

航空电子设备备件需求量分析

赵 宇¹, 伏洪勇¹, 张 坚¹, 王 茜², 王宇宏³

(1. 北京航空航天大学可靠性工程研究所, 北京 100083;

2. 中国国际航空公司, 北京 100031; 3. 中国科学技术大学研究生院, 北京 100039)

摘 要: 在总结国内、外工程实践经验的基础上, 结合概率统计的理论对航空电子设备的初始备件与后续备件的需求量模型作出一定的理论探讨。根据实际情况将备件分为有寿命要求的可修件、无寿命要求的可修件、有寿命要求的不可修件、无寿命要求的不可修件和消耗件, 并相应建立其备件需求量模型, 最后给出一个工程实例。

关键词: 电子设备; 初始备件; 后续备件; 备件计划管理

中图分类号: F25 **文献标识码:** A

Demand Analysis of the Spare Parts of Avionic Devices

ZHAO Yu¹, FU Hong-yong¹, ZHANG Jian¹, WANG Qian², WANG Yu-hong³

(1. Institute of Reliability Engineering, BUAA, Beijing 100083, China;

2. Air China, Beijing 100031, China; 3. Graduate School of University of Science and Technology of China, Beijing 100039, China)

Abstract: Based on the practical experience both at home and abroad, a method of determining the demand for spare parts of avionic devices by applying the theory of probability is presented in this paper. Specifically, spare parts are classified into limited repairable items, limited non-repairable items, unlimited repairable items, unlimited non-repairable items and consumable items. The corresponding spare part demand models are established and verified by using an engineering example.

Keywords: Electronic equipment; Initial spares; Follow-on spares; Planning management of spare part

1 引 言

备件保障在装备的整个寿命周期有着举足轻重的作用, 它影响到装备的可用性及战备完好性。根据我国航空电子设备的信息收集特点, 以及航空电子设备对备件的需求情况, 必须提出一种科学的备件需求量分析与计算方法, 形成合理的航空电子设备的备件计划。

备件配置的目标是尽可能降低装备的寿命周期费用和提高其战备完好性, 因而装备备件配置的合理性主要体现在装备的经济性与战备完好性两个方面。在进行备件需求量计算时应权衡两方面的要求: 一方面是不断满足装备使用中, 对备件的不断需求, 另一方面是备件支援中对使用方或承制方在人、财、物方面的投入要求。在理论上, 可用经济性最佳来权衡这两个方面, 但现阶段要构造满足上述两个要求的实用经济模型是很困难的; 也可用战备完好性最佳来权衡这两个方面, 但战备完好性是装备性能的一个综合指标, 要构造满足上述两个要求的实用模型也是很困难的。国外的一些备件需求量计算模型通常是根据装备的使用、可靠性等数据

应用数据统计的方法得到的。

由于航空电子设备和寿命分布大多数为指数分布, 因此可以认为其非计划拆换次数服从泊松分布, 在此基础上, 再考虑其计划拆换的需要, 本文提出了备件需求量计算的修正泊松分布模型。同时将备件分为有寿命要求的可修件、无寿命要求的可修件、有寿命要求的不可修件、无寿命要求的不可修件和消耗件等五大类, 分别建立其初始备件需求模型和后续备件需求模型。

2 初始备件需求量的计算

2.1 可修件需求量计算

2.1.1 有寿命要求的可修件需求量计算

对于有寿命要求的可修件, 备件需求量 S 应包括两部分: 一是计划拆换所需备件量 S_1 ; 二是非计划拆换所需备件量 S_2 。

$$S_1 = \frac{AN \times UN \times FH \times TAT \times OER}{365 \times L_1} \times 120\%$$

S_2 是满足下式的最小整数

收稿日期: 2001 - 06 - 10 修订日期: 2001 - 07 - 09

作者简介: 赵宇 (1965 -), 男, 副教授, 硕士, 主要研究方向为可靠性数据处理、统计及评估。

$$\lambda_R = \frac{AN \times UN \times FH \times TAT \times OFR}{MTBR \times 365}$$

$$\sum_{i=0}^{S_2} \frac{\lambda_R^i}{i!} e^{-\lambda_R} \geq \alpha$$

$$S = [S_1 + S_2] \quad [] \text{表示取整数}$$

其中 AN ——飞机架数(架); TAT ——平均维修周转时间(d); UN ——单机安装数(件); OFR ——运行比; FH ——年平均飞行小时(h); L_1 ——有寿件的寿命期限(h)(当 L_1 不知时,可以用零部件的首翻期或翻修间隔期限或首翻期与翻修间隔的平均值来代替); $MTBR$ ——平均拆换间隔时间(h)。

