

·测试、试验与仿真·

## 发射药燃烧光谱测试技术

陈明华<sup>1</sup>, 阎建平<sup>2</sup>

(1. 军械工程学院, 河北 石家庄 050000; 2. 北京军事代表局, 北京 100042)

**摘要:** 为了研究发射药的燃烧性能, 利用全波段辐射计分别对单基、双基和改性双基发射药的燃烧光谱进行了测试。得到了3种发射药的燃烧光谱分布以及可见光和近红外的辐射强度; 与单基和双基发射药相比, 改性双基发射药在近红外波段辐射强度较小, 因而燃烧温度也低, 可降低对火炮身管的烧蚀; 提出了可将燃烧光谱分析用于药剂鉴定的方法。

**关键词:** 发射药; 燃烧光谱; 辐射强度

中图分类号: TJ55; TQ562

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2011)04-0086-03

## Measurement of Combustion Spectrum for Propellants

CHEN Ming-hua<sup>1</sup>, YAN Jian-ping<sup>2</sup>

(1. Ordnance Institute of Technology, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050000, China;

2. Beijing Military Representative Bureau, Beijing 100042, China)

**Abstract:** The combustion spectrums of single base, double base and modified double base propellants are measured with the whole-band radiometer in order to research the combustion performance. The combustion spectrums and radiation intensities of the visible light and near infrared are obtained by the test and calculation. The radiation intensity of modified double base propellant in near infrared region is lower than that of single base and double base propellant, so the combustion temperature of modified double propellant is lower and the ablation of the combustion for gun barrel decreases. It is suggested that the combustion spectrum can be used in identification of compositions.

**Key words:** propellant; combustion spectrum; radiation intensity

发射药主要包括单基、双基、三基以及改性双基等, 是供给能量的一种物质, 主要成份为硝化棉、硝化甘油, 以及其他添加剂。其作用原理是点燃后, 在很短的时间内放出大量的气体并形成高温, 使燃烧生成的气体迅速膨胀产生高压, 将弹药发射出去。

目前对发射药燃烧性能的检测方法主要包括密闭爆发器试验方法, 用于测量发射药在密闭空间内燃烧过程中的  $P-t$  曲线, 进而计算得到火药力、余容等内弹道性能参数<sup>[1,2]</sup>; 用红外光谱分析技术检测密闭爆发器模拟发射药实际燃烧过程中生成燃气成份, 为配方设计提供燃气安全性评价方法<sup>[3]</sup>;

利用热分析方法得到发射药热分解及燃烧过程各方面的不稳定性特征, 用于评价其热分解和燃烧稳定性程度<sup>[4]</sup>。

文中选用3种不同发射药, 利用全波段辐射计对其燃烧过程中的可见和近红外光谱进行了测试, 得到了3种发射药的燃烧光谱分布以及最大辐射波长等参数。

### 1 试验

#### 1.1 试验原理

发射药在燃烧过程中形成火焰, 火焰的发光

收稿日期: 2011-05-20

作者简介: 陈明华(1965-), 男, 河北乐亭人, 博士, 高级工程师, 研究方向为物理与化学材料。

有热辐射发光和化学发光,其波长覆盖可见到红外辐射范围,发光的主要载体为灼热的固体、液体和气体,火焰辐射是灰体和选择性辐射体2种辐射特性的结合,在燃烧图谱上表现出连续光谱、线状光谱和带状光谱<sup>[5]</sup>。

### 1.2 仪器设备

试验所用仪器设备是F3/A100590全波段辐射计,所用传感器为25°镜头。其测量范围为:测定0.4~0.76 μm可见光;0.76~1 μm近红外辐射强度。分辨率为10 nm,误差为5%。

### 1.3 试验样品

根据目前常用的发射药类型,选择了单基、双基和改性双基3种不同型号发射药做为试验样品。

### 1.4 测试过程

首先将仪器进行设备安装调试,然后固定被试样品,并将测试用传感器对准被试样品,试样与传感器间的距离为8 m。将发射药人工点燃后,测试燃烧过程中产生的可见与红外光谱与辐射强度,采样频率为0.2 s。

