

国外新一代战斗机 综合保障工程实践

GUOWAI XINYIDAI ZHANDOUJI ZONGHE BAOZHANG GONGCHENG SHIJIAN

主 编 张宝珍
副主编 李 想 韩峰岩



航空工业出版社

国外新一代战斗机 综合保障工程实践

主 编 张宝珍

副主编 李 想 韩峰岩

航空工业出版社

内 容 提 要

本书阐述了综合保障与现代战争的关系,概括描述了战斗机采办各阶段的保障性工作,并以美军 F-22、F-35、F/A-18 战斗机和欧洲战斗机 EF-2000 为例,详细介绍了战斗机型号研制中开展综合保障的工程实践活动,包括保障性要求的确定、保障性设计分析、保障系统设计分析、保障性试验与评价以及综合保障管理等内容,并系统总结了国外战斗机综合保障工作中存在的问题与经验教训。本书还包括国外综合保障发展历程,新一代战斗机常用的保障性仿真模型,国外主要战斗机的保障性指标,PHM 系统要求的度量,系统设计、研制和生产的可靠性方法,美国质量与可靠性激励机制 6 个附录。

本书可供从事军用飞机论证、研制、生产和使用部门及单位的工程技术与管理参考使用,也可供其他军事装备和民用产品的研制、生产、管理和使用部门及单位的相关人员参阅。

图书在版编目 (C I P) 数据

国外新一代战斗机综合保障工程实践 / 张宝珍主编

-- 北京:航空工业出版社,2014.6

ISBN 978-7-5165-0110-8

I. ①国… II. ①张… III. ①歼击机—战斗工程保障
—国外 IV. ①E926.31

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 283260 号

国外新一代战斗机综合保障工程实践

Guowai Xinyidai Zhandouji Zonghe Baozhang Gongcheng Shijian

航空工业出版社出版发行

(北京市朝阳区北苑 2 号院 100012)

发行部电话:010-84934379 010-84936343

北京地质印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

2014 年 6 月第 1 版

2014 年 6 月第 1 次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:34.5 插页:8 字数:832 千字

