

航空航天 The Knowledge and Technology on Aeronautics and Astronautics

周露 周一凡 张兴旺 纪龙 赵建新 张业伟 李有光 编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

014006298

V2
20

航空航天知识与技术

周 露 周一凡 张兴旺 纪 龙 编著
赵建新 张业伟 李有光



国防工业出版社

· 北京 ·



北航

C1692746

V2
20

内 容 简 介

本书以航空和航天活动和技术为主线,结合高校各个专业普及航空航天知识的需要,系统地介绍航空航天领域的基础性和重要性的知识,包括大气和宇宙环境、空气动力学、轨道动力学、火箭、导弹、卫星、航天飞机、新概念航天器及人类太空探索活动所涉及到的概念和知识。

本书兼顾文理科读者,突出科普特色,配有大量的图片资料,通过一些历史事件,帮助读者了解航空航天的过去、现在和未来,以浅显易懂的方式介绍神秘的航空航天活动和深奥的飞行理论。

本书可作为当代大学生的通识课程教材,也可供广大航空航天爱好者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

航空航天知识与技术/周露等编著. —北京:国防工业出版社,2013.9

ISBN 978-7-118-09076-5

I. ①航... II. ①周... III. ①航空学—基本知识
②航天学—基本知识 IV. ①V2②V4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 217144 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京嘉恒彩色印刷责任有限公司

新华书店经售

*

开本 710×1000 1/16 插页 12 印张 15 1/4 字数 334 千字

2013 年 9 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 39.90 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)88540777

发行邮购: (010)88540776

发行传真: (010)88540755

发行业务: (010)88540717

前 言

随着我国高校课程改革的不断深入,通识教育在高等教育中的地位和作用越来越受到重视。与此同时,由于科学技术和经济的飞速发展,航空航天技术开始走进人们日常生活之中,并极大地影响着人们的思维和观念。特别是近几年来我国航天事业取得了世界瞩目的辉煌成就,更加引起人们的关注。为了适应时代发展的需要,目前国内很多知名高校先后设立航空航天专业;与此同时,一些普通高校也将介绍航空航天方面的知识与技术(课程一般称为“航空与航天”、“航空航天技术概论”或“航空航天技术博览”)作为通识教育课程。

本书编写的目的旨在拓宽大学生的知识面、优化学生的知识结构和提高学生的综合素质,所以本书内容没有过多地描述航空航天技术的材料性能、机构设计、维修及仪表等技术细节方面的知识;而把重点放在航空航天任务、飞行过程及定性的知识方面。通过本书介绍的航空航天活动,让学生了解航空航天先驱们在攀登科技高峰的伟大征程中,以特有的崇高境界、顽强意志和杰出智慧,铸就的辉煌的世界航空航天历史。

本书在编写过程中,参阅国内很多工科航空航天导论方面的教材,本书出版得到了国防工业出版社的大力支持,在此表示深深的谢意。

本文结合作者的经历和体会,跟踪美洲高校开设通识课的教学模式,探索性地组织编写了这本教材。由于编写时间紧,且没有比较成熟的模式可以借鉴,书中不妥之处恳请读者批评指正,欢迎提出宝贵意见。

编者

2013.6

目 录

第1章 飞行器发展之路	1
1.1 航空与航天的基本概念	1
1.1.1 航空	1
1.1.2 航天	2
1.1.3 航空与航天的联系	4
1.2 航空飞行器的过去与现在	4
1.2.1 人类早期的飞行梦	4
1.2.2 人类早期的飞行活动	5
1.2.3 早期的飞机	7
1.2.4 从飞机雏形到现代飞机	9
1.2.5 喷气式飞机的出现	13
1.2.6 直升机的过去和现在	15
1.3 飞行器的分类	17
1.3.1 航空器	17
1.3.2 航天器	21
第2章 进入航天时代	25
2.1 进入卫星时代	25
2.2 现代航天之父	31
2.3 航天早期试图探索的问题	39
2.4 第一批航天员	42
2.5 第一个进入太空的航天员	46
2.6 进入太空的第一个美国航天员	51
第3章 飞行环境	55
3.1 大气环境	55
3.1.1 地球大气层的概念	55
3.1.2 地球大气组成	55
3.1.3 大气压力的变化	56

