

# 一种用于消防车的无人机自动起降装置研究

樊兵 贺西武 刘林 朱旭耀 柴博 王亮平 刘亮 刘栋

北京机械设备研究所

DOI: 10.12238/ems.v5i2.6109

**[摘要]** 针对森林消防车车载无人机携弹可快速出舱灭火的功能,提出了一种便于车载运输固定的无人机自动起降方案。结合起降装置安装的有限空间、升降高度要求、无人机对正时效、任意位置锁定、断电可解锁、手动撤收、并可通过视觉观测起降状态等指标,研制了一种无人机自动起降装置。该装置采用伺服电机驱动平台上下动作,动力通过“H型”布置换向器传递到四根滚珠丝杠,并通过四个直线滑轨导向;在水平方向上采用伺服电机正、反滚珠丝杠在单一方向对中,利用伺服电机驱动直线模组对中另外一个方向;全系统采用PLC控制,与上位机采用CAN通讯,从而可以更好的实现装置控制功能。

**[关键词]** 森林消防;无人机;自动起降装置;滚珠丝杠

## Research on a ball screw type unmanned aerial vehicle automatic take-off and landing device of forest fire trucks

Fan Bing He Xiwu Liu Lin Zhu Xuyao Chai Bo Wang Liangping Liu Liang Liu Dong

Beijing Institute of Machinery and Equipment

**[Abstract]** Aiming at the function of forest fire truck vehicle unmanned aerial vehicle(UAV) carrying ammunition can quickly get out of the cabin to extinguish fire, an automatic take-off and landing scheme of UAV is proposed which is convenient for vehicle transport and fixed. Combined with the limited space of take-off and landing device, lifting height, lifting and centering time, can be locked at any position, can be unlocked with manual operation when power fails, and can observe take-off and landing status through observation, a device of automatic take-off and landing for UAV is developed. The serve motor of the device drive the platform up and down. The power of the device is transmitted to the four ball screw through "H-type" arrangement commutator, and the device through four straight slide guide. In the horizontal direction, the servo motor of the device drive ball screws center in a single direction and drive linear module center in another direction. The whole system adopts PLC control, and the upper computer adopts CAN communication, so as to better realize the device control function.

**[Key words]** Forest fire; UAV; Automatic take-off and landing device; Ball screw

### 引言:

据统计中国每年平均发生森林火灾1万余次,过火面积达上百万公顷<sup>[1]</sup>,因火灾伤亡人数逐年增长,因此降低森林失火损失已是摆在我国面前需要解决的难题。我国在森林消防体系中常规使用的灭火装备有灭火水枪、风力灭火器、灭火炮、点火器及大中型扑救设备<sup>[2]</sup>,这些大型设备是我国目前森林消防主力军,但缺乏机动性、灵活性<sup>[3]</sup>。而森林消防无人机具有全天候、全天时、多目标、多任务的侦察、监视功能<sup>[4]</sup>,同时森林消防无人机具有经济性能好、费效比高、环境适应性强、机动性好、视野全面等诸多优势,可辅助或替代人在复杂严峻的火场环境下执行多项灭火任务,既提高了救援效率,又降低了

消防员执行任务时的危险系数<sup>[5]</sup>。

目前我国在森林消防中应用无人机技术尚处在起步阶段<sup>[6]</sup>。由于森林消防投弹式无人机机翼臂展较大,缺乏高效重复利用的车载平台,国内车载平台多用于小型无人机,但存在撤收缺乏对正、自动固定功能,时效性差,可重复利用率低的不足。例如美国研发的Tether E型无人机车载升降收纳装置采用翻盖式收纳箱,承载较小型无人机且缺乏姿态调整;中国航天科技集团第27研究所采用两个伺服电机驱动滚珠丝杠带动平台升降的车载装置,升降小型无人机仅有竖直单方向自由度<sup>[7]</sup>。

本文提出了一种具备自动升降功能、自动对中功能、自动固定功能,整体组装方便、轻质、承载能力高、耗电较低的功能

能车载平台。该无人机平台能够快速侦察火情，实现精准灭火功能，减少人员的投入，从而在很大程度上保障了消防人员的人身安全。

一、自动升降装置总体方案

(一) 自动升降装置结构组成。无人机自动起降装置应具有升降功能、对中功能及锁紧功能，锁紧功能可实现运输过程中无人机完全固定的功能要求，提出了采用伺服驱动螺旋升降装置，从而带动平台升降，将对中调整机构集成在平台上，且利用对中装置带动固定块实现机械锁定，该装置整体结构如图 1 所示。

本装置采用伺服电机驱动，可通过伺服电机带抱闸实现自锁功能，在断电情况下可通过 UPS 供电解除抱闸，可手动实现平台回收。采用伺服电机驱动，可在行程范围内任意位置停机，停机精度高，且在二次上电后系统可判断出所处位置，最终对无人机及起降装置所处位置进行实时监控和反馈。

