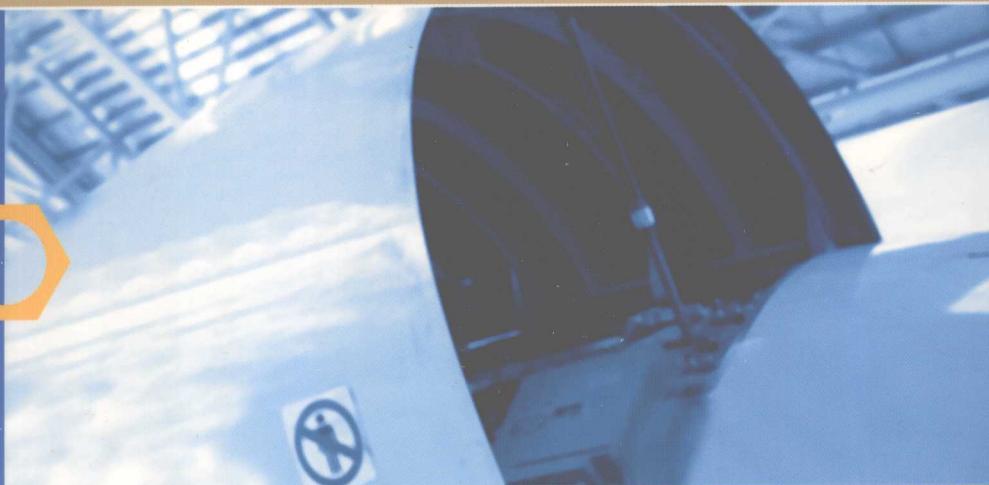


Risk Management and Error Reduction in Aviation Maintenance



航空维修中的 风险管理与差错减少

[美] M.S. 帕坦卡尔 J.C. 泰勒 著
孟惠民 译
李建琄 审校

中国民航出版社

民航安全系列图书

航空维修中的风险管理与差错减少

Risk Management and Error Reduction
in Aviation Maintenance

(美)M. S. 帕坦卡尔 J. C. 泰勒 著

孟惠民 译

李建珺 审校

中国民航出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

航空维修中的风险管理与差错减少 / (美) 帕坦卡尔,
(美) 泰勒著; 孟惠民译. —北京: 中国民航出版社,
2007. 1

ISBN 978-7-80110-772-5

I. 航…

II. ①帕… ②泰… ③孟…

III. 航空器 - 维修 - 风险管理

IV. V267

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 164566 号

责任编辑: 刘庆胜

Copyright © Ashgate Publishing Limited 2004.

中国民航出版社通过中华版权代理公司购得本书中文简体字版权, 享有全世界发行的专有权。未经许可, 不得翻印。

北京市版权局著作权合同登记号: 图字 01-2007-0772

航空维修中的风险管理与差错减少

(美) M. S. 帕坦卡尔 J. C. 泰勒 著 孟惠民 译

出版	中国民航出版社 (010) 64290477
社址	北京市朝阳区光熙门北里甲 31 号楼 (100028)
排版	中国民航出版社照排室
印刷	北京华正印刷有限公司
发行	中国民航出版社 新华书店
开本	787 × 960 1/16
印张	12
字数	213 千字
印数	3 000 册
版本	2007 年 2 月第 1 版 2007 年 2 月第 1 次印刷

书号	ISBN 978-7-80110-772-5/V · 271
定价	49.00 元

(如有印装错误, 本社负责调换)

民航安全系列图书 编审委员会

主 任：王昌顺

副主任：于振发

委 员：刘亚军 刘恩祥 王照明 张志忠
蒋怀宇 张红鹰 张光辉 苏兰根

序

安全是民航工作永恒的主题，是民航工作的头等大事。安全事故不仅使旅客的生命、财产受到损失，更影响到旅客对航空安全的信任度，影响到民航事业的长远发展。目前，我国航空运输已进入到了一个新的发展阶段，新形势、新情况对我国的航空运输安全保障能力，包括设备运行状况、保障手段和运行效率等方面都提出了越来越高的要求，而快速增长的飞行量则给航空安全带来更为严峻的挑战。因此，认真学习航空安全知识和管理方法，提高人员素质，不断夯实航空安全基础，从整体上提高安全管理水平已经越来越现实地摆在我们面前。

