

系留气球备件需求确定方法研究

袁红艳

(中国航空工业第六〇五研究所, 湖北 荆门 448035)

摘要: **目的** 确保系留气球保障性,提高其使用效率。**方法** 针对系留气球的特点,研究运用保障性分析法和相似产品法预测备件品种,采用相似经验法、按比例供应法和模型计算法确定备件需求量,得出一套预测系留气球备件品种和数量的程序和方法,并给出计算实例。**结果** 系留气球备件的配置应首先确定备件的品种,在此基础上确定备件需求量,并配置在相应的维修级别。**结论** 该系留气球备件的预测程序和方法适用于工程实际,可以应用于系留气球的保障性分析。

关键词: 系留气球; 备件; 保障性分析; 初始备件

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2015.06.026

中图分类号: TJ01; V37 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2015)06-0147-05

Research on the Method of Requirement Determination of Spare Parts of Tethered Balloon

YUAN Hong-yan

(China Special Vehicle Research Institute, Jingmen 448035, China)

ABSTRACT: **Objective** To ensure the supportability of tethered balloon and improve application efficiency. **Methods** According to the characteristics of the tethered balloon, types of spare parts were forecasted using supportability analysis and similar products, and the amount of spare parts that were demanded were calculated using the similar experience, the ratio supply method and the model calculation method. Thus, a set of procedures and methods were obtained to forecast types and amounts of spare parts of the tethered balloon, and the calculation example was given. **Results** Configuration of spare parts of tethered balloon should be determined firstly. On this basis, the demand amount of spare parts was determined and the corresponding level of maintenance was arranged. **Conclusion** The forecasting process and method of spare parts for tethered balloon engineering can be applied to supportability analysis of tethered balloon.

KEY WORDS: tethered balloon; spare parts; supportability analysis; initial spares

备件是维修保障资源中不可缺少的组成部分,是实施维修保障的重要物资基础。备件的合理预测不仅影响装备寿命周期费用,而且关系到装备的战备完

好性。美军自20世纪50年代开始重视备件问题,提出了一系列用于备件评估和优化的模型。这些模型在美军备件配置中得到了大量应用,并取得了显著的

收稿日期: 2015-06-10; 修订日期: 2015-07-27

Received: 2015-06-10; Revised: 2015-07-27

作者简介: 袁红艳(1981—),女,湖北潜江人,高级工程师,主要研究方向为装备保障性设计。

Biography: YUAN Hong-yan(1981—),Female,from Qianjiang,Hubei,Senior engineer,Research focus:design of supportability about equipment.

军事效益^[1]。随着科学技术的飞速发展和军事斗争准备需求的牵引,我军装备的现代化水平得到了显著提高,各类大型高技术装备的维修和保障越来越复杂,面临着保障费用高和战备完好性差两大难题。为此,舰船、电子对抗设备、飞机等装备都先后制定了专门的标准用以指导装备备件配置^[2-4]。系留气球作为一种较新型的装备,在军事和民用领域得到了日益广泛的应用,其备件品种和数量的储备没有专门的指导标准,也没有同类型装备可借鉴,尚处于摸索阶段。文中针对系留气球备件配置问题,立足于系留气球型号研制的实际,提出了一套采用保障性分析和相似经验法预测备件品种和运用工程经验、数学模型方法确定备件需求量的方法。

1 系留气球备件简介

1.1 定义

备件是维修装备及其主要成品所需的元器件、零件、组件或部件等的统称^[5]。系留气球备件是指在系留气球使用与维修中用于替换已损坏或即将损坏的零件、部(组)件的供应物资。

1.2 分类

备件分类方法很多,根据产品的组成特点,系留气球备件种类的划分可归纳为以下几种方式^[1,6-8]:

1) 按备件提供的时间来区分,可分为初始备件和后续备件。初始备件一般按1~2年使用期限配置。系留气球的初始备件一般配置易损件、限寿件和电子元器件,如橡胶垫圈、机油滤清器、断路器等;后续备件一般配置机电产品、电子元器件,如差压传感器、继电器等。

2) 按照配置级别分类,可分为基层级备件和基地级备件。系留气球基层级配置的备件通常为现场可更换单元,如机油滤清器、断路器等;基地级配置的备件为现场无法更换或修理的产品,如减速电机、电连接器等。

