



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

Aviation Materiel Safety Science

航空装备安全学

(第2版)

端木京顺 常洪 等编著

· 厚基础 宽口径 · 授理论 融先进 · 重实践 讲典型



国防工业出版社

National Defense Industry Press



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

航空装备安全学

(第2版)

Aviation Materiel Safety Science

端木京顺 常 洪 等编著



国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书以航空装备全寿命过程的安全实践活动为研究对象,全面论述了航空装备安全的基本矛盾、特点规律、思想原则、理论方法和技术途径,在航空装备安全理论的发展、安全思想、安全管理、安全预警、事故预测预防、安全文化建设等方面进行了探索,提出了一些创新性观点,总结了一套成体系的方法,以期对促进装备安全学科的发展,培养和造就高素质复合型装备安全人才,提高航空装备的安全水平有所裨益。

本书可作为安全科学与工程学科的本科生、研究生教材,也可供航空领域院校、科研试验、企业(部队)及管理机关等单位的广大干部、教学及科研人员和安全工作者学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

航空装备安全学/端木京顺等编著. —2版. —北京:
国防工业出版社, 2016. 1
ISBN 978-7-118-10483-7

I. ①航… II. ①端… III. ①航空—军事装备—
安全技术 IV. ①E926

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 010209 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)

三河市众誉天成印务有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 710×1000 1/16 印张 25 $\frac{1}{2}$ 字数 458 千字
2016 年 1 月第 2 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 68.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777
发行传真:(010)88540755

发行邮购:(010)88540776
发行业务:(010)88540717

《航空装备安全学》编写委员会

主 编 端木京顺 常 洪

副主编 雷洪利 赵录峰

编写组 (按姓氏笔画排序)

马震宇 马勉东 王 强 车 飞

甘旭升 张鹏涛 闵桂龙 赵录峰

高建国 常 洪 雷洪利 薛明浩

端木京顺

第2版前言

航空装备安全学是安全科学与工程学科体系中的一门重要学科,是一门正在形成和发展中的新的分支学科,具有自然科学与社会科学多学科交叉,军事学术与科学技术多领域融合的特点。从学科作用上看,航空装备安全学以航空装备系统安全问题为研究对象,运用安全科学理论方法,对航空装备的设计、制造、使用、维修等过程中的种种安全现象进行科学系统的研究和分析,揭示航空装备安全的基本特点和规律,形成系统化的学科理论体系。从现实意义上看,航空装备安全学着眼国内外、军内外航空装备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,为航空装备安全特性的形成、保持和恢复,为系统预防和有效控制航空装备事故,为航空装备安全建设与发展等实践活动,提供理论依据和方法指导。

“航空装备安全学”是空军装备部2009年下达的航空装备安全基础理论研究重大课题。这是一个全新的的研究领域,虽然民用航空和国民经济高危行业已有许多安全的研究成果,这些成果对军用航空装备安全也有一定的借鉴价值,但很难直接用于指导具有高风险特征的军用航空装备的安全实践活动;有关军用航空装备安全理论问题的探讨和安全实践活动的研究,以往虽然有些研究成果,但都散见于其他学科领域或有关学术刊物,专题性论述、对策性研究较多,尚未形成系统的理论体系和专门的学术著作;加之航空装备安全涉及装备的设计制造、使用维修等全寿命过程的技术与管理活动,基础理论的原理性和应用理论的适用性要求高,而且许多理论问题的研究尚属空白,课题研究的难度大,遇到的困难很多。课题组成员坚持理论与实践相结合、一般与特殊相结合、继承与创新相结合的编撰原则,通过广泛深入调查研究,集思广益刻苦攻关,反复修改数易其稿,于2010年完成了这部书的撰写出版工作,并下发空军装备各级机关、航空兵部队和有关院校、研究院(所)使用,为加强装备安全人才培养,促进装备安全理论发展起到了积极作用。本书于2010年获空军军事理论研究优秀成果一等奖,2011年获第二届空军军事理论创新优秀专著,2014年入选“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材。编著者在认真梳理教材使用中存在问题的基础

