

民航特色专业系列教材

飞行性能工程学

田 勇 万莉莉 编著



科学出版社

民航特色专业系列教材

飞行性能工程学

田 勇 万莉莉 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以民航飞机为主要对象,依据我国民航相关规章,结合飞机设计、发动机设计、航空公司运营管理和环境条件,系统地介绍了空气动力学原理和飞机的主要性能。

全书共13章,内容涵盖空气动力学、飞行力学和飞机性能分析的理论基础、方法和应用。第1章介绍飞机的分类和主要组成;第2章介绍国际标准大气的概念;第3章介绍空气动力学的基本概念;第4章介绍螺旋桨的空气动力;第5章介绍飞机的稳定性与操纵性;第6章介绍直升机的飞行原理;第7章介绍飞机性能分析的研究内容和基本方法;第8~13章介绍飞机性能,包括爬升、下降、盘旋、巡航、起飞和着陆性能分析。

本书可作为高等院校相关专业的本科生或研究生教材,以及相关教师的参考资料,也可作为工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

飞行性能工程学/田勇,万莉莉编著. —北京:科学出版社,2015.6
民航特色专业系列教材
ISBN 978-7-03-044595-7

I. ①飞… II. ①田…②万… III. ①飞机-机动飞行性能-高等学校-教材 IV. ①V212.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 124801 号

责任编辑:余江 张丽花/责任校对:郭瑞芝

责任印制:徐晓晨/封面设计:迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京教图印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015年6月第一版 开本:787×1092 16

2015年6月第一次印刷 印张:21 1/2

字数:510 000

定价:52.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

丛 书 序

改革开放以来,我国民航事业获得了持续、快速、健康的发展。2010年,我国民用航空发展的主要预期指标是:航空运输总周转量493亿吨千米、旅客运输量2.6亿人次、货邮运输量498万吨。30年来上述指标年均增速均达到两位数字,大约是中国国民经济发展速度的两倍,是世界民航业发展速度的四倍。从2005年至今,中国民航没有发生运输飞行事故,创造了中国民航历史上安全运营时间最长的记录,安全生产、效益形势喜人。按照我国国民经济发展中长期规划和国际通用方法预测,中国民航的持续快速增长还会有较长一段时间。

近年来,中国民航总局党组提出了全面推进建设民航强国的战略构想,因此,对民航各层次管理和专业技术人才的培养提出了更高的要求。民用航空教育必须把培养知识面广、专业素质高、动手能力强、责任心强的专业人才作为自己的奋斗目标,以适应整个行业发展的需要。但是目前民航专业教材体系建设相对滞后,长期以来多数教材源于国外,不能完全符合中国实际;教材出版时间较早,知识相对陈旧,学生难以据此掌握当前民航的高新科学技术。教材问题已经客观地影响到教学效果和质量。

南京航空航天大学民航学院成立于1993年,由原中国民用航空总局和中国航空工业总公司正式联合创办,已形成具有培养本科、硕士、博士、博士后多层次人才的办学格局。目前设有交通管理与签派、民航运输管理、民航机务工程、民航电子电气工程、机场运行与管理、飞行技术6个专业。依托国家级、江苏省特色专业建设点,依靠国防科工委重点学科建设,以及承担国家级、省部级科研项目等多方雄厚的科研实力,形成了集市场营销、运营管理和维修保障为一体的全方位的人才培养体系,成为我国民用航空领域的重要教学和科研基地。

通过对近17年教学与科研成果的凝练与总结,为适应教学改革和民航发展的需要,及时反映现代民航科技领域的研究成果,保证教材建设与教学改革同步进行,我们出版了“民航特色专业系列教材”丛书。本套丛书在组织编写中,重点体现了以下几个方面的特色:

(1) 突出民航和航空制造专业特色。教材编写过程中充分考虑到专业的交叉性、综合性和国际性强的特点,在要求学生掌握知识的同时,以培养技术与管理结合、适应性强、综合素质高、能在航空制造企业和民航企事业单位服务的复合型人才为目标,丰富和完善教材内容。

(2) 面向民航应用,注重实践能力的培养。适当拓宽专业基础知识的范围,以增强学生的适应性;面向民航工程实际,注重实践环节,强化在民航系统就业所必需的职业技能培养内容,以促进对学生的实际动手能力和创新能力的培养。

