

第九章 民用航空器事故调查与分析

第一节 民用航空器事故概念和特性

一、事故定义

事故是指人们在进行有目的的活动过程中，突然发生的违反人们意愿，并可能使有目的的活动发生暂时性或永久性中止，造成人员伤亡或（和）财产损失的意外事件。简单来说，凡是引起人身伤害、导致生产中断或国家财产损失的所有事件统称为事故。

根据该事故定义，事故有以下 3 个特征：

- (1) 事故来源于目标的行动过程；
- (2) 事故表现为与人的意志相反的意外事件；
- (3) 事故的结果为目标行动停止。

事故结果可能有 4 种情况：人受到伤害，物也遭到损失；人受到伤害，而物没有损失；人没有伤害，物遭到损失；人没有伤害，物也没有损失，只有时间和间接的经济损失。

上述 4 种情况中，前两者称为伤亡事故；后两者则称为一般事故或无伤害事故。例如汽车相撞、飞机坠落和锅炉发生爆炸等情况，使在场或附近的人受伤，这属于人受到伤害，物也遭到损失的伤亡事故；高空作业过程中高空坠落而致使坠落者受到伤害，这属于人受到伤害，而物没有损失的伤亡事故；电气火灾，引起厂房、设备等受损，而人员安全撤离，这属

于人没有受到伤害，物遭到损失的无伤害事故；在生产作业过程中，有时会突然停电而使生产作业暂时停止，但是没有造成任何的损失和伤亡事件，这就属于人和物都没有受到伤害和损失（指直接损失）的一般事故。但无论是伤亡事故还是一般事故，总是有损失存在的，事故的发生影响了人们行为的继续，从时间上给人们造成了损失，致使间接的经济损失发生。另外从事故对人体危害的结果来看，虽然有时在生理上没有明显的表征，但是事故后果依然是难以预测的问题。所以，必须将这种无伤害的一般事故也作为发生事故一部分加以收集、研究，以便掌握事故发生的倾向和概率，并采取相应的措施，这在安全管理上是极为重要的。

二、事故特性

事故的表面现象是千变万化的，并且渗透到了人们的生活和每一个生产领域，几乎可以说事故是无所不在的，同时事故结果又各不相同，所以说事故也是复杂的。但是事故是客观存在的，客观存在的事物发展过程本身就存在着一定的规律性，这是客观事物本身所固有的本质的联系；同样客观存在的事故必然有着其本身固有的发展规律，这是不以人的意志为转移的。研究事故不能只从事物的表面出发，必须对事故进行深入调查和分析，由事故特性入手寻找根本原因和发展规律。大量的事故统计结果表明，事故具有以下 3 个特性。

1. 因果性

事故因果性是说一切事故的发生都是由一定原因引起的，这些原因就是潜在的危险因素，事故本身只是所有潜在危险因素或显性危险因素共同作用的结果。在生产过程中存在着许多危险因素，不但有人的因素（包括人的不安全行为和管理缺陷），而且也有物的因素（包括物

的本身存在着不安全因素以及环境存在着不安全条件等)。所有这些在生产过程中通常被称之为隐患，它们在一定的时间和地点下相互作用就可能导致事故的发生。事故的因果性也是事故必然性的反映，若生产过程中存在隐患，则迟早会导致事故的发生。

因果关系具有继承性，即第一阶段的结果可能是第二阶段的原因，第二阶段的原因又会引起第二阶段的结果，它们的关系如图 9-1 所示。

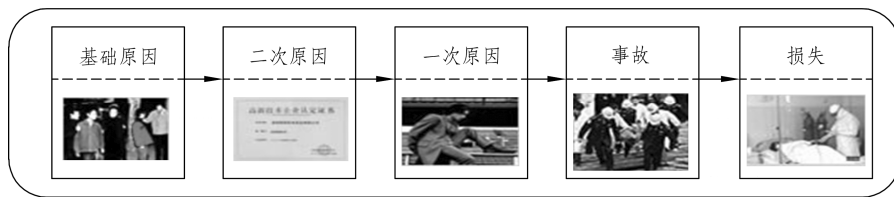


图 9-1 事故因果关系图

因果继承性也说明了事故的原因是多层次的，有的与事故直接联系，有的则间接联系，绝不是某一个原因就能造成事故，而是诸多不利因素相互作用共同促成的。因此，不能把事故简单地归结为一点，在识别危险过程中要把所有的因素都找出来，包括直接的、间接的，以至更深层次的。只有把危险因素都识别出来，事先对其加以控制和消除，事故本身才可以预防。

2. 偶然性与必然性

偶然性是指事物发展过程中呈现出来的某种摇摆、偏离，是可以出现或不出现、可以这样出现或那样出现的不确定的趋势。必然性是客观事物联系和发展的合乎规律的、确定不移的趋势，是在一定条件下的不可避免性。事故的发生是随机的，同样的前因事件随时间的进程导致的后果不一定完全相同，但偶然中有必然，必然性存在于偶然性之中。随机事件服从于统计规律，可用数理统计方法对事故进行统计分析，从中找出事故发生、发展的规律，从而为预防事故提供依据。

美国安全工程师海因里希曾统计了 55 万件机械事故，其中死亡、重伤事故 1666 件，轻伤 48 334 件，其余则为无伤害事故。从中可得出一个重要结论，即在机械事故中，死亡、重伤和无伤害事故的比例为 1:29:300，这个关系说明，在机械生产过程中，每发生 330 起意外事故，有 300 起未产生伤害，29 起引起轻伤，1 起是重伤或死亡，国际上把这一法则叫事故法则。对于不同行业，不同类型事故，无伤、轻伤、重伤的比例不一定完全相同，但是统计规律告诉人们，在进行同一项活动中，无数次意外事件必然导致重大伤亡事故的发生，而要避免防止重大伤亡事故必须减少或消除无伤害事故。所以要重视隐患和未遂事故，把事故消灭在萌芽状态，否则终究会酿出大祸。

用数理统计的方法还可得到事故其他的一些规律性的东西，如事故多发时间、地点、工种、工龄、年龄等。这些规律对预防事故都起着十分重要的作用。

3. 潜伏性

事故的潜伏性是说事故在尚未发生或还未造成后果之时，是不会显现出来的，好像一切还处在“正常”和“平静”状态。但生产中的危险因素是客观存在的，只要这些危险因素未被消除，事故总会发生的，只是时间上早晚而已。事故的这一特征要求人们消除盲目性和麻痹思想，要常备不懈，居安思危，在任何时候、任何情况下都要把安全放在第一位来考虑；要在事故发生之前充分辨识危险因素，预测事故可能的发生模式，事先采取措施进行控制，最大限度地防止危险因素转化为事故；定制事故防治和应急救援方案，把事故发生时产生的损失降到最低。

三、事故危害

事故损失指意外事件造成的生命与健康的丧失、物质或财产的毁坏、时间的损失、环境的

破坏。事故直接经济损失，指与事故当时的、直接相联系的、能用货币直接估价的损失，如事故导致的资源、设备、设施、材料、产品等物质或财产的损失。事故间接经济损失，指与事故间接相联系的、能用货币直接估价的损失，如事故导致的处理费用、赔偿费、罚款、劳动时间损失、停工或停产损失等事故非当时的间接经济损失。事故直接非经济损失，指与事故事件当时的、直接相联系的、不能用货币直接定价的损失，如事故导致的人的生命与健康、环境的毁坏等无直接价值（只能间接定价）的损失。事故间接非经济损失指与事故间接相联系的、不能用货币直接定价的损失，如事故导致的工效影响、声誉损失、政治安定影响等。

事故损失的计算目前有如下方法：

根据美国海因里希提出的对工伤事故造成的事故损失费用问题，把一起事故的损失划分为两类：由生产公司申请、保险公司支付的金额划为“直接损失”；把除此以外的财产损失和因停工使公司受到损失的部分作为“间接损失”；并对一些事故的损失情况进行了调查研究，得出直接损失与间接损失的比例为 1:4。由此说明，事故发生而造成的间接损失要比直接损失费用大得多。

一旦发生飞行事故，将主要造成以下直接损失：① 飞机损坏、人员伤亡，造成巨大的生命财产损失。1946年至1975年的30年间，全世界定期航班共发生886起飞行事故，死亡20348人，平均每年发生飞行事故29.5次，死亡约678人。而1976年至今，全世界定期航班共发生飞行事故529起，死亡16234人，平均每年发生飞行事故24次，死亡约738人。② 航空公司企业形象受损，公司蒙受巨大损失。各航空公司都非常重视企业形象，并采取多种方法树立自己的形象。但是，树立形象难，一旦出现空难，航空公司甚至民航业的形象将受到极

