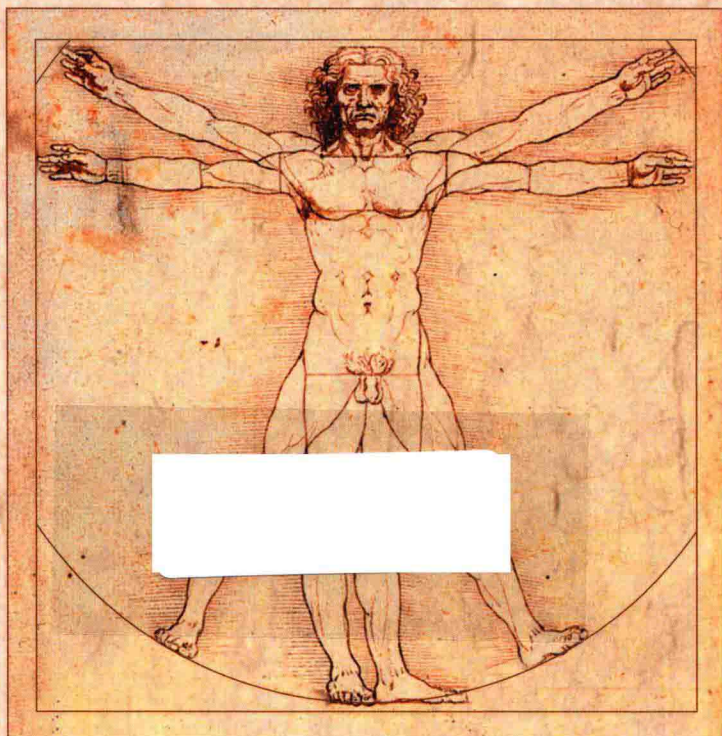


人的因素与飞行安全

Human Factors and Flying Safety

陈东锋 矫贞刚 张国正 编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

人的因素与飞行安全

陈东锋 矫贞刚 张国正 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书以人的因素与飞行安全为核心,在介绍飞行安全基本概念、科学理念的基础上,重点论述了飞行安全基本理论、飞行中人的行为与局限、飞行中人的差错管理、机组资源管理等内容。

本书可供飞行人员、飞行安全管理人员使用,也可供飞行人因工程等领域相关研究人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

人的因素与飞行安全 / 陈东锋, 矫贞刚, 张国正编
著. —北京: 国防工业出版社, 2016. 3

ISBN 978 - 7 - 118 - 10717 - 3

I. ①人… II. ①陈… ②矫… ③张… III. ①飞机—
飞行安全—影响因素—人的因素(心理学)—研究 IV.
①V328.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 043827 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 14 $\frac{3}{4}$ 字数 280 千字

2016 年 3 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 79.00 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

第1章 绪论	1
1.1 基本概念	1
1.1.1 危险	1
1.1.2 风险	1
1.1.3 安全	2
1.1.4 不安全事件	3
1.1.5 飞行安全的衡量指标	3
1.2 航空安全思想的演变	4
1.2.1 技术时代	4
1.2.2 人的因素时代	4
1.2.3 组织时代	6
1.3 飞行中人的因素	6
1.3.1 重新审视人的因素与飞行安全	6
1.3.2 飞行中人的因素的定义与研究范围	8
1.3.3 飞行中人的因素的发展历程	13
1.4 科学的飞行安全理念	17
1.4.1 “事故可承受”理念	17
1.4.2 “战斗力标准”理念	17
1.4.3 “事故可防可控”理念	18
1.4.4 “提高综合能力素质”理念	18
1.5 飞行安全学的研究对象与方法	18
1.5.1 研究对象	18
1.5.2 研究方法	19
参考文献	20
第2章 飞行安全基本理论	21
2.1 事故预防理论	21
2.1.1 事故法则	21

2.1.2 墨菲定律	22
2.2 事故致因理论	24
2.2.1 事故致因理论概述	25
2.2.2 单一因素观点的事故致因理论	27
2.2.3 人物合一观点的事故致因理论	29
2.2.4 系统观点的事故致因理论	39
2.3 风险管理理论	45
2.3.1 概述	45
2.3.2 风险管理的过程	48
2.3.3 风险管理的工具方法	49
2.3.4 风险管理实例	54
参考文献	55

