

文章编号: 1003-1480 (2023) 05-0034-05

一种面源红外诱饵及其性能研究

胡亚鹏, 王虎, 聂学辉, 孙宏涛, 姜建增, 郭鹏宏, 强文学

(山西北方晋东化工有限公司, 山西 阳泉, 045000)

摘要: 为规避使用自燃型面源红外诱饵材料, 并解决燃烧型面源红外诱饵材料的燃烧不稳定和长波段辐射强度较弱的问题, 采用传统的镁/聚四氟乙烯(Mg/PTFE) 红外诱饵剂, 在一定的成型工艺下形成了一种面源红外诱饵材料, 并通过加入四氯化钛(TiCl_4) 来提高 8~14 μm 波长范围的辐射强度, 添加红磷/氧化铜(P/CuO) 高热剂来降低点火温度、提高燃烧稳定性。对样品的燃烧稳定性、辐射强度和装药作用后红外云团进行了测试, 结果表明, 红外面源诱饵材料在引燃后能保持较为稳定的燃烧状态, 空中引燃抛撒后形成了一定面积的有效红外干扰云, 并且上升时间、持续时间、辐射强度和辐射面积满足面源红外诱饵的使用需求。较自燃型面源红外诱饵, 该型诱饵形成的红外干扰云具有更加良好的整体聚集性和气动悬浮性。

关键词: 面源红外诱饵; 辐射强度; 红外干扰; 点火温度

中图分类号: TJ55; TQ567 文献标识码: A DOI: 10.3969/j.issn.1003-1480.2023.05.007

Study on Some Surface-type Infrared Decoy and Its Property

HU Ya-peng, WANG Hu, NIE Xue-hui, SUN Hong-tao, JIANG Jian-zeng, GUO Peng-hong, QIANG Wen-xue

(Shanxi North Jindong Chemical Industries Co. Ltd., Yangquan, 045000)

Abstract: To avoid the use of spontaneous combustion type of surface source infrared decoy material and solve the problems of combustion instability and weak long-wave radiation intensity of burning surface source infrared decoy materials, one kind of surface-type infrared decoy was fabricated with traditional PTFE/Mg-based infrared decoy by a special process. Meanwhile, titanium tetrachloride was added to increase the infrared radiation of 8 ~ 14 μm , red phosphorus/copper oxide (P/CuO) was added to lower the ignition temperature and improve combustion stability. The combustion stability, radiation intensity and infrared cloud after charging were tested. The results show that the surface-type infrared decoy can maintain a stable burning state after ignition, the infrared interference cloud with certain effective area can be formed after dispersing surface-type infrared decoy in air, the rise time, duration time, infrared radiation intensity and radiation area can meet the usage needs. The infrared interference cloud formed by combustion of this type of decoy has better overall aggregation and aerodynamic suspension than that formed by spontaneous combustion type of surface source infrared decoy.

Key words: Surface-type infrared decoy; Radiation intensity; Infrared interference; Ignition temperature

随着现代光电子技术的快速发展及复合制导、成像制导技术的日益进步, 红外制导系统对诱饵的识别能力逐渐增强, 传统点源红外诱饵的作战效能大大降低, 面源红外诱饵^[1-3]得到重点关注。面源红外诱饵弹

被抛射点燃后可形成大面积的红外诱饵干扰云, 产生 3~5 μm 和 8~14 μm 两波段的红外辐射光谱, 模拟目标物的光谱辐射波段、辐射强度以及辐射面积, 形成与保护目标相似的空间热红外图像, 严重破坏目标红

收稿日期: 2023-05-06

作者简介: 胡亚鹏(1989-), 男, 硕士研究生, 从事特种弹技术研究。

外辐射特征,混淆目标大小、位置和数量,形成遮蔽干扰效应^[4]。面源红外诱饵材料主要有自燃型和燃烧型两大类。自燃型材料是通过材料本身遇空气自燃发生氧化还原反应来产生红外辐射,模拟载机的羽烟温度和辐射光谱。自燃型材料对弹体的密封性要求较为严苛,在其接触空气后寿命会逐渐衰减,燃烧红外性能大幅下降,且其制备过程中需要使用热腐蚀和有毒溶液处理,对制作人员和环境造成一定伤害。燃烧型面源红外干扰材料主要是采用燃烧时温度较低的烟火药剂配方,利用物质燃烧时的化学反应产生大量的红外烟云,通过特定的装药结构设计,使诱饵发射后有效载荷抛出并分散,形成面源红外诱饵^[5]。

