

航空维修安全研究丛书

总主编 张楠

航空装备 危险源管理

Hazards Management
of Aviation Facilities

主编 姚晓军



国防工业出版社
National Defense Industry Press

014034113

E926
20

航空维修安全研究丛书

航空装备危险源管理

主 编 姚晓军

副主编 史 越 郭 赞

编 委 何荣光 杨俊超 杨达玲 张鹏涛

傅开宇 祝 娜 陶 茜 尹 晖



国防工业出版社

· 北京 ·



北航

C1722283

E 926
20

内 容 简 介

危险源的存在、不断产生以及未得到及时辨识和控制是事故不断发生的根源。运用危险源管理理论对航空装备危险源进行科学辨识和有效控制,必将稳步提升航空维修技术保障安全水平和持续提高飞行训练安全保障能力。本书从危险源管理概念和理论基础入手,系统介绍了航空装备危险源辨识,航空装备危险源危险性分析与评估,航空装备危险源控制方法和途径,航空装备危险源管理的组织体制、预警机制、技术支撑、信息管理系统等内容。

本书将理论与实践有机结合,具有较好的系统性、应用性和可操作性,既可作为安全科学与工程专业、系统工程专业、管理科学与工程专业本科生、研究生的教材或参考书,也可供从事安全管理工作的人员和航空机务工作者使用。

图书在版编目(CIP)数据

航空装备危险源管理/姚晓军主编. —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 978-7-118-08822-9

I. ①航... II. ①姚... III. ①航空装备—危险源控制—研究 IV. ①E926

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第042231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责任公司

新华书店经售

*

开本710×960 1/16 印张17¼ 字数301千字

2014年3月第1版第1次印刷 印数1—2500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

《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

危险是由多种不确定因素共同造成的,为了便于分析研究危险的来源,在工程上引入了危险源的概念,用于表明引发危险的根本原因。危险源作为现代安全科学技术的基本术语,起源于20世纪60年代系统安全学科的诞生以及随后的进一步发展。危险源的存在、不断产生以及未得到及时辨识和控制是事故不断发生的根源。系统地分析和认识危险源是人们研究工作系统、预防事故的基础,它既可以帮助人们设计更安全的工作系统,又可以指导人们如何更安全地开展工作,还可以积极预防各类事故的发生和应急控制危险源导致的损失后果。

现代武器装备是国防科学技术发展的重要目标,是信息化条件下高技术战争的制胜关键,具有非常现实的政治意义和军事意义。现代武器装备,往往工作在复杂恶劣环境和复杂任务环境中,并带有高能、易燃、易爆、有毒等物质,能够产生巨大的破坏力和杀伤力。因此,在研制、生产、使用、保障及处置武器装备的全寿命周期过程中,对各类装备人员、相关设备、基础设施、公共资源及场所环境等的安全也构成威胁。而且,武器装备的技术越复杂、使用要求越高、威力越大,其对安全的威胁可能性也就越大。这种特殊性决定了武器装备不仅需要具备高可靠性以保证完成规定任务,更需要具备高安全性以保障人员、设备、设施安全,避免财产损失或环境遭受损害。

空军航空装备是高科技武器装备,这类装备及其使用人员所处的环境极其复杂,所涉及的产品种类、技术领域非常广泛,几乎无所不包,涉及的危险源包括环境、加速度、污染、辐射、电击、着火、爆炸、温升、毒物、振动、冲击、断裂等,几乎包含了人们目前所认识的全部危险源。这些危险源直接或间接威胁着人员、装备本身以及周围环境,它们或来自产品自身固有的危险特性、产品的软硬件故障,或来自人们在设计、制造、试验、使用装备和维修过程中的人为差错,包括由心理、生理等因素引起的行为失误,以及来自高温、高湿等不良的工作环境,雷击、酸雨、飓风等恶劣的自然环境和有害环境的危险。因此,危险源管理在航空装备的全系统寿命管理过程中必不可少,对航空装备危险源辨识和判定、危险性分析与评估、危害度控制和处理,力求以最小的投入成本获得最大的安全保障,是航空装备全面质量管理和系统安全管理的中中之重。

本书综合运用系统科学思想、系统工程技术、系统分析方法、系统安全管理、安全性工程等应用理论,从航空装备管理实际出发,从危险源管理概念和理论基础入手,系统介绍航空装备危险源辨识,航空装备危险源危险性分析与评估,航空装备危险源控制方法和途径,航空装备危险源管理的组织体制、预警机制、技术支撑、信息管理系统等基本内容、基础理论、技术方法和实际应用,着重突出学术性、创新性和实用性。

