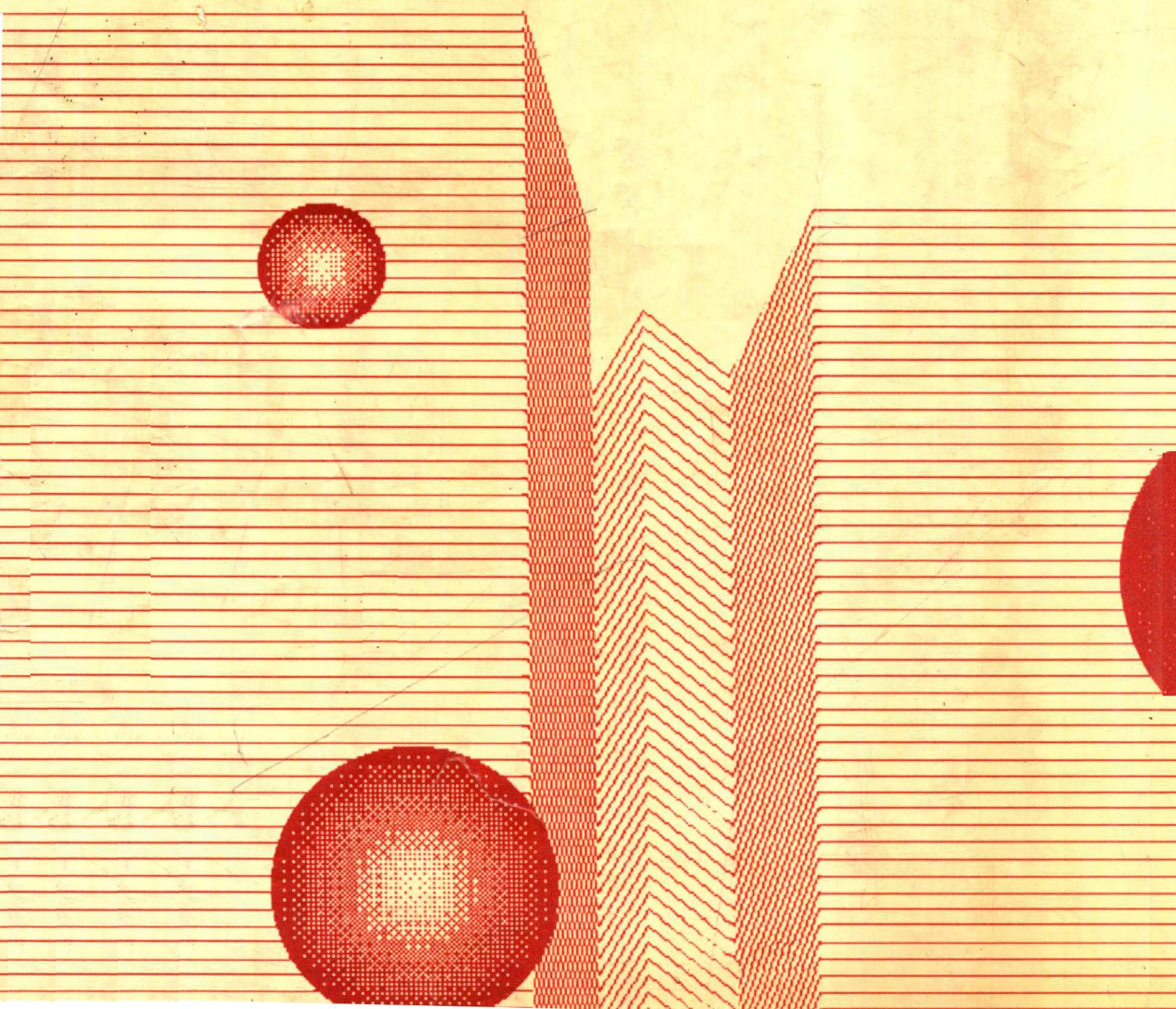


高技术系列教材

航空飞行器发展概论

许光明 编著



航空飞行器发展概论

许光明 编著

国防科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

航空飞行器发展概论/许光明. —长沙:国防科技大学出版社, 1998. 4
ISBN 7-81024-477-9

- I. 航空飞行器发展概论
- II. 许光明
- III. 航空飞行器—飞行器发展史
- IV. V27

国防科技大学出版社出版发行

电话: (0731) 4555681 邮政编码: 410073

E-mail: gfkdcbs@public.cs.hn.cn

责任编辑: 黄八一 责任校对: 卢天颢

新华书店总店北京发行所经销

长沙交通学院印刷厂印装

*

787×1092 1/16 印张: 25.75 字数: 595 千
1998年4月第1版第1次印刷 印数: 1—2000册

*

定价: 30.00 元

内 容 简 介

本书系统地论述了各类航空飞行器的发明、发展、特点、用途及其发展趋向。内容包括人类仿鸟扑翼飞行所经受的挫折；升空飞行奋斗历程的三次重大突破——气球/飞艇的发明，世界第一架载人动力飞机的诞生，喷气式飞机的产生与突破音障；军用飞机的分类、特点与用途；民用飞机的分类、特点及其发展方向；直升机、人力飞机、太阳能飞机和无人驾驶飞行器的发展概况；航空技术与航空飞行器在现代战争中的作用；航空技术/航空飞行器与国防建设的关系。

