

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

涡轮发动机 飞机结构与系统 (上) (第2版)

Turbine Aeroplane Structures and Systems

(AV)

张鹏 主编



清华大学出版社



民用航空器维修基础系列教材

涡轮发动机 飞机结构与系统 (上) (第2版)

Turbine Aeroplane Structures and Systems

(AV)

张 鹏 主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是“民用航空器维修基础系列教材”之一,是民用航空器维修人员基础执照考试的主要参考用书。全书分为上、下两册,上册为涡轮发动机飞机电子系统,主要介绍仪表系统、飞机通信系统、飞机导航系统和自动飞行系统;下册为飞机机械和电气系统,主要介绍飞机结构、液压和燃油系统、飞行操纵系统、空调和机舱设备、电源系统、灯光照明系统、防火系统和机载维护系统。

本书内容深入浅出,通俗易懂,注重知识的实用性,贯彻了理论与实际密切结合的思想,基本上不涉及复杂的数学公式和推导,强调定性描述大纲中要求掌握的基本知识。

本书可以作为民航机务维修人员的基础执照考试和 CCAR-147 维修基础培训机构的培训教材,也可作为航空电子类专业本科学生和高职学生的参考用书。

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

涡轮发动机飞机结构与系统. AV. 上/张鹏主编. —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 978-7-302-47482-1

I. ① 涡… II. ① 张… III. ① 涡轮喷气发动机—民用飞机—飞机构件—教材 ② 涡轮喷气发动机—民用飞机—飞机系统—教材 IV. ① V222

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 130136 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:沈 露

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:北京嘉实印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:26.5

字 数:644 千字

版 次:2006 年 11 月第 1 版

2017 年 7 月第 2 版

印 次:2017 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:70.00 元

产品编号:074179-01

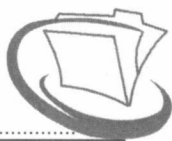
民用航空器维修基础系列教材

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14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多年的使用,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。

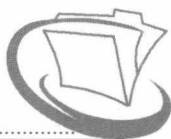
“民用航空器维修基础系列教材”第2版是在民航局飞行标准司的直接领导下进行修订编写的。这套教材的编写得到了民航安全能力基金的资助,同时得到了中国民航总局飞行标准司、中国民航大学、广州民航职业技术学院、中国民用航空飞行学院、民航管理干部学院、上海民航职业技术学院、北京飞机维修工程有限公司(Ameco)、广州飞机维修工程有限公司(Gameco)、中信海洋直升机公司、深圳航空有限责任公司等单位以及航空器维修领域专家的大力支持,在此一并表示感谢!

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做出更大的贡献。读者如有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

本书分上、下两册,上册为涡轮发动机飞机电子系统,下册为飞机机械和电气系统。本书是按照中国民航规章 CCAR-66R2《民用航空器维修人员执照管理规则》航空电子专业(AV)考试大纲 M11 编写的,其内容是飞机维修人员必须要掌握的基础知识。本书在编写过程中,力求做到通俗易懂,注重知识的实用性,贯彻了理论与实际密切结合的思想,基本上不涉及复杂的数学公式和推导,强调定性描述大纲中要求掌握的基本知识。本书可以作为 CCAR-147 维修基础培训机构的培训教材或参考教材,也适用于具有一定基础的航空电子专业人员自学。

上册由张鹏教授主编和统稿,内容包括仪表系统、飞机通信系统、飞机导航系统和自动飞行系统。其中 1.1~1.5 节由郝瑞编写,1.6、1.7 节和 3.12 节由栗中华编写,1.8~1.10 节由张迪编写,2.1~2.4 节和 2.7 节由魏国编写,2.5、2.6 节由樊智勇编写,3.1~3.3 节由赵世伟编写,3.4~3.6 节由孙俊卿编写,3.7~3.11 节由官颂编写,3.13 节和 4.3~4.7 节由王娟编写,4.1、4.2 节和 4.8 节由张鹏编写,4.9 节由陈艳编写。

