

amindstyle
business 十一 与思想有关

FLYING THE BIG JETS

4TH EDITION

【英】 斯坦利·斯图尔特 (Stanley Stewart) ◎著 吴士星 黄德先 张永忠 ◎译
约翰·爱德华兹 (John Edwards)

杨元元 ◎审校

冲上云霄 大型喷气机的飞行



原书
第4版

飞行员、飞机爱好者必读

国内首部揭秘大型喷气机内部构造、飞行原理的最权威著作

 浙江人民出版社
ZHEJIANG PEOPLE'S PUBLISHING HOUSE

FLYING THE BIG JETS

4TH EDITION

All You Wanted to Know about the Jumbos but Couldn't Find a Pilot to Ask

冲上云霄 大型喷气机的飞行

【英】 斯坦利·斯图尔特 (Stanley Stewart) ◎著 吴土星 黄德先 张永忠 ◎译
约翰·爱德华兹 (John Edwards)

杨元元 ◎审校

原书
第4版



浙江人民出版社
ZHEJIANG PEOPLE'S PUBLISHING HOUSE

图书在版编目 (CIP) 数据

冲上云霄：大型喷气机的飞行 / (英) 斯图尔特, 爱德华兹著; 吴土星, 黄德先, 张永忠译; 杨元元审校. —杭州: 浙江人民出版社, 2014.12

浙江省版权局
著作权合同登记章
图字: 11-2014-105号

ISBN 978-7-213-06350-3

I. ①冲… II. ①斯… ②爱… ③吴… ④黄… ⑤张… ⑥杨…
III. ①喷气式飞机 - 普及读物 IV. ①V271.9 - 49

中国版本图书馆CIP数据核字 (2014) 第238765号

上架指导: 飞行 / 航空

版权所有, 侵权必究

本书法律顾问 北京诚英律师事务所 吴京菁律师
北京市证信律师事务所 李云翔律师

冲上云霄：大型喷气机的飞行

作 者: [英] 斯坦利·斯图尔特 约翰·爱德华兹 著

译 者: 吴土星 黄德先 张永忠 译

杨元元 审校

出版发行: 浙江人民出版社 (杭州体育场路347号 邮编 310006)

市场部电话: (0571) 85061682 85176516

集团网址: 浙江出版联合集团 <http://www.zjcb.com>

责任编辑: 金 纪

责任校对: 张志疆 朱 妍

印 刷: 蕺城市京瑞印刷有限公司

开 本: 720mm × 965 mm 1/16

字 数: 28.6万

版 次: 2014年12月第1版

书 号: ISBN 978-7-213-06350-3

定 价: 69.90元

印 张: 21

插 页: 1

印 次: 2014年12月第1次印刷

如发现印装质量问题, 影响阅读, 请与市场部联系调换。

C 湛庐文化
Cheers Publishing



a mindstyle business

与思想有关

谨以此书献给我病逝的妹妹多萝西，她在病中为本书的第1版做了大量案头工作。

还要感谢早期为本书的出版慷慨给予帮助的人们。在第4版推出之时，也要对英国航空公司波音777训练部的约翰·爱德华兹机长表达深深的谢意。约翰的帮助、知识与热情都是无价的，没有他，本书的第4版也不可能出版。再次对约翰致以十二万分的感谢。

FLYING THE BIG JETS



推荐序

认识飞机，了解飞行

编辑请我写一篇推荐序，以便读者更好地了解《冲上云霄：大型喷气机的飞行》这本书。在我看来，本书引言“揭开飞行之谜”已经写得十分精彩，翻译的语言也通俗易懂，活灵活现，引人入胜。作为一名波音 777 的老飞行员，作者的描述深深地打动了我的心扉。

回想起自己在航班飞行时，有许多旅客，尤其是孩子们，对飞机上的每一种设备都感到好奇和新鲜，路过驾驶舱时，如果门开着（现在这样的机会可以说是少而又少），他们会探头探脑，眼神中充满了对飞机的好奇和了解飞行知识的渴望。不过那时我们往往都在进行紧张的飞行前准备，无暇顾及。随着中国经济的发展，乘坐飞机旅行的人越来越多，喜欢飞机、热爱飞行并最终能如愿以偿的人也越来越多，我们翻译出版这本书的目的也就在于此。

