

文章编号: 1006-9941(2006)03-0209-06

## 烟幕透过特性对激光寻的武器制导的影响

张金生<sup>1</sup>, 高智杰<sup>2</sup>, 李征委<sup>3</sup>, 王仕成<sup>1</sup>

(1. 第二炮兵工程学院 301 教研室, 陕西 西安 710025;

2. 第二炮兵装备研究院实验中心, 北京 100085; 3. 西安微电子技术研究所, 陕西 西安 710065)

**摘要:** 基于某激光制导武器(1.064  $\mu\text{m}$ )的数学仿真平台,提出了烟幕对抗激光制导武器的仿真方法;研究了烟幕的干扰效果;给出了典型战场气象环境和 3 种典型投弹方式下不同透过特性( $T=0\% \sim 100\%$ )的烟幕对抗激光制导武器的仿真结果,对烟幕干扰效果进行了定量分析。仿真结果表明,当烟幕透过率  $T > 69\%$  时,对激光制导武器的制导无影响;当烟幕透过率  $T < 15\%$  时,对激光制导武器的制导有严重影响,致使激光制导武器飞行发散。

**关键词:** 物理化学; 烟幕; 发烟剂; 干扰; 透过率; LOWTRAN7; 仿真; 激光制导

**中图分类号:** TJ413+.7; TN972+.4; TN249; TP391.9 **文献标识码:** A

### 1 引言

作为一种历经几千年历史的信息对抗技术,烟幕在现代战争中依然大放异彩。它是一种遮蔽、伪装、掩护、支援各军兵种作战的有效的高效费比武器。美军联合兵种作战发展处的一位威胁分析专家指出,美国目标捕获系统大概有 90% 以上都会受到现有发烟器材的影响<sup>[1]</sup>;同时美军认为“现代战争条件下,不能没有烟幕的遮蔽”<sup>[2-5]</sup>。俄军认为,在进攻部队和防御武器之间使用烟幕会将防御武器的威胁减少 80%,防御战地使用迷盲烟幕能把武器的威胁率减少 90%<sup>[1]</sup>;同时指出“现在当各种武器的效能大大增强的时候,烟幕在军队作战行动的保障方面将起着更重要的作用”<sup>[2-5]</sup>。

对发烟器材的研究主要集中在两个方面:一是烟剂性能的研究,主要的研究方向是烟剂及其残余物的透过率、遮蔽能力、消光性能、热特性、对不同波长光的适应性、环保性、成烟速度、沉降速度、烟幕持续时间等;二是布撒器材的研究,主要研究布撒速度、烟幕遮蔽面积等<sup>[2,5-10]</sup>。这些研究促进了烟幕技术的飞速发展,产生了多种型号的发烟器材,如著名的赤磷烟剂、HC 烟剂等。

目前在以上两个方面的研究成果已经非常突出,但关于烟幕对抗光电制导武器<sup>[11]</sup>效果的定量研究和探讨尚没有报道。

本实验基于某激光制导武器数学仿真平台<sup>[12]</sup>,开展了烟幕对抗仿真方法和对抗效果的研究,给出了典

型战场环境条件和 3 种投弹方式下不同透过率( $T=0\% \sim 100\%$ )的烟幕对 1.064  $\mu\text{m}$  激光制导武器干扰的仿真结果;探讨了烟幕技术的发展方向。

### 2 烟幕对抗激光制导武器的仿真方法

#### 2.1 烟幕对抗激光制导武器的机理

激光制导武器是以感应到的经编码的特定波长的激光回波信号为制导信息,目前的激光制导武器均为半主动方式,以美国的“宝石路”系列激光制导炸弹为典型代表。在激光制导武器使用时,首先需要弹外激光器照射目标,在目标上形成漫反射光,制导武器的激光导引头感应目标上的漫反射激光,形成制导信息,随后按照一定的制导规律进行控制和制导<sup>[12]</sup>。

烟幕主要是阻止和削弱这种光反射或以改变激光反射为目的,使激光导引头不能接收或接收错误制导信息。根据不同烟幕,可以将烟幕对抗激光制导武器的机理<sup>[13]</sup>概括如下:

- (1) 烟幕的散射、吸收削弱激光照射器发出的信号和接收器接收信号的强度,影响其准确性;
- (2) 烟幕的遮蔽可以掩盖目标确切位置,降低激光武器威力,使其难以对目标造成伤害;
- (3) 烟幕的反射使激光脉冲在时序上模糊,导引头无法正确记录,丧失精确制导能力;
- (4) 烟幕产生反光点,形成假目标,欺骗激光探测和制导系统。

#### 2.2 烟幕对抗引入激光制导仿真的切入点

战场环境中激光传输和接收过程如图 1 所示,而烟幕是在目标上方和附近使用,因此,其仿真的切入点在目标漫反射的前后。

收稿日期: 2005-09-27; 修回日期: 2006-02-17

基金项目: 国家技改工程基金资助(JGD17KS01007)

作者简介: 张金生(1980-),男,博士生,研究方向为导航、制导与控制、精确制导。e-mail: zjshengchina@163.com

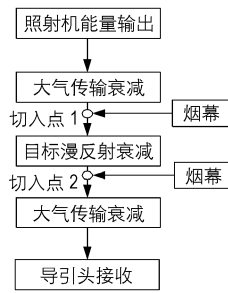


图 1 激光光程及烟幕仿真的切入点

Fig. 1 Laser's path and simulation entrances of smoke screen

2.3 烟幕对抗的仿真要素

由于实际的烟幕在使用时具有多种特性,按照仿真的相似性原理也应该将其纳入仿真,如透过率、后向散射、发烟时间、持续时间、化学反应过程及残余物的透过率、风速、湿度、烟幕形状及变化过程等<sup>[2-10]</sup>,因此,需要结合大量的实际烟幕武器型号进行研究。为简化仿真,本文主要研究烟幕透过率对激光制导武器干扰的效果。

2.4 烟幕对抗激光制导武器的数学仿真模型

烟幕对抗激光制导武器的数学仿真模型<sup>[12]</sup>如图 2 所示。

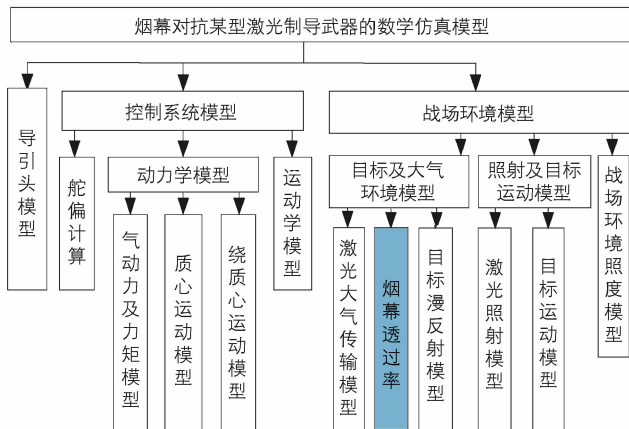


图 2 烟幕对抗激光制导武器的数学仿真模型

Fig. 2 Digital simulation model of smoke screen's countering laser guided weapon

根据 Lambert-beer 定律,在仿真中计算激光导引头附近能量密度时,将烟幕作为一种激光传输衰减的因素,其透过率直接乘在大气传输模型中即可。并根据烟幕类型选择其透过率的参数,以完成不同烟幕的对抗效果仿真。式(1)为激光导引头入瞳处能量密度<sup>[14-16]</sup>的表达式:

$$\varepsilon = \frac{E\rho\tau_a(l)\tau_a(r)\cos\theta}{\pi r^2} \times T_R \times T_F \quad (1)$$

式中, $\varepsilon$  为激光导引头入瞳处的能量密度; $E$  为照射激光器的输出能量; $\rho$  为目标漫反射率; $l$  为照射激光器至目标间的距离; $r$  为目标至航弹导引头间的距离; $\tau_a(l)$  为照射光路大气透过率; $\tau_a(r)$  为接收光路大气透过率; $\theta$  为导引头接收方向与目标反射平面法向的夹角; $T_R$  为入射方向烟幕的透过率; $T_F$  为反射方向烟幕的透过率。

2.5 重要的仿真工具

(1) 专用大气透过率计算软件 LOWTRAN7

本研究使用的是美国空军地球实验室的 LOWTRAN 模型。LOWTRAN7 是一个单参数带模式的低分辨率大气透过率和背景辐射计算软件。以  $20 \text{ cm}^{-1}$  的光谱分辨率计算  $0 \sim 50000 \text{ cm}^{-1}$  的大气透过率、大气背景辐射、单次散射的阳光和月光辐射亮度。专用软件的使用有效地提高了环境建模的置信度。

