

HANG KONG GAI LUN

# 航空概论

王细洋 主编



航空工业出版社

# 航空概论

主 编：王细洋

编著者：王细洋 王 云 江善元

衣克洪 彭承明 朱保利

## 内 容 提 要

本书主要介绍飞机飞行原理和飞机主要构造。在飞行原理方面,介绍了空气动力学基础,含流体特性及流体流动的基本规律、低亚声速和跨高声速时的空气动力、飞机的飞行原理与飞机的稳定性和操纵性。在飞机构造方面,介绍了飞机发动机、机身、机翼、尾翼、起落装置和机载设备的原理及构造。另外,还介绍了微型飞行器、无人机的发展和机场设施的基本知识。本书力图兼顾科普性和一定的理论深度。

本书可作为高等院校航空类专业低年级教材,可以供航空科研院所和企业相关人员参考。

---

### 图书在版编目(CIP)数据

航空概论/王细洋主编. —北京:航空工业出版社,  
2004.9(2005.8重印)  
ISBN 7-80183-449-6

I. 航… II. 王… III. ①飞机—飞行原理②飞机—  
构造 IV. V2

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第083812号

---

## 航 空 概 论 HANGKONG GAILUN

---

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)

北京航宇印刷厂印刷 全国各地新华书店经售

发行电话:010-64919539 010-64978486

2004年7月第1版

2005年8月第2次印刷

开本:787×1092 1/16

印张:18

字数:450千字

印数:5001—8000

定价:27.00元

## 前 言

航空技术是人类在认识自然、改造自然过程中,发展最迅速、对人类社会生活影响最大的科学技术领域之一。航空技术是高度综合的现代科学技术,它集中应用了最为先进的工程技术。航空技术也是衡量国家科研实力、国防实力和工业实力的重要指标,直接关系到国计民生。

航空院校开设该门课程的专业,有两种类型:一是航空类专业,如飞行器设计与工程、飞行器动力工程和飞行器制造工程;二是非直接针对航空技术的专业,如机械类、材料类专业。前类学生学习该门课程的目的是了解和掌握航空领域所涉及到的最基本知识,以便于后续专业课程的学习,因此作为必修课学习,学时较多。而后一类专业的学生主要是为了了解航空领域的基本知识,培养航空意识,与后续的专业课程无太大的关系,因此,作为选修课程学习,课时较少。本书力图兼顾这两方面的需求,强调一定的理论深度,并尽量反映最新的科研动态和发展趋势,同时也兼顾一定的通俗性。

参加本书编写工作的为南昌航空工业学院飞行器设计与动力工程系和机械工程系的教师:王细洋(第一、八、九章)、衣克洪(第二、三章)、王云(第四章)、彭承明(第五、六章)、朱保利(第七章)、江善元(第七章和第八章的部分内容)。全书由王细洋主编。江善元校对了全书,并进行了文字和图片整理工作,史卫成校核了部分章节。

在编写过程中参考了大量的书籍、期刊及相关资料,为避免冗长,书中只列出了主要参考书目,其他资料未能一一列举。在这里,谨向被引用的书刊和资料的作者致以诚挚的谢意。

南昌航空工业学院教授、洪都航空工业集团 K-8 飞机总设计师、中国工程院院士石屏对全书进行了审阅,并提出了许多宝贵的意见,在此致以崇高的敬意。

航空技术所涉及的领域非常广泛,由于编者水平有限,错误和不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 著 者

2004年6月于南昌航空工业学院

## 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	1
<b>第一节 飞行器的概念与分类</b> .....	1
一、飞行器 .....	1
二、航空器 .....	1
三、航天器 .....	2
<b>第二节 航空发展简史</b> .....	2
一、远古的神话和传说 .....	2
二、气球和飞艇的出现与发展 .....	3
三、重于空气的航空器 .....	4
四、我国的航空发展史 .....	7
<b>第三节 飞机的一般介绍</b> .....	8
<b>第四节 空气的基本性质和大气</b> .....	9
一、空气的基本性质 .....	10
二、大气飞行环境 .....	10
三、国际标准大气 .....	11
<b>第二章 空气动力学基础</b> .....	12
<b>第一节 流体特性</b> .....	12
一、飞行相对运动原理 .....	12
二、连续介质假设 .....	13
三、流体的状态参数及完全气体的状态方程 .....	14
四、流体的可压缩性、粘性和传热性 .....	15
五、来流马赫数和雷诺数 .....	17
六、流体流动现象的观测和描述 .....	18
七、流体的模型化 .....	22
<b>第二节 流体流动的基本规律</b> .....	23
一、质量守恒与连续方程 .....	24
二、能量方程与伯努利方程及风速管测速原理 .....	24
三、低速、亚声速和超声速管内流动的本质区别 .....	28
四、小扰动波在气流中的传播 .....	30
五、马赫波、膨胀波和激波 .....	32
<b>第三节 作用在飞机上的空气动力</b> .....	35
一、低、亚声速时飞机上的空气动力 .....	35
二、跨声速时飞机上的空气动力 .....	52
三、超声速时飞机上的空气动力 .....	59

