



第一部分



民用航空安全概述





第一章

民用航空安全管理体系



【本章导读】

民用航空安全管理体系是国际民航组织倡导的安全管理的系统化框架，它要求航空公司制定安全政策和安全目标，通过对其内部组织结构、责任制度、程序等一系列要素进行系统管理，形成以风险管理为核心的安全管理体系，并实现既定的安全政策和安全目标。



【学习目标】

- 理解安全与危险的概念；
- 了解民航安全历史发展的几个阶段；
- 掌握安全管理体系产生的背景；
- 了解我国安全管理体系的发展历程；
- 掌握安全管理体系基础理论；
- 掌握安全管理体系基本内容；
- 理解瑞士奶酪模型在民航界的应用原因。

第一节 民航安全管理体系介绍

一、相关概念

1. 安全

安全是民航的永恒主题。1957年10月5日,周恩来总理在民航局《关于中缅通航一周年的总结报告》中作出了“保证安全第一,改善服务工作,争取飞行正常”的工作批示,如图1-1所示。这份批示高度概括了民航工作的主要内容,深刻阐明了民航工作的基本要求,闪耀着思想与智慧的光芒。六十多年后的今天,这份工作批示依然是指导我国民航工作的总方针。

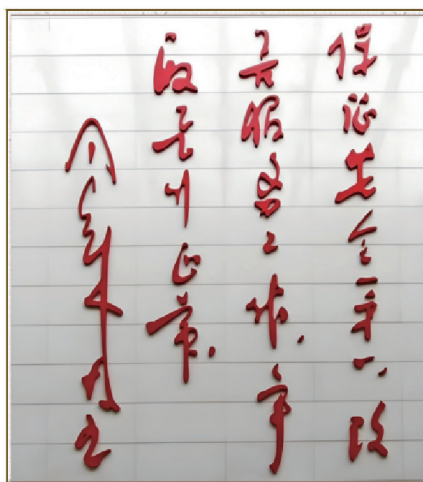


图1-1 周恩来总理的批示

什么是安全?通常,人们对安全的理解是没有发生事故、没有危险存在、避免差错、遵守章法。这些认知的共同点是要绝对控制危险发生的可能,或者通过设计或干预手段,将所有导致有害或破坏性后果的因素控制起来。

实际上,我们工作和生活开放且动态运行的环境中,不可能完全避免危险,所以,彻底消除不安全因素是不可能的,实现绝对安全只是一种理想。随着时代的发展、人们认知的改变,我们对安全也有了新的理解。安全逐渐被认为是一种对组织程序进行管理的成果,其目的是将运行环境中危险源的安全风险置于具有组织性的控制之中。思考一下,没有发生事故是否等于安全呢?事故率低是否等于安全呢?无隐患或者风险很小是否等于安全呢?有隐患但是控制得好是否等于安全呢?

国际民用航空组织《安全管理手册》中对安全的定义是:安全是一种状态,即通过持续的危险识别和风险管理过程,将人员伤亡或财产损失的风险降低至并保持在可接受的水平或以下。我们可以理解为:安全不是静止的概念,而是动态持续的状态,贯穿民航工作的始终;安全也不是绝对的概念而是相对的,是对风险的控制和对事故的预防。

2. 事故与事故征候

《辞海》中“事故”的含义是:变故或意外灾祸。

一般认为:事故是人在为实现某一目的而进行的过程中,遭遇的突然发生、违反人的意志、迫使行动暂时或永久停止的事件。

安全界认为:事故是指在生产活动过程中发生的一个或一系列非计划的、可导致人员伤亡、设备损坏、财产损失以及环境危害的事件。

民航业通常将事故分为运输航空飞行事故、通用航空飞行事故、民用航空地面事故和

民用航空器事故征候。

飞行事故（aircraft accident）根据人员伤亡情况以及航空器损坏程度，分为特别重大飞行事故、重大飞行事故和一般飞行事故三个等级。

民用航空地面事故（ground accidents of civil aviation）是指在机场活动区和机库内发生航空器、车辆、设备、设施损坏，造成直接经济损失达到人民币30万元（含）以上或致人重伤、死亡的事故。民用航空地面事故分为特别重大航空地面事故、重大航空地面事故、一般航空地面事故三个等级。

民用航空器事故征候（civil aircraft incident）指在航空器运行阶段或在机场活动区内发生的与航空器有关的，不构成事故但影响或可能影响安全的事件，分为运输航空严重事故征候、运输航空一般事故征候、运输航空地面事故征候和通用航空事故征候。

民用航空行业安全事件标准由低至高一般分为：一般安全事件、等级安全事件、一般事故征候、严重事故征候、一般事故、较大事故、重大事故、特别重大事故。一般安全事件和等级安全事件一般由企业自行调查处理，并开展风险管理等相关工作，一般事故征候至重大事故由民航行业主管部门（各级民航局）进行调查，特别重大事故由国务院或者国务院授权有关部门成立事故调查组进行调查。

3. 危险

危险是指可能引起人员伤亡、设备或建筑损坏、财产损失或履行规定职责的能力降低的条件或物体。危险是客观存在的，其本身不一定会对系统造成损失或成为系统的负面构成要素。只有当危险与系统运行相互作用时，其破坏潜力才有可能成为安全顾虑，即所谓的危险源。

危险源是指一个系统中具有潜在危害，在一定的触发因素作用下可转化为不安全状态的因素。危险源是一种状态，是指有可能导致人员受到伤害、死亡，或者系统、设备、财产遭到破坏或受损，或者环境受到破坏的任何现有的或者潜在的状况。图1-2所示是一个危险源识别案例。

2014年7月17日，某航A330-300执飞台北松山至上海虹桥航班。飞机在虹桥机场落地后滑入T1航站楼15号桥位过程中，与正在该机位作业的油井清洗车发生碰擦，飞机左侧发动机和油井清洗车受损。



图1-2 危险源识别案例

危险源识别是根据运行中的危险和安全风险采取行动和生成有关信息反馈的第一步。危险源一经识别，便应对其潜在后果的安全风险进行评估。

4. 风险管理

风险是指某一特定危险情况发生的可能性和造成后果的严重性的组合，通俗点说就是发生不幸事件的概率。风险分为可接受风险、可容忍风险和不可接受风险三个等级。

风险评价标准：风险程度 $R = \text{严重度 } L (\text{后果}) \times \text{概率 } P (\text{可能性})$

风险管理被定义为控制、减少风险和接受剩余风险的管理决策的过程。风险管理包括危险识别、风险评估、风险控制三部分。

二、引入背景

1. 民航安全历史发展的几个阶段

民航安全是伴随着民用航空运输的产生而来的，随着人们对事故原因以及影响安全的因素的认知不断更新，民航安全先后经历了技术因素、人为因素和组织因素三个历史发展阶段，如图 1-3 所示。

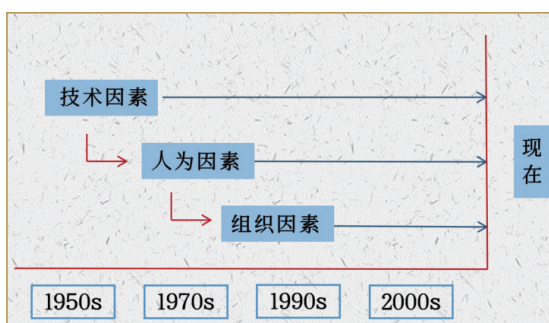


图1-3 民航安全历史发展阶段

早期阶段，商业航空监管很松散，航空系统非常脆弱，具体表现为技术水平低下、基础设施缺乏、监管有限、对航空运行中潜在的危险源认识不足、生产需求与现有资源不匹配，因此航空事故频频发生。当时主要的航空安全预防手段是对事故进行调查，对安全的理解也是从事故调查中获得。传统调查思路是：发生了什么？谁导致的？什么时候发生的？并不包括为什么发生和怎么发生的。此时，人们普遍认为遵守规章就能保证安全，违反规章必然导致事故。不可否认遵守规章很重要，但将其作为安全支柱确实有一定的局限性。航空运行环境是动态且开放的，不可能提前将所有运行中的情况制定规章并监管。

20 世纪 50 年代，技术的进步和相关基础设施的发展，使商业航空成为规模性运输行业，事故率平稳降低。但是航空运行技术并未得到充分发展，技术故障是安全事故的主要因素。因此，这个阶段的重点集中在调查和技术改进上。

20 世纪 70 年代，航空科技水平不断进步，机械设备的性能不断完善。随着喷气式发动机、空地雷达、自动驾驶仪、飞行控制仪的运用，机械设备的可靠性远大于人工操作的可靠性，此阶段“人”成为导致安全事故的主要原因。民航安全的关注点转移到人的执行能力和人为因素上，由此开启了人为因素管理的时代篇章。调查发现，80% 以上的事故是

人为因素造成的,因此开展了大量的人为因素研究,随之而来的是机组资源管理、培训管理、航线飞行训练、以人为中心的自动化和其他关于人为因素的干预措施,将人置于控制之中。

