



# 应急机动训练

## ——在危机中控制你的飞机

[美]里奇·斯托韦尔 © 著  
王强 牟忆豪 王永铮 郝亮 © 编译

西南交通大学出版社  
· 成 都 ·



献给

我最好的朋友，简·埃文斯



About the Author

## 作者简介

里奇·斯托韦尔于 1984 年 1 月从 Burnside-Ott 航空培训中心获得了私用驾驶员执照。1987 年 9 月，斯托韦尔放弃了他的工程生涯，成为加利福尼亚州圣保罗 CP 航空公司的首席特技飞行员。9 个月以后，他成为一名合格的飞行教员。

在 CP 航空公司的时候，斯托韦尔把一个现有的应急机动科目变成了著名的 EMT®——应急机动训练课程。

*flying*、*private pilot*、*sport pilot*、*hot kits&homebuilts* 和 *AOPA pilot* 等几本航空杂志都刊登了该课程和斯托韦尔的教学技巧。

斯托韦尔已经提供了超过 8000 小时的 EMT®，螺旋和基本特技飞行的教学。他是威斯康星州奥什科什市和佛罗里达州拉克兰德市 EAA 年会的常任讲师，也是 *flight training* 杂志的特约编辑。斯托韦尔撰写、联合制作并主持了几部备受好评的关于应急机动训练、失速/螺旋意识和基本特技飞行的教育视频节目。他的第一本书，PARE®——《应急螺旋改出程序》，于 1991 年出版。

斯托韦尔是航空和飞行教育家协会、国际特技飞行俱乐部、美国特技飞行俱乐部、实验飞机协会以及飞机所有人和飞行员协会的成员。他是 FAAST 小组的首席代表，并在全国航空安全项目中积极发表演讲。他还拥有纽约特洛伊伦斯勒理工学院机械工程学士学位。

由于斯托韦尔在航空安全和教育方面的贡献，他获得了 2006 年度 FAA/工业国家飞行教员奖和 1994 年度 IAC 总统奖。





中国民航飞行员是个很小的圈子，根据民航局云执照统计，截至 2022 年 5 月，有效驾驶员执照总数仅为 78 148 本。我从四川大学机械制造专业毕业后，有幸进入中国民航飞行学院，从事航空理论教学工作。并于 2008 年获取了私用驾驶员执照，成为一名私照飞行员。

在我多年从事航空理论教学、飞行标准管理和试飞培训等工作过程中，我发现中国民航少有“飞行员”写给“飞行员”的书！中国民航飞行员读的书，多是由学术专家写给工程师的教科书简化而来的。上述情况导致了比较大的问题，如教材晦涩难懂且同飞行运行实际脱节严重。由于我工作岗位的性质，导致我天天和一群优秀的职业飞行员打交道。在同他们的交往中，我发现他们也被同样的问题困扰。

幸运的是一次偶然机会，我读到了《应急机动训练——在危机中控制你的飞机》（*Emergency Maneuver Training: Controlling Your Airplane During A Crisis*）这本书，我立刻爱不释手。该书语言风趣幽默，讲解浅显易懂，特别是该书是从飞行员的角度，审视了在危机中如何控制飞机，我深信该书上的知识对运行飞行员和试飞员都弥足珍贵。诚然“好的翻译应该是不留痕迹的，读来好像这本书本来就是译文语言所写就的”。我虽已经竭尽全力，且让牟忆豪、王永铮和郝亮 3 名职业飞行员帮我校对稿件，但限于自己的能力和水平，译文中依然存在疏漏和不足之处，请各位飞行员批评指正。我们在准备翻译并出版该书时，联系了原书的作者里奇·斯托韦尔（Rich Stowell）教员让其专门为中国民航飞行员做了序言，在此表示感谢。

王 强

2022 年 6 月于四川广汉





各位民航飞行员你们好！感谢您购买了这本《应急机动训练——在危机中如何控制你的飞机》，这本书来源于我在 1987 年开发的 EMT 项目。事实上，部分人认为 EMT 这个项目就是现在所谓的复杂状态改出训练（UPRT）的起源。

这本书将带领你以三维的角度重温那些飞行的基础知识，进而将你对飞行的理解提升到一个新的水平。你将在本书中探究飞行操纵的真正作用，俯仰和油门的本质关系以及飞行中的压力对操纵能力的影响。