上,根据安全科学和航空装备发展对安全人才的需求,对教材进行了修订并再次出版。

本书由绪论、航空装备安全理论发展、航空装备安全思想、航空装备安全管理、航空装备安全评价、航空装备安全预警、航空装备系统安全分析与设计,航空装备事故及其统计分析,航空装备事故预测、航空装备事故预防等十二章,共五部分内容组成。本书在修订思路、章节安排、内容撰写上,遵循航空装备安全活动基本规律,按照基础理论、应用理论研究的特点和基本要求,在基础理论方面,突出概念的阐述、理论的提炼、规律的揭示和内容的综述;在应用理论方面,突出方法的归纳和实际应用;在应用范围和对象方面,以空军航空装备(飞机、直升机)安全为主,兼顾民用航空安全。由于航空装备安全理论研究的空白之处较多,本书的修订撰写始终坚持理论创新,在航空装备安全理论的发展、安全思想、安全管理、安全预警、事故预测预防、安全文化等方面开展了进一步的探索,提出了一些创新性的观点,总结了一套成体系的方法,并单独设章进行论述。由于适航管理是以保证和提高航空器的安全性为目标的技术管理,是从根源上预防航空事故,提高安全水平的有效途径,因此在本书的修订中着重增加了适航管理的理念、思想和内容方法。航空装备上述理论既相对独立,又紧密联系,它以航空装备安全的基本矛盾和矛盾运动为主线,贯穿航空装备安全工作的整个过程,并反映航空装备安全的基本特征、基本规律和某一方面的特殊规律。

本书经过修订,较全面系统地总结了航空装备安全的历史经验和教训,借鉴外军和民航有益的经验 and 理论成果,运用安全科学理论方法,对航空装备安全系统一些重要理论和实践问题,做出了科学的分析和回答,初步构建了具有航空特色、反映时代特征、系统性较强、覆盖面较广、适用性较好的航空装备安全理论体系。

在本书的编著和修订过程中,得到总装备部综合计划部装备工作研究室、装备学院、空军飞行安全局,空军装备部外场部质量安全办公室、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高度关注安全学科发展的真知灼见表示诚挚谢意。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。

本书由端木京顺、常洪担任主编,雷洪利、赵录峰任副主编,全书由端木京顺负责统稿。本书第一章、第二章、第三章、第十二章由端木京顺编写,第五章、第六章、第七章、第十章由赵录峰编写,第四章、第八章由车飞编写,第九章由甘旭生编写,第十一章由常洪编写,第五章第二节由张鹏涛编写,第五章第三节由王强编写,第十二章第一节由高建国编写。在教材的编写、修订和统稿中,空军装

备部外场部马震宇、马勉东,博士研究生黄树峰、唐学琴、宗蜀宁、王青、李闯、高建国、闵桂龙、薛明浩均做了大量工作。

由于装备安全科学还处于初期发展阶段,航空装备安全学还是一门正在形成和发展中的新的分支学科,其理论框架还处在建立初期,内容体系还有待完善,加之我们能力和水平有限,书中不妥之处在所难免,恳祈读者批评指正。

端木京顺

2015. 10

目录

第一章 绪论	1
第一节 航空装备安全概念	1
一、航空装备	1
二、航空装备安全	3
三、航空装备安全基本特征	8
第二节 航空装备安全学内涵	12
一、航空装备安全学的研究对象和任务	12
二、航空装备安全学的性质	13
三、航空装备安全学的理论体系	14
四、航空装备安全学与相关学科的关系	17
第三节 航空装备安全学研究方法	19
一、借鉴继承与自主创新相结合	19
二、基础理论研究与应用理论研究相结合	19
三、定性分析与定量分析相结合	20
四、微观分析与宏观分析相结合	20
五、调查研究与实验研究相结合	21
复习思考题	21
第二章 航空装备安全理论发展	22
第一节 事后型安全理论的形成与发展	22
一、事后型安全理论的发展历程	22
二、事后型安全理论的主要特点	25
三、事后型安全理论的基本内容	25
第二节 预防型安全理论的形成与发展	26
一、预防型安全理论的发展历程	26

二、预防型安全理论的主要特点	29
三、预防型安全理论的基本内容	29
第三节 系统型安全理论的发展	32
一、系统型安全理论的发展历程	32
二、系统型安全理论的主要特点	34
三、系统型安全理论的基本内容与发展趋势	35
复习思考题	38
第三章 航空装备安全思想	39
第一节 航空装备安全基本矛盾和规律	39
一、航空装备安全基本矛盾	39
二、航空装备安全基本要素	42
三、航空装备安全基本规律	47
第二节 航空装备安全思想基本观点	50
一、航空装备安全发展建设思想	50
二、航空装备安全保障思想	52
三、航空装备安全管理思想	56
第三节 航空装备安全基本原则	60
一、加强领导,依靠群众	60
二、关口前移,打牢基础	60
三、科技创新,提高效益	61
四、质量第一,预防为主	61
五、科学管理,常抓不懈	62
六、强化教育,增强素质	63
复习思考题	63
第四章 航空装备安全管理	64
第一节 航空装备安全管理内涵	64
一、安全管理的概念	64
二、安全管理的特点	65
三、安全管理的作用	68
第二节 航空装备安全管理内容	70
一、航空器适航管理	70
二、装备安全性管理	72

