

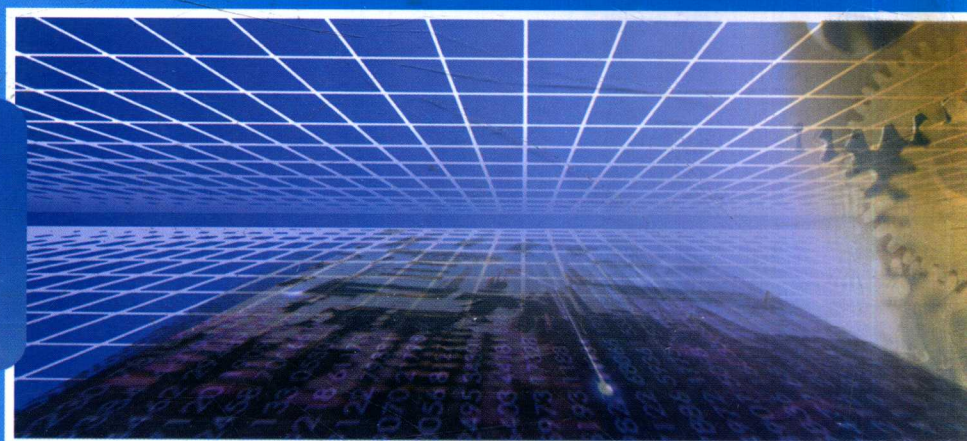


D-K-YT047-0D

空军航空机务系统教材

数字化维修理论与技术

张恒喜 主编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

D-K-YT047-0D

空军航空机务系统教材

数字化维修理论与技术

张恒喜 主编

国防工业出版社

（北京）·北京·

内 容 简 介

本书根据空军航空机务系统教材的编写要求,系统阐述了数字化维修基本理论与关键技术,介绍了国内外和作者在数字化维修方面的最新成果,以及航空装备维修保障方面所运用的先进技术与手段,并详细叙述了数字化维修各方面的相关应用,书中包含了大量方法与模型,理论结合实际,突出了使用保障特色,针对性强,具有充分的实践性。

全书共 10 章,包括:绪论、数字化维修基础、数字化维修的本质规律和特征、故障智能诊断、网络中心化的数字化维修、基于仿真技术的军用飞机维修决策与评估、便携式维修辅助技术、远程故障诊断、数字化维修的建设与评估、展望。

本书可作为各相关专业学员培训的教材,也可供研究人员、工程技术人员及有关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数字化维修理论与技术 / 张恒喜主编. —北京:国防
工业出版社, 2006. 11
(空军航空机务系统教材)
ISBN 7-118-04826-7

I. 数... II. 张... III. 航空器-维修-教材
IV. V267

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 122598 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 9 $\frac{3}{4}$ 字数 212 千字

2006 年 11 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—5000 册 定价 26.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

总 序

发生在世纪之交的几场局部战争表明,脱胎于 20 世纪工业文明的机械化战争正在被迅猛发展的信息文明催生的信息化战争所取代。信息化战争的一个显著特点,就是知识和技术密集,战争的成败越来越取决于各类高技术、高层次人才的质量和数量,以及人与武器的最佳配合。因此,作为人才培养基础工作的教材建设,就显得格外重要和十分紧迫。为了加快推进中国特色军事变革,贯彻执行军队人才战略工程规划,培养造就高素质新型航空机务人才,空军从 2003 年开始实施了航空机务系统教材体系工程。

实施航空机务系统教材体系工程是空军航空装备事业继往开来的大事,它是空军装备建设的一个重要组成部分,是航空装备保障人才培养的一个重要方面,也是体现空军航空装备技术保障水平的一个重要标志。两年来,空军航空机务系统近千名专家、教授和广大干部、教员积极参与教材编修工作,付出了艰辛的劳动,部分教材已经印发使用,效果显著。实践证明,实施教材体系工程,对于提高空军航空机务人才的现代科学文化水平和综合素质,进而提升航空机务保障力和战斗力,必将发挥重要作用和产生深远影响,是一项具有战略意义的工程。

