

文章编号: 2095-2163(2021)06-0201-04

中图分类号: V279+2

文献标志码: A

# 一种微型无人机机载气动连续发射装置

叶邦松, 刘超峰, 方 彤, 周倪敏, 刘 杰, 侯 劲, 王 昊, 陈泽嘉

(上海工程技术大学 机械与汽车工程学院, 上海 201620)

**摘 要:** 随着无人机技术的不断发展, 无人机开始进入民用领域。但由于相关法律法规的缺失, 造成民用微型无人机管理混乱, 特别是消费级无人机的滥用对城市公共安全造成极大的威胁。针对这种情况, 本文采用远程触发、压缩气体为动力源, 可连续发射的设计原则, 设计了一种轻巧灵活的无人机子弹连续发射装置, 通过装配玻璃弹珠、金属球等作为子弹进行连续发射。该方案集子弹填充模块, 触发模块, 缓震模块, 发射控制模块为一体, 以无人机为搭载平台, 实现对微型无人机拦截和打击, 以确保了城市低空安全。此外, 本文重点研究了无人机平台在子弹发射时的运动学状态, 用 Adams 进行动力学仿真, 研究微型无人机在空中进行子弹发射时的动态响应、平台的运动和受力情况, 该无人机机载气动连续发射装置为反微型无人机研究提供了一种新的思路。

**关键词:** 微型无人机; 公共安全; 发射装置; 动力学仿真

## A pneumatic continuous launching device mounted on micro UAV

YE Bangsong, LIU Chaofeng, FANG Tong, ZHOU Nimin, LIU Jie, HOU Jin, WANG Hao, CHEN Zejia

(School of Mechanical and Automotive Engineering, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China)

**[Abstract]** With the continuous development of unmanned aerial vehicle(UAV) technologies in recent years, UAVs have begun to enter the civil field. However, due to the lack of relevant laws and regulations, the management of civil micro UAVs is chaotic. The abuse of micro-UAVs, especially consumer-level UAVs, has posed great threats to urban low-altitude security. In response to this situation, this article adopts the design principles of remote triggering, compressed gas as the power source and continuous launch. A lightweight and flexible continuous bullet launching device for UAV is designed, which is equipped with glass marbles, metal balls and so on. The scheme integrates the bullet filling module, trigger module, shock absorber module and launch control module. The UAV is used as the carrying platform to intercept and attack the micro UAV to ensure the low altitude safety of the city. In addition, this paper focuses on the kinematic state of the UAV platform when the bullet is launched. Adams is used for dynamic simulation to study the dynamic response of the micro UAV when the bullet is launched in the air, the motion and force of the platform. The airborne pneumatic continuous launching device of UAV studied in this paper provides a new idea for the research of anti micro-UAV.

**[Key words]** micro-UAV; public security; launch device; dynamic simulation

## 0 引 言

随着中国低空飞行领域的逐步开放, 微型无人机的应用越来越广泛。由于消费级微型无人机易于获得、携带方便、操作简单, 不法分子利用微型无人机从事违法犯罪活动也日益增加, 严重威胁城市公共安全和秩序, 因此如何防范此类威胁显得尤为重要<sup>[1]</sup>。基于现有武器装备在城市反微型无人机存在一定的局限性, 不能很好的满足城市反微型无人机的需求<sup>[2]</sup>, 因此本文采用软杀伤的思想设计了一种连续子弹发射装置, 该装置以无人机为搭载

平台, 以压缩气体为动力, 同时将动力系统、调压系统、发射系统、填充系统和辅助系统集成于一体, 实现对“黑飞”无人机的打击。该装置用于低空无人机软杀伤式的防卫和捕获, 可为公共管理部门和安全执法部门提供技术支撑。同时, 本方案设计的无人机机载连续发射装置可为研究城市反微型无人机软杀伤式的研究人员提供参考。

## 1 无人机机载连续发射子弹装置总体设计

### 1.1 设计原则

(1) 安全性: 本装置类似于管制枪具, 近距离击

**作者简介:** 叶邦松(1996-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 无人机、智能制造; 刘超峰(1978-), 男, 博士, 副教授, 高级工程师, 主要研究方向: 飞行器总体设计; 方 彤(1995-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 无人机、智能制造; 周倪敏(1996-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 无人机、智能制造; 刘 杰(1993-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 智能机器人、无人机; 侯 劲(1998-), 男, 本科生, 主要研究方向: 无人机、智能制造; 王 昊(1998-), 男, 本科生, 主要研究方向: 无人机、智能制造; 陈泽嘉(1997-), 男, 学士, 主要研究方向: 无人机、智能制造。

