

MULTIENGINE FLYING

多发飞行

(第三版)



[美] 保罗·阿·克雷格 著
李 敬 等译

中国民航出版社

Mc
Graw
Hill

Education

民航安全系列图书

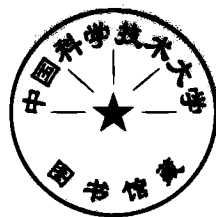
多发飞行

Multiengine Flying

(第三版)

(美) 保罗·阿·克雷格 著

李 敬 等译



中国民航出版社

图书在版编目(CIP)数据

多发飞行(第三版)/(美)克雷格著;李敬等译.
—北京:中国民航出版社,2006.3
ISBN 7-80110-727-6

I. 多…
II. ①克… ②李…
III. 多发飞机-基本知识
IV. V271.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 005534 号

多发飞行(第三版)

(美)保罗·阿·克雷格 著 李敬 等译

出版	中国民航出版社
社址	北京市朝阳区光熙门北里甲 31 号楼(100028)
发行	中国民航出版社 新华书店经销
电话	(010) 64290477
照排	中国民航出版社照排室
印刷	北京今典印刷有限公司
开本	787×960 1/16
印张	23.25
字数	405 千字
版本	2006 年 5 月第 1 版 2006 年 5 月第 1 次印刷

书号	ISBN 7-80110-727-6/V·241
定价	78.00 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，影响到民航事业的健康发展。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。

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》与《多发飞行》即将与读者见面。《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。

II

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

译者的话

2004 年，中国民航的航空运输总周转量在国际民航组织缔约国中的排名已从 1978 年的第 37 位上升至第 3 位，中国已经进入了世界民航运输大国的行列，航空运输在我国国民经济建设中发挥着越来越重要的作用。

安全是社会文明的重要标志，是全方位建设小康社会，统筹经济，社会健康、全面、可持续发展的重要内容，是实践邓小平理论和“三个代表”重要思想的具体体现。民航运输业具有技术装备程度高、资金密集程度高、运营风险程度高的特点。“安全第一”是民航工作的指导方针，也是整个行业赖以生存、发展和建设和谐社会的重要基础。在民航运输快速发展的同时，中国民航的安全水平也在不断提升，安全管理正在向科学化、规范化、系统化的管理方式转化，运输飞行事故率呈不断下降趋势。

飞行员队伍是民航安全生产的主力，对保障飞行安全起着至关重要的作用。本世纪头 20 年是中国民航发展的重要战略机遇期，加强飞行员的教育培训，建设一支数量和质量都能够保障民航安全、快速发展的飞行员队伍，是加强安全基础建设的重要工作，也是我们实现民航强国目标的必要条件。

本书作者保罗·阿·克雷格（Paul A. Craig）先生具有教育学博士学位，是美国田纳西州中部州立大学（Middle Tennessee State University）航空航天系主任、教授，研究领域侧重于飞行员决策和飞行训练策略，曾出版 7 部航空方面的专著。

本书是美国的大学教材，涵盖了多发飞机空气动力学、多发飞机起飞和着陆、发动机关停程序、多发飞机螺旋桨系统、燃油系统、电气系统、涡轮螺旋桨发动机、最低设备清单和飞机飞行手册、高空运行、驾驶舱资源管理、玻璃驾驶舱系统、基于计算机和模拟机的训练、多发飞行员实践考试标准、多发飞行教员、多发仪表飞行和航线运输飞行员执照、为什么使用多发飞机等广泛的内容。但本书不同于传统的大学课本，它是以口语化的方式编写，阅读此书，你会感觉就像是你和飞行教员周六下午在某个机场谈论事情

IV

一样。读完本书，你会学习到很多知识，并且认识到驾驶多发飞机是一件严肃的事情。希望本书能帮助你成为一名优秀的多发飞机飞行员，让多发飞行变得更安全，而且乐趣无限。也希望本书能帮助中国民航提高飞行队伍综合素质，建设一支朝气蓬勃、思维敏捷的新一代的飞行员队伍，传承航空传统，并使其发扬光大。

本书共分十六章。其中，第一至三章由路遥翻译，第四至七章和第十六章由郭雁泽、李勇翻译，第八至十一章由李敬翻译，第十二至十五章由严俊、张宏智翻译；第一至十一章由李敬审校，第十二至十六章由方俊审校；全书由李敬终审统稿。中国国际航空公司张宇作为飞行员，对全书译文提出了宝贵意见。

