

AC-65-02

民用航空器维修人员执照教材

航空无线电

蔡成仁 主编



科学出版社

30949503

V243
19

民用航空器维修人员执照教材

航空无线电

蔡成仁 主编

HK5/105



C0068223

科学出版社

1992

V. 3
1

(京)新登字 092 号

内 容 简 介

本书是中国民用航空局航空器适航司、科教司组织的《民用航空器维修人员执照教材》之一。本书较为系统地介绍了现代大型飞机无线电系统的基础知识和机载设备的功能、组成与性能参数,深入浅出地说明了各种先进的机载无线电通讯、导航、雷达设备的电路结构和典型功能电路的基本工作原理,较为全面地介绍了现代电子技术在航空无线电设备中的具体应用。

本书可供航空机务、飞行、通讯、导航、空中交通管制、电子设备制造、维修等部门的人员和有关专业院校的师生阅读和参考。

民用航空器维修人员执照教材

航 空 无 线 电

蔡成仁 主编

责任编辑 姚平录

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100707

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1992 年 1 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

1992 年 1 月第一次印刷 印张: 34 插页: 1

印数: 1—6 800 字数: 774 000

ISBN 7-03-002832-5/V·5

定价: 15.70 元

**《民用航空器维修人员执照教材》
编委会名单**

主 编 沈元康

副主编 李振达 王维民 刘得一 刘德普

编 委 (以下按姓氏笔划为序)

王成豪 宋闻礼 张永生 郑连兴

金国忠 周宝魁 周凯旋 盛乐山

蔡成仁 翟建平

秘 书 高建民

序

把经济建设真正转移到靠科技进步和提高劳动者素质的轨道上来,是十一届三中全会决定的工作重点转移的进一步深化。因此,加强岗位培训是民航“八五”期间教育工作的中心任务,通过在职培训使民航的劳动者素质得以提高。为贯彻这一中心任务,不仅要号召变为实际行动,而且要做到有检查、考核的标准,这就需要编写一定数量的、坚持学用一致原则的适用教材。这是一项基础性的、不可忽视的建设。随着民用航空器适航管理工作的不断发展,具有法律意义的维修人员执照考核制度不断完善,出版一套配合考核的必读教材的要求也越来越迫切。本套教材的编写正是基于以上要求与宗旨而完成的。

自1987年起,中国民用航空局航空器适航司和科教司就开始组织本教材的编写工作,并委托第一研究所和中国民用航空学院负责具体实施。参加本教材编写的同志多是来自民航教育第一线的资深教师,或是富有多年实际维修经验的专业人员,这对于保证教材的编写质量是十分有益的。

从实际编写情况来看,本教材的编写忠实地贯彻了历次编委会议提出的编写要求。在内容的深度和广度上,较好地体现了理论与实践相结合的原则。在编写过程中还注意了突出民航工作的特点并兼顾了维修人员的现有理论水平。因此,作为民用航空器维修人员执照考核教材是比较合适的。

由于编写此类教材在民航尚属首次,无论是从组织者还是从编著者的角度来说均缺乏经验。而且本教材的编写没有现成国外蓝本可资借鉴,不同于国外教材,故难度较大,再加上基层需求强烈,造成时间紧张,因此出现疏漏情况在所难免。希望广大读者和各类专业人员在阅读时提出宝贵意见,予以斧正。

经编委会确定,本套教材正式定名为《民用航空器维修人员执照教材》,分《航空无线电》、《航空仪表》、《航空电气》和《航空电子电气基础》四册出版。

在向我们的读者介绍本套教材的同时,我们衷心地向参加编写的全体编著人员表示感谢。没有他们的辛勤劳动和不懈努力,我们今天能向大家推荐这套教材是不可想象的。我们衷心地期待着他们能在今后的工作中再接再厉,编写出更多更好的教材,为我国民航事业的发展做出贡献!

