

航空维修差错 管理理论与实践

赵瑞贤 郭基联 王卓健 王式锋 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

· 013032417

V267
25

航空维修差错管理 理论与实践

赵瑞贤 郭基联 王卓健 王式锋 编著



V267
25

国防工业出版社

· 北京 ·



北航

C1641013

内 容 简 介

航空维修是保证航空装备质量,避免因机械原因导致各类事故发生的最后一道屏障。分析、管理和预防航空维修过程中的各种人为差错,对提高航空装备使用、维修和保障部门的维修安全性水平具有重要作用。本书的主要内容包括绪论、人为差错基本理论、航空维修差错诱因分析、航空维修差错事件调查、航空维修差错管理与事故预防、测试和排故中的航空维修差错及预防、有效沟通在航空维修差错管理中的应用、维修资源管理及其训练等。

本书可作为航空机务部队、航空装备维修企业任职培训的教材,也可供航空维修技术人员及相关院校航空维修专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

航空维修差错管理理论与实践 / 赵瑞贤等编著.

—北京:国防工业出版社,2013.3

ISBN 978-7-118-08677-5

I. ①航... II. ①赵... III. ①航空器-维修-管理 IV. ①V267

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 039553 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 100048)

北京嘉恒彩色印刷责任有限公司

新华书店经售

*

开本 710×960 1/16 印张 14 字数 226 千字

2013 年 3 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 48.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

编 委 会

主 编 赵瑞贤

委 员 (按姓氏笔画为序)

王式锋 王卓健 刘晓媛 沈宏谦

周济永 宗蜀宁 赵晓敏 赵瑞贤

胡耀东 郭基联 黄世超 甄亚卿

前 言

在过去的 50 年中,航空技术的不断发展和安全管理体系的逐步完善,促使飞机的安全性和可靠性大为提高,由设计缺陷和机械故障原因导致事故的比例已越来越小,但作为“人为因素”主要组成部分的航空维修差错的影响并没有减少。民航航空维修领域的研究表明,20% ~ 30% 的空中停车、50% 的航班延误、50% 的航班取消均由维修差错引起,同时维修差错也是诱发或直接导致飞行事故的最重要原因之一。空军为了提高飞机出动率、缩短再次准备时间,机务维护人员在恶劣维护环境下,处于高度紧张的状态维护保障飞机。随着训练强度的加大,航空维修人员在高度复杂的工作环境中经常承受巨大的时间压力,经常夜班工作,这些变与不变的因素致使航空维修差错成为影响飞行安全的突出问题。

多年来,空军对航空维修差错多注重对维修人员进行技能特征与局限性、维修差错原因分析等方面的培训,对维修差错管理则有所忽略。在维修过程中,维修任务、作业环境、控制方式和内在机制等不同,会出现不同类型的维修差错,因而需要不同的差错管理措施,对整个航空维修系统的资源进行有效地管理,来实现更高水平的航空安全。维修差错管理是具有很强实践性的研究学科,将人为因素的理论和方法应用于维修实践中,才能达到保证飞行安全、提高维修保障效率、保证维修人员安全和健康的目的。目前系统介绍航空维修差错管理的书籍较少,本书对空军和航空维修企业加强维修差错管理具有较好的指导作用。

本书共 8 章,第一章绪论,对航空维修进行概述,界定了航空维修差错的相关概念,揭示了航空维修差错的基本规律和特征,阐明了维修差错对航空安全的影响、航空维修差错及其管理的发展历程和当前采取的主要措施;第二章人为差错基本理论,阐述人为差错的基本理论、观点、主要特点以及形成发展过程;第三章航空维修差错诱因分析,系统分析航空维修差错的表现形式和诱因,并用典型案例进行了剖析;第四章航空维修差错事件调查,介绍了维修差错原因调查工具——维修差错辅助决策程序、维修差错事件调查程序和维修