2.1.2 无寿命要求的可修件需求量计算

无寿命要求的可修件,备件需求量 s 由非计划拆换所决定。

s 是满足下式的最小整数

$$\lambda_R = \frac{AN \times UN \times FH \times TAT \times OFR}{MTBR \times 365}$$

$$\sum_{i=0}^S \frac{\lambda_R^i}{i!} e^{-\lambda_R} \geq \alpha$$

注:上式中参数的物理意义与 2.1.1 节中的完全相同。

2.2 不可修件需求量的计算

2.2.1 有寿命要求的不可修件需求量计算

有寿命要求的不可修件,备件需求量 s 应包括两部分:一是由于到寿引起拆换所需备件量 S_1 ;二是由于故障引起拆换所需备件量 S_2 。

$$S_1 = \frac{AN \times UN \times FH \times T \times OFR}{365 \times L_2} \times 120\%$$

S_2 是满足下式的最小整数

$$\lambda_R = \frac{AN \times UN \times FH \times T \times OFR}{MTBR \times 365}$$

$$\sum_{i=0}^{S_2} \frac{\lambda_R^i}{i!} e^{-\lambda_R} \geq \alpha$$

$$S = [S_1 + S_2] \quad [] \text{表示取整数}$$

其中 T ——备件需求间隔时间(d); L_2 ——不可修件的寿命(h)。

2.2.2 无寿命要求不可修件的需求量计算

无寿命要求的不可修件,备件需求量 s 由故障引起的非计划拆换所确定。

s 是满足下式的最小整数

$$\lambda_R = \frac{AN \times UN \times FH \times T \times OFR}{MTBR \times 365}$$

$$\sum_{i=0}^S \frac{\lambda_R^i}{i!} e^{-\lambda_R} \geq \alpha$$

2.3 消耗件需求量的计算

消耗件由于没有寿命要求,一般也不予维修,因此其需求量按计划拆换的要求进行计算。

$$S = \frac{AN \times FH \times C \times T}{100 \times 365} \times 120\%$$

其中 FH ——年平均飞行小时数(h); C ——消耗件每飞行 100h 的消耗标准(件)(消耗标准根据具体情况进行确定); T ——保障时间(d)。

3 后续备件需求量的计算

后续备件与初始备件存在不同之处:后续备件是已经有一定的库存。但是它们计算的基本原理是一致的。下面就后续备件需求量的计算与初始备件需求量的计算的不同之处进行讨论。

(1) 后续备件的需求量($S_{后}$) = 初始备件需求量($S_{初}$) - 库存量($S_{库}$) + 报废的零部件的数量($S_{报废}$),即 $S_{后} = S_{初} - S_{库} + S_{报废}$ 。考虑到 $S_{报废}$ 不易得到,故可由下面的简易公式

$$S_{后} = kS_{初} - S_{库}$$

求得后续备件的需求量 $S_{后}$ 。参数 k 是考虑了各种报废和安全余量后的系数, k 一般取 1.1 ~ 1.3。

(2) 对于飞机这样的大系统而言,有些电子设备需要进行逐台跟踪管理,也就是进行序号管理。这一部分件在进行备件需求量计算时要进行特别处理。在计算序号管理件时,可采用如下的处理方法:对没有寿命要求的序号管理件,其备件需求量的计算按前面列出的公式计算,但对有寿命要求的序号管理件,公式中的 L_1 变成了零部件的剩余寿命

$$L_{剩} = \frac{1}{2} \left(\frac{L_{剩1} + L_{剩2} + \dots + L_{剩n}}{n} + \frac{n}{\left(\frac{1}{L_{剩1}} + \frac{1}{L_{剩2}} + \dots + \frac{1}{L_{剩n}} \right)} \right)$$

