

The Airplane: A History of Its Technology

飞机：技术发展历程

(美)小约翰·D. 安德森(John D. Anderson Jr.) 著

宋笔锋 裴扬 钟小平 安伟刚 译



航空工业出版社

AIAA 航空航天技术丛书

“十二五”国家重点图书出版规划项目

飞机：技术发展历程

(美) 小约翰·D. 安德森 (John D. Anderson Jr.) 著
宋笔锋 裴扬 钟小平 安伟刚 译

航空工业出版社

北京



内 容 提 要

本书介绍了飞机技术的一段发展历程, 全书共分为7章。第1章是全书导论; 第2章讲述19世纪以前的航空; 第3章介绍19世纪航空进展中的跌宕起伏; 第4章讲述航空的真正开始: 莱特“飞行者”; 第5章介绍凭经验和直觉的设计: 带撑杆和张线的双翼飞机时代; 第6章讲述第一次设计变革: 螺旋桨飞机日趋成熟的时代; 第7章描述第二次设计变革: 喷气推进飞机的时代。

本书内容流畅、易懂、有趣, 既适合想要了解飞机技术发展的工程师、科学家和技术人员, 也适合没有太多工程科学理论基础, 但对飞机和飞行历史感兴趣的普通读者。

图书在版编目 (C I P) 数据

飞机: 技术发展历程 / (美) 安德森
(Anderson, J. D.) 著; 宋笔锋等译. --北京: 航空工
业出版社, 2012. 6

(AIAA 航空航天技术丛书)

书名原文: The Airplane: A History of Its
Technology

ISBN 978 - 7 - 80243 - 987 - 0

I. ①飞… II. ①安… ②宋… III. ①飞机—技术史
—世界 IV. ①V271 - 091

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 114892 号

北京市版权局著作权合同登记

图字: 01 - 2011 - 2795

Translated from the English language edition: *The Airplane: A History of Its Technology*, by John D. Anderson Jr.
Originally published by the American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc. ISBN 978 - 1 - 56347 - 525 - 2.
Copyright © 2002 by the American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc. All rights reserved.

飞机: 技术发展历程

Feiji: Jishu Fazhan Licheng

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里 14 号 100029)

发行部电话: 010 - 64815615 010 - 64978486

北京地质印刷厂印刷

全国各地新华书店经售

2012 年 6 月第 1 版

2012 年 6 月第 1 次印刷

开本: 889 × 1194 1/16

印张: 18.5

字数: 535 千字

印数: 1—4000

定价: 120.00 元

《AIAA 航空航天技术丛书》审委会

顾 问：(按姓氏笔画排列)

尹泽勇 石 屏 冯培德 刘大响 关 桥 杨凤田 李 天 李 明
宋文骢 张彦仲 陈一坚 陈祥宝 赵振业 唐长红 顾诵芬 曹春晓
颜鸣皋

主 任：林左鸣

副 主 任：谭瑞松 顾惠忠 吴献东 张新国

委 员：(按姓氏笔画排列)

王 坚 王之林 王向阳 王英杰 王润孝 卢广山 曲景文 华 俊
刘选民 刘春晖 杨圣军 李晓红 吴 松 汪亚卫 陈元先 陈灌军
庞 为 郭恩明 都本正 彭卫东 葛子干 蔡 毅 魏金钟

《AIAA 航空航天技术丛书》编委会

主 任：张新国

副 主 任：王英杰 魏金钟

委 员：(按姓氏笔画排列)

丁文强 丁全心 王永庆 王永明 王明皓 王聪梅 车 宏 牛文生
邓景辉 尹红顺 艾俊强 帅朝林 田 泽 白晓东 冯子明 巩水利
朱知寿 朱荣刚 刘永泉 江和甫 孙 聪 杨 伟 杨 旭 杨 超
杨朝旭 苏炳君 李文正 李东杰 李孝堂 李宏新 李周复 严成忠
吴希明 吴良斌 吴学仁 何胜强 沈锡钢 宋笔锋 张 弘 张 波
张明习 张继高 陆志东 陆虎敏 陈聪慧 范彦铭 欧阳绍修 罗安阳
周自全 赵 霞 侯敏杰 姚 华 袁 立 聂海涛 徐华胜 郭德伦
益小苏 陶春虎 桑建华 黄 佑 黄传跃 曹奇凯 章怡宁 梁相文
梁晓庚 董建鸿 强宝平 童明波 曾 军 曾元松 蒲小勃 褚林塘
臧 军 廖志忠 樊会涛

编委会办公室

主 任：刘 鑫

副 主 任：史晋蕾 李苏楠

成 员：(按姓氏笔画排列)

安玉彦 李金梅 郭 玮 郭倩旎

丛书序（一）

中国航空工业要融入世界航空产业链，进行国际化开拓，参与国际合作和竞争，与世界航空航天企业共谋发展，需要的是强大的技术支撑。构建先进的技术研发平台，加速推进前沿科学技术的研究，加速推进航空发动机技术和航空先进材料技术领域的基础及应用技术研究、新产品研发与技术创新，关键是要有一批具有高水平、高素质的航空航天专业人才。而人才的培养离不开知识的传承，这套《AIAA 航空航天技术丛书》就为我们提供了一个很好的资源。