由于我们知识面和翻译水平有限，书中不妥之处，欢迎读者批评指正。

译者

2005年12月于北京

或许将来你要接受一次飞行检查，是一次多发等级的飞行检查，所以你选择了本书。但愿它不仅能助您通过实践考试，而且还助您越过难关，成为一名安全合格的多发飞机飞行员。也许你正在阅读本书，因为它是大学课程的必读教材。希望你会很快发现本书不同于传统的大学课本。它是以口语化的方式编写，感觉就像你是我的飞行学员，我们俩周六下午在某个机场谈论事情一样。无论何种方式，你都应认识到驾驶多发飞机是一件严肃的事情。所以我的献辞是给读者您的。请相信，多发飞机的安全性有时会提高一倍，有时其危险性也将提高一倍。通过阅读本书、咨询教员、亲手实践，你就会让多发飞行变得安全，而且乐趣无限。让我们一起开始此次阅读之旅吧！

保罗·阿·克雷格 (Paul A. Craig)

富兰克林，田纳西州

引 言

在我生活的绝大多数时间里，从未仔细考虑过为什么圣路易精神号（the Spirit of St. Louis）只有一台发动机。我想是因为我认为多发飞机还没有发明出来。但是，多发飞机已经被发明出来了，而且它们很普遍。林德伯格（Lindbergh）的竞争对手在飞往巴黎的比赛中使用了多发飞机。为什么林德伯格坚持使用只有一台发动机的飞机呢？

林德伯格在深思一个甚至今天很多飞行员也没有完全理解的问题。在一定的环境下，多发飞机并没有单发飞机两倍的安全，反而是两倍的危险。林德伯格在圣路易的财政支持者之一建议把圣路易精神号设计为三发的，而不是单发的。林德伯格的竞争者之一计划尝试使用三个动力装置的飞机飞行。林德伯格回应说：“我不能确定三发将真的增加很多安全性。那将有三倍的发动机失效的机会，如果一发在海洋上空停止工作，你可能不能依靠其他两台发动机返回陆地。多发飞机太笨重了。考虑到所有的方面，单发飞机可能更安全。”

在另外一个场合，林德伯格的单发决策被人质疑。有人问：“对于那种飞行，你不认为你应当使用多发飞机吗？”林德伯格回答说：“设想其中一台发动机在跨海洋的半途中停止工作，我不能使用其他两台发动机返回海岸。多发飞机更复杂，有更多的东西有可能出错。”

普通民众和其他飞行员感觉双发总是好一些。林德伯格在跨大西洋飞行中具备最好的装备是合乎逻辑的。如果你机械地认为“多个”是更好的，你也将指导他使用多发飞机。

大多数飞行员那时甚至今天也不知道的事情林德伯格知道吗？他知道迈向多发飞行的一步是重大的一步。今天，我们是更可靠的发动机、更好的空气动力学、比林德伯格所梦想的还要好的装备的受益者。然而，多发飞机潜在的危险仍然保持不变。

但是，多发飞机确实在许多方面比单发飞机具有明显优势。最重要的一个优势是冗余度。倘若飞机具有足够的速度，两台发动机能成为救生员。发动机推重比的增加和更好的气动性能已经使双发飞机依靠剩余的一台好发动

机安全飞行成为可能。多发冗余度的安全性，不仅仅在于有两台发动机这个明显的事实。在大多数双发飞机上，同样还有两套电气系统、两套真空系统、两套燃油系统。两台发动机通常（但不总是）会产生更快的飞行速度。多发飞机会缩小航图。

劣势归结为两个方面：经济性因素和安全性因素。

经济性因素

多发飞机要花费更多去购买、运行和维护。每样有两个，意味着有两倍的零部件可能失效。双发飞机的燃油消耗至少会是两倍，但是地速不会加倍。

安全性因素

本书的大部分涉及一发失效和空速太低时存在的重大风险。有与多发飞机和最低可控空速（ V_{MC} ）相关的严重危险。从出版商和作者处可获取一张 CD，其中有对每个章节的幻灯片介绍、学习问题、关键术语、NTSB 事故报告案例研究。

研究者们曾经尝试过在消除了 V_{MC} 的危险性（低速的危险性）的同时，享受多发飞机的好处（冗余度、速度、高速的安全性）。最显著的尝试是赛斯纳蓝天控制者（Cessna Skymaster）。

