

飞机构造

宋静波 编

前 言

随着民用航空的飞速发展,飞机结构和系统越来越复杂,要求飞机结构应能满足强度、刚度和稳定性的要求,飞机的各系统能高效、稳定、安全的工作。保证飞机结构各部件的安全可靠及各系统的稳定工作是保证飞机安全飞行和乘员舒适的基本条件。近年,发生了一些因飞机结构部件破坏和飞机系统故障影响飞行安全的事故。因此对于地面机务维护人员,加强对故障的预测和检查分析的能力显得更加重要。

本教材共有十章,重点分析了飞机结构、飞机液压系统、起落架系统、飞行操纵系统、和座舱环境控制系统。并介绍了燃油、防冰排雨、飞机灭火、载重与平衡及飞机电子系统。

本书分析了飞机各主要结构及各系统的知识,从主要的飞机结构入手,分析了飞机结构的主要组成部件、受力分析及可能发生的破坏形式,检查分析结构损伤的方法。并分析了各飞机系统的组成及工作,飞机系统常见故障及分析处理方法。对掌握飞机和部分的专业知识及培养学生进行故障分析和故障诊断具有一定的指导意义。

使用本教材要根据高等职业教育的特点,加强理论与实践相结合。在理论教学的同时,进行实践教学。并利用录像和多媒体教学方法进行教学。

本书作为高等职业教育机电专业“飞机构造基础”的教材。为满足高等职业教育及民航发展的需要,本书引入了“民航航空器维修人员执照基础部分”培训大纲的部分内容,因此也可以作为“执照基础部分航空器机体”的教学参考书。

本书第五章由王洪涛编写,其余各章由宋静波编写,并由宋静波统稿。

由于编者水平与能力有限,书中错误与不当之处,恳请读者批评指正。

编者

1998. 12.

1.	飞机结构	1-1
1.1.	概述	1-1
1.2.	飞机载荷	1-1
1.2.1.	飞机飞行中载荷	1-1
1.2.2.	飞行中飞机受载的基本情况	1-1
1.2.3.	主要的结构应力	1-3
1.3.	机翼结构	1-4
1.3.1.	机翼的功用	1-4
1.3.2.	机翼的配置	1-5
1.3.3.	机翼上的外载荷	1-5
1.3.4.	机翼主要受力构件	1-5
1.3.5.	机翼结构型式	1-7
1.3.5.1.	布质蒙皮机翼	1-7
1.3.5.2.	金属蒙皮机翼	1-7
1.3.6.	机翼构件构造	1-10
1.3.7.	平直机翼结构中力的传递	1-14
1.3.7.1.	空气动力的传递	1-14
1.3.7.2.	集中载荷的传递情况	1-18
1.3.8.	机翼小结	1-19
1.4.	机身结构	1-19
1.4.1.	机身外部载荷	1-19
1.4.1.1.	对称载荷	1-19
1.4.1.2.	不对称载荷	1-19
1.4.2.	机身与机翼受力比较	1-20
1.4.3.	机身的结构形式	1-20
1.4.3.1.	构架式机身	1-20
1.4.3.2.	半硬壳式机身	1-20
1.4.4.	半硬壳式机身结构的受力分析	1-21
1.4.5.	机身构件的构造	1-22
1.5.	尾翼和副翼	1-23
1.5.1.	尾翼	1-23
1.5.2.	副翼	1-23
1.5.3.	舵面的空气动力补偿装置和平衡装置	1-23
1.6.	机体开口部位的构造和受力分析	1-26
1.7.	直升机	1-30
1.8.	定位编码系统	1-30