飞机发明至今只有 110 年，商业性飞行的出现真正始于 20 世纪 50 年代，第二次世界大战结束后不久，至今不过六十余年。而在科技飞速发展的今天，全球每天都有超过 1 000 万人乘坐飞机旅行。中国作为全世界民用航空第二大国，

各航空公司每天承运的旅客约有百万人次。最新问世的空客 A380 和波音 787，每位乘客每百千米的耗油量已下降至 3.0 升以下，远远低于小型汽车的耗油水平。而且，航空界在节油、环保等各方面仍在持续努力。

大多数普通乘客在乘坐飞机时，几乎都想了解一下飞机的内在。驾驶舱内五光十色的仪表、长短不一的把手都有什么用处？飞行员需要做些什么？他们如何应对紧急状况，确保安全？对于这些问题，本书都会一一作答。书中介绍的伦敦至波士顿航班的飞行，是基于英国航空公司的飞行程序，叙述得极为详尽。其中有些程序与中国民航有所不同，对专业人士取长补短也大有益处。

本书谈到的波音 777，是目前世界上最大的双发动机宽体客机。今天，在全球每天有超过 1 000 架次的波音 777 飞机在各地运行。20 世纪 90 年代，我在南方航空公司任副总飞行师、总飞行师，当时南方航空是波音 777 飞机的首批用户之一。依照波音公司“携手努力”的理念，我有幸参加了波音 777 飞机的设计工作，多次参加会议、研讨。印象最深的是，当时波音公司已经开始考虑在首款 200 型飞机的基础上设计制造波音 777-300 型飞机，将机身加长 10 米多一点。这就带来一个问题，飞机的前轮至主轮的距离超过了 31 米，再加上飞行员的驾驶舱座椅还在前轮前面 4 米，这无疑给飞行员的地面滑行，尤其是在较窄的滑行道上大角度转弯以及在跑道上调头带来挑战。

当时，波音公司制造了一架 1:1 尺寸的模型（无机翼和机身），采用三种办法在地面滑行。一是传统做法，即凭目测判断操纵前轮转弯；二是在传统的基础上增加对前轮、两组主轮由摄像实时在驾驶舱中显示（GMCS）；三是革命性的改革，即使用液压驱动滑行，新设计的滑行手柄前推飞机向前滑行，还可后拉飞机后退。我们在波音 777、747 工厂的机场使用这架飞机模型反复进行滑行试验。记得有一次滑入跑道时，空中的一架小飞机飞行员向塔台报告“有个怪物要进入跑道……”。验证的结果仍是传统的做法利大于弊。第三种办法不错，

但大大增加了飞机系统的复杂性。第二种办法要求驾驶员既看座舱的荧光屏，又看外面，反而容易顾此失彼。经过反复比较衡量后，波音公司最终采用的是第二种办法，但在手册中详细规定了以目视判断为主的原则。

那时南方航空公司引进波音 777 飞机是想开通广州至洛杉矶的航线，其实在当时的条件下，双发飞机飞越太平洋飞行还有不小的挑战，我们在飞机的前轮上方喷涂了“越太平洋飞行”的中英文字标，以示决心。功夫不负有心人，1997 年 7 月 20 日，首航成功，这里既有南航的努力，也有波音 777 的功劳。

《冲上云霄：大型喷气机的飞行》自首次出版以来，已经再版了三次。本书作者是飞行员，具备深厚的飞行理论基础和丰富的飞行经验。更为难得的是，作者文笔细腻流畅，深入浅出，以波音 777 为蓝本，把僵硬枯燥的飞行原理转变成了易懂有趣的飞行现象，把航空发展的历史不露声色地融入到许多内容之中，让读者在轻松的阅读中获得航空知识和飞行体验。本书内容介于科普读物和专业书籍之间，非常适合那些向往航空、热爱航空，尤其是对大型民用飞机感兴趣的读者阅读。