蓝天控制者变不可能为可能。赛斯纳的市场部门不相信一台发动机在前、一台发动机在后的双发飞机能取得商业成功，但是在了解传统双发低速控制问题的公司飞行员的坚持下，蓝天控制者最终成为一款畅销机型。

赛斯纳销售了 1400 多架具有可收放起落架、指定为赛斯纳 337 的蓝天控制者。有军用型甚至增压型的蓝天控制者。为什么它这么流行？设计提供了最好的两个方面。当时它比单发飞机要快。前面或后面发动机坏了以后，它仍然可以在空中安全飞行。最好的是没有 V_{MC} 。一发失效时，飞机没有任何附加的对传统的翼吊多发飞机来说非常危险的偏转倾向。

赛斯纳原以为单发飞机飞行员在没有任何附加飞行员等级的情况下可以驾驶蓝天控制者，但是这个想法在第 467 号飞行标准服务公告（Flight Standards Service Release）发布以后破灭了。FAA 要求蓝天控制者的飞行员获得新的等级，指定为飞机多发陆地—中心推力。

蓝天控制者 1980 年在美国停产。尽管周围还有许多蓝天控制者，但是你的多发飞行事业将更可能使用传统的双发飞机。这意味着你将需要对多发飞行的利弊具有正确的认识。

双发飞行具有真正的优势，同时具有真正的风险。降低风险要求知识、理解、熟练和勤勉。但愿本书能够使你朝着这个目标不断前进。

目 录

序
译者的话
引言

第一部分 多发飞行的基础知识

第一章 多发飞机的空气动力学

3

失速速度	3
多发飞机的 V 速度	5
多发飞机空气动力学	6
影响 V_{MC} 的因素	12
产生的功率	13
不平衡阻力	15
杠杆原理	19
临界发动机	20
载重平衡	23
协调和侧滑	25

第二章 多发飞机的起飞和着陆

33

速度里程碑	34
关于多发飞机和单发飞机比较的典型误解	36
TOPMS	47
最大起飞性能	52
多发飞机着陆	54

第三章 发动机失效程序

55

解决问题的时间	59
顺桨后保护失效的发动机	60

第二部分 多发飞机系统**第四章 多发飞机螺旋桨系统**

65

反推螺旋桨	76
螺旋桨同步	77
螺旋桨防冰控制系统	78

第五章 多发飞机的燃油系统

81

燃油泵	83
无燃油重量	85

第六章 多发飞机的电气系统

90

第七章 最低设备清单和飞机飞行手册

95

根据最低设备清单 (MEL) 运行	95
没有最低设备清单情况下的运行	99

第三部分 高级多发飞行**第八章 涡轮螺旋桨发动机**

111

涡轮螺旋桨飞机的发展	111
------------------	-----

第九章 高空运行

119

高空空气动力学	120
高空气象学	121

呼吸作用	122
缺氧症	124
缺氧的后果和有效意识时间	127
除缺氧外的其他高空疾病	131
气体膨胀和形成气泡的原因及后果	132
视觉	133
飞行训练	133
增压系统	135
压气机和涡轮压气机	137
 第十章 驾驶舱资源管理	 144
飞行中	145
 第十一章 玻璃驾驶舱系统	 154
飞行管理计算机	156
控制显示组件	159
惯性导航系统	161
自动驾驶和飞行指引系统	162
自动油门	163
电子飞行仪表系统	163
导航	165
全球定位系统	166
 第四部分 获取多发等级	
 第十二章 基于计算机和模拟机的训练	 173
计算机辅助训练 (CBT)	173
飞行训练器	175
LOFT 训练	179
商用飞行员实践考试标准	181
航线运输飞行员实践考试标准	184

第十三章 多发实践考试标准

188

多发飞机的口试题	189
实践考试标准——私用飞行员	204
实践考试标准——商用飞行员	232

第十四章 多发飞行教员

258

教员检查飞行	259
操作方法	261

第十五章 多发仪表飞行和 ATP

289

真实世界的训练	292
飞行的内在诀窍	295
航线运输飞行员执照	299

第十六章 为什么使用多发飞机

329

飞行时间的数量和质量	329
最低飞行时间	330
飞行员雇用经济学	331
积累飞行时间	336
对费用分摊的误解	337
飞行模拟机的争论	342
关于安全飞行员的争论	344
搭乘 135 部运行	346
军队飞行员的转型时间	347
伪造记录	348

致谢

关于作者

第一部分

多发飞行的基础知识

