

航空特色系列教材

HANGKONG ANQUAN GUANLI

航空安全管理

主 编 李 奎

副主编 李雪强



航空工业出版社

航空安全管理

主 编 李 奎
副主编 李雪强

航空工业出版社

北 京

内容提要

本书从我国现有的航空安全管理法律、法规政策和管理体制出发,考察了国内外航空安全管理现状,探讨了航空安全管理的基本原理和方法,分析了影响航空安全的各项因素(人为因素、飞机设备因素、环境因素等)和管理对策,重点阐述了航空安全预警管理、航空安全危机应对与紧急救援机制的建构等。既重视航空安全管理的业务流程和操作规程,又特别突出航空安全预警管理和航空危机紧急应急救援,是航空相关专业学生了解航空安全的有用教材和民航从业人员的良好参考书。

图书在版编目(CIP)数据

航空安全管理/李奎主编. --北京:航空工业出版社, 2011.2

ISBN 978-7-80243-690-9

I. ①航… II. ①李… III. ①民用航空—航空安全—安全管理 IV. ①F560.69

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第011251号

航空安全管理

Hangkong Anquan Guanli

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里14号 100029)

发行部电话: 010-64815615 010-64978486

北京地质印刷厂印刷

全国各地新华书店经售

2011年2月第1版

2011年2月第1次印刷

开本: 787×1092 1/16

印张: 16.75

字数: 415千字

印数: 1—2000

定价: 26.00元

目 录

第一章 航空安全管理引论	(1)
第一节 航空安全与航空灾害	(1)
一、航空安全	(1)
二、航空灾害	(2)
第二节 航空安全影响因素和航空灾害成因	(4)
一、航空安全影响因素	(4)
二、航空灾害成因	(6)
第三节 航空安全管理的界定	(11)
一、航空安全管理的必要性	(11)
二、航空安全管理的可行性	(13)
三、航空安全管理的界定、目标和方法	(14)
第四节 航空安全管理的相关研究与应用综述	(15)
一、预警理论	(15)
二、灾害科学	(16)
三、交通安全理论	(18)
四、故障诊断理论	(21)
五、复杂科学研究	(22)
六、飞行安全系统分析理论	(23)
第二章 航空安全管理现状	(36)
第一节 中国民航安全管理现状	(36)
一、中国民航管理概况	(36)
二、中国民航安全管理历史回顾	(37)
三、中国民航安全管理体系	(38)
四、中国民航航空安全评估	(39)
第二节 中国航空公司安全管理现状	(45)
一、中国航空公司安全管理基本现状	(45)
二、中国航空公司安全管理存在的问题	(48)
第三节 中国民用机场安全管理现状	(52)
一、中国民用机场安全管理基本现状	(52)
二、中国民用机场安全管理存在的问题	(56)
第四节 中国空中交通管制安全管理现状	(63)
一、中国空中交通管制基本现状	(63)
二、中国空中交通管制安全管理存在的问题	(65)



第五节 中国民航事故情状	(67)
一、中国民航安全事故的总体统计	(67)
二、中国航空安全事故发生的原因	(70)
第六节 世界民航事故情状	(72)
一、20 世纪世界民航发展概况	(72)
二、1981—2001 年 20 年世界航空安全事故统计	(73)
三、非法干涉导致的世界航空安全事故统计	(77)
第七节 中国与世界航空安全事故比较分析	(78)
一、中国与世界航空安全事故发生情况对比	(78)
二、中国与世界航空安全事故比较分析	(81)
 第三章 人为因素与航空安全管理	(85)
第一节 机组人员致灾因素	(85)
一、机组个体行为因素	(86)
二、机组群体行为因素	(90)
三、机组管理因素	(92)
第二节 维修人员致灾因素	(94)
一、飞机维修人为差错的一般规律	(94)
二、飞机维修人为差错的成因	(95)
第三节 空管人员致灾因素	(99)
一、空管人员素质缺陷	(99)
二、空管人员操作违规	(100)
三、空管人员身心状况不佳	(100)
四、空管班组配合不当	(101)
五、空管工作负荷影响	(101)
六、空管通话信息失真	(101)
七、空管人员自动化适应不良	(102)
第四节 机场工作人员致灾因素	(102)
一、安检人员工作失误	(102)
二、地面指挥人员工作失误	(103)
三、机场配载人员工作失误	(103)
四、机场监护人员工作失误	(104)
 第四章 飞机设备因素与航空安全管理	(112)
第一节 飞机故障致灾因素	(112)
一、飞机发动机停车	(113)
二、其他飞机系统故障	(114)
第二节 飞机结构腐蚀及疲劳损坏	(115)
一、飞机结构腐蚀	(115)



