

文章编号: 1006-9941(2006)02-0118-05

## 强光致盲弹药技术的研究

霸书红<sup>1,2</sup>, 焦清介<sup>1</sup>, 杜志明<sup>1</sup>

(1. 北京理工大学爆炸科学与技术国家重点实验室, 北京 100081;

2. 沈阳理工大学环境与化工学院, 辽宁 沈阳 110168)

**摘要:** 研究了强光致盲弹药的辐射机理、配方组成、性能测试和对夜视探测器材的干扰情况。结果表明, 以  $\text{KClO}_4$  为氧化剂、以 Al 为可燃物和以环氧树脂(或酚醛树脂)为粘合剂组成的三元配方(配比 50: 50: 3)具有很强的光辐射能力, 感度较低。在三元配方中加入 1% 微粉石墨, 可大大提高药剂的安全性。强光辐射模拟样弹装填  $\text{KClO}_4/\text{Al}/$ 环氧树脂三元配方的药量为 80 g 时, 可见光区的发光强度可达  $5.0 \times 10^7$  cd 以上, 近红外波段的辐射强度达  $2.1 \times 10^5 \text{ W} \cdot \text{sr}^{-1}$  以上, 装药量 40 g 的模拟样弹对 37 m 处夜视探测器材干扰效果明显。

**关键词:** 军事化学与烟火技术; 强光致盲弹药; 辐射强度; 微粉石墨; 感度; 样弹

**中图分类号:** TJ413+.7

**文献标识码:** A

### 1 引言

强光致盲弹药本身蕴藏有很高的化学能, 通过燃烧反应部分转变成光能, 并以强辐射光的形式释放, 达到毁伤敌人目的。这种弹药具有致人眩晕失明失去抵抗能力和使光电探测器材“致盲”不能正常工作的特点<sup>[1,2]</sup>。因其效费比高, 光谱范围宽, 多向辐射, 便于装入多种弹体等优点, 一直是世界各国研究的热点。本文介绍了强光致盲弹药辐射机理、配方设计、性能测试、样弹构造及对夜视器材的干扰。

### 2 强光致盲弹药的辐射机理

强光致盲弹药燃烧时高温下固体和液体的游离电子发生扰动, 且随温度不同处于不同能级, 能够辐射出不同波长的光, 所以称为连续光谱。此连续光谱可视为灰体辐射<sup>[3]</sup>。强光致盲弹药爆燃产生的火团近似为球形, 强光致盲弹药爆燃闪光辐射模型可作如下假设:

① 爆燃火团的表面辐射近似为灰体辐射, 表面发射率  $\varepsilon$  对于某种特定产物体系来说为小于 1 的常数; ② 火药爆燃火团为均匀发光体, 球体表面与内部温度一致, 辐射来自于火团表面; ③ 燃烧反应产物中的气相物质均视为理想气体; ④ 发光火球表面为余弦辐射体; ⑤ 忽略火团内部辐射粒子对火团辐射的贡献及大气传输中辐射能量的衰减。根据 Planck 定律和假设, 强光致盲弹药产生的连续光谱在某一波段辐射出射度为:

$$M_{\lambda-\text{连续}} = \varepsilon_0 \cdot \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{hc/(\lambda kT)} - 1} = \frac{\varepsilon_0 \cdot c_1 \cdot \lambda^{-5}}{e^{\frac{c_2}{\lambda T}} - 1} \quad (1)$$

式中,  $M_{\lambda-\text{连续}}$  为烟火药燃烧火焰连续光谱单色辐出度;  $\varepsilon_0$  为烟火药火焰中连续光谱的发射率;  $h$  为普朗克常数;  $c$  为光速;  $\lambda$  为波长;  $T$  为燃烧火球表面温度;  $c_1$  为第一辐射常数;  $c_2$  为第二辐射常数。

对其波长从 0 到  $\infty$  积分得:

$$M_0 = M_{\text{连续}} = \varepsilon_0 \cdot \int_0^{\infty} \frac{c_1 \lambda^{-5}}{e^{\frac{c_2}{\lambda T}} - 1} d\lambda \quad (2)$$