《民用航空器维修人员执照教材》

编委会

1991年6月7日

• 1 •

前 言

本书是根据中国民用航空局颁布的《民用航空器维修人员合格审定的规定》的要求编写的航空无线电专业基础执照教材。全书共分 14 章,较为系统地介绍了现代机载无线电设备的基础理论知识。

当前,各种现代飞机所装备的无线电系统更新迅速,种类繁多,各种型号设备所使用的电路和器件差别悬殊。本书在编写中着重系统地说明各型设备共同的基本原理和基础理论知识,并在此基础上介绍典型电路的结构和功能原理。内容以美英大型飞机无线电设备为主,力求能适应当代民用机载无线电设备的先进水平和发展趋势,同时也兼顾了维修苏式飞机无线电设备的需要。在介绍系统原理和基础知识的同时,还结合民航维修工作的实际需要,介绍了一些维修基础知识。

本书在编写中考虑了各层次人员的不同需要,力求能深入浅出地说明问题,尽可能避免应用复杂的数学知识。考虑到民航目前的实际和维修人员的方便,书中的逻辑符号、电路符号、计量单位部分地采用美英等国的习惯用法,请读者注意本书列出的常用数表。

本书由蔡成仁编写第一、二、三、四、六、七、八、十四各章,官德深编写第五章,陆芝平编写第九、十两章,司清选编写第十一、十二两章,高柱编写第十三章,由蔡成仁统编全稿。参加本书审稿工作的有王继魁、郑连兴、黎廷璋、张清泰、刘文语、陈世华、高学钰等同志,由王继魁同志主审。

本书的编写工作是在中国民用航空局航空器适航司、科教司、第一研究所、中国民用航空学院各级领导的关怀和支持下进行的,并得到了民航其他单位和同志的热心帮助。本教材编委会、科学出版社的同志对本书内容进行了认真的审议,提出了许多宝贵意见,编者在此一并表示衷心的感谢!

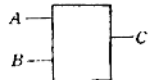
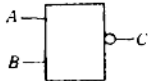
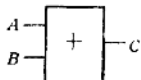
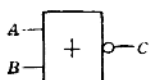
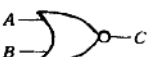
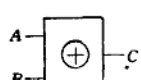
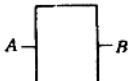
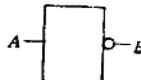
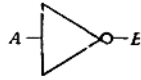
编写这样的航空无线电专业基础教材在民航系统尚属首次,书中的缺点错误在所难免,敬请读者批评指正。

编者

1990 年 5 月

本书常用数表

1. 常用逻辑符号对照表

名称	国家标准	本书符号	英文名称	逻辑关系
与门			AND GATE	$C = A \cdot B$
与非门			NAND GATE	$C = \overline{A \cdot B}$
或门			OR GATE	$C = A + B$
或非门			NOR GATE	$C = \overline{A + B}$
异或门 (异门)			EXCLUSIVE OR GATE	$C = A \oplus B$
放大器			AMPLIFIER	$B = KA$
非门 (反相器)			INVERTER	$B = -KA$

注: K 为放大倍数, $K > 0$.

2. 常用单位及其换算关系

	符 号	名 称	换 算 关 系
长 度	m	米	
	km	千米	1km = 1000m
	cm	厘米	100cm = 1m
	mm	毫米	1000mm = 1m
	ft*	英尺	1ft = 0.3048m
	in*	英寸	1in = 2.54cm
	n mile	海里	1n mile = 1.852km
时 间	h	小时	
	min	分	
	s	秒	
	ms	毫秒	1000ms = 1s
	μs	微秒	1000μs = 1ms
	ns	纳秒	1000ns = 1μs
频 率	Hz	赫(兹)	
	kHz	千赫	1kHz = 1000Hz
	MHz	兆赫	1MHz = 1000kHz
	GHz	吉赫	1GHz = 1000MHz
电 工 单 位	V	伏	
	kV	千伏	1kV = 1000V
	mV	毫伏	1000mV = 1V
	μV	微伏	1000μV = 1mV
	A	安	
	mA	毫安	1000mA = 1A
	μA	微安	1000μA = 1mA
	Ω	欧姆	
	kΩ	千欧	
	MΩ	兆欧	
	W	瓦	
	kW	千瓦	
其 他	dB	分贝	
	dBmW	分贝毫瓦	
	lb*	磅	1lb = 0.453592kg
	lbf/ft²*	磅力/平方英尺	1lbf/ft² = 47.8803Pa
	in/s*	英寸/秒	