大损害。1992年11月，中国南方航空公司 B737-300 型 B-2523 号飞机执行广州至桂林航班任务，在桂林地区阳朔县土岭镇白屯桥村撞山失事，机上旅客 133 人、机组 8 人全部遇难，事故发生后，该航线一周内未售出一张机票。③ 民航业受到严重冲击。2001 年 9 月 11 日，美国“9·11”恐怖事件损失飞机 5 架，沉重打击了民航业和航空制造业。中国民航总局透露“9·11”事件对民航业造成的经济损失超 20 亿元人民币。

从本质化方法来看，也可从风险率 (R) 的角度计算事故损失或者危害，即

$$\text{风险率 (R)} = \text{事故发生概率 (P)} \times \text{损失严重度 (S)}$$

其中，概率 P 表示在一定时间或生产周期内事故发生的次数；损失严重度 S 表示发生一起事故所造成的损失数值，常用事故导致的死亡人数、事故损失工作日数、事故经济损失来衡量。

要提高航空安全水平，降低事故损失，减少民航业风险率，只有通过降低事故发生概率和减低事故严重度来实现。

四、民用航空器事故和事故征候定义

世界各国及航空业各组织协会均对航空事故进行了定义，其基础为国际民航组织(ICAO)在民航公约附件 13 中对航空器事故的定义，即：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，人员遭受致命伤或重伤：在航空器内，或者与航空器的任何部分包括已脱离航空器的部分直接接触，或者直接暴露于喷气尾喷处。

但由于自然原因、由自己或由他人造成的受伤，或对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，它：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) 航空器失踪或处于完全无法接近的地方。

根据国际民航组织的定义和我国相关法规的规定，我国民航对民用航空器事故和事故征候做出了以下定义。

1. 民用航空器事故 (civil aircraft accident)

民用航空器事故是指民用航空器在运行阶段或在机场活动区内发生的与民用航空器有关的人员伤亡、民用航空器损坏的事件。包括民用航空器飞行事故和民用航空地面事故。

(1) 民用航空器飞行事故。

民用航空器飞行事故，是指民用航空器在运行过程中发生的人员伤亡、航空器损坏的事件。如 2002 年 5 月 25 日，某航空公司 B747-200 型飞机在澎湖外海坠机，造成机上乘客和机组成员共 225 人遇难，构成一起航空器飞行事故。

(2) 民用航空地面事故。

民用航空地面事故，是指在机场活动区内发生航空器、车辆、设备、设施损坏，造成直接经济损失人民币 30 万元以上或导致人员重伤、死亡的事件。

2. 民用航空器事故征候 (civil aircraft incident)

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、通用航空事故征候

和航空器地面事故征候。如飞行中，严重影响航空器运行的一个或多个系统出现的多重故障；飞行中，飞行机组必需成员丧失工作能力；燃油量或燃油分布需要飞行员宣布紧急状态的情况，这些都构成民用航空器事故征候。

(1) 运输航空严重事故征候 (air transportation serious incident)。

按照飞行任务性质划分，执行定期航班、非定期航班等飞行任务的航空器，在运行阶段发生的具有很高事故发生可能性的事故征候。

(2) 运输航空一般事故征候 (air transportation incident)。

按照飞行任务性质划分，执行定期航班、非定期航班等飞行任务的航空器，在运行阶段发生的、未构成运输航空严重事故征候的事故征候。

(3) 通用航空事故征候 (general aviation incident)。

执行工农林牧渔作业飞行、医疗卫生、气象探测、科学实验、遥感测绘、旅游观光、训练、调机等飞行活动的航空器，在运行阶段发生的事故征候。

(4) 航空器地面事故征候 (aircraft ground incident)。

在非运行阶段但是在机场活动区内发生的与航空器有关的造成航空器受损的事故征候。

五、民用航空器事故等级划分和标准

民用航空器事故等级划分标准主要依据人员伤亡情况和飞机损坏造成的财产损失情况来确定。随着民航业的发展，我国民航不同的发展阶段有不同的划分标准。如1956年，中国民用航空局颁发《中国民航飞行事故等级及其调查、预防程序工作细则草案》，规定飞行事故按对空勤组、旅客和飞机造成的后果，分为一等、二等、三等、四等飞行事故；1980年，中国

民用航空总局颁发的《中国民用航空飞行事故调查条例》，根据飞机损坏和人员伤亡的程度，飞行事故划分为一等飞行事故、二等飞行事故、三等飞行事故；1994年，根据国务院有关事故调查的规定，并借鉴国际通行的飞行事故等级，实施《民用航空器飞行事故等级》(GB14648-93)，将飞行事故划分为特别重大飞行事故、重大飞行事故、一般飞行事故；2008年后，根据中华人民共和国国务院第493号令，将飞行事故划分为特别重大飞行事故、重大飞行事故、较大飞行事故、一般飞行事故。

1980年6月，中国民用航空总局颁发的《中国民用航空飞行事故调查条例》，对飞行事故规定的定义是：“空勤组执行飞行任务，自飞行前开车时起，至飞行后关车时止，在此期间内发生飞机损坏或机上人员伤亡，称为飞行事故。”根据飞机损坏和人员伤亡的程度，飞行事故划分为一等飞行事故、二等飞行事故、三等飞行事故。

(1) 一等飞行事故：① 机毁人亡(包括有一人或多人10天内死亡)；② 飞机严重损坏或报废，且有一人或多人10天内死亡；③ 飞机迫降在水中、山区、沼泽区、森林中无法运出，并且有一人或多人10天内死亡；④ 飞机失踪。

(2) 二等飞行事故：① 飞机严重损坏或报废，但人员在10天内无死亡；② 飞机迫降在水中、山区、沼泽区、森林中无法运出，但人员在10天内无死亡；③ 一人或多人在10天内死亡，但飞机没有严重损坏或报废。

(3) 三等飞行事故：① 飞机损坏，并且有一人或多人受重伤；② 飞机损坏，人员无重伤；③ 有一人或多人受重伤，飞机基本完好。

1994年7月，根据国务院有关事故调查的规定，并借鉴国际通行的飞行事故等级，实施

新的《民用航空器飞行事故等级》。根据人员伤亡情况以及对航空器损坏程度，按“国家标准 GB14648-93”将飞行事故划分为三类：特别重大飞行事故、重大飞行事故和一般飞行事故。

(1) 特别重大飞行事故：① 人员死亡，死亡人数 ≥ 40 人；② 航空器失踪，机上人员 ≥ 40 人。

(2) 重大飞行事故：① 人员死亡，死亡人数 ≤ 39 人；② 航空器严重损坏或迫降在无法运出的地方；③ 航空器失踪，机上人员 ≤ 39 人。

(3) 一般飞行事故：① 人员重伤，重伤人数在 ≥ 10 人；② 最大起飞重量 ≤ 5.7 吨的航空器严重损坏，或迫降在无法运出的地方；③ 最大起飞重量 $5.7 \sim 50$ 吨的航空器一般损坏，其修复费用超过事故当时同型或同类可比新航空器价格的 10% （含）者；④ 最大起飞重量 ≥ 50 吨的航空器一般损坏，其修复费用超过事故当时同型或同类可比新航空器价格的 5% （含）者。

2007年6月，在查明飞行事故的人员伤亡情况和航空器的损坏情况后，根据中华人民共和国国务院第493号令《生产安全事故报告和调查处理条例》和《民用航空器飞行事故等级》的规定，将飞行事故划分为特别重大飞行事故、重大飞行事故、较大飞行事故、一般飞行事故。

(1) 特别重大飞行事故：① 人员死亡，死亡人数 ≥ 30 人；② 航空器失踪，机上人员 ≥ 30 人。

(2) 重大飞行事故：① 人员死亡，死亡人数 ≤ 29 人；② 航空器严重损坏或迫降在无法运出的地方（最大起飞重量 5.7 吨及其以下的航空器除外）；③ 航空器失踪，机上人员 \leq