印数:1—2500

定价:138.00 元



图 1 F-35 (JSF) 项目支柱

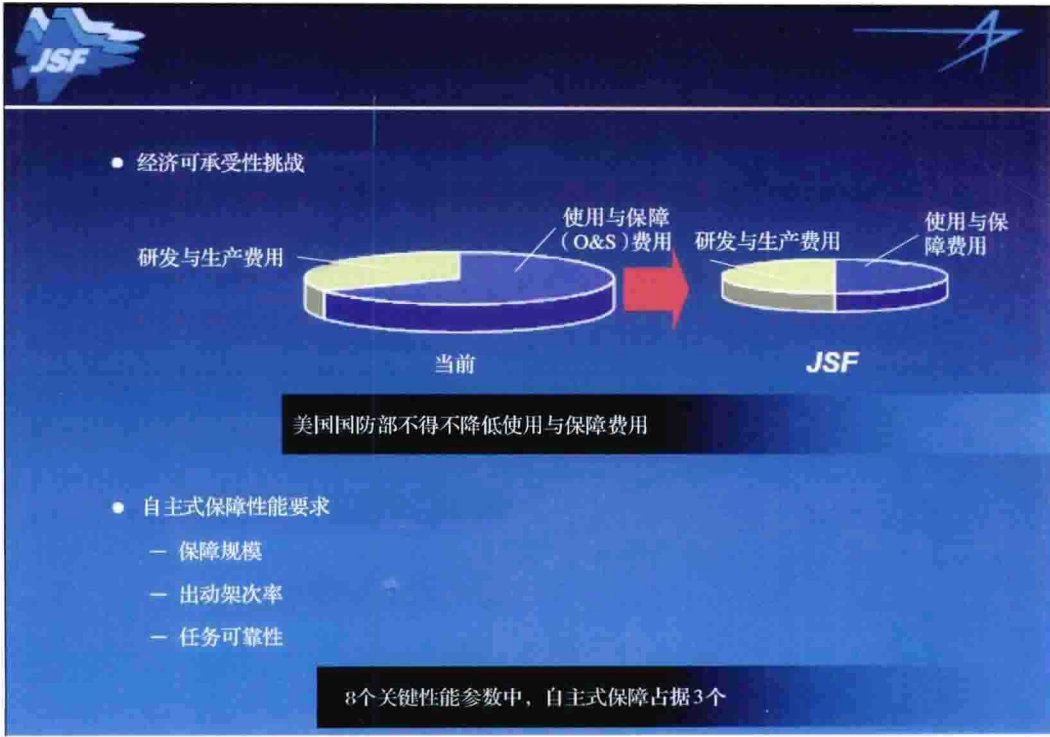


图 2 F-35 采用自主式保障的原因



图 3 F-35 自主式保障系统

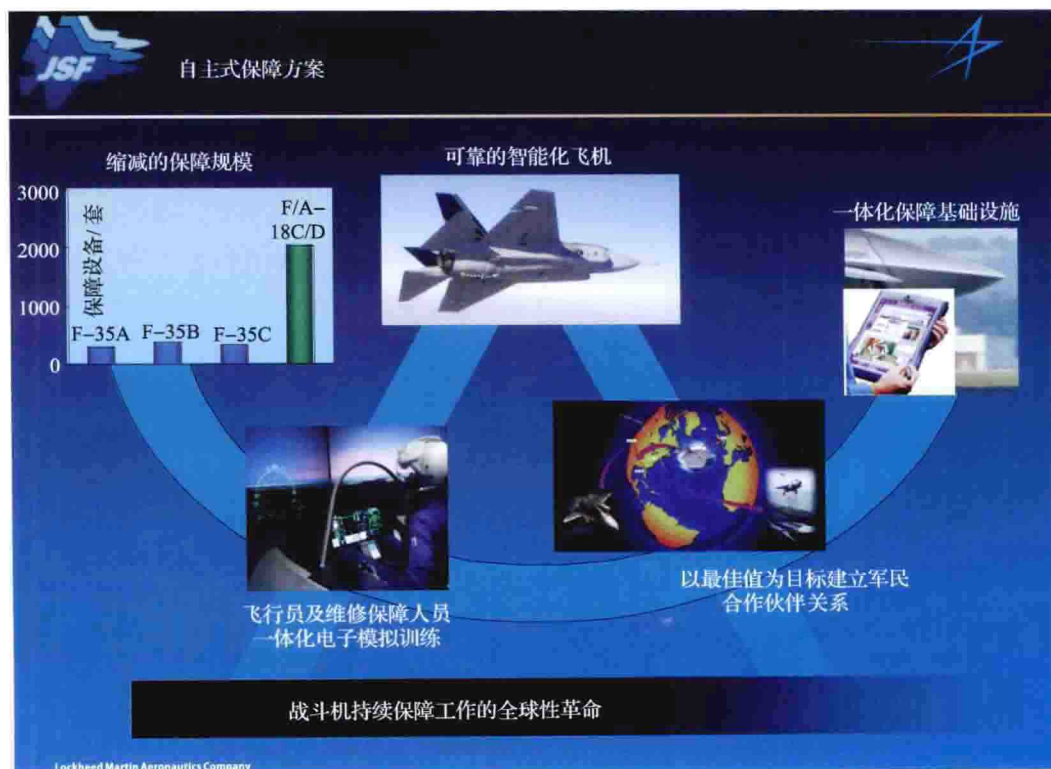