本书附有大量图表，给出一些典型飞行器的主要设计参数和飞行性能参数以及一些很有价值的统计数字，可作为飞行器工程专业本科生学习《航空航天技术概论》课程的参阅、补充材料；也可供非飞行器工程专业本科生阅读参考。

本书不仅内容丰富、知识性强，而且深入浅出、可读性好，可供从事航空飞行的官兵和专业人员以及参与航空科研、设计、制造、运用的有关工程人员参阅；对于广大的航空爱好者来说，这也是一本不可多得的科普读物。

自序

在孩提时，我就十分羡慕各种鸟类和昆虫，因为它们可以自由飞翔；当我在西北工业大学飞机系空气动力学专业以优异的成绩完成5年学业毕业时，觉得很自豪，因为我对各种飞行器的飞行原理已十分清楚，鸟类、昆虫和蝙蝠也不过如此。30多年后的今天，尽管我在模型自由飞试验技术、飞行器布局、失速/尾旋、航天高技术、仿生学、飞艇技术和航空发展史方面勤奋耕耘，不断探索，有些领域还结下硕果，反而觉得鸟类、昆虫和蝙蝠的飞行技巧奥妙得难以理解。

人类在仿鸟扑翼飞行的探索历程中，屡受挫折。经过长期反复的实践，终于找到了3种离地升空的技术途径：

● 根据热气上升的原理而发明轻于空气的飞行器——气球（热气、氦气、氩气）、飞艇（热气、氦气、氩气）；

● 受中国的竹蜻蜓和昆虫飞行的启迪，靠旋转面而直升飞行的飞行器——旋翼机、直升机；

● 受中国的风筝等面状物和鸟类滑翔飞行的启示，靠固定翼面产生升力的飞行器——滑翔机、飞机……

时至今日，可在地球大气层内飞行的航空器（aircraft）之种类与型式已多得到了令人眼花缭乱的地步，其飞行速度、航程、升限和载重能力令一般人难以置信，更是鸟类、昆虫和蝙蝠所无法比拟的——真可谓青出于蓝而胜于蓝。

如今，对我来说，飞行器怎样才能飞得快些、飞得远些、飞得高些以及载重量更大的设计原则都十分清楚，但对如下一些问题却始终迷惑不解：

● 世界上最小的“微型鸟”（有的体重还不到2克）——蜂鸟，在其展翅悬停飞行时，翅膀上众多的空隙除了可发出嗡嗡声外还有什么妙用呢？

● 按照我们人类业已掌握的空气动力学知识，蜜蜂难以仅靠它那对小翅膀支撑粗大的躯体，可是它竟能不断地奔波，勤于酿蜜，它是如何通过其小翅膀的高频振荡以及复杂的扑动和摇摆有效地生成旋涡、强化旋涡和利用旋涡的呢？

● 只要有一片空旷地方，直升机就能够垂直起落——在各种重于空气的飞行器中，这是极为诱人的优点，但仍无法与鸟类（昆虫）相比。鸟类（昆虫）的富有弹性的双腿无疑是空前绝后的最佳“起落架”，它的起飞/着陆并不要求无障碍的空地，在茂密的树桩和草丛间照常起降自如，其双腿与双翅是如何巧妙地协同运作的呢？

● 蜻蜓两双翅膀的表面难以用当今空气动力学的减阻/增升机理去解释，其布局形式也已超越了当今飞行器设计师的基本设计原则；在飞行中并没有做高频扑动与挥舞，但其飞行技巧却在昆虫中堪称一流；它可以随意机动——加速/减速、急转弯、急跃升、俯冲、悬停、倒飞……几乎无所不包！它到底是怎样利用人类至今难以在飞行器上实现的升力第二峰值的呢？

● 几乎所有重于空气的航空器和飞艇都设有垂直安定面和方向舵，以确保其飞行时的方向稳定性和操纵性，可是所有的鸟类、昆虫和蝙蝠都没有清晰可见的“垂直安定面”和“方向舵”，但其飞行稳定性和机动性却是任何飞行器也无法与之相比的。它们的“机翼”、“副翼”、“襟翼”、“方向舵”、“升降舵”以及“涡流发生器”是如何巧妙配合的呢？

