



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

空气动力学和 维护技术基础 (第2版)

Basics of Aerodynamic and Maintenance Technology

(ME、AV)

李幼兰 主编



清华大学出版社

民用航空器维修基础系列教材

空气动力学和 维护技术基础 (第2版)

Basics of Aerodynamic and Maintenance Technology

(ME、AV)

李幼兰 主编

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书为“民用航空器维修基础系列教材”之一。全书分为上篇和下篇两部分:上篇是“空气动力学基础”,内容分为4章:大气物理学,空气动力学,飞行理论,飞机的稳定性和操纵性。编写中力求做到言简意赅、深入浅出,着重于清晰透彻的定性分析。下篇是“维护技术基础”,内容分为9章:航空材料,金属腐蚀和机体防腐措施,航空紧固件,弹簧、轴承和传动,飞机图纸规范与识图,飞机的称重与平衡,无损检测方法,非正常事件,飞机地面操作和存放。编写中力求做到所有内容尽量与目前我国民航机务维修人员的实际工作紧密结合。

本书内容图文并茂、通俗易懂,是民用航空器维修执照人员必须掌握的基本知识。通过学习,机务维修人员不但易于掌握教材中的内容,而且能起到提高机务维修人员的素质和业务水平的作用。

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

空气动力学和维护技术基础: ME、AV/李幼兰主编. —2版. —北京:清华大学出版社,2017
(民用航空器维修基础系列教材)
ISBN 978-7-302-45995-8

I. ①空… II. ①李… III. ①空气动力学—教材 ②飞机—维护—教材 IV. ①V211.1 ②V267

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 320312 号

责任编辑:赵 斌 刘远星

封面设计:李星辰

责任校对:王淑云

责任印制:杨 艳

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 刷 者:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:22.25 字 数:537千字

版 次:2014年4月第1版 2017年1月第2版 印 次:2017年1月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:55.00元

产品编号:072397-01

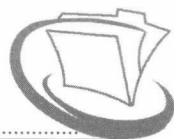
民用航空器维修基础系列教材

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,中国民航规章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的维修水平,满足广大机务维修人员学习业务的需求,中国民航总局飞行标准司组织成立了“民用航空器维修基础系列教材”编写委员会,其任务是组织编写一套满足中国民航维修要求、实用性强、高质量的培训和自学教材。

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,本套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。本套教材共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。

本套教材力求通俗易懂,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。本套教材可作为民航机务维修人员或有志于进入民航维修业的人员的培训或自学用书,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,在第1版教材中发现了不少问题;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。

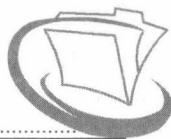
“民用航空器维修基础系列教材”第2版是在民航局飞行标准司的直接领导下进行修订编写的。这套教材的编写得到了民航安全能力基金的资助,同时得到了中国民航总局飞行标准司、中国民航大学、广州民航职业技术学院、中国民用航空飞行学院、民航管理干部学院、上海民航职业技术学院、北京飞机维修工程有限公司(Ameco)、广州飞机维修工程有限公司(Gameco)、中信海洋直升机公司、深圳航空有限责任公司等单位以及航空器维修领域专家的大力支持,在此一并表示感谢!

由于编写时间仓促和我们的水平有限,书中难免存在许多错误和不足,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

2016年4月

前言



FOREWORD

本书是按照中国民用航空规章 CCAR-66R1《民用航空器维修人员执照管理规则》考试大纲 M8 模块和 M6 模块编写的。本书主要是作为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教材,也可作为 CCAR-147 维修培训教材或参考书。

本书为第 2 版,是在 2006 年出版的第 1 版《空气动力学和维护技术基础(ME、AV)》教材的基础上进行增补修订编写的。本书分为上、下两篇:上篇“空气动力学基础”全面覆盖了 CCAR-66R1 考试大纲 M8 模块的内容;下篇“维护技术基础”全面覆盖了 CCAR-66R1 考试大纲 M6 模块的内容。

