	17.66	40	9.20
DF-6	28.40	12.40	50	9.20

2.2 主要仪器及试验条件

动态力学性能: TA DMA2980 (dynamic mechanical analyzer)型仪器测量,采用单悬臂夹具,试样尺寸为 4 mm × (12~13) mm × (3~4) mm,频率 f 为 1, 2, 5, 10, 20 Hz, 振幅 5 μm , 温度范围 -100 ~ 100 $^{\circ}\text{C}$, 间隔式恒温测量, 温度步长 3 $^{\circ}\text{C}$ 。

3 结果与讨论

3.1 DNTF-CMDB 推进剂的动态力学性能

图 1 为双基推进剂 DB 和 DNTF 改性双基推进剂 DF 的 DMA 多频动态模量曲线。含有不同 DNTF 含量的其它 DMA 曲线与 DF-2 相似, 此处不再显示。

收稿日期: 2009-07-17; 修回日期: 2009-12-02

作者简介: 李亮亮(1983-), 男, 硕士研究生, 主要从事改性双基推进剂配方及工艺研究。e-mail: liliangliang100@sohu.com

从图 1 可知,不论储能模量 E' , 还是损耗模量 E'' , 或损耗角正切 $\tan\delta$, DB 都有高低温两个力学松弛过程,即 α 和 β 转变过程,而 DF 推进剂除了有 α 转变过程外,都有两个 β 转变过程。为了便于比较,图 2 显示了 DB 和 DF-2 在 1 Hz 时的 $\tan\delta$ 曲线。

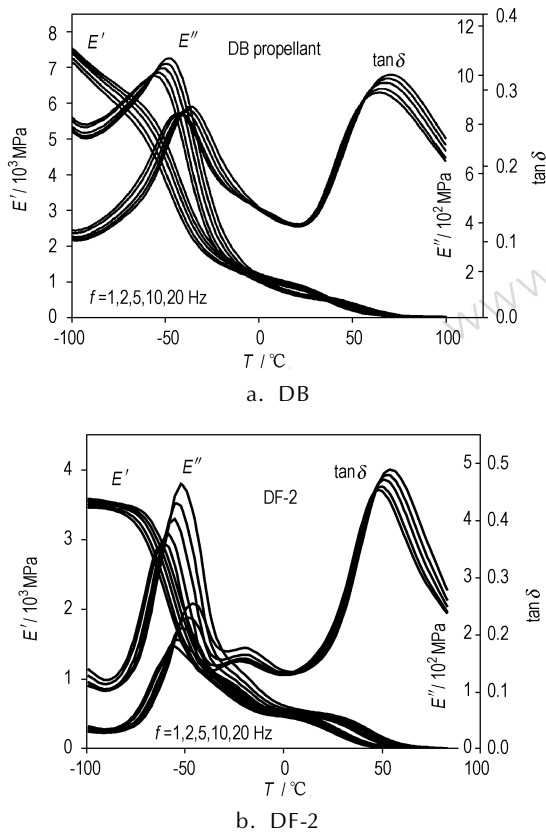


图 1 DB 和 DF-2 的多频 DMA 曲线

Fig. 1 DMA curves of DB and DF-2 propellants

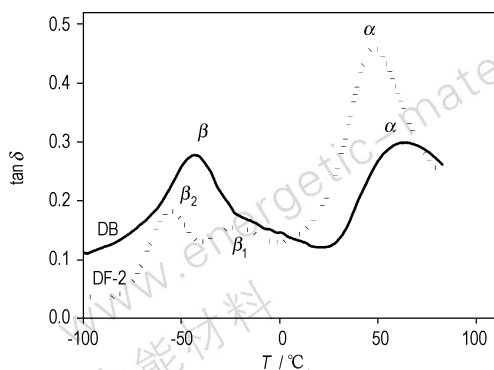


图 2 DF-2 与 DB 推进剂的 $\tan\delta$ 曲线 ($f=1$ Hz)

Fig. 2 The $\tan\delta$ curves of DF-2 and DB propellant ($f=1$ Hz)

双基推进剂的 α 和 β 转变分别被认为是组分 NC 骨架的链段运动和 NC 侧基与另一组分 NG 分子的协同运动引起的^[10-11]。为了区别,把 DF 系列推进剂 β