2.	载重与平衡	2-1
2.1.	重量与平衡的重要性	2-1
2.1.1.	重量与平衡的目的	2-1
2.1.2.	重量与平衡问题	2-1
2.2.	重复称重的必要性	2-2
2.3.	重量与平衡的理论	2-2
2.4.	重量与平衡术语	2-2
2.4.1.	基准面	2-2
2.4.2.	力臂	2-3
2.4.3.	代数符号	2-3
2.4.4.	重心	2-4
2.4.5.	最大重量	2-4
2.4.6.	最大着陆重量	2-4
2.4.7.	最大停机重量	2-4
2.4.8.	最大起飞重量	2-4
2.4.9.	空重	2-4
2.4.10.	空重重心	2-4
2.4.11.	空重重心范围	2-4
2.4.12.	实用重心范围	2-5
2.4.13.	平均空气动力弦	2-5
2.4.14.	飞机的水平顶置	2-5
2.4.15.	燃油装载	2-5
2.4.16.	最小燃油量	2-6
2.4.17.	无燃油重量	2-6
2.4.18.	毛重	2-6
2.4.19.	有用载重	2-6
2.5.	飞机称重的程序	2-6
2.5.1.	飞机称重前的准备	2-7
2.5.2.	称重设备的准备	2-7
2.5.3.	称重测量	2-8
2.5.4.	平衡计算	2-8
2.6.	重量与平衡的极端情况	2-9
2.7.	重心的移动	2-10
2.7.1.	永久压舱物	2-10
2.7.2.	临时压舱物	2-10
2.7.3.	用压舱物调节飞机重心	2-10

3.	飞机液压系统	3-1
3.1.	液压传动的基本概念	3-1
3.1.1.	液压传动原理	3-1
3.1.2.	液压传动功率	3-2
3.1.3.	液压系统的组成	3-3
3.2.	液压油	3-4
3.2.1.	粘性(度)	3-4
3.2.2.	压缩性	3-5
3.2.3.	润滑性	3-5
3.2.4.	机械稳定性	3-5
3.2.5.	化学稳定性	3-6
3.2.6.	闪点	3-6
3.2.7.	燃点	3-6
3.2.8.	液压油的种类	3-6
3.2.8.1.	植物基液压油	3-6
3.2.8.2.	矿物基液压油	3-6
3.2.8.3.	合成液压油(磷酸酯基液压油)	3-7
3.2.9.	液压油的使用和注意事项	3-7
3.2.9.1.	油液的混合	3-7
3.2.9.2.	液压油与飞机材料的相容性	3-7
3.2.9.3.	健康和处置	3-8
3.3.	液压泵	3-8
3.3.1.	柱塞泵	3-8
3.3.1.1.	手摇泵	3-8
3.3.1.2.	径向式柱塞泵	3-9
3.3.1.3.	轴向式柱塞泵	3-9
3.3.2.	齿轮泵	3-10
3.3.3.	液压泵的工作性能分析	3-11
3.3.3.1.	液压泵的供油性能	3-11
3.3.3.2.	液压泵传动轴上的扭矩	3-14
3.3.3.3.	液压泵的功率和效率	3-14
3.3.4.	液压泵的卸荷装置	3-16
3.3.4.1.	变流量泵的卸荷	3-17
3.3.4.2.	定量泵的卸荷	3-18
3.3.4.3.	定量泵的稳定卸荷	3-20
3.4.	蓄压器	3-20
3.4.1.	蓄压器的组成和工作	3-20
3.4.2.	蓄压器的功用	3-20
3.4.3.	蓄压器的结构型式	3-21

3.4.3.1.	薄膜式蓄压器	3-21
3.4.3.2.	气囊式蓄压器	3-21
3.4.3.3.	活塞式蓄压器	3-22
3.4.4.	压器储油量分析。	3-22
3.4.5.	液压系统频繁卸荷的原因	3-23
3.4.6.	蓄压器预充气压力的检查	3-23
3.5.	液压系统活门	3-24
3.5.1.	控制工作顺序的活门	3-24
3.5.1.1.	顺序活门	3-24
3.5.1.2.	优先活门	3-25
3.5.1.3.	液压延时器	3-26
3.5.2.	液压保险	3-26
3.5.2.1.	定量器	3-26
3.5.2.2.	定流量器(流量限制器)	3-27
3.5.3.	单向活门	3-28
3.5.4.	选择活门	3-28
3.5.5.	快卸活门	3-29
3.5.6.	安全活门	3-30
3.5.6.1.	直接作用式安全活门	3-30
3.5.6.2.	间接作用式安全活门(先导式)	3-31
3.5.6.3.	热力释压活门	3-32
3.6.	作动筒	3-32
3.6.1.	线性传动动作筒	3-32
3.6.1.1.	单作用式动作筒	3-32
3.6.1.2.	双作用式动作筒	3-32
3.7.	油箱和油滤	3-34
3.7.1.	油箱	3-34
3.7.2.	油滤	3-35
3.8.	影响液压系统工作时间的的主要因素	3-35
3.9.	液压系统过热的原因	3-36
4.	起落架系统	4-1
4.1.	概述	4-1
4.1.1.	起落架的配置形式	4-1
4.1.2.	起落架的结构型式	4-2
4.1.2.1.	构架式起落架:	4-2
4.1.2.2.	支柱套筒式起落架	4-2
4.1.2.3.	摇臂式起落架	4-3
4.2.	起落架外部结构	4-4