习人之长，补己之短，正视不足，奋发崛起，社会发展规律普遍如此。从这套书中，我们不仅能读到长久以来人类在探索天空的过程中积跬步而形成的基础的、科学的、先进的专业知识和技术，以及崭新的思维方式和解决问题的技巧及方法，更重要的是能在学习这些成功经验的同时，多注意看看前车之鉴，避开陷阱。在这里我想要与大家共勉的是，即使是在百科全书中也不能找到所有问题的答案，科学发展永无止境，航空航天业的进步带动着社会高精尖技术的发展，其中还有很多领域及问题需要我们去探索 and 解决，因此，我们要抱着虚心的态度去学习，勇于探索的态度去思考，用好这些书，读好这些书。

科技的进步是整个社会的进步。愿我们的科技工作者、科研管理人员和广大的院校师生，既能够从中学到知识、寻找到答案，更能够汲取精华，并能积极探索，与自身的知识、技术和经验相结合，在中国航空工业整翼飞升之时，迸发出更加绚丽的思想火花。



中国航空工业集团公司董事长

丛书序（二）

航空航天业是关系国家安全和国民经济命脉的战略性产业，是高投入、高附加值的技术密集型产业。由于其技术含量高、产业链长、带动性强，其发展对我国经济结构调整、实现产业优化升级、提高综合国力具有重要意义。金融危机之后，全球对于实体经济的认识回归到正确的轨道上来，重振制造业已成大家共识。而依靠高新技术和高产品附加值的高端制造业，被认为是推进工业转型升级的突破口。航空航天业作为高端制造业的重中之重，如何发挥其“火车头”作用引领制造业拥有强大竞争优势，成为当务之急。而解决这一问题的关键，就是突破核心技术，加强自主创新。

相比欧美等发达国家，我国并没有系统地经历科学革命和工业革命的洗礼。科学技术和工业基础落后，是导致我们高端制造业发展缓慢的原因之一。科学技术的进步非一朝一夕之力。通常来讲，一个产业发展所依托的先进技术至少需要10~20年的储备周期。以前的飞机材料都是单一金属的，现在随着材料技术、制造技术的进步，发展到铝合金、铝镁合金、钛合金以及碳纤维材料。这种科学技术的进步改进了飞机的性能和功能，包括后期出现的预警机、加油机、空天飞机等，其背后凭借的也是飞机的电子设备、任务系统、功能系统等的不断升级，依靠的是一系列科学技术的积累。

夯实技术基础并谋求创新，除了依靠自身积极探索、不断积累技术成果，还要吸纳国外先进的技术成果和经验，建立开放式的科学技术发展架构。

着眼于此，中航出版传媒有限责任公司（航空工业出版社）从美国航空航天学会（AIAA）的专业出版物中选择优秀图书引进翻译出版为中文版，推出了这套《AIAA 航空航天技术丛书》。熟悉AIAA的同行们都知道，AIAA的出版物专注于航空航天领域，包括专业图书、期刊、会议论文和标准等，是为航空航天业提供信息服务的重要组成部分。AIAA的图书工作委员会及其严格的审查制度保证了其图书具有较高的学术水平和技术含量。

这套中文版的《AIAA 航空航天技术丛书》涵盖飞行器的结构技术、材料技术、制造技术、气动技术、推进技术、试验技术、控制技术、航电系统和武器系统等方面，是对国内有关专业领域的有益补充。这次引进翻译出版工作所涉及的专业领域较多，工作繁杂，难度很大，需要协调的事情也很多，衷心希望最终能够达到预期目的，真正为促进国际化的交流与合作、为培养高素质的航空航天专业人才、为前沿科学技术的探索和创新起到应有的作用。



中国航空工业集团公司副总经理

给 AIAA 中文版丛书的序言

美国航空航天学会 (AIAA) 由成立于 1930 年的美国火箭协会和成立于 1932 年的美国航空科学学会于 1963 年合并而成。自此, AIAA 就作为最早的平台服务于美国及全球航空航天技术的创新者、卓越者和引领人。广为人们所熟悉的奥维尔·莱特, 尼尔·阿姆斯特朗, 弗兰克·惠特尔, 凯利·约翰逊, 西奥多·冯·卡门和沃纳·冯·布朗都是 AIAA 的会员, 而每 6 名 AIAA 的会员中就有超过 1 名会员来自美国以外的国家或地区。

这套中文版的《AIAA 航空航天技术丛书》是 AIAA 和中航出版传媒有限责任公司 (航空工业出版社) 良好合作的硕果。这种合作关系使得 AIAA 与中国航空学会之间以及 AIAA 与中国宇航学会之间的合作相得益彰。作为世界上最大的服务于航空航天业的技术学会, 由我们来推进 AIAA 图书中文版及双语版的出版和促成我们会员之间的交流是极为恰当之事。

我们的合作最早是由中航出版传媒有限责任公司所提出的, 最初主要关注在对 AIAA 技术图书的翻译上, 采用译注的形式使得英文技术词汇有限的学生能够掌握图书阐述的概念。正如你们所看到的这套丛书, 现在它已不仅限于最初的目的和形式。我们不会忘记我们的宗旨, 而当我们展望未来时, 我们感到非常高兴的是这套 AIAA 中文版图书包含了 AIAA 所出版的所有类别的图书: 教育系列 (大学教材)、航空航天进展系列 (科技) 以及飞行图书馆系列 (大众爱好)。