## 2 试验结果与讨论

### 2.1 试验结果

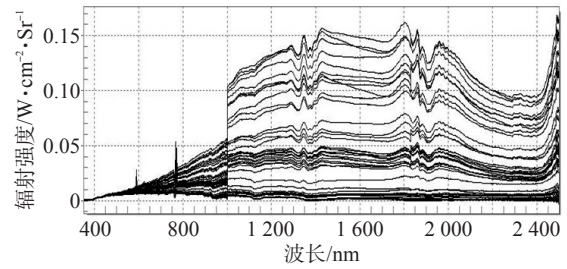
3种发射药试样为制式发射药,分别是单基、双基和改性双基3种不同型号发射药,其主要成份、质量、燃烧时间以及全波段辐射强度见表1和表2。3种发射药试样的波长—辐射强度扫描叠加图以及波长-辐射强度平均图分别见图1~图3所示。

表1 3种发射药各主要成份的含量 / (%)

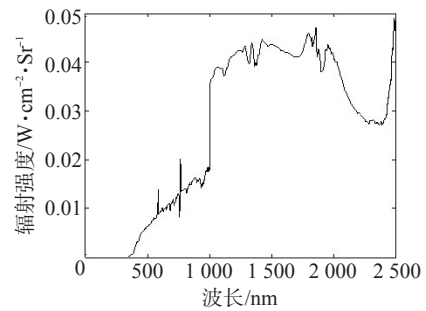
发射药	硝化棉	硝化甘油	铝粉	其他
单基发射药	96			4
双基发射药	56	27		17
改性双基发射药	51	27	5	17

