

技艺的限度

—— 对飞行员差错和航空事故原因的再认识

the Limits of Expertise

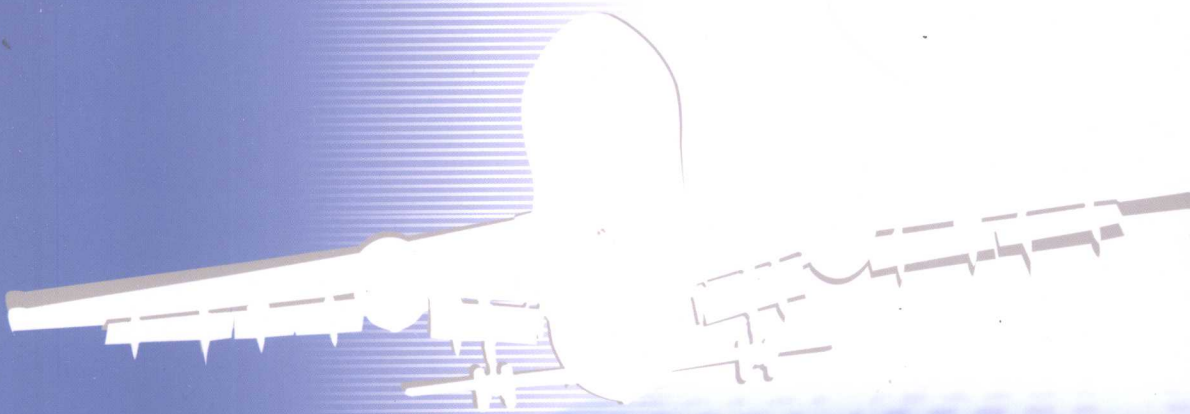
Rethinking Pilot Error and
the Causes of Airline Accidents

[美] R.K. 迪斯穆克

本杰明 A. 贝尔曼 著

卢西亚 D. 鲁科普罗斯

刘洪波 译



中国民航出版社

技艺的限度

——对飞行员差错和航空事故原因的再认识

本书不局限于事故调查本身，不是寻找事故机组为何那样做，而是探明为何经验丰富的机组在那种情况下容易出错。它不是适合特定事故原因调查的探究方法，而是与制定战略以减少人在努力应对复杂任务、不断变化的环境和潜在风险时的易出错性极为相关。

ISBN 978-7-80110-867-8



9 787801 108678 >

定价：68.00 元

民航安全系列图书

技艺的限度

——对飞行员差错和航空事故原因的再认识

R. K. 迪斯穆克

本杰明 A. 贝尔曼 著

卢西亚 D. 鲁科普罗斯

刘洪波 译

中国民航出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

技艺的限度/ (美) 迪斯穆克 (Dismukes, R. K.) 等著.
刘洪波译. —北京: 中国民航出版社, 2008. 9
ISBN 978-7-80110-867-8

I. 技 ... II. ①迪 ... ②刘 ... III. 飞行安全-基本知识
IV. V328

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 135881 号

责任编辑: 王迎霞

Copyright © Ashgate Publishing Limited 2007.

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 01-2007-5978 号

技艺的限度

(美) 迪斯穆克 (Dismukes, R. K.) 等 著

刘洪波 译

出版	中国民航出版社
地址	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	长城印刷有限公司
发行	中国民航出版社 (010) 64297307、64290477
开本	787 × 960 1/16
印张	20
字数	330 千字
印数	3000 册
版本	2009 年 5 月第 1 版 2009 年 5 月第 1 次印刷

书号	ISBN 978-7-80110-867-8
定价	68.00 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：李 健

副主任：陈锡兵

委 员：王照明 刘恩祥 王战斌

周来振 蒋怀宇 张红鹰

张光辉 苏兰根

序

由总局航空安全办公室倡导、中国民航出版社引进的安全系列图书陆续与大家见面了。这套书的原版出自英美等航空发达国家，内容涉及航空安全的各个层面，对我国民航业安全文化的研究和培育将起到积极作用，同时，对航空运输企业及地面服务与保障部门的安全管理也具有很好的借鉴意义。

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，而快速增长的运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，提高全员素质，不断夯实航空安全基础，从整体上提高安全管理水平已经成为摆在我们面前越来越现实的问题。

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員素质和技术的支撑。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。

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。

中国民用航空局副局长



英文版序

在收集重大航空公司事故的证据并在非常困难的情况下确定这些事故的原因方面，美国国家运输安全委员会及其全球姊妹机构的调查员工作出色。每次我参与一起事故调查或者审阅调查报告时，都会被残骸损坏的程度、所发生事件的神秘性以及获得证据的困难而震惊。我始终为调查员在战胜这些困难揭开事故之谜和识别预防事故再次发生的方法中而作出的努力感到自豪。