4.3.	起落架减震装置	4-5
4.3.1.	减震原理	4-5
4.3.2.	对起落架减震装置的要求	4-5
4.3.3.	油气式减震器	4-6
4.3.4.	油气式减震器的灌充	4-10
4.3.4.1.	油气灌充	4-10
4.3.4.2.	油气灌充不正常对减震性能的影响	4-10
4.4.	起落架收放系统	4-11
4.4.1.	起落架的收放型式	4-11
4.4.2.	起落架收放系统	4-11
4.4.2.1.	起落架收放位置锁	4-12
4.4.2.2.	起落架信号	4-13
4.4.2.3.	收放系统组成和工作	4-14
4.4.2.4.	应急放起落架	4-14
4.4.2.5.	起落架安全收放措施	4-15
4.4.3.	起落架的校装和调节	4-15
4.4.4.	起落架收放试验	4-16
4.5.	起落架前轮转弯系统	4-16
4.5.1.	前轮转弯系统的组成	4-16
4.5.2.	正常操纵前轮转弯	4-17
4.5.2.1.	操纵方式	4-17
4.5.2.2.	前轮转弯工作原理	4-17
4.5.3.	前轮转弯系统减摆功能	4-20
4.5.4.	前轮转弯系统的拖行释压	4-20
4.5.5.	前轮转弯系统的超压释压	4-22
4.6.	前轮定中	4-22
4.7.	刹车系统	4-22
4.7.1.	刹车减速原理与最高刹车效率	4-22
4.7.2.	独立的刹车系统	4-23
4.7.3.	增压刹车系统	4-23
4.7.4.	动力刹车系统	4-24
4.7.4.1.	动力刹车控制活门	4-24
4.7.4.2.	刹车减压器(流量放大器)	4-26
4.7.4.3.	刹车装置	4-27
4.7.4.4.	自动刹车间隙调节器	4-29
4.7.4.5.	防滞刹车系统	4-31
4.7.4.6.	停留刹车	4-35
4.7.4.7.	刹车系统组成及功能	4-35
4.7.4.8.	动力刹车系统排气	4-37

4.8.	机轮	4-38
4.8.1.	机轮的主要型式	4-38
4.8.2.	轮胎的分类和构造特点	4-38
4.8.3.	轮胎的维护	4-39
5.	飞行操纵系统	5-1
5.1.	无助力器的飞行主操纵系统	5-1
5.1.1.	操纵机构的构造型式和工作情况	5-2
5.1.2.	传动机构的构造型式和工作情况	5-4
5.1.3.	主操纵系统的传动系数和传动比	5-11
5.1.4.	舵面补偿装置	5-15
5.2.	有助力器的飞行主操纵系统	5-19
5.2.1.	液压助力器的基本工作原理	5-19
5.2.2.	助力操纵系统的型式	5-25
5.2.3.	助力操纵系统的其它装置	5-27
5.3.	主舵面的配平操纵和自动驾驶操纵	5-32
5.3.1.	配平操纵	5-32
5.3.2.	自动驾驶操纵	5-37
5.4.	辅助操纵系统	5-40
5.4.1.	增升装置的操纵	5-40
5.4.2.	减速、扰流、卸升装置的操纵	5-42
5.4.3.	水平安定面配平操纵	5-46
5.5.	飞机的检查和校装	5-47
5.5.1.	校装检查飞机的技术条件	5-47
5.5.2.	飞机主要结构的校装	5-47
5.5.3.	飞行操纵系统的校装	5-50
5.5.4.	操纵面重新平衡	5-51
5.5.5.	直升机校装	5-53
6.	座舱环境控制系统	6-1
6.1.	概述	6-1
6.1.1.	飞机座舱环境控制系统的的基本任务	6-1
6.1.2.	大气物理特性及其对人体生理的影响	6-1
6.1.3.	克服空中不利环境技术措施	6-3
6.1.4.	气密座舱的型式	6-4

