

doi: 10.7690/bgzd.2013.02.022

## 某型舰炮弹炮耦合对炮口振动影响的研究

张瑛

(郑州机电工程研究所第二研究室, 郑州 450015)

**摘要:** 针对炮口振动会影响舰炮系统发射状态的问题, 运用 ANSYS 软件建立了某型舰炮的后坐部分动力学模型和弹炮耦合动力学模型。基于此模型, 采用有限元分析法进行分析, 得出: 炮口处的振幅从开始逐渐增大, 在弹丸出膛瞬间到达最大值, 然后逐渐减小, 直至减到最小值。分析结果表明: 该方法能够较真实得模拟舰炮弹炮耦合过程, 得到弹炮耦合对炮口振动的影响结果。

**关键词:** ANSYS; 动力学; 弹炮耦合; 炮口振动

**中图分类号:** TJ391 **文献标志码:** A

## Research on Influence of Coupling of Gun and Bomb to Gun Muzzle Vibration of Certain Type Naval Gun

Zhang Ying

(The Second Laboratory of Zhengzhou Electromechanical Engineering Research Institute, Zhengzhou 450015, China)

**Abstract:** According to the gun muzzle vibration influence on launch state of naval gun systems, a kinetic model of recoiling parts and the coupling of gun and bomb to a certain naval gun was built by using the software of ANSYS. Based on these models, use the finite element analysis method for analysis, draw a conclusion of that the amplitude of the gun muzzle place from begin to increase gradually, bore the projectile instantaneous maximum, and then decrease gradually until reduced to the minimum. The analysis results show that this method can simulate the real coupling process of gun and bomb of naval gun, acquire the influence of the coupling of gun and bomb on gun muzzle vibration.

**Key words:** ANSYS; dynamics; coupling of gun and bomb; gun muzzle vibration

### 0 引言

弹炮耦合主要指弹药和炮本身在发射过程中相互作用、相互影响的过程。一方面, 弹药和炮相互之间作用对弹丸的初速、飞行姿态产生影响; 另一方面, 这种相互作用对炮口振动、后坐部分的后坐过程也产生了一定的影响。这些影响是不可避免的, 必须对其加以分析。

实践和理论分析表明, 起始扰动是影响舰炮系统射弹散布的重要根源之一。起始扰动是自由期弹丸质心运动和绕心运动的初始条件, 是由于在弹丸自膛内开始运动至后效期末这一发射过程中, 舰炮系统发射状态的变化而引起的。炮口振动是影响舰炮系统发射状态变化的主要因素, 研究弹炮耦合对炮口振动的影响很有意义<sup>[1]</sup>。

因此, 笔者在 ANSYS 软件平台上建立了某型舰炮的后坐部分动力学模型和弹炮耦合动力学模型, 并针对弹炮耦合对某型舰炮炮口振动的影响进行了分析和研究<sup>[2]</sup>。

### 1 后坐部分和弹炮耦合模型的建立和分析

针对某型舰炮, 在 ANSYS 软件中, 分别建立了后坐部分和弹炮耦合的动力学模型。首先, 针对某型舰炮建立了后坐部分的实体模型, 再将弹的实体模型加入到身管中, 然后再对其分别进行有限元网格划分。完成的实体模型和划分网格后的有限元模型如图 1~4。

