

军队“2110工程”系列教材

飞机修理新技术

刘晓山 郑立胜 著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

军队“2110 工程”系列教材

飞机修理新技术

刘晓山 郑立胜 著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书系统地论述了飞机修理的基本理论和方法,侧重介绍了飞机修理实用技术的研究成果和最新进展。主要内容包括飞机修理的基本概念、飞机结构材料新技术、飞机损伤检测新技术、飞机结构修理新技术、飞机表面修复新技术和飞机战伤抢修技术等。可作为航空修理专业本科、研究生的教学用书,也可供相关院校、研究单位、工厂和部队的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

飞机修理新技术 / 刘晓山,郑立胜著. —北京:国防工业出版社, 2006.5
(军队“2110 工程”系列教材)
ISBN 7-118-04789-9

I. 飞... II. ①刘...②郑... III. 飞机—维修—教材 IV. V267

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 117865 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)

北京四季青印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 11 字数 247 千字

2006 年 5 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 25.00 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

前 言

《飞机修理新技术》是“军队 2110 工程”系列教材之一。本书以国内外航空维修理论与实践的成功经验为参考,以我军飞机修理技术的现状与发展为基础编写而成,旨在较系统地阐述军用飞机修理的理论、方法和实用技术,体现航空修理专业教学和研究的最新成果。主要内容包括飞机修理的基本概念、飞机结构材料新技术、飞机损伤检测新技术、飞机结构修理新技术、飞机表面修复新技术和飞机战伤抢修技术等。本书可作为航空修理专业本科、硕士研究生的教学用书,也可供院校、研究单位、工厂、部队的工程技术人员参考。

本教材由刘晓山主编、郑立胜副主编。全书共分 6 章,各章节执笔人分别如下:第 1 章、第 3 章(3.2 节)、第 6 章,刘晓山;第 2 章、第 4 章(4.3 节),郑立胜;第 3 章(3.1 节),杨小林;第 4 章(4.1 节),于克杰;第 4 章(4.2 节),郭必新;第 5 章,潘庆军。全书由刘晓山、郑立胜统稿。本书在编写中得到了吕伯平、于克杰等同志的亲切指导和董玉祥、卿华等同志的大力帮助,并引用了机械工程学院、空军装备研究院、空军工程大学等单位在装备修理领域的一些成果,在此,对相关单位、相关人员和被引用的参考文献的作者一并表示衷心的感谢。

限于编者的水平,书中的缺点错误在所难免,恳请读者批评指正。

著 者

2006 年 3 月于空军第一航空学院

目 录

第1章 概论	1
1.1 飞机修理的基本概念	1
1.1.1 飞机修理的目的	1
1.1.2 飞机修理的任务	1
1.1.3 飞机修理的活动	1
1.2 飞机修理的分类	3
1.2.1 按修理程度分类	3
1.2.2 按修理时机分类	4
1.2.3 按修理方式分类	5
1.2.4 按修理组织形式分类	5
1.2.5 按修理方法分类	5
1.3 飞机修理的指导思想	5
1.3.1 “预防为主”的维修指导思想	5
1.3.2 “以可靠性为中心”的维修指导思想	6
1.3.3 “战备完好性”维修指导思想	7
1.4 飞机修理的发展	8
1.4.1 我国飞机修理的发展概况	8
1.4.2 飞机修理技术及其发展	9
第2章 飞机结构材料新技术	11
2.1 概述	11
2.2 新型合金材料及其应用	13
2.2.1 铝合金	13
2.2.2 钛合金	15
2.2.3 超高强度钢	16
2.3 先进复合材料及其应用	17
2.4 智能材料与智能结构在飞机上的应用	19
2.4.1 智能结构材料	19
2.4.2 智能结构材料的应用研究	22
2.5 隐身材料与隐身结构的应用	23
2.5.1 雷达吸波隐身材料	23
2.5.2 红外隐身材料	28

