

新型含铜催化剂对 RDX/HTPB 推进剂 燃速影响的研究*

田德余 朱 慧 邓鹏图 曾志成 徐文英

(国防科技大学材料科学与应用化学系, 长沙, 410073)

陈 力 龚 华 刘训恩 唐松青

(中科院上海有机化学研究所, 上海, 200032)

摘 要: 用热分析方法筛选出两种含铜催化剂对 RDX/HTPB 推进剂进行了配方试验研究, 采用声发射法测定 4~8MPa 条件下药条燃速, 由实验结果可看出: 这两种新型含铜催化剂对提高燃速, 降低燃速压强指数有明显效果; 燃速可提高 42%, 压强指数可降低 14%, 经适当组合, 可进一步提高燃速, 降低燃速压强指数。

主题词: 燃烧催化剂, 燃速, 推进剂试验, 硝酸推进剂

分类号: V435.12

EFFECT OF COPPER-CONTAINING CATALYSTS ON COMBUSTION CHARACTERISTICS OF RDX/HTPB COMPOSITE PROPELLANTS

Tian Deyu Zhu Hui Deng Pengtu Zeng Zhicheng Xu Wenying

(Dept. of Material Science and Applied Chemistry,

National Univ. of Defense Technology, Changsha, 410073)

Chen Li Gong Hua Liu Xunen Tang Songqing

(Shanghai Inst. of Organic Chemistry, Shanghai, 200032)

Abstract: In this paper, thermal analysis method is applied to select two cupric catalysts, and the effect of those catalysts in RDX/HTPB propellant formula is studied experimentally. The acoustic radiating method is used to measure burning-rate of the propellants under the pressure condition of 4~8MPa. From the experimental results, it can be seen that the two new cupric catalysts are effective; they can improve burning-rate

by 42%, lower burning rate pressure exponent by 14%, If the catalysts are composed properly, they can improve burning rate and lower burning-rate pressure exponent more.

Subject terms: Combustion Catalyst, Burning rate, Propellant test, Nitramine propellant

1 引言

含 RDX 的固体推进剂的燃速低, 燃速压强指数高, 多年来国内外许多学者为提高硝酸胺推进剂的燃速, 降低其压强指数做了大量的研究工作^[1~3]。我们用热分析方法初步筛选出两种新型含铜催化剂, 对 RDX/HTPB 推进剂进行了配方试验研究, 采用声发射法测定了 4~8MPa 条件下的药条燃速, 由实验结果可以看出, 这两种催化剂对提高燃速, 降低燃速压强指数有一定的效果。

2 实验

2.1 催化剂与推进剂

我们用 DTA 及 DSC 对多种催化剂进行了筛选, 认为铜铬氧化物 (YB) 及有机铜 (I) 络合物 (QC) 较好。前者含 Cr14.75%, Cu81.86%; 后者含 Cu17.94%, 熔点 324.9°C。

RDX/HTPB 推进剂配方根据长期制备推进剂的经验确定, 选择以下配方作为研究硝酸胺推进剂提高燃速、降低压强指数的基础, 该推进剂采用浇注工艺在 $50 \pm 2^\circ\text{C}$ 下, 固化 7 天, 具体配方见表 1。

Table 1 Propellant formulations

No.	AP %	RDX %	HTPB binder and hardener %	Additives	YB %	QC %
1	50.0	25.0	12.5	12.5	0.0	0.0
2	50.0	25.0	12.5	12.5	1.0	0.0
3	50.0	25.0	12.5	12.5	0.0	1.0
4	50.0	25.0	12.5	12.5	0.9	0.9
5	50.0	25.0	12.5	12.5	0.0	1.5
6	50.0	25.0	12.5	12.5	0.0	2.0

2.2 热分析试验与燃速测定

热分析试验在 CDR-1 型差动分析仪上进行。升温速率为 $5 \sim 20^\circ\text{C}/\text{min}$, N_2 流量 50ml/min, 样品装在常压开口铝坩埚里^[4]。

采用声发射法测定燃速, 压强 4~8MPa, 药条为 $4\text{mm} \times 4\text{mm} \times 100\text{mm}$ 。

3 结果与讨论

3.1 热分解特性

用热分析仪测定出 AP、RDX、AP 和 RDX 混合物及加入催化剂后活化能值, 结果列于表 2 中。

Table 2 Activation energy of propellant components and catalysts

Sample name	Peak tem. $T_P/^{\circ}\text{C}$	Activation energy $E/(\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$
RDX	240	205
AP	Low tem. region 312	127
	High tem. region 467	218
RDX+AP (1:2)	217	188
AP+YB (97.5:2.5)	Low tem. region 310	81
	High tem. region 335	69
RDX+YB (95:5)	240	205
AP+QC (95:5)	313	127
RDX+QC (95:5)	223	192
RDX+AP+YB (32.5:65:2.5)	205	125
RDX+AP+QC (32.5:65:2.5)	220	168
RDX+AP+YB+QC (32:63:2.5:2.5)	220	96

