

文章编号: 1006-9941(2005)06-0408-04

弹用红外干扰发烟剂研制

尹喜凤, 吴 昱, 武 滢, 金青君

(中国人民解放军防化研究院, 北京 102205)

摘要: 对铜基红外干扰发烟剂的配方及影响配方性能的主要因素进行了实验研究, 并对其性能进行了测试。结果表明, 该发烟剂不仅对中、远红外光具有优良的干扰能力, 而且对可见光、激光也具有良好的遮蔽能力。该发烟剂还具有装填密度大, 不导电, 耐高、低温性能、相容性和稳定性能良好等特点。

关键词: 应用化学; 烟火剂; 发烟剂; 铜粉; 红外; 干扰

中图分类号: TJ53; TQ567.5

文献标识码: A

1 引言

红外干扰发烟剂是发展红外干扰发烟器材的关键技术。随着光电技术在军用观瞄器材和制导武器上的广泛应用, 发展红外干扰烟幕已成为当今世界各国研究的热门课题。

目前国内外用于红外干扰的常用材料有: 石墨、碳黑、黄铜粉等。根据弹用红外干扰发烟剂的要求, 考虑到石墨与碳黑密度都较小, 本实验重点研究了以铜粉为主体干扰材料的红外干扰剂配方。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, 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]; 且铜粉呈鳞片状微粒, 具有很大的消光截面积, 所以在国外, 铜基红外干扰发烟剂已被用作装备烟幕干扰弹的主要装药^[2,3], 而国内有关研究报导则很少^[4]。本文对铜基红外干扰发烟剂的配方及影响因素进行了研究, 对其性能进行了测试, 同时对测试结果及相关问题进行了分析讨论。

2 铜基红外干扰发烟剂配方筛选

2.1 红外吸收材料的筛选(KBr压片法)

本实验主要选择了石墨类、碳黑类、铜粉类等材料作为筛选对象。用KBr压片法分别测定各物质的红外吸光度, 然后根据文献[5]的方法计算出各自消光系数。结果见表1。

由表1看出, 石墨、N115、1200目的红光铜粉及黄铜粉的消光系数都较大。选上述三类材料中消光系数较大的代表作为主体, 配制成不同比例的配方, 进行了筛选试验。

表1 红外吸收材料的消光系数测定结果

Table 1 Measurement results of extinction coefficients of some IR absorption materials

| materials | extinction coefficients/ $m^2 \cdot g^{-1}$ | |
|-------------------------------|---|----------------|
| | 3 ~ 5 μm | 8 ~ 14 μm |
| graphite powder | 1.0532 | 1.2825 |
| carbon black N115 | 1.6125 | 1.5724 |
| carbon black N660 | 0.8011 | 0.2737 |
| carbon black N110 | 0.1853 | 0.1830 |
| conductive carbon black | 0.3997 | 0.3970 |
| brass powder(1200 mesh) | 1.4101 | 1.5311 |
| pure copper powder(1200 mesh) | 1.7387 | 1.7894 |
| pure copper powder(800 mesh) | 0.9314 | 0.9637 |
| silicon carbide | 0.2178 | 0.1997 |
| carbon black HG-1B | 0.8688 | 0.4789 |

2.2 初选发烟剂在烟箱中对红外光(8~14 μm)干扰效果比较

将选出的石墨、N115及1200目的红光铜粉按一定比例配制成不同的配方, 然后在20 m³的烟幕箱中测试其对红外光(8~14 μm)的干扰效果。试验结果见表2和表3。测试光程为6.1 m, 测试仪器为MR204型傅里叶变换红外光谱仪, 温差为30 $^{\circ}C$, 样品的施放方式为喷洒方式。

由表2和表3看出, 同重量的发烟剂对红外干扰效果, 石墨最好, 其次是N115, 该结果与表1结果有些不同, 可能是因为石墨的流散性比N115好, 致使其烟幕留空时间长。对于同体积的发烟剂来说, 1200目红光铜粉效果最好, 但在铜粉中加入石墨或N115后, 随着加入量的增加, 由于密度逐渐减少, 同体积样品对红外遮蔽效果也随之变差。根据弹用红外干扰发烟剂的要求, 选择同体积发烟剂中干扰效果好的4、5、9三种配方作为初选配方。

