

文章编号: 1006-9941(2000)03-0111-03

HMX/TATB 高聚物粘结炸药的热性能研究

高大元, 韦力元, 郑培森, 沈永兴

(中国工程物理研究院化工材料研究所, 四川 绵阳 621900)

摘要: 用 DSC 和小药量固体炸药热爆炸临界温度法测定了以 HMX/TATB 为基的高聚物粘结炸药的热性能, 研究了 TATB、含氟粘结剂、铝粉、石蜡等组分对 HMX 热感度的影响。结果表明: 单质 TATB 炸药只有一个放热峰, 而 TATB 炸药中加入 5% 粘结剂后有两个放热峰。在 HMX/TATB 高聚物粘结炸药配方中, 当 HMX 含量达到 40% 以上时, DSC 峰温与 HMX 峰温接近。TATB 含量对 HMX 的 1 000 s 热爆炸临界温度有较大影响, 当 TATB 含量在 80% 左右时, 热爆炸临界温度显著提高。

关键词: HMX; TATB; 热爆炸临界温度; 热感度

中图分类号: TQ560; O642; O643

文献标识码: A

1 引言

HMX 是目前广泛使用的高能单质炸药, 但是其感度达不到 IHE 标准要求^[1]。TATB 炸药热稳定性好、感度低, 如果将 TATB 优越的安全性能和 HMX 高能量结合起来, 制成含不同配比的 HMX/TATB 系列高聚物粘结炸药, 就可以在很大范围内调整配方的爆轰性能、机械感度、热感度等性质^[2-5], 以满足实际使用的需要。美国报导了 HMX/TATB 混合物的 Henkins 实验结果^[6]。本实验通过 DSC 和小药量炸药热爆炸临界温度法测定了 HMX/TATB 高聚物粘结炸药的热性能, 研究了 TATB、含氟粘结剂、铝粉、石蜡等组分对 HMX 热感度性能的影响。

2 HMX/TATB 高聚物粘结炸药的热分析

制备了 14 种炸药配方, 其组分含量(质量分数)见表 1。对单质 TATB、HMX 和 1[#]、3[#]、5[#]、7[#]、9[#]、13[#] 配方造型粉进行了 DSC 分析。升温速率 10 °C · min⁻¹, 温度范围为室温 ~ 500 °C, 实验结果见表 2。由表 2 可知, TATB 单质炸药只有一个放热峰, T_{p1} 为 379.1 °C, ΔH_{d1} 为 $-727.3 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$; TATB 单质炸药中加入 5% 含氟

粘结剂后(1[#]样品)有两个放热峰, T_{p1} 为 369.5 °C, T_{p2} 为 389.0 °C, ΔH_{d1} 和 ΔH_{d2} 分别为 $-644.2 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $-38.2 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$, 总热效应为 $-682.4 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$, 放热分解焓比 TATB 单质炸药减少 $44.9 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$, 这表明 TATB 单质炸药中加入 5% 含氟粘结剂后, 导致 TATB 放热峰顶温度提前约 10 °C, 但初始热分解反应并不完全, 有中间产物生成, 中间产物继续分解出现第二个放热峰。3[#]、5[#]、7[#]、9[#]、13[#] 样品的放热峰温接近 HMX 的放热峰温, 维持在 279 °C 左右, 其热分解焓因受 Al 粉和石蜡添加物的影响而有所变化, 这表明在 HMX/TATB 高聚物粘结炸药中, 当 HMX 含量在 40% 以上时, 各配方的放热峰温接近 HMX 的放热峰温。

3 HMX/TATB 高聚物粘结炸药热感度的测定

对单质 HMX、TATB 和 HMX/TATB 高聚物粘结炸药的造型粉(1[#] ~ 7[#] 样品)进行了小药量炸药 1 000 s 热爆炸临界温度 T_{cr} 测定, 结果见图 1 中曲线 1, 曲线 2 为 Campbell 作的 Henkins 实验结果^[6]。从图 1 可见, TATB 含量在 0% ~ 25% 范围时, T_{cr} 维持在 260 °C; TATB 含量在 25% ~ 80% 范围时, T_{cr} 从 260 °C 上升到 280 °C; TATB 含量在 80% ~ 95% 范围时, T_{cr} 从 280 °C 上升到 360 °C。TATB 含量与 T_{cr} 关系曲线的拐点对应于 TATB 含量 80% 左右, 与文献[6]报导的实验结果相吻合。这表明在 HMX/TATB 高聚物粘结炸药中, TATB 含量增加可使其 T_{cr} 值增加, 热感度降低, 热稳定性提高。

收稿日期: 1999-09-10; 修回日期: 2000-06-06

基金项目: 中国工程物理研究院院内基金资助项目(960575)

作者简介: 高大元(1962 -), 男, 在读博士, 副研, 从事炸药及相关物的理化分析、热分析和炸药部件安全性研究, 发表文章 20 余篇。

表1 HMX/TATB 高聚物粘结炸药配方组成

配方编号	TATB	HMX	Al	W	含氟粘结剂
1 [#]	95				5
2 [#]	80	15			5
3 [#]	47	48			5
4 [#]	25	70			5
5 [#]	15	80			5
6 [#]	7	88			5
7 [#]		95			5
8 [#]		88	7		5
9 [#]		80	15		5
10 [#]		88			12
11 [#]		80			20
12 [#]		88		7	5
13 [#]		80		15	5
14 [#]	7	88		1	4

表2 DSC 结果

样品	$T_{p1}/^{\circ}\text{C}$	$\Delta H_{d1}/\text{J}\cdot\text{g}^{-1}$
TATB	379.1	-727.3
1 [#]	369.5	-644.2
3 [#]	279.2	-948.2
5 [#]	279.4	-1 515.8
7 [#]	280.9	-1 656.6
HMX	281.1	-2 038.4
9 [#]	279.0	-1 475.0
13 [#]	278.9	-1 356.3