(3) 强化专业素质教育。在专业所应具备的基本知识基础上,拓宽和延伸专业课内容,及时反映民航科技的最新成果,提升学生的专业素质和学习能力。

(4) 兼顾学历教育和执照教育。由于民航专业的特殊性,获取专业执照是从业的必要

条件,本套教材在编写过程中,注重学历教育和执照教育的有机结合,为学生顺利走上工作岗位创造条件。

(5) 满足多层面的需求。针对同一类课程,根据不同的教学层次和学时要求,编写适合不同层次需求的教材,涵盖不同范围的拓展知识单元,注重与先修课程、后续课程的有机衔接,每本教材在重视系统性和完整性的基础上,尽量减少内容重复。

本套教材注重知识的系统性与全面性,突出民航专业特色;兼顾学生专业能力和综合素养的全面培养,力图提高民航专业人才的培养质量和完善人才培养的模式;着力推广民航专业教学经验和教学成果,推进民航专业教学改革。本套教材的编写出版为提高民航专业教学的整体水平做了有益的探索。

温家宝总理指出:“教育寄托着亿万家庭对美好生活的期盼,关系着民族素质和国家未来。不普及和提高教育,国家不可能强盛。”为了不断促进民航院校学生素质的提高以适应我国民航事业的持续、快速、健康发展,我们在教材编辑与创新上做了一些尝试,迈出了可喜的一步。作为一名老航空工作者,我为此鼓与呼。在丛书编写过程中,南京航空航天大学民航学院还得到众多相关学校与学院各方教授、专家、学者的帮助与指正,在此一并感谢。

王 知

2010年7月

前 言

随着航空技术的发展和经济水平的提高,越来越多的人选择飞机作为出行的一种重要方式,飞机也以其快速、高效、安全等优势越来越被大众所认可。随着我国民航事业的快速发展,加入航线营运的机型越来越多,每种飞机的性能都有不同,而其直接关系到飞行的安全和效益等关键问题。熟悉并掌握飞机的性能,有助于更好地认识飞机、选择飞机和使用飞机。

在本书的编写中,注意吸收国内外同类教材的优点,把握管制员、签派员、飞行员应该掌握的航空知识主线,贯穿必要的知识点。注重知识的系统性和适用性,力求做到文字通俗易懂、内容博而不杂,起到为管制、签派和飞行打基础的作用。

全书共 13 章。第 1 章飞机概述,介绍飞机的主要组成;第 2 章大气概述,主要介绍飞行的大气环境;第 3 章空气动力学,主要介绍空气亚、跨、超音速流动的一些基本规律和飞机升力、阻力的产生原理和变化规律;第 4 章螺旋桨的空气动力,主要介绍螺旋桨拉力的产生原理、变化规律和螺旋桨的副作用;第 5 章飞机的稳定性与操纵性,主要介绍飞机稳定性和操纵性的基本概念、影响因素等有关知识;第 6 章直升机,主要介绍直升机的分类、结构和飞行原理;第 7 章飞机性能分析方法,主要介绍飞机性能分析中常用的推力法、功率法和能量法;第 8 章爬升,主要介绍爬升性能参数和航路爬升方式、爬升性能;第 9 章下降,主要介绍下降性能参数和航路下降方式、下降性能;第 10 章盘旋,主要介绍飞机的基本机动性能和转弯的操纵原理;第 11 章巡航,主要介绍巡航性能参数和巡航性能计算方法、一发停车的巡航性能和操纵;第 12 章起飞,主要介绍飞机起飞性能及操纵原理;第 13 章着陆,主要介绍飞机着陆性能及操纵原理。