29 人。

(3) 较大飞行事故：① 3 人以上 10 人以下死亡；② 10 人以上 50 人以下重伤；③ 1000 万元以上 5000 万元以下直接经济损失的事故。

(4) 一般飞行事故：① 人员重伤，重伤人数 ≥ 10 人；② 最大起飞重量 ≤ 5.7 吨的航空器严重损坏，或迫降在无法运出的地方；③ 最大起飞重量 5.7~50 吨的航空器一般损坏，其修复费用超过事故当时同型或同类可比新航空器价格的 10%(含)者；④ 最大起飞重量 ≥ 50 吨的航空器一般损坏，其修复费用超过事故当时同型或同类可比新航空器价格的 5%(含)者。

相应的，不同阶段的航空地面事故也可分为特别重大地面事故、重大地面事故、较大地面事故和一般地面事故。

第二节 事故调查的目的和意义及其发展

一、墨菲定律

1. 墨菲定律表述

墨菲定律 (Murphy's Law) 缘于美国一位名叫墨菲的上尉，他认为他的某位同事是个倒霉蛋，不经意说了句笑话：“如果一件事情有可能被弄糟，让他去做就一定会弄糟。”这句话迅速流传。经过多年，这一“定律”逐渐进入习语范畴，其内涵被赋予无穷的创意，出现了众多的变体，“如果坏事有可能发生，不管这种可能性多么小，它总会发生，并引起最大可能的损失”。根据“墨菲定律”，可以理解为：① 任何事都没有表面看起来那么简单；② 所有的事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。

凡是有可能搞错的地方，一定会有人搞错，而且是最坏的方式发生在最不利的时机。

民航上“墨菲定律”的体现比比皆是。

(1) 起飞前未检查检查单。不念检查单完全凭记忆有可能遗漏致命项目，尽管不少人十分自信，但短短的几年中中国民航却已经有了多次沉痛的教训。1992年7月31日，中国通用航空公司 Yak-42 飞机 B2755 在南京机场起飞时，未执行检查单，导致未将全动平尾调置在起飞位置，致使飞机起飞滑跑时抬不起前轮，飞机冲出跑道。机上旅客 116 人，98 人遇难，18 人受伤；机组 10 人，9 人遇难，1 人受伤。1993 年 7 月 23 日，西北公司 BAE146-300 飞机在银川机场起飞时，未执行检查单，没有发现襟翼指位表指零的问题，导致飞机因未放起飞襟翼，冲出跑道坠毁。机上旅客 108 人，其中 55 人遇难，53 人受伤，机组 4 人，其中 1 人遇，3 人受伤。

(2) 误收起落架导致飞行事故。1964 年 5 月，某社 2 飞机带飞空域课目，飞机滑进跑道对正方向后，飞行员本应锁尾轮锁，但由于粗心大意操纵错误，竟将起落架收放手柄放在“收”位置。教员发现后，赶忙去纠正，但为时已晚，飞机就趴在起飞线上滑行，造成三等事故。1981 年××月，一架民航飞机伊尔 14 忘记放起落架着陆，造成三等事故。

(3) 误关发动机导致飞行事故。1994 年 8 月 8 日，中国东方航空公司一架 MD-82 飞机执行航班，飞行中左右仪表板突然失去电源，飞机出现俯仰、横侧不安全状态，伴随剧烈抖动。机长判断左发燃烧不正常和喘振而关停左发动机，单发安全着陆，经检查实际上是左发电机故障而机长错误地关停了左发动机。1989 年 1 月 8 日，国外某航空公司一架 B737-400 飞机，从伦敦希思罗国际机场起飞，当飞机爬升到 2.83 万英尺高度时，机组发现飞机强烈振

动并闻到烟味，左发失火，机组在没有弄清是哪台发动机失效的情况下，对右发实施失效、停车程序。20 分钟后，飞机在距备降机场 2.4 英里（离地高度仅 900 英尺）处，左发自动停车，飞机失去动力，但机组已没有足够的高度和时间空中起动右发。最后飞机迫降在距跑道头 3000 英尺处，飞机解体，造成 47 名旅客死亡。

2. 正确理解墨菲定律，指导飞行安全

凡有可能搞错的地方都要有有效的防范措施，只有消除了搞错的可能性，事故才是可以避免的。及时预防，防止事故发生，保证飞行安全。

二、民航事故调查目的

国际民航公约附件 13 指出：调查失事和事故的根本目的必须是防止失事或事故。这一活动的目的不是为了分摊过失或责任。为了有效预防事故，事故调查应达到法律、描述、查因、预防、研究五种目的，其中最主要的是描述和查因。

1. 法律目的

即鉴定违规。鉴定事故时，一方面可以确定事故过程中存在违反法规的情况，有益于事故的预防；另一方面可发现法规、标准中的规定本身不正确、不科学、不适用部分。

2. 描述目的

即提供详细的事故过程描述。调查是一种事后工作，调查者未能看到“进行中”的事故事件，要去重构它和环绕它的条件。

事故调查的描述目的就是要真实地说明造成事故的整个事件序列的真实时空过程。

3. 查因目的

即确定起因。了解事故的真实过程，并客观、公正、合理地进行推理或判断，才能鉴定出事故的原因。其中重要的问题是：不要把追查责任作为事故调查的主要目的。因为把注意

力放在追究责任上面，容易造成各种偏见而影响对事故原因的客观评述。

4. 预防目的

即引出改善安全的建议。真正查清了事故的原因，就会有益于预防。如果调查能识别出一些条件，而这些条件处于相反状态，事故就不会发生，那么这个目的即可达到。通过改善这些条件，以后的事故就能得到有效预防。

5. 研究目的

即提供可靠、全面的数据资料。事故研究的目的是要寻查事故发生的倾向和规律性，找出某些类事故的共性起因和相关因素，并得出从宏观上控制和预防事故的很多有益结论。基础是每一次调查都能收集到可靠、全面的真实事故数据。

事故调查是航空安全得以进步的基础。通过调查，应该知道：发生了什么？怎样发生的？为什么发生？如何处置和预防预测？从安全观点来看，失事调查的另一个非常重要的目的是“确定在可逃生坠毁事故中存在的不必要伤亡，以便改进乘员的防护设计准则”，包括驾驶员处理应急情况的技术；失事后的失火防护和预防手段、灭火和救援勤务；确定失事地点的应急定位装置的作用；快速优质的医疗护理；其他保障条件的完善和改进。

三、事故调查发展

航空事业发展的历史，就是一部与飞行事故作斗争的历史。从第一架航空器诞生的那一天起，航空界就一直为飞行事故所困扰，也一直为“不发生”飞行事故而进行着不懈的努力和奋斗。

(1) 1909年9月7日，法国人勒弗尔驾驶一架莱特A型飞机坠毁于朱维西机场，成为世界上因飞机失事而死亡的第一个飞行员。

(2) 1912年8月25日，中国航空先驱冯如在广州燕塘飞行表演中失事，临死前，他对

他的徒弟说：“我死了以后，你们不要因为这件事而丧失前进的信心。要知道，飞行中的牺牲总是难免的……”

(3) 1920年12月14日，一架汉·佩奇 O/400 飞机从英国克里克尔伍德机场起飞后，在大雾中坠毁，2名飞行员和2名旅客死亡，这是世界民航史上首次载客的飞行事故。

(4) 1937年，LZ-129“兴登堡”号在美国新泽西州坠毁，36人死亡。

(5) 1952年，4发涡轮喷气发动机的英国“彗星号”投入使用，2年内三次解体。彗星号飞机失事的真正原因是金属材料的疲劳。从此，金属材料的疲劳得到了充分的重视，飞机设计师采取了诸多措施来加强结构件的强度，提高金属材料的疲劳寿命。至今，飞机和发动机材料的振动疲劳、热疲劳等仍是研究的课题。1989年2月24日，美国联合航空公司一架 B747 客机上午8时在檀香山附近上空飞行时，机体发生严重爆裂而紧急迫降，迫降后发现9人失踪，27人受伤。着陆后发现头等舱右侧裂开一个大洞，机头底部行李舱的一个舱门已经不见，估计那9名不幸者是在万米以上高空被吸出机舱的。事故调查表明，该架 B747 飞机机龄已达18年，是由飞机的金属疲劳导致的事故。

