

doi: 10.7690/bgzdh.2021.03.006

某埋头弹机枪自动机结构与动力学分析

曾 鑫, 先苏杰, 许德鹏, 郑昊文

(南京理工大学机械工程学院, 南京 210000)

摘要: 为提高大口径埋头弹机枪的射击速度, 设计一种导气式自动机。以某 12.7 mm 埋头弹机枪为研究对象, 采用升降弹膛实现开闭锁动作, 对自动机的结构进行设计, 利用 ADAMS 建立埋头弹机枪的虚拟样机模型, 通过仿真获得自动机运动特性参数。仿真结果证明了该自动机结构的可行性, 为大口径埋头弹机枪的设计提供一种参考方案。

关键词: 大口径埋头弹机枪; 自动机; 动力学仿真; ADAMS

中图分类号: TJ25 **文献标志码:** A

Structural Design and Dynamics Analysis of Certain Type Automaton for Cased Telescoped Ammunition Machine Gun

Zeng Xin, Xian Sujie, Xu Depeng, Zheng Haowen

(School of Mechanical Engineering, Nanjing University of Science & Technology, Nanjing 210000, China)

Abstract: For improving shooting speed of large caliber cased telescoped ammunition (CTA) machine gun, a kind of gas-operated automaton was designed. Taking certain type 12.7 mm CTA machine gun as example, the opening and locking action was realized by a lifting and lowering chamber, the structure of the automaton was designed, and the virtual prototype model of the CTA machine gun was established by using ADAMS, the dynamic simulation analysis was carried out, and the dynamic characteristic parameters of the automaton were obtained. The simulation results proved the feasibility of the automaton structure, and provided a reference scheme for the design of large caliber CTA machine gun.

Keywords: large caliber cased telescoped ammunition machine gun; automaton; dynamics simulation; ADAMS

0 引言

作为有壳弹药到无壳弹药的“过渡产品”, 相比于传统弹药, 埋头弹的体积和质量都得到有效减少, 并且弹药形状规整简单, 便于携带和储存; 相比于无壳弹, 埋头弹虽然较重, 但能解决无壳弹的自然、闭气等问题^[1-2]。也正因此, 埋头弹及其枪械已经成为研究热点。早在 2003 年, 美国军方启动了“轻武器轻量化技术”(lightweight small arms technologies, LSAT)项目, 旨在为美国三军提供新一代的轻武器系统, 该项目先是推出了 5.56 mm 埋头弹轻机枪, 后续又完成了 6.5、7.62 mm 等一系列衍生产品的研发, 为埋头弹枪的发展积累了大量的技术储备^[3]。从某种意义上来说, 埋头弹枪代表了未来军用制式班组轻武器的一种发展方向, 值得深入研究。笔者基于 12.7 mm 埋头弹机枪, 设计一种后坐行程短、整体尺寸小的导气式自动机, 在提升射速的同时减轻了整体质量, 在机动性上有着明显的优势。

1 自动机结构及工作原理

传统的大口径机枪自动机在后坐过程中需要完成抽壳和抛壳动作, 后坐行程较长、枪身尺寸较大、整体比较笨重, 影响了机枪性能, 主要表现在机枪射速较低、机动性较差。该大口径埋头弹机枪自动机通过采用一个分离式的升降弹膛, 使自动机在推弹进膛过程中可以直接将弹膛中的弹壳顶出, 省去了后坐过程的抽壳动作, 缩短了自动机的后坐行程, 提高了机枪的射速, 减轻了机枪的尺寸和质量。

1.1 大口径埋头弹机枪自动机结构

如图 1 所示, 自动机系统部件有枪机框、平移击锤、供输弹装置、升降弹膛、闭气腔和升降滑轨等组件。

1) 枪机框。枪机框中间开有容纳击锤的条形槽, 可引导击锤作纵向运动; 上方的曲线槽拨杆可带动供输弹装置的曲线槽, 在后坐和复进过程中完成拨弹动作; 下方开有横槽, 用于连接升降滑轨。

2) 平移击锤。平移击锤在枪机框内作纵向运

收稿日期: 2020-10-20; 修回日期: 2020-12-10

作者简介: 曾 鑫(1998—), 男, 四川人, 学士, 从事自动武器结构与仿真研究。E-mail: 1027523941@qq.com。

动,在复进过程中会先被不到位保险卡住,当枪机框复进到位,弹膛下降到击发位置后,不到位保险被压下,击锤才能继续复进,完成击发动作。

3) 供输弹装置。供输弹装置位于枪机框上方,采用弹链供弹,通过曲线槽连接自动机和拨弹杠杆,完成拨弹动作。

4) 升降弹膛。升降式弹膛区别于传统枪械,弹膛可沿导柱进行上下运动。击发时,弹膛轴线与枪管轴线重合,弹丸发射后,火药燃气作用于活塞上,使枪机框后坐、枪机框拉动升降滑轨一起后移,带动弹膛升起;同时,枪机框上的曲线槽拨杆带动供输弹机构完成拨弹动作。当枪机框复进时,枪机框上的推弹杆将弹药推入弹膛,前一发弹的弹壳随即被顶出弹膛。在此过程中弹膛被前发弹弹壳和后一发弹卡在进弹位置,随着枪机框复进到位,后一发弹完全进入弹膛,弹膛受升降簧作用下落到击发位置,等待下次击发。

