

文章编号: 1003-1480 (2008) 03-0012-04

# 苦味酸钾对硝胺火药燃烧性能的影响

王志新<sup>1,2</sup>, 李国新<sup>1</sup>, 蒋新广<sup>1</sup>, 劳允亮<sup>1</sup>, 张建富<sup>2</sup>, 李浩<sup>3</sup>

(1. 北京理工大学爆炸科学与技术国家重点实验室, 北京, 100081; 2. 中国人民解放军驻四七四厂军事代表室, 辽宁 抚顺, 113003; 3. 总装备部驻大连地区军事代表室, 辽宁 大连, 116001)

**摘要:** 采用差示扫描量热仪(DSC)和小型密闭爆发器装置, 研究了 KP 对 RDX/NC、HMX/NC 和 NQ/NC 3 种硝胺体系火药燃烧性能的影响。实验证明: 含有 KP 的 3 种硝胺体系火药中各组分热分解具有较好的相对独立性, 具有较高火焰感度的 KP 能够调整 3 种硝胺体系火药热分解行为, 改善火药的点火性能, 提高火药的燃烧速度。

**关键词:** 硝胺火药; 苦味酸钾; 热分解; 燃烧

中图分类号: TQ562 文献标识码: A

## Effects of Potassium Picrate on the Combustion Property of Nitramine Powder

WANG Zhi-xin<sup>1,2</sup>, LI Guo-xin<sup>1</sup>, JIANG Xin-guang<sup>1</sup>, LAO Yun-liang<sup>1</sup>, ZHANG Jian-fu<sup>2</sup>, LI Hao<sup>3</sup>

(1. National Key Laboratory of Explosion Science and Technology, Beijing, 100081; 2. PLA Military Representative Office in No.474 Factory, Fushun, 113003; 3. Military Representative Office of the General Armament Department in Dalian, Dalian, 116001)

**Abstract:** The effects of potassium picrate on the combustion property of nitramine type powder containing RDX/NC, HMX/NC and NQ/NC were carried out by DSC and closed bomb tests. The results show that each component in the nitramine type powder containing potassium picrate, to some degree, can be decomposed independently, the potassium picrate with high flame sensitivity can adjust the thermal decomposition behavior of nitramine powder, improve the ignition property of nitramine powder and raise the combustion rate of nitramine powder.

**Key words:** Nitramine type powder; Potassium picrate; Thermal decomposition; Combustion property

硝胺火药具有高比冲、低腐蚀和少烟的优点, 但该类火药存在低压点火难、燃速低等问题, 直接影响其作用的稳定性和可靠性<sup>[1]</sup>。一般通过控制火药中硝胺含量、粒度及在火药中加入硝基胍(NQ)、多孔物质、燃烧改良剂等方法以缓解上述问题的发生<sup>[2-5]</sup>。

苦味酸钾(KP)是一种性能良好的快燃速延期药和点火药, 并具有较高的火焰感度<sup>[6]</sup>。热分析实验表明, 将 KP 引入到硝胺火药体系, 会对硝胺的热行为

起到调节作用, 同时改善硝胺类火药燃烧性能。

## 1 DSC 实验研究与结果分析

### 1.1 DSC 实验

采用美国 TA 公司 Q-10 型差示扫描量热仪(DSC), 试样约 1.0mg, 高纯氮气流量为 40mL/min, 升温速率 10°C/min。按上述条件对单质 KP、RDX、

收稿日期: 2008-03-03

作者简介: 王志新(1975-), 男, 工程师, 从事武器系统与运用工程研究工作。

HMX、NQ、NC 和表 1 各试样进行热分解实验。

表 1 3 种硝胺火药体系配方组成

**Tab.1 Formulations of the sample**

样本	w/%				
	KP	RDX	HMX	NQ	NC
1	80	10	0	0	10
2	60	30	0	0	10
3	45	45	0	0	10
4	30	60	0	0	10
5	80	0	10	0	10
6	60	0	30	0	10
7	45	0	45	0	10
8	30	0	60	0	10
9	80	0	0	10	10
10	60	0	0	30	10
11	45	0	0	45	10
12	30	0	0	60	10