利用  $\lambda = c_2/xT$  及  $d\lambda = -c_2 dx/Tx^2$  进行变量转换, 得到灰体辐射的斯蒂芬-玻尔兹曼公式:

$$M_0 = \varepsilon_0 \cdot \int_0^{\infty} \frac{c_1}{\left(\frac{c_2}{xT}\right)^5} \cdot \frac{-\frac{c_2}{Tx^2}}{e^x - 1} dx = \varepsilon_0 \cdot \frac{c_1}{c_2^4} T^4 \int_0^{\infty} \frac{x^3}{e^x - 1} dx = \varepsilon_0 \cdot \sigma T^4 \quad (3)$$

由辐出度定义可得出火球的辐射强度:

$$\Phi_{0(\lambda_1-\lambda_2)} = 4\pi r_0^2 \cdot M_0 = \varepsilon_0 \cdot 4\pi r_0^2 \sigma T^4 \quad (4)$$

根据辐射强度定义  $I = d\Phi/d\Omega$  得闪光火球的辐射强度公式:

$$I_0 = \Phi_0/4\pi = \varepsilon_0 \cdot r_0^2 \cdot \sigma T^4 \quad (5)$$

上式表明: 闪光火球的辐射强度与火球表面温度的四次方、火球半径的平方和灰体发射率  $\varepsilon_0$  成正比, 这也为强光致盲弹药配方设计提供了依据。

### 3 强光致盲弹药配方设计、筛选

强光致盲弹药配方设计有两个基本要求: 一是要

收稿日期: 2005-09-14; 修回日期: 2005-12-10

作者简介: 霸书红(1970-), 男, 在读博士, 研究方向为军事化学与烟火技术。e-mail: bashuhong@bit.edu.cn

有足够强的光辐射能力;二是要有合适感度,保证运输、使用和勤务管理等过程中的安全。其中前者要求选择合适的反应体系,是设计中的重点。后者可在反应体系确定后,通过加入粘合剂和添加剂来保证。

强光致盲弹药由氧化剂、可燃物、粘合剂和添加剂组成。常用氧化剂有氯酸盐、高氯酸盐和硝酸盐;可燃物有铝、镁、镁铝合金混合物或合金。氧化剂和可燃物组成的二元体系在高温燃烧时能够产生很强光辐射。现以最小自由能法<sup>[4]</sup>为基础,利用高温高压复杂系统化学反应计算程序<sup>[1]</sup>对二元反应体系进行了计算,得到优化配方,结果见表 1。

表 1 不同二元配方性能参数比较

Table 1 Comparison of performance parameters for different binary formulations

| formulation                       |                                 | performance parameter |   |                              |                         |
|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------------|---|------------------------------|-------------------------|
| oxidant                           | combustible                     | $T_{\max}$<br>/K      | $V_{\max}$<br>/m <sup>3</sup> ·kg <sup>-1</sup> | $M$<br>/mol·kg <sup>-1</sup> | $M_{\text{cond}}$<br>/% |
| KClO <sub>4</sub>                 | Mg                              | 3295                  | 4.9   | 24.9                         | 41                      |
|                                   | Al                              | 3862                  | 4.5   | 17.9                         | 43                      |
|                                   | Mg <sub>4</sub> Al <sub>3</sub> | 3577                  | 4.5   | 17.6                         | 44                      |
| NaNO <sub>3</sub>                 | Mg                              | 3193                  | 4.9   | 30.3                         | 60                      |
|                                   | Al                              | 3764                  | 4.8   | 20.8                         | 59                      |
|                                   | Mg <sub>4</sub> Al <sub>3</sub> | 3351                  | 4.1   | 20.5                         | 59                      |
| Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> | Mg                              | 3228                  | 3.7   | 20.1                         | 41                      |
|                                   | Al                              | 3800                  | 2.8   | 12.7                         | 39                      |
|                                   | Mg <sub>4</sub> Al <sub>3</sub> | 3424                  | 3.3   | 13.3                         | 41                      |
| KNO <sub>3</sub>                  | Mg                              | 3190                  | 4.6   | 27.5                         | 55                      |
|                                   | Al                              | 3757                  | 4.2   | 18.7                         | 54                      |
|                                   | Mg <sub>4</sub> Al <sub>3</sub> | 3308                  | 4.1   | 18.7                         | 54                      |

Note:  $M$  is total molar concentration of the reaction system;  $M_{\text{cond}}$  is the weight fraction of condensed-phase production;  $T_{\max}$  is the system maximum temperature at certain formulation ratio;  $V_{\max}$  is the system maximum volume at certain formulation ratio.