表中带*的单位为非许用计量单位。

3. 常用物理量与符号

符号	名称或含义	符号	名称或含义
B	磁感应强度	D	天线方向系数,场效应管的漏极
b	晶体管基极,波导的窄边	E	电场强度,直流电源电压
C	电容	c	晶体管发射极
CR	二极管	F	频率(低频信号)
c	光速,晶体管集电极	f	频率(高频信号)

f_i	中频频率	R	电阻
f_L	接收机本机振荡频率	R_L	负载电阻
f_s	射频信号频率	S	场效应管的源极
G	增益,增益系数,场效应管的栅极	T	周期
I	直流电流	TE	横电波
I_m	交流电流的幅值	TEM	横电磁波
i	交流信号的电流瞬时值	TM	横磁波
i_b	基极电流	t	时间
i_c	集电极电流	U_m	交流电压的幅值
i_D	漏极电流	u	交流信号的电压瞬时值
i_e	发射极电流	V	直流电压
i_G	栅极电流	v	速度
i_s	源极电流	β	相移常数
K	放大倍数	ϵ_r	相对介电常数
L	电感	η	效率
m_a	调幅系数	θ	方位角
m_f	调频指数	λ	波长
P	功率	μ	磁导率
P_a	交流功率	ρ	距离
P_{av}	载波功率	τ	时间常数,脉冲宽度
P_D	直流功率	φ	相位
P_C	集电极耗散功率	Ω	角频率(低频)
PRF	脉冲重复频率	ω	角频率(高频)

目 录

序.....	1
前言.....	11
本书常用数表.....	xix
第一章 飞机无线电系统基础	1
第一节 飞机无线电系统.....	1
一、飞机无线电系统的功能与分类.....	1
二、飞机无线电通讯系统.....	2
三、飞机无线电导航系统.....	4
第二节 导航参量与位置线.....	11
一、地理坐标参量.....	12
二、导航参量.....	13
三、位置线与导航定位方法.....	17
第三节 无线电信号及其频谱.....	20
一、无线电信号.....	20
二、低频信号的频谱.....	22
三、信号调制.....	24
四、高频信号及其频谱.....	26
五、无线电频段.....	30
第二章 发送与接收原理	32
第一节 调幅发射设备基础.....	32
一、发射机的基本组成.....	32
二、发射机的电气性能指标.....	33
三、发射机的高频载波电路.....	34
四、信号调幅与低频电路.....	36
五、功率放大器与功率合成器.....	38
第二节 调幅接收原理.....	42
一、接收机的组成及基本工作原理.....	42
二、接收机的主要性能指标.....	48
三、跟踪与波段划分.....	50
四、自动增益控制.....	52
五、对数中频放大器.....	56
第三节 频率合成器.....	58
一、直接合成法.....	58
二、间接合成法.....	59
第四节 电声器件.....	61
一、送话器.....	61

• • •

二、耳机与扬声器	64
第三章 调频收发基础与自动频率微调	67
第一节 调频信号的产生与解调	67
一、调频收发设备的特点	67
二、调频信号的产生	69
三、调频信号的解调	73
第二节 自动频率微调原理	76
一、自动频率微调系统的功用	76
二、自频调系统的基本工作过程	76
三、自频调电路的组成	77
四、自频调系统的动态平衡	78
第三节 速调管振荡器	79
一、速调管的构造	79
二、振荡原理	80
三、振荡特性	81
第四章 天线与电波传播	83
第一节 传输线的基础知识	83
一、传输线的基本概念	83
二、传输电磁能的基本过程与行波工作状态	85
三、开路传输线的驻波工作状态	89
四、短路线的特性	93
五、复合波与驻波系数	94
六、传输线的应用及维护基础	95
第二节 波导	96
一、波导的形成与种类	97
二、电磁波在波导中的传播与分布	98
三、波导的激励	101
四、常用波导器件与谐振腔	102
第三节 天线基础	105
一、天线的基本原理	105
二、天线的方向性	106
三、天线的辐射电阻与输入阻抗	109
四、几种天线的工作原理	111
第四节 电波传播	114
一、无线电波	115
二、无线电波传播的基本规律	118
三、地面与大气层对电波传播的影响	120
四、电波的传播方式与各波段电波的传播特点	122
第五章 通讯系统	126
第一节 通讯系统的用途与分类	126
第二节 甚高频通讯系统	127
一、组成与工作概况	127