5) 闭气腔。闭气腔固定在机匣上,可容纳下降到位的弹膛并封闭弹膛尾端,实现弹膛闭气。

6) 升降滑轨。升降滑轨与枪机框连接,跟随枪机框一起后坐和复进,同时带动弹膛完成升降动作。

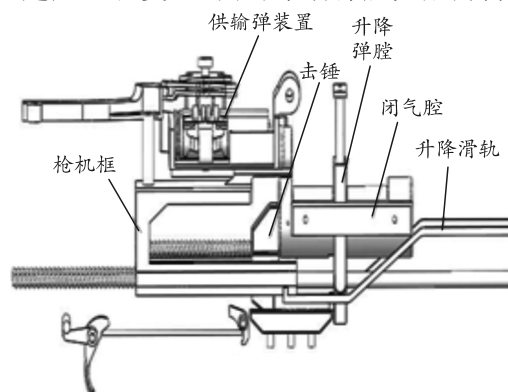


图1 自动机结构

1.2 大口径埋头弹机枪自动机工作原理

枪管后端连接闭气腔,闭气腔内有一个可升降的弹膛,在进弹位置和击发位置间来回运动;枪机框内有一个击锤,可在枪机框内纵向运动;枪机框上方为一供输弹装置,内设有拨弹杠杆、拨弹滑板、拨弹齿、压弹板等零件,可完成拨弹动作。射击时滑轨随枪机框一起后坐和复进,带动弹膛上升和下降,在一个自动循环中依次完成弹膛上升至进弹位置,进弹、输弹至闭锁位置,闭锁、击发、开锁动作。该自动机的工作原理可大致分为开锁、输弹和闭锁3个过程,当弹膛内的弹药击发后,产生的大量火药燃气通过导气室作用在导气活塞上,推动枪

机框和升降滑轨一起后坐,后坐的滑轨带动升降弹膛上升,升降弹膛移出闭气腔,完成开锁动作;枪机框上的拨杆在后坐和复进过程中拨动供输弹装置的曲线槽完成拨弹动作,枪机框前端的推弹杆在复进时将弹药推入弹膛中,完成输弹动作;当枪机框复进到位,弹药被完全推入弹膛,弹膛下降至闭气腔内,闭气腔封闭弹膛尾端,完成闭锁动作,等待击锤击发。

2 虚拟样机的建立及基本假设

2.1 基本假设

建立虚拟样机是为了研究大口径埋头弹机枪自动机结构的可靠性,可忽略一些不必要因素的影响,从而建立起既简单又能够反映自动机结构的简化模型^[4-6]。笔者对模型作了如下简化和假设^[7-9]:自动机系统内各组件均视为刚体,各组件间均为刚性连接,不考虑柔性体对运动的影响;机枪系统以水平射角发射;忽略击针的影响;弹药每次击发时产生的火药燃气能量相同。

2.2 虚拟样机的建立

首先根据设计参数,利用 SolidWorks 建立整个机枪的3维模型,并将3维模型导入 ADAMS 中。令与笔者研究内容不相关的部件失效,赋予其他部件真实的物理属性,并用 ADAMS 中的弹簧单元替换模型中的弹簧,得到虚拟样机模型如图2所示。主要部件约束关系见表1,其中用大地代表机匣组件。



图2 虚拟样机模型

表1 主要部件约束关系

部件	约束副类型	部件	约束副类型
枪机框-机匣	平移副	击锤-枪机框	平移副
闭气腔-机匣	固定副	滑轨-枪机框	固定副
升降弹膛-机匣	平移副	弹膛底座-机匣	固定副

文中主要研究对象为自动机,供输弹装置、发射装置和抛壳装置等部件间约束关系较多,此处就不一一列举。

2.3 载荷的施加

1) 单向作用力。

该系统的单向作用力有扣动扳机的扳机力和作用在导气活塞上的火药燃气压力。扳机力垂直作用于扳机，一直使机枪保持在连发状态。火药燃气压力垂直于枪机框上的导气活塞端面，先通过 import 命令将导气室的 p-t 曲线作为试验数据导入到 ADAMS 中，之后通过函数 $\text{if}(\text{SENVAL}(.ZTFZ2_1.\text{SENSOR}_1):0,0,\text{if}(\text{time}-\text{SENVAL}(.ZTFZ2_1.\text{SENSOR}_1)-0.01:\text{AKISPL}(\text{time}-\text{SENVAL}(.ZTFZ2_1.\text{SENSOR}_1),0,.ZTFZ2_1.\text{SPLINE}_2,0)*0.008*0.008*\pi,0,0))$ 将 p-t 曲线转换为作用在活塞上的火药燃气力。其中 SENSOR_1 为设置的传感器。