在本书中，你将学到失速、螺旋和急盘旋下降的区别、如何识别与避免尾流，以及如何正确评估滑翔性能以完成一个可控的迫降。你还将学到我开发的带有注册商标的轻型飞机螺旋改出程序、过坡度姿态改出程序以及发动机失效后你必须执行的最重要操纵。

本书的内容加上良好的飞行指导和你想要保持专业的努力，将能帮助你实现长久的、愉快的和安全的飞行职业生涯。

愿您蓝天常伴，一路顺风。

理查·斯托威尔





## 致 谢 ACKNOWLEDGMENTS

真的！我从未想到完成这个项目需要七年时间。但是，这就是基于我自身经验以及能够使这些内容以一种相对全面、易于阅读的形式呈现所需要花费的时间。当然，如果没有其他人的帮助，这一切都是不可能实现的。因此，让我真诚地感谢：

克雷菲尔普斯和 CP 航空，为我在开发和推广 EMT®课程的过程中提供了很大的便利。

萨米梅森和托尼勒维耶，他们在项目的早期开发中提供了支持和智慧。

US *Aviator* 杂志的吉姆·坎贝尔，特别感谢他对该项目，以及螺旋和特技飞行训练持续不断的媒体支持。

格雷格史密斯和玛吉卡博内尔史密斯，感谢他们多年的鼓励和陪伴。谢谢，格雷格，感谢你对于手稿的详细审阅，以及你提供的封面照片和作者照片！

旦马捷切克，从工程师、竞赛特技飞行员、通用航空飞行员等多个角度对文本进行了全面的评论。

马林设计公司的马丁琳，感谢你制作了这本书中的插图。

感谢基恩贝利沃、鲍勃费尔普斯和吉姆泰勒，对手稿进行了审阅。

我的 EMT®课程学生，教会我如何处理好在培训中学生与教员的关系。

简·埃文斯，感谢你打印和编辑了手稿的早期版本。我在从工程师到飞行教员、从教员到作家的转变中遇到了很多困难，感谢你坚持不懈的陪伴。

封面设计：非常感谢罗伯特·霍华德制作了充满活力的英文版封面。塞斯纳 150 照片（注意！这不是特技飞机！）由格雷格·史密斯提供，迪卡侬飞机照片由科南梅提供。

这本书中的部分内容已经出现在作者为 *plane&pilot* 以及 *flight training* 杂志撰写的文章中。





## 免责声明 DISCLAIMER

这本书旨在成为一个教学工具，教授应急机动和其他不正常姿态飞行的训练科目。这里给出的信息尽可能准确、完整和权威。然而，这里还是可能出现错误和遗漏，有些是排版方面的，有些则是内容方面的。

只应将这本书作为一般指南来使用，而不是作为航空原理或程序的根本来源。本书的目的是补充和完善其他航空书籍和正式飞行教学材料。相关的参考资料和推荐读物，请见参考书目。

失速、螺旋、倒飞以及其他不正常姿态飞行，不管是有意还是无意的，都可能危及生命。本文提供的信息不能替代实际的飞行训练，也不能替代所描述的机动和技术的熟练程度。作者和出版商强烈建议在尝试本书中描述的任何操纵之前，您只能从有经验的、合格的飞行教员那里接受实际操纵的飞行训练，这些教员应对本书介绍的程序非常了解，并且只能使用那些经过批准的、维护良好的，以及配有合适的安全设备，如装有降落伞的飞机。

作者和出版商对本书所载信息直接或间接造成的任何损失或损害，不对任何人或实体承担责任或义务。该书并不能代替飞行员的常识以及良好判断力的运用。

如《联邦航空条例》第 91 条，第 91.3 款第 (a) 段所述：

飞机的机长直接负责飞机的操纵，并且对其具有最终的权力。



CONTENTS

目 录

1	应急机动训练 .....	001
2	基本空气动力学 .....	006
2.1	空气动力学基本原理 .....	006
2.2	稳定飞行 .....	010
2.3	重要的比值 .....	014
3	滚转、偏航和俯仰 .....	017
3.1	滚 转 .....	018
3.2	偏 航 .....	019
3.3	俯 仰 .....	019
3.4	滚转副效应 .....	020
3.5	偏航副效应 .....	021
3.6	俯仰副效应 .....	025
4	俯仰和功率 .....	027
4.1	能量管理 .....	028
4.2	功率曲线 .....	034
5	曲线飞行 .....	037
5.1	转弯中的力 .....	040
5.2	$G$ 过载 .....	041
5.3	$v$ - $g$ 图 .....	044
5.4	有用的提示 .....	047
5.5	小坡度转弯 .....	048

