

doi: 10.7690/bgzd.2014.11.002

射角对某机枪浮动性能影响研究

李朋超, 曲永杰, 阚玉红

(中国兵器工业第二〇八研究所信息中心, 北京 102202)

摘要: 为了研究在不同射角情况下射击时重力的分力对采用浮动技术机枪的浮动性能的影响, 以 ADAMS 软件为平台, 建立某大口径机枪的虚拟样机模型, 并将仿真结果与试验测试数据进行比较, 证明所建立模型的正确性, 然后在不同射角下对其进行动力学仿真, 得到机枪射击过程中枪机框和枪身速度、位移曲线。通过对结果数据的分析表明: 在不同射角情况下, 机枪都能实现近似定速定点击发, 而且浮动性能变化很小。

关键词: 射角; ADAMS; 动力学仿真; 浮动性能

中图分类号: TJ206 **文献标志码:** A

Research on Floating Performance Influence of Machine Gun on Different Firing Angle

Li Pengchao, Qu Yongjie, Kan Yuhong

(Information Centre, No. 208 Research Institute of China Ordnance Industries, Beijing 102202, China)

Abstract: To research influence of the component of gravity on floating performance of machine gun adopted floating technique under different fire angle conditions when shooting, taking ADAMS software as platform, the virtual prototype model of certain large-caliber machine gun was built and the simulation results were compared with test data, proved the validity of the established model. Then the model was carried on dynamic simulation to obtain machine frame and machine body velocity and position curve under different fire angle. Research results shows that machine gun can realize constant velocity and fixed point firing approximately, besides its performance changes slightly under different fire angle conditions.

Keywords: firing angle; ADMAS; dynamic simulation; floating performance

0 引言

为了大幅度减小自动武器发射时的后坐力, 显著提高武器的射击密集度, 采用浮动技术是有效的技术途径之一。目前, 该技术已经广泛应用在小口径自动火炮上, 如瑞士的双管 35 mm 牵引高炮和 25 mm 高炮、瑞典博福斯 L70 式 40 mm 高炮、德国 PM18/36 式 37 mm 高炮、法国的 M693 型 20 mm 和 M811 型 25 mm 自动炮以及我国的 25 mm 自动炮都成功地应用了浮动技术^[1]。随着浮动技术的成熟, 在一些轻武器上也开始应用该技术, 如德国 HK 公司研制的 G11 无壳弹步枪以及美国通用动力公司研制的 XM312 大口径机枪。对于火炮而言, 当武器射角增大时, 在水平射角调整好的浮动自动机, 在大射角时浮动性能就会发生变化。因为在俯射或者仰射时, 运动部分的重力将产生一个沿炮膛轴线的重力分力, 特别是在最大射角时, 重力的分力对后坐、复进运动的影响是不可忽视的。为抵消这一影响, 有些火炮采取改变浮动弹簧的预压力或者改变液压装置液流孔面积等措施, 以保证浮动性能的稳定^[2-3]。虽然枪炮发射原理相同, 但是由于在具体实现结构和重量等方面的差异, 会导致射角对机枪浮动性能的影响程度与火炮不同。

基于此, 笔者以某大口径机枪为研究对象, 利

用 ADAMS 软件建立该枪的虚拟样机模型, 对不同射角情况下机枪浮动自动机进行仿真, 研究射角对机枪浮动性能的影响。

1 机枪虚拟样机的建立及校核

1.1 基本假设

根据该机枪的结构特点和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^[4]:

- 1) 机枪的所有零件均作刚体处理;
- 2) 将机枪的三脚架直接固定在大地上, 并将没有相对运动的零件合并成 1 个零件, 以简化运算。

1.2 虚拟样机的建立

某大口径机枪主要由枪管、机匣、浮动座、枪机框、枪机、供弹机和发射机等组成, 利用前冲击发原理, 采用枪身浮动技术, 将机匣和枪管连接在一起可前后浮动, 并在机匣两侧设置杠杆机构来实现近似定速定点击发。将设计完成的三维模型导入 ADAMS 中, 然后对每个零件的材料、密度、名称等属性定义, 并检查各零件的质量、位置、装配关系等信息是否与设计的模型有出入, 做必要的修改。

