

文章编号: 1006-9941(2004)01-0040-03

不同粒径 RDX 的燃烧特性研究

祝明水, 龙新平, 蒋小华

(中国工程物理研究院化工材料研究所, 四川 绵阳 621900)

摘要: 采用密闭爆发器测试了 80 目、100 目和 120 目三种粒径的 RDX 的燃烧输出压力时间曲线。结果表明, 在一定装填密度下, RDX 粒径越小, 压力指数越大, 压力输出时间越短。通过对 RDX 粉两相燃烧过程的分析, 指出 RDX 粒径对压力变化率曲线有影响。

关键词: 爆炸力学; 粒径; 燃烧特性; RDX; 密闭爆发器

中图分类号: TQ560.71

文献标识码: A

1 引言

粒径是装药的一个重要参数^[1], 它对 RDX 燃烧性能的影响是复杂的。Maruizumi 等^[2]研究发现在较低压力、相同的加热条件下大粒径的 RDX 先熔化、分解, 然后才出现小粒径 RDX 的熔化。而涂永珍^[3]在研究硝胺丁羟基推进剂的燃烧时, 却认为在该混合体系中小粒径 RDX 更容易接受周围的热量而迅速分解。可见, 燃烧条件不同, 将导致粒径对 RDX 燃烧性能影响的不同。由于粒径对单质 RDX 炸药燃烧性能的影响的研究报道较少, 因此本文利用密闭爆发器测试系统, 对三种不同粒径的单质 RDX 炸药的燃烧特性进行了研究。

2 试验装置和试样

采用的试验装置为 50 ml/500 MPa 密闭爆发器测试系统。图 1 是密闭爆发器试验装置示意图。试验时, 点火器通电燃烧, 其燃烧高温产物再点燃炸药, 由压电传感器可测得密闭爆发器腔内的压力变化曲线。

试验样品为 80 目 (254 ~ 317.5 μm)、100 目 (211.7 ~ 254 μm) 和 120 目 (<211.7 μm) 的 RDX 粉。三种粒径的试验装药量相同, 均为 3 g。