2.5.3 隐身材料和结构研究的最新进展	28
第3章 飞机损伤检测新技术	30
3.1 红外热成像检测技术	30
3.1.1 概述	30
3.1.2 红外热成像检测原理	31
3.1.3 红外热成像检测方法	36
3.1.4 红外热成像检测设备	41
3.2 飞机结构烧伤检测技术	46
3.2.1 飞机烧伤	46
3.2.2 飞机结构烧伤特点	46
3.2.3 飞机结构烧伤检测方法	50
3.2.4 涡流电导率检测原理	52
3.2.5 基于涡流电导率的烧伤检测仪	56
第4章 飞机结构修理新技术	61
4.1 结构铆接新技术	61
4.1.1 单面拉铆	61
4.1.2 电磁铆接	62
4.2 飞机焊接修理新技术	64
4.2.1 概述	64
4.2.2 航空材料的焊接	67
4.2.3 特种难焊材料的焊接	79
4.3 飞机胶接修理新技术	83
4.3.1 飞机胶接修理技术应用概况	83
4.3.2 复合材料补片胶接修理的技术要点及分析方法	85
4.3.3 飞机结构胶接修理固化的技术手段	88
第5章 飞机表面修复新技术	92
5.1 表面工程概述	92
5.2 热喷涂修复技术	93
5.2.1 概述	93
5.2.2 热喷涂方法介绍	95
5.2.3 在航空装备制造与修理中的应用实例	100
5.3 电刷镀修复技术	101
5.3.1 概述	101
5.3.2 电刷镀技术研究的新进展	102
5.3.3 电刷镀在航空装备维修方面的应用	104
5.4 化学镀修复技术	105

5.4.1	化学镀技术原理及特点	105
5.4.2	化学镀方法介绍	106
5.5	军用飞机腐蚀损伤的修复技术	108
5.5.1	飞机腐蚀损伤修复的要求	109
5.5.2	军用飞机腐蚀损伤修复的一般工作程序	109
5.5.3	某型轰炸机腐蚀损伤修复工艺规程	114
第6章	飞机战伤抢修技术	118
6.1	飞机战伤抢修概述	118
6.1.1	基本概念	118
6.1.2	飞机战伤抢修的特点	119
6.1.3	飞机战伤抢修的内容	119
6.2	飞机战伤评估	120
6.2.1	飞机战伤评估的内容	121
6.2.2	飞机战伤评估的一般程序	121
6.2.3	飞机战伤评估的方法	123
6.2.4	飞机战伤等级及其评定	129
6.2.5	飞机战伤修理等级及其评定	133
6.2.6	飞机战伤评估决策系统	134
6.3	飞机战伤修理	137
6.3.1	飞机战伤修理方法	137
6.3.2	飞机机体结构战伤修理	139
6.3.3	飞机子系统战伤修理	152
6.4	飞机战伤抢修的现状与发展	160
6.4.1	美军飞机战伤抢修的现状	160
6.4.2	我军飞机战伤抢修的现状	164
6.4.3	飞机战伤抢修的发展趋势	164
参考文献		166

第1章 概 论

1.1 飞机修理的基本概念

装备的维护和修理统称为维修,维修是使装备保持和恢复规定状态所采取的全部措施和活动。在实际工作中,修理和维护一般不能完全分开,在装备维护时,可能要进行某些必要的修理,而在对装备修理时,又往往要进行一定的维护。

飞机是典型的航空装备。飞机的修理,是指对使用到规定时限或出现损伤的飞机所进行的恢复其规定技术状态的各种技术活动,有时又叫修复。主要包括飞机及其发动机、机载设备的修理。飞机修理属于航空维修的范畴,飞机修理工作是航空机务工作的重要组成部分。本书主要讨论飞机修理的新理论和新技术。

1.1.1 飞机修理的目的

由修理的概念可知,飞机修理工作的目的是使飞机恢复到完好状态,即恢复飞机的战术技术性能和可靠性,充分发挥其效率 and 作用,满足作战、训练的需要。

1.1.2 飞机修理的任务

飞机修理的主要任务是:

- (1) 判明故障现象,隔离故障,确定故障点,即故障定位。
- (2) 修复或更换失效或不合格的零部件(元器件)。
- (3) 检测飞机的有关性能,并进行相应的调整,恢复固有的性能指标与可靠性。
- (4) 检验飞机的各项功能。

1.1.3 飞机修理的活动

飞机修理中的各项活动,基本上可以概括为管理活动、技术活动和保障活动。技术活动是管理活动的基础和主要内容,保障活动是技术活动正常进行的必要条件,管理活动是实现修理目标、提高质量效益的保证。从现代管理的观点看,科学的修理是管理、技术和保障过程的有机统一。