四、风洞的作用和实验要求 .....	66
<b>第三章 飞行原理</b> .....	<b>73</b>
第一节 飞机的重心和机体轴 .....	73
第二节 飞机的平衡 .....	73
一、飞机在作用力互相平衡时的运动 .....	74
二、飞机在作用力不平衡时的运动 .....	74
第三节 载荷系数（过载） .....	75
第四节 飞机的稳定性 .....	77
一、飞机的纵向稳定性 .....	78
二、飞机的方向稳定性 .....	80
三、飞机的横向稳定性 .....	81
第五节 飞机的操纵 .....	82
一、主操纵系统 .....	83
二、辅助操纵系统 .....	84
第六节 增升装置的原理 .....	85
一、襟翼 .....	85
二、前缘襟翼 .....	87
三、前缘缝翼 .....	87
四、喷气襟翼 .....	88
五、边界层控制 .....	89
第七节 起飞和着陆 .....	91
一、起飞 .....	92
二、着陆 .....	93
第八节 飞机的飞行性能 .....	94
一、最大平飞速度 .....	94
二、升限 .....	94
三、航程 .....	95
四、续航时间（航时） .....	96
第九节 特技飞行 .....	96
一、盘旋 .....	97
二、俯冲 .....	97
三、斤斗 .....	98
四、横滚 .....	98
五、半斤斗翻转 .....	99
六、半滚倒转 .....	99
七、眼镜蛇机动 .....	99
八、圆周机动 .....	100
九、钟形机动 .....	100

第十节 直升机的飞行原理	100
一、直升机概况	100
二、直升机旋翼的工作原理	101
<b>第四章 发动机</b>	<b>104</b>
第一节 发动机概念及分类	104
第二节 活塞式航空发动机	105
一、往复式活塞发动机	105
二、旋转活塞发动机	108
第三节 空气喷气发动机	113
一、燃气涡轮发动机	113
二、无压气机式空气喷气发动机	125
第四节 火箭发动机	128
一、液体火箭发动机	128
二、固体火箭发动机	134
三、固-液混合火箭发动机	138
第五节 组合发动机与特种发动机	139
一、组合发动机	139
二、特种发动机	143
第六节 现代航空发动机发展综述	147
一、航空发动机发展回顾	147
二、现代航空发动机上的高新技术	148
三、民用客机发动机的发展	150
四、军用战斗机发动机的发展	151
五、直升机用涡轴发动机的发展	154
<b>第五章 飞机的基本构造</b>	<b>157</b>
第一节 飞机结构的基本组成及其功用	157
一、飞机结构的主要组成部分	157
二、飞机结构的功用	157
第二节 对飞机结构的基本要求	159
一、飞机的战术技术和使用技术要求	159
二、空气动力要求和设计一体化要求	159
三、结构完整性要求	159
四、最小重量要求	162
五、使用维修要求	162
六、工艺要求	162
七、经济性要求	162
第三节 机翼的外载特点	163
一、空气动力载荷	163

