

一种烟光箔片的实验研究

朱晨光, 潘功配, 关华, 周遵宁

(南京理工大学化工学院, 江苏 南京, 210094)

摘 要: 介绍一种选用特殊材料、特殊形状并涂敷上一层烟火药的箔片, 这种箔片被点燃后散布到空中时, 可以干扰红外成像、毫米波雷达和双色制导武器。本文分析了影响这种箔片辐射性能的涂敷工艺, 进行了红外辐射强度测试, 结果表明: 涂敷相同厚度而稠度不同的烟火药, 稠度大的箔片红外辐射强度偏低; 涂敷稠度相同的烟火药, 涂层厚的箔片辐射强度偏高。为提高箔片燃烧一致性, 应采用严格工艺手段控制。

关键词: 箔片; 红外辐射强度; 涂敷; 雷达; 稠度

中图分类号: TQ567

文献标识码: A

Experiment Study on a Optics-Smoke Chaff

ZHU Chen-guang, PAN Gong-pei, GUAN Hua, ZHOU Zun-ning

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

Abstract: A kind of chaff composed of special materials, coated with pyrotechnical powder is presented. After being ignited and scattered in the air, the chaff burning from edge to center can jam aimed weapon with infrared imaging, radar-infrared and ultraviolet-infrared. The coating process affecting the radiating capacity of chaff is analyzed. Test results showed that the infrared radiation intensity of chaff coated with high consistence pyrotechnical powder was lower, and that of the chaff coated with thick pyrotechnical powder was higher.

Key words: Chaff; Infrared intensity; Coating; Radar; Consistency

红外寻的武器以其瞄准精度高而广泛地被应用在军事装备中, 而且它的抗干扰能力越来越强, 发达国家现在正在研制开发的第四代空空导弹普遍采用了红外成像制导技术。随着这些先进制导武器的发展, 采用普通的红外诱饵弹来进行干扰有较大难度。本文介绍一种能够取代红外诱饵弹的燃烧箔片, 以及其制作工艺方法和应用结构。这种箔片主要实现了低温强辐射、能够形成大面积红外源, 并且在毫米波段有明显的干扰, 使其能够达到干扰红外成像、雷达/红外双模和双色制导武器的目的。

1 干扰机理研究

这种箔片涂敷的药剂成分主要是镁粉、聚四氟乙烯及其粘合剂, 燃烧时不仅具有很强的红外辐射, 而且产生大量的碳粒子, 在可见光下观察是浓浓的黑烟。在红外视窗中有很大面积的红外烟云, 将其大面积布散到空中时, 可营造一个很大的温度场, 淡化目标同诱饵之间的温度差, 使目标的图象变得模糊, 同时较大面积的黑烟也阻断了目标的红外辐射。因此, 这种燃烧箔片能够干扰红外成像制导武器。

收稿日期: 2003-09-07

作者简介: 朱晨光 (1979-), 男, 博士研究生, 主要从事军事化学方面的研究。

外场测试表明,目标紫外辐射通常小于背景,此时目标呈现暗斑(紫外阴影),产生负脉冲,而普通红外诱饵弹的紫外辐射是正的(高于背景),对于正负脉冲的分辨使诱饵容易被判别而使红外诱饵弹与目标分辨出来。而这种箔片在空中燃烧时,受到药剂厚度的限制,温度只有 500~600K,低于 800K,黑体辐射的计算表明其紫外辐射(0.30~0.55 μm)小于背景;同时浓浓的黑烟也能吸收紫外线,能够产生紫外暗斑,因此这种箔片也能够干扰双色制导武器。

另外,基体采用的是金属箔片,由于良好的导电性能,会对雷达波产生散射,当箔片尺寸超过雷达工作波长,且箔片处于自由空间时,单片的雷达散射截面积为:

$$\sigma = \frac{4\pi}{\lambda^2} \left| \iint e^{-j\frac{2\pi R}{\lambda}} \cos \theta ds \right|^2 \quad (1)$$