图 4 F-35 自主式保障方案

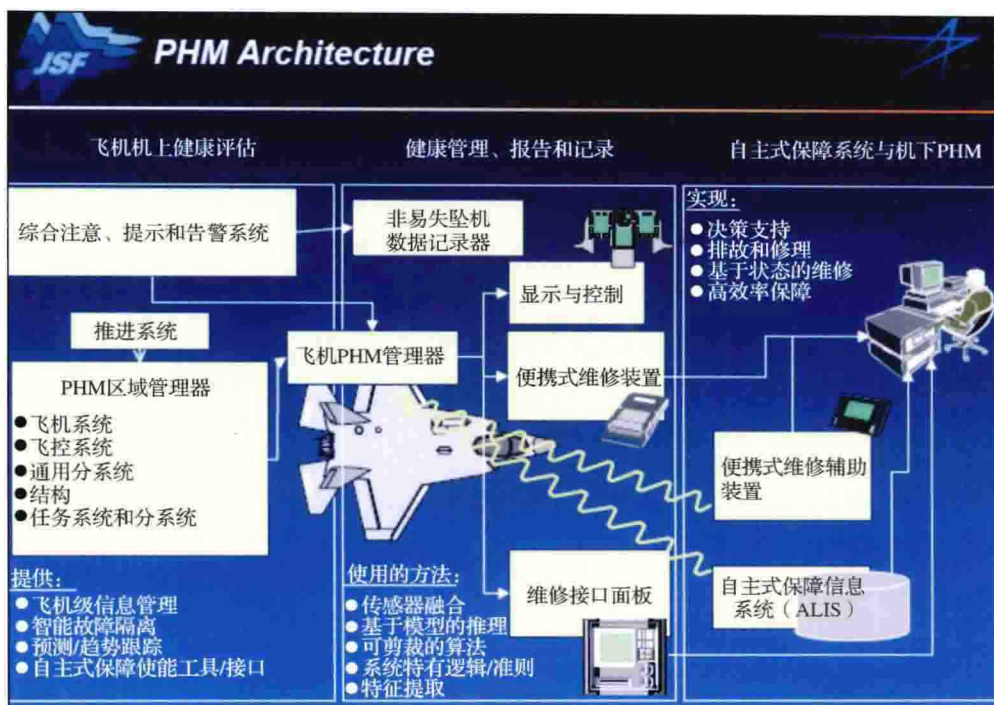


图 5 F-35 的预测与健康管理 (PHM) 体系结构



图 6 F-35 的机下 PHM 使用方案

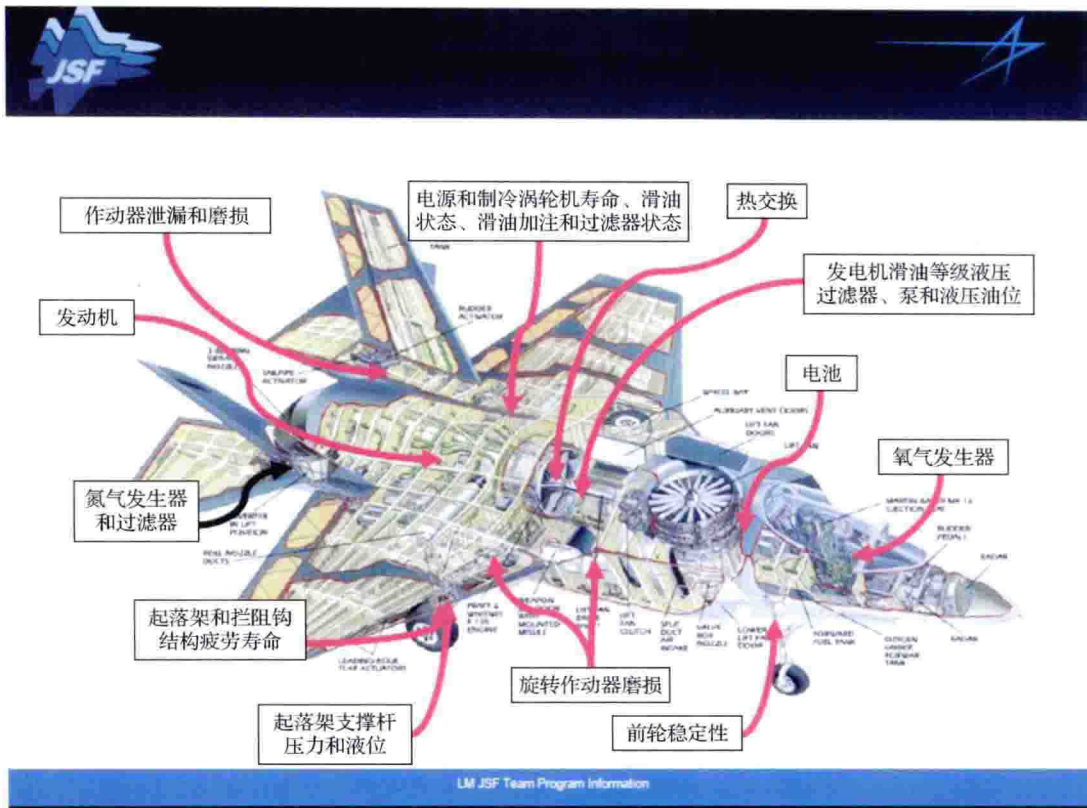