6.2.	引气系统	6-5
6.2.1.	增压空气的来源	6-5
6.2.2.	引气系统的基本组成	6-8
6.3.	空调系统	6-8
6.3.1.	冷却系统	6-8
6.3.1.1.	空气循环冷却系统的型式	6-9
6.3.1.2.	座舱湿度控制	6-11
6.3.1.3.	冲压空气系统	6-16
6.3.1.4.	冷却系统主要部件	6-17
6.3.2.	温度控制系统	6-17
6.3.2.1.	涡轮压气机式空调系统的温度控制	6-18
6.3.2.2.	三轮式座舱空调系统的温度控制	6-20
6.3.3.	空调系统的非正常工作	6-22
6.3.4.	再循环系统	6-23
6.3.5.	分配系统	6-23
6.4.	增压系统	6-23
6.4.1.	座舱增压控制原理	6-23
6.4.2.	座舱增压系统	6-24
6.4.3.	座舱增压系统的主要控制参数	6-25
6.4.4.	压力测量元件	6-25
6.4.5.	电子式增压控制器	6-26
6.4.6.	自动增压系统的工作	6-27
7.	防冰排雨系统	7-1
7.1.	飞机结冰与气象的关系	7-1
7.1.1.	飞机结冰的几种物理形式	7-1
7.1.2.	云的形成与分类	7-2
7.1.3.	飞机结冰的主要气象参数	7-3
7.2.	飞机结冰对飞行性能的影响	7-4
7.2.1.	结冰强度与结冰程度	7-4
7.2.2.	冰形	7-5
7.2.3.	机翼及尾翼结冰的影响	7-5
7.2.4.	发动机进气部件及螺旋桨结冰的影响	7-6
7.2.5.	风挡玻璃及测温测压探头结冰的影响	7-7
7.3.	飞机防冰除冰的方法	7-7
7.3.1.	机械除冰系统	7-7
7.3.2.	液体防冰系统	7-10
7.3.3.	热气防冰系统	7-10
7.3.4.	电热防冰	7-11

7.4.	飞机结冰信号装置	7-11
7.4.1.	探冰棒	7-11
7.4.2.	探冰灯	7-11
7.4.3.	探冰马达	7-12
7.4.4.	放射性同位素结冰信号器	7-12
7.5.	排雨系统	7-12
7.5.1.	风挡刮水刷系统	7-12
7.5.2.	化学排雨剂系统	7-13
8.	飞机燃油系统	8-1
8.1.	概述	8-1
8.1.1.	燃油系统简介	8-1
8.1.2.	航空燃油	8-1
8.1.2.1.	航空汽油	8-1
8.1.2.2.	航空煤油	8-3
8.2.	燃油系统附件	8-3
8.3.	油箱通气系统	8-4
8.4.	加油/抽油系统	8-6
8.4.1.	加油系统	8-6
	抽油系统	8-7
8.4.3.	应急放油系统	8-7
8.5.	供油系统	8-8
8.5.1.	飞机燃油系统的供油方式	8-8
8.5.2.	飞机燃油系统的供油顺序	8-9
8.5.3.	飞机的供油系统	8-10
8.6.	油箱油量指示	8-10
8.	飞机燃油系统	8-1
8.1.	概述	8-1
8.1.1.	燃油系统简介	8-1
8.1.2.	航空燃油	8-1
8.1.2.1.	航空汽油	8-1
8.1.2.2.	航空煤油	8-3
8.2.	燃油系统附件	8-3
8.3.	油箱通气系统	8-4
8.4.	加油/抽油系统	8-6
8.4.1.	加油系统	8-6
	抽油系统	8-7
8.4.3.	应急放油系统	8-7

8.5.	供油系统.....	8-8
8.5.1.	飞机燃油系统的供油方式.....	8-8
8.5.2.	飞机燃油系统的供油顺序.....	8-9
8.5.3.	飞机的供油系统.....	8-10
8.6.	油箱油量指示.....	8-10
9.	飞机防火系统.....	9-1
9.1.	概述.....	9-1
9.1.1.	燃烧的三个要素.....	9-1
9.1.2.	火的种类及其灭火剂.....	9-1
9.1.3.	飞机灭火系统.....	9-2
9.2.	火警探测系统.....	9-2
9.2.1.	概述.....	9-2
9.2.2.	火警探测系统主要部件定义及功用.....	9-3
9.2.3.	火警探测器的工作原理.....	9-3
9.2.4.	烟雾探测系统.....	9-5
9.2.5.	飞机火警探测区域.....	9-5
9.3.	灭火系统.....	9-5
9.3.1.	飞机上的灭火方式.....	9-5
9.3.2.	飞机灭火剂.....	9-6
9.3.3.	惰性冷却气体灭火剂.....	9-6
10.	飞机电子系统.....	10-1
10.1.	通讯和导航系统的功用.....	10-1
10.2.	无线电通讯系统.....	10-1
一.	甚高频通讯系统.....	10-1
10.3.	飞机无线电导航系统.....	10-2
10.4.	防撞系统.....	10-3

