

中国民用航空总局飞标司推荐
民用航空器维修基础系列教材

人为因素和航空法规

(ME AV)

朱丽君 刘珂 主编

兵器工业出版社

《民用航空器维修基础系列教材》 编写委员会

主任委员：徐超群

副主任委员：任仁良

编委：徐超群 任仁良 郑连兴 许春生
李幼兰 王会来 朱丽君 刘建英
张铁纯 刘建新 郝劲松

出版说明

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,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,中国民航总局飞标司组织成立了《民用航空器维修基础系列教材》编写委员会,其任务是编写一套适用于中国民航维修要求,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,本系列教材根据CCAR-66R1民用航空器维修人员执照基础部分考试大纲编写。这套系列教材共11本,内容覆盖了考试大纲的所有模块,具体每一本教材的适用专业和对应的考试大纲模块见下表:

序号	书名	适用专业	覆盖CCAR-66R1考试大纲模块
1	电工基础	ME、AV	M3
2	电子技术基础	AV	M4、M5
3	电子技术基础	ME	M4、M5
4	空气动力学和维护技术基础	ME、AV	M6、M8
5	人为因素和航空法规	ME、AV	M9、M10
6	涡轮发动机飞机结构与系统	ME-TA	M11
7	涡轮发动机飞机结构与系统	AV	M11、M14
8	直升机结构与系统	ME-TH、PH	M12
9	活塞发动机飞机结构与系统	ME-PA	M13
10	燃气涡轮发动机	ME-TA、TH	M14、M16
11	活塞发动机	ME-PA、PH	M15、M16

该系列教材力求通俗易懂,紧密联系民航实际,针对性强,可作为民航机务维修人员或有志进入民航维修业的人员培训或自学用教材,也可作为CCAR-147维修培训机构的基础培训教材或参考教材。

在这套教材的编写过程中，我们得到了中国民航总局飞标司、中国民用航空学院、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、民航上海中等专业学校、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等单位以及航空器维修领域的 40 多位专家的大力支持，在此一并表示感谢。

由于编写时间仓促和我们的水平有限，书中还存在着许多错误和不足，请各位专家和读者指出，以便再版时加以纠正。

《民用航空器维修基础系列教材》编委会
2006 年 2 月 10 日

前 言

《人为因素和航空法规》分上下两篇。上篇第1~9章介绍人为因素，下篇第1~7章介绍了航空法规及维修出版物。本教材是按照中国民航规章CCAR-66R1《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编写的，本书的编写内容是航空器维修人员必须要掌握的基础知识，在编写过程中，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维修基础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。

本教材还可以用作学习人为因素和民用航空法规的启蒙教材。如果想获得更多详细资料，还需阅读本文中提到的一些文献、民用航空规章的原文和咨询通告等。

上篇由朱丽君主编和统稿，内容包括人的行为表现和局限性、社会心理学、影响工作表现的因素、物理环境、任务、沟通、人为差错和工作区域内的危险。其中第1章、第2章、第4章、第5章由邓立辉、刘晓阳编写；第3章、第8章由花迎春编写；第6章、第7章、第9章由陈卫强编写。

下篇由刘珂老师主编和统稿，内容包括法规框架、航空器证书、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、民用航空器运行维修要求以及持续适航文件。其中第1章由刘珂编写；第2章由冯家澍编写；第3章由李文铨编写；第4章由陆崑编写；第5章由花迎春编写；第6章由李伟编写；第7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，包括民航总局飞标培训中心、民用航空器维修人员执照考试管理中心、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
2006年8月21日

目 录

上篇 人为因素

第1章 绪论	(3)
1.1 考虑人为因素的必要性	(3)
1.2 与人为因素/人为差错有关的事故征候和事故	(10)
1.3 墨菲定律	(13)
第2章 人的行为表现和局限性	(14)
2.1 视觉	(14)
2.2 听觉	(19)
2.3 信息处理	(21)
2.4 幽闭恐惧症、恐高症	(27)
第3章 社会心理学	(29)
3.1 社会环境	(29)
3.2 个人与团队的责任	(29)
3.3 激励和缺乏激励	(30)
3.4 同事间的压力	(32)
3.5 文化问题	(33)
3.6 团队工作	(35)
3.7 管理、监督和领导力	(36)
第4章 影响工作表现的因素	(38)
4.1 身体健康	(38)
4.2 来自家庭和工作的紧张压力	(40)
4.3 时间压力和期限	(42)
4.4 工作负荷——超负荷工作和工作量不足	(43)

