

# F-35 飞机自主式保障系统 缺陷及原因分析

辛 昕 谢 川

**摘 要** 通过研究美国政府问责局(GAO)2016—2019年发布的关于F-35飞机保障的系列调查报告,分析了其自主式保障系统的缺陷和产生的原因,以期对先进战机维护提供有益的借鉴。F-35自主式保障系统存在的缺陷包括:信息系统自动化程度有限且所需数据不完整或错误,可部署性较弱和信息交流不顺畅,以及备件短缺和不匹配,备件运输困难,紧缺备件分配优先级难以确定,备件管理混乱等。上述缺陷的产生原因主要是装备成熟度与保障性之间的矛盾,保障管理的组织架构有待完善,对全球供应链建设方面的困难估计不足,以及保障管理方面的政策法规不完善等。

**关键词** F-35飞机 自主式保障系统 缺陷  
供应链 信息系统

## 引 言

作为当今最强大的军事力量,美军率先装备了五代机,在装备部署、使用以及保障等方面积累了大量经验。截至2019年10月,有435架F-35飞机在美国和其他国家的19个基地部署<sup>[1]</sup>。预计到2023年,F-35将在全球的43个基地部署,总部署量将达到1100架以上。预计在F-35的60年生命周期内,全球总采购量将达到3300多架,美军采购量将达到2500架<sup>[2]</sup>。F-35飞机在全球的大量部署对保障的要求很高,美国政府问责局长期对F-35维护保障进行跟踪调查,2016年发布了《F-35维护:国防部需要制定计划解决集中后勤系统的风险》报告<sup>[3]</sup>,2017年发布了《F-35维护:国防部需要解决影响准备率和费用透明度的挑战》报告<sup>[4]</sup>,

2018年6月发布了《F-35联合攻击机:研发基本完成,但在测试中发现的缺陷需要解决》报告<sup>[5]</sup>,2018年4月发布了《战机保障:国防部需要在各军种共享F-35实际操作经验》<sup>[6]</sup>,2019年4月发布了《F-35维护:国防部需要解决供应链重要挑战》报告<sup>[2]</sup>,2019年11月发布了《F-35维护:国防部在维护扩大的机群方面面临挑战》报告<sup>[1]</sup>。从这些报告中可以看出,F-35自主式保障系统(AL)仍存在一些缺陷,导致F-35机队无法完成多任务和足够的飞行架次,达不到作战要求。

## 1 F-35 自主式保障系统

F-35自主式保障系统是一种新型的全球化保障系统,可以保障美国空军、海军、海军陆战队三种机型以及所有用户的F-35飞机,代表了21世纪美军武器装备保障的发展方向。该系统能够辨识和综合保障需求、供应链管理、备件可靠性、安全性等一系列相关信息,通过故障预测和健康管理(PHM)系统对飞机健康状况进行管理,实时对飞机各部件的剩余寿命进行预测,生成维修决策。整个保障系统通过自主式保障信息系统(ALIS)联系,使信息可以实时到达保障系统的任何地方。此外,该保障系统通过全球供应链,将各级零部件修理基地联结成一个网络,为F-35所有用户提供零部件,支持作战和训练需求<sup>[7]</sup>。

### 1.1 故障预测和健康管理系统

故障预测和健康管理系统的作用是,当飞机还

本文2020-04-09收到,辛昕、谢川均系空军工程大学副教授

在空中飞行时,就可以检测到飞机的故障信息,并将此信息自动传输给地面的维修站和保障补给系统,使其准备好相应的备件、技术资料、维修人员和维修设备等,当飞机着陆后,便可快速进行维修,从而缩短飞机再次出动的准备时间,大幅度减少维修工作量,节省保障费用。

### 1.2 自主式保障信息系统

自主式保障信息系统是由美国洛马公司研发,安装在地面电脑上,集成多种应用软件的功能,具有供应链管理、维修、训练管理、飞行计划和任务规划等功能,被称为 F-35 的大脑。该系统旨在提高 F-35 机队的管理效率、保障效能、作战效能和可用度。例如,在供应链管理功能方面,自主式保障信息系统可以更新备件状态、生成供应要求,以及交流备件关键数据<sup>[1]</sup>。该系统于 2014 年交付给加州爱德华兹空军基地和马里兰州帕特森河海军航空站的海军空战中心飞机部试验场,进行试飞验证,之后,该系统安装到 F-35 的所有部署地,并从 2015 年起开始军事应用<sup>[2]</sup>。