3) 按维修特点分类,可分为可修复备件和不可修复备件。系留气球的可修复备件,如空气阀、风机等;不可修复备件主要指不能够修理或不宜重复使用的零部件,如防雷带、差压传感器、机油滤清器等。

4) 按结构属性分类,可分为电子件、机械件、高分子纤维布和其他件。系留气球备件的电子件通常有差压传感器、断路器、继电器等;机械件通常有硬铝快

卸环、压力开关等;高分子纤维布通常有蝴蝶结、软式索具等。

2 备件需求确定程序与方法

系留气球备件需求分析的主要目的是确定其在使用和维修过程中需要的备件品种和数量,因此,可分别从备件品种确定和备件数量确定两方面进行研究。

2.1 备件品种

从系留气球备件的定义可以看出,备件与装备的使用和维修任务有着密切联系。要科学合理配置备件品种,就必须开展系留气球的使用与维修工作分析,而这一分析方法与其他保障性分析方法彼此交叉相关。因此,将保障性分析方法作为系留气球备件品种确定的方法之一。另外,作为一类产品而言,不同的型号之间存在着一定的相似性,因此,在工程经验累积的基础上,可采用相似法确定在研型号的备件品种^[9]。

2.1.1 保障性分析方法

保障性分析方法是运用保障性分析技术,即通过故障模式影响及危害性分析、使用与维修工作分析、以可靠性为中心的维修分析、维修级别分析等,确定维修保障过程中各维修级别上所需的每一项备件。系留气球按保障性分析方法确定备件品种程序如图1所示^[9-10]。

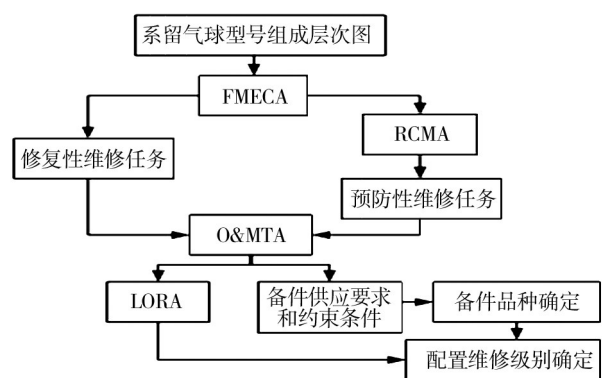


图1 保障性分析程序

Fig.1 Program of supportability analysis

1) 画出型号组成层次图。根据系留气球的组成,按照分系统、设备、部件(或组件)、零件(或元器件)的层次关系列出,形成装备组成层次图。

2) 进行系统、分系统和子系统的故障模式、影响及危害性分析(FMECA),分析的最低层次为现场可更

换单元。对于新研/改进的设备可要求转承制方按要求进行设备的FMECA。

3) 根据FMECA得到的故障模式,确定应进行的修复性维修工作。

4) 根据FMECA得到的故障模式和影响,确定重要功能产品和非重要功能产品。对重要功能产品开展以可靠性为中心的维修分析(RCMA),确定应进行的预防性维修工作。

5) 通过使用与维修工作分析(O&MTA),并结合型号的备件供应要求和供应约束条件,确定预防性维修和修复性维修需要的备件品种。

6) 通过修理级别分析(LORA)将全部的预防性维修和修复性维修工作分配到各个维修级别,得出各个维修级别上配置的备件品种。

通过上述的分析步骤中可以发现,关键是确定预防性维修工作和修复性维修工作所需要的备件。

对于预防性维修,只对重要功能产品(产品的故障可能影响安全、任务完成、导致重大的经济损失等)进行以可靠性为中心的维修分析,确定应进行的预防性维修工作。对非重要功能产品的故障进行的是事后维修,因此,进行预防性维修的备件只考虑重要功能产品即可。通过分析,发现重要功能产品只占系留气球中全部产品的一小部分,也相对比较容易确定^[11-12]。

