

文章编号: 1006-9941(1999)04-0169-03

# 粘结剂对耐热无壳弹发射药燃烧性能的影响

徐赛龙, 白晓涓, 马忠亮, 张续柱

(华北工学院, 山西太原 030051)

**摘要:** 采用密闭爆发器实验方法, 研究了 PNP/PVB 配比及粘结剂中溶剂对无壳弹发射药燃烧性能的影响。结果表明: 粘结剂中采用含有甲乙酮的混合溶剂能增大无壳弹发射药的燃烧速度, 适当增大 PNP/PVB 之比值, 可较好地改善无壳弹发射药的燃烧性能。

**关键词:** 耐热无壳弹发射药; 粘结剂; 燃烧性能

**中图分类号:** TQ562

**文献标识码:** A

## 1 引言

无壳弹发射药作为一种集底火、发射药、弹丸为一体的新型小口径武器弹药, 具有燃烧后无残留物、在相应枪械上可实现高射频、高点射精度等优点<sup>[1]</sup>。该发射药中的粘结剂主要有两种成分: 一种是含能粘结剂聚硝基苯撑(PNP), 具有良好的耐热性; 另一种是聚乙烯醇缩丁醛(PVB), 具有透明、耐热和优异的机械性能, 与 PNP 的相容性很好, 均可溶于低沸点溶剂(如丙酮、乙酸乙酯等), 是一种良好的惰性粘结剂。配方中粘结剂含量不同, 会使无壳弹发射药的燃烧性能发生较大的差别, 而燃烧性能决定发射药弹道性能的优劣。因此, 为了优化发射药配方设计, 采用密闭爆发器实验方法研究 PNP/PVB 配比及粘结剂中溶剂对无壳弹发射药燃烧性能的影响, 具有十分重要的意义。

## 2 实验部分

### 2.1 无壳弹发射药药柱的制备

采用粘结剂/HMX/其它组分的配方体系, 按通常的工艺, 制备无壳弹发射药药柱。

### 2.2 密闭爆发器实验

仪器为一套组装的密闭爆发器系统, 燃烧室容积为 50cm<sup>3</sup>, 装填密度为 0.20g·cm<sup>-3</sup>, 测压区段为 0~350MPa, 采样时间间隔为 0.02μs。

## 3 结果与讨论

### 3.1 粘结剂 PNP/PVB 比对无壳弹发射药燃烧性能的影响

对发射药配方, 在 HMX/粘结剂相对含量不变的情况下, 改变粘结剂 PNP/PVB 配比, 分别进行 5 次密闭爆发器实验, 其数据见表 1。

表 1 PNP/PVB 比对无壳弹发射药燃烧性能的影响

Table 1 Effect of PNP/PVB ratio on the combustion behavior of caseless ammunition

药柱编号	PNP/PVB	不同燃去百分比下的压力梯度 (dp/dt)/MPa·ms <sup>-1</sup>					最大压力 p <sub>m</sub> /MPa	火药力 f/kJ·kg <sup>-1</sup>
		0.27	0.40	0.53	0.66	平均值		
1 <sup>#</sup>	1/3	118.274	154.790	260.365	282.045	203.869	314.188	1299.555
2 <sup>#</sup>	2/3	149.338	156.056	272.266	314.554	223.054	324.243	1342.946
3 <sup>#</sup>	3/3	160.045	203.712	346.125	402.858	278.185	332.406	1367.444

收稿日期: 1999-01-19 修回日期: 1999-09-17

作者简介: 徐赛龙(1973-), 男, 硕士, 从事新型复合材料研究, 已发表论文 3 篇。

由表1可看出,最大燃烧压力及火药力随着 PNP/PVB 比例的增大而增大,压力梯度 ( $dp/dt$ ) 值也明显增加,即意味着燃速增大。其中 3<sup>#</sup> 相对于 1<sup>#</sup>, PNP/PVB 比值增加了 200%,  $dp/dt$  增加了 5.8%, 其原因是: PNP 本身含能较高,增加了 PNP 的含量则增加了药柱的能量,燃烧压力也随之上升; PNP 含氧值较高, 3<sup>#</sup> 药柱中较多的 PNP 可以较好弥补 PVB 的负氧平衡<sup>[1]</sup>,使燃烧更加充分。同时,由图1可以看出, PNP/PVB/增塑剂的混合溶液的粘度随 PNP 含量的增加而减小,随 PVB 含量的增加而增加。所以, 3<sup>#</sup> 药柱的粘结剂体系的流动性较好,对 HMX 的包覆比较均匀,从而有利于 3<sup>#</sup> 药柱的燃烧。

已有实验证明<sup>[2,3]</sup>, PNP/PVB 的比值增大,药柱的耐热性提高。但 PNP 的相对含量不能过分增加,否则药柱力学性能下降。综合考虑无壳弹发射药的燃烧性能、耐热性能和力学性能, PNP 与 PVB 的比例存在一个优化问题。

表2 粘结剂中溶剂对无壳弹发射药燃烧性能的影响

Table 2 Effect of solvent in binder on the combustion behavior of caseless ammunition

药柱编号	溶剂组分	不同燃去百分比下的压力梯度 ( $dp/dt$ )/MPa · ms <sup>-1</sup>					平均值	最大压力 $p_m$ /MPa	火药力 $f$ /kJ · kg <sup>-1</sup>
		0.27	0.40	0.53	0.66				
4 <sup>#</sup>	乙酸丁酯	160.045	203.712	346.125	402.858	278.185	332.406	1367.444	
5 <sup>#</sup>	甲乙酮	248.939	703.736	951.738	978.464	720.719	333.339	1374.931	