空军航空机务系统教材体系工程,以邓小平理论和“三个代表”的重要思想为指导,以新时期军事战备方针为依据,以培养高素质新型航空机务人才为目标,着眼空军向攻防兼备型转变和航空装备发展需要,按照整体对应、系统配套、紧贴实际、适应发展,突出重点,解决急需的思路构建了一个较为完整的教材体系。教材体系的结构由部队、院校、训练机构教育训练教材三部分组成,分为航空机务军官教育训练教材和航空机务士兵教育训练教材两个系列十六个类别的教材组成。规划教材按照新编、修编、再版等不同方式组织编修。新编和修编的教材,充实了新技术、新装备的内容,吸收了近年来航空维修理论研究的新成果,对高技术战争条件下航空机务保障的特点和规律进行了有益探索,院校的专业训练教材与国家人才培养规格接轨并具有鲜明的军事特色,部队训练教材与总参颁布的《空军军事训练与考核大纲》配套,能够适应不同层次、不同专业航空机务人员的教育训练需要,教材的系统性、先进性、科学性、针对性和实践性与原有教材相比有了明显提高。

此次大规模教材编修工作,系统整理总结了空军航空机务事业创业 50 多年来的宝贵经验,将诸多专家、教授、骨干的学识见解和实践经验总结继承下来,优化了航空机务保障教材体系,为装备保障人员提供了一套系统、全面的教科书,满足了人才培养对教材的急需。全航空机务系统一定要认真学习新教材,使其真正发挥对航空机务工作的指导作用。

同时,教材建设又是一项学术性很强的工作,教材反映的学术理论内容是随实践的发展而发展的。当前我军建设正处在一个跨越式发展的历史关键时期,航空装备的飞速发展和空军作战样式的深刻变化,使航空机务人才培养呈现出许多新特点,给航空机务系统教材建设带来许多新问题。因此,必须十分关注航空装备的发展和航空机务教育训练的改革创新,不断发展和完善具有时代特征和我军特色的航空机务系统教材体系,为航空机务人才建设提供知识信息和开发智力资源。

魏 钢

二〇〇五年十二月

空军航空机务系统教材体系工程编委会

主 任 魏 钢

副主任 周 迈 毕雁翎 王凤银 袁 强 韩云涛

吴辉建 王洪国 王晓朝 常 远 蔡风震

李绍敏 李瑞迁 张凤鸣 张建华 许志良

委 员 刘千里 陆阿坤 李 明 郇 卫 沙云松

关相春 吴 鸿 朱小军 许家闻 夏利民

陈 涛 谢 军 严利华 高 俊 戴震球

王力军 曾庆阳 王培森 杜元海

空军航空机务系统教材体系工程总编审组

组 长 刘桂茂

副组长 刘千里 郇 卫 张凤鸣

成 员 孙海涛 陈廷楠 周志刚 杨 军 陈德煌

韩跃敏 谢先觉 高 虹 彭家荣 富 强

郭汉堂 呼万丰 童止戈 张 弘

空军航空机务系统教材体系工程

机械专业编审组

组 长 陈廷楠

成 员 王行江 陈柏松 王献军 赵 斌 高 虹
呼万丰 邱炳辉

前 言

从20世纪90年代初期起,我军开始装备先进的作战飞机。先进作战飞机广泛采用了计算机技术、数字通信技术、人工智能技术等高新技术。如机上装有火力控制系统(包括雷达瞄准系统、光学电子瞄准系统、综合显示系统)、驾驶导航综合系统、综合通信系统、机载自动监控系统(含飞参系统等),并配有多台数字计算机。先进作战飞机装备部队后,我军在维修体制、维修方式等方面都显得不太适应。为适应这种变化,作者先后承担了空军下达的“×××飞机维修策略研究”、“××飞机远程故障诊断系统研究”等研究任务,提出了新一代战机的维修策略等。随着信息化社会的到来,未来战争样式将从机械化战争向信息化战争演变,空军装备的信息化和信息装备也在不断发展。为了跟上这种发展形势,空军航空装备维修保障的信息化水平亟待提高。在此背景下,作者又承担了空军下达的“维修保障综合信息系统研究”的研究任务,对飞机维修保障综合信息系统的构建,从理论与实际相结合的原则出发进行了研究与开发,并组建了“航空装备数字化维修实验室”。