对于发生故障所需的修复性维修工作,确定所需的备件品种是一个较难的问题。因为系留气球上所有可修复产品都可能发生故障,理论上都应该配置备件,但这显然是不合适的。为此,在配置备件时,应从影响备件品种因素的多方面进行综合考虑。这些因素包括设计方案、使用方案、维修和保障方案等。设计方案中主要包括可靠性、维修性、单价、单机安装数等,这些都是影响备件品种确定的重要因素^[13-14]。使用方案主要内容包括系留气球的部署方案和使用频率。维修方案和保障方案也是影响备件配置的重要因素。维修方案中的维修级别和维修原则是影响备件确定的重要因素;保障方案中的供应保障确定了备件的供应过程,包括供应地点、周转周期、备件满足率等^[14]。通过分析发现,系留气球备件品种主要有易损件、寿命件、电子元器件、以及工作较频繁的机械件等。

2.1.2 相似产品方法

相似产品方法就是通过基准比较系统,找出新型号与现有装备在结构组成、运行环境、设计特性、使用特点、保障系统等方面的相似性,再根据新研装备的实际情况进行修正,确定新型号备件的品种。它是一

种既方便且较为快捷的确定备件品种的方法,可按照下述步骤进行^[9]。

1) 找出与新研产品相似的成熟产品,作为基准比较系统。

2) 编制新研系留气球型号的产品组成图,并对货架产品、改型产品、新研产品进行标识。

3) 收集货架产品的使用信息,尤其是在相似型号上的外场使用信息,整理出货架产品故障情况、备件消耗情况等信息。针对新研型号与相似型号的差异,通过分析,对货架产品的可靠性水平、维修性等产品的相关属性进行修正,确定出货架产品的备件品种。

4) 收集改型产品的原型产品使用信息,找出改型产品与原型产品的差异以及在新研型号中承担的任务、使用的环境等因素。通过修正得到改型产品的可靠性水平、维修性等相关产品属性,确定改型产品的备件品种。

5) 对于新研产品,按照保障性分析方法进行分析,确定备件品种。

6) 对所有产品的备件清单进行汇总,从而得出新研产品的备件品种。

2.2 备件数量

备件数量的确定,不同类型的装备有不同的计算方法,主要包括经验法和数学模型法。对于系留气球来说,由于相关数据积累较少,采用经验法与国军标推荐的数学模型相结合的方法,通过用户使用后,再不断修正。

2.2.1 初始备件数量

初始备件的配置是系留气球备件配置的一个重要阶段,是新装备投入部队使用所必需的,是确定后续备件的重要依据和基础。系留气球初始备件数量的确定通常应依据以下因素:备件保障概率,维修体制,费用限额,装备储存、使用及维修地点和环境,初始保障时间,修理周转期,装备使用频率等。在上述因素的约束下,系留气球装备初始备件数量的确定可采用相似经验法、按比例供应法和模型分析法三种方法。

1) 相似经验法。相似经验法是根据以往相似装备的使用要求和装备备件的消耗情况,结合经验确定新研型号的备件数量。新研的系留气球在确定初始备件数量时,选择定型或成熟的某型系留气球为基准系统,从系统功能、组成、使用环境和作战任务等方面进行比较,找出相似产品的异同,结合定型或成熟产品备件消耗和使用规律,确定新研装备备件的数量。

2) 按比例供应法。按比例供应法适用于不修复

产品。它是根据产品在装备上总的安装数,在总安装数的基础上乘以一定的比例,从而得出该产品需配置备件数量。如电路保护装置中的熔断器,每种规格的熔断器应有50%的备件。

3) 模型分析法。模型分析法是根据备件的寿命分布等已知条件采用相应的数学模型计算备件需求量的一种计算方法。经分析,系留气球备件的备件寿命大多服从指数分布,因此,系留气球初始备件量的理论计算采用指数寿命件备件需求量计算模型。初始备件数计算公式^[6]为:

$$P = \sum_{n=0}^{n=S} \left[\frac{(N_i \lambda t)^n \cdot e^{-N_i \lambda t}}{n!} \right]$$

式中: P 为备件保障概率; S 为在规定时间内系留气球中某零部件的备件需求量; N_i 为一台系留气球上第*i*类零部件的数量,即单机数量; λ 为某零部件的故障率; t 为使用时间或预防缺货的间隔时间; n 为递增符号,从0开始直至某一*S*值,使*P*为某一规定值。