由表 1 可见, KClO<sub>4</sub> 和 Al 组成的二元体系反应温度最高。因为闪光火球的辐射强度与火球表面温度的四次方成正比,所以 KClO<sub>4</sub> 和 Al 组成的二元体系是辐射能力最强的配方。

## 4 强光致盲弹药的性能测试

### 4.1 辐射强度试验

#### 4.1.1 KClO<sub>4</sub>/Al 不同配比二元体系的辐射强度

以球形铝粉为可燃物,高氯酸钾为氧化剂,组成二元配方。所有试验样弹均采用 90 g 散装药,弹壳厚度 4 mm,容积为 102 mL,油压测试破壳压力为 4 MPa。用 ST-8 型照度计测试二元配方可见光波段的发光强度,测试距离为 60 m(以下辐射强度测试实验条件相同),测试结果见表 2。

表 2 同组分不同配比较方辐射强度测试结果

Table 2 Radiation intensity for different proportional formulations of containing the same compositions

| oxidant/combustible<br>(mass ratio) | $I/\text{cd}$                           | $I_{\text{average}}/\text{cd}$ | $T_{\text{theoretical}}/\text{K}$ |
|-------------------------------------|---|--------------------------------|-----------------------------------|
| 20: 80                              | $1.07 \times 10^7$<br>$9 \times 10^6$   | $9.8 \times 10^6$              | 3431                              |
| 30: 70                              | $6.2 \times 10^7$<br>$5.6 \times 10^7$  | $5.9 \times 10^7$              | 3825                              |
| 40: 60                              | $8.2 \times 10^7$<br>$8.3 \times 10^7$  | $8.25 \times 10^7$             | 3861                              |
| 50: 50                              | $8.9 \times 10^7$<br>$1.03 \times 10^8$ | $9.6 \times 10^7$              | 3719                              |
| 60: 40                              | $5.1 \times 10^7$<br>$7.4 \times 10^7$  | $6.25 \times 10^7$             | 2338                              |

由表 2 得出, KClO<sub>4</sub> 和 Al 的质量比为 50: 50 的配方光辐射能力最强;而理论计算 KClO<sub>4</sub> 和 Al 的质量比为 40: 60 时光辐射能力最强(反应体系温度越高,辐射能力越强)。出现这种差别是空气中的氧参与反应的结果。

#### 4.1.2 不同粘合剂/Al/KClO<sub>4</sub> 三元配方的辐射强度

为了改善药剂的安定性,需在二元配方(Al: KClO<sub>4</sub> = 50: 50)的基础上另加入小配比粘合剂进行造粒。分别选用虫胶、清油、沥青、酚醛树脂和环氧树脂做粘合剂,测试不同粘合剂/Al/KClO<sub>4</sub> 三元配方可见光波段的发光强度(实验条件同上)和远红外波段的辐射强度,远红外测试采用 JHF-II 型远红外测试辐射计,测试距离为 300 m,结果见表 3。

