使用与维修工作分析在系留气球研制中的应用

袁红艳，理海涛
（中国特种飞行器研究所，湖北 荆门 448035）

摘要：目的 确保系留气球在使用与维修过程中能提供与其相匹配的保障资源。**方法** 根据使用与维修工作分析的特点，分别采用确定保障工作项目、细化保障工作、确定保障资源、汇总资源的步骤进行分析，最后进行综合分析确定系留气球所需的保障资源。**结果** 通过该方法在实际研制型号中的运用，给出了系留气球使用与维修工作分析的流程、数据记录、以及保障资源汇总的具体要求和方法。**结论** 使用与维修工作分析可解决系留气球所需保障资源配置的合理性与科学性，适用于工程实际。

关键词： 系留气球；使用与维修工作分析；保障资源
DOI： 10.7643/ issn.1672-9242.2016.06.024
中图分类号： TJ86；V21　　**文献标识码：** A
文章编号： 1672-9242(2016)06-0140-06

Application of Operation and Maintenance Analysis in Research and Development of Captive Balloon

YUAN Hong-yan, *LI Hai-tao*
(China Special Aircraft Research Institute, Jingmen, 448035, China)

ABSTRACT: Objective To ensure that the tethered balloon can provide matching supporting resources during the operation and main-tenance. **Methods** According to the characteristics of operation and maintenance analysis, supporting resources required by the tethered balloon shall be anlyzed in the steps of determining the supporting working item, refining supporting task and summarizing resources and finally performing comprehensive analysis. **Results** Specific requirements and methods of pocess, data recording, and supporting resources summarizing were provided for operation and maintenance analysis of tethered balloon based on actual application of the method in model research. **Conclusion** Operation and maintenance analysis can solve the reasonability and scientificity of supporting resource allocation required by tethered balloon, and is applicable to practical engineering.

KEY WORDS: tethered balloon; operation and maintenance analysis; supporting resources

使用与维修工作分析是保障性分析工作的重要组成部分，它是在产品的设计与研制过程中，将保障产品的使用与维修工作区分为各种工作类型和分解为作业步骤进行详细分析，以确定各项保障工作所需的保障要求[1]。通过使用与维修工作分析，可以使装备在使用期间得到精确的保障和有效的维护，显著降低使用与保障费用。我国保障性分析工作起步较晚，使用与维修工作分析目前

收稿日期： 2016-06-05；**修订日期：** 2016-07-16
Received：2016-06-05；Revised：2016-07-16
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.

尚未发布专门的标准。目前，使用与维修工作分析已相继在军用飞机、舰船、导弹武器系统等装备上应用[2—4]，对提高装备保障效益，降低保障费用起到了重要作用。系留气球以滞空时间长、覆盖范围广、生存能力强、使用成本低等独有优势广泛应用于军事和民用领域，但其保障资源的配置长期因采用估计资源要求的臆测性和经验法所引起的资源浪费、误用或短缺等问题日益突出，已经成为影响战备完好性和寿命周期费用的重要因素。

文中通过对系留气球研制中使用与维修工作分析的主要内容和开展阶段的介绍，根据使用与维修工作分析方法的异同，确定了使用工作与维修工作分别进行分析所需保障资源的流程和方法，最后通过分析汇总综合确定系留气球保障资源的配置。

1　使用与维修工作分析概述

1.1　主要内容

系留气球使用与维修工作分析主要是对系留气球新研结构、系统和设备的使用与维修工作进行详细分析，逐项确定以下内容[2—5]：确定系留气球的使用保障工作项目和维修工作项目；完成每项工作项目的详细步骤和顺序；每项工作项目需全部保障资源，包括需要的人力、备件、保障设备、保障设施、技术文件等；预计完成每项步骤所需要的时间和完成某项工作项目的总时间；优化保障资源品种和数量，提出改进设计建议。

1.2　开展时机

使用与维修工作分析这项工作贯穿于系留气球寿命周期的各个阶段，但在每个阶段展开分析的侧重点则不尽相同，分为以下三个方面[2]。

1）方案阶段，可有选择地开展使用与维修分析工作，主要是确定新的或关键的保障资源要求。

2）工程研制阶段，应全面深入地开展使用与维修分析工作，详细确定各项保障资源要求。

3）生产使用阶段，可仅对设计更改部分开展使用与维修分析工作，根据分析结果修改相关文件。

2　使用与维修工作分析程序

使用与维修工作分析的分析方法相同，但分析的对象、分析过程中的输入信息、合并资源时依据的准则和分析的范畴不同[5—6]，可将系留气球使用与维修工作分析分解为使用工作分析和维修工作分析两项工作任务。