增强安全保障能力是一项复杂的系统工程，需要我们做大量的工作。它不仅需要基础设施的保障，更需要专业技术人员和安全管理人员素质和技术的支撑。在这种形势下，加大安全基础理论的研究工作，发展民航安全科学尤为重要。

由总局航空安全办公室倡导、中国民航出版社引进和推出的安全系列丛书便是在这种大环境中应运而生的，相信此系列图书的问世定会对我国民航业安全文化的研究和培育起到积极作用。此套丛书内容广泛，既有美国 McGraw-Hill 出版公司出版的《处置飞行中的紧急情况》、《多发飞行》等，也有国际知名的英国 Ashgate 出版公司出版的系列安全图书。这套书涉及航空安全的各个层面，对我国民航业的发展将提供理论研究的依据。其中，《处置飞行中的紧急情况》、《多发飞行》和《飞行事故人的失误分析》已经出版。《处置飞行中的紧急情况》旨在帮助飞行员处理在空中可能面对的紧急情况，为他们提供了预防、管理及改

出技术，使飞行员掌握在特殊环境和条件下，如何正确操纵飞机以保证飞行安全。《多发飞行》一书以口语化的方式，对多发飞行做了理论和实践的讲解，帮助飞行员更好地驾驶多发飞机，让多发飞行更安全。

《飞行事故人的失误分析》详细阐述了人的因素分析与分类系统产生的历史背景、理论基础、框架结构及实际应用情况，为军事飞行、民用航空或通用航空等有人参与的复杂系统提供了开展意外事故人的失误分析所需要的知识和工具。

本套书引进与借鉴航空大国先进的科技成果，学习其优秀的经验，弥补了我国安全理论研究与实践经验的不足，相信它将大大推动我国民航科研、管理与教学的发展，为我国与国际航空界的接轨，实现从民航大国向民航强国的跨越式发展提供理论基础的保障，对我国民航业的发展具有重要的理论价值与现实意义。

中国民用航空总局副局长

王长川

前 言

本书对学习航空维修的学员和从事航空维修的专业人员都适用。

现在一个被广泛承认的事实是，在所有民航班机事故当中，大约有 12% ~ 15% 是由于维修工作差错所致。在过去的 13 年里，维修资源管理 (MRM) 大纲在世界各地得到了广泛贯彻，这提高了维修界对差错产生要素的认识。

现在，当我们向前看时，我们面临两个挑战，一是落实过去的研究成果，二是通过制定旨在积极减少导致错误产生条件的规划，将维修行业继续推向前进。在这本书里，我们尝试通过使用风险管理的概念，为过去和将来的 MRM 大纲搭起一座桥梁。我们不仅承认体系具有的控制差错产生的能力，而且还承认人是容易犯错误的。我们希望，通过阅读本书你会认识到，虽然风险在维修工作过程中是固有的，但可以通过人和组织两个方面的适当介入得到管理。

本书中介绍的核心概念包括我们所谓的“霍金斯—阿什比”(Hawkins-Ashby)风险管理模型、风险管理概念一致过程的产生、风险管理中过低评估的人际间互相信任概念、风险管理未充分使用的职业技能原则和未充分使用的投资收益计算惯例。通过这些概念，我们企图提出关于下一代 MRM 大纲的想法：以行为为基础、强调主动性，不局限于规章符合性并真正欣然接受在第三章和第四章中讨论的体系的各要素。

最后，我们把具有维修差错的 8 个事故案例作为主要原因或起作用的因素。通过这些案例，我们说明了一些维修专业人员承担的常见风险。

第一章对航空工业的安全统计数值进行了总的概述，并引导读者思索一些理论概念，如霍金斯—阿什比模型，和一些实际问题，如一次事故的代价。

在第二章，我们论述了安全培训的三个不同的组成部分：国家的、专业的和机构的。在这里我们举例说明，航空维修人员与飞行员相比较工作更独立，因此在维修环境中落实团队观念会更困难。