表 3 三元配方的辐射强度测试结果

Table 3 Radiation intensity test results for ternary formulations

| Al/KClO <sub>4</sub> /adhesive | visible region |                    |                            | far-infrared band  |       |
|--------------------------------|----------------|--------------------|----------------------------|--------------------|-------|
|                                | $I/\text{cd}$  | $t/\text{ms}$      | $I/W \cdot \text{sr}^{-1}$ | $t/\text{ms}$      |       |
| shellac                        | 3%             | $5.65 \times 10^7$ | 19.02                      | $2.17 \times 10^5$ | 18.33 |
|                                | 5%             | $5.24 \times 10^7$ | 18.75                      | $1.80 \times 10^5$ | 18.03 |
| boiling oil                    | 3%             | $5.48 \times 10^7$ | 18.33                      | $2.05 \times 10^5$ | 18.01 |
|                                | 5%             | $5.19 \times 10^7$ | 18.00                      | $1.83 \times 10^5$ | 17.80 |
| pitch                          | 3%             | $6.05 \times 10^7$ | 18.85                      | $2.19 \times 10^5$ | 17.82 |
|                                | 5%             | $6.01 \times 10^7$ | 18.22                      | $2.28 \times 10^5$ | 18.23 |
| phenolic resin                 | 3%             | $6.49 \times 10^7$ | 20.45                      | $2.42 \times 10^5$ | 18.33 |
|                                | 5%             | $6.24 \times 10^7$ | 19.33                      | $2.31 \times 10^5$ | 18.21 |
| epoxy resin                    | 3%             | $6.35 \times 10^7$ | 20.45                      | $2.37 \times 10^5$ | 18.33 |
|                                | 5%             | $6.17 \times 10^7$ | 19.25                      | $2.13 \times 10^5$ | 18.02 |

由表 3 可看出, KClO<sub>4</sub>/Al/3% 酚醛树脂和 KClO<sub>4</sub>/Al/3% 环氧树脂都是具有较强光辐射能力的三元配方。

### 4.2 感度试验

#### 4.2.1 不同粘合剂/Al/KClO<sub>4</sub> 三元配方的感度

上述辐射强度实验中确定了具有较强辐射能力的三元配方是  $\text{KClO}_4/\text{Al}/3\%$  酚醛树脂和  $\text{KClO}_4/\text{Al}/3\%$  环氧树脂,测定这两种配方外加不同用量粘合剂的感度,结果见表4。测试采用的标准是撞击感度为 GJB772A-97;摩擦感度为 GJB772A-97;静电火花感度为 WJ1869-89;火焰感度为 GJB772A-97。

表4  $\text{Al}/\text{KClO}_4$ /粘合剂的感度测试结果

Table 4 Sensitivity of different types of  $\text{Al}/\text{KClO}_4$ /adhesive

| adhesive<br>/ $\text{Al}/\text{KClO}_4$ | impact<br>sensitivity | friction<br>sensitivity | electrostatic<br>spark<br>sensitivity | flame<br>sensitivity |
|---|-----------------------|-------------------------|---------------------------------------|----------------------|
| epoxy resin                             | 3%                    | 60%                     | 24%                                   | 12%                  |
|   | 5%                    | 76%                     | 28%                                   | 8%                   |
| phenolic<br>resin                       | 3%                    | 64%                     | 20%                                   | 20%                  |
|   | 5%                    | 88%                     | 28%                                   | 12%                  |

由表4可看出,强光致盲弹药的四种感度中撞击感度较高;粘合剂/ $\text{Al}/\text{KClO}_4$ 三元配方中粘合剂用量为3%时感度较低。

#### 4.2.2 微粉石墨加入三元配方的撞击感度

微粉石墨具有优良润滑特性<sup>[5]</sup>。将制备好的三元药剂  $\text{KClO}_4/\text{Al}/$ 环氧树脂(配比是50:50:3)过筛后,称取10g样品四份,通过外混法加入1%,2%,3%,4%的微粉石墨并混合均匀,过筛3~5次,然后采

