

Design of Multi-Elastic Intelligent Artificial Rainfall Anti-Hail Rocket Launcher System

Tao Qu¹, Feifei Liang¹, Xinsheng Lv^{2*}, Yi Wang³

¹Urumqi Meteorological Bureau, Urumqi Xinjiang

²Xinjiang Meteorological Observatory, Urumqi Xinjiang

³Xinjiang Meteorological Disaster Prevention Center, Urumqi Xinjiang

Email: *592364526@qq.com, 372518189@qq.com

Received: Mar. 1st, 2019; accepted: Mar. 20th, 2019; published: Mar. 27th, 2019

Abstract

Manual adjustment and setting of the azimuth and elevation angle were adopted for the rocket launcher used for artificial hail control and artificial precipitation increasing operation in Xinjiang. The azimuth and elevation angle were manually adjusted and set when the operation was carried out, and there was a problem that the setting of azimuth and elevation angle was incorrect. And rocket launcher can load a small number of rockets of a single type. The former reduces the accuracy of rocket bomb entry into the cloud, and the latter results in a low amount of work per unit time, thus affecting the operating effect. Therefore, it is necessary to develop a rocket launching system capable of loading a variety of bomb types, automatically completing the azimuth and elevation setting. Through the design of universal launching track for multiple bomb types, rotary disc assembly, pitching transmission mechanism and launch control system, the automatic rocket launching system of multiple bomb types was realized, which is of functions like loading of multiple bomb types, automatic control of rocket launching attitude, and information collection and uploading.

Keywords

Multi-Bomb Type, Intelligent, Rocket Launcher System, Artificial Rainproof Hail

人工增雨防雹自动火箭发射系统的设计

屈涛¹, 梁菲菲¹, 吕新生^{2*}, 王屹³

¹乌鲁木齐市气象局, 新疆 乌鲁木齐

²新疆维吾尔自治区气象台, 新疆 乌鲁木齐

³新疆维吾尔自治区气象局灾害防御中心, 新疆 乌鲁木齐

Email: *592364526@qq.com, 372518189@qq.com

*通讯作者。

收稿日期：2019年3月1日；录用日期：2019年3月20日；发布日期：2019年3月27日

摘要

用于新疆人工防雹、人工增雨雪作业的火箭发射装置，作业开展时方位和仰角采用手动调整和设置，存在方位和仰角设定不准的问题，且火箭发射装置能够装载的火箭弹数量较少、种类单一。前者造成火箭弹入云的精度降低，后者造成单位时间内的作业量偏低，进而影响作业效果，因此需要研发能够装载多种弹型、自动完成方位和仰角设定的火箭发射系统。通过多弹型通用发射轨道、回转盘总成、俯仰传动机构、发射控制系统的设计，实现具有多种弹型装载、火箭发射姿态自动控制、信息采集与上传等功能的多弹型自动火箭发射系统。

关键词

多弹型，自动，火箭发射装置，人工增雨防雹

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

新疆是中国气象灾害群生的典型地区。在全球气候变暖的背景下，新疆气象灾害偏多趋势明显，尤其干旱和局地冰雹天气发生频率、强度增大，给农业生产带来严重影响[1] [2]。在中纬度地区，自然云不产生降水或降水效率不高，常常是因来自大气参与形成降雨过程的自然冰核稀少或不足所致。通过人工播撒碘化银的引晶催化后，云中大粒子数增多，能提高自然云的降水效率和降水量[3] [4]。因此，新疆各地州、县市开展火箭增雨雪作业，在农业抗旱、防灾减灾和增加水资源中发挥了重要作用[5] [6]。

由于火箭播撒具有播云面积大、机动性强、催化剂成核率高、活化快、线源立体撒播易扩散、作业安全等特点，已成为主流的人工影响天气地面作业装备[7] [8] [9]。目前中国人工增雨雪作业中所使用的火箭发射装置，大多是 20 世纪 90 年代末投入使用的。火箭发射装置采用手动工作模式，存在装载量少、作业准备花费时间长、精准打击的准确率低等缺点，无法满足空域管理、地面建筑物密集、目标云移速快、冰雹发展迅猛的现状，作业装备的性能亟待提高[10] [11] [12] [13]。

