

民用飞机 LRU 规划的维修性因素研究

陈 卉*

(上海飞机设计研究院,上海 201210)

摘 要:

对航线可更换单元(Line Replaceable Unit,简称LRU)规划的维修性因素展开了探讨。对于民用飞机而言,航线可更换单元规划得好坏决定维修性设计的优劣。阐述了航线可更换单元的含义,引入了飞机系统结构分解的概念,介绍了航线可更换单元确定的流程,建立了确定流程图,并分析了维修性因素在LRU规划中的作用。通过考虑LRU与平均修复时间(MTTR)之间的关系,详细介绍了基于LRU规划的MTTR实现。该研究对后续LRU规划和维修性设计具有一定的指导意义。

关键词: 航线可更换单元(LRU);维修性;民用飞机;分解

中图分类号:V267

文献标识码:A

OSID:



0 引言

LRU的定义是指可在飞机上(原位)直接更换的具备独立功能的零件、部件、组件等。LRU规划可以提高航线上更换的便利性,改善维修性,大大节省维修时间,并能在一定程度上减少非计划停场,从而提高飞机签派可靠度。LRU规划是民用飞机设计的基本环节,不仅与飞机系统功能相关,而且与维修性、可靠性、安全性等设计密切相关,并与飞机总体布局方案相互融合,上述几个因素相互之间综合权衡贯穿于飞机设计过程中。但是,目前实际飞机设计研制时,LRU规划往往是凭借经验进行的,并没有足够重视并进行相应的研究。LRU规划设计是维修设计的一个重要组成部分,因此建立LRU规划方法,对于指导飞机维修性设计具有重要意义。

1 航线可更换单元

LRU是民用飞机的重要组成部分,指在航线使用环境中可更换的产品及其组成部分。主要含义包括以下三点:

1)在外场使用环境中。LRU设计主要是为了

提高在实际使用环境中更换的方便性。因此需要较多地考虑LRU的现场故障诊断性、更换方便性、调校简单性等。

2)可更换的。LRU就是为了使产品在使用出现故障或预计将要出现故障时进行现场更换而设计的。

3)零部件及其组成部分。LRU作为系统的一个单元,可以是一个零部件,也可以是几种零部件的组合。至于如何规划设计LRU,将哪些零部件划分为一个LRU,则要综合考虑性能、可靠性、维修性、测试性等多方面因素。

2 飞机系统结构分解

飞机系统的结构分解呈现了组成该系统的功能或物理元素,以及这些功能与物理元素间存在的固有层级关系,系统结构分解应能够分解至原位最低可更换级别。系统结构分解可通过以下形式来表现产品的功能及物理组成:

1)功能分解,以系统功能为对象,分解为功能、子功能、子子功能等;

2)物理分解,以系统物理组成为对象,分解为

* 通信作者。E-mail: chenhui2@comac.cc

引用格式: 陈卉. 民用飞机LRU规划的维修性因素研究[J]. 民用飞机设计与研究,2020(2):51-54. CHEN H. Study on maintainability factors of Line Replaceable Unit divisions for civil aircraft[J]. Civil Aircraft Design and Research,2020(2):51-54(in Chinese).

组件、部件、零件等；

3) 功能与物理混合分解, 以系统功能为对象, 分解为功能、子功能、子子功能等, 同时将系统物理组成与系统功能进行挂接, 体现系统功能与物理组成之间的固有联系。

民用飞机的系统结构分解通常采用功能与物理混合分解的方法。以民用飞机燃油系统结构分解为例, 如图 1 所示, 燃油存储系统和燃油通气系统等, 体现的是功能分解; 油箱的接近口盖, 中央油箱负压释压阀等体现的是物理解析, 通常体现到物理层级分解后的产品结构即可被定义为该系统的 LRU, 比如上述提到的油箱接近口盖、负压释压阀。

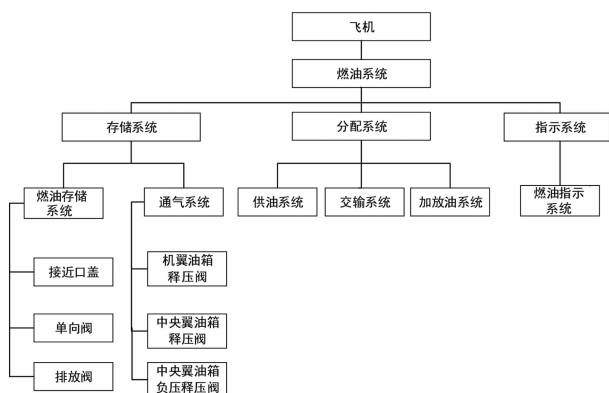


图 1 民用飞机燃油系统结构分解

3 航线可更换单元的确定流程

航线可更换单元可分为不同的层级, 主要为 0 级、1 级、2 级和 3 级等。0 级航线可更换单元不是其它任何一个航线可更换单元一部分, 主要包括成品件、结构件和组件等。1 级航线可更换单元是 0 级的一部分, 2 级航线可更换单元是 1 级的一部分, 3 级航线可更换单元是 2 级的一部分, 以此类推, 直至不可分解。