下册由任仁良教授主编和统稿,内容包括飞机结构、液压和燃油系统、飞行操纵系统、空调和机舱设备、电源系统、灯光照明系统、防火系统和机载维护系统。

第 2 版是在第 1 版的基础上修订而成的,修订的主要依据是 AC-66R1-02《民用航空器维修人员执照基础部分考试大纲》中所规定的考试内容,并结合目前主流机型上航空新技术的使用情况,同时也参考了基础执照培训教师和广大考生对原教材存在问题的修改建议。新版教材在保持原版教材整体框架不变的前提下,主要在以下几个方面作了修改:

(1) 对原教材部分章节和内容进行了调整,增强了教材的系统性和逻辑性。将仪表系统由原教材的第 3 章调整到第 1 章,调整后第 1 章为仪表系统,第 2 章为飞机通信系统,第 3 章为飞机导航系统,第 4 章为自动飞行系统。

(2) 删除了过时的内容、不必要的重复性内容,优化了内容结构。第 2 章删除了磁带式话音记录器分析,第 3 章删除了采用测角器非移相式自动定向,第 4 章删除了微分和积分式自动驾驶仪的原理分析,仅保留了基本概念和作用描述。

(3) 增加了反映主流机型航空新技术的内容。教材内容涉及的控制板和显示由原教材大多以 737-300 机型为例更改为以 737NG 和 A320 等主流机型为例,第 1 章增加了微电子机械陀螺和光纤陀螺仪,第 2 章将磁带式话音记录器分析更换为固态存储器的话音记录器分析,第 3 章增加了基于性能的导航(PBN)、所需性能导航(RNP)、DVOR 原理、广播式自

动相关监视系统 ADS-B,第 4 章增加了 737NG 和 A320 等主流机型的自动飞行系统分析。

(4) 修改简化了数学分析过程,强化了概念和功能原理分析,补充了部分实物图片和维护技术,使教材更加通俗易懂。

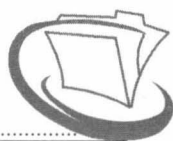
万晓云、孙淑光、胡焱、杨国余、杨晓龙、王会来等对教材进行了审校,提出了许多修改意见,在此谨表深深的感谢!

由于时间仓促,加之作者水平所限,书中难免存在许多错误和不足,敬请各位专家和读者批评指正。

编 者

2017 年 2 月

目录



CONTENTS

第1章 仪表系统	1
1.1 航空仪表概述	1
1.1.1 航空仪表的分类	1
1.1.2 航空仪表的发展历程与布局	1
1.1.3 航空仪表显示数据的基本“T”形格式	6
1.1.4 模拟式与数字式电子仪表的特点	6
1.2 大气数据仪表	8
1.2.1 国际标准大气	8
1.2.2 气压式高度表	9
1.2.3 升降速度表	11
1.2.4 马赫-空速表	13
1.3 全/静压系统	17
1.3.1 静压系统	17
1.3.2 全压系统	18
1.3.3 系统结构	20
1.3.4 全/静压系统的排水接头	22
1.3.5 全/静压系统的维护	22
1.4 大气数据计算机系统	23
1.4.1 模拟式大气数据计算机系统	24
1.4.2 数字式大气数据计算机系统	24
1.4.3 缩小垂直间隔介绍	37
1.5 飞行数据记录系统	39
1.5.1 概述	39
1.5.2 数字式飞行数据记录系统	40
1.5.3 飞机状态监控系统	45
1.6 陀螺及陀螺原理	46
1.6.1 概述	46
1.6.2 机电陀螺仪	47

