

doi: 10.7690/bgzd.2024.12.001

武器站传动系统刚柔耦合发射动力学研究

秦叔敏¹, 张光祥¹, 王晓峰², 安春华³, 刘朋展², 李博¹

(1. 中国北方车辆研究所武器控制系统技术部, 北京 100072; 2. 中北大学机电工程学院, 太原 030051;
3. 天津大学精密仪器与光电子工程学院, 天津 300000)

摘要: 针对搭载转管机枪的武器站传动系统在不同射频下产生变形问题, 对武器站传动系统进行研究。建立搭载转管机枪的武器站模型, 将托架等主要结构简化为刚体, 传动系统作为柔性体建立刚柔耦合动力学模型, 仿真计算武器系统的模态和不同射频下传动系统的变形, 并分析在不同射频下传动系统变形对射向散布的影响。结果表明: 在低射频下, 转管机枪枪管振动变形是影响射向散布的主要因素; 在高射频达到 4 000 发/min 以上时, 传动系统振动变形对射向散布影响逐渐增大, 传动系统振动变形在高射频下不可忽略。

关键词: 武器站; 转管机枪; 发射动力学; 传动系统; 刚柔耦合

中图分类号: TJ25 **文献标志码:** A

Study on Rigid-flexible Coupling Launch Dynamics of Weapon Station Transmission System

Qin Shumin¹, Zhang Guangxiang¹, Wang Xiaofeng², An Chunhua³, Liu Pengzhan², Li Bo¹

(1. Weapon Control System Technology Department, China North Vehicle Research Institute, Beijing 100072, China;
2. School of Mechanical and Electrical Engineering, North University of China, Taiyuan 030051, China;
3. School of Precision Instruments and Optoelectronic Engineering, Tianjin University, Tianjin 300000, China)

Abstract: Aiming at the deformation of the transmission system of the weapon station of the Gatling machine gun under different firing rates, the transmission system of the weapon station of the Gatling machine gun with high firing rate is studied. The weapon station model of the Gatling machine gun was established, the main structure of the bracket was simplified as a rigid body, and the transmission system was regarded as a flexible body to establish the rigid-flexible coupling dynamic model, the mode of the weapon system and the deformation of the transmission system under different radio frequencies were simulated, and the influence of the deformation of the transmission system under different radio frequencies on the firing direction dispersion was analyzed. The results show that the barrel vibration deformation is the main factor affecting the firing direction dispersion at low firing frequency, and the effect of the transmission system vibration deformation on the firing direction dispersion increases gradually at high firing frequency above 4 000 rounds/min, and the transmission system vibration deformation can not be ignored at high firing frequency.

Keywords: weapon station; gatling machine gun; launch dynamics; transmission system; rigid-flexible coupling

0 引言

随着无人机、巡飞弹等低空智能装备在局部冲突中的广泛应用, 主战装备与人员的安全受到了极大的威胁, 针对低空智能装备的主动防御仍缺乏高效手段^[1-3]。搭载转管机枪的武器站具有效费比低、作战灵活等优点, 广泛用于城市、前沿阵地的末端防御任务^[4-5], 但射击精度较低, 限制了实际作战效能。

武器站各个组成部分对射击精度都有重要影响^[6-7]。提高武器站射击精度的主要手段为优化武器站结构、降低枪口扰动^[8-10]等。相对于刚度较大的托架, 传动系统接触面较小、刚度低, 在发射冲击下

的振动是影响武器站射击密集度的重要因素^[9-12]。

转管机枪射频频高, 后坐冲击大, 传动系统在转管机枪的发射冲击作用下会产生不可忽略的变形, 影响系统整体射击精度。笔者针对搭载转管机枪的武器站传动系统在发射冲击下的变形开展研究, 研究传动系统的振动对枪口扰动作用机理, 为提高武器站射击精度提供支撑。

1 刚柔耦合武器系统模型建立

武器站主要包括托架、摇架、支架、高低电机传动齿轮和齿弧板等部件, 如图 1 所示。转管机枪通过本身自动机循环执行射击动作, 支架、摇架之间为固定连接, 摇架与托架利用轴承装配并与齿弧

收稿日期: 2024-06-27; 修回日期: 2024-07-20

第一作者: 秦叔敏(1977—), 男, 辽宁人, 硕士。

板固定，齿弧板与高低电机驱动齿轮接触配合。

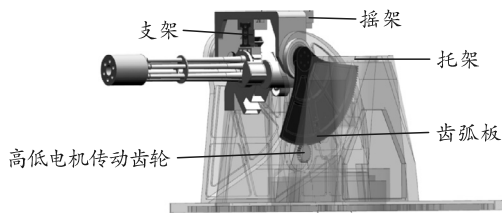
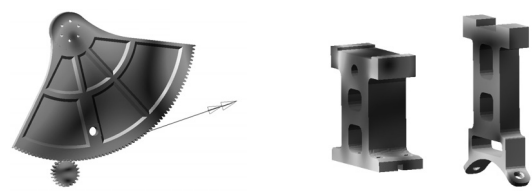