转变过程出现的两个 $\tan\delta$ 峰分别标为 β_1 和 β_2 , 其中 β_2 峰与无 DNTF 的双基推进剂一样是 NG 分子与 NC 侧基的作用有关。DB 推进剂低温段力学损耗峰只有一个,即使是硝胺 (RDX 和 HMX) 改性双基推进剂也只有一个低温转变过程,但 DNTF 的加入,改变了双基推进剂低温段的力学松弛过程,产生了两个力学损耗峰,故 β_1 转变峰可能是 DNTF 作用的结果。

相比于 DB 双基推进剂,低温时,DF 系列推进剂 $\tan\delta$ 有两个转变峰,可以改善推进剂低温脆性,提高韧性。同时,比较两种推进剂的高低温 α 和 β 转变峰峰温(见表 2)可知,DF 系列推进剂的 α 转变和 β 转变峰峰温均低于不含 DNTF 的双基推进剂 DB,其中, α 转变的峰温(被认为是双基推进剂的玻璃化转变温度)比双基推进剂低 16°C , β_2 转变峰温(被认为与体系的脆化温度有关)比双基推进剂低 8°C ; 同时,从 DMA 在频率 1 Hz 时获得的柔量曲线可以看出:当温度高于 20°C 时, DNTF-CMDB 推进剂的柔量均高于 DB 推进剂,柔量增加意味着材料的“韧性”或“塑性”提高。两种推进剂的高低温转变峰峰温如表 2 所示。

表 2 两种推进剂的高低温转变峰温 ($f=1$ Hz)

Table 2 Peak temperatures of α - and β -relaxation for two DB propellants ($f=1$ Hz) $^\circ\text{C}$

sample	T_α	T_{β_1}	T_{β_2}
DF-2	48	-22	-55
DB	64	-	-43

3.2 DNTF 含量对推进剂动态力学性能的影响

3.2.1 DNTF 含量对推进剂 α - $\tan\delta$ 转变峰的影响

DNTF 对 α 损耗峰的影响如图 3 所示。双基推进剂的韧性或塑性与力学损耗有关,而这又与增塑剂 NG 的含量有关,NG 含量越低,则 α - $\tan\delta$ 峰强度就越低,而 T_α 峰温则越高。但从表 3 可知,从 DB 到 DF-1 到 DF-6, NG 或 NG/NC 都是降低的,而 NC 也是降低的,因此它们的 α - $\tan\delta$ 峰强度的大小顺序应是下降的,但是,表 3 的数据表明,除了 DF-5 外,从 DF-1 到 DF-6 的 α - $\tan\delta$ 峰强度却是升高的,这表明,即使增塑剂 NG 含量下降,力学损耗也是增大的,这意味着该系列推进剂的另一组分 DNTF 可能在高温时起了一定增塑作用。

系列推进剂的柔量曲线如图 4 所示。从图 4 可知, DNTF 含量小于 20% 时,推进剂的柔量随 DNTF 含量的增加而增大,这也反映了 DNTF 有增塑作用。

表 3 DF 系列推进剂 $\tan\delta$ 的 α 、 β_2 和 β_1 转变峰峰温及其峰值 ($f=1$ Hz)

Table 3 The peak temperatures and magnitudes of the α -, β_2 - and β_1 - relaxation for DF propellants ($f=1$ Hz)

samples	DNTF/%	$T_\alpha/^\circ\text{C}$	α -tan δ	$T_{\beta_2}/^\circ\text{C}$	β_2 -tan δ	$T_{\beta_1}/^\circ\text{C}$	β_1 -tan δ
DB	0	64	0.30	-43	0.28	-	-
DF-1	3	55	0.44	-58	0.15	-34	0.12
DF-2	10	48	0.46	-55	0.18	-22	0.19
DF-3	20	42	0.53	-52	0.16	-18	0.21
DF-4	30	48	0.52	-59	0.12	-17	0.12
DF-5	40	52	0.47	-59	0.15	-10	0.11
DF-6	50	59	0.54	-58	0.14	-9	0.12

