

环境适应性设计与分析

某无人机回收系统故障改进设计

田新锋

(中国人民解放军 92419 部队, 辽宁 兴城 125106)

摘要: **目的** 解决无人机回收过程中, 点火具工作失效, 导致无人机坠毁的问题。**方法** 对点火具工艺进行改进, 点火具收口至管壳口部与定位环完全接触, 在绸垫与管壳的接缝处用硝化棉胶液粘接。**结果** 地面试验验证和空中飞行验证表明, 改进措施有效, 更改后的点火具工作稳定可靠。**结论** 更改工艺后的点火具工作稳定, 满足无人机回收系统使用要求, 相比原状态提高了回收系统工作可靠性。

关键词: 无人机; 射伞火箭; 回收系统; 可靠性

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2019.07.011

中图分类号: V216

文献标识码: A

文章编号: 1672-9242(2019)07-0048-03

Improvement Design for Fault in Recovery System of an UAV

TIAN Xin-feng

(Unit 92419, PLA, Xingcheng 125106, China)

ABSTRACT: Objective To solve the problem of UAV crash caused by the failure of firing rocket igniter in UAV recovery. **Methods** The manufacturing process of ignition device was improved. The ignition device close to the mouth of the shell and the positioning ring was in full contact, and the joint between the silk pad and the shell was bonded with nitrocellulose glue. **Results** Ground tests and aerial flight tests showed that the improvement measures were effective, and the modified ignition devices were stable and reliable. **Conclusion** After changing the process, the ignition device is stable and meets the requirements of the UAV recycling system. It improves the reliability of the recovery system compared to the original state.

KEY WORDS: UAV; parachute rocket; retrieving system; reliability

随着无人机技术的发展, 无人机在军事和民用领域得到了广泛应用^[1-2]。回收系统作为无人机系统的重要组成部分, 决定了无人机的重复使用性、生存能力等技术指标^[3-4]。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%^[5-7], 因此无人机的安全回收变得至关重要, 已成为无人机发展的关键问题^[8-10]。常用的无人机回收方式有伞降回收、气囊减震、反推火箭、着陆滑跑、撞网回收等^[11-14]。文中针对某型无人机伞降回收过程出现的故障进行分析定位, 并提出改进设计方法。

1 回收系统工作流程

1.1 无人机回收流程

该型无人机采用降落伞+缓冲气囊的方式进行回收, 由于回收速度较大, 降落伞采用两级开伞模式。首先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。其次在减速伞的拉力作用下, 完成主伞牵引开伞, 无人机由水平运动转化为垂直降落运动, 同时缓冲气囊展开, 无人机安全着陆。详细回收过程如图 1 所示。

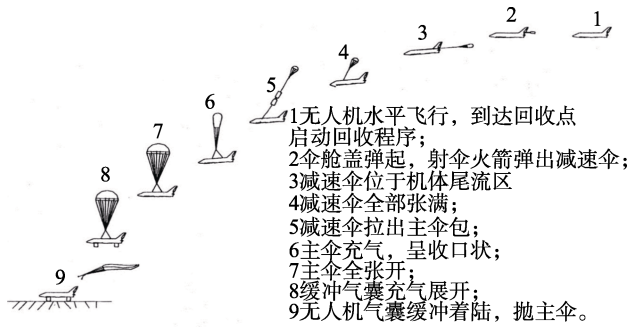


图 1 无人机回收工作流程

1.2 射伞火箭工作流程

从工作过程可以看出，射伞火箭是回收系统正常工作的关键。射伞火箭由发动机、点火具、火箭、连接带等部件组成，其中点火具由接插件、导线、发火件、传火底板、铝箔、壳件和黑火药组成，发火件包括点火桥带、热敏药和点火药等，其结构如图 2 所示。