1.2.1 约束的添加

按照该机枪各刚体的实际运动和受力情况, 分

收稿日期: 2014-06-19; 修回日期: 2014-08-19

作者简介: 李朋超(1988—), 男, 安徽人, 在读研究生, 从事轻武器动力学仿真与研究。

别添加相应的运动副，枪身、枪机框与其他零件连接的拓扑关系如 1、图 2 所示。

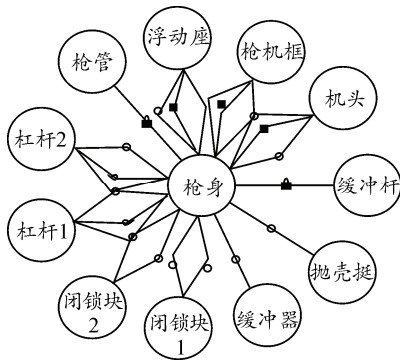


图 1 枪身与其他零件的拓扑关系

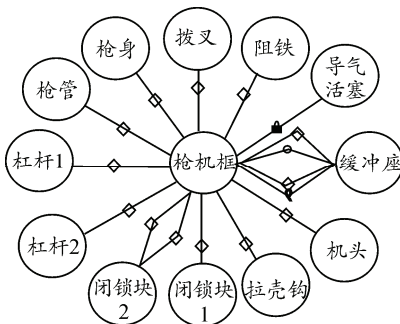


图 2 枪机框与其他零件的拓扑关系

1.2.2 力的添加

该机枪主要受到的力有膛底压力、导气室压力、制退力、抽壳阻力、推弹阻力等^[5]。

对于膛底压力，根据内弹道计算公式，输入枪管、枪弹参数得到；对于导气室压力，根据膛底压力和有关导气室结构参数，采用布拉文经验公式得到。在仿真中，将得到的压力曲线转换为力曲线后，在 ADAMS 中用 AKISPL 函数进行拟合取值，然后定义样条曲线形式的驱动约束。

对于枪口制退力，采用平均制退力代替，根据枪口总冲量、制退效率和后效期作用时间求得。

对于自动机运动过程中所受到的抽壳阻力和推弹阻力，根据其相应的近似计算公式计算，然后分别添加到模型中。



图 3 机枪虚拟样机模型

对于模型中出现的碰撞，采用 ADAMS 中提供的碰撞模型来描述，其本构关系^[6]为

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

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。

最终，建立的虚拟样机模型如图 3 所示。

1.3 样机的校验

对于所建立的虚拟样机模型，必须进行校验以证明它的可信性及准确度。笔者对 0°平射 5 连发射击过程进行仿真，并将仿真结果与试验数据对比。将建立好的样机在 0°射角进行 5 连发仿真，测得自动机和枪身运动曲线如图 4 所示。