1.1.3.1 飞机修理中的管理活动

飞机修理的管理是指为完成飞机修理工作,而合理组织、计划和使用人力、物力、财力及时间的过程。主要包括以下内容:

(1) 组织管理活动。是指确定装备修理的体制和编制的有关活动,组织管理的主要要素包括目标、人员、职位、职责、关系、信息等。世界各国的装备维修体制和编制各不相同,是不断发展的。

(2) 计划管理活动。是指在维修思想、维修方针的指导下,对修理各项工作的内容、步骤和实施程序加以科学安排和规定的有关活动。

(3) 技术管理活动。是对修理中各项技术活动过程和技术工作要求进行科学管理的有关活动。

(4) 质量管理活动。是指为保证和提高修理质量而进行的调查、分析、计划、组织、协调、控制、检查等各项活动的总称。现代质量管理要求建立一整套质量管理体系,实现全员、全过程、全面管理。

(5) 器材管理活动。是指对飞机修理所需装备、设备、工具、耗材等所进行的计划、筹措、储备、供应等活动。

1.1.3.2 飞机修理中的技术活动

飞机修理的技术活动是指为完成修理任务而进行的各项技术工作,即修理的操作过程。

(1) 检测。确定飞机的技术状况或参数量值的有关活动。

(2) 保养。为了保持飞机处于规定状态所进行的活动。

(3) 拆卸。为了便于接近飞机的某一部分或便于进行某项修理活动,而对飞机部分进行分解的有关活动。

(4) 故障定位。确定故障部位的有关活动。

(5) 更换。将不宜使用的零部件(元器件)拆下,安装上合格零部件(元器件)的活动。

(6) 修复。对飞机的某些故障件进行修理,以恢复其功能的活动。

(7) 装配。把分解拆下的各零部件重新组装的活动。

(8) 调校。对飞机内部某些失谐、失配的部位进行调整或校正,使其恢复到规定技术状态的活动。

(9) 检验。为检查飞机修理效果,保证能达到规定状态而进行的试验运行的活动。

1.1.3.3 飞机修理中的保障活动

飞机修理的保障是指为保证修理工作正常进行而实施的各项服务活动,是飞机修理工作的重要组成部分,一般包括技术保障、资源保障、后勤保障等。

1. 技术保障

技术保障是保证飞机修理技术工作顺利进行的各项活动,主要内容包括修理技术法规制定、修理技术资料编制、修理理论研究和修理技术开发等。具体介绍如下:

(1) 修理技术法规。法规是条例、规程、维修技术文件和各种规章制度的总称,是实施飞机修理的基本规范,包括通用技术法规和专用技术法规,一般由装备管理机构批准后下发。

(2) 修理技术资料。这是修理飞机的基本依据。通常有:飞机技术资料,指描述飞机的战术技术特性、原理、构造的说明书、手册等;维修操作资料,指各种飞机和各维修级别的维修操作程序和要求,以及测试方法、规程及技术数据等;包装、装卸、储存和运输资料,指飞机及其零部件包装、装卸、储存和运输的技术要求及实施程序。

(3) 修理理论研究和技术开发。理论研究和技术开发是提升装备技术性能、总结探索维修规律、解决修理技术难题和提高修理工作效率的重要工作。

2. 资源保障

是指为保障飞机修理工作顺利开展而进行的资源配置、筹供等活动。修理资源通常

包括人员、器材、设备等。

(1) 修理人员。分修理管理人员和作业人员。管理人员,指编配在各级修理管理机构中的人员。作业人员,指编配在各级修理作业机构中直接从事修理作业的人员。

(2) 修器材。指修理飞机所需的备件、附品、工具、装护具及原材料等。

(3) 修理设备。包括修理飞机所需的拆卸、安装设备,测试、诊断设备,机械加工设备,工艺装置等。按适用范围分为通用修理设备和专用修理设备;按机动能力分为移动式修理设备和固定式修理设备。

3. 后勤保障

指修理飞机所需的建筑物、构筑物、场地以及供电、供油、供气等配套设施。

1.2 飞机修理的分类

飞机修理可以从不同的角度进行分类,我国军用飞机的修理一般有以下分类方法。

1.2.1 按修理程度分类

根据飞机修理作业的深度、广度和技术复杂程度,通常分为小修、中修和大修3个等级。划分修理等级的目的是科学区分修理任务范围,确定修理作业体制,设置修理机构,合理配置修理资源,保证修理质量,提高修理效益,以适应部队作战训练的需要。

