

DOI: 10.19416/j.cnki.1674-9804.2023.01.003

基于航材库存成本的民机 LRU 划分层级研究

王 瀛¹ 喻拿仑^{2*} 陈舒文³

(1. 北京飞机维修工程有限公司, 北京 100621; 2. 上海飞机客户服务有限公司, 上海 200241;
3. 上海民航职业技术学院, 上海 201210)

摘 要: 民用飞机航线可更换单元是航空器维修保障的基本单元,其划分方式直接影响着航材的库存成本及航班保障率。首先明确了 LRU 划分的三个层级,分别为航线可更换单元(line replaceable unit, 简称 LRU)、航线可维修件(line maintenance part, 简称 LMP)、厂家可更换单元(shop replaceable unit, 简称 SRU)。然后通过对航材库存成本组成要素的研究,明确了库存成本主要包含订货成本、持有成本、缺货成本和送修成本四个因素,并在持有成本中确定了仓储成本与航材价格、数量和种类成正比相关,进而提出了 LRU 划分因子,并建立了在确保航材保障率达标的前提下,航材库存成本最低为目标函数,确定最优的 LRU 划分层级模型。以某航空公司的实际运营数据为例,确定了某液压系统压力模块组件的 LRU 划分层级。最后,从航材库存成本的角度,随着 LRU 划分层级的降低,将会使得航材种类和数量大幅增加,从而提升航司管理成本。

关键词: 库存成本;航线可更换单元划分;保障率

中图分类号: F526.6

文献标识码: A

OSID:



0 引言

航线可更换件^[1](line replaceable unit, 简称 LRU),这个概念最早是在 MIL-PRF-49506《后勤管理信息性能规范》中被正式提出,LRU 是一种可以在外场通过移除或更换来恢复目标产品到可以工作准备状态的必要的保障单元。相反的,非 LRU,是指当 LRU 失效且已从产品上移除,对 LRU 进行修理的一个零件、部件或组件。由此可见,在设计过程中,期望通过模块的形式对系统部件进行划分,以期用更短的时间来保障目标产品的正常运行,从而提高公司的保障效率。在航空领域,LRU 指可在飞机上(原位)直接更换的具备独立功能(如控制、作动、保护等)的部件、组件等。在航空器实际运行的过程中,部分 LRU 的价值高、可靠性低、送修周期较长,对航空公司的直接维修成本和航材库存成本影响较大。

因此,为了控制航空器的运行成本以及提高航空器的运行效率,在航空器设计中引入了 LRU 划分理念。LRU 不同的划分层级对航空公司的库存和维修成本有着直接和间接的影响。

国外关于航空器 LRU 的研究开始的较早。在上世纪 60 年代,美军为了提高军机的出动性,在 F-14、F-15 战斗机的研制中就开始采用 LRU 的设计思想。直至 1970 年开始研制的“狂风”战斗机上大量使用了 LRU 理念,极大地提高了军机的经济性并极大地缩短了维修时长。波音、空客、GE 航空、英特尔、通用电气等均采纳了 LRU 理念^[2],来提高产品的可维修性并降低产品的寿命周期费用。

近年来,国内学者也开始了对航空器 LRU 的研究,主要包括 LRU 的库存研究和 LRU 划分方法研究两大类。孙蕾、左洪福等^[3]基于航空公司的运营计划、航线结构等,提出了针对民机 LRU 的基于 VARI-METRIC 理论的多级库存模型。洪东跑、许诺

基金信息: 14003700000020J008 校企融合运输类飞机持续适航理念及应用课程开发

* 通信作者. E-mail: yunalun@comac.cc

引用格式: 王瀛,喻拿仑,陈舒文.基于航材库存成本的民机 LRU 划分层级研究[J].民用飞机设计与研究,2023(1):15-21.
WANG Y, YU N L, CHEN S W. Line replaceable unit division of civil aircraft based on aviation spare part inventory cost [J]. Civil Aircraft Design and Research, 2023(1):15-21 (in Chinese).