**通讯作者:** 刘超峰 Email: Liucf@fudan.edu.cn

收稿日期: 2020-12-11

中人会造成伤害事故,因此需要充分考虑装载使用以及搬运存放时产生的危险和可能发生的事故。因此在设计过程中,尽量要求零件没有多余的松动,减少由于撞击摩擦而产生的危险。把安全放在首位,杜绝因装置本身而产生的人员伤亡或者各类不安全情况的发生。

(2)可靠性:对通用性有较高的要求,因此需要采用较好的材料,成熟的制造技术来制造子弹发射平台,保证其本身的强度和刚度。尽可能多的使用标准件,提高装置的互换性和通用性,在发生故障时能更快的进行修复。

(3)经济性:充分利用已有的研究成果和已经成熟的技术,减少制造过程中不必要的开发。考虑其经济型,尽可能地采用成熟的制造工艺提高生产率,降低成本。

## 1.2 功能指标

(1)足够的射程:本子弹射击平台需要保证射程至少为 10 m,这样能有足够的威力和更大的概率击中无人机。子弹发射距离很大程度上取决于子弹本身直径,以及枪管的长度和样式决定了子弹的准确度。

(2)子弹发射系统的自动发射功能:由于本装置是挂载在无人机上的,而无人机从发现目标无人机到子弹射击击中目标无人机的时间是不定的,因此子弹发射装置需要对接收到的信号立刻进行响应,而不能通过类似于时间计数器的装置进行射击。另外,市面上小型子弹发射装置一般为手持武器,通过扣动扳机来间接击发撞针,这种触发方式挂载在无人机上显得较为繁琐,扣动扳机较难实现,且本装置对整体的体积与重量有明确要求。因此,选择使用电机推动撞针来完成子弹发射的任务。

(3)目标追击能力:由于本装置的目标是小型无人机,对方行动灵活多变,追击中会产生诸多困难,子弹发射装置又挂载在无人机上,在飞行时添加了负担。因此,在设计时选用了六翼无人机,相比于四翼无人机其有更多的动力,更好的滞空能力和更优秀的追击性能。

(4)缓冲功能:在子弹击发的同时,子弹发射装置会受到反作用力而造成整体的晃动。用缓冲装置抵消一部分的力,能更好的为下一次的射击提供更好的环境,使连续射击有更好的准确度。

## 1.3 主要参数

无人机机载连续发射子弹装置主要参数见表 1。

表 1 主要参数

Tab. 1 Main parameters

指标	技术参数
无人机载重	>10 kg
无人机飞行速度	>20 m/s
子弹发射装置体积	<600 mm * 200 mm * 200 mm
子弹发射距离	10 m
子弹口径	5.56 mm

## 1.4 总体设计方案

系统发射原理:本装置主要用于子弹发射,发射方式模仿枪支射击,但像手枪一样扣动扳机将导致结构较为复杂,在挂载中的无人机中难以实现<sup>[3]</sup>。因此做了一些改进,在子弹发射装置后部加装电机,由电机带动零件不断撞击撞针以达到连续发射的目的。

子弹发射平台的流程为:装置接收到信号以后启动电机带动推动盘旋转,旋转时撞击扳机促使其向前敲击撞针,撞针撞击填入枪管中的子弹来完成射击动作。

本无人机平台子弹发射装置的总体设计如图 1 所示,将根据其功能特点的需求进行模块化设计,主要分为 4 大模块:子弹填装模块、触发模块、缓震模块、发射控制模块。



图 1 无人机子弹连续发射装置总体图

Fig. 1 Overall diagram of the continuous launching device of UAV bullets

### 1.4.1 子弹填装模块

模仿全自动手枪内部结构,子弹填装模块由枪管,枪部上壳,机动钢铁等零件组成。在一颗子弹被击发射出后,其后坐力带动机动钢铁向后移动,带动弹壳至后方缺口弹出枪膛,而后归位并将弹夹中的子弹推入枪管中。

满足连续发射,主要由 2 个阶段实现:

第一阶段:扳机撞击撞针,撞针撞击子弹后枪膛会受到火药爆炸的反作用力,使整个枪膛向后运动,弹壳会在枪膛后退到一定位置时从预留的位置弹出;