### 1.3 全球供应链

F-35 自主式保障系统的另一个支柱是 F-35 全球供应链。美国空军、海军、海军陆战队以及八个国际合作伙伴和其他外国用户共享一个通用全球备件池,由主承包商洛马公司管理<sup>[2]</sup>。该备件池包括机身、发动机、保障设备、飞行和训练装备的备件,共包含四个子备件库:一是基地备件库,即保障本地部队的零售级供应库;二是全球备件库,即位于区域仓储地点的批发库存;三是部署备件库,用于保障前沿部署部队的作战和应急行动;四是船用备件库,用于保障在海军舰船上的行动<sup>[8]</sup>。F-35 全球供应链可以通过规模经济来减轻美国空军、海军、海军陆战队和国际合作伙伴与外国用户的保障费用。

## 2 F-35 自主式保障系统的缺陷

F-35 自主式保障系统如果能正常运作,可以大大简化 F-35 保障的规模,提高飞机出动率,减少飞机服役的全寿命周期费用。但是从美国政府问责局关于 F-35 保障的系列报告可以看出,F-35 自主式保障系统还存在一些缺陷,导致 F-35 目前执行任

务能力和出动率达不到作战要求。

### 2.1 自主式保障信息系统的缺陷

F-35 自主式保障信息系统的本意是为了提高飞机维护和保障的效率,但实际效果却不令人满意,反而给飞机维护和保障制造了额外的工作量,主要存在以下缺陷。

#### 2.1.1 自动化程度有限且所需数据不完整或错误

F-35 自主式保障信息系统在接收、跟踪和管理备件时需要维修和供应人员手动输入,有时需要重复工作,非常耗时。此外,飞机所需备件的电子数据丢失或不完整,需要人工进行大量检查和排查,更加耗时、耗力。此外,该系统数据库中零件编号存在错误,根据其嵌入算法计算的结果出现错误,无法确定飞机是否能安全起飞。美军甚至建议飞行员与维修人员不要依靠该系统来判断是否可以起飞。2018 年,美国政府问责局指出,美军应训练飞行员减少对该系统的依赖,加强在该系统切断情况下的飞机操作能力训练<sup>[2]</sup>。由此可见,F-35 自主式保障信息系统目前无法为飞行训练提供可靠的保障。

#### 2.1.2 可部署性较弱

F-35 自主式保障信息系统的服务器体积过大,并且连通条件、储存和运输条件要求高。在过去军演中,美国海军陆战队发现,放置该系统设备的建筑物必须符合环保要求,并且需要配置足够的冷却系统和电力供应。此外,天气会影响自主式保障信息系统设备的运输<sup>[2]</sup>。这种情况对于作战环境有一定限制,不利于全天时使用。

#### 2.1.3 信息交流不畅

自主式保障信息系统故障解决方案在 F-35 不同基地之间无法共享,导致各基地无法及时解决故障,只能主要依靠承包商来解决。此外,自主式保障信息系统内部的维修和供应系统彼此没有交流,导致备件在同一基地的维修和供应站之间运输时难以通过电子信息来跟踪。

### 2.2 全球供应链的缺陷

全球供应链的设计理念很好,但由于其建设还不够完善,仍存在一些缺陷。美军在 2017 年 1 月首次在海外部署 F-35 战机后,其供应链就暴露出备件短缺、备件与部署飞机不匹配、备件运输困难、

紧缺备件分配优先级难以确定,以及备件管理混乱等问题。

#### 2.2.1 F-35 备件短缺及不匹配

由于备件短缺,2018年5~11月期间,F-35飞机有近30%的时间无法飞行。此外,国防部有大约4300架F-35飞机的备件维修积压<sup>[9]</sup>,并且备件库中的备件与实际部署飞机所需备件型号和数量并不相符。美国国防部和其他F-35采购国提前2~3年购买了某些型号的F-35备件,以支持飞机在基地和舰船上的部署,但当飞机部署时,其中一些备件并不匹配。