20世纪90年代中期,尽管投入了大量资源以减少人为差错,但人为因素还是不断成为导致事故的主要原因。究其原因在于安全思想在很大程度上仅仅关注个人,而很少关注个人在完成任务时所处的环境。人们终于认识到,个人不是在真空的环境里,而是在一个限定的环境中。无论这个限定的运行环境起阻碍作用还是推动作用,它对个人的影响都是巨大的。这种认识标志着“组织时代”的到来。直到这个阶段,安全思想才发展到系统化观点,包括技术因素、人为因素和组织因素。也是在此时,组织事故这一概念才被航空业所接受。

2. 安全管理体系产生原因

波音公司采用国际民用航空组织(ICA0)和商业航空安全委员会(CAST)的分类标准,对1950—2010年,最大起飞重量在6万磅(约27.2吨)的国际商用飞机的飞行事故进行统计并公布了统计分析报告。

1950—2010年,全球商用飞机飞行事故的百万架次率总体呈下降趋势,前期1950—1970年下降较明显,后期1970—2000年下降缓慢,之后基本处于稳定状态,在1以下。2010年达到0.35,如图1-4所示。

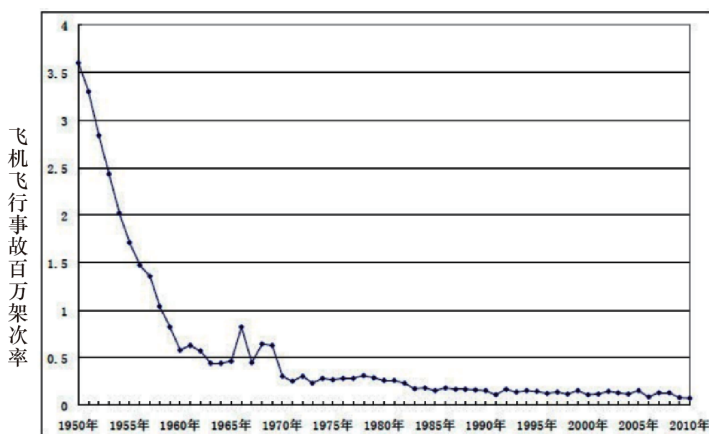


图1-4 飞机飞行事故百万架次率

那么,保持现有的事故率可行吗?以我国为例,从1994年到2003年的十年间,我国民航每百万飞行小时发生事故的总滚动值为0.6~0.7次,事故率已经降得很低了。但是2004年我国民航运输总周转量的增量相当于1996—2000年5年的增量和,如图1-5所示。

这意味着即使事故率保持在极低的水平且处于稳定状态,随着机队规模的扩大和交通运输量的增长,也会导致事故次数增加,如图1-6所示。

当时,民航专家T.S. PERRY曾作出预测分析:“未来几年空中交通量有望急剧增长。因此,即使航空事故率保持现有的低水平,到2015年,每7到10天也可能出现一次大型飞机坠毁。”具体如图1-7所示。

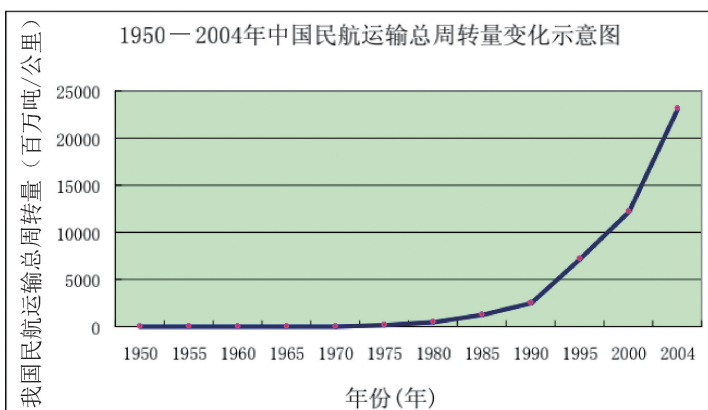


图1-5 1950—2004年我国民航运输总周转量变化示意图

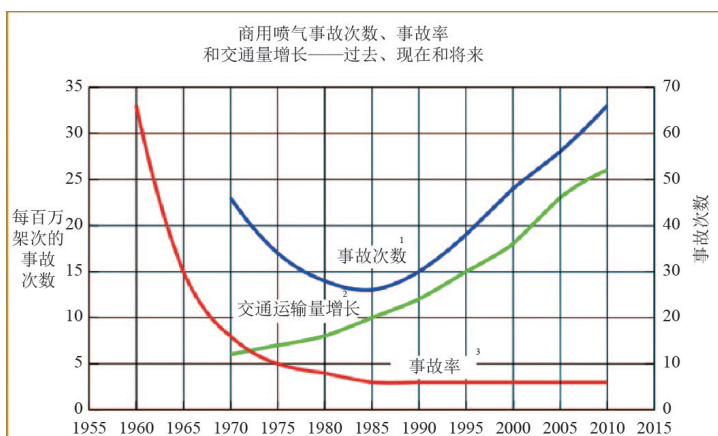


图1-6 事故率、事故次数与交通运输量增长分析图



图1-7 波音公司对全球航空器失事预测分析

可见保持现有的事故率是不可以接受的。但如果继续沿用现有的安全管理方法，事故率只会保持稳定，降低事故率会变得越来越困难，大幅度降低更是不可能的。国际民用航空组织探究事故率平稳的根本原因，重新审视传统安全管理模式和方法，推行新的管理方法——SMS（Safety Management System），即安全管理体系。

3. 安全管理体系产生背景

安全管理体系起源于加拿大运输部。20世纪90年代后期，加拿大运输部借鉴澳大利亚民航局的经验和资料，与英国曼彻斯特大学 James Reason 教授研究并发展形成了加拿大 SMS 方案。该方案认为，SMS 是一个系统的、清晰的、全面的安全风险管理方法，它综合了运营、技术系统、财务和人力资源管理，融入公司的整个组织机构和管理活动中。该方案得到了国际民航组织（ICAO）和国际飞行员协会（ALPA）的支持。为了维护和改进航空系统的运行安全状况，国际飞行员协会一直积极敦促各航空公司、加拿大运输部、美国 FAA 等机构采用这种集航空安全和经济效益于一体的新方法。

加拿大运输部开发的 SMS 强调安全管理职责以及提高安全水平以提高经济效益。对于加拿大航空公司而言，SMS 由运营人、员工、管理当局三边组成，像一个三角形，如图 1-8 所示。



图1-8 SMS基本框架

三边共同存在并且紧密衔接，三角形才是稳定且不易变形的，如果只有两边或者三边衔接不紧，三角形就不能保持稳定了，这就构成了 SMS 的基本框架。1998 年，加拿大运输部就宣布在航空组织中实施 SMS，并以修改《航空法》的形式强制要求大型航空运营人和维修组织建立 SMS，从开始推行至 2008 年，加拿大一直是全球航空安全记录最好的国家。

美国安全管理的新理念与加拿大基本同步。1995 年，美国联邦航空局（FAA）局长应美国政府要求开始着手对 FAA 进行改革。1996 年 1 月提出了 AMS（Acquisition Management System），同年 5 月发生了 Value Jet 航空公司坠机事故，如图 1-9 所示，这使 FAA 开始重新审视传统的安全管理体系。FAA 发现传统的安全管理体系只重视企业的规章符合性，各种事故和事故征候依然时有发生，所以应补充其他管理手段，以主动寻找那些应该被消除或者避免的危险。于是经过大量的听证和研究，FAA 启动了“系统安全”理念，形成了 SSMP（System Safety Management Program）。经历了 10 次修订，2014 年 10 月，FAA 编写了 SMS 手册，并将其纳入 SSMP 中，提出了“系统安全方法的有效使用”和“构建安全管理系统”，认为 SMS 是安全目标管理、安全监督审计和检查纠错的指南。美国作为航空运输量排名世界第一的国家，在 2001 年以后一直保持着领先于世界航空安全水平的良好记录。



图1-9 Value Jet航空公司坠机事故

4. 安全管理体系发展

2001年，国际民用航空组织在《国际民用航空公约》附件11中加入了让成员国在所有空中交通服务单位建立SMS的要求。同年，对附件14中相关条款做了重要修改。

2006年，国际民用航空组织通过对《国际民用航空公约》附件6的第30次修订，新增条款“3.2 安全管理”加入了对安全管理要求的规定和可以接受的安全水平的说明，明确提出：“2009年1月1日起，作为其安全方案的一部分，各国必须要求经营人执行其所属国接受的管理体系。”同时，将附件11、14中关于SMS的要求也一并统一为附件6中的描述，并提出了明确的实施时间表。同年，为了推动各国的SMS建设，国际民用航空组织发布了《安全管理手册（SMM）》（Doc9859）第一版，系统地介绍了民航安全管理的基本理念与方法，重点介绍了SMS的各个要素以及航空公司、空管、机场、维修单位建设SMS的方法。这一版的《安全管理手册（SMM）》侧重理论内容。

2009年，国际民用航空组织对第一版《安全管理手册（SMM）》进行了修订，发布了第二版《安全管理手册（SMM）》，这一版包括ICAO对SMS框架的要求、危险源识别与分析、安全风险评价、SMS的实施计划以及SMS分阶段实施方法、SMS的运营内容等；还包括了ICAO对SSP框架的要求、SSP的制定和实施、SSP与SMS的关系以及SSP在推动SMS实施中的作用等内容。与第一版《安全管理手册（SMM）》不同，这一版侧重指导实践，在对航空安全管理理论深入介绍的同时，用大篇幅对SMS的整体计划和实施，以及各模块的实践方法进行了详细介绍，对民航各单位开展SMS培训和建设工作起到了重要的指导作用。对我国民航SMS和SSP建设及实施同样具有重要作用。

