

封端面内孔阻塞装药气体生成规律的研究

贺晓军 王泽山

(南京理工大学化工学院, 南京 210094)

摘要 分析了封端面内孔阻塞装药与制式装药燃烧的差异, 提出了调整封端面内孔阻塞装药气体生成量的三种途径, 研究了封端面内孔阻塞火药的燃烧增面性。结果表明, 其增面效果优于19孔制式装药和按序开裂杆状装药。

关键词 发射药 燃烧性能 装药

中图法分类号 TQ562 TQ038.1 E932

1 引言

研究火药燃烧时的气体生成规律是建立发射药装药内弹道模型及算法的重要基础^[1]。对封端面内孔阻塞(B₂)装药来说, 研究其燃气生成规律对创造高增面性和高初速装药具有很现实的意义。相对火炮射击过程, 密闭爆发器能比较容易地确定火药的燃烧性能^[2]。本文以密闭爆发器测定的 $p-t$ 曲线为基础, 研究 B₂ 装药的燃气生成规律, 并将其增面效果与19孔制式装药和按序分裂杆状装药(PSS)进行了比较。

2 定容下 B₂ 装药的燃烧状态

密闭爆发器测定的 B₂ 装药和制式(NB)装药的 $p-t$ 曲线有明显差别, 这种差别即使在 B₂ 装药所用的基药(封端前的火药)与制式装药一致时也存在。如图1所示, 由于 B₂ 装药内孔阻塞, 使燃烧初期的压力上升缓慢, 点燃期加长。至一定压力后, 内孔打开, 压力上升速度明显增加, 最后接近制式装药的最终压力。尽管 B₂ 装药燃烧结束时间长于制式装药, 但所达到的最大压力相差不大。

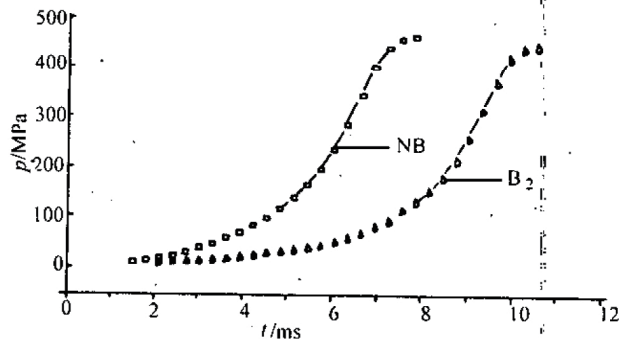


图1 NB装药和 B₂ 装药燃烧的 $p-t$ 曲线

Fig.1 $p-t$ curves of combustion of normal charge and B₂ charge

上述差别也可用 dp/dt (即 p') 来反映。图 2 是制式装药和 B_2 装药燃烧的局部 $p'-p$ 曲线。由图 2 看出,从点火到 EE 点, B_2 装药的 p' 值明显低于制式装药的 p' 值,但 EE 点后 B_2 装药的 p' 值上升较快,这说明在 EE 点 B_2 装药有内孔开始燃烧(即增面),此时压力为 38MPa,之后其 p' 继续增加。至 FF 点时, B_2 装药与制式装药的 p' 值基本接近,这说明 B_2 装药内孔全部开始燃烧,此时压力为 103.7MPa。因为制式装药的内孔先于 B_2 装药的内孔燃烧,所以制式装药比 B_2 装药的总燃烧面大,制式装药的 p' 比 B_2 装药的 p' 高。至 GG 点时两者接近一致,压力为 287MPa。

上述情况还可由单位压力下的 dp/dt 值来说明。取 $L = p'/p$, 它可反映单位压力气体的增长量,见图 3。 B_2 装药和制式装药相比有明显的增面性质,尤其是燃烧初期,气体生成速率小,而后逐步增加,且在相当于火炮最大压力之前, B_2 装药的 L 值都低于制式装药。燃烧初期和火炮最大压力点前的 L 值低,都是装药所期望的。

