

doi: 10.7690/bgzdh.2014.04.022

# 基于 ADAMS 的某机枪浮动装置动力学仿真分析

赵艳, 廖振强

(南京理工大学机械工程学院, 南京 210094)

**摘要:** 为减小重机枪发射过程中的后坐力, 提升武器系统发射稳定性, 建立安装有浮动装置的机枪系统发射动力学模型。基于多体动力学理论, 以 ADAMS 软件为平台, 建立某通用机枪的虚拟实验, 并对其进行动力学仿真, 得到机枪射击过程中机框浮动速度和后坐力曲线。结果表明: 重机枪采用合适的浮动发射机构能大幅度降低射击后坐力, 可为改进重机枪系统射击性能提供参考。

**关键词:** 后坐力; 稳定性; 浮动装置; 动力学仿真; ADAMS

**中图分类号:** TJ206   **文献标志码:** A

## Dynamic Simulation Analysis on Floating Apparatus of Machine Gun Based on ADAMS

Zhao Yan, Liao Zhenqiang

(College of Mechanical Engineering, Nanjing University of Science &amp; Technology, Nanjing 210094, China)

**Abstract:** To reduce recoil of heavy machine gun when launching and improve launching stability of weapon system, weapon dynamic model mounted with floating apparatus was built. Established virtual experiment of certain general purpose machine gun based on multi-body dynamic theory, taking ADAMS software as platform, and progress dynamic simulation to obtained machine frame velocity and recoil curve in machine gun launching process. The results are recoil can be reduced significantly with floating apparatus applied to heavy machine gun. Research results can provide guidance for the performance of heavy machine gun improvement.

**Keywords:** recoil; stability; floating apparatus; dynamic simulation; ADAMS

### 0 引言

后坐力大会使机枪的振动加剧, 发射状态难以控制, 造成机枪的射击精度降低, 也会使机枪系统质量加大, 导致机枪的机动性变差, 难以满足现代要求机枪快速机动的要求, 因此减小武器后坐力, 提高武器射击稳定性是自动武器发展中一项长期重要的研究课题。长期以来, 研究者们采用膛口制退器、高效吸能缓冲器、最佳后坐控制系统和浮动机等技术来减小自动武器后坐力。结果发现: 自动武器系统结合浮动技术能够有效地减小武器后坐力, 提高武器的射击精度。该项技术已广泛应用在火炮上。瑞士的双管 35 mm 牵引高炮和 25 mm 高炮、西德的 Rh202 型 20 mm 的自动炮、毛瑟公司的 E 型 25 mm 和 F 型 30 mm 自动炮、法国的 M693 型 20 mm 和 M811 型 25 mm 自动炮、我国的 25 mm 自动炮都成功地应用了浮动技术<sup>[1]</sup>。随着浮动技术的成熟, 其在自动武器上的应用越来越广泛。国内一些学者对浮动技术在轻武器上的应用做了大量的探索性工作。李会杰、王瑞林等人研究了环形弹簧浮动机在大口径机枪上实现的可能性<sup>[2]</sup>; 姚养无等人

结合理论和实验研究了浮动自动机的工作性能, 并为大口径步兵自动武器浮动机通用性提出建议<sup>[3]</sup>。

笔者通过对某重机枪建模和动力学仿真分析, 研究浮动机构对机枪射击后坐力的影响, 为合理应用浮动技术于重机枪系统, 减小机枪射击后坐力提供参考。

### 1 浮动原理和浮动方案选择

#### 1.1 浮动原理

浮动技术的实质是前冲击发原理, 当炮(枪)身在连发射击过程中沿着身管的轴向进行运动, 在复进过程中, 当速度或位移达到一定条件时, 下一发子弹被击发, 产生的火药气体能量一部分被炮(枪)身的复进能量所抵消, 剩余的能量带动炮(枪)身后坐, 从而达到了减少后坐能量的目的<sup>[4]</sup>。

#### 1.2 浮动部分确定

对于不同的自动方式, 浮动部分是不同的。根据浮动部分的不同, 浮动自动机可以分为身管浮动式和机匣浮动式。身管浮动是指只有身管浮动, 其他部分不浮动, 适用于身管短后坐工作原理的自动