另外, 最近几年里, AIAA 的所有图书、期刊文章和技术会议论文都已进行电子版存档, 我们也希望我们的国际会员和合作伙伴能够很方便地访问这个强大的航空航天信息图书馆。

由最初在出版上的合作开始, AIAA 已增强了其与中国的合作关系, 包括代表团互访和交流等活动。这些互惠活动使美国和中国的航空航天团体之间的联系纽带更加牢固, 也使双方收获了重要的友谊。各种开拓性的互动将使我们的国家间拥有更好的相互理解与合作关系。AIAA 非常感谢中国航空工业集团公司的张新国副总经理、中航工业经济技术研究院王英杰院长、中航出版传媒有限责任公司的刘鑫总经理和李苏楠主任为此次合作所做出的努力。

AIAA 致力于服务广大会员和航空航天业。如今, AIAA 有许多来自中国的会员, 随着更多的学生和专业人士通过这套丛书、AIAA 的其他出版物和直接的交流而对 AIAA 有更多的了解, 我们希望来自中国的会员数量将会不断增多。而对于如何改善我们的服务, 我们认为最好的想法是来自于我们的读者和会员。欢迎你们提出建议, 并且我相信中航出版传媒有限责任公司会将你们提出的建议转达给 AIAA。

我们期待着未来长期且富有成效的合作。



罗伯特·迪克曼
美国航空航天学会主席

译者序

20 世纪人类在科学技术方面最伟大的贡献之一，就是发明了飞机。1903 年 12 月 17 日，美国莱特兄弟驾驶自己制造的飞机从北卡罗来纳州基蒂霍克飞入空中，实现了人类首次持续的动力飞行，从此开创了人类航空史的新纪元。2003 年 12 月 17 日是人类动力飞行 100 周年纪念日，这本书就是为这个特殊的日子而撰写的。

该书作者是航空界最受尊重的专家之一：小约翰 D. 安德森。安德森博士早年毕业于佛罗里达大学，获得航空工程学学士学位；然后在俄亥俄州立大学获得航空航天工程学博士学位。他也曾在怀特·帕特森空军基地航空航天研究实验室和美国海军军械实验室从事过 10 多年的航空工作。他是美国航空航天学会（AIAA）的荣誉会员。

该书主要介绍的是关于飞机技术的发展史，从莱特兄弟之前的几个世纪讲起，一直讲到今天。全书共分为 7 章：第 1 章为导论；第 2 章介绍 19 世纪以前的航空发展；第 3 章介绍 19 世纪的航空进展；第 4 章介绍莱特兄弟的“飞行者”飞机；第 5、6、7 章分别给出了双翼飞机时代、螺旋桨飞机时代及喷气飞机时代的飞机技术发展。在叙述过程中，作者将设计师和工程师们在科学理论上的突破与具体实践相结合，给我们展示了一段清晰的飞机技术发展历程。全书通俗易懂，对于非航空专业读者与航空专业读者均不无裨益。

该书由西北工业大学航空学院多年从事相关教学与科研的教师负责翻译。全书由宋笔锋教授担任主译，翻译成员包括：宋笔锋、裴扬、钟小平、安伟刚。在本书的完成过程中，西北工业大学李为吉教授审阅了书稿，并提出了许多宝贵的意见，在此表示衷心的感谢。此外，博士生冯晓强、王进、李洋及硕士生李攀、孟浩等参与了部分资料整理与文字编辑等工作，感谢他们对本书翻译工作的帮助与大力支持。

译者

2012 年 2 月于西安

原 版 前 言

如果你是一位几乎没有工程科学理论基础、但又对飞机和飞行历史感兴趣的普通读者，这本书是适合你的；如果你是一位想要进一步了解飞机技术发展的工程师、科学家或者技术人员，这本书也同样适合你。本书讲述的是飞机技术发展历程中的一段故事。这段故事十分有趣，实际上，它本身已足够吸引人。我所做的工作就是将它的精华搜集整理，以供大家欣赏。

在技术发展史的广阔领域中，飞机技术发展史可以被看成是一个学术研究的对象。但对于该书来说，我并没有打算将它写成一部学术类型的著作。为了使这本书读起来流畅、易懂、有趣，全书没有脚注、尾注以及按次序编号的参考文献。不过，在书后简单地列出了很多文献目录，这些文献是写作该书的素材，也可供读者做进一步的深入阅读。借助于学术上编号的方式，我也将书中的许多插图进行了编号，并在文字中通过图号进行引用，这可以方便读者集中注意力来理解所关心的插图。此外，为了加强对内容的阐述，这本书里还穿插了一些飞机图片，这些图片具有自明性的标题，但没有进行编号。

飞机技术发展史是一个庞大的学科，本书的规模不可能完全涵盖全部内容。你在这里所读到的是我个人所精选的题材和范例，这些内容经过整理有机地组织到了一起，对飞机技术历程做了广泛且蕴含哲理的概述。其他的作者很可能选择和我不一样的题材与范例。因此，本书题目强调它讲述的是飞机的一段技术发展历程，而不是整个发展史。我希望我所选的题材能够引起你的兴趣，令你兴奋，并能使你更加深入、更加广泛地了解飞机技术的发展历史。