二、飞机疲劳损坏	(116)
第三节 飞机设计缺陷	(117)
一、图-154 飞机的设计缺陷	(117)
二、DC-10 飞机的设计缺陷	(117)
三、MD-11 飞机的设计缺陷	(118)
第四节 飞机零部件生产质量问题	(118)
一、飞机假冒伪劣部件的威胁	(119)
二、飞机零部件生产质量问题	(120)
 第五章 环境因素与航空安全管理	(127)
第一节 社会环境因素	(127)
一、政治环境因素	(127)
二、经济环境因素	(129)
第二节 自然环境因素	(130)
一、天气条件恶劣	(130)
二、地理环境复杂	(132)
第三节 人工环境因素	(132)
一、机场环境因素	(133)
二、空中管制环境因素	(134)
第四节 飞行工作环境因素	(135)
一、时间压力的影响	(135)
二、工作负荷的影响	(135)
 第六章 管理因素与航空安全	(141)
第一节 航空安全的管理致灾因素	(141)
一、航空公司的管理致灾因素	(141)
二、机场的管理致灾因素	(141)
第二节 航空安全管理波动的原因	(142)
一、航空安全管理波动的外部影响因素	(142)
二、航空安全管理波动的内部原因	(142)
第三节 航空安全管理失误的原因	(145)
一、安全管理主体的素质缺陷	(145)
二、安全管理体系的内在缺陷	(146)
三、航空企业的组织气氛影响	(147)
 第七章 飞行品质监控与航空安全管理	(159)
第一节 飞行品质监控	(159)
一、我国民航飞行品质监控的安全管理现状	(159)
二、飞行品质监控的安全预警管理思路	(162)



三、飞行品质监控的流程与方法	(163)
第二节 飞机故障诊断方法	(165)
一、飞行员故障报告分析方法	(165)
二、飞机智能故障诊断方法	(167)
第八章 航空安全预警管理理论与方法	(171)
第一节 航空安全预警管理理论	(171)
一、航空安全预警管理的指导思想、管理对象和基本功能	(171)
二、航空安全预警管理原理	(172)
第二节 航空安全预警管理方法	(175)
一、航空安全预警管理方法体系	(175)
二、航空安全预警管理指标体系设计	(178)
第三节 航空危机预警管理	(179)
一、航空危机类型及原因	(180)
二、航空危机预警管理的流程与方法	(181)
第九章 航空安全预警管理运行机制	(186)
第一节 航空安全预警管理的组织方式	(186)
一、航空安全预警管理的行业组织方式	(186)
二、航空安全预警管理的企业组织方式	(186)
第二节 航空安全预警管理的责任体系	(191)
一、航空安全预警管理的行业责任体系	(191)
二、航空安全预警管理的企业责任体系	(192)
第三节 航空安全预警管理的规范体系	(194)
一、航空安全预警管理工作流程	(195)
二、航空安全预警管理操作方法	(195)
三、航空安全预警分析的3条信息线路	(196)
四、航空安全预警管理预控对策的两个层次	(196)
第四节 航空安全预警管理的监控体系	(197)
一、航空安全预警管理的行业监控体系	(197)
二、航空安全预警管理的企业监控体系	(198)
第十章 航空安全的危机应对与紧急应急救援	(204)
第一节 航空危机的紧急应急救援组织	(204)
一、航空危机紧急应急救援网络组织	(204)
二、航空危机紧急应急救援网络组织的工作职责	(205)
第二节 航空危机的紧急应急救援程序	(209)
一、航空危机紧急情况类型及应急救援等级	(210)
二、航空危机紧急情况的处置及应急救援程序	(210)



第十一章 航空安全管理的未来趋势与展望	(227)
第一节 未来中国航空安全管理的基本模式	(227)
一、完善航空安全法规和标准体系	(227)
二、健全航空安全管理组织	(227)
第二节 未来中国航空安全基础建设	(228)
一、完善航空公司和机场运行控制系统	(229)
二、完善空管、建设统一高效的航空安全管理信息系统	(229)
三、加强安全科学技术保障体系的建设	(230)
第三节 未来中国民航安全管理系统 (SMS) 和安全文化的建构	(230)
一、全面建立符合国际民航组织要求并适合中国国情的民航安全管理系统	(230)
二、未来中国航空安全文化建设	(231)
 附录 1 中国航空公司安全管理抽样调查问卷统计结果	(237)
 附录 2 中国民航机场安全管理抽样调查问卷统计结果	(245)
 参考文献	(251)
 后记	(257)