收稿日期: 2013-11-13; 修回日期: 2013-12-15

作者简介: 赵艳(1989—), 女, 江苏人, 硕士, 从事机械设计及理论研究。

机，自动机在身管的复进与后坐中完成循环工作。机匣浮动是指机匣及整个自动机浮动，适用于任何工作原理的自动机，浮动自动机在机匣的复进与后坐中完成循环工作。

文中某型重机枪的自动方式为导气式，因此浮动自动机选择机匣浮动式。该机枪采用机匣浮动的优点：一是增加了浮动部分的质量，减小了后坐力；二是整个自动机参加浮动，对自动机的结构影响不大；三是机枪的机匣通过缓冲簧与枪架相连，可在摇架的导轨上前后移动，在结构上浮动机易于布置，且枪的结构无需改变。

### 1.3 浮动机类型确定

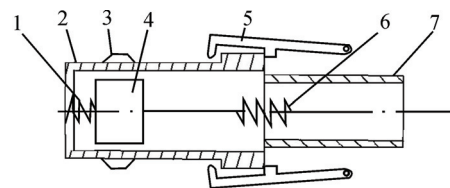
浮动机是使浮动自动机实现浮动的装置。浮动机按其弹性介质的不同可以分为弹簧液压式、弹簧式、液压气压式等多种形式，弹簧液压式在小高炮上应用比较广泛，技术也比较成熟，但是对现有轻武器所要求的结构尺寸及战术性能来说，弹簧液压式的质量和结构难以承受。弹簧式满足现有轻武器所要求的结构尺寸和战术性能，工作性能稳定，结构简单，制造维修方便。考虑到机枪的使用特点，笔者采用双向弹簧式<sup>[5]</sup>。

### 1.4 击发方式的确定

根据击发情况，浮动自动机有定点击发、定速击发、定点定速击发。笔者采用近似定点定速击发，不需要采用专门的定点或定速击发机构，可以简化武器结构，减轻武器质量，提高了机枪的工作稳定性。对于近似定点定速击发的浮动自动机，浮动稳定性低于定点定速击发武器，可以通过优化匹配动力学参数达到较好的浮动稳定性。

### 1.5 浮动自动机运动过程

如图1所示，3与4固连，2与7固连，5与三脚架转动副连接，6是三脚架与机匣连接。初始阶段即时间为0时，机匣被连杆锁住，复进速度为0，此时浮动簧处于压缩阶段，储存一定的弹性势能。扣动扳机，自动机复进，当复进到一定位置时，凸块推开连杆，机匣与枪管一同复进，在浮动簧的作用下，弹性势能变成机匣与枪管的动能，当机匣复进速度达到最大时，开始击发，火药气体的能量一部分被机匣和枪管的复进能量抵消，剩余的能量带动机匣和枪管后坐，从而减小后坐力。理论上，浮动技术可将后坐动能减小到原来的四分之一。

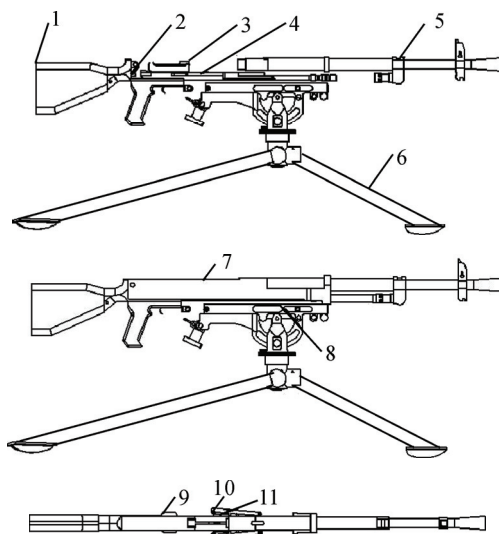


1. 复进簧；2. 机匣；3. 凸块；4. 机匣；  
5. 连杆；6. 浮动簧；7. 枪管。

图1 结构原理示意图

## 2 建模情况

重机枪三维实体模型如图2所示。



1. 枪托；2. 缓冲杠杆；3. 枪机；4. 机匣；5. 机匣；  
6. 三脚架；7. 机匣；8. 浮动簧；9. 凸块；  
10. 连杆；11. 固定块。

图2 重机枪结构简图

重机枪的工作原理：复进簧推动机匣复进，机匣和枪机上的闭锁工作面相互作用，加之机匣上方的限制，机匣带动枪机共同复进，当枪机复进到位置碰到枪管尾端时，枪机后端对准机匣闭锁卡槽，在闭锁工作面的作用下，迫使枪机向上偏转，其闭锁凸笋进入机匣的闭锁卡槽。机匣继续复进，其上的击铁撞击击针使枪弹发火，走完闭锁后的自由行程，机匣的限制面进入枪机下方，保证确实闭锁。击发后，弹头向前运动，到达导气孔以后，膛内部分火药燃气冲击活塞带动机匣先单独后坐一段距离，机匣上的限制面脱离枪机下方，然后机匣开锁工作面与枪机开锁工作面相互作用，迫使枪机后端向下偏转，枪机闭锁凸笋脱离机匣闭锁卡槽，随后机匣通过击铁后平面带动枪机一同后坐，打开枪膛，完成开锁动作。