4.5	睡眠、生物节律、疲劳和倒班	(45)
4.6	酒精、滥用药物和毒品	(49)
第5章	物理环境	(50)
5.1	噪音	(50)
5.2	强烈气味	(51)
5.3	照明	(51)
5.4	气候和温度	(52)
5.5	移动和振动	(53)
5.6	工作环境	(53)
第6章	任务	(54)
6.1	体力工作	(54)
6.2	重复性工作	(55)
6.3	目视检查	(56)
6.4	复杂系统工作	(58)
第7章	沟通	(61)
7.1	团队内部和团队间的沟通	(61)
7.2	团队沟通	(64)
7.3	团队间的沟通	(64)
7.4	沟通的问题	(65)
7.5	工作日志和记录	(65)
7.6	信息的及时和有效性	(65)
7.7	信息的传达	(66)
第8章	人为差错	(68)
8.1	人为差错理论模型	(68)
8.2	人为差错类型模式	(71)
8.3	在维修工作中的人为差错表现模式	(74)
8.4	人为差错的控制和管理	(77)
第9章	工作区域内的危险	(80)
9.1	认识和避免危险	(80)
9.2	紧急情况处理	(81)

下篇 民用航空法规和维修出版物

第1章 法规框架	(85)
1.1 国际民用航空组织职责	(85)
1.2 中国民用航空总局职责	(88)
1.3 中国民航适航维修法律法规体系	(92)
第2章 航空器证书	(94)
2.1 民用航空产品和零部件合格审定	(94)
2.2 运行规章对民用航空器的一般要求和使用限制	(101)
第3章 维修和改装一般规则 (CCAR-43 部)	(106)
3.1 术语解释	(107)
3.2 工作准则	(107)
3.3 附加的检查工作准则	(108)
3.4 实施维修和改装的人员资格	(110)
3.5 维修和改装后批准恢复使用	(110)
3.6 缺陷和不适航状况报告	(113)
3.7 维修管理指令	(114)
第4章 民用航空器维修单位合格审定规定 (CCAR-145 部)	(115)
4.1 维修单位合格审定和管理的一般要求	(115)
4.2 对维修单位的硬件要求	(119)
4.3 对维修单位的组织机构 (管理系统) 的要求	(125)
4.4 对维修单位的其他要求	(128)
第5章 民用航空器维修人员执照管理规则 (CCAR-66 部)	(134)
5.1 适用范围	(134)
5.2 定义	(135)
5.3 CCAR-66R1 执照类别	(135)
5.4 执照、资格证书的申请条件	(136)
5.5 执照、资格证书的管理模式	(139)
5.6 执照、资格证书的考试	(139)

5.7	执照、资格证书的颁发和签署	(140)
5.8	执照和资格证书的有效期和续签	(142)
5.9	执照持有人的权利	(143)
5.10	执照和资格证书持有人的义务	(143)
5.11	等效安全	(144)
5.12	罚则	(144)
5.13	附加规定	(144)
第6章	民用航空器运行维修要求	(146)
6.1	概述	(146)
6.2	公共航空运营人的维修工程管理	(149)
6.3	其他与运行相关的维修要求	(152)
第7章	持续适航文件	(158)
7.1	维修大纲	(158)
7.2	维修方案	(159)
7.3	可靠性方案	(160)
7.4	主最低设备清单 (简称 MMEL)	(161)
7.5	最低设备清单 (简称 MEL)	(162)
7.6	构型偏离清单 (简称 CDL)	(162)
7.7	保留故障/缺陷工作程序	(163)
7.8	适航指令 (简称 CAD)	(163)
7.9	服务通告 (简称 SB)	(164)
7.10	服务信函 (简称 SIL)	(164)
7.11	航空器维护手册 (简称 AMM)	(165)
7.12	结构修理手册 (简称 SRM)	(165)
7.13	图解零件目录 (简称 IPC)	(165)
7.14	其他修理和改装文件	(166)
缩写词		(167)
参考文献		(168)

上篇 人为因素

第1章 绪 论

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。

航空维修中的人为因素，主要是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。近年来的研究表明，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；随着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却在不断地增加。重视航空维修中的人为因素，努力降低维修工作中的人为差错，是世界各国航空界近年来共同追求的目标。

