

文章编号: 1006-9941(2001)02-0077-03

## AP/HTPB 底排药柱点火试验研究

潘功配, 李毅, 张炎清

(南京理工大学, 江苏 南京 210094)

**摘要:** 采用点火瞬时性模拟试验装置和旋转中止燃烧试验装置实验研究了点火药为  $ZrH_2 + PbO_2$  的 GC-45 点火剂和点火药为  $Mg + PTFE$  的改进型点火剂对 AP/HTPB 底排药柱的点火。实验结果表明, 前者存在点火延滞期长、燃烧侵蚀现象严重, 以致造成射弹射程和密集度下降, 因此建议采用以  $Mg + PTFE$  为点火药的改进型点火剂。

**关键词:** 点火; 底排药柱; 增程; 密集度

**中图分类号:** TJ450.1; TQ565

**文献标识码:** A

### 1 技术背景

组分为  $NH_4ClO_4$  (AP) 和端羟基聚丁二烯 (HTPB) 的底排药柱用于榴弹底排增程。药柱装药结构为中孔柱状, 沿内圆孔轴向分布有三个呈  $120^\circ$  角的楔形槽。药柱膛外点火由点火剂完成。药柱点火过程为: 弹丸发射时, 膛内的高温高压火药燃气同时将底排药柱和点火剂中点火药引燃, 出炮口后因急骤卸压, 底排药柱将熄灭, 点火剂 (GC-45 点火剂点火药组分为  $ZrH_2 + PbO_2$ ) 不熄灭, 它以喷焰形式继续对底排药柱点火。出炮口的底排药柱的再点火过程是: 点火剂喷焰产物沿着药柱中孔向弹底方向流动, 在行进中喷焰的高温固液物质粘附于其途经药柱表面加热点火, 剩余的喷焰产物则从底排装置的喷口排出弹体外侧。

多次的弹道实验表明, 射弹的密集度和射程与理论值差异较大, 就点火而言, 这种结构点火能量利用率较低, 其点火时差是带来射程和密集度下降原因之一。此外, 由于点火剂的喷焰产物在流动中对底排药柱点火时, 若造成侵蚀性燃烧, 就会破坏预定燃烧规律, 势必会造成射程降低和密集度不合格, 为此有必要开展点火瞬时性和旋转下燃烧中止点火试验研究。

### 2 点火瞬时性试验

#### 2.1 模拟装置及试验方法

为模拟弹丸发射出炮口时的瞬时点火情况, 采用

了图 1 所示的点火试验装置。该装置由黄铜膜片、药室、底排药柱、点火剂和底盖组成。底排药柱、点火剂及其点火结构与实际底排装置完全相同, 它可以模拟膛内点火和出炮口点火情况。弹丸出炮口瞬间底排装置内的燃气压力 (等于炮口压力, 约为 78 MPa) 急骤降至 0.1 MPa, 这一过程模拟是在试验装置的药室内装 11/7 单基药 70 g 和 2<sup>#</sup> 硝化棉点火药 7.2 g 来实现。试验时将它们点燃即在密封的药室内形成与膛内相似的高温高压燃气, 点火剂与底排药柱被点燃。当压力达到 78 MPa (与炮口压力相等) 时, 黄铜膜片被剪切, 药室内燃气急骤外泄并降至 1 大气压。其后药柱的点火由点火剂喷焰完成, 由录像机记录整个过程。膜片打开至底排药柱被重新点燃的时间间隔即为点火延滞时间。

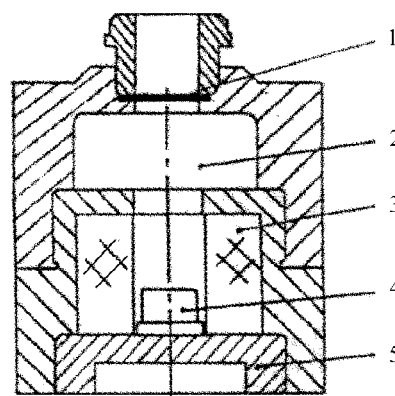


图 1 点火瞬时性试验装置简图

1—黄铜膜片, 2—药室, 3—底排药柱, 4—点火剂, 5—底盖  
Fig. 1 Assembly sketch of ignition instantaneity experimental device  
1—copper capsule, 2—chamber, 3—base bleed grain,  
4—igniter, 5—bottom cap

收稿日期: 2000-11-23; 修回日期: 2001-02-09

基金项目: 兵器科技预研基金资助项目 (DD9135)

