

一种无人机回收系统的安全优化

杨志成

(中国人民解放军 92419 部队, 辽宁 兴城 125106)

摘要: **目的** 解决无人机回收系统因存在操作不当, 引起减速伞的牵引钢丝绳断裂, 导致无人机无法正常伞降问题。**方法** 将回收系统减速伞的拉断绳加上插销封包方式改为拉断绳封包方式, 将减速伞舱内固定工艺改为舱顶固定方式, 从根本上避免因操作问题导致回收失效的情况。**结果** 地面静拉试验表明, 优化后的减速伞封包方式可以实现减速伞正常解封。冲击试验表明, 优化后的减速伞固定工艺可以牢靠固定。**结论** 优化后的减速伞封包方式和固定工艺符合无人机回收系统使用要求, 并且提高了伞降的安全性。

关键词: 无人机; 回收系统; 减速伞

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2019.05.002

中图分类号: TJ02 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2019)05-0006-03

Safety Optimization of a Kind UAV's Retrieving System

YANG Zhi-cheng

(No. 92419 Unit of PLA, Xingcheng 125106, China)

ABSTRACT: Objective To solve the problem that improper operation of UAV's retrieving system causes the fracture of conveying rope of drag parachute, leading to parachute failure. **Methods** The packet mode was changed from latch plus brake rope to break rope and the fixing process was changed from the middle part of recovery package to the top of recovery package, to avoid retrieving failure caused by improper operation. **Results** The static tension tests showed that the drag parachute could be unsealed. The impact tests indicated that the drag parachute could be fixed firmly after the packet mode and the fixing process were optimized. **Conclusion** The packet mode and the fixing process after optimization meet the operation requirement of UAV's retrieving system. It improves the security of parachute landing.

KEY WORDS: UAV; retrieving system; parachute

随着无人机应用市场的不断扩大, 对无人机的研究使用不断发展进步^[1-3]。回收系统作为无人机的重要组成部分^[4]尤其被重视, 可是在无人机飞行的整个过程中, 回收阶段却是最容易出现故障的阶段^[5-6]。资料表明, 无人机回收过程的故障数占整个无人机任务故障数的 80%^[7-8], 因此无人机的安全回收变得至关重要, 业已成为无人机发展的关键问题^[9-11]。限于场地限制以及经济成本, 伞降回收^[12-15]成为当前无人机回收的主流方式被广泛应用, 笔者结合工作实际的

情况, 针对一种伞降回收系统存在的使用风险问题, 对其安全使用进行优化。

1 基本工作原理

回收系统的工作原理是: 减速伞通过射伞火箭完成牵引开伞, 在气流的作用下充气张满, 实现对无人机的减速, 如图 1 所示。减速伞工作的具体出舱-拉直流程为, 射伞火箭工作拉动钢丝绳, 钢丝绳拉动三

角连接环，拉断插销保险绳，拉动插销出扣环，拉直减速伞的伞顶带，将减速伞拉出伞舱，在火箭推力作用下，拉断减速伞牵顶绳，射伞火箭带着伞衣套与减速伞分离，伞衣充满，完成无人机的减速。

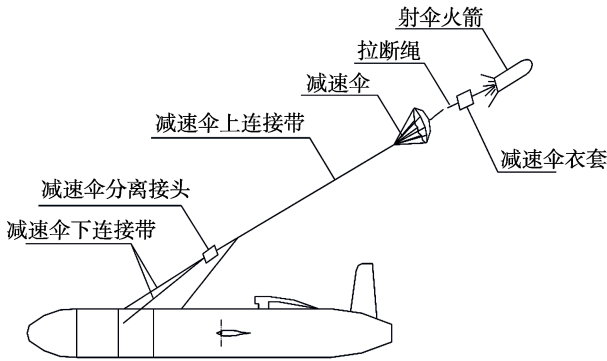


图 1 回收系统的工作示意

2 存在的风险

在实际应用过程中发现，无人机回收过程中存在减速伞未正常工作的情况。依据数据以及现场观察分析，判断射伞火箭拉减速伞出舱过程中，与伞衣套三角环连接的射伞火箭的钢丝绳断裂，导致减速伞出舱失败。

钢丝绳与减速伞舱连接，如图 2 所示，连接关系为钢丝绳-2 个三角连接环-插销+封包绳-4 根减速伞捆绑带-机体固定。由于钢丝绳的弹性和强度均小于捆绑绳，抗冲击能力相对较弱，且强度不足，三角连接环与钢丝绳接触面积又较小，使钢丝绳的套接位置成为薄弱环节。如果操作不当，致使减速伞拉出过程存在插销卡滞，造成冲击力增大，容易导致钢丝绳断裂。

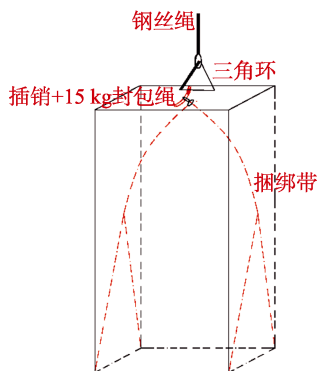


图 2 钢丝绳与减速伞舱连接

3 风险机理分析

射伞火箭拔出插销为快速动态过程，所以应将插销沿拔出方向安装到位，以保证插销拔出力最小。如

果无法保证插销的正确安装方向，致使插销拔出阻力大，导致两个三角环顶部的间距比正常状态增大，如图 3 所示。钢丝绳受到的剪切力 F_2 增加 30%，钢丝绳轴向拉力 F_3 增加 15%，增加了钢丝绳断裂位置受力，钢丝绳受到的冲击力增大，导致钢丝绳断裂。

