



大飞机出版工程
总主编 顾诵芬

航空发展的历程与真相

Plane Simple Truth

【澳大利亚】杰弗里·托马斯 等著
陈迎春 刘洪 译
宋文滨 校



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

大飞机出版工程
总主编 顾诵芬

航空发展的历程与真相

Plane Simple Truth

【澳大利亚】杰弗里·托马斯 等著
陈迎春 刘洪 译



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书主要介绍了飞机自诞生以来对环境的影响。书中回顾了飞机的历史,阐述其在世界经济发展中巨大的推动作用,尤其强调了航空业一直以来都在致力于改进技术以减少航空活动造成的污染。全书图文并茂,文字深入浅出,大量引用来自权威机构的数据,强有力地说明了航空活动绝非造成环境恶化的罪魁祸首,望能以此来消除广大民众的误解。

本书不但适合航空专业的专家学者,一般读者亦可从中获取许多知识,对飞机和民航业有更为深入的认识。

(航空发展的历程与真相)

© Geoffrey Thomas, Guy Norris, Steve Creedy et al.

This translation of *Plane Simple Truth* is published by arrangement with Aerospace Technical Publications International Pty Ltd

上海市版权局著作权合同登记章图字:09-2010-394

图书在版编目(CIP)数据

航空发展的历程与真相/(澳)托马斯(Thomas, G.)等著;陈迎春,刘洪译;宋文滨校. —上海:上海交通大学出版社,2010

(大飞机出版工程)

ISBN 978-7-313-06906-1

I. ①航… II. ①托…②陈…③刘…④宋…
III. ①航空—技术史—世界 IV. ①V2-091

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 216730 号

航空发展的历程与真相

[澳大利亚]杰弗里·托马斯 等著

陈迎春 刘 洪 译

宋文滨 校

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 951 号 邮政编码 200030)

电话: 64071208 出版人: 韩建民

昆山市亭林印刷有限责任公司印刷 全国新华书店经销

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 16.5 字数: 322 千字

2010 年 12 月第 1 版 2010 年 12 月第 1 次印刷

印数: 1~2030

ISBN 978-7-313-06906-1/V 定价: 69.00 元

版权所有 侵权必究

大飞机出版工程

丛书编委会

总主编：

顾诵芬（中国航空工业集团公司科技委副主任、两院院士）

副总主编：

金壮龙（中国商用飞机有限责任公司副董事长、总经理）

马德秀（上海交通大学党委书记、教授）

编 委：（按姓氏笔画排序）

王礼恒（中国航天科技集团公司科技委主任、院士）

王宗光（上海交通大学原党委书记、教授）

刘 洪（上海交通大学航空航天学院教授）

许金泉（上海交通大学船舶海洋与建筑工程学院工程力学系主任、教授）

杨育中（中国航空工业集团公司原副总经理、研究员）

吴光辉（中国商用飞机有限责任公司副总经理、总设计师、研究员）

汪 海（上海交通大学航空航天学院副院长、研究员）

沈元康（国家民航总局原副局长、研究员）

陈 刚（上海交通大学副校长、教授）

陈迎春（中国商用飞机有限责任公司常务副总设计师、研究员）

林忠钦（上海交通大学副校长、教授）

金兴明（上海市经济与信息化委副主任、研究员）

金德琨（中国航空工业集团公司科技委委员、研究员）

崔德刚（中国航空工业集团公司科技委委员、研究员）

敬忠良（上海交通大学航空航天学院常务副院长、教授）

傅 山（上海交通大学航空航天学院研究员）

总 序

国务院在 2007 年 2 月底批准了大型飞机研制重大科技专项正式立项,得到全国上下各方面的关注。“大型飞机”工程项目作为创新型国家的标志工程重新燃起我们国家和人民共同承载着“航空报国梦”的巨大热情。对于所有从事航空事业的工作者,这是历史赋予的使命和挑战。