差错事件调查内容及方法;第五章航空维修差错管理与事故预防,系统介绍了当前先进的航空维修差错管理原则、航空维修差错防控途径和管理措施;第六章测试和排故中的航空维修差错及预防,针对当前维修差错中比例较高的测试和排故差错,介绍了测试和排故的概念和发展、测试和排故对维修差错的影响、影响排故能力和效果的因素、测试和排故中需要关注的问题、测试和排故理论及工具、减少排故差错的人为因素,系统阐述了测试和排故差错的综合控制措施及方法;第七章有效沟通在航空维修差错管理中的应用,在介绍沟通基本概念的基础上,分析了航空维修过程中影响有效沟通的因素,提出了改善沟通的方法,并以任务交接中的沟通为例进行了重点分析;第八章维修资源管理及其训练,重点介绍维修资源管理原理和产生背景、训练课程、与机组资源管理的区别等,以期对维修差错防控提供有价值的参考。

本书吸收了国外航空先进国家,特别是美国联邦航空局(FAA)、美军的人为因素研究成果,并与中国航空维修工作的实际相结合,利用系统的维修差错管理理论,对世界民航的典型维修差错事故案例进行剖析解读,实现理论与实践相结合,力求做到理论通俗易懂、知识实用可行。

本书在编写过程中参考了参考文献所列的书籍和资料。这里,谨向被引用资料的作者致以诚挚的谢意。受作者学识水平所限,本书难免存在不妥之处,恳请读者批评指教。

编者

2012年12月

北京

目 录

第一章 绪论	1
第一节 航空维修概述.....	1
第二节 航空维修差错的概念与内涵	16
第三节 维修差错对航空安全的影响	27
第四节 航空维修差错管理与控制的发展历程	29
第五节 航空维修差错预防与控制的实践	32
第二章 人为差错基本理论	35
第一节 人为差错研究的发展历程	35
第二节 人为差错的理论学说	38
第三节 人为差错的基本观点	44
第四节 人为因素分析与分类系统	49
第三章 航空维修差错诱因分析	68
第一节 航空维修差错的表现形式	68
第二节 航空维修差错的诱因	70
第三节 航空维修差错诱因案例分析	84
第四章 航空维修差错事件调查	90
第一节 维修差错辅助决策程序介绍	90
第二节 航空维修差错事件调查程序	94
第三节 航空维修差错事件调查表	96
第五章 航空维修差错管理与事故预防	105
第一节 航空维修差错管理原则.....	105

第二节	航空维修差错的防控途径·····	110
第三节	航空维修差错管理措施·····	112
第六章	测试和排故中的航空维修差错及预防·····	147
第一节	测试和排故的概念和发展·····	147
第二节	测试和排故对维修差错的影响·····	148
第三节	影响排故能力和效果的因素·····	148
第四节	测试和排故中需要关注的问题·····	152
第五节	测试和排故理论及工具·····	154
第六节	减少排故差错的人为因素技术·····	156
第七章	有效沟通在航空维修差错管理中的应用·····	167
第一节	沟通的基本概念·····	167
第二节	改善沟通的方法·····	174
第三节	任务交接的沟通·····	184
第八章	维修资源管理及其训练·····	187
第一节	维修资源管理的产生·····	187
第二节	维修资源管理的原理·····	189
第三节	维修资源管理的内容和评估·····	192
第四节	成功的维修资源管理要素·····	195
第五节	维修资源管理的训练·····	197
附录	维修差错的十二条陷阱·····	209
参考文献	·····	214

第一章 绪 论

航空维修是保证航空装备质量,避免因机械原因导致各类事故发生的最后一道屏障。一方面,航空维修差错是诱发或直接导致飞行事故征候、地面事故和飞行事故的最重要原因之一,轻者导致经济损失,重者造成重大人员伤亡,甚至引发人类灾难性事故;另一方面,维修差错是航空维修人员在工作中经常出现而又无法完全避免的严重问题。当前减少维修差错事故发生的有效措施是让维修人员了解维修差错的产生原因并采取相应的预防措施。