2012年发布了第三版《安全管理手册（SMM）》。2018年发布第四版，即现行有效的《安全管理手册（SMM）》。

第二节 民航安全管理体系理论

SMS以安全风险管理和安全绩效管理为核心，将事前管理、过程管理、系统管理、绩效管理等理念融入体系建设中，通过安全数据的收集和分析，持续评估和监测组织的安全状态，控制组织的安全风险，促进安全绩效水平以及管理质量和效果的提升。SMS丰

富了民航安全管理的理论体系和实践做法，是当前民航生产经营单位安全管理的主要工具。

一、安全管理体系定义

国际民用航空组织（ICAO）对安全管理体系的定义是：SMS 是有组织地管理安全的方法，包括必要的组织结构、问责办法、政策和程序，形成以风险管理为核心的体系，并对既定的安全政策和安全目标加以实现。

中国民用航空局（CAAC）对安全管理体系的定义是：SMS 是一个系统的、清晰的、全面的安全风险管理方法，包括目标设定、计划和绩效评估等，能最终实现安全运行和符合局方的规章要求。

官方定义：SMS 是通过危险进行有效的管理来保证航空运营人健康运行的主动措施。简单来说，安全管理体系由三个部分构成：安全、管理和系统。

二、安全管理体系理论基础

SMS 运用系统管理的方法来管理安全，注重风险管理，强调对运行安全状态实施闭环控制，着力加强安全文化建设，最终实现安全关口前移，确保持续可靠的安全。

以前，人们普遍接受的观点是绝大部分事故是由人为因素造成的。引入 SMS 后，随着安全管理系统化，人们发现这种观点并不完全准确。“人”只是导致事故发生的最后一个环节，而事故是由多种因素组合产生的。如果只关注导致事故发生的最后一环，想只通过改变“人”的方法来预防事故是不可能的。只有在关注“人”的同时更多地关注“系统”，真正找到系统存在的隐患才能预防事故。Reason 模型为我们关注“系统”提供了有效的方法。

Reason 模型是英国曼彻斯特大学教授 James Reason 在其著名的心理学专著 *Human error* 一书中提出的概念模型，广泛地应用于医学、核工业、海运、宇航等领域。通过 ICAO 的推荐成为航空事故调查与分析的理论模型之一，也被称为航空事故理论模型或瑞士奶酪模型，如图 1-10 所示。

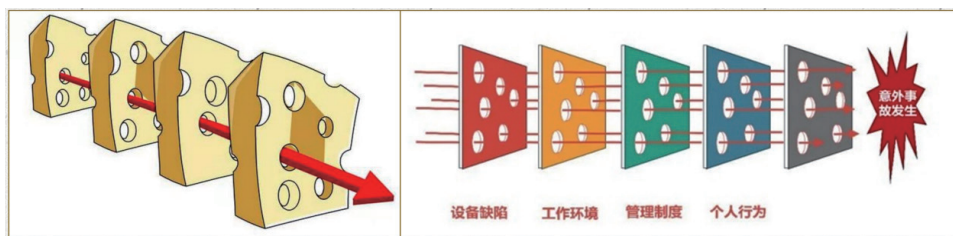


图1-10 瑞士奶酪模型/航空事故理论模型

图 1-10 中，只有所有不同层次奶酪上的对应的孔都在同一直线上时，光线才会穿透奶酪。Reason 模型的内在逻辑是：事故的发生不仅有一条事件本身的反应链，还同时存在一个被穿透的组织缺陷集，事故促发因素和组织各层次的缺陷（或安全风险）是长期存



在的并不断自行演化的，但这些事故促因和组织缺陷并不一定会造成不安全事件，当多个层次的组织缺陷在一个事故促发因素上同时或次第出现时，不安全事件就因失去多层次的阻断屏障而发生了。简单地说，Reason 模型认为：事故通常不是孤立因素导致的，而是系统缺陷共同作用的结果。组织各层次的缺陷不一定必然导致事故，当所有层次的缺陷同时出现时，光线穿透奶酪，系统就会失去多层次的防御而发生事故。

航空运行由多系统、多方面的复杂操作环境组成。它们的功能和表现包括了各种组成部分的复杂关系。各系统有序地结合、运转，从而达到运行生产的目标。多系统运行的一个很大的特点就是过程与结果之间并不一定存在必然的一一对应关系，航空安全事件往往是以事故链的方式发生的，风险控制的方法可以阻止事故链的形成，从而避免事故发生。

例如，某日凌晨 2 时 40 分左右，一架 A330 飞机在由上海虹桥机场 15 号桥位拖往跑道上进行发动机试车的过程中，飞机在 K4 道口的滑行道上偏离滑行线，导致飞机 5、6、7、8 号主轮进入滑行道边的草地之中，构成一起人为原因的严重不安全事件。经过分析，认为事件的直接原因是指挥员和拖车司机的失误，假如指挥员正确指挥、驾驶员认真操作，这起事故就不会发生了。但用 Reason 模型进一步分析就会发现：那天，因为整修跑道，原计划滑行的滑行道入口关闭，改由 K4 道口进入。因机场已关闭，滑行道边灯也关闭了。由此可见，行进路线的变化、夜间灯光不足等环境因素是导致事件发生的工作场所条件。同时，驾驶员和指挥员对滑行路线状况不熟、指挥交流方式有缺陷等也是造成事件发生的隐患条件。再进一步分析，发现在拖行飞机的相关程序、人员资质管理、制度程序落实方面也存在着不足，而这正是组织系统的缺陷。不难看出，如果我们仅把注意力放在最后的环节——操作人员身上，那么类似的事件还会发生。

在安全管理体系中有效地运用 Reason 模型可以帮助我们发现系统安全隐患，降低不安全事件发生的可能性，避免不安全事件重复发生。风险管理可以帮助我们发现系统中的风险，并确定相关的优先等级，进而采取措施消除风险或减轻后果，真正实现安全关口前移，确保持续可靠的安全。

三、安全管理体系基本内容

SMS 是在以往航空安全管理和运行管理模式的基础上，引入质量管理、风险管理等先进理念设计的标准化系统性安全管理方法。其内核是通过识别和分析危险源，制定合理的风险管控措施，将风险控制在可接受的水平。同时，通过明确岗位责任、制定政策文件、强化人员培训、加强安全信息采集分析能力、建立检查/审核机制和绩效监测机制等手段，落实安全管理职责、形成安全管理标准、持续监控风险管理有效性、改进安全管理效能，促进安全绩效水平的持续提升。

安全风险管理和安全保证是 SMS 的核心功能，二者之间的关系如图 1-11 所示。安全风险是一个持续动态的管理过程，针对系统初始设计、系统变更等启动危险源识别、风险评价和控制机制。同时，航空运行系统的不断变化可能引入新的风险且原有的危险源和相关安全风险会随时间而改变，需要通过安全保证过程持续监测风险控制措施的有效性，



评估系统安全绩效，并确定是否启动安全风险或隐患排查治理。

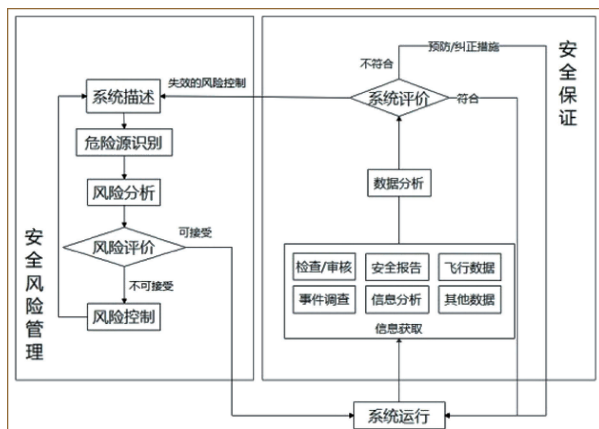


图1-11 安全风险管理与安全保证

安全风险管理和安全保证是航空运营人各部门开展安全工作的主要路径。生产运行和业务职能部门依据航空运营人的安全管理文件和职责范围，按照安全风险管理体系，制定风险管控措施，实现对安全风险的有效管控。同时，通过对职责范围内的隐患进行排查治理，持续对运行风险及其控制措施进行监控，保证风险管控措施的有效性。安全管理部门主要负责制定和维护航空运营人的安全管理政策，收集分析各类生产运行和安全管理活动产生的数据，对航空运营人的整体安全状态、SMS 体系的运转以及安全管理政策的落实情况进行持续监控，并通过安全形势分析、隐患排查治理等管理手段，对生产运行和业务职能部门的风险管理和安全保证提出建议，保证 SMS 标准和质量持续与航空运营人的安全管理需求相匹配。