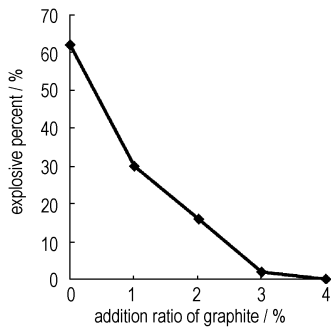


图1 撞击感度测试结果

Fig.1 Test results of impact sensitivity

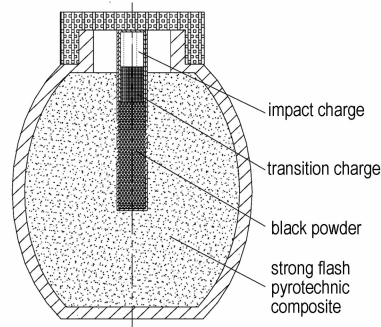


图2 强光辐射弹装药结构

Fig.2 Charge structure of strong light radiation bomb



图3 悬挂的强光辐射样弹

Fig.3 Suspended strong light radiation bomb

表5 强光辐射弹各波段辐射强度测试结果

Table 5 Radiation intensity of each wave band for strong light radiation bomb

| visible region    |               | near-infrared band                |               | far-infrared band                 |               |
|-------------------|---------------|-----------------------------------|---------------|-----------------------------------|---------------|
| $I/\text{cd}$     | $t/\text{ms}$ | $I/\text{W} \cdot \text{sr}^{-1}$ | $t/\text{ms}$ | $I/\text{W} \cdot \text{sr}^{-1}$ | $t/\text{ms}$ |
| $5.3 \times 10^2$ | 3.5           | $2.1 \times 10^5$                 | 5.8           | $2.3 \times 10^3$                 | 3.5           |

大量实验结果表明:80g装药量的强光辐射弹在可见光波段的发光强度可达辐射强度  $5.0 \times 10^7 \text{ cd}$  以上;近红外波段达  $2.1 \times 10^5 \text{ W} \cdot \text{sr}^{-1}$  以上。

用四分法取样进行撞击感度测试,测试结果见图1(测定结果为3次实验的平均值)。

从图1可以得出:随着微粉石墨的用量加大,药剂的撞击感度大大降低,加入4%微粉石墨可使药剂撞击感度值降为0。即加入少量微粉石墨,可大大降低三元药剂的撞击感度,提高药剂的安全性和过载能力。

## 5 模拟样弹

### 5.1 模拟样弹的装药结构

设计的强光致盲模拟样弹结构与外形见图2、图3。壳体选用高强度纤维增强聚苯乙烯塑料,厚度3mm,顶盖的尺寸与材料与制式手榴弹完全一致。经过油压试验,壳体强度为4MPa。将一定量强光致盲药剂分三次压入弹壳中,第三次采用凸模压药预留点火机构的位置,引信击发与保险机构采用压簧恢复击发方式。

### 5.2 样弹辐射强度

试验中模拟样弹装填  $\text{KClO}_4/\text{Al}/$ 环氧树脂(配比50:50:3)药量80g,吊于距地面1.8m高度处,可见波段测试距离为60m,近红外和远红外测试距离为300m,近红外波段辐射强度测试采用JHF-II型近红外测试辐射计,为引爆方便,试验弹采用电点火方式,试验测试结果见表5(多次测试结果平均值)。

### 5.3 样弹对夜视器材的干扰

对XX1940型近贴式二代微光夜视仪初步进行了干扰研究。试验中模拟样弹装填  $\text{KClO}_4/\text{Al}/$ 环氧树脂三元配方(配比50:50:3)的药量40g(为防止夜视仪受损,没有试验更大装药量),吊于距地面1.8m高度处,样弹与二代微光夜视仪之间距离为37m,试验结果见图4~9。

(1) 正常的半月夜无法探测到37m处的靶架,须借助一定的照明才可探测目标(见图4);