本章在概略介绍航空维修的基础上,界定了航空维修差错的相关概念,揭示了航空维修差错的基本规律和特征,阐明了航空维修差错对航空安全的影响、航空维修差错及其管理的发展历史和当前采取的主要措施。

第一节 航空维修概述

航空维修是对飞机及其技术装备进行的维护和修理,是确保飞行安全的前提和必要条件,也是航空事业的重要组成部分。

一、航空维修发展历程

航空维修是保证飞机正常运行的重要组成部分。据记载,当年美国陆军通信部门向莱特兄弟订购飞机时,就明确提出了“使用与维修方便”的要求,从而可以看出航空维修是与飞机同时出现的,是随航空技术的发展而不断发展的。

(一) 航空维修管理及技术的起源与发展

19 世纪末到 20 世纪初,航空维修处于早期发展阶段,飞机维修尚处于手工作坊状态,维修基本上属于一门操作技艺。由于飞机简单,可凭眼看、耳听、手摸等直观判断或通过师傅带徒弟传授经验的办法来排除故障,缺乏系统的理论,维修管理也只能算是经验管理。到 20 世纪 30 年代,由于维修内容的增

加和技术复杂程度的提高,维修本身的规模和涉及的范围也日益增大,维修管理开始向科学管理过渡,在经验管理的基础上,逐步形成了有关管理的计划、组织、控制等职能,并使之标准化、科学化。此时,美国工程师泰勒把工业企业中传统的经验管理提高了一步,形成了科学管理的理论方法。

计划是管理的首要职能。按维修实践分类,航空维修分为预防性维修和恢复性维修两种基本类型。预防性维修是指可以按照预先制定的计划实施的维修项目;恢复性维修是指在飞机部件和系统失效之后采取的维修措施,这种维修具有一定的突发性,很难控制。

第二次世界大战后期的航空维修,由于缺乏预测技术和定量分析的方法,维修计划还处于经验积累阶段,主要采取定时维修(预防性维修)的控制方法。

第二次世界大战之后的 50 年代,大多数航空发达国家,在航空维修管理方面已经逐步建立起一整套科学的规章制度和标准规范,包括规定航空公司在维修管理方面的方针、原则、任务、职责以及维修制度等条例;各种飞机的维修方案、维护规程、修理规范,统计、登记、工艺卡片,以及工时、器材、设备的消耗定额等。同时,为了保证飞机的飞行安全,在维修工作中特别重视飞机维修质量控制体系和保证体系,从维修人员的资格认证、零部件的使用和库存限制到检验仪器设备的校验,都建立了严格的管理制度。

20 世纪 60 年代后期,随着航空规模的扩大和民航对维修管理的加强,飞机的维修计划成为航空单位取得运营资格的必要条件。在维修生产过程中,随着信息技术和电子技术的发展,航空维修的短期、中期和长期计划不断完善,维修管理工作对维修的控制能力有了很大的提高。

20 世纪 70 年代中期,世界上一些先进的维修企业已经开始采用计算机网络对维修文件、工作单卡、工时消耗以及航材跟踪等进行管理。

(二) 航空维修思想的变化

从飞机问世之日起,航空维修思想经历了一系列的变化,特别是近几十年以来,随着飞机制造技术的提高,先进的维修手段不断涌现,维修经验不断增加,航空维修理论、维修思想不断完善。在 20 世纪 60 年代,世界航空维修业进行了全球性的变革,指导航空维修活动的航空维修观念发生了巨大的变化,逐步形成了一种新的现代航空维修思想。