考虑到原教材编写的前后顺序安排得当,条理清晰,并且涵盖了教材编写大纲要求的所有知识点,所以本次修订并没有打乱原有的编写顺序,也没有增加新的知识点,只是对原有知识点所包括的内容进行深化和扩展,对一些欠缺的内容进行了增补,对教材中重复的内容进行了删减,对民用运输机快速发展中出现的一些新技术,如复合材料、耐热材料等,增加了更多的内容,例如上篇中的伯努利方程、流动气体具有的能量、应用热力学的概念,并引入气体内能。这样伯努利方程也可以用来解释高速流动气体的能量转换现象,不但使气体流动中各种参数——压力、速度、温度和声速之间的转换关系更加清晰明白,对高速飞行的空气动力加热也可以进行更好的说明。

本书上篇对高速飞行激波、膨胀波产生的原因和高速飞行气动升力、阻力的产生作了进一步的说明,对高速飞行气动力变化对飞行的影响作了进一步的分析,对后掠机翼带来的一些问题及解决方法作了更详细的阐述。并对减小由于空气黏性产生的飞机飞行阻力的措施作了一些修订,等等。

下篇“航空材料”一章中增加了金属晶体结构和金属键的结合方式,使之能更好地理解金属材料的物理性能。增加了合金的组织结构说明,为金属热处理的讲述作了一些基本知识的铺垫,使读者对金属热处理的内容能够有更好的理解。还根据现代大型民用运输机对耐热材料、复合材料的大量应用,增加了钛合金、镍基耐热钢和复合材料的内容。

在“金属腐蚀和机体防腐措施”一章中,对飞机表面的清洁工作和防腐维护工作的内容也作了一些补充和修改。

在“飞机的称重与平衡”一章中,增加飞机装载后实用重心变化曲线,以及用来确定飞机实用重心位置的力矩包线图,举例说明确定飞机实用重心的方法。讲述了用改变装载调整飞机实用重心的方法。

删减了第 1 版第 1 章中 1.5 节“大气状况对飞机机体腐蚀的影响”的内容等。

另外,对第1版教材中的插图也作了一些调整和增减。

通过对第1版教材知识点的深化、内容的扩展和补充,本书的内容更全面、系统和深入,也体现了教材与时俱进的精神。

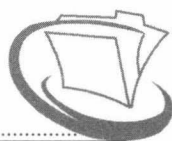
本书各章编写人员如下:上篇共4章,由李幼兰编写;下篇共9章,第1、2、3、6和7章由李幼兰编写;第4、8和9章由唐鹏编写;第5章由王立国、李安编写。

在本书编写过程中,得到了中国民航大学任仁良教授,考试管理中心刘燕、胡月伟、宋芳等老师的大力支持和帮助。由中国民用航空飞行学院蒋陵平老师、中国民航大学徐文君老师进行了审阅,并提出了宝贵意见;中国民用航空飞行学院陈淑仙老师,北京飞机维修工程有限公司邓立辉老师,长沙航空职业技术学校都昌兵、江游老师也在审稿会上提出了宝贵的意见。在此一并表示衷心的感谢。

尽管得到众多老师的指导和帮助,编者也都努力将本书编写为一流教材,使广大民航机务维修人员和读者通过对本书的学习有所收益并得到提高,但由于疏忽或编者水平有限,书中出现一些缺点和错误在所难免,恳请使用本书的师生和读者提出批评和指正。

编 者

目 录



CONTENTS

上篇 空气动力学基础

第 1 章 大气物理学	3
1.1 大气的重要物理参数	3
1.1.1 大气密度	3
1.1.2 大气温度	3
1.1.3 大气压力	5
1.1.4 黏性	5
1.1.5 可压缩性	7
1.1.6 湿度	7
1.1.7 声速	7
1.2 大气层的构造	8
1.3 国际标准大气	9
1.3.1 国际标准大气的制定	9
1.3.2 国际标准大气的应用	11
1.4 气象对飞行活动的影响	11
1.4.1 阵风对飞机飞行的影响	11
1.4.2 稳定风场对飞机飞行的影响	13
1.4.3 云对飞行的影响	14
第 2 章 空气动力学	15
2.1 流体流动的基本概念	15
2.1.1 相对运动原理	15
2.1.2 连续性假设	15
2.1.3 流场、定常流和非定常流	16
2.1.4 流线、流线谱、流管和流量	16
2.2 流体流动的基本规律	16

