

某装药用双基推进剂的配方选择及实验^{*}

秦 能¹, 姚军燕², 贾延斌¹

(1. 西安近代化学研究所, 陕西 西安 710065; 2. 西北工业大学 化学工程系, 陕西 西安 710072)

摘 要: 为克服某起动用复合推进剂装药存在燃气残渣多的缺陷, 通过物性数据比较及内弹道性能计算, 从三个备选双基配方中选出一个与该复合装药性能相近的配方来替代它。对选出的双基配方进行了验证, 同时研究了辅助催化剂、辅助增塑剂、燃烧稳定剂对双基推进剂燃烧性能的影响。实验表明: 所选的双基推进剂能满足该起动用对装药的要求。

关键词: 双基推进剂; 复合推进剂; 燃烧性能; 内弹道性能

中图分类号: V512.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4055 (2003) 02-0183-03

Selection and conforming experiments of DB propellant replacing some composite charge

QIN Neng¹, YAO Jun-yan², JIA Yan-bin¹

(1. Xi'an Modern Chemistry Research Inst., Xi'an 710065, China;

2. Dept. of Chemical Engineering, Northwestern Polytechnical Univ., Xi'an 710072, China)

Abstract: To solve the problem that the composite propellant in some starter had the limitation of mass combustion residue, a double-base (DB) formulation was selected from three formulations by comparing the combustion performance and interior ballistic properties with that of the composite charge. The influences of some assistant catalysts, assistant plasticizer and combustion stabilizer on the combustion performance were studied. Experiments conform that the DB propellant can fulfill the demands of the starter.

Key words: Double base propellant; Composite propellant; Combustion performance; Interior ballistic performance

1 引 言

某起动用器采用一种低燃温、低燃速的复合药(以下简称 C 药)起动作。因复合药燃气残渣多,并且有大量粘度较大的液相产物^[1,2],不利于起动用器正常运作。为此,本文选择与 C 药性能相接近的双基配方替代复合药以降低残渣量。将双基配方作适当调整以满足性能要求,并通过实验分析探索了配方组成的改变对推进剂燃烧性能的影响。

2 双基配方选取

2.1 C 药装药特点

该药是一种减面燃烧的管状装药。其 0.5s 前的一次压强峰由点火具的性能、点火空间、装药燃速和

初始燃面等因素所决定。2s 时的压强在装药尺寸已定的情况下,主要由推进剂的燃烧性能(燃速、燃速压强指数)和能量特性(特征速度和密度)所决定。

2.2 双基配方与 C 药性能比较

目前,低燃温、低燃速双基推进剂有很多种,本文挑选了三种与 C 药的性能作了比较,结果见表 1。内弹道参数按装药尺寸及当量喷喉直径(d_k),经编程由微机算出,内弹道曲线见图 1。

推进剂 I 的起始平衡压强(10.71MPa)、最大压强(约为 13MPa 左右)、2s 时的压强(5.08MPa),均在使用范围内。与 C 药相比,推进剂 I 在燃速、燃温、密度等方面都接近,内弹道曲线(见图 1)也基本重叠一致,因此是首选推进剂。

推进剂 II 已用于某燃气发生器中,与 C 药相比,

* 收稿日期: 2002-04-30; 修订日期: 2002-06-03。

作者简介: 秦 能 (1970—), 男, 博士生, 工程师, 研究领域为固体推进剂配方与工艺研究。

高压(10MPa)燃速偏低,使初始平衡压强太低(仅6.89MPa),这可能对起动不利(刚起动时,活塞由静止到运动,要克服静摩擦力,所以起动时要有较大冲量)。鉴于此,该药仅作为备用配方。

推进剂Ⅲ的燃速偏高,能量偏高(见表1及图1),起始压强已超过使用要求,因此不宜选用。

Table 1 Characteristics of the propellants

No.	I	II	III
Burning rate $r/(mm/s)$	10 MPa 5.19 5 MPa 4.54	3.86 4.65	5.31 5.35
Burning rate formulations	$< 7\text{MPa } r = 2.984p^{0.27}$ $\geq 7\text{MPa } r = 4.195p^{0.09}$	$r = 23.179p^{-1.01}$ $r = 1.325p^{0.47}$	$r = 4.709p^{0.08}$ $r = 2.734p^{0.32}$
Characteristic velocity $C^*/(mm/s)$	1200	1216	1370
Density $\rho/(g/cm^3)$	1.54	1.546	1.58
Flame temperature T/K	~1700	1700	—
Balance pressure p/MPa	10.71	6.89	15.52
Pressure at 2s p/MPa	5.08	5.56	6.28