1.6.3	激光陀螺仪	51
1.6.4	光纤陀螺仪	53
1.7	陀螺仪表	54
1.7.1	姿态仪表	55
1.7.2	航向仪表	60
1.8	警告系统	65
1.8.1	警告系统的基本组成及功能	65
1.8.2	高度警告系统	66
1.8.3	超速警告系统	69
1.8.4	失速警告系统	71
1.9	综合电子仪表系统	75
1.10	发动机指示和机组警告系统与电子中央飞机监控系统	86
1.10.1	EICAS 的组成	86
1.10.2	EICAS 的显示	90
1.10.3	系统的异常显示	97
1.10.4	电子中央飞机监控系统	98
第 2 章	飞机通信系统	108
2.1	高频、甚高频通信	109
2.1.1	高频通信系统	109
2.1.2	甚高频通信系统	119
2.2	选择呼叫系统	125
2.2.1	作用与组成	125
2.2.2	工作原理	127
2.3	音频控制与内话系统	129
2.3.1	数字式音频控制系统	129
2.3.2	服务内话	133
2.3.3	机组呼叫系统	135
2.4	旅客广播系统与话音记录系统	136
2.4.1	旅客广播系统	136
2.4.2	话音记录系统	139
2.5	卫星通信系统	142
2.5.1	概述	142
2.5.2	同步卫星通信	144
2.5.3	航空移动卫星通信	146
2.6	飞机通信寻址与报告系统	151
2.6.1	概述	151
2.6.2	机载 ACARS 系统的组成	153
2.6.3	ACARS 的工作方式	156

2.7	紧急定位发射机	157
第3章	飞机导航系统	159
3.1	飞机导航基础知识	159
3.1.1	概述	159
3.1.2	坐标、坐标系及导航元素	160
3.1.3	位置线与无线电导航定位	164
3.1.4	新型导航方式概述	167
3.2	自动定向机	171
3.2.1	概述	171
3.2.2	自动定向原理	175
3.2.3	定向误差分析	184
3.3	甚高频全向信标系统	189
3.3.1	概述	189
3.3.2	VOR 系统的基本工作原理	190
3.3.3	机载 VOR 接收系统	196
3.3.4	航道偏离与向/背台指示	200
3.3.5	数字式方位测量电路的基本原理	202
3.4	仪表着陆系统	203
3.4.1	概述	203
3.4.2	航向信标系统	207
3.4.3	下滑信标系统	211
3.4.4	指点信标系统	213
3.5	测距系统	217
3.5.1	测距机的功用	217
3.5.2	测距机系统的工作概况	218
3.5.3	机载测距机	222
3.5.4	应用微处理器的新型测距机	231
3.6	低高度无线电高度表	232
3.6.1	功用与组成	232
3.6.2	普通调频连续波无线电高度表	234
3.6.3	等差频调频连续波无线电高度表	236
3.6.4	脉冲雷达高度表	239
3.6.5	影响无线电高度表性能的因素	241
3.6.6	高度跳闸信号	244
3.6.7	高度表指示	245
3.7	气象雷达系统	246
3.7.1	概述	246
3.7.2	气象雷达的探测原理	249

3.7.3	机载气象雷达系统的工作	252
3.7.4	气象雷达信息的显示	260
3.7.5	气象雷达的电磁辐射防护	262
3.8	空中交通管制系统应答机	263
3.8.1	概述	263
3.8.2	ATCRBS 的工作原理	265
3.8.3	S 模式的工作原理	268
3.8.4	ATC 机载系统	273
3.8.5	广播式自动相关监视系统	282
3.9	交通咨询与防撞系统	286
3.9.1	TCAS II 的工作	287
3.9.2	TCAS II 系统的组成部件和功能	293
3.9.3	TCAS 咨询信息的显示和控制	297
3.9.4	TCAS II 与其他机载系统的联系	300
3.10	全球导航卫星系统	302
3.10.1	GPS 的系统组成	302
3.10.2	GPS 的工作原理	305
3.10.3	GPS 用户设备	311
3.10.4	GPS 增强系统	317
3.10.5	其他全球导航卫星系统 GNSS 介绍	318
3.11	近地警告系统	321
3.11.1	GPWS 的组成	322
3.11.2	GPWS 的工作方式	325
3.12	惯性基准系统	339
3.12.1	概述	339
3.12.2	平台式惯导系统	339
3.12.3	激光陀螺惯性基准系统	341
3.13	飞行管理计算机系统	352
3.13.1	飞行管理计算机系统简介	352
3.13.2	飞行管理系统	354
3.13.3	飞行管理计算机系统在飞行各阶段的作用	361
3.13.4	飞行管理计算机数据库	362
3.13.5	飞行管理计算机信息显示	366
3.13.6	飞行管理计算机系统自检和维护页面	368
第 4 章	自动飞行系统	374
4.1	自动飞行系统的功能和结构	374
4.1.1	自动飞行系统的功能	374
4.1.2	自动飞行系统的结构	375

