

民用航空器维修基础系列教材

中国民用航空局飞行标准司推荐

活塞发动机 飞机结构与系统 (第2版)

PISTON ENGINE AIRCRAFT
STRUCTURE AND SYSTEMS

(ME-PA)

郝劲松 刘 峰 主编



清华大学出版社



015005076

民用航空器维修基础系列教

活塞发动机 飞机结构与系统 (第2版)

PISTON ENGINE AIRCRAFT
STRUCTURE AND SYSTEMS

(ME-PA)

郝劲松 刘 峰 主编

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书的内容包括活塞发动机飞机的结构和各工作系统,在介绍飞机结构和系统的基本组成、工作原理的基础上,着重介绍日常维护和检查工作要点,以及部分特殊维护项目的基本实施方法。

本书主要作为民用航空器维修 ME-PA(航空机械专业-活塞式飞机)类人员进行基础培训的教材,也可作为 CCAR-147 学校的培训教材,还可作为民航相关专业学生的参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

活塞发动机飞机结构与系统: ME-PA/郝劲松,刘峰主编.--2 版.--北京:清华大学出版社,2015

民用航空器维修基础系列教材

ISBN 978-7-302-41621-0

I. ①活… II. ①郝… ②刘… III. ①活塞式发动机—民用飞机—飞机构件—教材 ②活塞式发动机—民用飞机—飞机系统—教材 IV. ①V271

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 228254 号

责任编辑:赵 斌 赵从棉

封面设计:李星辰

责任校对:刘玉霞

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:三河市少明印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:20.5 字 数:497 千字

版 次:2007 年 1 月第 1 版 2015 年 12 月第 2 版 印 次:2015 年 12 月第 1 次印刷

印 数:1~1500

定 价:58.00 元

产品编号:062064-01

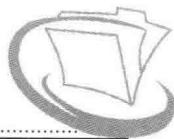
民用航空器维修基础系列教材

编写委员会

主任委员：任仁良

编委：	刘燕	陈康	付尧明	郝瑞
	蒋陵平	李幼兰	刘峰	刘建英
	刘珂	吕新明	任仁良	王会来
	张鹏	邹蓬	张铁纯	

序 言



PREFACE

2005年8月,中国民用航空规章CCAR-66R1《民用航空器维修人员执照管理规则》考试大纲正式发布执行,该大纲规定了民用航空器维修持照人员必须掌握的基本知识。随着中国民用航空业的飞速发展,业内迫切需要大批高素质的民用航空器维修人员。为适应民航的发展,提高机务维修人员的素质和航空器维修水平,满足广大机务维修人员学习业务的需求,中国民用航空局飞行标准司组织成立了《民用航空器维修基础教材》编写委员会,其任务是编写一套适用于中国民航维修要求,质量高、实用性强的培训和自学教材。

为方便机务维修人员通过培训或自学,参加维修执照基础部分考试,本系列教材根据民航局颁发的AC-66R1-02维修执照基础部分考试大纲编写,同时满足AC-147-02维修基础培训大纲。这套系列教材共12本,内容覆盖了大纲的所有模块,具体每一本教材的适用专业和对应的考试大纲模块见本书封底。

该系列教材力求通俗易懂,紧密联系民航实际,强调航空器维修的基础理论和维修基本技能的培训,注重教材的实用性。适合于民航机务维修人员或有志进入民航维修业的人员培训或自学,也可作为CCAR-147维修培训机构的基础培训教材或参考教材。

《民用航空器维修基础系列教材》第1版在CCAR-66执照基础部分考试和CCAR-147维修基础培训中得到了非常广泛的应用。通过10年的使用,也发现了不少问题;同时10年来,大量高新技术应用到新一代飞机上(如B787、A380等),维修理念和技术也有了很大的发展,与之相对应的基础知识必须得到加强和补充。因此,维修基础培训教材急需进行修订。

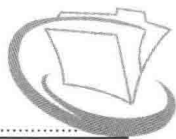
《民用航空器维修基础系列教材》第2版是在民航局飞标司直接领导下进行修订编写的。这套教材的编写得到了民航安全能力基金的支助,同时得到了中国民航总局飞标司、中国民航大学、广州民航职业技术学院、中国民用航空飞行学院、民航管理干部学院、上海民航职业技术学院、北京飞机维修工程有限公司(Ameco)、广州飞机维修工程有限公司(Gameco)、中信海洋直升机公司等单位以及航空器维修领域专家的大力支持,在此一并表示感谢!