(6) 1958—1997年，苏联及独联体共发生407起重大飞行事故。

(7) 中国民航自1949年11月2日成立后，50多年间共发生130多起重大飞行事故。

(8) 1946年至1975年的30年间，全世界定期航班共发生886起飞行事故，死亡20348人，平均每年发生飞行事故29.5次，死亡约678人。

(9) 而1976年至今，全世界定期航班共发生飞行事故529起，死亡16234人，平均每年发生飞行事故24次，死亡约738人。

(10) 初创早期，飞机安全系数低，飞行事故频繁，技术因素是导致飞行事故的主要原因。那一时期，人们称航空为“冒险者”的事业。美国第一批从事航空邮政服务的 40 名班机飞行员，到了 1935 年有 31 人死于飞行事故，平均飞行寿命只有 3 年。

(11) 第二阶段成长期，进步、设备可靠性增加，技术装备得以改进，安全飞行规章制度得以完善，技术因素引发的飞行事故相应减少。1944 年在美国召开了国际民用航空大会并签署了“芝加哥公约”，建立了国际民航组织 (ICAO)。依据国际民航公约及其附件，各航空发达国家相继制定了本国的民航规章，形成了大体相似的民用航空管理体制。其中美国的“联邦航空规章”(FAR) 和“联邦航空局”(FAA) 的管理体制具有代表性，对世界民用航空的发展和水平的提高起到了借鉴作用。

(12) 第三阶段发展期，人们除了进一步不断地以新的科学技术对民用航空加以改善。

之外，还发现了一个新的现象，那就是早期引发飞行事故原因的高达 80% 的技术因素已逐步减少到 20%，而人为因素已从 20% 提升到 80%。人们为进一步提高飞行安全水平开始并加强了对人为因素 (human factor) 的研究。

(13) 1958 年，一个澳大利亚飞行科学家沃伦教授，生产出黑匣子的原形“飞行记忆组织”。“黑匣子”即航空飞行记录器，是飞机专用的电子记录设备之一。它主要包括飞行数据记录器 (FDR) 和舱音记录器 (CVR)，飞机各机械部位和电子仪器仪表都装有传感器与之相连。它能把飞机停止工作或失事坠毁前半小时的有关技术参数和驾驶舱内的声音记录下来，需要时把所记录的参数重新放出来，供飞行实验、事故分析和飞机故障判断和识别用。

(14) 随着航空业的发展，人们发现管理失误是造成事故的主要原因，开始从组织系统的

角度来探索飞行事故的原因，并加强 SMS，SSP 等现代安全管理理念和方法的研究。

第三节 事故调查的组织和法规

一、事故调查的法规

1. ICAO 附件 13

国际民航组织（ICAO）在民航公约附件 13（航空器事故调查）中，对航空器事故有统一定义，并为了统计的一致性，对人员死亡（致命伤）、重伤和航空器失踪进行了定义，同时统一了关于航空器事故的通知、调查和报告。

2. 我国民航目前行之有效的法规、规章

（1）中华人民共和国国务院第 493 号令：《生产安全事故报告和调查处理条例》。

（2）《安全生产法》。

（3）《民用航空法》。

（4）CCAR-395。

（5）CCAR-396。

二、事故调查程序

1. 通知与报告

通知与报告包括描述事故的信息、逐级报告、封存通知、民航总局统一对外公布事故信息。

2. 事故现场的应急处置

事故现场的应急处置包括组织抢救幸存人员；对飞机采取防火、灭火措施；保护现场；

保护失事 A/C 及机上人员财物。

3. 事故调查的准备
4. 现场调查（包括取证和采访）
5. 专项研究和实验
6. 事故原因分析
7. 做出事故结论
8. 确定事故等级
9. 提出安全建议

三、事故和事故征候调查的基本原则

民航事故和事故征候调查应当遵循下列基本原则：

1. 独立原则

调查应当由事故调查组织独立进行，任何其他单位和个人不得干扰、阻碍调查工作。

2. 客观原则

调查应当坚持实事求是、客观公正、科学严谨，不得带有主观倾向性。

3. 深入原则

调查应当查明事故或事故征候发生的各种原因，并深入分析产生这些原因的因素，包括航空器设计、制造、运行、维修和人员训练，以及政府行政规章和企业管理制度及其实施方面的缺陷等。

4. 全面原则

调查不仅应当查明和研究与本次事故发生有关的各种原因和产生因素，还应当查明和研究与本次事故或事故征候发生无关，但在事故或事故征候中暴露出来的或者在调查中发现的可能影响飞行安全的问题。

四、事故调查的组织

根据我国批准的国际公约的有关规定，在民用航空器事故或事故征候的组织调查或者参与调查方面按照下列规定执行：

(一)在我国境内发生的民用航空器事故或事故征候由我国负责组织调查。负责组织调查的部门应当允许航空器的登记国、运营人所在国、设计国、制造国各派出一名授权代表和若干名顾问参加调查。事故中有外国公民死亡或重伤，负责组织调查的部门应当根据死亡或重伤公民所在国的要求，允许其指派一名专家参加调查。

如有关国家无意派遣国家授权代表，负责组织调查的部门可以允许航空器运营人、设计、制造单位的专家或其推荐的专家参与调查。

(二)在我国登记、运营或由我国设计、制造的民用航空器在境外某一国家或地区发生事故或事故征候，我国可以委派一名授权代表及其顾问参加他国或地区组织的调查工作。

(三)在我国登记的民用航空器在境外发生事故或事故征候，但事发地点不在某一国家或地区境内的，由我国负责组织调查，也可以部分或者全部委托他国进行调查。

(四)运营人所在国为我国或由我国设计、制造的航空器在境外发生事故或事故征候，但事发地点不在某一国家或地区境内的，如果登记国无意组织调查的，可以由我国负责组织调查。

(五)民航总局负责组织的调查包括：国务院授权组织调查的特别重大事故；运输飞行重大事故；外国民用航空器在我国境内发生的事故。

(六)地区管理局负责组织的调查包括：运输飞行一般事故；通用航空事故；航空地面事

故；事故征候；民航总局授权地区管理局组织调查的事故。

（七）事故调查必备设备

为保证事故调查的客观、科学和及时，负责组织调查的部门应当配备必要的调查设备和装备，保证调查工作顺利进行。调查设备和装备应当包括专用车辆、通信设备、摄影摄像设备、录音设备、特种设备、勘察设备、绘图制图设备、危险品探测设备、便携电脑、防护装备以及其他必要的装备。

（八）事故调查组

为了查明事实情况；分析事故、事故征候原因；作出事故、事故征候结论；提出安全建议和完成调查报告，事故调查需要成立事故调查组，主要由事故调查组组长和事故调查专业小组组成。其主要工作包括：① 决定封存、启封和使用与发生事故或事故征候的航空器运行和保障有关的文件、资料、记录、物品、设备和设施；② 要求发生事故或事故征候的航空器的运行、保障、设计、制造、维修等单位提供情况和资料；③ 决定实施和解除事发现场的监管；④ 对发生事故或事故征候的航空器及其残骸的移动、保存、检查、拆卸、组装、取样、验证等有决定权；⑤ 对事故或事故征候有关人员及目击者进行询问、录音，并可以要求其写出书面材料；⑥ 要求对现场进行过拍照和录像的单位和个人提供照片、胶卷、磁带等影像资料。

1. 事故调查组组长

负责组织调查的部门应当委派一名调查组组长，调查组组长负责管理调查工作，并有权对调查组组成和调查工作作出决定。重大及重大以上事故的调查组组长由主任调查员担任。

一般事故或事故征候的调查组组长由主任调查员或者调查员担任。

2. 事故调查专业小组

根据调查工作的需要，一般需要成立若干专业小组，分别负责飞行运行、航空器适航和维修、空中交通管理、航空气象、航空保安、机场保障、飞行记录器分析、失效分析、航空器配载、航空医学、生存因素、人为因素、安全管理等方面的调查工作。

因此，参与事故调查人员可达到上百人。

第四节 事故调查和分析技术

一、事故调查技术

导致民用飞机飞行事故的原因往往是多方面的，如人为失误和违章、管理因素、机械设备的因素等，同时这些因素往往又是错综复杂地交叉在一起，这就给民用飞机飞行事故的调查工作带来了相当大的难度。因而要进行事故调查，就有必要掌握事故调查的方法与技术。主要从人-机械-环境-管理-任务等多方面进行事故调查与分析。

事故调查技术主要包括：现场调查、残骸分布、事故摄影、事故图表、火灾事故调查、飞机结构失效、发动机故障和失效、驾驶舱仪表、灯光系统分析、轮胎和跑道事故、空中交通管制、计算机模拟、空中相撞、人为因素、直升机事故调查、飞机性能的确切、失速与螺旋、翼尖涡流和下陷气流、性能衰退、地面工作危险区域、结冰、坠机幸存可能性等。