4.2 自动驾驶	376
4.2.1 自动驾驶功能	376
4.2.2 自动驾驶的基本组成和原理	376
4.2.3 自动驾驶的工作回路	377
4.2.4 自动驾驶控制规律	380
4.2.5 自动驾驶的衔接、脱开和工作方式、工作参数	384
4.3 飞行指引	386
4.4 安定面配平	388
4.5 偏航阻尼	392
4.6 飞行控制计算机及系统	394
4.7 自动油门系统	397
4.8 电传操纵系统	400
4.9 自动飞行系统实例	402
参考文献	410



1.1 航空仪表概述

1.1.1 航空仪表的分类

在大型商业飞机的驾驶舱中可以看到许多仪表,它们用于监视飞机系统的参数,协助飞行员控制飞机的飞行、发动机以及其他飞机系统。按照显示参数的类型划分,航空仪表分为飞行仪表、发动机仪表和其他飞机系统仪表。在早期飞机上,这些参数都是以独立的仪表显示;在现代飞机上,基本没有独立的仪表,都是综合显示。

飞行仪表提供的数据,可以帮助飞行员驾驶飞机完成安全经济的飞行。飞行仪表用于测量飞机的各种运动参数,它们位于正、副驾驶员的仪表板上。飞行仪表包括大气数据仪表、姿态仪表、航向仪表和指引仪表。其中大气数据仪表有高度表、升降速度表、指示空速表、马赫数表(或称 M 数表)、大气静温表和空气总温表等;姿态系统仪表有地平仪、转弯仪和侧滑仪等;航向系统仪表有磁罗盘、陀螺罗盘和陀螺磁罗盘等;指引系统仪表有姿态指引仪、水平指引仪等。

发动机仪表位于中央仪表板上,是指发动机工作系统中的各种参数测量仪表,如转速表(螺旋桨转速表,或低压涡轮和高压涡轮转速表)、进气压力表和汽缸头温度表(两表用于活塞式发动机)、扭矩表和排气温度表(两表用于涡轮螺旋桨发动机)、压力比表(或推力表)和排气温度表(两表用于涡轮喷气或涡轮风扇发动机)、燃油压力表(指汽油压力表或煤油压力表)、滑油压力表、滑油温度表、燃油油量表(指汽油油量表或煤油油量表)、燃油流量表、滑油油量表、发动机振动指示器、油门指位表和散热器风门指位表等。其指示信息的含义将在“发动机指示”中讲解。

在飞机的其他系统或设备中使用的测量仪表统称为其他飞机系统仪表。如飞机的增压系统有座舱高度表、压差表、空气流量表、升降速度表和温度表等;飞机液压系统有各种压力表和液压油油量表等;灭火系统有各种压力表;此外,还有起落架收放位置表、襟翼位置表和飞机电气设备用的电流表、电压表、频率表等。其他飞机系统仪表通常位于驾驶舱的顶板上,对其将在相应的章节中进行描述。

1.1.2 航空仪表的发展历程与布局

航空仪表的发展与科学技术和飞机的发展是分不开的,在飞机刚问世时,因其本身结构简单,飞行高度和速度都很低,飞机上没有航空仪表。后来,随着飞行时间和飞行距离的增

加,开始安装时钟、航速计和指南针等简陋的仪表设备,飞行员只能在晴朗的白天依靠地图和地标来飞行。第一次世界大战期间,迫于军事上的需要,一些国家大力投资发展航空事业,机上开始安装空速表、高度表、磁罗盘、发动机转速表和滑油压力表等。到了20世纪30年代,为使飞机能在云中或夜间飞行,又增添了升降速度表、转弯侧滑仪、陀螺地平仪和陀螺方向仪等飞行仪表。总之,航空仪表的发展是随飞机性能及需求的发展而发展的。

