

飞行事故调查与分析

# 飞行事故 调查与分析导论

FEIXING SHIGU DIAOCHA YU FENXI DAOLUN



武维新 张楠 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

《飞行事故调查与分析》

# 飞行事故 调查与分析导论

武维新 张楠 编著

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

飞行事故调查与分析导论 / 武维新, 张楠编著. —北京:  
国防工业出版社, 2008. 9

(飞行事故调查与分析)

ISBN 978 - 7 - 118 - 05847 - 5

I. 飞... II. ①武... ②张... III. ①飞行事故—调查②飞行事故—事故分析 IV. V328. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 101954 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 100044)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

\*

开本 850 × 1168 1/32 印张 7 字数 190 千字

2008 年 9 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 20.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

# 前 言

100 多年前飞机的诞生彻底地改变了人类的生活,我们的世界因此变成了一个“地球村”。民用航空经过 100 年的发展,已经成为最安全的交通工具。据统计,世界民航每亿客千米死亡 0.05 人,形象地比喻,相当于一个人每天乘飞机飞行 10000 千米,550 年才会遇到一次导致死亡的飞行事故。中国航空安全工作在党和政府的高度关注指导下,也保持了较好的安全形势。

尽管飞行事故概率是如此之低,但是,一旦发生飞行事故,将造成人身伤亡和重大财产损失,影响到人民群众切身利益,也影响到社会稳定与和谐发展。随着航空事业的迅猛发展,航空安全工作迎来了新的发展机遇和挑战。如何对飞行事故进行调查和分析、找到确实的事故原因、给出客观公正合理的结论、采取有效的解决措施以避免今后重复发生同类飞行事故,这是一个极其重大的研究课题。

飞行事故调查与分析是一项技术性很强的复杂工作,涉及到人、设备和环境,不但要求从业人员具备深厚的专业理论知识、丰富的实践经验,而且要求具有高度的责任感、独立的个人品格。我们根据长期从事飞行事故调查与分析的工作经验,编写了《飞行事故调查与分析》丛书,包括《飞行事故调查与分析导论》、《典型飞行事故调查与分析方法》、《飞行事故调查与分

#### IV

析设备》三部著作。

本书为第一册《飞行事故调查与分析导论》，阐述飞行事故调查与分析的概念、目的、方法、组织和程序。

本书编写过程中，得到了北京航空工程技术研究中心部分同志的帮助，在此表示衷心感谢。

作者期望本套丛书的出版，有助于掌握飞行事故调查与分析规律，规范飞行事故调查与分析工作，普及飞行事故调查与分析知识。由于作者水平所限，缺点和不足在所难免，敬请读者批评指正。

作者

2008年6月

## 内 容 简 介

随着航空事业的迅猛发展,航空安全工作迎来了新的发展机遇和挑战。如何对飞行事故进行调查和分析、找到确实的事故原因、给出客观公正合理的结论、采取有效的解决措施以避免今后重复发生同类飞行事故,是一个极其重大的研究课题。作者根据长期从事飞行事故调查与分析的工作经验,编写了《飞行事故调查与分析》丛书,包括《飞行事故调查与分析导论》、《典型飞行事故调查与分析方法》、《飞行事故调查与分析设备》三部著作。本书是丛书的第一册,共分4章和2个附录:第1章,飞行事故调查概论;第2章,飞行事故调查的逻辑分析方法;第3章,飞行事故调查的组织;第4章,飞行事故调查与分析程序;附录A,《国际民用航空公约》附件13简介;附录B,外军飞机的飞行安全管理和运行。

本书可作为飞行事故调查与分析专业人员的教材,也可作为航空安全管理人员、装备管理人员、飞行人员、装备维修人员、勤务保障人员等的安全培训教材,还可作为高等院校航空安全专业的教学参考书。