SMS 提供了一套系统的强化安全管理功能的方法论，为不同运行规模、不同运行环境、不同运行种类的航空运营人丰富安全管理手段、细化安全管理要求、建立安全管理标准、形成系统的安全管理做法提供了思路。从功能实现看，SMS 与航空生产运行过程管理共生共存，相互融合，通过系统的安全管理政策、程序、做法，识别和控制生产运行过程中的安全风险和隐患，实现安全管理的标准化，监控安全趋势，保证在合法依规的基础上，将生产运行过程中的安全风险控制在可接受的水平，确保生产运行安全。航空运营人可综合分析自身的运行规模、组织架构、业务内容、运行复杂性、运行环境、安全保障基础、资源可用性等因素，建立并实施符合自身特点和需求的 SMS。

四、安全管理体系四大支柱

2013 年 ICAO 发布的《安全管理》附件 19 进一步明确：各国要制定和实施国家航空安全方案（SSP），以使民用航空安全绩效达到可接受水平。根据 ICAO 发布的第三版《安全管理手册（SMM）》中的介绍和规定，SMS 包括安全政策和目标、安全风险管理体系、安全保证和安全促进四大要素，这四个要素也称为 SMS 四大支柱，如图 1-12 所示。

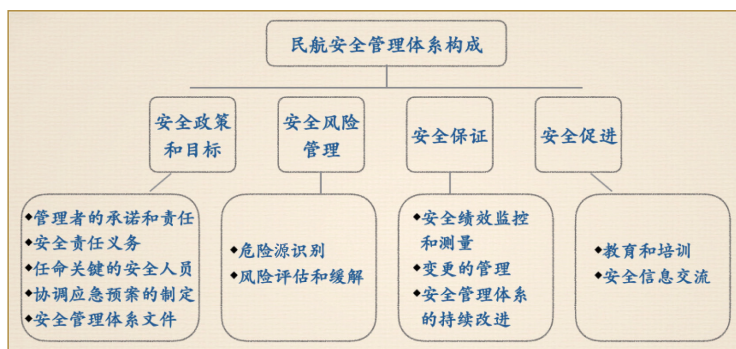


图1-12 民航安全管理体系构成

1. 安全政策和目标

安全政策和目标用于阐述国家如何对其航空活动进行安全监管，明确安全管理的基本方针和组织承诺，是其他三个支柱的有力保障。反映了运营人的安全管理理念及其对安全的承诺，是建立 SMS 的基础。利用高层管理者的安全承诺、安全目标的设定及安全管理组织机构的建立等，构建 SMS 有效实施的基础。

2. 安全风险管理和安全保证

SMS 的核心是风险管理。通过识别危险源，评估相关的风险及制定并实施适当的风险控制措施，将风险控制在可接受的水平。

3. 安全促进

通过持续监测运行和安全管理过程，验证风险控制措施的有效性，及时发现和解决运行中存在的隐患，并持续改进 SMS 的有效性。

4. 安全促进

通过培训、教育及有效的安全沟通和信息分享，促进形成积极的安全文化，创建有利于实现安全目标的组织环境。

五、安全管理体系主要特征

1. SMS本质：系统管理

SMS 是为实现安全目标而建立的管理系统，具备管理系统的所有属性和特征，SMS 是管理安全的系统化方法，致力于持续提高整体安全管理水平和绩效。

2. SMS目的：安全绩效

对安全活动或过程进行测量的结果，体现了 SMS 及其过程运行的有效性和效率，并综合反映组织安全目标的实现情况。用一系列安全绩效指标和安全绩效目标表示。

3. SMS核心：风险管理

通过发现、评估和风险缓解三个阶段，消除危险或将危险降低至可接受的水平，以提高

组织固有的安全水平。风险管理必须在信息管理和数据驱动的基础上借助闭环管理实现。

4. SMS驱动：信息管理

基于数据信息进行风险管理、监督管理和有效决策。建立数据信息管理系统，安全数据信息库。

5. SMS基础：安全文化

安全文化是安全管理的重要组成部分，积极的安全文化是 SMS 有效实施的基础。创建和培养有效的安全管理文化是高层管理者的责任，并通过其言行确定和贯彻。

6. SMS方法：系统方法

采用系统管理方法建立、实施及持续改进 SMS。

第三节 我国民航安全管理体系建设

一、我国引入安全管理体系的进程

改革开放以来，我国民航业迅猛发展，在国家经济建设中发挥着重要的作用。中国民航坚持“安全第一、预防为主、综合治理”的方针政策，不断更新安全理念、加强安全建设、强化安全责任、加大安全投入，使我国的民航运输量节节增长，安全水平不断提升。

20 世纪 90 年代，我国民航业已经形成了运行规章完善、政府监管和企业运行规范的运行体系。但是，随着我国民航业的快速发展，运行中出现了许多新的情况，不断完善的规章管理方式遇到了难以逾越的障碍。无论法规体系如何健全，依旧无法涵盖民航安全的各个方面，存在的安全问题或安全隐患制约着我国民航业发展的脚步。此时欧美主要大型航空公司已经普遍采用了 SMS，并获得了一定的成功经验。在这种背景下，同时为了满足 ICAO 对成员国的要求，我国的 SMS 建设提上了日程。

2005 年 3 月，加拿大民航局局长到中国民航局访问，介绍 SMS 理念，并介绍了加拿大开展 SMS 的情况，中国民航局局长与会时提出希望加拿大民航局帮助中国民航局建立 SMS 的请求，由此拉开了研究中国民航 SMS 的序幕。

2006 年，中国民航局在“十一五民航安全规划”中提出建立适合中国国情并符合 ICAO 要求的中国民航 SMS，将其列入“规划实施的重大项目”中的第一项。中国民航局计划从 2008 年开始用三年时间在民航业实施 SMS 的建设工作。

2007 年 3 月，中国民航局颁发了《关于中国民航实施安全管理体系(SMS)建设的通知》，在全行业进行 SMS 相关知识的培训。同年 11 月，中国民航局飞行标准司根据 SMS 的要求对 CCAR-121 部做相应修订，增加要求航空运营人建立 SMS、设立安全总监等条款。

2008 年是 SMS “全面实施年”。要求航空公司重点抓好安全质量管理体系、主动报告机制、飞行数据译码分析系统和风险评估系统的建设工作。

2010 年之后，国内各航空公司、机场、空管单位和维修单位陆续建立了 SMS，并通

过了审定。

二、我国民航安全管理体系现状

我国民航运输业的飞速发展促使民用航空安全管理水平得到提高。截至 2023 年年底，民航安全运行平稳可控，运输航空重大事故百万架次率十年滚动值为 0.0249，通用航空事故百万架次率为 0.0358；民航空防持续安全，实现了连续 259 个空防安全月。由此可见民航安全管理体系的发展是高质量的、安全的，也说明安全运行是民航高质量发展的必要保障。

“十四五”时期是我国谱写交通强国、建设民航新篇章的关键期，习近平总书记强调：安全是民航业的生命线，要始终把安全作为头等大事来抓。《“十四五”民用航空发展规划》提出：到 2025 年，中国民航将实现六大发展目标，包括：航空安全水平再上新台阶，综合保障能力实现新提升，航空服务能力达到新水平，创新驱动发展取得新突破，绿色民航建设呈现新局面，行业治理能力取得新成效。《“十四五”民用航空发展规划》还提出，与六大发展目标相对应，“十四五”期间，中国民航还将着力构建民航安全、基础设施、航空服务、绿色发展、战略支撑和现代化民航治理六大体系。

“十四五”期间，围绕民航安全工作目标，将着力推进以下 7 个方面的工作。

(1) 着力构建智慧安全体系，把智慧安全建设贯穿于行业安全治理的全过程、各领域，提升管理数字化和智能化水平。

(2) 加强科技创新和技术攻关，大力提升安全领域自主创新能力，强化行业安全发展关键环节、领域和产品的保障能力。

(3) 严格落实安全生产责任制，不断完善“抓基层、打基础、苦练基本功”的长效机制。

(4) 加强风险防控，推动安全管理体系落地，加强隐患整治力度，提升应急处置能力，有效遏制重特大事故的发生。

(5) 继续完善安全法治体系，健全行业规章标准，深化安全监管模式改革，全面推进依法治理。

(6) 加大安全文化建设力度。

(7) 主动参与国际民航治理，积极推动中国民航安全标准国际化，拓展安全领域的国际交流与合作。

【思考题】

1. 什么是安全？
2. 什么是危险？
3. 安全管理体系是在什么情况下产生的？
4. 哪一年是我国安全管理体系全面实施年？
5. 什么是安全管理体系？
6. 安全管理体系的四大支柱是什么？
7. 简述瑞士奶酪概念模型的含义。



第二章

民用航空机组资源管理



【本章导读】

民用航空机组资源管理的概念见诸于文献已有几十载，由美国国家运输安全委员会首次提到，当时被称为驾驶舱资源管理 (Cockpit Resource Management, CRM)。随着民航业的发展，“机组”一词扩展至强调客舱乘务员、维修人员以及其他相关人员与飞行员的协同作用，现在的 CRM 的含义已经变成 Crew Resource Management。



【学习目标】

- 了解机组资源管理产生的原因；
- 掌握机组资源管理的发展阶段；
- 了解机组资源管理的含义；
- 理解团队协作的意义；
- 掌握SHELL模型；
- 掌握HFACS模型四个层次的含义；
- 掌握墨菲定律的概念；
- 掌握海恩法则的意义；
- 掌握事故链理论内容。