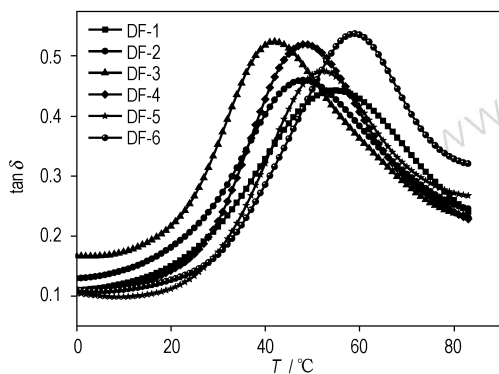
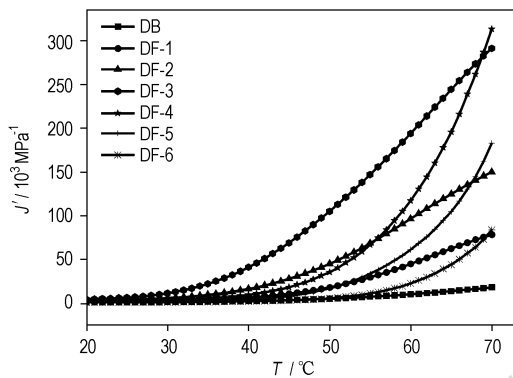
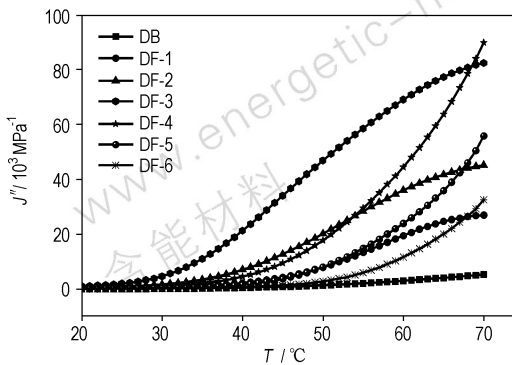


图 3 DF 系列推进剂高温 α -tan δ 曲线 ($f=1$ Hz)

Fig. 3 α -tan δ curves for DF propellants ($f=1$ Hz)



a. storage modulus of flexibility



b. loss modulus of flexibility

图 4 推进剂的柔量曲线 ($f=1$ Hz)

Fig. 4 Flexibility curves of a series of propellants ($f=1$ Hz)

再者从 T_α 峰值数据可知,从 DF-3 到 DF-6,虽然 T_α 值随 NG 含量的下降而提高,但不含 DNTF 的 DB 到 DF-1 和 DF-3,随 NG 含量的下降该值却是下降的,这显然与 DNTF 含量的增加有关。经数据分析发现, T_α 值的 8 次幂即 $(T_\alpha)^8$ 与 NG 和 DNTF 含量与 NC 含量之比的合量(此处称为 $G_H = (NG/NC + 0.09DNTF/NC)$)的对数,即 $\ln G_H$ 有线性关系,如图 5 所示,其回归方程为:

$$(T_\alpha)^8 = -4.60 \times 10^{14} - 11.7 \times 10^{14} \ln G_H$$

回归相关系数 $r=0.9955$ 。

该关系式表明,DNTF 与 NG 一样对 NC 有增塑作用,但其增塑效果仅为 NG 的 9%。

以上分析表明,高温时,由于 DNTF 部分液化或部分溶于 NG,有可能与 NG 一样,起到增塑剂的作用。在 DF 系列推进剂中 DNTF 含量的增加还意味着 NC 含量的下降,而增塑剂的作用使 NC 分子链间距增大,分子链间相互作用力降低,有利于 NC 分子的链段运动,因而使力学损耗 $\tan\delta$ 的 T_α 值发生变化。从 DF-1 到 DF-6, T_α 值先降后增,与可起到部分增塑剂作用的 DNTF 含量增加,而起主要增塑剂作用的 NG 含量下降相关。

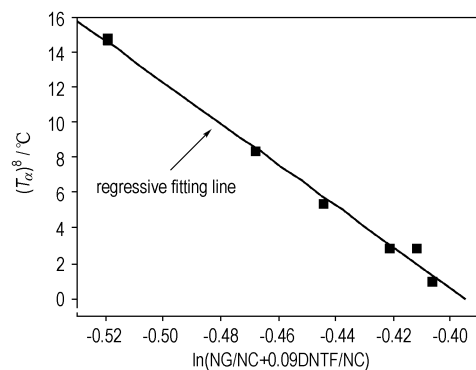


图 5 T_α 与 $(NG/NC + 0.09DNTF/NC)$ 的关系

Fig. 5 The relationship between T_α and $(NG/NC + 0.09DNTF/NC)$ for DF propellants