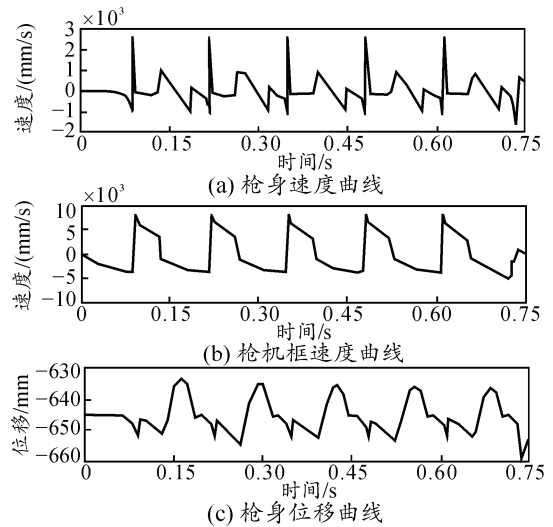


图 4 浮动自动机运动仿真曲线

在模拟固定架上对机枪自动机与枪身运动进行了运动曲线测试，得到 5 连发自动机和枪身运动曲线如图 5 所示。

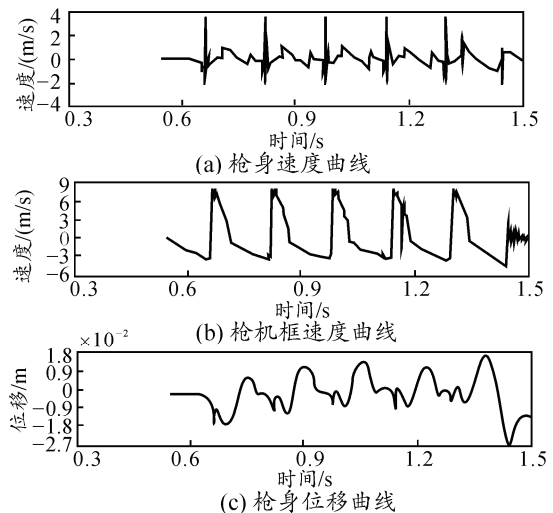


图 5 浮动自动机运动试验曲线

对比仿真与试验曲线，可看出机枪浮动自动机仿真与试验曲线运动趋势基本一致。提取枪机框运动特征参数，将仿真结果与试验结果对比，结果见表 1。可知枪机框速度、位移变化规律与实际射击时的运动规律基本吻合，相关特征参数误差均在 10% 以内，证明了该虚拟样机模型具有较高可信度。

表 1 仿真数据与试验数据对比

枪机框	仿真值	平均值	试验值	平均值	误差/%
后坐最大速度/(m/s)	8.34~8.45	8.39	7.87~9.35	8.28	1.33
后坐到位速度/(m/s)	3.30~3.61	3.45	3.20~4.35	3.80	9.20
复进到位速度/(m/s)	3.94~4.21	4.09	3.85~5.14	4.52	9.60

2 不同射角对机枪浮动性能影响分析

2.1 浮动性能评价指标

机枪浮动自动机浮动性能直接关系到机枪的使用性能。在浮动自动机的设计中，衡量浮动自动机浮动性能的指标有很多^[7]，笔者主要选择以下几个参数作为评价指标：

1) 浮动稳定性。浮动稳定性是衡量浮动自动机动态性能的首要指标，虽然稳定性不好也能实现浮动，但会使武器的射击密集度受到影响，不能保证武器的射击精度。笔者选取击发时枪身位移的均方差 σ_y 、枪身速度均方差 σ_v 作为其判据指标。

2) 浮动效率 η 。在保证自动机正常复进后坐的基础上，浮动效率越高，抵消掉的后坐能量越多，武器后坐到位的撞击和后坐力也越小。浮动效率计算公式^[2]如下：

$$\eta = 1 - \left(\frac{v_{\max}}{w_{\max}} \right)^2$$

式中： v_{\max} 为浮动时自动机最大后坐速度； w_{\max} 为不浮动时自动机最大自由后坐速度。

3) 枪身最大后坐位移。由于武器结构的限制，枪身后坐位移不能超过武器结构提供的最大值，确定该枪枪身最大后坐位移不能超过 25 mm。

2.2 仰射时机枪浮动性能分析

随着射角的增加，重力沿枪膛轴线方向分力会随之增大，当射角达到最大工作射角时，该重力分力也达到最大值，此时对浮动自动机浮动性能影响最大。根据已经建立的虚拟样机模型，进行最大 50° 仰射情况下 5 连发仿真，并与 0° 平射情况下进行对比，仿真结果如图 6~图 9 所示，分析结果如表 2。

仿真分析结果表明：在 0° 平射情况下，击发时枪身位移均方差为 0.244 mm，枪身速度均方差为 0.033 2 m/s，浮动效率为 60.4%，枪身最大后坐位移量为 11.70 mm；在 50° 仰射情况下，该枪仍能实现近似定速定点击发，击发时枪身位移均方差为 0.553 mm，枪身速度均方差为 0.062 3 m/s，浮动效率为 52.5%，枪身最大后坐位移量为 20.23 mm。从这些指标可以看出，浮动稳定性基本保持不变，这主要由于枪身复进的起始位置是确定的，保证了在不同情况下仍能实现近似定速定点击发；浮动效率下降了将近 10%，这主要因为仰射时自动机要克服

重力分力运动，导致最大复进速度降低，使自动机最大后坐速度增加浮动效率降低；最大后坐位移量增加了 72.9%，增加量明显，但是并没有超出所允许的最大枪身后坐位移。所以，在最大 50° 仰射时，机枪浮动性能稍微下降。