对于某一零件,不同的修理原则,所对应*t*的取值有所不同。对消耗件或不修复件等一次性备件,*t*用初始保障期(也就是装备部署到用户的初期,一般为1~2年内装备累积工作时数计算。对可修复件又分两种情况:基层级更换,后送基地级修复,此时*t*按修理周转期(故障件拆除后,经过修理又返回的时间)内系留气球累积工作时数计算;在基层级对该件进行修复,此时*t*用平均修复时间代替修理周转期内系留气球累积工作时数。

2.2.2 后续备件需求量的计算

后续备件的配置主要是在初始备件的基础上,根据系留气球装备自身情况、初始备件的消耗情况等有针对性地需求量大大的备件进行补充。

后续备件供应一般以年为单位来计算,其需求量*Q_i*的计算公式^[15]为:

$$Q_i = \frac{NN_i T_{OP}(1 - \mu)}{T_{BRi}}$$

$$T_{BRi} = \left(\frac{1}{T_{BRpi}} + \frac{1}{T_{BRci}} \right)^{-1}$$

式中: N 为部署的系留气球总数; N_i 为一台系留气球上第*i*类零部件的数量,即单机数量; T_{OP} 为年度使用小时(或次数); μ 为修复后可继续使用的百分数; T_{BRi} 为第*i*类零部件的平均维修更换间隔时间; T_{BRpi} 为预防性维修更换时间; T_{BRci} 为修复性维修更换间隔时间。

在计算时,应将可修复件和不可修复件分别计算,因可修复件修复后将归入周转备件继续使用。对于不可修复件的数量,令上式中的 $\mu = 0$ 求出。

3 实例研究

某型系留气球部署在沿海某地,部署数量为1套,装备采用基层级和基地级两级维修体制,使用温度范围为-40~+55℃,初始保障时间2年,备件保障概率不小于0.9,分析该装备电源分系统初始备件和后续备件的配置情况。

1) 某型系留气球电源分系统的组成包括地面电源、地面配电、球载电源和球载机电等,其产品组成如图2所示。

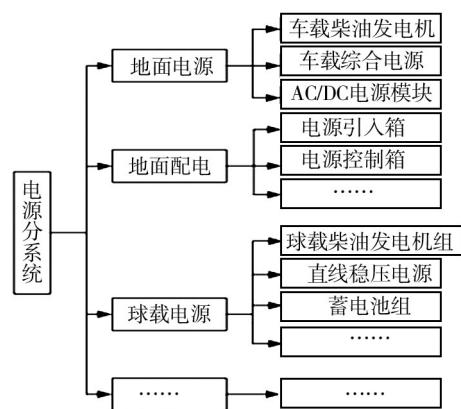


图2 电源分系统产品组成

Fig.2 Product composition of electrical power subsystem

2) 对电源分系统的各产品进行FMECA。

3) 根据FMECA得到的故障模式,确定的修复性维修工作有:电源控制箱维修、电源引入箱维修、球载柴油发电机组维修、球载蓄电池组维修等。

4) 根据FMECA得到的重要功能产品有智能充电控制器和开关盒。通过RCMA,智能充电控制器可靠性指标较高,不需要配置备件;开关盒内部主要集成了部分设备的断路器和接触器。利用按比例供应法,只对断路器提供10%的备件。产品共有22个断路器,即备2个。

5) 对修复性工作MTA,综合考虑第三步中各产品的平均故障间隔时间(MTBF)/平均失效前时间(MTTR)、故障产品的平均修复时间、产品的单价以及使用频率等,再结合型号备件供应约束条件,得出修复工作需要配置的备件有:电源控制箱内的电流互感器、球载柴油发电机的柴油滤清器。参考其他相似型号经验,结合供应商建议,柴油滤清器备1个;电流互感器寿命服从指数分布,采用指数寿命件备件需求量计算模型进行计算,需备1个备件。

6) 根据LORA结果,考虑某型系留气球的使用环

境和供应保障约束条件,其电源子系统的初始备件配置情况为:断路器2个、柴油滤清器1个均配置在基层级;电流互感器控制1个,配置在基地级。假定装备每年工作2800 h,通过计算,后续备件配置情况为:断路器1个、柴油滤清器1个均配置在基层级。

