

# Discussion on the Maintenance of the UAV System in the Comprehensive Support

Fengtao Cui<sup>1</sup> Xinxin Lei<sup>2</sup>

1.Beijing Sankuai Online Technology Co., Ltd., Beijing, 100000, China  
2.Aerospace Times Feipeng Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710000, China

## Abstract

In today's world, unmanned aerial vehicles (UAV) are being used more and more widely, surveying and mapping, aerial photography, emergency communication, geological survey, post-disaster rescue and other different scenarios, which have always played an extremely important role. In order to maintain its best performance, by optimizing the maintainability design index, improve the availability of UAV, reduce the operation cost, and make UAV have good economy and market competitiveness. Through the preliminary introduction of the maintenance system, maintainability design and maintenance level analysis of UAV system in integrated support, as well as the maintainability difference with conventional aircraft, this paper discusses the maintainability of UAV system in integrated support, and looks forward to the development of UAV system technology in the future.

## Keywords

UAV; UAV system; comprehensive support; maintenance; LORA

# 浅谈无人机系统在综合保障中的维修性

崔峰涛<sup>1</sup> 雷鑫鑫<sup>2</sup>

1. 北京三快在线科技有限公司, 中国 · 北京 100000  
2. 航天时代飞鹏有限公司, 中国 · 陕西 西安 710000

## 摘要

当今世界无人机应用越来越广, 测绘、航拍、应急通信、地质勘测, 灾后救援等不同场景无人机发挥着重要作用。为了保持其最佳性能, 通过优化维修性设计指标, 提高无人机可用性, 降低运营成本, 使无人机具有良好的经济性和市场竞争力。论文通过对无人机系统在综合保障中的维修体制、维修性设计、维修级别分析, 以及与常规航空器维修性差异等初步介绍, 浅谈了无人机系统在综合保障中的维修性, 并对今后无人机系统技术发展进行了展望。

## 关键词

无人机; 无人机系统; 综合保障; 维修性; LORA

## 1 引言

无人机系统由无人机飞行平台、任务设备、通信系统、控制站系统和综合保障分系统组成<sup>[1]</sup>。如图 1 所示, 无人机飞行平台包括机体结构、燃油动力系统、航电系统、飞行控制与管理系统、起降系统以及任务管理系统; 任务设备为具有灾难监控及评估的光电吊舱, 通信系统由图 / 传数据链构成; 综合保障系统由地面保障系统、储运箱、备品备件及维修工具组成。

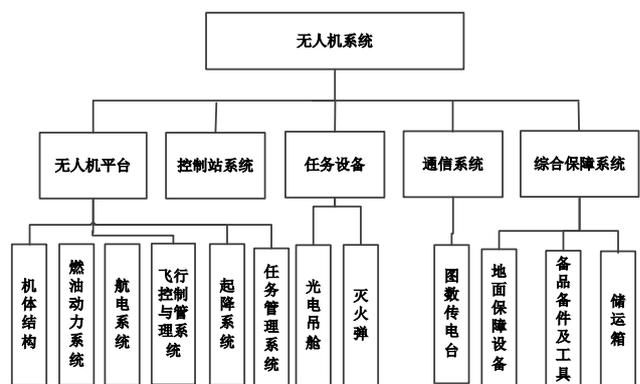


图 1 无人机系统

【作者简介】崔峰涛 (1983-), 男, 中国陕西宝鸡人, 本科, 助理工程师, 从事无人机维修、维护与综合保障研究。

## 2 维修性在综合保障中的意义

航空产品综合保障是为实现飞机完好性目标, 将保障工作贯穿至整个飞机设计、制造、研发、测试阶段, 从而得

以在使用阶段以最低的成本提供所需的保障，其中维修性作为综合保障重要的元素之一为无人机系统正常运营起到举足轻重的作用<sup>[2]</sup>。

维修性是研究航空器全生命周期内维修方案和维修要求的工作过程，是整个综合保障中的要素之一，维修性是无人机产品在规定的条件下和规定的时间内，按照规定的程序和方法进行维修时，保持或恢复到规定状态的能力。

### 3 当前无人机维修体制

当前无人机维修普遍采用两级维修体制，即基层级和基地级。早在 20 世纪 60 年代在美军中广泛使用，后来由于维修复杂程度提高，增设中间环节（中继级）进行辅助维修活动，于是形成三级维修体制，但是随着装备可靠性和维修保障能力提高，中继级要求被逐渐弱化，因此美军率先提出两级维修体制<sup>[3]</sup>。

#### 3.1 基层级维修

由无人机系统装备维修中心保障人员和技术人员始终保证无人机系统保持出勤能力，通常在限定时间就能完成基本维修工作，由相应人员完成无人机系统日常使用、维修、保养、外场可更换单元更换等工作。例如，地面开车是否正常、BIT 检测与失效、简单的修理、LRU 更换、基本功能测试，基本故障的判断。

#### 3.2 基地级维修

具有更高维修能力，一般承担装备大修和大部件的维修，备件制造和基层级不能完成维修的工作，主要由专业航空修理厂或者主机厂承制单位完成，如关键件重要件维修/更换、重大缺陷修理，发动机返修和大修、LRU 修理，SRU 修理等。

### 4 常规维修性设计准则

无人机维修在沿用常规维修体制的同时，针对中、大型无人机来讲，在总体设计阶段，通常借鉴通用航空器维修性设计准则要求并结合无人机自身特点提出定量设计要求和定性设计要求，以满足不同应用场景下的维修性需求，因此根据其特殊用途制定了一系列指标。

#### 4.1 维修性定量指标

维修性定量反映的是各项维修性指标，通常其指标根据总体方案阶段依据无人机后期应用场景需求，是经综合评估给定一个范围值，对于无人机在维修性定量要求方面更注重以下指标。