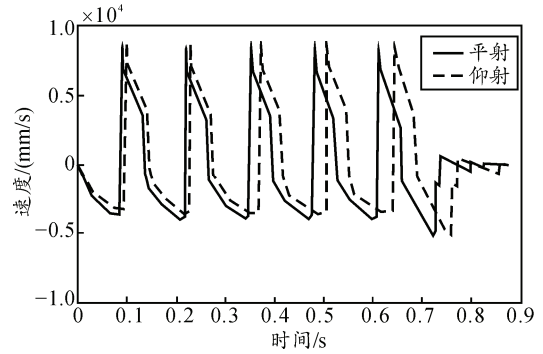


图 6 不同情况下枪机框速度曲线

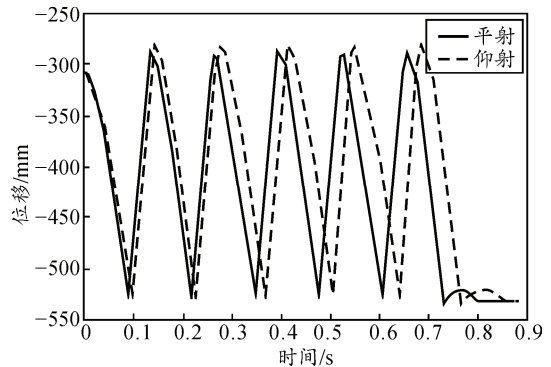


图 7 不同情况下枪机框位移曲线

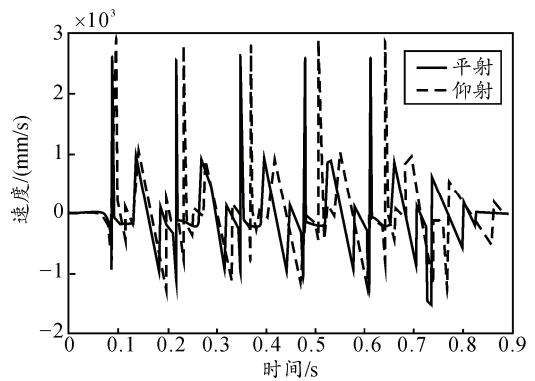


图 8 不同情况下枪身速度曲线

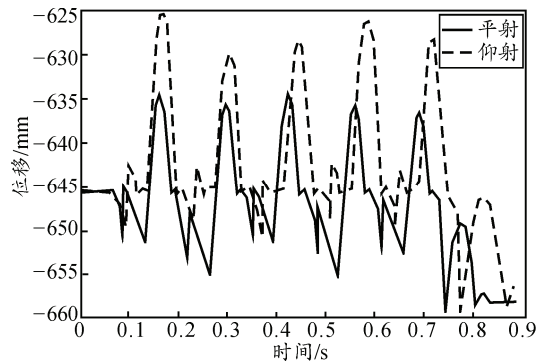


图 9 不同情况下枪身位移曲线

表 2 仰射、平射浮动性能指标对比

浮动指标	0°平射	50°仰射
枪身位移均方差/mm	0.244	0.553
枪身速度均方差/(m/s)	0.033 2	0.062 3
浮动效率/%	60.4	52.5
枪身最大后坐位移/(mm)	11.70	20.23

2.3 俯射时机枪浮动性能影响分析

根据已经建立的虚拟样机模型，进行最大 10°俯射情况下 5 连发仿真，并与 0°平射情况下进行对比，仿真结果如图 10~图 13 所示，分析结果如表 3。

仿真分析结果表明：在 10°俯射情况下，该枪仍能实现近似定速定点击发，击发时枪身位移均方差为 0.942 mm，枪身速度均方差为 0.066 3 m/s，浮动效率为 62.2%，枪身最大后坐位移量为 11.53 mm。与 0°平射情况下相比，浮动稳定性稍微降低，但其他指标变化很小。所以，在最大 10°俯射时，机枪浮动性能基本保持不变。

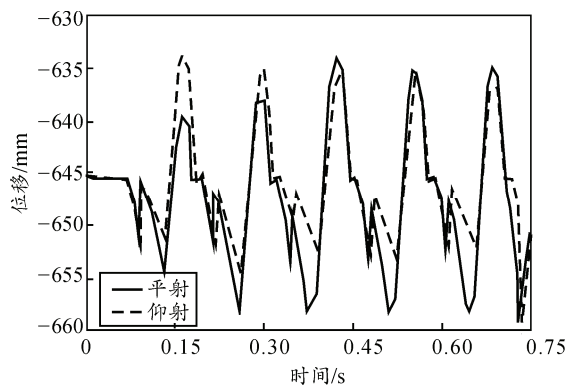


图 13 不同情况下枪身位移曲线

表 3 俯射、平射浮动性能指标对比

浮动指标	0°平射	10°俯射
枪身位移均方差/mm	0.244	0.942
枪身速度均方差/(m/s)	0.033 2	0.066 3
浮动效率/%	60.4	62.2
枪身最大后坐位移/mm	11.70	11.53