1. 传统的维修思想

早期的飞机通常装备简单的活塞式发动机,起落架不能收放,而且没有襟

翼。这种简单飞机的零部件故障或失效多与机械磨损和材料疲劳有关,只包含很少几种故障模式,故障的发生往往同使用时间有关,飞机的可靠性与其使用时间有直接关系,并且这种简单飞机没有进行余度设计,当时传统的维修思想是安全第一、预防为主,即飞机的安全性与其各系统、部件、附件、零件的可靠性紧密相关,可靠性又与飞机的使用时间直接有关,而且在预防维修与可靠性之间存在着根本性的因果关系。因此,人们按使用时间进行预防维修工作,即通过经常检查、定期修理和翻修来控制飞机的可靠性。预防性维修工作做得越多,飞机越可靠,翻修间隔期的长短是控制飞机可靠性的重要因素。这种以定期全面翻修为主的预防维修思想或定时维修思想直到现代维修思想确定之后,才逐步退出历史舞台。其合理部分作为一种定时维修方式保存下来。

20 世纪 60 年代,高额的维修成本、较长的翻修期与飞行安全的矛盾问题突出,迫使人们对传统维修思想进行重新评价,得出以下几点认识:

传统的定时维修只适用于一些简单零部件和有支配性故障模式的复杂零部件。这些零部件的故障往往集中出现在某一平均使用时间附近,给它们一个时间限制,对其可靠性可以起到有效的控制作用;给有安全性后果的零部件一个安全寿命,给有重大经济性后果的零部件规定经济寿命,也是必要的。但是,绝大多数零部件的故障发生时间沿着时间轴均匀分布,并不集中出现在某一平均时间左右,因此,企图通过使用时间来控制可靠性并不能奏效。

零部件的可靠性与安全性有一定联系,通过余度设计、故障安全设计和其他方法可以削弱和切断故障对安全的影响。全部故障影响安全性的假设并不符合现代飞机的实际情况,真正有安全性后果的故障不到 20%。飞机的固有可靠性和安全性水平是有效维修所能达到的最高水平,维修的作用是保持这一水平。如果采取了一切可能的预防措施,仍然发生问题,证明飞机的固有能力不足,唯一的办法是更改设计。

预防性维修必须根据零部件的故障规律及后果,采取有针对性的维修方式,不是预防工作做得越多越好。如果预防工作超过了一定限度,反而会使零部件的可靠性下降。

2. 现代维修思想

现代维修思想,是以可靠性为中心的维修思想,是建立在综合分析飞机可靠性的基础上,根据不同零部件的不同故障模式和后果,而采用不同维修方式和维修制度的科学维修思想。其实质就是采用最经济有效的维修,对飞机的可靠性实施最优控制。主要体现在以下几个方面:

(1) 现代维修思想是以可靠性为中心。要正确认识和处理飞机设计与维修之间的关系,必须以可靠性为中心搞好维修品质设计,要采用各种先进的设计思想和制造技术,从根本上改善和提高飞机的可靠性、安全性。

(2) 要以保持和恢复飞机的可靠性、安全性等水平为总目标,确定正确的维修方针。既要通过与空勤人员合作,把飞机的所有零部件均置于维修监控之内,又必须区分重要零部件和一般零部件、简单零部件和复杂零部件,只做那些十分必要的维修工作。

(3) 制定以可靠性为中心的维修方案。飞机的维修方案是具体地对某一架飞机实施预防性维修的指导性技术文件,是维修保障设计的一项重要内容,运用决断分析技术加以实施。

(4) 航空维修部门应以可靠性控制为主要目的建立航空维修信息系统,收集和处理飞机故障信息和维修信息,为维修过程的优化和飞机的改进提供必要的数据库。

(三) 航空维修管理的发展与展望

航空维修是随着飞机制造技术和航空运输业的发展而变化的。航空维修管理科学随着维修技术的提高、维修经验的增加和航空维修面临的新问题而向前发展。

1. 可靠性管理是现代维修管理的核心问题

可靠性管理是对机群的各种参数进行监控,及时发现某些参数的变化趋势,确定合理的维修方式和维修时机,保证航空维修的质量。“以可靠性为中心的维修管理(RCM)”的产生是现代航空维修科学发展的标志,它彻底改变了传统维修思想的经验性维修,实现了航空维修任务的针对性和经济性。