本书第 1 章、第 3~6 章以及第 12、13 章由田勇编写,第 2 章以及第 7~11 章由万莉编写。全书由田勇统稿。

限于作者的水平,书中难免有不足之处,恳请广大读者批评指正。

本书编写过程中得到南京航空航天大学教务处和南京航空航天大学民航学院的大力支持。编写中参阅了许多作者的著作,在此一并感谢。

作 者

2015 年 2 月于南京航空航天大学

目 录

丛书序

前言

第 1 章 飞机概述	1
1.1 飞机的分类	1
1.2 飞机的主要组成	2
1.2.1 机身	2
1.2.2 机翼	3
1.2.3 尾翼	10
1.2.4 起落装置	10
1.2.5 动力装置	11
1.3 操纵飞机的基本方法	18
1.3.1 操纵系统	18
1.3.2 操纵方法	18
第 2 章 大气概述	19
2.1 气体状态方程	19
2.1.1 大气分层	19
2.1.2 空气的密度、温度和压强	20
2.1.3 空气的黏性和压缩性	22
2.2 国际标准大气	24
2.2.1 标准大气	24
2.2.2 国际标准大气表	25
2.2.3 非标准大气	27
第 3 章 空气动力学	28
3.1 空气流动	28
3.1.1 气流和相对气流	28
3.1.2 流线和流线谱	28
3.1.3 连续性定理	29
3.1.4 伯努利定理	30
3.2 高度和速度	32
3.2.1 全、静压系统	32
3.2.2 高度	33
3.2.3 速度	34
3.3 高速气流	37
3.3.1 高速气流特性	37

3.3.2	高速气流的连续性定理和伯努利定理	39
3.4	升力和阻力	41
3.4.1	亚音速阶段	41
3.4.2	跨音速阶段	63
3.4.3	超音速阶段	73
3.4.4	后掠翼的空气动力特性	75
第4章	螺旋桨的空气动力	81
4.1	螺旋桨的结构	81
4.1.1	螺旋桨简介	81
4.1.2	螺旋桨的运动	82
4.1.3	桨叶迎角的变化	82
4.2	拉力和旋转阻力	84
4.2.1	螺旋桨的拉力和旋转阻力	84
4.2.2	影响螺旋桨的拉力和旋转阻力的因素	85
4.3	螺旋桨拉力在飞行中的变化	86
4.3.1	螺旋桨的变距	86
4.3.2	拉力随油门位置的变化	87
4.3.3	拉力随飞行速度的变化	87
4.3.4	拉力随飞行高度的变化	89
4.4	螺旋桨的负拉力	89
4.4.1	飞行速度过大而油门比较小时负拉力的产生	89
4.4.2	飞行速度不太大而油门过小时负拉力的产生	90
4.4.3	发动机空中停车时负拉力的产生	91
4.5	螺旋桨的有效功率和效率	92
4.5.1	螺旋桨的有效功率	92
4.5.2	螺旋桨的效率	94
4.6	螺旋桨的副作用	96
4.6.1	螺旋桨的进动	96
4.6.2	螺旋桨的反作用力矩	98
4.6.3	螺旋桨滑流的扭转作用	98
第5章	飞机的稳定性与操纵性	100
5.1	飞机的重心与坐标轴	100
5.1.1	飞机的重量	100
5.1.2	飞机的重心	102
5.1.3	飞机的坐标轴	103
5.2	飞机的平衡	104
5.2.1	飞机的俯仰平衡	105
5.2.2	飞机的方向平衡	108
5.2.3	飞机的横侧平衡	109

5.2.4	侧向平衡	109
5.3	飞机的稳定性	110
5.3.1	稳定性定义	110
5.3.2	飞机的俯仰稳定性	112
5.3.3	飞机的方向稳定性	115
5.3.4	飞机的横侧稳定性	117
5.3.5	侧向稳定性	118
5.3.6	影响飞机稳定性的因素	119
5.4	飞机的操纵性	120
5.4.1	飞机的俯仰操纵性	120
5.4.2	飞机的方向操纵性	124
5.4.3	飞机的横侧操纵性	127
5.4.4	侧向操纵性	128
5.4.5	影响飞机操纵性的因素	129
5.4.6	飞机的稳定性和操纵性的关系	131
第 6 章	直升机	132
6.1	直升机的分类	132
6.2	直升机的结构	133
6.2.1	机身	133
6.2.2	旋翼	133
6.2.3	动力装置	134
6.2.4	传动和操纵系统	134
6.2.5	尾梁和尾桨	134
6.2.6	着陆装置	134
6.3	直升机的飞行原理	134
6.3.1	旋翼受力	134
6.3.2	动力传递和控制	136
6.3.3	操纵及性能	136
第 7 章	飞机性能分析方法	138
7.1	推力法	138
7.1.1	飞机的推力曲线	138
7.1.2	推力曲线上的特征点	141
7.2	功率法	143
7.2.1	飞机的功率曲线	143
7.2.2	功率曲线上的特征点	143
7.3	能量法	145
7.3.1	能量高度概念	145
7.3.2	能量变化率	147
7.3.3	变速上升的上升率	147