第一章

航空安全管理引论

民用航空系高科技、高风险的资本密集型服务性行业，在当代社会中已成为国民经济发展的重要驱动力量。然而，航空灾害犹如挥之不去的幽灵，所造成的人身财产损失和无形的危害，在人们的心灵上投下了阴影。目前，我国民航的安全形势相当严峻，面对跨入 21 世纪后面临的竞争和挑战，中国民航亟待改善安全管理的科学性和可靠性，进一步降低事故率，提高防灾减灾水平，促进民航业健康持续发展。学习和研究航空安全管理学^①，具有迫切的必要性和现实的可行性。

第一节 航空安全与航空灾害

一、航空安全

安全是系统的一种“无危险的状态”（《牛津大字典》）。安全的基本含义是不产生伤害，不导致风险，不造成损失。安全标准是无危险的状态。安全的基本目标就是阻止或消除风险变成危险的可能性。风险是指有发生危险的可能性，当危害超出允许的界限或标准时，风险就可能变成现实的危险，此时系统由安全变为不安全。危险意味着可能发生危害的可能性。安全与否，关键在于它当前所处的状态是否存在危险因素。存在危险，系统就不安全。

航空安全是指民用航空安全生产运行系统处于一种无危险的状态。目前国际民航界一般用事故、事故征候、空难等航空器运行安全事件作为衡量一个国家或地区民用航空安全的主要指标。

1. 事故

《拉鲁瑟法文大辞典》（法国）将事故定义为偶然发生的，对身体或物品造成损害的事件。美国法院是最早对航空活动中事故下定义作解释的。在 1977 年的“德马林斯诉荷兰皇家航空公司”^②和“沃绍诉环球”^③两案审理中，美国法院将事故定义为一种未料到的，不按事物常规发生的事件或外部事实情况。凡属飞机上正常情况下经常发生的事情，不是事故。飞机上发生的事故必须是一种异常的、意外的、少见的事情。凡纯属旅客健康状况引起的，或者与飞行无关的事情或事件，都不是事故。这个定义是综合英、法等国传统法律概念，并按航空特点表述的，受到普遍肯定与引用。

《国际民用航空公约》是国际航空公法的基础和宪章性文件。目前已有 150 多个国家

^① 本教材语境中“航空安全”指民用航空安全、民航业安全；“航空安全管理”指民用航空安全管理、民航业安全管理。军事航空安全管理以及其他性质和用途的航空安全及其管理不属于本教材讨论范围。

^② De Marines v. KLM. CCH avi, 1977 (14): 18, 212.

^③ War Show v. TWA. CCH avi, 1977 (14): 18, 297.



批准或加入了这个公约。国际民航组织理事会在该公约的《附件 13——航空事故调查》(第六版, 1981 年 11 月 26 日起实行) 中, 将事故定义为在任何人登上航空器准备飞行直至所有这类人员下了航空器为止的时间内, 所发生的与该航空器操作使用有关的事件, 在此事件中: ①有人因在航空器内, 或因与航空器的任何部分包括已脱离航空器的部分直接接触, 或因直接暴露于喷流而受致命伤或重伤; ②航空器受到损坏或结构破坏, 对结构强度、性能或飞行特性有不利影响; ③航空器失踪或处于完全不能接近的地方。

2. 空难

民航界一般将空难界定为由飞机、飞艇、气球、宇宙飞船等航空器具发生的伤亡事故。余廉等在《中国交通灾害》一书中将由航空器具造成的除机组成员与乘客之外第三者的直接损害(财产和人身)以及航空公司的利益损失也包括在民航事故中^①。民航业最权威的国际民航组织(ICAO)将空难(Air Disaster)界定为飞机等在飞行中发生故障、遭遇自然灾害或其他意外事故所造成的灾难。

3. 事故征候

依据《国际民用航空公约》的《附件 13》, 事故征候不是事故, 指在飞行中未造成事故那类后果, 但危及飞行安全的一切反常情况。我国民航总局规定事故征候是指不是事故而是与航空器的操作使用有关, 会影响或可能影响操作使用安全的事件。

上述概念说明, 目前评估民航业和航空公司是否安全、安全程度如何, 均以是否发生事故、发生事故多少为标志, 并且对事故的界定都基于航空器运行过程中的危险状态, 不能完整表述航空组织在安全生产运营过程中的安全事件及其影响, 如劫机事件, 飞机噪声和尾气污染事件, 有毒和放射性物品泄漏造成的生态环境污染事件, 冰雹、沙尘暴、雷暴等自然灾害造成的安全事件, 搜寻与救援中人员及设备受到损坏和伤害的危险等。

