

# 飞机备件需求量的确定方法

吕 川 赵 宇 张 坚

(北京航空航天大学 工程系统工程系)

**摘 要** 飞机备件需求量计算是航空备件计划管理的一项重要内容。对飞机备件的分类及其特性进行了分析,并建立了循环件、非循环件和消耗件的需求量计算实用关系式。对于需求量计划在实际中的应用问题,提出些看法和建议。

**关键词** 航空器; 备品; 需求; 数量指标; 数值计算; 可靠性数据

**分类号** TB114.2; V24

合理的备件支援是保证飞机正常出勤的必要条件,同时又是影响飞机寿命周期费用的重要因素之一。

备件支援通常包括备件计划、备件采购、备件库存、备件商务、备件质量保证等。其中备件计划管理在备件支援中占有特殊重要的地位,它制约着备件支援活动中其它各项工作的开展。

备件需求量的计算是备件计划管理中的一个关键问题。做好此项工作,需要权衡两方面的要求。一方面是满足飞机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、物的投入要求。以上两方面,理论上可用经济性最佳来加以权衡。但实际工作中,由于上述两项要求的实用经济模型的构造是相当困难的。因此目前国外备件需求量的计算模型一般是根据飞机使用、可靠性等数据应用数理统计方法来建立的。

本文在借鉴国外相关经验的基础上,提出了一套备件需求量的计算方法,并结合我国情况探讨了其应用中应考虑的问题。

## 1 备件分类

飞机备件由于其功能、故障对全机的影响以及备件价格与修理特性等各不相同,在管理上必须区别对待、分类处理。飞机备件可分为三类<sup>[1]</sup>:

1) A类备件 通常价格高,其故障严重影响任务完成,故障或到达翻修期经修理后可再装机使用(循环使用特性,可称为循环件),修理周期长;

2) B类备件 价格较高或中等,其故障通常影响任务完成,一般具有循环使用特性,修理周期较长;

3) C类备件 属于消耗件,通常价格较低,故障后一般不再修理而作报废处理。

上述三类备件中,A、B类备件数量较少,但占有大量资金,其示意图见图1<sup>[1]</sup>。因此,重点作好A、B类备件的需求量计算,强化其计划管理,对合理降低备件费用具有重要意义。

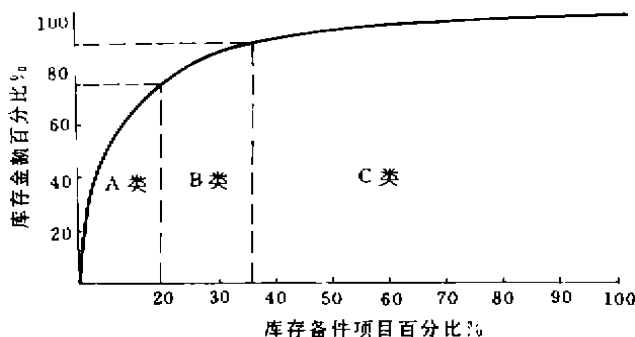


图1 库存备件数量与占有金额的百分比

## 2 需求量的计算

A类和B类件一般属于循环件,可以通过其“使用—修理—使用”的特性建立随机过程模型来得到需求量计算的关系式。C类件通常在故障后不进行修理,且占用资金量较少,可应用统计推算并结合经济批量的方法计算其需求量。

根据备件的使用特性,备件需求量的计算可分为循环件、非循环件和消耗件三类分别建立计算模型,其中非循环件的计算亦适用于极少数不可修A、B类备件。

### 2.1 循环件需求量的计算

循环件需求量的确定是整个备件计划管理的关键问题之一。由于它具有循环使用特性,根据故障和修理的随机特性,可建立随机过程模型来得到需求量的计算关系式。本文采用一种直观的方法来给出需求量计算关系式。

