

中国现代科学全书 ●

航空宇航
科学与技术

CHINESE ENCYCLOPAEDIC SERIES OF MODERN SCIENCES ●

AERONAUTICS AND
ASTRONAUTICS

● 何庆芝 主编

飞行器

FLIGHT VEHICLES

重庆出版社

中国现代科学全书·航空宇航科学与技术

飞行器

主 编 何庆芝
编辑委员 俞公沼 李成忠 申功勋
 申功璋

重 庆 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

飞行器/何庆芝主编. —重庆:重庆出版社,2000.12
(中国现代科学全书)

ISBN 7-5366-5107-4

I. 飞… II. 何… III. 飞行器-基本知识 IV. V47

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 58166 号

中国现代科学全书·航空宇航科学与技术

飞 行 器

何庆芝 主编

出版·发行/重庆出版社

经销/新华书店

印刷/北京兴谷印刷厂

开本/850×1168 毫米 1/32

印张/15.125

字数/371 千字

印数 1-3,000 册

版本/2001 年 1 月北京第 1 版

2001 年 1 月第 1 次印刷

网址:<http://www.cesms.com.cn>

电话:010-64851686

书号:ISBN 7-5366-5107-4/V·9

定价:26.00 元

出版声明/版权所有,翻印必究。



主编简介

何庆芝(1917~1999), 曾任北京航空航天大学教授, 1943年毕业于西南联合大学航空系, 先后在国内多所著名大学任教50多年。曾担任过中国航空学会常务理事、国务院学位委员会学科评议组成员、航空工业部科学技术委员会委员、《航空学报》主编、北京航空航天大学学术委员会委员等职务。编著有《飞机结构力学》、《工程断裂力学》、《航空航天概论》等。在国内外著名刊物上发表了多篇学术论文, 对中国第一枚近代火箭“北京二号”的研制及断裂力学工程应用在北航的深入开展, 他都做出了重要的贡献, 是著名的飞行器专业教育家。

CA 1051
1993

中国现代科学全书总编辑委员会

名誉主编 胡 绳 钱伟长 吴阶平 周光召
许嘉璐 罗豪才 季羨林 王大珩
郑必坚

主 编 姜士林 郭德宏 刘 政 程湘清
卞晋平 王洛林 许智宏 白春礼
卢良恕 徐 诚 王洪峻 明立志

(副主编和编辑委员名单容后公布)

航空宇航科学与技术编辑委员会

主 编 曹传钧 沈士团

编辑委员 (以姓氏笔画为序)

何庆芝 沈士团 陈 光 范玉青
袁修干 唐荣锡 曹传钧 冯文兰

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 飞行器与航空航天	1
第二节 飞行器的分类	2
第三节 飞行器发展简史	6
第二章 航空器飞行原理	14
第一节 引言	14
第二节 航空器的飞行环境	15
第三节 流体流动的基本概念	21
第四节 作用在航空器上的升力	29
第五节 航空器的阻力	39
第六节 机翼的失速及增升原理	44
第七节 飞机的稳定性和操纵性	49
第八节 直升机的飞行原理	59
第九节 风洞实验及飞行试验	64
第三章 飞行器制导、导航与控制	69
第一节 飞行器控制	70
第二节 飞行器导航(制导)	98
第三节 航空火力控制	137

第四章 飞机及其它航空器	169
第一节 飞机型式的发展.....	169
第二节 飞机的类别.....	171
第三节 飞机的气动力布局.....	172
第四节 动力装置及其配置.....	178
第五节 对飞机的要求.....	179
第六节 飞机的性能.....	186
第七节 飞机的构造与强度.....	190
第八节 航空器技术发展.....	202
第五章 火箭与航天器	219
概述.....	219
第一节 运载火箭.....	221
第二节 航天器.....	306
第三节 天地往返运输系统.....	345
第四节 航天技术应用.....	349
第六章 导弹	355
第一节 概述.....	355
第二节 弹道导弹.....	356
第三节 有翼机动导弹.....	422
第四节 巡航导弹.....	458
参考文献	465