● 80多年来，尽管全世界的空气动力学家和飞机设计师都在想方设法，动用各种研究手段试图解决飞机的尾旋问题，但它至今威胁着军用飞机和民用飞机的飞行安全。缘何所有的鸟类、昆虫和蝙蝠都不会坠入尾旋，更不可能因尾旋而落得个粉身碎骨呢？

● 为什么3厘米长的海蜻蜓竟能连续飞行1000千米？身长只有25厘米的金鸫鸟可在海洋上空飞行4000千米而体重只减轻60克，其航程/能耗比为何如此之高？其升阻比到底有多大？

● 猫头鹰在其俯冲捕食反应极为灵敏的鼠类时，能不声不响，它消除其气动噪声的诀窍又是什么？

……

所有这些问题，对当今的空气动力学家和飞行器设计师来说都是知之不多，甚至是一无所知的。正因为这样，我早就想通过理论计算、风洞试验和模型自由飞行试验这三种空气动力学研究手段与仿生学有机地结合起来，建立一种仿生飞行系统工程研究体系；然后，把鸟类、昆虫和蝙蝠的飞行技巧应用到飞行器空气动力学、飞行器飞行动力学和飞行器设计中……现在看来，显然是不可能的了。其原因在于：

● 仿生飞行系统工程研究体系需要投入巨大的人力、物力和财力，甚至是需要进行国际合作的研究难题；

● 经过千万年适者生存、不适者被淘汰的严峻考验，鸟类、昆虫和蝙蝠的飞行技巧绝非一看就懂，一模仿就成功的。它是一本人类至今难以读懂弄通并运用自如的经典航空文献——即使经过几代人的努力也不见得会取得突破性的进展。

基于这种认识，我就萌发了写这本书的想法——让更多的人了解航空飞行器的过去、现在和将来，呼吁人们关注航空飞行器的发展，唤起广大青少年了解航空、热爱航空，并投身到神圣而艰巨的航空事业中来。

在这本书中，我力图用有限的篇幅向读者阐述人类仿鸟扑翼飞行所经受的种种挫折；人类升空飞行奋斗历程的三次重大突破——气球/飞艇的发明，世界第一架载人动力飞机的诞生，喷气式飞机的问世与突破音障；军用飞机的分类、特点与用途；民用飞机的分类、特点及其发展方向；直升机、人力飞机、太阳能飞机和无人驾驶飞行器的发展概况；航空技术与航空飞行器在现代战争中的作用；航空技术/航空飞行器与国防建设的关系。

这本书具有如下几个特点：

● 既可作为飞行器工程专业本科生学习《航空航天技术概论》课程的一个重要参阅材料，也可供非飞行器工程专业的本科生阅读；因其内容丰富、知识性强，可供从事航空飞行的官兵和专业人员以及参与航空科研、设计、制造的有关工程人员参阅；本书也是一本不可多得的引导广大青少年投身航空事业的科普专著。

至今我还清楚地记得1978年9月1日我国现代科学家和航天事业的奠基人、世界著

名火箭专家钱学森在他的办公室与我和陈良一次长谈的情景，他说：“做科学工作的不但自己干，而且要说服别人一块干，要做宣传工作。”他还指出“科普工作的关键是让人喜欢看，听得懂”。遵循他的教诲，本书力图做到深入浅出、图文并茂，对每种（类）飞行器的发展、特点及其用途都作必要的论述。

● 全书贯穿两根线——航空飞行器的发展史以及空气动力学在航空飞行器发展中的先导作用。

● 本书以大量统计数据分析各种飞行器的设计特点与飞行特性，从中我们可以了解各类飞行器设计所必须遵循的一些基本准则，了解统计数据如何获取与分析，这本身就是一项很有意义的科学研究工作。

● 本书与同类专著相比，其图表很多——平均每700字就有一张图，每2500字就有一张表。可是它又不是飞行器手册或航空年鉴这样一类书，但又可以起到手册的一些作用。为此，在第十二章后又专门列有表目录和图目录，以方便读者查找有关数据。

在我动笔写这本书的时候，我的好朋友——我国著名的飞艇设计师、飞艇制造家、飞艇飞行家张处弘和他的夫人孙建林给我送来他们的专著《飞艇——过去、现在和将来》；我的好朋友——年轻有为的航空史研究家江东给我送来他的专著《鏖战蓝天——世界空战王牌列传》。这两本书使我受益不浅，并从中作了一些引证，在此顺表谢意。