作者简介: 潘功配 (1945 -), 男, 博士生导师, 从事烟火及光电对抗无源干扰技术研究。

## 2.2 试验结果

(1) 采用 GC-45 原结构点火具(点火药为  $ZrH_2 + PbO_2$ ) 时,测得点火延滞时间  $t_{min} = 0.40$  s,  $t_{max} = 0.72$  s。

(2) 采用改进型点火具(点火药为 Mg + PTFE) 时,测得点火延滞时间  $t_{min} = 0.18$  s,  $t_{max} = 0.28$  s。

## 3 中止燃烧试验

为了观察点火具喷焰是否对 AP/HTPB 底排药柱带来侵蚀燃烧,最好的办法是使旋转燃烧中的药柱中止燃烧,通过观察未燃药面状况获得直观的结果。为此建立了旋转燃烧中止试验装置。

### 3.1 旋转燃烧中止试验装置及试验方法

旋转燃烧中止试验装置如图 2 所示。它由底排装置、电机、点火器、潜水电泵和高压水喷管组成。底排装置在电机的带动下旋转,达到确定的转速后由点火器引燃点火具。点火器内装有电点火头和 0.5 g 引燃药,点火头发火时引燃药火焰喷向点火具而将其点燃,接着点火具的喷焰对底排药柱点火。底排药柱燃烧达规定时间时,接通潜水泵电源,高压水由喷射管从底排装置喷气孔处进入底排装置内。由于高压水的作用,旋转燃烧中的药柱熄灭而中止燃烧。卸下试验的底排装置即可观察燃烧面被侵蚀的情况。

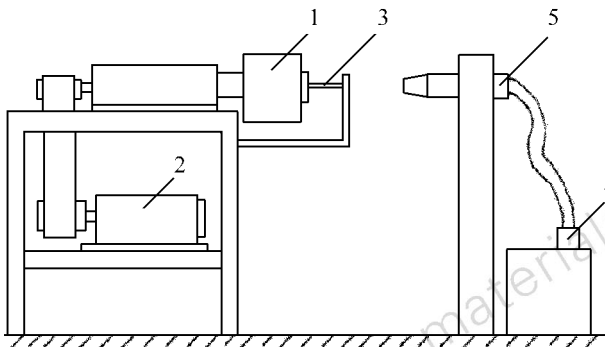


图 2 旋转燃烧中止试验装置

1—底排装置,2—电机,3—点火器,  
4—潜水电泵,5—高压水喷管

Fig. 2 Assembly sketch of rotated combustion interruption device

1—base bleed device, 2—electric motor, 3—igniter,  
4—iving pump, 5—high pressure water jet

### 3.2 试验结果

(1) 采用 GC-45 原结构点火具(点火药为  $ZrH_2 + PbO_2$ ) 时,转速为  $12\,900\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ , 7.5 s 时中止燃烧,残留的药柱表面如图 3 所示,图中显示有大小不等的“坑”。当转速为  $10\,000\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ , 16 s 时中止

燃烧,药柱表面如图 4 所示,此时药柱不单是有“坑”,而且中间形成了几乎使药柱断开的较大的“沟槽”。

(2) 采用改进型的点火具(点火药为 Mg + PTFE) 时,转速为  $10\,000\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$  时,12 s 后中止燃烧,药柱表面如图 5 所示,图示结果表明药柱燃烧表面无明显侵蚀痕迹,基本保持着“平行层”燃烧规律。

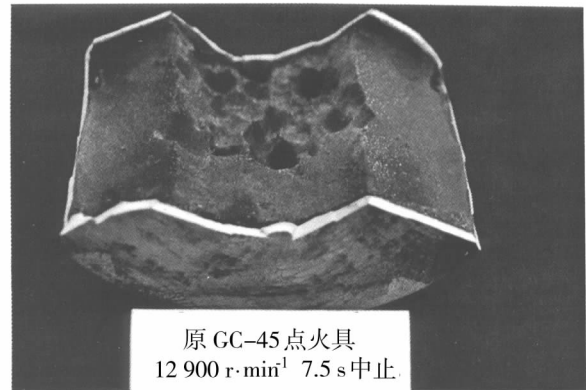


图 3 7.5 s 中止燃烧燃面状况(GC-45 点火具)

Fig. 3 Combustion surface extinguished after 7.5 s (GC-45 igniter used)

