

航空维修安全研究丛书

总主编 张楠

航空维修差错 管理与控制

Management and Control
of Aviation Maintenance Errors

主编 王端民



国防工业出版社

National Defense Industry Press

014037956

V267
30

航空维修安全研究丛书

航空维修差错 管理与控制

主 编 王端民
副主编 郭建胜
编 委 王晓宏 赵录峰 杨 骥



国防工业出版社

· 北京 ·

V267/30



北航

C1723682

内 容 简 介

本书通过大量的实例,深入地分析了航空维修差错的基本概念、航空维修差错的分类和及其特点;分析了航空维修差错研究的差错致因理论、人的认知可靠性理论和人的安全行为理论;从文献资料、时间压力、工具保管与控制、协作配合与沟通、工具和设备、疲劳、知识与经验、不良程序、不使用程序以及个人观念等方面全面细致地分析了造成维修差错的原因;从维修差错管理原则、人员与团队措施、工作场所和任务措施、组织措施以及对差错管理的管理等方面系统探讨了航空维修差错管理措施;从安全系统控制方法、安全行为嵌套控制方法、事件链控制方法、基本危险控制路径、维修安全性控制等五个方面探讨了航空维修差错的控制措施,最后给出了航空维修差错典型案例。本书对于航空维修领域中从事管理、监督或执行维修活动的各类人员理解维修差错管理的思路、控制维修差错事故的发生都具有一定的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

航空维修差错管理与控制/王端民主编. —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 978-7-118-08891-5

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 042184 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 11 $\frac{3}{4}$ 字数 195 千字

2014 年 3 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2500 册 定价 35.00 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

从 20 世纪 90 年代中期起,国外人为因素理论开始在我国传播。这些理论中的代表性观点主要有海恩法则、墨菲定律和事故链原理等。海恩法则认为,每一个事故背后隐藏着 320 个小事故和隐患。通俗地说,表现出来的事故只是冰山一角。因此,调查人为差错不能只调查发生的事故,更应调查事故背后的各种隐患。墨菲定律认为,会发生事故的地方一定会发生事故。事故链原理则认为,一个事故是因若干个环节在连续时间内出现缺陷,由众多个体性的缺陷构成了整个安全体系失效所致。波音公司着眼于事故发生后的全方位调查,从操作者、工具设施、管理制度和环境影响等方面进行调查,找到原因后进行改正。普惠公司的人为因素理论也要求进行类似调查,但强调改善管理,发挥员工的积极性,实现更好的效益,并由此设计了一系列措施。这些理论有一些合理内核更值得我们深思。

首先,人都不是有意犯错误的。任何一个正常的维修人员都不会有意犯错误。这个简单的真理是所有国外人为因素理论的出发点和前提。正是在这样的认识指导下,才导致了上述理论的产生,才使国外先进的航空公司和飞机维修公司在差错产生以后科学理性地认识差错,广泛深入地调查差错的原因,真正做到“吃一堑,长一智”和“防患于未然”。

在国内,由于对社会化大生产认识的不足,对现代飞机维修系统的复杂性的认识不足,以及由于过去长期盛行的片面强调人的主观能动性的做法和制度的影响,因此在预防事故、事故调查上总是过分强调当事者个体的责任,在潜意识中总是将出了差错的维修人员置于有意犯错的位置上。而在差错的处理上,则过分强调处理措施的影响,希望通过严肃处理一两个人来达到杀一儆百、求得整体安全的结果。这样做的结果是掩盖了导致差错产生的系统性原因,短期内由于维修人员整体的注意力的提高而安全水平有所提高,长期却无法避免差错和事故的重复发生。另一方面,在差错调查上先入为主将维修人员置于被告位置的做法,在事故处理上牺牲一人以警醒大家的指导思路和矫枉过正的做法必然

使维修人员视一线操作为畏途,使敷衍塞责成为维修人员的生存法则。根本而言,这种做法损害了一线维修人员的自信心、责任感和对组织的信任,违背了以人为本的原则。因此,要真正减少人为差错,就必须正确认识人的主观能动性,正确认识制度环境对人的影响,在源头上拨乱反正,回归到科学、理性的道路上来。

其次,管理层不是不会犯错误的。人都不是有意犯错误的,从这点出发,国外人为因素理论认为,整个维修系统对差错的产生都可能负责任,没有单纯的某一环节出错而酿成事故。因此,管理层也需要从自身来查找原因。这个认识对我们有很重要的启发作用。国外人为因素理论把领导者也看作是安全管理系统的一个环节,而不是高居于系统之上。领导者既影响系统,又受到系统的制约。在预防人为差错的问题上,领导层的责任主要在于按照既定的制度框架,协调各个环节,提高系统预防差错的效率,努力消除可能导致安全风险的缺陷,从而减少差错发生的概率。当然,如果制度错了,就改制度。因此,在查找差错原因时,领导层不能事先置于无错的位置上,应像其他环节一样接受调查。

