

航空装备测试保障体系建设的思考

苗学问¹, 袁志芳¹, 邢海波²

(1. 空军研究院系统工程所, 北京 100076; 2. 空军装备部, 北京 100038)

摘要:从保障体系建设的角度分析航空装备测试保障需求, 重点从战备完好水平低、转场保障规模大和寿命周期保障费用高三个方面进行论述, 通过对比外军做法和我军实际情况, 提出应采用综合诊断体系架构, 总体规划、逐步推进测试保障体系建设的设想, 并从突出一体化系统管理、加强综合验证考核、强化数据闭环管理和综合应用等方面实施对策措施。

关键词:一体化; 综合诊断; 测试性设计; 机上 PHM 系统

中图分类号: TP206 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8829 (2019) 09-0001-04

doi: 10.19708/j.ckjs.2019.09.001

航空装备保障体系的建设, 国内外都遵循相同的五大原则。一是部署和机动能力强, 需要机上测试诊断能力强, 以及较小的地面测试设备规模; 二是平时战备完好性高, 需要配套测试诊断要素与主装备匹配, 能够快速测试、精确诊断故障; 三是战时出动能力强, 需要测试流程简捷、高效, 故障诊断精确; 四是寿命周期费用低, 具有良好的测试性保障性设计, 实现精益维修、精确保障; 五是编制体制精干。这五项原则与装备的测试保障都直接相关。以部署和机动能力为例, 空军的天然优势是机动转场作战, 航空装备必须具备良好的机上测试诊断能力, 缩减地面测试设备规模, 这样才能便于部署和转场机动。因此, 对航空装备的测试保障体系建设, 我们应该从保障体系的角度来分析研究。

1 现状分析

近年来, 随着空军装备的发展建设, 装备综合保障工作取得了显著成效。但从空军转型建设全局的角度看, 航空装备保障仍然面临如下挑战: 一是战备完好水平不高, 距离实战化作训要求有差距; 二是空军从“看家护院”到“走出去”, 转场保障规模大的问题日益凸显; 三是寿命周期保障费用剧增, 影响装备规模结构。

1.1 战备完好水平不高

从部队外场数据看, 导致航空装备不完好的因素主要可归纳为质量可靠性不高、预防性维修频繁、备件供应保障难、大修周期长等四个方面。这些因素实际上都受测试保障体系建设的影响。

装备质量可靠性不高, 主要是受可靠性、维修性设计问题以及耐久性等问题影响。具体到测试性设

计, 主要是飞机机载系统故障检测隔离水平不高。由于大量故障需要人工排查、串件维修, 使得外场排故时间长, 导致装备处于待修状态。

由于大量的故障需要通过定检、特检式排查发现, 现役装备安排了大量的预防性维修工作, 导致装备有相当长的时间处于定检状态。

备件供应保障难, 同样也受飞机测试性设计影响。根据修理工厂统计数据, 军机航材返厂维修, 故障不能复现率过高。而民机电子系统产品, 故障不能复现率不到 8%。新机航材昂贵, 难以大量购置存储, 而无故障返厂周转, 会导致航材供应更加短缺, 直接导致空军飞机缺件待修的问题突出。

大修周期长, 与定检类似, 同样也受飞机测试性设计制约。会导致相当一部分的飞机处于大修状态, 在队飞机总数不高。

1.2 转场保障规模大的问题日益凸显

空军以快速反应、快速机动著称。如美军在发展 F-22 飞机时, 提出了著名的“快速猛禽”作战概念: 一个特遣分队由 1 架 C17 和 4 架 F22 组成, 24 小时内, 可以完成全球范围内部署与机动, 做到快速出动、快速抵达、快速攻击。

与外军相比, 我空军转场保障规模居高不下, 转场携行保障物质、保障人机比往往是美军多倍以上。影响保障规模的因素有管理因素, 但主要还是设计水平不高, 保障装设备“三化”程度低导致。如机内自检检测水平低, 自然需要大量的保障设备和人员。再如, 现役主战飞机一线测试设备配套的综合航电测试设备、射频类测试设备等种类繁多、缺乏统型。

1.3 寿命周期保障费用剧增

寿命周期保障费用剧增, 就有可能出现装备买得

起、用不起的现象。从长期来看,势必影响空军装备的整个规模结构和建设。研制和采购费用只是水面上的“冰山”,使用保障费用才是隐藏在水面下“冰山”主体,占比达60%~70%。根据近年来统计数据,空军航空装备保障费用呈指数增长。从使用保障费用的构成看,修理费和航材费高达90%以上,这两项因素均受测试保障的直接影响。