3.2.2 DNTF 含量对推进剂 β_1 - $\tan\delta$ 转变的影响

有些高聚物处于玻璃态时,虽然分子链段运动被冻结,但由于存在小于链段的小运动单元,仍具有运动的能力,因此在外力作用下,仍可产生所谓强迫形变,这是该高聚物体系仍具有一定塑性或韧性的原因^[12]。双基推进剂体系就属于这种状况,它存在 β 转变过程,说明 NC 的侧基与增塑剂 NG 存在协同运动。 β 转变的 $\tan\delta$ 峰温和峰强可以衡量该松弛过程的强弱。

图 6 是 DF 系列推进剂和 DB 推进剂低温 β 松弛过程的 $\tan\delta$ 曲线,相关特征量列于表 3。从图 6 和表 3 数据可知,DNTF 的加入不但使 β - $\tan\delta$ 峰移向低温,

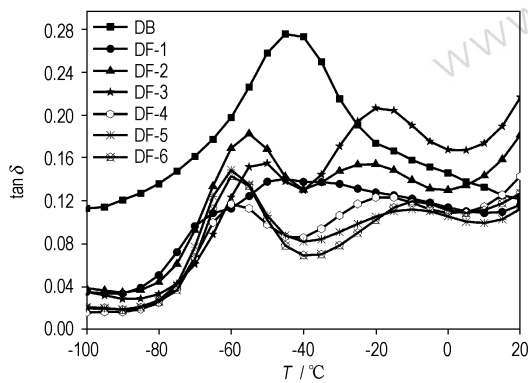


图 6 DB 和 DF 推进剂低温 $\tan\delta$ 曲线 ($f=1$ Hz)

Fig. 6 β - $\tan\delta$ curves of DB and DF propellants ($f=1$ Hz)

表 4 DF 推进剂 β 和 α 松弛阶段的 C_1^{β} 和 C_2^{β}

Table 4 C_1^{β} and C_2^{β} of the DF propellants on the β - and α -relaxation

samples	NG NC	DNTF NC	NG NC +0.07	DNTF NC	β -relaxation (-100 ~ 0 °C)			α -relaxation (0 ~ 100 °C)		
					C_1^{β}	C_2^{β}	C_2^{β}/C_1^{β}	C_1^{α}	C_2^{α}	$C_2^{\alpha}/C_1^{\alpha}$
DF-1	0.62	0.06	0.63		44.5	276.9	6.22	17.6	127.9	7.28
DF-2	0.64	0.20	0.65		36.3	245.6	6.71	16.5	119.6	7.25
DF-3	0.62	0.46	0.66		87.0	718.9	8.26	14.4	135.1	9.38
DF-4	0.59	0.78	0.65		94.5	604.9	6.40	51.5	288.8	5.61
DF-5	0.53	1.21	0.63		125.0	768.7	6.15	55.1	279.7	5.08
DF-6	0.44	1.76	0.57		128.1	954.4	7.45	57.0	300.8	5.28

为了说明 DF 系列推进剂的动态力学因 DNTF 的含量而变化,根据“自由体积理论”^[14]引入自由体积分数 f_g 的概念:

$$f_g = \frac{B}{2.303 \times C_1^{\beta}} \quad (2)$$

式中, f_g 为自由体积分数; B 为常数。

$$\alpha_f = f_g / C_2^{\beta} \quad (3)$$

代入(2)式,则(3)式变为:

$$\alpha_f = B / 2.303 \times (C_2^{\beta} / C_1^{\beta}) \quad (4)$$

而且在较高温度处又出现了另一 β 峰,扩展了 DF 系列推进剂低温下塑性和韧性的温度范围,提高了低温力学性能。

表 3 中 β - $\tan\delta$ 的峰温 T_{β_1} 和 T_{β_2} 及其峰强度随着加入 DNTF 量的增加而改变,在 DF 系列推进剂中(不包含 DB),DF-3 的 β_1 峰强最大, β_2 峰强除 DF-2 外也最大,同时,DF-3 的 β 损耗峰温也较低。因此可认为,含有 20% DNTF 的 DF-3 具有较好的低温力学性能,从下文能覆盖整个低温段的低温粘弹系数和自由体积膨胀系数的分析可以得到进一步证明。