3 调整 B_2 装药气体生成量的途径

3.1 改变混合装药的主组分(MC)与 B_2 装药的混合比

组成混合装药是应用 B_2 装药的主要方式。通过改变混合比,可以调节 B_2 装药的气体生成规律。由图 3 可以看出,两条曲线形成了两个可调区,即图上的 MB_a 和 MB_b 。当改变混合比后,曲线变化部分主要出现在 MB_a 和 MB_b 区间。特别是 MB_a 区,可调范围较宽,而且是在非常关键的燃烧初始阶段,在火炮上会表现出较明显的效果。当 MC 和 B_2 装药混合比分别为 8:2 和 6:4 时,它们的 $L-p$ 曲线都处于单一 B_2 装药和单一 MC 的 $L-p$ 曲线之间。其弹道性能随着 B_2 装药的引入和混合比的调整也将发生明显变化。

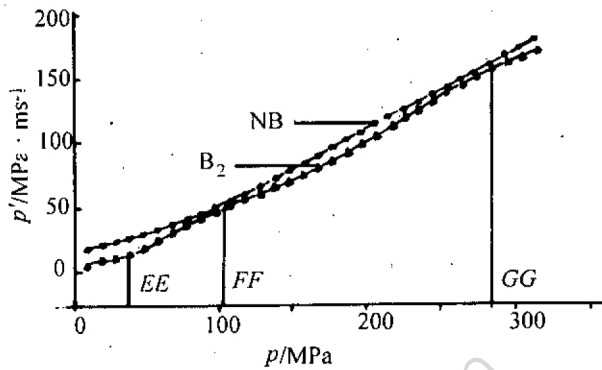


图 2 NB 装药和 B_2 装药燃烧的 $p'-p$ 曲线

Fig. 2 $p'-p$ curves of combustion of normal charge and B_2 charge

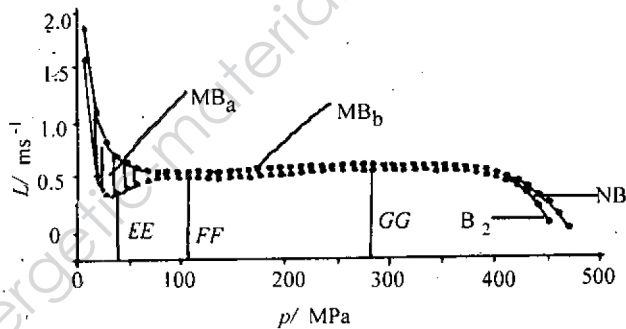


图 3 NB 装药和 B_2 装药燃烧的 $L-p$ 曲线

Fig. 3 $L-p$ curves of combustion of normal charge and B_2 charge

3.2 改变 B₂ 装药的基药和制式装药的药型尺寸

B₂ 装药的基药和制式装药的药型尺寸差加大,能增加气体生成量的可调范围,MB_a 和 MB_b 区随之扩大,并出现了 MB_c 区,如图 4 和图 5 所示。这为调节气体生成速率,改变弹道性能带来了方便条件。由图 4 和图 5 还可以看出,15/19 制式装药和 12/19 B₂ 装药两条 $L-p$ 曲线之间的可调区间远大于 12/19 制式装药和 12/19 B₂ 装药两条 $L-p$ 曲线的可调范围。