等^[4]综合考虑了导弹装备数量、维修策略等,利用 Poisson 过程描述导弹现场 LRU 在全寿命周期中的维修情况,构建了 LRU 备件量模型。郭子奇^[5]基于部件维护手册(component maintenance manual,简称 CMM)的结构特点,采用模特排时法(MODAPTS)对部件的内部维修流程耗时进行统计,结合航司实际运营情况,将部件作为 LRU 进行维修所造成损失费用与航司的备件成本增加费用进行比较,对 LRU 清单进行了优化。郭志明、王丹等^[6]对从 LRU 方案划分和 LRU 方案权衡两方面对 LRU 的划分研究进行了归纳总结,指出 LRU 划分需要考虑可靠性,维修性,保障性,经济性等多方面的需求及约束,但国内外研究中仍缺少可用于评价划分方案的量化参数,多数仍依靠经验制定。

在 LRU 的库存研究中,大部分是从航空公司出发,基于确定的 LRU 清单进行飞机备件模型研究。在 LRU 划分方法研究中,也主要以减少维修工时为目标。为了从根本上降低航空公司的运营成本,本文从航司运营的实际需求入手,提出了 LRU 划分因子,并给出了 LRU 划分与库存成本以及保障率之间的定量模型。

1 LRU 划分层级

目前,国内民航产品,以 ATA 章节或标准编码体系(SNS)^[8]为基础,采用功能与物理相混合的方式进行结构分解和编码^[9]。其中,产品划分一般包括 3 个层级:

1) 层级 1-航线可更换单元(line replaceable unit,简称 LRU)

LRU 通常具备以下主要特征:a) 在航线维修中,可以参照飞机维修手册(aircraft maintenance manual,简称 AMM)在翼进行直接更换;b) 原位拆下后可参照部件维修手册对其进行原位修理或翻修,或者直接报废;c) 不包括标准件及通用元器件,比如螺栓、螺母、垫片、密封圈等;d) 不包括采用铆接、焊接等永久性形式连接件。

2) 层级 2-航线可维修件(line maintenance part,简称 LMP)

LMP 是指可在飞机上(原位)直接更换的零件、部件等,是 LRU 的组成部分。从飞机上拆下后,其修理或测试程序包含在其所属 LRU 的部件维修手册中。

3) 层级 3-厂家可更换单元(shop replaceable u-

nit,简称 SRU)

SRU 一般指 LRU 上不可再拆分的零部件,需在 LRU 从飞机上拆下后,再进行拆除和更换的一种必要的保障单元,以便将飞机恢复到工作准备状态。

2 航材库存成本要素分析

航材的库存成本^[10-11] C 主要包括航材的库存订货成本 C_1 、库存持有成本 C_2 、库存缺货成本 C_3 和库存送修成本 C_4 。

库存成本计算如下:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 \quad (1)$$

在航空公司运营中,航材的库存成本主要包括以上 4 个方面。

2.1 库存订货成本 C_1

航空公司在进行航材订货的过程中,通常会产生产订货启动成本和订货可变成本两部分费用。航材订货可变成本主要包括航材单价、关税和增值税。单价为供应商提供的航材订购价格。而航材的关税和增值税都是按照航材单价的比例进行收取,仅与航材单价相关。

为简化计算,在之后的计算中均认为航材单价中已包含关税和增值税。因此,航材的订货成本 C_1 为订货启动成本 K_1 和航材单价 c 与推荐订货数量 D 的乘积之和,表达式如下:

$$C_1 = K_1 + c \cdot D \quad (2)$$

2.2 库存持有成本 C_2

航材的库存持有成本主要包括资金占用成本和仓储成本两部分。

1) 资金占用成本

资金占用成本 C_p 主要与资金的周转天数 T_z 和资金利用率 μ 相关,为两者的乘积,如下:

$$C_p = T_z \cdot \mu \quad (3)$$

其中,资金利用率是指一定时期内领用航材的金额 A_z 与期内航材平均库存总金额 A_L 的比值,表达式如下:

$$T_z = \frac{A_z}{A_L} \cdot T_R \quad (4)$$

式中, T_R 为计算期内的日历天数。

2) 仓储成本

仓储成本主要包括管理费用、空间成本和保险费用。另外,当 LRU 进行细分后,会导致维修测试设备的增加,因此,在仓储成本中还需考虑新增维

修测试设备的费用。另外,考虑到大多数航空公司的仓库都为公司自有房屋,则空间成本忽略不计。

目前国内航空公司的航材管理,主要依托于航材管理系统。因此,航材管理费用主要与购买航材管理系统、测试设备、维修人员资质培训相关。其中,各航司航材管理系统的选择从十万元至上亿元不等,与该航司所储备的航材种类直接相关。另外,测试设备的数量和成本也与航材种类相关。相较而言,维修人员培训的成本可忽略不计。因此,可假设航材的管理成本与航材的种类成正比。

之后,对部附件修理手册和部附件修理厂家中近百个 LRU 件进行调查发现:将一个 LRU 划分到 LMP 级别,航材种类通常增长 5~10 倍;划分到 SRU 级别,航材种类将增长 20~100 倍。

由此可见,随着 LRU 的划分细化到不同层级,航材数量和种类将急剧增长。因此,依据工程经验提出 LRU 划分因子 γ ,来表示航材的数量和种类。LRU 划分级别 M 与 LRU 划分因子 γ 的关系下:

(1) LRU 层级

$$\gamma = 1 \tag{5}$$

(2) LMP 层级

$$\gamma = \begin{cases} 5, m \leq 5 \\ m, 5 < m < 10 \\ 10, m \geq 10 \end{cases} \tag{6}$$

(3) SRU 层级

$$\gamma = \begin{cases} 20, m \leq 20 \\ m, 20 < m < 100 \\ 100, m \geq 100 \end{cases} \tag{7}$$

其中, m 为不同层级的航材种类。

另外,仓储成本中的保险费用与航材订购价格及数量相关。综合考虑各个因素,可假设仓储成本与航材的价格、数量及种类成正相关。因此,在 LRU 因子的基础上,本文将仓储成本表示为:

$$C_M = \gamma \cdot c \cdot D \tag{8}$$

因此,航材库存持有成本 C_2 可表示为:

$$C_2 = C_p + C_M \tag{9}$$

2.3 库存缺货成本 C_3

航材的库存缺货成本反映了因缺货造成的损失,主要包括因缺件造成的飞机停场、延误对航空公司信誉和未来业务的影响造成的损失、客票销售的损失、延误赔偿、飞机租金或折旧损失和紧急订货增加的订货费用。

航空公司通常以保障率来衡量库存缺货成本。当保障率升高时,缺货成本下降,同时所需资金将会增加。由图 1 可知,对于不同的机队规模,保障率从 98% 上升到 100% 时,航空公司库存资金均急剧增长。但若航司机型相同,机队规模较大,库存成本的上升相对平缓。

根据调查,国内大型航空公司的保障率通常保持在 90%~95%。根据行业经验,飞机故障的发生是随机的,装机的航材设备不发生故障不更换几乎是不可能的。因此,在非计划维修工作中,飞机故障处理所需的航材周转件的需求数量也是随机的,其近似于泊松分布的离散型随机分布,表达式如下:

$$P\{X = K\} = e^{-\lambda} \cdot \sum_0^k \frac{(\lambda)^k}{k!} \tag{10}$$

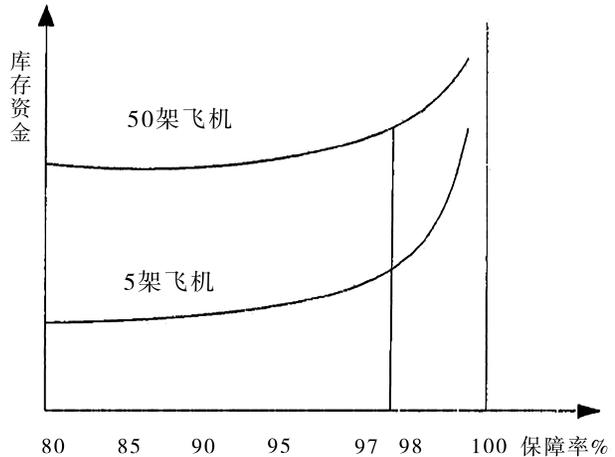


图 1 5 架飞机 vs50 架飞机库存与保障率关系

2.4 库存送修成本 C_4

航材的库存送修成本包括航材的修理费和送修周期成本等。航材修理费用包含修理过程中的人工费和材料费(以下简称操作费),以及修理完成后的测试费用。考虑到周转件和可修件的高价值性,故在进行修理费用计算时,人工费忽略不计。

在工程设计中,通常假设航材送修材料费为航材单价的 25%;送修测试费用为单价的 10%。因此,修理费 R 计算如下:

$$\begin{aligned} R &= \frac{\text{材料费}}{\text{MTBUR}} + \frac{\text{测试费}}{\text{MTBUR}} \\ &= \frac{c \cdot 25\% \cdot (1 - \text{NFF})}{\text{MTBUR}} + \frac{c \cdot 10\% \cdot \text{NFF}}{\text{MTBUR}} \\ &= \frac{c \cdot (25\% - \text{NFF} \cdot 15\%)}{\text{MTBUR}} \end{aligned} \tag{11}$$

$$R = \frac{\text{人工费} + \text{材料费}}{\text{MTBUR}} + \frac{\text{测试费}}{\text{MTBUR}}$$

$$= \frac{(\text{人工时费率} \cdot 0.5 + \text{材料费}) \cdot (1 - \text{NFF})}{\text{MTBUR}} + \frac{c \cdot 10\% \cdot \text{NFF}}{\text{MTBUR}} \quad (12)$$

其中,MTBUR(mean time between unscheduled removals)为平均非计划拆换时间;NFF(no fault found)为送修未发现故障件概率。

3 航材库存成本模型

3.1 目标函数

从航材库存管理的评价指标可知,航材库存管理工作的关键是提高航材的保障水平和降低航材的成本,找到两者的经济平衡点。即在预定保障率的前提下,寻找航材成本最低时的航材备件数量;在预定航材成本的前提下,寻找保障率最高时的航材备件数量。

本文根据库存成本建立最优 LRU 划分层级模型。其中,以航材总库存成本为目标函数,求最小值;以航材保障率为约束条件:

$$\begin{cases} \min C \\ \text{s. t. } P \geq P_0 \end{cases} \quad (13)$$

其中, P_0 为目标最低保障率。

在实际运行中,航空公司设定的系统保障率相同,故可认为在不同的 LRU 划分层级下,库存缺货成本对航司的影响相同。因此,在对不同的 LRU 划分层级比较中,可将航材库存成本简化为:

$$C = C_1 + C_2 + C_4 \quad (14)$$

3.2 年总需求量

对于新的机型或新的航材设备,由于航空公司没有历史使用数据可供参考,因此首先需要根据航材设备供应商提供的可靠性数据 MTBUR,来预测该航材的年需求量 D_Y ,计算公式如下所示:

$$D_Y = \frac{F_H \cdot F_S \cdot \text{QPA}}{\text{MTBUR}} \quad (15)$$

其中, F_H 为单架飞机年飞行小时; F_S 为机队规模; QPA 为装机数量。结合航空公司设定的保障率,当使用航材进行维修后,可能会出现航材数量不能满足航司所设定的保障率。因此,需要考虑到航空公司的补货期,即需考虑其补货期的期望需求量。依据航材是否可以修理,可将航材分为消耗件、周转件和可修件。对于不同类型的航材,其补

货期期望需求量 D_{rst} 的计算方式不同:

1) 对于周转件/可修件:

$$D_{rst} = D_Y \cdot \left[\left(\frac{\text{MSPT} + \text{TT}}{365} \right) \cdot \left(1 - \frac{\text{SR}}{1000} \right) + \frac{\text{SR}}{1000} \cdot \left(\frac{\text{LT} + \text{AT}}{365} \right) \right] \quad (16)$$

2) 对于消耗件:

$$D_{rst} = D_Y \cdot \left(\frac{\text{LT} + \text{AT}}{365} \right) \quad (17)$$

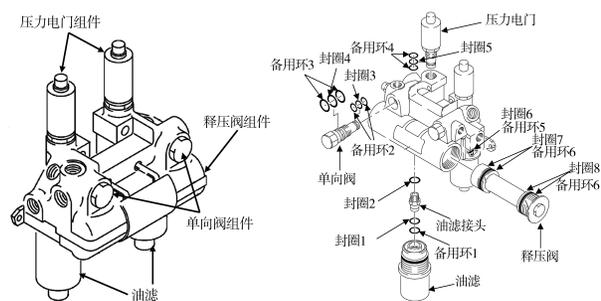
故年总需求量为:

$$D = D_Y + D_{rst} \quad (18)$$

其中,LT 为订货时间;AT 为订货操作时间;MSPT 为平均车间处理时间;TT 为运输时间;MSPT+TT 为修理周转时间;SR 为报废率。

4 实例分析

依据某型飞机的航材推荐清单,选取液压系统压力模組为研究对象,如图 2 所示。该部件的定价为 17 623 美元,MTBUR 为 10 000 飞行小时,每架飞机的装机数量为 2 个。通过对该部件进行 LRU 划分,LMP 部件和 SRU 部件,分别如表 1 和表 2 所示。



a) 压力模組件示意图 b) 压力模組件部件分解示意图

图 2 液压系统压力模組件分解示意图

表 1 LMP 部件信息表

名称	价格/美元	MTBUR (飞行小时/FH)	数量/个
压力电门组件	1 800	45 000	2
人工关断阀组件	4 100	25 000	1
释压阀组件	3 000	150 000	1
单向阀组件	2 000	40 000	2
油 滤	1 209	40 000	2

表 2 SRU 部件信息表

名 称	件 号	价格/ 美元 (飞行小时/FH)	MTBUR	数量/ 个
压力电门	90g37	1 769	51 000	2
人工关断阀	EM56-20	4 000	31 000	1
释压阀	1651.00	2 966	200 000	1
单向阀	H61C0552	1 872	50 000	2
封圈-1	S9413-036	0.9	4 000	2
封圈-2	S9413-029	0.3	4 100	2
封圈-3	S9413-227	0.95	4 100	2
封圈-4	S9413-113	0.2	34 400	2
封圈-5	S9413-116	0.25	27 700	2
封圈-6	S9413-114	0.25	27 700	2
封圈-7	S9413-008	0.18	14 000	2
封圈-8	S9413-111	0.4	5 300	2
封圈-9	S9413-562	0.35	3 300	2
封圈-10	S9413-554	0.2	16 800	2
备用环-1	S12766-226	2.5	51 000	2
备用环-2	S12766-228	2.7	51 000	4
备用环-3	S12766-111	0.45	100 000	4
备用环-4	S12766-112	0.36	100 000	2
备用环-5	S12766-117	0.8	100 000	2
备用环-6	S12766-118	0.95	100 000	2
油滤接头	155012-73-20	2 031	50 000	2
滤芯	7513128	23.25	6 500	2
滤杯	65-17989-9	476	102 000	2

如上表所示,LMP 层包含 5 种部件;SRU 层包含 29 种部件。依据式(5)(6)(7),该部件划分为 LRU、LMP、SRU 时,LRU 因子分别为 1,5,29。

假设:某航空公司的机队规模 F_s 为 15 架;单架飞机年飞行小时 F_H 为 2 000;航材期望保障率为 95%;周转件/可修件的 RTAT 为 90 天;订货和操作时间为 15 天;航材报废率为 0;送修未发现故障件 NFF 为 0.15;订货启动成本 K_1 为 0;资金周转天数为 280 天;资金利率为 0.06。