3.3 DNTF 含量对 CMDB 推进剂粘弹系数和自由体积膨胀系数的影响

从 DMA 数据,根据时温等效原理,用 WLF 方程^[13]可处理获得的储能模量 E' 与频率 f 相关的主曲线,WLF 方程为:

$$\lg a_T = \frac{-C_1(T - T_s)}{C_2 + T - T_s} \quad (1)$$

式中, a_T 为水平位移因子; T_s 为参考温度; T 为实验温度; C_1 和 C_2 为常数。

若以 T_{α} 和 T_{β_2} 分别作为高温 α 和低温 β 松弛过程的 T_g ,设 $T_s = T_g$,则从主曲线获得高温段从 0 ~ 100 °C 和低温段从 -100 ~ 0 °C 范围内的 C_1^{β} 和 C_2^{β} 两参数称为粘弹系数,DF 系列推进剂的粘弹系数见表 4。

即自由体积膨胀系数 α_f 与粘弹系数的比值 $C_2^{\beta} / C_1^{\beta}$ 成正比。

从表 4 中数据可知,虽然 DF 系列推进剂的 C_1^{β} 和 C_2^{β} 值(DF-1 和 DF-4 的低温 C_2^{β} 除外)都随 DNTF 含量的增加而提高,但是不论高温段还是低温段, $C_2^{\beta} / C_1^{\beta}$ 比值却都是 DF-3 推进剂最大,即具有最大的自由体积膨胀系数 α_f 。高温时 α_f 大,意味着 NC 分子链段运动变得更容易,因此在 DF 系列中 DF-3 具有最低的 T_{α} 值和较高的 α - $\tan\delta$ 强度,低温段时 α_f 大,意味着 DF-3

的 NC 侧基与 NG 和 DNTF 的协同运动更强烈, 具有最佳的强迫形变能力, 即有最好的低温塑性和韧性。

对自由体积膨胀系数的影响主要是因为增塑剂的作用。从 DF-1 到 DF-3, NG 含量或 NG/NC 含量比值都是下降的, 但 α_f 却是提高的, 这显然是 DNTF 起了增塑剂的作用。然而, 从 DF-3 到 DF-6, 虽然 DNTF 含量或 DNTF/NC 含量比值都有较大幅度的提高, 但是 α_f 仍是下降的, 这意味着 NG/NC 或 NG 的下降对 α_f 起了主要作用。基于此, 若用含量 $G_L = (NG/NC + 0.07DNTF/NC)$ (见表 4) 则可描述从 DF-1 到 DF-6 的 α_f 随该含量变化的过程, 含量 G_L 在 DF-3 处具有最大值, 与 α_f 也为最大值是相应的。

但是 DNTF 的这种增塑作用是有限的, 从上述 T_α 与 G_H 和这里 α_f 和 G_L 都有相关性可以看出, G_L 中的 DNTF/NC 仅为 NG/NC 的 7%, 可见 DNTF 对 NC 的低温增塑作用效果仅为 NG 的 7%。同时, 理论分析和计算(有关文章, 待发表)说明, DNTF 在 NG 中有很好的溶解性, 因此可以认为 DNTF 的增塑作用与它在 NG 中部分溶解成为液态(可能是低共熔体系)有关, DF-3 具有最低的 T_α 和最大的 α_f 值, 意味着 DNTF 与 NG 的最大溶解度之比约在 20/27 上下。DNTF 含量小, 或 NG 含量小, 都不利于液化 DNTF, 因而都使 T_α 较高和 α_f 较低。高温段表示增塑作用含量 G_H 中的“DNTF/NC”项系数由低温时的 0.07 变为 0.09, 显示了 DNTF 对增塑作用的贡献提高, 这可能是因为, 在较高温度下, DNTF 不但在 NG 中的溶解度提高, 而且还有固态的部分液化参与了增塑作用。

综上所述, 含有 DNTF 的系列 DNTF-CMDB 改性双基推进剂的动态力学性能受到 DNTF 的影响, DNTF 含量为 20% 的 DF-3 推进剂具有最佳的高低温动态力学性能, 这是由于它有最大含量被 NG 溶解或部分液化为液态的 DNTF, 提高了体系的增塑剂含量, 使自由体积膨胀系数 α_f 上升, 从玻璃态到高弹态变化时 NC 链段运动变得容易, α 松弛峰温 T_α 下降。而玻璃态时的强迫形变容易进行, β 松弛过程增长, 扩展了温度范围, 峰温 T_β 下降。