机组差错在许多航空公司事故中起到了核心作用。揭示这些差错的原因是调查员面临的最大挑战，因为包括那些资深飞行员在内的人为表现受到多个因素的驱使，并不是所有这些因素都能在事故后果中观察到。虽然通常不可能确信事故机组成员为何那样做，但理解飞行员易出现的差错类型以识别形成这些差错的认知、任务和组织因素是可能的。此外，通过大量的事故还可以识别重复出现的差错。

这就是此书之所以重要的原因——作者不局限于事故调查本身，不是寻找事故机组为何那样做，而是探明为何经验丰富的机组在那种情况下容易出错。它不是适合特定事故原因调查的探究方法，而是与制订战略以减少人在努力应对复杂任务、不断变化的环境和潜在风险时的易出错性极为相关。

我期望本书对事故调查员、设备与程序设计人员以及传授专业技能为主的职业教员的观点产生深远影响。专家是人，也要受到人的限制，我们都面临这个问题。改善安全需要理解这些限制与任务需求、操作程序和组织压力的相互作用。这种理解可为改善复杂的人为操作中的设备、训练、程序和组织政策提供基础。

卡尔 W. 沃格特

美国国家运输安全委员会前主席

飞安会荣誉理事和前主席

白宫航空安全与保安委员会前成员

前 言

我们在决定贝尔曼还是迪斯穆克作为本书第一作者时遇到困难。虽然对本书的贡献不同，但他们都同等重要。在没法说服出版社将本书前半一半以贝尔曼为第一作者、后半一半以迪斯穆克为第一作者后，我们有点武断地确定作者顺序为：迪斯穆克、贝尔曼和鲁科普罗斯。

致 谢

在此，对为本书各个部分提出宝贵意见的各位专家表示感谢。汤姆·奇德斯特审阅了所有章节的草稿，并提出了许多非常宝贵的建议。帕蒂·约翰也全面审阅了本书的最终稿，提出了有用的意见。肖恩·贝尔切、芭芭拉·布莱恩、埃文·伯恩、拉胡尔·道海厄、乔恩·赫尔姆斯瑞克、大卫·基林、狄克·麦金尼、杰西卡·诺文斯凯、罗伯特·萨姆瓦特以及弗兰克·塔勒审阅了具体的章节并根据其在特定学科或运行专业领域的相关经验提出了有益的建议。金·乔比在查找文献和准备手稿方面提供了专业协助。北乔治亚学院与州立大学为第一作者提供了办公室，使他可以暂时放下其他工作专心于本书的撰写。本书还得到国家宇航局（NASA）航空安全项目的支持。

同时在此对芭芭拉、苏珊、罗斯、路易莎和季米特里斯表示感谢和敬意。

目 录

序

英文版序

前言

致谢

引言	1
第1章 美国航空公司 1016 航班——遭遇风切变	9
第2章 环球航空公司 843 航班——建议的力量	23
第3章 美利坚航空公司 1572 航班——小差错的积累	34
第4章 美国国际航空公司 808 航班——没看见频闪灯	47
第5章 西南航空公司 1455 航班——伯班克的不稳定进近	59
第6章 联邦快递 14 航班——飞行员导致的着陆拉平摆动	80
第7章 瑞安航空公司 590 航班——少量污染	89
第8章 宝塔航空公司 41 航班——湿滑跑道起飞中失控	95
第9章 大陆航空公司 1943 航班——在休斯顿的起落架收上着陆	102
第10章 美利坚航空公司 102 航班——着陆后偏出跑道	123
第11章 大陆航空公司 795 航班——信息不充分下的高速起飞决定	134
第12章 美国航空公司 405 航班——拉瓜迪亚的雪夜	148
第13章 瓦鲁航空公司 558 航班——遗漏两词和跑道前重着陆	158
第14章 国际航空运输公司 805 航班——迷航、失控和需要干预	170
第15章 美利坚航空公司 903 航班——空中失控	180

第 16 章	西蒙斯航空公司 3641 航班——油门杆置于禁区	194
第 17 章	美利坚航空公司 1340 航班——着陆前自动驾驶偏离	202
第 18 章	三角航空公司 554 航班——拉瓜迪亚进场过低	211
第 19 章	美利坚航空公司 1420 航班——急迫的进近	223
第 20 章	飞行机组相关的事故数据：1978—1990 年期间与 1991—2001 年 期间的比较	247
第 21 章	主题汇聚：事故的深层结构	262
术语		282

引 言

绝大多数航空公司事故可归因于飞行机组差错（波音公司，2004 年）。然而，这意味着什么呢？为何技能熟练的专业飞行员会出现差错呢，而且这些差错有时导致了他们自身甚至旅客丧命。我们在寻求预防事故措施时应如何思考这些差错在事故中的作用呢？本书将按照科学家从人执行复杂任务的技能表现的本质中获得的科学知识，对这些问题进行分析。