在第三章，我们对人机工程、人为因素和 MRM 进行了初步介绍。对 MRM 的研究与发展工作做了进一步的探索。在本章，我们向读者介绍了第四代 MRM 大纲。

在第四章，我们论述将社会技术系统应用到航空维修中。这两章合起来，在过去和将来的 MRM 大纲之间架起了一座“桥梁”。

在第五章，我们介绍了一个很困难的问题——在维修团体中相互信任。当我们经历了全球航空界的另一个回合的动荡，当我们继续目击了实际组织的发展，“相互信任”的概念将会变得更加重要。

在前面各章比较宏观地回顾了安全和风险问题之后，在第六章我们论述个人的职责；我们特别论述了维修专业人员承担的不同类型的风险，以及如何通过形成自然的习惯以减少那些风险。

在第七章，我们介绍了风险管理的初步量化分析。在试图不使用可靠性模型论述人为的可靠性时，我们介绍简单的概率数据，这些数据可用于：(1)了解某些事故原因的相对重要性；(2)将系统可靠性概念应用到以人为中心的体系中。

在第八章，我们介绍了一个可用于计算 MRM 大纲投资回报的公式，特别适用于培训的投资回报的计算。这个公式对于调整大纲的金融活力会越来越重要，而这些在规章中是没有要求的。MRM 投资回报计算公式的应用价值是无法估量的。

最后，在第九章我们详述了 8 个与维修有关的事故案例。在这一章，我们详述了每个事故的事件链及相关原因。我们同样地引用了前面讨论的不同类型的风险和风险管理。

我们真诚地希望你能发现本书对在了解维修资源管理领域中的开发、挑战和展望方面是非常有用的。而且，随着联邦航空局和加拿大运输部的安全管理向全面和系统方向迈进，我们希望你能使用 MRM 的基本原理衡量和管理一个综合性的安全管理系统。

当你阅读这本书时，我们鼓励你深刻反思你自己的个人经验，并且继续提高你安全探索行动的主动性。

M. S. 帕坦卡尔 (Manoj S. Patankar)

J. C. 泰勒 (James C. Taylor)

感 谢

没有众多专业人员的大力帮助——艰苦的、像对待自己的事情一样的真诚工作，要进行航空维修领域的研究是不可能的。在过去的岁月中，差不多数千名机务人员、检查员、经理、维修工程师和地面保障人员给我们提供了很有价值的资料。他们特意抽出时间回答调查问卷，参加会见，并且允许我们观察他们的实际工作。我们永远地感谢他们的盛情和坦率。

我们要特别感谢下列人员，感谢他们的支持和鼓励：David Driscoll, Scott Gilliland, John Goglia, Jay Hiles, Barbara Kanki, Kevin Lynch, Robert and Gordon Mudge, Ken Peartree, Michael Peate, Zoe Sexhus, Deepak Sharma, Robert Thomas, III 和 Jean Watson。

我们还要感谢我们大学的支持：圣路易斯大学的帕克工程和航空专科学校，圣约瑟州立大学的航空系和学会审查委员会，圣克拉拉大学的工程学院。

我们感谢 John Hindley 及 Ashgate 出版有限公司的工作人员为我们按时完成这个项目提供的极大的帮助。

最后，我们感谢我们的家人对我们从事这个项目的支持和鼓励：Kirsten 和 Sanjeevani Patankar 和 Ellen Jo Baron。

目 录

序

前言

感谢

第一章	航空维修环境中风险的定义	(1)
第二章	个人、专业、单位和国家的不同观点	(22)
第三章	人机工程、人为因素和维修资源管理	(47)
第四章	维修安全文化和社会技术系统	(74)
第五章	虚拟航空公司和相互信任	(85)
第六章	航空维修专业人员的专业习惯	(103)
第七章	可靠性带你走多远	(118)
第八章	投资收益	(128)
第九章	案例研究	(140)
第十章	资源	(164)

参考文献

关于作者

第一章 航空维修环境中风险的定义

教学目标

当学完这一章后，你能够：

1. 阐明减少飞行事故量的决定性因素。
2. 阐明航空维修环境中的风险和安全的概念。
3. 论述不良的操作和维修习惯对飞机设计安全性产生的影响。
4. 列出维修人员能够将风险减到最小的一些具体方法。
5. 列出一些与典型的飞机事故有关的不同类型的成本。

