

文章编号:1674-8190(2018)03-428-06

# 基于竞争性试验的通用化保障设备选型 评估方法研究

王辛,张坤

(中国飞行试验研究院 飞行试验总体技术研究所,西安 710089)

**摘要:**保障设备通用化是航空装备系统减小保障规模、发挥最大保障效能的重要途径。通用化保障设备选型则是通过在真实的使用环境开展初始试用和评价,在备选型号中优选出合格供应商、适用的型号。对于航空装备系统的保障能力需求,首先构建通用化保障设备能力评估指标体系;其次,分析竞争性试验的设计需求和原则,设计适用于外场评估的试验方案和流程。同时,给出可操作性评估准则转化的一般过程,形成基于关联度的统型竞标试验权重确定方法。应用表明:该方法能够大幅提高我国航空统型保障设备面向多机型对接的试验流程的规范化,缩短试飞周期,具有重大的军事和经济效益。

**关键词:**保障设备;通用化;竞争性试验;选型

中图分类号:V241

文献标识码:A

DOI: 10.16615/j.cnki.1674-8190.2018.03.019

## Research on Evaluation Method of Selection for General Support Equipment Based on Competitive Test

Wang Xin, Zhang Kun

(Flight Test General Technology Institute, Chinese Flight Test Establishment, Xi'an 710089, China)

**Abstract:** Generalization of support equipment is the very important way to reduce the scale of support and maximize the effectiveness of support. Selection of generalization support equipment is to select qualified suppliers and models through the initial use and evaluation in the real use environment. Aiming at the requirement of equipment system's support capability, the evaluation index system of general support equipment capacity is established firstly. Then, the experimental scheme and process suitable for field evaluation is designed and the design requirements and principles of competitive test are analyzed. At the same time, the general process of how to convert of the evaluation is given. Finally, the method to determine the weight of unified and bidding test based on relevance degree is formed. Application shows that the evaluation method of selection for general support equipment based on competitive test can improve the standardization of aviation type unified support equipment oriented multiple models docking test process, shorten the cycle of flight test, and has great military benefit and economic benefit.

**Key words:** support equipment; generalization; competitive test; selection

## 0 引言

保障设备作为最重要的保障要素,对航空装备

发挥和保持作战使用效能至关重要。随着航空装备日趋复杂,主战装备对保障设备的依赖性也越来越强、要求越来越高。

海湾战争以后,世界军事变革深入发展,航空装备的保障模式发生了很大变化,体现出快速、机动和持续作战的特点。例如,美军作战将“空中远征队”、“全球快速机动”和“敏捷作战保障”的能力

作为其基本能力。当前,保障设备正向综合化、通用化、标准化等方向发展。长期以来,我国保障设备与主战装备研制脱节、鉴定不充分,对装备研制和保障能力形成造成了诸多不利影响,例如“大尾巴”问题,综合保障的理念落实不够,“系列化、通用化、综合化”建设滞后,保障设备型号多、种类多,而且存在同一系列飞机配有多型同类保障设备的情况,保障资源占用较多,使用不便。

国外,V. J. James<sup>[1]</sup>给出了基于保障活动或维修策略的保障设备需求量计算方法;S. B. Benjamin<sup>[2]</sup>研究了保障活动对保障设备的影响。国内,张超等<sup>[3]</sup>对航空运输装卸设备通用性发展进行了研究;钱潜等<sup>[4]</sup>基于排队论研究了一体化保障设备的数量确定方法。这些方法都促进了保障资源的优化,但对于如何通过试验选出最优化的保障设备,却没有一套适用的方法和充分表征使用能力的指标体系。这些问题严重制约了部队战斗力的形成,也造成了保障设备买不起、用不起的困境,急需改进保障设备研制、采购的流程和标准,从源头把控。伴随装备研制体制改革,我国装备研制和采购由任务计划制向采办制转变,承研单位由军工主体向军民联合转变,由基于指标的评价向基于能力的评价转变,其中通用化保障设备选型竞标对接试验作为其中一项重要改革举措,逐渐由理论研究走向工程实践。

通用化保障设备选型竞标对接试验是通过保障设备样机与飞机的对接,基于真实的使用环境,开展初始试用和评价,优选出合格的供应商、适用的型号,确保保障设备“能用”、“好用”、“管用”、“用得起”。

