

文章编号: 1003-1480 (2002) 03-0001-03

赤磷发烟剂、铜粉组合烟雾的红外消光性能

徐 铭, 李澄俊

(南京理工大学化工学院, 江苏 南京, 210094)

摘 要: 本文介绍了赤磷发烟剂、铜粉组合烟雾在烟雾箱中的测试结果, 阐述了组合烟雾的红外消光性能, 分析讨论了与组合烟雾相关的几个问题。

关键词: 赤磷; 发烟剂; 铜粉; 红外; 烟雾

中图分类号: TQ567

文献标识码: A

The Infrared Extinction Ability of Combined Smoke of Red Phosphorus and Copper Powder

XU Ming, LI Cheng-jun

(Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094)

Abstract: This paper introduces the test results of combined smoke of red phosphorus and copper powder in smoke case. The infrared extinction ability of combined smoke is discussed. Related problems of combined smoke are also analyzed.

Key words: Red phosphorus; Smoke agent; Copper powder; Infrared; Smoke

目前, 国外装备的烟幕干扰弹中有的选用了赤磷发烟剂, 铜粉或烟火型发烟剂与粉状微粒材料作为组合装药^[1~2]。赤磷发烟剂生成的磷烟主要遮蔽可见光, 铜粉经分散形成的气溶胶能够遮蔽干扰红外辐射, 两者在空中混合成均匀的液、固气溶胶烟雾可以对可见光和红外的宽波段实现遮蔽干扰效果。本文在烟雾箱内对磷烟、铜粉及其组合烟雾的红外消光性能进行了系统测试, 对测试结果及相关问题进行了分析讨论。

1 磷烟的红外遮蔽能力

测试中的磷烟是由一种快速成烟发烟剂生成的, 在烟雾箱中的用量为 $0.475\text{g}/\text{m}^3$, 它的遮蔽能

力值 $\text{TOP}_{(K)}=762.7\text{m}^2/\text{kg}$, 就是说该发烟剂生成的磷烟在 1m 光程条件下, 可以对人眼产生 762.7m^2 的有效遮蔽面积。

在相同的烟雾浓度下, 应用多波段红外辐射计测得的磷烟的红外遮蔽能力值列于表 1。

表 1 磷烟的红外遮蔽能力值 $\text{TOP}_{(H)}$ ^[3]

波段 / μm	3~5	8~14
透过率 /%	26.6	27.5
$\text{TOP}_{(H)}/(\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-1})$	205.3	199.9

可以看出磷烟对红外的遮蔽效果较弱, 其红外的遮蔽能力值大约只有对可见光的四分之一左右。

收稿日期: 2002-04-22

作者简介: 徐铭 (1949 —), 男, 副教授, 博士生导师, 从事烟幕弹药技术研究。

2 铜粉气溶胶的红外消光能力

铜粉是铜、锌、铝等金属的合金粉, 几种金属经熔化、造粒、球磨等工艺机械加工成鳞片状的微粒, 其中铝的含量较少一般不超过 0.5%, 锌的含量占 12%~35%。

选择铜粉做红外消光材料, 主要因为它具有良好的导电性, 同时鳞片状微粒具有很大的消光截面积。显然铜粉中的铜含量、铜粉微粒的粒度和粒度分布等因素直接影响了铜粉的红外消光性能。

2.1 铜含量对红外消光性能的影响

选择 3 种铜含量不同的铜粉, 分别用高压空气喷入烟雾箱内, 使铜粉颗粒浮于空气中形成均匀的气溶胶, 铜粉用量均为 1.0g, 所测得的铜粉的红外透过率值列于表 2。

表 2 不同铜含量铜粉在 8~14 μm 波段的透过率 T 值

铜含量 /%	T /%
68	24
82	19
88	16

2.2 粒度和粒度分布对红外消光性能的影响

选择铜含量相同的两个铜粉样品 A 和 B, 用激光粒度测定仪测得的它们的粒度和粒度分布, 图 1 是 B 样品的粒度分布曲线, 统计出的粒度分布值列于表 3。

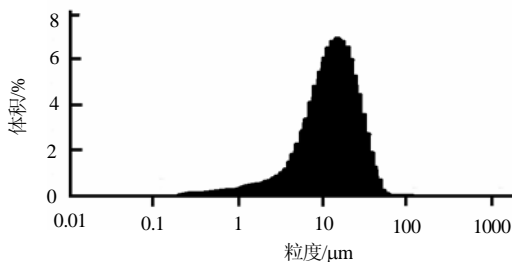


图 1 铜粉样品 B 的粒度分布曲线

表 3 A、B 两个样品的粒度分布对比值

样品	$D_{(0.5)}$ / μm	$D_{(0.1)}$ / μm	$D_{(0.9)}$ / μm	$D_{(10-20)}$ /%
A	17.92	8.59	35.01	37.13
B	13.12	4.12	28.32	33.12

表 3 中各符号的含义是:

$D_{(0.5)}$ ——铜粉的中值直径;

$D_{(0.1)}$ ——占总粒子数的 10% 粒子数, 其直径小于表 3 中所列直径值;

$D_{(0.9)}$ ——占总粒子数的 90% 粒子数, 其直径小于表 3 中所列直径值;

