

平台压强指数附加物“TCA” 与配方组分粒度和含量的关系*

涂永珍 王朝珍

(湖北红星化学研究所, 襄樊, 441003)

摘 要: 较详细地叙述了平台推进剂压强指数附加物“TCA”与推进剂组份的粒度、含量的关系。实验指出了催化条件下 TCA 与铝粉粒度在 $30\mu\text{m}$ 左右, AP 粒度 $d_{4.3}$ 在 $278\mu\text{m}$ 以下组成的配方可使 n 小于 0.1 ($4.9\text{MPa}\sim 14\text{MPa}$)。研究了配方含量变化与 n 小于 0.1 的平台推进剂关系, 用降压熄火表面的 SEM 观察结果解释了平台推进剂的机理。

主题词: 平台推进剂, 燃烧催化剂, 燃速, 压力效应, 硝胺推进剂

分类号: V512.3

INFLUNCE OF ADDITIVE “TCA” FOR PLATEAU PRESSURE EXPONENT ON GRAININESS AND CONTENT OF PROPELLANT INGREDIENTS

Tu Yongzhen Wang Chaozhen

(Hubei Red-Star Chemical Inst. Xiangfan, 441003)

Abstract: The influnce of additive “TCA” for pressure exponent of plateau propellant on graininess and content of propellant ingredients is stated in details in the paper. The experiments indicate that the propellant containing TCA, aluminium of granule about $30\mu\text{m}$ and AP of granula ($d_{4.3}$) below $278\mu\text{m}$ in diameter under catalytic condition can make pressure exponent n less than 0.1 ($4.9\sim 14\text{MPa}$). The correlation of the formulation content with plateau propellant which n is less than 0.1 is researched. The mechanism of plateau propellant combustion is interpreted based on the results observal from SEM of the depressing extinguish surface.

Subject terms: Mesa-Burning propellant, Combustion catalyst, Burning rate, Pressure effect, Nitramine propellant

1 引言

燃速压强指数低的复合推进剂不仅可使发动机处于稳态燃烧状态,而且可让发动机处于高压下工作,充分发挥推进剂的能量水平。对丁羟推进剂,我们已研制成功了压强 2.94~8.83MPa 范围内压强指数 (n 值) 小于或接近 0.2 的推进剂,也研制出了从压强 9.8~18MPa 之间的 n 为 0.2~0.3 的中、低燃速推进剂^[1,2]。本文则研究宽压强范围 (4.9~14MPa) n 小于 0.1 的平台推进剂。并着重介绍这种含关键组分 TCA 的平台推进剂 n 值与组分粒度、含量的关系。

2 附加物 TCA 与组分粒度、含量的关系

2.1 铝粉粒度

铝粉粒度在不同配方中呈现不同的燃烧行为。在含 TCA 的 RDX 丁羟平台推进剂中,这种特有的关系见图 1。

由图 1 说明,含 TCA 的 RDX 丁羟平台推进剂的 n 值与铝粉粒度大小关系极为密切,铝粉粒度在 30 μm 左右时压强指数最低,而铝粉粒度为 1~2 μm 时 TCA 对降低压强指数的效果最差。这说明在催化条件下的复合固体推进剂,只能采用某种粒度搭配才能发挥其最佳效果。

2.2 AP 粒度

对含 TCA 的低燃速丁羟推进剂,只能调整粗粒度 AP (40~60 目) 含量来调整总体配方的粒度,其粒度大小与 n 关系见表 1。

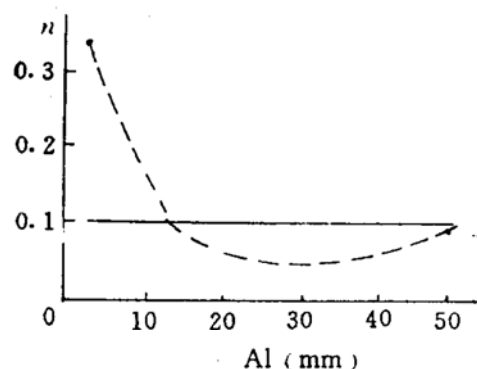


Fig. 1 The relation of aluminium particle size and n

Table 1 The effects of AP particle size on r , n ($r/\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$)

No.	$d_{4.3}/\mu\text{m}$	$r_{4.9}$	n (4.9~8.83MPa)	n (4.9~14MPa)
023	203.3	4.85	0.02	0.04
028	219.8	4.60	-0.01	0.04
024	243.3	4.52	0.07	0.05
025	278.8	4.43	0.10	0.10
026	292.4	4.27	0.14	0.16
027	302.2	4.29	0.14	0.14

由表 1 可知,以 40~60 目的粗粒度加入量多少调整总体系粒度 $d_{4.3}$,发现 $d_{4.3}$ 小于或等于 278 μm 的推进剂可获得 n 小于或等于 0.1,超过此粒度范围 n 值上升,但仍可以小于 0.2,而燃速随粒度变粗而下降。

2.3 RDX 的粒度

RDX 粒度对含 TCA 的 RDX 丁羟推进剂 n 、 r 值的影响,仅就市场上供应的普通型、特定

的超细型(大部分以<180目为主)、特粗(40~60目所占比例较大)粗略地进行了比较,结果见表2。

Table 2 The effects of RDX particle size on r , n

Order	RDX type	$r/\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$		n	p/MPa	Remarks
1	General	4.56	(4.90MPa)	0.08	4.9~14	Add decreaser
2	Super fine	4.68	(4.90MPa)	0.09	4.9~13	Add decreaser
3	Greater size	6.28	(6.86MPa)	0.34	2.94~8.83	Non add decreaser
4	General	5.54	(6.86MPa)	0.13	2.94~8.83	Non add decreaser