引言

风险是一种不好结果的概率。我们以经典的抛硬币为例，硬币的每一面都代表相同的可能性，“头像”或“文面”接地的概率都是 50%。在航空界，风险可以用一定飞行小时发生的事故量来表示。一定飞行小时的事故越少，事故的概率越低。在理想的情况下，安全工作可以将事故率降到零。但实际上，安全是动态的，也是相对的，因为对于一个特定的团体来说，一定的事故率是可以接受的。换句话说，只要一个团体感到某一行动的效益大于失败的风险，就会认为该行动是“安全”的。当该团体对于行动的有利因素和不利因素了解得更多，或掌握了将风险减到最小的方法时，它就会重新确定风险的可接受水平，并对“安全”进行再定义。

本章简要叙述飞行安全数据，介绍过去十年以来与维修有关的飞行事故，并论述风险是如何被引入个别飞行的。我们运用正常运营包线的概念（NOE）来定义飞行安全的标准。当与飞行安全工作有关的任何部门出现差错，它们都会危及飞行的设计安全并增加风险。我们将霍金斯

(Hawkins) 在 1987 年开发的谢尔 (SHELL) 模型和阿什比 (Ashby) (1956) 的要素变化定律结合起来, 形成一个霍金斯—阿什比 (Hawkins-Ashby) 风险管理模型。本章的结论是, 这个联合模型可用于了解和控制风险, 从而保持必要的安全度。

飞行安全数据

飞行安全数据可以通过几个可靠来源得到, 例如联邦航空局 (www.faa.gov)、国家运输安全委员会 (www.ntsb.gov)、波音商用飞机公司 (www.boeing.com)、国际航空运输协会 (www.iata.org)、飞行安全基金 (www.fsf.org) 和美国航空运输协会 (www.airlines.org)。其他国家的安全数据较难获得, 但在互联网中, 例如航空安全网 (aviation-safety.net) 可提供全世界的大型客机事故报告和一些普通安全数据。在本章, 我们用数据来说明航空器运行的数量和相应的安全水平。

美国航空运输协会 (ATA) 2002 年提供的事故统计显示, 从 1932 年开始按照美国联邦航空条例第 121 部注册的运营人 (定期的航空承运人) 的事故数量大为减少。表 1-1 给出了国家运输安全委员会的一些标准术语及其定义。图 1.1 显示了 1982 年以来的平稳的事故率, 图 1.2 显示了与此同时搭乘飞机旅客增加的数量。

这些变化的最后结果是, 如果事故率不能低于 1999 年的水平, 将来按联邦航空条例第 121 部注册的运营人的事故数量将会大大增加。预测的事故率是 2010 年按照联邦航空条例第 121 部运营的航空器每周会发生一次事故。虽然这个事故率比任何其他运输方式都要低很多, 但如果乘机旅客数量持续增加, 这个事故率可能还是不能被接受。换句话说, 社会可能期待空中旅行的风险保持在一个更低的水平上, 一直到 2010 年都能持续地保证安全。

现在, 如果你看了图 1.3 和图 1.4, 你会注意到当严重事故减少的同时航空器的损坏和旅客受伤的情况增加了。另外, 图 1.3 显示了 1990 年到 1999 年每一年依照联邦航空条例第 121 部运营的航空运营人的事故率。图 1.4 显示了近年来旅客受伤和受伤率。最后, 表 1-2 到表 1-6 根据 NTSB 的事故调查分类摘选了坠机、受伤、死亡和飞机损坏的数量。