2) 拉压弹簧力。

该系统所用的弹簧均为拉压弹簧，包括枪机框复进簧、击锤簧、内拨弹齿簧、外拨弹齿簧、压弹板簧、抛壳器簧、升降弹膛簧和不到位保险簧。其中击锤和抛壳装置仅设置了 1 根弹簧，不到位保险设置了 3 根弹簧，其余零件均设置了 2 根弹簧。具体弹簧参数如表 2 所示。

表 2 弹簧参数

弹簧名称	刚度/(N/mm)	预载荷/N
机框复进簧	0.25	40.6
击锤簧	0.77	35.0
升降弹膛簧	0.30	30.0
内拨弹齿簧	0.48	4.8
外拨弹齿簧	0.48	4.8
压弹板簧	0.88	13.2
抛壳杆簧	0.35	20.0
不到位保险簧	0.35	15.0

3 虚拟样机仿真结果分析

根据笔者所建立的大口径埋头弹机枪自动机虚拟样机模型，通过仿真可获得各部件的运动特性数据。

主要部件的仿真结果如图 3、图 4 所示。

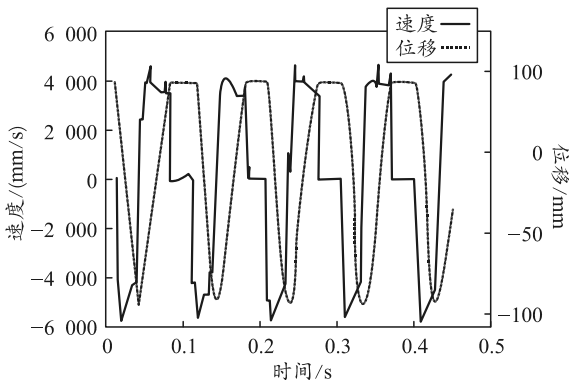


图 3 枪机框后坐速度及位移

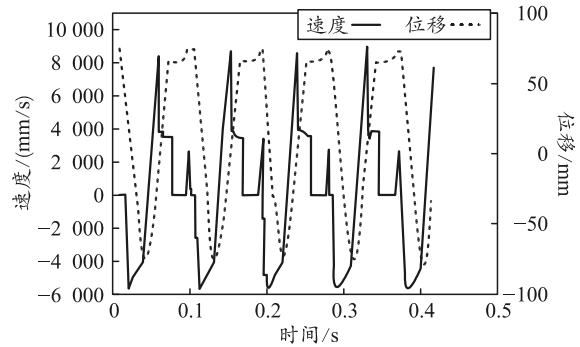


图 4 击锤后坐速度及位移

由图 3 可知：枪机框的最大后坐速度为 5.7 m/s，最大后坐位移为 138 mm，枪机框在到达最大位移前受缓冲装置作用，速度快速下降至 0.89 m/s；在复进起始段，枪机框受复进簧力和缓冲簧力较大，速度快速上升至 4 m/s，之后枪机框与缓冲装置分离，复进簧力减小，枪机框以较平缓的速度复进到位。

由图 4 可知，击锤在运动过程中产生了多处速度突变。在 0.053 s 处击锤速度由 8.4 m/s 降至 3.8 m/s，原因是当枪机框后坐到位开始复进时，击锤受惯性作用继续后坐压缩击锤簧，压缩的击锤簧在击锤复进时为其提供了额外的加速度，高速复进的击锤在撞击枪机框后速度骤降为与枪机框同速；在 0.072 s 时，击锤的速度由 3.5 m/s 降为 0，原因是此时弹膛未下降到位，不到位保险处于弹起状态，复进的击锤被不到位保险卡住；在 0.091 s 时，击锤开始运动，原因是弹膛下降到位，不到位保险被压下，击锤开始继续复进；在 0.097 s 时，击锤复进到位，完成一个自动循环。计算得到该机枪的射速约为 618 发/min。

4 结论

该大口径埋头弹机枪自动机的结构设计方案，采用升降弹膛结构，省去了传统自动机中的抽壳动作，缩短了自动机的后坐行程，结构相对简单，运动循环周期较短，可有效缩短机枪尺寸，提高理论射速，为大口径埋头弹机枪的设计提供参考。通过对该方案的动力学仿真分析可知：该方案能够可靠完成自动循环动作，结构原理可行。

参考文献：

[1] 刘斌, 祁荣长. 未来先进战斗步枪弹药-国外无壳弹与塑料弹壳埋头弹性能特点对比浅析[J]. 轻武器, 1995(3): 11-18.