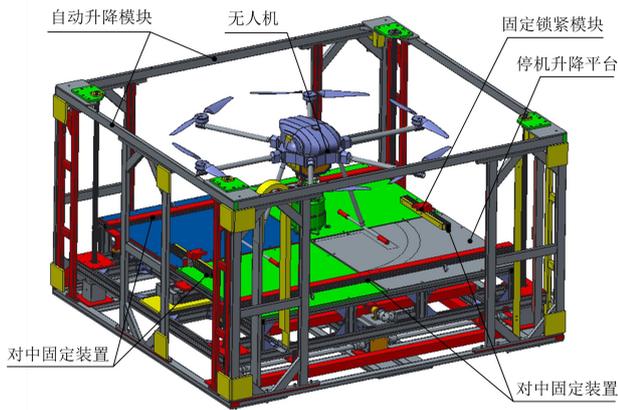


图 1 单台无人机起降装置

(二) 自动升降模块方案。自动升降模块主要由铝制型材焊接固定框架、H 型螺旋升降装置、导向直线滑轨等组成，如图 4 所示。考虑到工程上车载振动问题，采用直线滑轨对核心机构 H 型螺旋升降装置中滚珠丝杠径向力扰动进行抑制，对滚珠丝杠能起到保护作用，从而有利于整体框架稳定，进而对无人机进行保护，整套起降装置可靠性大幅提高。

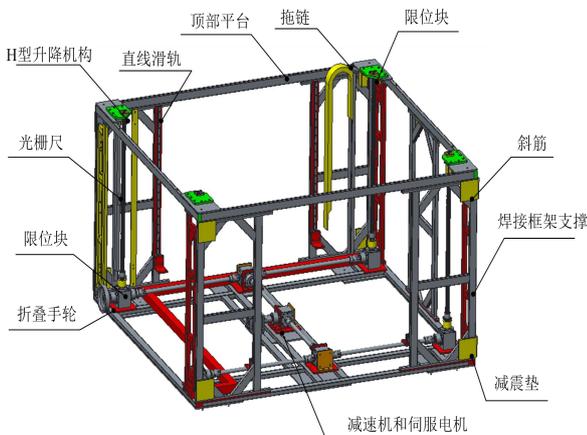


图 2 升降模块组成图

(三) 对中模块方案。对中模块分为前后对中及左右对中装置，如图 3 所示。由于空间结构限制前、后对中装置采用滚珠丝杠式直线模组，共两组对称放置。直线模组将滚珠丝杠和线性滑轨整合在一起，具有精度高、安装快速、刚性高、省空间等特点。左、右对中装置采用正、反丝杠，单个轴具有正反、丝杠过长造价昂贵缺点，经考虑创造性采用联轴器将正、反两组滚珠丝杠接起来，即降低成本，又很好实现了对正功能，装置整体采用伺服电机驱动，可在多点停动，可实现装填灭火弹、对中两种功能。

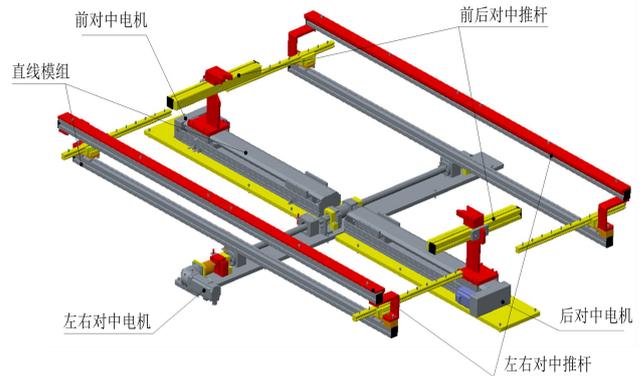


图 3 对中模块

(四) 固定锁紧模块方案。固定锁紧模块方案如图 4 所示，限位块限制无人机在 X、Y 方向上的运动，仿形 V 型槽卡在无人机斜杆处进行钳制压紧，V 型块采用具有弹性材料，可确保支撑杆在运输过程中不会晃动，压板限制无人机在 Z 方向的运动，为更好的确保无人机安全，对各自到位置采用电气限位或者机械限位，各模块之间的配合实现无人机在对中后的固定锁紧。

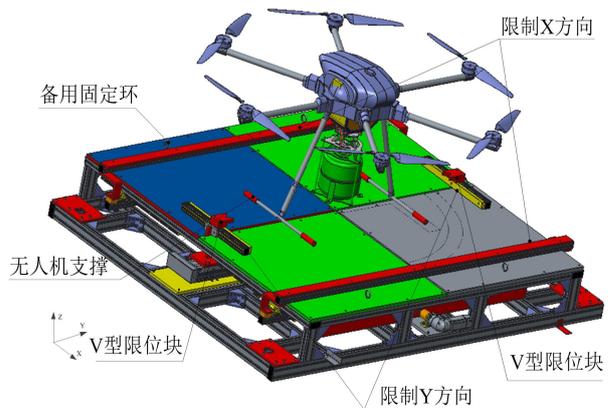


图 4 固定锁紧模块

二、自动升降装置电气控制方案

自动升降装置采用 PLC 作为主控单元，PLC 既可通过 CAN 总线接收上位机命令作出相关指令，又可通过 CAN 总线将数据传输到上位机。其控制逻辑流程见图 5，控制结构框图如图 6 所示。

