

某型飞机机载设备寿命控制方法

Study on Lifetime Control Method for Airborne Equipment of a Certain Aircraft

空军航空大学航空电子工程系

林志博 王德功 常 硕

[摘要] 某型飞机的机载设备数量庞大以及寿命的不统一给维修保障工作带来了极大的不便。在研究航空机载设备的定延寿的途径和方法的基础上,分析寿命控制过程。实例显示能够简化维修保障工作,节约经费开支。

关键词: 机载设备 维修保障 寿命控制

[ABSTRACT] The large number of airborne equipment of a certain aircraft, and lack of unity of lifetime bring a great deal of inconvenience to maintenance and support. On the basis of analyses of fixed ways and means of life extension for airborne equipment, lifetime control process is analyzed. It shows that the method can simplify maintenance and support work, save expenses incurred.

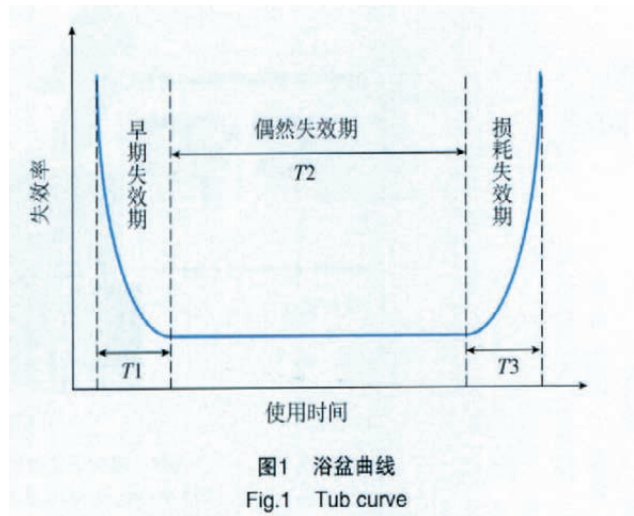
Keywords: Airborne equipment Maintenance support Lifetime control

某型飞机机载设备中寿命有限产品^[1]数量众多,以及寿命的不统一给飞机的安全、任务的完成以及维修保障工作带来极大的困难,故需要对这些有寿命要求的产品进行清理和研究,在分析它们定延寿的途径和方法的基础上,提出寿命控制的建议 and 对策,以期减少人力物力的耗费。

1 原因分析及部件分类

1.1 原因分析

多数机载产品失效满足“浴盆曲线”。如图1所示,在早期失效期,由于产品使用期间装机调试、操作训练等各种因素作用,此期间失效率较高,用 T_1 代表。经过一段时间后,设备适应应用环境,操作人员熟悉设备情况,失效率很低,为偶然失效期,用 T_2 表示,这段时间是机载设备的最佳工作时间(又称使用寿命)。随着时间的增加设备开始老化,故障率增加,为损耗失效期,用 T_3 表示,产品翻修期或更换期应定在这个时期。某型飞机机载设备中,一部分产品(约占24%)由于要考虑安全性,定寿过于保守;另有一部分产品由于运用相似法,过分依赖老产品的技术指标,这部分约占45%。最终导致有近70%产品的首翻期或更换期定在偶然失效期,也就是最佳工作时间,加上寿命的长短不一必然造



成了维修频率过高,资源浪费严重。

1.2 对象确立

统计机载产品出厂时的要求,以首翻期或使用期限小于飞机首翻期的产品为研究对象,建立初始有寿产品数据库。

采用故障模式影响和危害性分析方法(FMECA)^[2]、逻辑分析决断法对机载设备各部件进行分类和维修模式的确定。

1.3 分类

(1) A类(关键部件): 该产品故障直接影响飞行安全,重要程度级别最高。

(2) B类(重要部件): 该产品故障不直接影响飞行安全却直接影响任务的完成,重要程度级别为高。

(3) C类(一般部件): 该产品故障既不直接影响飞行安全也不直接影响任务的完成,重要程度级别为一般。

1.4 维修方式^[3-4]

根据控制装备及其部件维修时机的形式,有以下几种维修方式,如表1所示。

2 确定寿命指标的途径和方法^[5]