由于编写时间仓促和我们的水平有限,书中难免还存在着错误和不足,请各位专家和读者及时指出,以便再版时加以纠正。我们相信,经过不断的修订和完善,这套系列教材一定能成为飞机维修基础培训的经典教材,为提高机务人员的素质和飞机维修质量作出更大的贡献。任何意见和建议请发至:skyexam2015@163.com。

《民用航空器维修基础系列教材》编委会

2015年7月

前言



FOREWORD

本书依据《民用航空器维修人员执照基础部分考试大纲》(中国民用航空局咨询通告, AC-66R1-02, 2006年7月17日颁发)中 M13 模块所规定的内容和要求编写, 是中国民用航空局飞行标准司所属的“民用航空器维修人员执照考试管理中心”组织编写的民用航空器维修基础系列教材之一。本书的内容包括活塞发动机飞机的结构和各工作系统, 在介绍飞机结构和系统的基本组成、工作原理的基础上, 着重介绍日常维护和检查工作要点, 以及部分特殊维护项目的基本实施方法。本书主要作为民用航空器维修 ME-PA(航空机械专业-活塞式飞机)类人员进行基础培训的教材, 也可作为 CCAR-147 学校的培训教材, 还可作为民航相关专业学生的参考书。

由于航空技术的不断发展和进步, 民用航空器的一些设计、使用和维修理念都有了一定的变化。为了适应这些变化, 民用航空器维修人员执照考试管理中心组织编者, 在本书第一版的基础上, 对本书进行了修订。主要修订内容包括: 在飞机结构部分新增了复合材料相关知识; 在空调系统中新增了制冷和设备通风两节; 在防冰排雨系统中新增了飞机地面防冰/除冰程序; 在多数章节中新增了与维护工作密切相关的内容; 对某些章节的内容进行了一定的补充和完善。

本书所有作者都是中国民用航空飞行学院的专业教师, 主编为郝劲松, 刘峰, 参编人员有许亚军和朱新宇。本书共 15 章, 其中第 4 章和第 15 章由许亚军编写, 第 5 章和第 14 章由朱新宇编写, 其余各章由郝劲松和刘峰编写。

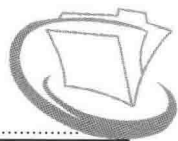
本书在编写过程中得到了民用航空器维修人员考试管理中心任仁良、刘燕的悉心指导, 得到了中国民用航空飞行学院机务处、中国民用航空飞行学院航空工程学院飞行器制造工程教研室等单位的大力支持和帮助, 并由杨倩对初稿进行了认真严谨的审阅, 在此一并表示衷心感谢。

由于作者水平所限, 书中定有不妥之处, 恳请读者批评指正。

编 者

2015 年 11 月

目 录



CONTENTS

第 1 章 飞机结构一般概念	1
1.1 结构的适航性要求	2
1.1.1 结构分类	3
1.1.2 安全寿命	4
1.2 飞机的站位识别系统	5
1.2.1 机身站位编码系统	5
1.2.2 机翼站位编码系统	6
1.2.3 其他区域的站位	7
1.2.4 区域的划分	7
1.3 飞机结构的应力与应变	8
1.3.1 拉伸内力	8
1.3.2 压缩内力	9
1.3.3 扭转内力	10
1.3.4 剪切内力	10
1.3.5 弯曲内力	10
1.3.6 飞机机体结构的应力分析	10
1.4 飞机结构基本构件	13
1.4.1 机身基本构件	13
1.4.2 机翼的基本构件	13
1.4.3 飞机其他结构的基本构件	15
1.5 排泄、通风和防雷击保护的要求	16
1.5.1 飞机排泄与通风	16
1.5.2 飞机防雷击保护要求	16
1.6 结构装配技术	17
1.6.1 铆接	17
1.6.2 螺栓连接	19
1.6.3 粘接	21