第一节 机组资源管理演变

一、机组资源管理的产生

(一) 一起事故引发的调查与思考

1978年,美国联合航空公司一架载有189名乘客的DC-8型客机试图在俄勒冈州波特兰市着陆时坠毁。当飞机接近机场,放下起落架之后,驾驶员突然发现有一个指示灯没有亮。这个故障意味着飞机有一组机轮及其支撑装置在着陆时可能会毁坏,甚至发生飞行事故。机组人员决定不再继续接近机场,而是让飞机作椭圆形盘旋飞行,以便机组人员确定起落架是否确已损坏。随着盘旋飞行的时间越来越长,燃油量降低到了危险水平,但机长因为全神贯注于那个不亮的指示灯而未能注意飞机整体状况。尽管飞行工程师再三警告燃油量越来越少,机长却充耳不闻。等机长作出反应并试图着陆时已经太晚了。飞机四台发动机全部停止了运转,飞机还没抵达跑道,就坠落到一片长着树木的地带,机上有10人丧生。

对这次事故进行的调查表明,飞机的唯一问题就是该指示灯故障(虚警)。机长的错误不在于他想要排除一个可能危及生命的机械故障,而在于在高度紧张的情况下他没有对飞机的其他关键因素给予足够的注意。

这次事故恰好发生在美国航空航天局(NASA)对20世纪50年代末开始使用涡轮喷气发动机飞机之后出现的客机失事原因进行调查的时候。NASA的调查结果清楚显示,70%以上的客机事故都在一定程度上与人为失误有关。更令人吃惊的是大多数这类失误的起因都不是技术上的缺陷,而是通信、合作和决策等方面出了问题。

1989年,美国联邦航空局(FAA)正式将CRM中的C由Cockpit改为Crew,“机组”的范围不仅仅是驾驶舱里的飞行员,还扩展至客舱乘务员、机务维修人员、空中交通管制人员以及其他相关人员。随着机组资源管理概念的发展与演变,资源管理的范围从飞机内部扩展至飞机外部。机组资源管理的产生是航空业发展的必然结果。

(二) 飞行事故中人为差错因素比例上升

波音公司采用国际民用航空组织(ICAO)和商业航空安全委员会(CAST)的分类标准,对2004年至2013年间商用飞机人员伤亡事故类型进行了统计,具体如图2-1所示。其中,飞机空中失控、可控飞行撞地、起飞着陆过程中冲出或偏出跑道、地面操纵四种类型飞行事故所占比例较高。

1990年以后,人为差错和机械故障飞行事故所占比例呈现明显发展趋势,人为差错飞行事故所占比例持续增大,从早期的10%~20%逐步上升到80%以上;机械故障飞行事故所占比例持续减小,从早期的80%~90%逐步下降到20%以内,并趋于稳定。这表明,随着科技进步和系统安全工程技术的推广,飞机设备的安全性和可靠性越来越高,由

飞机本身故障导致的事故越来越少。如图 2-2 所示。

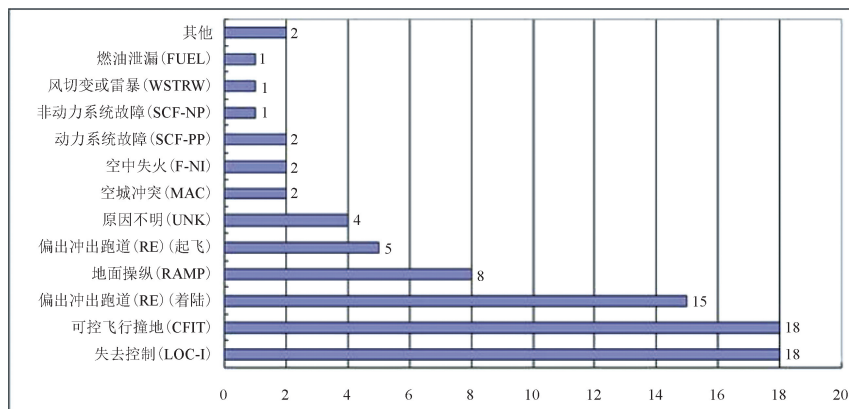


图2-1 2004年至2013年间商用飞机人员伤亡事故类型统计

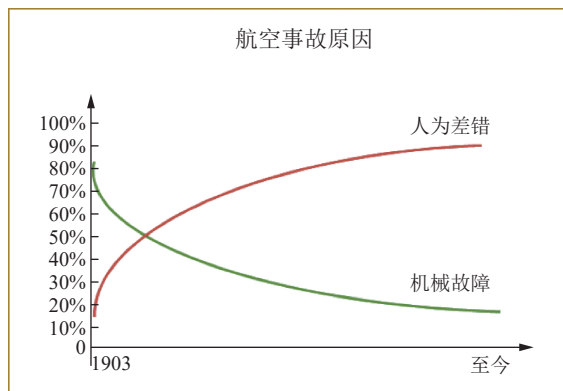


图2-2 飞行事故原因随时间变化情况

美国空军对早期 600 起空中危险接近事件的原因进行分析统计，其中 86% 发生在能见度大于 9 公里的日间简单气象条件下；俄罗斯空军 70% ~ 80% 的飞行事故原因为人为差错，其中，非应急状态下人为差错性飞行事故高达 69%。这些数据都证实，大多数飞行事故都是由于人的低级错误导致的，人为差错已成为危及世界航空安全的主要因素。

(三) 主要人为因素是机组原因

仔细分析人为差错导致的飞行事故会发现，许多人为差错飞行事故是在飞行员身体良好、飞行状态稳定、飞机质量完好、飞行课目简单、气象保障正常的情况下发生的，即在非应急状态下由于飞行员自身局限导致了飞行事故。

二、机组资源管理的发展

第一代 CRM：称为驾驶舱资源管理，美国联合航空公司于 1981 年首推这一方案。着重强调飞行员之间的交流以及机长是机组的领导，关注人员管理方式和人际技巧，目的是

减少人为差错，提高航空公司的管理效率。

第二代 CRM：扩大了 C 的范围，将客舱乘务员、通信员、机务维修人员纳入其中，称为机组资源管理。强调团队作用，对机组成员进行团队训练，关注驾驶舱的情境意识和压力管理。

第三代 CRM：进一步扩大了资源管理范围，将空中交通管制员和地面相关人员等纳入其中。强调对人为因素的认识和评价，注重开展 CRM 训练和技能训练的联合训练。不仅关注飞行过程的安全性，还关注飞行任务的效率。

第四代 CRM：人为因素已经完全整合进航空领域。FAA 推出了一套高级资格培训方案（Advanced Qualification Program, AQP），向所有飞行员提供 CRM 和 LOFT（航线定向飞行训练），并将 CRM 训练与技能训练结合起来。

第五代 CRM：重点关注差错管理。CRM 中人为因素存在一个前提条件：人为差错是普遍存在且不可避免的，同时也是一种有用的信息来源。CRM 可视为具有三条防护线的差错对抗措施，用于避免或者减少错误的发生。第一条防护线的作用是避免差错的发生；第二条防护线的作用是在出现差错征兆时及时阻断已发生的差错；第三条防护线的作用是尽可能减轻已发生的差错带来的后果，并控制还没发生的错误。第五代 CRM 与前几代 CRM 具有兼容性，它巧妙地将各种训练方式结合起来，形成一种综合性的、更易接受的 CRM。

第六代 CRM：基于飞行风险管理，将安全关口前移，以预防为主。既包括第五代的差错管理模型又提出了威胁和差错管理模型（Threat and Error Management, TEM）。

三、机组资源管理的含义

CRM 是指有效利用所有可利用的资源（包括硬件、软件、环境和人四个方面），以达到安全、高效、舒适飞行目的的过程。其核心是调动人的主观能动性，加强机组内部的协调配合，创造良好、平等、友好的沟通环境，最终达到目标。

C: Crew（机组），包括飞行员、乘务员、维修机务、空中交通管制员、地面其他相关人员等。Crew 已经扩展到整个航空领域。

R: Resource（资源），在执行飞行任务的特殊环境里的一切硬件、软件和人员。包括人力资源（Human Resources）、设备资源、信息资源和易耗资源。

M: Management（管理），协调地运用“人一机—环境—任务”系统中的一切资源达到安全运行目的。

四、机组资源管理中的资源

（一）人力资源

人，是一种可以开发的，比其他任何一种资源都要重要的资源。对人力资源的生产、开发、配置、使用等环节进行目标管理称为人力资源管理。CRM 以提高机组人员的工作

能力和工作绩效为目标，既包括飞行员的专门飞行技能、术语化技能、个体交流和团体协作技能，也包括乘务员的服务、交通管制员的指挥、机务人员的维修、气象人员的预报、飞机制造商的资料及对整个航空公司配置资源的开发利用。

（二）设备资源

设备资源（Equipment Resources）指飞机与机载设备，也称为硬件资源，如导航设备、通信设备、状态显示器等。设备资源是对人力资源的扩充，可以使飞行更安全、更高效。