本书的翻译工作主要由中国民航飞行学院继续教育学院院长、英语培训部主任吴土星教授完成，黄德先、张永忠两位教授也共同参与了翻译工作。由于知识领域和语言水平的限制，书中难免有不少不当之处，望读者在阅读时指正。

杨元元



揭开飞行之谜

飞行方面的著述很多，从历史上人类早期飞行尝试的传说到太空旅行的科幻小说应有尽有。两次世界大战激发了很多有才华的航空人的创作，飞行原理方面的指导手册层出不穷，飞行方面的小说也很多，包括飞艇灾难、协和飞机戏剧般的命运、航空公司飞行员的故事，以及航空领域中的各种事件。那为什么我还要写一本飞行方面的书？很简单，需求存在。已有的资料无法满足公众对飞行的好奇，本书所提供的内容就是为了填补这个空缺。“大飞机究竟是怎么飞的？”这是每个人都会问起的，也是本书试图回答的问题。

坐过飞机的人很多，没有坐过飞机的人也从电视、电影中对航空界有一些了解。例如，对从巴黎到纽约的乘客而言，他们虽然对飞行过程比较了解，但对机组的一些基本飞行程序却不过一知半解。

机组在起飞前约一个小时到达机场，检查飞行文件，查看天气状况，机长决定所需的油量。机组登机，开始在驾驶舱做起飞前检查。检查完成后，乘客登机，详细检查离场程序后，启动发动机，用无线电联系各类管制员，按照他们的指令，飞机滑出、起飞，然后入航，前往目的地。

飞行途中，飞机沿着预定的航迹，从一个航空无线电管制中心飞到另一个

管制中心。快到目的地时，机组检查进场程序，再次联络各类管制员，飞机开始下降程序，完成进近，下降到着陆高度，完成着陆，滑到候机楼。接着关断发动机，完成最后的检查。机组完成长途飞行后，可以下班休息；如果飞的是短途，他们很可能继续前往另一个目的地，再次开始飞行前检查，重复整个程序。

当然，所有这些看上去并不复杂，但也差不多包括了飞机从甲地飞到乙地且可能继续飞往丙地的基本程序。然而，表面上似乎相当简单的程序，实际上却是非常复杂的操作。飞行机组需要大量的训练、丰富的知识、精湛的技术，才可能在恶劣的环境中安全完成任务。众所周知，他们的任何失误都不可原谅。尽管大多数的飞行都是正常的飞行，在众多的生命面临危险的情况下，保持较高的警觉与警惕就成为机组的第二天性，因此，墨菲定律（Murphy's Law）^①更适用于对飞机的操作。

墨菲定律是这样说的：（1）任何事情都不像表面看上去那么简单；（2）所有的事都会比你预计的时间长；（3）任何可能出错的事，终将会出错，还是在最合适的时候。航空领域发生的事故很少，很大程度上是因为所有航空人都尊重这三条定律。

过去几年里，公众对大型喷气飞机产生了浓厚的兴趣。今天，选择航空旅行的公众尤其想了解围绕飞机所发生的事情。乘坐飞机时获得的信息极少，在机场或电影中看到的有关飞机的信息也很少，这足以吊起公众进一步了解飞机的胃口。人们想了解飞机的内在，想知道飞行的基本细节。任何航空公司的飞行员都遇到过这样的情况，没有驾驶过飞机的朋友若是得知了他的职业，就会抛出各种问题，对他进行狂轰滥炸。多久换一次轮胎？飞行员一直飞同一条航线吗？他是否不止飞一个机型？他同时要看所有的仪表吗？还有成百上千类似的问题。

① 墨菲定律是美国爱德华兹空军基地的上尉工程师爱德华·墨菲（Edward Murphy）作出的著名论断。它和“帕金森定律”、“彼德原理”并称为20世纪西方文化三大发现。——译者注

对有些人而言，航空领域充满魔力与神秘，甚至出乎意料。飞行过程中发生的事超出他们的想象，即使那些机敏的人也摸不着头脑。在飞长航线时，比如从欧洲到澳大利亚，乘客看到第一航段的飞行机组，而近 24 小时后他们在悉尼下飞机话别的又是另一班人马，这也没有什么不寻常的。乘客可能乘坐同一架飞机完成旅行，而机组很可能中途下飞机休息。