1.1 考虑人为因素的必要性

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飞行中的应用取得了不可低估的效果，机组资源管理使机组原因造成的事故明显减少。航空维修在航空运输中，对航空公司的效益有着举足轻重的影响。航空维修差错近年呈上升趋势，已引起航空界的广泛关注。维修人员的工作表现直接关系到航空维修工作的质量，而飞机的维修质量又直接影响着航空安全。

1.1.1 航空安全的回顾

航空界对航空安全极为关注，如果没有安全，就没有航空业的生存，更何谈航空业的发展。

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，成为影响航空安全的主要因素，占全部事故的80%以上，如图1-1所示。当时，人们主要关注和解决的是飞机自身的性能问题。在这个时期，航空界主要是通过技术改进来解决航空安全问题。事实证明，这种方法取得了成功，显著地降低了事故率。

20世纪70年代中期，由于航空器安全水平的提高，飞机的机械原因导致事故的比例，从80%降低到20%。但是人为差错在先进的设备下仍然出现，并且，这种情况越来越明显（占事故比例的80%）。人们逐渐认识到，航空器的可靠性已远远大于人操作的可靠性，人的失误会对飞机构成更大的威胁，这使得提高航空安全的关注点逐步转移到人的身上。

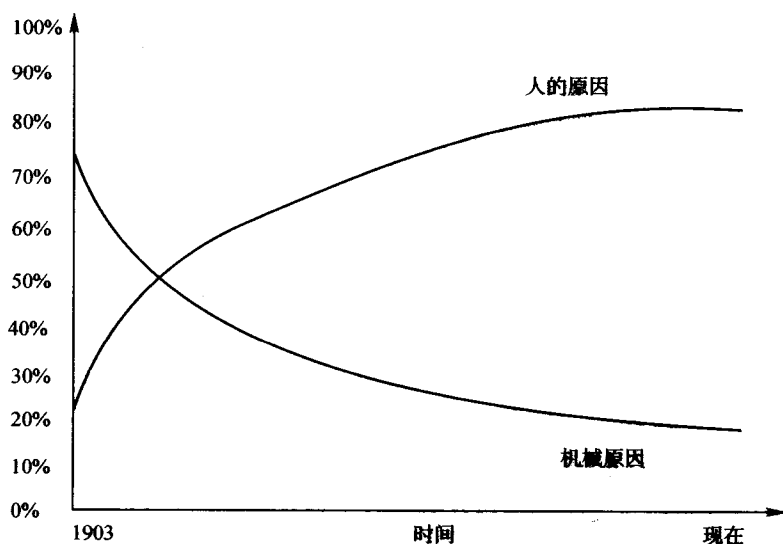


图 1-1 事故原因分析

1.1.2 航空维修与航空安全

随着新技术的应用，航空器的安全性和可靠性大为提高，于是航空界将关注安全的目光转向飞行机组和空中交通管制。而航空维修中的人为因素问题却没有得到足够重视。为此，民航业付出了代价。

在一些事故中，由维修引起的差错本身就是导致事故发生的主要原因，而另外一些事故中，维修差错是导致事故发生的事件链中的一个环节。

由于航空维修作为主要原因而导致的飞行事故不容忽视。应值得密切关注和重视。

1979年，美利坚航空公司在芝加哥发生的DC-10飞行事故，就是由于发动机更换程序不当造成的，按照该程序（程序未经批准），拆下的吊架和发动机作为整体而不是分别安装，这个差错导致应力集中，造成吊架结构损伤。飞机在起飞后，安装在机翼上的一台发动机与其吊架脱离，随后，液压系统损坏引起了左翼外侧前缘缝翼收上，从而使飞机失去了控制。

1985年，日本航空公司一架波音747飞机后压力隔框由于修理不当，出现故障，造成在空中快速释压。随后因机身尾部圆形压力隔框爆炸性破坏形成的冲击波，导致控制系统失效和飞机损坏，造成大量人员死亡。

1988年，我国一架伊尔18飞机由于维修原因，造成4发右启动发电机电枢内部绝缘失效，风扇叶片破碎和轴承损坏等故障，引起电枢绕组对地短路，电枢后端高温烧蚀，4发失火坠落，破坏了机翼气动外形，最终导致飞机坠毁。

与维修有关的飞行事故呈上升趋势。根据对全世界商业喷气机事故原因的统计（见图1-2），近10年由于机组原因下降了3.3%，空管原因下降了1.2%，而与航空维修有关的事事故不但没有下降，反而呈上升趋势，由原来的3.4%上升至6%，增加了近1倍。