#### 1) 备件参数

与备件需求量相关的参数有

- $UN$ ——产品单机安装数;
- $AN$ ——飞机架数;
- $FH$ ——单机在计算时间间隔内的平均飞行小时;
- $MTBR$ ——产品平均拆换间隔时间;
- $TAT$ ——产品送修平均周转时间(包括修理和运输时间(天));
- $T$ ——计算间隔时间(天);
- $\alpha$ ——保障率。

#### 2) 需求量计算

由以上参数,可以计算出单位时间(天)的平均拆换数  $RN$ ;

$$RN = \frac{UN \cdot AN \cdot FH}{MTBR \cdot T} \quad (1)$$

图2示意了备件循环使用的过程。当某一装机产品在  $t_2$  时刻因故障或到寿被拆换后,在修理周转时间  $TAT = t_3 - t_2$  内将不能再使用。在这段时间内,平均有  $\lambda_R$  个同类产品被拆换:

$$\lambda_R = RN \cdot TAT \quad (2)$$

因此当被拆换的产品再次可以使用前,为保证系统正常工作,平均需有  $\lambda_R$  个产品来补充那些不断被拆下的产品。

假设产品拆换满足泊松分布,则备件需求量可以近似认为满足均值  $\lambda_R$  的波松分布。

设备件需求量为  $S$ ,为满足保障率  $\alpha$ ,则  $S$  应满足下式的最小整数。

$$\sum_{i=0}^S \frac{\lambda_R^i}{i!} e^{-\lambda_R} \geq \alpha \quad (3)$$

因为高价件一般采用定期订货方式,这期间可能有部分循环件报废。考虑这方面的因素,订货量  $Q$  可按下式得到。

$$Q = S - K + B \quad (4)$$

式中  $K$ ——现有剩余库存数; $B$ ——计算时间间隔内到达总寿命的报废产品数。

## 2.2 非循环件需求量的计算

这类件一般为 A、B 类备件中的极少数不可修件,价格不低且使用量不很大。根据这类件拆换的随机特性,可计算其订货周期的使用量。

### 1) 备件参数

- $MTBR$ ——产品平均拆换间隔时间;
- $UN$ ——产品单机安装数;
- $AN$ ——飞机架数;
- $FH$ ——单机年平均飞行小时数;
- $T$ ——计算间隔时间(天);
- $\alpha$ ——保障率。

### 2) 需求量计算

假设产品拆换满足泊松分布,则需求量  $S$  应满足均值

$$\lambda_R = \frac{UN \cdot AN \cdot FH \cdot T}{MTBR \cdot 365} \quad (5)$$

的泊松分布。

在保障率  $\alpha$  下, $S$  应满足下式的最小整数。

$$\sum_{i=0}^S \frac{\lambda_R^i}{i!} \cdot e^{-\lambda_R} \geq \alpha \quad (6)$$

如现有剩余库存量为  $K$ ,在计算时间间隔内到寿的产品数为  $B$ ,则实际订货量由下式得到

$$Q = S - K + B \quad (7)$$

## 2.3 消耗件需求量的计算

消耗件占用资金比较小,而使用量比较大。其消耗量可近似看成与时间成正比。图 3 示意了采用固定订货数量下消耗件库存的变化规律。

因为这类备件采购比较容易和可以大批量购买,所以,需求量计算的关键是确定什么时间订货以及订购数量。

对于订货时间,可采用两种方式。一为定期订购,二为定期检查,起订点订购。第一种方式虽然简单,但从经济角度看,以第二种方式更加实用。本文将依据第二种方式建立计算关系式。

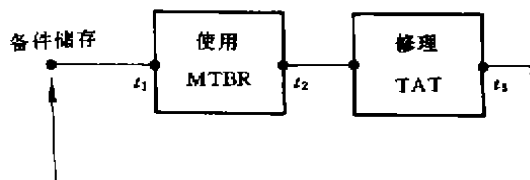


图2 产品使用循环

$MTBR$  为产品平均拆换间隔时间;

$TAT$  为产品送修平均周转时间

根据产品可大量购置的特性,采用经济批量的方式确定每次订购的数量是经济而有效的.