二、部件、装载传来的集中载荷 .....	163
三、机翼结构的质量力 .....	163
四、机翼的总体受力 .....	164
第四节 机翼受力构件的基本构造 .....	164
一、翼梁 .....	164
二、长桁 .....	166
三、纵墙 .....	166
四、翼肋 .....	166
五、蒙皮 .....	168
第五节 机翼结构的基本构造形式 .....	170
一、薄蒙皮梁式 .....	170
二、多梁单块式 .....	171
三、多墙厚蒙皮式 .....	171
第六节 尾翼的外载特点 .....	172
第七节 尾翼结构的基本构造形式 .....	173
一、安定面和操纵面结构的基本构造形式 .....	173
二、全动平尾结构的基本构造形式 .....	173
第八节 机身的外载特点 .....	176
一、装载加给机身的力 .....	176
二、其他部件传来的力 .....	176
三、增压载荷 .....	176
四、机身的总体受力 .....	177
第九节 机身受力构件的基本构造 .....	177
一、隔框 .....	177
二、长桁与桁梁 .....	178
三、蒙皮 .....	178
第十节 机身结构的基本构造形式 .....	178
一、桁梁式 .....	178
二、桁条式 .....	179
三、硬壳式 .....	180
第六章 起落架 .....	181
第一节 概述 .....	181
一、飞机起落装置的类型 .....	181
二、起落架的功用 .....	181
三、起落架的组成 .....	181
第二节 对起落架结构的基本要求 .....	181
一、与飞机机体结构有同样的结构要求 .....	182
二、起落架应有良好的缓冲作用 .....	182



三、起落架应有良好的稳定性、操纵性和适应性 .....	183
四、起落架应有良好的刹车性能 .....	183
五、“漂浮性”要求 .....	183
六、起落架与飞机机体结构的连接应合理、可靠 .....	183
七、防护要求 .....	183
第三节 起落架结构的外载特点 .....	183
一、着陆撞击载荷 .....	183
二、滑跑冲击载荷 .....	184
三、刹车载荷 .....	184
四、静态操纵载荷和地面停放载荷 .....	185
第四节 起落架的配置形式 .....	185
一、后三点式 .....	185
二、前三点式 .....	186
三、自行车式 .....	186
第五节 起落架的结构形式和特点 .....	187
一、构架式起落架 .....	187
二、支柱式起落架 .....	187
三、摇臂式起落架 .....	188
第六节 起落架的收放形式 .....	189
一、沿机身轴线方向收放 .....	189
二、沿翼展方向收放 .....	190
三、沿翼弦方向收放 .....	191
第七节 起落架的缓冲系统 .....	191
一、对缓冲器的一般要求 .....	191
二、缓冲器的类型 .....	192
三、固体“弹簧”式缓冲器 .....	192
四、气体式缓冲器 .....	193
五、油气式缓冲器 .....	193
六、全油液式缓冲器 .....	194
七、自适应缓冲器 .....	195
八、轮胎 .....	195
第八节 起落架的刹车装置 .....	197
一、刹车装置的功用和要求 .....	197
二、刹车装置的类型 .....	197
第七章 微型飞行器和无人机 .....	199
第一节 微型飞行器及其类型 .....	199
一、固定翼机型 .....	200
二、旋翼机型 .....	200

三、扑翼机型 .....	201
第二节 微型飞行器关键技术 .....	202
一、低雷诺数下的空气动力学问题 .....	202
二、飞行动力与能源问题 .....	203
三、机载元件的微型化、超轻量化问题 .....	204
四、微型飞行器的控制与通信问题 .....	204
五、MDO 方法的进一步研究 .....	204
六、微型飞行器技术研究的主要内容 .....	204
第三节 微型飞行器的应用 .....	205
第四节 国外微型飞行器的研究简介 .....	205
一、微型飞行器的试验研究 .....	205
二、微型飞行器的数值模拟计算研究 .....	208
第五节 无人机发展概况 .....	211
一、概述 .....	211
二、军用无人机的发展现状 .....	212
三、无人机新的发展趋势 .....	212
第八章 机载设备 .....	214
第一节 航空仪表 .....	214
一、概述 .....	214
二、飞行高度测量 .....	215
三、飞行速度测量 .....	217
四、大气数据系统 .....	219
五、飞行姿态与方向测量 .....	220
六、过载(载荷因数)测量 .....	226
七、发动机状态参数测量 .....	227
八、电子综合显示器 .....	228
第二节 飞机导航技术 .....	229
一、概述 .....	229
二、目视导航 .....	230
三、无线电导航 .....	231
四、卫星导航系统 .....	236
五、惯性导航系统(INS) .....	237
六、图像匹配导航(制导)技术 .....	239
七、天文导航 .....	243
八、组合导航 .....	245
第三节 其他机载设备 .....	246
一、电气设备 .....	246
二、高空防护设备 .....	247