1.2 结果与分析

1.2.1 实验结果

实验结果见表 2、图 1~4。

表 2 不同试样 DSC 分解的峰温

**Tab.2 The peak temperatures obtained from DSC curves of the nitramine powders**

样本	$T_{m1}/^{\circ}\text{C}$	$T_{m2}/^{\circ}\text{C}$	$T_{m3}/^{\circ}\text{C}$
KP	204	236	350
RDX	205	247	-
HMX	196	282	286
NQ	245	250	-
NC	211	-	-
1	204	236	347
2	200	237	347
3	201	242	345
4	202	245	344
5	208	272	351
6	209	270	348
7	209	272	350
8	209	272	348
9	205	-	350
10	203	209	364
11	202	212	368
12	203	242	364

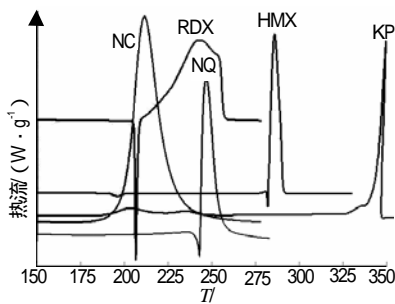


图 1 KP、RDX、HMX、NQ 和 NC 的 DSC 曲线  
Fig.1 DSC curves of KP、RDX、HMX、NQ and NC

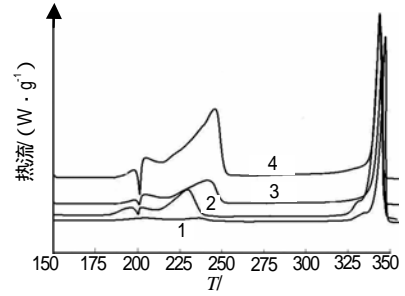


图 2 KP/RDX/NC 体系火药的 DSC 曲线  
Fig.2 DSC curves of KP/RDX/NC

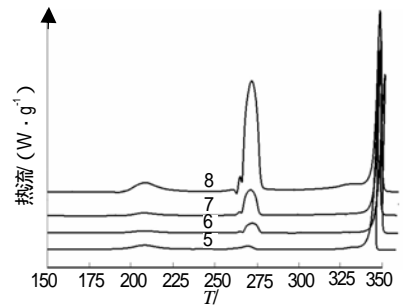


图 3 KP/HMX/NC 的 DSC 曲线  
Fig.3 DSC curves of KP/HMX/NC

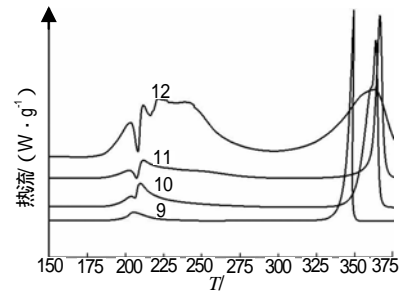


图 4 KP/NQ/NC 的 DSC 曲线  
Fig.4 DSC curves of KP/NQ/NC

1.2.2 分析

(1) 由表 2 数据可知，KP 加入 RDX/NC、HMX/NC 和 NQ/NC 3 种硝胺体系火药后，3 种火药中各含能组分的热分解具有较好的相对独立性。

(2) 由表 2 数据、图 1 和图 2 的 DSC 曲线可以看出，RDX 的热分解有两个不同的温度段，前 1 个温度段为熔融吸热段，峰值温度为 205，后 1 个温度段为分解放热段，峰值温度为 247；KP 的热分解有 3 个温度段，均为分解放热段，峰值温度分别为 204、236 和 350。随着 KP/RDX/NC 体系火药中 KP、RDX 含量及相互比例的变化，试样分解峰温呈现有规律的变化。随着 KP 含量的增多，DSC 曲线上 RDX

对应的熔化吸热现象逐渐“消失”，试样 1、2 中 RDX 的第 2 分解峰消失，试样 3、4 中 RDX 的第 2 分解峰温和 KP 的第 3 分解峰温均提前，RDX 的  $T_{m2}$  较单质 RDX 的 247 分别提前到 242 和 245。