我要感谢我所有的美国国家航空航天博物馆（NASM）航空部的同事，因为他们提供一个极好的研究和讨论航空历史的知识环境。尤其要感谢的人员包括：霍华德·沃尔科博士，他是名字航工程师，现在已从NASM退休，感谢他在飞机结构史方面所给予的启发性论述；哈罗德·安德鲁斯，NASM的研究员，本书使用了许多他所搜集的图片，并且分享了他在飞机方面渊博的知识；杰里米·金尼，NASM推进馆的馆长，他对推进器的发展有着敏锐的洞察力；汤姆·克劳奇和彼得·雅各布博士，他们都是NASM的管理员，感谢他们提供了有关早期飞行的大量知识；多姆·皮萨诺博士，NASM航空部的主席，他在飞机社会历史方面有着独特的思考；美国航空历史学会，该学会提供了历史档案照片；布莱恩·瑞德尔，伦敦的英国皇家航空学会图书馆馆长，我在该图书馆研究工作期间，他提供了宝贵的帮助。我特别要感谢罗杰·威廉姆斯，美国航空航天学会书籍出版业务部的负责人，是他鼓励我写这本书的，他的不断关心和鼓励一直是我完成该书写作的指路灯。还要特别感谢我的妻子莎拉·艾伦，为了我的写作，她放弃了大量的家庭时间。同时，我也要感谢苏珊·坎宁安，她是我们家庭永久的朋友，也是一名专业的打字员，她为本书提供了手稿的打字工作。

约翰·麦吉少尉在 1941 年 9 月写下了一首著名的诗篇《高高翱翔》，该诗的开场白为：

“嘿！我已挣脱地球的桎梏，
伸展欢乐的银色机翼在空中飞舞。”

我希望大家在读这本书的时候，能感受到上面诗句的意境。更重要的是，在看完这本书时，我希望大家能够对过去的两个世纪里，发明家和航空工程师们为挣脱“地球的桎梏”设计建造飞行器并最终成功制造成“欢乐的银色机翼”所做的艰辛工作有更好的理解。

小约翰·D. 安德森

2002 年 11 月

目 录

第 1 章 导论	(1)
第 2 章 黑暗中的挣扎：19 世纪以前的航空	(7)
2.1 高台跳跃者	(7)
2.2 达芬奇和扑翼飞机	(8)
2.3 科学革命	(10)
2.4 速度平方法则——一场争议	(10)
2.5 牛顿正弦平方法则——一种倒退	(13)
2.6 旋转臂的发明——本杰明·罗宾斯	(15)
2.7 约翰·斯米顿和斯米顿系数	(17)
2.8 乘气球飞行	(18)
第 3 章 跌宕起伏：19 世纪的航空进展	(20)
3.1 现代飞机布局的概念——乔治·凯利	(20)
3.2 “空中蒸汽马车”——威廉·塞缪尔·亨森	(24)
3.3 第一次有人“跳跃飞行”——费利克斯·杜·坦普尔	(27)
3.4 第二次有人“跳跃飞行”——亚历山大·莫扎伊斯基	(28)
3.5 自身的稳定性——阿尔方斯·佩诺	(29)
3.6 巨大分歧——学术研究者和将来的飞行器发明家	(31)
3.7 大不列颠航空学会	(32)
3.8 风洞的问世	(34)
3.9 带弯度的翼型——霍雷肖·菲利普斯	(35)
3.10 巨大的飞行器——海勒姆·马克西姆	(37)
3.11 一切都在向前发展——空气动力学和奥托·李林达尔的滑翔机	(41)
3.12 飞机的技术可行性验证——塞缪尔·兰利	(46)
3.13 事情在变糟——失败的兰利 Aerodrome	(54)
3.14 19 世纪的飞机技术回顾	(57)
第 4 章 真正的开始：莱特“飞行者”	(58)
4.1 奥维尔与维尔伯——他们是谁	(58)
4.2 莱特兄弟早期的技术——1899 年的风筝	(63)
4.3 1900 年滑翔机	(65)
4.4 1901 年滑翔机	(69)
4.5 哪里出错了	(71)
4.6 风洞试验	(75)

4.7	1902 年滑翔机	(79)
4.8	1903 年莱特“飞行者”	(83)
4.9	成功	(87)
4.10	莱特兄弟对飞机技术有何贡献	(90)
4.11	航空工程开始起航	(90)
第 5 章	凭经验和直觉的设计：带撑杆和张线的双翼飞机时代	(94)
5.1	构型的发展——第一阶段	(95)
5.2	1917 年一个飞机设计的例子——斯帕德Ⅲ飞机	(98)
5.3	空气动力学的发展	(102)
5.4	推进系统的发展	(114)
5.5	结构的发展	(121)
5.6	飞机设计过程的发展	(127)
5.7	全金属飞机——胡戈·容克斯飞机	(130)
第 6 章	第一次设计变革：螺旋桨飞机日趋成熟的时代	(140)
6.1	建立了成熟的螺旋桨飞机的标准——从 DC - 1 到 DC - 3	(141)
6.2	布局展示——1930—1955 年	(154)
6.3	空气动力学的进展	(157)
6.4	推进技术的进展	(189)
6.5	结构方面的进展	(201)
6.6	飞机设计过程的进展	(203)
第 7 章	第二次设计变革：喷气推进飞机的时代	(220)
7.1	航空的变革——喷气发动机	(221)
7.2	喷气客机的标尺——波音 707	(226)
7.3	1950 年至今的布局演化	(229)
7.4	空气动力学的进展	(233)
7.5	推进技术的进展	(260)
7.6	结构方面的进展	(266)
7.7	飞机设计过程的进展	(267)
7.8	未来将如何	(277)
参考文献		(278)

