

Engineering



民用航空器维修基础系列教材

中国民用航空局飞行标准司推荐

人为因素和航空法规 (第2版)

Human factors and aviation regulations

(ME、AV)

张铁纯 刘珂 主编



清华大学出版社



民用航空器维修基础系列教材

民用航空器维修基础系列教材

编写委员会

人为因素和航空法规 (第2版)

Human factors and aviation regulations

(ME、AV)

张铁纯 刘珂 主编

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书为民用航空器维修基础系列教材之一,全书分上下两篇。上篇介绍人为因素,分5章,内容包括:绪论、人为因素基本理论及模型、人的行为表现和局限性、影响工作表现的因素和维修差错管理工具。

下篇介绍了航空法规,分7章,内容包括:法规框架、初始适航管理、维修和改装一般规则、民用航空器维修单位合格审定规定、民用航空器维修人员执照管理规则、民用航空器维修培训机构合格审定规定、民用航空器运行维修要求。

本书可作为 CCAR-147 部维修培训机构的培训教材或参考教材,也适合于具有一定基础的航空维修专业人员自学。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

人为因素和航空法规:ME、AV/张铁纯,刘珂主编.—2版.—北京:清华大学出版社,2017(2017.9重印)
(民用航空器维修基础系列教材)

ISBN 978-7-302-46378-8

I. ①人… II. ①张… ②刘… III. ①人的因素(心理学)—影响—飞行安全—教材 ②民用航空—航空法—中国—教材 IV. ①V328.1 ②D922.296

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 021571 号

责任编辑:赵 斌

封面设计:李星辰

责任校对:刘玉霞

责任印制:沈 露

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京密云胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:13.5

字 数:325 千字

版 次:2009 年 3 月第 1 版 2017 年 2 月第 2 版

印 次:2017 年 9 月第 4 次印刷

印 数:6001~8000

定 价:35.00 元

产品编号:062910-01



民用航空器维修基础系列教材

编写委员会

主任委员：任仁良

编 委：刘 燕 陈 康 付尧明 郝 瑞

蒋陵平 李幼兰 刘 峰 刘建英

刘 珂 吕新明 任仁良 王会来

张 鹏 邹 蓬 张铁纯

序言



PREFACE

2005年8月,中国民航规章CCAR-66R1《民用航空器维修人员执照管理规则》考试大纲正式发布执行,该大纲规定了民用航空器维修持照人员必须掌握的基本知识。随着中国民用航空业的飞速发展,业内迫切需要大批高素质的民用航空器维修人员。为适应民航的发展,提高机务维修人员的素质和航空器的维修水平,满足广大机务维修人员学习业务的需求,中国民航总局飞行标准司组织成立了“民用航空器维修基础系列教材”编写委员会,其任务是组织编写一套满足中国民航维修要求、实用性强、高质量的培训和自学教材。

为方便机务维修人员通过培训或自学参加维修执照基础部分考试,本套教材根据民航局颁发的AC-66R1-02维修执照基础部分考试大纲编写,同时满足AC-147-02维修基础培训大纲。本套教材共14本,内容覆盖了大纲的所有模块,具体每一本教材的适用专业和对应的考试大纲模块见本书封底。

本套教材力求通俗易懂,紧密联系民航实际,强调航空器维修的基础理论和维修基本技能的培训,注重教材的实用性。本套教材可作为民航机务维修人员或有志于进入民航维修业的人员的培训或自学用书,也可作为CCAR-147维修培训机构的基础培训教材或参考教材。

“民用航空器维修基础系列教材”第1版在CCAR-66执照基础部分考试和CCAR-147维修基础培训中得到了非常广泛的应用。通过10年的使用,在第1版教材中发现了不少问题;同时10年来,大量高新技术应用到新一代飞机上(如B787、A380等),维修理念和技术也有了很大的发展,与之相对应的基础知识必须得到加强和补充。因此,维修基础培训教材急需进行修订。

“民用航空器维修基础系列教材”第2版是在民航局飞行标准司的直接领导下进行修订编写的。这套教材的编写得到了民航安全能力基金的资助,同时得到了中国民航总局飞行标准司、中国民航大学、广州民航职业技术学院、中国民用航空飞行学院、民航管理干部学院、上海民航职业技术学院、北京飞机维修工程有限公司(Ameco)、广州飞机维修工程有限公司(Gameco)、中信海洋直升机公司、深圳航空有限责任公司等单位以及航空器维修领域专家的大力支持,在此一并表示感谢!