(2) 实时仿真语言 YHSIM<sup>[12]</sup>

数学仿真是基于银河亚星科技的实时仿真软件 YHSIM 进行的,YHSIM 是基于 Windows NT 操作系统的一体化建模仿真与分析软件,该软件由程序设计环境、人机交互系统、实时图形系统组成,并具有微秒级计时精度。

2.6 仿真假设及初始条件<sup>[2-10,12,14]</sup>

2.6.1 烟幕假设及初始条件<sup>[17]</sup>

(1) 从投弹初始时刻,烟幕已经完全覆盖目标,且始终覆盖,其持续时间大于制导炸弹工作时间。

(2) 烟幕透过率假设 1: 从各个方向上的入射和发射与烟幕形状无关,视之为常数,且不随时间变化(对于激光制导武器,一般的工作时间长则 1 分钟,短则十几秒,对于主动干扰的烟幕来说,可以认为烟幕对激光的透过率不变化),如图 3(a)所示,认为入射激光和反射激光受到的衰减是相同的。

(3) 烟幕透过率假设 2: 长方体烟幕,烟幕中粒子分布均匀,竖直方向上透射率表征烟幕的标称透射率,且烟幕的标称透过率对应烟幕的高度为 10 m;斜程透射时,斜程距离决定了激光衰减程度。如图 3(b)所示, $a$  表示长方体烟幕的厚度,且  $a = 10 \text{ m}$ , $b$  表示入射激光在烟幕中的路径长度, $c$  表示反射激光在烟幕中的路径长度。此时假设烟幕的标称透过率(对应烟幕高度 10 m)为 50%,则入射方向的透过率计算公式可表示为:(反射方向透过率同理)

$$T_R = \frac{b}{a} \times 50\% \quad (2)$$

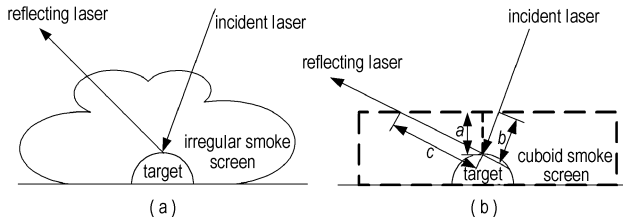


图 3 烟幕透过率的两种假设

Fig. 3 Two assumptions of smoke screen's transmissivity

2.6.2 武器系统假设及初始条件

- (1) 投弹条件 1: 初始弹目水平距离为 6 km; 炸弹初始速度为  $290 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ; 投弹高度为 1 km。
- (2) 投弹条件 2: 初始弹目水平距离为 2.5 km; 炸弹初始速度为  $260 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ; 投弹高度为 0.5 km。
- (3) 投弹条件 3: 初始弹目水平距离为 10 km; 炸弹初始速度为  $230 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ; 投弹高度为 2 km。
- (4) 导引头感应能量阈值设置:  $10 \text{ fJ} \cdot \text{cm}^{-2}$ 。

2.6.3 战场气象条件假设与初始条件

- (1) 中纬度夏季; (2) 乡村气溶胶模式; (3) 能见度 23 km。

2.6.4 其它假设与初始条件

- (1) 照射模式为照射机照射; (2) 照射机初始位置  $(0, 7 \text{ km}, 0)$ ; (3) 照射机速度为匀速  $200 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ; (4) 照射激光器输出能量为 150 mJ; (5) 目标漫反射率为 0.2, 朗伯特性好。

3 数学仿真实验条件及实验结果

将两种烟幕透过率假设和三种投弹条件进行组合, 初始条件的组合模式见表 1, 根据表 1 初始条件进行数学仿真试验, 仿真结果见表 2~7。在仿真结果中, 飞行时间是指激光制导武器从投弹到落地的总时间, 开始制导距离是指导引头开始感应到目标的弹目之间直线距离; 开始制导时间是指投弹初始时刻到导引头开始感应到目标; 制导精度是弹体落地时的位置与目标之间的距离。

表 1 仿真初始条件的组合模式说明

Table 1 Initial conditions of the simulation compound mode

compound No.	transmissivity	release condition	simulation result
1	case 1	term 1	Table 2
2	case 1	term 2	Table 3
3	case 1	term 3	Table 4
4	case 2	term 1	Table 5
5	case 2	term 2	Table 6
6	case 2	term 3	Table 7