航线可更换单元的确定流程如图 2 所示, 航线可更换单元主要包括飞机主制造商自制的飞机组件及零件(统称为自制件)以及系统供应商研制和提供的组件及零件(统称为供应商件)。因此其流程说明如下:

- 1) 确认供应商件和自制件, 删除航空公司不可维修和拆装的项目;
- 2) 分解每一个项目(分解层级 0 级)到组件或者零件;
- 3) 分解每一个组件(如分解层级 1)到下一级

(如分解层级 2) 组件或零件;

4) 汇总所有组件(包括分解层级 0 级、1 级、2 级和 3 级等)和零件;

5) 按所有符合条件的项目, 即为航线可更换单元清单。

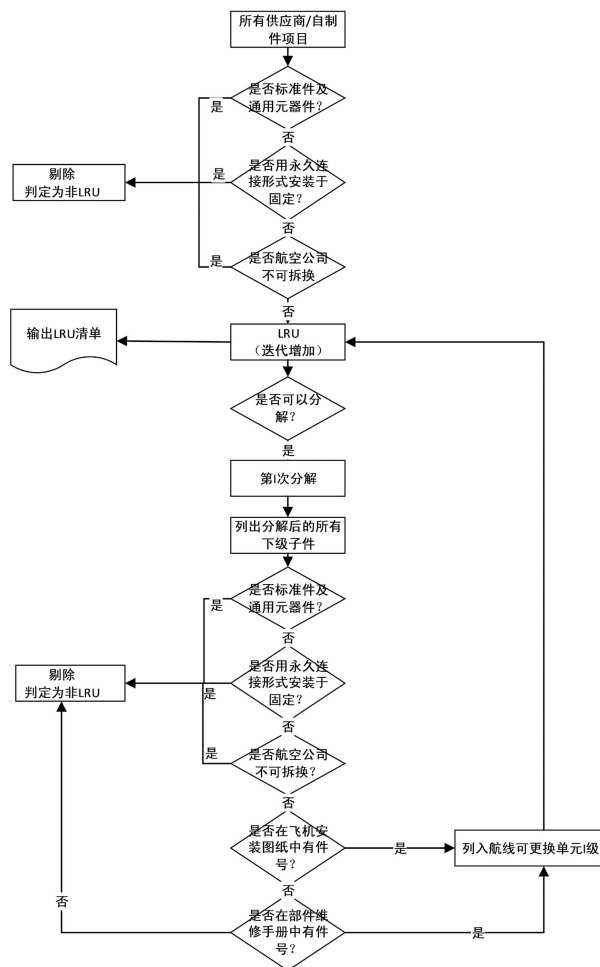


图 2 航线可更换单元的确定流程

4 LRU 规划设计的维修性因素

民用飞机在 LRU 规划设计时, 必须充分考虑飞机的维修性因素。具体考虑的维修性因素应包含定性因素和定量因素两部分。LRU 规划设计的定性因素应包括三个方面, 分别为: 人员操作、快速便捷以及维修工具。LRU 规划设计的定量因素主要指的是各项维修性指标, 即维修性参数的要求值。在进行 LRU 规划设计时能够明确定义各项维修性指标, 并能在研制中跟踪和验证或评估各项指标。LRU 规划设计的维修性因素包括:

- 1) 人员操作, 这个因素的目标是使得 LRU 能由

最少维修人员完成拆装;

2) 快速便捷,包括分解、替换和再装的快捷方便,目标是航线更换工作可以在维修程序规定的最短时间内完成;

3) 维修工具,维修工作是否要求特殊工具;

4) 定量要求,平均修复时间(Mean Time To Repair,简称 MTTR)。

5 基于 LRU 规划的 MTTR 实现

目前维修性设计主要以维修事件活动为基础来建立 MTTR 模型,即把维修事件活动的各个时间累加,从而获得该维修活动的总维修时间。对每一项或每一个系统独立的维修活动来说,所预计的维修时间是开展该维修活动的平均时间。目前对维修时间的维修事件活动的划分有不同的方法,但总体而言,一般可分为五个部分,分别为:(1)故障隔离时间:在使用或不使用辅助测试设备的情况下,把故障隔离到航线可更换单元(LRU)所需要的时间;(2)分解时间:拆卸设备以便于达到在故障隔离过程中所确定的 LRU 所需的时间;(3)替换时间:更换失效的 LRU 所需的时间;(4)再装时间:在换件后重新结合设备所需的时间;(5)校验时间:为证实设备已恢复到发生故障之前的运营状态进行的测试所需的时间,如图 3 所示。