根据航空仪表的结构与形式的变化,它的发展过程大体分为以下五个阶段。

1. 机械仪表阶段

这个阶段是仪表的初创时期,多数仪表为单个整体直读式结构,也称为直读式仪表,即传感器和指示器组装在一起的单一参数测量仪表。表内敏感元件、信号传送和指示部分均为机械结构,例如早期的空速表和高度表。

这种表的优点是结构简单、工作可靠、成本低廉。它的缺点是灵敏度较低,指示误差较大。随着飞机性能和要求精度的不断提高,机械式仪表早已不能满足航空发展的需要。

2. 电气仪表阶段

20世纪30年代开始,航空仪表由机械化逐步走向电气化,发展成电气仪表,此时的仪表称为远读式仪表。如远读式磁罗盘、远读式地平仪等。所谓“远读”是指仪表的传感器和指示器没有装在同一个表壳内,它们之间的控制关系是通过电信号的传递实现的,因相距较远,故称为远读式仪表。

用电气传输代替机械传动,可以提高仪表的反应速度、准确度和传输距离。将仪表的指示部分与其他部分分开,使仪表板上的仪表体积大为缩小,改变了因仪表数量增多而出现的仪表板拥挤状况。另外,仪表的敏感元件远离驾驶舱,减少了干扰,提高了敏感元件的测量精度。但远读式仪表也存在一些缺点,如整套仪表结构复杂、部件增多、重量增加等。

3. 机电式伺服仪表阶段

为了进一步提高仪表的灵敏度和精度,20世纪40年代后出现了能够自动调节的小功率伺服系统仪表,即机电式伺服仪表。伺服系统又称为随动系统,它是一种利用反馈原理来保证输出量与输入量相一致的信号传递装置,对仪表信号采用伺服系统方式来传送,信号能量得到放大,提高了仪表的指示精度和带负载能力,可以实现一个传感器带动几个指示器,有利于仪表的综合化和自动化。

4. 综合指示仪表阶段

20世纪40年代后,由于飞机性能迅速提高,各种系统设备日益增多,所需指示和监控仪表大量增加,有的飞机上已多达上百种,仪表板和座舱无法安排,驾驶员也目不暇接。另外,飞机的飞行速度和机动性能的提高,又使驾驶员观察仪表的时间相对缩短,容易出错,因此把功能相同或相关的仪表指示器有机地组合在一起,形成统一指示的综合仪表,就成为航空仪表发展的必然趋势。例如,综合罗盘指示器、组合地平仪和各种发动机仪表的相互组合等都是一表多用的结构形式。