# 目 录

<b>第 1 章 飞行事故调查概论</b> .....	1
1.1 飞行事故及事故征候的定义 .....	5
1.1.1 民用航空飞行事故定义 .....	6
1.1.2 军用飞机飞行事故定义 .....	8
1.1.3 事故征候的定义 .....	11
1.2 飞行事故的影响(损失) .....	11
1.2.1 人员的损失 .....	11
1.2.2 经济损失 .....	13
1.2.3 政治、心理影响 .....	15
1.3 飞行事故调查的目的、意义 .....	17
1.3.1 飞行事故调查的目的 .....	17
1.3.2 飞行事故调查的意义 .....	20
1.4 飞行事故调查的发展史 .....	29
1.4.1 事故调查机构的发展 .....	29
1.4.2 事故调查技术的发展 .....	36
1.4.3 事故调查员的选拔与培训 .....	40
1.5 飞行事故调查应遵循的原则 .....	44
1.5.1 客观性 .....	45
1.5.2 全面性 .....	47
1.5.3 深入性 .....	48
1.5.4 科学性 .....	49
1.5.5 公开性 .....	49
<b>第 2 章 飞行事故调查的逻辑分析方法</b> .....	52

# VI

2.1	归纳法	52
2.1.1	求同法	53
2.1.2	求异法	53
2.1.3	求同求异并用法	54
2.1.4	共变法	55
2.1.5	归纳法在事故调查中一个常用的推论	56
2.2	演绎法	58
2.3	类比法	59
2.4	事件链分析法	60
<b>第3章</b>	<b>飞行事故调查的组织</b>	<b>66</b>
3.1	飞行事故调查的工作阶段	66
3.1.1	调查前准备	66
3.1.2	基本调查	68
3.1.3	分析查证和专项试验	68
3.1.4	事故原因分析	69
3.1.5	做出事故结论	69
3.1.6	提出建议	69
3.1.7	事故调查最终报告	70
3.2	飞行事故的通报	70
3.2.1	最初通报	70
3.2.2	初始报告	70
3.2.3	后续报告	71
3.2.4	有关航空器事故或严重事故征候报告和 通知的规定	72
3.3	事故调查组的构成	75
3.3.1	调查员的素质	75
3.3.2	调查员的义务	77
3.3.3	主管调查员	79
3.3.4	调查组的组成	79



3.3.5	独联体事故调查委员会的组织结构 .....	84
3.4	调查组到达现场前进行的工作 .....	98
3.4.1	飞行事故的紧急处置 .....	99
3.4.2	组成事故调查组(调查委员会) .....	103
3.4.3	调查组的准备工作 .....	104
3.5	调查组到达现场后的初期工作 .....	106
3.5.1	宣布命令 .....	106
3.5.2	听取汇报 .....	107
3.5.3	调查组的分工 .....	107
3.5.4	明确调查组的工作地点 .....	108
3.5.5	事故现场的工作安全 .....	109
3.5.6	事故现场的一般性调查 .....	112
<b>第4章</b>	<b>飞行事故调查与分析程序 .....</b>	<b>115</b>
4.1	展开事故调查 .....	115
4.1.1	失事现场的记录 .....	115
4.1.2	失事现场调查 .....	121
4.1.3	证人调查 .....	130
4.1.4	初步检查分析 .....	132
4.1.5	残骸的收集、挖掘、保护和运输 .....	136
4.1.6	坠入水中的飞机残骸 .....	139
4.1.7	客观记录的分析 .....	141
4.1.8	飞行活动基本情况调查 .....	143
4.1.9	装备技术保障情况调查 .....	146
4.1.10	其他方面保障情况调查 .....	148
4.1.11	查阅类似事故资料 .....	150
4.1.12	其他需要进行的调查 .....	150
4.2	整理资料分析原因 .....	150
4.2.1	飞行人员操纵的分析(个人因素和人的 因素) .....	151