当前,以可靠性为中心的维修思想得到了国际航空界的认可并广泛采用,并且渗透到了飞机设计制造、维修大纲、维修工程文件和维修生产的组织管理等各个方面。随着计算机系统在飞机上的应用,数据的采集越来越精确、方便,为飞机各个功能系统的监控提供了便利。

2. 机群老龄化是全球航空运输业面临的共同问题

20世纪90年代世界航空机群出现了很大的变化,许多老式飞机达到或接近设计使用寿命,各国在航空服役的老龄飞机还将会继续服役一定时间。在过去几年里,飞机的最长服役年限已经多次提高,服役年限可以延长到30年以上。对老龄飞机出现的疲劳、腐蚀以及延寿问题必须加强维修管理。而

且,原制造商将转向新型飞机的开发和生产,对旧飞机的备件和技术支持必然会减弱。

3. 飞机维修技术的进步改变了对维修资源的需求

航空科学技术是高度综合的现代科学技术,随着计算机、微电子技术、新材料、新工艺等先进技术在航空科学技术领域的广泛应用,新的动力系统、新的机械电子系统,以及新的飞机气动布局和机体结构的出现,使得飞机维修技术发生了很大变化。现代维修理论认为:劳动力、设备、器材、时间和信息是航空维修业的重要资源,维修技术的革新使得人们可以对五种资源加以充分利用。

4. 新的飞机制造技术要求新的维修专业分工

从发展角度来看,所有机械和电气系统的控制功能将综合到一起,组成新的控制系统。航空电子设备发展迅速,维修量将会大大增加。整个维修工种分为两项:机电和电子专业。

5. 日益增多的培训需求

面对引进大量现代化飞机,维修业务也不断更新,培训工作也是未来维修工作的重点之一。维修行业的培训依据培训对象的不同可分为三种:高级管理人员培训、部门管理人员培训和基层维修人员培训。

6. 计算机和信息技术的进步将会影响到航空维修业的组织

计算机在企业管理的应用开始于航空运输业,在计算机技术兴起的初期,其他很多行业无法承受昂贵的计算机系统。1976年,全球16家航空公司开始将计算机技术应用于维修管理,包括航材零部件跟踪、维修工时管理、维修文件管理等系统。机载维护系统可以通过卫星传输,将有关数据直接传回维修基地,实现维修基地对飞机的实时监控,可以提前通知航站维修人员做好维修工作的准备。

二、航空维修体制及编制

航空维修质量决定着飞机的安全性和可靠性,是保证航空安全的基础和前提。因此,航空维修要求确保产品的维修质量,这就要求航空维修的质量管理工作要不断地发展和提高,以适应航空业的不断发展和变化。

航空维修体制,一般有两种含义。一是指组织实施航空装备维修,在机构设置、建制领导、职责权限、任务划分等方面的制度。从这个意义上讲,航空维修体制又分为航空维修管理体制和航空维修作业体制。二是指实施航空装备

维修的总体格局(制度)。主要包括维修等级的确定和维修任务的划分等。无论哪一种含义,都说明航空装备维修的实施与维修体制密切相关。

(一) 现行航空维修体制

1. 三级维修体制

在 20 世纪 90 年代以前,美国空军的飞机是按三级维修体制设计的。飞机按基层级、中继级和基地级三个级别进行维修。我国空军的维修体制与此类似。目前世界范围内航空维修主要实行三级维修体制,但其维修内容和方式与过去相比已有较大不同。

一级维修(基层级)要求能快速准确地将故障隔离到外场可更换组件上,以达到迅速更换组件来满足再次飞行的要求。一级维修由过去的定期维修、原位检测和人工测试为主,改为现在的视情维修和依靠各设备机内设置的自检检测为主的维修。