1.7	表面防护	24
1.7.1	表面阳极化	24
1.7.2	铬酸抑制剂	24
1.7.3	喷漆	25
1.7.4	表面清洁	26
1.8	飞机校装和对称性检查	26
1.8.1	结构校准	26
1.8.2	对称性检查	28
第2章	飞机结构	30
2.1	机翼	30
2.1.1	机翼结构	31
2.1.2	结构油箱	32
2.1.3	翼尖	33
2.1.4	机翼与其他部件的连接	33
2.2	机身	35
2.2.1	机身结构	36
2.2.2	机身与其他部件的连接	37
2.2.3	窗和风挡	40
2.2.4	舱门	42
2.2.5	发动机吊舱	45
2.3	尾翼	46
2.3.1	安定面结构	46
2.3.2	全动平尾结构	47
2.4	操纵面结构	47
第3章	飞机空调系统	49
3.1	座舱通风	49
3.2	座舱加温	50
3.2.1	废气加热器	51
3.2.2	燃烧加热器	52
3.3	座舱制冷	53
3.4	电子设备通风	55
第4章	航空电子和仪表系统	58
4.1	航空仪表和航空电子概述	58
4.1.1	航空仪表概述	58
4.1.2	航空电子概述	59
4.2	自动飞行系统	60
4.2.1	自动驾驶仪	60

4.2.2	飞行指引仪	67
4.2.3	自动驾驶飞行指引仪系统	70
4.3	飞机通信系统	71
4.3.1	无线电波频段的划分	71
4.3.2	无线电收发原理	71
4.3.3	典型民航飞机通信系统	72
4.4	导航系统	81
4.4.1	导航中常用的参数	81
4.4.2	自动定向仪	82
4.4.3	甚高频全向信标系统	85
4.4.4	仪表着陆系统	88
4.4.5	测距机	92
4.4.6	空中交通管制应答机	93
4.4.7	低高度无线电高度表	100
4.5	广播式自动相关监视系统	102
4.5.1	广播式自动相关监视的定义和原理	102
4.5.2	ADS-B 的机载组成	103
4.6	通信/导航设备的维修	104
4.7	全静压系统	104
4.7.1	全静压系统的功用和组成	104
4.7.2	全静压系统及相关信号传递关系	105
4.7.3	使用注意事项	106
4.7.4	全静压系统的泄漏和堵塞	106
4.8	大气数据仪表	107
4.8.1	国际标准大气	107
4.8.2	气流的动压和静压	108
4.8.3	气压式高度表	108
4.8.4	空速表	111
4.8.5	升降速度表	112
4.9	陀螺仪表	113
4.9.1	陀螺基本知识	113
4.9.2	姿态仪表	116
4.9.3	航向仪表	121
4.10	失速警告片和失速警告系统	129
4.11	综合航电系统	131
4.11.1	集成航电组件	132
4.11.2	综合航电系统的传感器	132
4.11.3	综合航电系统的显示器	132
4.11.4	综合航电系统的控制	134

第 5 章 飞机电源设备	136
5.1 航空蓄电池	136
5.1.1 铅蓄电池	136
5.1.2 阀控铅酸蓄电池	142
5.1.3 镍镉蓄电池	145
5.2 飞机直流发电机	147
5.2.1 直流发电机的构造及特点	147
5.2.2 直流发电机的基本工作原理	147
5.2.3 直流电机的电枢反应和换向	149
5.2.4 直流发电机维护	149
5.3 飞机交流发电机	150
5.4 发电机的电压调节	152
5.4.1 概述	152
5.4.2 炭片调压器	153
5.4.3 晶体管电压调节器	155
5.4.4 脉冲调宽式电压调节器原理组成	156
5.5 直流电源的故障与保护	157
5.5.1 直流发电机的反流保护	157
5.5.2 过电压故障的保护	159
5.6 并联供电	161
5.6.1 概述	161
5.6.2 并联供电负载均衡分配的条件	161
5.6.3 负载均衡分配的措施	162
5.6.4 发电机与蓄电池的并联运行(铅酸蓄电池)	163
5.7 飞机电能变换设备	164
5.7.1 旋转变流机	165
5.7.2 静止变流器	165
5.8 飞机直流电网	167
5.8.1 飞电网的构成	167
5.8.2 直流电网的输配电方式	168
5.8.3 配电系统的控制方式	169
5.8.4 单线制与双线制	169
5.8.5 典型供电电路	169
5.9 地面电源	172
第 6 章 设备与装饰	175
6.1 氧气设备	175
6.1.1 航空人员呼吸用氧气	175