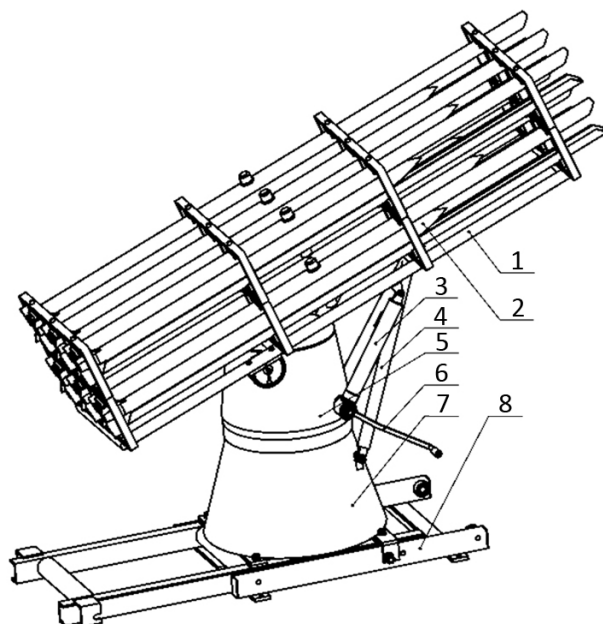
因而，本文拟针对这些缺点，通过设计一种多弹型自动火箭发射系统，实现火箭发射架定向器自动控制、作业数据采集与上传、作业禁区识别、发射轨道回路阻值检测、点火发射、近远程遥控等功能的火箭发射装置，结合天气预报、云图、雷达等气象信息，实现快速、精准的增雨防雹作业，提升人工影响天气的作业技术水平和效率。

2. 整体结构及工作原理

火箭发射系统主要由上定向器总成 1、弹体 2、俯仰螺旋撑杆 3、固定支撑架 4、上筒体总成 5、手摇调节杆 6、下筒体总成 7 和固定式底座 8 组成，如图 1 所示。其中，弹体 2 按规格放置于定向器 1 中；俯仰螺旋撑杆 3 连接上筒体总成 5 和上定向器总成 1，通过筒体内部驱动俯仰螺旋撑杆 3 伸缩用于调节定向器 1 角度；固定支撑架 4 连接下筒体总成 7 和上定向器总成 1，用于在运输过程中保证定向器与筒

体相对固定，避免振动导致组件损坏；下筒体总成 7 与固定式底座 8 之间采用螺栓连接，可进行前后调节，以满足整机运输和工作两种状态。

运输时，俯仰螺旋撑杆 3 收缩至最短，固定支撑架 4 固定上定向器总成 1 和下筒体总成 7 之间相对位置，固定式底座 8 移动至图 1 的位置。工作时，解除固定支撑架 4 的锁定，移动固定式底座 8 至另一极限位置并锁定，调节上筒体总成 5 和下筒体总成 7 间相对位置，获取所需方位，调节俯仰螺旋撑杆 3 的伸缩量，实现上定向器总成 1 与水平线间夹角至需求角度。



1.上定向器总成；2.弹体；3.俯仰螺旋撑杆；4.固定支撑架；5.上筒体总成；6.手摇调节杆；7.下筒体总成；8.固定式底座

Figure 1. Rocket launch system diagram

图 1. 火箭发射系统总体图

3. 关键零部件设计

3.1. 多弹型通用发射轨道设计

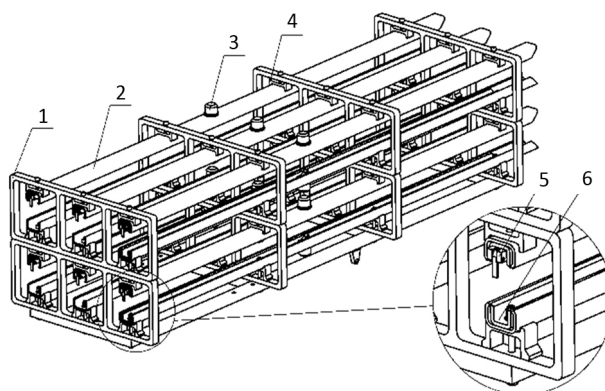
国内人工增雨防雹火箭型号较多，各厂家之间采用不同的类型，主要表现在弹体直径及长度间的差异较明显，为适用于国内多弹型、不同用量的需求，依据常用主流弹型开发了多弹型通用、轨道数量可变的发射轨道。

多弹型通用发射轨道主要由轨道支撑架 1、发射轨道 2、点火装置 3、轨道垫块 4、挡弹装置 5 和内轨道 6 组成，如图 2 所示。其中发射轨道 1 与轨道垫块 4 用螺栓进行连接，通过调节轨道支撑架数量可以实现容弹量的调节，在原有轨道上增加内轨道可缩短轨道间距，满足多种尺寸弹型的发射需求。