图 7 F-35 PHM 系统预测候选对象



图 8 F-35 自主式保障信息系统



JSF 训练 虚拟 - 构造 - 实况



图 9 F-35 从仿真到实装的一体化训练

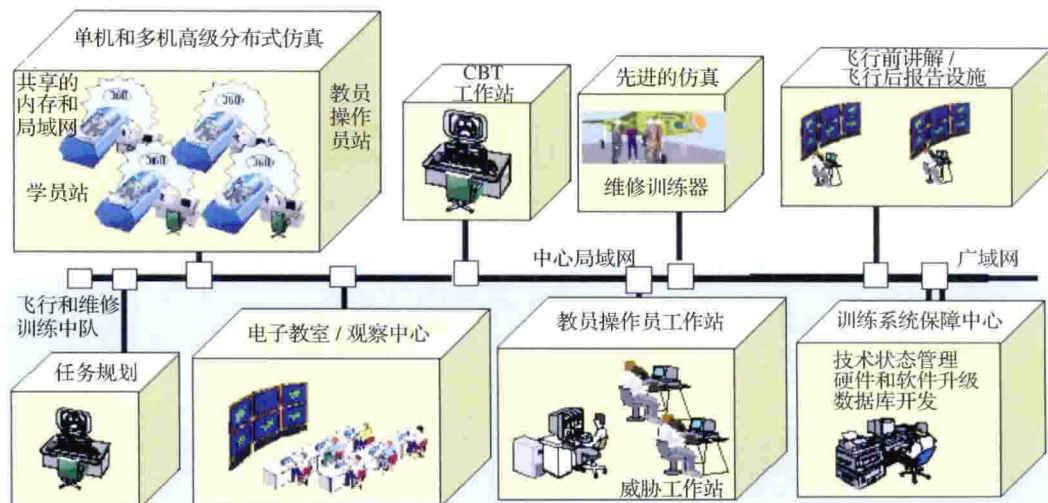


图 10 F-35 (JSF) 的一体化训练中心 (ITC)