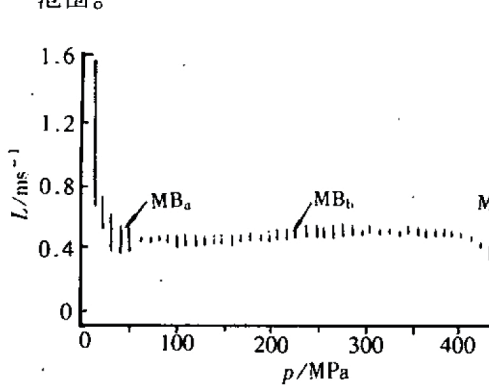


图 4 15/19 制式装药和 12/19 B₂ 装药的 $L-p$ 曲线

Fig. 4 $L-p$ curves of 15/19 normal charge and 12/19 B₂ charge

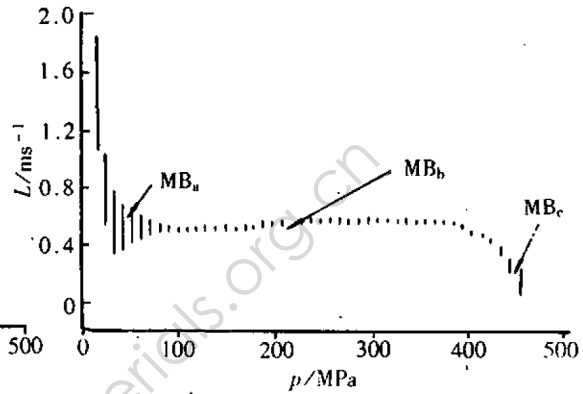


图 5 12/19 制式装药和 12/19 B₂ 装药的 $L-p$ 曲线

Fig. 5 $L-p$ curves of 12/19 normal charge and 12/19 B₂ charge

3.3 改变 B₂ 装药封端材料的强度调整气体生成量

改变封端层的强度,可改变内孔面引燃的延迟期,这将会降低 B₂ 装药燃烧初期的 L 值,但后期的 L 值增加很快。如图 6 所示,17B (封端层占 B₂ 装药量的 3.5%) 的 $L-p$ 和 12B (封端层占 B₂ 装药量的 2%) 的 $L-p$ 有明显差别。封端层强度大的 B₂ 装药气体生成量的可调范围也大。

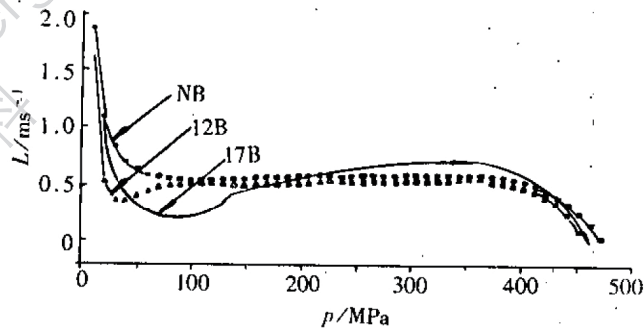


图 6 NB 装药及不同封端层厚度 B₂ 装药 (17B 和 12B) 的 $L-p$ 曲线

Fig. 6 $L-p$ curves of normal charge and B₂ charge with different coating dense (17B and 12B)

4 B₂ 装药增面效果的分析

多孔火药和按序分裂杆状药也是具有增面性的两种火药。由于本文分析的 B₂ 装药的基药是 19 孔火药,因此选择 19 孔制式装药,与 B₂ 装药和 PSS 装药进行增面性比较。

19 孔制式装药的燃烧存在两个阶段,即分裂前主体燃烧阶段和分裂后碎粒药燃烧阶段^[3]。其燃烧增面性只存在于主体燃烧阶段。在碎粒燃烧阶段则是强烈的减面性。PSS

装药与传统的装药不同,它不采用表面阻燃,也不利用药型的几何渐增性,而是利用药体分裂的增面技术^[4]。PSS装药结构如图7(a)所示,在药杆内预制数个纵向槽A,而外侧面B和端面C则是连续的。当药柱开始燃烧时,预制槽在药杆内部,槽的表面不燃烧。随着燃烧过程的发展和弹丸向炮口运动,燃烧从杆的侧面和端面向内部发展。达到最大压力后,并且膛内压力开始迅速下降时,预制槽开始暴露,并发生药体分裂,如图7(b)所示。此时,燃烧面和气体生成速率突然数倍增加,表现出较强的增面性。