第3章 飞行中人的行为与局限

3.1 人的行为及其影响因素	57
3.1.1 行为的概念、特征与分类	57
3.1.2 个体行为和安全	61
3.1.3 群体行为和安全	74
3.2 人的信息加工模型	79
3.3 飞行中的感知觉	81
3.3.1 感知觉概述	82
3.3.2 视觉	84
3.3.3 听觉	92
3.3.4 前庭觉	93
3.3.5 本体感受器和触觉感受器	95
3.4 飞行中的注意	96
3.4.1 注意的概念	97
3.4.2 注意的种类	97
3.4.3 注意的基本要素	98
3.4.4 持续警觉	100
3.5 飞行中的记忆	102
3.5.1 记忆的概念	102
3.5.2 记忆的分类	103
3.5.3 飞行中记忆的特点	106
3.5.4 飞行记忆品质训练	106
3.6 飞行中的决策	107

3.7 飞行员认知局限的管理	109
参考文献	111
第4章 飞行中人的差错管理	113
4.1 人的差错概述	113
4.1.1 人的差错的定义	113
4.1.2 人的差错的特点	114
4.1.3 人的差错的分类	116
4.2 影响差错产生的因素	117
4.2.1 影响差错产生的内因	118
4.2.2 影响差错产生的外因	120
4.3 人的差错分析方法	121
4.3.1 人的因素分析与分类系统模型	122
4.4 人的差错管理	126
4.4.1 基本的差错管理原则	126
4.4.2 导致差错产生的认知原因	126
4.4.3 飞行人为差错管理的职业工具	128
参考文献	130
第5章 机组资源管理	131
5.1 概述	131
5.1.1 起源	131
5.1.2 背景	133
5.1.3 定义	134
5.1.4 发展历程	138
5.2 基本构成	144
5.2.1 交流	144
5.2.2 领导与协作	155
5.2.3 情景意识	162
5.2.4 决策	184
5.2.5 工作负荷与应激管理	192
5.2.6 任务规划	204
5.3 训练实施	208
5.3.1 训练理念	208
5.3.2 训练方法	208
5.3.3 实施步骤	209

参考文献.....	210
-----------	-----

附录	211
-----------------	-----

附录 A 1977 年荷兰皇家航空公司、美国泛美航空公司 B747 飞机 飞行事故	211
附录 B 1977 年美国南方航空 DC-9 型飞机飞行事故	215
附录 C 1996 年美国空军 T-43 型飞机飞行事故	217
附录 D 2000 年新加坡航空 B747 型飞机飞行事故	218
附录 E 2009 年全美航空空中客车 A320 型飞机飞行事故	220
附录 F 2009 年法国航空空中客车 A330 型飞机飞行事故	224

第1章 绪 论

学习提示：本章简要介绍飞行安全、人的因素的相关概念，重点分析航空安全思想的演变以及科学的飞行安全理念。通过学习，应重点掌握军事飞行安全的基本内涵，理解人的因素与飞行安全的关系，树立科学的飞行安全理念。

飞行安全学是安全学在飞行领域的实践应用，它主要涉及安全学、航空心理学、航空工效学、航空医学、航空生理学、生物力学、飞行事故调查学、统计学以及管理学等学科领域，具有学科交叉、实践性强的特点。本章内容涵盖飞行安全、不安全事件的基本概念，航空安全思想的演变，飞行中人的因素的定义与研究范围，科学的飞行安全理念等。

1.1 基本概念

安全是人类自古以来经常面对的一大课题，它既是人们使用最多的词语之一，也是构建安全理论和从事安全工作的基石和逻辑起点。本节首先讨论与安全相关的几个概念。

1.1.1 危险

危险是指可能导致人员受伤、设备受损或不能完成预定功能的一种状态或事物。

1.1.2 风险

为定性或定量评价危险，先引入风险的概念。风险是指发生危险后果的可能性和严重性的综合描述，其基本意义包含未来结果的不确定性和损失。不确定性表明，当风险存在时，至少有损失、伤亡和无损失、伤亡两种可能的结果，只是无法确定哪种结果将出现。损失表明，后果中有一种可能性是不尽如人意的，如经济损失、人员伤亡、设备损坏、人的精神或心理方面痛苦等。