#### 2.2.2 备件运输困难

F-35备件在全球范围内管理和运输存在困难。F-35供应链目前为以下的F-35部署提供了最初20天的备件储备,计划当这些备件用完后,再从全球备件池中补充,包括美国空军2017年11月~2018年5月部署在日本的12架F-35A;美国海军陆战队从2018年3~4月部署在美国黄蜂号两栖登陆舰(U. S. S. Wasp)的6架F-35B;美国海军陆战队2018年7月~2019年2月部署在美国埃塞克斯号两栖登陆舰(U. S. S. Essex)上的6架F-35B<sup>[2]</sup>。此外,F-35供应链还负责为其他部署F-35的国家提供备件。但由于目前全球供应链还未建成,所以在管理和运输全球F-35机队所需备件方面存在困难。

根据计划,F-35全球供应链建成后,可以通过132条线路在所有参与国之间运输备件(例如从意大利到英国,从意大利到挪威等),以及通过2162条线路在F-35所在场所之间运输备件(例如从荷兰的仓库到挪威的基地)。但是,目前全球供应链还未建成,计划到2020年具备初始运行能力,到2021年9月具备完全运行能力<sup>[2]</sup>。目前,该供应链的运输网络、接收备件的场所以及支持进出口活动的机制都还在建设中,备件运输系统比较低效,备件需要从美国运出并返回美国之后,才能运往其他参与国。因此,美国海外基地和其他采购国的备件等待时间比较长,例如在日本和英国部署的F-35部队最长的备件等待时间达到17天<sup>[2]</sup>。

#### 2.2.3 紧缺备件分配优先级难以确定

虽然国防部对紧缺备件的分配优先级有基本原则,即作战或应急F-35部队的飞行关键备件最优

先,而训练部队的补充库存备件最不优先,但具体执行过程中,确定优先级的原则不够明确和细致,例如谁是权威的确定部门和如何确定任务等级等<sup>[2]</sup>。随着F-35在全球部署增多,可能会出现多个部队具有同样分配优先级的情况,使这一问题更加棘手。

#### 2.2.4 备件管理混乱

美国国防部没有F-35备件采购数量、储存位置或单价的记录,也没有F-35维护信息数据库,没有对备件进行分类,而且没有明确告知承包商需要提供什么信息,承包商、生产厂家和军方等应各负什么责任也不明确<sup>[2]</sup>。F-35计划办公室没有关于各军种F-35备件采购经费和实际采购备件关系的文件或报表,因此各军种无法跟踪备件采购情况,并且军队对F-35的供应链建设没有发言权。这一缺陷不利于国防部利用有限的经费来提升战备能力。

### 3 缺陷原因分析

F-35飞机自主式保障系统存在上述缺陷主要是由以下原因造成的。

#### 3.1 装备成熟度与保障性之间的矛盾

由于F-35许多系统还没有定型,因此出现了装备成熟度与保障性之间的矛盾。第一,F-35是边使用边改进的,等部署时飞机已经进行了改装,原先购买的备件不完全符合改装后的飞机。据统计,已部署的350多架三种型号的F-35飞机至少有39种不同的备件组合。美国海军陆战队预先采购的备件约44%与最新部署的F-35飞机不兼容,包括飞行员装具、面罩、灭火器、传感器元件、电池、电气设备、天线、阀门等<sup>[2]</sup>。第二,预先采购时对某些种类备件的需求和易损耗率估计不足,导致特定种类备件数量不足。对于部署在美国本土以外基地的F-35飞机而言,备件不兼容造成的困难较大,目前F-35全球供应链还没有完全建好,难以补充备件。此外,如果从其他备件储备库调取备件来补充,会影响其他F-35部队的任务完成。第三,要使备件能匹配改进后的飞机,国防部需要更多经费来采购改型飞机所需的备件。但目前美国各军种F-35飞机维护费用却在减少。2018年,国防部根据各军种的预算方案预测了其经济可承受性限制,要求将空军