挡弹装置主要用于在火箭弹装入之后防止火箭弹脱出定向器，主要由挡弹器芯 1、销轴 2 和挡弹器座 3 组成，如图 3(a)所示，在发射轨道内侧通过螺栓固定于轨道支撑架上，如图 3(b)所示。

3.2. 回转盘总成设计

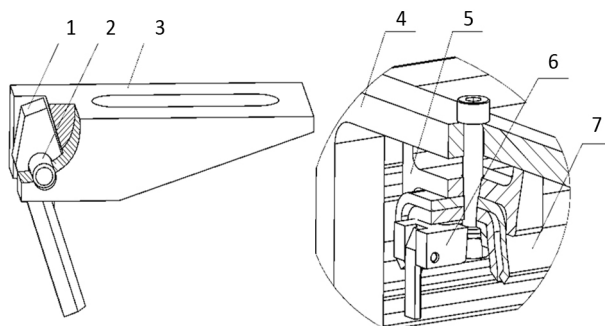
回转盘总成是保证上下筒体回转，实现方位角调节的重要部件，整体结构如图 4 所示。利用螺栓将上筒体 1、上回转盘 2、方位从动齿轮 4 两两相连，而下回转盘 5、下筒体 6、步进电机 7 采用螺栓相互



1.轨道支撑架; 2.发射轨道; 3.点火装置; 4.轨道垫块; 5.挡弹装置;
6.内轨道

Figure 2. Multi-elastic universal launch orbit diagram

图 2. 多弹型通用发射轨道图



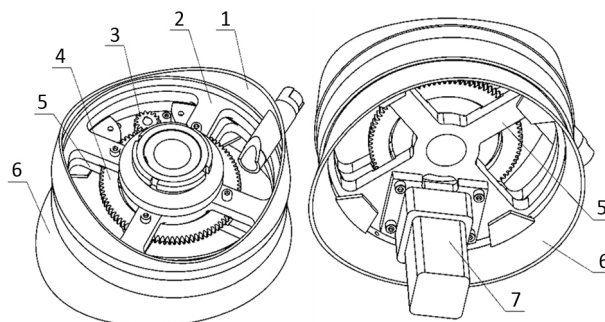
(a) 挡弹器结构图 (b) 挡弹器安装示意图
1.挡弹器芯; 2.销轴; 3.挡弹器座; 4.轨道支撑架;
5.轨道垫块; 6.挡弹装置; 7.发射轨道

Figure 3. Ball stop structure and installation diagram

图 3. 挡弹器结构及安装图

连接, 方位主动齿轮 3 安装至步进电机 7 输出轴。

工作时, 步进电机输出动力带动方位主动齿轮按预定转速和时间匀速转动, 经方位主动齿轮和方位从动齿轮的啮合, 带动上筒体转动至预定角度, 实现方位角调节。



1.上筒体; 2.上回转盘; 3.方位驱动齿轮; 4.方位从动齿轮; 5.下回转盘; 6.下筒体; 7.步进电机

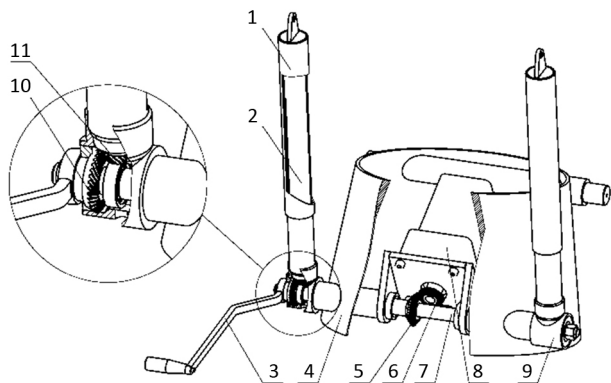
Figure 4. Back turntable assembly diagram

图 4. 回转盘总成图

3.3. 俯仰传动机构的设计

人工增雨防雹火箭发射的仰角是决定火箭能否按照预定轨迹飞行的重要参数，为保证火箭发射的精度，采用多级伞齿轮传动的俯仰传动机构，实现步进电机驱动，如图 5 所示。

工作过程中，步进电机驱动中心主动齿轮匀速转动，经中心传动齿轮、传动轴、侧边主动伞齿轮和侧面从动伞齿轮带动俯仰螺旋轴旋转，进而驱动俯仰螺旋套筒伸缩，实现定向器角度的调节。



1.俯仰螺旋套筒；2.俯仰螺旋轴；3.手动摇柄；4.上筒体；5.中心从动齿轮；6.中心主动齿；7.传动轴；8.步进电机；9.伞齿轮外壳；10.侧边主动伞齿轮；11.侧面从动伞齿轮