然后将重机枪的三维模型导入动力学仿真软件

中<sup>[6]</sup>。对于导入的模型，合并相互间没有运动的零部件，使之成为一个刚体，将重机枪分为枪托，机匣，机框，枪机，枪管，浮动机构等几个主要的功能部件。根据重机枪实际情况，对各部件之间添加相应的约束，见表 1。

表 1 各主要部件之间的约束关系

部件 1	部件 2	约束副
枪托	机匣	固定副
机匣	枪管	固定副
三脚架	地面	固定副
枪托	缓冲杠杆	移动副
机框	机匣	移动副
机匣	三脚架	移动副
凸块	机框	固定副
固定块	机匣	固定副
连杆	三脚架	转动副

### 3 仿真结果分析

在 ADAMS 仿真分析中，机框通过复进簧力带动枪机共同复进，闭锁完成时，触发传感器，传感器控制内弹道，火药气体作用，推动自动机后坐，但在浮动装置击发中，火药气体的能量一部分抵消机匣和枪管的复进能量，剩余的能量带动机匣和枪管后坐，从而减小后坐力，在常规击发中，机匣和枪管没有复进过程，火药气体全部用来推动自动机后坐。

根据重机枪结构设计，复进簧预压力为 120 N，刚度系数为  $k$  为 0.53 N/mm。在常规击发中，浮动簧的预压力是 0 N，刚度系数  $k$  为 177 N/mm；在浮动击发中，浮动簧的预压力是 171.4 N，浮动簧的刚度系数  $k$  分别取 6.86 N/mm，浮动部分最大后座位移不超过 15 mm。将求解得到的膛内压力曲线乘以弹壳口的截面面积，导气式压力曲线乘以导气口的截面面积分别得到膛内推力和导气式活塞推力；压力曲线的数据可以通过样条曲线 Spline 的方式输入到 ADAMS 软件中，然后在外力函数库中使用 AKISPL 函数调用相应的样条曲线，作为外载荷施加到仿真模型中。

机枪在自由后座时，后座体的最大自由后座速度  $v$  为：

$$v = \frac{m + 0.5m_w}{m_h} v_0$$

式中： $m$  为弹头质量； $v_0$  为弹出膛口时的速度； $m_w$  为火药质量； $m_h$  为后座体质量，后座体质量包括机匣质量  $m_j$ ，枪机质量  $m_q$ ，机匣质量  $m_x$ ，枪管质量  $m_g$  和枪托质量  $m_t$ ，见表 2。

表 2 各部件参数

部件	数值
弹头质量 $m/g$	9.60
弹头出膛口时的速度 $v_0/(m/s)$	84
火药质量 $m_w/g$	3
机框质量 $m_j/kg$	0.96
枪机质量 $m_q/kg$	0.24
机匣质量 $m_x/kg$	3.60
枪管质量 $m_g/kg$	3.44
枪托质量 $m_t/kg$	1.76

因此，
$$v = \frac{m + 0.5m_w}{m_h} v_0 = 0.9324 \text{ m/s}。$$

机枪在自由后座时，机框的位移、速度曲线如图 3、图 4 所示。

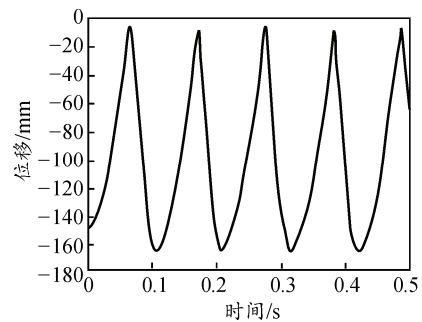


图 3 常规击发时机框的位移

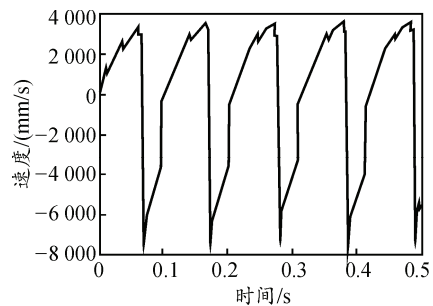


图 4 常规击发时机框的速度

机枪在浮动情况下，浮动簧的预压力是 171.4 N，浮动簧的刚度系数  $k$  分别取 6.86 N/mm，在该浮动簧的作用下，射频 517 发/min，枪身的最大后座位移是 9 mm，枪身的平均后座速度  $U_{max}$  的 0.576 0 m/s。