面源红外诱饵的主要技术指标包括:产生干扰波段(至少包括8~14 μm 和3~5 μm ,如果可能包括1.4~3.0 μm 和0.75~1.4 μm ,甚至可包括太赫兹波段);小于0.5s的起燃时间;单发诱饵大于4s的作用时间;大于保护目标的干扰云面积及干扰云轮廓^[6]。

根据主要技术指标,研究人员研制了薄膜型红外诱饵剂,采用大量燃烧反应薄膜形成面源诱饵来代替传统的柱状诱饵,以保证燃烧时能量不会过于集中,从而降低燃烧温度^[7-8]。薄膜型红外诱饵剂主要采用镁/聚四氟乙烯为基础配方制作燃烧反应薄膜,其燃烧温度较点源型红外诱饵温度大幅度降低,但存在断燃和不易点火等系列问题,并且在8~14 μm 波段辐射很弱^[9]。

据文献报道,四氯化钛汽化可发射出覆盖8~14 μm 波长范围的辐射^[10],因此可以通过添加四氯化钛来提高MTV薄膜型面源红外诱饵8~14 μm 波段的红外辐射强度。此外,赤磷引燃温度为240 $^{\circ}\text{C}$,416 $^{\circ}\text{C}$ 时升华,有较低的闪点,因此,添加P/CuO等高热剂后,可以明显降低点火温度,改变光谱的能量分布,保证面源红外薄片的低温稳定燃烧性^[11]。本研究以镁/聚四氟乙烯为基础,通过添加红磷、氧化铜和四氯化钛作为功能添加剂,经过特定的成型工艺形成一种面源红外薄片,分析测试了其静态燃烧温度和红外辐射强度;经过装药设计后测试红外诱饵点火性能、干扰云轮廓、上升时间、红外辐射强度和辐射面积等性能,并与自

燃型面源红外诱饵性能进行对比。

1 试验

1.1 试剂与样品制备

试剂:镁粉,200目雾化球形镁粉,唐山威豪镁粉有限公司;聚四氟乙烯,上海青顺新材料有限公司;红磷,800目,分析纯,广州市锦源化学有限公司;氧化铜,分析纯,上海新宝精细化工厂;四氯化钛,分析纯,山东复力达达化工有限公司。

样品制备:按照 $w_{\text{镁粉}}:w_{\text{聚四氟乙烯}}:w_{\text{红磷}}:w_{\text{氧化铜}}:w_{\text{四氯化钛}}=35:35:15:10:5$ 进行样品制备。将所有氧化剂和还原剂用40目标准筛过筛后使用。外加10%的粘合剂,用适量的有机溶剂溶解,加入增韧材料,将混合样品进行湿混至均匀,在标准A3尺寸模具上成型后再经晾干、烘干形成面源红外薄片。制造工艺见图1,成型后的面源红外薄片见图2,将其分别裁切成8mm \times 20mm和8mm \times 210mm长条形状供性能测试。

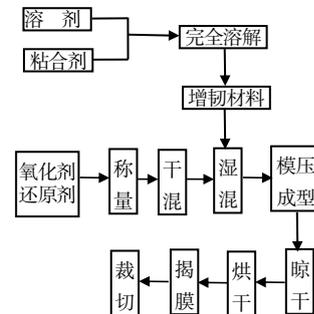


图1 面源红外薄片成型工艺

Fig.1 Mould pressing process flow of film-type surface source infrared decoy



图2 面源红外薄片图

Fig.2 Photo of film-type surface source infrared decoy

1.2 试验仪器与试验方法

温度测试设备:IGA-140 非接触式远红外测温

仪,德国IMPAC公司,1500℃以下测温精度为 $\pm 0.3\%T_e$,1500℃以上测温精度为 $\pm 0.5\%T_e$ (T_e 为试验测试温度,℃);光谱范围为1.45~1.80 μm ;响应时间为1ms;发射率为0.950。