二、航空灾害

航空交通灾害(简称航空灾害)是指一切危及民航正常航空运营活动、运营秩序以及社会政治经济生活的航空交通事故或事件造成的灾难性后果。包括航空事故灾害, 如飞行事故、地面事故、严重差错等造成的有形和无形损失; 航空环境灾害, 如飞机噪声和尾气污染、有毒和放射性物品泄漏造成的生态环境污染与破坏、空中航行传播疫病等; 自然灾害, 如雷暴、沙尘暴、冰雹等自然变故造成的相关损失; 其他灾害, 如威胁民航运营安全的非法行为的危害等^②。

2002 年 6~7 月, 国内相关学者在全国 8 家航空公司进行了“中国航空公司安全调查问卷”抽样调查, 共发放问卷 372 份, 回收 324 份, 其中有效问卷 263 份。在航空公司的抽样调查表明, 83.65% 的人赞同上述对“航空交通灾害”的界定, 14.83% 的人认为“航空交通灾害就是指重大航空事故所造成的危害”; 1.52% 的人认为“航空交通灾害是指危及民航正常运营活动运营秩序的自然灾害”。在民航机场的抽样调查表明, 81.94% 的人赞同上述对“航空交通灾害”的界定, 16.67% 的人认为“航空交通灾害就是指重大航空事故所造成的危害”; 1.39% 的人认为“航空交通灾害是指危及民航正常运营活动和

① 余廉, 戴行信, 洪元义. 中国交通灾害 [M]. 长沙: 湖南人民出版社, 1998.

② 罗帆. 航空交通灾害预警管理 [M]. 石家庄: 河北科学技术出版社, 2004.



运营秩序的自然灾害”。

本教材认为,航空灾害是指一切危及民航航空安全所造成的灾难性后果,包括航空事故灾害、航空环境灾害、自然灾害、其他灾害(如威胁民航运营安全的非法行为的危害)等。

航空灾害具有四个方面的基本特征:

1. 生成的突发性

航空交通灾害往往是当事人无法预见的突发性的灾害。航空安全管理专家 2000 年在武汉、石家庄等省会城市进行了抽样问卷调查,其中 42.63% 的居民认为最不安全的交通方式是乘坐飞机,在各种交通方式中居首位^①。实际上,空难的发生概率较小^②,然而灾难一旦发生则死亡率极高,其突发性和无可逃避性对人们的心理造成巨大的影响。由于航空交通灾害的发生是众多诱发因素交互作用的结果,某些因素本身包含随机性和突发性,必然使得灾害的发生具有偶然性、突发性、不确定性及随机性。

2. 成因的综合性

民航的地面—空中立体生产服务体系,是一个人造的社会技术系统,主要由航空公司、空中交通服务和机场服务三大子系统组成,涉及飞行、机务、地面保障和空中服务等多方面的计划、组织、协调和指挥,其工作场地分散,组织协调的难度大,同时受自然环境和社会环境的影响较大。中国民航总局根据事故调查报告,对 1990—1994 年国内 29 起运输飞行事故的相关因素进行了分析^③,占第一位的是机组操纵不当(18.8%),第二位的是机务维护工作失误、航空公司组织管理缺陷(各为 12.9%),第三位的是机组违反飞行政程序和规章、机组成员配合不好(各为 11.8%),第四位的是天气(9.4%),第五位的是机组判断错误、机组不能正确使用设备(各为 5.9%),其中人为因素累计高达 80% 以上。可见航空事故是由许多因素引发的,其中人为失误是最主要的因素,包括操纵者对环境变化及飞机故障的不良应对等。航空灾害的发生,通常是民航运输过程中外部环境的突变、人为失误与飞机失控等因素相互作用的结果,其成因具有综合性。

3. 后果的双重性

航空交通灾害的后果,一是灾害本身对人和 社会造成的破坏,二是灾害发生后的社会心理影响。航空灾害的双重性表现在:灾害范围比较小,而造成的社会影响却很大。一次飞机失事死亡数百人,但造成的却是世界性的影响,引起许多人对乘坐飞机产生不安甚至恐惧心理。据抽样调查表明,关于武汉“6·22”空难事故^④的影响,被调查者中 27.9% 的人感到悲伤或不安,23.2% 的人表示不愿坐飞机,20.0% 的人表示不愿坐运 7 飞机,只有 29.1% 的人表示自己或家人没有受到影响。虽然只有 8.8% 的人表示不愿坐“武航”

① 黎德扬. 社会交通与社会发展 [M]. 北京:人民交通出版社,2001.