(3) 由图 1 和图 3 的 DSC 曲线可以看出，HMX 的热分解有 3 个不同的温度段，前两个温度段为熔融吸热段，峰值温度分别为 196℃ 和 282℃，后 1 个温度段为分解放热段，峰值温度为 286℃。随着 KP/HMX/NC 体系火药中 KP、HMX 含量及相互比例的变化，试样分解峰温呈现有规律的变化。不同含量 KP 试样的 DSC 曲线上 HMX 对应的熔化吸热现象“消失”，随着试样中 HMX 含量增多，HMX 的第 3 分解峰越明显，而峰温  $T_{m3}$  由单质 HMX 的 286℃ 提前到 272℃ 左右。

(4) 由图 1 和图 4 的 DSC 曲线可以看出，NQ 的热分解有两个不同的温度段，前 1 个温度段为熔融吸热段，峰值温度为 245℃，后 1 个温度段为分解放热段，峰值温度为 250℃；随着 KP/NQ/NC 体系火药中 KP、NQ 含量及相互比例的变化，试样分解峰温呈现有规律的变化。不同含量 KP 试样的 DSC 曲线上 NQ 对应的熔化吸热现象“消失”。随着试样中 NQ 含量增多，试样中 KP 的第 3 分解峰温  $T_{m3}$  升高，NQ 第 2 分解峰明显显现，如试样 12 中峰温由单质 NQ 的 250℃ 提前到 242℃。

因此，不难看出 RDX、HMX 和 NQ 3 种硝胺物质热分解过程中均存在熔融吸热现象，可能会导致含有 3 种硝胺物的火药在点燃后，当火药吸收热量温度达到熔融吸热阶段时，所吸收热量中一部分提供给处于吸热熔阶段硝胺物所需的热量，其余部分则用于火药继续升温，因此，分解产物反应放出的热量就低，使表面燃烧得不到足够的热量支持，这可能是含硝胺火药不易点火和燃烧速度慢的主要原因。当加入 KP 后，由于在硝胺物处于熔融吸热温度段的同时存在 KP 分解放热行为，不但可以补充硝胺物在熔融时因吸热而使火药燃气损失的能量，而且使硝胺物的分解放热提前，药剂表面燃烧能够得到足够的热量，从而改善火药的点火性能，提高火药的燃烧速度。NC 热分解放热对 3 种火药体系吸热补偿也有一定贡献。但

在高含量 KP 硝胺火药中，NC 的含量仅有 10%，KP 含量均在 30% 以上，故其对火药体系吸热补偿的贡献大于 NC 的贡献。

## 2 密闭爆发器试验与结果分析

### 2.1 密闭爆发器试验

在 10mL 的密闭爆发器中，用 B/KNO<sub>3</sub> 点火药点燃表 1 各试样 0.8g，进行定容燃烧，根据  $P-t$  曲线计算各试样的点火延迟时间  $T_{ig}$ 、火药燃烧时间  $T$  和最大压力  $P_m$ 。试验结果见图 5~6 和表 3。

### 2.2 结果分析

在小型密闭爆发器做  $P-t$  曲线试验中，证实了上述 KP 对 3 种硝胺体系火药吸热与放热行为的相互补偿关系。由火药在小型密闭爆发器燃烧  $P-t$  曲线和表 3 数据可以看出，KP 对含 RDX、HMX 和 NQ 硝胺体系火药点火性能和燃烧速度均有不同程度的影响。

表 3 苦味酸钾对硝胺类火药燃烧性能的影响

Tab.3 Effects of different contents of KP on the combustion properties of the nitramine powders

样本	$T_{ig}/ms$	$T/ms$	$P_m/MPa$
1	0.41	0.46	5.36
2	0.58	0.78	5.87
3	0.94	0.92	6.36
4	1.20	0.98	6.95
5	0.89	0.73	5.81
6	1.47	0.46	7.67
7	-	-	-
8	-	-	-
9	0.29	0.13	6.53
10	1.66	0.32	6.14
11	2.86	1.28	6.00
12	-	-	-