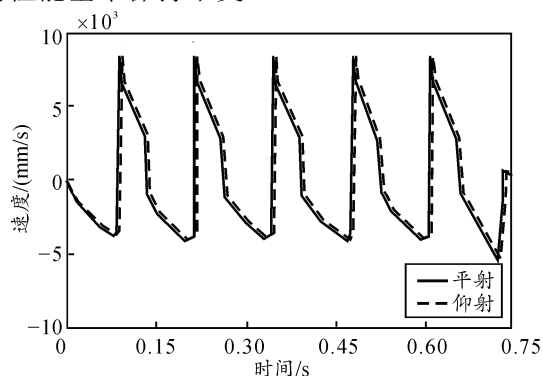


图 10 不同情况下枪机框速度曲线

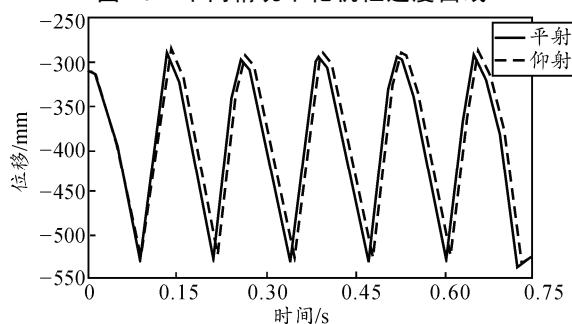


图 11 不同情况下枪机框位移曲线

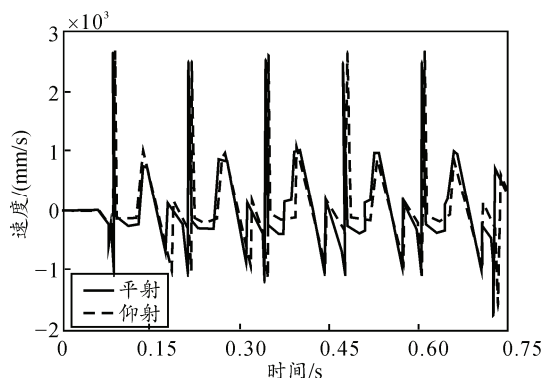


图 12 不同情况下枪身速度曲线

3 结论

笔者基于 ADAMS 建立了某大口径机枪的虚拟样机模型，并证明了其可信性。然后，利用该虚拟样机对不同射角情况下浮动自动机运动情况进行仿真，获得了不同射角情况下枪机框和枪身的位移、速度曲线。通过对比分析表明：在不同射角情况下，机枪仍能实现近似定速定点击发，可以保证其浮动稳定性，浮动性能变化不大，不必像火炮那样设置专门机构来保证浮动性能的稳定。该分析结果能为该枪在不同射角情况下的正常使用提供可靠的数据支撑，也可以为该枪的性能评估和优化提供参考。

参考文献：

- [1] 王文记, 赵国豪, 姜霖. 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(4): 69-72.
- [2] 韩魁英, 王梦林, 朱素君. 火炮自动机设计[M]. 北京: 国防工业出版社, 1988: 226-251.
- [3] 梁世瑞. 现代火炮自动机技术[M]. 北京: 兵器工业出版社, 1995: 131-163.
- [4] 尚利民, 宫鹏涵, 康小勇, 等. 基于 ADAMS 某自动步枪虚拟样机建模及仿真分析[J]. 兵工自动化, 2013, 32(4): 19-24.
- [5] 徐诚, 王亚平. 火炮与自动武器动力学[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2006: 7-100.
- [6] 范建成, 熊光明, 周明飞. 虚拟样机软件 MSC.ADAMS 应用与提高[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006: 162-166.
- [7] 姚养无, 王刚, 张小兵. 大口径机枪低后坐浮动技术研究[J]. 华北工学院学报, 2001, 22(4): 289-293.