二、甚高频信号的发送与接收	129
三、电路工作原理	131
四、新型甚高频系统	152
第三节 高频通讯系统	155
一、单边带通讯的基本原理	155
二、高频通讯系统	157
三、主要电路的工作原理	165
第四节 选择呼叫系统	170
一、系统功能与组成	170
二、工作原理	171
第五节 内话机系统	174
一、系统的功能与用途	174
二、部件说明	175
三、音频选择盒电路的工作原理	178
第六节 客舱广播系统	178
一、系统的用途	178
二、组成	178
三、工作说明	181
第七节 语音记录器	182
一、语音记录器的用途	182
二、组成	182
三、工作方式	184
四、工作原理	185
第八节 应急电台	185
第六章 气象雷达	188
第一节 气象雷达基础	188
一、气象雷达的基本功用及工作概况	188
二、雷达的基本组成	190
三、气象雷达的基本工作原理	192
四、雷达信号及其基本参数	194
五、气象雷达的工作方式	196
第二节 雷达收发电路的基本工作原理	198
一、电路组成与结构特点	198
二、发射电路的基本工作原理	201
三、收发转换电路	206
四、接收电路的基本工作原理	208
五、本机振荡频率的自动微调	215
第三节 雷达天线基础	216
一、天线的组成与工作概况	217
二、天线高频系统	218
三、天线方位系统	221
四、天线姿态稳定系统与人工俯仰	223

第四节 显示器的基本工作原理	225
一、显示信息与控制功能	226
二、显示器的基本组成电路	229
三、显象管的基本工作原理	230
四、极坐标扫描与电视扫描	234
五、彩色显示原理	240
第七章 空中交通管制应答机	243
第一节 雷达信标系统的基本工作原理	244
一、空中交通管制	244
二、一次雷达与二次雷达	244
三、询问信号	248
四、应答信号——识别码与高度码	249
五、旁瓣抑制 (SLS)	256
第二节 机载应答机系统	257
一、机载应答机系统的组成与技术参数	257
二、系统工作概况	261
三、应答机的基本工作原理	262
第三节 接收电路	264
一、接收机	264
二、视频处理器	268
第四节 译码与编码电路	272
一、组成与工作概况	272
二、译码电路的基本工作原理	273
三、编码电路的基本原理	277
四、移位寄存器	279
第五节 发射电路	280
一、调制器	281
二、脉冲功率振荡器	282
第六节 离散寻址信标系统	283
一、离散寻址信标系统的询问信号	283
二、应答格式	285
三、DABS 应答机	286
第八章 测距机	288
第一节 测距机系统	288
一、测距机的作用	288
二、测距机系统的工作概况	289
三、机载设备	292
四、信号与技术参数	294
第二节 基本工作原理	297
一、信号产生与处理过程	297
二、距离测量与状态转换	299
三、应答识别——闪频原理	301

第三节 询问信号的产生	302
一、发射电路的组成	302
二、颤抖脉冲的产生原理	303
三、脉冲重复频率的转换	307
四、编码原理	308
五、频率合成与驱动电路	311
六、调制器	313
七、功率放大器及环流器	314
第四节 应答信号的接收与处理	316
一、电路组成及信号处理过程	316
二、预选电路及混频器	317
三、中频电路	319
四、视频处理电路的基本工作原理	320
第五节 距离计算原理	324
一、模拟式距离测量电路	324
二、数字式测距电路的基本原理	326
三、数字式测距的搜索过程	328
四、数字式测距的跟踪过程	329
第六节 应用微处理器的新型测距机	330
一、工作方式	330
二、功能说明	330
三、射频电路	331
四、视频/距离处理器	333
第九章 自动定向机	336
第一节 组成与功用	336
一、定向机的功用和性能	336
二、系统组成	337
三、电台方位的测定	342
第二节 定向原理	342
一、环形天线的方向特性	342
二、自动定向机的单值定向	344
三、自动定向原理	345
第三节 系统的干扰和误差	348
一、静电干扰	348
二、夜间效应	348
三、山区效应	349
四、海岸效应	350
五、象限误差	350
第四节 几种典型的定向机	353
一、51Y/7 型自动定向机	353
二、APK-15M 型无线电罗盘	359
三、APK-11 型无线电罗盘	365