收稿日期: 2005-01-26; 修回日期: 2005-07-27

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

表 2 石墨/1200 目红光铜粉系发烟剂性能比较
Table 2 Comparison of property for graphite/pure copper powder(1200 mesh) smoke agents

| No. | graphite/pure copper powder (1200 mesh) | loading density /g · cm ⁻³ | interfering time to | |
|-----|---|---------------------------------------|---|---------------------|
| | | | infrared(8 ~ 14 μm)/min the same volume (29.2 cm ³) | the same mass(30 g) |
| 1 | 1 : 0 | 0.48 | 4.12 | 11.67 |
| 2 | 4 : 1 | 0.68 | 4.62 | 9.18 |
| 3 | 2 : 1 | 0.93 | 5.23 | - |
| 4 | 1 : 4 | 1.11 | 6.78 | 8.41 |
| 5 | 0 : 1 | 2.03 | 11.83 | 3.19 |

表 3 N115/1200 目红光铜粉系发烟剂性能比较
Table 3 Comparison of property for carbon black N115/pure copper powder(1200 mesh) smoke agents

| No. | carbon black N115/pure copper powder (1200 mesh) | loading density /g · cm ⁻³ | interfering time to | |
|-----|--|---------------------------------------|---|---------------------|
| | | | infrared(8 ~ 14 μm)/min the same volume (29.2 cm ³) | the same mass(30 g) |
| 6 | 1 : 0 | 0.47 | 3.0 | 9.5 |
| 7 | 1 : 4 | 1.2 | - | - |
| 8 | 3 : 20 | 0.98 | 3.92 | 3.36 |
| 9 | 1 : 25 | 2.05 | 7.08 | 2.41 |

2.3 初选配方发烟剂野外静爆分散后对红外干扰效果测定

发烟剂在具体使用过程中经爆炸分散会受到高温高压的影响,此时对红外干扰效果与烟箱效果未必一致,因此对上述较好的 4、5、9 三种发烟剂进行静爆分散试验并与石墨和 N115 进行比较,结果见表 4。

表 4 几种发烟剂模弹静爆分散后对红外的干扰效果比较(同体积模弹)

Table 4 Comparison of interfering effect of several simulated bombs on IR after static exploded dispersing (the same volume)

| No. | useful interfering time to infrared (8 ~ 14 μm)/s | broad × high /m | remarks |
|-----|---|-----------------|---|
| 1 | 6 | 2 × 1.4 | a little agglomeration tenuous smoke |
| 4 | 14 | 2.0 × 1.8 | tenuous smoke |
| 5 | 22 | > 2.5 × 2 | no agglomeration dense smoke |
| 6 | 4 | 2 × 1.4 | tenuous smoke |
| 9 | 18 | > 2.2 × 1.8 | no agglomeration dense smoke |

由表 4 看出,配方 1(石墨)和配方 6(N115)由于装填密度小,单发弹所装烟剂量较少,对红外有效干扰

效果较差,且石墨静爆时有少量结块。与配方 4 和配方 9 相比,配方 5(红光铜粉)的干扰效果较好,因此把 1200 目红光铜粉作为发烟剂的基本配方。

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。为了更好地发挥发烟剂的干扰效果,我们研究了影响铜粉等性能的诸因素,结果^[6]表明,铜粉种类和粒度对其红外消光性能影响都较大,其中中值直径为 4 ~ 6 μm 的红光铜粉消光系数最大,沉降速度最慢,效果最好;用包覆剂 YN 代替市售铜粉的包覆剂,可以改善发烟剂的相容性和长贮稳定性;添加 5% 复合添加剂 SM,可改善表观流散性,延长对红外干扰时间。