5.6	中等坡度转弯.....	048
5.7	大坡度转弯.....	048
5.8	爬升和下降转弯.....	049
5.9	外侧滑转弯.....	050
5.10	内侧滑转弯.....	051
5.11	转弯/滚转组合.....	052
5.12	急盘旋下降.....	052
5.13	最后的思考.....	053
<b>6</b>	<b>失 速</b> .....	<b>054</b>
6.1	全 $v$ - $g$ 包线飞行.....	058
6.2	空气动力线索.....	061
6.3	机械线索.....	063
6.4	生理线索.....	064
6.5	无功率失速.....	065
6.6	带功率失速.....	065
6.7	底部失速.....	066
6.8	顶部失速.....	066
6.9	持续失速.....	067
6.10	深度失速.....	067
6.11	平尾失速.....	068
6.12	失速速度与重心.....	069
6.13	襟 翼.....	069
6.14	最后的思考.....	070
<b>7</b>	<b>螺 旋</b> .....	<b>071</b>
7.1	螺旋空气动力学.....	072
7.2	惯性效应.....	077
7.3	机翼设计.....	077
7.4	机身设计.....	078
7.5	尾翼设计.....	078
7.6	飞行员可控变量.....	080
7.7	功 率.....	080



7.8	副翼	081
7.9	襟翼	082
7.10	方向舵	082
7.11	升降舵	083
7.12	改出程序与技术	084
7.13	加速螺旋	084
7.14	过渡螺旋	085
7.15	交叉螺旋	085
7.16	飞行员诱导的平螺旋	086
8	过坡度	089
8.1	滚转空气动力学	091
8.2	$v-p$ 图和 $v-g$ 图	093
8.3	油门	094
8.4	稳杆	095
8.5	滚转	095
8.6	管理空速	096
8.7	起落航线	097
8.8	尾流	097
9	操纵系统故障	103
9.1	副翼故障	103
9.2	方向舵故障	105
9.3	升降舵故障	106
9.4	襟翼故障	108
9.5	颤振	110
10	滑翔	111
10.1	滑翔性能的影响因素	112
10.2	判断滑翔距离	118
10.3	滑翔包线	122

11	动力装置故障 .....	124
11.1	功率损失 .....	124
11.2	速度 .....	127
11.3	着陆点 .....	128
11.4	构型设置 .....	132
11.5	失去功率控制 .....	133
12	机场外着陆 .....	135
12.1	发动机重启 .....	136
12.2	评估你的选择 .....	137
12.3	实施进近 .....	140
12.4	接地 .....	143
13	责任机长 .....	144
13.1	情景意识 .....	145
13.2	判断能力 .....	146
13.3	危险态度 .....	147
13.4	压力源 .....	148
13.5	看见和被看见 .....	152
13.6	由你做主 .....	153
附录 1	公英单位制换算 .....	154
附录 2	EMT <sup>®</sup> 项目大纲 .....	155
模块 I	失速/螺旋警觉意识 .....	156
模块 II	空中紧急情况 .....	157
模块 III	基本特技飞行 .....	158
参考文献	.....	159



# 01

## 应急机动训练

如果没有马达，飞机可以飞行，但如果没有知识和技能，那是绝对不可能的。

——威尔伯·莱特

在莱特兄弟历史性第一次进行动力飞行的几年前，在一封写给滑翔机设计先驱——奥斯塔夫陈纳的信中传达了这一深刻思想。这揭示了成为一名精英飞行员的本质。在一个几乎没有保障的年代，每个飞行员都坚信：每一次起飞都会伴随着着陆。精确判断飞机返回地面的位置、时间、构型和姿态是学习飞行中最具挑战性的部分。与现在相比，早期的飞行员被不可靠的动力装置所困扰。为了弥补设备固有的缺陷，他们为了生存必须掌握飞行的技巧。幸运的是，他们无须负担由结构化空域、大量的规章和设备多样性组成的复杂问题。