3.1.4	大气的垂直结构	56
3.1.5	大气密度的变化	58
3.2	空间环境	58
3.2.1	引力场和微重力	59
3.2.2	真空	60
3.2.3	电离层	60
3.2.4	磁场与磁层	61
3.2.5	高能粒子辐射环境	62
3.2.6	微流星体和空间碎片	64
3.2.7	行星际空间环境	65
第4章	飞机飞行原理	66
4.1	气体流动规律	66
4.1.1	相对运动原理	66
4.1.2	连续性方程	67
4.1.3	伯努利定理	68
4.1.4	气流的高、低速流动特性	69
4.2	飞机飞行中的空气动力	71
4.2.1	平板上的升力和阻力	72
4.2.2	机翼升力及增升措施	74
4.2.3	飞机所受阻力和减阻方法	77
4.3	飞机高速飞行特性	81
4.3.1	激波及其阻力	81
4.3.2	局部激波	86
4.3.3	超声速飞机外形及其特点	88
4.3.4	超声速飞机和低速、亚声速飞机的外形差异	98
4.3.5	超声速飞行的“声爆”与“热障”现象	98
第5章	飞机的性能和稳定性	101
5.1	飞机飞行性能和可操纵性	101
5.1.1	飞机飞行性能	101
5.1.2	飞机机动性	104
5.1.3	飞机操纵特性	106
5.2	飞机的稳定性	108
第6章	直升机飞行原理	113
6.1	直升机旋翼工作原理	113

6.2	直升机的布局形式	114
6.2.1	单旋翼直升机	114
6.2.2	共轴式双旋翼直升机	114
6.2.3	纵列式双旋翼直升机	114
6.2.4	横列式双旋翼直升机	115
6.2.5	带翼式直升机	116
6.2.6	倾转旋翼机	116
6.3	直升机飞行性能	116
6.3.1	垂直飞行性能	116
6.3.2	前飞性能	116
6.4	直升机操纵机构及操稳特性	117
6.4.1	直升机的操纵机构	117
6.4.2	直升机的操稳特性	119
第7章	飞行器导航原理	121
7.1	早期导航方式	121
7.2	无线电导航	122
7.2.1	测向系统	122
7.2.2	测距无线电导航系统(DME)	123
7.2.3	测距差系统	124
7.3	多普勒导航系统	125
7.4	惯性导航系统	126
7.4.1	平台式惯性导航系统	126
7.4.2	捷联式惯性导航系统	127
7.5	卫星导航	128
7.5.1	导航卫星	128
7.5.2	地面站	129
7.5.3	用户设备	129
7.5.4	GPS 导航原理	129
7.6	地形辅助/视觉导航系统	129
7.6.1	地形匹配导航	130
7.6.2	景象匹配导航	130
7.7	天文导航	131
7.7.1	早期的天文导航方法	131
7.7.2	现代天文导航原理	132
7.8	组合导航系统	133