表 2 组合 1 仿真结果表

Table 2 Simulation results of the compound mode No. 1

transmissivity <i>T</i> /%	flying time/s	guidance begin time/s	guidance begin distance/km	guidance precision/m
100%	21.840	0.000	6.068	2.51
50%	21.840	0.000	6.068	2.51
45%	21.840	1.730	5.596	2.51
40%	21.840	3.970	4.988	2.51
35%	21.840	6.240	4.395	2.51
32%	21.840	7.640	4.039	2.51
31%	21.84	8.130	3.916	16.6
30%	21.87	8.580	3.805	50.79
29%	21.96	9.040	3.691	55.36
28%	22.14	9.540	3.568	33.05
27%	22.30	10.000	3.456	16.30
26%	22.30	10.490	3.337	49.40
25%	22.43	10.980	3.219	42.98
24%	22.63	11.450	3.107	16.19
23%	22.70	11.950	2.989	29.57
22%	divergent	divergent	divergent	divergent

表 3 组合 2 仿真结果表

Table 3 Simulation results of the compound mode No. 2

transmissivity <i>T</i> /%	flying time/s	guidance begin time/s	guidance begin distance/km	guidance precision/m
100%	9.460	0.000	2.547	2.98
50%	9.460	0.000	2.547	2.98
40%	9.460	0.000	2.547	2.98
30%	9.460	0.000	2.547	2.98
25%	9.460	0.000	2.547	2.98
24%	9.460	0.180	2.503	2.98
23%	9.460	0.660	2.381	2.98
22%	9.460	1.110	2.269	2.98
21%	9.460	1.550	2.158	2.98
20%	9.420	1.980	2.052	33.86
19%	9.460	2.420	1.944	44.79
18%	9.530	2.840	1.841	46.64
17%	9.710	3.240	1.745	14.32
16%	9.800	3.640	1.649	9.11
15%	divergent	divergent	divergent	divergent

表 4 组合 3 仿真结果表

Table 4 Simulation results of the compound mode No. 3

transmissivity <i>T</i> /%	flying time/s	guidance begin time/s	guidance begin distance/km	guidance precision/m
100%	45.300	0.000	10.184	4.60
50%	45.300	15.430	6.895	4.60
40%	45.300	21.990	5.554	4.60
30%	45.300	28.810	4.170	4.60
29%	45.300	29.490	4.032	4.60
28%	45.330	30.190	3.768	35.54
25%	45.920	32.280	3.466	15.90
22%	46.410	34.280	3.061	16.72
20%	46.680	35.630	2.788	28.80
19%	46.860	36.280	2.657	18.58
18%	47.020	36.920	2.527	16.89
17%	divergent	divergent	divergent	divergent

表5 组合4仿真结果表

Table 5 Simulation results of the compound mode No. 4

transmissivity $T/\%$	flying time/s	guidance begin time/s	guidance begin distance/km	guidance precision/m
100%	21.840	0.000	6.068	2.51
70%	21.840	7.760	4.009	2.51
69%	21.760	7.910	3.971	34.83
68%	21.850	8.040	3.939	18.95
65%	21.90	8.470	3.832	34.20
60%	22.02	9.210	3.649	47.26
55%	22.28	9.990	3.458	20.80
50%	22.41	10.790	3.265	37.99
45%	22.66	11.650	3.060	21.08
42%	22.74	12.160	2.939	37.17
41%	divergent	divergent	divergent	divergent

表6 组合5仿真结果表

Table 6 Simulation results of the compound mode No. 5

transmissivity $T/\%$	flying time/s	guidance begin time/s	guidance begin distance/km	guidance precision/m
100%	9.460	0.000	2547	2.98
50%	9.460	0.880	2.326	2.98
45%	9.460	1.520	2.166	2.98
44%	9.390	1.650	2.134	26.87
43%	9.410	1.800	2.096	28.08
40%	9.500	2.190	2.001	22.62
35%	9.530	2.880	1.832	48.97
34%	9.600	3.030	1.796	35.98
33%	9.630	3.170	1.762	34.26
32%	9.730	3.310	1.728	12.39
31%	9.760	3.470	1.690	11.06
30%	9.790	3.600	1.659	10.03
29%	divergent	divergent	divergent	divergent