这本书得以按时“交卷”，必须感谢我的得力助手郑忠培、关军两同志。郑忠培协助我精选插图，并对282幅插图进行美术加工和处理；关军作为本书的第一位读者校阅了原稿的每一个字符，并编制了目录、表目录和图目录……我还要向中国空气动力研究与发展中心关心和支持我著书的各位领导和帮忙复印有关资料的同志们深表谢意。最后，谨向国防科技大学出版社的领导、编辑和工人同志们致以衷心的感谢。

中国空气动力研究与发展中心 研究员

西南工学院 教授 许光明

1996年12月于绵阳

中国航空史研究会 理事

目 录

第一章	引子	(1)
第二章	人类仿鸟扑翼飞行的尝试	(4)
第三章	人类升空飞行的第一次重大突破 ——气球、飞艇的发明与发展	(7)
第四章	航空科学先驱探索固定翼飞行技术途径的足迹	(30)
第五章	现代航空的新纪元 ——世界第一架载人动力飞机的诞生	(41)
第六章	活塞式飞机的发展与应用	(47)
第七章	航空技术发展的第三次重大突破 ——喷气式飞机的产生与突破音障	(64)
第八章	现代喷气式军用飞机的分类、特点与用途	(98)
第九章	现代民用飞机的分类、特点及其发展方向	(182)
§ 1	干线客机的现状及其发展方向	(186)
§ 2	支线客机的现状、特点及其发展趋向	(216)
§ 3	通用航空飞机	(255)
§ 3·1	世界公务机的概貌及其特点	(256)
§ 3·2	农业飞机的发展概况及其特点	(274)
§ 3·3	(动力)滑翔机、超轻型飞机与伞翼机	(291)
第十章	其他航空器	(314)
§ 1	直升机的发展进程·武装直升机	(314)
§ 2	人力飞机	(335)
§ 3	太阳能飞机	(337)
§ 4	无人驾驶飞机(飞行器)的现状及其发展趋向	(338)
第十一章	航空技术与航空飞行器在现代战争中的作用	(353)
§ 1	朝鲜战争——揭开喷气式战斗机大规模空战的序幕	(356)
§ 2	越南战争——八年狂轰,弹坑遍地	(360)

§ 3 中东战争——东西方战斗机的练兵场	(363)
§ 4 英阿马岛战争——舰载垂直/短距起落飞机大显神威	(367)
§ 5 黎巴嫩战争——空战制胜的典型	(371)
§ 6 海湾战争——史无前例的陆、海、空、天、电磁 “五维一体”的联合作战	(373)
第十二章 航空技术/航空飞行器与国防建设的关系	(383)
附录一 表目录	(391)
附录二 图目录	(394)

第一章 引子

在动物世界中,昆虫是最早获得飞行能力的。在脊椎动物当中,中生代的翼龙是最出众的会飞行的爬行动物,但它们在6000万年前已在地球上绝迹。鸟类和哺乳动物当中的蝙蝠则是飞行能力最强的高等脊椎动物类群——鸟类的飞行历史已有12000万年,而蝙蝠的飞行经历只有5000万年。

鸟类、昆虫和蝙蝠这些飞行能手,就其空气动力布局和躯体结构而言,最大的一个共同特点是:都长有可以向两侧伸展的飞行器官——翅膀,或称之为翼(wing)。

不过,有些动物,其躯体的一些部分变形成为宽阔的膜状物,而没有形成完整的翼,只能借助于空气动力支撑其部分体重,进行滑翔。例如:

飞蜥 体侧皮肤可扩张成翼膜并与四肢连接,借助此特殊的“升力面”能够滑翔60~70米的距离。

飞蛙 前后趾间长有宽大的膜蹼,爬到树梢跳跃时,借助其脚蹼状的“升力面”可滑翔几十米远。

飞鱼 大幅度摆动其尾鳍,可产生足以冲出水面跃入空中的反作用力;靠胸鳍——飞鱼的“翅膀”快速摆动可获得以5~8米/秒的速度贴近水面滑行100~500米之能力。

人为万物之灵。自有人类以来,他们就本能地思索着自己是否也能够像鸟类、昆虫、蝙蝠那样,在空中自由飞翔的问题,并大胆地进行各种尝试。

在人类探索离地升空技术途径的奋斗历程中,中国人一马当先:

● 2000多年前中国人发明的风筝(kite)被誉为世界最早的飞行器。风筝的平稳飞行性能表明,除了采用鸟类和昆虫那种扑翼方式外,采用固定翼面、拉(推)力与升力分开的方式也可以实现飞行。风筝的发明及其广为流传,对后来飞机的发明有极为重要的启迪作用:

(1) 1804年,英国的航空科学家G.凯利曾用风筝作机翼制成一架固定翼的滑翔机模型,后来又制作了一架可以乘人的风筝滑翔机,用绳子牵引起飞;

(2) 世界航空先驱、美国飞机发明家莱特兄弟,于19世纪末曾深入研究了鸟类和风筝的飞行,制造了一架形如风筝的滑翔机进行试验,然后进行滑翔机的载人飞行试验,并于1900年完成了第一次载人滑翔飞行;

(3) 俄国的飞行器研究家和发明家A.Φ.莫扎伊斯基,自1856年起开始研制重于空气的飞行器,也曾经采用放风筝的方式研究他研制的飞机。

● 汉武帝(公元前140~前87年)时淮南王刘安门客编著的《淮南万毕术》中就提到:把鸡蛋掏空,在里面点燃艾火,空蛋壳即可乘风飞去——这正是1800多年后载人热气球升空的基本原理。五代(公元907~960年)时,就有人用竹和纸制作方形大灯,在底盘上点

燃松脂,当热空气充满灯体时即可凌空升起。它首先用作军事联络信号。这种谓之松脂灯(也有人称之为孔明灯)的轻于空气的飞行器正是 800 多年后法国人蒙哥尔费兄弟发明的热气球之雏型。

● 火箭,这个名词最早出现在三国时期(公元 220~265 年)的古代典籍中。12 世纪在中国已有利用喷射原理和爆炸作用的火药武器,1274 年和 1281 年元世祖出兵东征时就使用过威力较大的震天雷炮。14 世纪末,有个叫万户的中国人在其座椅的背后安装了 47 支当时最大的火箭,左右手各持一只大风筝,试图利用火箭的推力和风筝的升力升空。此举使万户成为世界上第一个利用火箭推力进行飞行试验的探索者。为了纪念这位传奇式的飞行勇士,后人把月球表面东方海附近的一座环山以万户命名。

中国古代的火箭到 13 世纪才传入阿拉伯国家,然后再经阿拉伯人传到欧洲——这是举世公认的事实。正因为这样,在美国宇航中心休斯顿展览馆内挂着一幅中国在 12 世纪初燃放“起火”的示意图,旨在向公众说明当今的宇宙火箭原理启蒙于中国。所谓“起火”,是在南宋年代中国人发明的一种火炮——在火药筒上捆一根细长竹竿,点燃后能直冲云霄。它是利用自身喷气的反作用力向前推进,这无疑是最早靠自身喷气推进的真正火箭之雏型。

● 竹蜻蜓——用竹子或木材削成细长呈扭曲状的薄片,用双手急搓置于其中央的立轴,便能一边迅速旋转,一边上升。这种在中国早已广为流传的玩具正是当今直升机的始祖。18 世纪才传入欧美,有人称为“中国陀螺”,也有人谓之“中国竹蜻蜓”(Chinese top)。在 Devon Francis 写的《直升机的故事》一书里有这样一段描述:“在基督耶稣降生以前,中国人已会用竹蜻蜓实行机械飞行了。公元 1796 年,Sir George Cayley 制造了几个竹蜻蜓,用鲸骨和钟表发条来转动,成绩很好。其中一个竹蜻蜓曾飞行 27 米高”。

更为妙不可言的是,若把这种竹蜻蜓横放,便是螺旋桨了。世界航空先驱、美国飞机发明家莱特兄弟在其动力飞行器的研制过程中,就曾仿制过这种竹蜻蜓。

此外,4000 多年前中国人发明的桨、橹、扇子和风扇,正是后来用以推进轮船、飞艇、飞机前进的螺旋桨之雏型;4000 多年前,中国人就发现并巧妙地应用了降落伞的增阻减速之原理,公输般时代发明的晴天遮阳、雨天挡雨的伞到了明朝又有了降落伞的作用了。这正是现已广为应用的航空救生伞、降落伞、回收伞以及返回式航天器所用的回收伞之雏型;公元 1000 年以前中国人发明的走马灯实为当今燃气轮的始祖。

鸟类、昆虫和蝙蝠的飞行,甚至是天上飘浮的云彩,都足以引起只能在地面行走的古人对飞行的向往。各种令人神往的神话传说就是例证。然而,在社会生产力低下的年代,人类的飞行理想始终无法付诸实现。