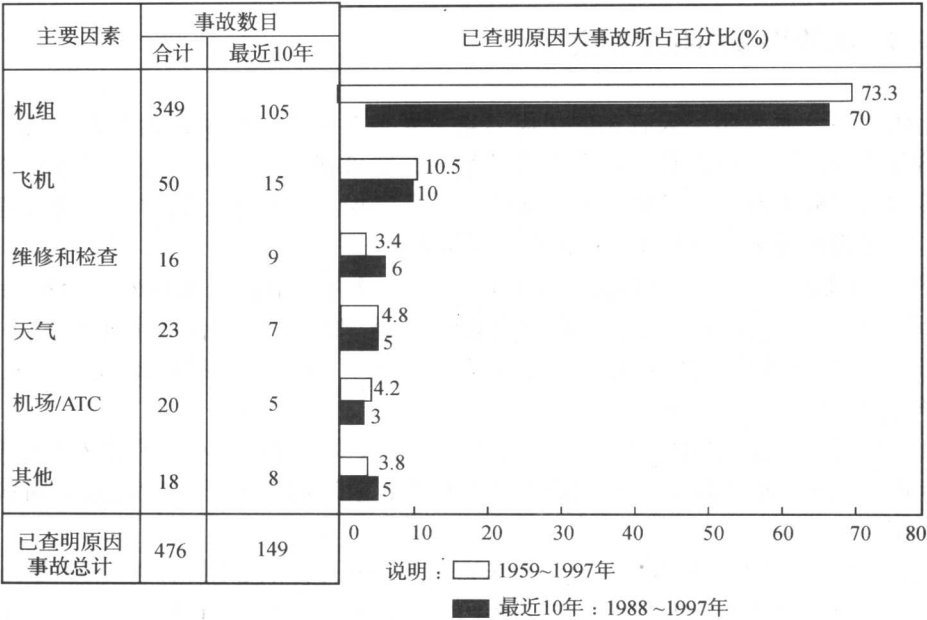


图 1-2 全世界喷气运输机事故的统计

我国运输飞行事故中维修所占的比例情况如图 1-3 所示：1949~1998 年为 7.9%，1989~1998 年为 16.7%。

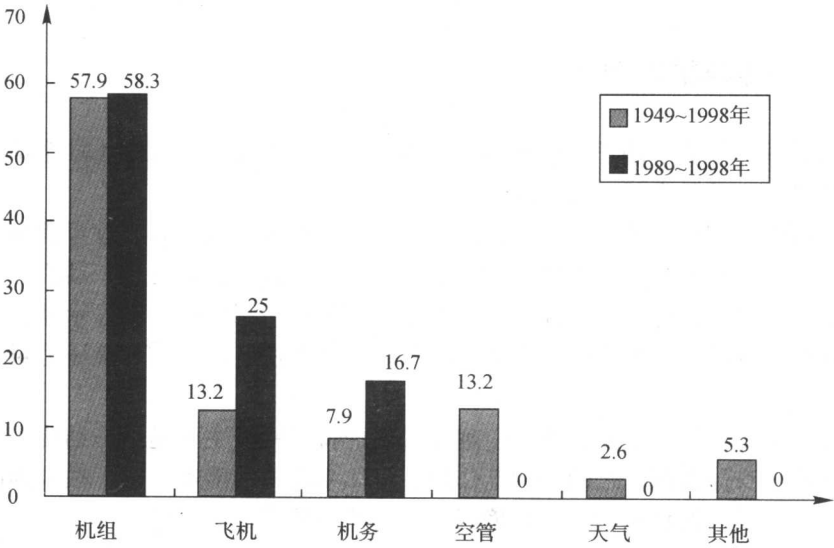


图 1-3 中国民航运输飞行事故统计

上述资料表明：如果不能从这些事故中吸取经验教训，采取有效对策，那么与维修相关的安全问题将会持续发生。

1.1.3 人为因素的起源和定义

“人为因素”，通常指与人有关的任何因素。人类在五千年前就开始制作工具，将斧柄做成适合于人手的大小和形状，提高了劳动效率，这可视为人类在人为因素方面的早期应用。人为因素起源于欧洲，又被称为工效学，其学科形成在美国，被称为人类工程学。但是，人为因素发展成为一门现代学科仅有一百年的历史。

在第一次世界大战中，需要优化工厂的生产以及将军事任务更有效地分配给成千上万的新兵。在第二次世界大战中，最有效地操作越来越复杂设备的需求超出了人们的能力范围。所有这些都刺激了人为因素研究的发展，随着一些组织的成立，人为因素逐步走向制度化。