最后,惩罚不是减少、杜绝差错的必要手段。由以上观点出发,国外人为因素理论普遍认为,惩罚不是必需的手段,并且可能无助于解决问题。为防止差错的再次发生,最好的办法是找到真正发生问题的病灶。因此,它们并不主张惩罚维修人员。相对而言,我们在差错、事故发生后,眼睛盯着的是该惩罚谁,而不是寻找事情发生的真正原因。实践中不少单位寻找差错的原因也主要是为惩罚寻找依据。国外人为因素理论和实践是把找到差错原因并确实纠正差错作为一个调查的终结,而我们往往是把惩罚作为一个差错调查的归宿。由于在分清谁的责任、权衡各种得失上牵扯了大量的精力,寻找问题真正的原因反而被忽视了。也就是说,国外的人为因素理论及实践强调的是举一反三、正本清源,而我们现行的做法则是本末倒置、缘木求鱼。

以上是国外人为因素理论内容上的合理内核。这些理论研究方法上的多样性和强调定量分析问题的做法,构成了国外人为因素理论的科学性。

《航空维修差错管理与控制》正是合理吸收国外人为因素理论的合理内核,来研究航空维修差错及其规律的一本书,是安全科学基础理论的重要组成部分,也是专门研究航空维修工作中直接影响装备维修质量与安全的一门学科。这门学科主要对航空维修工作中的各类差错进行科学系统地分析,揭示其产生原因、发生机理和内在规律,总结空军维修差错管理与控制的基本经验和有益做法,找

出有效预防航空维修差错的系统对策和办法,从而达到减少维修差错,提高航空维修工作质量,促进空军维修工作健康持续发展的目的。

在本书的编著过程中,得到空军装备部外场部、空军工程大学等单位领导和专家学者的大力支持和审读把关,对他们的辛勤劳动和大力支持表示诚挚谢意。同时,本书参考、吸纳了国内外、军内外安全学科和相关学科领域专家学者的理论研究成果,我们对这些成果的创造者表示敬意,并对这些成果为本书提供参考和引用深表谢意。

本书由王端民担任主编,郭建胜担任副主编,全书由王端民、郭建胜统稿。郭建胜在本书内容规划和制定纲目方面做了扎实细致的工作,为本书的形成奠定了扎实的基础。本书第1章~第4章由王端民编写,第5章由王晓宏编写,第6章由赵录峰、杨骥编写。

研究方法上的多样性和强调定量分析问题的做法构成了国外人为因素理论的科学性。但这些理论产生的条件和土壤及与我国实际尚有巨大差别。在充分研究我国航空维修差错管理与控制的特点、密切结合实际方面,还有很长的一段路要走。本书的概念界定、理论体系、方法体系都还需要进一步研究和完善,加之我们能力和水平有限,书中不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

作者

2014年1月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 航空维修差错的基本概念	1
1.1.1 人为因素	1
1.1.2 差错	1
1.1.3 人为差错	2
1.1.4 航空维修差错	3
1.2 航空维修差错的分类	3
1.2.1 基于技能的认知失效、过失和失误	4
1.2.2 基于规则的差错	10
1.2.3 基于知识的差错	13
1.2.4 违规	14
1.2.5 维修差错的后果	18
1.3 航空维修差错的特点	19
1.3.1 必然性	19
1.3.2 突变性	19
1.3.3 可积性	19
1.3.4 可逆性	19
1.4 航空维修差错对航空安全的影响	19
第 2 章 航空维修差错研究的基本理论	21
2.1 航空维修差错研究的基本理论综述	21
2.1.1 航空维修差错理论分类	21
2.1.2 航空维修差错理论比较分析	23
2.2 航空维修差错致因理论	25
2.2.1 海因里希事故因果连锁理论	25
2.2.2 墨菲定理	28