第 1 章 导 论

没有 1000 年的工夫，人类难以实现飞天梦。

维尔伯·莱特在一时绝望中的感慨

1901 年

星期四上午进行了 4 次成功的飞行，都是在时速 21mile^① 的风速下、单靠发动机动力水平起飞的。最长飞行时间为 57s，平均时速为 31mile。告知新闻报社，回家过圣诞节。

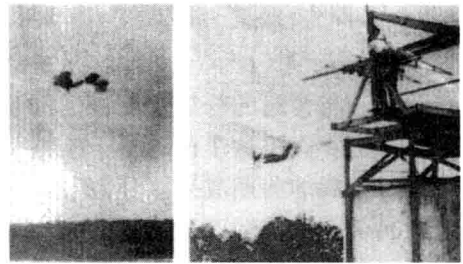
奥维尔·莱特

一份原文带有印刷错误的电报

(奥维尔·莱特发给他父亲的电报)

1903 年 12 月 17 日

地点：北卡罗来纳州基蒂霍克海滩以南 4mile，斩魔山上被风吹扫的沙丘地带。时间：1903 年 12 月 17 日，星期四上午 10:35。主角：奥维尔·莱特和维尔伯·莱特以及当地的 5 名目击者。情节：即将载入历史史册的是一架结构单薄、样子奇特的飞机。该飞机主要由云杉木和帆布制作而成，采用上下布置的双翼形式，在机翼前方的支柱之上安装有一个水平升降舵，在机翼的后方安装了两个垂直



方向舵。在下层机翼上表面中心稍微靠右的位置安装了一台 12hp^② 的发动机，在该发动机左边就是维尔伯·莱特，他俯卧在下层机翼上，正对着 12 月凛冽的寒风。在他身后旋转着两个样子笨拙的机组成员（螺旋桨），它们通过两套滑轮和链条装置连接于同一台发动机上进行驱动。飞机开始沿着 60ft^③ 长的水平地面发射轨道进行滑行，维尔伯·莱特跟在飞机的右边，他支撑着翼尖以避免翼尖拖起地面的沙子。快到起跑轨道的末端时，飞机脱离地面升入空中，也正是在这一刻，斩魔山救护站的约翰·丹尼尔斯拍下了航空史上具有历史意义的照片。照片如图 1-1 所示，这也许是航空史上最为重要的照片。飞机飞行得不太平稳，突然上升到大约 10ft 的高度，然后又突然低头飞向地面。这样不稳定的飞行持续了 12s 后，飞机冲进沙土，此时，飞机距离起跑轨道升空点的距离是 120ft。用奥维尔·莱特自己的话来总结这次飞行：“这是人类历史上载人飞机第一次在所有飞行阶段靠自己的动力进行空中飞行，第一次在飞行的过程中没有减速，并且是第一次降落在一个与起飞地点同样高度的地方。”

这架飞机叫莱特“飞行者”1 号，现在已经被后人存放在华盛顿哥伦比亚特区史密森尼学会的国家航空航天博物馆里。那个寒冷的 12 月 17 日所进行的飞行有着非常重大的影响，它实现了人类几个世纪以来的梦想，并且带来了一种全新的生活方式。因为这次飞行及其在后来 5 年所取得的进一步成功，莱特兄弟被认为是真正意义上的航空工程师先驱。