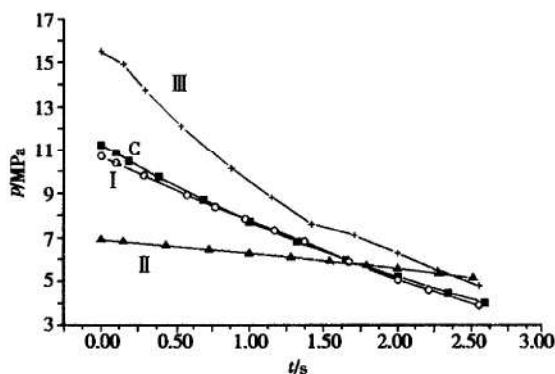


Fig.1 Curves of pressure versus time

3 试 验

3.1 试验配方

为进一步改善推进剂Ⅰ的性能,在原配方基础上,选择做了6个小配方试验,其中配方的主成份不变,仅调整了辅助增塑剂和辅助催化剂的含量以及燃烧稳定剂的加入量(见表2),在考察配方的同时,探索这些组分对推进剂燃烧性能的影响。

Table 2 Assistant composition of formulations(%)

No.	Plasticizer	Catalyst	Stabilizer
D-1	7	2	—
D-1A	7	2	0.8
D-2	7	1	—
D-2A	7	1	0.8
D-3	7.5	1	—
D-3A	7.5	1	0.8

3.2 样品制备及燃速测定

在55℃~60℃下吸收,吸收药团出料后,离心机脱水,经光辊压延机压延塑化成型(90℃~95℃)。试件规格:Φ5×150mm药条。燃速测试采用恒压静态燃速仪,按GJB770A-97方法706.1“燃速靶线法”测定20℃燃速。靶线之间的有效长度100mm。每个压强下同时测定五根药条燃速数据,然后进行统计处理,求出平均燃速,根据Vieille燃速方程 $r = ap^n$,通过线性回归方法求出压强指数 n 和系数 a 。

4 结果与分析

燃速测试结果见表3,内弹道性能计算结果见表4。

Table 3 Results of burning rate

Item	Burning rate $r/(mm/s)$					Coefficient a (4~15)MPa	Exponent n (4~15)MPa
	4MPa	7MPa	10MPa	12MPa	15MPa		
D-1	5.18	3.88	4.85	5.75	6.43	3.397	0.19
D-1A	4.75	6.27	7.12	7.20	7.41	3.069	0.34
D-2	5.49	5.08	5.05	5.55	6.53	4.477	0.10
D-2A	4.56	6.10	7.12	7.37	7.70	2.681	0.41
D-3	5.09	4.57	5.07	5.37	6.17	3.902	0.14
D-3A	5.20	6.77	7.70	8.07	8.28	2.990	0.41

Table 4 Characteristics of propellants

Item	Pressure p/MPa				Burning rate $r/(mm/s)$		Flame temperature T/K	Special impulse $I_{sp}/(daN \cdot s/kg)$	Characteristic velocity $C^*/(mm/s)$
	0.5 s	1.7 s	2 s	2.3 s	5MPa	10MPa			
D-1	10.96	5.82	5.48	5.16	4.62	4.85	1699.3	198.19	1213.3
D-1A	16.47	5.38	4.22	3.33	5.31	7.12	—	—	—
D-2	11.18	6.34	5.74	5.17	5.32	5.05	1740.7	200.54	1227.9
D-2A	18.11	5.08	3.99	3.17	5.12	7.12	—	—	—
D-3	10.90	6.04	5.55	5.09	4.87	5.07	1732.0	200.21	1225.9
D-3A	20.16	5.13	3.93	3.04	5.77	7.70	—	—	—

D-1, D-2, D-3 三个配方的性能与 C 药相近。在燃温、燃速及内弹道性能要求上已基本满足某起动器对装药的要求。通过实验验证了挑选出的推进剂 I 可作为该起动器装药。