机电式综合仪表一直使用到20世纪60年代末。图1.1-1就是这种仪表的典型代表,其左、右分别为正、副驾驶员的飞行仪表,中间是发动机仪表。

5. 电子综合显示仪表阶段

随着电子技术的飞速发展,从20世纪60年代开始出现了电子屏幕显示仪表,逐步取代指针式机电仪表,使仪表结构进入革新的年代;到70年代中期,电子显示仪表又进一步向

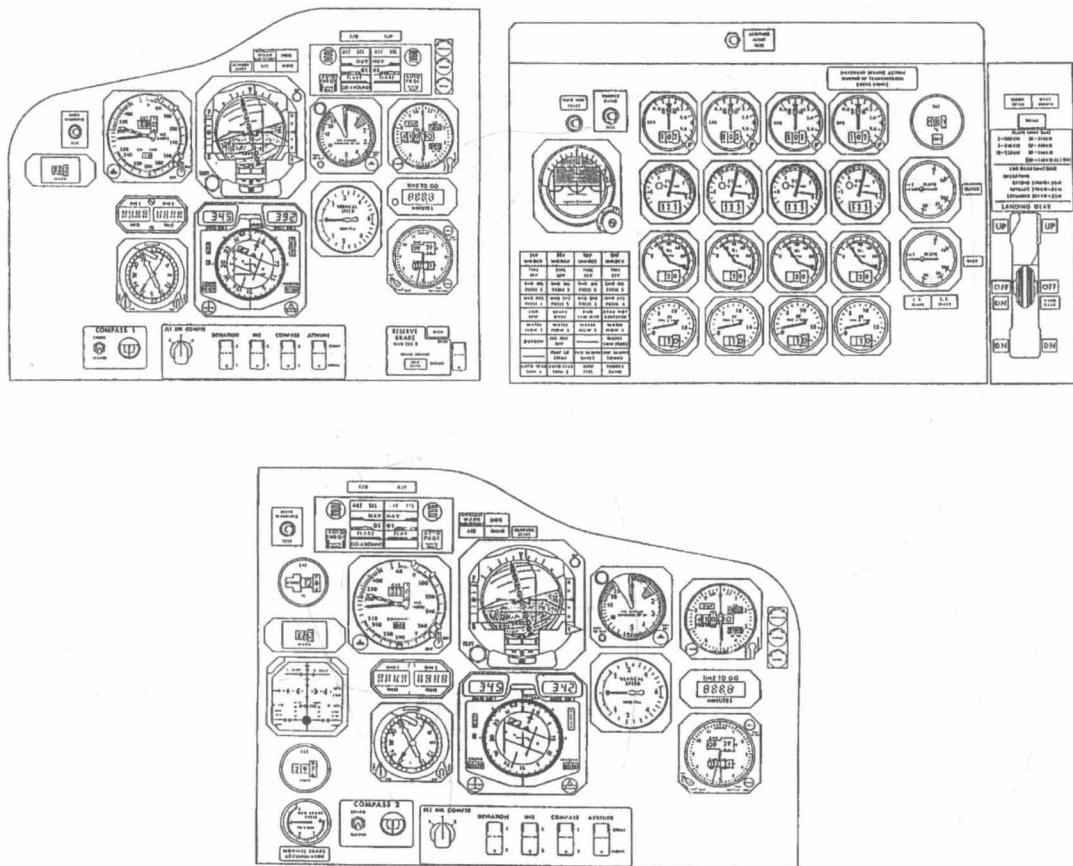


图 1.1-1 典型机电式综合仪表及其布局

综合化、数字化、标准化和多功能方向发展,并出现了高度综合又相互补充、交换显示的综合电子仪表显示系列。驾驶员可以通过控制板对飞机进行控制和安全监督,初步实现了人-机“对话”。驾驶舱仪表、惯性基准系统、大气数据系统、自动飞行控制系统和飞行管理系统等已成为重要的航空电子设备。

20世纪80年代初期,在一些先进机型的驾驶舱中(以B757/B767、A310为代表),主要仪表的显示部分已广泛采用衍射平视仪和彩色多功能显示器,出现了EFIS(电子飞行仪表系统)和EICAS(发动机指示和机组警告系统),但是综合程度有限,仍配置有较多的机电仪表和备用仪表。这是电子飞行仪表的第一代产品。

20世纪80年代中后期,以B747-400、A320为代表的电子飞行仪表为第二代产品。彩色电子显示系统有了进一步的发展,出现了高综合的电子飞行仪表系统,其特点是驾驶舱用大屏幕CRT显示器显示数据,仅配置很少的备用仪表。

20世纪90年代的第三代电子飞行仪表为平板显示系统。仪表数据显示用液晶显示器(LCD)取代了彩色阴极射线管(CRT),显示亮度大且分辨率高,具有体积小(无需电子枪法向长度)、重量轻、耗电量小等优点。例如,目前B777客机驾驶舱的主要仪表显示采用的就是彩色液晶显示器。