---

三、救生设备 .....	249
四、防冰设备 .....	251
五、灭火设备 .....	251
六、通信设备 .....	252
七、雷达设备 .....	253
八、无人机机载设备 .....	254
<b>第四节 飞机自动控制技术</b> .....	<b>256</b>
一、飞机的自动驾驶和自动驾驶仪 .....	256
二、飞机的飞行轨迹控制 .....	259
三、电传操纵 .....	260
四、现代飞机的综合飞行管理系统 .....	261
<b>第九章 机场及地面保障设备</b> .....	<b>263</b>
<b>第一节 机场</b> .....	<b>263</b>
一、概述 .....	263
二、航空港 .....	264
<b>第二节 飞机的仪表着陆和自动着陆</b> .....	<b>265</b>
一、飞机的仪表着陆 .....	265
二、飞机的自动着陆 .....	267
<b>第三节 空中交通管理和飞行规则</b> .....	<b>270</b>
一、空中交通服务 .....	270
二、空域管理 .....	272
三、空中交通流量管理 .....	274
<b>参考文献</b> .....	<b>275</b>

# 第一章 绪 论

航空是指在地球周围稠密大气层内的航行活动。与之密切相关的航天,是指在大气层之外的近地空间、行星际空间、行星附近以及恒星际空间的航行活动;有人把太阳系内的航行活动称为航天,太阳系外的航行活动称为航宇。航空技术是人类在认识自然、改造自然过程中,发展最迅速、对人类社会生活影响最大的科学技术领域之一。航空技术是高度综合的现代科学技术,需要应用科学技术领域的最新成就,这些科学技术领域包括力学、热力学、材料工程、制造工程、电子技术、自动控制理论和技术、计算机技术、喷气推进技术等。航空技术是衡量一个国家科学技术水平、国防力量和综合实力的重要标志。

## 第一节 飞行器的概念与分类

### 一、飞行器

在地球大气层内或大气层之外的空间(太空)飞行的器械统称为飞行器。通常飞行器可分为三类: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,如气球、飞艇、飞机等。主要在大气层之外的空间飞行的飞行器,称为航天器,例如人造地球卫星、空间站、航天飞机、载人飞船等。航天器在运载火箭的推动下获得必要的速度进入太空,然后在引力作用下完成与天体类似的轨迹运动。装在航天器上的发动机可提供轨道修正或改变运行姿态所需的动力。在地面发射航天器或者当航天器返回地面时,都要经过大气层;航天飞机是垂直发射起飞,主要靠无动力滑翔返回。

靠火箭发动机提供推进力的飞行器,称为火箭,它可以在大气层内飞行,也可以在大气层外飞行。它不靠空气静浮力,也不靠空气动力,而是靠火箭发动机的推力升空。有时,火箭单指火箭发动机。依靠制导系统控制其飞行轨迹的飞行武器,称为导弹。导弹有主要在大气层之外飞行的弹道导弹和装有翼面在大气层之内飞行的地空导弹、巡航导弹、空空导弹等。有翼导弹在飞行原理上,甚至在结构上与飞机极为相似。导弹的动力装置可以是火箭发动机,也可以是涡轮喷气发动机或冲压发动机。每类导弹都可以按用途或射程大小再予以细分。导弹与火箭通常只能使用一次,人们往往把它们归为一类。

### 二、航空器

任何航空器都需要产生升力以克服自身重力才能升空飞行。按照产生升力的基本原理,可将航空器分为两类,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)。

#### 1. 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(如氢气、氦气或热空气)。由于气球所排开的空气重量大于气球本身的重量,

故能够产生静浮力，使气球升空。气球没有动力装置，升空后只能随风飘动或被系留在固定位置上。飞艇装有发动机、螺旋桨、安定面和操纵面，飞行路线可以控制。

## 2. 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。这种航空器主要有固定翼航空器和旋翼航空器。固定翼航空器包括飞机和滑翔机，由固定的机翼产生升力。旋翼航空器包括直升机和旋翼机，由旋转的机翼产生升力。此外还有一种模拟鸟类飞行的扑翼机，很早就被航空先驱们所探索，但至今尚未取得载人飞行的成功。

飞机是最主要的、应用范围最广的航空器，其特点是装有提供拉力或推力的动力装置、产生升力的固定机翼、控制飞行姿态的操纵面。滑翔机在飞行原理与构造形式上与飞机基本相同，只是它没有动力装置，一般由弹射或拖曳升空，然后靠有利的气流（如上升气流）或通过降低高度（位能转变为动能）来继续飞行。有些滑翔机装有小型发动机（称为动力滑翔机），主要是为了在滑翔飞行前获得初始高度。