本书共分7章。在编写思路、章节安排、内容撰写上,结合航空装备工作特征、活动规律和管理特点,突出了航空装备危险源管理概念的阐述、理论的提炼、内容的综述、方法的归纳和规律的揭示。前两章系统介绍航空装备危险源管理的基本概念和基础理论,综述了航空装备危险源、危险源分类、危险源管理原理,分析了国内外危险源管理思想理论、技术方法和危险控制的研究现状与发展动态,阐述了能量意外释放、事故致因、安全性分析、危险传播、风险预警、现代系统科学与装备运筹学等管理理论的基本内容。第3、4、5章重点探究航空装备危险源的系统辨识、危险分析和危险控制,其中,第3章介绍了航空装备危险源的辨识原则、程序、依据、内容和辨识方法、分级标准以及典型航空装备危险源的系统辨识,第4章综述了航空装备危险源危险性分析方法、评价方法以及航空装备重大危险源危险性评估,第5章阐述了航空装备危险源的控制原则、控制过程、控制方法和控制途径。第6、7章对航空装备危险源管理信息系统的建立和航空装备危险源管理体系的建设问题,分别提出了初步的研发思路、框架构想、结构功能和运行模式设计,以及管理体系的组织体制、预警机制和技术支撑体系等建立建设对策。

本书在编著过程中,得到了国防大学、军事科学院、国防科技大学、海军工程大学、空军司令部军事理论研究部、空军装备部机关、空军指挥学院、空军工程大学、空军装备研究院、空军第一航空学院、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,这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,并深表谢意。

航空装备危险源管理的研究是一个动态发展的事物,许多问题还需要随着实践的发展作更深入的研究,书中给出的理论架构还处在建立初期,内容体系还有待完善,我们的学识也有限,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 航空装备危险源管理概念	1
1.1.1 危险源	1
1.1.2 危险源的分类	2
1.1.3 危险源管理	8
1.1.4 航空装备危险源管理	15
1.2 航空装备危险源管理原理	17
1.2.1 管理原理概述	17
1.2.2 管理原理基础	18
1.2.3 航空装备危险源管理原理	30
1.3 国内外危险源评估、控制技术研究现状	34
1.3.1 危险源辨识与分类研究现状	34
1.3.2 危险源与灾害或事故之间关系的研究现状	35
1.3.3 危险源风险评价的研究现状	36
1.3.4 危险源控制的研究现状	36
第2章 航空装备危险源管理理论基础	40
2.1 事故致因理论	40
2.1.1 单一因素归因理论	40
2.1.2 人物合一归因理论	45
2.1.3 系统归因理论	51
2.2 系统安全理论	52
2.2.1 系统安全概念	52
2.2.2 系统安全理念	53
2.3 风险传播理论	57
2.3.1 风险传播研究基础	58

2.3.2	风险传播机理分析	58
2.4	风险预警管理理论	62
2.4.1	预警要素的选择和辨识	63
2.4.2	风险等级的确定	64
2.4.3	预警信号的发布和风险控制	64
2.5	风险控制理论	65
2.5.1	风险控制理论的基本构成	65
2.5.2	风险控制理论在装备研制中的应用	66
2.6	装备运筹学理论	67
2.6.1	基本概念	68
2.6.2	基本特征	70
2.6.3	研究内容	71
2.6.4	研究步骤	71
2.7	嵌套安全控制理论	73
2.7.1	嵌套安全控制理论的基本概念	73
2.7.2	嵌套安全控制理论在作战训练与维修保障中的应用	75
2.8	安全行为理论	78
2.8.1	安全行为理论的基本概念	78
2.8.2	安全行为理论在安全控制中的应用	79
第3章	航空装备危险源辨识	81
3.1	航空装备危险源辨识概述	81
3.1.1	辨识意义	81
3.1.2	辨识原则	82
3.1.3	辨识程序	83
3.1.4	辨识依据	85
3.1.5	辨识内容	86
3.2	危险源辨识方法	87
3.2.1	直接经验法	88
3.2.2	系统危险性分析方法	90
3.2.3	危险源的动态识别过程	91
3.2.4	危险源识别思考方法	93
3.3	辨识单元的划分和危险源分级	95
3.3.1	辨识单元的划分	95

3.3.2	分级方法	97
3.3.3	分级标准	99
3.4	典型航空装备危险源的系统辨识	99
3.4.1	基于 FTA-SHEL 方法的库存弹药危险源辨识及分析	99
3.4.2	基于系统危险性分析方法的拖车危险源辨识	103
3.4.3	基于安全检查表分析方法的加油站危险源辨识	106
第 4 章	航空装备危险源危险性分析与评估	112
4.1	危险源危险性分析与评估概述	112
4.1.1	危险性产生原因	112
4.1.2	危险性分析与评估方法分类	116
4.1.3	常用的危险性分析与评估方法	118
4.1.4	新型危险源危险性分析与评估方法	123
4.2	航空装备危险源危险性分析方法	124
4.2.1	系统危险性分析的内容和方法	124
4.2.2	常用危险性分析方法	126
4.2.3	危险性分析方法的选择	153
4.3	航空装备危险源危险性评估方法	157
4.3.1	安全预评价和现有系统安全评价	157
4.3.2	定性评价与定量评价	158
4.3.3	常用危险性评估方法	160
4.3.4	危险性综合评价	169
4.3.5	危险评价矩阵(应用举例)	171
4.4	航空装备重大危险源的危险性评估	173
4.4.1	危险指标的确定	173
4.4.2	航空装备重大危险源危险性评估	178
4.4.3	评价结果检验分析	181
第 5 章	航空装备危险源控制方法与途径	183
5.1	航空装备危险源控制概念	183
5.1.1	危险源控制概念	183
5.1.2	危险源控制原则	183
5.1.3	危险源控制类型	188
5.2	航空装备危险源控制过程	189