人类在探索离地升空技术途径的进程中,历尽艰辛,付出了极大的代价,主要经历了三个时期(参见表 1)。

表1 航空发展的三个时期

时 期	重 大 技 术 突 破
飞行的探索时期 (20世纪以前)	1783年11月21日,法国人J.F.P. 罗齐埃和M. 达尔朗德乘坐蒙哥尔费的热气球,在巴黎实现了人类首次升空自由飞行——这标志着人类航空发展的第一次重大突破。
活塞式发动机飞机时期 (20世纪初至40年代中期)	1903年12月17日,美国的莱特兄弟用自己制造的飞机实现了人类首次持续的、有动力的、可操纵的飞行,开创了现代航空的新纪元——这是人类航空发展的第二次重大突破。
喷气式飞机时期 (20世纪40年代中期以来)	第二次世界大战后,喷气式飞机的诞生和突破音障,是航空发展史上的第三次重大突破,从此飞机进入了超音速飞行速度。

第二章 人类仿鸟扑翼飞行的尝试

人类飞行实践的第一步尝试,是单纯模仿鸟类飞行的飞人试验。早在中国的西汉王莽时代(公元 23~25 年),就有人用鸟羽做成两只翅膀装在身上,并在头部和身上连接羽毛,再装上环钮等器件进行了飞人试验——虽然只飞行了几百步就落地,但毕竟迈出了大胆探索的第一步。中世纪后,欧洲也有不少人作过类似的尝试。

无数的实践表明,人类无法沿着扑翼飞行这条技术途径实现自己升空之目的,其主要原因是:

● 鸟的骨络强度高而重量轻,羽毛轻巧而富有弹性,所构成的“升力面”——翅膀其比强度高,因而鸟的翼载荷很小——鸟翼载荷的增加与其体重的立方根成正比。例如,乌鸦的翼载为 30 帕,野鸭的翼载为 100 帕,天鹅的翼载为 200 帕。而人类至今还没有制造出与自己体重相配的鸟状“升力面”,而且人体的重量相当大,体形也不是适于飞行的流线型,这就使得“飞人”的翼载荷比鸟类大得多。

● 法国航空界的领导人之一查尔斯·雷纳(Charles Renard, 1847~1905)经过深入研究后指出,鸟类飞行时单位重量所需要的功率与其翼载荷的平方根成正比,即

$$\frac{P}{W} = K \sqrt{\frac{W}{\rho S}}$$

式中 P ——可用功率(即鸟类飞行时所能使用的肌肉力量)

W ——飞鸟的体重

ρ ——飞行高度相应的空气密度

S ——鸟翼的面积

K ——常数

鸟翼的胸肌十分发达,其心脏搏动与新陈代谢极为迅速——飞鸟的心脏就像发动机一样,它必须发出足够的功率才能支持其高能耗的飞行动作。例如,鹭的心脏占其体重的 8%,飞行能手蜂鸟则高达 22%;麻雀在飞行时的心率可达 800 次/分。而人体的肌肉比率太小,心脏所占的比率太低(只有 0.5%),心脏跳动的速度太慢(正常人的心率约为 70 次/分。)试验证明,体格健壮的运动员在 10 分钟内有可能连续发出 0.26 千瓦的功率;但按每千克体重所能发出的功率计算,则无法与鸟类相比;即使在 0.1 秒左右的短暂时间内能够发出 1.47 千瓦的功率,也无法完成有实际意义的飞行。

英国物理学家 R. 胡克(Robert Hooke, 1635~1703)指出,倘若人也长有双翼,得有 2 米的胸宽才能容纳足够的肌肉以实现自力飞行。

如果能制造出模仿鸟和昆虫飞行技巧的扑翼机(参见图 1),它在低速飞行时所需的功率比一般固定翼飞机小得多,而且能够像鸟和昆虫那样具有优越的垂直起落能力。但

是,要真正实现像鸟类翅膀那样的复杂运动,或是像蜻蜓和其他昆虫翅膀那样作高频扑扇运动则是极为困难的——有关扑翼机的控制技术、制作材料和结构设计诸多方面的问题至今未能妥善解决。

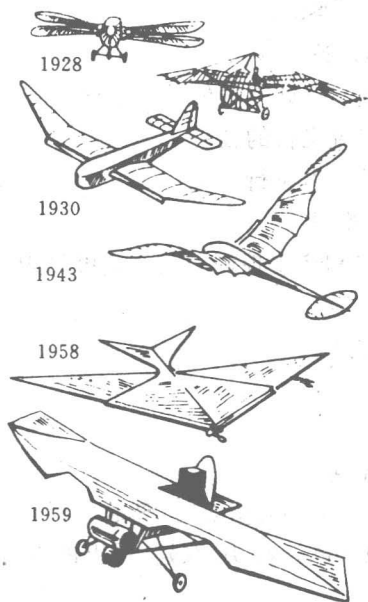


图1 几种典型的扑翼机方案

因此,人类无法依靠自己的体力或通过扑翼机实现升空之目的。事实上,早在17世纪后期,意大利的G. A. 博雷利探讨了人类肌肉与飞行的关系后,就明确指出:“人类靠自己的体力作灵巧的飞行是绝对不可能的。”