1. 小修

在飞机使用过程中,为了排除故障和轻度损伤的修理。小修是保证飞机经常处于良好状态的重要手段,通常由基层级修理机构完成。主要是根据故障缺陷的具体情况,按照有关技术标准和工艺规程,有限地拆开有关部位,排除故障,更换或修复个别零部件。

2. 中修

在飞机使用寿命期内,每使用一定飞行小时或日历时间后所进行的局部分解检查、换件等预防性修理,或结构件中轻度损伤的修理。中修是保证飞机能正常可靠用完规定寿命的重要手段,通常由中继级修理机构(中修厂)完成。主要是按照各型飞机规定的使用时限、修理范围和要求,将飞机的主要系统、部件进行分解、检查、修复和更换不合格的零部件,然后进行装配、调整和试验,使其达到规定的技术标准。

3. 大修

在飞机使用完规定的大修间隔时限,或外场发生了无法排除的故障、结构件有严重损伤时所进行的修理。大修是技术最复杂、范围最广的预防性维修措施,是恢复飞机技术性能、保证使用寿命的主要手段,通常由基地级修理机构(大修厂)完成,个别的由国内飞机制造厂或国外飞机制造厂完成。大修要按照飞机修理技术标准和工艺规程,将飞机分解,对所有零部件进行检查、修复,更换不符合要求的零部件,排除故障,恢复原有的精度、性能、技术指标和可靠性。经过大修的飞机必须给定下一次大修时限。

飞机的大修生产过程主要包括:

(1) 进厂验收。送修的飞机到厂后,部队向工厂移交,工厂组织验收检查,查明待修飞机的完整性和技术状况。

(2) 故障检查。对飞机进行必要的分解和清洗,由故障检查人员利用测量设备查明飞机的故障缺陷,挑出不合格的零件或部件。通常进行三级故障检查,即:分解前整机故障检查,初步分解后的部、附件故障检查和最终分解后的零件故障检查。

(3) 修理。对磨损、变形、裂纹、腐蚀、损伤等不合格的飞机机体结构和零部件,有修复价值的,按照修理工艺规程实施修理,或按规定进行改装。通常采用的修理工艺有:钣金加工、热加工、机械加工、化学加工、电子加工、电镀、喷涂、涂敷和喷漆等。

(4) 装配。将可用机件、修复机件和更换机件重新相互定位和联接,一般是先进行部件装配,后进行整机装配。整机装配后,按规定进行调试、试验和校准。

(5) 试车、试飞。修理后的航空发动机在试车台上按规定的试车工艺进行试车,检查技术性能和系统工作状况。修理后的飞机在地面检查、试验后,按规定的试飞提纲进行空中试飞,检查飞行性能,全面检验飞机修理质量。

(6) 出厂。对运输出厂的装备,进行内、外部油封,包装和装箱。空中飞行出厂的飞机,转场前进行转场试飞。

随着科学技术的进步,飞机设计思想的创新,飞机制造中广泛地使用新技术、新工艺、新设备、新材料,从而导致飞机修理理论和修理方式发生变化,修理等级的划分也将会发生变化。比如,随着电子装备的快速发展和更新换代,可靠性得到提高,航空电子装备已基本不采用大修,一般视情进行小修或中修。

1.2.2 按修理时机分类

1. 定时修理

定时修理是以工作的时间确定修理周期,按照统一规定的时间,不管装备技术状况如何都要进行的修理。定时修理适用于已知寿命分布规律且确有耗损期的零部件的修理,这类零部件故障的发生与使用时间有较明确的关系,且大部分能工作到预期的时间。定时修理以规定的时间为标准,修理时机掌握比较明确,便于组织计划,但针对性差,修理工作量大,不经济。

2. 视情修理

视情修理是通过检查掌握装备的可靠性程度,只对其可能发生功能性故障的部分,做必要的预防修理。视情修理没有固定的时间间隔期或工作时间,带有一定的随机性。它适用于耗损故障初期(从量变发展到质变前)有明显劣优征候的电子装备或零部件,这种修理需要有适当而有效的检测手段。视情修理的优点是针对性强,能够充分利用装备或零部件的工作寿命,减少不必要的修理活动,又能比较有效地预防故障发生。