5.2.1	概念设计阶段	190
5.2.2	定义阶段	190
5.2.3	研发阶段	190
5.2.4	生产阶段	191
5.2.5	使用和维护阶段	191
5.2.6	报废阶段	192
5.3	航空装备危险源控制方法	192
5.3.1	危险源控制的策略性方法	193
5.3.2	危险源控制的技术性方法	194
5.3.3	人为失误控制	195
5.3.4	选择性控制	196
5.3.5	危险源分级管理	198
5.4	航空装备危险源控制途径	199
5.4.1	技术控制	199
5.4.2	人行为控制	204
5.4.3	管理控制	208
第6章	航空装备危险源管理信息系统	210
6.1	危险源管理信息系统概述	210
6.1.1	管理信息系统的基本概念与发展历程	210
6.1.2	建立航空装备危险源管理信息系统的目的	211
6.1.3	航空装备危险源管理信息系统的主要特点	212
6.1.4	航空装备危险源管理信息系统的分类	212
6.2	航空装备危险源管理信息系统框架	213
6.3	航空装备危险源管理信息系统功能设计	215
6.3.1	系统结构	215
6.3.2	系统功能	218
6.4	危险源管理信息系统的建立	219
6.4.1	开发的任务和原则	220
6.4.2	航空装备危险源管理信息系统开发方法	222
6.4.3	危险源管理信息系统的建立	225
6.5	航空装备危险源管理信息系统运行模式	228
6.5.1	基于技术的运行模式	228
6.5.2	基于管理的运行模式	233

第7章 航空装备危险源管理体系研究.....	235
7.1 航空装备危险源管理的组织体制.....	235
7.1.1 航空装备危险源管理组织体系构成	235
7.1.2 航空装备危险源管理法规制度体系	238
7.1.3 航空装备危险源管理运行机制	240
7.2 航空装备危险源管理的预警机制.....	244
7.2.1 预警基础知识	244
7.2.2 预警管理体系	247
7.2.3 预警控制	248
7.2.4 预警系统的建立与实现	251
7.3 航空装备危险源管理的技术支撑体系.....	254
7.3.1 航空装备管理的技术规范体系	255
7.3.2 航空装备测试实验室技术支持体系	257
7.3.3 职业健康安全管理体系	258
参考文献.....	260

第1章 绪 论

空军航空装备是高科技武器装备,这类装备及其使用人员所处的环境和承担的任务极其复杂,所涉及的产品种类、技术领域非常广泛,几乎无所不包,带有高能、易燃、易爆、有毒等物质,能够产生巨大的破坏力和杀伤力,涉及的危险源包括环境、加速度、污染、辐射、电击、着火、爆炸、温升、毒物、振动、冲击、断裂等,几乎包含了人们目前所认识的全部危险源。这些危险源直接或间接威胁着人员、装备本身以及周围环境,它们或来自产品自身固有的危险特性、产品的软硬件故障,或来自人们在设计、制造、试验、使用装备和维修过程中的人为差错,包括由心理、生理等因素引起的行为失误,以及来自高温、高湿等不良的工作环境,雷击、酸雨、飓风等恶劣的自然环境和有害环境的危险。因此,危险源管理在航空装备的全系统全寿命管理过程中必不可少,对航空装备危险源辨识和判定、危险性分析与评估、危害度控制和处理,力求以最小的投入成本获得最大的安全保障,是航空装备全面质量管理和系统安全管理的中中之重。

1.1 航空装备危险源管理概念

危险源的存在、不断产生以及未得到及时辨识和控制是事故不断发生的根源。系统地分析和认识危险源是人们研究工作系统、预防事故的基础,它可以帮助人们设计更安全的工作系统,又可以指导人们如何更安全地开展工作,还可以积极预防各类事故的发生和应急控制危险源导致的损失后果。

1.1.1 危险源

危险源的英文为“Hazard”,英文词典给出其词意为“危险的源头”(A Source of Danger)。安全科学技术方面的文献资料关于危险源概念主要有以下几种:

(1) W.哈默(Willie Hammer)将危险源定义为:可能导致人员伤亡或财产损失事故的、潜在的不安全因素。危险源具有“潜在”和“能导致事故”两个重要属性。