

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2012.07.010

基于 ADAMS 的某防暴榴弹发射器仿真分析

刘寅¹, 周克栋¹, 赫雷¹, 郑志发², 周文辉²

(1. 南京理工大学机械工程学院, 南京 210094; 2. 浙江先锋机械有限公司, 浙江 桐乡 314500)

摘要: 为验证某防暴榴弹发射器的可行性, 将虚拟样机技术引入到自动武器的研究中, 应用动力学仿真软件对其进行数值仿真分析。在 SolidWorks 中建立其三维模型, 根据 ADAMS 软件的建模原理, 将三维模型简化后导入 ADAMS 中, 通过定义运动副、约束及施加载荷建立了某防暴榴弹发射器的虚拟样机模型。在此基础上, 对发射器的自动机、击发机构和供弹机构进行了仿真分析。仿真分析结果验证了所设计模型的合理性, 为进一步的工作奠定了基础。

关键词: 防暴榴弹发射器; ADAMS; 虚拟样机; 动力学仿真

中图分类号: TJ29 **文献标志码:** A

Simulation Analysis of Certain Type Anti-Riot Grenade Launcher Based on ADAMS

Liu Yin¹, Zhou Kedong¹, He Lei¹, Zheng Zhifa², Zhou Wenhui²

(1. School of Mechanical Engineering, Nanjing University of Science & Technology, Nanjing 210094, China;
2. Zhejiang Xianfeng Machinery Co., Ltd., Tongxiang 314500, China)

Abstract: In order to verify the feasibility of the certain type anti-riot grenade launcher, virtual prototype technology has been applied in automatic weapon research, and some numerical simulation analysis has been studied by using dynamic simulation software. The three-dimensional solid model was built by SolidWorks software according to ADAMS software's modeling principle. The three-dimensional model was inputted in the environment of ADAMS after reasonable simplification, and the virtual prototype model was built by defining the kinematic joints, constraints, loads. Based on that, the automatic mechanism, firing mechanism and feeding mechanism were simulated. The results indicate that the model is reasonable and the base was established for further work.

Key words: anti-riot grenade launcher; ADAMS; virtual prototype; dynamic simulation

0 引言

自动武器是在高速碰撞下工作的, 其结构非常复杂, 由自动机、闭锁机构、发射机构、供弹机构等多个机构组成^[1]。将虚拟样机技术引入到自动武器的研究中, 应用动力学仿真软件对武器自动机、供弹机构进行数值仿真分析, 将可以大大简化自动武器的设计开发过程, 大幅度缩短其开发周期, 大量减少开发费用和成本, 明显提高自动武器的研制质量, 提高自动武器的性能, 获得最优化和创新的武器系统; 因此, 笔者以某防暴榴弹发射器为研究对象, 对其虚拟样机模型进行动力学仿真分析, 从而验证了所设计模型的合理性, 证明了该武器在工程上是可行性的。

1 工作原理简介

笔者所要仿真分析的某防暴榴弹发射器为车载外能源武器, 借鉴了链式武器的工作原理, 利用车载电源为电机提供的动力, 经过齿轮链条传动, 带动自动机完成后坐—抛壳—供弹—复进—推弹—击

发等动作^[2]。其工作可靠, 运动平稳, 自动机在到达前后极限位置前均匀减速, 构件间避免了剧烈碰撞, 有助于延长自动机零部件的寿命, 并提高射击密集度; 而且链式自动机的质量轻, 结构简单、紧凑, 后坐力小, 可实现变射频, 射速易控制, 参与运动的零、部件质量轻, 所需驱动功率较小^[3]。

此外, 作为机动性要求较高的武器, 某防暴榴弹发射器采用高低压内弹道原理发射, 当底火被触发, 点燃发射药, 发射药在高压室内燃烧, 产生高温高压燃气; 燃气压力达到一定值时, 冲破喷管处的衬片, 进入低压室, 低压室压力随即升高; 当低压室压力达到弹丸起动压力时, 在低压室压力作用下弹丸开始作加速运动^[4]。

2 虚拟样机建模

2.1 基本假设

根据该防暴榴弹发射器的结构特点和射击过程中的运动规律, 在不影响虚拟样机进行仿真分析的前提下, 作如下假设: 1) 发射器各构件作为刚体处

收稿日期: 2012-02-03; 修回日期: 2012-03-02

作者简介: 刘寅(1986—), 男, 重庆人, 硕士研究生, 从事复杂机械的仿真研究。

理；2) 发射器高低射角为零；3) 机匣体直接固定在大地上，忽略掉一些与机匣体固定且不影响仿真的构件。

2.2 生成刚体

相对于专业建模软件来说，ADAMS 的建模能力比较弱，ADAMS 与建模软件之间的协作成为当今仿真分析领域的一个主导模式。将在 SolidWorks 中已经建立好的三维模型导入 ADAMS 中进行动力学仿真建模，其接口以 parasolid 为核心，在 SolidWorks 中把要导入的模型另存为 parasolid 格式，存好的 parasolid 格式文件的后缀名为“x_t”；进入模型后利用 File/Import，选择文件类型，指向保存的模型文件，就可以将模型导入。模型导入后对每个零件的质量、名字、位置等基本特性进行定义，生成刚体。

