

文章编号: 1003-1480 (2003) 04-0005-04

铜基红外干扰发烟剂 性能影响因素

尹喜凤, 陈于忠, 陈宏达, 吴昱, 武湃, 崔键林

(防化研究院, 北京 102205)

摘 要: 重点研究了铜粉粒度、铜含量、添加剂及配方组成和配比等因素对铜基发烟剂红外消光性能的影响, 同时也研究了包覆剂及制药工艺对发烟剂性能的影响。并且对测试结果及相关问题进行了分析讨论。

关键词: 铜粉; 发烟剂; 消光; 红外

中图分类号: TQ567

文献标识码: A

Study on the Affecting Factors on the Performance of Smoke Agent Based on Copper Powder

YIN Xi-feng, CHEN Yu-zhong, CHEN Hong-da, WU Yu, WU Pai, CUI Jian-lin

(Research Institute of Chemical Defense, Beijing 102205)

Abstract: In this paper, the affecting factors that have influence on the infrared extinction performance of smoke agent based on copper powder were studied, the factors include particle size of copper powder, copper content, additive, the coating agents and the manufacturing technique. Testing results and related problems were also analyzed.

Key words: Copper powder; Smoke agent; Extinction; Infrared

铜粉是铜、锌、铝等金属的合金粉, 铜粉中的活性成分主要是铜, 由于铜微粒表面自由电子的存在, 使其对红外辐射有强的吸收作用^[1], 同时由于它的鳞片状的微粒具有很大的消光截面积, 所以在国外铜粉已被用作装备烟幕干扰弹的主要装药^[2~3]。由于有关铜基发烟剂红外消光等性能的影响因素方面的研究报道极少^[4], 为了研究出更有效的配方, 本文对影响其红外消光等性能的因素进行了较深入的研究, 并对测试结果及相关问题进行了分析讨论。

1 试验仪器和方法

1.1 烟箱中发烟剂对红外 (8~12 μm) 干扰时间的测定

测定使用的烟箱为 20m³, 光程为 6.1m; 测试仪器为红外辐射测试用热成像仪; 目标温差为 30°C; 样品的施放方式为喷撒式。对红外 (8~12 μm) 的干扰时间定义为: 4 个靶标在热成像仪上完全消失开始计时, 到靶标中任一个刚刚显示

收稿日期: 2003-07-15

作者简介: 尹喜凤 (1946-), 女, 研究员, 硕士研究生导师, 现从事军事化学和烟火技术研究。

出来为止。

1.2 烟箱中红外透过率的测定和消光系数的计算

1.2.1 仪器和设备

(1) MR204 型傅里叶变换红外光谱仪；(2) 20m³ 烟幕箱 6.1m×2.0m×1.8m；(3) 黑体 800℃；(4) 采样称量装置；(5) 烟幕施放装置，包括喷枪、空气钢瓶等。

1.2.2 测试方法

仪器调试好后，开始以 0.6MPa 的压力从窗口向烟箱中喷撒 FY 发烟剂样品，完毕后关闭烟箱窗口，打开烟箱中的风扇，搅拌 10s 后关上风扇，等 10s 后记时。并同时按照常规的方法在不同的时间测量烟幕质量浓度和烟幕的透过率并计算其消光系数。