风险的大小可用式(1-1)表示：

$$R = P \times S \quad (1-1)$$

式中 R——风险；

P——危险发生的可能性（可用概率表示），指某种危险事件发展为事故的可能性；

S——危险的严重性，是对某种危险状况发生后可能导致的最严重后果的估计。

对可能性与严重性的等级划分应根据实际情况而定，划分越细致，对评价者的认知要求就越高，评价起来也就越费时费力。例如，危险发生的可能性（概率）可以分为频繁、很可能、有时、极少、不可能五个等级，危险的严重度可分为灾难性的、严重的、轻度的、轻微四个等级。

1.1.3 安全

长期以来，人们一直认为安全和危险截然不同、相互对立。系统安全思想认为，世界上没有绝对安全的事物，任何事物中都包含不安全的因素，具有一定的危险性，现实系统总是在安全与危险的矛盾中不断发展。安全是人们对系统的危险性和允许接受的限度相比较而确定的，是主观认识对客观存在的反应，安全的认识逻辑过程如图1-1所示。美国安全工程师学会（ASSE）编写的《安全专业术语词典》以及《英汉安全专业术语词典》（中国标准出版社，1987）中，安全的定义是：安全意味着可以容忍的风险程度。这一定义包括：一是人对系统的主观认识；二是可以容忍的风险标准；三是人对系统的主观认识结果与可以容忍的风险标准的比较分析过程。

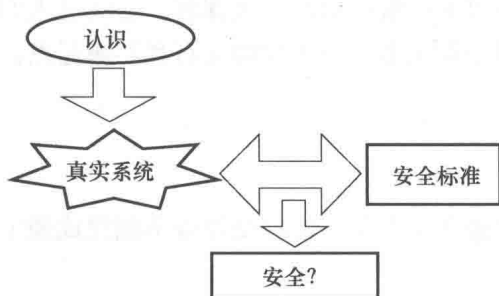


图 1-1 安全的认识逻辑过程

根据 2013 年国际民航组织发布的第 3 版《安全管理手册》，安全的概念是：安全是一种状态，即通过持续的危险源识别和风险管理过程，将人员伤亡或财产损失的可能性降低并保持在可接受的水平以下。这与传统上用事故描述安全概念的做法有本质区别，其特征主要表现为：

(1) 安全是一种状态，不能简单用有无事故来衡量安全状况。国际航空界强调，在未出现伤亡、无航空器或地面设施损毁的情况下，安全状态不一定好。

(2) 危险源识别和风险管理是保证安全的基本方法和途径，这一过程抓住

了，保证安全是必然结果。危险源是指可能导致不安全事件的某一个条件或事物。科学地讲，危险源是客观存在的，没有危险源的系统是不存在的，任何系统只要运行就必然面临风险。从结果来讲，只有各种条件凑成，即危险源被触发，后果才能表现出来，安全工作的根本目的就是通过积极主动的行为，发现危险源、控制危险源，决不能等到酿成后果才去被动地处理。

(3) 危险源识别和风险管理必须是“持续的”，安全工作不存在阶段性。这是国际航空界提出的持续安全观念的理论基础。

(4) 安全是发展的、相对的、动态的，风险是客观存在的，没有绝对的安全。飞行活动实施过程中，装备、人员、环境等因素都在不断变化，风险是常态，没有“零风险”“零隐患”。

1.1.4 不安全事件

安全学以“不安全事件”为研究对象，具体而言，不安全事件按程度不同可分为事故、征候和问题等。

飞行不安全事件是指导致系统处于不安全状态的事件，包括飞行问题、飞行事故征候和飞行事故。

飞行问题是指飞行中发生危及飞行安全，其程度和后果未构成飞行事故征候的事件。

飞行事故征候是指在训练、任务飞行中，自飞机（含直升机，不含无人机，下同）开车后滑出起至着陆滑行到指定位置关车止，所发生的严重危及飞行安全但未构成飞行事故的事件。飞行事故征候一般依据相应的法规标准来界定。