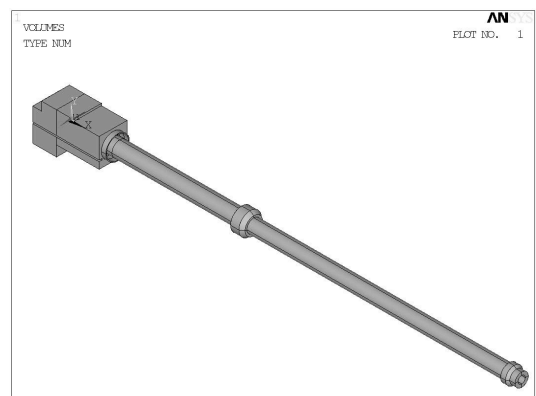


图 1 后坐部分实体模型

收稿日期: 2012-08-09; 修回日期: 2012-09-09

作者简介: 张瑛(1982—), 男, 陕西人, 硕士, 工程师, 从事舰炮装备研究。

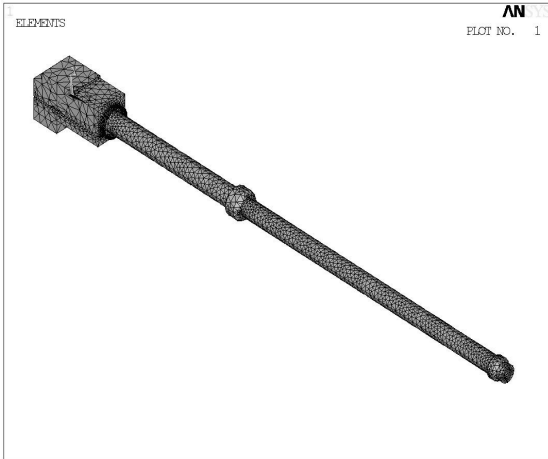


图 2 后坐部分有限元模型

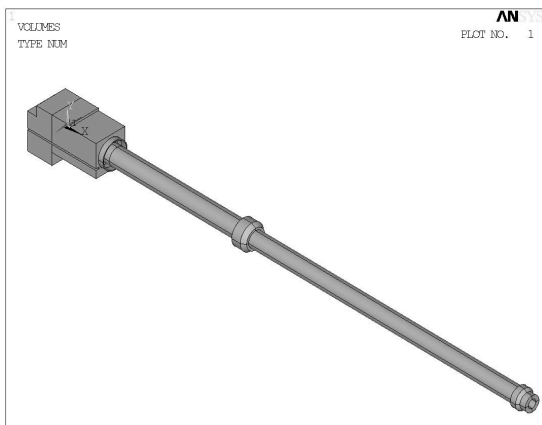


图 3 弹炮耦合实体模型

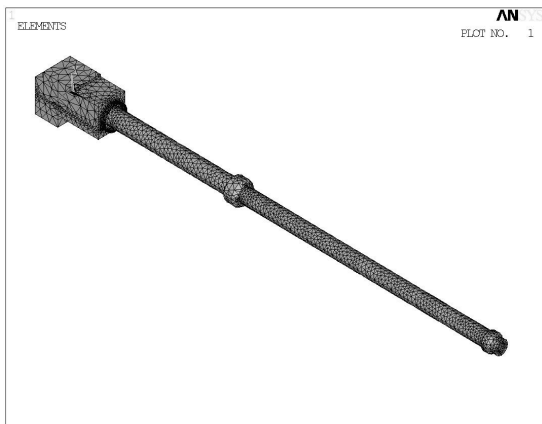


图 4 弹炮耦合有限元模型

由于在发射过程中，弹在身管膛线的作用下发生平动和转动，也就是弹和身管发生了接触作用，所以对接触的分析很有必要。ANSYS 程序提供了强大的接触分析功能，使问题得以解决。针对弹炮耦合的实际情况，采用刚体—柔体的面—面接触。由于弹带采用铜材料，身管采用钢材料，铜相对钢较

软，所以将身管内壁视为目标面，将弹带视为接触面。在弹带表面和身管内壁表面建立节点集，接着设置接触对，建立接触单元<sup>[3]</sup>。建立好的接触对单元如图 5。



图 5 接触对单元

## 2 有限元模型分析及分析结果

在已经建立、划分好网格的模型中加载约束和载荷。在身管中部添加径向约束；在导轨面分别添加竖直方向和水平方向约束。由于定义了炮和弹的接触对，就已经限制了弹只能在身管内运动，所以无需再对弹定义约束。

同时根据已经计算好的内弹道数据，对后坐部分加载载荷。首先对整个后坐部分加载由火药燃烧产生的后坐力，加载在炮尾前端面；接着对整个后坐部分加载由驻退机、复进机、输弹机油缸等反后坐装置产生的反后坐力曲线，加载在炮尾后端面；最后对弹施加弹底压力曲线，加载在弹底。

