

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2011.05.021

# 一种大口径战斗部分步压装药有限元模拟与实验

李琳琳<sup>1</sup>, 张欲立<sup>1</sup>, 张宏光<sup>1</sup>, 徐恒秋<sup>1</sup>, 常东<sup>2</sup>

(1. 长春设备工艺研究所 装药研究室, 长春 130012;

2. 长春市建筑职工业余大学 建筑系, 长春 130041)

**摘要:** 为提高大口径弹药分步压装药效率, 对某大口径战斗部分步压装药进行有限元模拟与实验。根据分步压装特点制定针对某大口径战斗部的分步压装工艺流程, 采用 ANSYS 有限元模拟方法分析装药过程中弹壁与导爆管与变形受力情况, 开展工艺试验制定工艺参数, 采用相应的工艺参数进行大口径战斗部分步压装高能炸药。结果表明, 装填结果完全满足××大口径战斗部的装药质量要求。

**关键词:** 分步压装药; 有限元模拟; 装药

**中图分类号:** N945.12; TJ410.5<sup>+</sup>2 **文献标志码:** A

## Finite Element Simulation and Experimental Study of A Large Caliber Fighting Part of Procedure Press-Load Detonator

Li Linlin<sup>1</sup>, Zhang Yuli<sup>1</sup>, Zhang Hongguang<sup>1</sup>, Xu Hengqiu<sup>1</sup>, Chang Dong<sup>2</sup>

(1. Explosives Charge Research Office, Institute of Changchun Equipment Technology, Changchun 130012, China;

2. Dept. of Construction, University of Amateur Construction Workers of Changchun, Changchun 130041, China)

**Abstract:** To improve efficiency of procedure press-load detonator about large-caliber ammunition, the fighting part of a certain type large diameter pressure charging finite element simulation and experiment, according to characteristics of procedure press-load detonator establishment of large-diameter warheads for the step flow chart process, use the finite element simulation of ANSYS examine the charge process of wall of shell and detonating pipe by the force, conduct technology test setting down process parameters, using the appropriate parameters for the fighting part of the large-diameter high explosive procedure press-load. The results showed that: loading results meet the charge quality requirements of ×× large diameter warhead.

**Keywords:** procedure press-load detonator; finite element simulation; charge

### 0 引言

大口径弹药生产有注装药、压装药、螺旋装药和分步压装药等方法, 其中分步压装药技术<sup>[1-3]</sup>是较好的榴弹体装药技术, 解决了装药密度和装药效率的问题, 可实现高敏感度高能炸药的装填<sup>[4]</sup>。目前, 我国应用较广的是螺旋装药<sup>[5]</sup>和油压机压装技术。分步压装药工艺技术则综合了螺旋装药<sup>[5]</sup>和油压机压装技术的优点, 在一定转速的旋转下, 由冲杆将炸药逐份送入弹内腔进行捣压。对某种高能炸药, 装药平均密度可达到 $1.70 \text{ g/cm}^3$ , 且轴向密度较高而周边较低<sup>[6]</sup>, 能保证无底隙、无气孔和裂纹。由于其装药效率高, 被广泛应用于大口径榴弹系列产品、火箭弹、导弹等战斗部装药。同时, 分步压装工艺提高了装药内部质量, 并且装药密度分布对炮弹装药的抗过载安全性起到了积极作用<sup>[7]</sup>。因此, 笔者对分步压装药工艺及装药参数试验进行研究。

### 1 分步压装工艺流程

根据分步压装工艺技术研究, 结合分步压装设

备工作原理, 总结分步压装××大口径战斗部的装药工艺流程如图 1。

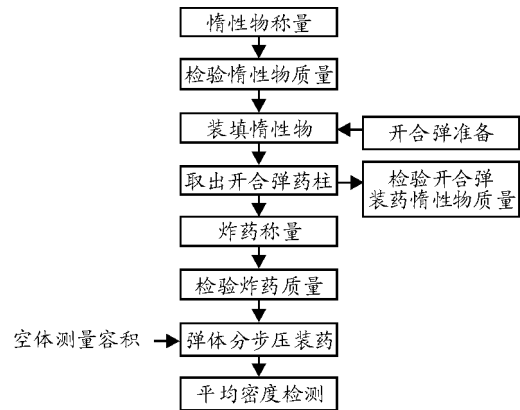


图 1 分步压装工艺流程图

### 2 装药过程的有限元模拟分析

#### 2.1 装药模型

采用 ANSYS 有限元分析软件分析装药过程中弹壁与导爆管受力与变形情况, 装填弹体模型如图 2。

收稿日期: 2011-01-11; 修回日期: 2011-03-21

作者简介: 李琳琳 (1981—), 女, 硕士, 工程师, 从事装药工程技术研究。

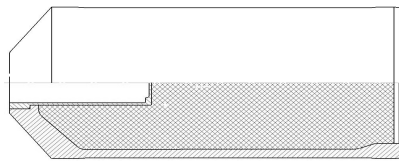


图2 弹体模型

### 2.2 模拟过程及结果分析

如图3, 压药过程中螺杆在导爆管上部反复压装时应力出现峰值, 并且在螺杆与药面直接接触部分即弹体的心部压力较大, 而螺杆与弹壁之间部分压力较小。如图4, 对称轴上压力变化与密度试验中密度的分布规律相同, 因此, 可以通过有限元分析为实际压药提供理论依据。