飞行事故是指在训练和任务飞行中，自飞机（含直升机，不含无人机）开车后滑出起至着陆滑行到指定位置止，在此期间所发生的空勤人员（指执行该次飞行任务的飞行人员、空勤学员）伤亡或飞机损伤达到一定程度的事件。

1.1.5 飞行安全的衡量指标

飞行安全状况若得不到客观度量，将会导致航空资源的不良分配，也不利于组织的整体发展。对飞行安全的衡量，应包括飞行训练的“过程”和“结果”，从整体上反映组织的安全状态。在军事领域，常用的衡量指标包括飞行事故万时率和飞行事故征候千时率等。

严重飞行事故万时率，是指一个建制单位在一定期间内所有飞机或直升机的总计飞行时间中，平均每飞行 10000h 所发生的严重飞行事故的次数。

飞行事故征候千时率，是指一个建制单位在一定期间内所有飞机或直升机的总计飞行时间中，平均每飞行 1000h 所发生的飞行事故征候的次数。

其中，不安全事件的起数，通常按事件次数计算。在一次飞行中，发生两次（含）以上同等事件，有因果关系的统计为一起，无因果关系的按发生的次数统计。两架（含）以上飞机相擦（撞）的事件，统计为一起。

此外，严重飞行事故万时率和飞行事故征候千时率，可分别按事故机型、原因等不同指标进行统计。

1.2 航空安全思想的演变

从第二次世界大战前后至今，航空安全的思想经历了重大的演变，如图 1-2 所示。

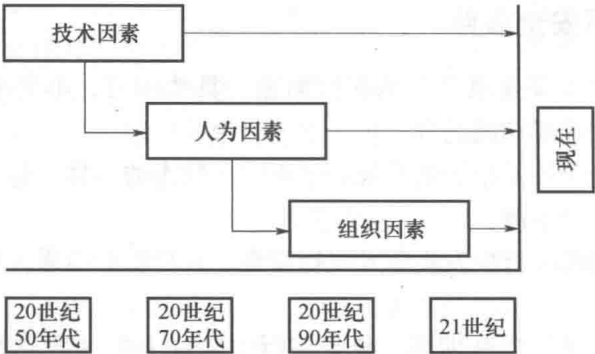


图 1-2 安全思想的演变

1.2.1 技术时代

第二次世界大战前后一直到 20 世纪 70 年代的早期，航空业称为“技术时代”，这个时代的安全思想主要是与技术因素结合在一起的。航空业已经成为大规模运输行业，但是支持航空运行的技术仍然很薄弱，技术故障往往是安全事故的原因。因此，安全方面的努力集中在调查和改进技术上。

1.2.2 人的因素时代

从世界航空安全历史发展趋势看，飞行事故万时率总体呈下降趋势，早期下降较明显，后期下降缓慢。其中人的因素导致的事故减少与装备和环境因素导致的事故减少并不同步，人的因素导致的事故下降要缓慢得多。特别是 1990 年以后，这种不同步下降趋势更加突出，人的因素相关事故所占比例持续增大，从早期的 30% ~ 40% 逐步上升到 70% 以上；装备和环境因素相关事故所占比例从早期的 60% ~ 70% 逐步下降到 30% 以下，如图 1-3 所示。各项官方事故调查报告的更为详尽的统计表明，在各种飞行事故的主要原因中机组