由表2中4个配方的比较,结合2.1、2.2节的研究,选用铝粉粒度 $30\mu\text{m}$ 左右、AP粒度 $278\mu\text{m}$ 以下、与普通型RDX共同使用,可获得宽压强范围内 n 值小于0.1的平台推进剂。

2.4 铝粉、草酸铵(AO)百分含量和RDX与AP的各种比例的正交设计

为了更进一步了解铝粉百分含量、RDX的加入量、及AO百分含量的范围等对 n 、 r 的影响,进行了一组正交设计,详见表3。

Table 3 The table of orthogonal design

Order	X1 (AO)	X2 (AP/RDX)	X3 (Al)	$r/\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$ (4.9MPa)	n (4.9~8.83MPa)
1	1	5.75	5	5.35	0.16
2	1	3.22	10	5.19	0.10
3	1	1.96	15	4.99	0.17
4	3	5.17	10	4.80	-0.03
5	3	2.83	15	4.56	0.08
6	3	2.29	5	4.64	0.15
7	5	4.75	15	4.11	-0.02
8	5	3.28	5	4.16	0.07
9	5	2.00	10	4.19	0.12

经过回归处理得到回归方程式为:

$$n = 0.3424 - 0.02407\text{AO} - 0.03203\text{AP/RDX} - 0.0069\text{Al}$$

$$r = 5.38 - 0.24996\text{AO} + 0.04501\text{AP/RDX} - 0.01266\text{Al}$$

实测结果与回归方程计算结果相吻合。

3 “TCA”在HMX丁羟体系中的作用

附加物“TCA”在RDX、HMX体系都是适用的,只是使用HMX其燃速稍比RDX推进剂低 $0.3\sim 0.5\text{mm/s}$ 如

HTPB/HMX/Al/AP/AO $S=87\%$ $r_{4.9}=4.25\text{mm/s}$ $n=0.08$ (4.9~8.83MPa)

Al=15% $r_{8.83}=4.46\text{mm/s}$ $n=0.08$ (4.9~14MPa)

HTPB/HMX/Al/AP/AO $S=87\%$ $r_{4.39}=4.25\text{mm/s}$ $n=0.06$ (4.9~8.83MPa)

Al=10% $r_{8.83}=4.54\text{mm/s}$ $n=0.06$ (4.9~14MPa)

其压强指数 n 值均小于 0.1。

4 结果与讨论

本研究的平台推进剂关键技术之一是压强指数附加物“TCA”。经过几年的配方性能考察,“TCA”对力学性能没有不良影响,它可使 25°C 下的强度 σ_m 大于或等于 0.75MPa,三个温度下的 ϵ_m 在 50% 左右,含“TCA”的丁羟平台推进剂 5 小时药浆粘度为 2000Pa·s 左右,压强指数在 4.9~14MPa 范围内的 n 值小于 0.1。燃速变化幅度也小。为保证平台推进剂的燃烧性能专门研究了在“TCA”附加物存在下的铝粉粒度的最佳使用粒度范围、AP $d_{4.3}$ 粒度范围和 RDX 粒度的组合的 n 值小于 0.1 平台推进剂。研究了 Al、AP、RDX 粒度对 n 值的影响

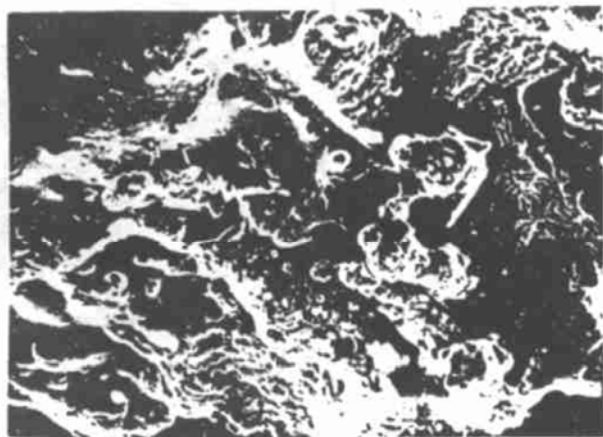


Fig. 2 The SEM photograph of flameout surface at 6.86MPa pressure

和 AP/RDX 质量比、AO 和 Al 的百分含量变化的 n 、 r 回归关系式,结果表明,丁羟推进剂中使用 TCA,在 RDX 含量为 12%~22%、Al 粒度 30 μm 左右、AP 粒度 278 μm 以下时都能获得平台推进剂。所用 TCA,是一种来源广、价格低、处理方便的化合物。

HTPB 是一种难熔的、不易流动的粘合剂,故压强指数较高。由于加入附加物 TCA,使得 RDX (HMX)/HTPB/AP 组份间产生一种热的综合效应,使 HTPB 流动性增加。从高压熄火表面下 SEM 照片上可见,燃面上存在大面积的熔融层。正因为熔融层的存在,可产生局部熄火,从而获得了平台效应(见图 2)。

参 考 文 献

- [1] 涂永珍. 丁羟推进剂燃速压强指数规律总结报告. 湖北红星化学研究所, 1993
- [2] 周兴明. 硝胺推进剂压强指数研究: [学位论文]. 襄樊: 湖北红星化学研究所, 1992