由于编写时间仓促和我们的水平有限,书中难免存在许多错误和不足,请各位专家和读者及时指出,以便再版时加以纠正。我们相信,经过不断的修订和完善,这套教材一定能成为飞机维修基础培训的经典教材,为提高机务人员的素质和飞机维修质量作出更大的贡献。任何意见和建议请发至:skyexam2015@163.com。

“民用航空器维修基础系列教材”编委会

2016年4月

前言



FOREWORD

本书分上下两篇。上篇介绍人为因素,下篇介绍航空法规。本书按照中国民航规章《民用航空器维修人员执照管理规则》民用航空器维修人员执照考试大纲 M9、M10 编写,书中内容为航空器维修人员必须要掌握的基础知识。在编写过程中,编者力求做到通俗易懂,注重知识的实用性,贯彻了理论与实际密切结合的思想。

本书可以作为 CCAR-147 部维修培训机构的培训教材或参考教材,也适合于具有一定基础的航空维修专业人员自学。此外,本教材还可用作学习人为因素和民用航空法规的启蒙教材。如想获得更多详细资料,还需阅读本书中提到的一些文献、民用航空规章的原文和咨询通告等。

本书上篇由张铁纯老师主编和统稿,内容包括绪论、人为因素基本理论及模型、人的行为表现和局限性、影响工作表现的因素和维修差错管理工具。其中第 1 章、2.1 节、2.2 节、2.3.1 节、2.3.3 节、4.2 节、4.4 节、4.5 节、5.2 节、5.3.1 节由张铁纯、胡静、郝瑞编写;第 3 章及 4.1 节由邓立辉编写;第 2.3.2 节、2.3.4 节、4.3 节、5.1 节、5.3.2 节及附录 C 由花迎春编写;附录 A、B、D 由刘燕编写。在第 2 版改版工作中,编写组在覆盖第 1 版知识点的基础上,对全书内容进行重新梳理并调整框架结构,补充了人为因素的最新理论、差错模型和差错管理工具并添加人为差错案例等。此次改版编写过程中,任仁良、陈康、许少伟、谭鑫、杨阳、林静、钱景、张学等提出了许多宝贵的修改意见,并对全书进行了审校,在此表示衷心的感谢!

本书下篇由刘珂老师主编和统稿,内容包括法规框架、初始适航管理、维修和改装一般规则、民用航空器维修单位合格审定规定、民用航空器维修人员执照管理规则、民用航空器维修培训机构合格审定规定、民用航空器运行维修要求。其中第 6 章由刘珂编写;第 7 章由陆崑编写;第 8、9 章由李伟编写;第 10、11 章由花迎春编写;第 12 章由刘槟编写。

此书在编写过程中还得到了许多单位的鼎力支持,包括民用航空器维修人员执照考试管理中心、民航管理干部学院、北京飞机维修工程有限公司、厦门太古飞机工程有限公司等单位。在此谨表深深的感谢。

由于编写时间仓促和我们的水平有限,教材中难免存在错误和不足,敬请各位专家和读者指出,以便再版时加以纠正。

编者

2016 年 9 月

目录



CONTENTS

上篇 人为因素

第1章 绪论	3
1.1 航空人为因素对航空安全的贡献	3
1.1.1 安全的演变	3
1.1.2 20世纪末的安全预言	4
1.1.3 航空事故率下降原因	8
1.2 人为因素范畴	12
1.2.1 人为因素起源和定义	12
1.2.2 人为因素的学科性质	13
1.3 航空界对人为因素的需求	14
1.3.1 系统有效性	15
1.3.2 运行人员状态良好	17
第2章 人为因素基本理论及模型	18
2.1 人为因素基本定律	18
2.1.1 墨菲定律	18
2.1.2 海恩法则	18
2.1.3 事故链理论	19
2.1.4 圆盘漏洞理论	20
2.2 差错的定义	20
2.2.1 人为差错	21
2.2.2 违规	23
2.2.3 维修差错	25
2.3 人为差错模型	29
2.3.1 MEDA 事件模型	29
2.3.2 SHELL 模型	30
2.3.3 蝴蝶结模型	32