① 1 mile = 1609.344m。

② 1 hp = 745.7W。

③ 1 ft = 0.3048m。——译者注

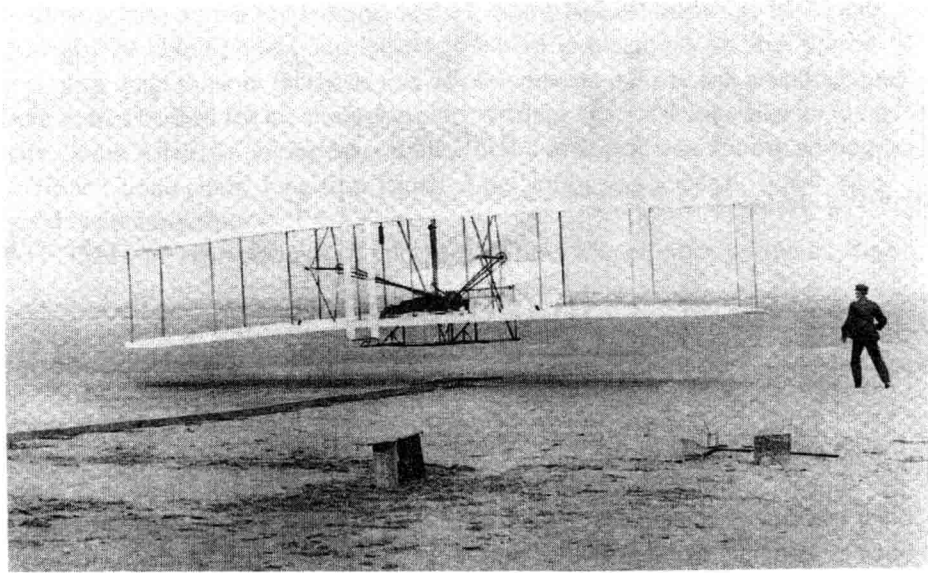


图 1-1 1903 年 12 月 17 日上午 10:35, 莱特“飞行者”在北卡罗来纳州的斩魔山进行的历史性首飞

然而,与普遍的看法相反,飞机并不是莱特兄弟发明的,但是他们发明了第一架带动力成功飞行的飞机。飞机这个概念早于莱特飞行 100 多年就已提出了,莱特兄弟继承了一个世纪以来航空研究与发展的前期成果。到 20 世纪初,实现动力飞行的时机成熟了。当然,我们现在可以回溯到莱特兄弟首次成功飞行 7 年前的现场。地点:停泊在加帕瓦斯卡海岛的一艘房船,该岛位于弗吉尼亚州匡蒂科的波托马克河的西岸。时间:1896 年 5 月 6 日下午约 3:05。主角:塞缪尔·皮尔伯恩特·兰利(史密森尼学会第三任秘书)、他的密友亚历山大·格拉汉姆·贝尔以及 4 位助手。情节:在房船顶部安装有弹射器,飞机被悬挂在弹射器的下方。该飞机的两个矩形机翼由云杉木和中国丝绸做成,大小相同,一前一后布置(排翼布局),翼尖间距离为 13.1ft。水平尾翼和垂直尾翼布置在飞机的后部。两翼之间有两个螺旋桨,由一个轻型蒸汽发动机来驱动,大约能产生 1hp 功率。这个飞机因为太小,所以不能承载飞行员;但是又因为太大,也不能称为模型。这是一架真正意义上的飞机,由兰利在 7 年潜心研究的基础上设计而成,被兰利命名为“爱罗卓姆”(Aerodrome)。Aerodrome 从河流表面 20ft 的高度发射到空中,在微风中飞行,随即缓慢下降了 3~4ft,然后开始平稳地爬升。本次飞行的拍照任务是由贝尔负责的,飞机起飞瞬间的照片如图 1-2 所示。凭借发明电话而致富的贝尔之所以参与此次活动,是因为他对动力飞行有着浓厚的兴趣以及与兰利的密友情谊。Aerodrome 起初向右侧盘旋,在最初的两圈中能够稳定地爬升。飞机到达 100ft 高度之后,因为发动机开始失去蒸汽动力而缓慢下降,最后降落在水面上。此次空中飞行历时 1.5min,飞行总航程为 3300ft。

这次飞行的意义是重大的。这是历史上重于空气的动力飞行器第一次成功实现了持续飞行。它向世界证明了动力飞行的技术可行性是不必怀疑的,这对于莱特兄弟有着重要影响,莱特兄弟随后也认为这种技术可行性是理所当然的。兰利的 Aerodrome 5 号和莱特兄弟的“飞行者”一同被存放在国家航空航天博物馆里。直到 1896 年,一些人明确意识到当时离成功发明有人驾驶飞机其实已经近在咫尺。但是这个荣誉不归兰利所有,虽然他最终设计出了一个更大的载人 Aerodrome,然而他 1903 年的两次单独试飞均以失败告终(原因将在第 2 章中讨论)。

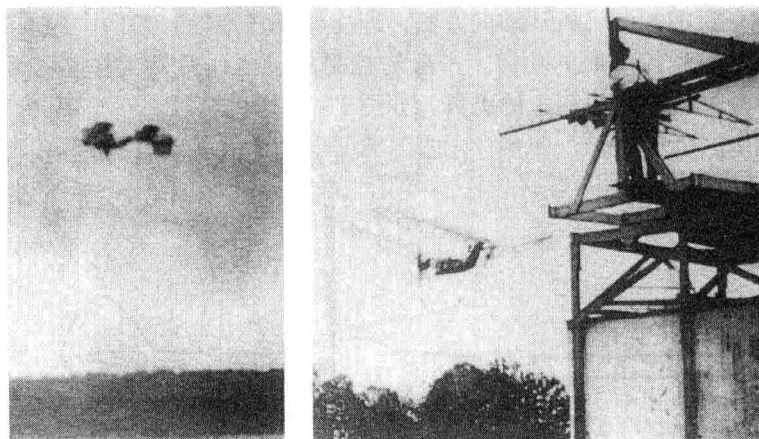


图 1-2 1896 年 5 月 6 日，塞缪尔·兰利的 Aerodrome 5 号在弗吉尼亚州匡蒂科的波托马克河上空成功起飞瞬间

相反，莱特兄弟通过他们的独创性、献身精神和毅力，最终发明了第一架成功飞行的飞机。事实上，现在所有常规布局的飞机都有着与莱特“飞行者”同样的基本组成部分——用来产生升力的机翼、水平尾翼和垂直尾翼，以及产生向前推力的推进装置，甚至还包括根据飞行员意愿来使飞机做滚转、俯仰和偏航运动的控制设备。尽管具有划时代意义的第一次飞行（1903 年 12 月 17 日，斩魔山）仅持续了 12s，尽管在当天上午接下来的 3 次飞行中，最长时间为 59s，飞行航程为 852ft。然而，到 1905 年，莱特兄弟改进的飞机在空中最长停留时间已达到了 38min，飞行航程达到了 24mile，最后只是因为燃油耗尽而不得不降落。