1903 年 12 月 17 日,美国莱特兄弟制作的世界第一架有动力、可操纵、重于空气的载人飞行器试飞成功,标志着人类飞行的梦想变成了现实。飞机作为 20 世纪最重大的科技成果之一,是人类科技创新能力与工业化生产形式相结合的产物,也是现代科学技术的集大成者。军事和民生对飞机的需求促进了飞机迅速而不间断的发展,应用和体现了当代科学技术的最新成果;而航空领域的持续探索 and 不断创新,为诸多学科的发展和相关技术的突破提供了强劲动力。航空工业已经成为知识密集、技术密集、高附加值、低消耗的产业。

从大型飞机工程项目开始论证到确定为《国家中长期科学和技术发展规划纲要》的十六个重大专项之一,直至立项通过,不仅使全国上下重视起我国自主航空事业,而且使我们的人民、政府理解了我国航空事业半个世纪发展的艰辛和成绩。大型飞机重大专项正式立项和启动使我们的民用航空进入新纪元。经过 50 多年的风雨历程,当今中国的航空工业已经步入了科学、理性的发展轨道。大型客机项目其产业链长、辐射面宽、对国家综合实力带动性强,在国民经济发展和科学技术进步中发挥着重要作用,我国的航空工业迎来了新的发展机遇。

大型飞机的研制承载着中国几代航空人的梦想,在 2016 年造出与波音 B737 和

空客 A320 改进型一样先进的“国产大飞机”已经成为每个航空人心中奋斗的目标。然而,大型飞机覆盖了机械、电子、材料、冶金、仪器仪表、化工等几乎所有工业门类,集成了数学、空气动力学、材料学、人机工程学、自动控制学等多种学科,是一个复杂的科技创新系统。为了迎接新形势下理论、技术和工程等方面的严峻挑战,迫切需要引入、借鉴国外的优秀出版物和数据资料,总结、巩固我们的经验和成果,编著一套以“大飞机”为主题的丛书,借以推动服务“大型飞机”作为推动服务整个航空科学的切入点,同时对于促进我国航空事业的发展和加快航空紧缺人才的培养,具有十分重要的现实意义和深远的历史意义。

2008 年 5 月,中国商用飞机有限公司成立之初,上海交通大学出版社就开始酝酿“大飞机出版工程”,这是一项非常适合“大飞机”研制工作时宜的事业。新中国第一位飞机设计宗师——徐舜寿同志在领导我们研制中国第一架喷气式歼击教练机——歼教 1 时,亲自撰写了《飞机性能捷算法》,及时编译了第一部《英汉航空工程名词字典》,翻译出版了《飞机构造学》、《飞机强度学》,从理论上保证了我们飞机研制工作。我本人作为航空事业发展 50 年的见证人,欣然接受了上海交通大学出版社的邀请担任该丛书的主编,希望为我国的“大型飞机”研制发展出一份力。出版社同时也邀请了王礼恒院士、金德琨研究员、吴光辉总设计师、陈迎春副总设计师等航空领域专家撰写专著、精选书目,承担翻译、审校等工作,以确保这套“大飞机”丛书具有高品质和重大的社会价值,为我国的大飞机研制以及学科发展提供参考和智力支持。

编著这套丛书,一是总结整理 50 多年来航空科学技术的重要成果及宝贵经验;二是优化航空专业技术教材体系,为飞机设计技术人员培养提供一套系统、全面的教科书,满足人才培养对教材的迫切需求;三是为大飞机研制提供有力的技术保障;四是将许多专家、教授、学者广博的学识见解和丰富的实践经验总结继承下来,旨在从系统性、完整性和实用性角度出发,把丰富的实践经验进一步理论化、科学化,形成具有我国特色的“大飞机”理论与实践相结合的知识体系。