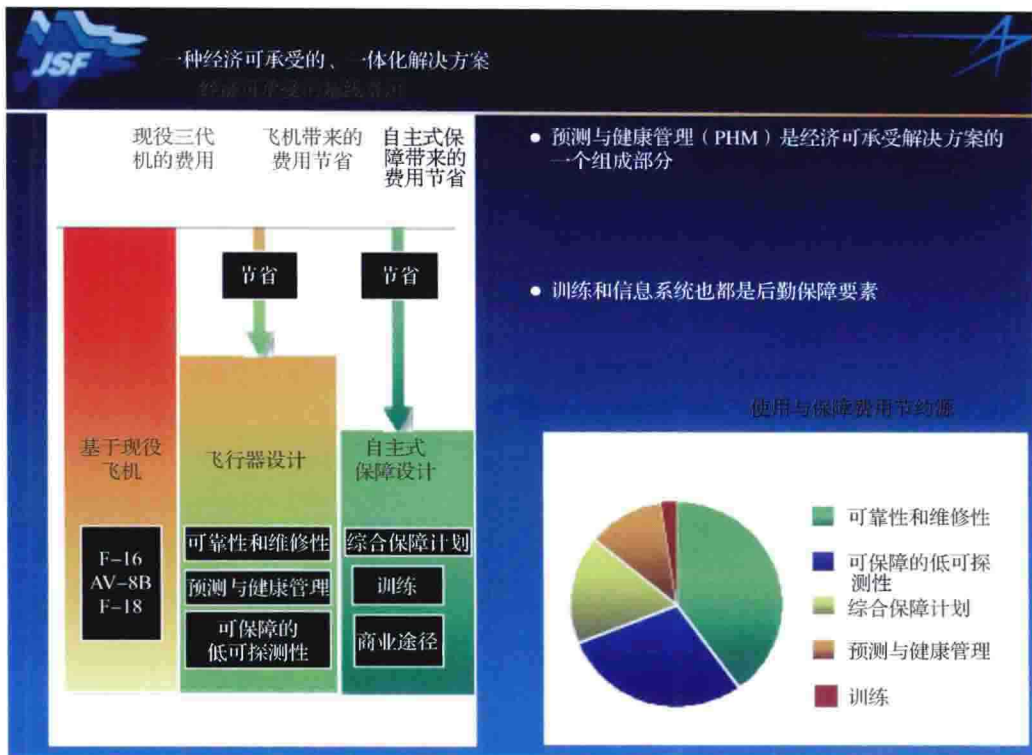


图 11 F-35 自主式保障预期效益

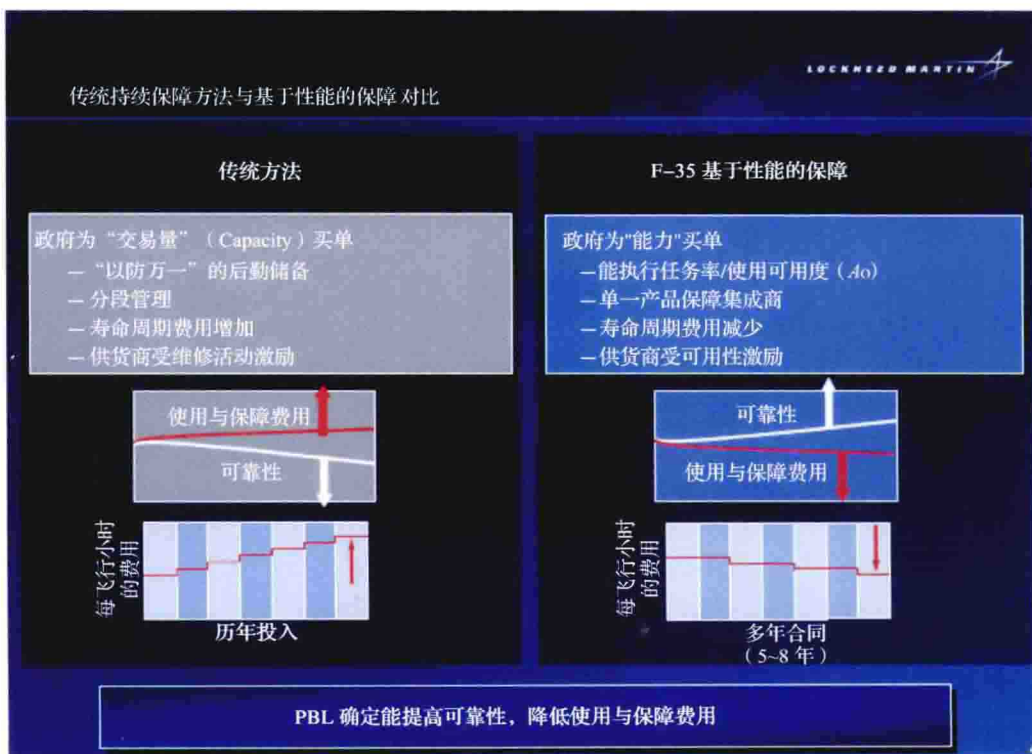


图 12 传统保障模式与基于性能的保障（PBL）



拆卸/更换
飞机维修方案

Non-technical Data for ITAR



方法

- 部队级（原位/离位）和基地级维修方案
- 原位—拆卸/更换和保养
飞机维护/武器加载
- 离位
座椅、轮胎等的修理
- 可修件由原始设备制造商（OEM）
和建制基地修理