封端面内孔阻塞火药是对19孔制式装药进行端面涂覆阻塞,涂覆层含有阻燃剂,而且在不同温度下涂覆层强度不同,使B₂装药的初始燃烧面和初始燃速都明显降低。因此在B₂装药的燃烧过程中,由于端面的不断破孔使它的燃烧表现出更强的增面性。

图8能够很好地说明B₂装药的增面性远远大于19孔制式装药和PSS装药。19孔制式装药从开始燃烧就具有增面性,当燃烧百分比 $\psi = 0.90$ 时,相对燃烧表面积 $\sigma = 1.57$ 。PSS装药从开始燃烧到 $\psi = 0.36$ 之前,均为减面燃烧。其后, σ 会增大到1.76,此时 $\psi = 0.63$ 。而B₂装药,由于初始是阻燃剂燃烧,因此在出现一小段减面燃烧后燃面突然增大,直至 $\psi = 0.83$, $\sigma = 2.35$ 。分裂后燃面迅速下降。

由以上分析可知,端面阻燃层的存在,使B₂装药出现了很强的燃烧增面性。

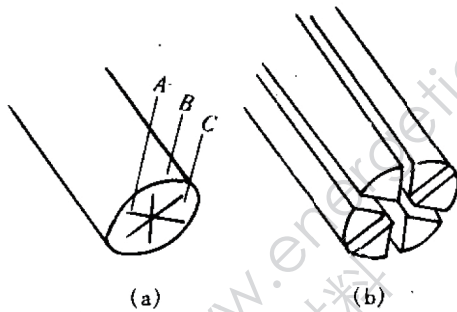


图7 PSS杆状药结构及其燃烧分裂示意图
Fig.7 Schematic of split under combustion of PSS

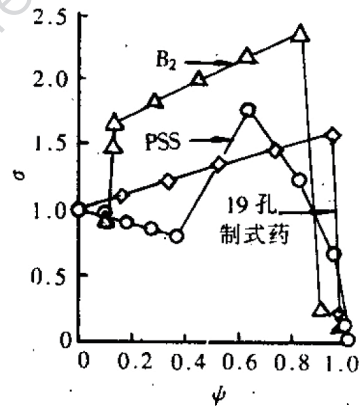


图8 B₂装药、19孔制式装药和PSS的 σ - ψ 曲线
Fig.8 σ - ψ curves of B₂, 19 perforative normal charges and PSS

5 结论

5.1 封端面内孔阻塞装药的燃烧可由密闭爆发器测定的 $p-t$ 曲线或由 $p-t$ 曲线分析得到的 $p'-p$ 或 $L-p$ 曲线来表征其与制式装药燃烧的差异。

5.2 封端面内孔阻塞装药的燃气生成量可通过以下三种途径来调整,一是改变MC和B₂装药的混合比;二是改变B₂装药中的基药和MC的药型尺寸;三是改变B₂装药封端材料的强度或涂覆量。

5.3 与19孔制式装药和按序分裂杆状药相比,封端面内孔阻塞装药的增面效果较为理想。

参 考 文 献

- 1 金志明等. 内弹道学. 北京: 国防工业出版社, 1981.
- 2 华东工程学院. 内弹道实验原理. 北京: 国防工业出版社, 1984.
- 3 鲍廷钰等. 内弹道学. 北京: 北京理工大学出版社, 1995.
- 4 王泽山等. 火药装药设计原理. 北京: 兵器工业出版社, 1995.

A STUDY ON THE GAS-GENERATION REGULARITY OF END-SEALED PROPELLANT CHARGE WITH INNER-HOLE-BLOCKAGE

He Xiaojun Wang Zeshan

(*Nanjing University of Science & Technology, Nanjing 210094*)

ABSTRACT Based on analysing the different combustion behaviors between the end-sealed propellant charge with inner-hole-blockage and the normal charge, three methods were proposed to adjust the gas-generation quantity of the said end-sealed charge. Compared with the 19 perforative normal propellant and sequentially splitting shaft propellant, the effect of the title propellant on the combustion surface enlargement is obviously better than those of the formers.

KEYWORDS charge, combustion behavior, propellant.