第五节 定向机的几种典型电路	370
一、环形混频器	370
二、平衡调幅器	372
三、双 T 型滤波器	374
四、APK-11 的相位鉴别和斩波器	375
五、电感式罗差补偿器	377
第十章 无线电高度表	379
第一节 组成与工作概况	379
一、系统的功用	379
二、系统的组成	379
三、无线电高度表的工作原理	381
四、工作概况	382
五、气压高度和无线电高度	386
第二节 测高原理	387
一、调频式无线电高度表	387
二、恒定差频调频式无线电高度表	391
三、脉冲式无线电高度表	393
四、无线电高度表的剩余高度	397
第三节 典型的无线电高度表	397
一、系统的组成及测高原理	398
二、电路工作原理	401
第十一章 甚高频全向信标系统	407
第一节 VOR 系统工作原理	407
一、有关的角度定义	407
二、VOR 导航系统的用途	408
三、VOR 工作频率分配	409
四、地面台的配置	410
五、VOR 系统的基本原理	411
第二节 VOR 地面台发射信号	410
一、两种信号调制方式	411
二、基准相位信号	412
三、可变相位信号	413
四、合成空间辐射场	414
五、VOR 信号的产生	415
第三节 VOR 机载设备	417
一、组成与功用	417
二、VOR 导航接收机	420
三、VOR 方位测量电路	424
四、航道偏离指示电路	428
五、向/背台指示电路	430
六、警告旗电路	434
第四节 VOR 数字方位测量电路	435

一、基本原理	435
二、实际电路分析	437
第十二章 仪表着陆系统	442
第一节 仪表着陆系统的基本工作原理	442
一、功用	442
二、着陆标准等级	442
三、仪表着陆系统的组成	443
四、仪表着陆系统的工作频率	445
第二节 航向信标系统	447
一、航向信标发射信号	447
二、调制深度差和偏离指示的关系	448
三、航向信标覆盖范围	451
四、航向信标接收机	452
第三节 下滑信标系统	455
一、下滑信标辐射场	456
二、下滑信标接收机	457
第四节 指点信标系统	459
一、系统的功用	459
二、指点信标发射信号	459
三、航路指点信标	460
四、机载接收机	461
第十三章 多普勒雷达	467
第一节 多普勒雷达测量偏流和地速的基本原理	467
一、接收频率与发射频率的关系	467
二、利用多普勒效应测偏流和地速的原理	469
三、多普勒频率与等多普勒频率曲线	470
四、飞机偏流和地速的测量	471
第二节 多普勒雷达的类型	474
一、按发射高频信号分类	474
二、按发射波束分类	475
三、按天线类型分类	475
第三节 信号强度与系统误差	475
一、反射信号的强弱与反射面及雷达工作波长的关系	475
二、地面反射信号强度与波束入射角	476
三、多普勒导航系统的误差	476
四、多普勒雷达频率偏移误差	476
五、多普勒频移与海水运动	478
六、飞机俯仰和倾斜对多普勒雷达的影响	478
第四节 AD-560 多普勒雷达	479
一、组成与工作概况	479
二、主要组件的简要工作原理	480
第十四章 奥米伽导航系统	487

第一节 系统组成与工作概况	487
一、奥米伽导航系统的功用	487
二、奥米伽导航系统的特点	488
三、机载奥米伽导航系统	489
四、奥米伽地面发射台网	490
五、甚低频信号的传播	492
第二节 奥米伽导航系统基础	493
一、飞机位置与信号相位	494
二、 ρ - ρ - ρ 导航与 ρ - ρ 导航	496
三、双曲线导航	498
四、巷识别	500
五、信号的时间编码格式与台识别	502
第三节 机载奥米伽导航系统	503
一、天线耦合器	504
二、接收处理器	505
三、控制显示器及其对系统工作的控制	508
四、奥米伽导航系统与其他系统的接口关系	511
第四节 机载奥米伽导航系统的导航程序	512
一、基本工作程序	512
二、人工数据输入	515
三、信号的接收与处理程序	518