当散射体为理想的平面导体,且表面垂直于电磁波传播方向,则(1)式得到散射面积的最大值:

$$\sigma_{\max} = \frac{4\pi}{\lambda^2} A^2 \quad (2)$$

式中, σ 为箔片雷达散射面积, A 为箔片几何面积, λ 为雷达工作波长。

面积为 4cm²的单片,在 8mm 雷达波波段的最大散射截面积为 314cm²。实验表明,这种箔片确实在毫米波段有明显的干扰。

2 配方设计及制造工艺

笔者制作的这种箔片是以镁粉和聚四氟乙烯为主要原材料,将该种药剂涂敷在金属箔上,再在药面上贴一层起缓燃作用的双基发射药片。这种箔片在被点燃后,将从边缘向中心燃烧,持续时间为 3~5s。虽然红外药剂燃烧速度很快,但金属箔和双基药片却起到稳定和控制燃烧速度的作用。红外药剂燃烧时放出大量的热量,使每个箔片都具有很高的红外辐射强度。

这种箔片的烟火药剂是由 45%的镁粉、35%的聚四氟乙烯、15%的其他添加剂及 5%粘合剂经湿混而成,溶剂是丙酮。然后将其干燥至粘稠状后,均匀地涂敷在金属箔上。再将双基药片粘压其上,经干燥后切割成型。

3 涂敷工艺的试验

双基药和金属箔的制作属于成熟技术,产生红外辐射的烟火药剂配比成分也是应用较为普遍的配方,所以实现起来比较容易。烟火药在涂敷前的稠度和涂层厚度是该技术的关键。所以,分别进行了厚度相同而稠度不同和稠度相同而厚度不同的两组试验。

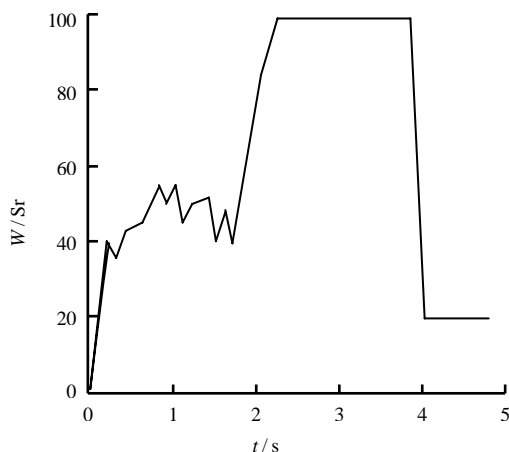
3.1 测试方法

使用专用工装模具集束装弹,炸开后每片都变成一个小红外辐射源。因炸开后面积较大,而且都处于运动状态,给测试带来一定的难度。故在试制时,只测试了单片的红外辐射能量,每单片面积为 3~4cm²,箔厚度小于 0.1mm,双基药片为 0.1mm,红外药剂层厚度为 1.0~1.2mm,质量为 1~2g。

采用红外辐射计测试单片的红外辐射强度,使用黑体炉进行标定,因箔片在燃烧时火焰最大直径小于 4cm,故采用测试距离为 10m(既测试镜头与燃烧的箔片之间的距离),所以可以按点源测试原理进行测试。