本文主要基于竞争对接试验研究通用化保障设备选型的评估方法,构建通用化的能力评估指标体系,分析竞争性试验的设计需求和原则,设计适用于外场评估的试验方案和流程,以此推动多型号飞机保障设备的通用化、综合化、小型化,以期达到提升保障效能、降低保障费用的目的。

## 1 对接试验体系框架研究

通用化保障设备选型竞标对接试验主要指在保障设备采购环节中,对不同厂家研制的保障设备

实物进行对接试验和综合考评,考核内容包括通用化水平、功能、性能、可靠性、安全性、接口匹配性、保障效率、运输性等<sup>[5]</sup>,最终优选出适合的厂家和更适用的保障设备。通用化保障设备选型竞标对接试验具有使用环境真实、任务剖面多样、与主装备实物对接等独特的优势,其试验结论的全面性、准确性对保障设备研制具有重要意义。这类试验在保障设备研制和采购阶段、验证阶段都是一种新的试验类型,且与传统的鉴定试验存在显著区别,这些区别也直接导致通用化保障设备选型竞标对接试验的项目、方案、流程和评估方法不同。

针对作战飞机保障系统能力特点,通过对外场实际使用需求和相关标准的分析和研究,构建面向保障能力的统型保障设备验证指标体系;形成系统的通用化保障设备选型竞标对接试验技术评价准则和验证方法;提供试验原则、试验程序和一般要求,建立基于试飞维修保障的竞标对接试验方案以及对应的试验评分方法,解决试飞阶段开展竞标对接试验时在试验要求、内容、程序和方法等无依据及具体要求等一系列难题,推动通用化保障设备选型竞标对接试验技术发展。形成的试验体系框架如图1所示。

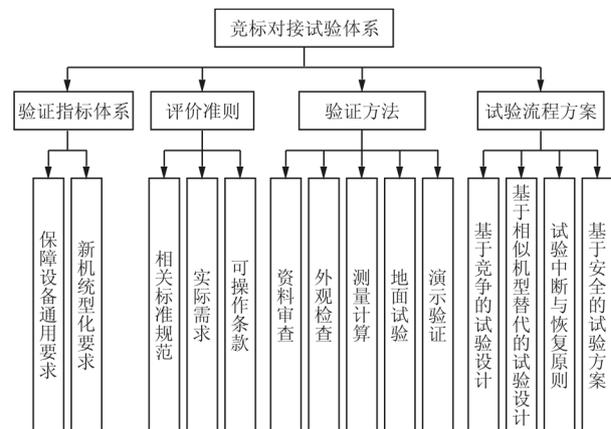


图1 竞标对接试验体系框架

Fig. 1 Framework of competitive bidding test

## 2 面向保障能力的验证指标体系研究

美军防务采办改革中首次采用了性能规范(Performance-Based Supportability,简称PBS),性能规范的核心是只关心结果,而不干涉承包商满

足性能的方法。面向保障能力的统型设备验证要求体现了统型竞标试验的规划思想和顶层要求,本文通过分析各型新机保障能力需求,形成通用的、顶层的验证要求,面向参与统型竞标试验的设备供应商发布,鼓励其采用更优的技术手段参与竞争,研发能用、好用的设备。统型设备验证要求集中体现了装备通用化、小型化、综合化和智能化的需求,以及提升保障效率、降低保障费用的目标,重点包括功能、性能、接口匹配性等。验证要求体系解决了试验的顶层依据和来源问题,是贯彻统型竞标试验公平竞争、公正评价的技术基础。验证要求体系的构建主要包含两部分,分别为保障设备通用要求和新机统型化要求,如图 2 所示。

本文构建保障设备通用能力集合,包括通用要求和专用要求两个层面,其中通用要求包括配套完整性、外观、重量体积、安全性要求、接口匹配性等,专用要求包括功能、性能和使用性等<sup>[6]</sup>。各层级可继续分解细化,如图 3 所示。