第 8 章 航天器飞行原理	135
8.1 太空飞行与大气层内飞行的区别	135
8.2 轨道基础	135
8.2.1 航天器轨道速度	135
8.2.2 卫星轨道周期	137
8.2.3 轨道平面倾角	138
8.3 椭圆轨道	139
8.4 卫星的圆轨道和椭圆轨道的数学模型	140
8.4.1 卫星的圆轨道	140
8.4.2 椭圆轨道	141
第 9 章 火箭与导弹	143
9.1 火箭与导弹的区别	143
9.2 火箭的组成及各部分的功能	144
9.2.1 有效载荷	144
9.2.2 箭体结构	144
9.2.3 推进系统	146
9.2.4 控制系统	146
9.2.5 初始对准系统	147
9.2.6 安全系统	148
9.2.7 遥测系统	149
9.2.8 外弹道测量系统	149
9.3 导弹的分类	150
9.4 导弹的组成及功用	150
9.4.1 推进系统	150
9.4.2 制导系统	159
9.4.3 战斗部	173
9.4.4 弹体	181
9.4.5 弹上电源	183
第 10 章 航天器任务规划	184
10.1 空间几何学的限制	184
10.1.1 卫星相对地球的表面的运动	184
10.1.2 卫星的仰角	186
10.1.3 地面覆盖区域(可见区域)	188
10.1.4 通信卫星信号传输时间	190

10.2	一般轨道	190
10.2.1	低轨道	190
10.2.2	中高度圆形地球轨道	191
10.2.3	Molniya 轨道	192
10.2.4	Tundra 轨道/冻土带轨道	192
10.2.5	地球同步轨道	192
10.2.6	太阳同步轨道	193
10.2.7	拉格朗日点	194
10.3	卫星仰角与地面覆盖范围的关系	195
10.3.1	卫星仰角	195
10.3.2	卫星的覆盖区	196
10.4	太空机动	197
10.4.1	在同一轨道面内的机动	198
10.4.2	改变轨道形状	198
10.4.3	改变圆形轨道的高度	199
10.4.4	改变轨道周期	200
10.4.5	在同一轨道面内改变卫星的相对位置	200
10.4.6	改变轨道面的机动	201
10.4.7	改变轨道倾角的机动	202
10.4.8	匀速旋转轨道面	203
10.4.9	卫星脱离轨道的机动	204
10.4.10	再入加热效应	206
10.4.11	轨道保持	206
10.5	太空机动技术细节	207
10.5.1	改变轨道形状的机动	207
10.5.2	圆形轨道之间的机动	208
10.5.3	改变卫星的轨道周期	209
10.5.4	改变轨道上升角	209
10.5.5	保持轨道上升角转动轨道面	209
10.5.6	基本的旋转	209
10.5.7	脱轨机动	210
10.5.8	轨道保持	210
第 11 章	航天飞机	211
11.1	美国航天飞机简介	211
11.2	什么是航天飞机?	215
11.3	航天飞机组成	217

11.4	在太空飞行的航天飞机	219
11.5	在太空中生活	220
11.6	外挂燃料箱	221
11.7	固体火箭推进器	222
11.8	装配与运输过程	224
11.9	倒计时起飞	226
11.10	航天飞机的用途	227
11.11	航天飞机上的机器臂	228
11.12	航天飞机飞行过程	230
11.13	航天飞机与载人飞船的不同	236
第 12 章 新概念航天器		239
12.1	小卫星及其编队飞行	239
12.1.1	现代小卫星的分类及发展模式	239
12.1.2	现代小卫星发展的若干问题分析	240
12.1.3	星群飞行的技术特征与模式	242
12.1.4	未来展望	244
12.2	捕获小行星的航天器	244
12.2.1	项目背景概述	244
12.2.2	捕获小行星的任务规划	245
12.2.3	目标小行星	246
12.2.4	航天器总体设计方案	247
12.2.5	小结	248
12.3	模块化分离卫星	249
12.3.1	模块化分离卫星的产生和目的	249
12.3.2	模块化分离卫星的研制计划和技术特征分析	250
12.4	未来 NASA 的群卫星系统分析与展望	252
12.4.1	群智能技术	252
12.4.2	群卫星系统	253
12.4.3	ANTS 系统的载荷配置及体系结构	255
12.4.4	小结	256
参考文献		257

第1章 飞行器发展之路

1.1 航空与航天的基本概念

钱学森先生定义人类的飞行活动可以分为三个阶段,即航空、航天、航宇。那么,什么是航空、航天和航宇呢?