表7 组合6仿真结果表

Table 7 Simulation results of the compound mode No. 6

transmissivity $T/\%$	flying time/s	guidance begin time/s	guidance begin distance/km	guidance precision/m
100%	45.300	0.000	10.184	4.60
60%	45.300	27.080	4.521	4.60
51%	45.300	29.490	4.032	4.60
50%	45.320	29.820	3.965	7.99
45%	45.670	31.230	3.680	14.90
40%	45.990	32.710	3.380	29.41
35%	46.430	34.290	3.059	7.01
30%	46.730	35.860	2.741	30.64
29%	46.840	36.200	2.672	18.68
28%	46.950	3.654	2.604	8.75
27%	47.000	36.840	2.543	16.96
26%	divergent	divergent	divergent	divergent

## 4 仿真结果分析

### 4.1 干扰效果约定

- (1) 对制导无影响的烟幕: 制导精度  $< 7$  m;
- (2) 对制导有影响的烟幕: 制导精度  $> 7$  m, 但仿

真不发散;

- (3) 对制导严重影响的烟幕: 仿真发散。

### 4.2 烟幕影响程度分析

(1) 基于烟幕透过率假设1(形状不规则的烟幕, 在各个方向上对激光的衰减是一样的, 且不随时间变化), 可以认为当烟幕透过率  $T > 31\%$  时, 对激光制导武器的制导无影响; 当烟幕透过率  $T < 15\%$  时, 对激光制导武器的制导有严重影响。

(2) 基于烟幕透过率假设2(长方体烟幕, 烟幕中粒子分布均匀, 烟幕厚度为 10 m,  $T$  表示激光传播路径长度为 10 m 时受到的衰减), 可以认为:

当烟幕透过率  $T > 69\%$  时, 对激光制导武器的制导无影响; 当烟幕透过率  $T < 26\%$  时, 对激光制导武器的制导有严重影响。

综合两种假设, 可以看出, 当烟幕透过率  $T > 69\%$  时, 对激光制导武器的制导无影响; 当烟幕透过率  $T < 15\%$  时, 对激光制导武器的制导有严重影响, 致使激光制导武器飞行发散。

### 4.3 仿真试验可信程度讨论

根据仿真模型和初始假设, 对可信程度影响严重的因素是:

- (1) 照射激光器输出能量引入的不确定性

目前, 小型化 1.064  $\mu\text{m}$  激光器的能量远远超过了 150 mJ, 市场几个焦耳的激光器比比皆是。照射激光的能量增强, 必然可以穿透透过率低的烟幕, 关系如公式(1)所示。

- (2) 导引头感应能量阈值引入的不确定性

本文的导引头感应能量阈值是在"宝石路 I"型的基础上进行假定的, 而改型激光制导炸弹是 70 年代的产品, 雪崩二极管感应能力在不断提高。

- (3) 目标反射率引入的不确定性

本假设中, 目标的漫反射率为 0.2, 而一般建筑用水泥表面的漫反射率为 0.5, 目标反射率的误差也会严重影响对烟幕透过率的评估。

- (4) 气象条件假设引入的不确定性

在本文中选用了一种相对理想的气象条件, 气象视距在 23 km, 该气象条件下的大气衰减是很少的。

- (5) 不同投弹条件假设引入的不确定性

在以上 3 种投弹条件下, 无影响的起始制导弹目距离是不一样的, 这也说明大气衰减不是唯一决定制导精度的因素, 投弹条件(控制系统设计参数)和大气衰减共同影响了制导精度。

#### 4.4 从仿真结果看烟幕技术的发展方向

根据文中的仿真,可以看出,烟剂及其残余物对激光的透过率越低,对激光制导武器的影响越严重;再者,考虑到烟幕的作战方式,我们必须考虑到只有在敌方发现我方并投弹时(提前的遮蔽反而会暴露目标)才能实行烟幕遮蔽,这就要求烟幕的成烟速度要快;第三,生成后的烟幕会受到周围风场的影响而飘散,自身也会沉降,从而导致烟幕变得稀薄,透过率增大,因此,烟幕的持续时间要长。

