

doi: 10.7690/bgzd.2013.07.005

基于 ADAMS 某自动步枪虚拟样机建模及仿真分析

尚利民¹, 宫鹏涵¹, 康小勇¹, 张磊²

(1. 军械工程学院火炮工程系, 石家庄 050003; 2. 重庆军代局, 重庆 404100)

摘要: 为研究某步枪射击时的动态特性, 对某自动步枪虚拟样机进行建模及仿真分析。以多刚体动力学理论为基础, 借助动力学仿真软件 ADAMS 建立某自动步枪虚拟样机模型, 并在此基础上, 对步枪自动机动力学进行仿真分析。仿真结果表明: 仿真结果与试验值对比吻合较好, 证明该样机是可信的, 可为进一步工作奠定基础。

关键词: 虚拟样机; 自动步枪; 仿真分析

中图分类号: TJ02 **文献标志码:** A

Virtual Prototype Modeling and Simulation Analysis of Certain Type Automatic Rifle Based on ADAMS

Shang Limin¹, Gong Penghan¹, Kang Xiaoyong¹, Zhang Lei²

(1. Department of Artillery Engineering, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China;

2. PLA Military Representation Bureau of General Equipment Headquarters in Chongqing, Chongqing 404100, China)

Abstract: In order to study the dynamic characteristics of rifle on firing, the modeling and simulation analysis were done for the virtual prototype model of the rifle. The virtual prototype model of the rifle was built by using dynamic simulation software ADAMS based on the multi rigid-body dynamics theories and the dynamic simulation analysis of automatic mechanism was done. The simulation results show that the results are well coincident with experiment ones, which confirmed that the reliability of the virtual prototype and the base was established for further work.

Key words: virtual prototype; automatic rifle; simulation analysis

0 引言

随着多体系统动力学的发展和计算能力的提高, 以多体系统动力学为基础的枪炮发射动力学分析方法获得了蓬勃的发展。采用多体动力学方法进行自动武器动力学建模与仿真, 可以全面描述武器发射过程, 预测与解决自动武器研制中最关心的系统动态特性问题^[1]。笔者以某自动步枪为研究对象, 基于动力学仿真软件 ADAMS, 建立了该枪的虚拟样机, 并进行动力学仿真。

1 虚拟样机建模

1.1 基本假设

根据该自动步枪的结构特点及射击过程中各部件的运动规律, 在不影响虚拟样机进行仿真分析的前提下, 作如下假设^[2-4]:

- 1) 自动步枪的所有零部件均作刚体处理;
- 2) 机匣直接固定在大地上, 忽略掉一些与机匣固定且不影响仿真的构件;
- 3) 由于推弹力相对火药气体作用力小很多, 所以不考虑推弹力。

1.2 某步枪几何建模

某自动步枪主要由枪管、机匣、枪机、枪机框

和击发机等机构组成。笔者运用三维建模软件 Pro/E 软件建立该自动步枪的三维实体模型如图 1, 所建模型的中心和重量与实际自动步枪的重心和质量基本一致。然后利用 Pro/E 与 ADAMS 之间的接口程序 Mechanism/Pro 将三维实体模型转换到 ADAMS 中。需要注意的是: 在建模时 Pro/E 和 ADAMS 中必须使用同样长度、质量和时间单位。特别是在 Pro/E 中用于三维造型和用于装配的 2 套单位都应 与 ADAMS 保持一致, 否则模型转换时会出错。