2.1　使用工作分析过程

使用工作是指为保障系留气球在预定的环境中使用和执行预定的任务所需的保障工作。系留气球使用工作分析流程如图 1 所示[5—8]。

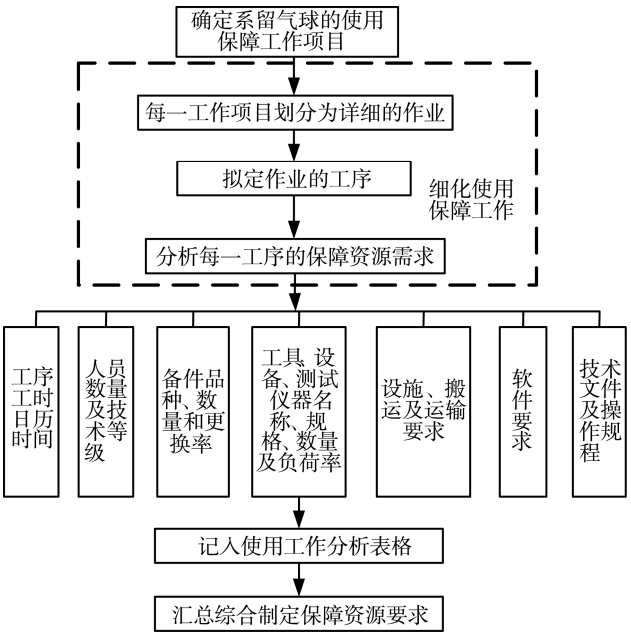

图 1　使用工作分析流程

Fig.1　Program of operation task analysis

2.1.1　确定使用保障工作项目

根据系留气球的任务阶段来确定不同的使用任务，通常系留气球的任务阶段包括架设、升空、系留、回收、撤收、包装运输和再次升空准备。通过分析，系留气球有检查审核类、挂装添加类、挂扣连接类、软件操作类四种工作类型的使用保障工作项目。因此，可按照工作类型的不同，将使用保障工作项目进行分类，使其确定依据更加明确。再按照一定的逻辑判别法则，基于已提出的使用保障工作要求，结合研制装备设计特性，完成最终使用保障工作项目的确定[5]。

2.1.2　细化使用保障工作

细化使用保障工作就是在确定了系留气球的使用保障工作项目后，对每项任务进行逐个详细分析。再针对每一项具体任务应划分为作业，作业又进一步划分为可操作的工序。然后对执行每个工序

所需的保障资源提出需求，并加以分析。

2.1.3　确定保障资源需求

根据每个工序所需的保障资源，确定每项使用工作所需的保障资源，主要包括工时、人员数量及技术等级、备件及消耗品、工具和保障设备、保障设施、技术资料等。

2.1.4　汇总资源

将分析的结果根据保障资源的分类进行汇总，综合制定系留气球保障资源要求。

2.2　维修工作分析过程

维修工作分析是将系留气球的维修工作分解为有序的作业号或操作工序，然后再按每个工序的内容分别确定其所需的人力、维修时间、维修设备的规格和数量、备件、人员训练、消耗品的规格和数量等。维修工作分析流程如图 2 所示[5—8]。