3. 监控修理

监控修理是对装备的技术状态进行连续监控,通过统计分析确定电子装备或零部件不应再继续使用而进行的修理,它适用于有完整、有效的状态监控手段的装备。其优点是可以充分利用被监控部分的使用寿命,但必须有连续监控或诊断的先进手段。

4. 修复修理

在事先不知道装备何时出现何种问题,无法预先安排计划的情况下,根据装备使用过程中发现的问题而进行的修理称为修复修理。修复修理也叫排除故障或事后修理,主要用于难以事先预防的随机性故障的修复。

1.2.3 按修理方式分类

1. 原位修理

原位修理是指装备直接在飞机上进行的修理。适用于故障较简单的和具有可更换单元的修理。航空电子装备发生故障,首先要进行分析、判断,确定是否通过原位修理恢复装备的正常工作状态。在原位修理不能恢复装备正常工作状态的情况下,采取离位修理。

2. 离位修理

离位修理是指装备需要拆离飞机进行的修理。离位修理虽然存在一些不利因素,如耗费人力、物力和时间,有时甚至造成人为故障,但它是修理工作中必不可少的。离位修理的优点是具有良好的修理环境和条件,有充分的修理手段。

1.2.4 按修理组织形式分类

1. 机动修理

主要是指根据飞机所在地和修理力量的布置情况,灵活机动地实施修理,有阵地修理、伴随修理、巡回修理、临时设点修理等组织形式。

2. 固定修理

主要是指依托修理基地、工厂、修理所等,在固定地点对飞机进行的修理。

1.2.5 按修理方法分类

1. 原件修理

对飞机上损坏或不符合性能要求的零、部件进行修理,使之恢复规定的功能。

2. 换件修理

将飞机上已损坏的零部件更换为新品,使飞机恢复规定的功能。

3. 拆拼修理

从损坏的飞机中拆取可用零部件,拼装成完好的飞机。

战时装备使用强度高、战损数量大、损坏情况复杂、时间要求紧急,还要采用紧缩修理、加速修理等应急修理方法。

1.3 飞机修理的指导思想

航空维修指导思想来源于维修实践,是建立在当时所维修的技术装备、维修人员的技术水平、维修手段和维修条件等客观实际的基础上的,又受维修实践中质量、效率、经济和机动四大指标的检验。为了适应我军现代化和高技术条件下局部战争的需要,航空维修指导思想必须随着科学技术及装备的发展和人们认识的提高而有所发展。

1.3.1 “预防为主”的维修指导思想

在20世纪40年代以前,地面装备一般采用“事后维修”,即在装备发生故障以后才进行维修保养。直到50年代初,才逐渐确立“预防为主”的维修指导思想,这种思想要求装备上的零部件(元器件)在即将磨损或损坏之前及时进行更换、修理,将维修工作做在

故障发生之前,是一种积极主动的维修指导思想。

航空维修的对象具有空中使用的特点,航空装备工作正常与否影响到飞行安全。在航空事业发展的最初年代,飞机的设计、制造比较简单,发动机剩余功率有限,受质量的限制,飞机不可能采用过多的冗余技术,任何一个机件出了故障都有可能直接危及飞行安全。在这种情况下,为了尽可能保证每个机件可靠安全,从而保证飞行安全,要求维修工作走在故障的前面。因此,广泛地采取了预防维修措施,形成了“预防为主”的维修指导思想。由于认为机件磨损是时间的函数,因此,定时维修就成为预防维修的唯一方式。由于没有先进的检测手段,主要靠直观检查,于是拆卸分解的离位维修就成为预防维修的唯一方法。这种维修指导思想及其方式、方法,在航空维修中延续了数十年之久,在维修发展史上占有重要的地位。

70年代前,我军航空装备的维修工作也一直贯彻了“预防为主”的维修指导思想。在装备冗余度小,维修手段落后的情况下,为了保证装备可靠与飞行安全,采取“多做工作、勤检查”的办法,进行了大量的预防维修工作,保障了作战、训练任务的完成。