人为因素是一门新兴的边缘学科，世界各国对于人为因素这一术语的定义并不统一。在一些国家中，认为人机工程学（有的称人类工程学，欧洲称工效学）就是人为因素，两者可互换使用。

“人机工程学”源自希腊语 *ergon*（工作）和 *nomos*（自然法则），于1949年由 Murrell 提出，他将其定义为“研究人在其工作环境中的有效性”。但是，有些国家将人机工程学严格用于人一机系统设计的研究，认为人为因素则具有更广泛的含义。

1986年国际民用航空组织在227咨询通告中，将人为因素定义为：人为因素是有关人的科学；关于工作和生活环境中的的人，人与设备、程序及周围环境之间的关系，人与其他人的关系；人为因素涉及航空系统中人的所有特征；它经常利用系统工程学框架，通过系统地应用人的科学，以寻求人的最佳表现。其两个相互关联的目标是安全和效率。

1.1.4 人为因素的学科性质

人为因素是一门涉及心理学、生理学、人体测量学、工程学、医学、社会学和统计学等多学科的边缘科学，并具有很强的实践性。

心理学是研究心理规律的科学。心理规律指认识、情感、意志等心理过程和能力、性格等心理特征的规律。心理学关注的特定领域主要是感官特征、信息处理、动机、情绪、思维方法、心理运动技能、人为差错。在人为因素所应用领域包括控制器和显示器的设计、功能分配、人员训练系统的要求和方法、人员选拔的要求和方法、情绪和环境压力对人表现的影响等。

生理学是研究生物体功能的科学。生理学关注的特定领域主要是细胞结构和化学、器官组织机构和功能、身体各部分之间的相互作用、身体系统的功能和要求。在人为因素中应用的领域包括环境系统、饮食和营养、环境因素的影响和要求的确定等。

人体测量学是人类学的一个分支学科。主要是通过人体整体测量和局部测量来研究人体的类型、特征、变异和发展规律。人体测量学关注的特定领域主要是解剖学、生物力学、运动技能学。人体测量学在人为因素的应用领域包括地面支持设备、维修口盖的尺寸、工作站布局（可达性、座椅的调节范围）等。

工程学是将自然科学应用到工业和农业生产部门中去而形成的各学科的总称。如水利工

程、机电工程、冶金工程、化学工程、生物工程等。这些学科是应用物理学、数学、化学、生物学等基础科学的原理,结合在科学实验及生产实践中积累的技术经验而发展起来的。工程学关注的特定领域主要是结构、液压、机械、电气、电子和空气动力设计、系统分析、模拟、原材料、光学等。工程学在人为因素中的应用领域包括,显示器和控制器的设计、控制系统的设计、复杂系统的设计、光学系统的设计、模拟机设计等。

医学是研究人类生命过程以及同疾病作斗争的科学体系。医学关注的特定领域主要是各种力量、射线、化学和疾病对人的影响;保持健康和身体状况良好的适当方法。人为因素中的医学应用领域包括毒理学、化学、如何保持健康等。

社会学是从社会整体出发,通过社会关系和社会行为来研究社会的结构、功能、发生、发展规律的社会科学。社会学关注的特定领域主要是班组和团队的组成。

统计学是研究搜集、整理和分析大量事物变化和关系的科学。从事人为因素的研究,必须正确分析、研究或归纳调查数据,运用统计学的原理和方法进行数据分析,有助于得出科学客观的结论。