##### 4.1.1 MTTR

无人机维修性预计通常采用时间累计预计法，把故障定位、隔离、拆卸、重装、校准，检查综合为故障修理时间，将所有维修操作时间按失效率作加权平均，求出系统平均维修时间。

##### 4.1.2 口盖打开和恢复

无人机进行外场作业时，通常需要进行常规维护，尤

其是发动机滑油、机载蓄电池充电更换、安全开关，翼身整流蒙皮等部位要快速拆卸，通过快速打开和恢复，才可保障缩短再次出勤时间，提高出勤效率。某型号口盖相关要求见表 1。

表 1 某口盖要求

口盖类型	检查频率	口盖受力	拆卸/打开时间	示例
勤务型	每日	/	≤5s	发动机滑油/发动机舱等口盖
	定期	/	≤2min	舵机/操纵系统口盖
检查型	/	/	≤5min	系统的旁通/超温/超压检查口盖
操作型	/	受力	≤15min	机翼下表面燃油箱口盖
	/	非受力	≤15min	翼身整流蒙皮

#### 4.1.3 维修成本

在维修过程中产生的费用，比如飞机在基层级和基地级维修费用，包括人力成本、备件成本、时间成本、设备成本等累积的成本，在每平均飞行小时产生的费用。

#### 4.1.4 维修工时

保持无人机达到使用状态的维修工作所用的时间，是每飞行小时需要的平均维修时间的一个衡量标准，维修时间的多少是决定一架飞行器使用效率高低的因素，也是航空器维修性设计性能优劣的重要标志。

#### 4.1.5 无维修贮藏

在无需维修的情况下，系统可以贮藏的时间。表 2 为某型号无人机的维修性关键参数指标。

表 2 某大型无人机的关键参数指标

平均故障间隔时间 (MTBF)	≥40H
无人机维修成本	≤0.1W/FH
每飞行小时维修工时	0.1H/FH
无维修贮藏时间	≥7 天

### 4.2 维修性定性方面

#### 4.2.1 口盖设计

维护舱门/口盖应尽可能采用快卸式，最好不用工具徒手即可开关舱门、口盖，较大的可开启式整流包皮应采用一面铰接结构方式。

#### 4.2.2 免维护设计

在保证使用可靠性的前提下尽量采用免维护设计，追求维修工作内容的最小化，如燃油管路、液压管路、方向舵、升降舵铰链等设计中应考虑采用免维护方式，地面正常工作和维修时，要求飞机要求足够的地面稳定性，而无需压舱物、机头系留或支撑机尾等。

#### 4.2.3 可达性

从维修性设计来讲，测试口盖与接口应便于无人机试

验和测试,系统需维修的部件其安装位置尽可能相对集中,以便于一次性接近。

#### 4.2.4 防差错

防差错设计是维修性的重要内容,在日常维修中可以避免人为差错的可能,即使出现差错由于防差错设计也无法正常安装。一般在结构上出现问题可能性较少,主要集中在机载设备电缆接插件上,如常规维护的电源管理器、地面电源、飞控系统,数据链路插口等。

#### 4.2.5 人素工程

设计中要充分考虑维修人员的工作场景,适合的负荷强度。检查点、定位点应便于识别和维修操作,维修工作条件应符合人的生理参数和能力等等,这样就能提高维修人员的工作效率和维修质量。

#### 4.2.6 互换性

对于故障率较高的易损件,寿命短的零部件要有良好的互换性,常用的互换性项目包括通用标准件/口盖/整流罩/舱门,以备外场随时更换,提高产品维修性。

#### 4.2.7 安全性

根据维修或者维修人员所处位置,保证在维修过程中,无论在故障状态还是维修状态都不会对人员产生危险,凡是可能发生危险的部位,都应在便于观察的位置,以防止人生事故或者设备安全。例如,螺旋桨/空速管碰到人,飞机加油或者上电接口要便于维修人员站立和操作。

### 5 维修级别分析 (LORA)

在进行维修性工作前,先判断采取维修工作的级别,LORA是运用系统分析的方法,对有故障的系统或结构进行经济性或非经济性的分析和评判依据,通过综合分析确定预进行的维修工作及修理级别过程。目前预防性维修与修复性

维修都有LORA要求,通过LORA可以为具体维修项目提供必要依据,同时为维修决策提供重要输入,为维修或者报废提供最佳决策。

### 6 无人机与常规航空器维修性差异

常规航空器维修,维护人员主要负责飞机机载设备某一部分具体的排故和维修、部分结构件修理,以及常规航前/航后检查以和简单定检工作,而且对于常规航空器其维修配套有专门技术资料配套,包括部分适航指令和服务通告,服务信函等。

无人机系统包含无人机本体,地面站,各分系统高度集成,维修综合能力要求较高,无人机本体和地面站通过数据链路进行通信,各系统主要通过计算机进行信号处理,指令发送,计算机信息交联,信号控制更加复杂,系统维修不再是简单机械(ME)和电气(AV),需要多个专业共同协调完成,整个全系统的维修不仅对维护人员技能提出新的要求,同时对于维修性设计带来更多的挑战。

### 7 结语

无人机维修性是一项长期持续性的工作,贯穿于整个试制、定型、试验、交付等全寿命状态,只有不断建立健全整个维修性标准、规范、流程,才能更好地做好无人机系统维修工作,使无人机综合保障系统达到一个全新高度。

#### 参考文献

- [1] 闫旭东.维修性设计在民用飞机中的应用[J].中国科技信息,2015(13):53-54.
- [2] 杨王锋.军用无人机系统的维修保障研究[C]//航空装备维修技术及应用研讨会论文集,2015.
- [3] 孙锐.飞机维修性设计的要求[J].科技视界,2013(13):45+69.