预防为主维修指导思想的基本观点是认为预防维修与使用可靠性之间存在着因果关系。即认为每个机件的可靠性都与使用时间有直接关系,都有一个可以找到的并且在使用中不得超越的翻修时限,到时必须翻修,翻修得越彻底,分解得越细,防止故障的可能性就越大;认为预防维修工作做得越多,可靠性越高。

1.3.2 “以可靠性为中心”的维修指导思想

以可靠性为中心的维修指导思想,是以充分利用装备的固有可靠性为原则来确定维修方式的指导思想。随着维修工作的不断发展,人们认识到有些类型的故障,不论做多少工作,仍然是不能防范的;某些装备过分强调定时维修,大拆大卸,反而可能诱发许多人为故障,降低装备的效能。因此,不能仅依靠多做工作这一办法来预防故障,而应在维修质量、效率、经济、机动等方面进行研究和改进,要以可靠性理论为基础,通过对影响可靠性因素的分析和试验,应用逻辑分析决断法,科学地制定维修内容,优选维修方式,确定合理的使用期限,以控制装备的使用可靠性。

以可靠性为中心和预防为主的维修指导思想,都体现了积极主动的思想,都要求积极预防,掌握由量变到质变的规律,把故障消灭在萌芽状态,防患于未然。但是,以可靠性为中心的维修指导思想,是在预防为主的维修指导思想的基础上发展起来的,它充分考虑到装备的可靠性、维修性和经济性,采用科学统计分析的方法来认识维修规律,因而能更好地反映维修的客观规律,指导维修实践。以可靠性为中心的维修指导思想有以下要点。

1. 进一步明确维修的目的与作用

维修的目的,在平时是以最小的经济代价来保持与恢复装备的固有可靠性与安全性,在战时应采取应急措施,以最快的速度保持与恢复装备的固有可靠性与安全性。装备的固有可靠性是由设计所确立、通过制造来实现的,它是装备在这种条件下所能达到的固有可靠性的最高水平,要达到更高水平,只有重新设计、制造。通过维修可以提高使用可靠性,或防止固有可靠性水平降低,优良的维修工作可以使装备接近或达到它的固有可靠性水平,但不能超越它。如果维修不能保证装备必要的可靠性水平,那么,这种装备应重新设计或进行改进性维修,以提高其固有可靠性。因此,维修越多,并不一定越安全、越可

靠,而维修不当则会使可靠性下降。

2. 使预防维修工作的确定更符合实际

装备的故障规律不同,采取的维修方式与工作时机也应不同。对于有耗损性故障规律的装备或部件,适于定时拆修或更换,以预防功能故障或引起多重故障;对于有安全性后果(可能机毁人亡)和隐患性后果(可能造成继发性多重故障而出现危险性后果)的故障,要进行预防维修;对于无耗损性故障规律的装备或部件,定时拆修或更换常常是有害无益的,适于通过检查、监控进行视情维修;定时翻修对复杂装备的可靠性几乎不起作用;早期和偶然故障是不可避免的,进行预防维修是没有效果的。因此,为了提高装备的可靠性水平,应根据装备的故障规律,合理开展装备预防维修工作。

3. 改变故障的后果

预防维修能够预防和减少功能故障的次数,但不能改变故障的后果。因为故障的后果都是由装备的设计特性所决定的,只有更改设计,才能改变故障的后果,提高装备可靠性水平。几乎在所有的情况下,安全性后果都可以通过余度设计、破损安全设计、损伤容限设计等措施而降低为经济性后果(直接维修费用和间接经济损失)。对于经济性后果的故障,要根据作战、训练任务的要求以及从经济性上权衡,判断是否进行预防维修。

4. 正确选择预防性维修工作类型

对装备采用不同的预防性维修工作类型,其消耗资源、费用和难度、深度是不同的。预防性维修工作类型按所需资源和技术要求,由低到高的大致排序是:保养、操作人员监控、使用检查、功能检测、定时维修、定时报废以及综合工作等7种类型。应根据装备的需要选择适合而有效的工作类型,减少不必要的预防性维修工作,从而在保证可靠性的前提下,节省资源和费用。