表2 3种发射药的成份、质量与燃烧时间

发射药	单基	双基	改性双基
质量/g	18.2	5.9	2.7
燃烧时间/s	62	81	52

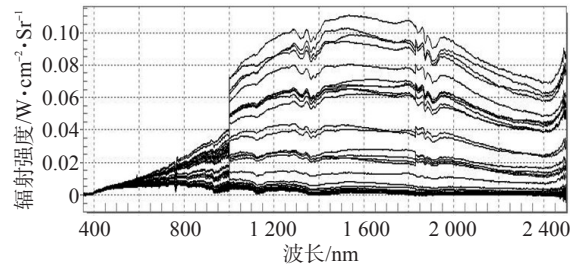


(a) 叠加图

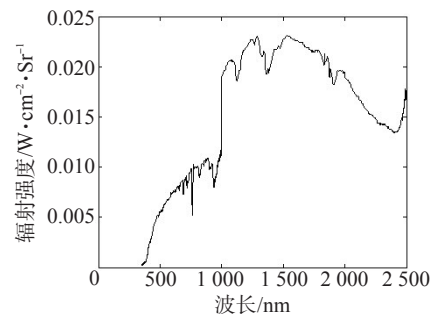


(b) 平均图

图1 单基发射药的燃烧光谱

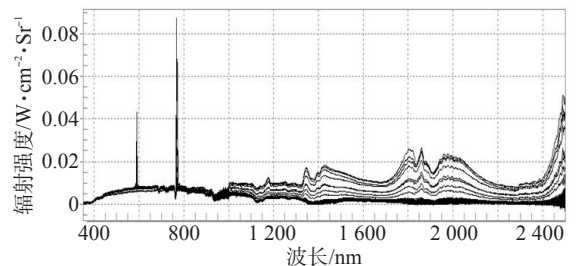


(a) 叠加图



(b) 平均图

图2 双基发射药的燃烧光谱



(a) 叠加图

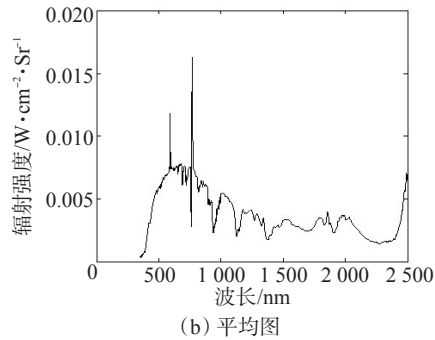


图3 改性双基发射药的燃烧光谱

## 2.2 全波段辐射强度

对图1~图3中3种发射药的全波段辐射强度进行统计与平均,结果见表3。

表3 3种发射药的全波段辐射强度

发射药	单基	双基	改性双基
平均辐射强度/( $W \cdot cm^{-2} \cdot Sr^{-1}$ )	0.030	0.016	0.003 8
平均质量辐射强度/( $W \cdot cm^{-2} \cdot Sr^{-1} \cdot g^{-1}$ )	0.001 6	0.002 7	0.001 4

从图1~图3以及表3中可知,全波段辐射强度由大到小为:单基发射药、双基发射药和改性双基发射药;而质量辐射强度由大到小为:双基发射药、单基发射药和改性双基发射药,单基发射药和改性双基发射药基本相同。结合表1中药剂的组成,说明硝化甘油的加入,提高了发射药的总能量,而铝粉和硝化甘油的同时加入,能量变化不显著。

## 2.3 近红外辐射强度

近红外辐射强度可以表达发射药的燃烧温度,即近红外辐射强度越强,发射药的燃烧温度越高,表4给出了3种发射药燃烧时的近红外辐射强度。

表4 3种发射药近红外辐射强度

发射药	单基	双基	改性双基
平均辐射强度/( $W \cdot cm^{-2} \cdot Sr^{-1}$ )	0.035	0.018	0.003 2
平均质量辐射强度/( $W \cdot cm^{-2} \cdot Sr^{-1} \cdot g^{-1}$ )	0.001 9	0.003 1	0.001 2

近红外辐射强度由大到小为:单基发射药、双基发射药和改性双基发射药;而近红外质量辐射强

度由大到小为:双基发射药、单基发射药和改性双基发射药,与全波段辐射强度的规律相同,但改性双基明显降低。与单基和双基发射药相比,改性双基发射药的使用,降低对火炮身管的烧蚀作用,提高火炮的使用寿命。

## 2.4 药剂的辐射特征峰值波长

由于存在着选择性辐射,因此不同材料燃烧过程中产物的辐射特征峰也存在差异<sup>[6]</sup>。单基发射药和改性双基发射药在600 nm和760 nm处有强的辐射峰,但单基发射药的峰较小,而双基发射药则没有出现。在红外辐射区域,3种发射药的燃烧波谱也有很多明显的差异,因此可将药剂燃烧过程中的波谱做为鉴定药剂类型的一种方法。

## 3 结 论

发射药在燃烧过程中,由于存在着灰体辐射和选择性辐射,因此对于不同型号发射药,燃烧光谱的峰值波长以及强度也不尽相同。研究中利用全波段辐射计对3种发射药在燃烧过程中的光谱进行了测试,确定了质量辐射强度由大到小为:双基发射药、单基发射药和改性双基发射药;提出了可将燃烧光谱分析用于药剂鉴定的方法。发射药燃烧光谱特征峰产生的机理需要进行深入研究,使药剂通过燃烧进行准确鉴定。

## 参考文献

- [1] 刘波,王琼林,刘少武,等.提高改性单基药燃烧性能的研究[J].火炸药学报,2010,33(4):82-85.
- [2] 陈明华,刘礼斌.樟脑钝感发射药燃烧性能参数测试与计算[J].四川兵工学报,2009,30(12):14-16.
- [3] 陈智群,潘清,胡岚,等.用IR测定发射药燃气研究[J].含能材料,2007,15(1):36-38.
- [4] 李利,赵宝昌,杨栋,等.火药热分解与燃烧稳定性的表征方法[J].弹道学报,1999,11(2):27-31.
- [5] 潘功配,杨硕.烟火药[M].北京:北京理工大学出版社,1997.