## 5 结论

本文基于某激光制导武器数学仿真平台,在两种烟幕透过率假设和三种初始投弹条件下,深入研究了烟幕透过率与制导精度的关系,给出了不同透过率烟幕的干扰效果,定量论述了烟幕干扰激光制导的重要性,得出了具有一定置信度的结论:当烟幕透过率 $T > 69\%$ 时,对激光制导武器的制导无影响,当烟幕透过率 $T < 15\%$ 时,对激光制导武器的制导有严重影响,致使激光制导武器飞行发散,对烟幕技术的研究具有一定参考价值和借鉴作用。

#### 参考文献:

- [1] 方有培. 烟幕在现代战争中的作用及发展趋势[J]. 航天电子对抗, 1998, 4: 33 - 36.  
FANG You-pei. The smoke screen's effect and trend of development in modern wars [J]. *Astronautic Electromagnetic Countermeasure*, 1998, 4: 33 - 36.
- [2] 沈震夏. 外军发烟装备及技术的研究和发展[M]. 北京: 中国人民解放军防化研究院情报资料处, 1997.  
SHEN Zhen-xia. Researches and Development of Foreign Army's Smoke Generating Equipment [M]. Beijing: Information Agency of CPLA's Chemical-Resistant Institute, 1997.
- [3] 杨仕芳. 烟幕使用概论[M]. 北京: 中国人民解放军防化指挥工程学院, 1996.  
YANG Shi-fang. Application Conspectus of Smoke Screen [M]. Beijing: Chemical-Resistant Command Engineering College of CPLA, 1996.
- [4] William E K. Chemical corps smoke; is there a future in the army of the twenty first-century[R]. ADA350023. 1998.
- [5] 周遵宁. 燃烧型抗红外发烟剂配方设计及应用研究[D]. 南京: 南京理工大学博士论文, 2003, 10: 1 - 2, 20 - 90.  
ZHOU Zhun-ning. Composition design and application research on pyrotechnic anti-infrared smoke agent [D]. Ph D Thesis. Nanjing: Nanjing Science and Technology University, 2003, 10: 1 - 2, 20 - 90.
- [6] 沈国柱. 探索赤磷发烟剂衰减红外辐射的技术途径[D]. 南京: 南京理工大学硕士论文, 2002, 12: 1 - 45.  
SHEN Guo-zhu. Research of technique means of red phosphorus smoke-producing mixture's weakening infrared radiation [D]. Ms D Thesis. Nanjing: Nanjing Science and Technology University, 2002, 12: 1 - 45.
- [7] 姜红波. 燃烧型抗红外发烟剂的探索[D]. 南京: 南京理工大学硕士论文, 2002, 12: 1 - 60.  
JIANG Hong-bo. Research of combustibile anti-infrared smoke agent [D]. Ms D Thesis. Nanjing: Nanjing Science and Technology University, 2002, 12: 1 - 60.
- [8] 蔡文彬. 环保型抗红外烟幕剂的配方及性能研究[D]. 南京: 南京理工大学博士论文, 2002, 12: 1 - 100.  
CAI Wen-bin. Study of prescription and performance on environmental protection anti-infrared smoke agent [D]. Ph D Thesis. Nanjing: Nanjing Science and Technology University, 2002, 12: 1 - 100.
- [9] 张世才. 抗红外烟幕专家系统的评估及应用[D]. 南京: 南京理工大学硕士论文, 2002, 12: 1 - 45.  
ZHANG Shi-cai. The evaluation and application of anti-infrared smoke expert system [D]. Ms D Thesis. Nanjing: Nanjing Science and Technology University, 2002, 12: 1 - 45.
- [10] 李毅. 非球形微粒及其形成烟幕的消光机理研究[D]. 南京: 南京理工大学博士论文, 2001, 10: 1 - 134.  
LI Yi. Study of extinction mechanism of nonspherical particle and smoke screen produced by it [D]. Ph D Thesis. Nanjing: Nanjing Science and Technology University, 2001, 10: 1 - 134.
- [11] 付伟. 光电无源干扰技术的发展现状[J]. 应用光学, 2000, 21(6): 1 - 5.  
FU Wei. Present sate of electro-optic passive jam technique [J]. *Applied Optics*, 2000, 21(6): 1 - 5.
- [12] 张金生, 王仕成, 徐萍, 等. 激光制导武器仿真系统设计与研制[J]. 光电与控制, 2005, 4: 55 - 59.  
ZHANG Jin-sheng, WANG Shi-cheng, XU Ping, et al. Design and development of laser guided weapon simulation system [J]. *Electro-Optic and Control*, 2005, 4: 55 - 59.
- [13] 余勇, 刘庆军, 祝玉平. 烟幕: 信息战的坚盾[J]. 现代防御技术, 2004, 32(3): 44 - 47.  
YU Yong, LIU Qing-jun, ZHU Yu-ping. Smoke screen-shield of information warfare [J]. *Modern Defense Technique*, 2004, 32(3): 44 - 47.
- [14] 王仕成, 张金生, 高智杰. 激光制导武器仿真实验室环境中的精确激光衰减模型[J]. 系统仿真学报, 2004, 16(2): 238 - 241.  
WANG Shi-cheng, ZHANG Jin-sheng, GAO Zhi-jie. Precise laser attenuating model in the lab on laser-guided weapon simulation [J]. *Journal of System Simulation*, 2004, 16(2): 238 - 241.
- [15] ZHANG Jin-sheng, WANG Shi-cheng, XU Ping. Development of accurate calibration system of threshold value of laser homing guidance seeker [A]. International Postgraduate Confernce on Electrical and Electronic Engineering (IPCEEE2004) [C], Xi'an China, Xi'an Jiaotong University, July 12 - 15, 2004: 612 - 615.
- [16] Vance A Hedin. Atmospheric Effects on 1.06 Micron Laser-guided Weapons [R]. ADA017460. 1975.
- [17] 尹喜凤, 陈于忠, 陈宏达. 爆炸分散型复合干扰发烟剂使用技术研究[J]. 含能材料, 2003, 11(2): 71 - 75.  
YIN Xi-feng, CHEN Yu-zhong, CHEN Hong-da. Studies on the application techniques of explosion-dispersed composite interfering smoke agents [J]. *Chinese Journal of Energetic Materials (Hanneng Cailiao)*, 2003, 11(2): 71 - 75.