1.3 烟幕沉降速度的计算方法

烟幕沉降速度的计算按照公式 (1)。

$$v_D = \frac{H}{t_2 - t_1} \ln \frac{C_F(t_1)}{C_F(t_2)} \quad (1)$$

式中： v_D ——烟幕的沉降速率，m/s；

H ——烟幕箱内腔高度，m；

$C_F(t_1)$ —— t_1 时的烟幕质量浓度，g/m³；

$C_F(t_2)$ —— t_2 时的烟幕质量浓度，g/m³。

为了避免由试验误差带来的计算误差，可以先由试验做出的数据进行处理，即找出时间与浓度的关系式，然后计算出所需时间的相应浓度，代入公式 (1)。

1.4 电阻率测定

见 GJB 737.3-89。

1.5 比表面积测定

见 GB 2596-81。

1.6 粒度测定

用 JL9200 激光粒度仪测定。分散方法：湿法；分散介质：蒸馏水；超声时间：60s。

1.7 铜含量测定

用碘量法测定。

2 结果与讨论

红外干扰发烟剂对红外的衰减程度与药剂的原材料性能（包括粒度、活性等）配方组成和配比等诸多因素相关。另外添加剂和制药工艺也影响着发烟剂的性能。

2.1 铜粉活性含量对红外消光性能的影响

目前市售铜粉种类较多，但大致可划分为 3 大类。表 1 中列出了 3 种不同铜粉对红外光消光性能的影响。它们的消光曲线见图 1 和图 2。

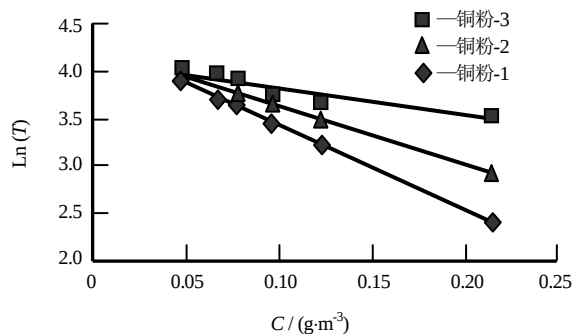


图 1 3 种铜粉在 3~5μm 红外区的消光曲线

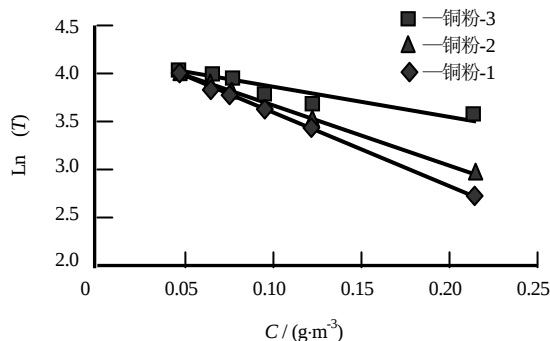


图 2 3 种铜粉在 8~12μm 红外区的消光曲线

表 1 3 种铜粉对红外消光性能的影响

铜粉种类 (1 200 目)	w _铜 / %	消光系数 / (m ² ·g ⁻¹)	
		3~5μm	8~12μm
铜粉-1	87.53	1.738 7	1.789 4
铜粉-2	82.21	1.537 5	1.469 3
铜粉-3	68.50	1.410 1	1.531 1

从表 1 和图 1~2 看出，铜粉种类对其性能影响较大，其中铜粉-1 消光系数较大。这与理论分析是一致的。因为铜粉中的活性成分是铜，铜粉的红外消光性能是由于铜微粒表面自由电子的存在，对红外辐射有强的吸收作用而产生的^[1]，所以含铜量较高的铜粉对红外消光性能好。

2.2 铜粉粒度对红外消光性能的影响

烟幕微粒对光产生的衰减主要是吸收和散射衰减共同作用的结果，粒径对光散射衰减影响较大。重点选择了铜粉-1 中的 3 种粒度进行了试验，结果见表 2；它们的消光曲线见图 3 和图 4。3 种粒

度铜粉的浓度随时间的变化曲线见图 5。

表 2 铜粉粒度对红外消光性能的影响

铜粉-1 粒度 /目	粒度直径/ μm		消光系数 / $(\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1})$		沉降速度 $V_D / (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$
	D50	D90	3~5 μm	8~12 μm	
1 200	4.57	10.45	1.738 7	1.789 4	1.10×10^{-3}
1 000	7.79	19.58	1.352 2	1.367 3	2.94×10^{-3}
800	10.64	26.80	0.931 4	0.963 7	3.44×10^{-3}