以上的分析表明,测试保障能力在平时,将直接影响装备完好性、保障规模和保障费用等。在战时,装备测试保障则直接影响作战任务执行能力。我们设定30天高强度出动的作战方案,以现役装备水平为基准,进行保障效能仿真推演,分析可靠性、维修性、测试诊断能力等的影响,结果表明,提升飞机的综合诊断能力,可以消减预防性维修,提高备件满足率,缩短故障诊断时间,进而可以显著提升任务期间飞机留空时间比例(提高15%以上)。

总之,测试保障能力是装备保障体系建设的重要环节。目前,机载测试性水平低、地面测试设备缺乏统型,直接影响了装备综合保障能力。我们必须以装备高效率、低费用为目标牵引,全面提升空军装备测试保障能力。

2 建设构想

2.1 外军做法

美国空军同样经历过我们空军当前测试保障面临的问题。20世纪70—80年代,美军三代机早期机型暴露出测试性差、故障诊断时间长、BIT虚警率高等问题,“诊断”问题成为综合保障的瓶颈。美军及工业界分别针对机内自检测、ATE、技术资料各诊断要素相继独立地采取了很多措施,结果不理想。问题的根源在于各诊断要素彼此独立工作,缺少综合诊断。为解决上述问题,美国国防工业协会于1983年提出了“综合诊断”的设想,通过考虑和综合飞机测试性设计、自动和人工测试、技术资料、人员和培训等所有测试诊断要素,最有效地检测、隔离装备的所有故障。综合诊断在F-22飞机等装备研制中得到贯彻,取得了良好的效果。美军20世纪90年代末,在F35型号中,进一步提出了预测与健康管理,目标是大幅提升机上测试诊断能力、压缩配套保障资源,依托预测能力实现自主保障,以提高装备的可用度和任务可靠性水平、降低保障规模。美军测试保障发展历程如图1所示。

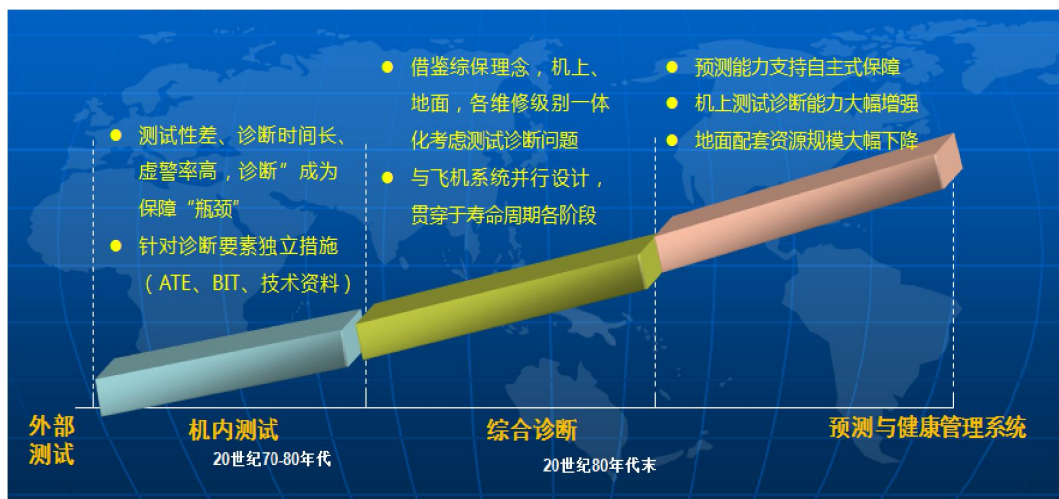


图1 美军测试保障发展历程

为此,美军在F35飞机研制中,规划了图2所示的以PHM系统为基石的自主式保障系统。通过发展PHM系统大幅提升保障效能。与F16飞机相比,F35飞机保障效能大幅提高:使用可用度提高15%以上,出动架次率提高25%,维护人员/人力减少20%~40%,保障规模缩小50%,使用保障费用减少50%,如图3所示。

2.2 空军航空装备测试保障体系建设规划

美军的做法我们可以借鉴。但是,由于基础产品测试性设计水平低,系统集成水平不高,总体基础较

差,我国空军航空装备测试诊断体系建设,不能直接照搬美军F35的做法。总体而言,我们与美军还是有一定差距。我们应采用综合诊断体系架构,总体规划、逐步推进测试保障体系建设,重点通过地面诊断要素补充机上测试诊断系统能力,以满足装备保障对测试诊断能力的需求。要在综合诊断的框架下,抓好系统测试性设计、机上PHM系统研制及技术攻关熟化、配套测试设备规划与研制、用户技术资料研制,从体系建设角度解决航空装备测试保障的问题,提升航空装备测试保障的总体能力。

