

航空维修安全研究丛书

总主编 张楠

航空维修事故 预防与监控

Prevention and Monitoring
of Aviation Maintenance Accidents

主编 惠晓滨



国防工业出版社

National Defense Industry Press

014037960

V267
31

航空维修安全研究丛书

航空维修事故 预防与监控

主 编 惠晓滨
副主编 张 亮 黄 鹤
编 委 古清月 黄 莺 武 涛 许建虹
严 锐 李永宾 张鹏涛 赵录峰



国防工业出版社

· 北京 ·



北航

C1723686

V267/31

08278010

内 容 简 介

本书以航空维修事故预防的理论方法及其应用实践为主线,从航空维修事故预防与监控的概念和理论基础入手,系统介绍了航空维修事故调查的程序和方法、航空装备维修安全性分析与评价、航空装备维修安全性和管理控制、航空装备维修事故致因分析及预防、航空维修事故预防管理体系建立和运行等内容。

本书注重理论方法和管理实践相结合,具有较好的系统性、应用性和可操作性,既可以作为安全科学与工程、系统工程、管理科学与工程等专业本科生、研究生的教材或参考书,也可供航空机务工作者和从事安全工作的管理人员、研究人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

航空维修事故预防与监控/惠晓滨主编. —北京:国防工业出版社,2014.3

(航空维修安全研究丛书/张楠主编)

ISBN 978-7-118-08892-2

I. ①航... II. ①惠... III. ①航空器-维修-事故预防-研究②航空器-维修-安全监控-研究 IV. ①V267

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 042228 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)

北京嘉恒彩色印刷有限公司

新华书店经售

*

开本 710×960 1/16 印张 15 字数 242 千字

2014 年 3 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2500 册 定价 42.00 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

《航空维修安全研究丛书》 编写委员会

总 主 编 张 楠

副总主编 马震宇 姚晓军 张学峰

委 员 姜明远 郭建胜 王 瑛 惠晓滨

史 越 杜 军 王端民

序一

航空维修安全是航空安全的重要组成部分,航空维修安全工作在航空维修工作中的地位作用十分重要。航空维修安全工作要以系统理论作指导,预防航空维修事故要遵循该行业领域的特点规律。

《航空维修安全导论》、《航空维修安全分析与评价》、《航空维修差错管理与控制》、《航空维修事故预防与监控》和《航空装备危险源管理》五本书,从航空维修安全理论、思想、技术、方法、管理、文化,到航空维修差错因素分析、控制方法、管理理论、事故预防、事故处理,以及航空维修危险性分析、安全性评价、综合性评估和航空装备危险源辨识、管理、控制、预警机制研究等全方位入手,紧紧围绕航空维修安全这条主线,在安全科学理论的指导下,进行深入的故障机理和人为差错机理研究,为提高航空维修安全工作的针对性和有效性奠定理论基础;在安全发展科学方法的支持下,对大量故障数据进行宏观数理统计分析,通过把握统计规律去认识飞机故障常见的早期故障、随机故障、损耗故障形态等故障规律和安全规律,为实现安全、可靠、经济的科学维修提供技术支撑。

这套丛书的付梓出版,是一件非常值得高兴的事,应该说这是我们空军装备系统在航空维修安全领域做的一件极具理论研究价值和现实指导意义的开创性工作,它必将为系统预防和有效控制航空维修安全事故,为航空维修安全建设与发展等装备实践活动产生深远的影响。

空军是高技术高风险军种,从诞生之日起,提高战斗力与保证飞行安全就相伴相生。从一定意义上讲,空军战斗力的成长史,就是一部与飞行事故的斗争史。总结中外空军历史教训,分析飞行与维修安全事故,统计数据表明:设计和制造的差错,会使飞机留下缺陷和隐患;地勤维护人员的差错,会直接导致机电失效;空勤人员的差错,会直接导致操作失误;场务保障、指挥人员、气象预报等的差错,会直接导致飞机进入非预期的应力环境,从而导致意外飞行事故的发生