飞机按用途可分为军用飞机和民用飞机两大类。军用飞机是按各种军事用途设计的飞机，主要包括歼击机（战斗机）、截击机、歼击轰炸机、强击机（攻击机）、轰炸机、反潜机、侦察机、预警机、电子干扰机、军用运输机、空中加油机和舰载飞机等。民用飞机泛指一切非军事用途的飞机，包括旅客机、货机、公务机、农业机、体育运动机、救护机和试验研究机等。

以动力驱动的旋翼作为主要升力来源，能垂直起降的重于空气的航空器称为直升机。旋翼机与直升机比较相似，主要区别在于，前者的旋翼没有动力直接驱动，而靠自身前进时（前进的动力由动力装置提供）相对气流吹动旋翼转动产生升力。直升机装有一副或几副类似于大直径螺旋桨的旋翼，它安装在机体上方近于铅垂的旋翼轴上，由动力装置驱动，能在静止空气和相对气流中产生向上的升力。旋翼受自动倾斜器操纵又可产生向前、向后、向左或向右的水平分力，因此，直升机既能垂直上升下降、空中悬停，又能向前后左右任一方向飞行。直升机可以在狭小的场地上垂直起飞和降落，无需跑道。

## 三、航天器

航天器是指在稠密大气层之外环绕地球，或在行星际空间、恒星际空间，基本上按照天体力学规律运行的各种飞行器，又称空间飞行器。航天器可以分为无人航天器与载人航天器。无人航天器按是否绕地球运行又可分为人造地球卫星和空间探测器。载人航天器又可分为载人飞船、航天站（又称空间站）和航天飞机。我国 2003 年发射的“神舟”五号飞船为载人飞船。中国已成为世界上第三个独立掌握载人航天技术的国家。

## 第二节 航空发展简史

与漫长的人类文明史相比，200 余年的航空发展史只能算是历史长河中短暂的一瞬。人类实现了飞行的愿望，是 20 世纪最伟大的科技成就之一，而且只有很少几项科学技术成果能与之媲美。

### 一、远古的神话和传说

自古以来，人们就怀有对飞行的渴望。中国古代流传的嫦娥奔月等神话，生动地反映了我国古代人们凌空飞行的愿望。《山海经》有对奇肱飞车的描述（图 1.1），据说商汤时期，只有一只胳膊的奇肱国人，造出了飞车，能顺风日行万里。

据历史文献记载，远在两千多年前的春秋战国时期，巧匠鲁班和学者墨翟都曾研究和制作过能飞的木鸢，开始了征服天空的探索。《淮南子·齐俗训》有“鲁班、墨子以木为鸢而飞之，三日不集”的记载。汉朝王莽时期，有人用鸟翎做成两翼，飞了数百步之远，

这可能是人类历史上飞行的第一次勇敢尝试。世界各国也有类似的模拟鸟类飞行的传说和活动。

古希腊神话中的达达罗斯父子，用蜡和羽毛制作了能飞翔的翅膀，为的是逃出米诺斯国王对他们的禁锢。结果，欣喜若狂的儿子伊卡洛斯不听劝告，越飞越高，最终因蜡被太阳的光热所熔化，不幸掉入汪洋中。阿拉伯神话中的波斯地毯、古条顿传说中魏兰所拥有的飞行马甲、古波斯国王卡考斯的摩托飞车、斯堪的纳维亚神话中能工巧匠韦兰用铁锻打的能飞的金属羽衣，都反映了古人对飞行的设想和渴望。16 世纪初，意大利著名画家和学者达·芬奇曾经设计过一种由人带动而扑动两翼的飞行器。限于当时的生产力水平和科学技术水平，不可能使飞行由幻想变成现实。

一直到 17 世纪，人们经过长期深入的研究，发现同鸟的肌肉发出的动力相比，人的手臂和腿所能发出的动力，相对来说要小得多，所以不能靠扑扇着人造翅膀飞行。

## 二、气球和飞艇的出现与发展

我国五代时期，曾出现过热空气气球的雏形“孔明灯”，将之升入空中，作为战争联络的信号。宋代苏轼著、陈继儒校的《物类相感记》里，有一段鸡蛋能飞的记载：“鸡子开小窍，去黄白，了入露水，又以油纸糊了。日中晒之，可以自升起，离地三四尺。”20 世纪 60 年代初，我国物理学家洪震寰作了试验，将鸡蛋去壳留衣，测量尺寸和重量，经过计算，知道蛋衣内充满了热空气甚至氦气，都不能浮升。但这不是理论错误，而是尺寸问题。如果把蛋的尺寸放大千百倍，就可得到能够浮升的热气球。