航空是指人类在大气层内从事的飞行活动;

航天是指人类在大气层外从事的飞行活动;

航宇是指人类在太阳系外从事的飞行活动。

“航空与航天”一词,即蕴含了人类进行航空航天的活动,又包含了航空航天飞行活动所涉及到的各种技术。但通常人们习惯于将航空和航天理解为技术,甚至与高科技连带在一起。事实上,航空、航天、航宇同时还包含着人类思维的进步,因为人类思维活动驱动着航空与航天活动的发展,它们标志着人类文明程度的高度发展,

“航空与航天”是人类利用载人或不载人的飞行器,在地球大气层内和大气层外的航行活动的总称。经过人类近百年来努力,目前“航空与航天”已经成未来最活跃和最有影响的科学技术领域,同时也代表着一个国家科学技术的发展水平。

1.1.1 航空

航空活动通常是指载人或不载人的飞行器在大气层内飞行,所以,航空器必须置身于空气介质之中,同时还要克服航空器自身的重力才能飞行。航空器一般会受到4个作用力,即拉力、阻力、重力和升力,如图1.1所示。

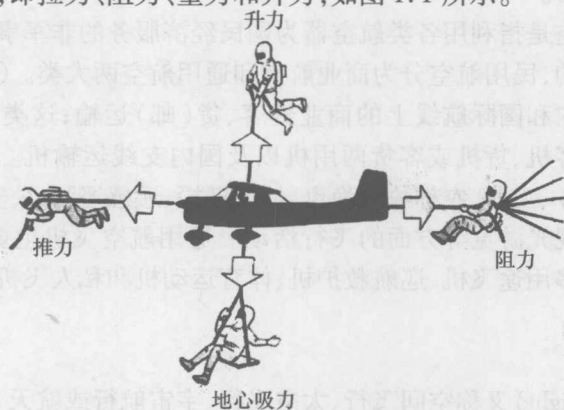


图 1.1 航空器受到的4个作用力

因为航空器置身于空气之中,所以,空气动力学是航空技术的理论基础,航空技术的每一项成就都离不开人类对空气动力探索与实践。那么,什么是空气动力呢?在我们生活中,空气动力的现象很多,如飓风将房盖掀起的现象就是空气动力的表现,如图 1.2 所示。空气动力是怎样产生的呢?只要物体和空气之间有相对运动,就会在物体上产生空气动力。

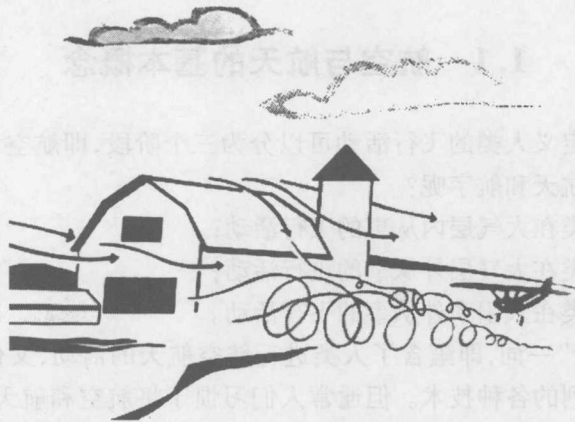


图 1.2 飓风将房盖掀起

航空按其应用领域划分,可分为军用航空和民用航空。

(1) 军用航空泛指用于军事目的的一切航空活动,主要包括作战、侦察、运输、警戒、训练和联络救生等。在 20 世纪的战争中,夺取制空权是战争致胜的重要手段,也是军用航空的主要活动。军用飞机可分为作战飞机和作战支援飞机两大类。典型的作战飞机有战斗机(又称歼击机)、攻击机(又称强击机)、战斗轰炸机、反潜机、战术和战略轰炸机等。作战支援飞机包括军用运输机、预警指挥机、空中加油机、侦察机和军用教练机等,除固定翼飞机外,军用直升机在对地攻击、侦察、运输、通信联络、搜索救援以及反潜等方面发挥着巨大作用,已成为现代军队,特别是陆军的重要武器装备。