生。这些设计中的缺陷、操作中的错误、指挥中的失误、人为的差错,在不同的阶段,或个别或综合地成为飞行安全的杀手,映射出飞行安全和维修保障的复杂性和综合化。

分析近十年来发生的严重飞行事故,固然有装备本身故障率高,稳定性、可靠性和安全性不足的问题,但多数还是使用不正确、管理不严格、维护不精细造成的。从思想根源上讲,就是缺乏强烈的安全意识和风险意识,对新装备往往看技术先进、操纵性能好、安全系数大的一面多,而对其结构复杂、系统复杂的特点认识不到位,安全警觉性不高;对战备训练、重大军事行动往往考虑完成任务多,而对可能遇到的安全隐患估计不足、防范不力;对做好新形势下的安全工作往往是提泛泛要求多,而对面临的新情况新问题研究不够,防范的预见性、科学性和有效性不强,这些原因是造成事故案件多发的根本问题。

当前,空军建设正处在战略转型发展的重要时期,高新武器装备大量列装,军事斗争准备加速推进,重大军事演习接连不断,影响安全的不确定因素明显增多。特别是航空装备质量和维修安全工作,正面临着问题最多、困难最大、矛盾最集中的严峻挑战,装备新老并存、多代并存、试验试用与正式列编并存、进口与国产兼有、机械化与信息化复合发展等。新装备、新理论、新技术的消化吸收,新体制、新模式、新机制的探索实践,新情况、新问题、新课题的亟待研究,对领导机关,对一线部队,对全体官兵,都是全新的考验和磨练。

因此,从事航空装备维修保障的工作人员,要认真研究由于装备的技术复杂性和信息化程度的日益提高,由于装备的多代并存和事故诱因的多种多样,由于人员素质不适应装备发展和作战训练方式的重大变化,由于主战平台的高技术化和攻防对抗的装备体系化等等原因,导致安全事故“事件链”延长、安全事故“预防点”前移、安全形势“滞后期”明显、安全工作“互动性”突出、军事训练“风险性”扩大和装备保障“复杂性”加剧的特点规律;要综合运用辩证思维和系统科学的方法,着眼国内外、军内外航空维修安全的历史和现实问题,总结历史经验,概括特点规律,创新理论方法,探寻技术途径,对航空维修安全的理论与实践问题进行专题探索和体系研究,认真思考如何运用现代质量观、系统安全观等先进的管理理念和管理方式,结合航空维修安全理论与技术的深化研究,最大限度

地降低维修差错发生的概率,最大可能地预防和控制维修事故这一航空维修领域亟需破解的重大现实课题。

即将出版的这套丛书,在这一领域开了个好头,迈出了可喜的一步。航空装备维修战线的各级干部有必要抽出时间系统地阅读一下这套丛书,从中汲取营养和智慧,学习理论和技术,掌握规律和方法,在具体工作中以科学为准绳从源头上把住装备设计制造质量关,以质量为标准从出口处把住飞机维修翻修质量关,以法规为依据从一线中把住装备保障维护质量关,与此同步完善质量能监督、安全能监控的组织管理机制,健全质量有标准、安全有规范的制度管理机制,实行质量要问责、安全要问效的绩效管理机制,努力开创空军航空装备质量和维修安全工作的新局面。只要我们以科学理论为先导,以技术进步为推动,紧紧盯住质量源头、大修质量和保障一线这三个最重要的质量关口,不断完善监督有力、监控有效、执行有法的质量安全长效管理机制,相信我们的航空装备维修质量安全工作就一定会上到一个新的台阶,收获不菲的工作成效。