1. 飞机结构

1.1. 概述

固定机翼飞机的机体由机身、机翼、安定面、飞行操纵面和起落架五个主要部件组成。直升机的机体由机身、旋翼及其相关的减速器、尾桨(单旋翼直升机才有)和起落架组成。

机体各部件由多种材料组成,并通过铆钉、螺栓、螺钉、焊接或胶接而联接起来。飞机各部件由不同构件构成。飞机各构件用来传递载荷或承受应力。单个构件可承受组合应力。在大多数情况下,构件用来承受轴向载荷,而不承受横向载荷,也就是承受拉力或压缩,而不承受弯曲。

对某些结构,强度是主要的要求;而另一些结构,其要求则完全不同。例如,整流罩只承受飞机飞行过程中的局部空气动力,而不作为主要结构受力件。

1.2. 飞机载荷

1.2.1. 飞机飞行中载荷

飞行中,作用于飞机的载荷主要有飞机重力,升力,阻力和发动机推力(或拉力)。飞行状态改变或受到不稳定气流的影响时,飞机的升力会发生很大变化。飞机着陆接地时,飞机除了承受上述载荷外,还要承受地面冲击力,其中以地面冲击力最大。飞机承受的各种载荷中,以升力和地面冲击力对飞机结构的影响最大。

1.2.2. 飞行中飞机受载的基本情况

一·平飞中的受载情况

飞机在平飞——等速直线平飞时,它所受的力有:飞机重力 G 、升力 Y 、阻力 X 、和发动机推力 P 。为了简便起见,假定这四个力都通过飞机的重心,而且推力与阻力的方向相反。则作用在飞机上的力的平衡条件为:升力等于飞机的重力,推力等于飞机的阻力。即:

$$Y=G$$

$$P=X$$

飞机作不稳定的平飞时,推力与阻力是不相等的。推力大于阻力,飞机就要加速;反之,则减速。由于在飞机加速或减速的同时,飞行员减小或增大了飞机的迎角,使升力系数减小或增大,因而升力仍然与飞机重力相等。平飞中,飞机的升力虽然总是与飞机重力相等,但是,飞行速度不同时,飞机上的局部气动载荷(局部空气动力)是不相同的。飞机以小速度平飞时,迎角较大,机翼上表面受到吸力,下表面受到压力,这时的局部气动载荷并不很大;而当飞机以大速度平飞时,迎角较小,对双凸型翼型机翼来说,除了前缘

要受到很大压力外，上下表面都要受到很大的吸力。翼型越接近对称形，机翼上下表面的局部气动载荷就越大。所以，如果机翼蒙皮刚度不足，在高速飞行时，就会被显著地吸起或压下，产生明显的鼓胀或下陷现象，影响飞机的空气动力性能。

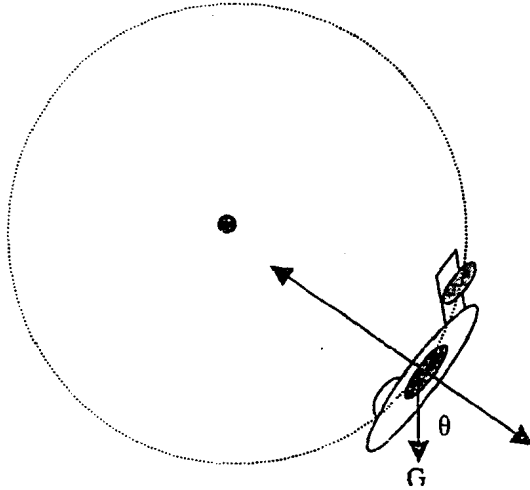


图 1-1 飞机在垂直平面内的曲线飞行

二·飞机在垂直平面内作曲线飞行的受力情况

飞机在垂直平面内作曲线飞行的受力情况如图所示。这时，作用于飞机的外力仍是飞机的重力、升力、阻力和发动机的推力。但是，这些外力是不平衡的。

曲线飞行虽是一种受力不平衡的运动状态，但研究飞机在曲线飞行中的受力情况时，为了方便起见，可以假设飞机上还作用着与向心力大小相等、方向相反的惯性离心力。这样，就可以把受力不平衡的曲线飞行作为受力平衡的运动状态来研究。