美国和大多数发达国家的主要航空公司取得的安全水平是现代工业的成功案例。在美国，航空公司航班上遇难的概率约为每 1 亿飞行航段 8 次（西瓦克和弗拉纳根，2003 年）。相比较而言，如果一个人驾驶客车，在平均航段距离内，死亡风险比飞机约高出 65 倍（同前）。与早期航空公司运行相比，现在的安全水平有了巨大改进，那时事故是常有的事，飞行员可以随便列出其同事在工作中丧生的事件（甘恩，1961 年；霍普金斯，1982 年）。在 20 世纪下半叶，随着设备系统设计和可靠性、操作程序和训练的稳步改进，飞行安全的改善也随之而来。

尽管有这些进步，航空界仍旧必须不断努力保持并改善安全。每一起事故对于遇难者及其家庭而言都是极大的悲剧。公众认为载客飞机坠毁具有可怕的性质，他们有理由提出其最高可获得的安全水平要求。此外，现有的安全水平已如此高，需要不懈努力才能保持。如果不持续给予关注，复杂社会技术系统的内在特性会发生转移（瑞森，1997 年），经济利益更促进了这种趋势。从 1978 年放松管制以来，航空公司的利润率极其微弱，2001 年 9 月 11 日恐怖分子袭击后，大多数美国公司不得不开发减少成本的项目以便能生存下去。虽然我们熟悉的航空公司没有哪个为减少成本而在安全方面作出让步，但很难知道他们设计用于改进运行效率和训练的变化是否会影响安全。因此，理解航空系统容易失效的原因现在比以往都更为重要。因为历史

上大多数航空事故都归因于飞行机组表现失误，因此理解是什么造成飞行员容易出错是非常重要的。

在本书中，我们回顾了 1991—2000 年美国航空承运人的 19 起重大事故，^[1]根据负责调查和确定美国民用航空事故原因的美国国家机构——国家运输安全委员会（NTSB）的结论，在这些事故中机组差错起到了核心作用。值得注意的是，NTSB 在此期间共调查了 37 起重大事故，与机组差错有关的这 19 起事故略超过了总数的一半。

我们有关这些事故情况的信息来自 NTSB 报告和公布的相关文件，NTSB 对重大事故开展深入的调查。通过分析残骸、航空器设计和性能特征以及飞行数据记录器（FDR）和舱音记录器（CVR）的数据，绝大多数情况下，调查员能在相当高的程度上重构事故。^[2]NTSB 的调查方法是给重大事故指定一个多专业小组（“go-team”），根据事故的情况，该小组由来自航空器生产厂家、航空公司、协会和联邦航空局（FAA）的技术专家提供协助。NTSB 通常还会评估机组成员的训练情况、训练中和飞行考试中的表现及其同事对他们的看法。当然，如果机组成员幸存，调查员会与他们进行深入的面谈。NTSB 在调查中详查人为表现和机组差错，并分析这些问题和差错如何诱发了事故。每起事故的最终报告^[3]从运行和人为因素两方面分析机组表现。

现代航空公司的运行几乎都有成文的规定。航空公司编写的飞行运行手册（FOM）^[4]为机组提供运行各方面的指导，包括正常和非正常运行（例如，紧急情况）。数百个程序步骤需要建立，以便在飞行前检查大型飞机的设备系统是否工作正常。这些程序步骤以及飞机空中导航和控制程序都是按照 FOM 中详细的规定执行的。这些规定确立了执行程序的正确方法，并提供了飞行员间的标准化。标准化是关键，因为航空公司机长和副驾驶经常重新搭配（通常每 3 天或 4 天的飞行后）——在拥有数千名飞行员的大型航空公司，一起执行某个航班的飞行员可能是首次见面。标准化还有助于飞行员在实践中掌握程序，并在不耗费过多精力的情况下记住这些程序。

事故调查员将事故机组的行为与 FOM 中的规定以及航空公司提供的训练作比较，从而可识别机组差错。^[5]调查员还分析 FOM 中包含的指南是否充足和合适。NTSN（1994a）已将机组程序差错列为航空事故中最主要的差错类型（卡沃尔、维凯特和詹森，2000 年；赫尔姆瑞克、克林内特和梅里特，

2004 年)。然而，要解释这个结论，必须确定发生程序偏离的原因。我们在本书中的分析表明有多个因素在起作用。实际的航线运行面临的复杂情况在 FOM 中没有完全涉及（鲁科普罗斯、迪斯穆克和巴什，2003、2006 年），由于社会文化、专业和组织因素，实际的航线运行标准有时偏离理想值（瑞森，1997 年；赫尔姆斯瑞克和梅里特，1998 年）。