空军工程大学教授 科学院士 李应红

2014年2月15日

序二

航空维修是复杂的系统工程,面对的是系统高度综合、部件复杂精密的高科技装备,所处的是人、机、环、管诸多因素错综复杂、纵横交织,以及各类危险源比比皆是的生态环境,往往由于安全意识薄弱、维修水平不高、质量把关不严、管理机制松懈等原因,导致维修差错经常出现,不安全事件屡屡发生,影响和制约装备的安全使用和飞机的安全飞行,成为困扰航空维修安全管理与控制由来已久的顽疾难题。如何提高安全管理和技术水平,用现代质量观、系统安全观等先进的管理理念和管理方式,最大限度地降低维修差错发生的概率,最大可能地预防和控制维修事故,是航空维修领域必须致力研究和亟需解决的重大现实课题。

因此,以航空维修安全为主线,系统谋划航空维修安全领域基础理论与方法技术的体系研究,从航空维修安全理论、安全思想、安全技术、安全方法、安全分析、安全管理、安全文化,到航空维修差错因素分析、差错控制方法、差错管理理论、差错事故预防、差错事故处理,以及航空维修危险性分析、安全性评价、综合性评估和危险源辨识、危险源管理、危险源控制、危险源预警机制研究等全方位入手,体系化编写《航空维修安全研究丛书》,是一件极具理论研究价值和现实指导意义的开创性工作。

编写这套丛书的目的是让“以质量为核心,大力推进精心维修、依法维修、科学维修,努力实现个人维修零差错、单位保障零事故”的航空维修安全观落在理论研究与工作实践的实处,让安全发展理念成为推动航空维修安全研究深入发展的思想动力。为此,这套丛书的编写,紧紧围绕航空维修安全这根主线,一方面在安全科学理论(事故致因理论、风险控制理论、安全行为理论、安全管理理论和嵌套安全控制理论、人为差错机理理论、装备故障机理理论等)的指导下,进行深入的故障机理和人为差错机理研究,准确描述故障产生和发展的过

程,科学确定预防措施和时机,合理降低维修工作量,为提高维修工作的针对性和有效性奠定理论基础;另一方面是在安全发展科学方法(统筹优化法、综合评价法、信息分析法、目标管理法、机制决策法、预先实践法、预测分析法、装备运筹学方法等)的支持下,对大量故障数据进行宏观数理统计分析,形成清晰的统计规律,通过把握统计规律去认识飞机故障常见的早期故障形态、随机故障形态、损耗故障形态等故障规律和安全规律,科学确定维修内容,为实现安全、可靠、经济的精心维修、依法维修和科学维修提供技术支撑。

这套丛书包括《航空维修安全导论》、《航空维修安全分析与评价》、《航空维修差错管理与控制》、《航空维修事故预防与监控》和《航空装备危险源管理》五册,定位为专业教科书、工作指导书、技术工具书三位一体的综合集约书,用系统科学的思维方式和综合集成的编写方法著述,希冀对航空维修安全工作起到系统理论支撑、技术方法咨询和操作实践指导的作用。我们相信这套丛书的出版,对航空维修安全管理与应用研究的深入发展将起到一定的推动和促进作用。

丛书编写委员会

2014年1月

前 言

航空装备维修事故预防与监控的研究对象是各种航空器,包括军用的航空装备和民用的航空器。统计资料表明,维修原因是造成航空器事故和事故征候的主要原因之一,1995年—2004年间,由维修人员差错或维修不当导致的事故占我国飞行事故总数的25%。由于航空维修事故的特殊性,其一旦发生,将具有极大的危害性,因此,如何对航空维修的安全性进行系统分析和评价,对航空维修事故及事故致因进行预测、预警,以做到防患于未然,显得尤为必要。

本书由绪论、航空维修事故调查、航空装备维修安全性分析与评价、航空装备维修安全性管理和控制、航空装备维修事故致因分析及预防、航空维修事故预防管理体系建立和运行共6章组成。本书在编写思路、章节安排、内容撰写上,充分考虑航空维修尤其是航空装备维修的实践,在对维修事故基本概念、维修事故调查方法进行概要介绍后,从装备前期设计与后期管理两方面,对航空装备维修安全性的分析、评价、管理和控制进行了阐述;通过大量航空维修事故案例,对航空维修事故的常见致因及其预防方法进行了分析;最后,对航空维修事故预防管理体系的建立和运作进行了详细的论述。本书对航空维修事故预防的研究既涵盖装备全寿命过程中的设计阶段,也包括航空装备(及民航飞机)在投入使用后的管理阶段;既有对航空维修事故及事故调查概念的阐述,也有对维修安全性、维修风险、事故致因、事故模型的理论分析;既有对常见维修事故致因、预防方法的具体分析,又有对航空维修事故预防监控管理体系的系统描述。