4.2.2	组织、指挥及航管工作分析 .....	152
4.2.3	装备的技术状况分析 .....	153
4.2.4	影响飞行人员心理状态的因素分析 .....	154
4.2.5	勤务保障分析 .....	155
4.2.6	专项分析和试验 .....	155
4.3	分析事故原因 .....	162
4.3.1	排出事故的事件链 .....	162
4.3.2	检查事件链 .....	163
4.3.3	事故原因分析 .....	164
4.4	形成事故结论 .....	164
4.4.1	调查结果 .....	164
4.4.2	调查结论 .....	165
4.5	提出预防措施的建议 .....	166
4.5.1	提出建议的原则 .....	166
4.5.2	建议的范围和内容 .....	167
4.6	事故调查报告 .....	168
4.6.1	概述 .....	168
4.6.2	小组的调查报告 .....	168
4.6.3	主管调查员报告 .....	169
4.6.4	最终报告 .....	171
4.7	事故征候调查和失效分析 .....	179
4.7.1	事故征候调查和失效分析的意义 .....	180
4.7.2	事故征候调查和失效分析的一般程序 .....	181
4.7.3	独联体国家间飞行安全委员会科技中心 失效分析基本方法 .....	188
附录 A	《国际民用航空公约》附件 13 简介 .....	190
附录 B	外军飞机的飞行安全管理和运行 .....	193
B.1	美国空军安全局(AFSA) .....	193
B.2	俄罗斯空军飞行安全机构 .....	195

B. 2. 1	组织机构 .....	195
B. 2. 2	事故等级的改变 .....	196
B. 2. 3	调查飞行事故的目的和任务 .....	196
B. 2. 4	调查飞行事故的原则和方法 .....	197
B. 2. 5	俄罗斯空军飞行事故调查提纲 .....	198
B. 2. 6	典型事故调查日程安排 .....	201
B. 3	英国军用飞机事故调查 .....	203
B. 3. 1	英国军用飞机事故调查的发展历程 .....	203
B. 3. 2	英国军用飞机事故的调查 .....	205
B. 3. 3	英国军用安全机构的组成及主要工作 .....	208
参考文献	.....	211

# 第 1 章 飞行事故调查概论

1903 年 12 月 17 日莱特兄弟设计的“飞行者 1 号”飞机试飞成功,从此揭开了人类从事航空活动的新纪元。一个多世纪以来,航空技术取得了令人瞩目的成就,航空事业迅猛发展,极大地促进了人类社会的进步与发展。目前,在环球辽阔的天空上有近 50 万架飞机在翱翔。但是人们在享受着航空科技发展所带来的巨大变化的同时,又被迫承受着飞行事故带来的巨大压力与损失,100 年来因飞行事故损失了数以 10 万计的飞机,付出了无数的生命代价,航空安全走过了坎坷的历程。

在现代社会生产和生活活动中,每年都会发生多起飞行事故,造成巨大人员、经济损失和严重的社会影响。那么,一起事故发生后,到底应该如何进行调查?调查什么?归结起来飞行事故调查主要是回答三个问题:一是飞行中发生了什么?二是为什么发生?三是如何避免同类事故的发生?前面两个问题查清了,可以说完成了事故调查的绝大部分工作。其中空中发生了什么则是事故调查中的关键问题,只有将发生了什么调查清楚、准确了,才能进一步调查和分析为什么发生,也就是调查和分析导致事故发生的原因因素,进而才可能提出有针对性地预防事故的安全建议。

飞行事故和事故调查有其自身的特点和规律,只有充分认识和深刻理解这些特点和规律,才有可能查清导致事故的原因。

第一,原因涉及面广,调查时需要各方面协同配合。

飞行是一项非常复杂的系统活动,由飞行员、飞机和飞行环境

三个子系统构成,这三个子系统既相互独立,又相互影响、相互作用。只有各子系统配合良好,协调运作,才能安全完成飞行活动。另一方面,由于飞行员、飞机和飞行环境所构成的飞行系统又是一个开放的系统,是更大的航空系统的一个子系统,它的行为还受航空系统内相关因素的影响,如图 1-1 所示,这些因素通过对飞行子系统发生关系,在某一时间或空间内影响飞行活动。其中,影响飞行安全的因素很多,这些因素相互关联、互相影响,直接或间接对飞行安全产生影响。任何一个环节出现不安全因素,严重的就可能对飞行安全构成威胁,或与其他因素相互作用威胁飞行安全。导致飞行事故的原因通常可以分为飞行员操纵错误、飞机机械故障、飞行组织指挥(航空管制)问题、勤务保障问题、意外危害和原因不明几类。每类原因中又包含分属于许多不同部门和专业的的问题。例如,机械故障中就包括分属于设计、制造、修理和维护等部门,涉及气动、强度、材料、电气、电子等专业的各种问题。