飞机在垂直平面内作曲线飞行时，升力可能大大超过飞机重量。飞机在曲线飞行中所受的载荷可能比平飞时大得多。

$$Y - G \cos \theta = m \frac{v^2}{r}$$

三·飞机在水平平面内作曲线飞行的受力情况

$$Y = \frac{G}{\cos \beta} \quad \beta: \text{倾斜角(坡度)}$$

在曲线飞行中飞机的受力往往很大，而且力的大小与飞行速度，曲率半径有关或者与转弯倾斜角有关。因此，在正常情况下，飞行员必须按照规定的速度、坡度等数据柔和地操纵飞机，以免飞机受力过大。

四·载荷因数

在曲线飞行中，作用于飞机上的升力经常不等于飞机的重量。为了便于看出飞机在某

一飞行状态时受力的严重程度，人们往往拿当时的升力与飞机的重量作比较，这样就产生载荷因数（简称过载）这一概念。

载荷因数是飞机在某一飞行状态时的升力与飞机重量的比值。即

$$n = \frac{Y}{G}$$

载荷因数越大，表示升力比飞机重量大得越多，也就是飞机的受力越严重。

在不同的飞行状态下，载荷因数的大小往往不一样。载荷因数可能大于1、小于1、等于1、等于零甚至是负值，这决定于曲线飞行时升力的大小和方向。飞机平飞时，升力等于飞机的重量，载荷因数等于1；曲线飞行时，升力经常不等于1。飞行员柔和推杆使飞机由平飞进入下滑的过程中，升力比飞机重量稍小一些，载荷因数就小于1；

当飞机平飞时遇到强大的垂直向下的突风或在垂直平面内做机动飞行时驾驶员推杆过猛时，升力就会变成负值，载荷因数也就变为负值；当飞机以无升力迎角垂直俯冲时，载荷因数就等于零。

飞机正过载时：机翼上壁板受压，下壁板受拉。

机身上壁板受拉，下壁板受压。

1.2.3. 主要的结构应力

一·载荷及其分类：

1·载荷的概念

在传力过程中其它物体对任何结构和结构中的各个构件的作用力叫载荷（或外部载荷）。

如：飞行中机翼上的空气动力和副油箱，起落架等部件的重力，都是作用于机翼上的载荷。

2. 载荷的分类

按作用方式，载荷主要分为**集中载荷**和**分布载荷**。集中载荷是指集中作用于一点上的载荷。分布载荷是指作用一个面积或长度上的载荷。实际上，绝对的集中载荷是不存在的。所有载荷都应该为分布载荷。但如果分布载荷的作用面积相对较小，可以把它近似看作是集中载荷，这样在实际中可使问题简化。

根据载荷作用于构件的性质不同载荷可分为**静载荷**和**动载荷**。如果载荷是逐渐加到构件上去的，或者载荷加到构件上后，它的大小和方向不变或变化很小，此载荷叫静载荷。如飞机停放时起落架所承受的载荷，就是一种静载荷；又如，千斤顶顶飞机时，所承受的载荷是逐渐增大的，它也属于静载荷。

如果载荷是突然加到构件上去的，或者载荷加到构件上后，它的大小和方向（或其一）有显著变化，这样的载荷称为动载荷。如飞机着陆时起落架所受到的地面撞击力；飞机着陆滑跑因为跑道不平，使各部分承受的力都属于动载荷。

二·构件在载荷作用下的变形

构件在载荷作用下，其尺寸和形状都会有不同程度的改变，这种尺寸和形状的改变叫做变形。

构件在载荷作用下所产生的变形，当载荷去掉后即能消失，叫弹性变形。不能消失的

变形叫永久变形(或残余变形)。

构件承受载荷的情况不同,它所产生的变形形式也不一样,但其基本变形不外乎拉伸、压缩、剪切、扭转、弯曲五种。实际上,飞机结构受力时,各构件的变形,往往是比较复杂的。常常是几种变形的组合称为复合变形。