然而公正地看，对粗心大意的人来说，飞行这一话题中充满了陷阱，因为许多想象的和看到的往往不是事实。看看海鹦，硕大的鸟嘴，怪模怪样的身子，人们可以轻而易举地想到两个事实——行走相当困难，不可能飞行。当然，没有人把这些告诉海鹦！尽管海鹦很笨拙，但它确实能飞。飞机尽管非常复杂，但终究还是一堆机械与电子设备，就像缝纫机、火车一样，同样需要精心照料、加油润滑与维护。比如，航空公司并非都用新轮胎换掉旧轮胎，就像家用汽车一样，只要可能也使用翻新轮胎。这一事实让初次听到的人感到惊诧！大型喷气飞机也有我们常见的风挡玻璃雨刮器和清洗器！

飞行机组也是如此，总体上他们也是普通人，简简单单，就像其他任何人一样，做着自己的工作，也有各种各样的兴趣爱好，不过，他们可能有一些特殊性。大众并不了解他们所遭遇的难处，比如，他们脚崴了，外科医生可能简单处理一下很快就会放行，却并不了解飞机的基本操纵面——方向舵，是由脚蹬来控制，刹车则由脚尖施加压力来操作。脚的力量稍微弱一点或一只脚动作不到位都可能带来灾难性的后果。出于对这份工作特殊性的考虑，大部分的航空公司都雇用自己专门的医务人员。

本书中，我们尽可能回答更多的问题，提供更多与飞行员的训练、知识与技能相关的信息，为读者提供飞机内在的数据，让本书读起来生动有趣，且有教益。《冲上云霄：大型喷气机的飞行》一书不想讲故事，而是以清楚简单的方式陈述人们想知道的信息。尽管很多材料都是关于技术的，但本书不是技术手

册，仅仅是写给那些对大型喷气飞机感兴趣的外行人看的，是航线飞行的基本介绍。本书能够为所有具备基本科学素养的人所理解，并根据需要提供了插图和图片。

本书以飞行员的眼光，在“飞机内在与飞行细节”部分提供了很多的详细内容，让读者在第二部分能够坐在飞行员的座位上来一次想象之旅。本书聚焦大型飞机而省略了包罗万象的一般的航空信息，但对重要的内容并没有一笔带过。理解大型喷气飞机需要一定的基本航空知识，本书为读者提供的基本知识很容易让他们跨越这一步。由于本书主题的特性，内容重复不可避免，飞行本身就涉及各种不同的相关因素，但重复的细节会尽可能减少。根据需要，括号内注明了可参阅的其他章节。

航空语言充满了缩略词，有必要向读者做些介绍，如 ND（导航显示器）、PFD（主飞行显示器）、EICAS（发动机指示与机组警告系统）等。过多使用不熟悉的缩略词让人生厌，本书会尽可能地避免。书后提供了飞行专用术语表（参见附录 2）。

希望本书至少能满足部分读者想获知更多信息的愿望，当然它不可能让所有人都满意。现代飞机极其复杂，难以让飞行员同时飞几种机型，航空公司的飞行员大多数都只飞一种机型，如波音 777。大型客机的构造与大小差异很大，在一种机型上的正常操作，在另一种机型上很可能带来危险。同样，飞行员也分为全球长途飞行与本土短途飞行，对某一类飞行员来说正确的操作，对另一类飞行员则未必正确。同时，即使同一航线上飞同一机型，航空公司与竞争对手有时也采取不同的做法。

现在波音 777 还在飞行，新的双发波音 777 在世界各地的天空都留下了优雅飞行的身姿，本书第 4 版展示了该机型的一些飞机内在。波音 777 是世界最大的双发飞机。波音 777-300 是速度最快的宽体双发飞机。波音 777-300X 是

飞行距离最远的飞机，其翼展^①与 747-400 相同。波音 777 是波音公司生产的第一代电传操纵飞机，其 300X 型最新的发动机产生的总推力不低于 747-400 型 4 台发动机的推力。这是一部让人印象深刻的飞行机器。