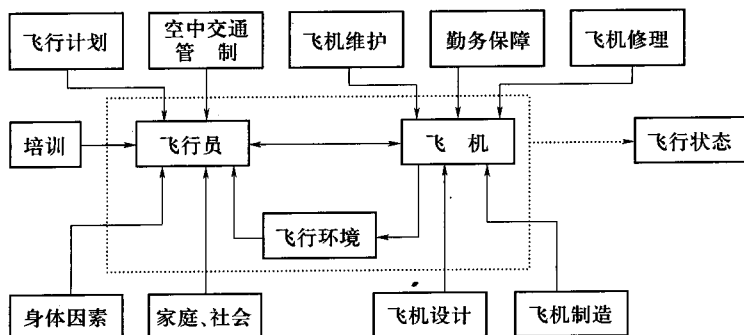


图 1-1 飞行系统的组成及其与外部因素关系示意图

不仅如此,一个故障的发生往往有若干原因因素,例如既有设计缺陷又有制造缺陷,还有使用维护上的问题,要在短时间内查清这些原因因素并采取纠正和改进措施,的确是很不容易的事。随

着飞机和各种飞行保障设备的改进,单一原因的飞行事故逐渐减少,现在多数飞行事故都有两个以上的原因。例如,一架双发飞机,飞行中有一台发动机发生故障,转速降低,飞行员误关了好发动机,要求直接着陆;指挥员没有立即集中精力指挥有故障的飞机而指挥其他飞机着陆,令该机再转一圈;结果在飞机转弯过程中有故障的发动机自动停车,飞机坠毁。这次事故有机械故障、飞行员操纵错误、指挥员指挥错误共三个原因。调查事故时对这三个原因都要调查清楚并分别提出改进措施的建议。事故原因查找得准确与否,是飞行事故调查成败的关键。由于飞行事故的原因涉及面广,各原因之间又互为因果或相互影响,调查中如得不到各有关部门、各专业人员的协同配合,事故原因很难调查清楚,预防事故的目的也就难以达到。

第二,信息有限、技术复杂。

调查任何事故都必须取得物证和人证。人证易受主、客观因素的干扰和影响,不如物证可靠,况且有的飞行事故根本找不到人证。因此,检查分析飞机残骸是飞行事故调查工作的重点。飞机发生事故,一般都是高速接地,速度大的超过1000km/h,速度小的也在200km/h以上,机上载有大量燃油、弹药等易燃易爆物,一旦机体损坏,多半会起火燃烧和爆炸。有的事故,飞机碎成几万块;有的事故,飞机的铝合金机件几乎全部被烧熔;有的空中解体事故,残骸散布在几十平方千米的区域内或大面积水域内,寻找残骸十分困难。因此,在事故调查中往往是故障件受到严重的二次破坏甚至找不到关键残骸,这一特点十分突出。

因此,在进行飞行事故调查分析时,除了常规方法之外,有时必须采用一些独特的检查分析方法。例如,对空中解体事故,可采用残骸轨迹分析计算的方法求出飞机解体时的高度、速度等参数;对失火事故可拼凑残骸后根据损伤的情况评估各残骸所受温度,

再按烧伤锥体规律找出火源、油源等。当某一关键残骸无法回收或受到严重破坏而失去直接分析意义时,可以用各种间接的方法进行分析,例如进行残骸拼凑,根据周围残骸的情况推断该残骸在飞机坠地时的状况;根据相邻残留构件的破坏、变形和断裂情况,推断该残骸破坏时的受力情况;用痕迹分析技术,根据现有残骸上的痕迹推断该残骸的破坏顺序和破坏特征;用模拟试验的办法再现该残骸的特征等。