2.3 样机运动副和约束的定义

生成刚体后，在各构件之间定义运动副和约束。机匣体是主要构件的连接体，所以把机匣体作为参照，自动机的机体和机头在机匣体中做滑移，分别与机匣体之间添加滑移副，拨弹杠杆和拨弹曲拐绕机匣体上的一轴旋转，分别与机匣体之间添加旋转副；2 个闭锁片、击针顶杆及拉壳钩分别与机头之间添加旋转副；击针与机头，拨弹滑板与受弹器座之间分别添加滑移副；构件之间添加的固定副在此不做赘述。

主要构件与机匣体之间的运动副及约束连接关系如图 1 所示。

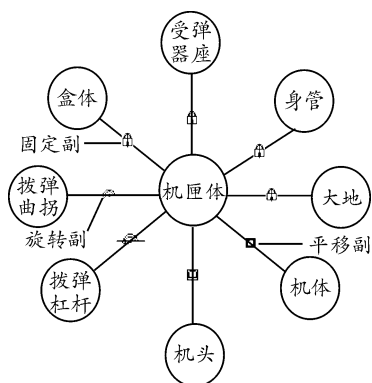


图 1 构件与机匣体连接关系图

笔者只对发射器的发射过程做动力学仿真分析，故省略掉链式传动部件，直接将仿真的驱动加在机体和机匣体之间的滑移副上，然后在驱动的 Function(time) 中利用 IF 语句编写符合实际情况的机体移动的位移函数。

2.4 施加载荷

对榴弹发射器虚拟样机模型施加的载荷主要涉及到以下几种：

1) 碰撞和接触。

榴弹发射器发射过程中会产生大量的碰撞和接触，需要对有碰撞和接触作用的构件之间进行接触力的定义。ADAMS 采用 Dubosky 弹簧-阻尼接触理论，把相互接触的 2 个刚体当作一个弹簧阻尼系统，用 IMPACT 函数进行计算。样机模型中共定义了 18 个接触力，在每个接触力的 Modify 选项中分别输入接触刚度 (stiffness)、指数 (force exponent)、阻尼 (damping) 和切入深度 (penetration depth) 等参数。

2) 弹簧力。

样机模型中需要定义以下 3 个弹簧：击针簧、击针顶杆簧、拉壳钩簧。3 个弹簧均为压缩弹簧，弹簧刚度系数及预压力、预压量按与弹簧相连的构件的实际装配情况进行定义。

3) 火药燃气压力及抽壳阻力。

内弹道时期，火药燃气压力作用在弹壳底部，并传递给机头，产生后坐力。火药燃气压力用 AKISPL 函数进行拟合取值，通过一个单向力施加在弹壳底部，然后用 IF 语句编写力的施加 Function 函数，在击针触发底火的瞬间施加膛底压力。

由于该武器在抽壳时膛压已经很低，接近于大气压，所以抽壳时只考虑弹壳的残余变形对内膛挤压产生的摩擦，抽壳阻力同样以一个单向力的形式施加在弹壳底部，然后用 STEP 语句编写力的 Function 函数^[5]。

建立的虚拟样机模型(机匣体和箱体已隐藏)如图 2 所示。

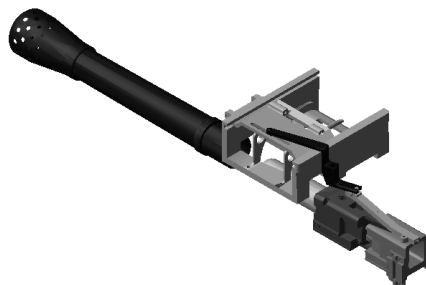


图 2 虚拟样机模型

3 仿真结果与分析

该防暴榴弹发射器自动机运动和击针击发能量由外部能源提供，所以开始启动时间选择自动机完全复进到位的位置。下面是发射器射速为 75 r/min

时, 对其主要运动构件进行的动力学特性分析。

1) 机体。

图 3 给出了发射器三连发时自动机机体相对于机匣体的速度曲线, 从 3 图中可以看出, 机体的运动十分平稳, 曲线光滑。

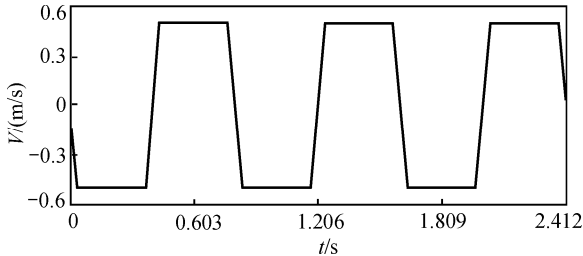


图 3 连发时机体运动的速度曲线

2) 击针簧。

击针是靠击针簧提供推力进行击发动作的。图 4 给出了击针簧的作用力及变形曲线, 实线代表击针簧的作用力, 虚线代表击针簧的变形。通过曲线可以看出, 击针簧的工作行程约为 0.015 m, 工作时所承受的最大载荷约为 144.316 N, 与设计值十分接近。