7.4	平飞性能参数	149
7.4.1	平飞性能参数的变化	149
7.4.2	飞行包线	151
7.4.3	环境包线	158
第8章	爬升	160
8.1	爬升性能参数	160
8.1.1	运动方程	160
8.1.2	上升性能参数	161
8.1.3	上升操纵原理	165
8.2	航路爬升方式	168
8.2.1	典型爬升剖面	168
8.2.2	航路爬升方式	169
8.3	航路爬升性能	175
8.3.1	爬升性能指标	175
8.3.2	爬升性能图表	175
第9章	下降	178
9.1	下降性能参数	178
9.1.1	运动方程	178
9.1.2	下降特性参数	179
9.1.3	下降操纵原理	181
9.2	航路下降方式	185
9.2.1	典型下降剖面	185
9.2.2	航路下降方式	185
9.3	航路下降性能	188
9.3.1	下降性能指标	188
9.3.2	下降性能图表	188
第10章	盘旋	191
10.1	盘旋性能参数	191
10.1.1	运动方程	191
10.1.2	盘旋中的过载系数	192
10.1.3	盘旋所需速度	194
10.1.4	盘旋所需推力(或拉力)和功率	195
10.1.5	盘旋半径	199
10.1.6	盘旋时间	199
10.1.7	盘旋所需燃油	199
10.2	盘旋的操纵原理	200
10.2.1	盘旋的三个阶段	200
10.2.2	盘旋的限制	202
10.2.3	风对盘旋的影响	203

10.2.4	侧滑对盘旋的影响	204
10.2.5	螺旋桨副作用对盘旋的影响	205
10.3	等待	205
10.3.1	空中等待方式	205
10.3.2	等待性能图表	206
第 11 章	巡航	208
11.1	巡航性能参数	208
11.1.1	续航时间	208
11.1.2	巡航距离	214
11.1.3	巡航速度	221
11.1.4	巡航高度	223
11.2	巡航性能计算	229
11.2.1	巡航性能图表	229
11.2.2	巡航性能举例	234
11.3	一发停车巡航	238
11.3.1	一发停车后飞机的性能	238
11.3.2	等时点和返航点	242
第 12 章	起飞	247
12.1	滑行	247
12.1.1	推出	248
12.1.2	滑行	248
12.2	起飞	251
12.2.1	起飞全过程	251
12.2.2	起飞相关速度	252
12.2.3	起飞性能分析	256
第 13 章	着陆	291
13.1	进场	291
13.1.1	起落航线	291
13.1.2	仪表着陆系统	291
13.2	复飞	292
13.2.1	复飞全过程	292
13.2.2	复飞爬升梯度	293
13.3	着陆	293
13.3.1	着陆全过程	293
13.3.2	着陆相关速度	293
13.3.3	着陆性能分析	296
参考文献	327
符号说明	328
常用单位	330

第1章 飞机概述

人类对空中飞行的愿望自古就有，对飞行活动进行了数个世纪顽强不懈的探索。早期的飞行活动是以滑翔机或热气球的形式进行的。直到1903年12月17日，莱特兄弟在美国北卡罗来纳州的基蒂霍克，才实现了人类历史上第一次带动力的、持续的、可控的飞行。

在大气层中进行飞行的飞行器称为航空器，航空器根据其任务和目的不同可分为若干种，如图1-1所示。其中飞机是由发动机驱动的，比空气重的固定翼飞行器，在飞行中由作用于机翼上的动态空气反作用力支持。飞机是目前最主要的航空器。它广泛地用于军事和国民经济两方面。本章简单介绍飞机分类及其主要组成部分、操纵飞机的基本方法以及机翼的形状等内容。