尽管更强大可靠的系统减少了非计划着陆的可能性，但是今天的飞行员必须具备穿越复杂空域系统的技能。他们必须能够有效地使用无线电进行通信。他们必须熟悉一排排的仪表、警铃、哨声和从仪表板上突然冒出的其他小玩意儿，以及多种其他要求。然而，为获取现代航空所需的广泛经验，往往会牺牲在一项涉及生死攸关任务上的时间，即驾驶飞机。

毫无疑问，多年以来，通用航空的发展受益于技术进步，但是飞行员与飞机的基本关系并没有改变。事实上，我们可以修改莱特先生的观点，以适应当今复杂的飞行环境，但不会削弱其观点的重要性：

“没有发动机、无线电、VOR、GPS、航图、管制塔台和 E 类空域，还是可以飞行的，但没有知识和技能，却是绝对不行的。”

在飞行中出现紧急情况时飞行员掌握的知识和技能就显得格外重要，可悲的是，飞行员在这些领域的弱点比其他任何地方也更明显。飞行中飞机在紧急状态下的生存责任，直接压在飞行员的肩上。成功识别和处置飞行中故障的方法有且只有一个：驾驶飞机。通常情况下，那些习惯做正确事情的飞行员，会享受长久而快乐的飞行生涯。而那些做错误事情的飞行员则不会。一份常见的事故报告证实了这一点：“起飞时，飞机在离地面几百英尺的位置发动机停车，飞机失去了动力。目击者说，当飞机突然失去控制下降的时候，飞机进入了大坡度低速转弯（或者飞机翻倒坠毁，或者进入了螺旋）。”

该事故报告缺失日期、时间、地点、飞机类型和机上的乘员数量。但令人不解的是，为什么类似事故还在继续发生？为什么经验丰富的飞行员和新手飞行员都会遭遇这类事故？以及事故发生时驾驶舱里到底发生了什么？

飞机失去动力本身并不会导致飞机失去控制。飞行员对于发动机故障或其他紧急情况反应，决定了接下来事件的进程。在大多数事故中，驾驶员的人为差错是主要原因。而人为差错是由三个影响驾驶员的因素所造成的，即干扰、错误感知和不恰当的操纵。

在飞行训练中，哪些基本知识和技能的缺失会影响飞行员对事故的反应？简单地说，许多飞行员是在一个比飞机运行包线小得多的范围内学习飞行的。当飞行员暴露在真实复杂的飞行环境中，初始训练未涉及的包线灰色区域将会被放大。这会导致飞行员对自己的飞行能力产生怀疑，进而助长混乱的发展，而且越来越缺乏自信并对控制飞机产生担心。为了理解精湛飞行技术的重要性，让我们模拟一个起落航线四转弯过程中发生的典型的失速/螺旋事故。

假设飞行员在一个不熟悉的机场实施左起落航线，低高度伴随大侧风（多重干扰）。当飞机开始从四边转向五边时，飞机转弯过晚超过了跑道的中线延长线。考虑到飞机高度过低（干扰），飞行员基于已有的经验和舒适感没有采取增加坡度的方式使飞机切回跑道中心线（错误感知）。

此时，同正确的操纵相反，飞行员选择增加方向舵操纵量，试图通过侧滑使飞机切入五边（不恰当的操纵）。

飞行员考虑到飞机高度较低且处于关键构型（干扰），决定使用方向舵协助转弯（不恰当的操纵）。方向舵并不能使飞机转弯，它仅会使飞机产生偏航。方向舵的主要功能是消除侧滑，保持飞机处于协调的飞行，防止飞机进入螺旋。但现在飞行员错误地操纵方向舵，导致飞机具备进入螺旋的全部必要条件（不恰当的操纵）。

不恰当地操纵方向舵会使飞机机头相对天地线向下，飞机姿态减小。根据通常直线平飞的经验，升降舵似乎能把飞机的机头“抬起”（错误的感知），所以飞行员错误地向后带杆（不恰当的操纵）。不幸的是，向后带杆既不能保持飞机向上，也不能阻止方向舵产生的偏航。向后带杆一定会把飞机拉到临界迎角的附近，即失速的边缘。尽管飞行员不打算在近地面使用过多的方向舵使飞机失速，但错误的操纵仍然使飞机