本书以作者科研和学术研究成果为基础,并吸收了国内外相关研究成果撰写而成。

参与本书撰写的有:张恒喜(第1、2、3、9、10章)、何宇廷(第8章)、王旭(第1、2章)、汪凯、王卓健(第5、6章)、冯惊雷(第4章)、任博(第7章)、郭基联(第9、10章)、原建林(第3章)、董彦非(第4章)、崔荣洪(第8章)、李寿安、孟科、江洋溢、刘加丛、苏畅、王永杰、解江、续斌、马利、瞿永军、舒文军、郭风、王礼沅、冯枫、徐鑫、李登科、王昱、段经纬、李伟、李新东、张诚等参加了部分撰写和校对等工作。全书由张恒喜、何宇廷、王旭统稿。

由于作者水平有限,不当之处在所难免,请读者批评指正。

作 者

2006.1.18 于西安

目 录

第1章 绪论	1
1.1 数字化维修的特点	1
1.1.1 维修单元数字化	1
1.1.2 维修体系网络化	2
1.1.3 维修过程智能化	2
1.1.4 维修信息中心化	3
1.1.5 维修技术综合化	3
1.2 国内外飞机数字化维修现状	3
1.2.1 国外飞机数字化维修现状	3
1.2.2 国内飞机数字化维修现状	4
1.3 数字化维修的两大关键问题	5
1.3.1 维修与保障信息自动处理	5
1.3.2 数字化维修保障设备研制	5
第2章 数字化维修基础	7
2.1 数字化维修产生的时代背景	7
2.1.1 事后维修	7
2.1.2 预防性的定时维修	7
2.1.3 以可靠性为中心的维修	7
2.1.4 数字化维修的产生	8
2.2 数字化维修与信息化战争	8
2.2.1 信息化战争的本质	8
2.2.2 数字化部队的特点	9
2.2.3 数字化维修的地位	10
2.3 数字化技术简介	10
2.3.1 相关术语	10
2.3.2 数字化技术的基本概念	11
2.3.3 数字化技术在维修中的应用	11
2.4 网络化技术简介	12
2.4.1 相关术语	12
2.4.2 网络化技术基本概念	12
2.4.3 网络化技术在数字化维修中的应用	13
2.5 人工智能简介	13

2.5.1	相关术语	13
2.5.2	智能维修的形成与发展	13
2.5.3	人工智能在维修中的应用	14
第3章	数字化维修的本质规律和特征	16
3.1	以信息为主导的“三元维修”形态	16
3.1.1	机械化战争与维修的“二元”形态	16
3.1.2	信息化战争与维修的“三元”形态	16
3.2	以数字化为基础的三维发展模式	17
3.2.1	信息化战争的发展模式	17
3.2.2	数字化维修的发展模式	17
3.3	“以效率为中心维修”思想	18
3.3.1	作战效率是信息化战争的核心	18
3.3.2	“以效率为中心维修”思想的提出	18
3.3.3	“以效率为中心维修”思想的意义和作用	19
3.3.4	“以效率为中心维修”思想的基本思路	19
3.4	以快捷和精确为特征的效率倍增原理	23
3.4.1	快捷维修	23
3.4.2	精确维修	23
3.4.3	增值原理	23
3.5	数字化维修的主要特征	24
3.5.1	信息充分共享	24
3.5.2	维修空间大,维修人员密度小	24
3.5.3	维修力量一体化	24
3.5.4	维修现场非线性化	24
3.6	数字化维修的维修力要素	24
3.6.1	信息	25
3.6.2	物质	25
3.6.3	人员	25
3.6.4	能量	25
3.7	数字化维修在飞机发展中的作用	25
3.7.1	促进现役飞机维修效率的提高	25
3.7.2	促进新研装备性能水平的全面提高	26
3.7.3	数字化维修贯穿新型飞机全寿命过程	26
第4章	故障智能诊断	27
4.1	故障诊断的发展背景	27
4.1.1	故障诊断技术研究的主要内容及其概况	28
4.1.2	故障诊断系统的研制历史	30
4.2	基于模糊神经网络的故障诊断系统	32
4.2.1	人工神经网络概述	32
4.2.2	基于模糊神经网络的故障诊断	34