(2) 民用航空是指利用各类航空器为国民经济服务的非军事性飞机活动。根据不同的飞行目的,民用航空分为商业航空和通用航空两大类。①商业航空:商业航空是指只在国内和国际航线上的商业性客、货(邮)运输;这类运输服务主要由国内和国际干线客机、货机或客货两用机以及国内支线运输机。②通用航空:通用航空只用于公务、工业、农林牧副渔也、地质勘探、遥感遥测、公安、气象、环保、救护、通勤、体育和观光游览等方面的飞行活动。通用航空飞机主要有公务机、农业机、林业机、轻型多用途飞机、巡航救护机、体育运动机和私人飞机等。

1.1.2 航天

航天(Spaceflight)又称空间飞行、太空飞行、宇宙航行或航天飞行,是指航天器在太空的航行活动。

航天活动的目的是探索、开发和利用资源从而更好地为人类服务。航天的基本条件是航天器必须达到足够的速度,摆脱地球或太阳的引力。第一、第二、第三宇宙速度是航天所需的特征速度。

航天实际上包括军事航天和民用航天之分,但世界各国在宣传自己的航天工业时都主要强调其科学探索或民用市场的潜力。

(1) 军事航天

现在,占领和控制近地空间已经成为西方大国争取军事优势的新焦点。在美国、俄罗斯等国已发射的航天器中,具有军事用途的超过 80%。用于军事目的的航天器可分为三类:卫星系统、反卫星系统和载人航天系统。

① 卫星主要分军用通信卫星、导航卫星、气象卫星和侦察(间谍)卫星等。

② 反卫星系统包括反卫星卫星、定向能武器和动能武器。其中,激光武器、粒子束武器和射频武器等属于定向能武器;动能导弹、电磁炮和电热弹等属于动能武器的范围。

③ 载人航天系统分为空间站、飞船和航天飞机、空天飞机等。空间站可用做空间侦察与监视平台、空间武器试验基地、天基国家指挥所、未来天军作战基地等。

(2) 民用航天

民用航天的潜力是非常巨大的,它包括空间物理探测、空间天文探测、卫星气象观测、卫星海洋观测、卫星广播通信、卫星导航、遥感考古、太空旅游以及地外生命探索等都是航天的重要应用领域;微重力环境下完成的各种化学、物理和生物实验成果是航天为人类文明与进步所做的直接贡献。

截止 2011 年 8 月 31 日,在太空运行的卫星共有 965 颗,包括低地球轨道卫星 470 颗,地球轨道卫星 64 颗,椭圆轨道卫星 34 颗,地球静止轨道卫星 398 颗,卫星类型比例如图 1.3 所示。在这些卫星中,美国拥有 443 颗,俄罗斯拥有 101 颗。美国的卫星又可以分为四类,具体是:民用卫星 10 颗、商用卫星 194 颗、政府卫星 118 颗、军事卫星 121 颗。

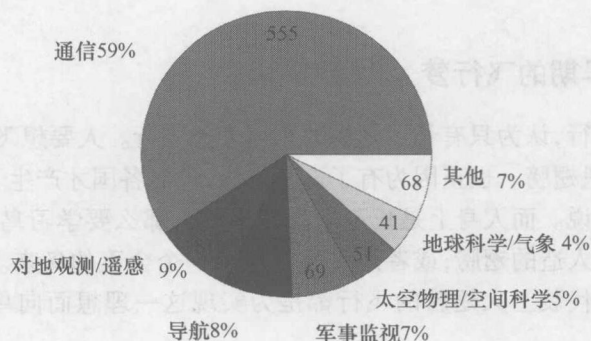


图 1.3 卫星类型比例图

1.1.3 航空与航天的联系

航天不同于航空,航天器是在极高的真空宇宙空间以类似于自然天体运动的规律飞行。但航天器的发射和回收都要经过大气层,这就使航空航天之间产生了必然联系。尤其是水平降落的航天飞机和水平起降的空天飞机,兼有航空与航天的特点。