对于现代大型商业飞机的驾驶舱仪表显示来说,无论采用CRT,还是采用LCD,其驾驶舱的布局基本相同,如图1.1-2所示。

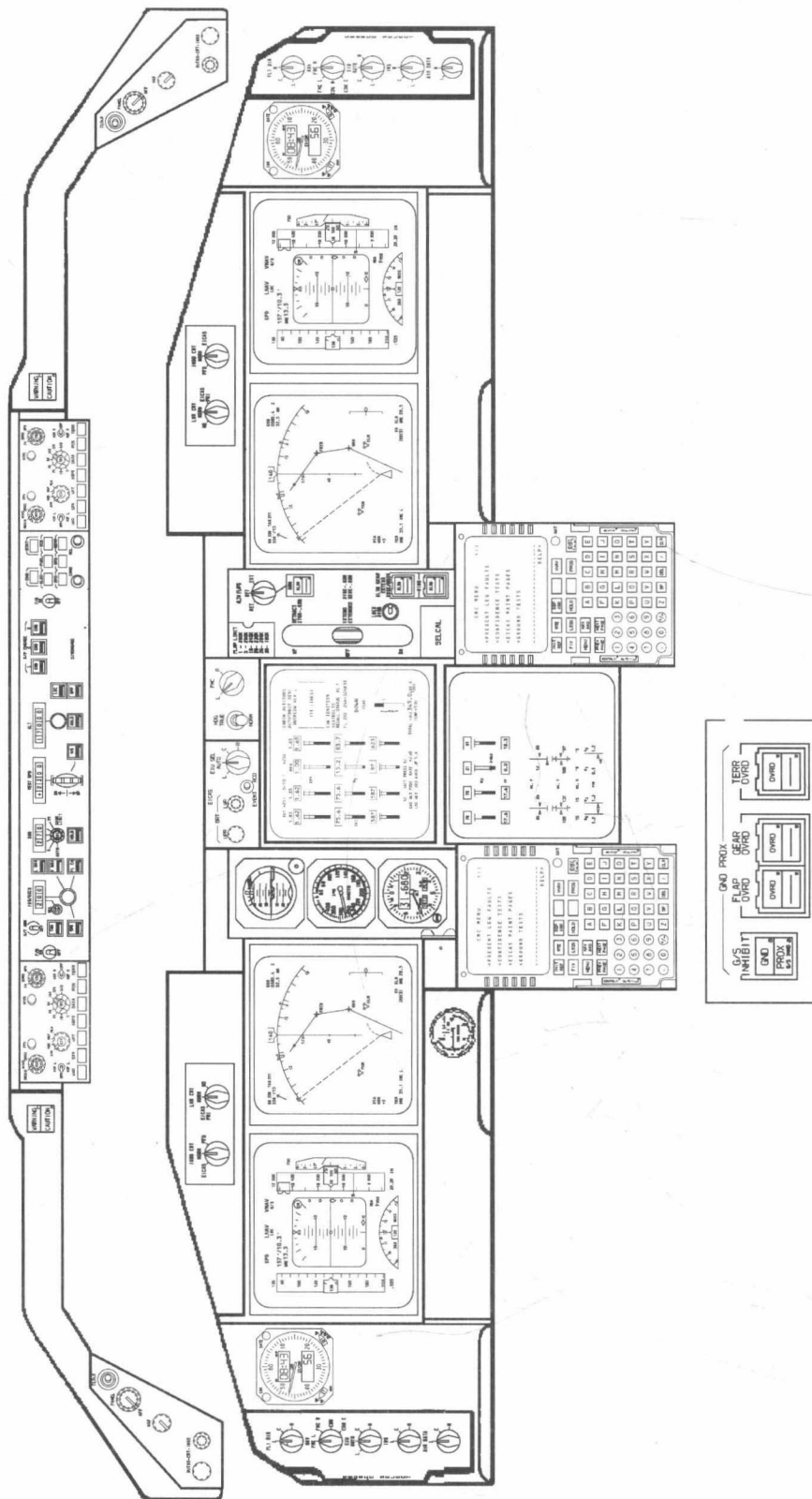


图 1.1-2 典型电子式综合仪表及其布局

与图 1.1-1 的仪表板相对应,正、副驾驶员的飞行仪表板上有主飞行显示器(PFD)和导航显示器(ND),中间的发动机仪表板上有上、下 EICAS 显示器。以 PFD、ND 和发动机及警告为显示数据基本类别的组合方式,沿用至今。在 2000 年以后的新机型上,仪表显示的综合化程度和灵活性进一步提高,越来越多的数据呈现给机组,数据组合方式也更为灵活。