2.1 厂内寿命试验法

2.1.1 被试样品的选择

对在研产品应选用新品作为样品;对已交付使用的产品,可选定检产品或外场使用到一定寿命的产品(性

表1 维修方式及要求

| 维修方式 | 维修活动 | 要求 |
|------|---|---|
| 定时 | 按规定的维修间隔和等级进行的预防性维修 | 适用于已知寿命分布规律且确有损耗期的装备 |
| 视情 | (1) 在规定时间内进行视情检查; (2) 定期安排视情资料的搜集、修理和(或)翻修,在产品超过视情维修资料或视情检查规定的极限值时进行 | (1) 视情检查必须对满意地使用到下一次视情检查的内容给以合理的保证; (2) 视情维修资料必须能根据以确定的连续的适航性表示出可靠性降低或即将发生故障 |
| 监控 | 当装备或部件发生故障时进行的非预防性维修 | (1) 故障必须对飞行安全没有直接影响; (2) 结合飞机或发动机翻修进行产品隐蔽功能检查*; (2) 用资料收集与评定大纲进行监督和控制 |

注: 隐蔽功能指的是产品功能的中断, 不能由履行正常职责的空勤组察觉; 当需要备用产品工作时, 功能是否良好不能由履行正常职责的空勤组察觉。

能测验合格者) 做为样品; 被试样品数量一般不少于 2 台(套)。

2.1.2 数据处理

(1) 工程经验法。

在确定产品首翻期(工作时间) 和使用期限(工作时间) 的寿命试验中, 以出现引起产品翻修耗损期内的损耗性和偶然性故障或不可修复产品出现的失效为关联失效。

a. 如果产品寿命试验到 T 时, 全部产品均未出现关联失效时可按公式(1) 估算产品首翻期(工作时间) 初始值或使用期限(工作时间) 初始值 T_0 :

$$T_0 = \frac{T}{K}, \quad (1)$$

式中 T 为每台产品试验时间; K 为经验系数, 其值一般为 1.5, 具体数值由承制厂与使用方逐项产品协商确定。

b. 如果产品寿命试验到 t_0 截止时有 r 个产品出现了关联失效, 按公式(2) 估算产品首翻期(工作时间) 和使用期限(工作时间) T_{or} :

$$T_{or} = \frac{\sum_{i=1}^r t_i + (n-r)t_0}{nk_0}, \quad (2)$$

式中 t_i 为第 i 个产品出现关联失效的时间; k_0 为经验系数, 取 $k_0=1.5$; n 为被试样品数; r 为失效产品数。

c. 如果产品寿命试验到 t_n 截止时, 全部产品先后出现了关联失效, 则按公式(3) 估算产品首翻期(工作时间) 或使用期限(工作时间) T_{on} :

$$T_{on} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{nk_1}, \quad (3)$$

式中 k_1 为经验系数, 其值一般大于 1.5, 具体数值由承制厂与使用方逐项产品协商确定。

(2) 图估计法。

在已知足够失效数据和基本可靠度时, 可用图估计法估计产品首翻期(工作时间) 或使用期限(工作)。

关联失效指使产品丧失功能的失效。

(3) 分析法。

a. 假设产品在厂内试验或外场使用期间偶然失效近似为 0。产品的失效分布近似服从正态分布时, 可用下述方法之一进行寿命评估。

①点估计(全数寿命试验)。

首翻期(工作时间) 或使用期限(工作时间) 的点估计:

$$T_0' = \hat{M} - K' \hat{\sigma}, \quad (4)$$

式中 K' 为常数, 可根据要求的可靠度从正态分布表中查到, \hat{M} 、 $\hat{\sigma}$ 分别为平均损耗寿命和其标准差的估计值。

②点估计(定时截尾试验)。

首翻期(工作时间) 或使用期限(工作时间) 点估计 T'' , 仍按式(4) 计算。

b. 假设产品偶然失效和损耗失效都需考虑时, 根据任务可靠度确定产品首翻期(工作时间) 或使用期限(工作时间), 可按下述方法进行。

已知任务可靠度 $R(T+t_m/T)$, 平均损耗寿命 \hat{M} , 标准离差 $\hat{\sigma}$, 偶然失效率 λ_c , 任务时间 t_m , 可用公式(5) 按试算法求首翻期(工作时间) 或使用期限(工作时间)。