重新观察一下图 1-1 中的莱特“飞行者”，你会发现所看到的机器是当时的“高科技”产品。更进一步讲，它是当时多种高新技术组合在一起并协调工作的结晶。莱特兄弟把他们的飞机当成一个系统，该系统由空气动力学、动力、结构和飞行动力学等相互支撑的元素构成。正如现代立体声系统的品质与它最差组成部分的品质几乎相同，对于飞机来说也同样存在这样的问题。你可以设计出一架具有优越气动外形、强大动力系统和良好飞行控制系统的飞机，但是如果它的结构特性很弱，那么这架飞机也是失败的。（塞缪尔·兰利在经过一番艰苦努力后才发现了这一点，这将在第 2 章中具体介绍。）莱特兄弟之所以成功的一个原因是：他们飞机中的每个组成部分都能够充分实现其性能和要求，而这一点是他们通过大量的计算和试验来实现的。

本书介绍的是关于飞机技术的历史，本来是面向非航空专业读者的，但是，对于航空专业读者来说，里边的故事也同样有趣。本书的飞机技术史将从莱特兄弟之前的几个世纪讲起，一直讲到当今。

飞机技术的历史就是空气动力学、动力、结构及材料、飞行控制的进步史，他们是动力飞行的 4 项基本技术特征。想象一下，一架飞机正在空中高速飞行，在飞机表面有气流流过，这些气流将为飞机提供空气动力（简称气动）。方便起见，空气动力可分解为垂直于来流的升力和平行于来流的阻力，升力与阻力如图 1-3 所示。飞机只有被产生推力（拉力）的某种动力装置来推动或拉动才能在空气中飞行，如图 1-4 所示，此时推力需要克服阻力。如果你不希望在飞行过程当中尾翼折弯或机翼解体，那么飞机的结构必须是可靠的。同样，飞机结构的材料应该强度大且重量^①轻。飞机的重力如图 1-5 所示，它是飞机结构重量以及其他所携带重量的总和。在稳定的水平飞行时，升力正好平衡重力。升力、阻力、推力与重力等是对飞机飞行性能有着重要影响的 4 个力，如图 1-6 所示。最

① 本书中的“重量”是质量（mass）的概念，单位是磅（lb）。——译者注

后，飞行员必须掌握一定的控制飞机运动的方法，即能够任意地偏转航向、倾斜转弯、爬升和俯冲，这实际是机翼与尾翼上各种控制面的功能。一般的控制面包括：安装在垂直尾翼上的方向舵、安装在水平尾翼上的升降舵和安装在机翼上的副翼，如图 1-7 所示。

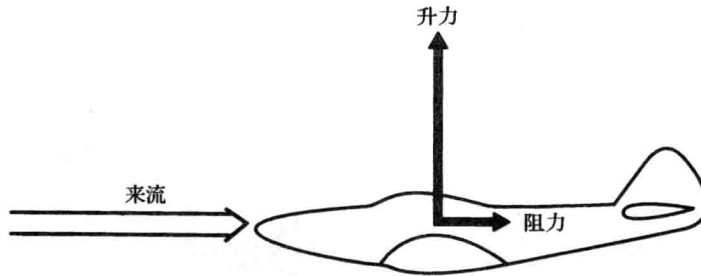


图 1-3 飞机升力与阻力示意图

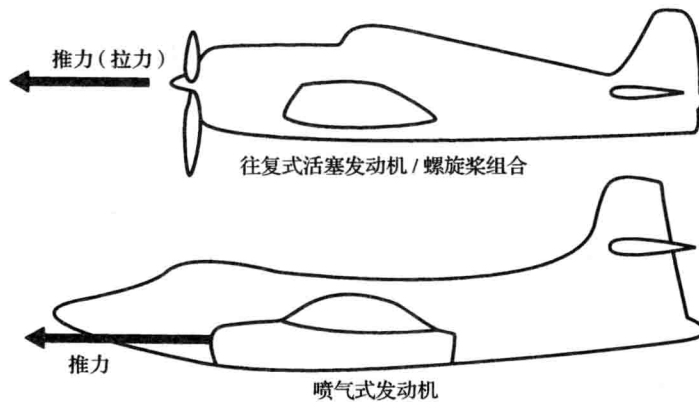


图 1-4 飞机推力（拉力）示意图

（对于传统的飞机来说，推力（拉力）由发动机/螺旋桨的组合方式来提供，也可由喷气式发动机来提供。如果是螺旋桨驱动飞机，发动机的类型可以是往复式活塞发动机，也可以是燃气涡轮发动机（该发动机驱动螺旋桨运动，称为涡轮螺旋桨发动机））