“大飞机”丛书主要涵盖了总体气动、航空发动机、结构强度、航电、制造等专业方向,知识领域覆盖我国国产大飞机的关键技术。图书类别分为译著、专著、教材、工具书等几个模块;其内容既包括领域内专家们最先进的理论方法和技术成果,也

包括来自飞机设计第一线的理论和实践成果。如:2009年出版的荷兰原福克飞机公司总师撰写的《运输类飞机的空气动力设计》(*Aerodynamic Design of Transport Aircraft*),由美国堪萨斯大学2008年出版的《飞机推进》(*Aircraft Propulsion*)等国外最新科技的结晶;国内《民用飞机总体设计》等总体阐述之作和《涡量动力学》、《民用飞机气动设计》等专业细分的著作;也有《民机设计5000问》、《英汉航空双向词典》等工具类图书。

该套图书得到国家出版基金资助,体现了国家对“大型飞机项目”以及“大飞机出版工程”这套丛书的高度重视。这套丛书承担着记载与弘扬科技成就、积累和传播科技知识的使命,凝结了国内外航空领域专业人士的智慧和成果,具有较强的系统性、完整性、实用性和技术前瞻性,既可作为实际工作指导用书,亦可作为相关专业人员的学习参考用书。期望这套丛书能够有益于航空领域里人才的培养,有益于航空工业的发展,有益于大飞机的成功研制。同时,希望能为大飞机工程吸引更多的读者来关心航空、支持航空和热爱航空,并投身于中国航空事业做出一点贡献。

顾诵芬

2009年12月15日

前 言

本书英文标题是 *Plane Simple Truth*, 意味着本书主题思想就是描述一些与飞机环保设计相关的“真相”。原著的作者并非航空工程第一线的设计师, 也非从事航空研究和航空教育的教师, 他们是一群对航空充满浓厚兴趣的专栏记者。他们整理了航空发展几十年的一些基本数据, 而恰恰是这些公开的数据, 向人们揭示了有关飞机环保设计最有说服力的事实。

2008 年, 中国商用飞机有限公司正式在上海成立, 并开始设计我国自己的大型客机。正值世界先进的安全性、经济性、舒适性及环保性设计的要求在我国自主知识产权飞机设计过程中开始实现之时, 我们通过本书作者的观点看到我们并不熟悉的一些规律, 非常值得我们借鉴。

大型客机常务副总设计师陈迎春同志最初将此书英文版原著拿给我看时, 我们确实非常惊叹作者提出的一些观点, 不约而同地认识到: 此书揭示了我们不易察觉的一些重要规律, 而这恰恰是我们知识的空白。

陈迎春同志和我都多年来从事航空方面的工作, 他在设计所第一线工作几十年, 而我也在讲台上教授学生航空相关专业知识十年有余。我们面对这样一本好书时, 产生了同样的感觉: 第一, 对自己的“无知”感到有些惭愧; 第二, 就是我们都希望以无知而产生的冲动作为翻译此书的起点, 向更广泛的航空从业者们推广对这些规律的认识, 系统地开展我国飞机环保性设计研究。尤为重要的是, 在我们的国家以国家意志开始研制我们自己的“大飞机”工作之初, 我们早些发现我们自己的无知, 早些以深刻虚心的态度向先进国家学习, 是保证我们自己的大飞机成功的基础。因此翻译此书也是符合本书总主编顾诵芬院士对《大飞机出版工程》系列书籍提出的要求和愿望的。

飞机环保设计是一个非常综合性的领域,绝不是今天我们开始提出的新课题。在过去几十年航空发展过程中,已经取得了巨大的进步,这是本书揭示的“真相”之一。这一“真相”向我们预示着,现在到未来的航空工业、飞机设计必然会在环保设计方面持续地取得更大的成就。本书作为《大飞机出版工程》系列丛书中第一本关于民机设计环保性专题的书籍,希望能够为在大型客机和发动机设计第一线工作的同志提供参考,为从事航空科研教育的老师学生提供有价值的素材,为更好地发展我国的大型客机做出微薄的贡献。