特点

- 高可靠性和健壮的预测与健康（PHM）
能力
- PHM提供失效预计和剩余寿命估计能力
- 维修人员可以在地面上进行维修
- 快速接近舱门和仪表板
- 自保障能力—机载综合电源包
（IPP）为地面提供电源和制冷



益处

- PHM减少排故和计划维修
- 维修工时减少71%
- 99%的隐身部位无须进行复原处理
- 飞机出动架次率提高25%
- 95%的外场可更换部件（LRC）位
于同一层面，便于拆卸/更换
- 缩小保障规模



图 13 F-35 采用两级维修方案



图 14 F-22 驾驶员训练器材



图 15 F-22 生产车间机器人喷涂设施



图 16 F-22 生产用室内隐身特征测试设施

审 委 会

主 审：曾天翔

副主审：王海峰 景玉国

委 员：宫继宏 栗金卓 王中华 韩 勇 刘华翔
张 宇 宋太亮 陈 新 杨秉喜 黄小峰
肖 刚 任占勇 章国栋 王自力 殷云浩
刘景刚 龚旭东

编 委 会

主 编：张宝珍

副主编：李 想 韩峰岩

成 员：（按姓氏笔画排序）

于晓伟 王 昕 王 萍 邢晨光 刘亚威
姜廷昀 曾天翔 谢海华

序

兵法云：军无辎重则亡。从官渡之战到抗美援朝，从滑铁卢战役到伊拉克战争，古今中外的战争历史表明，保障是决定战争胜败的关键要素。当今世界，武器装备功能日益强大，武器装备在战争中的作用日趋突出，保障的地位也更加重要。保障力与杀伤力、生存力三足鼎立，共同构成战斗力的基础。

战争行动离不开保障，而战争的发展又不断催生新的保障理念。综合保障是现代战争和高技术武器装备的必然选择。20世纪70年代中期以前，美军研制的F-14A、F-15A等先进战斗机采用事后保障，致使完好率低、保障费用高，保障难以为继。70年代中期研制和改型的F-15C、F-16、F/A-18A等战斗机，开始贯彻综合保障思想，在飞机研制过程综合考虑保障问题、同步研制保障资源，促进保障资源的优化配置。海湾战争显示了综合保障的巨大成效，同时也为保障的进一步发展找到了突破口。到90年代研制的F-35战斗机，综合保障思想进一步完善和发展。在保障策略上，推行基于性能的保障；在保障管理上，实施寿命周期持续保障；在技术途径上，采用智能化自主保障。

为有效履行我军新时期新阶段历史使命，空军正实施战略转型。战略转型的核心就是转变战斗力、保障力生成模式。这既对武器装备保障提出了更高的要求，也为我军综合保障的发展创造了机遇。借空军武器装备发展的良好契机，迎头赶上现代武器装备综合保障的发展，是我们全体武器装备工作者的责任。

借他山之石，砺自身成器。本书对国外新一代战斗机综合保障的工程实践进行了系统的分析、归纳和总结，重点对美军战斗机综合保障新理念、新技术进行了论述。希望能给相关领域的专家学者、工程设计者、型号管理者和使用保障人员提供帮助，并通过学习和借鉴国外先进的理念、技术和经验，加快我国新一代武器装备的研制，促进空军战斗力、保障力的转型发展。