4 结语

系留气球备件确定问题是关系装备使用和维修保障的重要问题,对装备的费用和效能有着重要影响。文中针对系留气球提出了一套预测备件品种和数量的方法,通过对某型系留气球电源分系统初始备件和后续备件配置的计算和分析,证明采用该方法能有效解决系留气球备件配置时的主观性和盲目性,可较科学地量化备件供应品种和数量。

参考文献

- [1] 张金春,曾考,叶振北. 导弹备件配置优化研究初探[J]. 飞航导弹,2008(9):45—46.
ZHANG Jin-chun, ZENG Kao, YE Zhen-bei. Study on the Optimization of Missile Spares Allocation[J]. Winged Missiles Journal, 2008(9):45—46.
- [2] GJB 2528—1999, 舰船备件和供应品配置一般规定[S].
GJB 2528—1999, The General Allocation Rules for Spares and Supplies of Naval Ships[S].
- [3] GJB 3914—1999, 电子对抗装备随机备件概算[S].
GJB 3914—1999, Budgetary Estimate of Carried Spares for EW Equipment[S].
- [4] HB 7384—1996, 军用飞机备件配置要求[S].
HB 7384—1996, Requirement of Military Aircraft Spares Allocation[S].
- [5] GJB 4355—2002, 备件供应规划要求[S].
GJB 4355—2002, Spares Provisioning Requirements[S].
- [6] 李金国,丁红兵. 备件需求量计算模型分析[J]. 电子产品可靠性与环境试验,2000(3):11—13.
LI Jin-guo, DING Hong-bing. Calculation Models of Spare Part Capacity[J]. Electronic Product Reliability and Environmental Testing, 2000(3):11—13.
- [7] 汪文峰,杨建军,赵英俊,等. 导弹武器装备维修备件订购策略研究[J]. 装备环境工程,2005,2(6):90—91.
WANG Wen-feng, YANG Jian-jun, ZHAO Ying-jun, et al. Tactical Research of Maintain Spare Part Procurement of Missile Equipment[J]. Equipment Environmental Engineering, 2005,2(6):90—91.
- [8] 于静,吴进煌. 导弹武器装备备件数量计算方法研究[J]. 战术导弹技术,2003(2):57—59.
YU Jing, WU Jin-huang. Research on a Calculating Method for Missile Weapon and Equipments Spares Quantity[J]. Tactical Missile Technology, 2003(2):57—59.
- [9] 康锐,石荣德,肖波平,等. 型号可靠性维修性保障性技术规范第3册[M]. 北京:国防工业出版社,2010.
KANG Rui, SHI De-rong, XIAO Bo-ping, et al. Specifications for RMS of Materiel NO.3[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2010.
- [10] 黄健,程中华,李欣玥. 基于维修任务分配的新型装备备件品种确定方法研究[J]. 装备环境工程,2012,9(4):102—105.
HUANG Jian, CHENG Zhong-hua, LI Xin-yue. Research of Spare Parts Varieties Determination for New Type Equipments Based on Maintenance Task Allocation[J]. Equipment Environmental Engineering, 2012,9(4):102—105.
- [11] 单志伟,刘福胜. [J]. 装甲兵工程学院学报,2005,19(3):1—3.
SHAN Zhi-wei, LIU Fu-sheng. Exploration on the Method of Spare Parts Requirements Definition[J]. Journal of Academy of Armored Force Engineering, 2005,19(3):1—3.
- [12] 飞机设计手册总编委会. 飞机设计手册第21册[M]. 北京:航空工业出版社,2000.
Comicers Group of Design Hand-book. Hand-book of Aircraft Design Volume.21[M]. Beijing: Aviation Industry Press, 2000.
- [13] 马麟. 保障性设计分析与评价[M]. 北京:国防工业出版社,2012.
MA Lin. Design, Analysis and Evaluatin of Supportability[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2012.
- [14] 王乃超,康锐. 备件品种确定方法及决策风险分析[J]. 兵工自动化,2008,27(10):27—28.
WANG Nai-chao, KANG Rui. Research of Spare Parts Varieties Determination and Decision Risk Analyzing[J]. Ordnance Industry Automation, 2008, 27(10):27—28.
- [15] 马绍明,章国栋. 综合保障工程[M]. 北京:科学出版社,1997.
MA Shao-ming, ZHANG Guo-dong. Integrated Logistics Support[M]. Beijing: Science Press, 1997.