表 1-1 国家运输安全委员会的部分术语及其定义

术 语	定 义
事故	发生在旅客登机与下机时间段之间的与航空器运行有关的事件, 其中任何人(占用座位或不占用座位)遭到致命或严重的伤害或者航空器遭受大的损伤
致命伤	在事故发生 30 天以内导致死亡的所有的伤害
重伤	任何导致需要住院治疗超过 48 小时, 导致骨折, 或者涉及内脏器官或者烧伤的伤害
物质损伤	是指对航空器的结构强度、性能, 或者飞行性能造成不利影响和通常需要大修或者更换受损部件的损伤或失效
事故征候	不是事故, 而是与航空器的运行有关, 会影响或可能影响安全的事件
安全水平(或风险)	死亡率或者受伤率。只有过去的安全水平才能有效地确定。事故率与死亡和伤害密切相关, 也是衡量安全水平的认可尺度。死亡、伤害和事故率是安全指标的尺度。现在和未来的安全水平只能由其他指标估算或者依据过去的情况推断出趋势
主要, 次要和第三位的因素及其指标	这些安全因素和指标表明, 在已测量的安全因素与死亡、伤害和事故率之间相对“接近”。从理论上说, 主要指标是为安全的变化提供最好的测量尺度, 其次是次要和第三位的指标。但在实际中, 有些第三位的指标更易得到, 而且比主要指标更准确
主要因素	这些因素与死亡、伤害和事故的联系最紧密, 事故/事故征候原因, 例如人员和航空器的能力以及空中交通环境等都属于主要因素。事故征候和可测量的主要因素是安全的主要的指标
次要因素	这些因素影响主要因素, 例如航空公司的运营、维修和地面人员的实际操作, 以及联邦空中交通管制部门的工作。这些因素的测定, 例如飞机或职工的使用率, 都是次要指标
第三位的因素	这些因素包括联邦局的规章制度, 航空公司的政策和影响次要因素的能力。第三位指标的一个例子是对联邦航空承运人审查的结果, 它将该承运人照章办事的程度用量化表示

