

文章编号: 1006-9941(2004)02-0113-03

纳米 SiO₂ 对复合碳粉发烟剂性能的影响

周遵宁, 潘功配, 关 华, 朱晨光
(南京理工大学化工学院, 江苏 南京 210094)

摘要: 试验研究了添加纳米 SiO₂ 的复合碳粉发烟剂的分散和干扰性能。结果表明, 纳米 SiO₂ 可显著改善发烟剂的分散性, 而且发烟剂的分散性随纳米材料含量的增加而增加。在发烟剂中添加纳米材料后, 延长了烟幕的红外遮蔽时间。

关键词: 物理化学; 红外成像; 烟幕; 纳米 SiO₂; 分散性; 干扰

中图分类号: TQ567.5

文献标识码: A

1 引言

复合碳粉发烟剂是将选择的红外辐射材料, 依据烟幕的红外消光机理, 加工成粒径分布在 0.5 ~ 10 μm 的超细固体颗粒, 通过气力输送或爆炸分散形成烟幕。复合碳粉发烟剂具有良好的红外干扰性能以及无毒、价廉、易于贮存等优点, 因此在光电对抗无源干扰技术中得到了广泛的应用。但是发烟剂中的固态颗粒的粒度很小, 比表面积很大, 因此颗粒之间容易发生凝聚和附聚, 使烟幕粒径增大、沉降速度快, 影响了烟幕的使用和干扰性能。要提高烟幕的红外干扰性能, 除控制材料的选择、粒度分布、粒子形状等因素外, 改善发烟剂的分散性也是提高烟幕红外干扰性能的主要途径。

纳米材料是一门新兴的材料科学, 纳米微粒的小尺寸效应、大比表面积使它们在许多方面呈现常规材料不具备的性能^[1]。纳米 SiO₂ 可对超细粉体粒子形成一个相对稳定的包覆层, 削弱了颗粒间的相互作用, 减少了粉体颗粒间的相互摩擦, 从而有效地阻碍了粉体颗粒间凝聚和附聚现象, 提高了粉体的流动性和分散性。本文主要介绍了用纳米 SiO₂ 对复合碳粉发烟剂分散性能影响的研究结果。

2 实验

2.1 样品制备

本研究选用规格为 SI-1, 粒径在 10 ~ 30 nm 之间的纳米 SiO₂, 以复合碳粉发烟剂为基础, 分别加入

1.0%、2.0%、3.0%、4.0%、5.0% 的所选纳米 SiO₂, 在磨口锥形瓶中配制成质量为 30 g 的发烟剂, 并反复倾倒、摇匀后置于干燥器内备用。

2.2 发烟剂流动性测试

发烟剂的流动性与发烟剂的输送管理、输送压力和料仓角度设计有关, 本文采用漏斗法来测试发烟剂的流动性^[2]。漏斗法就是把一定时间内通过漏斗的粉体的质量 m_1 和滞留质量 m_2 分别与样品质量 m ($m = 30$ g) 相比来判定粉体流动性的方法。测试过程中只有 $m_1 + m_2 \geq 0.95 m$ 时, 测试数据才有效。

2.3 发烟剂分散度测试

分散度是指粉体在空气中自由下降时形成的烟尘量(测试装置如图 1 所示), 体现了发烟剂的成烟性能。由于粉体发烟剂的粒子属于微米级, 容易分散。抽掉抽板后, 分散度好的粉体, 在下降非常短的距离内立即在空气中形成气溶胶烟幕, 扩散开, 只有少量的粉体粒子自由沉降在接收器上。测试时间依据目视观察, 在下降路程中看不到明显的烟幕粒子沉降为结束时间, 控制在 3 min 左右, 沉降高度不低于 20 cm。本实验将定质量的粉体 m_3 通过一定的面积 s 由高处垂直下落到相同面积的接收器中, 得到沉降到这个面积内粉体的质量 m_4 , 利用式(1)计算发烟剂的分散度 D 。

$$D = \frac{m_3 - m_4}{m_3} \times 100\% \quad (1)$$

2.4 发烟剂烟幕性能测试

在烟幕箱内测试烟幕对红外热像仪(8 ~ 12 μm) 的遮蔽时间及烟幕质量浓度并根据文献[3]计算出烟幕的沉降速度 v_D , 由此来分析纳米 SiO₂ 对复合碳粉发烟剂所成烟幕性能的影响。