人为因素涉及多学科学术知识。但是,其主要目的是解决现实世界中的实际问题,即以应用为中心而不是以学术为中心。

1.1.5 航空界对人为因素的需求

随着人类社会的进步与发展,世界范围内经济的增长,航空运输将得到持续发展。如果保持现行的事故率,全世界飞机损失的预测如图 1-4 所示。

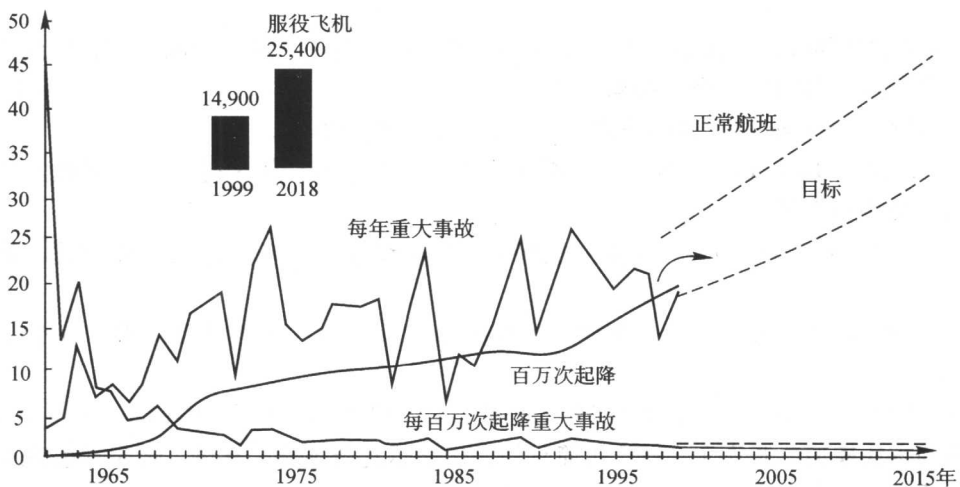


图 1-4 全世界飞机损失预测

航空安全趋势的预测是通过航空事故的数据统计得到的,其结果令人感到不安。

1959 年以来,从全球范围内民用运输飞行发生事故的情况来看,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架次大约 3 起事故。在近 20 年中事故率的下降变得“非常”缓慢,甚至可以说“不明显”。这种趋势平台使得

一些人认为进一步降低事故率的可能性不大。然而,根据飞行安全基金会预测,全球范围内的航空运输量在未来 10~15 年内有望成倍增长。因此,即使保持当前的安全水平,由于飞机数量和飞行时间的增加,航空事故的数量也可能增多。到 2015 年飞行事故将达到一年 45 起,平均不到 9 天会发生一次飞行事故。这是令人难以接受的预测结果。

航空界面对挑战,要做的只能是采取措施,进一步降低事故率,别无他路可走,航空界提出要将重大事故率下降 50%,全行业要为实现这一目标而共同努力。

随着航空技术的发展,因机械原因导致的事故比例逐年下降,而由人为因素引发飞行事故的比例逐年上升,这引起人们的高度重视。前美国联邦航空局局长 Admiral Donald Engen 在 1986 年曾指出:“我们花了 50 年的时间在飞机的硬件上,现在硬件已经非常可靠了,如今该是与人打交道的时候了”。这个宣告为评估航空界对人为因素的需要奠定了基础。

应用人为因素并不仅限于飞行安全需要。缺乏人为因素知识还对效率有着重要影响。运行中忽视人为因素可能会使人完成任务时表现不佳,从而影响效率。有动机的人的工作效率高于没有动机的人,具有进取心和敬业精神的人在工作中更能发挥其潜能,减少差错,提高效率;驾驶舱中显示器和控制器以及维修厂房、车间和设备的合理布局会提高人的工作效率;受到合理训练和监督的维修人员更有可能提高工作效率;标准工作程序可提供防错和最有效的工作方法;发挥团队作用,更能提高效率。

综上所述,民用航空系统中,研究和应用人为因素的目的主要是保障安全和提高效率。

1.1.6 SHEL 模型

用一种模型可以帮助我们来理解人为因素。SHEL 模型是一种常用的模型,它的名字是由模型中各组成部分的第一个字母构成的:

S——软件 (Software),即维修程序,维修手册,检查单等。

H——硬件 (Hardware),即工具,测试设备,飞机结构,驾驶舱设计,操纵系统和仪表的配置和使用特性等。

E——环境 (Environment),例如:机库条件和航线条件等环境以及工作方式,管理机构等。

L——生命件/人 (Lifeware),例如:处于模型中间的人,包括维修人员、主管、计划员、经理等。

SHEL 模型是 Elwyn Edwards 教授 1972 年提出的。1975 年, Frank Hawkins 将其发展为一个带齿边的方块模型 (见图 1-5)。用简化的方法表示复杂系统,具体、形象地表现人为因素研究的范围、基本要素以及它们之间的相互关系。

在 SHEL 模式中,方块界面的匹配与不匹配,如同方块图形本身的特征一样重要。有一处不匹配就意味着一个人为差错源。人是这个模式的中心,被认为是系统中最重要,同时其适应能力也是最重要的组成部分。人的表现有很大差异,且承受着许多限制。这个方块边缘是锯齿状的,如要避免系统的内应力甚至分裂,系统的其他部分必须小心地与之匹配。因此,有必要了解此中心的特点,诸如人体尺寸、外形和人体需求,输入特点,信息处理,输出特点和环境忍耐力。