从表2中看到,乙酸丁酯换成甲乙酮后, 5<sup>#</sup> 的  $dp/dt$  值显著增加,即燃速迅速增大;火药力也略微增大。因为, PVB、PNP 和混合溶剂中的乙酸丁酯、甲乙酮虽都属于极性物质,在此混合体系中,甲乙酮更有利于高分子线团的充分松懈,使高聚物分子链彼此分离而充分溶解<sup>[4]</sup>,同时,甲乙酮较乙酸丁酯挥发性大,药柱烘干后甲乙酮的残留量较少,对燃烧性能和弹道性能影响较小。在图2和图3中,观察药柱在发泡过

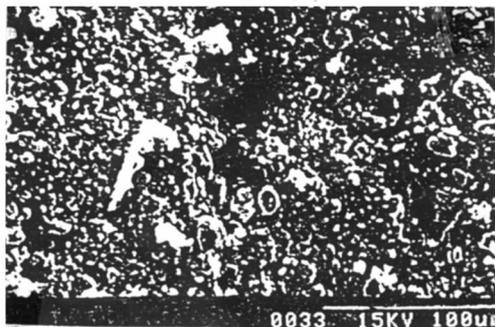


图2 4<sup>#</sup> 药柱扫描电镜照片(400倍)

Fig. 2 SEM photograph of 4<sup>#</sup> propellant (400 times)

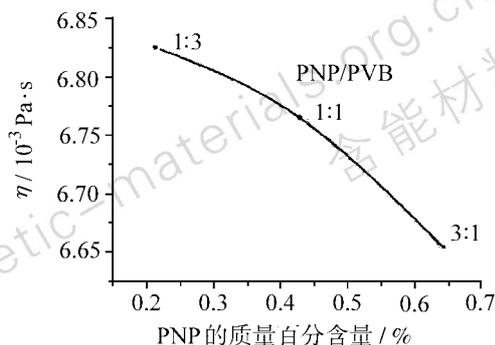


图1 PNP/PVB/增塑剂溶液中 PNP 含量对该体系粘度的影响

Fig. 1 Influence of PNP/PVB/plasticizer ratio on the viscosity

### 3.2 粘结剂中溶剂对无壳弹发射药燃烧性能的影响

配方中 HMX/PNP/PVB 的相对含量不变,将粘结剂用混合溶剂中的乙酸丁酯改为甲乙酮,分别制备几种发射药样品,对每一批号样品药柱作 5 次密闭爆发器实验,其数据如表2所示。

程中形成的孔洞, 4<sup>#</sup> 药柱的孔洞较小、分布不均匀;而 5<sup>#</sup> 药柱在发泡时因甲乙酮较易挥发,发泡形成的微孔较大、且分布较均匀,增加了燃烧面积。而且在图3中可以看出 HMX 在 PNP/PVB 粘结剂中分布得比较均匀、分散,从而提高了药柱的燃烧速率。

由表3还可以看出:在三种不同的温度下, 5<sup>#</sup> 发射药的抗压强度均相应地高于 4<sup>#</sup>。

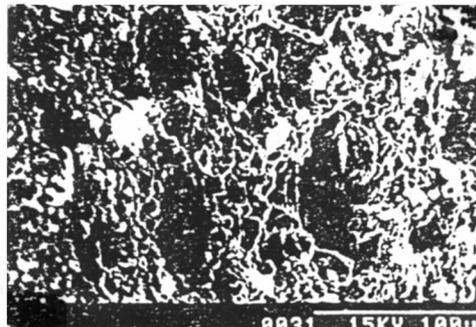


图3 5<sup>#</sup> 药柱扫描电镜照片(400倍)

Fig. 3 SEM photograph of 5<sup>#</sup> propellant (400 times)

表3 不同溶剂对无壳弹发射药药柱力学性能的影响

Table 3 Effect of different solvents on the mechanical properties of caseless ammunition

药柱 批号	溶剂组分	抗压强度 $\sigma_c$ /MPa		
		低温	常温	高温
4#	乙酸丁酯	30.504	19.401	29.182
5#	甲乙酮	32.102	21.490	36.962

#### 4 结论

(1) 在 HMX/粘结剂相对含量不变的条件下,适当增大粘结剂中 PNP/PVB 比例,能改善无壳弹发射药的燃烧性能。

(2) 粘结剂混合溶剂中的乙酸丁酯换为甲乙酮后,压力梯度显著增加,无壳弹发射药的燃烧性能有所改善。

#### 参考文献:

- [1] 屈红. PNP 在耐热无壳弹中的应用[J]. 火炸药学报, 1998, 21(2): 17~19.
- [2] 屈红. 无壳弹发射药耐热性能的研究[D]. 太原: 华北工学院, 1998.
- [3] 白晓涓. 耐热无壳弹中粘结剂力学性能的进一步研究[J]. 华北工学院报, 1999, 19(3): 7~11.
- [4] 金日光, 华幼卿. 高分子物理[M]. 北京: 化学工业出版社, 1990: 225~230.

## Effect of Binder on Combustion Behaviors of Heat-resisting Caseless Ammunition

XU Sai-long, BAI Xiao-juan, MA Zhong-liang, ZHANG Xu-zhu

(Department of Chemical Engineering, North China Institute of Technology, Taiyuan 030051, China)

**Abstract:** The effect of different ratio of PNP to PVB and different solvent in binder on the combustion behaviors of heat-resisting caseless ammunition was studied by using the manometric bomb test. The experimental results show that the mixed solvent containing ethyl methyl ketone in the binder can enhance the combustion rate of the caseless ammunition, and the properly enlarged ratio of PNP/PVB can improve the combustion behavior as well.

**Key words:** heat-resisting caseless ammunition; binder; combustion behavior