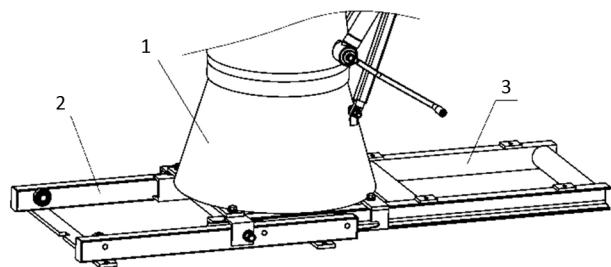
Figure 5. Pitch transmission diagram

图 5. 俯仰传动机构图

3.4. 固定式底座的设计

为增强火箭发射系统的机动性，目前大多采用运输工具进行远程运输，到达目的地以后在运输工具上直接进行发射的方式，有利于减少整机装卸次数，减少人工投入，降低机器产生的振动，增强机械寿命。

本文设计了一种限位滑动式底座，主要由下筒体总成、底座固定板总成和底座移动轨总成组成，如图 6 所示。当发射系统处于运输状态时，滑轨底座位置如图 1 所示，发射状态如图 6 所示。



1.下筒体总成；2.底座固定板总成；3.底座移动轨总成

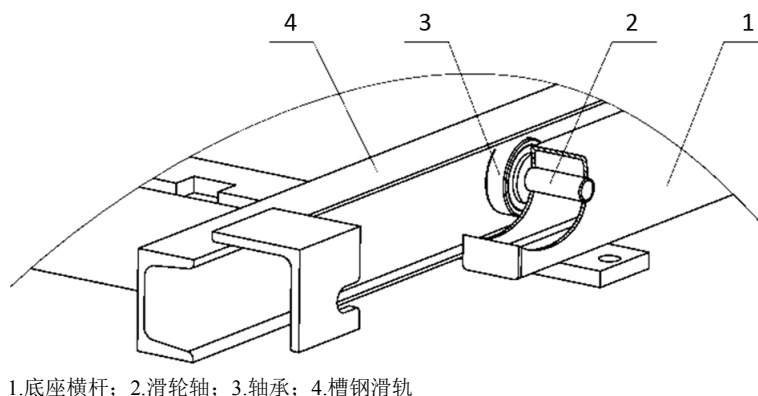
Figure 6. Fixed base structure diagram

图 6. 固定式底座结构图

底座固定板总成与底座移动轨总成采用轴承与槽钢滑轨相配合的方式实现系统的滑动(见图 7)。

4. 自动控制系统的的设计

目前，火箭发射装置大多是手动工作模式，存在作业准备时间长、效率低、精准打击准确率低等缺



1.底座横杆; 2.滑轮轴; 3.轴承; 4.槽钢滑轨

Figure 7. Slide structure diagram
图 7. 滑轨结构图

点, 在现在空域管理严格、地面建筑物密集、目标云移速快的现状下, 严重阻碍了人工增雨防雹技术的发展, 加快发射系统自动化已成为当前的必然趋势。

为增强发射系统自动化程度, 降低人工发射误差大等问题, 设计了基于近距离无线遥控的火箭发射控制系统, 如图 8 所示, 实现火箭发射架定向器方位俯仰自动控制、信息采集、作业数据记录与上传、作业禁区识别、发射轨道回路阻值检测、点火发射、近远程控制等功能。

工作时, 火箭发射系统运送至固定位置, 开启电源, GPS 识别当前区域是否为作业禁区, 两部超声波传感器判定周边是否有人滞留, 并检测轨道回路阻值是否满足发射要求; 而后由近距离无线遥控器设定方位角和仰角, 驱动俯仰步进电机和方位步进电机动作, 达到预定角度后下达点火指令, 经单板机处理后, 指定轨道正极点火触头供电, 实现点火发射。火箭弹离架后, 热释电传感器、摄像头、振动传感器记录发射过程数据, 回传至单板机, 经 WF 天线上传至服务器, 实现发射信息采集、作业数据记录等功能。