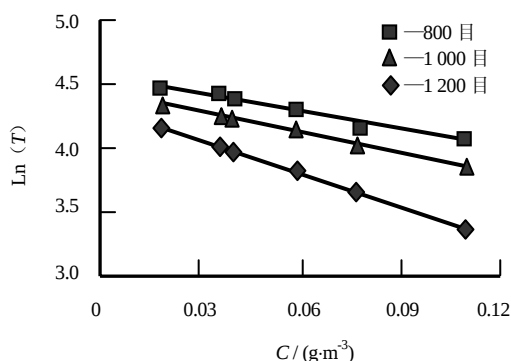


图 3 3 种粒度的铜粉在 3~5 μm 红外区的消光曲线

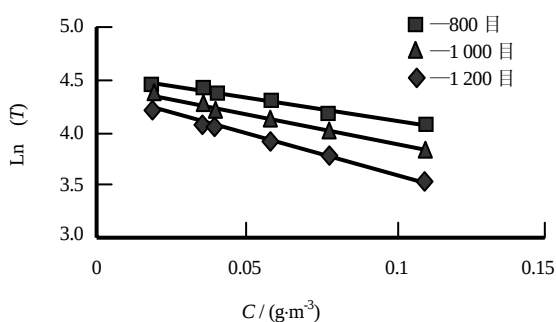


图 4 3 种粒度的铜粉在 8~12 μm 红外区的消光曲线

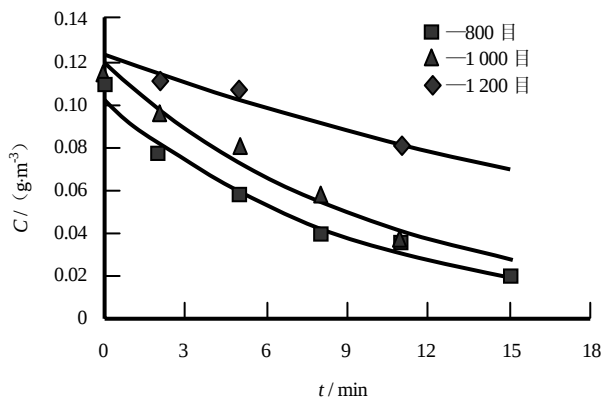


图 5 3 种粒度铜粉的浓度随时间变化曲线

由表 2 和图 3~5 看出, 1 200 目的铜粉消光系

数大、沉降速度慢, 效果最好, 800 目最差。

2.3 包覆剂对铜粉性能的影响

铜粉在空气中易氧化、而粉碎时易凝聚, 因此市售铜粉在粉碎时都加入一定量的添加剂, 既起助磨、分散作用又起包覆、防氧化作用, 因此常称做包覆剂。由于市售铜粉所用的包覆剂熔点较低、易挥发, 而且高温时不相容, 铜粉贮存时间长, 易被氧化, 尤其是铜粉-1。所以根据对包覆剂的要求, 筛选了多种物质, 其中重点研究了 4 种包覆剂对铜粉在加温贮存后的流散性、红外消光性能、相容性等的影响。结果见表 3。

从表 3 看出, 市售铜粉加温贮存时, 挥发和结块严重, 稳定性较差, 这可能就是由于市售铜粉(印刷用)的包覆剂熔点低, 加温时熔化、挥发导致结块, 并使铜氧化, 活性铜含量降低, 从而使其红外干扰效果降低。同时看到, YN 包覆剂包覆的铜粉的电阻率也较大(一般铜的电阻率是 $1.55 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$), 这说明包覆效果较好, 而且相容性和长贮稳定性也很好。

2.4 添加剂 SM 对比对发烟剂性能的影响

为了延长发烟剂对红外的干扰时间, 在发烟剂中添加了少量添加剂。研究了添加剂 SM 对比对装填密度和红外干扰效果等性能的影响。结果见表 4。

从表 4 看出, 随着添加剂 SM 加入量的增大, 发烟剂装填密度逐渐减少, 同重量的发烟剂, 对红外的干扰时间增长, 但是对于同体积的发烟剂, 只有在添加 5% SM 时, 其装填密度才变化不大, 比表面积明显增大, 表观流散性也有所改善, 而且它对红外干扰的效果也有所提高。分析原因可能是由于粉末颗粒形状不同, 互相填充分子间的空隙, 致使加入少量添加剂时, 密度变化不大, 同时由于 SM 添加剂的比表面积大, 加入它后致使发烟剂得到进一步包覆, 比表面积明显增大, 从而使沉降速度下降, 延长了对红外的干扰时间^[5]。

2.5 混合工艺对发烟剂性能的影响

混合工艺直接影响着发烟剂的质量和性能。根据经验和现有的条件, 研究了 3 种混合工艺对发烟剂性能的影响。其结果见表 5。

从表 5 中看出, 第一种混合工艺制备出来的发烟剂比表面积大, 对红外干扰时间最长, 但电阻率偏小些, 这可能是在包覆过程中其添加剂分享了包覆剂的原因, 从使用角度看, 电阻率能充分满足使用要求。另外选用第一种工艺, 由于是 2 次包覆和