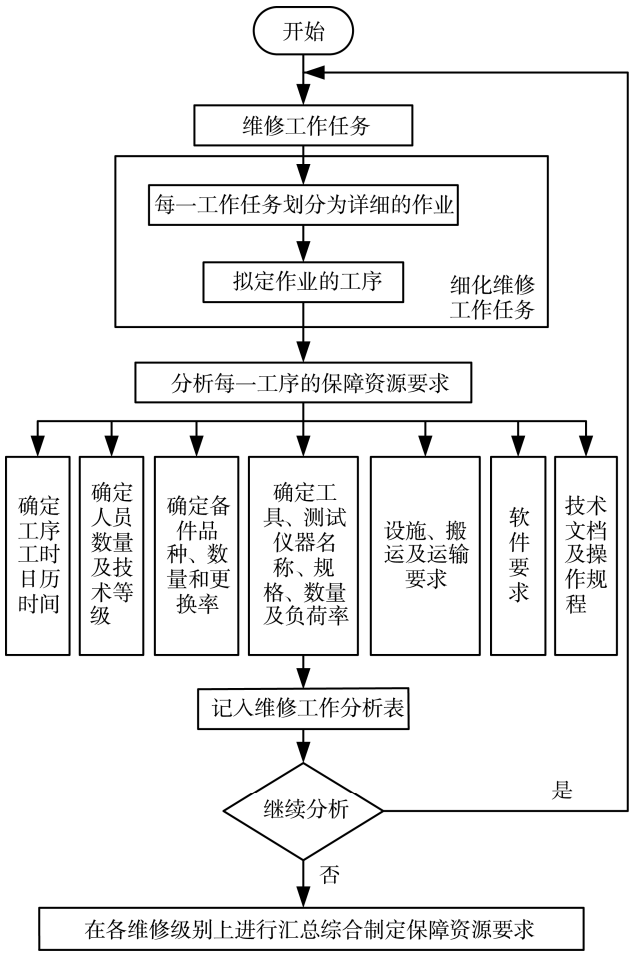

图 2　维修工作分析流程

Fig.2　Program of maintenance task analysis

1）确定维修工作任务。系留气球维修工作任务包括预防性维修工作任务和修复性维修工作任务。预防性维修工作任务：系留气球预防性工作类型有保养、操作人员监控、使用检查、功能监测、定时报废和上述工作类型的综合。预防性维修保障工作项目所需的输入信息来源于系留气球 RCMA（以可靠性为中心的维修分析）分析的结果[9—13]。修复性维修工作任务：根据系留气球 FMECA（故障模式、影响及危害性分析）结果确定需要进行的修复性维修工作任务。系留气球修复性维修工作主要有更换、周转件修复、原件修复和机上直接维修[9—13]。

2）细化维修工作任务。维修工作任务细化是维修工作任务的分解过程，就是将每一项维修工作分解为子工作、作业、工序等步骤。再分析每一维修工序对保障资源的需求[14]。

3）保障资源需求确定。在细化维修保障工作工序之后，会得出完成每个工序的资源需求。包括完成该工序所需的备件、保障设备、保障设施等保障资源。

4）汇总资源。将分析的结果根据保障资源的分类进行汇总，综合制定系留气球保障资源要求。

2.3　分析汇总

在完成使用与维修工作分析后对分析得出的使用与维修保障资源的品种、数量及功能进行归并，以便进行综合考虑，优化设计[15]。

3　实例研究

以某系留气球架设前球体结构分系统在工程研制阶段开展使用与维修工作分析为例，介绍其通过开展使用与维修工作分析得出保障资源。

1）确定使用保障工作项目。根据系留气球的使用模式，确定结构分系统的使用保障工作项目有：架设前头锥检查、气囊检查、索具检查、挂架安装、头锥安装等。

2）细化使用保障工作项目。对步骤 1）中所列出的每个使用保障工作项目分步骤进行逐一细化。文中以步骤 1）中的架设前头锥检查为例进行说明。按照架设前头锥检查的作业步骤进行划分，然后对执行每一步骤所需要的保障资源进行分析，见表 1。

表 1　球体结构分系统使用工作分析

Table 1 Operation task analysis of sphere structure system

型号：XX　　专业：机械专业　　分析人员：XXX

使用任务名称	头锥检查	使用任务编号	OT-球体结构分系统-01	所属系统	球体结构分系统	使用地点	外场
使用人员专业	机械工程师	使用人员数量	1	任务完成时间	15 min	使用时机	架设前地面锚泊

序号	使用任务描述	使用任务保障资源及描述	消耗品名称和数量	技术资料名称
01	目视检查系留管有无明显变形	——	——	使用说明书
02	检查系留管与锥形板焊接处焊缝有无明显裂纹	——	——	使用说明书
03	检查锥形板有无裂纹	——	——	使用说明书
04	依次检查每一斜撑杆与锥形板连接螺栓是否松动	活扳手1把，S=30 mm	——	使用说明书
05	紧固头锥快卸环，检查是否有断裂	活扳手1把，S=30 mm	不锈钢快卸环-φ8 mm，2个	使用说明书、维修手册
…	…	…	…	…