由于发烟剂颗粒细、又具有一定的流散性、装填时困难较大,故对造粒工艺也进行了研究,造粒后装填密度增加,解决了装填困难的问题,而且造粒对烟剂野外爆炸分散后烟幕的消光性能也没有影响。详细结果见文献[6]。

综上所述,可以看到红外干扰发烟剂的配方最佳组成是以 YN 包覆的 1200 目红光铜粉为主体材料,添加 5% SM 复合添加剂。为全面考察该配方的性能,对按此配方制备的铜基红外干扰发烟剂进行了性能测试。

3 铜基红外干扰发烟剂的性能测试

3.1 基本性能

该铜基红外干扰发烟剂为鳞片状粉末,粒径 $D_{90} \leq 12 \mu\text{m}$ 。基本性能测试结果见表 5。

表 5 铜基红外干扰发烟剂基本性能

Table 5 Basic property of the copper-base IR interfering smoke agent

| copper content /% | loading density/g · cm ⁻³ | | resistivity /Ω · cm |
|-------------------|--------------------------------------|--------|-----------------------|
| | powder | grauar | |
| ≥80 | 1.90 | 2.2 | 1.38×10^{10} |

对于弹用发烟剂,由于弹容积有限,发烟剂装填密度大,才能发挥有效作用,另一方面发烟剂不能导电,否则对我方仪器仪表也会造成损坏。电阻率在 $10^{11} \sim 10^{18} \Omega \cdot \text{cm}$ 的物质称为绝缘体^[7],而实际生产中往往把 $10^7 \sim 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ 的物质也都归入绝缘体。因此,从表 5 数据看出,该发烟剂具有不导电、粒径适中、活性成分高、装填密度大等优点。

3.2 烟幕性能

3.2.1 发烟剂平均沉降速度

测试发烟剂不同时间的烟幕质量浓度,为了避免由试验误差带来的计算误差,将实验数据进行处理,找

出时间与浓度的关系式,计算出所需时间的相应浓度,然后再根据式(1)^[8]计算出发烟剂的平均沉降速度为 $1.31 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

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

式中, V_D 为烟幕的沉降速率, $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; H 为烟幕箱内腔高度, m ; $C_F(t_1)$ 为 t_1 时的烟幕质量浓度, $\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$; $C_F(t_2)$ 为 t_2 时的烟幕质量浓度, $\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ 。

3.2.2 铜基红外干扰发烟剂烟幕消光性能

主要测定了烟幕对可见光、 $1.06 \mu\text{m}$ 和 $10.6 \mu\text{m}$ 激光、 $2 \sim 5.6 \mu\text{m}$ 和 $8 \sim 12 \mu\text{m}$ 的中、远红外光的消光系数,结果见表6,表中括号内外的数据分别是用MR204型付里叶变换红外光谱仪和AGM 900红外热像仪测定的透过率计算的。从表6看出,铜基红外干扰发烟剂对红外光具有很好的干扰效果,而且对可见光、激光也具有良好的遮蔽作用。

表6 铜基红外干扰发烟剂的烟幕消光系数测定结果

Table 6 Measurement results of smoke extinction coefficient of the copper-base IR interfering smoke agent

| smoke extinction property | distinct band/ μm | | | | |
|--|------------------------------|----------|------|------|---------------|
| | 2 ~ 5.6 | 8 ~ 12 | 1.06 | 10.6 | visible light |
| extinction coefficient/ $\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ | 2.16 | 1.35 | 1.77 | 1.42 | 1.07 |
| | (2.004) | (1.5646) | | | |

3.3 高、低温性能和相容性

把发烟剂分别放在 $-40 \text{ }^\circ\text{C}$ 、 $50 \text{ }^\circ\text{C}$ 和 $25 \text{ }^\circ\text{C}$ 贮存24 h,然后在 20 m^3 烟箱中测定烟幕的干扰效果,结果见表7。结果表明,高、低温对发烟剂性能基本没有影响。

表7 铜基红外干扰发烟剂耐高、低温性能测定结果

Table 7 Measurement results of performance for copper-base IR interfering smoke agent enduring high and low temperature

| store temperature/ $^\circ\text{C}$ | light transmittance to | useful interfering |
|-------------------------------------|---------------------------------|---|
| | 1.06 μm at 0.5 min/% | time to infrared (8 ~ 14 μm) /min |
| -40 | 0.1 | 6.59 |
| 25 | 0.1 | 7.40 |
| 50 | 0.1 | 7.95 |

Note: The results are average value of three parallel results.