## Effect of Smoke Screen's Transmissivity on Laser Homing Guidance

ZHANG Jin-sheng<sup>1</sup>, GAO Zhi-jie<sup>2</sup>, LI Zheng-wei<sup>3</sup>, WANG Shi-cheng<sup>1</sup>

(1. The 301 Staff Room of the Second Artillery Engineering Institute, Xi'an 710025, China;

2. Laboratory Center, The R & D Institution for Equipment of the Second Artillery, Beijing 100085, China;

3. Xi'an Microelectronics Technology Institute, Xi'an 710065, China)

**Abstract:** Countermeasure simulation means of smoke screen countering laser guided weapon based on certain laser guided weapon (1.064  $\mu\text{m}$ ) digital simulation platform was presented. The simulation results of the smoke screen's countering laser guided weapon under typical weather environment and different transmissivity ( $T = 0\% - 100\%$ ) of 3 bomb release modes were given, and the value of smoke screen interference in battle field was analyzed quantitatively. The simulation results indicate that the proposed method is feasible for the smoke screen interference effect checking. For the present seeker's performance, the present smoke screen shape, when the transmissivity is more than 69%, the precision of laser homing guidance wouldn't be influenced; when it is less than 15%, the precision would be influenced seriously and the simulation diverge.

**Key words:** physical chemistry; smoke screen; smoke agent; interference; transmissivity; LOWTRAN7; simulation; laser guidance

读者·作者·编者

### 关于《含能材料》研究快报的征稿启事

为快速反映含能材料领域的最新研究成果,《含能材料》设立了研究快报栏目。

快报应突出科研工作的创新点,应反映科研工作的新理论、新观点、新方法。快报的内容包括工作目的、研究方法、成果和结论。

快报须简明扼要地表达出科研工作的核心,力求语言精炼、层次分明、重点突出。快报中公式或图表不宜过多,以论点、论据、评述和结论等文字叙述为主体内容。除内容之前冠以标题外,不宜在快报中出现其它类型的标题。快报字数应控制在1500~2500字,在结束页注明3~7个关键词。快报中要严格执行GB3100~3102-93有关量和单位的规定。单位名称的书写,应采用国际通用符号,不要与中文名称混用。快报以英文撰写为佳。

《含能材料》编辑部对于研究快报的审查与刊出将以“快”为准则。一经发表,酌致稿酬。作者投稿至我刊的快报,不影响其论文正文投稿其它刊社。热忱欢迎您的来稿!