图 1.1 《山海经》中的奇肱国飞车

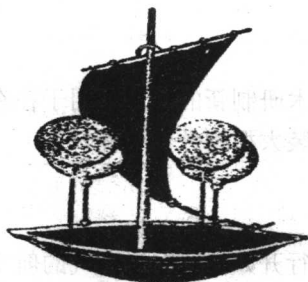


图 1.2 德·拉纳才绘制的“真空球”

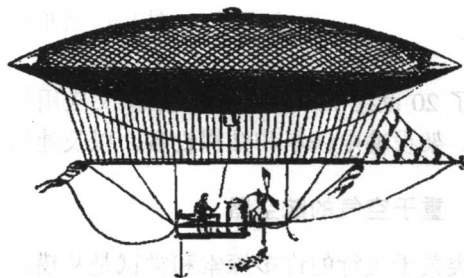


图 1.3 第一个可操纵飞艇

1670年，意大利修道士德·拉纳才绘制出气球设想图（图 1.2），即用四个直径各为 6.1m 的真空铜箔薄壁圆球，吊起一具船形吊舱，以悬浮在空中。但他忽略了一件事，那就是薄铜皮的真空圆球一定会被外部大气的压力所压瘪，因而是不能成功飞行的。

1783年6月5日，法国蒙哥尔费兄弟用气球充以热烟，制成了世界上第一个自由气球，并作了升空表演。同年8月，法国物理学家查尔斯鉴于热空气的上升力量不如氢气，制成了世界上第一个氢气球。同年11月，两个法国人乘热气球上升到 900m 高，腾空 20 多分钟，随风飘移约 10km，揭开了人类飞行的序幕。

1852年，法国人吉法尔在气球上装一台三马力蒸汽机带动螺旋桨的推进装置，制成了世界上第一个可操纵飞艇（图 1.3）。它可以根据人的意志按选定的方向飞行，不再单纯随风飘移。

由于生产力和科学技术的发展，到 19 世纪末，终于出现了有实用价值的飞艇。德国的齐柏林制成了硬式飞艇（图 1.4），用汽油发动机作动力，性能比其它的飞艇好，装载量也大，不久在军事和交通运输上得到了应用。20 世纪最初 30 年是飞艇的全盛时期。飞艇的研究、制造和应用，已在全球许多地方得到了发展。1929 年夏，超豪华级巨型飞艇 LZ-127 “齐柏林伯爵”号完成了载客状态下的首次环球飞行，此次壮举比民航飞机的环球飞行早了 12 年。“齐柏林伯爵”号飞艇长 236m，最大直径 30.48m，气囊容积  $110450\text{m}^3$ ，艇上装有 5 台 412kW 的内燃发动机和 5 副螺旋桨。最高速度 128km/h。艇上可载客 20~35 人，艇上工作人员 40 人，此外还可搭载 15 t 货物。比“齐柏林伯爵”号更为巨大的“兴登堡”号飞艇全长 248m，庞大的飞艇吊舱内设有酒吧、餐厅、卧室、厨房、吸烟室以及散步走廊，甚至还配置了一架大三脚钢琴。到 1937 年 4 月底，“兴登堡”号安全往返于大西洋上空 56 次，成为联系欧美大陆之间的主要空中运输工具。1937 年 5 月 6 日，由于氢气被电火花引爆造成“兴登堡”号爆炸，造成 97 名乘员中 35 人的死亡，也宣告了航空史上飞艇时代的结束。