（三）信息资源

信息资源（Information Resources）指各类文件资料，也称为软件资源，包括飞行手册、检查单、航图、气象情报、飞行计划、乘务员手册以及公司营运手册等。所有这些资料都应该随机携带以便在必要时查找。但无效的信息会增加飞行机组的工作负荷，导致产生不良的决策。因此所有营运信息必须具有代表性；便于使用；具有实用价值。

（四）易耗资源

易耗资源（Consumable Resources）指在飞行过程中的消耗品。重要的易耗资源是燃油、航空食品、个人精力以及时间。航空油料是有形的易耗资源，而人的精力和时间是无形的易耗资源。

第二节 人为差错与管理

在飞机飞行中所犯的差错，大部分可以当即被发现和纠正，原因之一是自己可以发现差错，原因之二是机组同事、空管人员、机务人员等可以发现和纠正。民航工作人员从自己和他人的差错中吸取教训是非常关键的，发现差错时要对其进行管理，并从中吸取教训，避免类似的差错再次发生。差错本身不会导致意外和灾难，而由差错引发的后果则会导致意外和灾难。

一、人为差错定义

人为差错是指在生产操作过程中，实际实现的功能与被要求的功能之间存在的偏差，其结果可能会以某种形式给系统带来不良影响。包含五种情况：

- ① 未履行分配给他的职责；
- ② 错误地履行了分配给他的职责；
- ③ 履行了未赋予的额外职责；
- ④ 按错误的程序或在错误的时间履行了职责；
- ⑤ 履行职责不全面。



二、人为差错类型

按照产生的原因，人为差错可分为随机差错、系统差错和偶发差错。

(1) 随机差错：由于个人的行为或动作的随机性引起的人为错误。

(2) 系统差错：由于系统涉及某方面的问题或人的不正常状态引起的人为错误。系统中的人为错误可能是由设计不充分、人员培训不足、设计程序或检查单/手册的概念错误引起的。

(3) 偶发差错：由于人的偶然行为引起的人为错误，它往往是难以预料的。

三、人为差错模式

（一）失误、遗忘和错误

(1) 失误 (slip)：在执行工作过程中没有按照制订的计划进行而产生差错。

(2) 遗忘 (lapse)：在工作中因信息追溯或回忆而产生差错。

(3) 错误 (mistake)：做错事却一直都自认为是对的，这是一种较复杂的差错类型。

（二）违章

违章是指故意偏离安全操作程序、标准或规章，违章会对安全构成严重威胁。违章的潜在原因很多是管理层认可或宽恕，他们创造出了允许违章现象存在的环境。违章的类型和频率主要取决于工作态度、信念、团队工作习惯和企业安全文化等。违章可分四种类型：习惯性违章、处境违章、乐观性违章和特例违章。

（三）失效

(1) 现行失效是指具有直接负面影响的差错和违章行为。

(2) 潜在失效是指远在事故发生之前的措施和决策所隐藏的危险。

四、差错管理

（一）差错管理理念

人犯错误是普遍的和不可避免的，以任何形式追求完美都是不切实际的。采取有效的措施对错误实施管理可以避免错误引发的不良后果。

（二）差错管理原则

差错的产生要具备一定条件，只要破坏其中一个条件，或用其他条件限制导致错误的条件，就可实现将不可逆错误转变为可逆错误。

（三）差错管理类型

(1) 差错减少：旨在直接关注差错源本身，给人员提供更好的培训、更完善的工作检

查单等。

(2) 差错捕获：包括将责任落实到人、确认交叉互检制度、强调信息复述。

(3) 差错包容：指安全管理系统应设计有能力接受差错而不会产生严重的后果。

(4) 安全审核：包括外部和内部安全审核。由监察人员对适航规章和安全方案执行情况，从人、机、料、法、环等方面进行系统评估，采取预防措施，不断改善安全系统的管理。

(四) 差错管理要素

主动性与时效性。

(五) 差错管理措施

(1) 管理措施：规章、标准、制度、监督检查。

(2) 教育培训措施：知识培训、技能训练、文化培养。

(3) 技术措施：维修方案设计，工卡制作，技术发现和差错提示。

(4) 行为措施：良好习惯的养成、规范意识、企业文化、个人修养和个性特征等。

(5) 系统防范措施：专职检验、功能测试。

(六) 人员品质评定标准

差错管理对人员品质的评定标准分为以下六种。

(1) 优秀：能够及时发现差错并能立即改正。

(2) 良好：能够发现差错并能立即改正。

(3) 中上：能够发现差错并能适时改正。

(4) 中等：能够发现差错，并在不构成威胁的前提下改正。

(5) 中下：不能够自己发现差错，能在别人的提醒和帮助下发现并改正差错。

(6) 不及格：不承认错误，不能发现和改正错误。

第三节 沟通交流与团队合作

一、沟通交流

什么是沟通？沟通的一般定义是为了设定的目标，将信息、思想、感情在个人或群体间传递，并且达成共识取得理解的过程。“沟通”一词，汉语原意是指通过挖沟开渠使不同水系相互流通畅达。美国著名管理学家和社会科学家赫伯特·西蒙认为：沟通可视为任何一种程序，借此程序，组织中的每一位成员，将其所决定的意见或前提，传送给其他有关成员。

沟通交流是以令人愉快和易于理解的方式相互交换信息，传递和反馈思想与感情的过程。有效利用驾驶舱内外的信息资源是提高机组处境水平的关键，信息交流技能是 CRM

训练的核心内容。

对于执行航班任务而言，将驾驶舱、客舱以及相关人员进行有效组织起来，沟通是关键所在。沟通不畅、信息无法有效传递，会埋下安全隐患。随着技术发展，机械原因造成的飞机事故比例逐年下降，人为因素造成的事故及事故征候比例逐渐上升。相关资料显示，在人为差错造成的事故中，有 67% 是由飞行机组的失误导致的。在驾驶舱中，大部分事故与事故征候都涉及 CRM 问题，其中包含沟通不当和信息传递错误。

（一）沟通类型

根据是否有反馈，沟通可分为单向沟通和双向沟通两种。没有反馈的沟通是单向沟通，有反馈的沟通是双向沟通。

（二）沟通途径

根据信息载体的不同，沟通可分为语言沟通和非语言沟通。语言是人类特有的、有效的沟通方式，语言沟通建立在语言文字的基础上，又可细分为口头沟通和书面沟通两种形式。非语言沟通是通过其他技巧，如头部动作、面部表情、手势、脚步姿态等进行沟通。

（三）沟通要领

沟通是一门艺术，沟通过程中的任何环节受到干扰都会削弱沟通质量。影响沟通的因素有很多方面，如噪声、态度、观念、文化、心理状态、性格、经验、语言、肢体动作等。沟通的要领如下。

（1）在发送信息时，应以简明扼要、适时准确的方式传递信息，使用标准术语和规范信息，方便对方理解和接受。

（2）在接收信息时，应集中注意、仔细倾听、及时反馈。许多因素都会干扰沟通，要能够识别障碍并予以克服。

（3）反馈的作用十分重要。通过反馈可使双方对交流的信息进行评估，察觉哪些信息被接收了，哪些信息被遗漏了或者错误理解了。

（4）质询是一种特殊的沟通技能，是在特定的处境下获得观点、意见或建议的过程，包括提问、检查和调查。

（5）简述是沟通的重要内容，包括起飞前简述、进近简述和客舱简述。

（6）劝告是沟通的一种特殊形式，不仅能克服沟通障碍，还能提升其他人的处境意识。

二、团队协作

美国管理学家斯蒂芬·P. 罗宾斯认为：团队是由两个或者两个以上的个体，为了达到特定目标而按照一定规则结合在一起的组织。团队协作是一种为达到既定目标所进行的资源共享和协同合作。

在航空领域，良好的机组协作可以提高工作效率，减少飞行中的人为差错，对飞行安全起着重要的作用。在飞行中，机组既要操作飞机，又要进行通信沟通；既要观察飞行状态，又要处理突发情况。由于人自身的局限性，人的精力和体力不可能时刻保持在最佳状态，减少机组人为差错的发生概率就是阻止事故链的形成，因此，合理的团队协作是至关重要的。

2015年8月底，各大媒体均曝出中联航某机组在飞行过程中互殴，副驾驶被打得头破血流的新闻。中联航对此也作出回应，称机组互殴系飞行员因工作分歧起冲突，媒体报道的机组互殴至头破血流内容不属实。中国民用航空华北地区管理局在《关于对中国联合航空有限公司处理决定的报告》中称“6·14机组在航班运行期间发生肢体冲突”。

机长和副驾驶应该是团队协作关系，各机组成员只有齐心协力、相互配合、恪尽职守、思想统一、行动一致，才能保证飞机正常运行。有的机长总是积极推动和支持机组成员参与决策，将机长的能力局限对飞行安全的影响降至最低；有的机长习惯弱化副驾驶的职责，把以机长为中心的机组配合，变成机长个人的独角戏。因此，不论是互殴还是发生肢体冲突，我们应从这次事件中总结教训，只要机组进入驾驶舱，坐上执勤位置，开始执行航班任务，就必须团队协作，建立共同的目标。

由于每个人的性格、志趣、价值观在不同程度上存在差异，交往过程中难免会产生一些冲突。提高机组的处境意识，有利于大家齐心协力，及时、有效地解决矛盾，保证飞行安全。同时，不掺杂过多的个人感情和个人成见，也有利于有效地解决问题。