对上述已建立好的模型和定义好的约束、载荷进行求解，得出后坐部分模型和弹炮耦合模型的炮口位置在垂直面内和水平面内的振幅，如图 6~9。

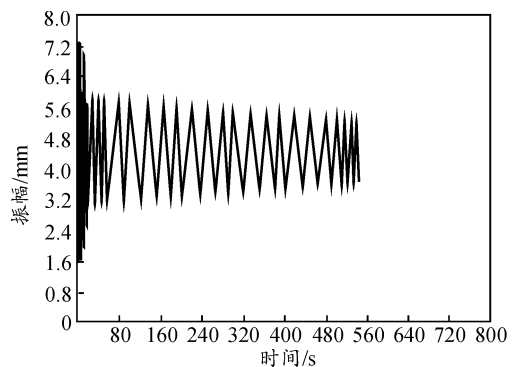


图 6 后坐部分模型的炮口位置在垂直面内的振幅

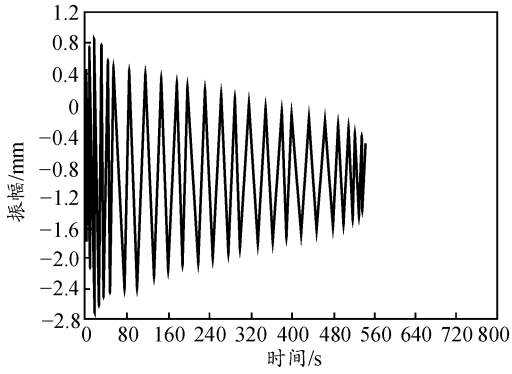


图 7 后坐部分模型的炮口位置在水平面内的振幅

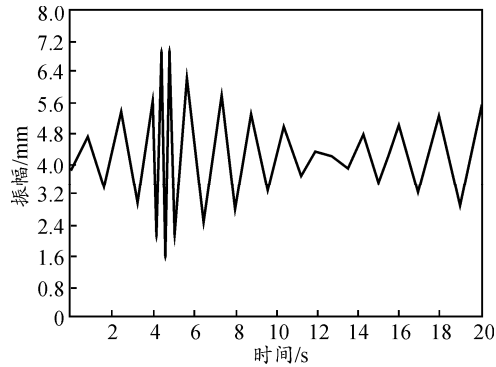


图 8 弹炮耦合模型的炮口位置在垂直面内的振幅

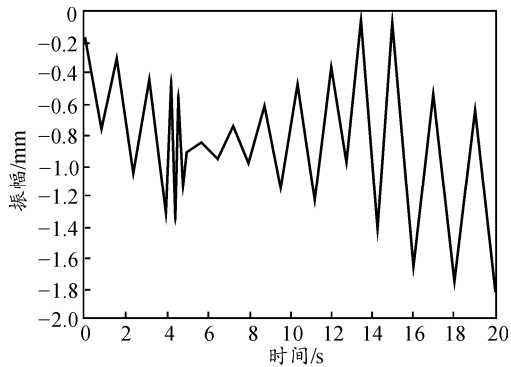


图 9 弹炮耦合模型的炮口位置在水平面内的振幅  
得出的炮口位置的最大振幅量如表 1。

表 1 炮口位置的最大振幅量 mm

振幅方向	后坐部分模型	弹炮耦合模型
垂直面内最大振幅量	7.321 6	6.931 0
水平面内最大振幅量	2.788 5	1.835 8

通过图 6~9 和表 1 可以清晰地看出：炮口处的振幅从开始逐渐增大，在弹丸出膛瞬间到达最大值，然后逐渐减小，直至减到最小值。这是由于舰炮发射属于瞬间大冲击过程，在发射过程中，必然要产生一定的振动，随着膛压逐渐增大，振动也越来越剧烈，最后在弹丸出膛瞬间达到最大值，之后火药气体大量排出，膛压迅速降低，振动也就随着减弱，直至减到最小值。

在炮口振幅上，弹炮耦合状态时的变化规律同只分析后坐部分时一样，但是最大值有所变化，这是由于弹本身的制造误差以及弹炮间隙等因素，在发射过程中，弹在膛压的作用下，必然要在身管内部产生一定的振动，这就产生了这种影响。

### 3 结论

笔者采用 ANSYS 软件进行有限元分析，较真实地模拟了舰炮弹炮耦合过程。通过分析得出：炮口振幅在弹炮耦合状态时的变换规律只是最大值有所变化，后坐部分亦如此，但是相对于由于炮本身的刚度及各个连接部分对炮口振动的影响来说要小的多。所以可以认为：影响炮口振动的主要因素是炮本身的刚度及各个部分的连接。

### 参考文献：

[1] 康新中, 吴三灵. 火炮系统动力学[M]. 北京: 国防工业出版社, 1999.  
 [2] 杨立强, 宗方勇, 聂冬. 某型舰炮未击发弹现象初探[J]. 四川兵工学报, 2010, 31(6): 37.  
 [3] 王富耻, 张朝晖. ANSYS10.0 有限元分析理论与工程应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2006.