6.1.2 手提式氧气瓶	175
6.1.3 连续供氧系统	176
6.1.4 供氧系统的维护及使用注意事项	176
6.2 座椅与安全带	180
第7章 防火系统	182
7.1 防火基本知识	182
7.1.1 着火与灭火原理	182
7.1.2 着火种类与飞机失火区域划分	182
7.1.3 灭火剂种类及其适用范围	183
7.2 火警和烟雾探测及警告系统	184
7.2.1 火警/过热探测系统	184
7.2.2 火焰探测器	187
7.2.3 烟雾和有害气体探测系统	188
7.3 灭火系统	190
7.3.1 手提式灭火瓶	190
7.3.2 固定式灭火系统	191
第8章 飞行操纵系统	194
8.1 飞行主操纵系统	194
8.1.1 飞行主操纵面	195
8.1.2 飞行主操纵	195
8.1.3 舵面锁定机构	199
8.1.4 主操纵系统的机械传动机构	200
8.2 辅助操纵系统	204
8.2.1 飞行辅助操纵面	205
8.2.2 襟翼操纵	206
8.2.3 配平调整片操纵	207
8.3 操纵面校装及其质量平衡	209
8.3.1 操纵面校装	209
8.3.2 操纵面质量平衡	211
第9章 飞机燃油系统	215
9.1 航空汽油的特性	215
9.1.1 航空汽油的物理指标	215
9.1.2 航空汽油的识别	216
9.1.3 燃油污染	216
9.2 燃油系统布局	216
9.2.1 单发燃油系统布局	216

9.2.2	双发燃油系统	217
9.3	供油系统	218
9.3.1	重力供油系统	218
9.3.2	燃油泵供油系统	218
9.3.3	用于上单翼飞机的燃油喷射式供油系统	219
9.3.4	小型多发飞机交输供油系统	220
9.4	飞机燃油系统主要附件	221
9.4.1	燃油箱	221
9.4.2	燃油滤	223
9.4.3	燃油泵	224
9.4.4	燃油选择活门	226
9.5	飞机燃油系统工作指示	227
9.5.1	燃油量指示系统	227
9.5.2	燃油压力指示	228
9.5.3	燃油流量指示	228
9.6	飞机燃油系统地面勤务及注意事项	229
9.6.1	加油	229
9.6.2	放油	230
9.6.3	燃油渗漏检查	230
第 10 章	液压系统	232
10.1	液压系统基本工作原理	232
10.2	液压系统工作介质	232
10.2.1	液压油的种类及适用范围	232
10.2.2	液压油使用注意事项	233
10.3	液压系统基本组成及其主要附件	233
10.3.1	供压部分	234
10.3.2	控制与安全装置	239
10.3.3	液压作动装置	242
10.3.4	液压系统的密封	243
10.4	小型飞机典型液压系统	244
10.5	飞机液压系统工作指示	245
10.6	飞机液压系统的检查与维护	246
10.6.1	液压系统常见故障及排故基本方法	246
10.6.2	液压系统泄漏检查	246
第 11 章	防冰排雨系统	248
11.1	飞机结冰的形成、分类与探测	248
11.1.1	飞机结冰机理	248

11.1.2	飞机结冰的种类	248
11.1.3	飞机结冰的影响	249
11.1.4	飞机结冰探测	249
11.2	飞机防冰系统	250
11.2.1	气热防冰系统	250
11.2.2	电热防冰系统	250
11.2.3	化学防冰系统	251
11.3	飞机除冰系统	252
11.3.1	气动除冰系统	252
11.3.2	电热除冰系统	254
11.4	飞机地面除冰与防冰	255
11.5	风挡排雨系统	256
11.5.1	电动雨刷工作原理	256
11.5.2	雨刷系统的维护	257
第 12 章	起落架	259
12.1	起落架的配置型式与结构型式	259
12.1.1	起落架的配置型式	259
12.1.2	起落架的结构型式	260
12.2	起落架的基本组成及主要部件	261
12.2.1	起落架的基本组成	261
12.2.2	起落架减震装置	263
12.2.3	起落架的扭力臂	266
12.3	起落架收放系统	267
12.3.1	起落架收放系统的组成	267
12.3.2	起落架液压收放系统	269
12.3.3	起落架应急放下系统	272
12.3.4	起落架位置指示和警告信号	272
12.3.5	起落架地面防收起装置	273
12.3.6	起落架收放系统的检查与维护	274
12.4	刹车系统	275
12.4.1	刹车减速基本原理	276
12.4.2	独立刹车系统的基本组成	276
12.4.3	独立刹车系统的主要附件	277
12.4.4	刹车系统的检查与维护	280
12.5	机轮与轮胎	282
12.5.1	轮毂	282
12.5.2	轮胎	283
12.5.3	机轮校装	286



