

文章编号: 1006-9941(2007)01-0070-03

可膨胀石墨用作抗红外/毫米波双模发烟剂的研究

潘功配, 关华, 朱晨光, 陈昕
(南京理工大学化工学院, 江苏南京 210094)

摘要: 为了获取一种性能较佳的毫米波发烟剂材料, 就 JF-150 可膨胀石墨对 3 mm 和 8 mm 波的衰减性能进行了实验研究, 在此基础上, 以 JF-150 可膨胀石墨作为重要组分设计了一种抗红外/毫米波发烟剂配方, 采用红外热像仪及毫米波辐射计测试了该发烟剂形成的烟幕对 3 mm 和 8 mm 波的衰减特性。结果表明, 可膨胀石墨对 3 mm 和 8 mm 波单程最大衰减分别为 17.0 dB、16.6 dB, 优于铝箔条衰减效果; 60 g 可膨胀石墨发烟剂对 3 mm 和 8 mm 波单程最大衰减值均大于 10 dB, 干扰时间约为 20 s。可膨胀石墨是一种用于制造抗红外/毫米波双模发烟剂的良好材料。

关键词: 军事化学与烟火技术; 可膨胀石墨; 红外; 毫米波; 衰减

中图分类号: TJ53

文献标识码: A

1 引言

膨胀石墨(Expansive Graphite, EG)为疏松多孔“蠕虫”状物质, 密度低, 在空气中飘浮性能好, 在高温下膨胀容积可以达到数十倍至数百倍。利用可膨胀石墨的这些特性, 德国公司研制了全波段发烟剂^[1], 其配方为: 可膨胀石墨 48%; 高氯酸钾 23%; 镁粉 16%; 石墨粉 6%; 燃速调节剂(黑火药或偶氮二酰胺)4%; 粘合剂(硝化纤维素或酚醛树脂)3%。据称该发烟剂燃烧形成的烟幕对红外及毫米波均具有衰减作用。

本文在研究可膨胀石墨(JF-150)的毫米波衰减特性基础上, 将可膨胀石墨添加到抗红外发烟剂中, 对其红外、毫米波衰减性能进行了研究, 试图获取一种性能较佳的抗红外/毫米波双模发烟剂材料。

2 可膨胀石墨发烟剂的研究

2.1 JF-150 可膨胀石墨对毫米波的衰减特性

2.1.1 样板制作

试验样板由框体、透明胶带组成, 胶带平整地粘结在框体的四框上, 框体材料采用对毫米波透明的聚苯乙烯泡沫板, 框内尺寸为 9 cm × 9 cm。将粒径约为 200 ~ 450 μm 的可膨胀石墨高温膨化后, 称取 60 mg (精确至 0.0001 g) 膨胀石墨(或其它干扰物)均匀地分散在样板上。

2.1.2 测试方法

试验测试框图如图 1 所示, 主要测试仪器由 3 mm (8 mm) 毫米波噪声发生器、接收器以及数据采集与处理系统等组成。试验样板放在噪声发生器和接收器之间^[2]。

首先测未放干扰物(空样板)时, 毫米波接收器所记录的 3 mm (8 mm) 波信号电压值, 然后更换为含有膨胀石墨样板, 再测毫米波接收器 3 mm (8 mm) 波信号电压值, 根据式(1)计算被测试样对毫米波的衰减值 A :

$$A = -20 \log \frac{U}{U_0}$$

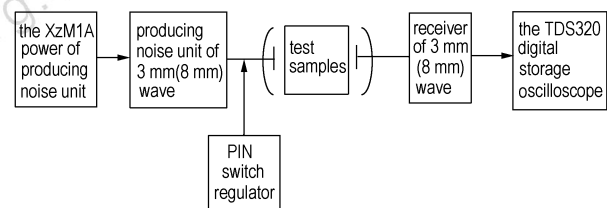


图 1 毫米波衰减测试装置示意图

Fig. 1 Diagram of millimeter wave attenuation test

2.1.3 试验结果

为了考核膨胀石墨对毫米波的衰减效果, 本试验还选用对毫米波具有良好衰减性能的铝箔条进行了对比, 将长度为 1 ~ 5 mm 铝箔条制成铝箔条样板。试验结果见表 1。