4 实例分析

下面以某型号飞机电子设备的实际数据为例,应用上述方法进行初始备件需求量分析。

已知装备系统数量为 10 个,保证期限为 365 天,单个装备系统的年平均工作时间为 1000h,以表 1 中所提供的数据预测一年所需的备件数量。

表 1 预测一年的备件需求量表

设备名称	单个装备 安装数	运行比	寿命 周期	MTBR	MTBF/ MTBR	平均送 修周转 期限
中央控制设备	1	1.04	10 000h	500h	1.03	15d
发动机参数 综合指示器	1	1.03		400h	1.03	15d
永磁机变换器	1	1.03	4 000h	1 200h	1.04	15d
速率陀螺传 感器组件	2	1.04	10 000h	1 150h	1.05	15d

根据我们建立的泊松分布模型计算出的备件需求量与保障概率的关系如表 2 所示。

表 2 备件需求量与保障概率关系表

设备名称 备件数量	中央控制设备	发动机 参数综合 指示器	永磁机 变换器	速率陀螺 传感器组件
0	0.436 1	0.357 9	0.712 4	0.492 8
1	0.798	0.725 7	0.954 0	0.841 5
2	0.948 2	0.914 5	0.994 9	0.964 9
3	0.989 7	0.979 3	0.999 6	0.994 0
4	0.998 3	0.995 9	≈ 1	0.999 2

由以上计算的结果可以知道,如果我们把这 4 个备件的保障概率都定在 0.9,则中央控制设备需要准备两个,发动机参数综合指示器需要两个,永磁机变换器需要一个,速率陀螺传感器组件需要两个。我们由上面的计算结果可以看出当备件的保障概率很小时,所需求的备件数量很小,但是当保障概率达到一定程度时,哪怕保障概率的增量很小,也会

引起备件数量的大量增加。所以,我们可以说在其他因素一定的情况下,备件的需求量与备件的保障概率有很大的关系。因此,我们在订备件计划时,提出合理的保障概率指标是一件很关键的任务。

5 结 论

依据航空电子设备的失效特点以及备件需求量的分布规律,本文运用泊松分布的原理提出了航空电子设备的备件供应策略,并给予了实例验证。所得结论对其它复杂电子设备也具有参考价值。但是,备件计划管理是一个很复杂的问题,涉及的因素很多。本文只是在需求量模型方面给予了一定的探讨,还有许多问题没有涉及。即或是需求量模型,我们也只是从产品的失效特征入手,比如我们没有综合考虑备件的需求量与装备系统的使用可用度或战备完好性等。因此,在备件计划管理方面我们仍有大量的工作要做,在实际工程中可以进一步的研究探索,从而找出最佳的实用方法。

参考文献:

- [1] 军用飞机备件配置要求[S]. HB7384 - 96.
- [2] 吕川,赵宇,张坚. 飞机备件需求量的确定方法[J]. 北京航空航天大学学报,1995,21(3).

美国海军研制新的小型导弹

美国海军的工程师设计了一种低成本、小型制导导弹,它可装在士兵的背包里携带。这种武器适合于海军陆战队士兵使用,也能够从无人机上发射,称为长钉导弹。

最初,它的研制动机是为了提高步枪的准确性,特别是在运动中射击目标的准确性,于是将制导技术引用到了步枪上。

长钉导弹系统并不复杂,都采用现有的部件构成,发射器重 2.1kg,导弹重 1.8kg,导弹射程能够达到约 3km。射手在发射导弹前,采用一个通用的电视跟踪目标。在步兵武器中,长钉导弹系统可以看成是一种提高了效率的步枪或性能较低的便携式导弹武器。它与标枪和毒刺这样较复杂的便携式导弹武器无法相比,即不能打下战术战斗机,也不可能在重型坦克上穿洞。长钉导弹只能打击“软”目标,但是它在战场上仍然能够发挥很大的作用。因为在战场上需要打击的目标中,有 80 %无装甲保护,其余的 20 %中,大多数是装载士兵的装甲车,它们的装甲层比坦克薄得多,经受不住长钉导弹的打击。

从经济上考虑用价格便宜的长钉导弹打击那些无装甲或薄装甲保护的目标比较合算,这样可以用价格贵、性能好的武器去打击敌人高价格的重要目标。另外,相对于枪榴弹发射器、突击步枪、机关炮等小型武器,长钉导弹的射程较远,约 3km。它可在离敌人比较远的地方打击敌人。而长钉导弹系统体积小和射程远的特点,很适合 UAV 使用。UAV 在离地面 900m 的空中使用长钉导弹可有效打击地面目标。

云海