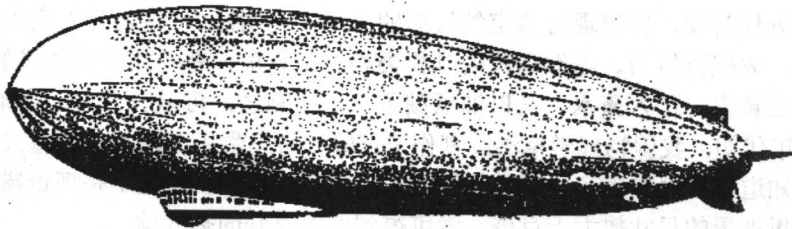


图 1.4 齐柏林式硬式飞艇

到了 20 世纪 70 年代，许多国家又应用新材料新技术研制新的飞艇，用于在森林里搬运木材、架设输电铁塔和钻探设备，以及建筑工地上吊装大型构件等工作。

### 三、重于空气的航空器

人类关于飞行的许多探索和尝试是从模仿鸟类的飞行开始的。轻于空气的航空器的出现，激励着人们以更大的热情，继续从研究鸟类飞行着手，发明重于空气的航空器。但关

键问题首先是如何获得升力；其次是解决稳定、操纵问题；最后是解决动力问题。在实现重于空气的飞行之前，人们进行了许多探索。

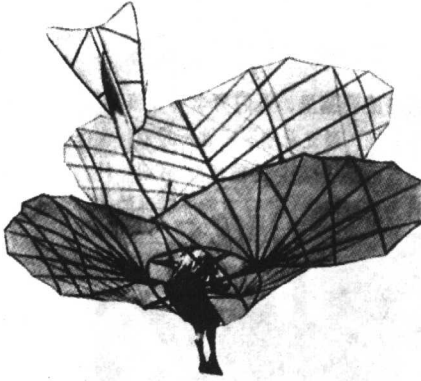


图 1.5 李林达尔作滑翔飞行

1857~1891 年间，出现了无动力的滑翔机，人们通过滑翔来研究升力和阻力的产生和变化规律，探索稳定性和操纵性的问题，为实现动力飞行奠定了技术基础。德国的李林达尔研究滑翔机 20 多年，从 1891 年到 1896 年的 5 年间，就作了 2000 多次的滑翔飞行（图 1.5）。他在掌握稳定性和操纵性方面取得了丰富的经验，留下不少著作，使后来的研究者获得很大教益。1896 年，他在一次滑翔飞行中失事去世。

19 世纪末，蒸汽机和内燃机的先后出现，为航空器由滑翔机向飞机的进展创造了动力条件。蒸汽机首先应用在轮船和火车上，也曾有人把它装在飞机上进行试验，但终因重量大、功率

小而失败。

美国自行车技师莱特兄弟吸取了前人有关滑翔机的研究成果，自制滑翔机进行实际飞行。经过 1000 多次的滑翔试验，初步掌握了操纵滑翔机的方法。在这个基础上，他们在滑翔机上装了一台自制的 8.8kW 的水冷 4 缸活塞汽油发动机，带动两副推进螺旋桨，制成了首架飞机“飞行者”1 号。1903 年 12 月 17 日试飞成功，飞过 260m 的距离，相对空气的速度为 48km/h（对地速度 16km/h），留空时间 59s。莱特兄弟的飞行成功，开创了动力飞行的新纪元（图 1.6）。

20 世纪初，欧洲也有人从事飞机的研究工作。法国的桑托·杜蒙于 1906 年、法国的布莱里奥于 1909 年都成功地飞行了他们自己设计的飞机。在 1909 年春夏之交飞越英吉利海峡的飞行竞赛中，布莱里奥驾驶“布莱里奥”XI 号单翼机于 1909 年首次飞越了英吉利海峡，全程 40km，飞行时间 37min。

尽管当时飞机已经能够飞行，但从理论上仍不能圆满解释机翼为什么能够产生升力，飞机的结构和设备也极其简陋，飞行事故经常发生。因此，如何改进飞机飞行性能和操纵性能，保证空中安全等，就成为一系列迫切需要解决的问题。

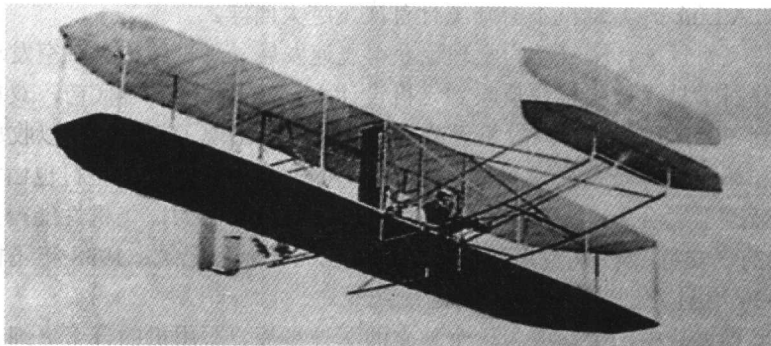


图 1.6 莱特兄弟的飞机



旅美华侨冯如，于 1910 年独立设计、制造了飞机，并亲自驾驶参加了当时在美国旧金山举行的各国飞行家的飞行比赛，取得了优异的成绩，为我国在早期世界航空史上赢得了很高的声誉。他于 1911 年回国，在广州作飞行表演时不幸失事牺牲（图 1.7）。