4.3	粗糙集理论的故障分类	36
4.3.1	粗糙集理论简介	36
4.3.2	基于粗糙集理论的故障分类	43
4.4	粗糙集神经网络原理	47
4.4.1	基于 SOFM 网络的连续属性值离散处理	49
4.4.2	基于粗糙集神经网络的故障诊断	53
4.5	基于故障树分析的故障诊断方法	55
4.5.1	故障树分析法概述	55
4.5.2	故障树智能分析在故障诊断中的应用	56
第5章	网络中心化的数字化维修	57
5.1	网络中心化维修概述	57
5.1.1	数字化维修的挑战	57
5.1.2	网络中心战与网络中心化维修	58
5.1.3	实施网络中心化维修的现实意义	58
5.2	网络中心化维修的概念框架与体系特征	59
5.2.1	网络中心化维修的基本概念框架	59
5.2.2	网络中心化维修的体系特征	60
5.3	全球信息网格:网络中心化维修的平台	61
5.3.1	全球信息网格的内涵	61
5.3.2	全球信息网格的网络环境参考模型	61
5.3.3	全球信息网格的体系结构和总体框架	62
5.3.4	全球信息网格的运作体系结构	62
5.4	网络中心化维修的主要内容	62
5.4.1	基于网络的数字化维修	62
5.4.2	全体系的状态感知与主动维修	63
5.4.3	维修的虚拟组织	64
5.4.4	风险与费用抑制	64
5.4.5	精确维修与集中保障	64
5.5	具有我军特色的网络中心化维修体系构建设想	64
第6章	基于仿真技术的军用飞机维修决策与评估	66
6.1	概述	66
6.1.1	问题的提出	66
6.1.2	国外研究与应用情况	66
6.2	系统仿真的一般理论与方法	73
6.2.1	基本概念	73
6.2.2	仿真研究的一般步骤	74
6.2.3	面向复杂系统的仿真	75
6.2.4	离散事件系统仿真	76
6.3	军用飞机维修过程分析	78
6.3.1	军用飞机维修系统	78

6.3.2	系统边界定义	80
6.3.3	模型体系	80
6.4	基于 Petri 网的飞机维修过程模型	81
6.4.1	仿真实体的提取	81
6.4.2	飞行指挥中心	82
6.4.3	飞机模型	83
6.4.4	机务指挥中心模型	83
6.4.5	航材备件仓库模型	84
6.4.6	模型连接	84
6.4.7	模型的 UML 表示形式	85
6.5	可靠性仿真建模	86
6.5.1	“白箱”模型	86
6.5.2	“黑箱”模型	87
6.5.3	故障产生与验证	88
6.6	维修仿真建模	89
6.6.1	主要维修方式与维修决策模型	89
6.6.2	维修性指标	90
6.6.3	完成维修作业的仿真	91
6.7	基于仿真的飞行日维修需求预测	91
6.7.1	总体思路	92
6.7.2	仿真与结果分析	92
第 7 章	便携式维修辅助技术	94
7.1	便携式维修辅助计算机	94
7.1.1	概述	94
7.1.2	PMA 的发展现状	95
7.1.3	PMA 面临的主要挑战	96
7.1.4	可穿戴式维修辅助计算机	98
7.1.5	无线网络系统	101
7.2	交互式电子技术手册 IETM 系统	101
7.2.1	IETM 发展历程	101
7.2.2	IETM 功能	103
7.2.3	IETM 研发策略	104
7.2.4	基于网络的联合式 IETM 设计与实现	106
7.3	综合信息系统	109
第 8 章	远程故障诊断	110
8.1	概述	110
8.1.1	设备监测与诊断技术的发展过程	110
8.1.2	远程故障诊断的特点与关键技术	110
8.1.3	国内外发展概况	112
8.1.4	远程故障诊断技术新的研究方向	113