从科学技术的角度看,航空与航天之间是紧密联系的。航空航天技术是高度综合的现代科学技术。力学、热力学和材料学等是航空航天的科学基础;电子技术、自动控制技术、计算机技术、喷气推进技术和制造工艺技术等对航空航天的进步发挥了重要作用;医学、真空技术和低温技术的发展促进了航空和航天的发展。这些科学技术在航空和航天的应用中相互交叉和渗透,产生了一些新的学科,促使了航空和航天科学技术形成了完整的体系。

航空和航天的发展都与其军事应用密切相关,人类在该领域取得的巨大进展也对国民经济和社会生活产生了重大影响,甚至改变了世界的面貌。航空和航天科学技术已成为牵动其他高新技术发展的动力之一,航空和航天工业不仅是国民经济建设和发展中的朝阳产业,还是附加值很高的高新技术产品。

1.2 航空飞行器的过去与现在

翱翔天空是人类很久以来的梦想,但直到 18 世纪后期热气球在欧洲成功升空,这一愿望才得以实现。20 世纪初期飞机的出现,开创了现代航空的新篇章。

在很多人的认识当中航空器就是飞机,飞机也就是航空器。但实际上这样的认识不完全正确。

简单来说,航空器包括人造的各种能在空气中飞翔的物体,飞机仅仅是航空器中的一种,还有气球、飞艇和滑翔机等。其实我们日常放的风筝、儿童玩的竹蜻蜓等都是航空器。

1.2.1 人类早期的飞行梦

古人向往飞行,认为只有长了翅膀的东西才能飞行。人要想飞,就应该学习鸟的样子,长出两只翅膀。也正因为有了这种想法,世界各国才产生了许多人长翅膀会飞的童话和传说。而人身上是长不出翅膀来的。那么要学习鸟类飞行,只有在人身上安装一对人造的翅膀,或者是人为的造出一个会飞的鸟来。古代的张衡制造木鸟和王莽时代装上大翅膀的飞行都是为实现这一理想而向鸟类学习飞行的例子。

意大利著名画家达·芬奇,是航空科学的前驱。1487 年,达·芬奇通过长期观察分析鸟类翅膀的运动,推论出是空气流过鸟的翅膀才产生升力,而且他发现气

流流过翅膀的速度越快,产生的升力也就越大。达·芬奇绘制了大量有关飞行研究的草图(图 1.4),且许多图符合空气动力学原理,这反映出他认识到空气密度和重心位置对飞行器的重要影响。但他的研究成果并未公诸于世,直到 19 世纪后期才发现,这对航空的发展未能起到应有的推动作用。