2.3.4 REASON 模型	34
第3章 人的行为表现和局限性	38
3.1 视觉	38
3.1.1 眼睛的基本功能	38
3.1.2 影响视力清晰度的因素	39
3.1.3 影响视力的因素	39
3.1.4 色觉	41
3.1.5 视力保护措施	41
3.2 听觉	42
3.2.1 人耳的基本功能	42
3.2.2 人耳的能力和限制	43
3.2.3 噪声对人的表现的影响	43
3.2.4 听觉损伤	43
3.2.5 维修工作中听觉防护措施	44
3.3 信息处理	44
3.3.1 信息处理模型	44
3.3.2 注意力和理解	44
3.3.3 决策	46
3.3.4 记忆力	46
3.3.5 习惯动作	47
3.3.6 情境意识	47
3.3.7 信息处理局限性	48
3.4 恐惧症、恐高症	50
3.4.1 幽闭恐惧症	50
3.4.2 恐高症	50
第4章 影响工作表现的因素	52
4.1 个人因素	52
4.1.1 身体健康	52
4.1.2 来自家庭和工作的紧张压力	54
4.1.3 时间压力和期限	55
4.1.4 工作负荷	56
4.1.5 睡眠、疲劳和倒班	58
4.1.6 酒精、滥用药物和毒品	61
4.2 物理环境因素	62
4.2.1 噪声	62

4.2.2 强烈气味	63
4.2.3 照明	63
4.2.4 气候和温度	64
4.2.5 移动和振动	65
4.2.6 工作环境	65
4.3 团队工作	66
4.3.1 团队的概念	66
4.3.2 影响团队工作的因素	67
4.3.3 有效团队工作的要素	72
4.3.4 团队工作与沟通	74
4.4 维修任务	79
4.4.1 体力工作	80
4.4.2 重复性工作	81
4.4.3 目视检查	82
4.4.4 复杂系统工作	83
4.5 危险区域	85
4.5.1 认识和避免危险	85
4.5.2 紧急情况处理	86
第5章 维修差错管理工具	88
5.1 维修差错管理原则	88
5.1.1 科学对待差错,打破责备怪圈	88
5.1.2 系统管理差错,不断改进系统	90
5.1.3 合理调配资源,关注可管理因素	91
5.1.4 重视差错管理的重点和目标	91
5.2 HFACS-ME	92
5.2.1 HFACS 结构体系	92
5.2.2 HFACS-ME	94
5.3 Dirty Dozen	98
5.3.1 Dirty Dozen 研究起源	98
5.3.2 Dirty Dozen 内容	98
附录 A 维修差错决断辅助工具(MEDA)	106
附录 B 航空事故划分标准	113
附录 C 中国民航运输航空器维修差错统计与分析	118
附录 D 与人为因素/人为差错相关的事故及事故征候	122