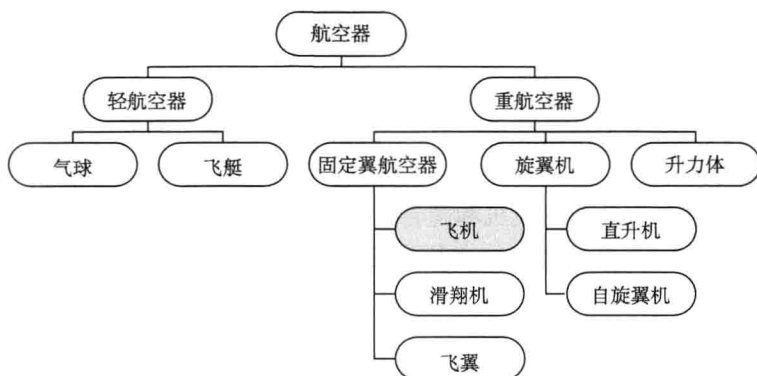


图 1-1 航空器的分类

1.1 飞机的分类

飞机依其分类依据不同，有不同的划分方法，图1-2为飞机按发动机类型、飞行速度和航程进行分类时的划分方法。

1. 按飞机的用途划分

飞机按用途分为军用飞机和民用飞机两大类。军用飞机是直接参加战斗、保障战斗行动和军事训练的飞机的总称，是航空兵的主要技术装备，主要包括歼击机、轰炸机、歼击轰炸机、强击机、反潜巡逻机、武装直升机、侦察机、预警机、电子对抗飞机、炮兵侦察校射飞机、水上飞机、军用运输机、空中加油机和教练机等。民用飞机泛指一切非军事用途的飞机（如旅客机、货机、农业机、运动机、救护机以及试验研究机等）。

2. 按发动机类型划分

飞机按发动机类型分为螺旋桨式飞机和喷气式飞机。螺旋桨式飞机包括活塞螺旋桨式

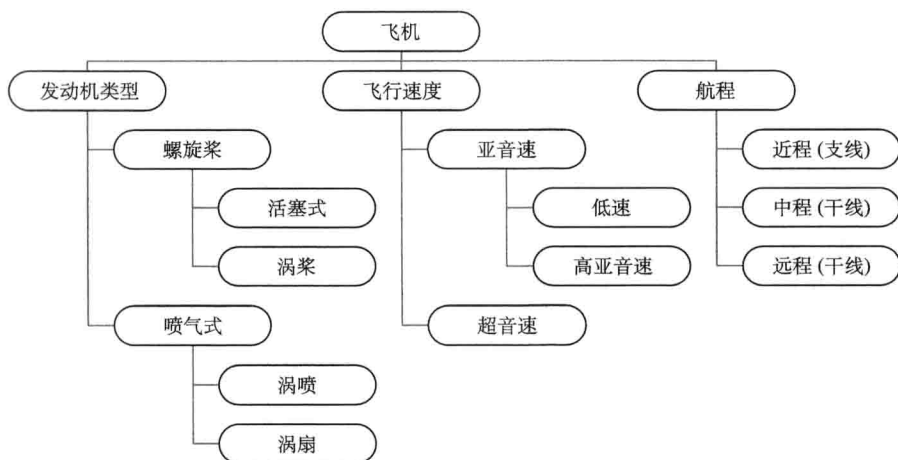


图 1-2 飞机的分类

飞机和涡轮螺旋桨式飞机。喷气式飞机包括涡轮喷气式飞机和涡轮风扇喷气式飞机，该类型的飞机结构简单，飞行速度快，节省燃料，装载量大。

3. 按发动机数量划分

飞机按发动机数量分为单发飞机、双发飞机、三发飞机、四发飞机和多发飞机。

4. 按飞行速度划分

飞机按飞行速度分为亚音速飞机和超音速飞机。亚音速飞机又分为低速飞机（飞行速度低于 400km/h）和高亚音速飞机（飞行马赫数为 0.8~0.9）。大多数民用客机为高亚音速飞机。

5. 按飞机航程划分

飞机按航程分为近程飞机、中程飞机和远程飞机。近程飞机的航程一般小于 1000km，主要用于支线，因此又称为支线飞机。中程飞机的航程为 3000km 左右。远程飞机的航程为 11000km 左右，可以完成中途不着陆的洲际跨洋飞行。中、远程飞机一般用于国内干线和国际航线，又称干线飞机。

此外飞机还可按机翼数量分为单翼机、双翼机和多翼机；按机翼的形状分为平直翼飞机、后掠翼飞机和三角翼飞机等；按飞机客座数分为大型、中型和小型飞机。

1.2 飞机的主要组成

自从世界上出现飞机以来，飞机的结构形式虽然在不断改进，飞机类型不断增多，但到目前为止，除了少数特殊的机型，大多数飞机都是由机身、机翼、尾翼、起落装置和动力装置五个主要部分组成的。它们各有其独特的功用，民用客机的主要组成部分如图 1-3 所示。