由表 1 可见, 可膨胀石墨对 3 mm、8 mm 波具有较强的衰减作用, 并且明显优于铝箔条。其对 3 mm 波单程最大衰减可达 17.0 dB, 对 8 mm 波单程最大衰减

收稿日期: 2005-09-19; 修回日期: 2006-06-06

基金项目: 国防预研基金资助项目(404040502)

作者简介: 潘功配(1945-), 男, 博士生导师, 从事军事化学与烟火技术研究。e-mail: pangongp@163.com

可达 16.6 dB,而目前广泛使用的铝箔条毫米波干扰材料,对 3 mm 波和 8 mm 波单程最大衰减分贝值分别

只能达到 7.4 dB 和 4.1 dB,可膨胀石墨材料对毫米波的衰减作用优于铝箔条材料。

表 1 膨胀石墨与铝箔条对 3 mm 和 8 mm 波衰减结果

Table 1 The results of attenuation performance of expanded graphite and aluminum foil to 3 mm and 8 mm wave

wave band/mm	blank samples		expanded graphite		aluminum foil samples		attenuation decibel/dB	
	signal voltage		samples signal		signal voltage		expanded graphite	aluminum foil
	peak value/mV		voltage peak value/mV		peak value/mV			
3	258		36.7		113		17.0	7.4
8	317		46.9		197		16.6	4.1

2.2 可膨胀石墨发烟剂的配方设计及制备方法

可膨胀石墨发烟剂配方为：可膨胀石墨(牌号为 JF-150,粒度为 300 ~ 450 μm)40% 左右、镁粉 20% 左右、氧化剂及其它红外活性添加剂等 40% 左右。

制备方法：试验前先按设计配方称取各组分,然后将各组分混合均匀,压制成质量 $G = 60\text{ g}$ 、直径 $\Phi = 37.5\text{ mm}$ 、密度 $\rho = 1.5\text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 的药柱试样。

2.3 可膨胀石墨发烟剂对毫米波的衰减特性

2.3.1 测试仪器及测试方法

烟幕特性测试评价在烟箱中进行,烟箱容积为 20 m^3 ,光程为 6.1 m。主要测试仪器有军用 II 类组件红外热像仪(8 ~ 12 μm)及黑体靶标;毫米波传输测试系统,即毫米波发射、接收装置和数据采集及处理系统,发射功率大于 100 mW。

测试步骤：将烟箱内的温度调整到 20 ~ 25 ℃、相对湿度调整到 60% ~ 65%,将试样置于烟箱中,在药柱点燃前 30 s,开启烟箱内的风扇,适当控制风速,使试样药柱在燃烧过程中始终处于搅拌状态;启动毫米波传输测试系统、红外热像仪及连接在红外热像仪上的录像机,并开始连续采集数据。

2.3.2 测试结果分析

测试结果见图 2 ~ 图 5。

图 2 为未释放烟幕前红外热像仪上的靶标图像,由图可以看出,靶标图像清晰;图 3 为发烟剂产生的烟幕对热像仪干扰效果,由图可以看出,烟幕干扰了红外热像仪,靶标图像模糊;将图 3 热像仪上靶标热图转换为透过率,其燃烧时间(t)与烟幕透过率(T)关系曲线如图 4 所示,由图 4 可以看出,当发烟剂刚开始燃烧的时候,透过率为 100%,而随后大幅度降低到 30%,并持续了 5 min 以上,说明烟幕稳定性较好。

图 5 为 60 g 发烟剂产生的烟幕对 3 mm 和 8 mm 波的衰减曲线,由图可以看出,发烟剂对 3 mm、8 mm 波衰减值均大于 10 dB,干扰时间约 20 s。在试样燃烧

过程中,产生的烟幕对 3 mm、8 mm 波的衰减性能一直比较稳定。



图 2 未释放烟幕前红外热像仪的靶标

Fig. 2 IR thermal image set target before discharging smoke



图 3 60 g 发烟剂产生的烟幕对热像仪干扰效果

Fig. 3 Interfering effect of smoke formed by 60 g composition to IR thermal image set