4 结 论

(1) DNTF-CMDB(DF) 推进剂的动态力学曲线, 除有 α 转变外, 还有两个 β 转变过程, 其中一个 β 转变是 DNTF 引起的。由于 DNTF 对 NC 有增塑作用, 因此 DNTF 对 DF 系列推进剂的高低温动态力学性能有较大影响, 这与 NG 和 DNTF 的含量比是密切相关

的。DNTF 含量为 20% 的 DF-3 推进剂具有最佳的高低温动态力学性能。

(2) α 转变的损耗角正切 $\tan\delta$ 的峰温 T_α 及 α 和 β 转变的自由体积膨胀系数 α_f 均与含量比 NG/NC 和 0.09DNTF/NC 或 0.07DNTF/NC 的含量相关。

参考文献:

- [1] 胡焕性, 张志忠, 赵风起, 等. 高能量密度材料 3,4-二硝基呋喃基氧化呋喃性能及应用研究[J]. 兵工学报, 2004, 25(2): 155-158.
HU Huan-xing, ZHANG Zhi-zhong, ZHAO Fen-qi, et al. High energy density materials 3, 4-dinitrofurafuroxan performance-based and applied research[J]. *Journal of Ordnance*, 2004, 25(2): 155-158.
- [2] 欧育湘, 刘进全. 高能量密度化合物[M]. 北京: 国防工业出版社, 2005.
OU Yu-xiang, LIU Jin-quan. Chemical compound of density of high-energy[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2005.
- [3] 罗阳, 高红旭, 赵风起, 等. 含 3, 4-二硝基呋喃基氧化呋喃(DNTF)推进剂的能量特性[J]. 含能材料, 2005, 13(4): 225-228.
LUO Yang, GAO Hong-xu, ZHAO Feng-qi, et al. Energy Characteristics of Propellant Containing 3, 4- Bisnitrofurazanfuroxan (DNTF) [J]. *Chinese Journal of Energetic Materials (Hanneng Cailiao)*, 2005, 13(4): 225-228.
- [4] 郑伟. DNTF-CMDB 推进剂燃烧性能及燃烧机理研究[D]. 中国兵器科学研究院, 2006.
ZHENG Wei. DNTF-CMDB propellant combustion property and combustion mechanism [D]. China research and development academy of machinery equipment, 2006.
- [5] 郑伟, 王江宁. 3, 4-二硝基呋喃基氧化呋喃(DNTF)的研究进展[J]. 含能材料, 2006, 14(6): 463-466.
ZHENG Wei, WANG Jiang-ning. Review on 3, 4-Bisnitrofurazanfuroxan (DNTF) [J]. *Chinese Journal of Energetic Materials (Hanneng Cailiao)*, 2006, 14(6): 463-466.
- [6] 赵风起, 陈沛, 罗阳, 等. 含 3, 4 二硝基呋喃基氧化呋喃(DNTF)的改性双基推进剂[J]. 推进技术, 2004, 25(6): 570-572.
ZHAO Fen-qi, CHENG Pei, LUO Yang. Modified double base propellant with 3, 4-dinitrofurafuroxan (DNTF) [J]. *Propulsion Technology*, 2004, 25(6): 570-572.
- [7] 王江宁, 冯长根, 田长华. 含 CL-20、DNTF 和 FOX-12 的 CMDB 推进剂的热分解[J]. 火炸药学报, 2005, 28(3): 17-19.
WANG Jiang-ning, FENG Chang-geng, TIAN Chang-hua. Thermal decomposition of CL-20 /DNTF /FOX-12-CMDB Propellant [J]. *Chinese Journal of explosives and Propellant*, 2005, 28(3): 17-19.
- [8] 庞均, 王江宁, 张蕊娥, 等. CL-20、DNTF 和 FOX-12 在 CMDB 推进剂中的应用[J]. 火炸药学报, 2005, 28(1): 19-21.
PANG JUN, WANG Jiang-ning, ZHANG Rui-e. Application of CL-20, FOX-12 and DNTF in CMDB propellant [J]. *Chinese Journal of Explosives and Propellant*, 2005, 28(1): 19-21.
- [9] 郑伟, 王江宁, 周彦水. 含 DNTF 的改性双基推进剂燃烧性能[J]. 推进技术, 2005, 27(5): 469-472.
ZHENG Wei, WANG Jiang-ning, ZHOU Yan-shui. Combustion