注: 1[#]样品出现两个放热峰,第二个放热峰温为389.0 $^{\circ}\text{C}$,其放热分解焓为-38.2 $\text{J}\cdot\text{g}^{-1}$,总热效应为-682.4 $\text{J}\cdot\text{g}^{-1}$ 。

其它组分含量对 HMX 的 1 000 s 热爆炸临界温度 T_{cr} 值的影响,结果见表 3。由表 3 可知,8[#]、9[#]样品的 T_{cr} 值均为 260 $^{\circ}\text{C}$,这说明当 HMX 含量在 80% 以上时,加入 7% 和 15% 的 Al 粉对 HMX 的 T_{cr} 值未产生影响。加入 5% 含氟粘结剂(7[#]样品)的 HMX 的 T_{cr} 值为 260 $^{\circ}\text{C}$,与单质 HMX 的 T_{cr} 值相同。而加入较多含氟粘结剂的 HMX(10[#]、11[#]样品)的 T_{cr} 值为 256 $^{\circ}\text{C}$ 和 258 $^{\circ}\text{C}$ 。加入较多石蜡(12[#]、13[#]样品)也使 HMX 的 T_{cr} 值下降,热稳定性降低。在实际应用配方中,一般加入含氟粘结剂及石蜡钝感剂的量都很少,因而不会影响配方的热稳定性。

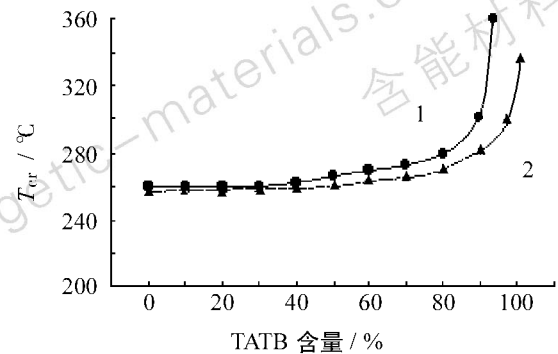


图1 热感度曲线

1—HMX/TATB 高聚物粘结炸药; 2—HMX/TATB 混合物^[6]

Fig. 1 Thermal-sensitivity curves of some explosives

1—polymer bonded HMX/TATB; 2—HMX/TATB mixture^[6]

表3 其它组分含量对 HMX 热爆炸临界温度的影响

Table 3 Influence of additive content on the critical temperature of thermal explosion of HMX

样品编号	$T_{cr}/^{\circ}\text{C}$
HMX	260
7 [#]	260
8 [#]	260
9 [#]	260
10 [#]	256
11 [#]	258
12 [#]	254
13 [#]	256

4 结论

(1) 当 HMX 含量在 40% 以上时,HMX/TATB 高聚物粘结炸药的 T_p 值与单质 HMX 的 T_p 值比较接近,维持在 279 $^{\circ}\text{C}$ 左右。

(2) TATB 单质的 DSC 曲线只有一个放热峰,而 TATB 中加入 5% 粘结剂后,DSC 曲线呈现两个放热峰,第一个峰为 TATB 的初始分解,第二个峰为中间产物的二次放热反应。

(3) HMX/TATB 高聚物粘结炸药 1 000 s 热爆炸临界温度测定结果表明,TATB 对配方的热感度有较大影响,TATB 含量与 T_{cr} 关系曲线的拐点约对应于 TATB 组分含量 80%。

(4) 加入较多石蜡或含氟粘结剂可使 HMX 的 1 000 s 热爆炸临界温度 T_{cr} 值下降,热稳定性降低。

参考文献:

- [1] Slape R J. [R]. MHSMP - 84 - 22, 1984.
- [2] McGuire R R, Hornig H C. The sensitivity of TATB and TATB formulations [R]. Summary Report, Lawrence Livermore Laboratory, University of California, UCID - 17808, 1978.
- [3] Bower J K, Rizzo H F. The formulation and initial testing of new HMX/TATB mixed high explosive plastic bonded composites [R]. Lawrence Livermore Laboratory, University of California, UCIR - 943, 1979.
- [4] 郑培森. 塑料粘结炸药配方研究中粘结系统和钝感系统探讨 [A]. 混合炸药 (含 B 炸药) 研讨会文集 (下) [C], 中国兵工学会火炸药学会, 湖南大庸, 1988.
- [5] 廖鸿铭. HMX/TATB 塑料粘结炸药撞击感度与爆轰能量的初步研究 [J]. 科技学报, 1988: 95 - 105.
- [6] Campbell A W. Customized explosives based on plastic bonded mixtures of TATB and HMX [R]. LAUR - 81 - 872, 1981.

Study on Thermal Properties of Polymer Bonded HMX/TATB

GAO Da-yuan, WEI Li-yuan, ZHENG Pei-sen, SHEN Yong-xing

(Institute of Chemical Materials, CAEP, Mianyang 621900, China)

Abstract: The thermal properties of polymer bonded HMX/TATB are studied by using DSC and critical temperature determination, and the influence of additives on HMX's thermal-sensitivity, such as TATB, binder, Al powder and wax is discussed as well. The results indicate that TATB alone gives only one exothermic peak whereas TATB containing 5% binder two exothermic peak. When HMX content is over 40%, the DSC exothermic peak temperature of polymer bonded HMX/TATB approaches to that of HMX. The content of TATB in formulation obviously affects the critical temperature (T_{cr}) of thermal explosion in 1 000 s. When TATB content is about 80%, T_{cr} increases greatly.

Key words: HMX; TATB; critical temperature of thermal explosion; thermal-sensitivity