2.2.1	连续方程	16
2.2.2	伯努利方程	17
2.3	机体几何外形和参数	19
2.3.1	机翼的几何外形和参数	19
2.3.2	机身的几何形状和参数	24
2.4	飞机的空气动力	24
2.4.1	空气动力、升力和阻力	24
2.4.2	升力的产生	24
2.4.3	阻力的产生	26
2.4.4	升力、阻力计算公式及影响升力、阻力的因素	34
2.4.5	气动力系数曲线	35
2.4.6	机翼的压力中心和焦点(空气动力中心)	41
2.5	机翼表面积冰(雪、霜)对飞机飞行性能的影响	43
2.6	高速飞行的一些特点	43
2.6.1	空气的可压缩性和飞行马赫数	43
2.6.2	高速飞行中,空气状态参数的变化	44
2.6.3	气流流动的加速、减速特性	45
2.6.4	激波、波阻和膨胀波	46
2.6.5	临界马赫数和临界速度	49
2.6.6	局部激波和激波分离	50
2.6.7	高速飞行的空气动力	50
2.6.8	高速飞机气动外形的特点	56
2.6.9	空气动力加热	61
第3章	飞行理论	64
3.1	飞机在空中运动的自由度	64
3.2	空气动力和空气动力参数	65
3.3	飞行时的外载荷及其平衡方程	66
3.4	载荷因数	68
3.5	巡航飞行、起飞和着陆	69
3.5.1	巡航飞行	69
3.5.2	起飞	73
3.5.3	着陆	74
3.6	水平转弯和侧滑	75
3.6.1	飞机水平转弯时,作用在飞机上的外载荷	75
3.6.2	飞机水平转弯性能和限制	76
3.6.3	飞机水平转弯时产生的侧滑	77
3.6.4	飞机水平转弯的操纵	78
3.7	等速爬升和等速下滑	78

3.7.1 等速爬升	78
3.7.2 等速下滑	79
3.8 增升原理和增升装置	79
3.8.1 增升装置的功用和增升原理	79
3.8.2 增升装置	80
第4章 飞机的稳定性和操纵性	87
4.1 飞机运动参数	87
4.1.1 飞机在空间的姿态	87
4.1.2 空速向量相对机体的方位	88
4.2 飞机稳定性和操纵性的基本概念	88
4.2.1 飞机的稳定性	88
4.2.2 飞机的操纵性	90
4.3 飞机的纵向稳定性	90
4.3.1 飞机的纵向静稳定性	90
4.3.2 飞机的纵向动稳定性	94
4.4 飞机的纵向操纵性	96
4.4.1 水平尾翼	96
4.4.2 飞机的纵向操纵	97
4.4.3 纵向操纵性和纵向稳定性的关系	97
4.4.4 飞机重心范围的确定	98
4.5 飞机的横侧向静稳定性	99
4.5.1 飞机的横侧向运动	99
4.5.2 飞机的侧向静稳定性	100
4.5.3 飞机的方向静稳定性	101
4.6 飞机的横侧向动稳定性	102
4.6.1 静稳定力矩、惯性力矩和气动阻尼力矩	102
4.6.2 横侧向扰动运动的三种模态及特性	105
4.6.3 飞机的横侧向扰动运动及影响动稳定性的因素	107
4.7 飞机的横侧向操纵	107
4.7.1 飞机的侧向操纵	107
4.7.2 飞机的方向操纵	112
4.8 飞机主操纵面上的附设装置	113
4.8.1 质量平衡	113
4.8.2 气动补偿	115
4.8.3 气动平衡	119
参考文献	122