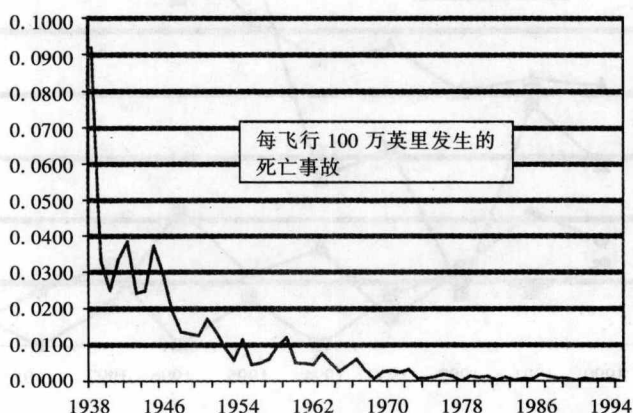


图 1.1 1938 年以来的飞机死亡事故下降的情况

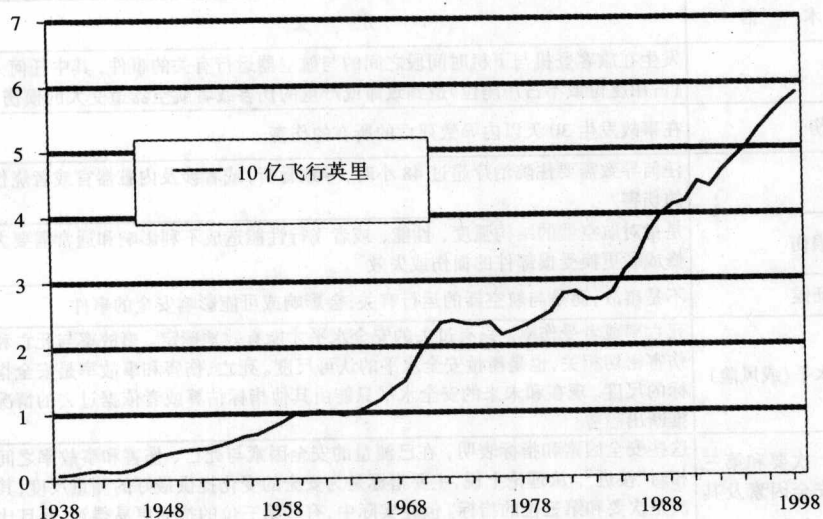


图 1.2 飞机飞行英里数引人注目的增长情况

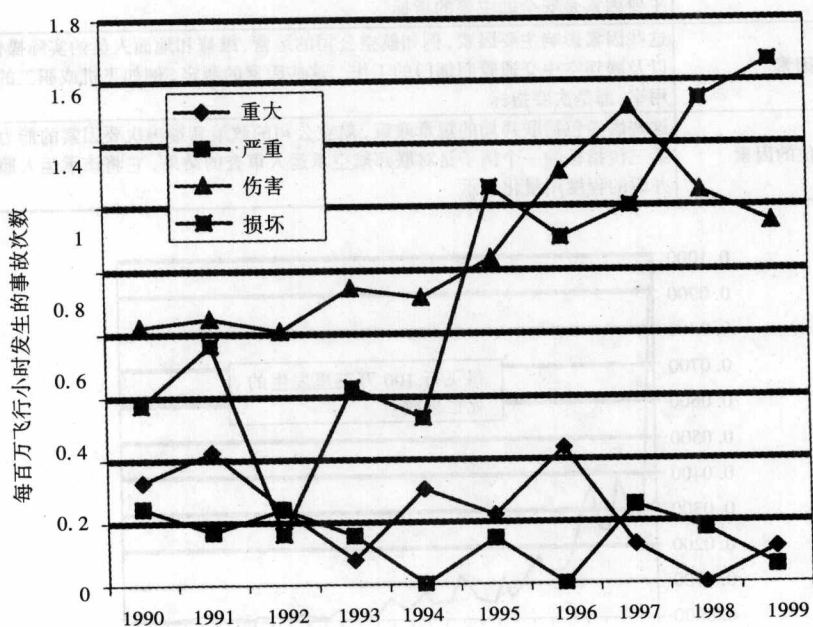


图 1.3 1990—1999 年按照联邦航空条例第 121 部运营的航空运营人的年事故率

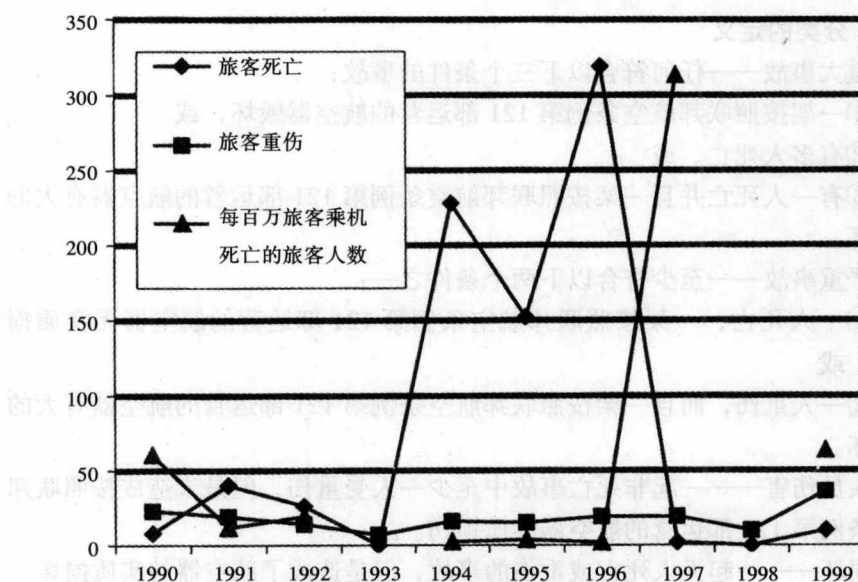


图 1.4 1990—1999 年旅客受伤数量和受伤率

表 1-2 按照联邦航空条例第 121 部运营的美国航空运营人，
1990—1999 年发生的按照 NTSB 分类的事故和事故率

	事 故				飞机飞行小时	每百万飞行小时事故			
年份	重大	严重	伤害	损坏	(百万)	重大	严重	伤害	损坏
1990	4	3	10	7	12.150	0.329	0.247	0.823	0.576
1991	5	2	10	9	11.781	0.424	0.170	0.849	0.764
1992	3	3	10	2	12.360	0.243	0.243	0.809	0.162
1993	1	2	12	8	12.706	0.079	0.157	0.944	0.630
1994	4	0	12	7	13.124	0.305	0.000	0.914	0.533
1995	3	2	14	17	13.505	0.222	0.148	1.037	1.259
1996	6	0	18	14	13.746	0.436	0.000	1.309	1.018
见下面的注释									
1997	2	4	24	19	15.838	0.126	0.253	1.515	1.200
1998	0	3	21	26	15.838	0.000	0.178	1.247	1.543
1999	2	1	20	29	16.846	0.115	0.057	1.148	1.664

注释：自 1997 年 3 月 20 日起，10 座以上的航空器必须按照美国联邦航空条例第 121 部实施定期航班客运。

NTSB 分类的定义

重大事故——任何符合以下三个条件的事故：

- ①一架按照联邦航空条例第 121 部运营的航空器毁坏，或
- ②有多人死亡，或
- ③有一人死亡并且一架按照联邦航空条例第 121 部运营的航空器有大的损坏。

