

民用航空 人的因素培训手册

中国民用航空总局人为因素课题组/编著



中国民航出版社

民 用 航 空 人的因素培训手册

中国民用航空总局 编著
人为因素课题组

中国民航出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

民用航空人的因素培训手册/中国民用航空总局
人为因素课题组编著. —北京: 中国民航出版社,
2003.8

ISBN 7-80110-502-8

I. 人...

II. 中...

III. 民用飞机-飞行事故-事故分析-技术培训-手册

IV. V328-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 056674 号

民用航空人的因素培训手册

中国民用航空总局人为因素课题组 编著

出版	中国民航出版社
社址	北京市朝阳区光熙门北里甲 31 号楼 (100028)
发行	中国民航出版社 新华书店经销
电话	(010) 64290477
印刷	北京今典印刷有限公司
照排	中国民航出版社激光照排室
开本	850 × 1168 1/32
印张	12.75
字数	300 千字
版本	2003 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月第 1 次印刷

书号	ISBN 7-80110-502-8/V·182
定价	25.00 元

(如有印装错误, 本社负责调换)

前 言

民用航空中的事故有 3/4 是由于人的因素造成的，为此，世界各国都在积极研究解决从业人员的人为表现问题，以减少民用航空人为差错事故的发生。

为了提高中国民航安全管理水平，促进民用航空事业的发展，2000 年 4 月 3 日民航总局下发了《关于开展人为因素研究工作的通知》，成立了领导小组和专业课题组，以推动全行业人的因素研究和应用。

在民航系统开展人的因素研究及其应用的重要任务之一，就是使每个人都了解一些人的因素知识。为此，民航总局人为因素课题组将编写培训教材列为“民用航空人为因素研究及其应用”课题的任务之一。这本《民用航空人的因素培训手册》就是依据该项课题任务编写的。

《民用航空人的因素培训手册》共分七章：第一章基本概念、第二章基本理论和方法、第三章人机工程学、第四章以人为中心的自动化、第五章人的因素调查与分析、第六章航空器维修关注的主要问题及其对策、第七章安全调查员人的因素培训。本手册有两个附录：附录 1 航空人员的维修差错管理、附录 2 航空维修人的因素警示宣传画。

《民用航空人的因素培训手册》旨在介绍人的因素基本概念、理论和方法及其与传统安全观念的区别，结合我国实际情况，阐

述如何应用人的因素理论和方法进行人为差错事故的调查分析。根据对近十多年维修差错事故的调查分析结果，本书提出了我国在民用航空维修方面值得关注的主要问题及建议采取的对策。

本手册适用于民用航空政府行业管理部门、航空公司、航空器维修单位以及大专院校的人的因素培训，也可供航空界其他专业人员、管理人员和科研人员学习参考。

本手册由刘加祯编著。在编写过程中，民航总局飞行标准司给予了大力支持，同时得到了航空公司、维修单位和院校有关人员的帮助，徐超群、刘汉辉、罗晓利、祝希波、吴孝成、陈楠、冯毅、卓烈、邓立辉等专家、工程技术人员，对该书提出了补充、修改意见，在此一并表示感谢。

人的因素是一门跨学科的新兴科学，是世界各国都在积极探索的前沿课题，鉴于这门学科难度及编者水平限制，错误和不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

2003 年 2 月

目 录

前言

第一章 基本概念	(1)
第一节 背景	(1)
第二节 人的因素含义	(4)
第三节 航空界对人的因素需求	(11)
第四节 航空维修中人为差错及其预防	(20)
第二章 基本理论和方法	(32)
第一节 航空安全管理发展进程	(33)
第二节 组织和管理	(43)
第三节 组织的基本要素及其对安全的影响	(55)
第四节 管理人员对安全的影响	(70)
第三章 人机工程学	(82)
第一节 概述	(82)
第二节 人的能力	(91)
第三节 显示器、控制器和驾驶舱设计	(102)
第四节 环境	(122)

第四章 以人为中心的自动化	(129)
第一节 航空系统中的自动化	(129)
第二节 以人为中心的技术	(136)
第三节 以人为中心的自动化的原则	(139)
第四节 以人为中心的自动化的质量	(145)
第五章 人的因素调查与分析	(153)
第一节 人的因素分析总体框架设计基本要求	(153)
第二节 人的因素分析总体框架设计实例	(155)
第三节 应用人的因素框架做案例调查分析	(178)
第四节 趋势分析与对策	(204)
第六章 航空器维修关注的主要问题及其对策	(208)
第一节 世界上航空维修中人的因素问题	(208)
第二节 我国航空维修中人的因素现状	(209)
第三节 预防差错的思路与对策	(218)
第七章 安全调查员人的因素培训	(235)
第一节 人的因素调查的需求和目的	(235)
第二节 调查的实施	(248)
第三节 报告和预防措施	(265)
第七章附录 1 人的因素检查单	(277)
第七章附录 2 与证人面谈的技巧	(301)
第七章附录 3 人的因素的内容	(309)
附录 1 航空人员的维修差错管理	(319)
附录 2 航空维修人的因素警示宣传画	(360)
参考文献	

