

CL-20、DN TF 和 FOX-12 在 CMDB 推进剂中的应用

庞 军¹, 王江宁^{2,3}, 张蕊娥², 谢 波²

(1. 海装西安军代局, 陕西 西安 710068; 2 北京理工大学, 北京 100081;
3 西安近代化学研究所, 陕西 西安 710065)

摘 要: 首次在螺压 CMDB 推进剂中对 CL-20、DN TF、FOX-12 3 种高能量密度材料进行了应用研究, 发现这 3 种材料能在螺压工艺中安全地制成样品。当添加量为 50% 时, 4~ 22 MPa 压力指数小于 0.3~ 0.6; 添加 50% CL-20 或 DN TF 时, 改性双基推进剂的能量(爆热)高于添加 50% HM X 的改性双基推进剂。添加 3 种新材料后, 改性双基推进剂的安定性与同类推进剂相当。

关键词: 固体推进剂; CMDB 推进剂; 高能量密度材料; 燃烧性能; 机械感度

中图分类号: TJ 55; V 512

文献标识码: A

文章编号: 1007-7812(2005)01-0019-03

Application of CL-20, FOX-12 and DNTF in CMDB Propellant

PANG Jun¹, WANG Jiang-ning^{2,3}, ZHANG Ruie², XIE Bo²

(1. The Military Affairs Department for Naval Equipment of Xi'an, Xi'an 710068, China; 2 Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China; 3 Xi'an Modern Chemistry Research Institute, Xi'an 710065, China)

Abstract The application of the high energy density material (HEDM) CL-20, DN TF and FOX-12 in CMDB propellant were studied. It was found that the samples with above three materials may safely made by screw extrusion, when the quantity of additive is 50%, and there are low pressure exponent (less than 0.3~ 0.6) under the pressure between 4~ 22 MPa. The energy of the CMDB propellant added 50% CL-20 or DN TF is more than that added 50% HM X. The security of the CMDB propellant added three kinds of high energy density material is correspond to the same kind of propellants.

Key words: solid propellant; CMDB propellant; high energy density material; combustion performance; mechanical sensitivity

引 言

CMDB 推进剂是当今固体推进剂的重要品种, 特别是含 RDX (或 HM X) 的 CMDB 推进剂, 具有低特征信号特点, 是战术导弹优先选用的品种。螺旋压工艺中硝胺含量通常为 30% 左右, 近几年发展了硝胺含量为 50% 的高能改性双基推进剂, 实现了由 RDX (或 HM X) 添加量的量变到推进剂能量发生质变的转换。CL-20^[1]和 DN TF^[2]是一种新型高能量密度材料, FOX-12 是一种能量与 RDX 相当的钝感含能材料。目前, 国内外开展了将这些含能材料用于炸药装药的研究工作^[3,4], 但在推进剂中的研究还是空白。本文研究了 3 种新型高能量密度材料 CL-20、DN TF 和 FOX-12 在 CMDB 推进剂中的应用, 探索了这些新含能材料在 CMDB 推进剂应用中的工艺性、安全性、能量

特性和燃烧特性, 并得到有益的结论。

1 配方及工艺

1.1 配方

使用的基础配方是已成熟的含 50% 硝胺的螺压改性双基推进剂之一, 配方如表 1 所示。

表 1 含 HM X、CL-20、FOX-12 和 DN TF 的推进剂配方

Table 1 Formulations of propellants

配方代号	高能添加剂	含量 /%	黏合剂和增塑剂含量 /%	催化剂含量 /%	其它 /%
GL-178	HM X	50	42	3.8	4.2
GL-236	CL-20	50	42	3.8	4.2
GL-237	FOX-12	50	42	3.8	4.2
GL-238	DN TF	50	42	3.8	4.2

收稿日期: 2004-08-20

作者简介: 庞军(1963-), 男, 工程师, 从事导弹发动机及战斗部研究及质量监督工作。

1.2 工艺

使用传统的吸收、压延、压伸工艺,不同的是由于样品量的限制,用小型吸收器制备吸收小样,通过压延获得 $5\text{ mm} \times 5\text{ mm} \times 150\text{ mm}$ 的燃速药条样品,测试其燃速及压力指数等性能。

2 结果及讨论

2.1 工艺可行性实验

CL-20、FOX-12、DNTF 和双基黏合剂的相溶性、工艺安全性等未见公开发表的数据,为此制备了 50 g 样品,测试其相溶性,并进行了工艺实验,研究其工艺安全性。实验结果表明,CL-20、FOX-12、DNTF 与 RDX、HM X 相同,可以添加到以水为分散介质的吸收器中吸收。CL-20、FOX-12、DNTF 在