占主导地位，如图 1-4 所示。

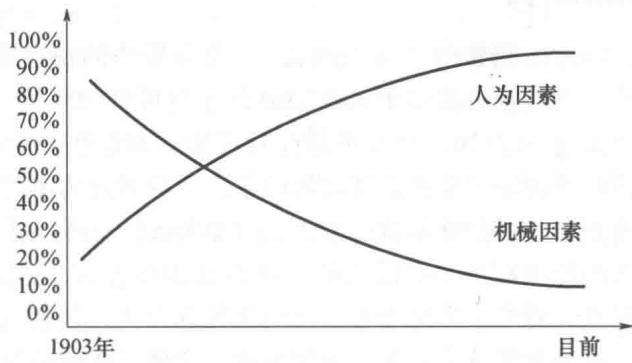


图 1-3 飞行事故原因随时间变化情况

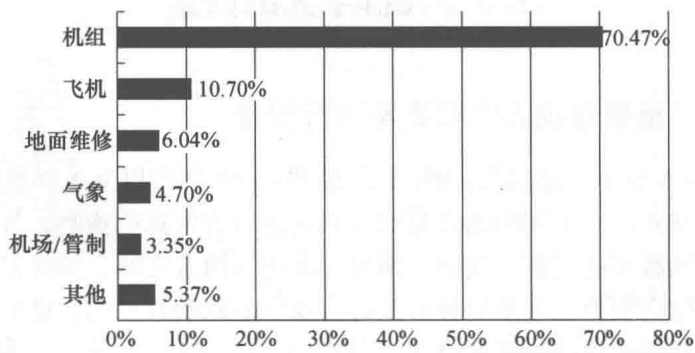


图 1-4 波音公司关于 1988—1997 年民航整机失事事故原因统计

美国空军对早期 600 起空中危险接近事件原因进行统计分析，其中 86% 发生在能见度大于 9km 的昼间简单气象条件。俄罗斯空军 70% ~ 80% 的飞行事故原因是人的错误，其中非应急状态下人的错误导致的飞行事故占 69%。这些数据都证实，大多数飞行事故都是人的低级错误导致的，人的错误已成为危及世界航空安全的主要因素。

20 世纪 70 年代早期，随着喷气发动机、雷达（空中和地面的）、自动驾驶仪、飞机控制仪的采用，技术进步改进了导航和通信能力，空中和地面提升航空绩效的技术使对安全的思考转移到人的错误上，由此开始了“人的因素时代”。对安全的关注转移到人的执行能力和人的因素上来，出现了机组资源管理（CRM）、面向航线的飞行训练（LOFT）、以人为中心的自动化和其他关于人的因素的干预措施。20 世纪 70 年代中期到 90 年代中期可谓是航空人的因素的“黄金时代”，航空业投入巨额资金，试图将不可避免的、无处不在的人的错误置于掌握之中。然而，尽管在减少人的错误方面进行了大量的投入，但是截至 20 世纪 90 年代中期，人的错误还是导致事故的主要原因。

1.2.3 组织时代

现在看来,在人的因素的“黄金时代”,安全思想的弱点很大程度上是:他们仅仅关注个人,而很少关注个人在完成任务时所处的环境。直到20世纪90年代早期,人们才认识到,个人不是在真空中,而是在一个限定的环境中进行操作。尽管科学领域里早就有环境影响个人行为并成为事件发生的决定因素的理论,但直到20世纪90年代,航空业才认识到,不管是阻碍还是推动,运行环境对个人的影响都是非常巨大的。这种认识标志着“组织时代”的开始。直到这个时代,对安全的思考才扩展到系统观点上,包括组织的、人为的和技术的因素。也是直到这个时候,组织事故这个概念才被航空业所接受。

1.3 飞行中人的因素

1.3.1 重新审视人的因素与飞行安全

如图1-5所示,波音公司统计了20世纪60年代以来世界范围内商用喷气飞机的安全状况。中间的曲线是对未来交通运力增长的预测,最上面的线代表对未来事故数量的预测,实际的情况可能在这两者之间。如此看来,确实要进一步改善航空安全。但是怎样有效防止航空事故的发生呢?这个问题的一部分答案可能是采用先进的科学技术。事实上,每一次投入新一代飞机都使航空安全有了重大的改善,但民航事故率仍然停留在每百万架次2次的水平上。