第一章 基本概念

1940年航空界首次统计出3/4的航空器事故是由于一种或多种被称作“人的差错”原因造成的，然而，到目前为止，这种状况并没有明显改变，颇具挑战性。如果要降低事故率，就必须很好地理解航空业中人的因素问题和更广泛更主动地应用人的因素知识。主动应用人的因素知识的含义是：在系统的设计和审定阶段以及运行人员获取资格的过程中，融入人的因素知识。航空界开展人的因素研究和应用工作，对于提高航空安全水平和经济效益具有重要意义。

为使读者理解和应用人的因素知识，本章将概要介绍国内外有关人的因素发展进程中的重要事件和人的因素基本知识，内容包括：

- 背景；
- 人的因素的含义及其概念模型；
- 航空界对人的因素的需求；
- 人为差错；
- 民用航空器维修中人的差错及其预防。

第一节 背 景

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，这可视为人类在人的因素方面的早期应用。但是，人的因素发展成为一门现代学科仅一百年的历

史。

1924年至1930年美国 Western Electric的Hawthorne工程研究证明，与工作本身无直接关系的心理因素会明显影响人的工作效率，这就是“Hawthorne效应”。

1945年剑桥建立了应用心理学研究机构（APU），进行了许多极有价值的人的因素研究工作。其心理学实验室研制了一台驾驶舱研究模拟器，后来被称为“剑桥驾驶舱”。在该模拟器上所做的实验表明，机组的技术表现相当程度上取决于显示器和控制装置的设计、布局和说明。换句话说，要提高工作效率，就必须使机器、设备适合人的特点。

人的因素百年史具有重要意义的事件是确立人的因素应有的学科地位。英国于1949年建立工效学学会，1959年在此学会的基础上成立了国际工效学协会（IEA）。1957年美国建立人的因素学会，后该学会并入IEA。

1940年航空界首次得出3/4的航空器事故是由于一种或多种被称作“人的差错”造成的，35年后国际航空运输协会证实了这一数据的正确性。

在航空业中进行人的因素基础教育，可视为人的因素研究和应用的重要里程碑。1971年英国的Loughborough大学开设了为期两周的“运输飞机运行中人的因素”课程，后来在Aston大学和美国的南加里弗尼亚大学等地也开设了类似课程。1978年荷兰皇家航空公司（KLM）首次推出了“人的因素知识课程”，提出了大规模、低费用、课堂讲授人的因素基本原理的观点，后来，这一课程为其他国家的许多机构采用。

20世纪70年代初期，航空运输运行中人的因素问题引起了国际航空运输协会（IATA）的关注，组建了人的因素委员会，并于1975年召开了伊斯坦布尔会议。

国际民航组织在认识到人的因素研究和应用的重要性后，在下列国际民航公约的指导文件中增加了人的因素要求：附件1

《人员执照的颁发》(1989年);附件6《航空器的运行》(1995年);附件13《航空器事故调查》(1994年)。

1977年,一个悲剧性的重要事件发生了,这就是两架波音747飞机在特那利夫岛(Tenerife)相撞,583人死亡,损失1.5亿美元,成为航空史上空前的大灾难,这起空难完全是由于人的差错造成的。

人的因素百年史中,一个极具影响力的事件是美国联邦航空局(FAA)和国家宇航局(NASA)于1976年建立了航空安全报告系统(ASRS)。NASA负责该系统的运行,FAA提供研究项目的所有费用。ASRS首次正式确认,如果存在对报告所涉及的人进行惩罚的可能性,人们在主动地、真实地报告人的差错方面打折扣就在所难免。我们也就不可能获得足够的有价值的信息来进行人的因素和人操作错误的分析。目前ASRS数据库约有20万份报告,该系统平均每月收到约3000份报告,主要来源于航空公司的飞行员。这些报告为有效的计算机分析提供了充足的数据,让政府和企业对人的因素问题引起重视。建立类似系统的还有英国、加拿大和澳大利亚等国家。我国东方航空集团公司正在进行试点工作。