1.2.1 机身

机身包含驾驶舱（cockpit）和/或客舱（fuselage），主要功用是装载乘员、旅客、武

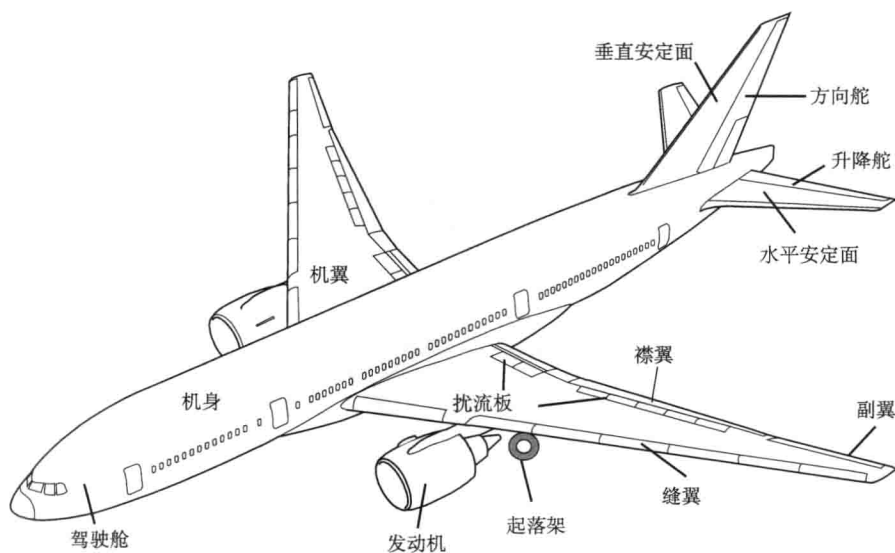


图 1-3 民用客机的主要组成部分

器、货物和各种设备；还可将飞机的其他部件如尾翼、机翼及发动机等连接成一个整体。机身其中有供乘客使用的座位和飞机的控制装置。另外，机身也提供货舱和其他主要飞机部件的挂载点。一些飞行器使用开放的桁架结构。桁架型机身用钢或铝质管子构造。通过把这些管子焊接成一系列三角形来获得强度和刚性，成为桁架结构。图 1-4 所示为华伦桁架。

较小型飞机的机身内部通常是和外界连通的，机舱内外气压相等，大型飞机的机身大多是增压座舱，增压座舱内的气压由飞机环境控制系统控制，使之高于环境气压并根据飞行高度自动调节，以保证乘员在高空飞行时具有舒适的环境和工作条件。

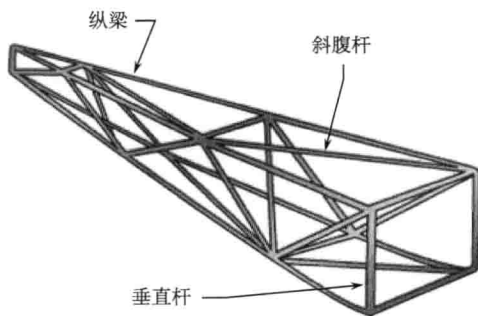


图 1-4 华伦桁架

1.2.2 机翼

机翼的主要功用是产生升力，以支持飞机在空中飞行。升力产生的效率是机翼设计时需主要考虑的问题。安装有一副机翼的飞机称为单翼机，两副机翼的飞机称为双翼机。历史上曾流行过双翼机，甚至还出现过多翼机，但现在飞机一般都是单翼机。

机翼在飞机的稳定和操纵方面起着重要的作用。机翼上安装的可操纵翼面主要有副翼(aileron)和襟翼(flaps)，如图 1-5 所示。襟翼一般在机翼的后沿内侧，两边的偏转方向相同，放下襟翼能使机翼升力增大，可用于飞机起飞着陆时降低起降速度；副翼一般在机翼的后沿外侧，两边副翼偏转方向相反，当它偏转时两翼的升力大小不同，可使飞机滚转，副翼又可分为内侧副翼和外侧副翼，外侧副翼主要用于飞机低速飞行。大型飞机还普遍使用减速板或扰流板，用于飞机空中机动和地面滑跑减速，有些飞机上还安装缝翼