三、装备维修安全管理	73
四、飞行安全管理	74
五、事故危机管理	74
第三节 航空装备安全管理体制	75
一、安全管理组织体系	75
二、安全法规制度体系	77
三、安全管理运行机制	79
第四节 航空装备安全管理职能	81
一、决策职能	82
二、组织职能	82
三、协调职能	83
四、监督职能	84
五、整治职能	84
六、防范职能	85
复习思考题	86
第五章 航空装备安全评价	87
第一节 概述	87
一、基本概念	87
二、基本内容	89
三、基本类型	89
四、评价分级	92
五、评价程序	93
第二节 航空装备安全评价基本原理	94
一、相关原理	95
二、类推原理	95
三、惯性原理	96
四、量变质变原理	96
五、概率推断原理	96
第三节 航空装备安全评价方法	97
一、评价方法分类	97
二、评价方法选用	99
第四节 航空装备安全评价常用方法及应用	102
一、安全检查表分析法	102

二、风险评价指数分析法	107
三、总风险暴露指数法	110
四、作业条件危险性评价法	114
五、安全管理评价法	117
六、装备安全性评价法	121
复习思考题	124
第六章 航空装备安全预警	125
第一节 安全预警基本理论	125
一、预警与预警管理概念	125
二、安全预警基础理论	127
三、安全管理波动预警原理	128
四、安全危机预警管理原理	132
第二节 航空装备安全预警指标体系	135
一、预警指标设计原则	135
二、预警指标及体系设计	136
三、预警指标测评	139
四、预警指标评价	143
第三节 航空装备安全预警系统	150
一、预警系统构建思路	150
二、预警系统基本功能	151
三、预警信息处理流程	152
四、预警系统工作内容	153
五、预警系统运行模式	155
六、预警信号输出方式	156
复习思考题	157
第七章 航空装备安全分析与设计	158
第一节 安全性及其参数指标	158
一、安全性的概念	158
二、安全性与可靠性	160
三、安全性参数及指标	161
第二节 系统安全与分析	163
一、系统安全的概念	163

二、系统安全过程	164
三、系统安全分析	165
第三节 系统安全分析的实施	167
一、初步危险表	168
二、初步危险分析	168
三、分系统危险分析	171
四、系统危险分析	173
五、使用和保障危险分析	174
六、职业健康危险分析	176
第四节 系统安全分析常用方法及应用	178
一、故障类型及影响分析	178
二、故障危险分析	180
三、事件树分析法	191
四、事故树分析法	193
第五节 装备安全性设计	199
一、安全性设计目标与要求	199
二、安全措施优先顺序	202
三、安全性设计通用准则	202
四、安全性设计常用方法	203
复习思考题	216
第八章 航空装备事故及其统计分析	217
第一节 事故	217
一、事故基本概念	217
二、事故基本特性	217
三、事故模式理论	219
第二节 航空装备事故	227
一、飞行事故的定义与分类	227
二、航空地面事故的定义与分类	232
三、航空装备事故的损失和影响	233
第三节 航空装备事故统计分析	237
一、统计分析基础	237
二、统计任务与指标	242
三、统计分析的内容与方法	243

四、统计分析结果的表达	248
复习思考题	252
第九章 航空装备事故预测	253
第一节 概述	253
一、事故预测概念	253
二、事故预测特点	254
三、事故预测研究的发展	255
第二节 航空装备事故预测要素、原理和步骤	256
一、事故预测要素	256
二、事故预测原理	257
三、事故预测步骤	259
第三节 航空装备事故预测方法分类、选择和评价	261
一、事故预测方法分类	261
二、事故预测方法选择	262
三、事故预测方法评价	264
第四节 航空装备事故预测常用方法及应用	265
一、灰色预测法	266
二、马尔可夫链预测法	269
三、均生函数预测法	271
四、灰色—马尔可夫组合预测法	276
五、灰色—均生函数组合预测法	281
六、神经网络预测法	283
七、支持向量机预测法	287
复习思考题	289
第十章 航空装备事故预防	291
第一节 事故预防理论	291
一、事故的形成阶段	291
二、事故的可预防性	292
三、事故的预防原理	293
第二节 人为因素飞行事故预防	299
一、事故原因分析	299
二、事故主要特点	304