第二阶段:子弹发射系统后部电机两侧的弹簧

会促使后退的枪膛归位,在归位时枪膛会将下一颗子弹从弹夹内推入枪管,恢复成子弹发射前的模式。

#### 1.4.2 触发模块

自主设计的部件,内有撞针和扳机,当电机带动推动盘后,推动盘会撞击扳机,促使扳机撞击撞针,撞针向前移动撞击子弹来完成射击动作。触发模块由推动盘与撞针组成,其工作原理是电机带动推动盘,推动盘旋转后突出的纹路促使扳机回弹与撞针发生碰撞,撞针向前推进接触弹壳,完成发射动作。设计这一模块时需要注意推动盘的纹路,扳机和撞针相互关联的尺寸搭配,需要保证扳机有足够的受力传递给撞针,撞针有足够的空间来回移动,并保证这些零件有足够的强度和刚度来抵抗零件间的冲击,防止多次撞击后产生零件破损。

#### 1.4.3 缓震模块

自主设计的模块,内有滑块和弹簧,主要用于抵消子弹发射产生的反作用力,减少无人机与子弹发射平台的晃动,为下次子弹发射做充分的准备,提高整体的稳定性和子弹射击的准确度。本缓震平台参考迫击炮缓冲机原理,选用弹簧作为子弹发射平台与无人机之间的缓冲构件,其作用是:在射击时子弹飞出枪管之前,允许子弹发射装置与无人机之间的相对运动,保证枪体能沿着枪管水平方向抵消后坐力,提高射击的密集程度。同时,在射击时,枪体后坐与复进的过程中,使后座不对无人机平台产生刚性冲击,减小作用在无人机上的力,降低无人机在空中的偏移距离。射击后保证子弹发射系统与无人机能静止在一个准确的位置上,缩短射击的间隔时间和提高射击频率。

#### 1.4.4 发射控制模块

自主设计的模块,内有电机和推动盘。当击发信号来时启动电机,电机启动后推动盘开始旋转,与触发模块接触。发射控制模块包括小电机和与其过盈配合的推动盘。子弹发射指令用电流形式通过导线连接至电机,通电后电机转动,电机带动推动盘开始旋转,这样就能带动触发模块转动,推动扳机,撞针运动,来完成射击动作。需要注意的是子弹发射装置后盖与枪体之间的螺纹应与电机转动方向相反,这样能保证电机多次启动后,后盖不会因为扭转力的缘故而导致和枪体外壳发生松动。

## 2 无人机机载连续发射子弹装置运动学仿真

### 2.1 无人机平台子弹发射系统总体模型的建立

无人机平台子弹发射系统是一个较为复杂的机

械系统,其结构可以分为3大部分:无人机、缓震器与子弹发射系统,如图2所示。由于无人机平台子弹发射系统的理想模拟环境是在空中,所以取消重力来替代悬停于空中的飞行姿态,建立无人机平台子弹发射系统整体的动力学模型,定义系统惯性坐标系。



图2 无人机平台子弹发射系统模型

Fig. 2 Model of bullet launching system for UAV platform

### 2.2 无人机平台子弹发射系统的动力学仿真

将无人机平台子弹发射系统进行悬停空中的子弹发射模拟。起始设定子弹发射后无人机平台受到的反作用力为5N,仿真时间为0.2s,记录了50次数据。无人机平台的整体位移、速度、加速度、角速度和角加速度如图3~图7。