由此求得机枪的浮动效率是：

$$\eta = 1 - \left( \frac{U_{max}}{v} \right)^2 = 0.6184 = 61.84\%$$

由上可知，采用弹簧式浮动机可使重机枪获得浮动，并且减小后坐力，减小了 61.84% 的后座能量。

机枪在浮动情况下，机框的位移、速度曲线如图 5、图 6 所示，机匣的位移、速度曲线如图 7、图 8 所示。

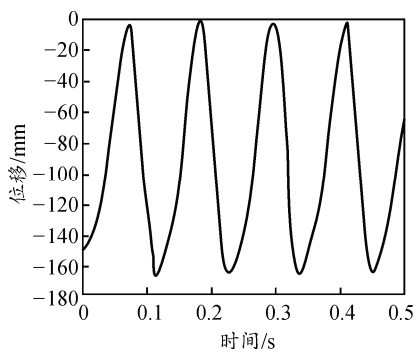


图 5 浮动击发时机框的位移

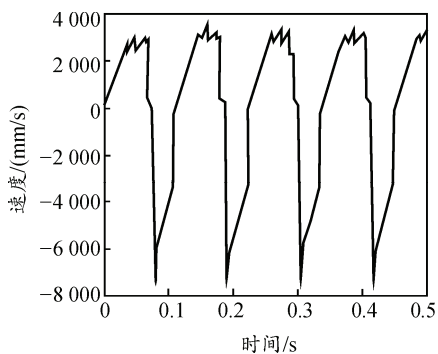


图 6 浮动击发时机框的速度

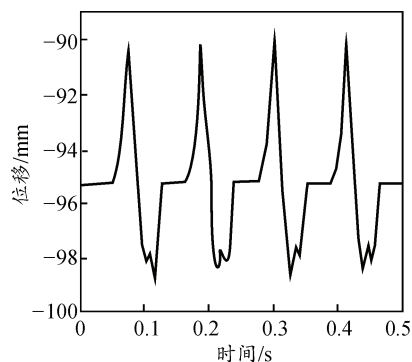


图 7 浮动击发时机框的位移

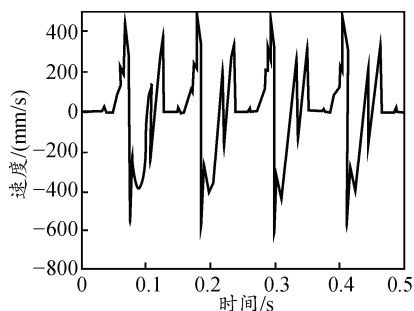


图 8 浮动击发时机框的速度

#### 4 总结

笔者以 ADAMS 仿真软件为平台，进行了某通用机枪的虚拟实验，并分析了其运动情况，得出了常规击发时机框的位移曲线和速度曲线，浮动击发时机框和机框的位移曲线和速度曲线。通过对比可以看出，浮动技术有效地减小了后坐能量，进而减小了作用在人体肩部的作用力，为以后研究重机枪减小后坐方法提供了参考依据。

#### 参考文献：

- [1] 王文记, 赵国豪, 等. 国内外高炮浮动技术的现状和发展趋势[J]. 火炮发射与控制学报, 2007(3): 69-72.
- [2] 李会杰, 王瑞林, 等. 机枪浮动技术研究[J]. 军械工程学院学报, 1999, 11(3): 1-5.
- [3] 姚养无, 王刚, 等. 大口径机枪低后座浮动技术研究[J]. 华北工学院学报, 2001, 22(4): 289-293.
- [4] 姚养无. 自动武器浮动技术[J]. 轻兵器, 1997(1): 20-22.
- [5] 韩小平, 赵富全, 杨明华. 基于浮动技术的新型枪架设计[J]. 兵工自动化, 2011, 30(8): 7-9.
- [6] 陈锦喜, 王瑞林, 李永刚. 基于 ADAMS 的某榴弹发射器拟样机仿真及其动力学特性分析[J]. 军械工程学院学报, 2007, 19(6): 42-45.