3 试验结果和分析

3.1 试验结果

图 2 和图 3 分别是不同粒径 RDX 燃烧的压力 -

时间 ($p \sim t$) 曲线和相应的压力变化率 ($dp/dt \sim t$) 曲线图。表 1 是燃烧试验结果。

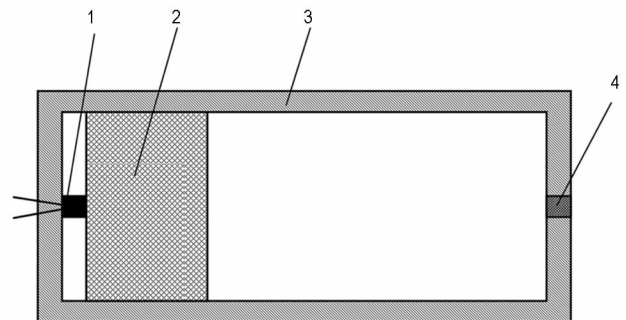


图 1 密闭爆发器试验装置示意图

1—点火器, 2—炸药, 3—密闭爆发器本体, 4—压电传感器

Fig. 1 Schematic of the closed bomb test apparatus

1—igniter, 2—explosive, 3—nomenclature of the closed bomb vessel,

4—piezoelectric sensor

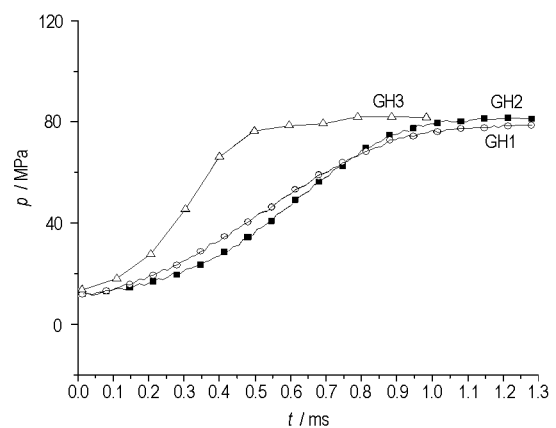


图 2 不同粒径 RDX 燃烧试验 $p \sim t$ 曲线示意图

Fig. 2 $p \sim t$ curves of RDX with different particle sizes

收稿日期: 2003-05-21; 修回日期: 2003-08-13

作者简介: 祝明水 (1977 -), 男, 硕士, 从事火工品研究。

e-mail: zhums12@163.com

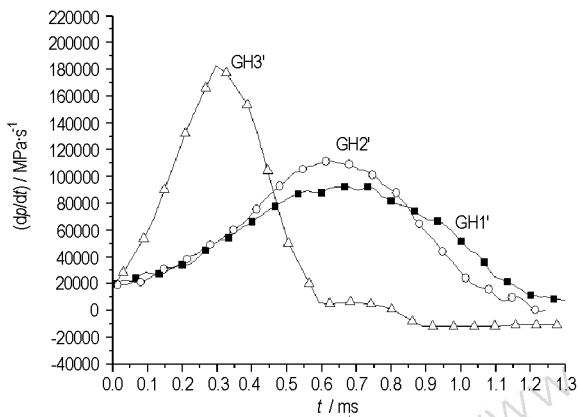
图 3 不同粒径 RDX 燃烧试验 $dp/dt \sim t$ 曲线示意图Fig. 3 $dp/dt \sim t$ curves of RDX with different particle sizes

表 1 不同粒径的 RDX 燃烧试验结果

Table 1 Combustion results of RDX with different particle sizes

粒 径 /目	编 号	装填 密度 / $g \cdot cm^{-3}$	装药 量 /g	实测最 大压力 /MPa	前沿 时间 /ms	压力 指数 /n	燃速 系数 / $(mm \cdot s^{-1} \cdot MPa^{-n})$
80	GH1	0.060	3.00	78.7	1.28	0.87	1.16
100	GH2	0.060	3.00	81.6	1.21	0.90	2.25
120	GH3	0.060	3.00	82.0	0.79	0.98	2.23

3.2 结果分析

3.2.1 粒径对燃速系数、燃烧压力指数的影响

由表 1 可知,粒径为 100 目的 RDX 压力输出前沿时间比 80 目短 0.07 ms,而粒径为 120 目的压力输出前沿时间又比 100 目短 0.42 ms,说明粒径越小,比表面越大,其平均燃速越快。同时,三者的压力指数按粒径由大到小依次增加,说明粒径越小,受压力影响相对越大。

3.2.2 粒径对压力输出的影响

由图 2 可以看出,尽管 100 目 RDX 的燃烧最大压力值比 80 目 RDX 大,但是在 0.7 ms 之前,其压力值却一直比后者小。张江居^[4]认为 RDX 的热分解有一个先熔化,后汽化分解的过程。RDX 的燃烧具有类似的过程,在燃烧初期,100 目 RDX 比表面较大,吸热较多,而汽化分解的较少,故压力值较低。随着燃烧的进行,由于 100 目 RDX 已大部分熔化,其燃烧放出的热量主要用于熔化层的分解放热,同时其比表面较大,分解放热的质量较多,压力上升率快,压力值逐渐赶上并超过 80 目 RDX。图 3 的压力变化率曲线就很好的反映了这一点。

120 目 RDX 的压力输出在整个燃烧过程中一直

大于 100 目和 80 目 RDX,说明粒径减小到一定程度后,RDX 的吸热融化效应相对减小,反应放热相对增加,从而压力较大。

3.2.3 粒径对压力变化过程 ($dp/dt \sim t$) 的影响

压力变化率是燃烧相对表面积、燃去相对体积以及燃速等变化的综合体现,并且与它们均成正比。由于本文采用的炸药颗粒近似为球形,其燃烧呈减面燃烧规律,即燃烧相对表面积在燃烧过程中会不断减小。而燃去相对体积和燃速在燃烧过程中不断增加。因此,压力变化率曲线就是三者相互动态平衡的过程:当燃去相对体积和燃速增加占主导的时候,压力变化率曲线便上升;三者相平衡的时候,压力变化率达到最大值;而当燃烧相对比表面减小占主导的时候,压力曲线便下降。

由图 3 可见,在 0.36 ms 之前,100 目 RDX 的压力变化率与 80 目 RDX 非常接近。这个阶段,炸药燃烧压力较低,炸药近似按等面燃烧规律燃烧,即燃烧沿图 1 所示轴线方向等截面平行推进,因此 100 目 RDX 和 80 目 RDX 粒径大小的差别没有显现出来。随着燃烧压力的增大,气体产物渗入炸药内部,形成所有颗粒均参与的两相燃烧。这时两者燃烧表面的差别对燃烧的影响充分显现出来,两者压力变化率的差距也不断拉开。这个过程从 0.36 ms 一直持续到 0.84 ms。其间,两者压力变化率分别在 0.61 ms 和 0.69 ms 达到最大值。在这个阶段,由于 100 目 RDX 粒径小,燃烧速度快,燃去相对体积大,因而其压力变化率也比较大,达到最大压力变化率的时间也快。而压力变化率下降阶段,虽然 100 目 RDX 燃烧速度较大,但燃烧相对表面积减小较快,因而其压力变化率下降得越快;80 目 RDX 由于燃速较慢,燃烧相对表面积减小较慢,因而压力变化率下降较慢,在 0.84 ms 之后,其压力变化率比 100 目 RDX 压力变化率还大。