红外辐射强度测试设备:SR5000光谱辐射计、SR20锥腔高温黑体、SC7300中波测温热像仪、SC7300长波测温热像仪,参数如表1所示。

表1 红外辐射强度测试仪器参数

Tab.1 Infrared radiation intensity test instrument parameters

SR5000 光谱辐射计		SC7300 测温热像仪	
探测器	InSb/MCT	探测器	MCT
光谱范围/ μm	1.5~14	光谱范围	3.7~4.8
斩波频率/Hz	1650		7.7~9.3
视场大小/mrad	100	制冷方式	斯特林制冷
采样频率/Hz	10	视场大小/ $^\circ$	11 \times 8
增益值	1	帧频/Hz	50
测试距离/m	57	测试距离/m	57
标定黑体温度/ $^\circ\text{C}$	800		

采用IGA-140非接触式远红外测温仪对8mm \times 20mm的样条进行燃烧温度测试,测试距离为1m,测试窗口正对红外薄片燃烧火焰。

采用SR5000光谱辐射计、SC7300中波测温热像仪和SC7300长波测温热像仪对发射引燃后的面源诱饵进行性能测试,测试系统示意图如图3所示。

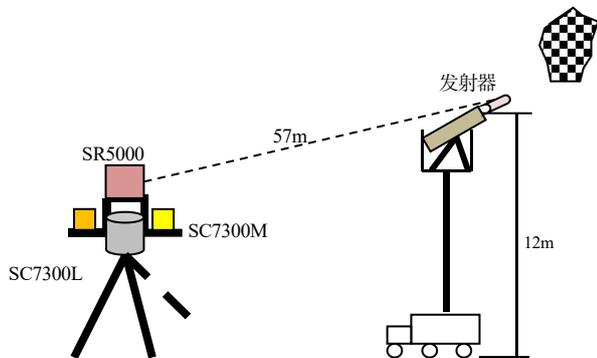


图3 红外干扰源动态辐射特性测试系统示意图

Fig.3 Schematic diagram of testing system for dynamic radiation characteristics of infrared interference source

2 试验结果与讨论

2.1 燃烧稳定性

面源红外薄片燃烧温度测试曲线如图4所示。由图4可见,燃烧温度曲线平稳连续,整个燃烧过程中没有发生红外薄片断续或熄灭现象,燃烧时间为5.5s,平均燃烧温度为855℃。

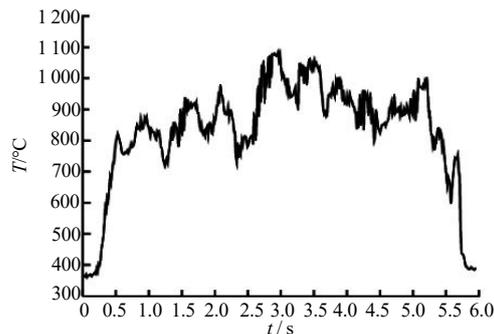


图4 燃烧温度曲线图

Fig.4 Combustion temperature curve

2.2 静态红外辐射性能

将8mm \times 210mm的红外薄片条静态悬挂,从一个方向点燃后,持续燃烧时间55s左右,点火后进行静态红外辐射强度测试,测试结果如表2所示。由表2可见,如若将这种薄片大面积投放到空中时,可以形成低温红外辐射的烟云,红外辐射能量一定程度能满足红外诱饵弹的总辐射量要求。

表2 静态红外辐射强度测试结果 ($\text{W} \cdot \text{sr}^{-1}$)