严重事故——至少符合以下两个条件之一：

- ①一人死亡，一架按照联邦航空条例第 121 部运营的航空器无实质损伤，或
- ②一人重伤，而且一架按照联邦航空条例第 121 部运营的航空器有大的损坏。

人员伤亡——一起非死亡事故中至少一人受重伤，但是未造成按照联邦航空条例第 121 部运营的航空器实质损伤。

损坏——一起无人死亡或重伤的事故，但是造成了航空器的实质损坏。

**表 1-3 按照联邦航空条例第 121 部运营的美国航空承运人
1990—1999 年的旅客受伤人数和受伤率**

年份	旅客死亡数	旅客严重受伤数	总的乘机旅客数(百万)	每百万乘机旅客的死亡人数
1990	8	23	483	60.4
1991	40	19	468	11.7
1992	26	14	494	19.0
1993	0	7	505	无死亡
1994	228	16	545	2.4
1995	152	15	561	3.7
1996	319	19	592	1.9
见下面的注释				
1997	2	19	626	313.0
1998	0	10	631	无死亡
1999	10	36	634	63.4

注释：①包括飞行机组人员和乘务员的伤害。

②自 1997 年 3 月 20 日起，10 座或 10 座以上的航空器必须依照美国联邦航空条例第 121 部进行定期旅客航班运营。

表 1-4 按照联邦航空条例第 121 部运营的美国航空承运人

1990—1999 年飞机损坏数量和损坏率

年份	飞机损坏	飞机飞行小时(百万)	每百万飞行小时损坏的飞机
1990	3	12.150	0.247
1991	5	11.781	0.424
1992	3	12.360	0.243
1993	1	12.706	0.079
1994	3	13.124	0.229
1995	3	13.505	0.222
1996	5	13.746	0.364
见下面的注释			
1997	2	15.838	0.126
1998	0	16.846	0.000
1999	2	17.428	0.115

注释：自 1997 年 3 月 20 日起，10 座以上的航空器必须按照美国联邦航空条例第 121 部实施定期航班客运。

表 1-5 按照联邦航空条例第 121 部运营的美国航空承运人

1990—1999 年事故、死亡数量和比率

年份	事故		死亡		飞行小时	飞行英里	离港次数	每 10 万飞行小时 事故次数		每飞行百万英里 事故次数		每 10 万次离港 事故次数	
	全部	死亡	总数	机上				全部	死亡	全部	死亡	全部	死亡
1990	24	6	39	12	12150116	4947832000	8092306	0.198	0.049	0.0049	0.0012	0.297	0.074
1991	26	4	62	49	11780610	4824824000	7814875	0.221	0.034	0.0054	0.0008	0.333	0.051
1992	18	4	33	31	12359715	5039435000	7880707	0.146	0.032	0.0036	0.0008	0.228	0.051
1993	23	1	1	0	12706206	5249469000	8073173	0.181	0.008	0.0044	0.0002	0.285	0.012
1994	23	4	239	237	13124315	5478118000	8238306	0.168	0.030	0.0040	0.0007	0.267	0.049
1995	36	3	168	162	13505257	5654069000	8457465	0.267	0.022	0.0064	0.0005	0.426	0.035
1996	38	5	380	350	13746112	5873108000	8228810	0.276	0.036	0.0065	0.0009	0.462	0.061
见下面的注释													
1997	49	4	8	6	15838109	6691693000	10313826	0.309	0.025	0.0073	0.0006	0.475	0.039
1998	50	1	1	0	16846063	6744171000	10985904	0.297	0.006	0.0074	0.0001	0.455	0.009
1999	52	2	12	11	17428000	6793000000	11636000	0.298	0.011	0.0077	0.0003	0.447	0.017

注释：① 1999 年的数据是初步统计。飞行小时、英里和离港的数据是由 FAA 搜集的。

② 自 1997 年 3 月 20 日起，10 座以上的航空器必须按照美国联邦航空条例第 121 部实施定期航班客运。

③ 1991 年的全部 62 名死亡人员包括 Skywest 通勤类飞机上死亡的 12 名人员和 US Air 飞机上死亡的 22 名人员，原因是两架飞机相撞。