书中所提供的飞机内在与数据主要来自波音大型喷气飞机，以及世界范围内的操作程序。本书尽可能介绍全面，但如前所述，难免有一些省略与不连贯之处。机组并非总是按照所说的来操作，所有地方的飞行员并非以同样的方式生活。尽管有如上申明，飞行员若被邀请赴宴，他应该带上几本《冲上云霄：大型喷气机的飞行》提前分发给朋友，这能保证他有充裕的时间享受一顿美餐。

① 翼展指固定翼飞机左右翼梢最外端点之间的距离。根据国际民航组织机场设计标准，目前最大翼展为 80 米。——译者注



推荐序 认识飞机，了解飞行 / I

引言 揭开飞行之谜 / V

第一部分 飞机内在与飞行细节

01

飞行基本原理 / 003

- ◎ 水平直线飞行的飞机受 4 个力的影响，当这 4 个力平衡时，即升力等于重力，推力等于阻力时，飞机就达到平衡飞行的状态。
- ◎ 大型喷气飞机以最大起飞重量起飞时，要求速度达到约 165 节 (305 千米/小时)，通常大型机场跑道长度达到约 3 500 米才能满足所需的起飞距离。
- ◎ 按 7 个小时的飞行来计算，波音 777-200 的平均重量为：使用空重 144 吨，业载 30~40 吨，燃油 50~55 吨 (用掉约 45 吨，余下为备用油)，起飞重量为 220~240 吨。

02

喷气发动机的工作循环 / 027

- ◎ 波音 777 设计时，全面调查了自喷气式飞机运营以来发动机失效的所有情况，并改进了所有辅助系统的设计，在适当的情况下还引进了备份系统。调查表明，绝大多数发动机停车都是由于辅助系统失效，如燃油泵或其驱动失效、滑油漏光、引气系统热空气泄漏导致的过热、假火警等。
- ◎ 喷气发动机多级增压，要比同样大小的活塞发动机产生的动力多得多。据估算，波音 777 起飞需要的最大功率，相当于 18 台类似大小的活塞发动机同时运行，而要保持正常的巡航需要的发动机更多。

03

无线电与雷达 /045

- ◎ 所有的民航无线电传输都在高频和甚高频段。在甚高频段，商业和国内电台频率范围为 88~108MHz，航空频率为 108~136.95MHz。因此航空爱好者想听航空通话的声音，需要有整合了航空甚高频的专用无线电台才行。
- ◎ 随着飞机的飞行，飞行员从一个管制区到达另一个管制区，有时频率的改变非常快。欧洲的短途飞行，比如从法兰克福到伦敦的 1 小时短途飞行，频率改变甚至超过 12 次。
- ◎ 非洲的无线电通信依然是“黑色地区”，有时飞越整个国家，机组都无法联系上任何一名管制员。作为一种预防措施，飞行机组使用 126.9MHz 相互发送位置报，在这个频率上完全靠自己来安排间隔。

04

导航简史与导航图 /065

- ◎ 最早的领航人对太阳与星星的运动知识了解得非常清楚，他们不仅知道基本的领航技巧，还知道怎样运用复杂的修正方法来使领航更加准确。
- ◎ 航路图包括大量的详细信息，如机场、无线电信标、通信频率等，飞行员用它来检查飞行的进程，可用于长距离飞行、航路飞行，以及机场本场区域进近或起飞阶段等。

05

飞行领航 /087

- ◎ 标准领航系统使用墨卡托航图，用真北标图，用磁罗盘保持飞机预定航向。而在中纬度和极地，要使用兰伯特正形极地球面投影航图。
- ◎ 在大洋中或沙漠飞行，就需要远距无线电辅助设备，罗兰远程导航是最普通的位置线来源，尤其是飞越大西洋与太平洋。
- ◎ 惯性导航系统是一套独立的机载装置，不需要陆基或卫星信号独立导航。通过位于由陀螺稳定在平台上的加速度计来感知飞机的运动，能连续地计算并显示导航数据。