二、事故分析技术

事故分析方法是事故致因理论基础之上的分析技术，在安全性分析中主要有两种情况：第一，对已经发生的事故进行分析，即从事故中找出引起事故发生的隐患，又称事故分析；

第二，对现有生产系统进行安全性分析，即安全评价，找出隐患并予以消除。

主要研究的事故分析法有以下几种：

1. 事故树（FTA）分析方法

事故树分析法是安全系统工程中主要的分析方法之一。该方法通过逻辑演绎揭示事故基本事件（隐患）之间、基本事件与顶上事件之间的相互逻辑关系，把系统的事故与组成子系统的隐患有机地联系在一起，能找出系统全部可能的失效状态，其主要功用是能够对导致系统处于不安全状态的事故隐患及其逻辑关系进行描述。这种方法可以对系统中的各种危险进行定性分析、定量分析、预测和评价。

2. 事件树（ETA）分析方法

事件树分析法起源于1965年前后发展起来的“决策树”（Decision Tree）。它是一种将系统内各元素按其状态（如成功或失败）进行分支，最后直至系统状态输出的水平放置的树状图。该方法最初用于系统可靠性分析，目前广泛用于事故分析。

3. 因果分析法

事故树是一种静态的微观演绎分析方法，事件树是一种动态的宏观归纳分析法，两种方法各有特点，其组合方法即因果分析法。把某一事件作为顶上事件，将顶上事件和初事件的失效事件作为事故树的顶上事件，分别做出事故树的顶上事件，分别做出事故树结构图，然后进行定性或定量分析。因果分析法比事故树分析法、事件树分析法更耗时和耗人力。

4. 人的因素分析方法

人的因素及其可靠性分析保证了系统的可靠性和正常运转时的正确概率。现代科技进步所带来的系统日趋复杂，在人-机-环境系统中机的可靠性提高的前提下，人的因素及其可靠性研究日益受到重视。由于人的行为受到大脑的控制，而人类大脑的运行和工作机制至今未

被认识，因此人的可靠性分析同样未获得完善的技术和方法。正是人的大脑机理的复杂性，决定了人的行为特征是绝对不可能单纯用某一固定的数学模型来描述的，尽管行为科学的研究获得了较大的进展，但人在安全系统中的作用和影响仍然因人的可靠性数据缺乏而受到限制，因此对人在人-机-环境系统中的作用和影响进行相关分析是十分必要的。

5. 预先危险性分析

预先危险性分析 (preliminary hazard analysis , PHA) 是指在一个系统或子系统运转活动之前，对系统存在的危险类别、出现条件及可能造成的结果，进行宏观概略分析的一种方法。

预先危险性分析的重点应放在系统的主要危险源上，并提出控制这些危险源的措施。预先危险性分析的结果，可作为对新系统综合评价的依据，还可作为系统安全要求、操作规程和设计说明书中的内容，同时，预先危险性分析为以后要进行的其他危险分析打下了基础。

6. 故障类型影响和致命度分析

故障类型影响和致命度分析 (failure mode effect analysis , FMEA) , 是安全系统工程中重要的分析方法之一。它采取系统分割的概念，根据实际需要分析的水平，把系统分割成子系统或进一步分割成元件。然后，逐个分析元件可能发生的故障呈现的状态 (即故障类型) , 进一步分析故障类型对子系统产生的影响，最后采取措施解决。使用这种方法，基本上能够查明元件发生各种故障时带来的危险性，是比较周密和完善的方法，既可以用于定性分析，又可以用于定量分析。

第五节 事故原因分析

一、事故致因理论

事故发生有其自身的发展规律和特点。事故隐患演变、发展成为事故经历了从渐变到突变的发展过程。事故调查的目的是通过调查掌握事故发生的基本事实，从事故中吸取教训，并提出合理的事事故防范措施。只有掌握事故发生的规律，才能保证系统处于安全状态。事故致因理论是掌握事故发生规律的基础。

1. 事故频发倾向论

英国的 M. Greenwood、H. H. Wbods 和 Farmer 等对企业的伤亡事故数据的发生次数进行统计学分析发现，操作人员中的某些人更容易引发事故，提出了“事故频发倾向”概念。所谓事故频发倾向，指个体容易引发事故的、稳定的、个人的内在倾向。根据这种观点，事故频发倾向是由个人内在因素决定的，并且长时间不会变化的容易引发事故的倾向。

2. 事故因果连锁论

事故因果连锁论包括事故的基本原因、间接原因、直接原因、事故以及事故后果五个互为因果的事件，并且形成了“多米诺骨牌”效应，如图 9-2 所示。H. W. Heinrich 从物理学的作用和反作用的角度解释事故，指出事故是一种失去控制的事件，并首先提出了人的不安全行为和物的不安全状态的概念，阐明了安全管理工作的中心是消除人的不安全行为、机械设备或环境的不安全状态，保证安全生产。只要事故发生链被破坏，事故演变过程中断，就不会发生事故并引发伤亡事故和财产损失。

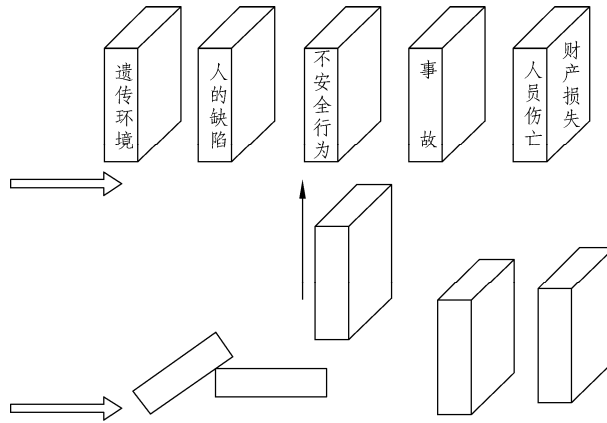


图 9-2 H. W. Heinrich 事故链锁理论原理图

在 H. W. Heinrich 事故因果链的研究基础上，博德提出了现代工业生产条件下的事故发生和演变连锁关系，如图 9-3 所示。

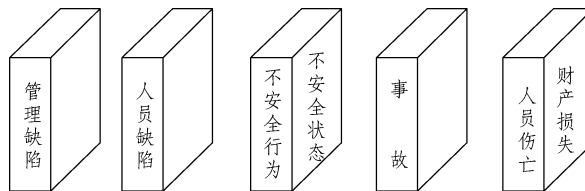


图 9-3 博德事故链结构图

图 9-3 的博德事故链反映了现代安全观点，并由此演变成图 9-4 所示的事故致因理论。

图 9-4 所示的事故致因理论模型着眼于事故的直接原因——人的不安全行为和物的不安全状态，以及基本原因——管理失误。该模型将物的原因进一步划分为起因物和加害物。其起因物为引发事故的物，如机械、物体或物质等；加害物则是事故发生时直接作用于人体、使人体遭受伤害的物（机械、物体或物质）。而在人的因素上又区分为行为人和被伤害人。

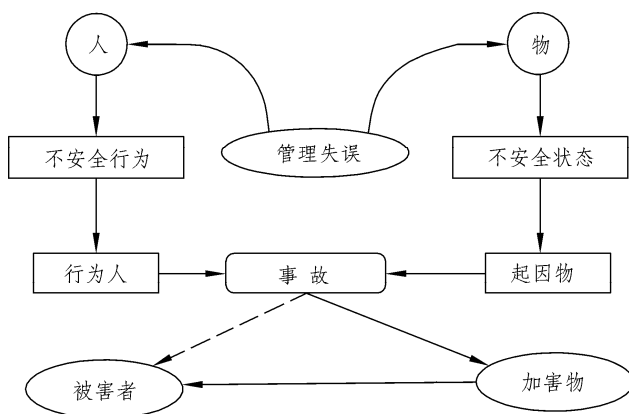


图 9-4 现代事故致因理论模型

二、典型事故分析

(一) 世界上最大的空难——特纳里夫空难^①

特纳里夫群岛位于北非西部国家摩洛哥外海 250 海里左右的大西洋上，是西班牙的海外属地。长久以来，位在热带的特纳里夫群岛一直是欧洲人在天冷时南下避寒的度假胜地，除此之外该群岛也是美洲的游客进入地中海地区的重要门户，因此每年搭乘飞机到特纳里夫群岛的旅客数量都很惊人。