三、事故预防措施	306
第三节 机械原因装备事故预防	313
一、事故原因分析	314
二、事故主要特点	320
三、事故预防措施	321
第四节 环境因素飞行事故预防	326
一、事故原因分析	326
二、事故预防措施	333
复习思考题	339
第十一章 航空装备事故调查	340
第一节 概述	340
一、事故调查的目的和意义	340
二、事故调查基本原则	344
三、事故调查分析方法	345
第二节 事故调查组织与人员	348
一、事故调查组织机构	348
二、事故调查人员素质	350
三、事故调查人员培训	351
第三节 事故调查程序和内容	352
一、事故调查一般程序	352
二、事故调查前的准备	355
三、事故基本调查	358
四、实验室研究与分析	364
五、综合分析和结论	365
六、事故调查报告	370
复习思考题	371
第十二章 航空装备安全文化	372
第一节 安全文化	372
一、安全文化定义	372
二、安全文化作用对象	373
三、安全文化作用范围	374
四、安全文化层次结构	375

五、安全文化基本特征	376
第二节 航空装备安全文化	378
一、航空装备安全文化概念	378
二、航空装备安全文化研究发展	379
三、航空装备安全文化功能作用	384
第三节 航空装备安全文化建设	385
一、航空装备安全文化建设基本原则	386
二、航空装备安全文化建设主要内容	388
三、航空装备安全文化建设方法途径	390
复习思考题	393
参考文献	394

航空装备安全学,是研究航空装备安全现象及其基本规律的一门学科。这门学科主要对航空装备的设计、制造、使用、维修等过程中安全的种种现象进行科学系统的研究和分析,找出装备安全的基本规律和解决装备安全问题的理论与技术途径,从而达到减少事故,避免可预防事故,保证装备的使用维修安全,提高部队战斗力的目的。

本章在界定航空装备安全基本概念的基础上,主要论述航空装备安全的基本特征,明确航空装备安全学的研究对象、任务、性质和理论体系,阐明航空装备安全学的特点和研究方法等,为建立航空装备安全学科奠定理论基础。

第一节 航空装备安全概念

为深入研究航空装备安全理论,本节首先界定航空装备和航空装备安全的基本概念,在此基础上,论述航空装备安全的基本特征,进一步揭示航空装备安全的本质内涵。

一、航空装备

航空装备也称航空技术装备,是航空器及其各种装置、设备的统称。军用航空装备一般是指飞机、直升机和航空弹药等。本书主要以军用飞机、直升机为研究主体,围绕其安全问题进行相关研究。

(一) 航空器

能在大气层内进行可控飞行的各种飞行器统称为航空器。任何航空器都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。前者靠空气静浮力升空,又称浮空器;后者靠空气动力克服自身重力升空。

1. 轻于空气的航空器

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,如气球和飞艇等。

2. 重于空气的航空器

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向前滑翔。虽然有些滑翔机装有小型发动机(简称动力滑翔机),但主要是在滑行飞行前用来获得初始速度。

旋翼航空器包括直升机和旋翼机。直升机的旋翼是由发动机驱动的,垂直和水平运动所需的拉力都由旋翼产生;旋翼机的旋翼没有动力驱动,当它在动力装置提供的拉力作用下前进时,迎面气流吹动旋翼像风车似地旋转,从而产生升力。有的旋翼机还装有小固定翼面,由它提供部分升力。

扑翼机又名振翼机,它是人类早期试图模仿鸟类飞行而制造的一种航空器。它用像飞鸟翅膀那样扑动的翼面产生升力和拉力。扑翼机至今还没有获得成功。

(二) 飞机

由动力装置产生前进推力,由固定机翼产生升力,在大气层中飞行的重于空气的航空器称为飞机。飞机的分类有多种,按用途可分为军用飞机和民用飞机;还可按结构、速度、着陆场地等分类。

军用飞机是用于直接参加战斗、保障战斗行动和进行军事训练的各种飞机。军用飞机主要用于夺取制空权、对目标实施攻击和防止敌空袭兵器的侵袭,协同陆军和海军作战,参加侦察、运输、救护等,是空军最主要、最有代表性的装备,其数量、质量、类型直接标志着空军的战斗力。按飞机推进装置类型可分为螺旋桨飞机和喷气式飞机;按飞机动力装置的类型可分为活塞式飞机、涡轮螺旋桨式飞机和喷气式飞机;按飞机的飞行速度可分为亚声速飞机、超声速飞机、高超声速飞机;按飞机的航程可分为近程飞机、中程飞机、远程飞机;按飞机的作战用途可分为作战飞机和保障飞机。作战飞机包括歼击机、强击机、轰炸机、歼击轰炸机等;保障飞机包括侦察机、预警机、电子对抗机、电子干扰机、诱饵机、空中加油机、军用运输机、军用教练机、靶机等。

民用飞机泛指一切非军事用途的飞机,包括旅客机、货机、公务机、农业机、