

文章编号: 1003-1480 (2003) 03-0031-03

# 铝粉的粒度和形状对闪光剂感度的影响

焦清介, 马少华, 常非, 陈明华

(北京理工大学机电工程学院, 北京, 100081)

**摘 要:** 通过对闪光烟火药剂的感度测试, 发现由铝粉配制的闪光烟火药剂对摩擦和冲击比较钝感, 而对静电火花和火焰敏感, 其感度随着铝粉粒度的减小而增大。非球形铝粉配制的闪光烟火药剂比球形铝粉配制的闪光烟火药剂的感度高。造成这种结果的根本原因是由于铝粉的比表面积不同。

**关键词:** 闪光剂; 感度; 铝粉; 比表面积

**中图分类号:** TQ567.41      **文献标识码:** A

## Influence of Aluminum Shape and Size on Sensitivity of Pyrotechnic Flash Composition

JIAO Qing-jie, MA Shao-hua, CHANG Fei, CHEN Ming-hua

(Beijing Institute of Technology, Beijing 100081)

**Abstract:** The influence of aluminum shape and size on sensitivity of pyrotechnic flash was studied by means of sensitive examination. It is showed that aluminum powder pyrotechnic is non-sensitive to friction and impact but sensitive to sparkle of static and flame; Sensitivity of aluminum powder pyrotechnic flash shall be increased with particle size reduced; Sensitivity of non-spherical aluminum pyrotechnic flash is more sensitive than that of spherical aluminum. The mechanism of the influence of the shape and particle size of aluminum powder on the sensitivity of pyrotechnic flash is explained by different specific surface area of aluminum powder.

**Key words:** Pyrotechnic flash; Sensitivity; Aluminum powder; Specific surface area

铝粉是一种高能燃料, 在燃烧过程中耗氧少, 且易被氧化, 生成的氧化物的热值又较高, 故铝粉是烟火闪光剂中常用的金属燃烧剂之一。最初在烟火闪光剂中使用的是非球形铝粉。非球形铝粉是利用干法球磨生产的, 故非球形铝粉的颗粒大多为不规则形状, 棱角较多, 比表面积大, 活性铝含量低。近些年用喷雾法生产的球形铝粉具有形状规整、表面氧化膜( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )薄、活性铝含量高等优点, 故出现了以球形铝粉取代非球形铝粉的趋势<sup>[1]</sup>。为了提高闪光烟火药剂的性能, 适应

铝粉更新换代的要求, 本文研究了铝粉的粒度和形状对闪光烟火药剂感度的影响。

## 1 试验

本试验以  $\text{KClO}_4$  作氧化剂, 铝粉作还原剂, 按相同的比例配制闪光烟火药剂, 制药工艺和过程均相同。在相同的条件下分别测定了它们的冲击感度、摩擦感度、静电火花感度、火焰感度, 从而考察了不同粒度的铝粉之间的感度差异和不

收稿日期: 2003-05-13

作者简介: 焦清介 (1958- ), 男, 博士生导师, 主要从事烟火技术与理论及爆炸逻辑网络技术等方面的研究。

同形状铝粉之间的感度差异。

试验所用的3种球形铝粉和2种非球形铝粉的理化性能(见表1)符合GJB1738-93要求<sup>[2]</sup>。它们的扫描电镜见图1~5。本试验所用仪器为:CGY-1型冲击感度仪, MGY-1型摩擦感度仪, JGY-1型静电感度仪, HGY-1型火焰感度仪。以上4种仪器均由陕西应用物理化学研究所制造。