（一）群体与团队

工作群体是指成员通过共享信息，共同做出决策，以更好地承担起自己的责任的群体。工作群体的绩效是群体成员个人绩效的总和；工作团队是指成员设立共同目标，通过共同的努力产生积极协同作用的团队，其团队成员努力的结果使团队的绩效水平远大于个体成员绩效的总和。致力于将机组从群体向团队升华的过程，就是实现机组资源管理深化的过程，也就是实现 $1+1>2$ 的过程。

（二）解决冲突的方法

（1）选择正确的时机，避免在开始和结束时发生冲突，避免与人员对立。选择合适的时间讨论问题；

（2）不要认为一方是错的，而另一方是对的，要达成一致；

（3）积极参与并鼓励别人积极参与；

（4）尊重那些做出贡献的人；

（5）不要攻击持不同意见的人；

（6）不要过早地提出结论性的意见，要让别人也能充分发表自己的意见；

（7）给予每个人同等的表现机会。

第四节 机组资源管理相关模型

机组资源管理的相关模型如下。

一、SHELL模型

SHELL 模型是航空人为因素研究领域普遍使用的模型，由埃尔温·爱德华（Elwin Edwards）教授于 1972 年提出。1975 年霍金斯(Frank H. Hawkins)将其发展成为一个带齿边的方块模型，如图 2-3 所示。

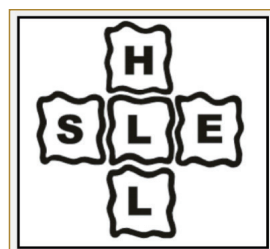


图2-3 SHELL模型

- ① S 代表 Software（软件），即程序、培训、支持力等；
- ② H 代表 Hardware（硬件），即机器和设备；
- ③ E 代表 Environment（环境），即系统运行的环境；
- ④ L 代表 Liveware（人员），即工作场所中的人员。

SHELL 模型是一款以“人”为核心因素，用于研究系统其他要素与“人”之间的影响的分析工具。齿形方块表示系统中的要素只有围绕人来匹配，系统的功能和目标才能得到充分实现。系统中的人为差错是导致航空事故及事故征候的主要原因。人为差错受若干复杂因素共同影响。这些因素都可用人员、环境、软件和硬件这四个要素概括，如图 2-4 所示。

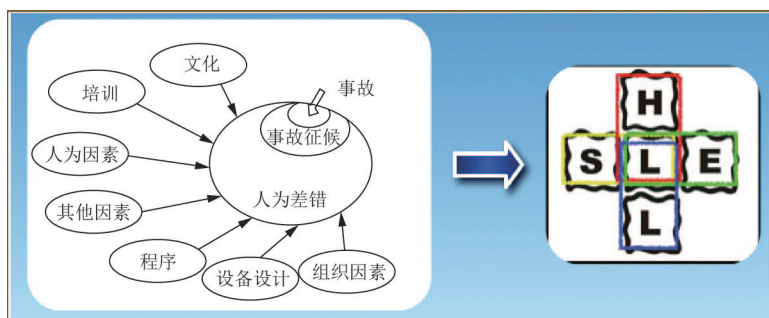


图2-4 人为差错与SHELL模型

人与系统中的软件、硬件、环境以及其他人员之间的相互关系，构成了 SHELL 模型的四个方面。即：人—软件（L-S）；人—硬件（L-H）；人—环境（L-E）；人—人（L-L）。

(1) 人—软件：系统中对人提供支持的文件、训练等。如规章、手册、检查单、标准操作程序、专业训练以及计算机软件等。

(2) 人—硬件：考虑人员与机器、设备以及设施之间的关系。如维修工具、座椅、工作台、计算机等。

(3) 人—环境：系统中人所处的综合环境。比如室内环境中的温度、光线、空间；室外自然环境；社会环境中的地方风俗；政策环境中的法律法规等。

(4) 人—人：包括系统中其他人员及其他系统中的人员。

二、HFACS模型

HFACS 模型（Human Factors Analysis and Classification System，人为因素分析与分类系统）是基于 James Reason 教授的 Reason 模型开发的用于分析人为差错的分析方法。该模型主要用来开展对不安全事件的调查，可利用该模型分析不安全事件以识别导致事故的人为因素，并提供详细的分类和层次结构。

HFACS 模型包括四个层次：不安全行为、不安全行为的前提条件、不安全监督和组织影响。每个层次对应 Reason 模型的一个层面，如图 2-5 所示。

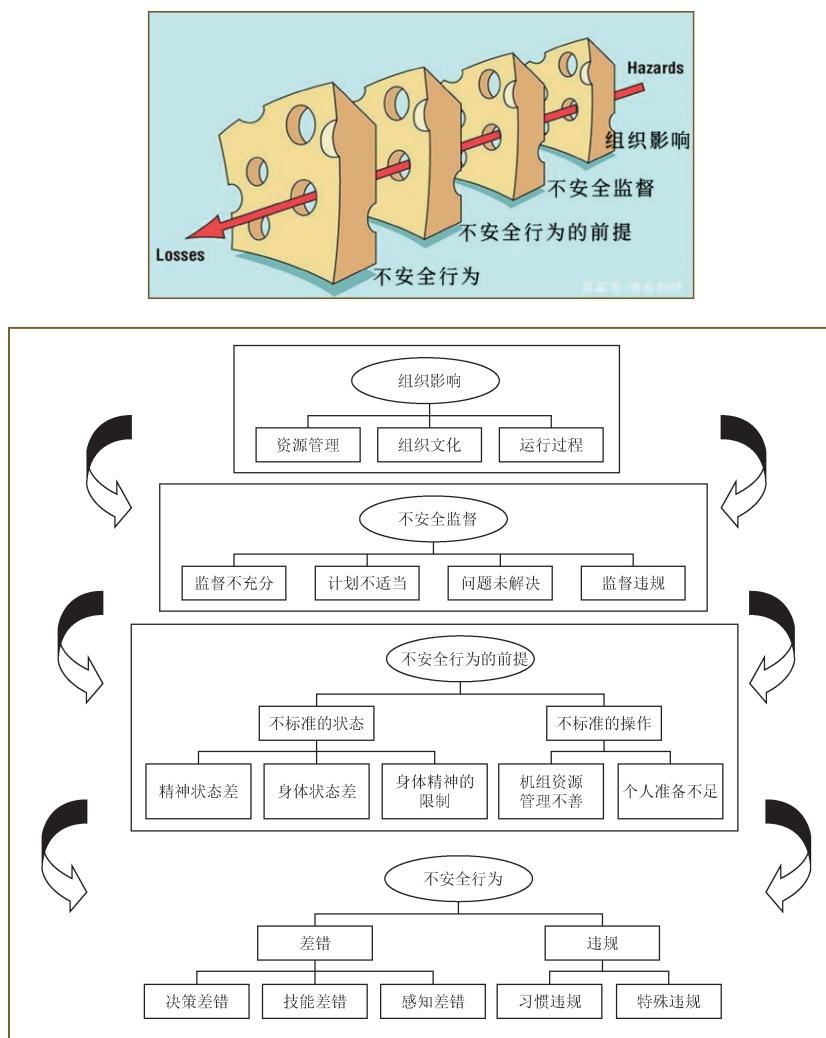


图2-5 HFACS模型

- ① 不安全行为：这是最底层的原因，涉及具体的操作失误。
- ② 不安全行为 的前提条件：这一层次包括影响人员行为的潜在条件，如培训、设备和环境等。



③ 不安全监督：这一层次涉及监督和管理过程中的失误。

④ 组织影响：这是最顶层的原因，涉及组织层面的政策和程序。

HFACS 模型最初是为军事航空设计的，被广泛应用于航空事故的分析。例如，在分析一起典型的航空事故时，发现飞行员操作不当是导致事故发生的原因。通过 HFACS 模型，提出了完善安全责任机制、加强飞行员教育培训和严格执行规章等措施建议，证明其在调查军事飞行事故中的有效性，该模型在民用航空中也表现出有效性。

机组的不安全行为会直接导致事故的发生，不安全行为分为差错和违规。差错不是人员故意做出的，而是由于种种原因没有完成想要完成的事情而产生的，可分为技能差错、决策差错和感知差错；违规是人员故意违反规程序的行为，可分为习惯性违规和特殊性违规。

若仅把注意力放在不安全行为上，那就是只看现象不看本质。因此，还要分析不安全行为发生的具体原因。不安全行为发生的两个主要前提条件是：操作人员不正常的状态和不标准的操作。精神状态、身体状态、身体及精神限制都会影响操作人员的工作质量。此外，环境因素也会导致操作人员状态降低或者出现不安全行为。实践证明，经过良好训练和充分监督的操作人员能够有效地减少差错并提高工作效率，反之则容易造成事故的发生。

除与操作人员有关的因素，管理层也对事故的发生负有责任。管理层的不安全监督分为四类：监督不充分、运行计划不适当、已知问题未解决、监督违规。因此，监督者必须提供专业的指导、培训或监督。若监督不充分、没有适当的培训、机组配备不当、没有及时纠正不安全行为、工作负荷过量、允许无资格飞行员驾驶飞机等，都可能滋生安全隐患。