下篇 航空法规

第6章 法规框架	131
6.1 国际民用航空公约及其附件	131
6.2 中国民用航空局行政管理和适航维修法规体系	135
第7章 初始适航管理	140
7.1 概述	140
7.2 适航标准类规章	141
7.2.1 适航标准简介	141
7.2.2 运输类飞机适航标准(CCAR-25 部)的主要内容	143
7.3 初始适航管理类规章	144
7.3.1 民用航空产品和零部件合格审定规定(CCAR-21 部)	144
7.3.2 民用航空器国籍登记规定(CCAR-45 部)	149
7.3.3 民用航空器适航指令规定(CCAR-39 部)	150
7.4 初始适航管理在航空器运行中的作用	150
第8章 维修和改装一般规则(CCAR-43 部)	153
8.1 术语解释	153
8.2 工作准则	154
8.3 附加的检查工作准则	154
8.3.1 年度检查和100小时检查	154
8.3.2 渐进式检查	155
8.3.3 旋翼机的检查	155
8.3.4 高度表系统和空中交通管制(ATC)应答机的测试和检查	155
8.3.5 时寿件的控制要求	155
8.4 实施维修和改装的人员资格	156
8.5 维修和改装后批准恢复使用	156
8.5.1 批准恢复使用的方式	156
8.5.2 维修和改装后批准恢复使用的人员资格	159
8.6 缺陷和不适航状况报告	159
8.7 维修管理指令	160
第9章 民用航空器维修单位合格审定规定(CCAR-145 部)	161
9.1 定义和总则	162
9.2 维修单位合格审定要求	165
9.2.1 厂房设施要求	165
9.2.2 工具设备要求	166

9.2.3	器材要求	166
9.2.4	人员要求	169
9.2.5	适航性资料要求	170
9.2.6	质量系统	171
9.2.7	工程技术系统	172
9.2.8	生产控制系统	172
9.2.9	培训大纲和人员技术档案	173
9.3	对维修单位的其他要求	173
9.3.1	维修单位手册	173
9.3.2	维修记录	174
9.3.3	维修放行证明	175
9.3.4	等效安全的要求	176
9.3.5	外委的要求	176
9.3.6	与人为因素有关的要求	177
第 10 章	民用航空器维修人员执照管理规则(CCAR-66 部)	178
10.1	执照分类和专业类别	179
10.2	执照管理模式	180
10.3	执照的考试	180
10.4	执照的申请条件	181
10.5	执照的颁发和签署	182
10.6	执照的有效期、续签及补发	182
10.7	执照持有人的权利	183
10.8	执照持有人的义务	183
10.9	法律责任	184
第 11 章	民用航空器维修培训机构合格审定规定(CCAR-147 部)	185
11.1	对维修培训机构的管理要求	185
11.2	对维修培训机构的一般审定要求	186
11.3	对维修培训机构的特定审定要求	189
第 12 章	民用航空器运行维修要求	191
12.1	概述	191
12.2	公共航空运输承运人的维修工程管理	195
参考文献		200

上篇

人为因素

1.1 概述人为因素对航空安全的影响

在航空领域,安全是一种状态,是指飞行过程中,飞机对飞行安全的可能性降低到最低限度,一个不安全的

1.1.1 安全的概念

航空安全的发展历史可以划分为三个时代: (1) 战争年代——在战争年代,航空安全主要是指飞机在战争中的生存能力,即飞机在战争中的生存能力。 (2) 战后年代——在战后年代,航空安全主要是指飞机在民用航空中的生存能力,即飞机在民用航空中的生存能力。 (3) 现代年代——在现代年代,航空安全主要是指飞机在民用航空中的生存能力,即飞机在民用航空中的生存能力。

在航空领域,安全是一种状态,是指飞行过程中,飞机对飞行安全的可能性降低到最低限度,一个不安全的



人为因素是一门应用科学,以操作设备的人为研究中心。应用人为因素有利于优化人的行为表现并减少人为差错。人为因素体现了行为科学和社会科学、工程学和心理学的方法和原则。人和与人相关的各种因素及其相互影响是人为因素研究的主要内容。

20 世纪末的研究表明,与人为因素相关的飞行事故增加至 80%;与维修人员相关的飞行事故,也呈上升趋势;由于飞机系统的改进和发展,飞机机械原因造成的事故已大大减少,而与人为因素相关的事故在不断地增加。在飞机自身可靠性达到相当高的水平且不能在短期获得重大突破的情况下,航空界为了不断降低飞行事故率,在航空人为因素方面进行大量研究,为整个航空系统引入大量人为因素模型、工具和管理系统,使得航空事故率在最近十几年有了大幅下降(是商用喷气客机服役以来,航空事故率的第三次下降),实现了航空安全水平飞跃。