5. 在实践中提高装备的可靠性水平

装备投入使用后,要收集和分析每个零部件的状况和性能的数据资料。这不仅是进行维修工作的基础、修改和修订维修大纲的依据,而且是分析研究可靠性不可缺少的依据,是改进和设计新型装备的关键。预防维修大纲(维护规程)不应当是一成不变的,任何一个使用前提供的维修大纲都只是根据有限的资料制定的,因而使用维修部门必须在装备整个使用过程中收集实际数据,并及时予以补充和修订。另外,使用维修部门是装备可靠性的检验者与控制者,不断向设计制造部门反馈实际数据资料和要求,才有可能使设计部门设计出固有可靠性更高的装备。

1.3.3 “战备完好性”维修指导思想

随着技术的不断进步,装备的性能越来越稳定,质量越来越可靠,使得装备的故障率越来越低,可靠性大大提高。但装备的可靠性无论多高,若装备的维修周期过长,也不能充分发挥装备的效益。现代战争具有快速、高效等特点,使得装备维修的效率和机动性两项指标越来越重要。因此,维修工作中仅以可靠性为中心已不能满足高技术条件下现代战争的需要。

为了充分发挥装备的效益,要保证装备完好率,提高飞机出勤率和快速反应能力。装备既要有较高的可靠性,同时又要有良好的维修性、保障性,一旦装备发生故障,要能在最短的时间内使装备恢复到规定状态,这就是现代战争对装备提出的战备完好性要求。

战备完好性是指军事单位接到作战命令时,实施其作战计划的能力。它是在编装备、产品可用性、保障性等的函数。战备完好性的概率度量称之为战备完好率,表示当要求武器装备投入作战时,装备准备好能够执行任务的概率。

目前,国内外都以战备完好性作为衡量装备优劣的主要指标。国外从 20 世纪 70 年代开始就加强了有关理论的研究和实践,使装备的战备完好性得到很大提高。在海湾战争中,美军 F-16 飞机的出勤率(执行任务率)为 95.4%。国内从 80 年代开始注意装备战备完好性的研究和实践。战备完好性维修指导思想的重点如下。

1. 最大限度地提高装备的可靠性

在装备研制时,要通过加强零部件、元器件的筛选和控制,可靠性增长试验和综合环境应力的可靠性试验,最大限度地提高装备的固有可靠性。

在装备使用时,要通过对有耗损性部件的预防维修,研究装备故障的规律和特点,适当进行装备检测和监控,对装备进行视情维修,最大限度地提高装备的使用可靠性。装备的可靠比是保证装备战备完好性的基础

2. 加强装备维修性设计,提高故障快速排除能力

从装备战备完好性及寿命周期费用的观点出发,仅提高可靠性不是一种最有效的方法,必须综合考虑可靠性及维修性才能获得最佳结果,应采取设置装备维修检查窗口、测试点、显示器及控制器等措施,从设计上改进装备的维修性,减少装备的平均修复时间(mean time to repair, MTTR)。

对于航空电子装备,随着集成电路及数字技术的迅速发展,装备的设计及维修任务产生了很大变化,装备维修的重点已从过去的拆卸及更换转到故障检测和隔离。因此,故障诊断能力、机内测试(built in test, BIT)成为维修性设计的重要内容,机内测试技术成为改善航空装备维修性的重要途径。为了解决装备存在的诊断能力差、机内自测试虚警率高等问题,综合诊断及人工智能技术应用的研究成为提高电子装备战备完好性、降低使用保障费用的主要技术途径。

提高故障快速排除能力是保证装备战备完好性的重要手段。

3. 提高装备的保障性

要具有执行作战任务的能力,装备除了要有良好的性能、高可靠性和维修性水平外,还必须具备良好的保障性,使装备是可保障的、易保障的。为此,必须在装备研制时做出正确决策,使保障系统与装备同时交付使用单位;并使装备尽可能便于保障和维修,如发展模块式结构,减少元器件的种类,增强元器件的通用性;且在特定的环境中通过正确的指挥和管理使保障系统发挥应有的保障能力,提高装备的战备完好性。

保障性是保证装备战备完好性的重要因素。战备完好性的维修指导思想对航空装备,尤其是机载电子装备的维修体制产生了较大影响,突出了装备单元更换的维修方式,电子装备的平均故障间隔时间大大延长,平均修复时间大大缩短。