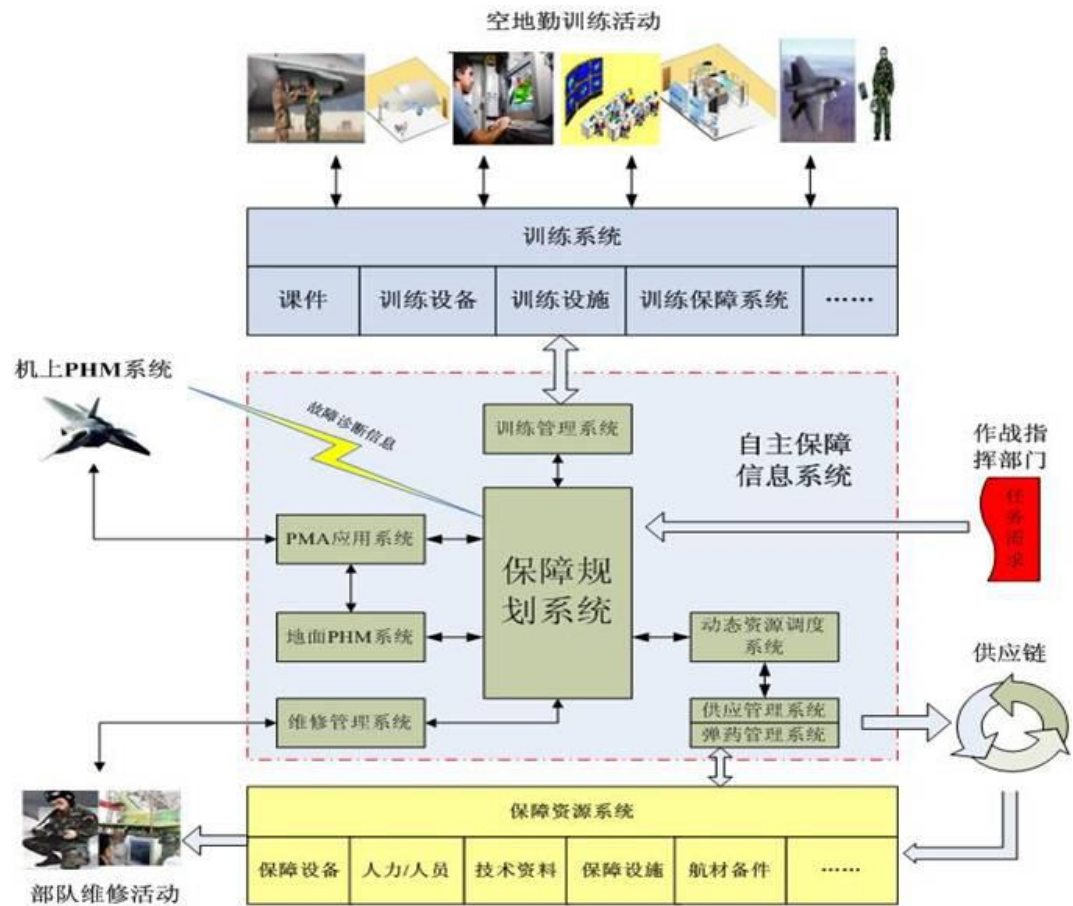


图2 F35飞机自主式保障系统

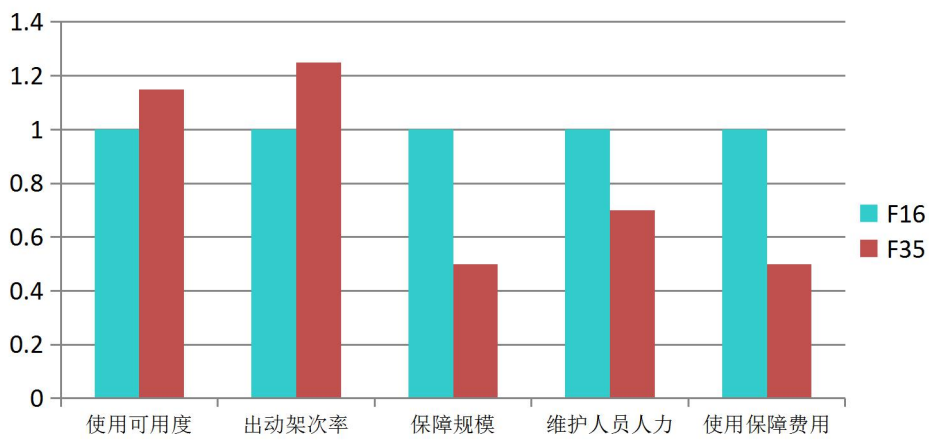


图3 F35与F16飞机保障效能对比

测试诊断体系应采用严格、标准的信息规范，使诊断相关信息在飞机全寿命周期内、全系统、所有测试诊断过程中得到共享。应统筹考虑部队级和基地级两个级别的建设；应分析和综合机上PHM系统、地面自动和人工测试、PMA、人员与培训等。全部诊断要素如图4所示，实现对预期发生的所有故障100%检测和隔离，满足保障对测试能力的要求。

测试诊断体系应对飞机上测试诊断系统、地面配

套的测试保障资源一体化考虑，以测试诊断需求为总目标，通过技术熟化，递增机上PHM能力，逐步缩减地面保障设备、测试设备规模，减少测试诊断对人工测试的依赖。

3 对策措施

一是要突出一体化系统管理，推进实现机上PHM、地面诊断要素综合。做好综合诊断架构下的测

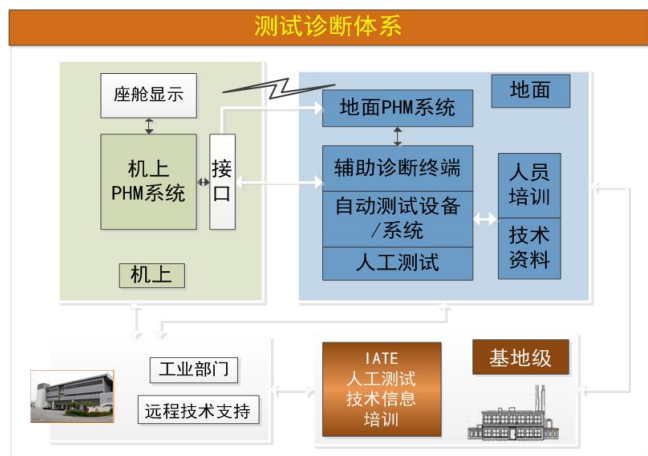


图4 航空装备测试诊断体系组成要素

试保障体系建设，首先要进行管理创新。要构建总师系统牵头的工作系统和IPT团队，在综合诊断目标下，按照系统工程方法，将测试诊断的需求在飞机的各个系统和产品，以及测试设备、用户技术资料、训练保障等方面，逐级向下分解。

应将综合诊断研制过程纳入型号研制过程，制定综合诊断工作计划和实施方案，明确在研制各阶段应开展的综合诊断工作项目、里程碑节点与目标，与飞机系统、产品、测试设备、技术资料等一体化考虑。应确保底层产品设计落实，奠定装备测试诊断能力的基础。