8.2	远程故障诊断的基本技术	116
8.2.1	诊断信号检测技术	116
8.2.2	数据处理技术	117
8.2.3	数据远程传输技术	117
8.2.4	数据库技术	118
8.2.5	故障诊断技术	118
8.3	远程故障诊断系统的架构层次及故障处理策略	119
8.3.1	本地故障处理系统	119
8.3.2	远程故障智能诊断系统	120
8.3.3	远程故障专家会诊系统	120
8.4	远程故障诊断系统设计框架	121
8.4.1	机上数据采集系统	122
8.4.2	初级诊断中心	122
8.4.3	远程通信系统	123
8.4.4	远程故障诊断中心	123
8.4.5	本地或异地诊断专家	123
8.5	基于 B/S 模式的远程故障诊断中心简介	124
8.5.1	B/S 模式设备远程故障诊断中心的体系结构模型	124
8.5.2	B/S 模式设备远程故障诊断中心的关键技术	126
8.5.3	分布式设备远程故障诊断中心平台的开发实现	127
8.6	远程故障诊断专家系统的设计	128
8.6.1	系统总体结构	128
8.6.2	专家系统的设计	128
8.6.3	远程故障诊断的推理方式	129
8.6.4	远程故障诊断专家系统的技术实现	129
第 9 章	数字化维修的建设与评估	131
9.1	数字化维修建设	131
9.1.1	飞机本身的数字化建设	131
9.1.2	地面检测设备的数字化建设	131
9.1.3	兼容性设计	131
9.1.4	维修保障综合信息系统建设	131
9.2	数字化维修评估	135
9.2.1	数字化维修评估的原则与要求	135
9.2.2	数字化维修评估参数体系	136
9.3	数字化维修建设评估模型	137
9.3.1	线性加权综合模型	137
9.3.2	非线性加权综合模型	138
9.3.3	综合加权评估	138
第 10 章	数字化维修展望	139
	参考文献	142

第1章 绪 论

目前以美国为首的西方国家正在开展一场以信息技术为核心的新的军事技术革命。现代高科技战争正在由机械化战争转变为信息化战争。信息化战争与机械化战争相比有着显著的特征与区别。这些特征与区别可以概括为作战空间尺度越来越长、维数越来越多、时间尺度越来越短、投入的兵力越来越少、作战手段越来越先进多样、能量尺度越来越大、形式与内容越来越复杂。在现代高技术战争中,空军作战则兼具机械化和信息化的特征,也就是说机械化是载体,信息化是灵魂,用信息化驾驭机械化,因而更具有复杂性。随着对作战飞机要求的不断提高,作战飞机越来越复杂、越来越昂贵、越来越难维修,其性能的发挥也越来越依赖于维修。甚至可以这样说,飞机性能是设计出来的、制造出来的,也是维修出来的、使用出来的。在这种情况下,说维修出战斗力,维修力本身就是空军战斗力的重要组成部分是完全正确的。而数字化维修,正是适应信息化战争对空军作战的需要,进而适应对飞机维修工作的需要应运而生的。

数字化部队的特点是从高层指挥机构到终端的战斗单位乃至单个武器平台和单兵,都采用了数字化的通信装备,从而改变了传统的信息获取与传递方式,在战场上可高效地利用所有战斗资源、快速准确决策,大幅提高部队战斗力和生存力。早在 2001 年,美军就已将陆军第 4 机械化步兵师打造成了世界上第一支数字化部队。