12.6	前轮转弯系统	287
12.6.1	前轮定中机构	287
12.6.2	减摆器	288
12.6.3	机械传动式前轮转弯系统	289
12.6.4	无操纵转弯机构	291
第13章	飞机灯光与照明	293
13.1	飞机照明光源	293
13.2	飞机灯光与照明	295
13.2.1	飞机外部灯光与照明	295
13.2.2	飞机内部灯光与照明	298
第14章	冷气系统	300
14.1	冷气传动基本原理与特点	300
14.1.1	冷气传动基本原理	300
14.1.2	冷气传动主要特点	300
14.2	冷气传动系统基本组成	301
14.3	冷气系统主要附件	301
14.3.1	冷气泵	301
14.3.2	冷气瓶	302
14.3.3	冷气滤	302
14.3.4	分油分水器	303
14.3.5	释压活门	303
14.3.6	单向活门	303
14.3.7	节流器	303
14.3.8	往复活门	304
14.3.9	冷气控制活门	304
14.4	冷气系统工作指示与维护	304
14.4.1	工作指示	304
14.4.2	系统维护工作	305
第15章	真空系统及气动陀螺仪表	306
15.1	真空系统及气动陀螺仪表的工作原理	306
15.2	气动陀螺的工作原理	307
15.3	气动陀螺仪表	307
15.3.1	气动陀螺半罗盘	307
15.3.2	气动地平仪	308
15.4	真空系统的维护	310
参考文献		311



第1章

飞机结构一般概念

现代活塞发动机飞机虽然千差万别,但它们的主要部件及其结构和功用却是非常类似的。固定翼飞机一般由机身、机翼、尾翼、起落架和动力装置等5个部分组成(图1-1),它们被连接成一个整体,以满足气动性能和使用、维护性要求,并能够安全、经济地完成飞行任务。机身、机翼和尾翼统称为“机体”,是本章和第2章讨论的主要内容。