3）确定保障资源需求。以架设前头锥检查为例进行说明，确定架设前头锥检查的地点、人力人员要求、任务完成时间、保障设备、消耗品、技术资料等，见表 1。

4）确定维修工作任务。根据球体结构分系统 FMECA 结果，确定的维修工作有：头锥断裂斜撑杆更换、测控挂架杆件更换、蒙皮破裂修复等。

5）细化维修工作任务。以步骤 4）中的头锥断裂斜撑杆更换为例进行说明，将更换断裂斜撑杆的维修工作分成若干步骤，确定完成每一步骤需要的保障资源，见表 2。

表 2　球体结构分系统维修工作分析

Table 2　Maintenance task analysis of sphere structure system

型号：XX　　分析人员：XXX

项目名称	头锥	件号	XXXXXX	组件名称	斜撑杆	件号	XXXXX	气球处于锚泊状态
维修工作任务	更换断裂斜撑杆	工作任务编号	01	维修级别	基层级			

维修作业工序号	工序名称	维修时间(h)	操作人员数量/人	总工时/人时	日历时间/h	维修设备 名称	维修设备 型号	备件及消耗品 名称	备件及消耗品 件号	备件及消耗品 数量	技术文件 名称
0010	拆除断裂斜撑管与接头连接处紧固件	0.10	1	0.1	0.1	双头呆扳手 高空作业车	XXX XXX XXX	——	——	——	维修手册
0020	拆除断裂斜撑杆	0. 1	1	0.1	0.1	——	——	——	——	——	维修手册
0030	更换斜撑杆	0.1	1	0.1	0.2	——	——	斜撑杆	XXX	1根	维修手册
0040	装上紧固件	0.2	1	0.1	0.2	活扳手 双头扳手	XXX XXX	螺栓 螺母 垫片	XXX XXX XXX	2个 2个 4个	维修手册
合计				0.60	0.60	双头扳手XXX 活扳手XXX 高空作业车XXX		斜撑杆 螺栓 螺母 垫片	XXX XXX XXX XXX	2 2 2 4	

6）分析汇总。将球体结构分系统使用与维修工作分析的保障设备、工具、备件及消耗品等保障资源按品种和功能进行归类汇总，得出保障资源如表 3 所示。

表 3 球体结构分系统保障资源汇总

Table 3 Supporting resources summary of sphere structure system

保障资源	成品名称		成品型号	单机装机件数	所属系统	
	XXX		—	1	气球平台	
保障设备/工具	序号	保障设备、工具名称	功能简介	型号/规格	配套数量	配置级别
	1	高空作业车	设备安装与维护	——	1台	基层级
	2	单头扳手	球体上快卸环的安装与维护	S=10 mm	2把	基层级
	3	一字槽螺钉旋具	吊挂接头、风速风向传感器等的安装与维护	1.2 mm×8 mm，175 mm	1把	基层级
	…	…	…	…	…	…
初始备件	序号	名称	单机数量	型号	配套数量	配置级别
	1	斜撑杆	8	XXXX	2	基层级
	2	耳片	2	XXXX	1	基层级
	…	…	…	…	…	…
消耗品	序号	名称	用途	型号	配套数量	配置级别
	1	润滑脂	轴承部位润滑	XXXX	2盒	基层级
	2	密封剂	翘边的密封	XXXX	1套	基层级
	…	…	…	…	…	…
…	…	…	…	…	…	…

4 结语

在系留气球研制过程中，反复迭代地开展使用与维修工作分析，能科学地进行保障资源确定，满足系留气球与保障资源的适配性要求。文中通过对使用与维修工作分析的研究，可以对系留气球的某一项使用与维修工作进行详细的分析，进而可以确定系留气球所需的保障资源品种和数量，从而对系留气球保障资源的配置和优化提供了可靠依据。

参考文献：

[1] 中国航空综合技术研究所. 航空标准化与通用技术[M]. 北京: 航空工业出版社, 2013.
China Aero Polytechnical Establishment. Aviation Standardization and General Technology[M]. Beijing: Aviation Industry Press, 2013.

