

改进型变通道星形装药设计*

张 春 泰

(西安长峰机电研究所, 西安, 710061)

摘 要: 提出一种改进型变通道内燃星形装药, 它在结构尺寸上分作两段: 前段等肉厚等通道, 后段变肉厚变通道。它具有燃面变化平缓、侵蚀效应小、残药少的优点。

主题词: 固体推进剂火箭发动机, 推进剂药柱, 装药结构, 星孔药柱

分类号: V435.21

A DESIGN STAR-SHAPED GRAIN WITH MODIFIED VARIABLE PORTS

Zhang Chuntai

(Xi'an Chang Feng Electro-Mechanical Research Inst., Xi'an, 710061)

Abstract: A modified star-shaped grain configuration is presented, with consists of two sections; the front section has a cross-section-constant port with constant web thickness, while back section has a variable port with variable web thickness. The grain features of smoothly varying burning surface, less erosive burning, and less slivers are obtained.

Subject terms: Solid propellant rocket engine, Propellant grain, Charge structure, Star grain

1 引 言

70年代以来, 虽然在大型发动机中翼柱形装药几乎完全取代了星形装药, 但在中小型发动机中星形装药仍然有较广泛的应用。传统的星形装药, 大多设计成燃面呈“马鞍”形变化。如果设计不好, 往往第二个“驼峰”高于第一个“驼峰”, 而且增面比很大, 致使推力变化较大, 使导弹飞行速度变化不平稳。此外, 还会造成壳体强度的浪费, 以及容易造成侵蚀燃烧。

* 本文1994年7月5日收到

2 设计思想和设计方法

要减小星形装药燃面变化规律中出现的第二个“驼峰”，可以将装药在结构设计上分为两段：第一段为等肉厚装药，第二段为变肉厚装药，如图1所示。点火后第二段的肉厚从尾端开始逐步提前烧完，使变肉厚段长度逐步减小，抵消了等肉厚段后期燃面的增加，从而得到较平缓的燃面变化规律。

传统设计方法的参数选择原则及计算公式仍然适用，但有下列不同：

- 等肉厚段与变肉厚段药柱的长度之比、等肉厚段肉厚与变肉厚段末端肉厚之比，要根据导弹总体部门对发动机推力方案（推力变化规律）的要求和推进剂侵蚀燃烧特性而定。如果要求得到递减的推力变化规律，并且推进剂侵蚀比较大时，则两个比值要选择得大些；否则可选择小些。
- 变肉厚段末端肉厚，一定要在过了等肉厚段的最小燃面点以后的适当时机再燃尽，即变肉厚段末端肉厚不可选择得过大或过小。
- 为了浇药模具的可加工性，在确定药型参数时，一定要使两段的星根半角、星根圆弧半径和星尖圆弧半径相等。

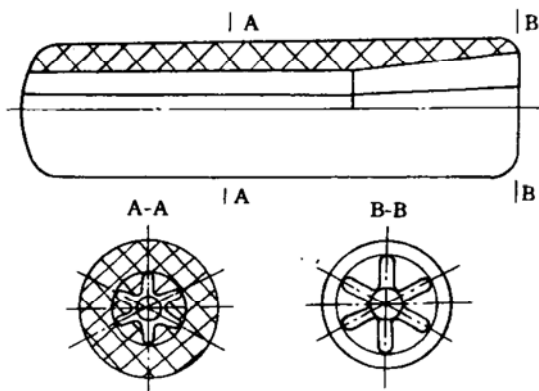


Fig. 1 Diagram of grain configuration

3 设计实例

本文提出的改进型变通道星形装药，作者已成功的用在两种型号发动机的装药设计上，其中一种已经经过了地面热试车的考验，获得了良好的内弹道曲线。

3.1 实例1

某发动机，要求初始推力大，装填分数高。选用其他药型无法满足总体部门提出的技术指标，故选用改进型变通道星形装药。主要参数如下：

等肉厚段与变肉厚段长度之比：2.469 装药 m 数：2.170 残药分数：0.03
 变肉厚末端肉厚与等肉厚段肉厚之比：0.5952 装药燃面的增面比：1.082
 装药体积装填分数：0.8795 发动机初始喉通比 J ：0.3179

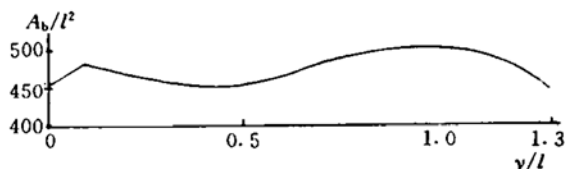


Fig. 2 Curve of burning surface area change for $\times$ motor

燃面变化规律如图2所示，地面热试车内弹道曲线如图3。图中 y 为装药燃烧层厚度， l 为药型特

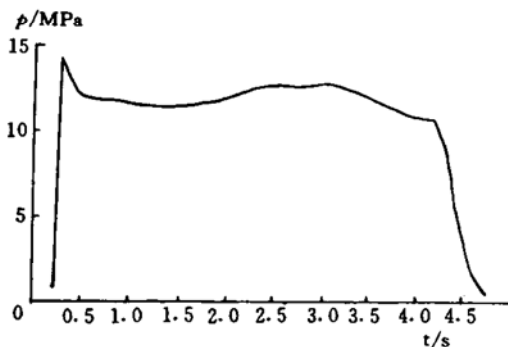


Fig. 3 Measured $p-t$ curve of $\times$ motor

征长度, A_b 为装药性燃烧面积, p 为燃烧室压强, t 为发动机工作时间。

3.2 实例 2

某发动机, 要求初始推力大, 推力呈递减规律变化。选用本文提出的改进型变通道内燃星形装药, 计算表明完全可以满足技术要求。主要参数如下:

等肉厚段与变肉厚段长度之比: 3.890

装药 m 数: 1.560

变肉厚末端肉厚与等肉厚段肉厚之比: 0.6087

残药分数: 0.03

装药体积装填分数: 0.6608

发动机初始喉通比 J : 0.1794

燃面变化规律如图 4 所示。

4 结束语

改进型变通道内燃星形装药, 得到了燃面变化平缓、增面比小、侵蚀效应小、残药量少的结果。参考文献 [1] 提出的变通道星形装药, 采用的是等肉厚、依靠角分数的减小, 使通道面积沿轴向逐步扩大的方法; 美洲虎发动机采用的变通道内燃星形装药, 是在药柱后段将星根部分沿轴向逐步切除一部分, 使通道面积沿轴向逐步扩大。

这两类变通道星形装药, 只能减小侵蚀效应, 却不能得到十分平缓的燃面变化规律, 也不能减少残药量。而本文提出的改进型变通道星形装药既可以减小侵蚀效应, 又可以得到平缓的燃面变化规律, 还可以减少残药。

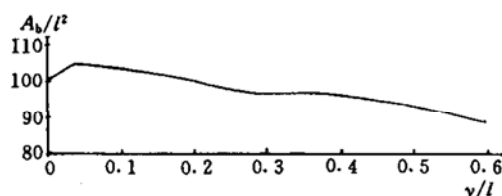


Fig. 4 Curve of burning surface area change for $\times$ motor

参 考 文 献

- [1] Ricciardi A. Right Circular Cylindrical Star Perforated and Tapered Grain. Journal of Propulsion and Power, 1992, 8 (1): 51-58