由于缺乏整体认识，组织性差错经常被忽视，但组织性差错往往是导致事故的根源。通常，组织影响与资源管理、组织文化和运行过程相关。资源管理围绕安全和生产两个目标进行，民航业繁荣时两个目标都能够满足，民航业萧条时需要两者做出取舍，若过度削减安全开支，容易导致维护不及时，造成安全隐患；组织文化包括工作氛围、政策导向等；运行过程涉及公司决策、规章、标准操作程序和常规方法。

以飞行疲劳和压力的风险管理为例，HFACS 模型可以通过使用反推法，即将已发生的或者预计可能发生的事件与四个层级的各分类项进行对照，从而尽可能仔细地找到导致问题发生的原因，具体分五步来完成分析工作。

- (1) 第一步：识别不安全行为，找到导致疲劳和压力出现的直接原因或者危险源；
- (2) 第二步：识别不安全行为前提层级的失效或者危险源；
- (3) 第三步：识别不安全监督层级的失效或者危险源；
- (4) 第四步：识别组织影响层级的失效或者危险源；
- (5) 第五步：将四个层级识别出的失效或者危险源联系起来。

利用 HFACS 模型分析的重点就是把所有四个层级的失效或者危险源联系起来，将每一个失效或者危险源在该层级的致因和在其他层级的致因联系起来，同时也要弄清楚该失效是其他哪些失效的致因，然后就可以逐一制定相应的风险管控措施了。



三、墨菲定律

你在生活中有没有过以下体会？

- 排队的时候，总是发现旁边的队伍比你这队快？而当你换去旁边队伍时，却发现原来的队伍变快了？
- 等了许久没来公交车，前脚刚离开车站，车就来了。
- 想要找什么东西的时候，总是在最后的地方才发现。
- 复习的时候，只有一道题不会做，其他习题都会做，而考试的时候偏偏就考了不会的那道题。

这是为什么呢？答案就是墨菲定律（Murphy's Law）。墨菲定律被称为 20 世纪西方文化三大发现之一，是一种心理学效应，由爱德华·墨菲（Edward A. Murphy）提出。

爱德华·墨菲是美国爱德华兹空军基地的上尉工程师，他曾参加美国空军于 1949 年进行的 MX981 火箭减速超重实验，如图 2-6 所示。



图2-6 美国空军MX981实验

这个实验的目的是测定人类对加速度的承受极限，其中有一个实验项目是将 16 个火箭加速度计悬空装置在受试者上方。当时仪器失灵发生了事故，而技术人员竟然无一例外地将 16 个火箭加速度计全部装在了错误的位置。由此，墨菲得出一个结论：如果某项工作有多种方法，而其中一种方法将导致事故，那么一定有人会按照这种方法去做。

墨菲定律原句：If there are two or more ways to do something, and one of those ways can result in a catastrophe, then someone will do it.

中文译为：如果有两种或者两种以上的方式去做某件事，而其中一种方式将导致灾难，则必定会有人做出这种选择。

墨菲定律的根本内容是：Anything that can go wrong will go wrong，即凡是可能出错的事有很大概率会出错。任何一个事件，只要具有大于零的概率，就不能假设它不会发生。

墨菲定律的内容分为四个方面：

- ① 任何事都没有表面看起来那么简单；
- ② 完成任何事情都会比你预计的时间长；
- ③ 会出错的事总会出错；
- ④ 如果你担心某种情况发生，那么它就更有可能发生。

墨菲定律的启示：不能忽视小概率危险事件；要做最好的准备和最坏的打算；既要期待成功，也要有失败的心理准备；做任何事情之前，必须做好准备工作。

做个小实验：一片面包掉在地毯上，这片面包的两面均可能着地；但如果你把一片一

面涂有果酱的面包不小心掉在地毯上，通常是涂有果酱的一面落在地毯上。实验证明，墨菲定律并不是百发百中，而是有一定的发生概率，但这并不意味着定律是错误的，而是这一关于心理暗示方面的哲学定律，具有一定的现实意义。

将墨菲定律应用于航空领域，可知通过有效资源配置和管理，人可以在恰当的时机，以恰当的方式预防和纠正人为错误。CRM 中将“错误”分为设计和操作错误、随机错误、系统错误、偶然错误、可逆性与不可逆性错误。我们要做的就是通过 CRM 预防设计和操作错误及随机错误，并将某些不可逆性错误转变成可逆性错误。

四、海恩法则

海恩法则（Heinrich's Law）是德国飞机涡轮机的发明者帕布斯·海恩（Pabst Heinrich）于 1941 年提出的一个基于航空安全研究的法则，后广泛应用于企业安全管理领域。海恩法则指出：每一起严重事故的背后，必然有 29 起轻微事故、300 起未遂先兆，以及 1000 起事故隐患，如图 2-7 所示。

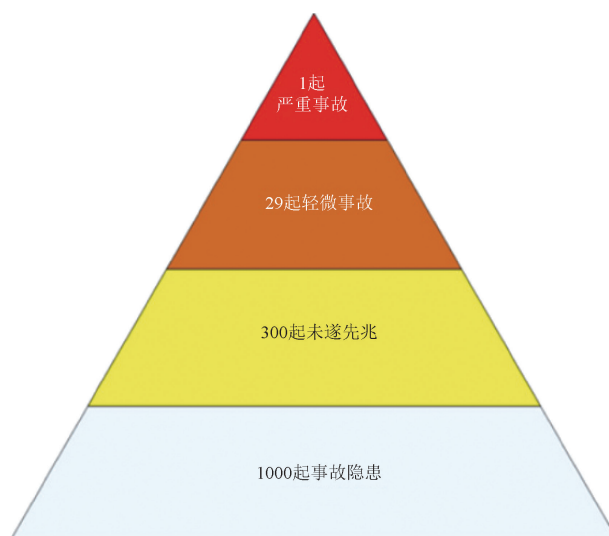


图2-7 海恩法则模型

海恩在对多起航空事故进行分析后发现，每一起事故发生之前总有一些征兆表现出来，而人们要么没有注意或发现，要么发现了也没有引起足够的重视，从而导致事故的发生。海恩法则强调两点：一是事故是量变积累的必然结果；二是隐患的层层叠加最终导致事故发生。按照海恩法则的观点，当一起重大事故发生后，我们在处理事故本身的同时，还要及时对同类问题的“事故征兆”和“事故苗头”进行排查，防微杜渐。

五、事故链理论

“事故链”是 ICAO 在《防止事故手册》中提出的概念。任何一个事故的发生都要经

历初期、中期和后期几个阶段，这个事故发生的过程就叫“事故链”。

ICAO 指出：较大事故极少是由一个原因引起的，而是由许多因素像链条一样环环相扣时发生的，即多系统缺陷共同作用的结果。要防止事故的发生，只要将链条上的某一环节截断就可以了。

六、冰山理论

奥地利心理学家弗洛伊德发表过著名的“冰山理论”，他认为人格就像海上的冰山一样，露出水面的冰山尖角只是小小的一部分，代表人的意识；水面下巨大的冰山底部代表人的潜意识，而这巨大的底部部分在某种程度上决定着人的发展和行为。

冰山理论被广泛应用于多个领域。在航空领域，航空事故就像露出水面的冰山一角，在水下还有许多未发展成事故的事故征候，在每个事故征候下面还有许多未发展成事故征候的不安全事件。航空安全研究数据表明，每发生 1 起航空事故或严重事件，就会有 40 起与此事故或严重事件相关的已报告但未引发事故的事件，还会有 600 起未报告的事件，如图 2-8 所示。

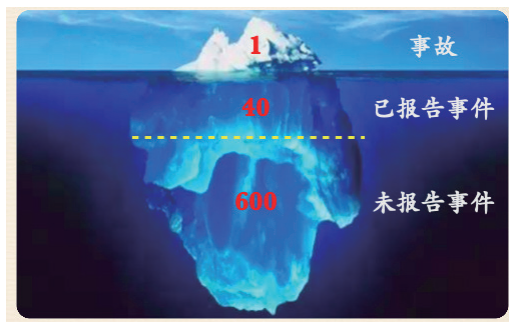


图2-8 冰山模型

冰山理论启示相关部门：航空安全管理工作除了关注事故，还要关注未引发事故的不安全事件。防止不安全事件的数量积累扩大，导致积重难返的趋势。从冰山理论中我们得出这样的启示：要减少冰山露出水面的部分，就要缩小冰山在水面以下的体积；要减少事故的发生就要减少事故征候和不安全事件的发生。

对于我们而言，所有的不安全事件都是重要的，因为这些不安全事件可能是对潜在事故的警告，一旦差错发生在适宜的环境下，事故可能就发生了。飞行中我们所犯的差错绝大部分能当即被发现和纠正。或由自己发现纠正，或由同事、空管员、机务等发现纠正。发现了差错我们要从中吸取教训，通过管理防止类似的差错再次发生。

【思考题】

1. 机组资源管理的含义是什么？
2. 什么是人为差错？



3. 人为差错的类型有哪些？
4. 沟通的类型有哪些？
5. 工作群体与团队的区别是什么？
6. SHELL 模型中的每个字母分别代表什么？
7. HFACS 模型的四个层次分别是什么？
8. 什么是墨菲定律？
10. 什么是事故链理论？