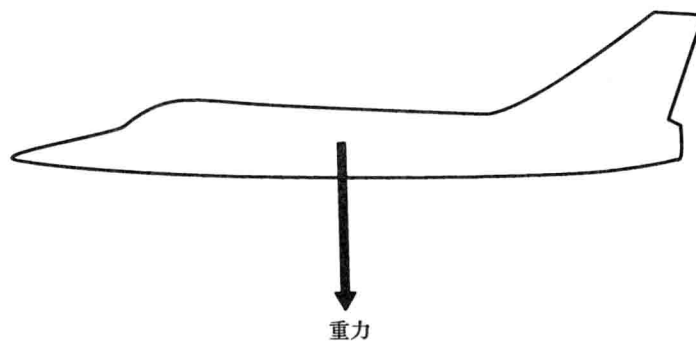


图 1-5 飞机重力示意图

我们将对飞机技术史按照时间顺序进行描述，在阐述每个发展时代的飞机时，将对空气动力学、动力系统、材料与结构、飞行控制等以平行的方式进行探讨。回顾一下，莱特兄弟认为飞机的这 4 个方面必须作为一个系统来协同工作，而且 1903 年 12 月 17 日莱特兄弟“飞行者”的成功，就是因为有着对这方面的正确认识。

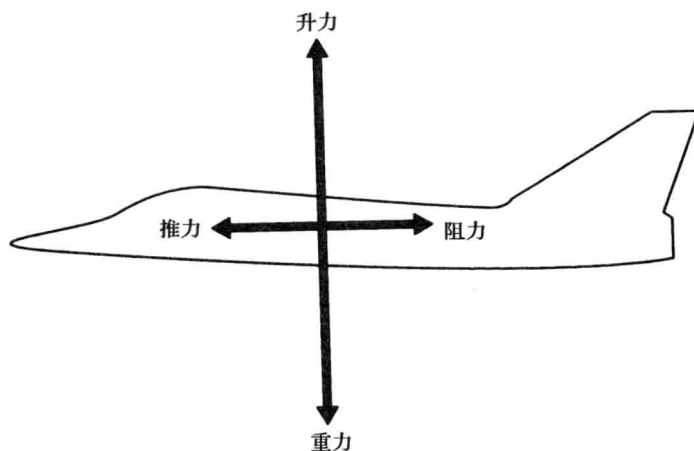


图 1-6 升力、阻力、推力和重力示意图

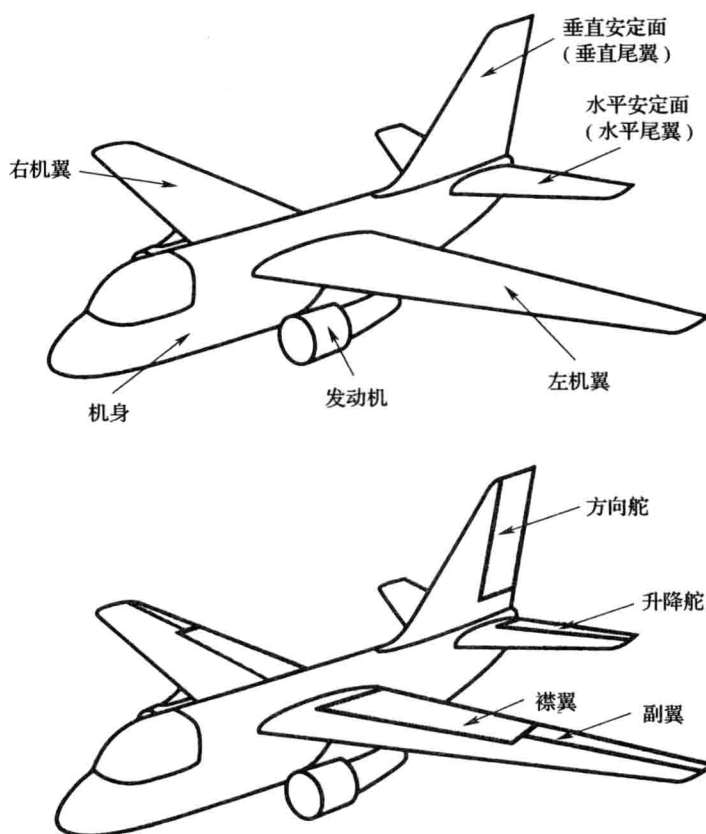


图 1-7 飞机各个组成部分示意图

莱特兄弟并不是闭门造车，他们承认他们是“站在巨人的肩膀上工作”。早在 15 世纪，列奥纳多·达芬奇就开始努力地去解决重于空气的动力飞行技术问题，特别是在 19 世纪，人们获得了解决该技术问题的动力。19 世纪工业革命首先出现在英格兰，然后遍及西欧，工业革命的到来不仅提供了技术方面的发展，而且提供了机器时代的理性意识，这些都可以被当时努力制造飞机的人们所利用来取得更大的进步。事实上，在 19 世纪初，人们还没有真正理解动力飞行的物理原理。直到 19