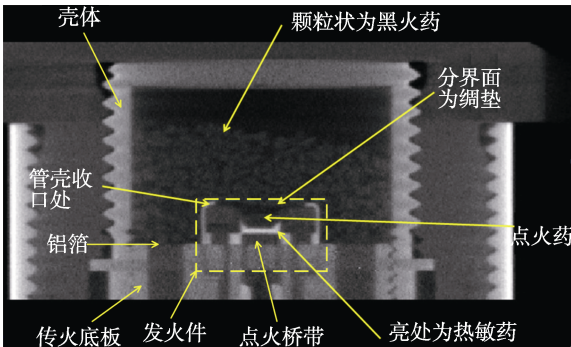


图 2 点火具结构

具体工作流程如下：射伞火箭安装到位后，通过电缆接插件与无人机控制端可靠连接，接通点火电路，射伞火箭处于待发状态。无人机飞控设备给出点火指令，发火件受到点火电流激励后点火，点燃发动机点火药，点火药迅速燃烧，全面点燃发动机装药。发动机推动火箭沿定向器开始运动，出定向器后，拖拽减速伞向上运动，直至减速伞顺利打开。射伞火箭的点火序列为：点火桥带→热敏药→点火药→主火药（黑火药）→主推进剂。

2 故障分析

2.1 故障现象分析

在某次飞行回收中，无人机到达回收启动点，伞舱盖正常弹开和分离，但工作人员未观测到射伞火箭工作，减速伞未打开，导致无人机自毁。事后通过对现场产品检查情况和遥测数据判断，机上各回收控制指令正常发出，电气系统继电器已工作，电池电压正常，射伞火箭故障。根据产品工作原理，判定导致射

伞工作故障的原因是射伞火箭传火失败。
之后将故障火箭分解检查，分解后检查的结果为：点火具的点火桥路已经熔断，断口形态正常，如图 3 所示；主点火药（黑火药）未被引燃，绸垫完整脱落，与黑火药混合，两块黄色药片混合其中，如图 4 所示；传火板的管壳口部，安装绸垫的收口压接缝隙大，仅局部压接到位，存在异常。

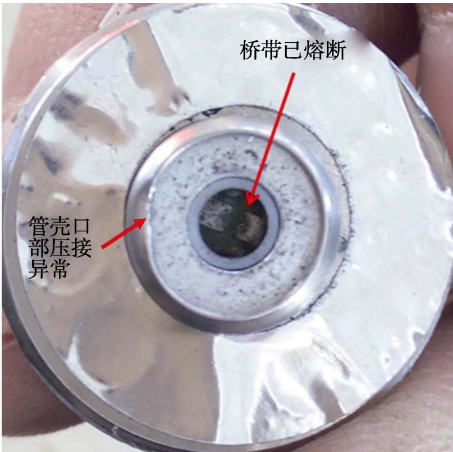


图 3 点火具传火板

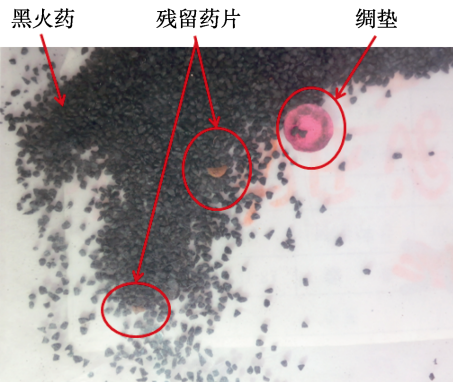


图 4 点火具内的火药

2.2 故障定位

根据故障分析和试验排查情况，飞行试验中点火具未引燃黑火药的原因为：由于管壳收口不平，且绸垫压接不牢，绸垫脱落，造成点火具内腔与黑火药之间的阻隔失效。黑火药进入内腔，与点火药和热敏药摩擦，在振动等力学环境下热敏药和点火药提前脱落，致使桥带熔断后，传火序列中断。

3 机理分析

在上述传火过程中，故障出现的时间及原因为：管壳口部压接异常，在力学震动环境下绸垫脱落，黑火药进入点火具内腔，与点火药和热敏药摩擦，造成热敏药和点火药提前脱落，导致射伞火箭点火具内部