Tab.2 Static infrared radiation intensity test results

序号	状态	辐射强度最大值	
		1.5~5 μm	8~14 μm
1	点燃1条面源红外薄片	3323	158
2	点燃7条面源红外薄片	19598	1395

2.3 动态红外辐射性能

将50g8mm \times 20mm的面源红外薄片排列成型,经特殊点火包覆工艺形成红外诱饵装药,装填在某弹腔内经发射点火后燃烧形成红外诱饵云,如图5所示。



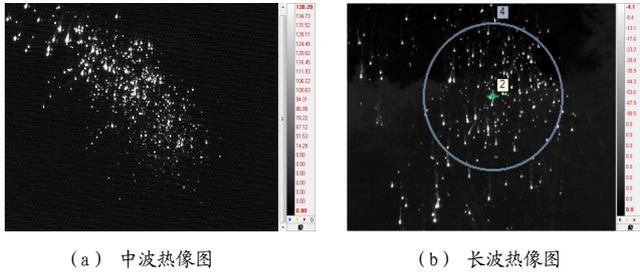
图5 红外诱饵云

Fig.5 Infrared decoy cloud

从图5可以看出,红外薄片引燃状态良好,空中布撒程度较好,薄片燃烧分布较为均匀,形成了一定面积的红外燃烧云团。

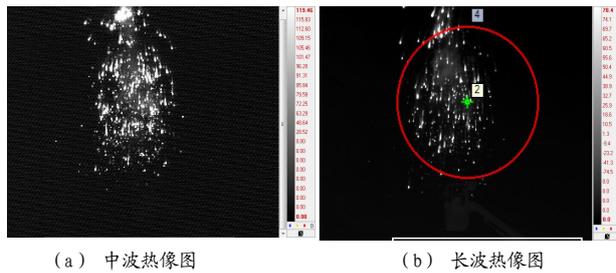
发射侧方测量得到的红外诱饵装药燃烧的中、长波热图如图6所示,测量时测量点距离干扰源落水

平距离 $L=57\text{m}$ ，发射点高度 $H_1=12\text{m}$ ，通过图 6 热像可估算出面源干扰源相对发射点的平均高度 $H_2=3\text{m}$ ，计算得到面源干扰源距离测量点的距离为 59m 。



(a) 中波热像图 (b) 长波热像图
图6 侧方测量中、长波热像图
Fig.6 Medium and long wave thermograms of lateral measurement

发射后方测量得到的红外诱饵装药燃烧的中、长波热图如图 7 所示。测量时测量点距离干扰源落点水平距离 $L=52\text{m}$ ，发射点高度 $H_1=12\text{m}$ ，通过图 7 热像可估算出面源干扰源相对发射点的平均高度 $H_2=3\text{m}$ ，面源干扰源距离测量点的距离为 54m 。动态红外辐射性能结果见表 3。



(a) 中波热像图 (b) 长波热像图
图 7 后方测量中、长波热像图
Fig.7 Medium and long wave thermograms of rear measurement
表 3 动态红外辐射强度测试结果

Tab.3 Dynamic infrared radiation intensity test results

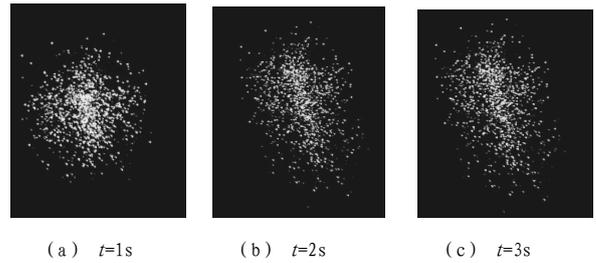
上升时间 /s	持续时间 /s	辐射强度 $(\text{W} \cdot \text{sr}^{-1})$		辐射面积/ m^2		备注
		3~5 μm	8~14 μm	3~5 μm	8~14 μm	
0.3	5.2	651	188	9.0	9.5	侧方
0.4	6.3	838	153	9.6	10.3	后方

由表 3 试验数据可见，侧方和后方测得红外辐射强度上升时间分别为 $0.3, 0.4\text{s}$ ，均小于 0.5s ，满足面源红外诱饵的起燃时间在 0.5s 以内的要求。持续时间均大于 5s ，满足单发诱饵的燃烧持续时间应大于 4.0s 的要求。 $3\sim 5\mu\text{m}$ 和 $8\sim 14\mu\text{m}$ 波段内均有一定的红外辐射强度，并形成了一定面积的红外辐射云。

2.4 干扰云轮廓

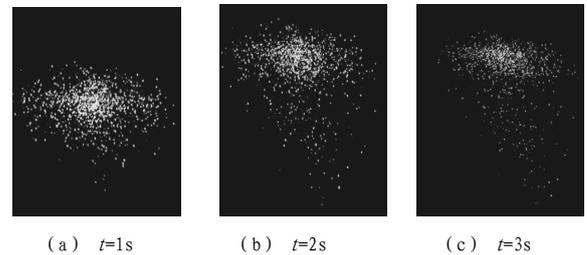
将 $100\text{g } 8\text{mm} \times 20\text{mm}$ 面源红外薄片形成装药，点