② 按每百万次飞行发生的有人员死亡的空难事故的次数计算,1991 年是 1.7 次,1999 年首次降到 1 次以下,2000 年再次下降到 0.85 次。按 2000 年的概率算,也就是 117.65 万次飞行才发生一次死亡性空难。换句话说,如果有人每天坐一次飞机,要 3223 年才遇上一次空难。所以说乘飞机是人们可选择的出行方式(乘汽车、轮船、火车等)中最安全的一种。

③ 李谦. 飞行中人为失误的不良心理分析及对策 [J]. 民航经济与技术,1998 (9): 22-24.

④ 2000 年 6 月 22 日下午,武汉航空公司一架运 7 客机,从恩施飞往武汉途中,不幸坠毁于武汉汉阳区永丰乡四台村附近的汉江黄金口堤岸。乘客及机组人员 42 人无一生还。同时遇难的还有正在事发地段工作的汉阳兴达新型墙体材料厂的 7 名职工。



的飞机，但反映出航空灾害对航空企业的形象和声誉是有负面影响的。总体来看，这次航空事故对社会心理的消极影响相当广泛。

4. 一定的可防性

航空交通灾害的发生存在微观上的可避免性与宏观上的不可避免性。从理论上讲，随机事件有随机的规律，灾害的发生是事出有因的，那么预先控制了成因，就能预防灾害发生的结果。通过检测、识别、诊断和预控，及时纠正人为失误和机械故障，则可以防范灾害。但从宏观上分析，系统处在不断的演变、发展、完善过程之中，灾害又是不能绝对避免的。因此，航空交通灾害在一定程度上可以预防，至少能使灾害的发生及损失降到现有技术和管理水平所能控制的最低程度。以民航机场为例，事实表明，一些航空交通灾害的发生与机场管理不当是相关的。例如，由于疏于管理，没能及时发现机场跑道有金属物件，使“协和”超声速客机起飞时轮胎受损而导致机毁人亡；由于安检不力，使歹徒可能携凶器混上飞机，导致多起劫机事件发生。如果民航机场在完善检测等硬件设备的基础上，加强系统化的安全预警管理，就能有效预防此类灾害的发生。

第二节 航空安全影响因素和航空灾害成因

一、航空安全影响因素

民航是一个复杂的人—机—环境大系统，虽然事故的发生具有一定的偶然性，但是，从事事故致因理论分析可以看到，任何事件的发生都是有原因的，事故是人—机—环境系统不完善、不协调、存在缺陷或遭受破坏的体现，是这些问题发展的必然结果。然而事故发生的时间、地点具有很大的偶然性。

1. 航空公司的调查问卷分析

问卷抽样调查显示，影响我国航空安全的关键因素，在航空公司调查中居首位的是飞行机组因素，选择比率是 77.57%；第二位是天气因素，占 70.34%；第三位是航空公司管理因素，占 65.40%；第四位是空中交通管制因素；第五位是飞机性能因素；其他依次为机场管理因素、社会环境因素、气象服务因素、通信导航服务因素、机场场道和设施因素以及航行情报服务因素等，见表 1-1。

表 1-1 航空安全的影响因素（航空公司调查结果）

结果排序	航空安全的影响因素	选择百分比	调研项目编号
1	飞行机组因素	77.57%	2
2	天气因素	70.34%	3
3	航空公司管理因素	65.40%	4
4	空中交通管制因素	51.71%	7
5	飞机性能因素	44.87%	1
6	机场管理因素	28.90%	6



续表 1-1

结果排序	航空安全的影响因素	选择百分比	调研项目编号
7	社会环境因素	27.76%	11
8	气象服务因素	27.38%	10
9	通信导航服务因素	25.86%	8
10	机场场道和设施因素	23.95%	5
11	航行情报服务因素	16.73%	9
12	其他因素	8.75%	12

2. 机场的调查问卷分析

机场人员认为影响航空安全的关键因素依次是飞行机组因素、天气因素、飞机性能因素、空中交通管制因素、航空公司管理因素、机场管理因素、通信导航服务因素、气象服务因素、机场场道和设施因素、航行情报服务因素及社会环境因素等。调查结果排序的前两位与航空公司的调查结果一致，其余因素排序稍有差别。总体上来看，航空公司人员比机场人员更看重航空公司管理因素，见表 1-2。

表 1-2 航空安全的影响因素（机场调查结果）^①

结果排序	航空安全的影响因素	选择百分比	调研项目编号
1	飞行机组因素	82.64%	2
2	天气因素	73.61%	3
3	飞机性能因素	70.14%	1
4	空中交通管制因素	67.36%	7
5	航空公司管理因素	64.36%	4
6	机场管理因素	55.56%	6
7	通信导航服务因素	54.86%	8
8	气象服务因素	52.08%	10
9	机场场道和设施因素	46.53%	5
10	航行情报服务因素	43.06%	9
11	社会环境因素	40.28%	11
12	其他因素	9.03%	12

^① 表 1-1，表 1-2 数据资料来源：罗帆. 航空交通灾害预警管理 [M]. 石家庄：河北科学技术出版社，2004.