辅助催化剂含量由 2% (D-1) 降到 1% (D-2) 时, 在 4MPa ~ 10MPa 下, 含量降低, 燃速有一定提高 (在 0.2mm/s ~ 1.2mm/s 间); 在 12MPa, 燃速下降了 0.2mm/s。在 7MPa ~ 12MPa 下, 含量降低, 对降低压强指数有较明显作用, 在 4MPa ~ 15MPa 范围内压强指数降低。辅助催化剂含量下降 (1%), 燃温提高 (41.4K)。

辅助增塑剂含量由 7% (D-2) 提高到 7.5% (D-3) 后, 燃速降低幅度为 0.2mm/s ~ 0.5mm/s, 低压 (4MPa ~ 7MPa) 下燃速降低幅度较高压下 (10MPa ~ 15MPa) 大, 对 10MPa 时燃速改变不大。辅助增塑剂增加使低压和高压下的压强指数降低幅度可达 0.2; 对中压 (7MPa ~ 10MPa), 辅助增塑剂增加, 压强指数也增加, 增加幅度达 0.27。在 4MPa ~ 15MPa 范围内压强指数略有升高。辅助增塑剂增加使燃温略有下降。

稳定剂加入后, 燃速有较大提高 (D-1A, D-2A 在 4MPa 例外), 高压下幅度更大, 可达 2.4mm/s。稳定剂的加入将增大压强指数, 幅度很大, 在 4MPa ~ 15MPa 范围内可使压强指数由 0.1 增加到 0.41。从总体上来看, 稳定剂的加入使燃速和压强指数有较大

变化, 且对装药的实际应用带来的均是负面影响, 今后可考虑减少加入量或换用其它稳定剂。

5 结 论

(1) 试样 D-1, D-2, D-3 已基本满足某起动器装药性能使用要求, 在此基础上适当微调, 即可全面满足该装药要求。推进剂 I 的调整配方可替代现有复合推进剂。

(2) 辅助催化剂含量改变, 对压强指数有明显影响, 影响大小与压强有密切联系。

(3) 辅助增塑剂含量改变, 对燃速、压强指数有影响, 影响大小也与压强相关。

(4) 稳定剂的加入能显著影响燃速及压强指数, 不同的压强范围有不同的影响程度。该稳定剂在本配方中, 不宜采用。

参考文献:

- [1] 张端庆. 固体火箭推进剂[M]. 北京: 兵器工业出版社, 1991.
- [2] 张续柱. 双基火药[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1997.

(编辑: 朱立影)

(上接第 174 页)

段末速度。从上述分析可知, 二次点火时的飞行速度并非越小越好, 存在最佳点火时间, 主要与火箭弹的倾角和飞行高度有关。从图中还可看出, 采用二次点火发动机时, 火箭弹的飞行高度增高, 这是因为在二次点火时, 火箭弹在当前飞行高度时速度较低, 空气阻力较小, 在二次推力加速时可达到更高的高度。这些均有利于减小阻力消耗, 从而增大射程。

6 结 论

(1) 二次点火发动机技术可以有效实现远程火箭弹增程最大的设计要求, 而且射程越大, 增程效果越大; 对于射程较小的火箭弹, 可以通过该技术降低最大飞行速度达到增程效果;

(2) 二次点火发动机的点火时间和总冲分配对射程的影响相互关联。当总冲分配小于一定值时, 射程

随着总冲分配比例的升高而增大, 而且增加幅度呈减小的趋势; 反之, 射程随着二次点火发动机总冲分配比例的升高而减小, 而且减小幅度呈增大的趋势;

(3) 二次点火发动机的总冲分配反映了火箭弹在飞行过程中的阻力分配特性, 即当二次点火发动机的总冲分配最佳时, 总的阻力消耗最小, 增程率越大。

参考文献:

- [1] 张济川. 机械最优化设计及应用实例[M]. 北京: 新时代出版社, 1990.
- [2] 徐明友. 火箭外弹道学[M]. 北京: 兵器工业出版社, 1989.
- [3] 董师颜, 张兆良. 固体火箭发动机原理[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1996.

(编辑: 朱立影)