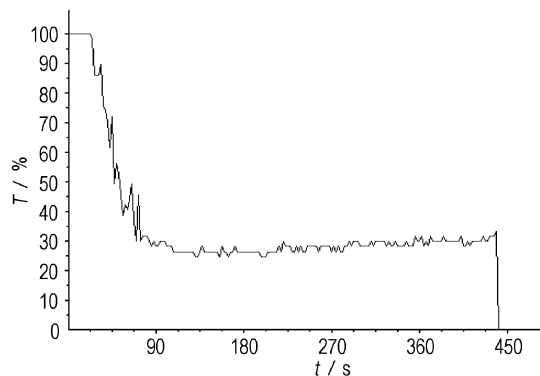


图 4 60 g 发烟剂烟幕的透过率曲线

Fig. 4 Transmittance curve of smoke formed by 60 g composition

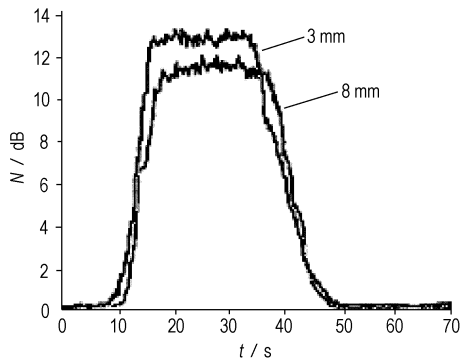


图5 烟幕对3 mm和8 mm波衰减曲线

Fig. 5 Curves of smoke attenuation to 3 mm and 8 mm wave

烟幕对毫米波具有衰减作用的主要原因是发烟剂组分中含有可膨胀石墨,由可膨胀石墨膨胀机理可知,当发烟剂燃烧时,氧化剂与还原剂镁反应产生的热量将可膨胀石墨膨化成疏松多孔的蠕虫状膨胀石墨,由于膨胀石墨体积密度只有 $1.25 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$,能随着热气体升入空中形成悬浮粒子。而膨胀石墨的微孔状结构及其导电性,使入射电磁波被吸收和散射而被衰减,悬浮的膨胀石墨对3 mm、8 mm波均具有较好衰减作用^[3]。

3 结论

膨胀石墨对3 mm、8 mm波具有较强的衰减作用,并且明显优于铝箔条,应用可膨胀石墨制备的抗红外/毫米波双模发烟剂,其烟幕对远红外的透过率较低,对3 mm、8 mm波衰减能力强,可膨胀石墨是一种用于制造抗红外/毫米波双模发烟剂的良好材料。

参考文献:

- [1] Krone, Uwe, Moller, et al. Pyrotechnic smoke composition for camouflage purposes[P]. USP 5656794. 1997.
- [2] 关华. 抗红外/毫米波双模发烟剂技术研究[D]. 南京: 南京理工大学博士学位论文, 2005.
GUAN Hua. Research on anti-IR/MMW compound smoke composition technology[D]. Nanjing: Nanjing University of Science & Technology, 2005.
- [3] 关华, 潘功配, 朱晨光, 等. 一种燃烧型抗红外/毫米波双模发烟剂研究[J]. 火工品, 2004(3): 13-15.
GUAN Hua, PAN Gong-pei, ZHU Chen-guang, et al. Study on a combustion smoke composition for anti-infrared and anti-millimeter wave [J]. *Initiators & Pyrotechnics*, 2004(3): 13-15.

Study on anti-IR/Millimeter Wave Smoke Composition with Expansive Graphite

PAN Gong-pei, GUAN Hua, ZHU Chen-guang, CHEN Xin

(School of Chemical Engineering, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China)

Abstract: For obtaining a good millimeter wave smoke materials, the attenuation performance to 3 mm and 8 mm wave of JF-150 expansive graphite was studied. Furthermore, the anti-IR/millimeter wave smoke composition with JF-150 expansive graphite was designed. The attenuation performance of the smoke formed by mentioned composition was also studied by the IR thermal image set and millimeter wave radiometer. The results show that the unilateralism maximum attenuation to 3 mm and 8 mm wave of expansive graphite are 17.0 dB and 16.6 dB, respectively, and better than that of the aluminum foil; the unilateralism maximum attenuation to 3 mm and 8 mm wave of 60 g expansive graphite are higher than 10 dB, the interference time is about 20 s. The expansive graphite is a good material for producing the anti-IR/millimeter wave smoke composition.

Key words: military chemistry and pyrotechnics; expansive graphite; infrared; millimeter wave; attenuation