空军装备部总工程师



2014年5月26日

前 言

我国古代著名的兵书《孙子兵法·军争篇》中强调：“军无辎重则亡”。“辎重”指的是古代军队一切军用物资，包括粮草、衣被、武器、装备等，即现代武器装备的后勤保障。在冷兵器时代的战争中，“辎重”起到了决定战争胜负的作用，在信息化时代的高技术战争中，后勤保障仍是赢得战争胜利的重要保证。例如，美国空军的 F-117 隐身战斗机，由于在研制中重视隐身性能而轻视后勤保障（保障性），致使 1982 年服役时，每飞行小时的维修工时高达 150 ~ 200 工时，平均一架战斗机每 4 天出动一次，几乎每 10 次飞行中有 9 次在飞行后要对低探测性系统进行维修，战斗机能执行任务率不到 50%，毫无战斗力。1991 年，经过 8 年的保障性改进后的 F-117A，每飞行小时的维修工时下降到 45 工时，在“沙漠风暴”行动中，其能执行任务率达到 75.5%，为美军袭击伊拉克投下了第一批炸弹，成为美军主要的空中杀手。海湾战争后，美国空军对 F-117A 进行进一步的保障性改进，在伊拉克战争中，战斗机能执行任务率达到 89.3%，比海湾战争提高了近 14%，为美军赢得两次海湾战争的胜利提供了重要保证。

随着科学技术的发展，战斗机的复杂性不断提高，装备的保障系统庞杂，后勤保障困难，保障费用高，美军开始探索解决在装备研制过程中如何把主装备研制与其保障系统建设同步考虑的问题，提出了“综合后勤保障（ILS）”的概念。1964 年 6 月，美国国防部首次颁布了国防部指示 DoDI 4100.35《系统和设备的综合后勤保障要求》，明确规定要在装备设计中同步开展综合后勤保障的管理和技术活动。1968 年修订的 DoDI 4100.35G《系统和设备的综合后勤保障的采办和管理》，提出了综合后勤保障的 11 个组成要素。接着，美国国防部于 1973 年颁布了两个重要的军用标准，即 MIL-STD-1388-1《后勤保障分析》和 MIL-STD-1388-2《国防部对后勤保障分析记录的要求》，为战斗机开展综合后勤保障工作打下基础。自从 70 年代中期以来，美军第三代战斗机的改型和第四代战斗机的研制全面开展综合后勤保障工作，大大提高了新研制和改型战斗机作战能力。

20 世纪 80 年代后期，我国开始对综合保障即美军的综合后勤保障进行研究，在充分消化、吸收和借鉴国外经验的基础上，结合我国的实际情况，制定并颁布了 GJB 3872《装备综合保障通用要求》、GJB 1371《装备保障性分析》

和 GJB 3837《装备保障性分析记录》等国家军用标准,并在教 8 战斗机等许多型号项目中开展了综合保障工作,取得了比较好的效果。为满足我国新一代战斗机等飞机发展的需要,在全面、系统和深入分析以美军为主的新一代战斗机开展综合保障工作的工程经验和教训的基础上编写了本书。全书内容突出两个重点,其一是突出新一代战斗机,重点介绍 F-22 和 F-35 美军第四代(美军称第五代)隐身战斗机,简要介绍欧洲战斗机 EF-2000,美军第三代战斗机 F-16、F/A-18 及其改型等的综合保障;其二是强调工程实践,重点介绍这些战斗机在研制过程或改型中开展的综合保障工作和采用的先进理念与技术,以及这些战斗机在研制过程中和使用期间遇到的有关问题和解决的途径。全书包括 8 章和 6 个附录。

第 1 章 综合保障与现代战争。主要讨论现代战争的特点及其对战斗机保障的要求,以及保障性在现代战争中的作用和在战斗机研制中的地位。

第 2 章 战斗机采办各阶段的保障性工作。简要介绍美军战斗机采办阶段的划分及其演变,近 20 年美军采办政策与策略的变化和采办模式与程序的变化,以及战斗机采办各阶段的任务和保障性工作。

第 3 章 战斗机保障性要求的确定。较详细地论述了战斗机保障性要求的度量及其确定的原则、程序与方法,并以 F/A-18、F-22 和 F-35 为例讨论了战斗机保障性要求的确定。