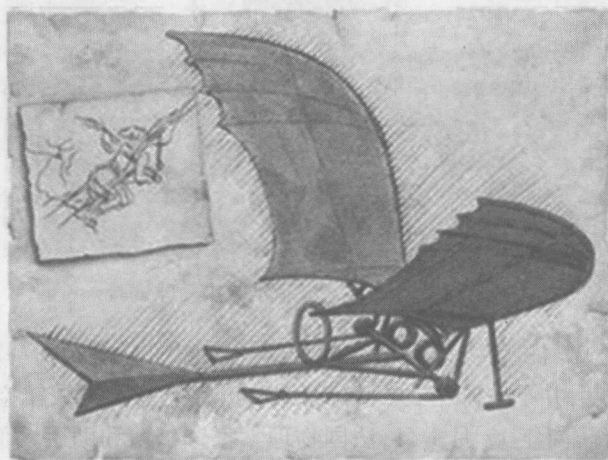


图 1.4 达芬奇构想的飞机

1503 年,意大利学者丹蒂在佩鲁贾试图用自制的翼飞行,他雄心勃勃的计划要飞往法国,结果不幸坠地。

17 世纪,土耳其赫扎芬塞莱也做了一对翅膀,从博斯普鲁斯海岸加拉塔的一座塔上跳下来,据说飞了好几千米,最后安全降落。这是有记载的最好飞行成绩。

1673 年,法国的一个锁匠贝尼埃,很巧妙地制造了一个“体力扑翼机”的飞行器,进行了飞行试验,他的设想比过去的“插翅而飞”又前进了一步。

1860 年,意大利人博雷利在《运动的动物》一书中阐述了人体的局限性,指出人离开机器的帮助是不可能飞行起来的,此后人力扑翼的飞行尝试逐渐减少。

1.2.2 人类早期的飞行活动

由于扑翼飞行的失败,人们又开始转向轻于空气的飞行器的研究。因此,出现了气球和飞艇等飞行器。

历史上出现过各种轻于空气飞行器的其他设想和尝试,但蒙戈尔菲兄弟发明的气球是世界公认的首次制造成功的轻于空气的航空器。1783 年 9 月 19 日,蒙戈尔菲兄弟在巴黎做表演,气球载着鸡、鸭、羊各一只,在空中飘行 8min,被公认为世界上第一个热气球(图 1.5)。

1783 年 10 月 25 日,法国的罗齐尔乘蒙戈尔菲兄弟所发明的热气球上升到 26m 的高度,飞行 4.5min,是公认的人类第一次升空。

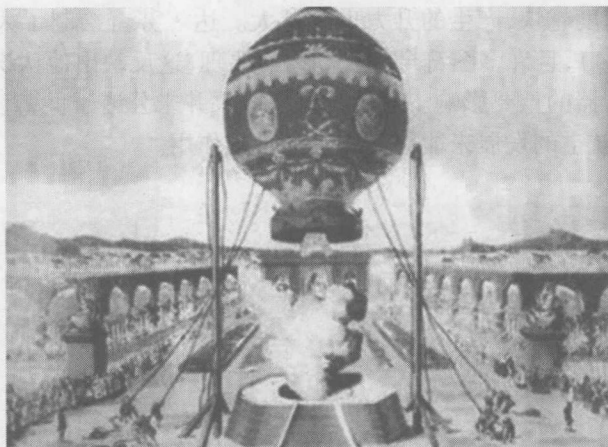


图 1.5 法国蒙戈尔菲兄弟热气球试验

1784 年 1 月 21 日,罗齐尔和达尔朗德又在巴黎的上空做了一次自由飞行,上升到 300m 的高度,并平安降落,共飞行了 25min。这是人类乘航空器进行的第一次空中自由航行。同年 12 月 1 日,法国物理学家查尔斯和助手罗伯特首次乘自制的氢气球升空,飘行 50km,在空中时间超过 2h,实现了氢气球载人飞行。1785 年 1 月 7 日,法国人布朗夏尔和美国人杰弗里斯乘氢气球首次飞跃英吉利海峡。1785 年 6 月 15 日,法国的罗齐尔和罗曼乘氢气和热气的混合气球在飞跃英吉利海峡时,气球着火发生爆炸,二人不幸牺牲。

由于气球只能在空中随风漂浮,而不能控制前进的方向,于是出现了带有动力并可操纵的气球——飞艇。飞艇上装有蒸汽机和螺旋桨、操纵面以及装载人或物的吊舱,飞行路线可以人为控制。

1852 年 9 月 24 日,法国的亨利·吉法尔驾驶着自己研制的第一架可操纵动力软式飞艇试飞成功,从巴黎飞到特拉普,航程 28km。1900 年 7 月 2 日,第一架硬式飞艇,长 128km、容积 111300m^3 的德国齐柏林 LZ-1 号首次在博登湖上空试飞成功(图 1.6)。

