

# 碳纤维对低特征信号 XLDB 推进剂 力学性能影响的初步研究

<sup>1</sup> 庞 军, <sup>2</sup> 蔚红建, <sup>2</sup> 刘小刚, <sup>2</sup> 李旭利, <sup>2</sup> 樊学忠

(<sup>1</sup> 海军驻西安导弹设备代表室, 陕西 西安 710065; <sup>2</sup> 西安近代化学研究所, 陕西 西安 710065)

**摘 要:** 初步研究了不同基的碳纤维 (CF) 及其加入工艺对 XLDB 推进剂力学性能的影响。结果表明, CF 的加入提高了 XLDB 推进剂低温延伸率, 电镜照片显示粘接剂与 CF 有良好的粘接能力, 断裂是发生在粘接剂基体而不是发生在 CF 与粘接剂的接触面。

**关键词:** 碳纤维; 推进剂; XLDB; 力学性能

中图分类号: V512

文献标识码: A

文章编号: (2005)03-0023-03

## Influences of carbon fiber on mechanical characteristics of minimum signature XLDB propellant

<sup>1</sup>Pang Jun, <sup>2</sup>Yu Hongjian, <sup>2</sup>Liu Xiaogang, <sup>2</sup>Li Xuli, <sup>2</sup>Fan Xuezhong

(<sup>1</sup>Resident Representative Agency of Navy in Xi'an Modern Chemistry Research Institute, Xi'an, 710065, China; <sup>2</sup>Xi'an Modern Chemistry Research Institute, Xi'an, 710065, China)

**Abstract:** Effects of the difference of carbon fiber types and their associating addition technologies on the mechanical characteristics of minimum signature XLDB propellant were experimentally studied by means of uniaxial tensile test and SEM. The results indicated that maximum strain ( $\bar{\epsilon}_m$ ) of XLDB propellant at -40 °C were increased from 29.0% to 33.8% by addition of carbon fiber. Microstructures of fracture surface of XLDB propellant shown that the propellant was ruptured on the binder system rather than the interface between carbon fiber and binder system. Therefore, the carbon fiber might have strengthen effect on binder system of XLDB propellant.

**Key words:** carbon fiber; propellant; XLDB; mechanical characteristic

收稿日期: 2005-03-01; 修回日期: 2005-04-19。

作者简介: 庞军 (1963—), 男, 工程师, 研究领域为固体火箭推进剂。

## 1 引言

当前战术导弹对高能低特征信号推进剂有着迫切需求,因此需要研发一种综合性能优良,且价格便宜的高能低特征信号推进剂<sup>[1]</sup>。交联改性双基推进剂(XLDB)配方组成中采用RDX、NG、PTE或PEG等材料,而不加入过氯酸氨、铝粉,就可作为高能低特征信号推进剂。高能低特征信号的XLDB推进剂配方中的极性增塑剂的含量在24%以上,这可能是造成XLDB推进剂力学性能较差的原因之一。采用PTE、PEG为粘合剂的XLDB推进剂与NEPE推进剂在粘合剂体系组成上有相似之处,因此可采用NEPE推进剂力学性能调节技术来调节该推进剂力学性能。庞爱民对NEPE类推进剂力学性能调节技术做了如下归纳<sup>[2]</sup>:

- (1) 网络形态结构理论;
- (2) 网络双模或多模非均匀形变理论;
- (3) 中性聚合物键合剂理论;
- (4) 中间相(或过渡相)模量调节构想。

本研究基于上述理论模型拟在低特征信号XLDB推进剂中加入少量的CF以期改善推进剂的力学性能。

## 2 设备、仪器与主要原材料

### 2.1 原材料

RDX(H级):中国兵器工业集团公司805厂;  
PTE(羟值31.4mgKOH/g,官能度 $f \approx 1.8$ ):  
黎明化工研究院;

N-100, NG:中国兵器工业集团公司204所;  
CF:中科院山西煤化所。

### 2.2 推进剂配方组成与制备

推进剂配方组成如表1所示。

表1 推进剂配方

Tab.1 Propellant formula

组份	PTE+N-100	NC	RDX	NG	CF
含量/(%)	6~7	2	62	25	0.1

推进剂样品的制备采用配浆浇铸工艺,将各组份置于5L立式捏合机中,真空搅拌40分钟,然后真空浇铸于模具中,接着置于50℃的烘箱中,固化7天成型,脱模送测相关性能。

### 2.3 测试仪器与方法

测试仪器为:Instron公司的4505材料拉伸机, JFC-5800扫描电镜。

测试方法采用:GJB770A-97 4.1.3.1方法2。

## 3 结果与讨论

### 3.1 力学性能测试结果

对已制好的XLDB推进剂的高低温力学性能按照国军标进行了测试,结果见表2。

表2 力学性能测试结果

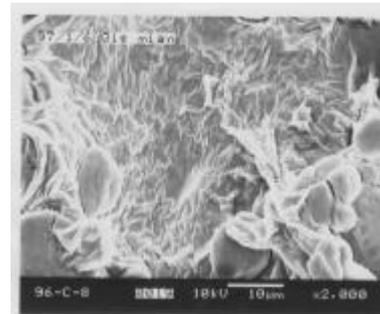
Tab.2. The result of mechanical properties testing

样品编号	+50℃		-40℃	
	$S_m$ /MPa	$e_m$ /(%)	$S_m$ /MPa	$e_m$ /(%)
A	0.41	19.5	1.31	20.3
B	0.41	22.0	1.98	29.3
C	0.45	20.9	1.08	33.8
D	0.41	21.1	1.40	29.0