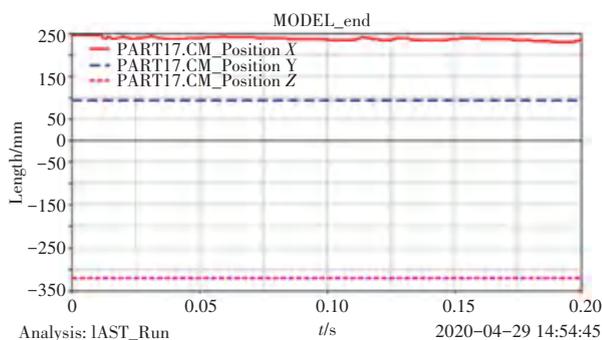


图3 无人机平台在发射期间整体位移曲线

Fig. 3 Overall displacement curve of UAV platform during launching

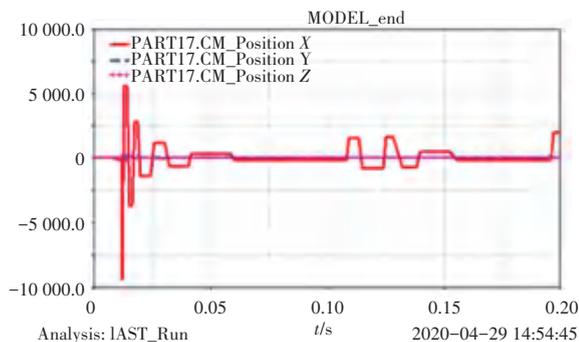


图4 无人机平台在发射期间的速度曲线

Fig. 4 Velocity curve of UAV platform during launch

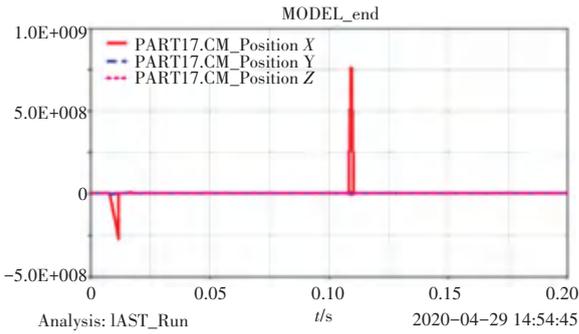


图 5 无人机平台在发射期间的加速度曲线

Fig. 5 Acceleration curve of UAV platform during launch

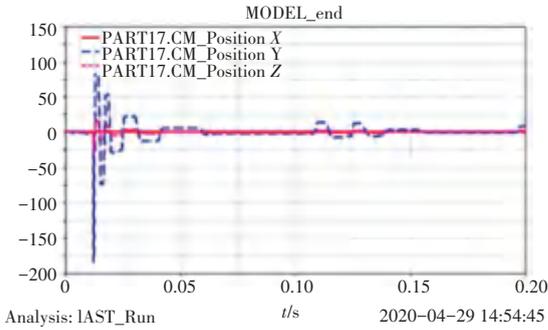


图 6 无人机平台在发射期间的角速度曲线

Fig. 6 Angular velocity curve of UAV platform during launching

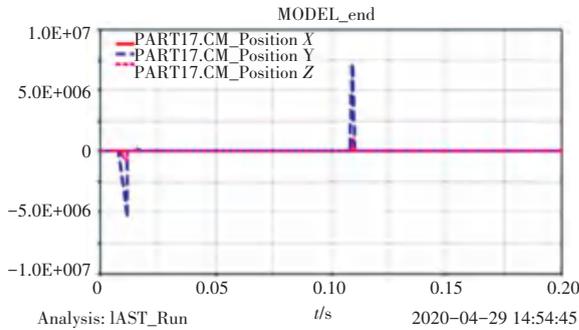


图 7 无人机平台在发射期间的角加速度曲线

Fig. 7 Angular acceleration curve of UAV platform during launching

通过仿真结果可知:本文设计的连续子弹发射装置能够在无人机平台上正常发射子弹,且发射时产生的后坐力对无人机平台的平稳飞行影响甚微,可以忽视。

### 3 结束语

随着微型无人机技术的发展,微型无人机的应用越来越广泛。同时,微型无人机的一些应用已成为公共安全的潜在威胁。针对这种现状,本文研究了一种子弹连续发射装置,该装置利用无人机作为平台,搭载子弹连续发射装置,对无人机展开打击行动。相较于以往导弹、高射炮、狙击手、电磁干扰装置等反无人机手段来说,本装置具有较高的灵活性且成本低。通过对无人机搭载的连续子弹发射装置在发射子弹时仿真,证明了方案的可行性。本方案设计的微型无人机机载子弹连续发射装置可以为研究城市环境中反微型无人机软杀伤设备的研究人员提供研究基础与参考。

### 参考文献

- [1] SHI Xuefang, YANG Chaoqun, XIE Weigo, et al. Anti-Drone System with Multiple Surveillance Technologies: Architecture, Implementation, and Challenges [J]. IEEE Communications Magazine, 2018, 56: 68-74.
- [2] LI Yong. Perspective of the Action of Anti Low-Slow-Small Target [J]. Journal of Air Defense Force Academy, 2013, 30: 20-23.
- [3] 梅寒剑. 某发射装置便携测试设备的设计与实现[J]. 计量与测试技术, 2018, 2(13): 1004-6941.