所谓数字化维修(digital maintenance),是一系列与信息技术密切相关的、以可靠性为中心的新的维修概念的总集成。它将航空维修看作是一个数据采集、传送、处理的过程,最终完成维修“产品”。其核心思想是知识经济时代的维修概念科学化、维修活动程序化、维修信息电子化、维修决策数字化、维修体系网络化、维修技术智能化。数字化维修以系统科学和可靠性理论为基础;以信息网络技术为平台;以航空专业理论、故障诊断、自动控制、远程监控、工业工程、表面工程、管理工程等科学技术为手段;以航空武器装备维修方式、维修策略的优化为内容;以维修质量的产生、发展和实现的过程控制为主线,实现维修系统的技术信息的集成和管理信息的集成,并进一步在知识管理的信息技术平台上将维修系统的物质流、信息流、知识流、资金流和价值流集成为一体,实现飞机、发动机全寿命过程使用可靠性的最优控制。应当指出的是,本书所说的数字化维修的“数字化”是广义的,它包含了信息化中的数字化、网络化和智能化,实际上也可称之为信息化维修,但因数字化维修又是从数字化战争、数字化部队等说法演绎而来,考虑到习惯的说法,故仍称之为数字化维修。

1.1 数字化维修的特点

与以往的传统维修相比,数字化维修主要有以下特点:

1.1.1 维修单元数字化

数字化维修就是指维修信息的数字信号处理方式在整个装备维修系统中的广泛应用,因而首先要在各个维修单元实现数字化。以往在各种系统的自动化控制方面,对信息的处理大

多采用模拟信号的方式,即通过电压的大小和电压随时间的连续变化来贮存、传输信息,如传统的电报、电话和武器的火控系统。而数字信号处理方式是通过脉冲的有无及其组合来贮存、传输信息,有如下优点:一是准确。用数字信号表示信息与电压无关,只取决于电脉冲的有无和组合,仅用“0”、“1”两个数字来传递信息,信号间差别鲜明,抗干扰能力强,而且可进行再生整形,不易失真,一次性传递信息的准确率可高达98%,而语音通信的准确率只有22%。二是传输快。可以采用大量的数字压缩技术,数字信号压缩后以“数据包”的形式传输,可以“猝发”,实现大量数据的瞬间传递和实时传输;而且,数字信号的产生、存储和转接均较便捷,各种信息可以通过调制解调器和计算机的编码综合到数字电路上,易于传输和交换,易于实现一体化通信。三是保密性强。可利用电脉冲的极复杂组合对传输的信息进行加密,加密后的信息几乎无法破译,可靠性高。四是设备微型化。集成电路可做得越来越小,而功能却越来越强,使数字化维修设备可以实现标准化、系列化和微型化。这就是在未来信息化战争中要求航空装备维修向数字化维修转变的根本所在。

1.1.2 维修体系网络化

数字化维修依赖于各个维修单元、指挥和管理机构以及保障单位之间的一体化。数字化技术,例如通过网络建立起来的数字化通信系统就是一种能联结各维修单元的理想“一体化技术”。这时,维修体系就形成了一个完整的网络。故障的发现、分析、定位和排除,技术资料的查询,航材备件的申领、使用、维修,保障计划的拟定等,都借助网络来进行,维修人员既可以方便地获取所需要的知识、资料、航材备件信息,又可通过各种供应网络系统实时获得备件,使得维修工作既准确,又快捷,维修效率大大提高。数字化维修能真正成为维修力的倍增器,从而也能成为飞机战斗力的倍增器。

1.1.3 维修过程智能化

数字化维修将使得维修过程智能化,其主要特色是远程技术支援与专家系统的广泛应用。对于远程技术支援(包括远程故障诊断等)与专家系统分别阐述如下:

1. 远程技术支援

远程支援技术是随着高技术武器装备的大量使用和计算机网络通信技术的不断发展而产生的一种先进的装备维修手段。它通过计算机网络将前方的维修人员与后方的技术专家紧密地联系起来,并为前方武器装备的使用、维护、修理以及战场抢修提供及时、准确的技术指导和决策支持。前方维修人员在遇到困难时,通过联网将现场的图像、声音和装备的技术参数等,传输给远方的技术专家,请求技术支援,远方的技术专家在进行分析研究后,迅速作出结论,并通过网络对前方的使用维护保障工作进行实时指导,协助前方人员迅速、准确地完成任务。随着高技术武器装备的大量服役,许多新型武器装备往往集多种高新技术、多种系统于一身,使武器装备维修保障的难度增大。装备维修不仅要解决大量硬件技术问题,还要解决许多软件方面的技术难题。因此,仅仅依靠前方技术人员,完成修理的重任是十分困难和不现实的。即使受过良好专业训练的技术保障人员,也难以准确及时地判断故障原因或确定最佳的修理方案,常常需要花费相当长的时间对受损装备反复进行分析、检测,最后才能“确诊”。应用远程支援技术,前方的技术人员可以及时得到许多技术专家的帮助和实时的指导,加快受损装备的维修过程,以满足时效性要求。