本书第1章是全书的概念介绍。重点对航空维修事故预防的概念进行概要阐述,并对航空装备维修差错、维修事故征候和维修事故之间的关系进行分析,最后对航空维修事故预防与监控的常见理论基础进行了介绍。

本书第2章内容是对航空维修事故调查进行介绍。首先介绍了航空维修事故调查的概念与内涵,指出了航空维修事故调查与飞行事故调查的关系,在此基础上全面介绍了事故调查的发展历程和航空维修事故调查的目的与意义,最后对航空维修事故调查的主要步骤、常见方法进行了阐述。

本书第3章内容是从设计特性上对航空装备维修事故预防与监控进行了分析。航空装备维修事故的发生不仅与使用维护阶段维修人员差错或维修不当有关,更取决于航空装备维修安全性的设计研制水平。本章内容对安全性、系统安全性、航空装备维修安全性的概念进行了界定,并对航空装备安全性分析的类型、时机和方法,对航空装备安全性评价的内容、程序和方法进行了阐述,最后,对常见的航空装备维修安全性分析方法(包括故障模式、影响及危害性分析方法、故障树分析方法、事件树分析方法)、常见的航空装备维修安全性评价方法(风险评价指数法、概率风险评价法、作业条件危险性评价法、安全模糊综合评价法)进行了具体介绍和阐述。

本书第4章内容是从管理和控制上对航空装备维修事故预防与监控进行分析。航空装备维修安全性的管理与控制在航空装备全系统全寿命管理中具有重要地位和作用。加强航空装备维修安全性的管理与控制,对于提高航空装备安全水平和作战保障能力具有重要意义。本章在分析航空装备维修安全性管理与控制概念内涵、基本特点和作用意义的基础上,着重阐述了设计研制阶段和使用维护阶段航空装备安全性管理与控制的体制、内容、方法和途径等,为实施规范、科学的安全性管理提供理论指导。

本书第5章内容是对航空装备维修事故的常见致因及预防方法进行介绍。首先从人、机、环境和管理四个方面深入分析了航空装备维修事故产生的原因,系统介绍了常见维修事故预防的理论模型和方法,在此基础上,对航空装备维修事故预防的正确观念、事故隐患辨识的基本途径和事故隐患应对和控制的具体措施进行了阐述。

本书第6章内容是对航空维修事故预防管理体系的建立及运行进行了研究。该章在系统分析航空维修事故预防管理常见活动的基础上,从组织体系、法规制度体系、检查监督体系、技术防范体系和人员培训体系等方面对航空维修事故预防管理体系的建立进行了阐述,并从运行机制设计、运行支撑信息系统建立两方面对航空维修事故预防管理体系的运行进行了分析。

本书在编著过程中,得到了空军装备部机关、西北工业大学、空军指挥学院、空军工程大学、空军装备研究院、国防工业出版社等单位领导和专家学者的大力支持和审读把关,对他们付出的辛勤劳动和贡献的卓越智慧我们表示诚挚的谢意。同时,本书吸纳了许多相关学科领域专家学者的理论研究成果,为提升本书的学术价值和理论高度发挥了重要的作用,在本书付梓之际我们对这些成果的

创造者表示钦佩,并对这些成果为本书提供参考和引用深表谢意。

本书由惠晓滨担任主编,全书由惠晓滨、张亮、黄鹤统稿。本书第1章由惠晓滨、黄鹤编写,第2章由古清月、李永宾编写,第3章由张亮、惠晓滨编写,第4章由张亮、张鹏涛编写,第5章由黄鹤、黄莺编写,第6章由武涛、赵录峰编写。在全书的撰写、修改和统稿过程中,教员许建虹、王焕彬、魏靓,工程师严锐,研究生朱哲锋、邢乃若、廉晚祥均做了大量工作。