第一章 绪 论

第一节 飞行器与航空航天

航空航天技术是 20 世纪人类在认识自然和改造自然过程中发展最迅速、最活跃,对人类的社会生活最有影响力的科学技术领域之一,航空航天技术的发展水平也是一个国家科学技术先进性的主要标志。飞行器则是航空航天活动的最主要的工具,是航空航天技术的核心。

人类飞向太空探索宇宙奥秘的强烈愿望推动了飞行器的萌芽、成长与发展;而飞行器的不断发展则拓展了人类对空间探索的广度和深度,从而加深了人类对地球、太阳系以及其它星球的认识和了解,并为未来利用它们的资源造福于人类创造条件。

飞行器是当代科学技术高度综合的产物。它们综合应用了基础科学、应用科学和工程技术最新成果。力学、热力学、材料科学、信息科学、喷气推进技术、电子技术、计算机技术、自动控制理论和技术以及制造工艺等都对飞行器的发展起了极为重要的作用;而飞行器的研制和发展中以及航空航天活动实践中所提出的新问题、新要求又促进了有关学科的发展。在上述各个学科应用于飞行器的设计、制造、运行的各个环节中时,互相交叉、渗透,又产生了一些新的学科。

飞行器的发展与军事应用密切相关。第一次世界大战和第二次世界大战推动了飞机的飞速发展;二战后,美、苏两霸的军备竞赛促进了弹道导弹及运载火箭技术的进步,并为航天技术奠定了基础。飞行器应用于军事,使军事技术和军事装备发生了根本性变化,使战争从平面向立体转化。飞机在战争中执行侦察、拦截、

轰炸、攻击、预警、反潜、电子干扰以及运输、空降等任务。导弹在战争中执行防空、拦截、攻击以及远程轰炸等任务。飞行器在军事上的广泛应用,改变了现代战争的格局。

飞行器在人类的社会生活中的作用也与日俱增。飞机、直升机的发展,改变了交通运输的结构,为人们提供了方便、快捷、舒适、安全的交通工具。在农业、林业、大地测量、地质勘探以及多种科学研究工作中得到了广泛应用。人造地球卫星成为现代传递信息的重要手段。卫星广播极大地丰富了人们的文化生活,卫星导航引起导航技术的重大变化,实现了全球全天候、高精度的导航定位。气象卫星、地球资源卫星带给人类的益处更是显著的。环绕地球运行的空间站(航天站),天地往返的航天飞机,行星及行星际探测器为人类认识自然、改造自然提供了先进的工具和手段。

第二节 飞行器的分类

在地球大气层内或在大气层之外的空间(含环地球的空间、行星和行星际空间)飞行的器械通称飞行器。通常,可将飞行器分为三大类:航空器、航天器、火箭和导弹。在大气层内飞行的飞行器,称为航空器;主要在大气层之外的空间飞行的称为航天器;依靠制导系统控制其飞行轨迹的飞行武器称为导弹;靠火箭发动机提供推进力的飞行器,称为火箭。

一、航空器

任何航空器要升空飞行必须产生升力克服自身重力。按产生升力的基本原理,可将航空器分为两大类,即靠空气静浮力升空飞行的航空器(习惯上称为轻于空气的航空器)和靠航空器与空气相对运动产生空气动力升空飞行的航空器(习惯上称为重于空气的航空器)。