2. 专家系统

专家系统就是指将人工智能技术应用于状态监测和故障诊断设备中,使其具有人的意识,

并具有一定的分析和判断能力。美国是最早将智能技术应用于武器装备故障诊断的国家。美军的“自动测试设备”发展计划包括了陆、海、空和航天领域内各种国防尖端武器和保障装备。美国、法国、德国等国家先后研制出武器装备的人工智能型故障诊断专家系统、故障自动诊断预报系统等及其配套装置,并用于海湾战争的实践。随着新一代电子计算机的问世和人工智能技术的不断发展,完善的保障设备将朝着智能化的方向大步迈进。

1.1.4 维修信息中心化

数字化维修实际上是在快速准确的信息支持下达到更高效能的维修。因此,信息上的优势就能提高部队的整体维修水平。信息才是维修力的倍增器。

由于数字化维修是以信息技术、网络技术、计算机技术、智能技术为基础,缩短了各级维修空间上的距离,实现了信息的实时共享,因而使得飞机的各级维修以及后方远程技术支持单位间彼此紧密联系,形成了一个完整的维修系统。同时,也使维修的组织、维修的形态、维修的思想、维修的本质发生了根本性的变化,从而使各级维修在统一的维修系统内实现优化组合成为可能。维修保障综合信息系统成为维修实施的中心环节,信息成为数字化维修的主导。

1.1.5 维修技术综合化

科学技术的每一次飞跃,在提高各种武器装备作战效能的同时,也对使用、维修人员提出了新的要求。数字化维修对维修人员提出的新的要求是技术上的综合化。所谓综合化,是指维修人员不应再像以往那样只掌握本专业的维修技术,而应该使掌握的技术综合化。例如由于数字化维修的实施将会提高部队发展维修理论、维修技术和维修程序的能力,这就要求维修人员具备很强的综合运用计算机技术、网络技术和智能技术的能力,掌握和运用各种信息的能力,以及具备很强的逻辑思维能力。

1.2 国内外飞机数字化维修现状

任何装备只要使用,就需要维修保障,而在航空装备中,维修保障起的作用尤其突出。目前,各国复杂航空装备的使用与保障费用平均约占空军军费预算的 60%,有的甚至高达 70%~80%。如何提高航空维修保障能力,降低全寿命费用,是国内外空军面临的一个重要课题。因此,各国军队对航空装备维修采取了或正在采取一些对策,以改革和发展装备维修,重点均在高新技术装备的维修和把高新技术用于装备维修,采用数字化维修技术改进维修管理和改善支援系统,以确保装备维修质量与效率。

1.2.1 国外飞机数字化维修现状

西方军事强国自第二次世界大战(简称二战)以来就十分重视航空装备的维修保障,以美国为代表的西方军事强国军用飞机发展历史悠久,在实践中积累了大量的装备维修保障经验。但 20 世纪 70 年代以后,随着信息技术的发展,航空装备的复杂程度越来越高,美军航空装备出现了使用和保障费用高、战备完好性差等问题,传统维修保障效率低下与军队维修保障要求日益提高之间的矛盾越来越突出。1983 年美国国防部颁发了指令 DoDD5000.39《系统和设备综合后勤保障的采办和管理》,该指令规定保障性应与性能、进度和费用同等对待。规定了从装备寿命周期的一开始就要开展综合后勤保障工作,以达到规定的保障性要求。到了 20 世纪 90 年代,美国国防部废除了 DoDD5000.39,将综合后勤保障纳入国防部指示 DoDI5000.2《防务采办管理政策和程序》,确定将综合后勤保障作为装备采办工作的一个不可分割的组成部分