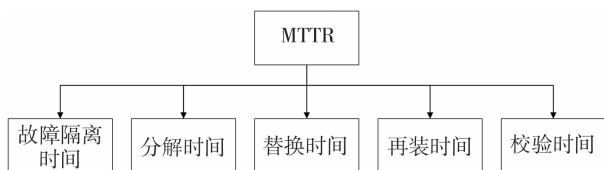


图 3 MTTR 的组成结构

1) 故障隔离和校验时间的实现,主要通过两部分控制,分别为通过控制设备的平均失效间隔时间(Mean Time Between Failures,简称 MTBF)和故障隔离手段实现目标。在总体设计时,优化布置,将 MTBF 低的或者 C 检以下的设备布置于环境良好且无遮挡的空间,或将重量高的设备,设计时提高其 MTBF。同时在设计时,将隔离时间或校验时间占总 MTTR 时间百分之五十以上的设备,保证 MTBF 全寿命周期内次数满足 MTTR 的设计要求。故障隔离手段的控制,主要在设备设计时应有机内自检测(Build In Test,简称 BIT),包括通电内测(Power Up Built In Test,简称 PBIT)、持续机内自检测(Contin-

ous Built In Test,简称 CBIT)和初始机内自检测(Initiated Built In Test,简称 IBIT)。

2) 接近时间的实现,是通过控制口盖拆卸时间来实现目标。主要基于维修计划文件(Maintenances Planning Document,简称 MPD)任务项中维修口盖和维修频率的清单,建立口盖类型和维修间隔的关联性,从而通过确定 A、C 检所需快卸口盖的位置及数量及开合人工时,达到保证维修时间的目的。

3) 替换和再装时间的实现,主要是通过规划 LRU 实现目标。LRU 是基于功能规划设计,并在规划时综合考虑总体布局及四性设计。针对 MTTR 的考虑,主要是在规划时考虑规定时间内 LRU 的可靠性、LRU 更换时需更换的部件数及相互之间的故障率情况以及航线更换工作是否可以在维修程序规定的最短时间内完成。

6 结论

本文针对 LRU 规划进行了初步探讨,主要从 LRU 的定义入手,引入了飞机系统结构分解的概念,介绍了 LRU 的确定流程,阐述了 LRU 对飞机设计特别是维修性设计的含义,通过分析维修性因素在 LRU 规划的作用,对 MTTR 的实现提出了可落地的措施,该措施综合考虑了故障隔离、分解、更换、再装及校验因素,能够有效提高 LRU 规划的合理性,改善飞机维修性设计。但是由于目前飞机设计时对 LRU 规划的工作的不重视,因此后续还需要更多的研究工作。

参考文献:

- [1] 郭博智,王敏芹,吴昊. 民用飞机维修性工程[M]. 北京:航空工业出版社,2018: 51-53.
- [2] 张策. 面向 RMS 的 LRU 规划设计[D]. 北京:北京航空航天大学,2006: 35-60.
- [3] 曾天翔,杨选振,王维翰. 可靠性及维修性工程手册[M]. 北京:国防工业出版社,1995.
- [4] 于永利,郝建平,杜晓明,等. 维修性工程理论与方法[M]. 北京:国防工业出版社,2007.
- [5] 甘茂治,康建设,高崎. 军用装备维修工程学[M]. 北京:国防工业出版社,2005.
- [6] 杜俊刚,杜鑫,何亚群. 基于飞机使用可用度的航材二级库存优化配置[J]. 兵工自动化,2009, 28(1): 39-40,44.
- [7] 王远达,宋笔锋. 系统可靠性预计方法综述[J]. 飞机设计,2008, 28(1): 37-42.

- [8] 严利珍. 导弹武器系统维修性模型研究[D]. 长沙: 中国人民解放军国防科学技术大学, 2002:12-30.
- [9] 陈刚. 减速机械的可靠性维修及其维修决策研究[D]. 武汉:武汉理工大学, 2007:20-46.
- [10] 梁若曦. 基于平均修复时间的商用飞机航线可更换单元规划方法研究[J]. 科技创新导报, 2017(8): 6-7.
- [11] 朱志. 基于 Bayes 理论的装甲装备系统维修性综合方法研究[D]. 长沙:国防科学技术大学, 2008:15-27.

作者简介

陈 卉 女, 硕士, 工程师。主要研究方向: 主要从事飞机维修性设计。E-mail: chenhui2@comac. cc

Study on maintainability factors of Line Replaceable Unit divisions for civil aircraft

CHEN Hui *

(Shanghai Aircraft Design and Research Institute, Shanghai 201210, China)

Abstract: This paper explores the maintainability factors of Line Replaceable Unit (LRU) divisions. For civil aircraft, the quality of LRU divisions directly determines the pros and cons of maintainability design. This paper illustrates the meaning of LRU and introduces the concept of aircraft structural decomposition and the LRU determination process. The flow chat was established. The role of maintainability factors in LRU divisions was analyzed. By considering the relationship between LRU and MTTR, the MTTR impementation based on LRU divisions was introduced. The research in this paper has certain guiding significance for subsequent LRU divisions and maintainability design.

Keywords: Line Replaceable Unit (LRU); maintainability; civil aircraft; decomposition

* Corresponding author. E-mail: chenhui2@comac. cc