航空维修中的人为因素,是航空人为因素研究的分支,主要研究航空维修中人的工作表现的影响因素,优化航空维修人员的工作表现,减少人为差错,保证航空安全。重视航空维修中的人为因素,可降低维修工作中的人为差错、提高维修质量,是保证飞行安全的重要措施和技术手段,已得到世界各国航空界,从管理当局到航空公司,从维修企业到维修员工的普遍认可。不断进行航空维修中的人为因素研究,将是未来若干年内,世界民用航空(简称民航)界的永恒话题。

1.1 航空人为因素对航空安全的贡献

在航空范畴,安全是“一种状态,即通过持续的危险识别和安全风险管理过程,将人员伤亡或财产损失的可能性降低并维持在一个可接受的程度或其以下”。

1.1.1 安全的演变

航空安全的发展历史可以分为三个时代,如图 1-1 所示。

(1) 技术因素时代——从 20 世纪初到 20 世纪 60 年代末。航空作为大规模交通运输的一种形式应运而生,其中被确定的安全缺陷,最初与技术因素和技术失效或失误相关。因此,在安全方面努力的焦点,集中在技术调查和技术改进上。到 20 世纪 50 年代,随着技术改进,事故率逐渐降低,安全工作逐步扩展到遵守规章与监督方面。

(2) 人的因素时代——从 20 世纪 70 年代初到 90 年代中期。在 20 世纪 70 年代初,由于主要技术的不断进步和安全规章的逐步完善,事故率大大降低。航空运输成为了一种更

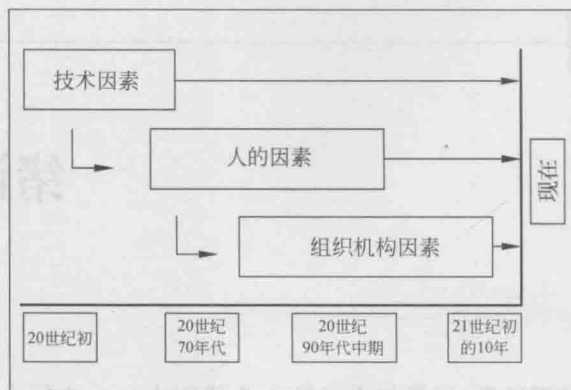


图 1-1 安全的演变

安全的交通运输方式,在安全方面努力的焦点,扩展到了包括人与机器互动界面在内的人的因素问题上。这促使安全信息的获取,超出了早期事故调查所产生的信息。尽管在减少差错方面投入了资源,但人的表现依旧是事故中的常见因素。当时,人的因素之科学的应用,趋向关注个人,并没有完全考虑运行和组织机构的背景。直到 20 世纪 90 年代初,才首次承认个人是在复杂环境中运作的,其中包括了有可能影响人的行为的多重潜在因素。

(3) 组织机构因素时代——从 20 世纪 90 年代中期到现在。在组织机构因素时代,人们开始从系统的视角审视安全,除了人的因素和技术因素之外,它还包含了组织机构的因素。因此,考虑到一个组织机构的文化和政策对于安全风险控制的影响,就采用了“组织机构性事故”的观念。另外,传统的数据收集与分析工作,以往局限于对事故和严重事故征候调查中所收集到的数据之应用,就要对安全有一种全新的、积极主动的做法来加以补充。这种新做法基于日常信息的收集和分析,使用主动和被动的办法,监控已知的安全风险并探测新出现的安全问题。这些改进形成了迈向安全管理的基本原理。

保证飞行安全是民用航空业的重中之重。为保证民用航空安全,各国政府和航空器设计、制造单位及航空运营人,采取了大量措施以建立健全航空安全体系,从而降低事故风险,减少飞行事故的数量。民用航空运输业经历了近一个世纪的全面发展,以其安全、高效、便捷的优势,成为主要交通运输工具之一。

安全和效率是航空界关注的目标,二者缺一不可。优化航空人员的工作表现,是实现安全和效率的可靠保证。在百年航空发展史中,随着航空设计和制造业的发展,飞机的可靠性得到了很大提高。人为因素的研究成果在民航中的应用取得了不可低估的效果。