可计算得到不同划分层级的各部件的库存成本,如表 3 所示。

由表可知,LRU 不同划分层级的总库存分别为 $C_{LRU} = 577\ 716.1$ 美元, $C_{LMP} = 455\ 509.4$ 美元, $C_{SRU} = 1\ 070\ 992$ 美元。不同 LRU 划分层级的库存持有成本分别为:183 836 美元、173 714 美元、1 020 244 美元;以及库存订货成本、持有成本及送修成本占总库存成本的比例,分别如表 4 所示。

表 3 液压系统模组件库存成本表

		单位:美元			
LRU 划分层级	部件名称	C_1	C_2	C_4	C
LRU	液压系统压力模组件	175 747		802	360 385
	压力电门组件	6 663.01	33 621.75	281.33	40 566.10
LMP	人工关断阀组件	13 659.18	68 924.59	571.52	83 155.28
	释压阀组件	1 665.75	8 405.44	69.88	10 141.07
	单向阀组件	7 403.35	37 357.50	312.09	45 072.94
	油滤	5 034.74	25 405.43	214.26	30 654.43
	压力电门	5 777.88	167 824.40	244.03	173 846.31
	人工关断阀	10 746.80	312 151.74	449.74	323 348.28
	释压阀	1 235.16	35 876.38	51.82	37 163.36
	单向阀	6 236.58	181 147.90	263.16	187 647.64
	封圈-1	37.48	1 088.63	52.56	1 178.67
	封圈-2	12.19	354.03	50.26	416.48
	封圈-3	38.60	1 121.08	51.36	1 211.04
	封圈-4	0.97	28.13	5.97	35.07
	封圈-5	1.50	43.67	7.43	52.60
	封圈-6	1.50	43.67	7.43	52.60
	封圈-7	2.14	62.21	14.66	79.01
SRU	封圈-8	12.57	365.16	39.01	416.74
	封圈-9	17.67	513.16	62.55	593.38
	封圈-10	1.98	57.60	12.23	71.81
	备用环-1	8.17	237.17	4.34	249.68
	备用环-2	17.64	512.30	8.73	538.67
	备用环-3	1.50	43.55	4.14	49.19
	备用环-4	0.60	17.42	2.07	20.08
	备用环-5	1.33	38.71	2.10	42.13
	备用环-6	1.58	45.96	2.10	49.65
	油滤接头	6 766.29	196 533.86	285.17	203 585.32
	滤芯	595.83	17 306.41	56.14	17 958.38
	滤杯	777.35	22 578.98	34.293	23 390.62

表 4 航材库存各类成本占比

LRU 划分层级	C_1	C_2	C_4
LRU 层	49%	51%	0.2%
LMP 层	16%	83%	1%
SRU 层	3%	92%	4%

由此可见,当 LRU 划分层级高时,航材种类和数量相对较少,库存持有成本较低,但用于订购航材的费用较高,故航空公司库存成本相对较高。当 LRU 划分较细时,航材的订货成本较低,但库存持有成本相对较高。对于该液压组件,在 LMP 层时,库存订货成本及持有成本达到了一个相对较优值,使库存成本最低;而在 SRU 层中,由于航材种类的急剧增多,导致库存持有成本急剧增加,同时极大地影响了航材的总库存费用。

对国内外的航空公司进行调研,国内外航空公司的航材库存费用中各类费用占比如表 5 所示。由表可知,航材的管理服务费用是航空公司运营中的主要费用,且国外的管理服务费用相对较高。由于本文中仅针对航材库存费用进行计算,未考虑航材直接维修成本、人工、测试等费用且存在较多假设,计算结果与实际情况存在差距,但总体占比较为相符。

表 5 国内外航空公司各类成本占比

区域	维修	航材保障	管理、服务
国内	28%	25%	47%
国外	19%	13%	68%

5 结论

本文主要针对航线可更换单元的划分层级对航材库存成本的影响进行了定量分析。结合实际情况,提出了基于航材库存总成本的最优 LRU 划分层级模型,并对 LRU 的划分提出以下结论及建议:

1) 结合航空公司自身的维修能力,可将部分价值较高的 LRU 件划分至 LMP 层级,可适当降低航材库存成本,为航空公司适当节省成本。

2) 在 LRU 划分中,需注意航材种类和数量的增加所带来的管理费用的增加,其将对航空公司运

营产生较大影响。

参考文献:

- [1] 美国国防部. 后勤管理信息性能规范: MIL-PRF-49506[S]. 美国国防部, 1996.
- [2] 张策. 面向 RMS 的 LRU 规划设计[D]. 北京:北京航空航天大学, 2006.
- [3] 孙蕾,左洪福,刘伟,等. 基于 VARI-METRIC 的民航关键 LRU 多级库存优化配置模型[J]. 南京航空航天大学学报, 2013(45): 532-537.
- [4] 洪东跑,许诺,金晶,等. 基于任务剖面的导弹 LRU 备件规划方法[J]. 系统工程与电子技术, 2015, 37(11): 2520-2523.
- [5] 郭子奇. 面向航空公司的航线可更换单元的优化及划分方法研究[D]. 天津:中国民航大学, 2020.
- [6] 郭志明,王丹,刘英,等. 现场可更换单元划分权衡研究综述[J]. 兵器装备工程学报, 2018, 39(8): 11-14.
- [7] 晏青,邢广华. 基于航材保障工程的初始航材推荐清单研究[J]. 民用飞机设计与研究, 2018(3): 46-53.
- [8] Aerospace and Defense Industries Association of America. International specification for technical publications using a common source database[S]. [S.l.]: Aerospace and Defense Industries Association of America, 2015.
- [9] 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, 14(8): 6-7.
- [10] 袁中华. 航空公司航材库存管理研究[D]. 上海:上海交通大学, 2013.
- [11] 喻拿仑. 基于某货运航空公司的航材管理研究[D]. 南京:南京航空航天大学, 2017.

作者简介

王 瀛 男,高级工程师,DMDOR 工程委任代表。长期从事大型运输类民用航空产品和零部件的持续适航机队工程管理和技术服务、初始适航工程设计和适航审定方面的工程技术和管理工作。E-mail: wangying@ ameco. com. cn

喻拿仑 男,硕士,工程师。主要研究方向:航空维修工程分析。E-mail: nlyu_07@ 126. com

陈舒文 女,博士,讲师。主要研究方向:航空器适航技术与管理。E-mail: csw_nuaa@ 126. com

Line replaceable unit division of civil aircraft based on aviation spare part inventory cost

WANG Ying¹ YU Nalun²* CHEN Shuwen³

(1. Aircraft Maintenance Engineering Corporation Beijing Ltd. , Beijing 100621, China;

2. COMAC Shanghai Aircraft Customer Service Co., Ltd., Shanghai 200241, China;

3. Shanghai Civil Aviation College, Shanghai 201210, China)

Abstract: Aviation line replaceable unit (LRU) is an essential support unit of aircraft maintenance. Firstly, the LRU could be divided to three levels, line replaceable unit (LRU), line maintenance part (LMP), shop replaceable unit (SRU). Then, based on the research of the factors of the aviation material inventory costs, the aviation material inventory costs include ordering costs, holding costs, shortage costs and repairing costs. The storage costs include in the holding costs, which have the positive related to the price, quantity and type of the aviation material. Thus, the LRU division factor have been proposed, the optimal LRU hierarchical model was established, based on ensuring the guarantee rate of aviation material and minimized the inventory costs. Taking the actual operation data of an airline as an example, the LRU division level of one hydraulic system pressure module assembly was determined. Finally, because the classification and quantity of aviation material increase, the airlines management costs will be increased by decreasing the LRU division level from the point view of aviation inventory costs.

Keywords: inventory cost; line replaceable unit division; flight support rate

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