$D_{(10-20)}$ ——直径在 10~20 μm 的粒子所占的百分数。

A、B 两个样品在烟雾箱中测试的红外透过率值列于表 4。

表 4 A、B 两个样品的红外透过率 T 值

样品	T /%	
	3~5 μm	8~14 μm
A	21.7	18.9
B	17.8	16.1

从上述结果可以看出, 增大铜粉中的铜含量, 减小铜粉颗粒的中径值, 增大最佳消光粒径附近的粒度分布百分数将会有利于提高铜粉的消光能力。

3 组合烟雾的红外消光性能

在烟雾箱中测试组合烟雾的红外消光性能时, 赤磷发烟剂和铜粉的总用量为 1.0g/m³, 改变两者的相对含量, 可看出组合烟雾的综合效果及两种组分各自的作用。试验中使用铜粉的中值粒径与 2.2 节的 B 种铜粉一样, 但 $D_{(10-20)}$ 值超过 45%, 所以红外消光性能稍好些。

图 2 是赤磷发烟剂和铜粉各占 50% (用量分别为 0.5g/m³) 时测得的组合烟雾的透过率曲线, 表 5 是各波段透过率的测试结果。

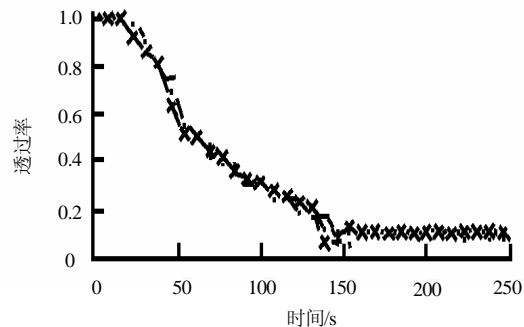


图 2 组合烟雾的红外透过率曲线

表5 组合烟雾的红外透过率 T 值

序 号	组合药剂用量 ($\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)		T /%			
	发烟剂	铜粉	1~2 / μm	2~3 / μm	3~5 / μm	8~14 / μm
1	0.48	0	19.3	20.8	26.6	27.5
2	0	1.0	14.5	15.5	15.3	14.1
3	0.20	0.8	19.1	19.5	19.8	19.9
4	0.30	0.7	13.7	15.7	15.6	14.6
5	0.40	0.6	11.1	12.1	12.5	11.4
6	0.50	0.5	10.2	10.8	11.6	10.8
7	0.60	0.4	9.1	10.8	10.8	9.8
8	0.90	0.1	6.1	7.5	8.4	8.7

图2 曲线中 140s 之前是单独赤磷发烟剂燃烧, 磷烟浓度逐渐增加, 使透过率逐渐下降; 140s 时撒铜粉, 曲线陡然下降, 之后趋于平稳, 说明组合烟雾在空中具有良好的飘浮、聚集能力。

表5 内序号1 的数据指出, 单独赤磷发烟剂生成的烟雾刚好遮蔽人眼时, 烟雾对红外的透过率在25%以上, 尚不具备有效的红外遮蔽能力; 表5 内序号2, 单独使用铜粉, 用量为 $1.0\text{g}/\text{m}^3$, 对红外各波段的透过率均在15%左右, 具有了一定的遮蔽效果, 但对可见光尚无遮蔽能力。表5 内序号6, 赤磷发烟剂和铜粉各为 $0.5\text{g}/\text{m}^3$, 不仅对可见光达到(或超过)了全遮蔽能力, 而且在红外的各个波段的透过率值均下降到10%左右, 从可见光到红外的宽波段范围内都达到了良好的遮蔽效果, 这就显示出了组合烟雾的优越性。

4 分析与讨论

(1) 测试结果表明了磷烟与铜粉的组合烟雾具有良好的宽波段遮蔽干扰效果, 在目前单一发烟材料尚不具备这种效果的情况下, 选择组合烟幕的方法, 应该是可采取的技术途径。为了使组合烟雾

实现良好的宽波段遮蔽干扰效果, 必须使两种组分均匀的混合在一起, 从图3 组合烟雾的透过率曲线可以看出, 组合烟雾的消光效果不是两个单组分消光能力的简单叠加, 磷烟液滴微粒和铜粉固体微粒之间分散的愈好, 相互结合的也愈好, 综合消光效果也就愈好。在室内烟雾箱稳定测试条件下, 可以较好实现两组分的分散和均匀混合, 室外自然条件下可能要困难得多, 组合烟雾中两种组分只有均匀混合, 综合消光效果才会充分的显示出来。

(2) 从本文第2 节测试数据看, 所选取铜粉样品的红外透过率均在16%, 这样的红外消光效果不很理想, 其它具有优良导电性能的微粒材料, 可以具有低得多的红外透过率值, 所以欲提高铜粉气溶胶的红外消光能力, 应该围绕增大铜粉的导电率, 寻找最佳消光粒径, 控制粒度分布范围等, 从铜粉的组成和加工工艺等方面开展深入研究。只有获得了性能更加优良的原材料, 才会使组合烟雾的消光性能大幅度提高。

(3) 赤磷发烟剂和铜粉两种物质, 都具有一定的化学活性, 铜粉在酸性环境下, 容易发生氧化导致变质, 它的氧化过程又会加速赤磷发烟剂的酸化。所以这两种物质组成组合装药, 需要改善它们之间物化相容性, 这样, 除了获得良好的红外遮蔽干扰效果外, 还能获得满意的长贮安定性, 从而具有一定的实用价值。

参考文献:

- [1] Puech. JM, Larmignat. D. Lepezennec. JP. Smoke material with powder charge and explosive rod-including pot of pyrotechnical material burning to generate smoke [P], FR2612287, 1987.
- [2] Leon R. Milstead. Method of assembly of compacted particulates and explosive charge [P]. USP 4,704,967, 1987.
- [3] 李澄俊, 徐铭. 统一表征发烟剂对可见光和红外的遮蔽能力[J]. 火工品, 2001, (2): 8~10.