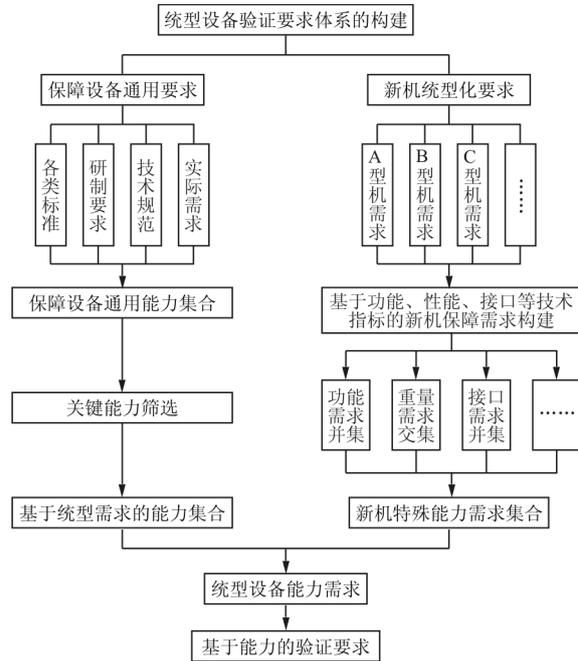


图 2 统型设备验证要求体系构建流程  
Fig. 2 Building process of uniform equipment verification requirements