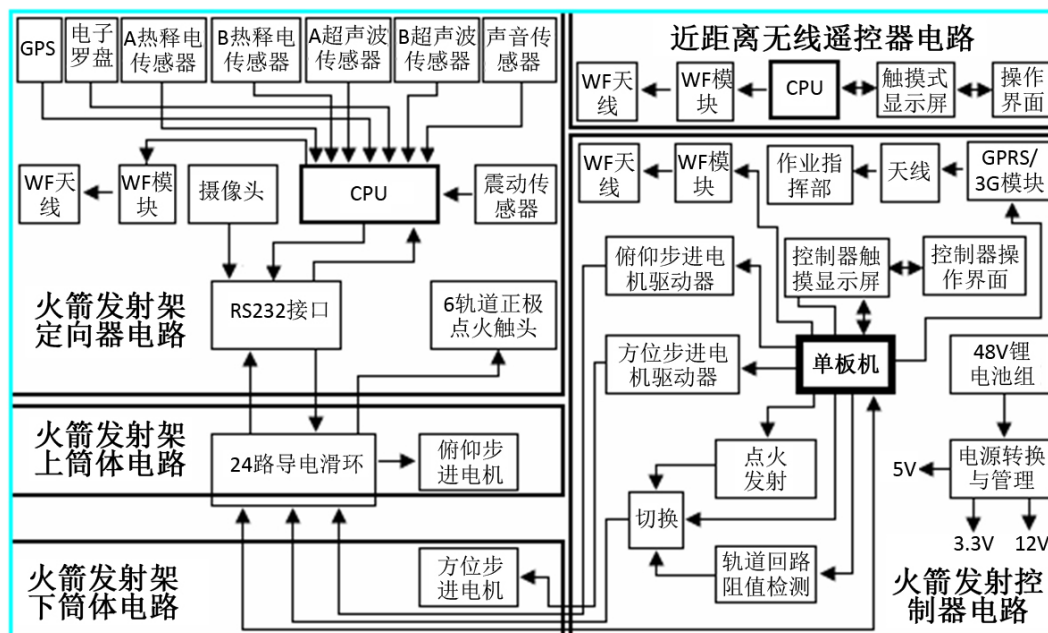


Figure 8. Transmitting system control circuit schematic
图 8. 发射系统控制电路原理图

5. 结论

1) 针对国内人工增雨防雹火箭型号多、单次用量不同等问题,设计了一种多弹型通用、轨道数量可变的自动化的人工增雨防雹火箭发射系统,提升了人工作业的技术水平和效果,对提高火箭作业技术及抗旱减灾具有重要意义。

2) 利用增加内轨道的方式缩短轨道间距,满足多种尺寸弹型的发射轨道需求;设计了利用步进电机驱动的回转盘总成和俯仰传动机构,进行方位角和俯仰角的自动调节;开发了限位滑动式底座,满足了发射系统机动状态下的运输和工作需求。

3) 利用各类传感器和单板机设计了基于近距离无线遥控的火箭发射控制系统,实现了火箭发射姿态自动控制、信息采集与上传等功能,提高了发射系统的自动化程度。

参考文献

- [1] 章澄昌,许焕斌,段英. 人工影响天气岗位培训教材[M]. 北京: 气象出版社, 2003.
- [2] 安振涛. 弹药储存安全技术与管理[M]. 北京: 解放军出版社, 2003.
- [3] 陈光学,王铮. 人工影响天气作业方法及设备[M]. 北京: 中国宇航出版社, 2002.
- [4] 李大山. 人工影响天气现状与展望[M]. 北京: 气象出版社, 2002.
- [5] 晏军,李斌. 机载焰弹发射装置弹药储运防护设计[J]. 包装工程, 2018, 39(9): 233-237.
- [6] 晏军. 影响天气火箭作业车弹药包装储运一体化[J]. 包装工程, 2017, 38(17): 108-111.
- [7] 徐新琦,袁书生. 固体发动机药柱公路运输随机振动响应分析[J]. 固体火箭技术, 2001, 24(4): 33-36.
- [8] 邹春根,王雪霖,罗喜平. 新型固态碘化银烟条及播撒装置的研发与应用[J]. 现代制造技术与装备, 2016(12): 52-53.
- [9] Grant, L.O. and Steele, R.L. (1966) The Calibration of Silver Iodide Generators. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **11**, 713-717. <https://doi.org/10.1175/1520-0477-47.9.713>
- [10] 晏军. 人工增雨防雹火箭发射装置地面减振基座的设计[J]. 机械制造, 2018, 56(1): 5-7.
- [11] 董皓文,刘子铖,王业修. 利用 WR-98 型火箭弹实施人工增雨效果研究[J]. 农技服务, 2017, 34(20): 140.
- [12] 杨炳华,王星钧. 人工增雨防雹火箭发射架缓冲底座的设计[J]. 机械制造, 2015, 53(12): 70-71+79.
- [13] 张国钧. 增雨气象火箭弹结构设计及试验研究[J]. 中北大学学报(自然科学版), 2011, 32(4): 459-464.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2332-6980, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: iae@hanspub.org