● 统计分析表明,鸟翼的扑动频率 ω_b 与其体重 W_b 基本上呈反比的关系,即 $\omega_b \propto \frac{1}{W_b}$ 。若此规律也制约着人类制造的飞行器,这些飞行器只能采用不扑动的机翼——因为人类的飞行器即使与最重的飞鸟相比,其重量也是非常大的,因而飞行器翼面的扑动频率 ω_a 趋近于零,即 $\omega_a \rightarrow 0$ 。

尽管如此,那些勇于探索扑翼飞行和滑翔的志士,其历史功绩是不可磨灭的。诚然,由于他们对飞行原理和基本理论缺乏必要的认识,因而他们的实践带有很大的盲目性,对航空科学的发展没有起到应有的作用。

在18世纪以前,只有意大利的著名画家、学者、航空科学先驱列奥纳多·达·芬奇(Leonardo da Vinci, 1452~1519)对飞行理论进行了大量科学的研究。他在学习和研究绘画艺术的同时,广泛涉猎数学、力学、建筑、医学、机械、解剖、水利、冶金、植物学等方面的知识,他是人类史上少有的百科全书式人物。

达·芬奇对航空科学的贡献可归纳为如下几个方面：

● 通过观察与实验、理论与经验相结合的方法，认识和解决航空科学的若干重大问题，其中包括：

- A) 确认通过模仿自然的机器可以实现人类的飞行；
- B) 确认通过仔细剖析鸟类的飞行可以揭示飞行的基本原理

● 1505 年写成的图文参半的研究手稿《论鸟的飞行》，涉及航空研究的三大领域：

A) 关于飞行的原理和理论

- (1) 鸟的持续飞行原理——即空气的升力原理；
- (2) 鸟类有效地利用气流飞行的技巧；
- (3) 鸟类所采取的各种省力飞行措施。

B) 关于飞行的稳定与控制

他指出鸟类的飞行转向和产生控制力的方式可分为 7 类：

- (1) 风的影响；
- (2) 翅膀的不同扇扑方式；
- (3) 飞行惯性的控制；
- (4) 尾巴的利用；
- (5) 引力中心位置的控制

他强调指出，当重心与升力中心重合时，鸟的飞行是稳定的；若两者不重合，鸟的飞行姿态就会发生变化，鸟可以不断调整头、双翅、尾巴的位置和姿态使升力中心位置发生移动；

- (6) 用腿作为减速器；
- (7) 利用翅瓣操纵。

C) 关于飞行器的设计——包括扑翼机、降落伞和直升机。

由此可见，达·芬奇是航空科学的开创者，他的研究成果理应对人类航空的发展产生巨大的促进作用。遗憾的是，他那些具有开创性的研究成果被长期埋没了——他没有把自己的研究手稿公开发表，外人对此一无所知。更为令人可惜的是，当拿破仑军队于 18 世纪末侵入佛罗伦萨并将他的遗物运回法国后，研究其手稿的人都是些艺术家、历史学家或考古学家，航空界根本无人知晓他在航空科学方面的杰出贡献。直到 20 世纪 20 年代，人们才发现早在 400 多年前这位航空科学先驱已经作了大量奠基性的工作。然而，达·芬奇对航空的发展实际上没有起到应有的作用，这是历史的悲剧。

经过漫长的、艰难的探索与无数次的反复实践，人类终于找到了几条行之有效的离地升空技术途径：

- 根据孔明灯/热空气气球原理而发明了轻于空气的飞行器；
- 受风筝和鸟类滑翔、翱翔的启迪，靠固定的翼面产生升力；
- 受竹蜻蜓和昆虫飞行的启发，靠旋转翼面而直升飞行。

第三章 人类升空飞行的第一次重大突破 ——气球、飞艇的发明与发展

1783年6月4日,法国的航空先驱、热空气气球发明人蒙哥尔费兄弟(Montgolfier brothers,兄J. M. 蒙哥尔费,1740~1810;弟J. E. 蒙哥尔费,1745~1799)在昂纳内首次公开表演了他们制作的热气球——直径达10米的热空气气球升到457米的高度,在空中飘荡了10分钟左右,然后落回地面。

1783年9月19日,蒙哥尔费兄弟应法国国王路易十六和法兰西科学院的邀请前往巴黎凡尔赛宫为国王、群臣和十多万市民作热空气气球的飞行表演。气球下吊挂着装有羊、鸡、鸭各一只的笼子,升到518米高时开始下降,最后安全降落在距升空点3.2千米外的地面,气球在空中飘飞了8分钟。