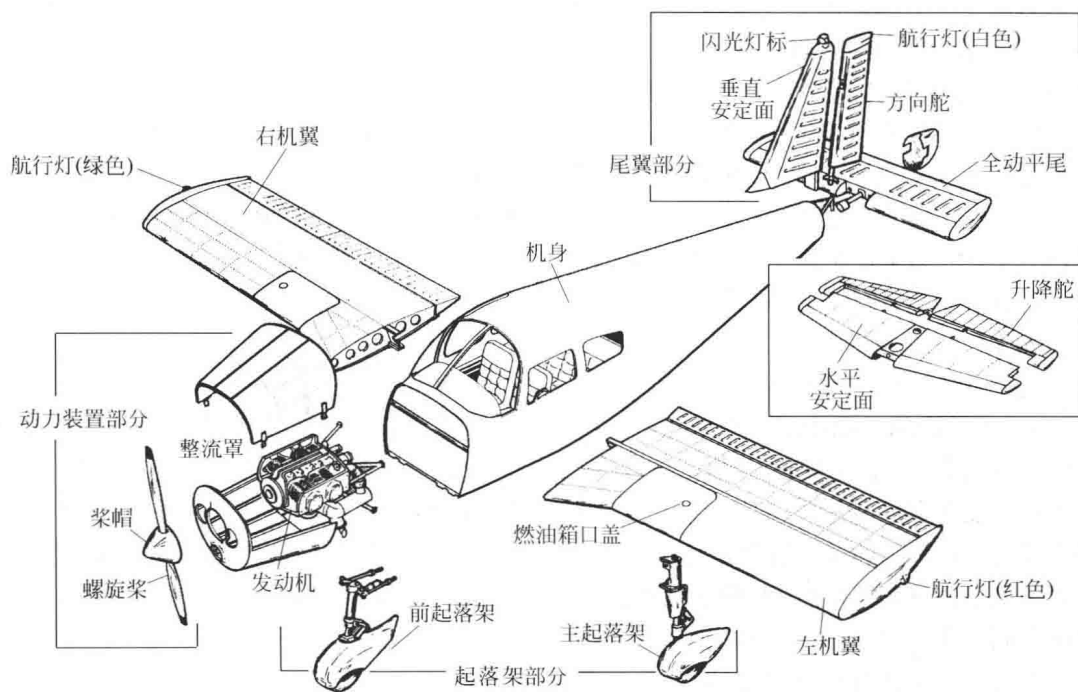


图 1-1 飞机的主要组成部分

“飞机结构”通常是指由几个到成千上万个零、构件结合在一起构成的受力整体。这些零件相互之间没有相对运动,同时能承受指定的外载荷,满足一定的强度、刚度、稳定性、寿命、可靠性等要求。因此,这种结构又称为“承力结构”。一架飞机的整个结构,通常包含机身、机翼、尾翼、发动机短舱等几个大部分。从广义上讲,起落架、操纵系统(指机械操纵系统部分)及其他系统的受力结构等部件结构或组件结构也属于承力系统的一部分,但它们有时可与飞机主体结构发生相对运动。

机翼、机身这样的大结构,通常称为部件结构。机翼、机身又可沿翼展方向或机身纵向

分成几个大段,这样的一大段结构常称为组件结构。组件结构还可以分为小组件、构件等结构。零件则为不需装配的基本单位。构件由很少几个零件装配而成。当零件与构件在飞机结构中作为有一定功用的基本单元时常称为元件,如翼肋、梁、框等,它可以是一个构件,也可以是零件。

通过本章的学习,可以了解有关飞机结构的一般知识和结构日常维护及修理必需的基础知识。

1.1 结构的适航性要求

飞机结构承受载荷的能力通常采用结构强度、结构刚度和结构稳定性等技术指标来衡量。结构强度是指结构抵抗破坏的能力;结构刚度则表明结构抵抗变形的能力;结构稳定性指在外力作用下结构保持原有平衡状态的能力。一般来说,结构强度是首要的和基本的要求,也是飞机结构安全使用的前提和基础。当某些结构(如机翼、机身和尾翼等)在承受外载荷后产生的变形影响到飞机的气动性能和安全运行时,对这些结构则必须提出刚度要求;而当某些结构在承受外载荷变形后,其构件(如机翼蒙皮和桁条等)可能无法保持原有平衡状态时,对这些结构则必须提出稳定性要求。

中国民用航空规章 CCAR21、23、25 部相关章节对飞机结构及其零部件的强度都规定了具体的适航标准,大到机体结构、气密座舱、起落架,小到飞行操纵系统、操纵面、舱门乃至铸件、接头、支撑、铰链等,都详细规定了强度标准、损伤容限和疲劳评定以及试验验证等要求。其中,21 部主要明确了航空产品和零部件的合格审定规定,23 部给出了正常类、实用类、特技类飞机(9 座以下)和通勤类飞机(19 座以下)的适航标准,25 部给出了运输类飞机(19 座以上)的适航标准。

例如,CCAR23-R3 作为中国民航对“正常类、实用类、特技类和通勤类飞机”的适航标准,在关于结构的总则中对飞机结构强度与变形限制作了如下规定:“强度的要求用限制载荷(服役中预期的最大载荷)和极限载荷(限制载荷乘以规定的安全系数)来规定”;“结构必须能够承受限制载荷而无有害的永久变形。在直到限制载荷的任何载荷作用下,变形不得妨害安全运行”;“除非另有规定,安全系数必须取 1.5”;“结构必须能够承受极限载荷至少三秒钟而不破坏,但是如果结构能够承受要求的极限载荷至少三秒钟,则在限制载荷与极限载荷之间产生局部失效或结构失稳是可接受的”。