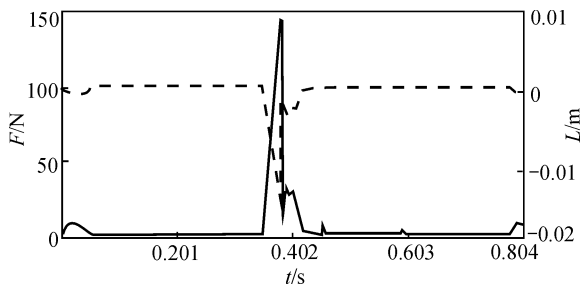


图 4 击针簧的作用力及变形曲线

3) 击针顶杆。

击针顶杆是击发机构的重要零件, 对击针进行限位。图 5 给出了击针顶杆绕机头的旋转角度曲线, 击发过程中, 击针顶杆的最大转角为 3.844°。

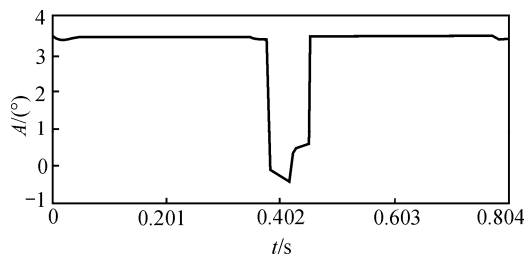


图 5 击针顶杆绕机头的旋转角度曲线

4) 击针顶杆簧。

击针顶杆是在击针顶杆簧的推力作用下对击针

进行限位的。图 6 给出了击针顶杆簧的作用力及变形曲线, 通过曲线可以看出, 击针顶杆簧的工作行程约为 0.001 6 m, 工作时所承受的最大载荷为 92.333 6 N, 与设计值十分接近。

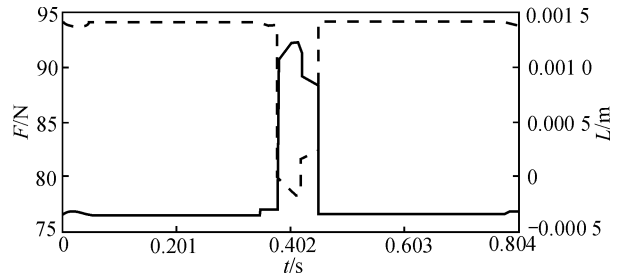


图 6 击针顶杆簧的作用力及变形曲线

5) 拨弹滑板。

拨弹滑板是供弹机构的重要零件, 供弹动作主要是靠拨弹滑板的往复直线运动来实现的。图 7 给出了拨弹滑板的位移曲线, 通过曲线可以看出, 拨弹滑板的行程约为 0.0579 m, 与设计值十分接近。

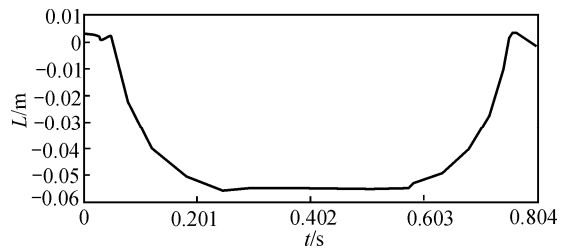


图 7 单发状态下闭锁片偏移角度曲线

4 结束语

笔者运用 ADAMS 软件对某防暴榴弹发射器进行了虚拟样机建模和动力学仿真分析, 得到的仿真结果是实物样机难以测量的, 为该发射器机构的设计提供了理论依据, 并为进一步的仿真分析工作奠定了基础。

参考文献:

- [1] 倪进峰, 徐诚, 胡志刚. 机枪系统虚拟样机建模及仿真分析[J]. 系统仿真学报, 2005, 17(8): 1909-1911.
- [2] 周全, 曲玉琨, 钟良海, 等. 某新型榴弹炮火控系统效能分析[J]. 四川兵工学报, 2010, 31(10): 22.
- [3] 何志强. 航空自动武器设计手册[M]. 北京: 国防工业出版社, 1990: 186-188.
- [4] 艾西安. 步兵近战武器论证参考[M]. 北京: 国防工业出版社, 1992: 166-171.
- [5] 郑鹏, 张相炎, 郑建国, 等. 基于虚拟样机技术的某舰炮自动机动力学仿真[J]. 火炮发射与控制学报, 2011(2): 56-58.