1.4 飞机修理的发展

1.4.1 我国飞机修理的发展概况

飞机修理最初是由飞行员进行的。1908 年后,飞行员有了机械维修方面的助手,飞

机的维修与使用开始分离。

我国的飞机修理始于清朝末年。1910年,清政府在北京南苑设立了飞机修造厂。1913年,北洋政府在北京南苑成立航空学校并附设飞机修理厂,这是中国最早的专职飞机修理机构。从1919年起,多个飞机修造厂先后在福建、广州、杭州、武昌、广西等地组建。

我军早在抗日战争时期就注意培养和聚集航空技术人才。1946年,组建东北民主联军航空学校及其修理厂、机械厂、材料厂,收集并修复日军留下的残破飞机供航校训练飞行用。1948—1949年间,航校机务处进驻沈阳,接收日军、国民党军遗弃的航空工厂、仓库,经整顿、恢复生产,修复了一部分飞机、航空发动机。以后又派工作组随军进关,相继接收各地的机场和航空工厂。1949年3月,成立中央军委航空局,下设航空工程处,统管所接收的航空工厂。

1949年11月,中国人民解放军空军正式成立后,各地的航空装备修理工厂归空军统管。1951年,根据中央军委和政务院的决定,除中、小修理仍由空军部队修理厂承担外,空军将所属的16个航空装备修理工厂和两个航材仓库全部移交给国家航空工业局。空军的飞机、航空发动机由航空工业局所属工厂负责大修。这期间,航空工业局所属的航空工厂为空军修复了大量的飞机和航空发动机。为使航空工业集中力量研制生产新型装备,从1954年开始,航空工业局陆续将飞机、航空发动机的修理工作转交给空军负责。空军组建了管理航空修理工厂的业务部门,制定了空军修理工厂的建设规划,先后接收、新建了一批航空修理工厂,陆续承担了多种型别的飞机及机载设备、航空发动机的大修任务。与此同时,陆续建设军区空军和部队修理机构,建立部队修理网。经过多年的建设,空军已形成门类齐全、布局合理、修理配套,集修理、教学、科研于一体的航空装备修理系统,修理理论、修理技术和管理水平也有较大提高。到21世纪初,中国人民解放军空军装备的新型飞机、直升机及其配套的发动机,空军航空修理工厂都基本具备修理能力。

1.4.2 飞机修理技术及其发展

飞机是大型复杂装备,现代军用飞机更是综合运用了许多领域的先进技术,如结构设计技术、新材料技术、自动检测技术、先进推进技术、通信技术、电子对抗技术等。新技术的运用使飞机的构造日趋复杂,系统和设备技术含量高,技术保障所涉及的技术门类日益广泛,如故障诊断、检测、监控、机械加工、材料等。飞机修理是飞机技术保障工作的重要组成部分,一般分为故障诊断技术和修理工艺技术两个方面。

1. 故障诊断技术

飞机的故障来源主要有两类,一是系统性来源,从某种意义而言是不可避免的;二是随机性来源,即由偶然因素引起的。现代飞机的很多机载设备,往往无法事先确定其技术状态、寿命期望值或可靠性衰退的程度,发生故障是完全随机的,常采用状态监控的方式进行维修,即在飞机的日常使用中,经常会有故障报告,而且需要进行处理或维修。

故障诊断技术包括检测技术、信号处理技术、识别技术和预测技术等,主要是应用各种无损检测、计算机自动诊断、扫描电镜、电子探针以及各种分析等技术手段,实现对装备、子系统及零部件故障的快速分析和定位。研究的主要内容包括故障机理、故障模式、故障统计、故障检测、故障隔离等。

2. 修理工艺技术

修理工艺技术包括机体结构修复技术、零部件修复技术、表面保护技术等。主要应用钣金成型、机械连接、铆接、焊接、胶接、热处理、表面处理、表面强化、喷涂等工艺手段,对飞机整体及其系统零部件进行维护保养,提高使用可靠性,延长使用寿命;对损伤的结构、机械零部件、系统元器件实施修复,以恢复其功能和性能,保障飞行训练和作战任务的正常进行。

修理工艺技术是伴随着飞机设计、制造和材料、工艺等技术的发展而不断发展进步的。随着维修思想的发展,现代军用飞机的修理更加侧重于新技术、新材料、新设备、新工艺的研究和应用,如复合材料结构修理技术、整体油箱密封修理等,以提高修理的质量、效益、速度和机动性,满足作战任务的要求。