航空维修事故预防与监控是一个动态发展的研究领域,其概念界定、理论体系、方法体系都在随着实践的发展而不断改变着。加之我们学识有限,对很多问题的认识还需要进一步研究和完善,书中不妥之处在所难免,敬祈大家批评指正。

作者

2014年1月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 航空装备维修事故概念	1
1.1.1 航空飞行器	1
1.1.2 航空装备	2
1.1.3 航空装备维修	2
1.1.4 航空装备维修安全	3
1.1.5 航空装备维修事故	4
1.2 航空装备维修事故与相关术语的关系	5
1.2.1 航空装备维修事故与飞行事故、飞行事故征候	5
1.2.2 航空装备维修事故与航空地面事故	8
1.2.3 航空装备维修事故与维修差错	8
1.3 航空装备维修事故预防与监控研究的意义	9
1.4 航空维修事故预防与监控理论基础	11
1.4.1 事故致因理论	11
1.4.2 系统安全理论	11
1.4.3 事故突变理论	14
1.4.4 风险管理理论	14
1.4.5 管理波动理论	15
1.4.6 系统评价理论	16
1.5 本章小结	17
第 2 章 航空维修事故调查	19
2.1 航空维修事故调查概述	19
2.1.1 航空维修事故调查的概念	19
2.1.2 航空维修事故调查的目的	20
2.1.3 航空维修事故调查的意义	21

2.1.4	航空维修事故调查的原则	23
2.2	航空维修事故调查常见分析方法	24
2.2.1	归纳推理法	24
2.2.2	演绎分析法	28
2.2.3	类比推理法	29
2.2.4	因素排除法	31
2.2.5	事故致因分析法	31
2.3	飞行事故调查的组织和程序	44
2.3.1	飞行事故调查的发展史	44
2.3.2	飞行事故调查的组织和人员	46
2.3.3	飞行事故调查的程序和步骤	49
2.3.4	飞行事故征候调查	60
2.4	航空地面事故调查基本步骤与内容	61
2.4.1	事故调查中维修数据的收集与分析	62
2.4.2	航空地面事故调查的基本程序	65
2.4.3	航空地面维修差错的调查	67
2.5	本章小结	69
第3章	航空装备维修安全性分析与评价	70
3.1	系统安全性与维修安全性概念	70
3.1.1	安全性参数及指标	70
3.1.2	系统安全性及过程	71
3.1.3	航空装备维修安全性	73
3.2	航空装备维修安全性分析与评价概述	76
3.2.1	航空装备维修安全性分析	76
3.2.2	航空装备维修安全性评价	78
3.3	航空装备维修安全性分析方法	83
3.3.1	故障模式、影响及危害性分析方法	83
3.3.2	故障树分析方法	90
3.3.3	事件树分析方法	98
3.4	航空装备维修安全性评价方法	101
3.4.1	风险评价指数法	101
3.4.2	概率风险评价法	105
3.4.3	作业条件危险性评价法	107