1909 年齐柏林创办了第一架民用航空公司——德国航空运输有限公司,1910 年 6 月 22 日开始用 LZ-1 号飞艇在法兰克福-巴登-杜塞尔多夫之间作载客定期飞行,能载客 20 人,这是历史上最早的航线。1915 年 5 月 31 日,LZ-38 号飞艇首次夜袭伦敦。第一次世界大战后,人们对利用飞艇进行空中运输的兴趣更加大了。因此,齐柏林又建造了两艘巨型飞艇,用作欧洲到南美和美国的商业航线飞行。这种飞艇长 245m,容积 200000m^3 ,速度 130km/h ,载客 75 名。

1929 年 8 月 8 日~29 日,德国的“齐柏林伯爵”号飞艇载着 16 名乘客和 37 名机组人员从美国新泽西州出发环球飞行成功(图 1.7),航程 35200km,历时 21 天。

然而 1937 年 5 月 6 日,德国的“兴登堡”号在新泽西州着陆时尾部起火(见图 1.8),飞艇上 97 人中 36 人罹难,从而导致了飞艇的衰败。

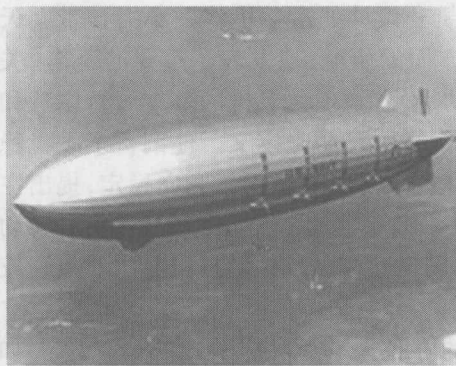


图 1.6 齐柏林 LZ-1 号飞艇



图 1.7 “齐柏林伯爵”号飞艇

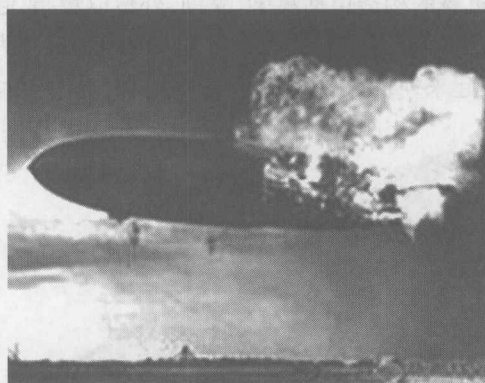


图 1.8 “兴登堡”号飞艇

今天人们仍在使用充满不可燃性气体(如氦气)的飞艇和气球,氦气是密度非常小的气体,非常安全可靠,由于是惰性气体,不会燃烧。然而氦气在 19 世纪末之前一直不被人们所了解,也不能大量获取。到 20 世纪初,出现了被认为是世界上第一艘氦气的飞艇,美国的 ZR-1 号硬式飞艇。但是早期的氦气飞艇不稳定,多次在飞行中发生故障。这些事故结束了像齐柏林这样的发明家的梦想,他们曾经幻想着巨型飞艇满载乘客飞遍世界。但幸运的是,不久后飞机的迅速发展使这些梦想得以实现。今天大型飞机可以载着数百名乘客,跨越上千里,飞遍世界各地。

1.2.3 早期的飞机

气球和飞艇是利用它们所充气体密度比空气轻的原理,所以才能够升起来,但并不是所有的飞行器都能利用这一原理。18 世纪欧洲的产业革命推动了科学技术的迅猛发展,从而为人类实现飞行提供了条件。

英国乔治·凯利爵士被称作航空之父。中国的风筝在 14 世纪传入欧洲后,他通过研究风筝的飞行能力,发现了风筝翅膀与风的角度关系,利用这个发现,