我国在民用航空人的因素研究和应用方面与一些先进国家相比起步较晚,但是进展较快。20世纪80年代民航开始探索飞行人员选拔的心理因素问题。1991年,民航飞行学院在空勤学员中开设航空心理学、航空生理学课程。民航总局从1992年开始关注航空维修中人的差错问题,并对相关事件进行统计。1998年,民航总局批准适航中心申报的“航空人的因素问题研究”课题,对航空维修中的人的因素问题进行研究。民航各业务系统和企事业单位,在不同层面和范围,就人的因素有关问题进行研讨。具有重要意义的是在2000年4月3日,民航总局颁发了《关于开展人为因素研究的通知》,决定把“民用航空人为因素研究及其应用”项目列为民航系统的重要科研课题。国家有关部

(委) 非常支持民航人的因素研究项目：国家经济贸易委员会将该项列入安全生产技术专项措施项目；科技部批准该项目正式列为科研项目。

为了加强对课题的组织领导，推动人的因素研究和应用工作深入开展并取得良好成效，民航总局成立了人的因素课题领导小组，组建了机组资源管理、航空器维修、空中交通管制三个专业课题组，制定了《民用航空人为因素研究及其应用规划》，确定了近期（两年）研究内容和长远的研究方向，有效地推动了民用航空系统人的因素研究和应用工作的开展。

第二节 人的因素含义

一、人的因素定义

人的因素是一门新兴的学科，有许多问题需要人们研究和探讨。从目前的情况来看，世界各国对于人的因素这一术语的定义是不统一的。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）就是人的因素，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 年由已故的 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问题的研究，认为人的因素具有更广泛的含义，包括人的表现和系统界面，这在人机工程学主体中一般是不予考虑的。本书中的术语“人的因素”属于后一种概念。

在我国，将 *Human Factors* 翻译成中文时通常有两种表述方法：一种是“人的因素”；另一种是“人为因素”。这两者的不同之处在于“的”与“为”，从中文的含义上来讲它们有一定差异。“的”可当助词用，表示修饰或领属。*Human Factors* 一般是指与

人有关的任何因素，顾名思义，它既包括人由于受自身能力、限制及其环境影响，可能发生差错的一面，也包括人具有智慧、创造性和处理突发事件能力等积极的一面。因此，将Human Factors译作人的因素基本上是达意的。“为”的字义有做，干等含义。“人为”一般指人力所为，与天然、自然相对，并有人所造成，不应当的意思。将Human Factors译作人为因素的人认为：这门学科的重点是研究解决人的差错和系统隐患，预防差错事故发生。另一条理由是很多人都这样讲，约定俗成。我们对于这一有争议问题的意见是不在此展开讨论，留待专家、学者们探讨。

有关人的因素的定义，不同的人有不同的表述，我们认为1986年国际民航组织在227咨询通告中所给出的定义更具权威性。

其定义为人的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；人的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。

根据定义，人的因素含义的基本要点是：

①人的科学是研究人的机体和本性，人的能力和极限以及人在单独工作、与团体一起工作时的行为；

②人的因素研究内容包括人与硬件、人与软件、人与环境、人与人之间的关系界面，是指人与人之间的交流与沟通，个人行为与团队行为。后来这一概念扩展到个人与所属团队和组织之间的相互影响，以及构成航空系统的各组织间的相互影响；

③人是民用航空系统中的核心，是最关键的要素，其他要素必须与人的特征相匹配；

④采用系统的观点、方法，即人们在相互影响的系统工程领域中工作时，应充分理解他们的目标、方法、困难和限制，积极主动地寻找系统中的缺陷（隐患），有针对性地采取措施，

以提高系统的有效性，预防事故发生；

⑤民用航空系统中，研究和应用人的因素的目的主要是保障安全 and 提高效率。

二、人的因素的学科性质

1. 人的因素是一门跨学科的边缘科学

人的因素主要涉及以下诸学科：

(1) 心理学

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、人的差错。

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。

(2) 生理学

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。

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。

(3) 人体测量学

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。

(4) 工程学

将自然科学应用到工、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。

(5) 医学

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。

医学应用领域包括毒理学、化学、后果保护、如何保持健康等。

(6) 社会学

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的组成；在紧急情况下旅客的行为。

社会学应用领域包括班组的搭配、旅客安全等。

(7) 统计学

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。从事人的因素研究，必须正确分析、研究或归纳调查数据，离开统计学是不行的。