1783年11月21日,法国人F. P. 罗齐埃和M. 达尔朗德乘坐蒙哥尔费兄弟制作的热气球(直径15米、高23米、质量约800千克)升到1000米高度,在巴黎上空飘飞了25分钟——实现了人类第一次在空中飞行,最后安全降落在距起飞点约8.9千米的地方(参见图2)。

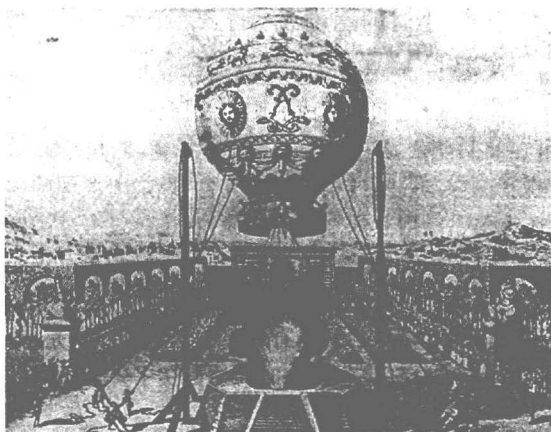


图2 1783年11月21日,法国人罗齐埃和达尔朗德乘坐蒙哥尔费的热气球在巴黎升空的情景

1783年12月1日,法国物理学家J. A. C. 查理和他的助手乘坐他制作的世界第一个

氢气球在巴黎向 40 万观众作公开飞行表演。直径 8.4 米的圆球形氢气球在 45 分钟内飘飞了 40 千米。随后,查理教授又进行了 30 分钟的单人飞行,并升至 2000 米的高度。在人类史上,这位教授就成了第一个到达这个飞行高度的人。

查理教授对气球技术的突出贡献在于他实现了几项重大的技术改进,从而奠定了现代气球的基本结构,并实现了对气球的升降控制:

(1) 采用三角楔形布拼制球体。

(2) 在气球的上半球用一个大网子罩起来,在其周边均布 20 根绳索,并用这些绳索联结吊篮——吊篮及其载荷的力就可以通过大网子均匀地分布在整個上半球上,而不是直接作用在气球球体的几个点上,因而气球结构的承载能力就可以大大提高。

(3) 在气球顶部安装一个手动的放气阀门,并由一根穿过球体直通吊篮的绳索控制——阀门打开释放一部分氢气后,气球的飞行高度就会随之下降。

(4) 在气球的吊篮里配置镇重(沙袋)——抛弃一些镇重,气球就可以升高。

(5) 在气球球体的底部开一个小口——其功能就像一个安全阀:当环境温度升高或随飞行高度增加大气压力减小时,球内的氢气就会膨胀,此时即可通过小口泄漏出去,使气球内部保持常压。

20 世纪 20 年代以后,出现了用氦气代替氢气的氦气球。

1960 年前后,载人气球的升空高度已达 34.5 千米,不载人气球达到 46 千米,气囊容积最大可达 140 万米³,载重量超过 5000 千克。

1852 年 9 月 24 日,法国发明家亨利·吉法尔(Henri Giffard)驾驶着他研制的世界第一艘飞艇(长 44 米、最大直径 12 米,外形呈橄榄状的软袋囊中充填了 2500 米³的煤气,艇重 750 千克,一台 160 千克重、2.2 千瓦的蒸汽机驱动一个转速为 110 转/分的 3 叶螺旋桨)从巴黎向特拉普以 8 千米/小时的速度飞行了 27 千米——使飞艇成为人类史上第一

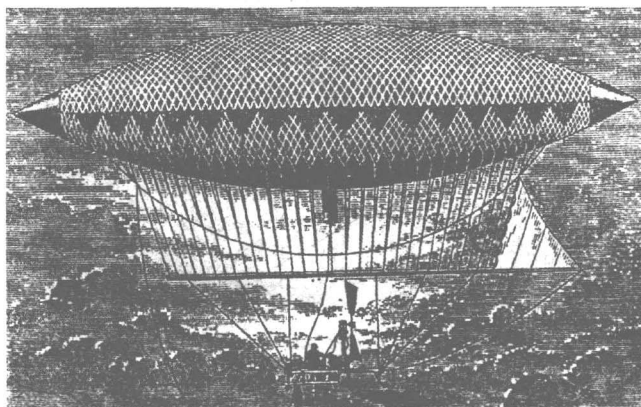


图 3 1852 年 9 月 24 日,法国发明家 H. 吉法尔驾驶着他研制的世界第一艘飞艇从巴黎飞向特拉普