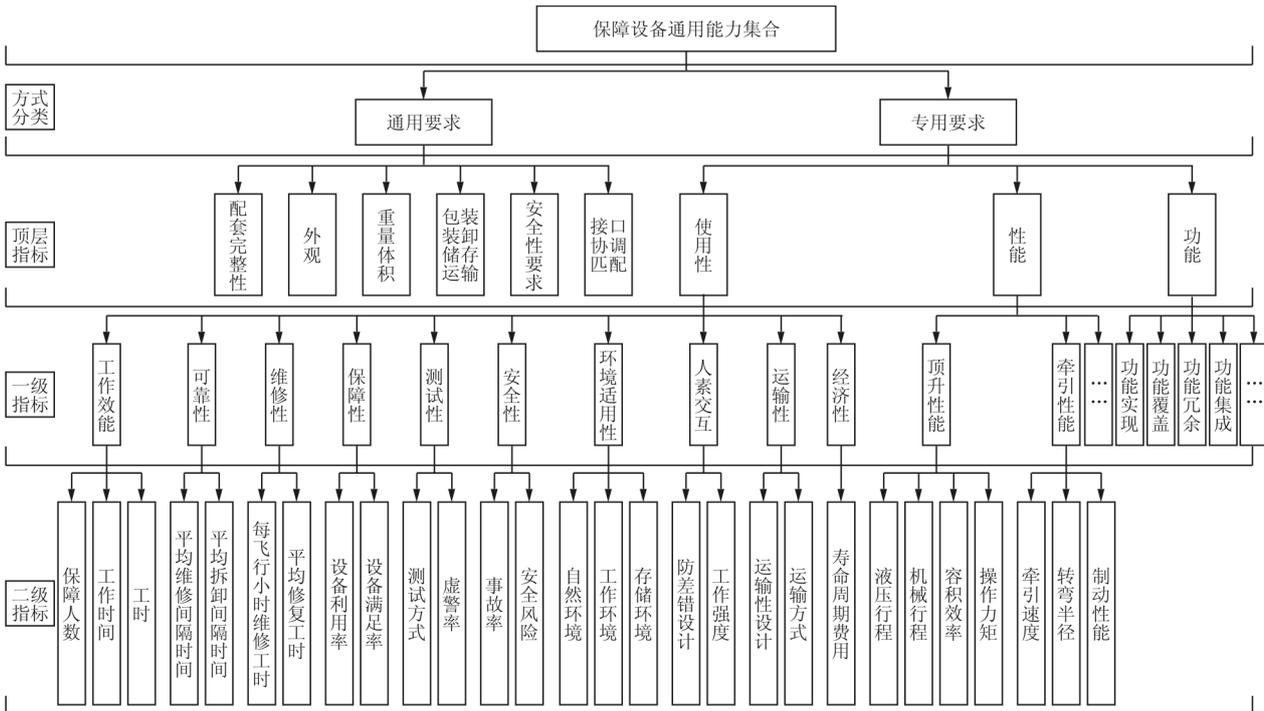


图 3 保障设备通用能力层次结构

Fig. 3 Hierarchical structure of universal capability of support equipment

基于统型竞标试验需求,对通用能力集合进行适当改进,主要涉及功能和性能的合并,按照试验

的顺序,首先考核功能能否实现,然后验证性能情况,并重点关注功能实现情况,因此将功能、性能要

求进行合并,形成基于保障设备统型需求的通用能力集合,主要涵盖以下九个方面,如图 4 所示。

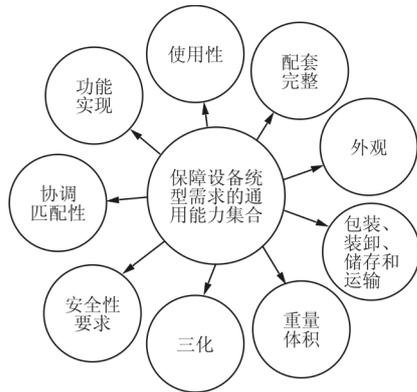


图 4 保障设备通用能力表征集合

Fig. 4 Universal capability index set of support equipment

新机统型化需求的保障能力构建主要解决各机型对保障设备的特殊需求与统型设备能力约束间的矛盾。统型设备能力需求应为各机型保障能力需求的并集或交集,具体到各个技术指标,处理方式存在差异。通用能力的细化和统计梳理主要包括配套完整、功能、性能、接口、重量、外廓尺寸、电源、“五性”、人机工程、环境适应性、包装运输性等方面。

### 3 对接试验方案和流程研究

#### 3.1 基于竞争的试验设计

通用化保障设备选型竞标对接试验与传统鉴定试验的一个重要区别是强调竞争性,不仅要验证装备是否好用,还要验证哪型装备更好用;通用化保障设备选型竞标对接试验中,保障设备与飞机的对应关系不是一对一,而是“多对多”,同类多型保障设备同时对应多型飞机。试验设计要求更高,难度更大。凸显竞争性试验设计对构建“公平、公正、公开”的竞争环境、确保优选出好用、管用、通用的设备具有重要意义。从客观性、对比性、关键性和权重把控等四个方面明确了基于竞争性的试验设计的基本原则。

#### 3.2 基于相似机型替代的试验设计

在进行某些地面试验时,相关飞机可能会由于执行飞行任务、状态不符等原因不能进行试验,这时则需要根据外形、材料、功能等因素选择相似机

型进行代替试验。相似程度决定了不同飞机在进行相关地面试验时能否相互替代。相似性可以分为几何属性相似和物理属性相似,如图 5 所示,在进行具体试验时主要考虑参与使用的设备或系统的相似性,但对于部分试验则还要考虑飞机整体的参与性,对于不同的试验,所要考虑的具体参数也不同。通常,几何属于包含几何外形尺寸、位置、表面粗糙度、产品的重量、接口尺寸及类型,物理属性包括承力、电源、气源、液源和电磁,具体为

- ①承力方面:不同机型在进行试验时的承载方式等;
- ②电源方面:电源品质、额定输入功率、额定气压、电流等;
- ③气体方面:规定的输入气源类型、气体浓度、气压等;
- ④液体方面:规定的输入液源类型、浓度、污染度等级、流速及压力等;
- ⑤电磁方面:对于电磁类试验设备还要考虑不同机型的电磁环境是否相同或相似。

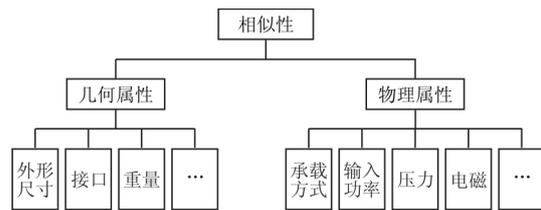


图 5 相似机型替代因素

Fig. 5 Similar aircraft replacement factors

#### 3.3 试验中断与恢复原则设计

试验过程中出现故障时,中断与恢复按照以下要求进行处理:

- (1) 试验条件在容差范围内的中断。中断不是因试验条件超差所致,而是产品发生了不允许的性能变化或失效,迫使试验中断。按照规定填写故障记录表,允许现场进行修复后再进行补充试验;
- (2) 欠试验条件中断。当试验条件低于规定下限时,应从欠条件发生时间重新调整到规定试验条件,恢复试验,一直到完成该试验周期;
- (3) 过试验条件中断。这是应尽量避免的事件。若发现试验条件过度,则必须立即停止试验,并对设备作结构和功能检测,根据检测结果,由有关人员分析判断决策,或继续使用原件,或更换新