图 1 某型自动步枪三维实体模型

1.3 约束的添加

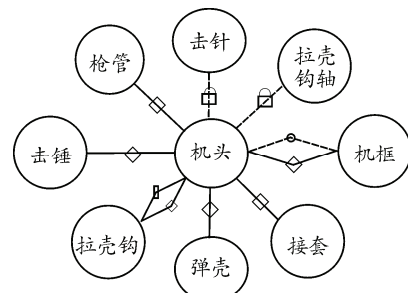


图 2 机头与其他部件的连接关系

收稿日期: 2013-01-14; 修回日期: 2013-02-20

作者简介: 尚利民(1963—), 男, 河北人, 学士, 副教授, 从事步兵武器维修研究。

按照该步枪各刚体的实际运动和受力情况，分别添加相应的运动副。机框、机头与其他零部件连接的拓扑关系如图 2、图 3 所示。

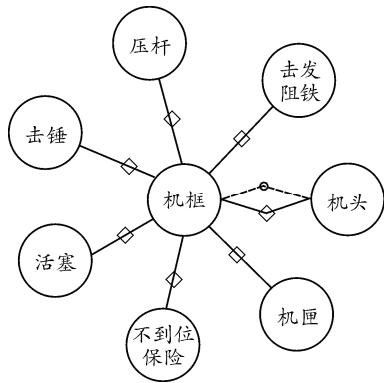


图 3 机框与其他部件的连接关系

1.4 力的添加

1.4.1 火药燃气压力

自动步枪在发射过程中，受到膛合力 Q 和自导气孔导出的部分火药燃气对活动机件向后的作用力 F 。这 2 个力的触发均与枪弹的击发有关。从枪弹发火的瞬间开始计时，此瞬间 Q 被触发， Q 触发后弹丸在火药燃气的作用下沿枪管向前运动，当弹丸越过导气孔后， F 触发并作用于活塞带动枪机框向后，使枪机框带动枪机、击锤后退，完成开锁、抽壳、抛壳等动作。

根据内弹道计算公式，输入枪管、枪弹参数，可以得到膛合力曲线；导气室内的火药气体压力 F 与膛内火药气体压力和导气室结构参数有关，根据布拉文经验公式可以得到导气室压力曲线^[5]。在仿真过程中，将 Q 、 F 压力曲线转换为力曲线后，在 ADAMS 中用 AKISPL 函数进行拟合取值，然后定义样条函数形式的驱动约束。

作用于膛底载荷力 Q 的形式： $IF(TIME-0.0011:IF(TIME:0,0,AKISPL(TIME,0,SPLINE_1,0)0,0))$ 。其中： 0.0011 表示内弹道作用时间； $TIME$ 表示当前仿真时间； $SPLINE_1$ 表示膛内火药气体压力曲线。

作用于活塞上的作用力的形式： $IF(TIME-0.005:IF(TIME-0.0077:0,0,AKISPL(TIME-0.0077,SPLINE_2,0)0,0))$ 。其中： $TIME$ 表示当前仿真时间； 0.0077 表示枪弹发火后，火药燃气经过导气孔的时间； $SPLINE_2$ 表示导气室内火药气体压力曲线。

1.4.2 碰撞力

对于模型中出现的大量碰撞，采用 ADAMS 中

提供的碰撞模型来描述，其本构关系为

$$F = K\delta^e + C(\dot{\delta})\delta \quad (1)$$

式中： F 为法向接触力； K 为 Hertz 接触刚度； C 为阻尼因子； δ 为接触点法向穿透距离。

1.4.3 阻力

自动机运动过程中所受的阻力主要有抽壳阻力和摩擦力。抽壳阻力可根据抽壳阻力近似计算公式施加。摩擦力可以利用动摩擦系数乘以构件的质量求得摩擦力的大小，再将它们加入到虚拟样机中去。

2 仿真分析

某自动步枪虚拟样机模型完成后，便可进行动力学仿真^[6]。机框的运动特性曲线如图 4 所示。

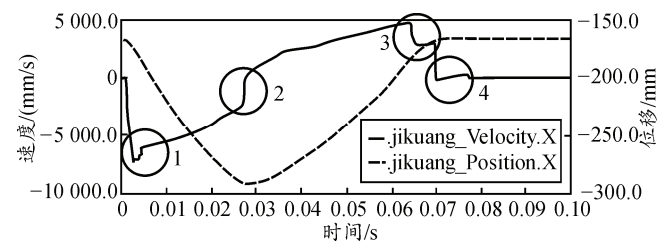


图 4 机框速度、位移曲线

由图 4 可知，从枪弹发火开始计时，自动机最大速度出现在 0.002 8 s，最大后坐速度为 7.15 m/s，自动机后坐到 0.012 s，机框先后下压不到位保险、击发阻铁，0.014 2 s 开始抛壳，0.018 2 s 机框开始下压压杆，0.024 4 s 击锤与缓冲器相接时，速度为 2.92 m/s，机框后坐到位，自动机速度下降为 1.57 m/s。自动机总行程为 123.9 mm。

在一个射击循环中，机框速度发生了 4 次比较明显的突变，如图 4 中的 4 个标示所示。

第 1 次突变主要是由机框带动击锤后坐产生的碰撞引起，机框后退开锁自由行程后，其定型槽带动枪机定型突笋向左旋转，定型槽与定型突笋各面之间的碰撞引起机框速度的波动，见标示 1；

第 2 次突变由击锤后坐与缓冲器之间的碰撞引起，当缓冲器向后运动到位时，自动机速度突变为 0，见标示 2；

第 3 次突变是枪机启动斜面与接套启动斜面相接时，由机框带动枪机向右旋转产生的碰撞引起。见标示 3；

第 4 次突变由机体复进到位与机匣接套产生的碰撞引起，在复进到位的瞬间有一个反方向的跳动，见标示 4。