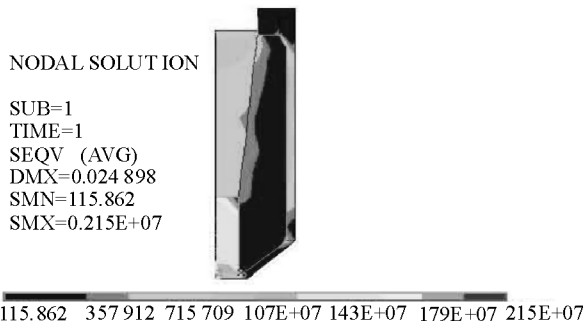


图3 等效应力图

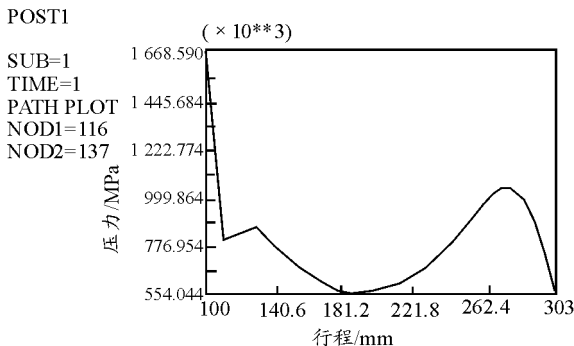


图4 对称轴上的压力行程曲线

如图5, 药面的变形是在分步压装药过程中炸药停止输送而螺杆反复压制过程中达到的峰值这时药面的应变最大。

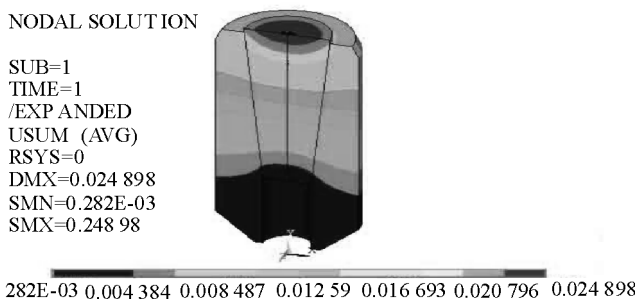


图5 药的总应变

弹体的轴向径向变形如图6和图7, 弹体的变形量峰值  $7 \times 10^{-4}$ , 并且在压药结束后回复。因此, 弹壁的变形可以忽略不计。

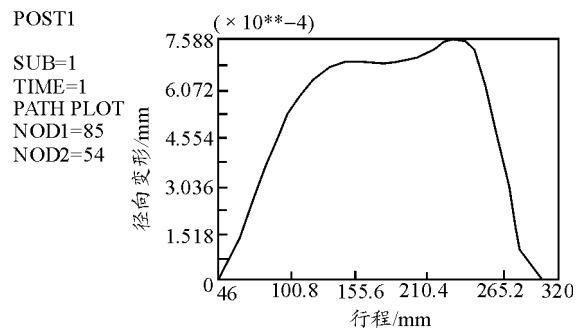


图6 弹体的径向变形曲线

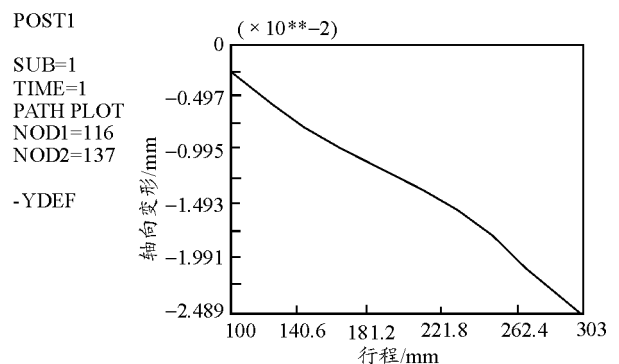


图7 弹体的轴向变形曲线

## 3 装药过程试验研究

### 3.1 装药工艺参数的影响

经有限元分析可知, 弹体变形可以忽略, 故进一步在试验中分析工艺参数对装药质量的影响, 主要分析了装药直径与装药密度的关系以及压力与装药密度的关系。得出以下结论<sup>[8]</sup>: 1) 在其他工艺参数相同的前提下, 装药直径越大, 弹体装药密度越低; 2) 正确选取适合目标弹种的螺杆是控制装药密度与装药质量的关键; 3) 装药密度随压力增大而增大, 当压力增大到一定程度, 密度增加趋于缓和。根据相关试验确定: 螺杆转速355 rpm; 输药搅动次数: 120 次/min; 装药停转力: 3 500 kN; 压药次数: 90~120 次。

### 3.2 装药结果

采用上述工艺参数即装药反压力38 kg/cm<sup>2</sup>、螺杆转速355 rpm、输药搅动次数: 120 次/min、装药停转力: 3 500 kN、压药次数: 90~120 次进行装药试验得到装药平均密度为1.69 g/cm<sup>3</sup>以上的装填高能炸药的战斗部, 装药效率为3 min/发。