

文章编号: 1006-9941(2001)04-0150-03

低特征信号推进剂配方组分与特征信号的相关性研究

江会平, 洪晓斌

(湖北红星化学研究所, 湖北 襄樊 441003)

摘要: 研究了聚醚/硝酸酯(NE)/RDX体系低特征信号推进剂的组分与特征信号的相关性。理论计算结果表明, 当AP和Al含量分别降至10%和2%时, 燃气中 Al_2O_3 和HCl的总含量比丁羟推进剂降低87%以上; 测试了Al含量在1%~13%范围内2 cm和5 cm波段处的微波衰减。

关键词: 战术导弹; 隐身技术; 低特征信号推进剂; 微波衰减

中图分类号: V512.3

文献标识码: A

1 引言

现代战争对导弹隐身和精确制导的要求越来越高, 使低特征信号成为推进剂发展的一个重要方向。自60年代后期, 特征信号的范围已从最初的可见烟(焰)发展到包括可见和不可见的电磁波在内的可探测信号, 以及发动机羽烟对制导信号的干扰和衰减^[1,2]。双基推进剂燃烧火焰对微波和红外光的衰减作用很弱, 烟雾也较少, 但其能量较低, 低温力学性能差。复合推进剂为减少特征信号而降低Al粉含量后, 能量也大幅度下降。以聚醚/混合硝酸酯(NE)/黑索今(RDX)为特征组分, 并加有少量AP和Al等低特征信号推进剂, 综合了双基推进剂特征信号低和复合推进剂力学性能好的优点, 且具有较高的能量, 因而成为推进剂发展的方向之一^[3]。

本课题研究了以大剂量硝酸酯作为增塑剂的低特征信号新型推进剂的可见烟和微波衰减。

2 配方组分与特征信号的相关性

2.1 配方组分与燃烧产物中可见烟成分的相关性

表1列出了丁羟推进剂及聚醚低特征信号推进剂体系配方的组分。计算了固体含量为75%、 m_p/m_a (增塑剂与粘合剂预聚物的质量比)为1.9~3.0、Al为1%~5%、AP为10%~30%时推进剂燃烧产物中可

见烟的质量百分数, 结果见表1。

计算结果表明, 聚醚低特征信号推进剂羽焰中 Al_2O_3 和HCl的总含量比丁羟(HTPB)推进剂大大降低。Al含量为5%, AP为30%时, 燃烧产物中 Al_2O_3 和HCl的总含量比丁羟推进剂降低了66%; 当AP含量降至10%, Al含量降低到2%时, 燃气中 Al_2O_3 和HCl的总含量降低87%以上。

2.2 配方组分与微波衰减的相关性

微波衰减定义为发射信号强度与穿过羽焰后被接收到的信号强度的比值的对数, 即

$$\alpha = 10 \times \lg(W_0/W) \quad (1)$$

其中, α 为微波衰减; W_0 为发射信号强度, dB; W 为穿过羽焰后被接收到的信号强度, dB。

测试Al含量分别为1%、5%、9%、13%的四种聚醚/NE/RDX/AP/Al体系推进剂和Al含量为5%的HTPB/RDX/AP/Al体系推进剂配方微波衰减, 以BSF Φ 75发动机作为试验对象, 对发动机羽焰进行横向测量, 选择的微波信号是X波段的2 cm和5 cm两个波长, 微波衰减的测试在距喷管出口450 mm处。测试结果见表2。