上述条文中出现的几个术语,如限制载荷、极限载荷、变形、永久变形、安全系数等,与飞机结构设计和使用密切相关。

限制载荷又称为使用载荷,是预期的飞机使用中其结构可能承受的最大载荷,也是结构使用中允许承受的最大载荷。极限载荷又称为设计载荷,是飞机结构设计时所设定的载荷。当飞机结构承受的载荷达到极限载荷值时,结构中单个零件或构件可能出现的失效形式包括:超过限制值的塑性变形、局部或整体失稳、脆性断裂破坏,但此时整个结构仍然具有一定的承载能力。安全系数就是设计载荷与使用载荷的比值,表明结构具有一定的剩余强度。对于主要由铝合金材料构成的飞机机体结构,根据结构受力特点及重要性的不同,安全系数通常取 1.5~2.0;对于采用玻璃纤维、碳纤维、芳纶纤维(凯夫拉)等复合材料的结构,考虑到材料和工艺的分散性,安全系数通常取 2.0。

现代活塞发动机飞机的主要结构常常采用金属材料,当它们受到外载荷作用时,必然产生变形。当结构应力水平低于材料弹性极限时,结构变形属于弹性变形。该变形在载荷卸除后能完全消除。当外载荷过大,结构应力水平高于结构材料的弹性极限时,载荷卸除后,变形不能完全消失。这种外载荷卸除后仍不能消失的变形称为塑性变形或残余变形,也可统称为永久变形。随着飞机服役时间变长,飞机结构或多或少都会存在一定的塑性变形,但此类变形必须控制在飞机维护手册规定的限制值以内。实际维护工作中,可以通过飞机结构校装和对称性检查来对结构的塑性变形进行监控和评估。当结构塑性变形超限时,不仅对结构本身的承载能力有影响,而且可能会使飞机的飞行操纵系统出现操纵效率下降、系统摩擦力增大等现象,严重时在飞行中可能导致操纵面卡滞。在地面对结构进行维护时,需要注意到飞机结构在地面停放和在空中飞行时载荷状态是不同的。

随着材料科学技术的发展,复合材料在飞机中的应用越来越广泛。复合材料是指由两种或两种以上具有不同物理、化学性质的材料,以微观、细观或宏观等不同的结构尺度与层次,经过复杂的空间组合而形成的一个材料系统。活塞发动机飞机上复合材料从最初应用于非承力件的制造,目前已经扩大到应用于主承力件的制造,有些轻型活塞动力飞机甚至采用了全复合材料结构。由于复合材料结构缺乏成熟的分析方法和足够的设计与使用经验,必须采用试样、元件、典型结构件、组合件、全尺寸部件等多个层次的积木式设计验证试验(building block approach, BBA),来保证其结构完整性。美国联邦航空局颁布的 FAA AC 20-107A 对复合材料飞机结构提出了详细的适航标准,对复合材料结构的静强度、损伤容限、疲劳强度、耐久性提出了详细的要求。

结构强度的适航性要求规定了飞机结构设计和制造的基本标准,保证了飞机在承受各种规定的载荷状态下,具有足够的强度、刚度和稳定性,不会产生不能允许的残余变形、气动弹性问题、疲劳问题和振动问题,并具有足够的寿命和高可靠性,保证飞机的初始适航性。在飞机使用寿命周期内,只要所受载荷均在限制载荷以内,飞机结构将不会发生超限的塑性变形,更不会发生破坏,从而保证飞机结构的安全。同时,规范、良好的维护工作和正确使用则能使飞机的强度、刚度、稳定性、损伤容限、耐久性等指标符合法规的要求,保持飞机的持续适航性。

1.1.1 结构分类

构成飞机结构的各部件或组件通常采用多种材料制造,如铝合金、钢、钛合金或各种复合材料,并且通过铆钉、螺栓、螺钉连接或焊接、胶接等方式连接起来。部件又是由不同的构件构成,如纵梁、桁条、长桁、肋、隔框等,这些构件主要用来承受应力并传递载荷。多数情况下杆状构件以承受轴向载荷为主,即拉伸或压缩为主;板状构件以承受剪切载荷为主。但有时单个构件也可能承受组合应力,例如,纵梁常同时承受弯曲引起的轴向应力和剪切引起的剪应力。按照对结构强度要求的不同,可将飞机结构分为主要结构与次要结构两类。

1. 主要结构

飞机某些结构在飞行中承受拉伸、压缩、扭转、剪切、弯曲应力,或它们的组合,这时强度是主要要求,因此将它们称为主要结构(或受力结构)。例如,机身、机翼、尾翼、飞行操纵面、起落架等都属于主要结构。