120 目 RDX 由于比表面更大,颗粒能很快上升到反应温度,反应进行得很快,压力上升得快,因而压力变化也更快。从图 3 可见,当 100 目 RDX、80 目 RDX 压力变化到最大时,120 目 RDX 的压力变化历程已趋近结束。这个结果再次表明,当粒径减小到一定程度后,燃烧过程中吸热融化效应的影响将减小,因而 120 目 RDX 的压力变化曲线也就更加陡峭。

综上所述,燃烧相对表面积减小与燃去相对体积、燃速增加的动态平衡,决定了压力变化率曲线的变化规律。不同的粒径尺寸,由于燃烧相对表面积变化规律的不同,导致压力变化率曲线形状的不同。

4 讨论

研究发现,在 211.7 ~ 317.5 μm 的粒径范围内,RDX 粒径越小,其压力指数越大,压力输出时间越短。对于燃气发生器等快速作用的装置,可以采用粒径较小的炸药装药。另外,粒径影响其燃烧过程:对大于一定粒径(>120 目)的 RDX,在燃烧初期,小粒径 RDX 比表面较大,吸热较多,压力较低;在两相燃烧过程中,小粒径 RDX 燃烧相对表面积变化较大,压力变化率曲线较陡;对小于一定粒径(≤ 120 目)的 RDX,其燃烧过程中吸热融化效应的影响较小,因而其压力变化从一开始便比较陡峭。对于需要抑制压力波的装药,可以采用粒径较大的装药。

参考文献:

- [1] 黄人骏,宋洪昌. 火药设计基础[M],北京:北京理工大学出版社,1997.
- [2] 刘继华. 火药物理化学性能[M],北京:北京理工大学出版社,1997.
- [3] 涂永珍,王朝珍,徐浩星. 硝胺推进剂燃烧性能的实验研究[J]. 含能材料,1996,4(1): 18-22.
TU Yong-zhen, WANG Chao-zhen, XU Hao-xing. Experimental investigation of nitramine propellant combustion behavior[J]. *Hanneng Cailiao*, 1996, 4(1): 18-22.
- [4] 张江居. 硝胺发射药燃速曲线研究[J]. 含能材料, 1996, 4(3): 97-100.
ZHANG Jiang-ju. Study on burn rate curves of some nitramine propellants[J]. *Hanneng Cailiao*, 1996, 4(3): 97-100.

Study on the Combustion Characteristics of RDX with Different Particle Sizes

ZHU Ming-shui, LONG Xin-ping, JIANG Xiao-hua

(Institute of Chemical Materials, CAEP, Mianyang 621900, China)

Abstract: The $p \sim t$ curves of 100 meshes and 80 meshes RDX are measured with the closed bomb test. The results show that reducing the particle size may enhance the pressure exponent. Furthermore, the two phase combustion process of RDX is analyzed, it can be seen that the particle size has an effect on the $dp/dt \sim t$ relations of combustion.

Key words: explosion mechanics; particle size; combustion characteristics; RDX; closed bomb vessel

(上接 35 页)

Synthesis of Hexanitrohexaazatricyclo-tetradecanedifuroxan

YU Zhi-yu¹, CHEN Bao-hua², YU Jiang-yong³, LI Wen-jie⁴

(1. The Academy of Membrane Science and Technology, Lanzhou 730020, China;

2. National Laboratory of Applied Organic Chemistry, Lanzhou university, Lanzhou 730020, China;

3. Propoganda Department Of CPC. Gansu Province Comitee, Lanzhou 730020, China;

4. Xi'an Modern Chemistry Research Institute, Xi'an 710065, China)

Abstract: 2,4,7,9,11,14-hexanitro-2,4,7,9,11,14-hexaaza-tricyclo [8.4.0.0^{3,8}] tetradecane-5,6,12,13-difuroxan (HHTTD) was synthesized from nitration of HTTD (III) that was the acid-promoted condensation product of 3,4-diaminofurazan and diformyltetrahydroxypiperazine. Their structures were characterized by elemental analysis, IR and MS spectra. The detonation velocity of HHTTD maybe up to 9.5 km/s.

Key words: organic chemistry; high energy explosive; synthesis; furazan; furoxan