从表2可以看出, 在所采用的实验条件下, 对于聚醚/NE/RDX/AP/Al体系低特征信号推进剂, 随着Al含量从1%增加到13%, 发动机羽焰对2 cm和5 cm波段的微波衰减都增大。根据国内外研究结果^[4,5], 微波衰减与推进剂Al含量呈指数关系, 其关系式为:

$$\alpha = ae^{bL} \quad (2)$$

式中, α 为微波衰减; L 为Al百分含量; a 、 b 为常数。

将测试数据按此式进行回归得出2 cm、5 cm波段

收稿日期: 2000-04-25; 修回日期: 2001-07-02

作者简介: 江会平(1966-), 男, 高级工程师, 硕士, 从事固体推进剂配方及性能研究。

的微波衰减值：

$$\alpha_{2\text{ cm}} = 0.1748e^{0.309L} \text{ (相关系数 } r = 0.9757 \text{)}$$

$$\alpha_{5\text{ cm}} = 0.1223e^{0.331L} \text{ (相关系数 } r = 0.9655 \text{)}$$

回归相关系数略低,可能是 Al 含量为 1% 的配方的测试结果相对误差较大的缘故,故以上关系式仅作参考。

此外,Al 含量为 5% 的聚醚/NE/RDX/AP/Al 体系推进剂与 HTPB/RDX/AP/Al 推进剂在 450 mm 处

的微波衰减相比,前者 2 cm 波段的微波衰减略高,5 cm 波段的微波衰减基本相当。这说明,对不同推进剂的同一种特征信号,仅在较窄的范围内具有可比性,不能就某一类特征信号(如微波衰减)笼统地进行比较;另一方面,不同推进剂特征信号的差别及其内在原因有待于深入研究。

表 1 推进剂燃烧产物中可见烟(雾)的成分

Table 1 Composition of visual smoke (fog) in combustion product ($p_c/p_e = 70/1$)

推进剂类型	配方组分的质量百分数/%						m_p/m_a	可见烟(雾)成分/%		可见烟(雾)降低百分数 ³⁾ /%	
	粘合剂	NE	RDX	Al	AP	S ²⁾		Al ₂ O ₃	HCl		
丁羟推进剂	13	-	-	18	69	87	-	34.0	21.4	0.0	
	7	18	64	1	10	75	2.6	1.9	3.1	91.0	
	7	18	62	3	10	75	2.6	5.7	3.1	84.1	
	7	18	60	5	10	75	2.6	9.5	3.1	77.2	
	7	18	70	5	0	75	2.6	9.5	0.0	82.9	
	聚醚低特征信号推进剂	7	18	65	5	5	75	2.6	9.5	1.6	80.0
		7	18	60	5	10	75	2.6	9.5	3.1	77.2
		7	18	50	5	20	75	2.6	9.5	6.2	71.7
		7	18	40	5	30	75	2.6	9.5	9.3	66.1
		6.26	18.74	63	2	10	75	3.0	3.8	3.1	87.5
6.5		18.50	63	2	10	75	2.8	3.8	3.1	87.5	
7.5		17.50	63	2	10	75	2.3	3.8	3.1	87.5	
8.5		17.50	63	2	10	75	1.9	3.8	3.1	87.5	

注：1) p_c 为燃烧室压强, p_e 为喷管出口压强；2) S 为配方固体含量；3) 可见烟(雾)降低的百分数通常以丁羟推进剂为参照配方。

表 2 微波衰减实验结果

Table 2 Experimental results of microwave attenuation

配方体系	Al 含量 /%	p_c /MPa	450 mm 处微波衰减/dB	
			$\lambda/2$ cm	$\lambda/5$ cm
聚醚/NE/RDX/AP/Al	1	5.91 ~ 6.51	0.17	0.11
	5	6.72 ~ 7.21	1.24	1.13
	9	6.94 ~ 7.37	3.38	2.85
	13	7.62 ~ 7.82	7.49	6.66
HTPB/RDX/AP/Al	5	7.20 ~ 7.65	0.93	1.22
		7.73 ~ 8.30	0.86	1.23