传火失效。由图2可知,点火具绸垫上部为黑火药,处于自由状态。根据绸垫的冲压模具,其尺寸为 $\phi 8.5$ mm的平面。当射伞火箭为工作状态放置时,黑火药由于重力作用在挤压绸垫。

由图5可知,点火头壳体与绸垫压接的区域仅为半径1 mm的环带。在壳体收口异常/绸片冲压偏心的情况下,易造成绸垫压接异常。在运输/飞行过程中,绸垫脱落,对黑火药的分隔限位失效。黑火药进入内腔后,与点火药和热敏药摩擦,造成热敏药和点火药脱落,致使桥带发火后传火失败,黑火药乃至主推进剂无法引燃。

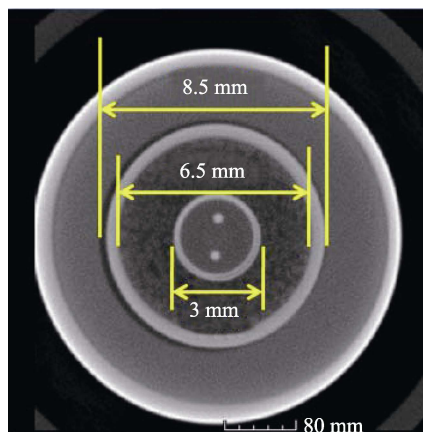


图5 点火头俯视图

4 故障复现及改进措施

按WJ 231和GJB 5309.33震动试验标准进行了3发振动试验(见表1),3发点火具内热敏药和点火药均脱落。热敏药和点火药脱落情况下,桥带熔断不能引燃点火药,故障复现。

表1 点火具震动试验情况

试验数量	试验状态	试验工况	试验结果
3发	绸垫不安装,模拟飞行试验故障情况	150 mm 投放, 1 s/次, 连续 2 h, 模拟公路运输振动状态	3发点火具热敏药和点火药均脱落

根据故障原因,对点火具的工艺进行改进。工艺更改如下:收口至管壳口部与定位环完全接触,在绸垫与管壳的接缝处用硝化棉胶液粘接。

1) 点火具地面验证试验。在已完成改装的73发点火具中抽取36发进行试验验证(见表2),结果表明,地面试验正常。

2) 飞行验证试验。在进行充分地面验证试验后,进行了一个架次飞行试验,射伞火箭工作正常,回收系统工作正常。后续又飞行13个架次,均工作正常,

表明改进措施合理有效。

表1 点火具震动试验情况

试验数量	试验状态	试验工况	试验结果
4发	冲击+振动后,进行发火试验	射伞火箭工作前力学环境条件	力学试验后点火正常
32发	震动试验+发火	150 mm 投放, 1 s/次, 连续 2 h, 模拟公路运输振动状态	力学试验后点火正常

5 结论

造成该无人机飞行试验射伞火箭未工作的原因:由于管壳收口不平且绸垫压接不牢,在振动等力学环境下,热敏药和点火药提前脱落,致使桥带熔断后传火序列中断。通过对射伞火箭点火具工艺进行改进,经地面和实际飞行验证,满足无人机回收系统使用要求,提高了系统的使用可靠性。

参考文献:

- [1] 邹湘伏,何清华,贺继林.无人机发展现状及相关技术[J].飞航导弹,2006,(10):9-14.
- [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] 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.
- [4] 郭耀江.无人机着陆技术研究[J].现代导航,2013(3):195-197.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 杜聪聪,李武军,陈朝浪,等.固定翼无人机回收与发射系统发展综述[J].科技传播,2016(7):113-115.
- [10] 王宏新,刘长亮,成坚.无人机回收技术及其发展[J].飞航导弹,2016(1):27-31.
- [11] 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.
- [12] 李岩,张军红.无人机伞降回收系统结构设计与分析[J].子机械工程,2016,32(5):44-46.
- [13] 祝小平.无人机设计手册[M].北京:国防工业出版社,2007.
- [14] 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.