刘 洪

于上海交通大学

2010年12月12日

致 谢

在《航空发展的历程与真相》编写过程中得到了诸多朋友和大学同事们的帮助鼓舞,在此特地向他们表达诚挚的谢意。

我们多年的老朋友、著名的航空历史学家 Jon Proctor 和以航空绘画闻名的 Mike Machat 给予了极大的鼓励、支持并提供了很多相关材料。

Jon 作为本书的一名技术编辑作出了很多宝贵的贡献,而 Mike 在工业界的视野和他不断的鼓励都为本书的编辑提供了极大的帮助。

比起其他任何我们曾经写过的书,本书的编辑过程得到了更多的家庭支持。感谢 Christopher、Nicholas Thomas Alex、Simon、Mitchell Wells、Anna、Lia、Chris、Daniel Ravelo、Tom、Greg Norris、Nancy Creedy 和 Andrew Arena。在过去的九个月中,我们在此书的编辑上投入了极大的时间和精力,感谢他们当时的宽容和理解。

同时,Christine 和 Geoffrey 要感谢他们的父母 Lyn、Elizabeth、Ted 和 Una 多年来对他们的支持和鼓励。

Geoffrey 和 Guy 要特别感谢他们的主要竞争者《航空运输世界》(*Air Transport World*)和《航空周刊与空间技术》(*Aviation Week & Space Technology*)的编辑团队,感谢他们在这个项目上的合作。

作者和编辑简介

本书作者是 Geoffrey Thomas、Christine Forbes Smith、Guy Norris、Steve Creedy 和 Rachel Pepper.

Geoffrey Thomas 是航空杂志《航空运输世界》的高级编辑。Geoffrey 还曾经是《航空周刊与空间技术》的东南亚特约编辑。他总共获得过 16 项国际和大洋洲的奖项。Geoffrey 的成就包括：

Royal Aeronautical Society(RAS) Aerospace 年度记者(2002——系统与amp;技术);RAS Aerospace 年度记者(2003——系统与amp;技术);RAS Aerospace 年度记者(2005——系统与amp;技术);入围 RAS Aerospace 年度记者(2006——商业, 2007——新闻与安全); Australasian Aviation Journalist (AAJ) of the Year 2001; AAJ of the Year 2002; AAJ of the Year 2003, 亚军; AAJ of the Year 2002, 最佳专栏文章; AAJ of the Year 2003, 最佳技术报道; AAJ of the Year 2004, 最佳技术报道; AAJ of the Year 2006, 最佳新闻报道; 入围 AAJ of the Year 2005 和 2006, 参与制作过一些航空调查纪录片。

Geoffrey 是澳大利亚的各电视台和电台的定期评论员。他做过澳大利亚最受欢迎的清晨节目 Channel 7's top rating Sunrise Program 的评论员, 也在 BBC 做过节目。他在澳大利亚最有名的日报《澳大利亚人报》(*The Australian*)以及《澳大利亚航空报》(*Australian Aviation*)发表过文章, 曾经也在《西澳大利亚报》(*The West Australian*)、《悉尼晨锋报》(*Sydney Morning Herald*)和《世纪报》(*The Age*)发表过文章。Geoffrey 和 Christine 合作写过七本书。他还是南加州大学和位于澳大利亚西部的柯廷大学的客座教授。

Guy Norris 是《航空周刊与空间技术》的高级编辑,曾经是《国际飞行》(*Flight International*)的美国西海岸编辑。Guy 的成就包括:

1993 年 US Air & Space Writers Association 奖得主; Royal Aeronautical Society(RAS)年度记者, 1997——技术; RAS Aerospace 年度记者, 2004——推进; RAS Aerospace 年度记者, 2005——支线飞机; RAS Boeing Decade of Excellence finalist 1999/2003; RAS Aerospace 年度记者 2005——支线飞机; RAS Airbus Decade of Excellent 2006; RAS Aerospace 年度记者 2007——新闻。