3 结果分析与讨论

推进剂排出的烟是由于推进剂燃烧不完全或热解,产生碳微粒或含有铝、铅、铜、铁的金属化合物生成的凝聚相颗粒,悬浮于空气中形成黑烟。雾是含高氯酸铵的推进剂燃烧形成氯化氢气体与空气中水凝结成的雾滴。通过以下途径,可以降低推进剂的微波衰减和燃烧产物中的可见烟(雾)成分：

a. 降低铝粉含量,以减少燃气中的 Al₂O₃ 及未完全燃烧铝的含量；

b. 降低 AP 含量(降至 10% ~ 20% 以下),同时提高硝胺含量,以减少燃气中 HCl 含量；

c. 提高配方中硝酸酯的含量,在提高能量的同时,减少燃气中因燃烧不完全及热解而产生的黑烟；

d. 在推进剂组分中尽量不使用电离能低的碱金属化合物;控制铅、铜、铁等金属化合物含量,以减少凝聚相氧化物形成的微粒子群。

参考文献：

[1] Hughes R C. Computational Investigation of Electron Production in Solid Rocket Plumes[R]. AIAA 93 - 2454.
 [2] 孟新强. 隐身技术和隐身武器的研究和应用现状[J]. 飞航导弹,1999(9): 40.
 [3] 庞爱民. 国外微烟推进剂发展概况[J]. 飞航导弹,1997(6): 44.
 [4] Davenas A. 固体火箭推进剂技术[M]. 张德雄,姚润森,徐涛清,等译. 北京: 宇航出版社,1997.
 [5] 杨京军. 硝酸酯推进剂中铝粉含量对微波衰减影响的初步研究[A]. 鄂州: 科工委推进剂专业组 9410 会议[C],1994.

Relationship between Formulation Constituents and Signature Characteristics of Low Signature Characteristic Propellant

JIANG Hui-ping, HONG Xiao-bin

(Red Star Institute of Chemistry, Xiangfan 441003, China)

Abstract: Relationship between formulation constituents and signature characteristics was studied in the title propellant, containing polyether, nitrate ester and RDX. Theoretical result showed that the total content of Al_2O_3 and HCl in the combustion gas could be up to 87 percent lower than common HTPB propellant, when the content of AP and Al was controlled lower than 10% and 2% respectively. Microwave attenuation at 2 cm and 5 cm wavelength was measured for diverse formulations, the content of Al changing from 1% to 13%.

Key words: tactical missile; stealth technology; low signature propellant; microwave attenuation

· 欢 迎 订 阅 · 欢 迎 邮 购 ·

《含能材料》

《含能材料》自 1993 年创刊以来,以其良好的质量受到国内外有关方面的好评,在国内外已经享有一定声誉。美国《化学文摘》、《工程索引》、俄罗斯《化学文摘》、国内《兵工文摘》、《中国导弹与航天文摘》、《中国化学文献数据库》已经大量收录本刊,并已提供 Internet 网上服务。从 1997 年开始,本刊已入编《中国学术期刊(光盘版)·理工 B》。

《含能材料》由中国工程物理研究院主办,其办刊宗旨是为从事猛炸药、推进剂和火药、烟火剂和火工品研究的科技人员服务。

《含能材料》的内容包括:关于含能材料(包括火炸药、推进剂、烟火剂等)及各种相关材料的合成与应用、加工与制造、理化性能分析与测试、爆炸与其作用、安全与可靠性、废水处理、环境保护等方面的学术论文及课题研究报告,在含能材料研究与实践中提出的新理论与新技术、建议与争鸣等文章。

本刊为季刊,每季末月出版,向国内外公开发行。本刊单价 4.00 元,全年订价 16.00 元。

邮发代号: 62-31

联系电话: (0816) 2485362

通讯地址: 四川省绵阳市 919 信箱 301 分箱

邮 编: 621900

凡未赶上邮局订阅者,请向编辑部邮购。请在汇款单上用正楷写清您的详细地址、邮编、姓名及欲购品种、数量。现供邮购的有: ①本刊各期: 第 1~9 卷各期(1993~2001 年) 4.50 元/本。②合订本: 第 1~3 卷(1993~1995 年)精装合订本,第 4~6 卷(1996~1998 年)精装合订本 60.00 元/本。上述价目包括邮费。