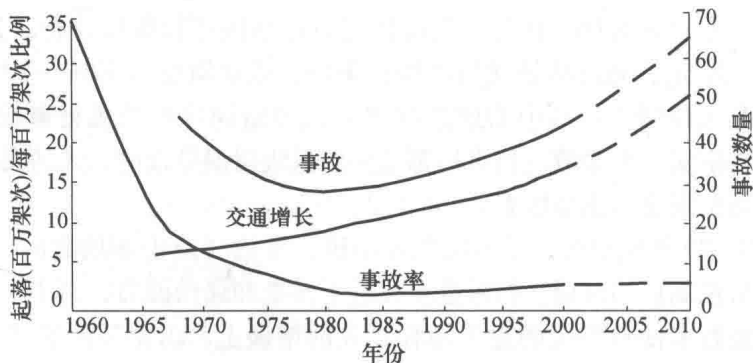


图1-5 商用喷气飞机事故数量、事故率与增长量

从图1-6可以看出,事故率明显下降是在20世纪60~70年代,主要原因涉及:一是设计技术上的进步使大型客机变得更安全可靠;二是操作环境显著改善,例如,仪表着陆系统、雷达系统等精密进近系统得以使用,引入了更

具体的操作程序和相应的检查单，使用模拟机供飞行员技术训练等。

但是，从图 1-6、图 1-7 也可以看出，不断走平的曲线说明航空安全水平在近些年并无大的提升。更不尽人意的是，新科技的引入，如定位系统和数据通信没能使航空事故哪怕在很短一段时间里消失。在人们尝试适应这些新功能的过程中航空事故也没有明显减少。而且，随着训练强度的加大，军事飞行事故的绝对数字可能还会变大。例如，2012 年美国空军发生的飞行事故中，死亡人员共 12 名、损毁飞机 9 架，超过了 2011 年的数量。

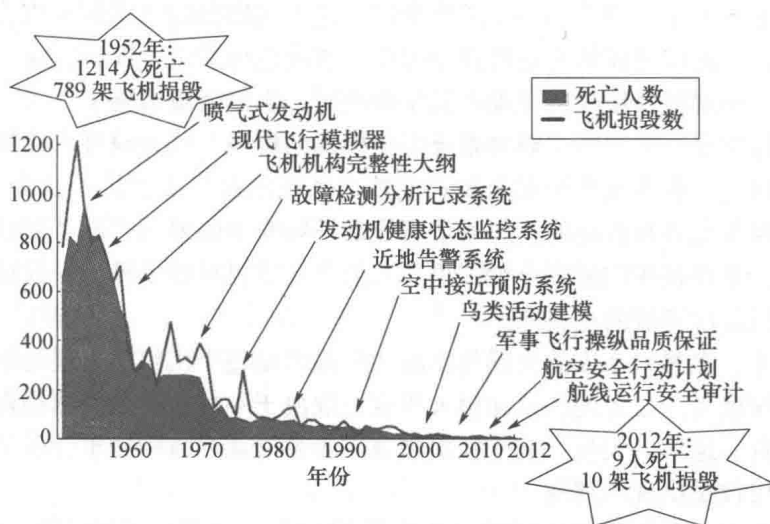


图 1-6 美国空军关于历史飞行事故的损伤统计

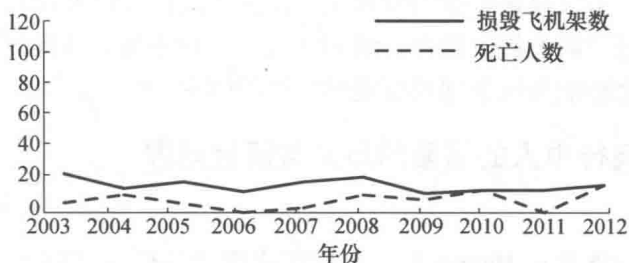


图 1-7 美国空军 2003—2012 年飞行事故伤亡情况

目前，军民航面临的问题是可改进的余地已经很小，而改进本身也很难达到，可以说要显著提升当前的航空安全水平越来越难。

长期以来，军民航领域都非常重视提高飞行员飞行技术本身，航空领域制定的各种章程对如何实施各项任务也都有严格的规定。而人的因素被视为各种问题的根源而不是解决问题的方法，并因此被忽略。

这就引起人们的思考：既然在技术和规定上可改进的空间不大，飞行中人

的因素就顺理成章地成为可能提供改进的领域之一。

根据波音公司关于 1990—1999 年全世界喷气飞机事故的统计分析结果,在各种飞行事故的主要原因中,机组占主导地位。根据美国空军的统计分析,在 1992—2012 财年期间,93% 的亡人事故都是由于人的因素造成的,而在 2006—2012 财年期间,93% 的亡人事故都是由于人的因素造成的。