3.4.4	安全模糊综合评价法	110
3.5	本章小结	117
第4章	航空装备维修安全性管理和控制	118
4.1	航空装备全系统全寿命管理	118
4.2	航空装备维修安全性管理与控制概述	119
4.2.1	概念内涵	119
4.2.2	基本内容	121
4.2.3	体制构成	122
4.2.4	基本特点	124
4.2.5	作用意义	126
4.3	设计研制阶段航空装备维修安全性的管理与控制	127
4.3.1	设计研制阶段维修安全性管理组织机构	128
4.3.2	维修安全性工作计划的制定	129
4.3.3	维修安全性指标确定	129
4.3.4	维修安全性设计	130
4.3.5	维修安全性评审	135
4.3.6	维修安全性验证	138
4.3.7	对转承制方维修安全性的管理	141
4.3.8	危险报告、分析、纠正措施与跟踪系统	142
4.4	使用维护阶段航空装备维修安全性的管理与控制	143
4.4.1	使用维护阶段维修安全性管理的内容	143
4.4.2	使用维护阶段维修安全性管理组织机构	144
4.4.3	维修安全性保证	147
4.4.4	维修安全管理法规体系	149
4.4.5	维修安全性管理与控制的对策建议	151
4.5	本章小结	159
第5章	航空装备维修事故致因分析及预防	160
5.1	航空装备维修事故常见致因分析	160
5.1.1	设计因素	160
5.1.2	维修人员因素	166
5.1.3	维修管理因素	172
5.1.4	环境因素	175

5.2	航空装备维修事故预防模型和理论	179
5.2.1	SHEL 模型	179
5.2.2	REASON 模型	181
5.2.3	海因里希冰山模型	183
5.2.4	海因里希多米诺骨牌模型	185
5.2.5	能量意外释放理论	185
5.2.6	轨迹交叉理论	186
5.3	航空装备维修事故预防	187
5.3.1	确定事故预防的观念	187
5.3.2	事故隐患的辨识	188
5.3.3	事故隐患的应对和控制	190
5.4	本章小结	197
第 6 章	航空维修事故预防管理体系建立和运行	198
6.1	航空维修事故预防管理的概念和特点	198
6.2	航空维修事故预防管理常见活动	200
6.2.1	安全检查监督	200
6.2.2	安全风险评估	200
6.2.3	维修事故预测	201
6.2.4	安全预案制定	202
6.2.5	维修安全教育	202
6.2.6	安全作业训练	203
6.3	航空维修事故预防与监控管理体系	204
6.3.1	管理体系建立	204
6.3.2	体系运行机制	216
6.3.3	航空维修事故预防和监控管理信息系统	218
6.4	本章小结	220
参考文献		221

第1章 绪 论

航空装备维修既是飞行安全运行的重要保障,也是造成飞行或维修事故的重要因素。由于航空装备事故的特殊性,其一旦发生,将具有极大的危害性,因此,如何对航空维修的安全性和风险性进行系统评价和分析,对航空维修事故及其发生因素进行预防、监控,以做到防患于未然,显得尤为必要。本章首先对航空维修事故预防与监控的概念进行概要阐述,并对航空装备维修差错、维修事故征候和维修事故之间的关系进行分析,最后对航空维修事故预防与监控的常见理论基础进行了介绍。

1.1 航空装备维修事故概念

航空维修事故预防与监控的研究对象是各种航空器,包括军用的航空装备和民用的航空器。为了清楚理解本节的概念,需要先对航空飞行器、航空装备、航空装备维修、航空装备维修安全和航空装备维修事故的概念进行界定,通过科学界定其内涵与外延,为航空维修事故预防与监控理论的研究奠定基础。

1.1.1 航空飞行器

航空飞行器简称航空器,是指能在大气层内进行可控飞行的各种飞行器的统称。任何航空器必须产生一个大于自身重力的向上的力才能升入空中。根据产生向上力的基本原理的不同,航空器可划分为两大类:轻于空气的航空器和重于空气的航空器。轻于空气的航空器的主体是一个气囊,其中充以密度较空气小得多的气体(氢或氦),利用大气的浮力使航空器升空。气球和飞艇都是轻于空气的航空器;重于空气的航空器的升力是由其自身与空气相对运动产生的。它主要包括固定翼航空器(飞机和滑翔机)、旋翼航空器(直升机和旋翼机)、扑翼机和倾斜旋翼机等。

飞机是最主要的、应用范围最广的固定翼航空器。它的特点是装有提供拉力或推力的动力装置、产生升力的固定机翼、控制飞行姿态的操纵面等。滑翔机与飞机的根本区别是,它升高以后不用动力而靠自身重力在飞行方向的分力