图4 试验前夜视仪观察视场情况  
Fig.4 Screen of night vision equipment  
before igniting

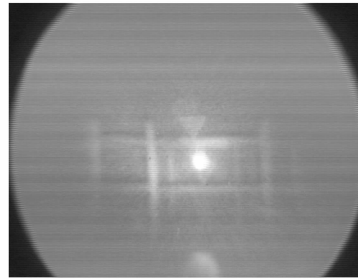


图5 闪光剂样弹点火的一瞬间  
Fig.5 Screen of night vision equipment  
at igniting



图6 样弹点火后 0.04 s  
Fig.6 Screen of night vision equipment  
at  $t = 0.04$  s

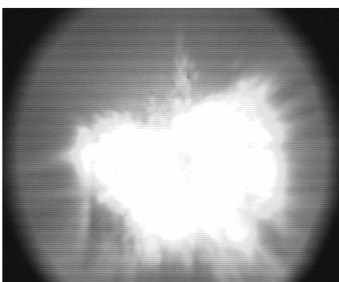


图7 样弹点火后 0.08 s  
Fig.7 Screen of night vision equipment  
at  $t = 0.08$  s

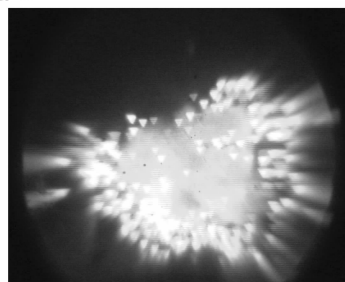


图8 样弹点火后 1.6 s  
Fig.8 Screen of night vision equipment  
at  $t = 1.6$  s

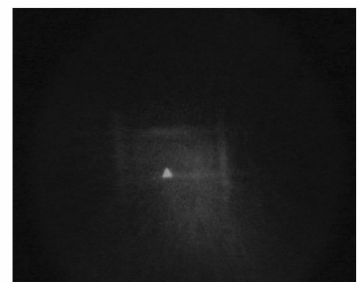


图9 样弹点火后 3.52 ~ 24 s  
Fig.9 Screen of night vision equipment  
at  $t = 3.52 \sim 24$  s

(2) 当遇到较弱光源,夜视仪即出现弱的光晕现象,对观察目标略有影响(见图5);

(3) 当光源辐射强度很大时,二代夜视仪的光阴极达到饱和,成像满屏泛白,遮蔽整个夜视仪的视场(见图6);

(4) 随着闪光剂样弹最亮点的消退,夜视仪受到强光干扰的视场逐渐缩小,在一定程度上仍能遮蔽目标(见图7、8);

(5) 强光过后,夜视仪受干扰处出现的亮“▲”持续 20 s 左右时间才完全消退,说明夜视仪受强光干扰后要经历几十秒时间才能完全恢复(见图9)。

从图4~9可以看出,样弹对二代微光夜视仪干扰效果明显,主要受样弹发光强度及强光持续时间影响。

## 6 结 论

(1) 利用高温高压复杂系统化学反应计算程序计算得出,氧化剂  $\text{KClO}_4$  和可燃物 Al 组成的二元体系具有较强辐射能力。

(2) 实验得出二元体系中  $\text{KClO}_4$  和 Al 的质量比为 50:50 时光辐射能力最强;而理论计算得出  $\text{KClO}_4$  和 Al 的质量比为 40:60 时光辐射能力最强。这种差别是空气中的氧参与反应的结果。

(3)  $\text{KClO}_4/\text{Al}$ /粘合剂三元体系中,粘合剂选择 3% 酚醛树脂或 3% 环氧树脂光辐射能力较强,感度较低。

(4)  $\text{KClO}_4/\text{Al}/3\%$  环氧树脂三元配方外加少量微粉石墨,可大大降低配方的冲击感度,提高药剂安全性。

(5) 样弹发光强度及强光持续时间对夜视器材干扰效果明显。

### 参考文献:

- [1] 常非. 烟火药爆燃闪光辐射研究[D]. 北京: 北京理工大学,2002. CHANG Fei. Studies on the flash radiation by pyrotechnic deflagration [D]. Beijing: Beijing Institute of Technology,2002.
- [2] 焦清介,马威,许又文. 闪光烟火剂强光辐射实验研究[J]. 北京理工大学学报,2000,20(1): 129-132. JIAO Qing-jie, MA Wei, XU You-wen. Experimental study on the radiation of pyrotechnics flash [J]. *Journal of Beijing Institute of Technology*,2000,20(1): 129-132.
- [3] 梅飞鸣,王兴安. 辐射换热[M]. 北京: 高等教育出版社,1989. MEI Fei-ming, WANG Xing-an. Radiation Heat Transfer [M]. Beijing: Higher Education Press,1989.
- [4] 傅献彩,沈文霞,姚天扬. 物理化学[M]. 北京: 高等教育出版社,1990. FU Xian-cai, SHEN Wen-xia, YAO Tian-yang. Physical Chemistry [M]. Beijing: Higher Education Press,1990.
- [5] 王汝霖. 润滑剂摩擦化学[M]. 北京: 中国石化出版社,1994. WANG Ru-lin. Lubricant Tribochemistry [M]. Beijing: China Petrochemical Press,1994.