二级维修(中继级)要求将故障快速正确地隔离到内场可更换组件。而对本身的故障诊断和二级检测设备并不提更多的要求。

三级维修(基地级)对机载电子设备而言,要求达到芯片级的故障判断和对单板、系统性能的检测与调试,逐步改变目前仅靠生产厂家才能进行三级维修的状况。

2. 二级维修体制

二级维修,即将在外场(基层级)不能修理的零部件一律送到空军基地级修理而不经中继级这一环节。实际上,二级维修体制实行后,取消了中继级,但同时基层级和基地级的内涵也不同于原来三级维修体制下的基层级和基地级。它将原体制下中继级的修理功能大部分转移到基地级,小部分转移到基层级,加强了原体制下基层级和基地级的功能。这样做的预期效益是:①取消了中继级维修,减少了中继级保障设备、人员、训练任务以及零备件的储备等,从而节约了经费;②基地级维修供应线上每个故障所耗经费减少,因而供应需求下降;③有限经费所能采购的备件可以保障更多的单独系统,因而可用性提高,意味着拥有的设备更有效或拥有更多的设备;④缩短了维修周期。

为了达到二级维修的要求,装备在设计和使用中必须达到:①在方案设计中通过恰当的维修等级划分来优化寿命周期费用;②在硬件设计中提供充足的机内自检能力以便能及时提供外场可更换件(LRU)的清单;③保证外场可更换件的及时、足量到位。

F-22 飞机采用二级维修概念进行设计。使其后期的保障工作量极小化, F-22 飞机只需要 F-15 飞机维修人员的 45%。部署一个拥有 24 架 F-15 飞机的飞行中队需要 17 架 C-141 运输机;而部署一个 F-22 中队只需要 8 架 C-141 运输机。F-22 还在飞机的设计过程中综合考虑改进故障诊断与修理能力,使其不再需要航空电子设备和发动机的中继级维修。

二级维修的推行也遇到了不少问题。目前在美空军内部,特别是在作战部队对这种二级维修体制依然有不少疑虑。①这样做会影响作战部队的维修能力,因为原来 90% 以上的维修工作是作战部队自己完成的,现在要交给基地级去完成,使作战部队丧失了对故障诊断的能力;②作战部队对基地级的维修质量不信任;③飞机经常处于前方服役,一旦要求飞机频繁出动,完全依靠基地级供应会处于被动境地。

(二) 三级维修体制模式体制编制

1. 机组负责制

现行成熟的三级维修模式体制编制形式是机组负责制,即一架飞机由一个机组负责,机械师负责机组人员的管理,机组人员集飞机日常维护与故障排除于一身。专业管理自成体系,每一个机组配备一定数量的各种专业人员。

这种模式暴露出的主要问题:

(1) 机械师集管理与技术于一身,工作比较忙时,容易发生疏于管理的事情,而日常的管理也容易分散机械师的精力,导致工作中出现“错、忘、漏”等人为差错,从而影响飞行安全。

(2) 机组人员既负责维护,又要负责排故,导致人员培养周期长,排故能力弱。

(3) 由于加班加点排故,容易导致人员疲劳,影响第二天的工作质量。

(4) 人员、工具利用率低。定检与排故工具统一保管,为防止工具丢失起到了积极的作用,然而各机组为了保障飞行任务的顺利完成和故障飞机的最快恢复,在多架飞机定检和维修期间,存在着对工具的竞争,导致人员工作效率低下,工具利用率低。

2. 小外场大内场的保障

新的理论提出小外场大内场的保障模式,即外场机组人员专职负责飞行保障与飞机的日常维护保养,减少部分外场人员充实到内场成立排故小组,专职负责故障的排除。这种新的保障模式能够使工作效率提高,旧的保障模式

中人员工作属于串行式,干完一件工作才可以干下一件,而新的保障模式可以采用并行式工作,即机组人员进行日常维护时,排故小组可以进行排故工作;人员专业化程度提高,培养周期缩短。外场人员加班时间减少,一旦飞机出现故障,只需通知内场排故小组进行排故,这就保障了外场人员的正常休息时间,有利于提高工作效率,防止人为差错。