图 1 武器系统模型

架连接部位、支架与机枪连接部位，如图 2 所示。



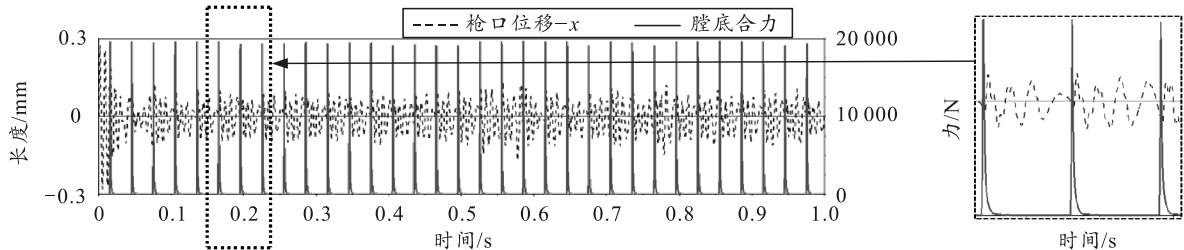
(a) 传动齿轮变形云图 (b) 支架变形云图

图 2 传动系统主要部件变形云图

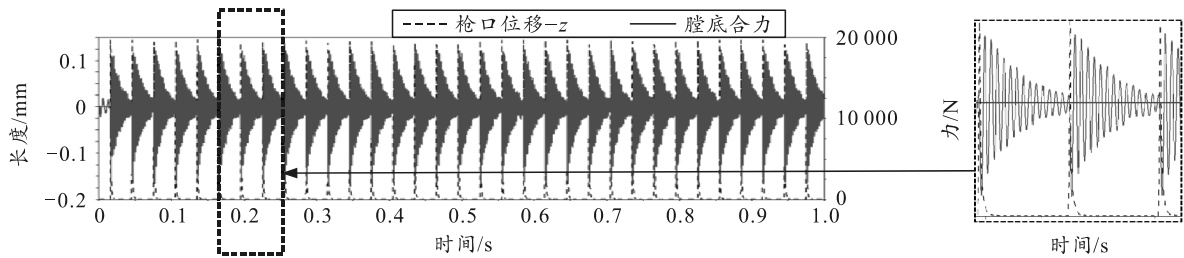
2 武器站刚柔耦合枪口扰动分析

经过仿真得到变形主要发生在：齿弧板和摇架连接部位、齿弧板与高低齿轮啮合部位、支架与摇架

射频 2 000 发/min 时，枪口高低方向最大位移为 0.28 mm；枪口水平方向最大位移为 0.16 mm，如图 3 所示。



(a) 射频为 2 000 发/min 时枪口在 x 轴(高低)方向位移

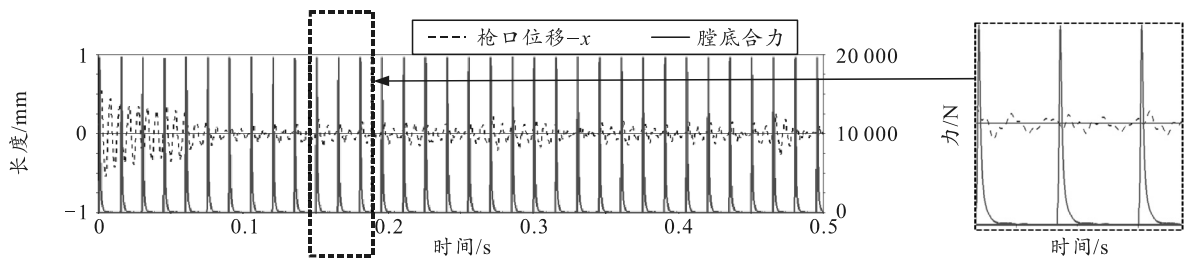


(b) 射频为 2 000 发/min 时枪口在 z 轴(水平)方向位移

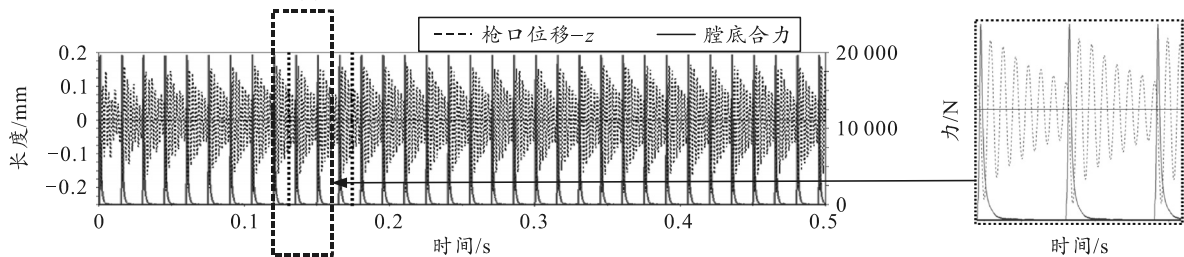
图 3 射频为 2 000 发/min 时枪口扰动曲线

射频为 4 000 发/min 时，枪口在高低方向最大位移为 0.54 mm，稳定后为 0.24 mm；枪口在水平

方向最大位移为 0.16 mm，第 2 发射击前为 0.1 mm，如图 4 所示。



(a) 射频为 4 000 发/min 时枪口在 x 轴(高低)方向位移



(b) 射频为 4 000 发/min 时枪口在 z 轴(水平)方向位移

图 4 射频为 4 000 发/min 时枪口扰动曲线