整件事的起因是一起发生于特纳里夫群岛自治区首府、位于大特纳里夫岛上拉斯帕尔马斯的炸弹恐怖攻击案。

1977 年 3 月 27 日午后 1:15，拉斯帕尔马斯国际机场大厅的花店发生爆炸。不过因为爆炸的小型炸弹在被引爆之前机场方面曾收到警告而进行疏散，因此仅有 8 人在事件中受伤，其中一人伤势较重。炸弹的爆炸造成机场部分建筑物受损。在爆炸后，一个特纳里夫群岛自决独立运动组织的发言人又从阿尔及利亚去电西班牙航空主管单位，宣布他们为此次爆炸事件负责，并声称机场里还有另外一颗炸弹。这情况使得航管当局与当地警察被迫疏散

^① 纪录片《空中浩劫》。

人群并将机场封闭，对整个机场进行全面性的搜查。同时，航管单位还不得不将原定要降落在拉斯帕尔马斯的所有国际班机全部转降到隔邻的特纳夫岛北端的洛司罗迪欧机场，使得洛司罗迪欧机场一时大乱，整个机场都挤满被迫转降并且等待炸弹排除后，再飞往主岛的飞机。

事故发生的主角之一，荷兰皇家航空（KLM，航空代号 KL/KLM）4805 号班机，当天早上 9:31 时由阿姆斯特丹的史基普机场起飞，这架 747 飞机载着 234 名旅客由荷兰飞抵特纳里夫群岛。在经过四小时的飞行后，KL4805 班机在当地时间下午 1:10 降落在洛司罗迪欧机场，并且与许多早已被转降在此处的飞机一样，挤在由机场主停机坪与主滑行道（7 号滑行道）所构成的暂时停机区内，等待拉司帕尔马斯机场重新开场。

而另外一个主角，隶属于美国泛美航空的 PA1736 班机则是在当地时间下午 1:45 时降落在洛司罗迪欧机场。该班机离开洛杉矶时原本有 364 名乘客在上，在纽约降落时又有 14 人上机。同时，泛美 PA1736 也是一个包机航班，机上载了很多是要到大特纳里夫岛搭乘皇家邮轮公司所属豪华邮轮“黄金奥德赛号”畅游地中海的退休年龄乘客。虽然泛美航空拥有 21000 飞行时数的维克多·格鲁布机长曾一度要求地面航管让他们直接在天上盘旋等待拉司帕尔马斯机场重新开场而不要转降后再起飞、降落到目的地，但还是被塔台指挥降落在洛司罗迪欧机场，加入了地面几乎塞得满满的大小机群中。

当地时间下午 4 时左右，洛司罗迪欧机场塔台收到拉司帕尔马斯方面的信息，称拉司帕尔马斯机场即将重新开场，请各班机的组员做好起飞准备工作。但就在同一时间，机场渐渐被大雾笼罩，能见度也逐渐变差。

由于 PA1736 班机上的乘客原本就没有下机而是在原地等待，因此当目的机场重开时，他们理应拥有先起飞离场的优先顺序。但是，就在飞机滑行到一半想要进入通往 12 号跑道的滑行道时，泛美的飞行员发现他们被体积巨大的 KL4805 挡住去路，在剩余路宽不足的情况下他们被迫等待乘客都下机在机场中休息的 KL4805 重新进行登机手续准备妥当并离开等候区后，再尾随升空。在等待乘客重新登机的过程中，荷航 KL4805 的机长决定加满油，于是这架 747 飞机又加了 2.1 万加仑油，这一举动最终恶化了这场悲剧。

KL4805 在 16:56 时做好了起飞准备并呼叫塔台请求滑行的允许，塔台照准。除了 KL4805 外，塔台方面也准许 PA1736 离开等候区，跟随着前面的 KL4805 在主跑道上滑行，并且指示 PA1736 在 3 号滑行道处转弯离开主跑道。KL4805 在快滑行到 3 号跑道起点附近的等待区等待过程中曾和塔台联络，当时塔台给予的指令是“OK，请在跑道末端 180 度回转，并且回报准备已就绪，等待航空运输管制清场”(OK, at the end of the runway make one eighty and report ready for ATC clearance)，却被 KLM 的机长误会为他们已被授权起飞。

事发当时洛司罗迪欧机场的雾非常重，无论是机场塔台还是泛美与荷航的飞行员，三方之间都无法看见对方的动态，再加上该机场的跑道中央灯故障又无适当的雷达导航设备，无疑是替这个混乱的情况火上添油。

KL4805 在抵达 30 号跑道的起跑点后，副机长曾用无线电呼叫塔台征询起飞许可，当时塔台人员没听清楚副机长浓厚的荷兰口音英文到底是说“我们在起飞点”(We are at take off) 还是“我们正在起飞”(We are taking off)，因此回答“好的，待命起飞，我们会通知你！”(OK Standby for takeoff We will call you!) 却不料无线电的后半段正好被泛美机长回报“我们

还在跑道上滑行！”的讯号给塔台，结果 KL4805 的机组人员只听到塔台说的“OK”却没听到后半段的对话。虽然副机长曾质疑过这是否是塔台方面已经授权起飞，但机长早已因好几个小时的延误而弄得非常焦躁，而忽略了其警告。

在 17:03 时，泛美公司的这架 747 飞机仍然在跑道上滑行，在它的左侧已经能看到由跑道转向滑行道的岔路口，在飞行图上标记是 C-3，这是专门为必须迅速离开跑道的飞机使用的。但是，PA1736 没有进入这个岔口，因为若要进入这个岔口，飞机必须来一个 135 度的大转弯。PA1736 是一架大型飞机，要作这样的大角度转弯会有一定困难，一则可能使起落架的轮子压坏跑道边上的信号灯，二则可能使轮胎被扎破。因此，PA1736 没有按照塔台的指令立即离开跑道，而是继续向前滑行。不久，当泛美 PA1736 客机不小心错过三号滑行道入口、正打算弯进四号滑行道前往起飞等候区的瞬间，副机长突然注意到跑道远方有 KL4805 客机的降落灯。起初他们以为那时 KL4805 正在静止状态等候起飞，但仔细一看却发现降落灯正在晃动，KL4805 其实在加速起飞状态。泛美 PA1736 的副机长大声呼叫机长将飞机驶离主跑道，机长也立刻全速推进让飞机冲进跑道旁的草皮上。但毕竟为时已晚。

虽然另一头 KL4805 的机长在见到前方横在跑道上的泛美客机后，很尽力地让飞机侧翻爬升，起飞攻角之大甚至让机尾在跑道地面上刮出一个 3 英尺的深沟，但仍然无法挽救大局。

刚离地的 KLM 客机扫过泛美客机的机身中段后继续爬升了 100 英尺左右，失控坠落在 250 码外的地面上，爆炸焚烧。而被剧烈撞击的泛美客机则在瞬间爆出大火，整架飞机断成好几块，只有左翼与机尾在事件后保留大致的模样。

荷航 KL4805 班机：事故当时该班机上共有 234 名乘客与 14 名机组员，其中大部分的乘

客是荷兰人，另有 2 名澳洲人，4 名德国人，与 2 名美国人。在事件中机上无人幸免。

泛美 PA1736 班机：在事故发生时，该班机上有 396 人，其中 321 个乘客与 14 个机组成员死亡，大部分都是死于满载油料的飞机爆炸后的大火。但位在该机机首与机尾部分仍然有不少幸存者，包括 54 名乘客与 7 名组员，其中泛美的机长也逃过一劫。

（二）海因里希因果连锁理论分析

1. 社会和自然环境方面

（1）一起由争取独立的团体策划的恐怖爆炸：他们的目的是宣扬自己的“理想”。他们宣称航站楼里有两颗炸弹，而机场方只有十分钟的时间解救。稍后在拉斯帕尔马斯机场的候机楼内发生了一起炸弹爆炸事件——地点在候机楼出口处附近的鲜花店柜台边上。这起事件虽然人员伤亡数很小，但在旅客和迎接旅客的机组心中引起了恐慌。大批警察来到现场，搜寻是否还有别的隐患存在。这样，严重打乱了这个航空港的正常运转，许多航班被推迟起飞。拉斯帕尔马斯国际机场决定临时关闭，从外面飞来的包括失事的荷兰飞机和泛美航空公司的飞机和所有航班也被临时安排到洛司罗迪欧机场降落。