飞行客观记录系统(飞行数据记录器、舱音记录器)的广泛装备与发展,为飞行事故原因调查提供了重要的客观证据。但随着飞机材料的改进,重量和速度的增大,复杂操纵装置的采用(如差动平尾、随动襟翼、前缘缝翼等),加上增稳系统、阵风缓解系统、飞控计算机、电传操纵系统等,使飞机更加复杂。现在的事故调查,不仅需要对飞机机体结构和发动机进行调查,还要调查各种机械、电子控制器件、系统软件等在各个系统中引起的故障。因此,调查事故时必须要有经过培训的专业调查员、各种专门的技术、先进的实验室设备,否则,要确定事故的确切原因几乎是不可能的。

第三,飞行事故调查时间紧迫,很多调查工作不可逆。

为了防止同类事故继续发生,一次严重飞行事故的原因尚未查明时,在一定范围内的飞机不能飞行,特别是怀疑事故原因可能涉及批次性的机械故障时,影响面更大。有的事故发生后,会导致全部同型或相同结构的飞机全面停飞等待检查或改装,影响巨大。因此,要求飞行事故调查要迅速做出结论。各国军用飞机严重飞行事故调查都有严格的时间规定,根据不同情况从10天到30天不等,难以在规定时间内查明原因的,可适当延长调查时间。国际民航组织对最终完成调查的时间没有规定,但如果事故涉及的航空器最大重量在2250kg以上,则要求在30天内发出“初步报告”。

对于事故或失效来讲,任何一个机械失效或飞行事故的过程都是不可逆的,其具体过程无法完全再现。现代的客观记录设备,只能记录这一过程的部分或全部表现形式(可观测到的因素或现象),任何模拟再现试验都不可能完全代替事故或失效的实际过程。

从事故调查和失效分析来讲,都需要对研究对象开展工作,分析取证,所谓研究的对象即失效件、失事现场、飞机和可疑故障件残骸等。事故或失效发生后失效件、故障系统、飞机残骸、事故现场处于相对稳定的状态,检查取证要进行分析、分解、测试、化验等一系列工作,而上述原始状态一旦破坏,再想恢复是不可能的,从这一角度来讲,调查与分析过程也是不可逆的。

飞行事故和事故调查所具有的上述特点,决定了事故调查必须有一套科学的管理体制和运行机制、一套科学的调查程序、有效的调查方法和技术手段,才有可能保证事故调查能够在短时间内全面、客观、公正地进行;才有可能实现查明事故原因,提出改进措施的建议,达到预防同类事故再次发生的目的。

## 1.1 飞行事故及事故征候的定义

关于飞行事故(Aircraft Accident,也译为航空器事故或飞机事故)的定义,世界各国民用航空基本都依照国际民航组织的定义;而军用航空飞行事故的定义总体原则是相同的,只是细微之处有所不同,主要在发生事故时间段的定义、机上人员因事故受伤导致死亡的时间以及航空器损伤程度等方面有所区别。



### 1.1.1 民用航空飞行事故定义

#### 1. 国际民航组织的定义

《国际民用航空公约》附件 13《航空器事故和事故征候调查》对飞行事故定义如下：“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的运行有关的事件，在此事件中：

(1) 由于下述情况，人员遭受致命伤<sup>①</sup>或重伤：

——在航空器内；

——在航空器的任何部分包括与已脱离航空器的部分直接接触；

——直接暴露于发动机。

但由于自然原因、由自己或他人造成的受伤，或由于藏在通常供旅客和机组使用区域外的偷乘飞机者造成的受伤除外。

(2) 航空器受到损害或结构故障：

——对航空器的结构强度、性能或飞行特性造成不利的影响；

——通常需要大修或更换有关受损部件。

但当发动机故障或损坏仅限于其整流罩或附件时除外，或当损坏仅限于螺旋桨、翼尖、天线、轮胎、制动器、整流片、航空器蒙皮的小凹坑或穿孔时，发动机故障或损坏除外。

(3) 航空器失踪<sup>②</sup>或处于完全无法接近的地方。

#### 2. 美国民航的定义

美国运输部联邦航空局 (FAA) 对航空器事故 (Aircraft Accident) 定义如下：是指发生在任何人登上航空器打算飞行起到全部

---

① 仅为统计上的一致，根据国际民航组织规定，凡从事故之日起 30 天内造成死亡的受伤，均作为致命伤。

② 在官方搜寻工作已结束仍不能找到残骸时，即认为航空器失踪。