火引燃后不同时间的干扰云轮廓见图 8 (发射侧方向视角)。由图 8 可知，在 $t=1\text{s}$ 时，面源红外薄片被引燃后已经形成了比较有效稳定的红外诱饵云团，红外诱饵云呈现圆形。面源红外薄片空中分散密度较为均匀，同时整体聚集性良好，无明显的空洞、漏洞。随着时间的增加，干扰云向四周辐射分布，并能保持良好的聚集形态和燃烧状态。



(a) $t=1\text{s}$ (b) $t=2\text{s}$ (c) $t=3\text{s}$
图 8 面源红外薄片干扰云轮廓图
Fig.8 Interference cloud profile of infrared flare with film-type

某自燃型金属薄片红外诱饵形成的干扰云轮廓如图 9 所示，由图 9 可见，部分薄片在一定时间后呈现出“瀑布式”沉降现象，干扰云整体聚集性较差，薄片分散密度不均匀。



(a) $t=1\text{s}$ (b) $t=2\text{s}$ (c) $t=3\text{s}$
图 9 某自燃型红外诱饵干扰云轮廓图
Fig.9 Interference cloud profile of spontaneous combustion type of surface source infrared decoy

被抛出的红外诱饵材料的运动主要受自身重力和空气动力的影响。面源红外薄片质地较轻，在引燃瞬间依靠燃烧火药气体动力和空气动力迅速扩散，考虑其所受空气动力要远远大于自身的重力，并且伴随着燃烧自身重量逐渐减小，因此主要受空气动力控制，从而表现出较好的气动悬浮性和整体聚集性。然而，自燃型金属薄片发射出膛后，迅速与空气接触并发生自燃，有效面积快速扩大，反应一段时间后，自燃型金属薄片扩散速度变小，金属薄片所受重力会使其在竖直方向上有一定位移，薄片逐渐分散剥离，从而呈现“瀑布式”沉降现象。

3 结论

本研究以传统的镁/聚四氟乙烯(Mg/PTFE) 红外诱饵为基础材料,并添加 TiCl₄、P/CuO 作为功能添加剂,通过干混、湿混和模压成型等工序制造了一种薄片型面源红外诱饵材料。燃烧性能测试结果表明,该薄片具有较好的低温燃烧稳定性,不会发生断燃现象,平均燃烧温度为 855 °C。静态红外辐射性能测试结果表明,单条红外薄片在 8 ~ 14μm 的辐射强度达到 158 W/sr。动态红外辐射性能测试发现面源红外薄片燃烧后上升时间小于 0.5s,燃烧持续时间均大于 5s, 3 ~ 5μm 和 8 ~ 14μm 波段内均有一定的红外辐射强度,并产生了一定面积的红外辐射云,能够满足面源红外诱饵的指标要求。与自燃型面源红外诱饵形成的干扰云相比较,该诱饵形成的干扰云具有更好的气动悬浮性和整体聚集性。

参考文献:

- [1] 范金荣.21世纪前20年精确制导技术发展预测[J].现代防御技术,2003,31(1):30-33.
- [2] 杨立峰.精确制导武器及发展趋势[J].现代防御工业,2010(4):18-21.
- [3] 冯涛,曹晖.异构通信网络管理技术研究[C]//中国通信学会国防通信技术委员会学术研讨会论文集,2005.
- [4] 王继光,王敏帅,臧寿洪.国内外红外面源诱饵弹的发展和试验方法研究[J].红外,2011,32(10):17-20.
- [5] 王鹏,黄峰,王刚,等.国外机载面源红外诱饵技术发展分析[J].航天电子对抗,2016,32(3):49-52.
- [6] 李宝宁,谢吉鹏,等.美国面源型红外诱饵弹的发展分析[J].舰船电子工程,2009,29(7):33-39.
- [7] Rbernard D, Douda E.Survey of military pyrotechnics [R].AD-A238923,1991.
- [8] Briere P S, Michel S O, Roy A, et al. Nozzles forpyrotechnic IR decoy flares:US, 5866840[P].1999-02-02.
- [9] Koh E C.Review on pyrotechnic aerial infrared decoys [J]. Propellants,Explosives,Pyrotechnics, 2001,26(1):3-11.
- [10] 李世祥.光电对抗技术[M].长沙:国防科技大学出版社,2000.
- [11] 叶淑琴,朱晨光,林红雪,等.PTFE/Mg 薄膜型红外诱饵的低燃温改性研究[J].红外与激光工程,2017,46(1):1-5.