(slats)、翼刀和翼尖小翼。

另外，机翼上还可安装发动机、起落架和油箱等。

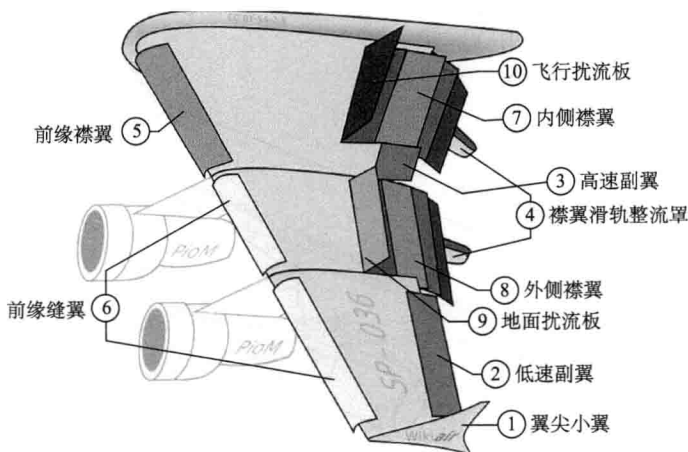


图 1-5 机翼组成部分

1. 机翼的剖面形状

机翼横切面的轮廓称为机翼的剖面形状（简称翼剖面）（图 1-6）。通常飞机的机翼都是左右对称安装的，也就是关于某一平面对称的，将该平面称为飞机的对称面，翼剖面就是平行于该对称面的剖面形状。

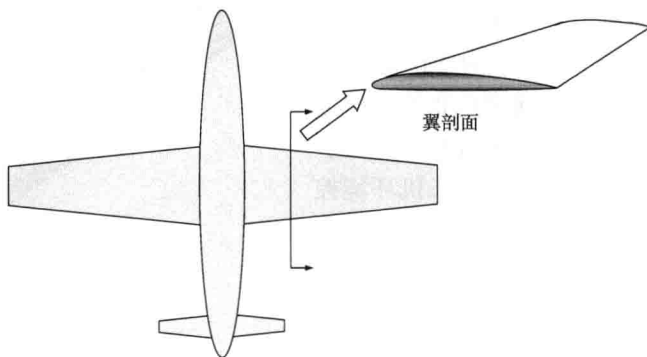


图 1-6 翼剖面示意图

最早的飞机，机翼就是一块平板，模仿风筝在骨架上缝张蒙布，翼剖面就是一个平板剖面。这种机翼升力很小，后来为了增加升力，将翼剖面做成像鸟翼那样的弯拱形状——薄的单凸翼剖面，因此出现了弯弓形翼剖面的机翼，对升力特性有所改进。随着飞行速度的进一步提高，阻力比较大的弓形翼剖面又不适用了。20 世纪初，经典流体动力学的方法已经可以成功地用于翼型，并且可能对某些简单翼型外形的升力特性进行数学计算。但是直到 1907 年俄国空气动力学家儒可夫斯基的机翼理论出来以后，才明确翼剖面应该有个圆头以及上下表面，在之后就出现了平凸形、双凸形、对称形、层流形、菱形、圆弧形等翼剖面，如图 1-7 所示。

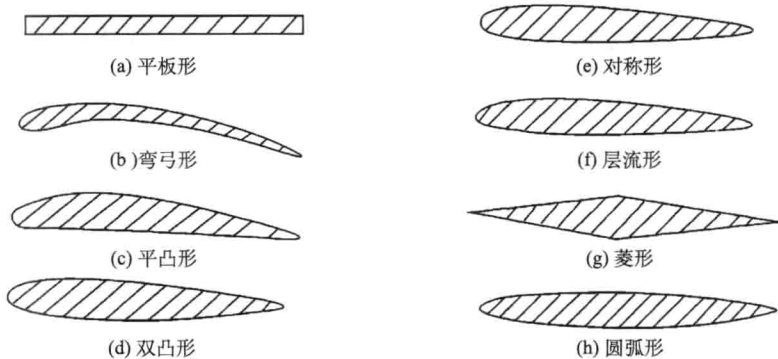


图 1-7 各种翼剖面

平凸形和双凸形翼剖面的升力和阻力特性都较好，而且对结构布置和减轻重量也有利，是现代低速飞机广泛采用的翼剖面。

对称形翼剖面，前缘比较尖，最大厚度位置靠后，临界马赫数较高，阻力小。这种翼剖面常用于各种飞机的尾翼上和某些高速飞机的机翼上。

所谓“层流形翼剖面”是指所设计的翼剖面边界几乎保持层流的摩擦阻力小的翼剖面。这种翼剖面特点是前缘比较尖、最大厚度一般在 50%~60% 弦长位置、后缘角大、最低压力点尽可能位于翼剖面靠后的部分。这种翼剖面常用于速度较高的飞机上。