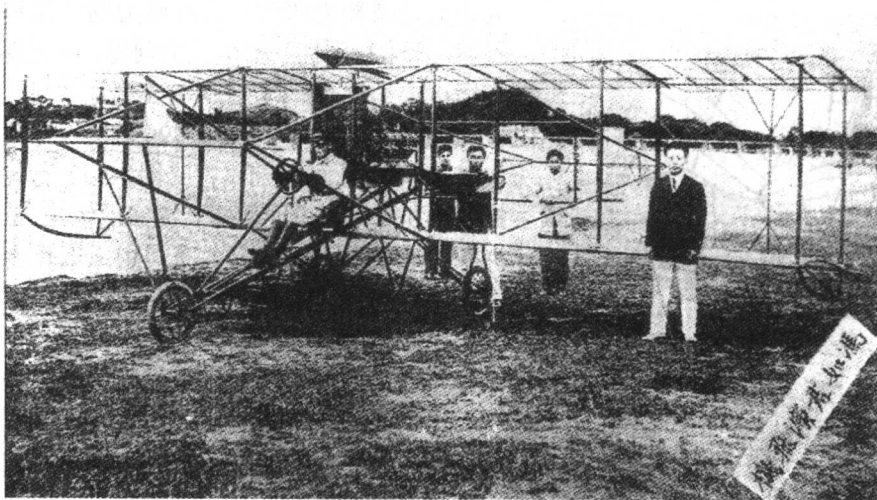


图 1.7 冯如和他制造的飞机（坐在飞机上的是冯如）

1914 年爆发了第一次世界大战，飞机首先被用于侦察。敌对双方的侦察机在空中相遇时，驾驶员用自卫手枪进行射击，于是出现了早期的空战。后来由于战争的需要，又出现了带武器的“驱逐机”、“轰炸机”和“强击机”。

第一次世界大战促进了航空科学技术和航空工业的发展。战后，飞机逐渐从军用转为民用。各国开始设计和制造专用的运输机。航空业务由起初的邮递发展到客货运输。1919 年开始，已有几条定期的国际航线。战后还出现了创造飞行高度、速度、航程和续航世界纪录的航空竞赛热潮，一些专为破纪录而制造的飞机相继问世。在航空史上，将第一次世界大战结束到第二次世界大战爆发间的 20 年，称为航空黄金年代。在这 20 年间，先后问世的航空新技术有：硬壳式轻型合金结构、悬臂单翼、可收放式起落架、密封座舱、动力传动的炮架、襟翼、可变桨距螺旋桨、发动机增压器以及包括自动驾驶仪在内的一系列供飞行和导航使用的设备等。在航空黄金年代出现了一些著名的飞机，如波音 P-12/F4B、P-26 战斗机；格鲁门 F3F 舰载战斗机；寇蒂斯 F11 C-2/BF2cII-III 战斗轰炸机等。1933 年，美国人林白（C.A.Linberg）驾机不着陆飞行首次飞越大西洋。

为了改进飞机性能，空气动力学理论获得飞速发展。飞机结构、航空发动机都取得重大进展。这些科学技术成果很快反映到飞机设计上。20 世纪 20 年代初，双翼机逐渐向单翼机过渡。到 30 年代初期，双翼机已趋于淘汰。同时出现了起落架可以收放、驾驶舱封闭、发动机加整流罩等一系列提高空气动力效率的构造形式。飞机材料也由木材、层板、亚麻布等逐渐改用铝合金，提高了结构强度，降低了飞行阻力，飞机性能得到很大提高。1937 年苏联的“安特 25”从莫斯科直飞美国，创飞行航程纪录；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，空军成为一个独立的军种参战。军用机的分工更细，性能大为提高。参战飞机数量大，种类多，出现了总重量 62500kg 的轰炸机和速度达 784km/h 的战斗