飞航导弹 2020年第8期

每架 F-35 每年的维护成本降低 43%，海军陆战队降低 24%，海军降低 5%<sup>[1]</sup>。这一经费限制使各军种没有足够的资金来购买缺少的备件，更难以解决备件短缺的问题。第四，F-35 部件比预期的容易损坏<sup>[2]</sup>。例如，F-35 隐身所需的座舱盖的特殊涂层比预期的容易损坏，而生产商无法生产足够数量的座舱盖来替换。

### 3.2 保障管理的组织架构有待完善

F-35 自主式保障系统的管理体系还不够完善。第一，在 F-35 项目的计划阶段，对于供应链管理责任的归属设定不太合理。根据计划，供应链由洛马公司负责管理，但在实际使用中，军方需要根据部件的损耗率、重要性和训练与实战需求确定备件的配备数量和种类，而且对于作战部队需要优先提供备件，这些情况承包商洛马公司没有军方了解，所以造成了备件配备不合理，而且急需备件迟迟无法运来的情况。目前国防部倾向于更多地参与其中，两种管理方式造成了两难情况。国防部原先并没准备管理 F-35 备件，但 F-35 计划执行指导委员会在 2012 年宣布 F-35 全球备件池由美国政府管理，所以国防部才接管了 F-35 全球备件池。第二，备件保管不是 F-35 项目的优先任务，国防部没有制订相应的计划来管理已采购和准备采购的备件，直到 2019 年初，F-35 项目办公室还只有一个官员负责备件跟踪保管，直到 4 月左右才增加了一些人员。第三，洛马公司作为主承包商并不掌握国防部所需的所有备件数据，而是需要从其他制造商购买一部分数据，预期费用很高，而且洛马公司自有数据的格式不符合备件跟踪保管的格式要求，预计需要 450 000 h 的劳动量才能转化成国防部需要的数据格式<sup>[2]</sup>。因此，国防部目前要参与供应链管理，需要解决的问题很多，而且需要很长时间才能完成，想要主导保障就需要更长的时间才能实现。

### 3.3 对全球供应链建设方面的困难估计不足

主承包商洛马公司对此项任务的复杂程度估计不足，例如需要在相关所有国家建立进出口机构、协调国际武器控制法律、通过国务院获取出口许可、各参与国在本国要获得免税许可等。解决上述问题需要完成较为复杂的政治及法律程序，直接导致全球供应链如何从 2020 年的初始运行能力经过

一年到 2021 年达到完全运行能力，目前仍没有具有清晰要求和步骤的详细计划。

### 3.4 保障管理方面的政策法规还有待完善

相关各方对如何确定备件分配优先级问题已持续关注多年，国防部长办公室和联合参谋部曾在 2014 年和 2017 年分别向 F-35 计划办公室提交了关于紧缺备件优先分配规则缺陷的报告，F-35 计划办公室于 2018 年 5 月开始修改此规则，但截至政府问责局 2019 年 4 月发布报告时，规则仍在经历内部审批，还未颁布。因此，目前没有明确的政策和规则可以依照，在出现分配问题时，依靠的是指挥官对这一问题的个人决定，处理方式不正规、不统一，在备件分配方面，出现了美国不同的 F-35 部队以及美国军方自身需求与其他采购国之间的矛盾难以协调的情况。此外，关于如何跟踪 F-35 备件的采购情况，目前没有相关政策，因此缺乏对于备件分类、承包商需提供信息以及各方责任等的指导。

## 4 结束语

综上所述，F-35 飞机的自主式保障系统在理念上很先进，但要在实际使用中发挥良好的作用，还需要不断总结经验和进行改进。从美国政府问责局对 F-35 保障的系列报告中可以看出该系统仍存在的一些缺陷。这些缺陷导致 F-35 飞机目前执行任务能力和出动率达不到作战要求，如不做出改变，美国国防部将无法未来国防任务的需求。目前，美国国防部正在采取措施改进这些缺陷，需要我们继续关注并从中获取先进战机的保障经验。

### 参考文献

- [1] GAO. F-35 aircraft sustainment: DoD face challenges in sustaining a growing fleet. GAO-20-234T, 2019-11-31
- [2] GAO. F-35 aircraft sustainment: DoD needs to address substantial supply chain challenges. GAO-19-321, 2019-04
- [3] GAO. F-35 sustainment: DoD needs a plan to address risks related to its central logistics system. GAO-16-439, 2016-04
- [4] GAO. F-35 aircraft sustainment: DoD need to address challenges affecting readiness and cost transparency. GAO-18-75, 2017-10-26