圆弧形和菱形翼剖面常用在超音速飞机上。这两种翼剖面前端很尖，而且很薄，超音速飞行时阻力小，很有利。但在低速飞行时，升力和阻力特性不好，使飞机的起落性能变差。

随着飞机的发展，翼剖面研究已成为飞机空气动力学研究的一个重要部分，世界上很多国家都设有专门的研究机构，至今已研制出了一系列适用于各种不同需要的翼剖面，这就为飞机的设计和制造开辟了更科学、更便捷的道路。

(1) 翼弦。

通常翼剖面由前缘、后缘、上表面、下表面组成，如图 1-8 所示。其中翼剖面前后缘之间的连线称为翼弦 (chord) 或几何弦，其长度用 c 表示。

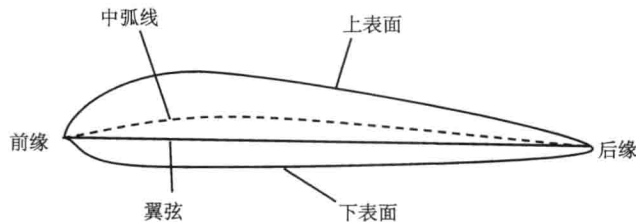


图 1-8 翼剖面

各种翼剖面的形状特点，可以用相对厚度、最大厚度相对位置和中弧曲度等翼剖面参数来表明。

(2) 相对厚度。

相对厚度 (\bar{t}) ——翼剖面的最大厚度 (t) (图 1-9) 与翼弦的比值, 也称厚弦比。相对厚度一般用百分数表示为

$$\bar{t} = \frac{t}{c} \times 100\% \quad (1-1)$$

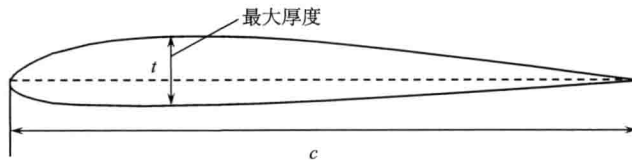


图 1-9 最大厚度

相对厚度可用来说明翼剖面相对厚薄的程度。如图 1-10 所示, 翼剖面 A 和翼剖面 C 虽然翼弦一样长, 但翼剖面 A 的最大厚度比翼剖面 C 的大, 故翼剖面 A 的相对厚度大。翼剖面 A 和翼剖面 B 虽然最大厚度一样, 但翼剖面 B 的翼弦比翼剖面 A 的长, 故翼剖面 B 的相对厚度比翼剖面 A 的小。

现代飞机翼剖面的相对厚度为 3%~14%, 超音速飞机用相对厚度较小的薄翼。

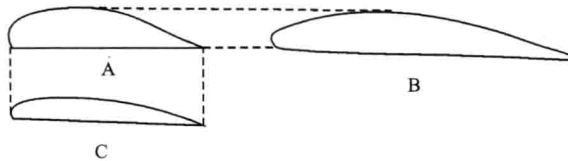


图 1-10 相对厚度不同的翼剖面

(3) 最大厚度相对位置。

最大厚度相对位置 (\bar{X}_t) ——最大厚度位置 (翼剖面的最大厚度所在位置到前缘的距离, 即图 1-11 中的 X_t) 与翼弦的比值, 通常以其百分数来表示, 即

$$\bar{X}_t = \frac{X_t}{c} \times 100\% \quad (1-2)$$

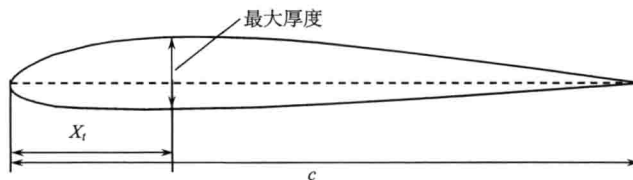


图 1-11 最大厚度位置

最大厚度相对位置的大小, 表明翼剖面最大厚度离前缘的远近, 即表明翼剖面前部的弯曲程度。

现代飞机的翼剖面, 其最大厚度相对位置为 30%~50%, 层流形翼剖面为