分。1997年5月美国国防部颁布的MIL-HDBK-502《采办后勤》将综合后勤保障改为采办后勤,强调保障性的重要性,明确保障性是性能要求的一部分,保障性分析是系统工程过程的一个不可缺少的部分。采办后勤的内容要比综合后勤保障的内容更突出系统工程过程。随着这些法规的制定,美军的装备保障纳入了向21世纪转变的轨道。为了达到这一系列目标,美军在信息网络基础设施之上,大力开展数字化维修保障工作。

经过几年的努力,数字化维修保障已初具规模并发挥了重要的作用,获得了显著的经济和军事效益。美国三军武器装备的维修保障已初步实现数字化,第一次海湾战争后,美军逐渐形成发展了精确保障能力的新思路,陆续实施了一些新倡议,例如“聚焦后勤”、“全资产可视”、“基于配送的保障体系”。伊拉克战争中,美军的数字化维修能力明显得到了提高,特别是信息技术在维修领域中得到了广泛应用。大量应用了自动测试和修理技术,突破了电子装备的保障瓶颈。第3机械化步兵师的所有坦克中都配备了数字诊断与预测PMA(portable maintenance aid,便携式维修计算机),士兵们在战斗间隙参照PMA规定对坦克进行必要的维护。海军在部分水面舰船上设立了“维修/超微模块测试与修理中心”,可对复杂电路板和电子模块进行修理作业,既能缩短电子装备的修理时间,又能减少备件库存。在持续了近一个月的伊拉克战争中,美军武器装备保障实践表明,现代战争要求遂行以数字化维修保障为特点的高技术武器装备保障形式。

1.2.2 国内飞机数字化维修现状

新中国建立以来,我国军用飞机发展经历了缴获接受—购买引进—测绘仿制—自行设计研制四个阶段,装备维修保障理论研究也经历了较长的发展历程。20世纪50年代后期我国开展装备可靠性的研究,而维修性和维修工程学科则是在20世纪70年代后期从国外引进的。目前,维修工程学在军事领域和民用电子、航空、航天、机械等行业有了很大的发展,促进了武器装备和民用设备质量的提高和有效使用,在军内外影响日益增大。目前,各军兵种的有关院校都设置了维修工程或与之相类似的学科,对维修工程的研究各有特色。在相关领导机关的主持、倡导和促进下,结合我军的实际,逐渐形成了具有我国特色的强调装备全系统、全寿命管理的维修工程学科。这些新学科的理论与方法已逐渐为人们接受和掌握,并结合我国国情有所发展,广泛应用于保障决策、维修改革以及现役装备可靠性与维修性的改进中,获得了明显实效,并已逐步体现在我国新型武器的研制、生产与使用维修中,使我军武器装备维修保障能力大大提高。

但随着外军信息战、网络战的提出,以及数字化维修技术的广泛应用,我军在这方面与国外先进国家的差距很大,即使是和国内民航业相比,也处于落后地位。民航业在引进美国以及欧洲先进民用飞机的同时,也引进了先进的数字化维修技术,目前民航领域的数字化维修技术水平已超过军方,例如东方航空公司西北分公司在引进空中客车的同时,也从法国宇航公司引进了先进的维修信息系统,实现了技术资料电子查询、维修信息网络化、备件供应自动化,大大减少了一线机务维修人员的劳动负担,同时也提高了维修保障能力。而面对新军事革命的空军,航空维修保障信息的自动收集、自动处理能力还远未实现维修保障网络化、信息化,制约了部队战斗力的进一步提高,在空军武器装备信息化的过程中,这一现象已经非常突出。

武器装备维修在国防建设和现代战争中具有重要作用和地位,随着新军事革命的提出,武器装备维修面临着新形势、新情况。高新技术飞快发展,为装备维修保障提供了新的技术手段和发展机遇,由于这些高技术首先应用在武器装备上,在大大提高武器装备作战效能的同时,也使武器装备更加复杂、昂贵,随之带来的就是维修费用大幅度增加。特别是我国近年来研制