(一)轻于空气的航空器

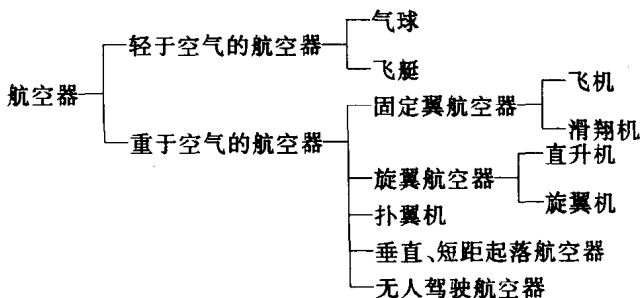
轻于空气的航空器包括气球和飞艇,其主体是一个气囊,其中充以密度小于外界空气密度的气体(如热空气,氢或氦),由于气球所排开的空气重量大于气球本身的重量,故静浮力使气球升空。气球没有动力装置,升空后只能随风飘动或以绳索固定于一定位置上。飞艇装有发动机和推进装置(螺旋桨)、安定面、操纵面以及装载人或物的吊舱,其飞行路线可以控制。

(二)重于空气的航空器

重于空气的航空器是靠自身与空气相对运动产生的升力升空飞行的。这种航空器主要有两类:固定翼航空器和旋翼航空器。前者包括飞机和滑翔机,后者包括直升机和旋翼机。除了上述两类航空器之外,还有一种为许多工程师和航空爱好者在探索研究而至今尚未成功的,但仍在研究中的模仿鸟类飞行的扑翼机。此外,在 21 世纪,各种原理的垂直、短距起落航空器和无人驾驶航空器将得到普遍应用。

滑翔机在飞行原理和构造形式上与飞机基本相同,只是它没有动力装置和推进装置,一般由弹射或拖曳升空,然后靠有利的气流或降低自身所在高度(位能转变为动能)继续飞行。旋翼机与直升机的区别是:前者的旋翼没有动力直接驱动,而靠自身前进时(前进的动力由发动机提供)的相对气流吹动旋翼转动产生升力。