混合一起进行, 还可节省混合时间。同时从表 6 所列数据看, 混合的均匀度也很好。

表 3 包覆剂对铜粉性能的影响

不同包覆剂包覆的 铜粉	助磨效果	电阻率 $\rho_v / (\Omega \cdot \text{cm})$	对红外遮蔽时间 /min (同重量)		比表面积 / ($\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$)	内相容性
			贮存前	10°C, 40d		
SYN 包覆的铜粉	结块, 研不细	2.0	-	-	-	-
F4 包覆的铜粉	较差, 研不细	1.0	-	-	-	-
YN 包覆的铜粉	较好, 粒度可达要求	2.23×10^{13}	3.63	3.43	1.7	相容
市售铜粉	较好	1.45×10^{15}	3.14	0.52 (挥发和结块严重)	1.6	不相容

表 4 添加剂 SM 对发烟剂性能的影响

100g 发烟剂中 添加剂 SM 的量 /g	装填密度 / ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	对红外 8~12 μm 干扰时间 /min		比表面积 / ($\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$)	90°C 贮存 110 d (同重量)	
		同重量	同体积		对红外 8~12 μm 干扰时间 /min	外观
0	2.05	3.6	3.65	1.6	3.2	不结块
4	1.98	5.4	5.00	-	5.2	不结块
5	1.93	6.4	6.00	4.9	6.2	不结块
20	1.20	8.4	3.30	-	-	-

表 5 混合工艺对发烟剂性能的影响

混合工艺	比表面积 / ($\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$)	电 阻 率		对红外干扰时间 / min (同重量)
		ρ_s / Ω	$\rho_v / (\Omega \cdot \text{cm})$	
1	4.9	3.14×10^{12}	1.1×10^{11}	7.4
2	4.7	5.40×10^{15}	3.5×10^{15}	5.4
3	3.7	4.76×10^{15}	2.6×10^{15}	4.6

表 6 第一种混合工艺混合的均匀度测定结果

样品 编号	$w_{\text{铜}} / \%$	平均值 / %	变异系数 / %
1	81.78		
2	82.14		
3	80.42	81.25	0.87
4	81.14		
5	80.78		

2.6 造粒对发烟剂性能的影响

发烟剂由于颗粒细、又具有一定的流散性, 装填时困难较大。一是装填密度不大, 二是污染厉害。所以对发烟剂进行了造粒工艺研究, 并且研究了造

粒对发烟剂性能的影响。

主要考察了对装填密度和对红外的干扰效果的影响, 结果见表 7。

表 7 造粒对发烟剂性能的影响

发烟剂	装填密度 / ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	野外爆炸分散后对红外 干扰时间 / s	
		炸药/发烟剂	炸药/发烟剂
		1/50	1/40
造粒前	1.93	18.91	74.69
造粒后	2.20~2.60	15.51	83.09

(下转第 44 页)

(上接第 8 页)

从表 7 看出,造粒后装填密度大有增加,而且对发烟剂野外爆炸分散后的红外干扰效果没有什么影响,解决了装填困难,改善了对环境和人员的污染问题。

3 结论

(1) 铜粉中的活性成分铜含量、粉末的粒度以及配方的组成及比例是影响发烟剂红外消光性能的主要因素,铜含量高的铜粉以及以其为主体的发烟剂红外消光性能好于铜含量低的。铜粉粒度接近干扰波长的二分之一时红外消光性能好。铜基发烟剂中的添加剂 SM 的比例为 5%,比表面积大,流散性好,对装填密度影响不大,并且可提高发烟剂的红外消光性能。

(2) 铜粉所用包覆剂是影响其相容性和稳定性的主要因素。目前市售铜粉长贮稳定性差,用 YN 包覆剂包覆效果较好,包覆的铜粉相容性和长贮稳定性好。

(3) 制药工艺对其性能也有影响。用 2 次包覆和混合一起进行的工艺,可节省混合时间,混合的均匀度好,对红外干扰效果好。发烟剂粉末造粒后使用,使装填变得容易,可以增大装填密度,减少污染,而且对红外干扰效果没有什么影响。

参考文献:

- [1] Rush E. Elkins, R. H. Kohl. Proceeding of the smoke/obscurants symposium V [R]. AD-A 104761, 1981: 667~669.
- [2] Sellman, Leonard R., Embury Jr., et al. Method of forming IR smoke screen [P]. US 4704966, 1987.
- [3] Milstead, Leon R., Lowe, et al. Method of assembly of compacted particulates and explosive charge [P]. US 4704967, 1987.
- [4] 徐铭,李澄俊. 赤磷发烟剂、铜粉组合烟幕的红外消光性能 [J]. 火工品, 2002, (3): 1~3.
- 刘长城. 烟幕红外消光的理论研究 [J]. 特种弹药, 1991, (1): 41.