（2）荷兰班机公司新实施的制度：对超过时间的驾驶作出严厉的处罚，即超过法定和公司时间上限将可能丢掉驾照和工作。而当时的情况是，荷航机组必须在当天下午 5:30 之前离开洛司罗迪欧机场，否则就要放弃飞行。荷兰机组在巨大的压力下，渴望尽快起飞。

（3）洛司罗迪欧机场的周边环境：该机场地处崇山峻岭上的高原，标高海拔 2000 英尺，当地的云气也经常积聚在 2000 英尺。所以当风把云吹向机场时，机场就被云所笼罩，云雾不时地飘来飘去会使能见度几乎降到零。事故当天的浓雾让航管员无法目视两架班机，也使得泛美和荷航的驾驶员们不能看到对方的确切位置。

2. 人的缺陷

(1) 航管员的缺陷：事故发生在星期日的下午，洛司罗迪欧机场只有两名航空管制人员当班。他们虽然很优秀，却不常处理像当天那么多数量的飞机和需要大停车空间的巨型客机。而且根据荷兰调查员调查，两名航管员当时在听足球广播，也许心思不在工作上。

此外，特纳里夫群岛的官方语言是西班牙语。在世界民用航空中，各国机场和通信联络的通用语言是英语。特纳里夫群岛的居民一般不会说英语，当然机场工作人员是例外。可是，他们说起英语来带有浓重的西班牙语腔调，许多到这里来的飞机驾驶员常常埋怨管制中心发出的英语指令听不清楚，有时必须再三追问，才能理解。在浓雾笼罩的机场上，靠驾驶员目视作业是非常危险的，机场又没有地面监视雷达，唯一的联络办法只有靠无线电通话。当荷兰公司的飞机请求准许起飞时，塔台发出“OK”的指令，至于后面说的“Standby for takeoff We will call you！”荷兰机长听得并不真切。航管员蹩脚的英语也迷惑了驾驶员。

(2) 交流的缺陷：荷航的两位驾驶员没有听清楚机场航管员发出的指令，但并没有向塔台进行问讯，副驾驶也质疑过塔台是否真的已经授权起飞，但机长由于长时间的等待和公司制度上的压力，忽略了副驾驶的警告，仍然驾驶飞机开始加速起飞。

3. 人的不安全行为和物的不安全状态

(1) 人的不安全行为。

① 泛美班机的机长的不安全行为：泛美公司的这架维克多号 747 飞机在跑道上滑行时，在自己的左侧已经看到由跑道转向滑行道的岔路口，在飞行图上标记是 C-3。这是专门为必须迅速离开跑道的飞机使用的。但是，维克多没有进入这个叉口，因为若要进入这个叉口，飞机必须来一个 135 度的大转弯。这是一架大型飞机，要作这样的大角度转弯会有一定困难，

一则可能使起落架的轮子压坏跑道边上的信号灯，再则可能使轮胎被扎破。因此，维克多没有按照塔台的指令立即离开跑道，而是继续向前滑行向四号滑行道，因为四号滑行道是 45 度弯，更容易让 747 进去。因此，荷兰方的调查员认为，泛美机组没有遵照塔台指示及时离开跑道，是引发事故的主要原因。

② 荷航机组人员的不安全行为：当时荷航 KL4805 上载有 247 名旅客，机长雅各布·赞吞，51 岁，是一位已经有 1500 飞行小时的优秀驾驶员。在最近 25 年中，一直任机长，曾经为本公司训练培养过不少飞行员。他的驾机技术是荷兰皇家航空公司中出了名的，也是公司公认的出色驾驶员。他责任心强，工作细致。25 年来，他驾驶的飞机连一点小故障也没有发生过。荷航 KL4805 在等待过程中决定让飞机加满油，但这个看似简单的举措，决定了机上所有乘客的命运。加油不仅延误了飞机近半小时，让泛美班机受困在他们之后，也让加了 2.1 万加仑汽油使飞机的起飞重量增加而难以起身避开跑道上的泛美班机。半小时延误还造成另一项结果就是天气突然恶化，机组在巨大的压力下工作。

③ 荷航副驾驶员的失误：民航界的老问题是“机长永远是正确的”。在荷兰航班的机长决定起飞时，副驾驶员质疑塔台给出的命令，明知有错但不敢说出，在资历经验都在公司认可的机长面前，他们不敢争辩什么。

④ 在现场急救人员的失误：由于荷兰班机在撞上泛美班机后继续爬升飞行了一段时间，才在 1500 英尺处坠地，那里离塔台更近，所以消防车与救护车赶到时先找到荷兰班机。现场一片混乱，浓雾中消防车分不清方向，当他们终于找到荷兰班机时为时已晚，飞机上无人幸存。他们很久都没发现不远处还有第二架飞机等待救援，过了 20 分钟后才发现泛美班机并展开救援。

(2) 物的不安全状态。

① 洛司罗迪欧机场本身的状况：洛司罗迪欧机场本身是一个单跑道的小型地区机场，机场设备不良，无法应对这么多的班机与乘客。且地理环境使得机场经常迷失在云雾里，机场缺乏相关设备，设备极为原始，没有地面雷达可让航管员监视班机位置，事实上，航管员只能待在跑道旁的了望台里目视观测天气。而事故当天的浓雾让航管员无法目视两架班机，根本看不到他们的位置，跑道中心线灯也无法使用，能见度处在安全与危险的交界。

② 调查组认为，这起空难主要是因为无线电联络上发生了差错。调查组发现在舱音记录仪上，塔台“OK”一词后面的话语模糊不清，荷航机长也不可能给予正确的理解。调查组认为荷航机长未能听清的另外一个原因是泛美的飞机近在咫尺，两机相距不远（只是因为浓雾挡住了视线，无法见到），使无线电受到了一定程度的干扰，通话质量也变差了。

4. 事故和伤害

在以上几种因素的共同作用下发生的这次空难，两架波音 747 客机相撞，大火燃烧了 20 多个小时才被扑灭。

荷航 KL4805 班机事故当时，机上共有 234 名乘客与 14 名机组员，在事件中机上无人幸免。泛美 PA1736 班机在事故发生时，机上有 396 人，其中 321 个乘客与 14 个机组成员死亡，大部分都是死于满载油料的飞机爆炸后的大火。幸免于难的仅 61 人。保险公司创下了理赔纪录，总值相当于今天的 20 亿美元。这是民航史上最大的空难事件之一。

(三) 事故树分析

根据海因里希因果连锁理论中社会因素和人的不安全因素绘出特纳里夫空难的故事树，

可以直观地了解事故发生的各种不安全因素。如图 9-5 所示。

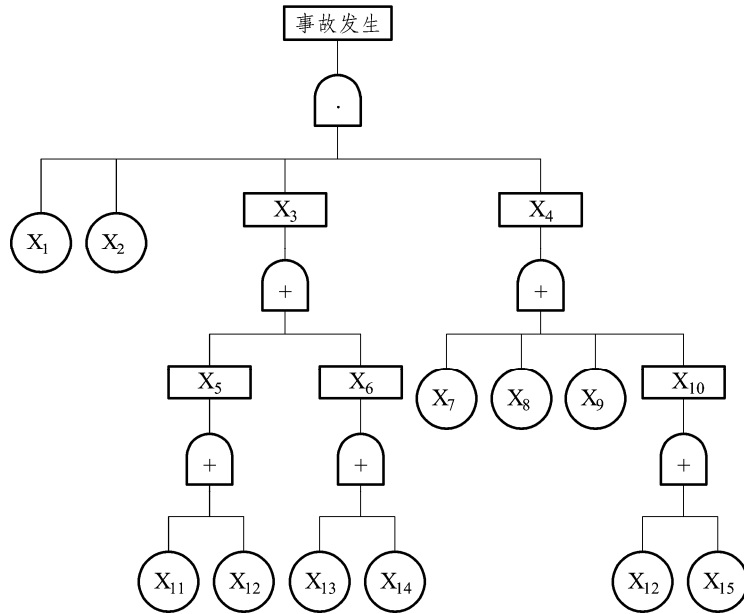


图 9-5 特纳里夫空难事故树

其中， X_1 表示目的地机场关闭； X_2 表示备降机场天气变化； X_3 表示备降机场塔台指挥失误； X_4 表示机组人员失误； X_5 表示与机组的沟通存在问题； X_6 表示缺乏可观察设备； X_7 表示机组人员之间的沟通存在问题； X_8 表示机组在巨大压力下驾驶； X_9 表示荷兰航班加油耽误起飞时间； X_{10} 表示机组与塔台之间沟通存在问题； X_{11} 表示英文技能使用缺陷； X_{12} 表示无线电通讯设备受到干扰； X_{13} 表示机场无雷达设备； X_{14} 表示地面通讯设备差； X_{15} 表示语言表达不清楚。