2. 人的因素具有很强的实践性

人的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，而不是以学术为中心。

三、人的因素基本要素及其相互关系

人的因素通常指与人有关的任何因素，涉及多门学科知识。为了帮助人们理解人的因素有关基本概念，SHEL 模型具有重要价值。

1. 人的因素的概念模型

SHEL 模型（参见图 1.1）采用简化的方法表示复杂系统，具体、形象地表现人的因素研究的范围、基本要素及它们之间的相互关系。

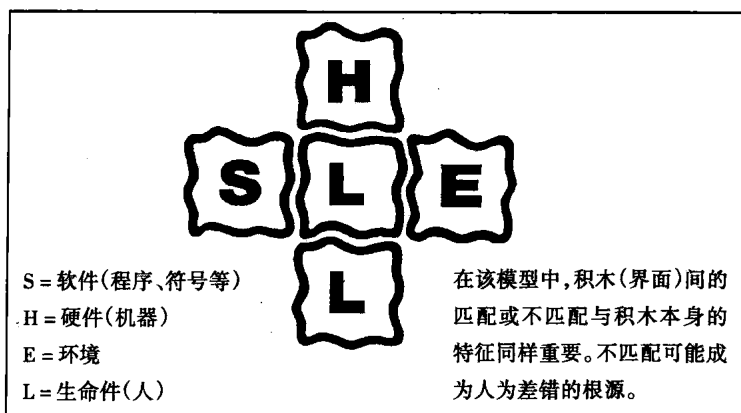


图 1.1 SHEL 概念模型

需要把握的要点：

①人的因素不是单独地研究某个要素，而是研究人与软件、人与硬件、人与环境和人与人之间的界面。界面间不匹配就可能成为人的差错根源。

人的因素是研究与人有关的因素，因此，硬件与硬件、硬件与环境、软件与硬件之间的界面，不属于人的因素研究范畴。

②人与其他要素的界面不是简单平直的，因此，其他要素必须与其精心地匹配，以防止它们之间存在压力，甚至出现崩溃

(事故)。

③生命件是人的因素研究的中心要素，也是最关键、最灵活的要素。其他要素必须与人相匹配，因此，我们需要了解人的特征。

2. 人的特征包括

- 人体尺寸和形状。任何工作站和绝大部分设备的设计必须与人的身体尺寸相适应，才有利于安全和提高工作效率。
- 人体需求。人需要补充食物、水和氧气等物质。能量供应不足会影响人的操作和健康。
- 信息的输入特征。人具有感官系统，可从现实世界中收集与其有关的信息。并能对外界事件作出反应和完成要求的任务。
- 信息处理。人在信息处理能力方面有很大局限性，会受到仪表和警告系统不良设计、记忆、动机和压力等影响，人的差错常源于信息处理过程。
- 输出特征。一旦人感受到信息并经过处理，会输送给肌肉作出相应反应。
- 环境耐受力。人像设备一样，仅在其有限的环境条件范围内能有效工作。不适当的温度、压力、湿度、噪声、时间、光线，会影响人的正常操作和健康。

3. 人的因素范围

1) 生命件—硬件

这是人一机系统设计最为关注的界面。例如座椅应符合人体的特征，显示器应符合人的感知与信息处理特性，控制器能适当调节、编码和定位，飞机上的设备、附件应考虑可达性和可维修性。因为人具有可塑性，在一定程度上能适应与硬件间的不匹配，所以，有的硬件缺陷可能被隐藏起来，设计者要特别注意这种潜在的缺陷。

2) 生命件—软件

它指人与系统非物理方面的界面，软件包括规章、标准、程序、手册、检查单和工作单（卡）、符号、计算机应用程序等。生命件—软件问题是事故报告中的突出问题，但它们很难发觉，因此也很难解决。

由于软件缺陷引发的事故案例：1969年11月15日，一架执行航班任务的依尔14飞机在云层间断能见条件下，飞机尚未飞越航图标高508米（实际标高841米）的太平山，塔台允许飞机下降到600米，造成撞山机毁人亡事故。飞行机组所使用的航图（软件）标高错误是导致事故原因之一。

3) 生命件—环境

人—环境界面是在飞行中最早被认识的界面之一。最初采取的方法旨在使人适应环境（头盔、飞行服、氧气面罩、抗负荷服）。后来趋向相反的过程，使环境适应人的需求（增压和空调系统、防噪声）。如今又出现了新的问题，如在高飞行高度层上的臭氧与辐射问题，以及由高速的跨时区飞行，夜间工作造成的生物节律紊乱和缺少睡眠等问题。由于错觉和迷航导致了許多航空事故的发生，因此，生命件—环境界面必须考虑环境条件引起的认知差错，例如，在进近和着陆阶段的错觉。

4) 生命件—生命件

即人与人之间的界面。按照传统做法，训练和熟练性测试是针对个人分别进行的，如果每一小组成员的技术熟练，则认为由这些成员组成的小组也是熟练和有效的。然而，事实并非如此。近年来，人们的注意力已逐步转向团队工作的好坏上。飞行机组、维修人员、空中交通管制员和其他运行人员作为团队工作，团队影响在决定行为和表现上起着重要作用。在该界面中，我们所关注的是领导能力、班组配合、团队工作和个性影响。员工与管理人员的关系也包含在此界面范围内，因为企业安全文化、企业风气和公司的工作压力会影响人的表现。