$$R(T+t_m/T) = e^{-(\lambda_c + \lambda_{om})tm} \quad (5)$$

2.2 外场信息法

2.2.1 外场数据统计法

外场数据统计方法指用产品外场数据进行统计计算确定产品首翻期(工作时间) 或使用期限(工作时间) 的方法。统计方法除参考 2.1.2 规定外, 可采用如下方法。

(1) 残存比率法。

外场样品数 $n \geq 20$ 、失效数 ≥ 6 , 并已知基本可靠度或规定失效率时。

(2) 平均秩次法。

不满足残存比率法使用条件的外场数据, 并且已知基本可靠度或规定失效率时。

2.2.2 检查法

检查法是通过检查产品的征候,或测量产品功能参数,确定产品寿命的一种方法。

(1) 检查产品结果未发现泄露、锈蚀、磨损等异常现象且产品功能参数满足技术规范要求,则产品寿命大于等于其使用时间。

(2) 产品维护及翻修记录检查结果表明产品工作状态良好,需要维护翻修的量很少,则产品寿命可以延长。

2.3 工程分析法

2.3.1 薄弱环节法

薄弱环节法是通过产品中寿命最短的主要零部件的定延寿,来确定产品寿命。

(1) 通过故障模式、影响和危害性分析(FMECA分析)确定产品的薄弱环节;

(2) 薄弱环节的厂内寿命试验方案与数据处理方法,按本方法2.1规定实施;

(3) 当产品薄弱环节寿命很短时,可用新设计、新工艺、新材料等措施延长寿命或通过更换薄弱环节延长产品寿命。

2.3.2 相似法

相似法是一种利用相似产品已知寿命,确定新产品寿命的定寿方法。相似产品指的是在设计制造、材料及功能上确定相似的产品。

2.3.3 折算法

折算法是指将产品一种寿命单位(如工作小时数,次数,循环数等)折算为飞行小时、起落次数或发动机小时来确定寿命的方法。

用于运输机上的产品寿命可用歼击机上同类产品寿命乘以折算系数。折算系数应通过分析机种使用条件对产品寿命的影响来确定或参照同类产品的折算系数确定。

2.4 领先使用法

对采用领先使用法定延寿的产品,应取样品数 $n \geq 2$,做厂内寿命试验后,给出首翻期(工作时间)初始值 t_1 ;然后通过装机领先使用时间 t_2 ($t_2 > t_1$)。如果领先使用期限产品工作情况良好,经以下检查,其结果满意,再考虑经济性、安全性和管理等方面的因素,可给出产品临时首翻期(工作时间)大于 t_1 ,小于 t_2 。按此方式可以不断延长首翻期(工作时间)到一定水平。

- 检查技术文件(履历本或出厂证明书);
- 分析产品使用 t_2 飞行小时后的工作状态;
- 仔细检查产品及其工作性能,如有现行使用技术文件规定,还须在实验室内检查是否符合技术参数要求;

• 检查产品总工作时间或日历年限加上延寿期是否超过规定总寿命;

• 如果在已给寿命期限内,产品工作满意,且用户对产品实际情况和技术文件无异议。

3 实例分析

某型飞机初步统计机载设备有寿命要求的产品为377项,其中有日历年限要求的产品202项,有飞行小时要求的产品143项,有使用(起落、循环、投放等)次数要求的产品32项。首先选定首翻期或使用期限小于飞机首翻期的产品为对象,此时研究对象数量为250项。根据FMECA及逻辑决断法将产品进一步分为A、B、C三类,根据影响程度级别,把C类产品从清单中删除,对象数量进一步减少到168项。为了便于控制,运用工程分析法和外场信息法等,先对这些设备进行寿命折算,将设备原用的寿命单位(如工作小时数、次数、循环数等)折算成便于外场统计的寿命指标,如飞行小时、起落次数、发动机小时等。

以其中一种产品为例,选取样品5件,根据厂内寿命试验给出的首翻期初始值 $t_1=600$ 飞行小时,然后通过装机领先使用时间 $t_2=800$ 飞行小时。经过试用,再综合考虑经济性、安全性和管理等方面因素,可得到产品的临时首翻期 $t=760$ 飞行小时。

机载设备临时寿命确定后,仍有约90项产品首翻期或使用期限小于飞机首翻期,数量仍然较大。这是主要考虑视情和状态监控的维修保障方式,根据设备的使用信息分析设备的使用可靠性,使之一直工作到出现故障再进行更换或翻修。采取这种维修方式,能延长大部分设备的使用寿命。上述的产品在到达领先使用时间 $t_2=800h$ 后,继续进行状态监控的方法,可以延寿到1000h。最终可以将这168项产品减少至约30项,控制产品数量减少了约80%,可以节约维修保障经费约90%。