在现代屏幕显示的驾驶舱中,仍然保留了陀螺地平仪、气压式高度表、空速表和备用磁罗盘等备用仪表。备用仪表独立于主测量仪表,采用单独的传感器数据源,同样要求独立于飞机主电网。因备用仪表的工作不会受到主测量仪表、主电网的影响,所以备用仪表可以为飞机在应急状态下提供可靠的飞行参数,如图 1.1-3 所示。

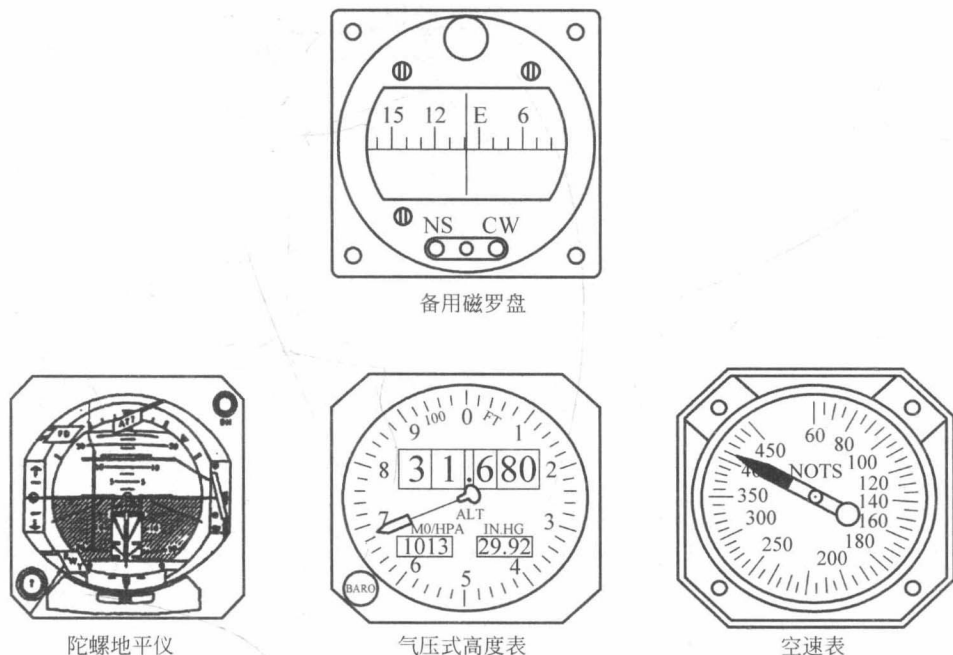


图 1.1-3 典型的备用仪表

随着电子技术的发展,在现在的飞机上,将备用姿态仪、备用高度表、备用空速表三块仪表集成在一起,并提供航向、仪表着陆偏离的备份指示,称为综合备用飞行显示器(ISFD)。ISFD 用液晶显示器(LCD)作为仪表屏幕,它看上去就像小型的主飞行显示器(PFD),如图 1.1-4 所示。在其前面板上有气压基准选择电门、指示窗、高度带、空速带、姿态盘、航向刻度盘和仪表着陆的偏离指示;在地面测试时,可以提供故障代码、故障等级分类。仪表自带测试功能,自备电瓶和充电器,在紧急情况下可以连续供电 150 min。故障时,相应指示部分的故障旗出现。

电子显示器容易实现综合显示,故又称为电子综合显示仪。它有如下优点:

- (1) 显示灵活多样,可以显示字符、图形、表格等,还可以采用不同的颜色显示;
- (2) 容易实现信号的综合显示,减少了仪表数量,使仪表板布局简洁,便于观察;
- (3) 电子式显示器的显示精度高;
- (4) 采用固态器件,寿命长,可靠性高;
- (5) 价格不断下降,性价比高;