[2] 李玮. 使用与维修工作分析在军用飞机研制中的应用[J]. 飞机工程, 2010(1): 56—57.
LI Wei. Analysis of Operation and Maintenance and its Application in the Development of Military Aircraft[J]. Aircraft Engineering, 2010(1): 56—57.

[3] 张平, 唯汝祥, 陈子山川. 基于维修任务分配的舰船装备维修计划优化模型研究[J]. 船海工程, 2009(4): 133—134.
ZHANG Ping, WEI Rui-xiang, CHEN Zi-shan-chuan. Research of Maintenance Mission Distribution Optimization Model in Warship Equipment Maintenance Planning [J]. Ship & Ocean Engineering, 2009(4): 133—134.

[4] 赵建忠, 叶文. 使用与维修工作分析在导弹装备保障资源需求确定中的应用[J]. 精密制造与自动化, 2014(2): 2—5.
ZHAO Jian-zhong, YE Wen. Anallysis of Operation and Maintenance Task and Its Application in the Missile Equipment of Re-quirement for Supporting Resources[J]. Precise Manafacturing & Automation, 2014(2): 2—5.

[5] 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 in Dustry Press, 2012.

[6] 单志伟, 叶红兵, 曹军海, 等. 使用与维修工作分析与保障资源需求确定[J]. 装甲兵工程学院学报, 2001, 15(1): 72—73.
SHAN Zhi-wei, YE Hong-bing, CAO Jun-hai, et al. Analysis of Operation and Mainteance Task and Determaination of Re-quirement for Supporting Resources[J]. Journal of Armored Force Engineering Institute, 2001, 15(1): 72—73.

[7] 空军装备部重点型号部. 重点型号可靠性维修性保障性培训教材下册[M]. 北京: 国防工业出版社, 2009.
Emphasis Project Department of PLA Air Force. Reliability, Maintainability, Supportability Training Materials of Emphasis Project Ⅱ[M]. Beijing: National Defense in Dustry Press, 2009.

[8] 马绍民, 章国栋. 综合保障工程[M]. 北京: 国防工业出版社, 1995.
MA Shao-ming, ZHANG Guo-dong. Integrated Logistics Support[M]. Beijing: Science Press, 1995.

[9] GJB 1378A—2009, 装备以可靠性为中心的维修分析[S].

GJB 1378A—2009, Reliability Centered Maintenance Analysis for Materiel[S].

[10] 朱昱, 王正元, 宋建社, 等.武器装备维修任务分析及调度模型[J]. 机电产品开发与创新, 2005(1): 163—164.
ZHU Yu, WANG Zheng-yuan, SONG Jian-she, et al. Task Analyses and Scheduling Model Of the Equipment Maintenance[J]. Develop-ment & Innovation of Machinery & Electrical Products, 2005(1): 163—164.

[11] 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): 101—102.
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.

[12] 于维铭, 郭金茂, 曹玉坤. 保障性分析在现役装备维修资源确定中的应用[J]. 装甲兵工程学院学报, 2003, 17(1): 101—102.
YU Wei-ming, GUO Jin-mao, CAO Yu-kun. Application of Supportability Analysis in Maintenance Rescources Identification of Equipments of Active Service[J]. Journal of Armored Force Engineering Institute, 2003,17(1): 101—102.

[13] 李玉峰, 许路铁, 陈永康, 等. 某炮弹地面制导装备可修复维修器材保障研究[J]. 装备环境工程, 2014, 11(5): 133—134.
LI Yu-feng, XU Lu-tie, CHEN Yong-kang, et al. Research on Repairable Maintenance Equipment Support of Ground Guidance Kits for a Certain Ammunition[J]. Equipment Environmental Engineering,2014, 11(5): 133—134.

[14] 蔡丽影, 王凯, 周云川. 军民一体化维修保障军地任务分配方法[J]. 装甲兵工程学院学报, 2013, 27(3): 15—16.
CAI Li-ying, WANG Kai, ZHOU Yun-chuan. Military-civil Task Allocation Method in Military-Civil Integration Maintenance Support[J]. Journal of Armored Force Engineering Institute, 2013, 27(3): 15—16.

[15] 章文晋, 郭霖瀚. 装备保障性分析技术[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2012.
ZHANG Wen-jin, GUO Lin-han. Supportability Analysis technology of equipment[M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 2012.