三、航空维修策略

维修策略是针对维修项目制定的维修方针,包括评估依据、维修决策行动及其计划。主要的维修策略包括基于时间的维修、基于状态的维修、基于设计的维修和基于失效的维修。各种维修策略有着不同的使用范围和使用特点。

(一) 基于时间的维修

基于时间的维修是在对产品故障规律充分认识的基础上,按照一个特定的时间期限或在时间期限之前维修部件,而不考虑当时的部件状态。定时维修策略的条件是已知产品的寿命分布规律而且确有耗损期限,其故障和使用时间有明确的关系。对于故障是随机发生的部件,这个方法是无效的。定时维修的好处是有利于保持部件的安全和产品的性能,但其可能会增加维修的成本,带来不必要的维修。

(二) 基于状态的维修

基于状态的维修是基于大量的故障不会在瞬间发生,而是要发展一段时间的假设。基于状态的维修是指为检测设备的潜在故障,以便采取措施预防或避免功能故障后果的预测维修任务。潜在的故障是一种可以辨识的实际状态,它能显示功能故障将要发生或者正在发生。对于维修工程师,在大多数的情况下,能通过人的感官进行状态监控并根据监控的结果进行正确的维修,这种维修称为基于探测的维修。这种维修可以提前安排维修需要的材料和人员,从而减少了非计划维修产生的加班成本,但针对监控和检测技术所需的仪器和人员需要专门的费用。

(三) 基于设计的维修

基于设计的维修主要作用在于改进设计缺陷,完善设计。基于设计的维修对于解决经常性重复出现的问题是个很有效的策略。在计划改进一个问题

的时候,准确地确定引起这个问题的根本原因是很重要的。还要考虑这个问题的相关问题,以及这个问题对于其他设备零件有无不良影响。这种维修对于经常性的重复出现的问题可以完全解决,在很多的的情况下,小的设计修改可以很有效地降低维修费用,但改进的工作有时会影响到其他的设备,造成意外的问题。

(四) 基于失效的维修

基于失效的维修策略是不在故障前采取预防性的维修措施,而是等到产品发生故障或者已经损坏后才采取措施,使其恢复到规定的技术状态。可以说基于失效的维修是一种事后维修活动。这种维修包括故障的定位、故障的隔离、分解更换部件、再次装入新部件、调试部件、检验及修复损坏的部件等。这种维修不做预防性的维修,降低了维修成本,但可能由于一个部件的损伤造成二次损伤,最终造成更大的损失。

明确了每种维修策略的优点和不足以后,在航空业对于每一个部件都要选择一个合适的维修策略以及相应的维修工作类型。在合理安排维修策略的情况下,可以节约维修成本,提高维修效率,增加维修安全性。

四、航空维修工作及特点

航空维修是复杂的系统工程,涉及的工作种类和专业多种多样。按专业分有机械,电气(特设),航空电子,金属、非金属和复合材料维修,无损探伤,焊接,喷漆等。按工作性质分有部件拆装、零件修理、故障排除、系统测试、结构检查等。按技术层次和特点分包括简单工作和复杂工作、重复性工作和一次性工作。由于不同的航空维修工作具有不同的特点,维修人员必须了解各种工作的性质和特点,结合自身条件,才能更好地完成工作任务。这里主要介绍与维修差错密切相关的各项工作,包括体力工作、重复性工作、目视检查及复杂系统工作的特点。

(一) 体力工作

虽然飞机的设计制造和维修属于高新技术,但是维修实践仍然需要大量的体力工作。在许多无法使用机械帮助的地方,维修人员需要人工搬动重物,例如拆装座舱座椅、更换轮胎、液压附件等。在飞机上一些难以接近的位置,维修人员需要攀、爬、钻、挤才能到达工作区域,例如更换发动机,更换飞机垂