注：表中“-”表示试样不能被点火药点燃。

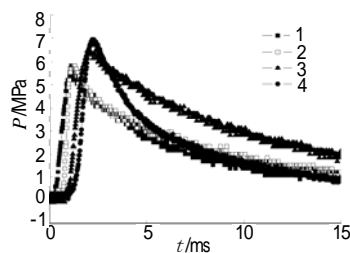


图 5 KP/RDX/NC 体系火药在小型密闭爆发器中的  $P-t$  曲线  
Fig.5  $P-t$  curves of the KP/RDX/NC powders containing different contents of KP obtained from closed bomb tests

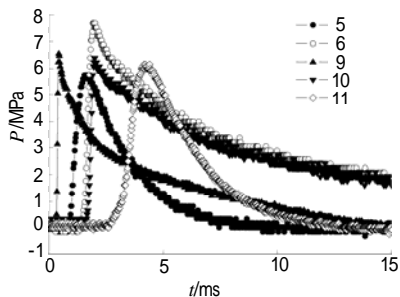


图6 KP/HMX/NC和KP/NQ/NC体系火药在小型密闭爆发器中的 $P-t$ 曲线

Fig.6  $P-t$  curves of the KP/HMX/NC and KP/NQ/NC powders containing different contents of KP obtained from closed bomb tests

当含RDX体系火药中的KP含量由30%增长到80%时,点火延迟时间由1.20ms减小到0.41ms,当含HMX体系火药中的KP含量由60%增长到80%时,点火延迟时间由1.47ms减小到0.89ms;当含RDX体系火药中的KP含量由30%增长到80%时,火药燃烧时间由0.98ms减小到0.46ms,当含NQ体系火药中的KP含量由45%增长到80%时,火药燃烧时间由1.28ms减小到0.13ms。

分析认为,一方面是由于KP热分解可以补充因硝酸物吸热熔融而损失的热量,使火药表面燃烧得到足够的热量,保证火药持续升温;另一方面是因为KP的热感度高,点火药产生的高温火焰和灼热固体颗粒使火药组分中的KP先于硝酸物被点燃,并产生高温燃烧气体,确保了火药持续升温,燃烧速度加快。

### 3 结论

(1) KP的加入可改善RDX/NC、HMX/NC和

NQ/NC 3种硝酸火药体系的热行为,体系中KP分解放热对硝酸物熔融吸热的补偿作用,可以使火药表面燃烧得到足够热量;同时,KP的分解放热也促使硝酸物分解放热提前,为火药的燃烧提供热量支持。

(2) 随着RDX/NC、HMX/NC和NQ/NC硝酸火药体系中KP含量的增加,其点火延迟时间 $T_{ig}$ 明显下降。KP的加入改善了硝酸火药的低压点火性能,使燃烧速度加快。

参考文献:

- [1] Hsieh W H, Li W Y. Combustion behavior and thermochemical properties of RDX-based solid propellants[J]. Propellants, Explosives, Pyrotechnics, 1998(23):128-136.
- [2] De Luca, Luigi, Cozzi Fabio, Germiniasi Gianfranco, Ley Ingo, Zenin Anatoli A. Combustion mechanism of an RDX-based composite propellant[J]. Combustion and Flame, 1999, 118(1-2): 248-261.
- [3] 刘德辉, 吴文清, 吕振忠. 硝酸推进剂点火性能研究[J]. 含能材料, 1997, 5(1):31-33.
- [4] 李新蕊, 赵宝昌, 杨栋, 等. 含多孔物质硝酸发射药的温感特性[J]. 弹道学报, 1998(1):75-79.
- [5] 杜成中, 杨雁. 硝基胍对硝酸发射药点火性能影响的实验研究[J]. 火炸药学报, 1999(4):27-29.
- [6] 盛涂伦, 马凤娥. 苦味酸钾的合成、性能及其应用[J]. 含能材料, 2004, 12(6):94-96.