我们利用 NTSB 对事故的运行和人为表现的分析作为我们自己的分析起点。我们不是对 NTSB 在机组差错或这些差错如何造成事故方面的结论再次评论。但是，我们的分析与 NTSB 调查员的分析有着微妙却关键的不同，因为我们与委员会所关注的问题不同。虽然调查组的人为表现小组尽可能地识别可能导致机组差错的因素，然而 NTSB 规定必须有合理理由确定这些因素对差错以及所调查的特定事故有着重要影响，才能在调查报告中列出这些因素。

不幸的是，在许多情况下找到合理理由是不可能的。例如，机组准备起飞时无意中忘记将襟翼调定到起飞位（调定襟翼是非常熟练的程序步骤，机组在出错前已执行过数千次）。虽然 NTSB 也许能够确定机组没有调定襟翼，但通常调查员不可能有把握地确定机组遗漏这个步骤的原因。实际上，如果机组幸存并接受面谈，通常他们自己也无法解释这个疏忽。调查员也许能够确定不同因素，比如分心或者检查单设计差可能导致这个差错，但他们难以确定这些因素的影响程度。这种情况的最常见结果是，NTSB 识别出机组的差错（未调定襟翼），讨论可能影响了机组表现的人为表现问题，但没有进一步得出将差错与潜在原因连接起来的结论。^[6]

我们面对与 NTSB 调查员相同的限制，我们也不试图使对实际导致事故机组犯错的分析超出他们的调查报告。我们所做的是询问不同的问题，但这些问题对航空安全极为重要：如果与事故机组具有可比性的具有经验和技能的飞行员在面临事故机组所面临的类似情况时，这些飞行员会容易出现事故机组的那些差错吗？如果是，原因是什么。因此，我们的目的与 NTSB 的不同，他们是尽可能确定特定机组在特定事故中实际发生了什么。相反，我们尽力理解所有熟练飞行员在面临与事故飞行员类似的情况时容易出错的本质。

如果在讨论事故报告中识别的差错时，我们一次次地使用“与事故机组类似的飞行员在一定程度上也可能容易出现事故飞行员所犯的特定差错，

因为……”，对于我们而言太麻烦，而对于读者而言也太乏味。因此为了简化，我们通常说“机长（或副驾驶）可能易于出现这个差错因为……”但会不时提醒读者，我们谈论的是一群人。行为科学家经常使用一群人在某种情况下出差错的百分比等效于这群人中某个人出差错的概率。

利用实验心理学和人为因素的丰富文献，特别是专家熟练表现中潜在的认知机理研究，我们能够识别使所有飞行员在不同情况下容易出现特定差错的因素。科学文献中提出的一个观点是，飞行员和其他熟练专业人员的偶然差错以随机方式发生。因此，科学家谈到影响差错概率的因素而不是导致差错的因素。有许多因素不是都能被确定并测定的，它们通常在给定条件下相互作用才会产生差错。

一些人假定：在某个领域的专家（航空、医学、或者其他领域）如果出现差错，是他们缺乏技能、警惕性或责任心的证据。这个假定是简单和错误的（参见“坏苹果理论”，德克，2002年）。技能、警惕性和责任心当然是安全有效表现所不可缺少的，但仅仅有这些还不够。关于具有熟练技能的人为表现存在错误的观念是——如果专家一般能毫无困难地完成某些任务，那么他们始终能正确执行那些任务。但事实上，所有领域的专家有时在执行他们认为毫无困难的任务时也会无意识地出错。这是任务需求中细微变化的相互作用、专家执行任务时获得的信息不完整以及熟练表现认知过程的内在本质导致的结果。

本书中，我们详细讨论人的认知过程的脆弱性，如注意力、记忆力和决策。这些脆弱性必须结合适当的情景考虑。计算机技术已经发展到理论上可能操纵飞机起飞直至落地而无需人的干预的程度。但是，出于令人信服的理由，人们并没有这样做。计算机在处理意外和异常情况、解释模糊且有时矛盾的信息以及在面对竞争目标时作出合适判断等方面的能力极为有限。这些功能可留给人类专家完成，人能执行计算机能力以外的一些任务，但人存在特定情况下内在的差错脆弱性。在我们分析航空事故中，这一点变得更为明显，通过潜在的认知过程可以发现，人的技能与差错脆弱性是紧密相连的。

航空运行中显然存在着指望操作者弥补系统设计缺陷的情况。航空公司机组需要处理与人的信息处理特征匹配不是太好的设备显示器，对系统失效作出反应，决定如何处理威胁，包括意外天气条件和旅客医疗紧急情况。机组能熟练管理可能变成灾难的大多数偶然情况，而只是给顺利的繁忙运行带