1. 结构重要度分析

结构重要度是指不考虑基本事件自身的发生概率，或者说假设各基本事件发生的概率相等，仅从结构上分析各个基本事件对顶上事件所发生的影响程度。

所以，得出图 9-5 的结构重要度是：

$$X_1 = X_2 > X_3 = X_4 > X_5 = X_6 = X_7 = X_8 = X_9 = X_{10} > X_{11} = X_{12} = X_{13} = X_{14} = X_{15}$$

2. 事故树和结构重要度分析

由图 9-5 可以看出，要防止事故的发生，从根本上首先应该着手解决 X_1 ， X_2 ， X_3 ， X_4 的发生。也就是说，如果目的地拉斯帕尔马斯国际机场没有发生恐怖爆炸袭击事件，机场就不会关闭，那么荷航 KL4805 和泛美 PA1736 根本就不会备降到洛司罗迪欧机场，事故就不会发生；同理，如果洛司罗迪欧机场在准备放行时有良好的目视条件，塔台、荷航 KL4805 和泛美 PA1736 都能很清楚地看到对方的位置，那么事故也可以避免；再者，如果洛司罗迪欧机场的通信良好，管制设备齐全，且管制员拥有好的英文通信技能，能清楚地向机组表达自己的意愿，那么事故也很有可能不会发生了；作为避免事故发生的最后屏障，驾驶员能够不失平时的冷静判断，机组之间和谐沟通，事故也不会发生。

其次，就是 X_5 ， X_6 ， X_7 ， X_8 ， X_9 和 X_{10} 。详细地说，就是备降机场塔台指挥人员与机组之间的沟通存在问题，一是通信设备差导致机组与塔台之间的沟通产生障碍，二是机组和塔台人员因为都听不清楚对方的话而对对方产生不耐烦的心理；在荷航飞机起飞时，机场内突然起雾，使能见度低于飞机起飞要求的最低能见度，而在塔台人员看不见两架大型波音 747 飞机时又没有其他可观察的设备；机组在长时间驾驶飞机后非常疲劳，在疲劳的状态和巨大的公司制度压力下机组失去了平时冷静的判断，又对对方产生不耐烦的心理，严重阻碍了机组之间的正常交流；而在荷航 KL4805 被允许准备起飞的情况下，机上人员少了一位，在寻找人员时，荷航 KL4805 又加了 2.1 万加仑油，耽误了起飞时间，也增加了起飞的重量。

最后，是 X_{11} ， X_{12} ， X_{13} ， X_{14} ， X_{15} 。不同国家机组和塔台人员的英语发音有很大的差别，加之地面通信设备差，可能由于两机距离太近无线电通信又受到阻碍，这样严重阻碍了机组和塔台人员之间的沟通；在荷兰航空与塔台人员通话时，塔台又用一样的频段与泛美航空机

组人员通话，使两架飞机的通信受到干扰，听不清楚塔台管制员的指令，在语言表达能力方面也就是英语能力方面对安全产生了不利的重要因素。

上述各方面的原因都是导致事故发生的前提，而事故的发生又不是单一事故引起的，各事故之间的联系又是错综复杂的，所以处理好每个引起事故的因素是防止事故发生的前提。

(四) 因果分析法

根据因果分析法的步骤，从“人-机械-环境-管理”四个部分着手分析，归纳出事故发生主要有以下方面的原因。

(1) 人的方面。① 机场管制员：工作压力过大；英语技能不足；指挥失误。② 机长：工作压力大；过于自信；交流障碍。③ 荷航副驾驶：没有及时提出警告。

(2) 机械方面。① 飞机数量过多造成拥挤；② 747 飞机系统非常复杂。

(3) 环境方面。① 社会环境方面：荷航新的制度给飞行员带来压力，拉斯帕尔马斯国际机场的恐怖袭击事件造成大量航班备降洛司罗迪欧机场；② 自然环境方面：洛司罗迪欧机场的浓雾天气使得能见度降低。

(4) 管理方面。① 洛司罗迪欧机场设备简陋；② 拉斯帕尔马斯机场安全管理不当。

根据以上分析建造鱼刺图，如图 9-6 所示。

在这次事故中，人即操作者方面最主要的问题还是塔台管制员与两位机长的交流障碍问题。自 20 世纪 70 年代中期开始，大型运输飞机逐渐增多，自动化程度也越来越高，飞行员的角色由以操纵者为主转变为以管理者为主。科技进步使由技术因素引起的航空事故逐渐减少，而人为因素导致的航空事故在不断增加。人为因素，逐渐成为导致航空事故的主要因素。

安全人机工程学，也逐渐成为民航安全研究中的一项重要学科。在今后的安全管理中，针对民航活动各个部分操作者的管理也将逐渐成为重点。

而机械方面，飞机数量众多和 747 的系统复杂，则属于客观原因。

在环境方面，拉斯帕尔马斯国际机场由于安全管理不足而遭遇恐怖袭击，造成机场被迫关闭和大量飞机备降洛司罗迪欧机场，是造成这次事故的直接原因。而洛司罗迪欧机场由于地理环境的浓雾造成能见度下降，最终没能挽救这次事故。

在管理方面，拉斯帕尔马斯机场安全管理不足和洛司罗迪欧机场简陋的地面通信设备，都是事故发生的重要原因。

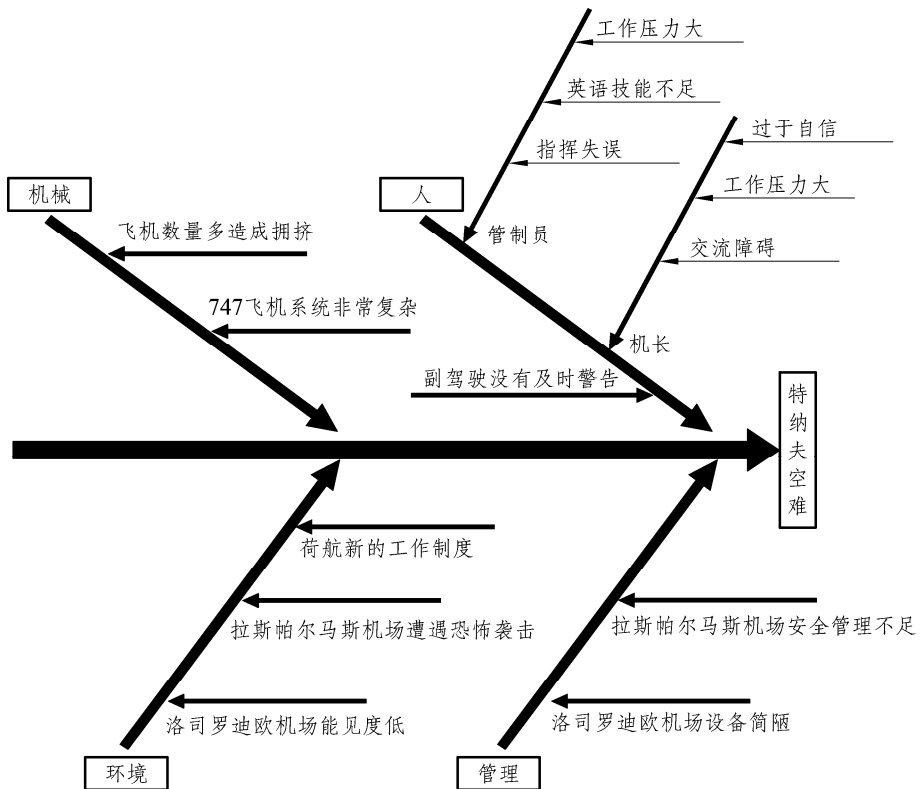


图 9-6 特纳里夫空难鱼刺图

思考题

1. 民用航空器事故的危害。
2. 民用航空器事故和事故征候的定义、分类标准。
3. 民用航空器事故调查的目的是什么？事故调查遵循什么原则？
4. 民用航空器事故调查的主要法规有哪些？
5. 民用航空器事故调查的程序有哪些？
6. 民用航空器事故调查的技术有哪些？
7. 民用航空器事故致因理论分析。