由表 2 可以看出:

①AP 有降低 RDX 的活化能作用, 加入 AP 后 RDX 活化能由 205kJ/mol 降至 188kJ/mol。

②铜铬氧化物 (YB) 对降低 AP 活化能有明显效果, 高温段尤为显著, 使高温段的活化能由 218kJ/mol 降至 69kJ/mol, 而对 RDX 活化能无影响, 这说明该催化剂对提高含 AP 推进剂燃速效果显著。

③有机铜 (I) 络合物 (QC) 对降低 RDX 活化能有一定的作用, 可使 RDX 的活化能由 205kJ/mol 降至 192kJ/mol, 而对 AP 无催化效果。

④两种催化剂 (YB+QC) 组合对 RDX+AP 有明显的催化效果, 活化能由 188kJ/mol 降至 96kJ/mol, 这两种组合催化剂对提高含 RDX 及 AP 推进剂的燃速是有效的。

3.2 推进剂的燃烧性能

测定了两种新型含铜催化剂的 RDX/HTPB 复合固体推进剂在不同压强下的燃速, 计算了 4~8MPa 压强下的燃速系数与压强指数, 结果均列于表 3 中。加入两种新型合铜催化剂后燃速提高幅度见表 4。

由表 3、表 4 可以看出:

①加入铜铬氧化物催化剂后燃速提高幅度最大, 可提高 42%~43%。

②加入有机铜 (I) 络合物 (QC) 可降低 RDX/HTPB 推进剂的压强指数, 其压强指数可降至 0.39, 适当调整催化剂配比和压强范围, 压强指数还可进一步降低。

③根据配方性能的不同要求, 可将 YB 和 QC 催化剂按适当的比例复合以达到提高燃速和降低压强的指数的要求。

Table 3 Effect of catalysts on burn-rate, burning rate coefficient and pressure exponent of propellants

No.	$r/\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$				Burning rate coefficient	Pressure exponent
	4MPa	6MPa	7MPa	8MPa		
1	4.79	5.54	5.92	6.65	0.9055	0.45
2	6.44	7.46	8.46	9.43	0.8863	0.53
3	5.62	6.71	7.00	7.86	1.038	0.46
4	6.16	7.39	8.07	8.90	0.9105	0.52
5	5.69	6.53	7.07	7.43	1.364	0.39

Table 4 The degree of improving burning-rate of propellant after the catalysts was taken into

p/MPa		4	6	7	8
Catalyst					
YB	1.0%	34.45%	34.66%	42.91%	41.81%
YB	0.9%+QC 0.9%	28.6%	33.39%	36.32%	33.83%
QC	1.0%	17.33%	21.12%	18.24%	18.20%
QC	1.5%	18.79%	17.87%	19.43%	11.73%
QC	2.0%	15.66%	20.40%	21.12%	14.89%

4 结 论

(1) 铜铬氧化物 (YB) 对降低 AP 的活化能, 有机铜 (I) 络合物 (QC) 对降低 RDX 活化能, YB+QC 对降低 RDX/AP 活化能有明显效果。

(2) 铜铬氧化物 (YB) 对提高 RDX/HTPB 推进剂燃速显著, 含 YB 催化剂的推进剂比基础配方的燃速提高 42%~43%。

(3) 有机铜 (I) 络合物 (QC) 对降低 RDX/HTPB 推进剂的压强指数有明显效果, 其压强指数可达 0.39, 比基础配方降低 14%。

(4) YB 和 QC 催化剂对 RDX/HTPB 复合固体推进剂的工艺和力学性能无不利影响。

参 考 文 献

- [1] Cohen N S, Price C F. Combustion of Nitramine Propellants. J of Spacecraft and Rockets, 1975, 12
- [2] 宋洪昌. 硝胺复合固体推进剂燃速估算. 推进技术, 1989 (6): 38~45
- [3] Kubota N, Takizuka M, Fukuda T. Combustion of Nitramine Composite Propellants. AIAA 81-1582
- [4] 陈力, 龚华, 刘训恩 等. 两种新型含铜催化剂对 RDX/AP 催化热分解的研究. 第五届特种应用化学学术讨论会, 1994