Guy 参与制作过众多的航空电视纪录片,并创作了一些航空教育项目,包括 *Aviation Knowledge Adventure* CD-ROM 和由 McMillan 出版的 *the Encyclopedia of Science on Action* 的航空航天部分。Guy 总共撰写了 16 本书,包括与 Geoffrey, Christine 一起创作的 3 本。

Christine Forbes Smith [B. A. (社会科学)和 B. App. Sci. (应用科学)]在 *WA Business News* 发表过文章,曾经为《西澳大利亚报》的旅行版面写过关于消费者观点的文章。Christine 与 Geoffrey 合写过 7 本关于航空和旅行的书。Christine 的特长是将高度专业性的技术以通俗易懂的语言讲述出来。

Steve Creedy 从事记者行业已经 27 年了,1992 年起在美国的 *Pittsburgh Post Gazette* 作为一名助理商业编辑开始报道航空业。1997 年开始在澳大利亚的日报《澳大利亚人报》供职。1998 年成为该报纸的航空栏目作家。他将《澳大利亚人报》星期五的航空版面(共 5 页)发展成了工业界最权威的版面。他赢得了许多奖项,其中包括 2004 年的 *National Aviation Press Club* 航空年度记者奖。自 2006 年起,他一直是 *National Aviation Press Club* 的主席。

Rachel Pepper 是《西澳大利亚报》的绘图艺术家。Rachel 对航空有着特别的热情,这源自他从 3 岁起和父亲在爱尔兰的都柏林机场观测飞机度过的时光。

原版前言

本书的目的就是明确阐述商业航空活动对环境的影响,以消除人们认为商业航空航天工业是环境破坏的罪魁祸首的误解。

我们并不打算在有关气候变化的争论中给出一个立场,而是直接引用我们认为最权威的机构——联合国政府间气候变化专门委员会(International Panel on Climate Change, IPCC)给出的资料。

尽管如此,我们还特别向政策制定者强调对 IPCC 看法存在的不同意见。不过,我们还是尝试去解释气候变化现象,因为绝大部分人都不理解这种变化。

本书首先回顾了商业航空的发展历史,然后列举了当今的关键技术和运营发展驱动力,最后介绍对未来 50 年发展的预测。同时,本书也详细介绍了航空业在世界经济中的重要地位,以及关于气候变化的争论。

从人类第一次成功飞行起,商业航空业就一直关注于如何减少飞机的燃油消耗,进而减少排放。这源自非常简单的经济原动力。不但是因为燃油需要花钱,也是因为减少燃油重量可以增加有效载荷进而挣更多的钱。

有人认为,燃油经济并不是航空航天工业主要的驱动力,或者说航空公司只是在燃油价格激增之后才开始对环境感兴趣,这些说法都是可笑的。

正如我们即将看到的,航空公司一直坚决要求制造商提供更大航程或者更大载荷的飞机,这都是为了减少燃油消耗。

本书将展示在气候变化成为媒体广泛关注的热点话题的 40 年之前,航空业是怎么关注于环境问题的。他们早在 1957 年便开始印制宣传噪声问题的广告了,第一份关于燃油经济的广告可追溯到 32 年前的 1975 年 11 月。

燃油经济性对于商业航空业绝对是至关重要的。1958 年,道格拉斯的 DC-

8 飞机在试飞时发现燃油消耗率比设计目标高了 5%，这使得道格拉斯丧失了一些运营商，比如美国西北航空公司(Northwest Airlines)的订单，而泛美航空(Pan American World Airways)则改变主意，决定订购更多的 B707。这家当时在民用航空业最有名的飞机制造公司开始陷入分裂，并在 1967 年被迫并入麦克唐纳飞机设计公司。而 B707 由于更优的燃油效率得到了很好的发展。