二、航空灾害成因

1. 航空交通灾害成因的系统分析

根据国际民航组织对全世界飞行事故的调查表明,在人、机、环境三个因素中,飞行事故起因于单一因素的所占比例为 28%,双因素的占 54%,三因素以上占 18%^①。即一起飞行事故往往不是由单方面原因造成的,飞行活动是在人、机、环境三元素共同作用下进行的,在飞行过程中这三元素互相关联、互相制约、互相促进,形成一个复杂的系统。因此,应从系统的总体高度,研究人、机、环境三大因素的相互关系和整体变化规律,从而更好地预防航空交通灾害的发生。

事故链分析认为各种致灾因素不是独自为战,而是互相结合,如必然因素和偶然因素,人的因素和机械因素等。必须从系统论的角度出发,事故链只是系统的一条线,而航空安全是一个点、线、面到体的系统,要进行全方位的预防,做好多方面的工作,才能有效地制止航空交通灾害的发生。

为了更充分地了解致灾因素的相互作用与相互影响,下面结合一起典型的航空交通灾害进行具体分析。

2000 年 10 月 31 日,新加坡航空公司的一架波音 747-400 客机,载有 20 名机组人员,159 名乘客,从台北桃园机场起飞前往美国。该机获准在桃园机场 05 号左跑道起飞,但该机却在 05 号右跑道开始滑行。这是一条不准使用的正在维修的跑道,但似乎可作为滑行道使用。由于夜色正浓,能见度很差,当时又刮着强烈台风,飞机在跑道上滑行时正好撞上一辆停在跑道上的工程车,造成 83 人死亡、多人受伤、飞机解体的严重事故。事后,争论的焦点在于究竟是塔台“发错指示”还是机组操作失误走错跑道。

在这起航空灾害中,机组是主要的致灾原因,但其他次要因素也不可忽略。首先,机场上各类标牌的标志可能会因能见度差或道面积水而影响辨认,但均按国际民航组织标准设计和设置,再大的风雨,机组人员不可能完全看不清楚;如果真看不清楚标志,更不应只凭经验判断草率起飞。另一方面,“05 右”是辅助跑道,没有安装仪表着陆系统,跑道中心灯光为绿色;而“05 左”跑道中心灯光为黄色,机组本应可以依据灯光确认自己所在的跑道位置。其次,塔台人员也未及时发现飞机已走错跑道,由于桃园机场未配备场面监视雷达,塔台应通过无线电落实飞机是否在正确的起飞跑道上。第三,“05 右”跑道上 有异物,但却没有设立醒目的警告灯。

由此可见,机组、塔台指挥、机场管理失误及恶劣天气是这起灾难的共同肇事者。在此次事故中,天气、机组、塔台人员、机场管理因素是相互作用、密切相关的。天气影响机组对跑道标志的识别,同时也影响塔台人员对飞机所在跑道的确认;而机组和塔台人员间信息的沟通也存在问题,塔台人员发出的是“05 左”跑道,而机组却误入“05 右”跑道;此外,“05 右”跑道有异物也未及时通知机组人员,这说明机场管理也有问题。总之,这一系列因素彼此影响,互相关联,共同酿成了这场灾难。所以,应综合各方面的因素来探讨航空灾害问题。

航空交通灾害成因的系统分析方法:

^① 赵培会,孟丽. 适航管理与飞行安全 [J]. 航空知识,2001 (1): 10-11.



(1) 人一机—环境系统的三要素分析

在人—机—环境系统三因素中，人是主导因素，是系统的核心。而在飞行中，机组又是整个飞行系统安全运行的主要保证。人驾驶飞机在特定的环境中飞行，人、机、环境三大要素间的信息传递、处理、控制与反馈，构成了相互关联、制约、协同与互补的复杂系统。在实现安全运行的最佳组合中，要始终考虑人的因素，机组便自然成了人一机—环境系统的中心。

飞机作为飞行的工具，其性能、特性、环境适应性、可操作性等直接影响着飞行安全。人一机—环境系统特别强调飞机的设计要符合人的特点和要求。以往人们有一种误解，认为只要机器设计出来了，通过选拔和训练操作人员就能发挥系统功能。其实，如果飞机的设计不符合人的生理、心理特点，单纯通过选拔、训练来使人适应飞机的特性，让人处于一种被动状态，不但不能确保系统功能的发挥，而且还可能导致事故的发生。因此，飞机的设计首先要符合人的特点，然后再强调通过选拔和训练，让人去适应飞机的特点，使人机协调达到最优化。