第 4 章 战斗机保障性设计分析。阐述了战斗机保障方案及其制订过程、保障性设计分析的内容,重点介绍了 F/A-18、F-22 和 F-35 的可靠性、维修性、测试性、综合诊断设计和自保障设计等方面的内容。

第 5 章 战斗机保障系统设计分析。简要阐述了战斗机保障资源的确定、研制和交付以及战斗机保障系统的建立与完善,重点讨论了 F-22 保障资源、训练系统和保障系统的设计分析,并较系统地论述了 F-35 战斗机的自主式保障(AL)系统及其关键组元——故障预测与健康(PHM)系统、自主式保障信息系统、一体化保障系统和一体化训练系统的方案、结构、设计与研制的状况,以及 EF-2000 战斗机的综合测试、维修与保障系统的设计分析。

第 6 章 战斗机保障性试验与评价。概括介绍保障性试验与评价的目的、类型、原则和程序,战斗机保障性试验与评价技术的发展;重点介绍 F/A-18 可靠性研制与增长试验、测试性试验验证与评价、外场使用可靠性试验与评价方法, F-22 航空电子系统综合试验、航空电子软件测试、后勤保障试验与评价和气候试验等,以及 F-35 保障性试验与评价的特点、保障性虚拟试验与仿真验证、自主式保障和全球持续保障方案的验证与评价以及 PHM 要求及其验证与确认等内容。

第 7 章 战斗机综合保障管理。主要介绍管理的特点、机构、职能,综合保障计划和工作计划的制订,综合保障评审,综合保障工作接口管理,非研制

产品的保障性管理，基于性能的保障和战斗机过时淘汰管理等，以及 F-22 和 F-35 综合保障管理的特点和方法等。

第 8 章 国外战斗机综合保障工作存在的问题与经验教训。重点介绍 F-15、F-16 和 F/A-18 等第三代战斗机存在的保障性问题及改进措施，以及已服役的 F-22 第四代战斗机研制和使用过程中出现的保障性问题、发生的事故和采取的措施。

6 个附录包括：附录 A 国外综合保障发展历程，附录 B 新一代战斗机常用的保障性仿真模型，附录 C 国外主要战斗机的保障性指标，附录 D PHM 系统要求的度量，附录 E 系统设计、研制和生产的可靠性方法和附录 F 美国质量与可靠性激励机制。

编 者

2014 年 1 月

目 录

第 1 章 综合保障与现代战争	1
1.1 现代战争的特点及其对战斗机保障的要求	1
1.2 战斗机综合保障与保障性	2
1.3 保障性在现代战争中的作用	3
1.4 保障性在战斗机研制中的地位	7
第 2 章 战斗机采办各阶段的保障性工作	11
2.1 美国战斗机采办阶段的划分及演变	11
2.2 美国战斗机采办各阶段的主要任务	22
2.3 美国战斗机采办各阶段的保障性工作	26
第 3 章 战斗机保障性要求的确定	30
3.1 战斗机保障性要求及其度量	30
3.2 战斗机保障性要求确定的原则、程序与方法	31
3.3 F/A-18A 战斗机保障性要求的确定	56
3.4 F-22 战斗机保障性要求的确定	58
3.5 F-35 战斗机保障性要求的确定	61
第 4 章 战斗机保障性设计分析	80
4.1 战斗机保障方案及其制订	80
4.2 保障性分析	83
4.3 保障性设计	87
4.4 F/A-18 保障性设计分析	97
4.5 F-22 保障性设计分析	105
4.6 F-35 保障性设计分析	118
第 5 章 战斗机保障系统设计分析	134
5.1 战斗机保障资源的确定、研制和交付	135
5.2 战斗机保障系统的建立与完善	136
5.3 F-22 保障系统设计分析	137
5.4 F-35 自主式保障系统的设计分析	143
5.5 EF-2000 综合测试、维修与保障系统的设计分析	229
第 6 章 战斗机保障性试验与评价	236
6.1 战斗机保障性试验与评价的类型、原则和程序	236