航空器的分类如下表所示。



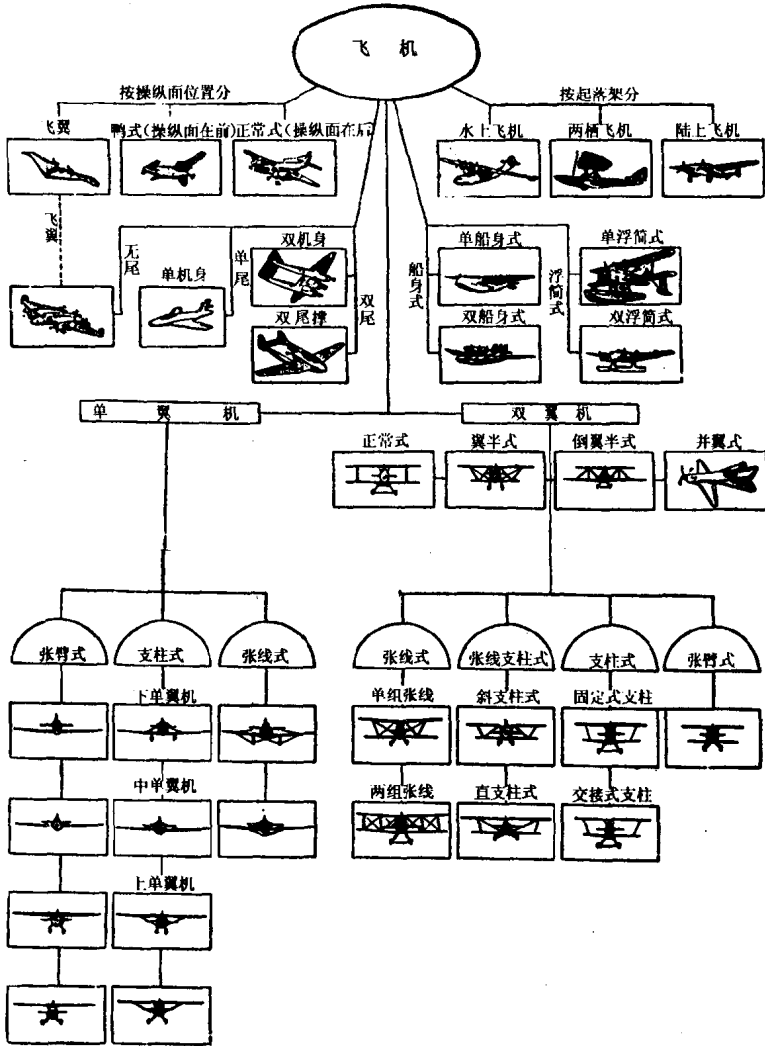


图 1.1 固定翼飞机按结构型式分类

航空器的分类学为一专业研究领域,其内容十分广泛。图 1.1 是固定翼飞机按结构型式分类的一种方案。

二、航天器

航天器系指在地球大气层以外的宇宙空间飞行的各类飞行器,又称空间飞行器。航天器包括各类用途的卫星和空间探测器,及载人的飞船、航天站(或称空间站)和航天飞机。

1. 无人航天器

(1)人造地球卫星,简称人造卫星,是由运载火箭发射到一定高度,获得必要速度后由变轨小火箭送入预定轨道环绕地球运行的一种航天器。按其用途又可分为:科学研究卫星,直接为国民经济服务或军事服务的应用卫星及进行航天技术试验的技术试验卫星等。

(2)空间探测器,又称深空探测器,是对太阳系行星及行星际空间进行探测的航天器。目前已扩展至发射探测太阳系之外宇宙空间的探测器。

2. 载人航天器

按照飞行和工作情况可分为载人飞船、空间站和航天飞机。

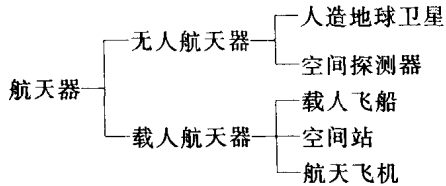
(1)载人飞船有卫星式载人飞船和登月载人飞船,它们提供航天员在外层空间生活和工作条件,并能安全返回地面。载人飞船可以独立进行航天活动,也可以作为往返于地面与空间站(或月球)之间的“渡船”。

(2)空间站是可供多名航天员长期生活和工作的航天器。它的运行原理与环绕地球的卫星式飞船类似,其主要区别是,后者运行时间较短,工作后返回地面,一般为一次性使用的飞行器。

(3)航天飞机是可以部分重复使用,往返于地面与近地轨道之间运送有效载荷或在轨道上完成规定活动的航天器,返回地面可像飞机那样着陆。目前正在探索像飞机那样水平起飞、水平着陆

的航天飞机,又称为空天飞机。

航天器的分类如下表所示。



三、火箭和导弹

在许多文献中,“火箭”一词有时既指火箭发动机又指以火箭发动机为动力的飞行器。如指前者,可按能源分为化学火箭、核火箭、电火箭等;如指后者可按用途分为无控火箭弹、探空火箭、运载火箭等。导弹是由制导系统控制其飞行的飞行武器,其特点是带有战斗部。按导弹飞行特点可分为弹道式导弹(简称弹道导弹)、巡航导弹和可作高机动飞行的有翼导弹。每类导弹都可以按用途或射程大小再予以细分。

第三节 飞行器发展简史

虽然自古以来人类就怀有飞行的愿望,但这一愿望的实现却要依靠科学技术的发展和生产力的提高。18 世纪产业革命推动了科学技术的发展,特别是机械设计和制造的需要,使力学和材料科学得到了飞速进展,这为人类研制出实用的飞行器创造了条件。

一、航空器发展简史

(一) 轻于空气的航空器

利用空气的静浮力使飞行器升空,在技术上是比较容易实现

的。中国在 10 世纪初期就有类似于热气球的“孔明灯”出现。18 世纪末期,法国蒙哥尔费兄弟的热气球载上一些动物升空飞行了 8 分钟后安全降落。1783 年 10 月 12 日 F. P. 罗奇埃乘热气球上升到 26m 高度,飞行 4.5min。同年 11 月 21 日罗奇埃和达尔朗德又乘热气球在约 1000m 高度用 12min 飞行了约 12km,这是人类乘航空器首次飞行。随后,法国的物理学家查理制成了以丝绸作气囊充以氢气的气球,升至 915m,飘行了约 25km 后降落。后来他又制造了一只更大的气球,下系以可以载人的吊篮。他和一位同伴乘这只气球在空中飘行了 50km,滞空时间超过 2h。