环境主要指飞机飞行的各种外在影响因素。分为自然环境和社会环境，包括天气、机场设施、空域、航路等。有些环境因素是可控的，有些是不可控的，航空安全管理关注的焦点应是可控的环境因素。

(2) 双因素致灾成因的分析

①人—人系统

人—人系统主要指相关人员与机组以及机组成员间发生的直接和间接关系。机组从运营政策、管理（程序、条例、手册、规定等）及机场获取相关资料，飞行前由签派、情报、气象部门同时提供通信、导航及监视，与机组构成直接的人—人动态系统。人—人关系失调，如机组成员配合不当、机组与其他部门产生误解或冲突，是导致航空灾害的直接诱因。

②人—机系统

人—机系统是设计、制造、试航、管理、机组、维修等相关人员与机之间的相互作用。设计、制造、试航为使用着想，设计出安全、高效的人—机界面；运营相关人员保障飞行条件，使人的能力与飞机性能完全匹配，是飞行安全的基本保证。随着高科技的飞速发展，先进飞行控制系统、自动驾驶系统对人—机关系提出了新的挑战。例如 GPS 卫星定位导航仪在飞机上的应用，改进了飞机航行性能。然而，由于 GPS 精度高，使用方便，有的飞行人员就会把精力全部用在这方面，而忽视其他导航设备的应用，一旦 GPS 丢失信号或出现故障时便无所适从，陷入复杂难辨的局面，也易造成事故。另一方面，飞行员易对自动控制系统、自动驾驶系统产生依赖心理，从而麻痹大意，警惕性放松。自动系统毕竟是机器，不可能对每一种环境变化都应付自如，这有时反而加大了事故发生的可能性。因此，高科技的发展对人—机系统提出了新的要求，应从各个角度来进一步协调人—机关系，使人—机系统处于最佳状态。

③人—环境系统

人—环境系统中除设计、试航、机务和空管等需要把握飞机的使用环境外，主要指机组与飞行环境间的相互作用，包括座舱、航路、空域、机场等构成的人造环境与自然环境。人造环境必须有助于机组效能的发挥，自然环境职能探测、回避与应急处理。例如，



在恶劣天气条件下,如果机组不能采取正确的应对措施,如避开雷区或风切变区,就极有可能导致航空灾害的发生。

④机—环境系统

机—环境系统主要指飞机设计的机型、材料与环境的适应性,偏重于技术方面;此外,航空运输导致环境污染也是一种灾害。在飞机的设计、制造过程中,应充分考虑到环境的因素,使飞机性能与环境安全相适应,是保障飞行安全的基本条件。

(3) 人—机—环境致灾成因的综合分析

人—机—环境系统的运行是设计、使用、管理等相关人员与飞机环境相互作用的过程。在飞行时,各环相互影响,如果三环都处于良好状态,则飞机安全飞行。若有一环出现危害因素,通过其他二环的作用可能会转危为安,也可能出现连锁反应,构成事故链,最终导致事故的发生。若三环中均出现危害因素,则事故的发生率极高。因此在研究整个系统时,应着眼于各系统间的相互影响与相互作用。

根据人—机—环境工程学的观点,人是系统的主体。从人—机、人—环境、人—人各个子系统中,也可看出人在系统中的重要位置。因为飞机也是人的意识的产物,它的安全性能是人可以控制的。事实表明,许多事故都是由和人有关的因素与不利条件相结合,才最终导致事故恶果。1982—1996年飞行事故统计表明,每隔3~5年就有一年的事故率相对较高,从而引起人们的警觉,集中检查人—机—环境系统的运行环节,随后事故率又下降到相对较低,随着警觉的稍有放松,又孕育着再次循环,这充分说明飞行事故是可以预防的。

现在,研究人员的注意力已从传统的寻找事故单个原因、个体原因和简单归咎于机组原因,转到了人—机—环境系统相关人员对飞行安全的影响,应用系统安全思想,从人的因素寻找事故预防的重要手段。由于机组是避免事故发生的最后一道关口,因此抓住以机组为中心的安全系统,以此为切入点,是整个系统优化的关键。