件恢复试验。

### 3.4 基于安全的试验设计

试验安全是统型竞标试验的基本要求。保障设备鉴定试验遵循“先静态展示后动态试验、先安全评估后对接试验、先功能实现后性能验证”的基本原则,依次形成基于安全的试验流程,如图6所示。

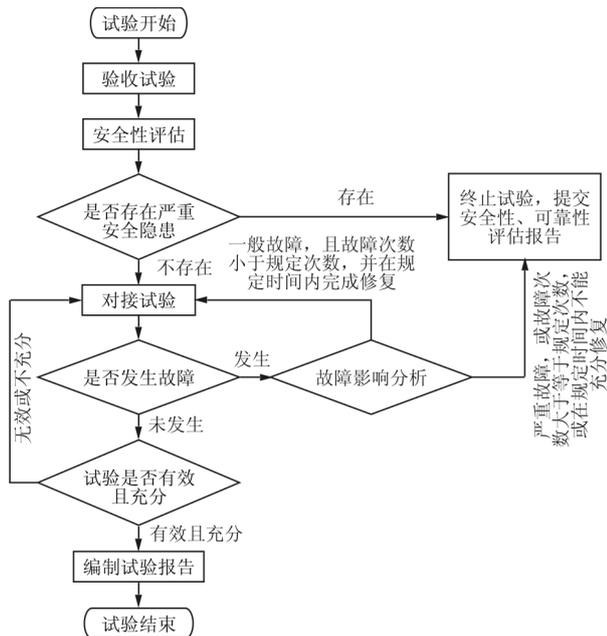


图6 保障设备对接试验流程

Fig. 6 Bidding test process of support equipment

验收检查主要通过交付的保障设备从包装装卸运输、外观、配套完整性进行验收确认,检查需配套交付的技术资料、辅助设备、工具、备件及附件是否配备齐全,主要性能指标是否满足技术协议要求等。确保样件状态完整、满足试验工作需要<sup>[7]</sup>。制定验收检查项表,试验过程中依据项目检查表中的相应判定准则评判,评判结论经过量化处理后,计入试验报告计分系统。

安全性评估是在设备与飞机对接前,对交付的样件进行安全性初步评估,以确认能否转入与飞机的对接试验。该环节的主要目的是及时发现样件是否存在严重安全隐患,避免对飞机等造成损伤。

飞机对接试验是鉴定试验的核心内容,目的是验证保障设备在真实工作环境下的功能、性能实现情况,其主要内容包括协调性检验、功能试验、使用

检查、安全性检查等试验项目。针对一些关键的试验内容,需制定具体的试验实施方案,对试验流程、方法、内容、试验条件等进行详细规定。制定对接试验检查项表,试验过程中依据项目检查表中的相应判定准则评判,评判结论经过量化处理后,计入试验报告计分系统。

试验报告是鉴定试验的最终成果,所有项目试验结束后,通过对试验数据及信息进行分析,给出各承制方产品的试验结果。

## 4 基于关联度的对接试验权重确定方法

在确定了通用化保障设备选型竞标对接试验要求体系和评价准则后,对影响保障设备统型化的9个因素,即配套完整性、外观、重量体积、接口匹配性、功能、使用性、运输性、安全性和通用化综合评价的满足性等指标进行权重分析研究和确定。每个指标对保障设备的适用性都有不同的作用和贡献,所以在确定其权重时,不能只从单个方面出发,而是要处理好各评价指标之间的关系,合理分配其权重。本文采用组合赋权法,其过程为:由军方代表、试验代表、主机厂所等专家群体根据各评价指标进行打分,再采用基于关联度的权重确定方法<sup>[8]</sup>对单个专家的评判数据进行综合,优点是既能考虑专家个人打分的差异性,又能综合专家打分的一致性。将数据划分为强差异性数据和弱差异性数据,对两组数据分别按照修正模型进行排序,然后通过数据序列进行加权,给出该指标的权重。

通过系统分析多源权重信息中蕴含的弱差异性和强差异性特征,可以看出该方法求解的权重分布既反映了专家评判数据的一致性趋势,也体现了专家评判的个体偏好,比较符合保障设备评估鉴定工作的真实情况。