气球的出现激起了人们航空的热情,有人开始致力于飞艇的研究。1900 年德国的齐柏林制成了长 128m,容积 11300m³ 的带动力的硬式飞艇,巡航速度 60km/h,并于 1910 年开辟了载客的定期航线。第一次世界大战期间,德国曾利用这类飞艇轰炸过伦敦。第一次世界大战后,齐柏林又建造了两艘巨型飞艇,在欧洲至南美和美国的商业航线上飞行。这种飞艇长 245m,容积 200000m³,速度 130km/h,载客 75 名。1937 年 5 月 6 日巨型飞艇“兴登堡号”从德国到美国的飞行途中,在降落时突然起火爆炸,艇上 97 名旅客和机组人员中有 36 人遇难,从此结束了飞艇商业飞行。20 世纪 70 年代以后,许多国家又应用新材料、新技术研制新的飞艇,用以巡逻和吊装大型设备。

(二)重于空气的航空器

人类关于飞行的许多探索和试验都是从模仿鸟类的飞行开始的。中外历史文献中都记载着用羽毛制成翅膀尝试飞行的事件,但这些尝试都没有成功。19 世纪初,英国的 G. 凯利提出了重于空气的航空器的理论,阐明了利用固定机翼产生升力及利用不同翼面控制飞机的设计概念。他制造了第一架滑翔机进行试飞,以验证其理论的有效性,确立了现代飞机的基本构形。他的重要著作《关于空中的航行》为后来的航空器研制提供了重要理论基础和

经验。

为了使飞机能够成功地飞行,必须解决升力、动力和稳定操纵问题。有些人曾利用蒸汽机作为动力装置进行探索,但均未成功。1893年汽油内燃机(活塞式内燃机)问世,成功解决了飞机飞机的动力问题。20世纪初,美国科学家兰利制造了以活塞发动机作动力的飞机,1903年两次试飞均未成功,主要原因是未能解决飞行的稳定、操纵问题。

当时;有一些人沿着另一条道路进行飞行的探索:用滑翔机试验飞行,解决飞行中的稳定和操纵问题;然后再加上动力,作动力飞行。德国的李林达尔是先行者。他仔细研究了鸟类的飞行,制成弓形翼剖面的滑翔机,于1891年至1896年期间,他进行2000多次滑翔飞行,解决了滑翔机飞行稳定和操纵问题,积累了大量数据。他准备在滑翔机装上发动机作动力飞行试验,但不幸在一次滑翔飞行中失事牺牲。美国的莱特兄弟在李林达尔飞行活动的鼓舞下,对航空产生了浓厚的兴趣。他们制成了滑翔机进行飞行操纵试验,自己设计了风洞,用以试验不同的飞机模型,测定空气动力数据,然后根据试验结果,改进滑翔机,于1902年秋季,进行了近千次滑翔飞行,取得了完全成功。1903年他们制造了“飞行者1号”飞机,装上8.8kw的发动机和螺旋桨,于1903年12月17日他们驾驶着“飞行者1号”进行了4次飞行,获得成功,第四次飞行最远,约260m,滞空时间58秒。这是人类最早的持续动力飞行。

20世纪初,在欧洲也有人从事飞机的研究工作。1909年,法国的布莱里奥驾驶自己设计的“布莱里奥”单翼机首次飞越了英吉利海峡,全程40km,飞行时间37min。

1914年爆发了第一次世界大战,飞机开始用于军事目的,各国拥有的飞机已达数百架。起初飞机主要用于侦察,后来又出现了带武器的“驱逐机”,其目的是“控制天空”,后来又出现了轰炸机和强击机。