下篇 维护技术基础

第 1 章 航空材料	125
1.1 金属材料的基本概述	125
1.1.1 金属材料的基本性能	125
1.1.2 金属材料的力学性能	127
1.1.3 金属的晶体结构	136
1.1.4 合金的基本概念	137
1.2 碳钢和合金钢	139
1.2.1 钢的分类	139
1.2.2 钢的热处理	140
1.2.3 合金钢	146
1.2.4 航空工业中使用的钢材	148
1.3 有色金属	150
1.3.1 铝和铝合金	151
1.3.2 钛和钛合金	156
1.4 复合材料和非金属材料	158
1.4.1 复合材料和蜂窝夹层结构	158
1.4.2 塑料材料	166
1.4.3 橡胶材料	168
1.4.4 密封剂	169
第 2 章 金属腐蚀和机体防腐措施	172
2.1 金属腐蚀	172
2.1.1 化学腐蚀	172
2.1.2 电化学腐蚀	173
2.1.3 金属腐蚀的形式	175
2.2 腐蚀的处理和机体的防腐措施	185
2.2.1 机体表面的清洁工作	185
2.2.2 腐蚀的处理	187
2.2.3 机体防腐措施	190
第 3 章 航空紧固件	195
3.1 带螺纹的紧固件	195
3.1.1 螺纹类型、配合等级和标识符号	195
3.1.2 带螺纹紧固件的类型和应用	196
3.1.3 带螺纹紧固件的安装和保险方法	206

3.2 铆钉	212
3.2.1 实心铆钉	212
3.2.2 专用铆钉	217
第4章 弹簧、轴承和传动	221
4.1 弹簧的类型、材料、性能及其应用	221
4.1.1 弹簧的类型	221
4.1.2 弹簧材料及性能	222
4.1.3 弹簧在飞机上的应用	223
4.2 轴承的种类、材料、构造和应用	223
4.2.1 轴承种类	224
4.2.2 轴承在飞机上的应用	226
4.2.3 轴承的拆装和维护	227
4.3 齿轮传动	230
4.3.1 齿轮传动特点与类型	230
4.3.2 齿轮传动的传动比	231
4.3.3 齿轮轮齿的失效形式	232
4.3.4 齿轮传动的维护与润滑	233
4.4 带传动	234
4.4.1 带传动的组成与种类	234
4.4.2 带传动的工作原理与特点	235
4.5 链传动	235
4.5.1 链传动的组成、特点与应用	235
4.5.2 链传动的种类与构造	236
4.5.3 链传动的维护与润滑	237
第5章 飞机图纸规范与识图	238
5.1 投影及识图	238
5.1.1 投影及投影图	238
5.1.2 投影规律及基本视图	241
5.1.3 图纸上的字体和线条	242
5.1.4 尺寸标注和公差	244
5.2 飞机图纸的类型	245
5.2.1 零件图	245
5.2.2 装配图	246
5.2.3 安装图	247
5.2.4 分解图	247
5.2.5 方框图	248
5.2.6 排故流程图	249

5.2.7	电气形象示意图	249
5.2.8	机械工作原理图	250
5.2.9	电气工作原理图	250
5.2.10	逻辑关系图	250
5.2.11	机械系统简图	251
5.2.12	电气系统简图	251
5.2.13	线路连接图解	252
5.2.14	分解/装配图	252
5.2.15	剖面图	252
5.2.16	配线图	253
5.3	飞机图纸的标题栏与相关信息	254
5.3.1	飞机生产图纸	254
5.3.2	标题栏	256
5.3.3	更改说明栏	259
5.4	ATA100 规范和 ATA2200 规范	259
5.4.1	改版和临时改版服务	259
5.4.2	有效页清单	260
5.4.3	航空器维修手册章节	260
5.4.4	航空标准	262
5.5	飞机手册中各种图表的使用	262
5.5.1	波音系列飞机系统原理图和线路连接图	262
5.5.2	空客系列飞机系统原理图与线路图	266
5.5.3	导线负载能力图表	270
5.5.4	勤务工作图	271
5.5.5	紧固件力矩值表	272
5.5.6	公差配合表	273
第 6 章	飞机的称重与平衡	276
6.1	飞机称重与平衡的目的和基本知识	276
6.1.1	飞机称重与平衡的目的	276
6.1.2	飞机称重与平衡的基本知识	276
6.2	飞机称重操作	281
6.2.1	称重前的准备工作	281
6.2.2	称重和测量	282
6.2.3	求出空机重量及空机重心位置	283
6.2.4	飞机称重的注意事项	284
6.3	装载后飞机重量和实用重心位置	285
6.3.1	装载后飞机重量和实用重心位置	285
6.3.2	装载后飞机实用重心范围	285