机组在飞行时始终处于人—机—环境系统的运行中,天气恶劣、机械故障、燃油耗尽、机组操纵失误等各种因素的相互作用,必然使机组行为受到影响,而人—机—环境关系失调是导致机组行为失误的主要因素。事实表明,大量的事故以及事故征候都是飞行员长时间持续飞行,并必须处理大量信息的情况下发生的。飞行员在同时理解并回忆大量不同飞行规则及操作程序时,头脑容易产生混乱,从而导致决策失误或决策延误;紧急状态或熟悉的环境会使飞行员注意力过度地集中在某一点,而导致整个判断的失误;机械故障分散了飞行员的注意力,也足以导致决策失误。现代飞机采用的新技术带来了新的人—机失调矛盾,突出表现在与飞机电传系统和自动飞行系统有关的严重飞行事故。智能高超的自动驾驶仪能减少飞行员的工作量,但也触发了因系统失调而使飞机急剧改变状态等现象,使人机之间出现了配合与干涉的新问题。自动飞行系统等“傻瓜设备”的应用,瓜分了飞行人员对飞机的绝对控制权,在减轻他们的劳动强度的同时也导致其驾驶技能与安全警惕性下降,一旦环境发生突变则难以应对,容易判断决策失误而导致飞行事故。飞行人员已从飞机的直接操纵者转变为通过自动装置监控飞机的管理者,若不能适应角色的转变,一旦环境发生突变,就难以招架。

(4) 人—机—环境系统的功能协调

人—机—环境系统中的每一相关人员都是有意义的开放系统,加上人—人、人—机、



人一环境的相互作用,使得整个系统更加巨大和复杂。整体的功能也并不是各子系统的简单相加,只有各子系统间相互配合、协调一致,才能使整体功能处于最佳状态。

为充分发挥系统的整体功能,必须通过管理有效地组合与协调人、机和环境三者之间的关系。人一机—环境系统的各子系统的安全运行都与人有关。因此,加强各系统中人的管理,是整个系统处于最佳运行状态的重要保证。

①人与设备管理:在飞机的设计、制造阶段,应该健全各项管理规章制度。飞机的零件、部件,设备的精密度、准确性,直接关系飞机的正常运行。

②人与环境管理:环境分为可控环境与不可控环境。人应充分发挥主观能动性,加强对可控环境的管理,如机场设施管理、空中交通管理及航道布局,创造一切有利条件来保证飞行的安全。此外,对于不可控环境,如天气、气候、意外情况等,应提高驾驶员的随机应变能力,尽量将不利因素转化为有利因素,减少事故的发生。

③人与质量管理:飞机飞行环境的质量和飞机制造质量的好坏很大程度上取决于人。因此应广泛开展全面质量管理(TQC)活动,严把质量关。

④人与安全管理:在人—机—环境整个系统中,应形成一种安全文化。每个系统中都应有它的安全组织、安全法制、安全技术、安全教育及安全资金,始终把安全放在第一位。

2. 航空交通灾害成因机理分析

(1) 航空事故发生机理分析

航空事故发生机理是从实践中抽象概括出来的对事故诱因一般规律的阐述。它指导分析事故发生原因,预防事故发生,并能指导完善技术和管理,加强事故或灾害的预警预控。但过去对待事故采用的是一种被动、就事论事的态度。事故发生后,找到直接原因和责任者,针对直接原因规定几条,对责任者处理就算完事。

格林顿(Glendon)和麦肯纳(Mckenna)在1995年描述的“决策失败循环”^①中阐述了这种过程的危害性。决策失败循环指的是:一个问题产生→就事论事提出一个解决方法→不考虑其他方面就针对这个解决方法做出决策→被忽略的问题出现→坚持原来的解决方法→耗费更多的资源(人力、物力和财力)→失败发生→更多的新问题产生。这种孤立、片面、静止地看问题的方法不符合客观事物的发展规律,导致错误和失败是不足为奇的;而且越是坚持,代价会越大。这种做法虽说短期内可能会起一些作用,但长远来看可能会带来更多的问題。

①事件链理论

该理论指出,事故发生通常不是孤立事件的结果,而是多种系统缺陷凑到一起的不幸后果。多种危险因素环环相扣而导致事故,是一种普遍现象,阻断这个链条的任何一个环节,事故就可以避免。事件链理论说明,预防事故必须从那些影响安全的危险因素入手,一个危险因素可能曾经造成过事故,安全事件都是事故的构件,这类事件隐患一日不除,就会有结合其他事件爆发事故的危险^②。国际上在对事故进行分析时,通常用“事件链”的方法,即按照事故发生和发展过程,将所有与之有关的因素或事件——排列出来分析,

① V. David Hopkin. Human Factors in Air Traffic Control [M]. London: Taylor & Francis, 1995.

② 原思玉. 人为因素与航空安全[J]. 民航经济与技術, 1998(8): 36.