### 1) 备件参数

•  $N_C$ ——单月产品消耗平均值 (件/月);

•  $\sigma_N$ ——产品消耗量标准差(件/月);

•  $T_i$ ——库存检查周期(月);

•  $T_s$ ——交货期(月);

•  $\sigma_s$ ——交货期标准差(月);

•  $C_0$ ——订货成本(元/批);

•  $C_u$ ——产品单价(元/件);

•  $C_i$ ——库存成本率(按年折算的比率,%);

•  $X$ ——年预计消耗量(件/年);

•  $\alpha$ ——保障率.

### 2) 需求量计算

采用上述订货策略后,下述三个参量是非常重要的:一是安全库存  $R$ ,是防止产品出现异常消耗而导致缺件的安全储备;二为起订点  $D$ ,用于判断订货时间;三是经济订货量  $L$ (见图3).

$D-R$  反映了从订货时刻开始至货到为止时间内的平均消耗量.因此,可用下式得到  $D$  的计算式:

$$D = N_C \cdot (T_s + T_i) + R \quad (8)$$

安全库存  $R$  反映了消耗和交货期随机波动而产生的  $(T_s + T_i)$  期间内消耗的增加量.这种随机波动可视为正态分布.根据正态分布的特性,已知保障率  $\alpha$  下,可以得到  $R$  与方差之间的关系式为

$$R = f \cdot \sqrt{T_s + T_i} \cdot \sigma_N + f' \cdot N_C \cdot \sigma_s \quad (9)$$

式中  $f$  和  $f'$  是由  $\alpha$  查正态分布表得到的安全系数(如图4).

忽略交货期的波动,(9)式可简化为

$$R = f \cdot \sqrt{T_s + T_i} \cdot \sigma_N \quad (10)$$

经济订货量  $L$  用下式计算<sup>[3]</sup>:

$$L = \sqrt{\frac{2C_0}{C_i}} \cdot \sqrt{\frac{X}{C_u}} \quad (11)$$

实际计算出的  $L$  值可能很大(几倍于年消耗量)或很小(一二个月的消耗量),具体应用时,应给出一

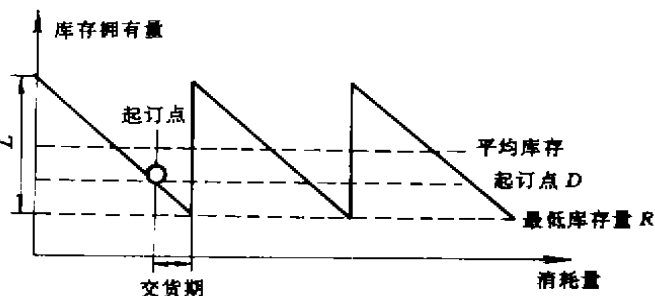


图3 消耗件库存管理(固定的订货量系统)

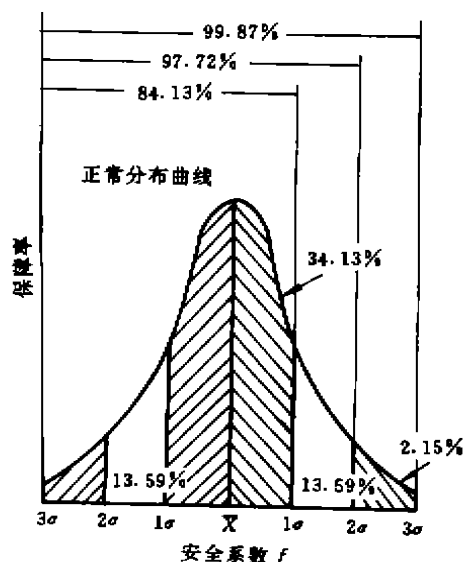


图4 安全系数-保障率关系