收稿日期: 2003-07-01; 修回日期: 2003-09-04

作者简介: 周遵宁(1969-), 男, 在读博士, 主要从事光电对抗无源干扰技术研究。e-mail: zl-zzn@163.com

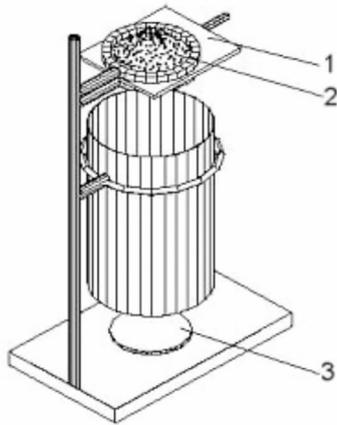


图1 分散度测试装置示意图

1—抽板, 2—试样, 3—接收器

Fig. 1 Sketch map of dispersibility

1—extractive board, 2—sample, 3—receiver

2.5 测试结果

2.5.1 发烟剂流动性测试结果

在同样条件下,用漏斗法测试了6组发烟剂样品的流动性,测试结果见表1。

表1 发烟剂流动性测试结果

Table 1 Measured results of smoke composition flowability

SiO ₂ percent /%	m ₁ /g	passing ratio /%	m ₂ /g	leavings ratio /%
0	0.4	1.3	29.6	98.7
1	18.6	62.0	11.3	37.7
2	20.3	67.7	9.7	32.3
3	24.7	82.3	5.2	17.3
4	26.6	88.7	3.4	11.3
5	27.8	92.7	3.1	10.3

从表1可以看出,不加纳米 SiO₂ 的发烟剂几乎不能通过测试漏斗,而添加了纳米 SiO₂ 的发烟剂,其流动性有了明显提高。纳米 SiO₂ 的添加量不超过 3% 时,发烟剂的流动性提高较大,其后呈缓慢上升趋势。

2.5.2 发烟剂分散度测试结果

测试发烟剂的分散度参数体现复合碳粉发烟剂的成烟性能。从理论上讲,当分散度在 50% 以上时,也就是说在粉体下降的过程中,有一半以上的粉体颗粒分散开,有的落在接收面积以外,有的形成烟尘飘在空气中。

从表2发烟剂分散度的测试结果可以看出,不加纳米 SiO₂ 的发烟剂的分散度没有超过 50%,而添加了纳米 SiO₂ 的发烟剂的分散度均在 50% 以上,并且随着

添加比例的增加,发烟剂的分散度有比较明显的提高。可见,添加纳米 SiO₂ 后能提高发烟剂的分散度,增加发烟剂的成烟性。

表2 发烟剂分散度测试结果

Table 2 Measured results of smoke composition dispersibility

SiO ₂ percent /%	m ₃ /g	m ₄ /g	D /%
0	30.0	17.9	40.3
1	30.0	14.2	52.6
2	30.0	10.3	65.7
3	30.0	7.6	74.8
4	30.0	6.2	79.2
5	30.0	5.3	82.3

2.5.3 烟幕箱中烟幕性能测试结果

烟幕的红外干扰性能是评价发烟剂优劣的主要指标。为了评估添加了纳米 SiO₂ 后的发烟剂红外干扰性能的变化,我们在烟幕箱内测试了发烟剂的红外干扰性能及烟幕的质量浓度,并计算出了烟幕的沉降速度,测试结果见表3。