1.1.2 20 世纪末的安全预言

1. 20 世纪航空安全水平回顾

在航空发展初期,由于受生产力发展水平的制约,科学技术相对落后,在飞机设计制造方面存在的缺陷较为突出。随着新技术、新材料、新工艺的不断引入,飞机本身的可靠性和安全水平不断提高,航空事故率呈逐年下降趋势。从 1958 年美国波音 B707 投入服役以来,民用航空进入喷气式时代,航空事故率呈现两个阶段:事故率明显下降阶段和相对稳定阶段(如图 1-2 所示)。

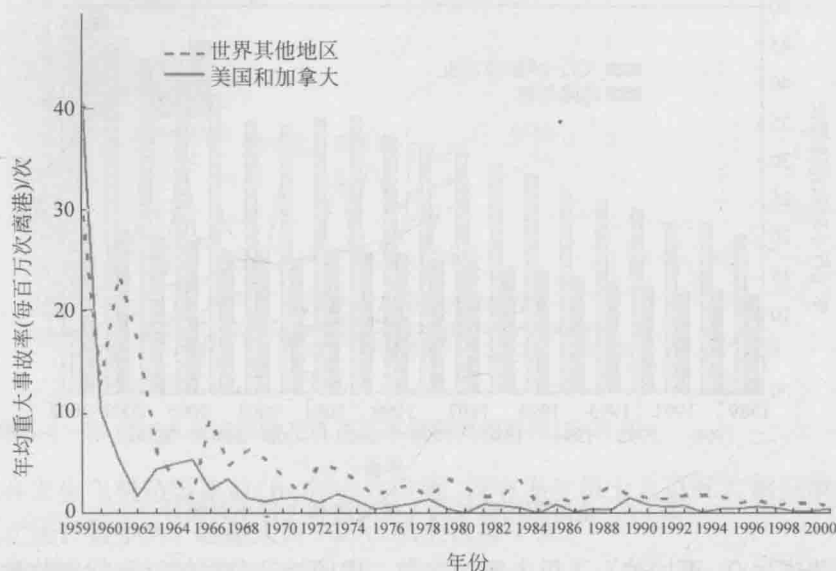


图 1-2 美国波音公司统计的年度航空事故率统计

1) 第一阶段(1958 年至 20 世纪 70 年代)

1959 年以后,全球范围内民用运输飞行事故率已显著下降。20 世纪 70 年代末和 80 年代初,全球航空事故率已下降到每百万次离港大约 3 起事故。

2) 第二阶段(20 世纪 80 年代至 90 年代)

在 20 世纪最后 20 年,航空维修事故率进入相对稳定期,形成一种平稳趋势:事故率的下降变得“非常”缓慢,甚至可以说“不明显”,事故率在每百万次离港 1.5~3 起事故之间波动。

2. 航空安全指标

1) 百万次离港事故率和百万小时事故率

每百万次离港事故率和每百万小时事故率均可作为衡量航空安全水平的指标。目前,在对航空事故进行统计分析时,西方国家普遍采用每百万次离港事故率作为衡量指标,我国民航则采用百万飞行小时作为衡量指标。为了便于比较和分析(尤其是进行“安全性分析计算”),可将每百万次离港与百万飞行小时进行相应换算。

图 1-3 给出了 1989 年至 2008 年世界范围内商用喷气式飞机飞行小时数和离港次数,其中 2008 年飞行小时为 46.3 百万,共 21.8 百万次离港,两者之比为 2.12 飞行小时/离港。因此,百万次离港和百万小时之间的换算,可粗略取 2.1 作为系数。

20 世纪后 20 年间,全球民航的航空事故率为每百万次离港 1.5~3 次事故,相当于每百万飞行小时 0.72~1.42 次,即 $(0.72 \sim 1.42) \times 10^{-6}$ /飞行小时,是所有交通方式中事故率最低的。乘客乘坐民航班机发生事故死亡的概率小于日常生活中意外死亡(如走路摔死、喝水呛死等)的概率。目前,世界主要适航管理局均将整机事故率 $\lambda = 1 \times 10^{-6}$ /飞行小时作为民用航空器可接受的安全指标。