2.2.3	SHEL 模型	30
2.2.4	Reason 模型	33
2.3	人的认知可靠性理论	35
2.3.1	人的可靠性分析	36
2.3.2	软件中人的因素	37
2.4	人的安全行为理论	37
2.4.1	安全行为科学的基本概念	38
2.4.2	安全行为科学的研究范畴	38
2.4.3	安全行为模式分析	39
2.4.4	安全行为因素分析	40
2.4.5	安全心理指数分析	42
2.4.6	安全行为理论应用	44
第 3 章	维修差错的致因分析	47
3.1	文献资料	47
3.2	时间压力	48
3.3	工具保管与控制	48
3.4	协作配合与沟通	49
3.5	工具和设备	50
3.6	疲劳	50
3.7	知识与经验	51
3.8	不良的程序	52
3.9	程序的使用	53
3.10	导致违规的因素之一——个人观念	54
3.11	差错与引发差错的条件之间的关系	55
第 4 章	航空维修差错管理	56
4.1	航空维修差错管理原则	56
4.1.1	差错管理原则构成	56
4.1.2	对差错管理的管理	59
4.1.3	差错管理原则的总结	59
4.2	航空维修差错管理的人员与团队措施	60
4.2.1	人员措施	61
4.2.2	团队措施	68

4.3	工作场所和任务措施	71
4.3.1	疲劳管理	71
4.3.2	任务频率	73
4.3.3	设计	73
4.3.4	保管	75
4.3.5	备件、工具和设备	75
4.3.6	用遗漏管理程序	76
4.4	组织措施	80
4.4.1	事故是如何发生的:提示	81
4.4.2	被动和主动措施:携手合作	82
4.4.3	被动结果措施	83
4.4.4	主动预防措施	85
4.4.5	确定防御中的缺口	88
4.5	对差错管理的管理	89
4.5.1	概述	90
4.5.2	安全管理系统和质量管理系统的主要特点	92
4.5.3	差错管理的必要性	94
4.5.4	加强防范意识	95
4.5.5	适应性的研究	96
第5章	航空维修差错控制	101
5.1	安全系统控制方法	101
5.1.1	环境与时空干扰	101
5.1.2	安全系统控制方法	102
5.2	安全行为嵌套控制方法	105
5.2.1	三种控制行为	105
5.2.2	三种控制行为的整合	108
5.2.3	嵌套控制组织	108
5.3	事件链控制方法	110
5.3.1	事件链及其维度	110
5.3.2	事故原因分析	111
5.3.3	事件链控制方法	112
5.4	基本危险控制路径	113
5.4.1	开环控制系统	114

5.4.2	二环嵌套控制	115
5.4.3	三环嵌套控制	115
5.4.4	开闭环嵌套控制	117
5.5	维修安全性控制	118
5.5.1	安全性大纲	119
5.5.2	系统安全性控制	120
第 6 章	航空维修差错典型案例	126
6.1	违反规定导致的维修差错	126
6.1.1	违反规定导致的严重航空维修差错	126
6.1.2	违反规定导致的一般航空维修差错	132
6.2	技术技能差导致的航空维修差错	144
6.2.1	技术技能差导致的严重航空维修差错	144
6.2.2	技术技能差导致的一般航空维修差错	145
6.3	操作不当导致的航空维修差错	146
6.4	错忘漏导致的航空维修差错	154
6.4.1	错忘漏导致的严重航空维修差错	154
6.4.2	错忘漏导致的一般航空维修差错	154
6.5	组织计划不周导致的航空维修差错	163
6.5.1	组织计划不周导致的严重维修差错	163
6.5.2	组织计划不周导致的一般维修差错	164
参考文献		169

第1章 概述

航空维修保障工作中,维修差错的发生比率大、涉及面广、影响安全直接、产生后果严重,已成为当前危及空、地安全的主要问题之一,据统计,约 1/3 的维修责任事故与维修差错有关,因此,研究、预防和减少维修差错已成为进行维修改革需要解决的重大课题。

1.1 航空维修差错的基本概念

1.1.1 人为因素

人为因素是优化技术与人与人之间关系的规范。人为因素的最重要方法是将人的性格和品行的有关信息应用到人们使用的物品、设备和环境的设计中。人为因素的目标是将知识应用于设计工作系统,以适应人的行为的局限性,以及在各过程中发挥人类操作者的优势。

1.1.2 差错

差错是计划行动未能到达预期目标,它是在没有不可预见的或偶然干扰情况下发生的。

定义中的附加限制很重要,因为它将可控制的,或者主动的行为同偶然的行行为区分开来(无论好坏)。例如,如果一大块太空碎片突然从天而降将你击倒,使你可能无法到达预定的目的地,我们不能说这就是差错。相反,某人打高尔夫球,把球击偏了,结果击中了一只偶尔飞过的鸟,然后球滚进洞里,目的显然是达到了,但是其行为仍然是错误的。

所有的差错都涉及到某种类型的偏离——偏离了预定的行为过程、偏离了实现预定目标的行为路径,或行为中偏离了适当的运行程序。有时,这些偏离中涉及到违犯法则,例如超速驾驶。在本书中,我们将违规视为单独的一个类别,尽管它们可能是由于失误而犯下的。

原计划的行为无法达到目的的方式基本上有如下 3 种。