水中性能稳定,无放热等现象。压延时在采用的基础配方中 CL-20、FOX-12 的工艺性能和 HM X 相当,但 FOX-12 受其本身结构的影响,表现出压延成长的片状样品,表面光滑,像含有表面活性剂一样。DNTF 的工艺性能稍差于前者,表现为药软,即压延过程中在高温高压下药料粘性大,该现象可能和 DNTF 与 NG 之间有一定的溶解性有关。另外,在自然贮存过程中少量 DNTF 发生晶析,类似于 RDX 改性双基推进剂中 RDX 的晶析现象。

上述结果表明,CL-20、FOX-12、DNTF 可以采用螺压工艺进行试制。

2.2 燃速及压力指数试验

使用表 1 所示的基础配方,投料量 500 g ,相当于工艺可行性实验的放大实验,测试样品的燃速及压力指数,结果见表 2 和表 3。

表 2 表 1 所示配方的燃速

Table 2 Burning rate of the formulations in table 1

编号	$u/(\text{mm} \cdot \text{s}^{-1})$									
	4 MPa	6 MPa	8 MPa	10 MPa	12 MPa	14 MPa	16 MPa	18 MPa	20 MPa	22 MPa
GL-178					25.57	26.47	27.33	28.17	28.65	29.20
GL-236	19.63	23.35	26.46	28.90	30.61	31.75	33.22	34.21	35.59	36.90
GL-237	10.56	13.41	15.58	17.53	19.38	20.70	22.08	23.15	24.01	24.81
GL-238	17.47	22.09	25.15	27.88	30.03	31.95	34.36	36.54	38.86	41.32

表 3 表 1 所示配方的燃速压力指数

Table 3 Pressure exponent of the formulations in table 1

编号	燃速压力指数									
	4~6 MPa	6~8 MPa	8~10 MPa	10~12 MPa	12~14 MPa	14~16 MPa	16~18 MPa	18~20 MPa	20~22 MPa	
GL-178					0.22	0.26	0.26	0.16	0.20	
GL-236	0.43	0.43	0.40	0.32	0.24	0.34	0.25	0.38	0.38	
GL-237	0.59	0.52	0.53	0.55	0.43	0.48	0.40	0.35	0.34	
GL-238	0.58	0.45	0.46	0.41	0.40	0.54	0.52	0.58	0.64	

表 2 和表 3 结果表明,添加 CL-20 的 GL-236 配方,4~10 MPa 压力指数小于 0.43,10~22 MPa 压力指数小于 0.4。添加 FOX-12 的 GL-237,10~12 MPa 压力指数小于 0.6,12~16 MPa 压力指数小于 0.5,16~22 MPa 压力指数小于 0.4。添加 DNTF 的 GL-238 配方,6~14 MPa 压力指数小于 0.5,14~20 MPa 压力指数为 0.52~0.58。在 CL-20、FOX-12、DNTF 3 种高能量密度材料中,CL-20 在实验配方中压力指数最好,FOX-12 次之,而 CL-20 和 DNTF 的燃速与 HM X 配方相比高出 2~12 mm/s,FOX-12 的燃速较低。

2.3 能量实验

对样品进行爆热和密度实验,结果如表 4 所示。可见,含 CL-20 配方的爆热比含 HM X 配方高 5

1%,密度高 0.6%。FOX-12 的能量本身比 HM X 低,但爆热为何低 7.4%,有待进一步验证。DNTF 的能量和密度均比 HM X 高。

表 4 表 1 配方的爆热和密度

Table 4 Heat of explosion and density of the formulations in table 1

编号	高能添加剂	含量/%	爆热 $/(J \cdot g^{-1})$	密度 $/(g \cdot cm^{-3})$
GL-178	HM X	50	5 055.0	1.773
GL-236	CL-20	50	5 315.5	1.784
GL-237	FOX-12	50	3 783.0	1.689
GL-238	DNTF	50	5 124.5	1.689

2.4 感度试验

对样品进行摩擦感度、撞击感度测试,并与

HM X 配方进行了对比, 结果如表 5 所示。添加 CL-20、FOX-12、DN TF 的推进剂感度试验结果均在双基和改性双基正常范围内。

表 5 表 1 配方的机械感度

Table 5 Mechanical sensitivity of the formulations in table 1

编号	高能 添加剂	含量 /%	摩擦感度 /%	H_{50} /cm
GL-178	HM X	50		
GL-236	CL-20	50	34	34.2
GL-237	FOX-12	50	16	26.9
GL-238	DN TF	50	14	24.6