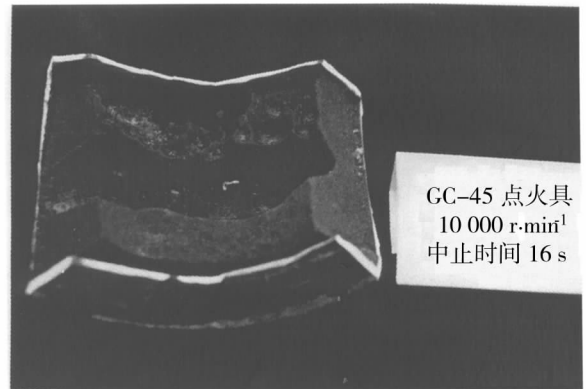


图 4 16 s 中止燃烧燃面状况(GC-45 点火具)

Fig. 4 Combustion surface extinguished after 16 s (GC-45 igniter used)

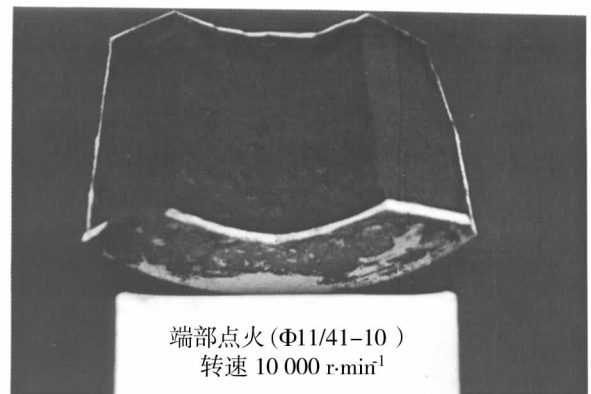


图 5 12 s 中止燃烧燃面状况(改进型点火具)

Fig. 5 Combustion surface extinguished after 12 s (modified igniter used)

## 4 讨论与结论

(1) 由点火瞬时性试验结果表明,采用 GC-45 点火具对 AP/HTPB 底排药柱点火时,其点火延滞时间为 0.40 ~ 0.72 s。根据底排弹外弹道计算结果,点火延滞每增大 1 s 时,最大射程下降 667 m<sup>[1]</sup>,即 GC-45 点火具因点火延滞造成射程下降 266 ~ 480 m。采用改进型点火具因点火延滞为 0.18 ~ 0.28 s,其损失的射程为 120 ~ 187 m。显然,采用改进型点火具代替 GC-45 点火具,可提高 AP/HTPB 底排药柱点火瞬时性,有利于射程和密集度提高。

(2) 中止燃烧试验结果表明,采用 GC-45 点火具对 AP/HTPB 底排药柱点火时,药柱内圆弧面出现大小不等的“坑”,这是由于点火药造成了侵蚀燃烧的结果,ZrH<sub>2</sub> + PbO<sub>2</sub> 点火药燃烧产物主要成分是高密度的 PbO(9.35 g · cm<sup>-3</sup>) 和 ZrO<sub>2</sub>(5.49 g · cm<sup>-3</sup>)<sup>[2]</sup>,在

离心力作用下,它们具有较高的动能,会强烈地冲刷被点燃药面,特别是 PbO 因熔点低(888 °C)又易于粘贴于被点燃药面,一旦不能全覆盖于药面,则造成药面局部区域温度过高而加速燃烧,随离心力作用和旋转时间加长,“坑”越烧越大,以致扩张成“沟槽”,因而药剂“平行层”燃烧规律被破坏,射程和密集度必然降低。而采用 Mg + PTFE 改进型点火具,药柱内圆弧面未出现明显“坑”,侵蚀燃烧不显著,有利于射程和密集度提高。

### 参考文献:

- [1] 郭希福. 底排弹外弹道学[M]. 北京: 兵器工业出版社, 1998.
- [2] 《化学工程手册》编辑委员会. 化学工程手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 1980.

## Ignition Test for Base Bleed Grain Consisting AP/HTPB

PAN Gong-pei, LI Yi, ZHANG Yan-qing

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

**Abstract:** This paper deals with the ignition process of the base bleed grain consisting of NH<sub>4</sub>ClO<sub>4</sub> (AP) and hydro-terminated polybutadiene (HTPB) by the GC-45 igniter with the ignition composition ZrH<sub>2</sub> + PbO<sub>2</sub> and modified igniter with the ignition composition Mg + PTFE. The simulation device of ignition instantaneity and the rotated combustion interruption device are used in the experiment. It is proved in the experiment that the GC-45 igniter has the problem of long ignition delay and heavy ablation when it is used to ignite the AP/HTPB base bleed grain, and the problems are the important reason that decreased range and ballistic precision. It is suggested that the igniter should be improved.

**Key words:** ignition; base bleed grain; range increase; ballistic precision