6.3.3	利用图表确定装载后飞机的重心位置	286
6.3.4	极限状态的载重与平衡	288
6.4	调整装载后飞机重心的位置	290
6.4.1	调整飞机装载物的位置	290
6.4.2	安装压舱物	291
第7章	无损检测方法	293
7.1	目视检查	293
7.1.1	飞行前绕飞机一周检查	293
7.1.2	对机体表面的目视检查	294
7.2	超声波检测法	295
7.2.1	超声波特性和超声波检测法的原理	295
7.2.2	超声波的波型	296
7.2.3	超声波探测法的适用范围及优缺点	298
7.3	X射线检测法	298
7.3.1	X射线的特性和X射线检测法的基本原理	298
7.3.2	X射线检测法的应用及优缺点	299
7.4	涡流检测法	300
7.4.1	涡流检测法的基本原理和检测方法	300
7.4.2	检测线圈放置方法 and 应用	302
7.4.3	涡流检测的频率选择和涡流检测法的应用	303
7.5	磁粉检测法	303
7.5.1	磁粉检测的基本原理和方法	303
7.5.2	磁粉检测方法的应用和退磁处理	305
7.6	渗透检测法	306
7.6.1	渗透检测方法的基本原理和分类	306
7.6.2	渗透检测法的操作步骤和渗透检测法的应用	307
第8章	非正常事件	309
8.1	雷击检查	309
8.1.1	概述	309
8.1.2	雷击检查方法	310
8.2	HIRF 穿透后的检查	311
8.2.1	概述	311
8.2.2	抑制电磁干扰的几种常用方法	311
8.2.3	HIRF 防护检查	312
8.3	重着陆检查	313
8.3.1	概述	313
8.3.2	重着陆检查方法	313

8.3.3	重着陆检查的项目	314
8.4	飞行经过严重紊流区的检查	315
8.4.1	概述	315
8.4.2	检查方法	315
第9章	飞机地面操作和存放	316
9.1	飞机地面牵引	316
9.1.1	执行人员的资格	316
9.1.2	执行人员的职责	316
9.1.3	牵引飞机前的准备工作	317
9.1.4	牵引飞机的速度和转弯角度	317
9.1.5	牵引飞机的程序	317
9.2	飞机的地面滑行	318
9.2.1	飞机出港滑行前的地面操作	318
9.2.2	飞机进港滑行前的地面操作	319
9.3	飞机的顶升	320
9.3.1	顶升前顶升设备的准备	320
9.3.2	顶升前飞机的准备工作	320
9.3.3	整架飞机的顶升	321
9.3.4	飞机的单轮顶升	321
9.4	飞机地面系留	321
9.4.1	飞机系留前的准备工作	322
9.4.2	系留方法	324
9.5	飞机的地面停放方法	325
9.5.1	对停机坪的要求	325
9.5.2	飞机停放的净距要求	325
9.5.3	正常情况下,飞机停放操作的一般要求	326
9.6	环境对飞机地面操作和工作的影响	327
9.6.1	飞机地面试车	327
9.6.2	飞机的充氧	327
9.6.3	飞机接地	327
9.6.4	地面供电	327
9.6.5	水系统勤务	328
9.6.6	防风安全	328
9.6.7	维修环境/设施的清洁	328
9.7	飞机地面加油和放油程序	328
9.7.1	加/放油场所的要求	328
9.7.2	天气条件对加油操作的限制	328
9.7.3	对加油车的要求	328

9.7.4	明火限制	329
9.7.5	加油的接地要求	329
9.7.6	机载高频/雷达设备的使用限制	329
9.7.7	对飞机周围车辆和设备的使用限制	329
9.7.8	对电气设备操作的限制	329
9.7.9	飞机放油操作的要求	329
9.7.10	溢油的处理	330
9.8	飞机的地面除冰/防冰程序	330
9.8.1	除冰/防冰操作的一般规则	331
9.8.2	透明冰层的检查和清除	331
9.8.3	防冰的方法	331
9.8.4	除冰/防冰过程中的注意事项	331
9.8.5	飞机除冰/防冰后的检查	332
9.9	飞机地面供电	332
9.10	飞机地面供气	333
9.11	地面液压源的供给	333
参考文献		335

上篇

空气动力学基础