

# 维修性设计在民用飞机环控系统中的应用

## Maintenance Design Used in Environment Control System for Civil Aircraft

闫旭东 / Yan Xudong

(上海飞机设计研究院, 上海 201210)

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

### 摘要:

民用飞机环控系统维修性工作的目标是保证设计、研制和生产的民用飞机满足规定的适航要求,以提高飞机的可用性,从而降低对维修人力及其他资源的要求,缩减运营成本,使飞机具有良好的经济性和市场竞争力。

**关键词:**民用飞机;维修性;设备平均更换时间;拆卸

**中图分类号:**V245.3

**文献标识码:**A

**[Abstract]** The purpose of environment control system maintenance work for civil aircraft is to ensure the aircraft meet the certificate requirements, reduce the request in human and other resource working on maintenance, reduce operational cost of airlines, make better economical and compete ability in the market.

**[Key words]** civil aircraft; maintenance; mean time to repair; replace

## 0 引言

民用飞机环控系统维修性工作的目标是保证设计、研制和生产的民用飞机满足规定的适航要求,以提高飞机的可用性,减少对维修人力及其他资源的要求,降低运营成本,使飞机具有良好的经济性和市场竞争力。维修性设计工作采用全系统、全寿命、全费用的观点,应用先进的维修性设计方法与手段,保证飞机具有良好的维护性能。

根据 FAR25 和 CCAR25 部有关条款的规定和飞机安全、可靠、经济、舒适的要求,由某一型号飞机维修性要求确定飞机系统、分系统及其零部件的维修性要求。按照维修性大纲要求,建立系统、设备、部件的维修性模型,进行维修性分配、预计与评定。

## 1 定性设计目标

环控系统维修性的定性设计主要包括工作空

间和通道;零部件、测试点、调整件和连接件的可达性;标准化、通用化、模件化与互换性;部件的维修性特征;防差错设计和识别标记;零部件、调整件和连接件的测试性;需要的工具、附件和产品支援设备的数量及品种的限制;人员数量及技能水平等。具体目标如下:

- (1)要有足够的工作空间和通道;
- (2)应保证零部件、测试点、调整件和连接件有良好的可达性;
- (3)尽量采用标准化、模块化、通用性和互换性设计;
- (4)要有防差错设计和识别标记;
- (5)零部件、调整件和连接件要有良好的可测试性;
- (6)需要的工具、附件和产品支援设备的数量及品种要尽可能的少;
- (7)维修人员数量要求尽量少,对维修技能水平的要求要尽量低;

- (8)使维护简便;
- (9)维修费用低;
- (10)适度的维修性定量目标;
- (11)防差错设计措施;
- (12)与维修有关的安全性要求;
- (13)与维修有关的人机工程要求;
- (14)故障检测与故障隔离要求;
- (15)地面支援设备设计要求;
- (16)外购产品采购要求;
- (17)对转承制产品维修性设计专题要求;
- (18)环控系统维修性定量指标类型的选择与确定。

## 2 定量设计目标

### 2.1 系统的 MTTR 目标值

根据设计特性加权分配法对整机级的主要系统的分配结果,结合确定设备平均更换时间(mean time to repair,简称 MTTR)综合考虑的其它因数综合权衡,确定各分系统的 MTTR 目标值如表 1 所示。

表 1 某型号民用飞机系统 MTTR 目标值

系统名称	MTTR 目标值(min)
系统 1	50
系统 2	30
.....	.....

### 2.2 其它时间指标要求

#### (1)重要部件拆装时间

飞机可更换的重要部件主要就是航线可更换单元(LRU),指在航线维修作业期间可以方便地在飞机上更换的部附件产品,包括不允许放行件(NO GO 件)和最低设备放行清单(MEL 件)。进一步定量要求针对飞机系统部件的更换时间,也就是与拆卸并更换有故障部件有关的时间,以更好地满足飞机整机和各个系统的平均维修时间(MTTR)要求。平均修复时间(原位时间)的一个重要参数就是部件的更换时间,对于更换频率高的部件,更换时间要尽可能短。根据航空公司的维修经验,某型号民用飞机系统的重要部件更换时间见表 2。

#### (2)口盖拆卸或打开时间

飞机短停维护时,需要对飞机进行航线短停维护、飞机勤务、上下客货等以确保运营正常,而有效缩短口盖拆卸或者打开时间,能更好地满足短停维

护时间的要求。维护口盖或盖板的拆卸或者打开时间要求详见表 3。

表 2 系统拆装时间

系统	部件名称	时间(min)
分系统 1	某活门	≤120
分系统 2	某接头	≤30

表 3 某型号民用飞机口盖拆卸或打开时间要求

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	IDG 滑油、发动机滑油勤务等口盖
	定期	/	≤2min	空调系统勤务等口盖
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	翼身整流包皮