3.2 涂敷工艺的试验结果

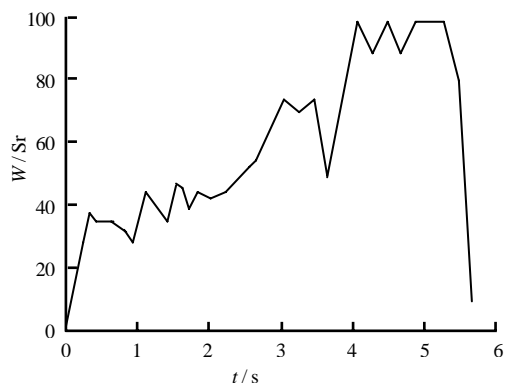
图 1 和图 2 是烟火药厚度相同而稠度不同的两种结果。



注:平均稠度 1.4mm,质量 1.3g。

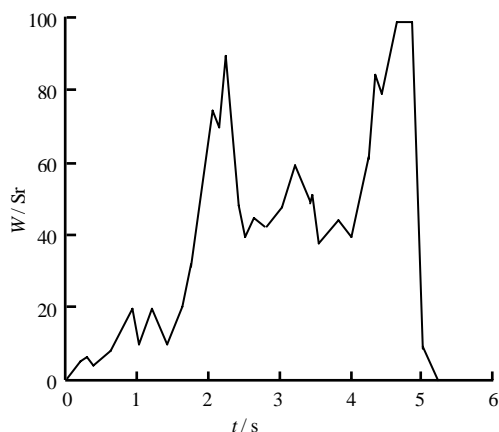
图 1 涂敷低稠度烟火药的箔片的红外辐射强度

图 3 和图 4 是两种烟火药稠度相同,但厚度不同而出现的另两种结果。



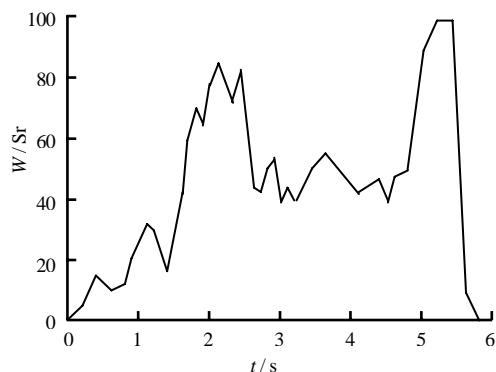
注：平均厚度 1.4mm，质量为 1.9g。

图 2 涂敷高稠度烟火药的箔片的红外辐射强度



注：质量为 1.3g。

图 3 涂敷厚度为 1.3mm 烟火药的箔片的红外辐射强度



注：质量为 1.7g。

图 4 涂敷厚度为 1.6mm 烟火药的箔片的红外辐射强度

3.3 结果分析

从图 1 和图 2 可以看出，涂敷前药剂越稠点火上升时间越慢。辐射强度比稠度小的偏低，但持续时间比稠度小的长。稠度低（如图 1）上升时间快，由于密度比稠度高的低，溶剂挥发后，留下的缝隙相对要比稠度高的大，所以燃烧时传热速度快。以至燃烧速度快，上升时间短，辐射强度高，达到 100W/Sr，持续时间短，缺点是燃烧不稳定。

图 3 和图 4 是两种稠度相同，但烟火药剂厚度不同而出现的另两种结果。涂层厚，则辐射强度偏高；涂层薄燃烧不稳定，而且辐射强度偏低。当然，作为工程应用，涂层太厚，在单位体积内所装箔片就少，故涂层厚度将根据实际情况而定。

由图 1~4 可见，单片最大红外辐射强度为 100W/Sr，平均每片为 50W/Sr，持续时间大于 3s。

4 结论

药剂涂敷是不易控制的工艺，应采用严格的制作工艺规程及手段，来提高箔片燃烧特性的一致性。控制的方法是使用机械手段，一是控制涂敷的稠度和压力，二是使用模具控制厚度。

涂敷药剂的箔片可以切割成各种形状，不仅局限在片状，还可以切成丝条状。箔片采用耐高温箔片，并切割成具有气体动力学特性的形状，投放到空中时，不仅对红外点源和红外成像制导武器具有良好的干扰作用，而且能够反射毫米波，对雷达制导和探测的武器也具有良好的干扰作用。这种箔片不仅可以涂敷红外燃烧药剂，而且可以涂敷吸波材料、发烟材料等。

参考文献：

- [1] 潘功配, 杨硕. 烟火学 [M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1997.
- [2] 林象平. 电子对抗原理 [M]. 国防工业出版社, 1981.
- [3] 杨宜禾, 周作真. 成像跟踪技术导论 [M]. 西安电子科技大学出版社, 1991.