## 5 结束语

目前,通用化保障设备竞标选型评估方法已成功应用于我国某竞标性试验工作,其评估结果通过目前所有型号的审查,且列装后使用单位对设备的反馈和竞标试验结果十分吻合。通过应用表明该方法能大幅提高我国航空统型保障设备面向多机型对接的试验流程的规范化,缩短试飞周期,具有

重大的军事和经济效益。为了进一步促进应用价值的推广,还应从以下方面重点考虑:

(1) 应进一步提炼和总结保障设备适用性鉴定以及通用化选型评估工程经验,使其具有可扩展性;同时,形成的方法体系应上升至企业标准、行业标准甚至国军标,并应纳入我国航空保障装设备标准体系建设总体方案中;

(2) 应全面开展保障设备极限性能参数验证、转场运输试验、环境适用性试验等,建立全国保障设备型号功能性能数据库、厂家信息数据库等,为建立国家航空保障设备鉴定中心提供技术支持;

(3) 进一步转变观念,使业内人士从思想上充分认识到在保障设备采购过程中引入实物评标对接试验工作的重要性。长期以来,我国保障设备与主战装备研制脱节、鉴定不充分,存在装备的转场机动性差、技术水平低、对保障设施和资源占用较多等问题,对装备研制和保障能力形成造成了诸多不利影响。伴随装备研制体制改革,我国装备研制和采购由任务计划制向采办制转变,承研单位由军工主体向军民联合转变,装备试验评价由基于指标的评价向基于能力的评价转变,其中通用化保障设备选型竞标对接试验作为其中一项重要改革举措,逐渐由理论研究走向工程实践。通过保障设备样机与多机型规范化的对接试验和评估,牵引了工业部门在保障设备研制理念由注重指标向注重外场使用的转变,由注重功能性能向注重功能与通用化等能力并重的转变,确保保障设备“优生”、“优育”,使装备系统持续发挥最大效能。

### 参考文献

- [1] James V J. Integrated logistics support hand book[M]. Toronto: Sole Logistics Press, 2006.
- [2] Benjamin S B. Logistics engineering and management[M]. 6th ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2003: 353-356.
- [3] 张超,常刚. 航空运输装卸载设备通用性发展研究[J]. 装备制造技术, 2017(2): 28-33.
- Zhang Chao, Chang Gang. Study on the development of universal air transport loading and unloading equipment[J]. Equipment Manufacturing Technology, 2017(2): 28-33. (in Chinese)
- [4] 钱潜,单志伟,刘福胜,等. 基于排队论的一体化装备保障设备数量确定方法[J]. 装甲兵工程学院学报, 2015(5): 18-21.
- Qian Qian, Shan Zhiwei, Liu Fusheng, et al. A method for determining the number of integrated equipment support equipment based on queuing theory[J]. Journal of Armored Forces Engineering College, 2015(5): 18-21. (in Chinese)
- [5] 钟胜利,等. GJB1132—1991 飞机地面保障设备通用规范[S]. 北京:国防科学技术工业委员会, 1991.
- Zhong Shengli, et al. GJB1132—1991 General specification for ground support equipment of aircraft[S]. Beijing: National Defense Science and Technology Industry Committee, 1991. (in Chinese)
- [6] 俞沼,等. GJB3872—1999 装备综合保障通用要求[S]. 北京:中国人民解放军总装备部, 1999.
- Yu Zhao, et al. GJB3872—1999 General requirements for materiel integrated logistics support[S]. Beijing: General Equipment Department of the Chinese people's Liberation Army, 1999. (in Chinese)
- [7] 徐廷学. 军用装备保障资源试验与评价研究[J]. 航空科学技术, 2001(5): 25-26.
- Xu Tingxue. Experimental and evaluation study on military equipment support resources [J]. Aviation Science and Technology, 2001(5): 25-26. (in Chinese)
- [8] Alexander V Prokhorov, Leonard M Hanssen. Effective emissivity of a cylindrical cavity with an inclined bottom: II. non-isothermal cavity[J]. Metrologia, 2010, 47: 33-46.

### 作者简介:

王 辛(1982—),男,硕士,高级工程师。主要研究方向:通用质量特性。

张 坤(1987—),男,硕士,工程师。主要研究方向:通用质量特性。

(编辑:赵毓梅)