三·内力和应力的概念

当构件受到外力作用而变形时,材料分子之间的距离发生变化,这时分子之间会产生一种反抗变形,力图使分子间的距离恢复原状的力,这种力叫内力。

构件在外力作用下,横截面单位面积上的内力叫做应力。如果内力是均匀分布的,则构件任意截面的应力等于截面上的总内力除以截面积。应力可分成成垂直于所取截面和平行于所取截面的两个分量。垂直于截面的应力称为正应力,平行于截面的应力称为剪应力。

四·强度和刚度的概念

构件在传力过程中,截面上的应力要随着载荷的增大而增大。对于一定材料制成的构件来说,当截面上的应力增大到一定程度后,构件就会损坏(产生显著的永久变形或断裂)。构件在外力作用下,抵抗破坏(或断裂)的能力叫做构件的强度。构件的强度越大,表示它开始损坏时所受的载荷越大。为了使构件在规定的载荷作用下工作可靠,应保证它具有足够的强度。

构件即使强度足够,但在载荷作用下还可能由于变形量过大而影响工作。因此,构件还应具有足够的抵抗变形的能力。构件在外力作用下抵抗变形的能力称为构件的刚度。构件的刚度越大,在一定的载荷作用下产生的变形越小。

构件的强度、刚度与其材料的性质、截面尺寸和形状有关。另外构件的强度和刚度还与使用、维护的条件有关。例如,构件装配不当,受到划伤或腐蚀等,强度和刚度就会减弱。因此,维护和使用过程中,应根据构件的性质和受力特点等,注意保持其强度和刚度。

五·飞机承受的五种主要应力

1. 拉伸应力
2. 压缩应力
3. 扭矩
4. 剪切应力
5. 弯曲应力

拉伸应力是抵抗试图拉断物体的应力。压缩应力是抵抗压力的应力。扭矩是产生扭转变形的应力。剪切应力是抵抗力图引起材料某一层与相邻一层产生相对错动之力的应力。弯曲应力是压缩应力和拉伸应力的组合。当杆件受到弯曲作用时,弯曲的内侧面缩短(压缩),而弯曲的外侧面拉长(拉伸)。

1.3. 机翼结构

1.3.1. 机翼的功用

机翼主要有如下功用:

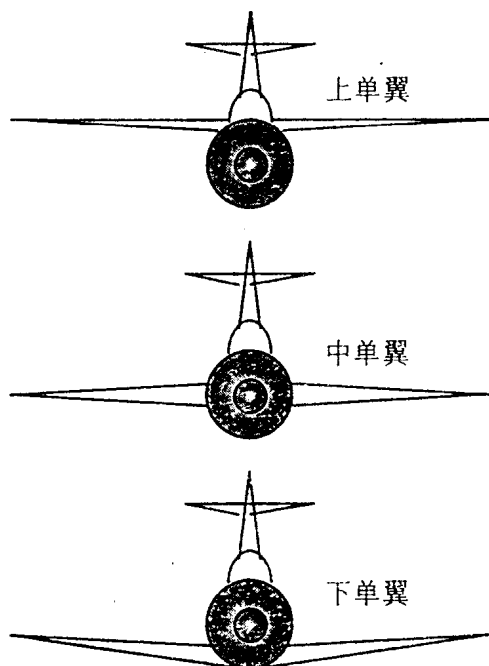
1. 产生升力。

2. 使飞机具有横侧安定性和稳定性。
3. 安装发动机，起落架，增升装置，操纵面，放置燃料等部件。

1.3.2. 机翼的配置

目前，除了个别低速飞机仍是双翼机外，绝大多数是单翼机。

单翼机在机身上的配置，可分为上单翼、中单翼和下单翼三种型式。



从机翼与机身的干扰阻力来看，以中单翼为最小，上单翼次之，下单翼最大。从机身内部容积的利用来看，以上单翼为最优。因为上单翼飞机机翼通过机身的部分骨架，位于机身上部，不影响机身内部容积的利用；中单翼的翼梁要横穿机身中部，对机身内容积的利用有一定影响；下单翼飞机机身内的可用容积较大，但固定在机身下部的翼梁，会限制安装在机翼下部的部件的尺寸。吊装在下单翼飞机下部的发动机可使发动机的维护方便。从起落架的配置来看，如果将起落架装在机翼上，上单翼飞机的起落架较长，这样不仅重量大，而且不易收放。在这方面，下单翼机