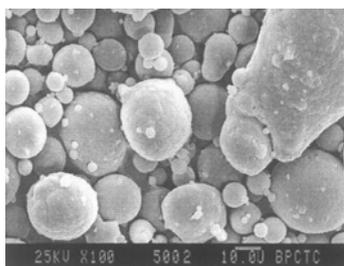


图1 FLQT-0#球形铝粉放大100倍

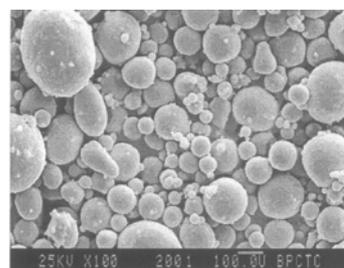


图2 FLQT-2#球形铝粉放大100倍

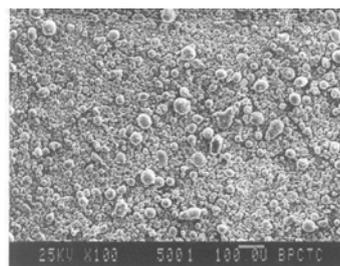


图3 FLQT-3#球形铝粉放大100倍

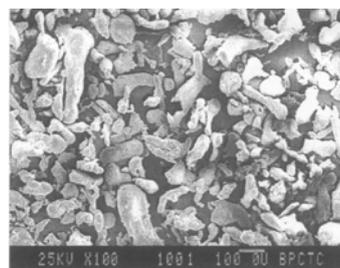


图4 FLP-4#非球形铝粉放大100倍

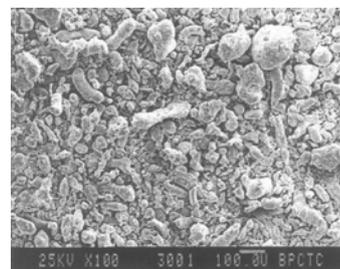


图5 FLP-5#非球形铝粉放大100倍

表1 球形铝粉和非球形铝粉的理化性能

铝粉规格	平均粒径/ $\mu\text{m}$	活性铝质量分数/%	$w_{\text{Cu}} / \%$	$w_{\text{Fe}} / \%$	$w_{\text{Si}} / \%$	$w_{\text{H}_2\text{O}} / \%$
FLQT-0#	40 $\pm$ 5	$\geq$ 98	0.015	0.20	0.20	0.10
FLQT-2#	24 $\pm$ 3	$\geq$ 98	0.015	0.20	0.20	0.10
FLQT-3#	13 $\pm$ 2	$\geq$ 98	0.015	0.20	0.20	0.10
FLP-4#	40 $\pm$ 8	$\geq$ 95	0.100	0.50	0.50	0.20
FLP-5#	24 $\pm$ 5	$\geq$ 95	0.100	0.50	0.50	0.20

注: FLQT 为球形铝粉; FLP 为非球形铝粉

## 2 试验结果与讨论

### 2.1 试验结果

烟火闪光药剂属于感度较高的烟火药剂, 研究其感度性质, 对该类药剂的生产和应用具有重要的意义, 也是烟火药设计、制造和使用的必要示性数<sup>[3]</sup>。本文以高氯酸钾为氧化剂, 对用这5种铝粉配制的相同比例的二元闪光烟火药剂的冲击感度、摩擦感度、静电火花感度、火焰感度进行了测试。测

试结果如表2所示。

表2 感度测试结果

样品 (+KClO <sub>4</sub> )	冲击感 度 / %	摩擦感 度 / %	静电火花 感度 / %	火焰感 度 / %
FLQT-0#	0	0	0	16
FLQT-2#	0	0	0	80
FLQT-3#	0	0	80	88
FLP-4#	10	8	100	100
FLP-5#	40	36	100	100

注：试验条件为：

- 1) 摩擦感度：90°角，4.5MPa；
- 2) 冲击感度：55cm 落高，1.2kg 落锤
- 3) 静电火花感度：3mm 间距，10kV 电压；
- 4) 火焰感度：180mm 间距。

## 2.2 铝粉的形状对感度的影响

由表2可见，由铝粉和 $\text{KClO}_4$ 组成的闪光剂对摩擦和冲击比较钝感，球形铝粉组成的烟火闪光剂的各种感度明显低于非球形铝粉组成的闪光剂的各种感度，而且非球形铝粉在粒度较大时，仍具有较高的感度。

## 2.3 铝粉的粒度对感度的影响

由表2可见，球形铝粉组成的闪光剂对摩擦和冲击十分钝感，无一发火，而静电火花感度和火焰感度随着粒度的减小明显升高；非球形铝粉组成的闪光剂的摩擦感度和冲击感度，随着粒度的减小明显升高，而对静电火花和火焰均十分敏感，达到100%发火。

## 2.4 相同粒度的球形铝粉和非球形铝粉的感度比较

FLQT-0<sup>#</sup>和 FLP-4<sup>#</sup>粒度相同，FLQT-2<sup>#</sup>铝粉和 FLP-5<sup>#</sup>铝粉的粒度相同。从表2的测试结果可以看出，当粒度相同时，非球形铝粉的各种感度都明显高于球形铝粉的各种感度。

## 2.5 影响机理探讨

从表2试验数据可知，铝粉的粒度和形状对闪光烟火药剂的感度有显著影响。这主要有两方面的原因：一是因为铝粉的粒度越小，则其比表面积越大；相同粒度的铝粉，非球形铝粉比球形铝粉的比表面积大，即铝粉形状和粒度的改变可归结为铝粉的比表面积的改变<sup>[4]</sup>。当铝粉粒度减小时，比表面积增大，其同氧化剂接触的几率增加，则药剂的感度增加；二是由于加工工艺不同，使铝粉具有不同

的粉碎程度和外形。从它们的SEM照片(图1~5)可以看出，球形铝粉为规则的球形，而非球形铝粉的外形多为细小刺状物。非球形铝粉的局部细小刺状物处和氧化剂接触的几率要比相同粒度的球形铝粉甚至粒度更小的球形铝粉和氧化剂接触的几率大。因此，非球形铝粉的局部细小刺状物处就成为了接受外部刺激的敏感点。故非球形铝粉配制的药剂的感度要明显高于同粒度的球形铝粉配制的药剂的感度。

## 3 结论

(1) 球形铝粉配制的烟火闪光药剂的感度随铝粉粒度的减小而增大，是由于铝粉的比表面积随粒度的减小而增大所致。

(2) 非球形铝粉配制的烟火闪光药剂的感度高于球形铝粉配制的闪光烟火药剂的感度，是由于非球形铝粉的局部细小刺状物处和氧化剂接触的几率要比相同粒度的球形铝粉甚至粒度更小的球形铝粉和氧化剂接触的几率大所致。

(3) 从药剂的安全性和铝粉的活性铝含量考虑，使用球形铝粉将是未来烟火闪光药剂的首选。

## 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.
- [2] 张瑞庆. 火药原材料性能与制备 [M]. 北京理工大学出版社, 1995.
- [3] 潘功配, 杨硕. 烟火学 [M]. 北京理工大学出版社, 1997.
- [4] 苗勤书, 徐更光, 王廷增. 铝粉粒度和形状对含铝炸药性能的影响 [J]. 火炸药学报, 2002, (2): 4~5.