勤务型口盖可采用压扣型设计,检查型、操作型口盖可采用 90°转动螺钉开启型。

## 3 环控系统维修性定量设计准则

制定维修性设计指南,把维修性要求和约束条件变为系统设计的具体目标,并作为维修性设计评审的依据。飞机系统的维修性设计要坚持减少维修复杂性的原则、减少维修费用的原则、减少维修项目和次数的原则、缩短因维修而停飞时间的原则、减少维修中差错的原则和运用人素工程原理创造维修便利条件的原则。其设计应遵循下列准则:

#### (1)可达性

系统设计应充分考虑可达性的要求,每个部件能进行拆卸和维修。

#### (2)互换性

在功能和物理特性上,相同的产品在使用或维修过程中能够彼此互相替换的能力。飞机系统的设计应考虑互换性的要求,所有的组件在选用时尽可能地按照互换性分析的内容进行选取,同时也对供应商提供的产品作相应的互换性要求。

#### (3)标准化要求

系统的设计应考虑标准化的要求,所有的组件在设计选用时尽可能地按照标准进行选取,同时也对供应商提供的产品作了相应的要求;对于标准化分析中“整个系统中,特别是系统内各单元之间的

零件、紧固件、连接件、线(管)路和缆线等是否标准化”的要求,系统管路由于空间的限制在部分区域采用了异形管,这是在满足功能要求下的选择。

#### (4)防差错

系统为防止安装和维修出现混淆和错误,要进行防差错设计,满足防差错设计分析的各项要求。

#### (5)维修标记标识

系统应防止安装和维修出现混淆和错误,预防维修人员在操作时出现危险,在设计时对设备都增加了指示标记和警示标识的要求,完全符合识别标志设计分析的各项要求,对于“能否保持标记的持久性”需要在以后的工作中进行验证。

#### (6)人素工程

系统在设计时应充分考虑了人素工程的问题,在满足系统功能的前提下尽量符合人素工程学;维修人素工程分析项目中有些项目无法做到最优。

#### (7)维修口盖

系统维修口盖的设置,在设计阶段遵循满足系统检测、维护和维修要求的前提下口盖数量尽可能的少,如果能与结构或其他系统共用的就尽可能的共用维修口盖。

(上接第 22 页)

(1)分析时同样采用不小于 1.97 的系数对可靠度进行修正,并按照 3.2 节(2)对 60min 改航剖面的判据执行;

(2)不对可靠度进行修正,按照 3.2 节(2) 180min 改航剖面的判据执行。

一般而言,建议选用第一种方法。

对于损伤容限分析,最重要的是初始裂纹应设置为:初始裂纹=可检裂纹长度+在正常飞行的载荷谱下一个检查间隔内裂纹扩展的长度。对裂纹扩展分析无特殊要求。

## 5 总结

本文所介绍的风车载荷下结构强度评定方法,是在权衡安全性、技术能力及项目进度的基础上形成的,在国产某型先进支线飞机的适航取证中得到应用,获得适航认可并通过审查。该方法的开发依托于尾吊布局的机型,通常民用运输飞机的尾段载荷并不严重,因此在建立动力学模型和设计分析方法时,可以保留较大的保守性,考虑包线载荷、忽略

## 4 结论

民用飞机环控系统维修性工作的目标是保证设计、研制和生产的民用飞机满足规定的适航要求,以提高飞机的可用性,减少对维修人力及其他资源的要求,降低运营成本,使飞机具有良好的经济性和市场竞争力。环控系统维修性设计工作采用全系统、全寿命、全费用的观点,应用先进的维修性设计方法与手段,保证飞机具有良好的维护性能。

### 参考文献:

- [1] 章国栋,陆廷孝,屠庆慈,吴真真. 系统可靠性维修性的分析与设计[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,1990.
- [2] 焦景堂. 航空机载设备可靠性维修性工程指南[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,1993.
- [3] 陆廷孝,等. 可靠性设计与分析[M]. 北京:国防工业出版社,1995.
- [4] 姚一平,李沛琼. 可靠性及冗余技术[M]. 北京:航空工业出版社,1991.
- [5] 王珍熙. 可靠性、冗余及容错技术[M]. 北京:航空工业出版社,1991.

各细节部位的动态响应,从而降低技术难度。

对于翼吊布局的飞机,机翼的动响应更加强烈,需要更加精确的分析,因此在建立动力学模型时,机翼结构及中机身结构有必要采用细节模型进行模拟;同时,强度分析方法也要加以改进,增加对各细节动态响应的考虑,以符合模型的改进和分析精度的要求。建议引入系数  $F$  对  $\Delta\sigma$  进行修正,系数  $F$  可按下式确定:

$$F = \left( \frac{f_1}{f_2} \right)^m$$

式中: $f_1$  为动态响应频率, $f_2$  为正常情况的载荷频率, $m$  是与材料疲劳性能相关的系数,通常取 0.2~0.7。

基于上述考虑,针对改进后模型中机翼及中机身单元的阻尼等动力学参数,需要开展深入的研究。

### 参考文献:

- [1] AC25 - 24. Sustained Engine Imbalance [S]. US: FAA,2000.