注: 试验温度为 16

2.5 安定性试验

用甲基紫试验研究推进剂的安定性, 试验结果如表 6 所示。

表 6 表 1 所示配方的安定性

Table 6 Methyl violet test of the formulations in table 1

编号	高能 添加剂	含量 /%	高能 添加剂	含量 /%	甲基紫变色 时间/m in	燃爆 实验
GL-178	HM X	50	HM X	50	70	5 h 不爆
GL-236	CL-20	50	CL-20	50	80	5 h 不爆
GL-237	FOX-12	50	FOX-12	50	45	5 h 不爆
GL-238	DN TF	50	DN TF	50	55	5 h 不爆

由表 6 可见, 添加 CL-20 后推进剂的甲基紫安定性优于 HM X 基础配方; 添加 FOX-12、DN TF 后推进剂的甲基紫安定性较低, 可能是杂质所致, 但爆燃实验均为 5 h 不爆。

2.6 讨论

上述试验所用工艺能够保证完成添加 CL-20、FOX-12、DN TF 的改性双基推进剂样品制造和工艺过程的安全性。安定性试验结果表明, 所制得的推进剂的安定性符合双基推进剂的基本要求。但是添加

CL-20、DN TF 的改性双基推进剂, 其燃速变化规律与添加 HM X 和 FOX-12 改性双基推进剂相反, 试验结果表明, 添加 HM X 后推进剂的燃速降低, 平台向低压移动^[5], 与 HM X 相比, 添加 CL-20、DN TF 的改性双基推进剂的燃速比前者提高 5~10 mm/s (12~22 MPa), 所以存在两种可能性, 一是 CL-20、DN TF 本身有提高燃速的作用; 二是 CL-20、DN TF 和 HM X 在推进剂中的燃烧机理不同。这两种可能性是今后研究工作需要解决的问题。

3 结 论

(1) 在实验配方中 CL-20、FOX-12、DN TF 表现了较好的燃烧性能, 压力指数达到了工程应用的要求。

(2) 添加 CL-20 推进剂的能量最高, DN TF 次之, FOX-12 最低。这些推进剂的感度和安定性可以保证其试制时的安全。

参考文献

- [1] 郑剑 新型含能材料——CL-20[J] 推进技术, 1994, 72(1): 65-72
- [2] 胡焕性, 张志忠, 赵凤起, 等 高能量密度材料 3, 4-二硝基咪唑基氧化咪唑性能及其应用研究[J] 兵工学报, 2004, 25(2): 155-158
- [3] 王亲会 DN TF 基熔铸炸药的性能研究[J] 火炸药学报, 2003, 26(3): 57-59
- [4] 陈鲁英, 杨培进, 张林军, 等 CL-20 炸药性能研究[J] 火炸药学报, 2003, 26(3): 65-67
- [5] 王江宁 双基和改性双基推进剂催化燃烧规律研究[D] 北京: 北京理工大学, 2004

(上接第 14 页)

(2) 一次烟透过率随铝粉含量的增加而降低。

(3) 二次烟的透过率与 AP 含量密切相关, 产生几率与温湿度有关。

(4) 因为本方法的测试结果与国军标所规定的风道法在原理及实验条件上存在一定差异, 下一步应对这两种方法进行对比研究, 基于朗贝尔定律找出两者数据之间的对比关系。

参考文献

- [1] A 达维纳 固体火箭推进技术[M] 张德雄译 北京: 宇

航出版社, 1997.

- [2] 王宏, 王吉贵, 王林梅 固体推进剂包覆层烟雾测试与表征技术研究[J] 火炸药学报, 2001, 24(3): 60-61
- [3] 邹德荣, 王宏, 刘桂生, 等 烧蚀材料烟雾信号测试研究[J] 特种橡胶制品, 2001, (2): 40-42
- [4] 盛德仁 激光角散射诊断气固两相流粒度及浓度的研究[J] 激光技术, 2000, (6): 163-166
- [5] 克利克苏诺夫, 红外技术原理手册[M] 俞福堂, 孙星南译 北京: 国防工业出版社, 1986
- [6] 徐根兴 目标和环境的光学特性[M] 北京: 宇航出版社, 1995