比较有利。此外，上单翼飞机由于机翼位置较高，检修、拆装机翼上的发动机或其它附件，以及向机翼内的油箱加添燃油都不方便，这会给维护工作带来困难。

1.3.3. 机翼上的外载荷

飞行中，作用于机翼的外部载荷有：空气动力、机翼结构质量力和部件的质量力。机翼在外部载荷作用下，象一根固定在机身上的张臂梁一样，要产生弯曲和扭转变形，因此，机翼各截面要承受剪力、弯矩和扭矩。

机翼结构质量力是机翼结构重量和它在飞行中产生的惯性力的总称，即机翼结构重量和变速运动惯性力。

升力是当机翼以一定速度相对空气运动时，空气作用在机翼表面上的空气动力在垂直来流方向上的分量。机翼上总的空气动力，近似地等于升力。

1.3.4. 机翼主要受力构件

机翼的外部载荷，是由许多构件组成一定型式的结构来承受的。

机翼通常是由翼梁、桁条、翼肋和蒙皮等构件组成。翼梁由缘条和腹板铆接而成，翼

肋铆结在翼梁腹板上，桁条铆接在翼肋上，蒙皮则铆在翼梁缘条、翼肋和桁条等构件上。

机翼结构中，各种构件的基本作用不外乎有两方面：一是形成和保持必需的机翼外形；二是承受外部载荷引起的剪力、弯矩和扭矩。

形成机翼外形的基本构件是翼肋和蒙皮。翼肋的形状就是根据选定的翼型制成的。蒙皮包在整个机翼骨架外面，可以保证机翼外表光滑和形成必要的翼型。为了使蒙皮在局部空气动力作用下，不致产生过大的鼓胀和下陷，现代飞机都采用了金属蒙皮。此外，桁条对保持机翼的外形也有一定作用，因为它能支持蒙皮，防止蒙皮产生过大的变形。

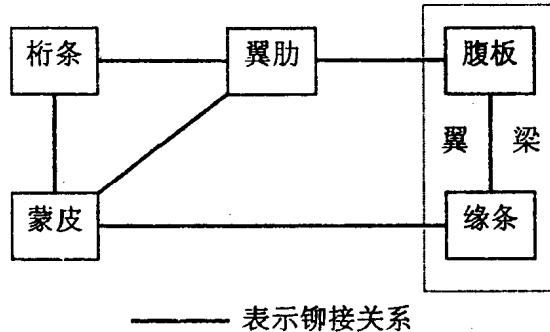


图 1-2 机翼结构中各构件的连接关系

机翼结构中承受剪力、弯矩和扭矩的基本构件是翼梁、桁条和蒙皮。

剪力 Q 要使截面外端沿垂直方向向上移动。由于机翼的蒙皮、翼梁缘条和桁条沿垂直方向很容易产生变形，而翼梁腹板抵抗垂直方向变形的能力却很大，它能有效地阻止机翼向上移动。所以，剪力主要是由翼梁腹板承受的。

弯矩要使机翼产生弯曲变形。当向上弯曲时，翼梁下缘条、机翼下表面的桁条和蒙皮，都会产生拉伸的轴向内力，而翼梁上缘条、上表面的蒙皮和桁条，则产生压缩的轴向内力，它们组成内力偶与弯矩平衡。所以，弯矩引起的轴向力是由翼梁缘条、桁条和蒙皮共同承受的。

机翼受扭矩作用时，翼梁缘条和桁条都很容易变形，而金属蒙皮和腹板所组成的几个合围框，却能很好地反抗扭转变形，这时，蒙皮和腹板截面上会产生扭转剪应力并形成反力矩来与扭矩平衡。因此，金属蒙皮机翼的扭矩，是由蒙皮和腹板所组成的几个合围框承受。由于翼梁腹板上同时产生的两个方向相反的扭转剪应力，能互相抵消或部分抵消，所以，可近似地认为，扭矩是由蒙皮形成的整个合围框承受的。

对于双梁式机翼，其扭矩是由上、下翼面蒙皮和前、后梁组成的合围框（盒段）承受和传递。如果机翼前缘没有安装前缘缝翼和前缘襟翼，则前缘蒙皮与前梁组成的盒段也承受和传递一小部分扭矩。