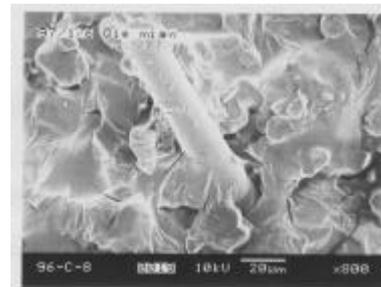
注:A:无CF;B: PAN基CF,加入液料;C:沥青基CF,加入液料中;D: PAN基CF,预混在固料中。

### 3.2 扫描电镜测试结果

对样品的切面和断面,利用电镜对样品B进行了形貌观察,见图1~2。



(a)



(b)

图1 B的切面形貌

Fig.1 Photo of SEM for cross-sectional profile

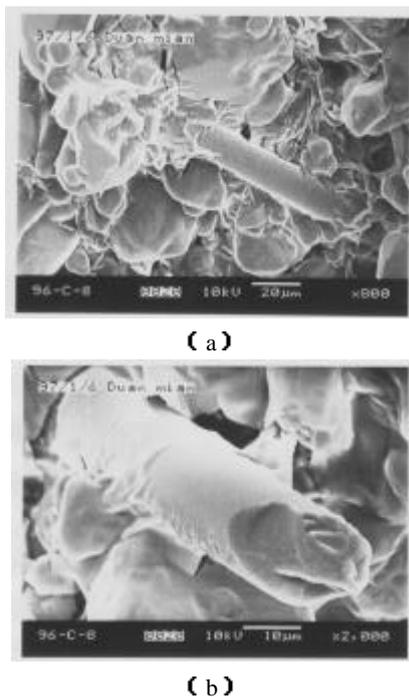


图2 B的断面形貌

Fig.2 Photo of SEM for stretch fracture profile

### 3.3 讨论

(1) 力学性能的测试结果表明, CF 不论是 PAN 基还是沥青基均使推进剂的低温延伸率提高 50%左右, 但高温强度未能得到改善。这与一般情况下 CF 提高复合材料强度的一般结论相矛盾, 可能的原因是: 在高增塑比体系中键合剂选择适当可认为推进剂断裂发生在基体内因而提高强度需提高  $E_m \cdot P$ ; 提高延伸率应降低  $C$ ,  $E_i$  和  $E_m$  且  $(E_m/E_i)$  越大越好<sup>[3]</sup> ( $E_m$ : 基体杨氏模量;  $P$ : 环境压力;  $C$ : 应力集中系数;  $E_i$ : 中间相的杨氏模量)。由于 CF 的加入不能够提高交联密度, 因而它对  $P$  的提高有限, 而根据短纤维的混合定律<sup>[4]</sup>:

$$s_m = \bar{s}_f V_f + s_{ml} V_{ml}$$

式中,  $s_m$ 、 $\bar{s}_f$ 、 $s_{ml}$  分别为复合材料的断裂应力、纤维的断裂应力、粘合剂的断裂应力;  $V_f$ 、 $V_{ml}$  为纤维和粘结剂的体积参数。纤维体积分数很关键, 而研究中所用纤维体积分数为 0.1%左右, 因而  $E_m$  的提高有限, 对  $E_m \cdot P$  之值更不可能大幅度提高, 所以推进剂的抗拉强度未改善, 而 CF 的加入可以使  $E_m/E_i$  之值可能提高较大, 因而低温延伸

率提高较多。

(2) 从推进剂 B 的断面及切面形貌的扫描电镜图片中可看出固体粒子表面未裸露, CF 表面也未裸露, 因此可认为断裂是发生在粘合剂相而未发生在 CF 与粘合剂接触面。在 NEPE 推进剂力学性能研究中, 由于大剂量的强极性增塑剂的存在使得利用网络形态结构调节 NEPE 类推进剂力学性能的技术措施受到了限制, 研究者认为可以采用微相分离促进剂, 离子化两种技术措施改善 NEPE 类推进剂力学性能<sup>[3,5]</sup>。由于 CF 不溶于硝酸酯, 而且电镜照片也显示推进剂断裂未发生在纤维与粘合剂的接触外, 因此 CF 可作为一种调节粘合剂聚集态结构的填料加入, 从而有可能引起粘合剂的相分离以达到调节推进剂力学性能的目的。

## 4 结论

(1) CF 的加入提高了低特征信号 XLDB 推进剂的低温延伸率并且与 CF 加入的工艺及 CF 品种无关。

(2) 断裂未发生在 CF 与粘合剂的接触面, 因而 CF 有可能作为一种 NEPE 类推进剂网络形态调节剂, 可以拓宽 NEPE 类推进剂力学性能调节的技术手段。

(3) CF 要改善推进剂的高温强度, 需提高 CF 的加入量, 或对 CF 加以处理, 使其功能化。

### 参考文献:

- [1] 李静峰, N-15(I) 廉价高性能推进剂研究[C], 高能推进剂及新材料研讨会论文集, 1998.
- [2] 庞爱民, NEPE 类推进剂力学性能调节新技术[J], 固体火箭技术, 2002, 20(3).
- [3] 庞爱民, 复合固体推进剂过渡相(中间相)力学模型[J], 推进技术, 1998, 19(5).
- [4] 宋焕成, 等, 聚合物基复合材料[M], 北京: 国防工业出版社, 1986.
- [5] 赵孝彬, 等, 聚氨酯弹性体及其微相分离[J], 高分子材料科学与工程, 2002, 18(2).

(编辑: 马杰)