通过给工控机发指令给视觉摄像头，摄像头采集数据，即确定无人机有/无、姿态，然后工控机发指令给 PLC，命令对应

伺服电机作出相关动作，当伺服电机到位后，检测传感器会将信号发给 PLC，伺服电机停止动作。整个过程闭环，从而确保整套系统实现对无人机的升降放飞和安全保护的功能。

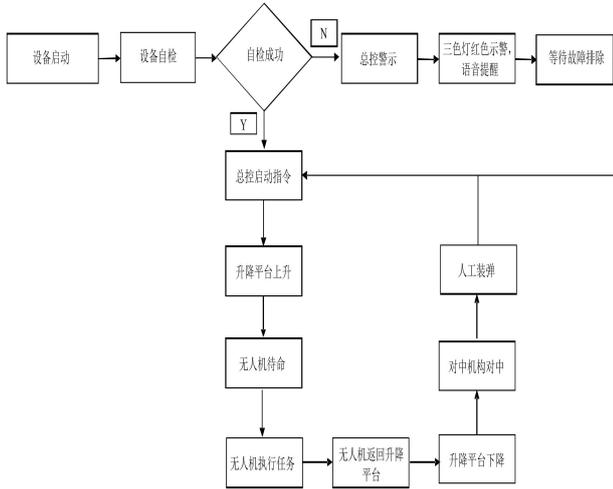


图 5 控制逻辑流程

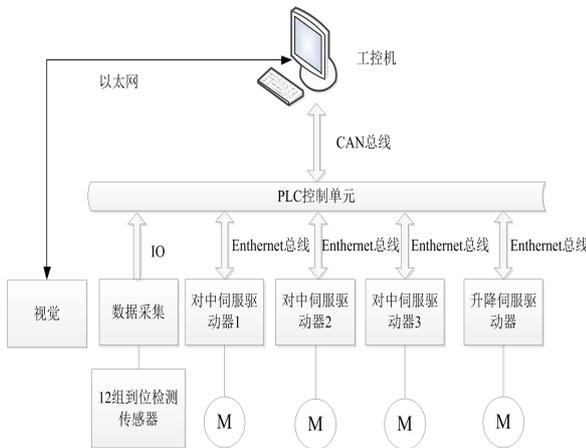


图 6 控制结构框图



图 7 升降验证实物图

三、实车验证

(一) 功能验证及分析。在底部固定的情况下将自动升降装置进行上电测试，升降平台可以稳定上升，将无人机提升至指定高度，整个过程历时 12s 即可完成。通过试验验证，对中功能可高效、快速的将无人机调整到中间位置，整个对中时间不超过 5s，对中后经 V 型块对无人机的固定，无人机无晃动现象固定结实可靠。如图 7 所示。

(二) 上车测试。经实验验证，自动升降装置可以稳定的实现无人机的快速升降与回收，工作状态稳定，对中及固定与测试结果相同，实车测试实物如图 8 所示。



图 8 上车测试实物图

四、结论

本文提出一款可满足车载快速起降、快速对中、快速放飞要求的无人机自动起降装置，该装置可靠性好、使用效率高、可实现无人机的自动固定。该自动起降装置已经通过实车验证，成功应用于森林消防车上，因此本文所提出的自动升降装置在消防系统应用中具有可行性。

【参考文献】

[1] 李光星. 森林灭火实战中无人机技术的应用[J]. 科技创新与应用. 2022. 12(01):135-137.  
 [2] 张文文, 王秋华, 闫想想, 等. 森林草原防火灭火装备研究进展[J]. 林业机械与木工设备, 2020, 48(05):9-14.  
 [3] 魏茂洲, 王克印. 森林灭火装备的现状与展望[C]. 当代林木机械展览(2006), 2007:82-84.  
 [4] 覃睿, 陈子健, 闫琳. 有人/无人机协同森林灭火作战体系结构设计[J]. 灾害学, 2022, 37(01):165-170.  
 [5] 王瑞强. 消防无人机在灭火救援中的应用[J]. 今日消防, 2022, 7(01):37-39.  
 [6] 白乡, 邵明非, 朱斌海, 等. 国内无人机森林消防发展趋势[J]. 木工加工机械, 2018, 29(03):34-36.  
 [7] 张芸侨. 海上系无人机自动收纳机构研究[D]. 哈尔滨工程大学, 2020.

作者简介：樊兵（1986.11）男，汉，籍贯：陕西延安，研究生，研究方向：智能机电自动化设计，现有职称：中级工程师。