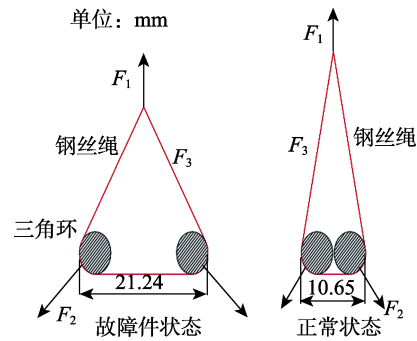


图 3 钢丝绳受力分析

4 优化措施

针对钢丝绳断裂存在的风险导致的回收过程失败，对减速伞的封包工艺进行优化。一是减速伞封包时，取消原插销封包方式，更改为拉断绳封包，采用绳芯作为减速伞的封包绳，在解除封包时，直接拉断封包绳即可。二是为保证减速伞的可靠封包，将减速伞捆绑绳安装固定工艺更改为将 4 根捆绑绳对拉至伞舱中心后用 49 N 封包绳固定，如图 4 所示。

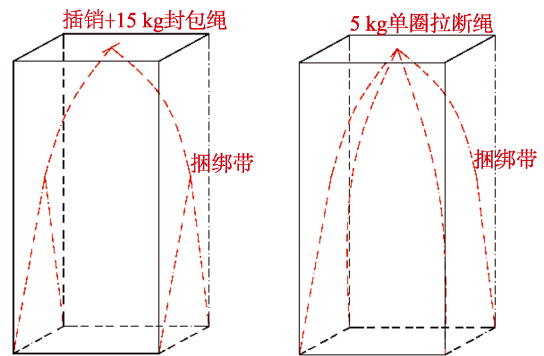


图 4 封包方式优化

5 试验验证

5.1 地面静拉试验

针对不同的封包方式进行了地面静拉试验，试验结果见表 1。对比数据可见，单股 49 N 拉断绳解封力小于插销拔出方式，可以正常解封。

5.2 冲击试验

依据无人机使用的力学条件，减速伞按更改后的包装状态装舱，进行了力学环境考核，验证了 49 N

封包绳能够在无人机飞行过程中可靠固定减速伞。

表 1 不同封包形式静拉解封力

| 序号 | 封包形式 | 静拉解封力/N |
|----|--------------|---------|
| 1 | 49 N 拉断绳+插销 | 220 |
| | | 210 |
| 2 | 147 N 拉断绳+插销 | 418 |
| | | 438 |
| 3 | 147 N 拉断绳 | 260 |
| | | 350 |
| 4 | 双股 49 N 拉断绳 | 180 |
| | | 250 |
| 5 | 单股 49 N 拉断绳 | 130 |
| | | 100 |

表 2 冲击试验结果

| 试验方向 | 波形 | 加速度峰值 | 持续时间 /ms | 冲击次数/次 | 试验结果 |
|------|----|-------|----------|--------|------|
| x | 半正 | 21 | 11 | 3 | 可靠固定 |
| | 弦波 | 52 | 2 | 3 | 可靠固定 |
| y | 半正 | 38 | 11 | 3 | 可靠固定 |
| | 弦波 | 52 | s | 3 | 可靠固定 |

6 结语

鉴于回收系统的插销加封包绳的封包方式容易造成卡滞,导致连接钢丝绳受力过大断裂,造成回收失败。将封包方式改为拉断绳封包,同时更改了减速伞的固定工艺,并经地面静拉试验和冲击试验验证可行,符合无人机回收系统使用要求,并且提高了伞降的安全性。

参考文献:

- [1] 庞志兵, 欧红艳, 谢方明, 等. 某型无人靶机发动机噪声测试及研究[J]. 装备环境工程, 2012, 9(3): 44-47.
- [2] 张九阳. 无人机发射与回收技术[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2012.
- [3] 邹凯, 丁继成. 无人机自主着陆高度控制系统设计研究[J]. 计算机测量与控制, 2016, 24(7): 90-92.
- [4] 华晓波. 无人机发射和回收系统结构的力学分析和试验[D]. 杭州: 浙江大学, 2010.
- [5] 赵云辉, 梅劲松. 伞降回收系统建模仿真与回收策略[J]. 兵工自动化, 2012, 31(2): 73-78.
- [6] 张栋. 某型无人机伞降系统的设计与优化[D]. 南昌: 南昌航空航天大学, 2015.
- [7] 刘志强. 小型无人机伞降回收运动分析[J]. 宇航计测技术, 2013, 33(6): 54-57.
- [8] 郭亮, 张红英, 童明波. 无人机伞回收动力学分析[J]. 南京航空航天大学学报, 2012, 44(1): 14-19.
- [9] 李文鹏. 全球定位系统在无人机自主回收上的应用[J]. 现代制造技术与装备, 2016, (12): 126-127.
- [10] 邓海飞, 吕艳梅, 王家林, 等. 某型无人机伞降回收系统故障模式、影响及危害性分析[J]. 装备环境工程, 2012, 9(3): 90-93.
- [11] 孙林峰, 马晓平, 吴佳凯. 无人机绳钩回收仿真研究[J]. 科学技术与工程, 2012, 12(7): 1572-1575.
- [12] 吴成富, 邵朋院, 马松辉, 等. 无人机伞降定点回收技术研究[J]. 计算机仿真, 2012, 29(6): 104-107.
- [13] 李光超, 马晓平. 无人机伞降回收运动分析[J]. 飞行力学, 2007, 4(25): 25-28.
- [14] 刘靖. 无人机伞降回收系统设计与实现[J]. 指挥控制与仿真, 2016, 38(6): 109-112.
- [15] 李岩, 张军红. 无人机伞降回收系统结构设计与分析[J]. 电子机械工程, 2016, 32(5): 44-46.