## The Technology of the Strong Light Blindness Ammunition

BA Shu-hong<sup>1,2</sup>, JIAO Qing-jie<sup>1</sup>, DU Zhi-ming<sup>1</sup>

(1. State Key Laboratory of Explosion Science and Technology, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China;

2. School of Environmental and Chemical Engineering, Shenyang Ligong University, Shenyang 110168, China)

**Abstract:** The radiation mechanism, formulation composition, properties test and the disturbance on night vision equipment with strong flash blindness ammunition are studied. The results show that the trinary formulation containing  $\text{KClO}_4$ , Al and epoxy resin (mass ratio is 50: 50: 3) has higher radiation and lower sensitivities. The ammunition security is greatly improved when 1% micro-powder graphite is added into the trinary formulation. When 80 g charge amount of trinary formulation (the mass ratio of  $\text{KClO}_4$ , Al and epoxy resin is 50: 50: 3) is loaded into the simulation bomb, the luminesced intensity at visible region is more than  $5.0 \times 10^7$  cd and the radiation intensity at near-infrared band exceeds  $2.1 \times 10^3 \text{ W} \cdot \text{sr}^{-1}$ . Moreover, 40 g charge amount of the trinary formulation has obvious disturbance on night vision equipment at 37 m.

**Key words:** military chemistry and pyrotechnics; strong light blindness ammunition; radiation intensity; micro-powder graphite; sensitivity; pattern bomb

(上接 107 页)

## Numerical Simulation of Blasting Warheads Exploding Based on ALE Method

LI Wei-ping<sup>1</sup>, WANG Shao-long<sup>2</sup>, WANG De-wu<sup>2</sup>, HAN Xiu-feng<sup>2</sup>

(1. The Second Artillery Engineering College, Xi'an 710025, China;

2. The Second Artillery Arming Institute, Beijing 100085, China)

**Abstract:** Using the Arbitrary Lagrangian-Eulerian (ALE) algorithm, the numerical simulation of the blasting warheads exploding in the air is realized. During the modeling process, the explosive was plotted with ALE elements, the shell with Lagrange elements and the air with Euler elements, the ALE meshes of the initial void were created in which the explosive products could flow, the meshes of explosive and the initial void were joined with common nodes, and the fluid-structure interaction was defined between the meshes of the explosive, shell and air. The diffusion of explosive products and the pressure distribution were obtained. The overpressure values at different distance to the explosion center were presented. The results show that the relative errors between the simulation results of overpressure and the experimental results at different distance to explosion center is less than 10%.

**Key words:** explosion mechanics; blasting warhead; explosion effect; numerical simulation; ALE algorithm

(上接 117 页)

## Synthesis and Characterization of 3,6-Dihydrazine-1,2,4,5-tetrazine and its Energetic Salts

PAN Jie, HE Jin-xuan, TAO Yong-jie

(The 42nd Institute of the Fourth Academy of CASC, Xiangfan 441003, China)

**Abstract:** 3,6-Dihydrazine-1,2,4,5-tetrazine and its energetic salts were synthesized from the easily available starting materials like triaminoguanidine and 2,4-pentanedione. The synthesis route in literature was magnified properly. Moreover, the synthesized compounds were characterized by spectra analysis (IR, NMR, EA and MS) and the explosive properties (impact and friction sensitivity) and thermal properties (TGA/DTG) were studied.

**Key words:** organic chemistry; 3,6-dihydrazine-1,2,4,5-tetrazine; synthesis; tetrazine; high-nitrogen energetic material