- characteristics of CMDB with DNTF[J]. *Propulsion Technology*, 2005, 27(5): 469-472.
- [10] Warren R C. Transition and relaxation in plasticized nitrocellulose[J]. *Polymer*, 1988, 29: 919-923.
- [11] Townend D J, Warren R C. Relaxation in double base propellants[J]. *Polymer*, 1985, 26: 79-83.
- [12] 高家武,等. 高分子材料近代测试技术[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,1994:116.
GAO Jia-wu, et al. Modern testing technology of polymer [M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 1994: 116.
- [13] Williams M L, Landel R F, Ferry J. The temperature dependence of relaxation mechanisms in amorphous polymers and other glass-forming liquids[J]. *J Am Chem Soc*, 1955, 77: 3701-3707.
- [14] Stacer R G, Husband D M. Molecular structure of the ideal solid propellant binder [J]. *Propellants, Explosives, Pyrotechnics*, 1991, 16: 167-176.

Effects of DNTF Contents on Dynamic Mechanical Properties of Modified Double-base Propellant

LI Liang-liang, WANG Jiang-ning, LIU Zi-ru

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

Abstract: The effects of 3,4-dinitrofurazanfuroxan (DNTF) contents on dynamic mechanical properties of modified double-base propellants (DNTF-CMDB, DF) were studied by dynamic mechanical analyzer (DMA). The characteristic values of dynamic mechanical properties at multi-frequency for DF propellants were obtained. Results show that two β -relaxations, besides a α -relaxation, appear on DMA curves of DF propellants, and β_1 -relaxation is due to the effect of DNTF. It is shown that the DNTF content can obviously affect the dynamic mechanical properties of DF propellants. The correlations between the $\tan\delta$ peak temperature T_α in the α -relaxation, the free volume expansion coefficients α_f of α -relaxation and β -relaxation and the sum of ratios NG/NC and DNTF/NC were obtained. The DF propellants with 20% DNTF have optimal mechanical properties at high and low temperatures.

Key words: physical chemistry; CMDB propellant; 3,4-dinitrofurazanfuroxan (DNTF); dynamic mechanical property; dynamic mechanical analyzer (DMA)

CLC number: TJ55; V512+.2; O64

Document code: A

DOI: 10.3969/j.issn.1006-9941.2010.02.011



2010 年含能材料与钝感弹药技术学术研讨会征文通知

为进一步推动我国含能材料和钝感弹药研究领域的创新与发展,促进科技合作与应用,由中国工程物理研究院化工材料研究所、北京理工大学爆炸科学与技术国家重点实验室和中国兵工学会爆炸与安全技术专业委员会联合主办,中国工程物理研究院化工材料研究所承办的"2010 年含能材料与钝感弹药技术学术研讨会"将于 2010 年 7 月(或 8 月)召开。欢迎从事含能材料及钝感弹药研究的广大工作者积极投稿。有关事项通知如下:

一、征文范围

(1) 新型含能材料理论设计,合成、钝化与绿色制备技术;(2) 火炸药、推进剂及火工品新技术;(3) 含能材料性能表征与测试方法;(4) 炸药非理想爆轰及作功能力研究;(5) 含能材料及弹药安全性理论、实验与评价技术;(6) 含能材料及钝感弹药发展趋势与前沿;(7) 侵彻战斗部及装药安全性研究;(8) 钝感弹药设计与数值仿真技术。

二、征文要求

1. 会议拟出版论文集。凡内容符合主题范围、未在国内外正式刊物或其他全国性会议上发表的论文,均可投稿,优秀论文将在《含能材料》上发表。

2. 撰写论文应观点明确、论据可靠、文字流畅、插图清楚,每篇文字不超过 5000 字(含图表、论文摘要、关键词、参考文献)。

3. 论文编写遵循我国正式出版物上科技论文标准规范的要求,用 Word2003 排版。

三、截稿日期及提交方法

1. 截稿日期:2010 年 5 月 31 日。

2. 论文需要提交全文电子文档到 icm_ghc2010@163.com,另页附中文题名、作者、单位、联系人、通信地址、联系电话。

3. 通信地址:四川省绵阳市 919 信箱 308 分箱,621900 联系人:夏增海 0816-2488773