06

飞行仪表 /121

- ◎ 飞行员训练与实践最重要的一部分就是仪表飞行。初始仪表飞行训练要克服的一个问题是空间定向障碍现象的影响，它由平衡感官（眼睛、肌肉、中耳内前庭）的冲突引起。
- ◎ 飞机颠簸时，唯一能够提供正确指示的仪表是人工地平仪，其他仪表都会剧烈波动，只有在这种情况下，飞行员驾驶飞机几乎仅参照一个仪表。

07

波音 777 驾驶舱 /139

- ◎ 波音 777 驾驶舱布局的模拟开发阶段，约 600 名飞行员参与进来。在系统的设计、评估与测试期间，33 名波音公司飞行员飞了 1 500 多小时，300 多名航线飞行员又飞了 300 多小时。
- ◎ 波音 777 的自动驾驶仪在能见度为零（即云底为地面）时能完成自动着陆，但要求最低跑道视程（即水平能见度）75 米，以便让机组能找到候机楼。
- ◎ 飞机巡航时就像航行的潜艇，潜艇船体的建造要考虑巨大的水下压力，以防止其压碎船体结构，飞机的机身设计要能容纳客舱的增压空气，防止飞机在高空稀薄的大气中爆裂。

08

气象条件 /161

- ◎ 天气是所有影响飞行因素中最重要的，燃油紧随其后。天气往往决定燃油量，飞行前准备，天气检查是第一项。最最重要的因素是预计到达时目的地机场的预报天气，其次是选定为备降机场的天气预报。
- ◎ 低空薄雾或霾，会降低着陆的能见度。在高空中，垂直向下可以清楚看见地面，但进近时，透过薄雾层斜着看，能见度明显减小，甚至低于着陆最低限制。当报告能见度低于最低限制时，飞机往往在机场上空盘旋等待天气的好转。此时乘客可以清楚看见地面，这就难以向他们解释，飞机无法着陆是因为能见度不好。飞机下降进入薄的雾霭层时，乘客往往对能见度的降低惊讶不已。

09

空中交通管制 /181

- ◎ 不论是飞行员，还是管制员，“飞行规则”是安全飞行的最基本要求。
- ◎ 所有大飞机都在管制空域内运行，遵循仪表飞行规则，按规定向空中交通管制报送详细飞行计划，服从放行许可与空中交通管制指令，携带合适的无线电设备，同时，飞行员必须持相应的执照。

10

飞行机组 /201

- ◎ 飞行员的培训成本非常高，从零开始直至达到操作标准，在高速喷气机飞行中队培训一名空军飞行员，按最短时间计算，三年的成本是 580 万英镑。
- ◎ 不论是机长还是副驾驶，在其职业生涯中都需要保持飞行执照现行有效，还要定期参加法规要求的测试——体检（每 6 个月一次），飞行熟练水平检查（6 个月），安全设备与程序检查（13 个月），航路检查（13 个月），技术调查问卷（13 个月）等。再没有哪个行业有如此多的全面检查。

第二部分

波音 777-200 飞行实例

11

英航 213：从伦敦到波士顿 /215

- ◎ 起飞前机场的天气情况是：风向 250 度，风速 15 节，温度 12℃，露点温度 8℃。高度表拨正值 1 023 百帕，起飞跑道为 27 号左跑道。
- ◎ 本次飞行共需要燃油 52 吨，其中 42.6 吨燃油用于伦敦希思罗机场至波士顿机场的航程，7.2 吨改航燃油（包括储备燃油）用于备降蒙特利尔机场（以防万一），1.4 吨应急燃油和 760 千克用于在伦敦机场滑行的燃油。
- ◎ 本次飞行申请的航线为 UG1 飞至 Dikas，高度为 31 000 英尺；UG1 飞至 Strumble，高度为 35 000 英尺；Upper Bravo Ten 飞至 Cork；UN523 飞至 52N 15W；之后以 39 000 英尺高度飞“Charlie”航线，到达加拿大纽芬兰海岸的 Vixun；最后飞北美航线 112B 至位于波士顿东北部的 Scupp。