4 结束语

由于要尽量模拟实际的外场环境及可能出现的故障模式,不仅试验费用高,试验时间也长,故厂内寿命试验法只能用于少数重要设备的评估;可靠性工作在我国开展较晚,维修保障模式长期沿用前苏联(俄罗斯)的方法,信息收集并没有引起足够的重视,所以外场信息法开展较难;单纯的运用工程分析法或领先使用法又难以达到预期的效果。在实际应用中应结合产品设计定型时的寿命参数,综合使用领先使用法、外场信息分析、工程分析法等进行寿命评估,才能达到理想的结果。

(下转第80页)

数关系式和尾杆长度的函数关系式。注意 CATIA 中的圆是通过半径关系来建立函数关系式的。这便初步建立了零件的模型及其模型中的重要参数的函数关系,如图 3 所示。



图3 产品树及其零件
Fig.3 Product tree and part

2.2 电子表格的建立

(1) 2.1 节仅是建立一组参数,这时打开智能菜单中的设计表命令,把过滤器类型设为重命名的参数或用户参数,双击 D 、 L_1 、 L_2 、 B 、 b 、 h 移入右栏中,如图 4 所示。

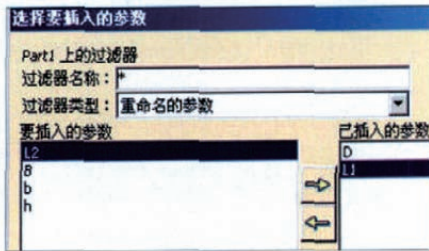


图4 参数的导入
Fig.4 Input of parameters

(2) 点击“确定”进入编辑器(即 Excel 电子表格)中来建立多组参数,并且保存该表(注意 PartNumber 一定需要,这方便零件的调用及成功地导入下一步 Catalog 库编辑器中,并且注意 PartNumber 字母的大小写),如图 5 所示。

| | A | B | C | D | E | F | G |
|---|------------|--------|---------|---------|--------|--------|--------|
| 1 | PartNumber | D (mm) | L1 (mm) | L2 (mm) | B (mm) | b (mm) | h (mm) |
| 2 | 双孔小叉子 | 20 | 50 | 80 | 52 | 20 | 12 |
| 3 | 双孔小叉子 | 25 | 50 | 60 | 70 | 30 | 16 |
| 4 | 双孔大叉子 | 25 | 100 | 100 | 52 | 20 | 12 |
| 5 | 双孔大叉子 | 25 | 100 | 100 | 70 | 30 | 16 |
| 6 | 双孔大叉子 | 25 | 100 | 100 | 100 | 80 | 16 |

图5 Excel电子表格
Fig.5 Excel Spreadsheet

关闭刚才建立的双孔叉 Part 文件,新打开一个 Catalog 文件。点击菜单中的添加零部件系列命令,导入刚才建立的双孔叉 Part 文件名即可,如图 6 所示。

当然在 Catalog 下,还可通过添加零部件系列命令,



图6 双孔叉零件库
Fig.6 Double hole fork part library

导入与该双孔叉零件相似的多个零件,如单孔叉、长叉子、耳片等零件。其他工装标准件也可通过此方法建立,这样就把工装标准件归类在同一个 Catalog 库下,为以后查找和调用带来方便,如图 7 所示。



图7 工装标准件库
Fig.7 Library of tooling parts

当调用某一零件时,打开 Catalog 文件库,通过直接复制粘贴或拖动到某部件下即可使用。

3 结束语

通过双孔叉零件库的建立,设计者不需编程,可举一反三地利用此方法建立国家标准、企业标准以及航空标准零件库等。设计人员在设计产品时如需要某标准零件,可以直接从预先建立好的零件库中调用。(责编 小颖)

(上接第 78 页)

参 考 文 献

[1] GJB 451A-2005 可靠性维修保障性术语,中国人民解放军总装备部,2005.
 [2] GJB/Z1391-200 故障模式、影响及危害性分析指南,中国人民解放军总装备部,2006.
 [3] 郑东良. 航空维修管理. 北京:国防工业出版社,2006:12-13.
 [4] 李瑞迁. 空军航空机务学. 北京:国防大学出版社,2005:180-182.
 [5] 原国防科工委[1985]科六字1325号《航空技术装备寿命和可靠性工作暂行规定》.
 [6] 张凤鸣,郑东良,吕振中. 航空装备科学维修导论. 北京:国防工业出版社,2007. (责编 小颖)