第一次世界大战肯定了飞机在战争中的作用,促进了航空科学技术和航空工业的发展。战后空气动力学理论、飞机结构、航空发动机都取得重大进展,这些科学理论和技术成果都反映在飞机设计上,飞机气动布局、结构形式和结构材料都有重大改进,飞机性能有了明显的提高。1937年苏联的“安特25”从莫斯科直飞美国,1938年飞机升限纪录为17094m,1939年创755.09km/h的飞行速度纪录。

第二次世界大战中,飞机得到广泛应用,飞机性能迅速提高,出现了总重量为62.5t的大型轰炸机和速度达784km/h的战斗机。当时所用的飞机几乎全是以活塞式发动机及螺旋桨推进的,最大速度700km/h以上,已接近活塞发动机螺旋桨飞机的速度极限。当飞机速度接近声速时,气动阻力急剧增大,活塞发动机和螺旋桨已难以提供足够推力(或拉力)克服阻力;同时,由于机翼上气动压力中心的变化,引起飞机稳定性和操纵性方面的一些问题,从而为进一步提高飞机的飞行速度带来了障碍,当时人们称之为“音障”。突破“音障”首先要发动机提供足够大的推进力,涡轮喷气发动机的出现,解决了这一问题。1939年第一架装有涡轮喷气发动机的飞机——德国的He-178试飞成功。随后,美、英、苏联都先后发展了装有喷气发动机的战斗机和轰炸机。通过空气动力学对跨音速、超音速流动特性的研究和气动弹性力学的研究,解决了超音速飞行的一系列问题。20世纪50年代出现了超音速的军用飞机。到1960年以后,有些战斗机的最大速度已达3倍音速。这时,又遇到所谓“热障”问题,即由于长时间高速飞行产生的气动加热而导致结构材料性能下降及结构内的热应力问题。解决的途径主要是研制耐高温、密度小的新材料和新型结构。

民航飞机使用喷气发动机较晚。1952年第一架装涡轮喷气发动机的民航飞机“慧星”号投入航线运行,但由于在结构设计时未考虑疲劳问题,在1953年至1954年间连续三次失事。吸取了

“慧星”号失事教训,改进了结构设计之后,20世纪50年代末期出现了多种型号的喷气式客机。1968年底,苏联首先试飞了超音速客机图-144;1969年初,英法合作研制的“协和”号客机试飞,并于1976年用于航线飞行。上述两种超音速客机的最大速度略高于音速的两倍。超音速客机噪声大,耗油率高。超音速飞行时产生“声爆”对地面有不利影响,这些都限制了它的应用和发展。

直升机的飞行稳定性和操纵性问题比较复杂,所以直到1936年才成功地试飞了第一架载人直升机。直升机具有灵活、方便和不需要固定机场设备等优点,在民用航空运输、军事和救护等方面得到广泛应用,在第二次世界大战后获得较快的发展。20世纪50年代直升机速度约为 $100\text{km/h}\sim 200\text{km/h}$,目前已提高到 $400\text{km/h}\sim 500\text{km/h}$ 。

二、火箭、导弹发展简史

火箭是中国发明的。在10世纪,中国的文献已有火药用于火箭的记载。12世纪已出现以火药为能源利用反作用推进的火箭雏形。

近代火箭的研究始于20世纪初叶。美国的哥达德早在1911年之前就研究液体火箭理论,并在第一次世界大战期间试制了两枚实验火箭。1926年,他将一枚液体火箭射入空中,高度达56m。德国的奥伯特也在液体火箭研究方面作过重要贡献。

V-2弹道导弹是纳粹德国研制的,1942年10月3日发射成功。它应用了当时液体火箭发动机、自动控制技术等方面的最新成果。当时,德国曾向英、法发射了4300枚V-2导弹企图作最后的挣扎,但以失败而告终。V-2导弹虽没有挽救法西斯最后灭亡的命运,但它在技术方面却为以后的弹道导弹发展奠定了基础。二次大战后,美国和苏联都从德国获取了大量的导弹技术资料、实物以及技术专家,并开始发展各自的弹道导弹技术和工业。