2) 年度航空事故总量和死亡人数

在统计航空事故率的同时,人们同样关注每年发生的航空事故数量和事故中死亡的人

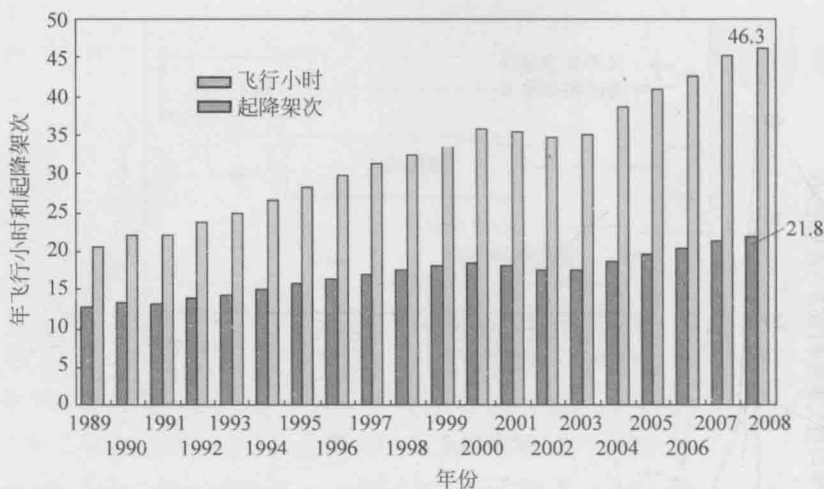


图 1-3 全球商用喷气式飞机离港和飞行小时统计

数。尤其是普通民众,更加关心飞机失事的次数。美国波音公司统计飞行事故数据时,将事故分为两类,一类是人员死亡事故(fatal accident),另一类是飞机坠毁(或损毁)事故(hull loss accident)。当发生人员死亡事故(即空难)时,会对普通民众造成很大的冲击和震撼。人们会在相当长的一段时间关注空难发生的过程和调查进展(马航 MH370 失联和 MH17 被击落事件发生后,在世界范围内造成很大影响和长时间关注)。由于普通民众对航空安全专业指标了解不多,他们更倾向于把航空事故数量和死亡人数作为衡量航空安全的指标。

3. 关于航空事故数量的惊人预言

1) 服役飞机数量和航空运输周转量的预测

随着世界各国经济的发展和全球一体化的不断推进,全球范围内的航空运输需求将飞速发展。2000 年,美国波音公司发布“2000—2018 年期间世界喷气式飞机市场预测”。波音公司统计,1999 年世界范围内服役飞机为 14900 架,并预计到 2018 年,世界服役飞机将达到 25400 架,同时,全球范围内的航空运输周转量将翻一倍以上。

2) 飞机年度事故量的惊人预测

在波音公司预测飞机数量的基础上,飞行安全基金会对全球的航空事故进行了预测,当时得出了一项令人吃惊的结论:“如果未来 10~15 年内飞机航班数量增加 1 倍,那么飞机事故数量也会同样增加。在当时的安全水平内(即每百万次离港事故率为 1.5~3),那么到 2015 年,年度人员死亡事故总量将达到 45 起(此为预测平均值,具体应在 30~60 次之间)”。飞机事故数量预测趋势如图 1-4 所示。

实际上,航空运输发展速度是高于当初预测的。波音公司 2016 年 7 月发布的统计数字,世界航空运输喷气式飞机 2015 年的起降达到 27.0 百万架次。根据当时的预测,2015 年的人员死亡事故数量将达到非常惊人的 40~81 次(即便取平均值,也将达到惊人的 60 次)。也就是说,大众每天都被空难信息包围(平均 4~6 天发生一起空难,估计还会出现一天发生数起空难的可能)。

3) 惊人预言的破产

令人欣慰的是,20 世纪末的预言并没有变成今日的航空安全噩梦。随着全球运输飞机数量增加和飞机起降班次的增多,人员死亡空难大量发生的情况并没有发生。2015 年,全