此外,按GJB 770A-97中的规定,采用了差热分析法和真空安定两种方法分析了铜基红外干扰发烟剂,都表明铜基红外干扰发烟剂组分内相容性良好。

3.4 感度

分别按WJ 1871-89和GJB 772.206-89规定测定红外干扰发烟剂的摩擦感度和撞击感度,测得的爆炸

百分率都为0;按WJ 1871-89规定测试静电火花感度,在固定电压25 kV条件下,测试25次,发火百分数为0%。说明该剂不敏感,比较安全。

4 铜基红外干扰发烟剂静爆试验考核

4.1 单独装药试验

铜基红外干扰发烟剂模拟弹(内装650 g剂)静爆分散后对红外的干扰效果见表8。

表8 单独装药时烟弹静爆后对红外的干扰效果

Table 8 Interfering effect of the smoke bomb on IR after explosion with solitary loading

| No. | useful interfering time to | smoke screen size |
|-----|-------------------------------------|-----------------------|
| | infrared (8 ~ 14 μm) /s | broad \times high/m |
| 1 | 21 | 2.5 \times 2.0 |
| 2 | 23 | 2.5 \times 2.0 |
| 3 | 24 | > 2.5 \times 2 |
| 4 | 22 | > 2.5 \times 2 |

从表8可看出,铜基红外干扰发烟剂单独使用时对红外有良好的干扰效果。

4.2 组合装药试验

将260 g铜基红外干扰发烟剂与390 g磷基发烟剂组合装药,静爆分散后对红外的干扰效果见表9。

表9 组合装药时烟弹静爆后对红外的干扰效果

Table 9 Interfering effect of the smoke bomb on IR after explosion with combine loading

| No. | useful interfering time | smoke screen size |
|-----|--|-----------------------|
| | to infrared (8 ~ 14 μm) /s | broad \times high/m |
| 1 | 29 | 15 \times 10 |
| 2 | 33 | 16 \times 10 |
| 3 | 30 | 14 \times 10 |

组合装药应用于KZH发烟弹上,静爆分散后对可见光的遮蔽时间大于2 min,对热成像仪的有效干扰时间大于40 s;如果能使目标、烟幕、光路始终保持在一条水平线上,干扰时间可高达60 s以上。成烟效果见图1。

从表9可以看出,铜基红外干扰发烟剂与磷基发烟剂组合装药使用时,发烟弹爆炸分散半径大,成烟量大,烟幕持续时间长,具有协同增效的作用,比单独使用任何一种都好^[1],其原因如下:在发烟弹爆炸后,磷基发烟剂被炸成许多碎块分散开来,迅速生成烟和热,使大范围的气流上升,由于大量热流的作用,使铜基发烟剂发烟率大大增加,也使粉末悬浮在空中的时间延长,从而使其沉降速度变慢,这里也可能有悬浮和电荷分离效应发生作用。



图1 KZH发烟弹的成烟效果

Fig.1 Smoke effect of the KZH bomb

5 结论

所研制的铜基红外干扰发烟剂不仅对中、远红外光具有优良的干扰能力,而且对可见光、激光也具有良好的遮蔽能力,此外,该剂还具有装填密度大,不导电,耐高、低温性能、相容性和安定性都良好,使用安全,原料来源丰富,制备简单等特点,可以单独装填于弹中使用,也可与其它烟剂组合装填于弹中使用。

参考文献:

- [1] Elkins Rush E, Kohl R H. Proceeding of the smoke/obscurants symposium[R]. AD-A 104761, 1981. 667-669.
- [2] Sellman, Leonard R, Embury Jr, et al. Method of forming IR smoke screen[P]. USP 4704966, 1987.
- [3] Milstead, Leon R, Lowe, et al. Method of assembly of compacted particulates and explosive charge[P]. USP 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.
XU Ming, LI Cheng-jun. The infrared extinction ability of combined smoke of red phosphorus and copper powder [J]. *Initiators & Pyrotechnics*, 2002, (3): 1-3.
- [5] 董庆年. 红外光谱法[M]. 北京: 石油化学工业出版社, 1977.
- [6] 尹喜凤, 陈于忠, 陈宏达, 等. 铜基红外干扰发烟剂性能影响因素研究[J]. 火工品, 2003, (4): 5-8.
YIN Xi-feng, CHEN Yu-zhong, CHEN Hong-da, et al. Study on the affecting factors on the performance of smoke agent based on copper powder[J]. *Initiators & Pyrotechnics*, 2003, (4): 5-8.
- [7] 张向宇. 实用化学手册[M]. 北京: 国防工业出版社, 1986.
- [8] 龚有国, 姚禄玖. 烟幕沉降室内测试研究[A]. 烟幕应用技术研讨会论文集[C], 北京. 2000. 223-228.

Study on the IR Interfering Smoke Agent Used in Bomb

YIN Xi-feng, WU Yu, WU Pai, JIN Qing-jun

(Institute of Chemical Defense, Beijing 102205, China)

Abstract: The study on the formulation and the influence factors to the property of copper-base IR interfering smoke agent as well as measurement results of the property are described. The results show that the smoke agent with excellent interfering capacity on mid-IR and far-IR, has better screening effect on visible lights and laser. Moreover, this smoke agent has some other characteristics i. e. large loading density, better insulation, better performance enduring high and low temperature, better compatible and stable performance.

Key words: applied chemistry; pyrotechnical agent; smoke agent; copper powder; infrared; interfere

读者·作者·编者

欢迎订阅 2006 年《化学推进剂与高分子材料》

《化学推进剂与高分子材料》是由黎明化工研究院主办,中国聚氨酯工业协会、全国化学推进剂信息站协办的国内外公开发行的化工科技期刊,《中国期刊网》、《中国学术期刊(光盘版)》全文收录期刊,《万方数据-数字化期刊群》全文收录期刊,《中国核心期刊(遴选)数据库》来源期刊,《中国学术期刊综合评价数据库》统计源期刊。本刊主要报道聚氨酯、胶黏剂、涂料、工程塑料等高分子材料,推进剂原材料以及无机化工、精细化工等相应专业研究论文、专论与综述、生产实践经验总结与革新成果、新产品和新知识介绍、国内外科技简讯及市场动态等。本刊内容新颖、信息量大、印刷质量好,在全国化工系统中有一定影响。在 1993, 1996, 2002 年化工期刊评比中连获优秀期刊奖。

本刊为双月刊。国内刊号为 CN 41-1354/TQ, 国际刊号为 ISSN 1672-2191, 广告经营许可证号为 4103004000006。采用国际标准大 16 开,由专业印刷厂精心承作。彩色封面印刷,设计装潢精美,正文内容及插页广告均用铜版纸。内地:每期定价 10 元,全年定价 60 元;港澳台:50 美元/年(400 港元/年);国外:60 美元/年。皆含邮资。本刊自办发行,同时又参加了全国非邮发报刊联合发行,以方便单位和个人订阅。热诚欢迎订阅者随时来电来函索取订单,也可直接寄款编辑部订阅。真诚欢迎您订阅、投稿以及发布广告!

地址:河南省洛阳市邙岭路 5 号
电话:0379-62301694, 62303751
户名:黎明化工研究院

邮编:471001
传真:0379-62307056
开户行:工行九都支行营业部

联系人:徐梅青、王喜荣
E-mail: lminfo2000@yahoo.com.cn
帐号:1705 0240 1920 0032 815