那么,如何从人的角度预防飞行事故呢?如何防止由于人的失误引起的事故呢?事实上,对于过失之间的关联、即一线操作的失误与事故本身的关系,人们并不十分了解。当然,一个或多个过失是上面提到的大部分事故的主要原因。但是,即使没有任何真正的操作失误,事故也会发生;况且,每一次飞行任务中都会出现很多错误,在没有发生事故时,它们就被忽略了。

人们经常受一种狭隘主观的系统安全模式的影响,认为只有直接的失误才是事故原因。这种主观系统安全模式把整个系统割裂开来看待:认为飞行员、飞机、维修等是各自孤立的,忽略了真正的系统安全的要领,即各部分之间的相互作用。难怪在传统的安全模式里,人们会忽略机械技术系统,只认定飞行员的失误是每次事故的主要原因。

事实上,在某一个人的失误与事故之间或者是整个机组的失误与事故之间并没有直接联系。二者的联系在很大程度上取决于一些纯粹的偶然因素:可能是飞机位置、地形、天气、某个技术细节或者是一系列特殊的事件促使大事故发生而不仅仅是出现小问题。

社会系统和飞行操作系统也是决定失误与事故之间联系的重要方面。例如,如果大家都偶然按错了键,这个失误的后果就完全取决于键盘系统设置。更进一步地说,不仅仅是社会因素和飞行操作系统会决定失误与事故之间的联系。同样,飞行员的选拔、教育、培训方式、工作环境、飞行程序、飞行疲劳和飞行压力都是影响失误类型及可能的后果的因素。

1.3.2 飞行中人的因素的定义与研究范围

1. 定义

人的因素的英文是 Human Factors,在我国翻译成中文时有人为因素和人的因素两种表述方法。由于人的因素研究和应用的范围极其广泛,它所涉及的各种学科、各领域的专家学者都试图从自身的角度给该学科命名和下定义,因而世界各国对该学科的命名不尽相同,即使同一个国家对该学科名称的提法也很不统一,甚至有很大差别。例如,该学科在美国称为“Human Factors Engineering”(人的因素工程学)或“Human Engineering”(人类工程学),西欧国家多称为“Ergonomics”(人类工效学),而其他国家大多引用西欧的名称。“Ergonomics”一词是由希腊词根“Ergon”(工作、劳动)和“Nomos”(规律、规则)复合而成的,其本义为人的劳动规律。由于该词能够较全面地反

映该学科的本质，又源自希腊文，便于各国语言翻译上的统一，而且词义保持中立性，不显露它对各组成学科的亲密和间疏，因此，目前较多的国家采用“Ergonomics”一词命名该学科。

人的因素的研究在我国起步较晚，目前该学科在国内的名称尚未统一，除采用人机工程学外，常见的名称还有人—机—环境系统工程、人体工程学、人类工效学、人因工程学、工程学心理学、宜人学等。不同的名称，其研究重点略有差别。人为因素通常指与人有关的任何因素，一些国家认为人机工程学就是人为因素，两者可互换使用，但人为因素较人机工程学范围广。

我国国家一级学会的正式名称为“中国人类工效学学会”，其出版的学科刊物命名为《人类工效学》。我国航空航天领域采用“人—机器—环境系统工程”（Man - Machine - Environment Systems Engineering），它涵盖的内容更为广泛。

国际人机工程学会（International Ergonomics Association, IEA）对人机工程的定义被认为是比较权威和全面的，其定义是：人机工程是研究人在某种工作环境中的解剖学、生理学和心理学等方面的因素，研究人和机器及环境的相互作用，研究在工作中、生活中和休息时怎样统一考虑工作效率、人的健康、安全和舒适等问题的学科。

本书沿用民航领域的通用称呼“人的因素”这一名称。但是，任何一个学科的名称和定义都不是一成不变的，特别是新兴边缘学科，随着学科的不断发展，研究内容的不断扩大，其名称和定义还将发生变化。