- [5] GAO. F-35 joint strike fighter: development is nearly complete, but deficiencies found in testing need to be resolved. GAO-18-321, 2018-06-05
- [6] GAO. Warfighter support: DoD needs to share F-35 operational lessons across the military services. GAO-18-464R, Washington, D C, 2018-04-25
- [7] 王萍, 张宝珍. F-35 持续保障面临的挑战. 2018 年军工装备技术专利论文集, 2018
- [8] 刘浩伟, 谢长生, 吴丹丽. 基于系统辨识的框架控制系统设计. 导航定位与授时, 2018, 5(5)
- [9] 刘阳. 美国 F-35 战机海外部署面临三大调整. www.xinhuanet.com, 2018-04-29/2019-03-22
- [10] 秦荀, 李三军. F-35 战斗机的状态预测与健康管理系统. 军机维修, 2017(4)
- [11] 黄剑炜, 叶清琳, 朱赫. F-35 联合攻击机维修保障新模式探析. 航空维修与工程, 2015(6)
- [12] 王守权, 李淑华, 王炜琰. 构建引进航空装备自主保障体系. 首届航空保障设备发展论坛会议文集, 2017
- [13] 周雄武, 李向东, 赵瑞贤. 自主式保障模式下军用飞机地面保障设备发展. 首届航空保障设备发展论坛会议文集, 2017
- [14] 王萍. F-35 飞机面临重大供应链挑战. 2019 航空装备服务保障与维修技术论坛暨中国航空工业技术装备工程协会年会论文集, 2019

(上接第 68 页)

为提高部队整体作战能力, 检验训练成果和战备情况, 航空自卫队每年都要举行或参加多种军事演习, 与陆上自卫队、海上自卫队以及驻日美军举行联合演习, 参加美国、韩国等军事盟国在太平洋地区举行的地区性联合军事演习。

## 6 结束语

2019 年 8 月 30 日, 日本防卫省官网公布了 2020 财年防务预算概要, 预算根据 2018 年 12 月颁布的《防卫计划大纲》和《2019—2023 中期防卫力量整備计划》编制, 航空自卫队预算费用增加 25.9%, 远多于其他军种和机构, 其中航空装备采购费用大幅增加, 占整个装备采购费用近 50%, 2020 年将是其航空装备发展的高峰年<sup>[11]</sup>。日本航空自卫队有计划、有步骤地强化了空袭作战实力, 值得引起高度关注。

## 参考文献

- [1] 日本首支实战化五代机部队成立 配备 20 架 F-35. 环球网 <http://mil.huanqiu.com/world/2019-03/14620264.html?agt=15438>
- [2] 慕小明. 新安保法实施以来日本自卫队的转型与走向. 当代世界, 2018(7)
- [3] 曹晓光, 张晶晶. 亚太安全视角下的日本空中力量. 北京: 航空工业出版社, 2016
- [4] 曹晓光. 深度解读日本空中核心战力. 北京: 航空工业出版社, 2015
- [5] 日本公布新版《防卫计划大纲》强调跨域作战能力. <http://www.hiwingnews.com/news/content.aspx?no-deid=46&page=ContentPage-&contentid=710>
- [6] 胡海, 张小东, 刘亿. 日本反舰导弹武器装备及发展研究. 飞航导弹, 2015(1)
- [7] 明宝印, 宋劲松, 邢晓岚. 日本空空导弹发展情况和性能分析. 飞航导弹, 2013(9)
- [8] 日本试射 XASM-3 超音速反舰导弹. [http://www.sohu.com/a/192087278\\_99946707](http://www.sohu.com/a/192087278_99946707)
- [9] 日本航空自卫队组建新部队强化电子战能力. <http://www.chinanews.com/mil/2013/03-12/4635712.shtml>
- [10] 日本空地导弹实力再获提升. <http://wap.cnki.net/touch/web/Newspaper/Article/CHTB-201910120021.html>
- [11] 姜廷昀. 日本 2020 财年国防预算中的航空装备发展安排初探. <http://www.cannews.com.cn/2019/0924/202603.shtml>