二是要在综合诊断体系下，做好测试设备需求分析、统型建设，既要与主装备同步设计、同步研制，又要避免与主装备完全捆绑发展，逐步解决测试设备

型号繁杂、规模庞大的问题。重点要加强测试设备顶层规划、建立一、二线测试设备的型谱；要创新采办机制，跨越主装备型号进行测试设备的建设与采购；要发展技术标准，推动测试设备“三化”。

三是加强综合验证考核。没有严格的考核验证，所有目标就是建立在沙滩上。必须对综合诊断体系建设涉及到的飞机型号综合诊断方案、飞机机内自检测水平、PHM系统、测试设备、用户技术资料、人员培训等所有诊断要素，进行严格的综合验证与考核。

四是强化数据闭环管理和综合应用。数据是测试诊断系统研制和考核的核心，必须完善流程、方法手段，使得数据在研制全过程、军方和地方各单位间实现共享共用，持续提升装备系统测试诊断能力。测试诊断数据管理新模式如图5所示。

□

作者简介



苗学闯，工学博士，空军研究院系统工程所十三室主任/高级工程师，长期从事装备通用质量特性与综合保障专业领域的发展规划、型号论证和工程技术研究工作。现为空军高层次人才，军委装发部可靠性工程专业组成员。先后负责20余型空军装备型号通用质量特性与综合

保障论证工作，主持完成预研、军内科研计划、型号课题等50多项，探索提出了“基于能力”和信息化保障的装备保障论证程序与方法。发表论文30多篇，出版专著1部，获军队科技进步一等奖1项、二等奖2项。



图5 测试诊断数据管理新模式