在关注业内众多的成功案例的同时，本书也会讨论一些失败的例子，比如说超声速运输机研制的竞赛。当时超声速运输机的竞争已经上升到了事关国家声誉的地位，并受到 20 世纪 60 年代的“能的态度”(can do attitude)驱动。

整本书的编写主要依靠高校的研究报告和政府部门的报告提供的资料，以保证观点的客观公正。书中也引用了制造商和航空公司的数据，但主要是为了核实第三方的工作。

我们从未认为航空工业是一个完全绿色的工业，正如其他所有的人类活动一样，它也会对环境造成污染，但航空业是工业界中减少环境影响的领导者。可惜的是，在一定范围内关于民用航空对于环境的影响的争议变得歇斯底里以至于完全脱离真正的事实。

本书将通过引用大量的数据和案例给公众、工业界和学术界等一个比较平衡的观点。

对于质疑和发现严重错误的环境报告，我们尝试与作者取得联系并将其答复附在书中，遗憾的是有些报告的作者没有对我们提出的质疑给予任何回应。

我们竭尽全力以使我们的解释能够更加通俗易懂，同时对更多的技术问题作了分解阐述。对于这种处于技术最尖端前沿的行业，这本身就是一个挑战。为了帮助读者理解，每一章都有一个总结，并且在最后一章对全书进行了一个总结。

虽然在最后一章给出了一些航空工业存在的缺点，这些或许是公众对于一些关键问题产生误解的原因所在，但尽量避免作出建议性的评论。

希望本书能够成为一个很好的参考资料以提升关于民用航空环境影响的认识，欢迎大家的反馈意见和错误校正。这些意见和校正将会刊登在一本免费的时事月刊上。这本刊物将继续本书的辩论，并会介绍新的报告和技术。希望您能够喜欢阅读本书。

目 录

1	早期的喷气发动机	1
2	政策和速度	14
3	涡扇发动机的前景	23
4	发动机可靠性	33
5	报告解读	43
6	新技术减少排放和噪声	59
7	航空业的环保重点	72
8	超高涵道比	86
9	空气动力学的进步:技术前沿	98
10	结构和系统带来的收益	115
11	直飞减少排放污染	125
12	空中交通管理	138
13	航空对环境的影响	151
14	生物燃料	170
15	绿色航空公司	184
16	支撑经济的生命线	199
17	强有力的将来	207
18	平衡与远景	225

参考文献	239
------	-----

1 早期的喷气发动机



* 最大商载条件下 DC-8-63 与 DC-8-11 的对比



早在 20 世纪 50 年代,工业界就开始重视航空业对环境的影响的各种因素。比如减少燃油消耗进而减少有害排放以及减少噪声对机场附近的影响。

对于降低燃油消耗的做法可能存在异议:航空航天工业降低燃油消耗的动力单纯是因为利益驱动,而不是出于对环境的关心。事实上这种说法可以适用于所有使用燃油的工业,如汽车行业。

不管怎样,忽略动机问题,事实上在全球变暖这个概念被提出来之前,航空工业已经开始关注于怎样减少每公里航程耗油率。原因很简单,燃油要花钱,而且每一磅燃油占用的载荷本来是可以用来创造经济效益的。

本章将简单回顾一下早期喷气发动机的发展历程,并着重关注航空工业对于减少燃油消耗和噪声污染所做的努力。

最后一代活塞发动机虽然提高了燃油效率,同时也缩短了两次大修的时间间隔,但此时的活塞发动机技术已经到达了顶峰。到 20 世纪 50 年代早期,活塞发动机已经相当地复杂,包括复杂的冷却系统和电子设备,这些都降低了发动机的安全性。发动机系统的过于复杂导致了一系列飞行事故,在 1945 年至 1960 年之间共发



图 1-1 末代活塞发动机,如洛克希德公司的星座系列和 DC-7C(如图)发动机故障率为每千小时 0.89 次。现有的喷气发动机发动机故障率为每千小时 0.002 次(泛美)