根据国际民航组织的建议（ICAO Circular227, 1986），飞行中人的因素（Human Factors in Flight）可定义为关于人的科学。其研究的范围涉及航空系统中人的一切表现，它常用系统工程学框架，通过系统地运用人的科学知识，以寻求人的最佳表现。它的两个相互关联的目的是飞行安全和效益。

显然，关于飞行中人的因素目前没有统一的定义，澳大利亚空军认为：人的因素研究国防航空系统中人的错误致因，建立、评审、维护尽量减少飞行中人的错误的方法与程序。

综上所述，关于飞行中人的因素的定义，可从如下几个方面进行理解。

1) 飞行中人的因素是研究航空活动中人的表现的科学

人的因素研究人的机体和本性，人的机能和限制以及人在单独工作、与团队一起工作时的行为，其研究内容包括生命件与硬件、生命件与软件、生命件与环境、生命件与生命件之间的关系界面。在现代航空活动中，人、飞机、环境是构成航空系统的三个最主要的因素。无论航空器多么先进，自动化程度多么高，“人”始终是航空活动的主体。飞行中人的因素的研究重心正是侧重于航空活动中的人。人是系统的核心，是最关键的要素，其他要素必须与人的特征相匹配。

2) 系统工程学是人的因素分析问题、解决问题的常用工具和手段

系统工程学于 20 世纪 40 年代产生于美国, 20 世纪 70 年代初初步形成。它以系统为研究对象, 用定量化的思想和方法处理大型复杂系统的各种问题, 其最终目的是使系统的整体效益达到最佳。飞行中人的因素的研究范围极其广泛, 各种因素错综复杂地交织在一起, 从客观上构成了一个复杂的大型系统。要解决大型复杂系统的问题, 必须借助于系统工程学的思想和方法。

总体最优及平衡协调是系统论的基本观点。飞行中人的因素研究利用系统工程学的观点、方法, 对系统中存在的安全隐患进行定性、定量的分析和评估, 有针对性地采取措施, 优化人与系统的界面, 预防事故发生。对于每一起飞行不安全事件, 不管是大的事故还是小的事故征候, 都应该看作是系统漏洞导致的结果, 而不应该仅仅看作是个人的错误。

层次性是系统的基本属性。飞行中人的因素强调从个体、团队、组织三个层次理解人的能力与局限。从要素到系统, 人的因素涉及个体、团队以及组织三个层次。一改以往航空领域人的因素教材只专注于个体的性格和行为, 本书系统地个体、机组和组织三个层次上解释人的行为。

3) 航空飞行系统是复杂社会技术系统

20 世纪 60 年代初, 英国 Tavistock 研究所的研究人员提出了社会技术系统 (Socio - Technical Systems) 的概念与理论。从系统科学的观点看, 这类系统又是由技术设施、人、组织三类元素构成的。各类元素相互作用构成复杂的功能结构, 这类系统积聚着巨大的能量, 一旦发生事故, 不仅人员伤亡及直接经济损失惨重, 而且会造成超出自身范围的巨大不良社会影响, 这种不良社会影响不仅表现为巨大的社会恐慌, 还可能引发公众对一切科学技术及其产物的不加区别的、强烈的否定态度, 从而阻碍科学技术的发展及应用。经验还证明, 在这类复杂社会技术系统中发生的危及安全的事件, 往往都包含技术设施、人、组织三类元素的作用。

社会技术系统泛指技术密集和资金密集、积聚能量巨大的工业组织, 又称复杂社会技术系统 (Complex Socio Technical Systems), 如核电、航天、航空、化工和石油化工等。这类系统往往率先应用科学技术发展的最新成果, 自身积聚了巨大能量, 因此, 也称高风险组织 (High Risk Organization, HRO)、高可靠性组织 (High Reliability Organization, HRO), 其安全运行是企业效益和社会效益的根本保障。

飞行中人的因素强调其研究对象是由人和技术构成的复杂系统, 具体要素涵盖飞行员的选拔、飞行训练、飞行程序、装备设计、训练监督、工作条件以及安全文化等多方面情况, 这类系统是典型的复杂社会技术系统。从复杂性科学的角度出发, 安全可以看作是在一定环境下系统元素相互作用而产生的涌现 (Emergent) 特性, 而涌现特性受到与系统元素行为相关的约束 (Constraint)