表3 烟幕性能测试结果

Table 3 Measured results of smoke performance

SiO ₂ percent /%	mass concentration /g · m ⁻³		v _D /m · s ⁻¹	infrared screening time /s
	0.5 min	2.5 min		
0	0.847	0.526	0.477	360
1	1.060	0.852	0.219	418
2	1.085	0.893	0.195	423
3	1.076	0.893	0.187	427
4	1.128	0.936	0.186	434
5	1.131	0.943	0.181	440

表3数据表明,在发烟剂中添加纳米 SiO₂ 后,烟幕的沉降速度 v_D 变小,红外干扰时间增长,表明有效干扰红外的烟幕粒子的留空时间增长,保证了烟幕遮蔽红外热像仪所需的质量浓度。

由此证明,在发烟剂中添加纳米 SiO₂ 不但不会降低烟幕的红外遮蔽时间,相反能大大延长烟幕的红外遮蔽时间。但是烟幕的遮蔽时间与纳米 SiO₂ 的添加量不成比例。

3 分析与讨论

由上述测试结果可以看出,在一定范围内,发烟剂的分散性能随所添加纳米 SiO₂ 比例的增加而增大,而且添加纳米 SiO₂ 后,烟幕的红外遮蔽时间也大大增长。产生这种现象的原因可能在于:一是纳米 SiO₂ 的粒径

较小,比表面积较大,包覆在发烟剂颗粒周围削弱了颗粒间的摩擦作用,从而削弱了颗粒间由于摩擦产生的静电积累而产生的凝聚;二是纳米 SiO₂ 是极细的颗粒,可以在包覆的发烟剂颗粒间自由流动(如图2所示),阻止了颗粒间的接触,增强了粒子的分散性。

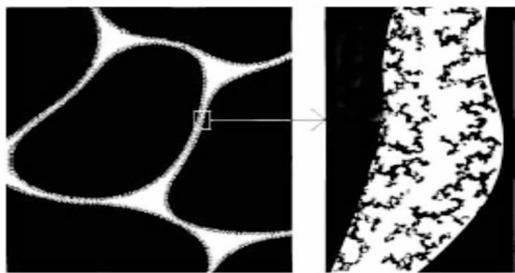


图2 包覆了一层纳米 SiO₂ 的粉体颗粒

Fig.2 Particles coated by nano-SiO₂ powder

4 结 论

在复合碳粉发烟剂中添加纳米 SiO₂ 可有效改善发烟剂的流动性和分散性,延长了烟幕的留空时间,降低了烟幕粒子的沉降速度,从而大大提高了烟幕的红外遮蔽时间。

参考文献:

- [1] 张立德,牟季美. 纳米材料和纳米结构[M]. 第1版. 北京: 科学出版社,2001: 11-13.
- [2] 张增利,王远琦,何海燕,等. 流动调节剂在超细粉体中应用的初步研究[J]. 防化研究,1998(1): 18-21.
- [3] 周遵宁,潘功配,李毅. 烟幕箱中红外烟幕瞬时质量浓度测试计算方法[A]. 中国兵工学会第十一届火工烟火学术年会论文集[C]. 北海: 中国兵工学会火工烟火学术专业委员会,2001,(5): 349-353.

Effect of Nano-SiO₂ on Performance of Complex Carbon Powder Smoke Composition

ZHOU Zun-ning, PAN Gong-pei, GUAN Hua, ZHU Chen-guang

(Department of Chemical Engineering, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China)

Abstract: Effects of nano-SiO₂ on the dispersibility and infrared interference performance of complex carbon powder smoke composition were studied. The results show that nano-SiO₂ can increase dispersibility of smoke composition, and the dispersibility of smoke composition increases with the increase of nano-SiO₂ which prolongs the infrared screening time of smoke.

Key words: physical chemistry; infrared image; smoke; nano-SiO₂; dispersibility; interference