

卓越工程师教育培养计划配套教材

飞行技术系列

# 航空机载电子设备

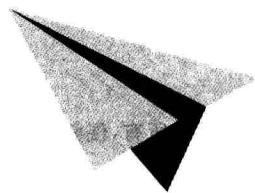


马银才 张兴媛 编著

清华大学出版社

卓越工程师教育培养计划配套教材

飞行技术系列



# 航空机载电子设备

马银才 张兴媛 编著

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书系统介绍了民航当前采用的通信、导航、仪表及自动控制系统的种类、功能和工作原理。共分为4章,第1章飞机通信系统,主要介绍了高频通信、甚高频通信等常见机载通信设备原理、结构、使用方法等内容;第2章导航系统,主要介绍了四大导航设备(VOR、DME、ILS和ADF)、雷达系统及机载监视设备(TCAS、GPWS和风切变探测系统)等;第3章仪表系统,介绍了航空仪表的基础知识和飞机的基本仪表设备;第4章自动飞行控制系统,介绍了飞行控制系统的作用、组成、控制规律等。每章后均附有复习与思考栏目,便于学习使用。

本书适合作为航空机务维修专业的本科教材,也可供民用航空管理、航空技术实施部门的工程技术人员和航空爱好者参考。

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

航空机载电子设备/马银才,张兴媛编著.--北京:清华大学出版社,2012.7

(卓越工程师教育培养计划配套教材·飞行技术系列)

ISBN 978-7-302-29087-2

I. ①航… II. ①马… ②张… III. ①民用航空—机载电子设备—教材 IV. ①V243

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第130481号

责任编辑:庄红权 赵从棉

封面设计:常雪影

责任校对:王淑云

责任印制:张雪娇

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](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印 刷 者:北京市人民文学印刷厂

装 订 者:三河市溧源装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:14.5 字 数:341千字

版 次:2012年7月第1版 印 次:2012年7月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:30.00元

---

产品编号:046424-01

# 卓越工程师教育培养计划配套教材

## 总编委会名单

主任：丁晓东 汪泓

副主任：陈力华 鲁嘉华

委员：(按姓氏笔画为序)

丁兴国	王岩松	王裕明	叶永青	刘晓民
匡江红	余粟	吴训成	张子厚	张莉萍
李毅	陆肖元	陈因达	徐宝钢	徐新成
徐滕岗	程武山	谢东来	魏建	

# 卓越工程师教育培养计划配套教材

## ——飞行技术系列编委会名单

主任：汪 泓 丁兴国 郝建平

副主任：谢东来 陈力华 魏 建

委员：(按姓氏笔画为序)

卫国林 马银才 王秉良 王惠民 史健勇

石丽娜 匡江红 吴 忠 陆惠忠 范海翔

郝 勇 徐宝钢 贾慈力 隋成城 鲁嘉华



我国“十二五”发展规划的重点建设目标之一,是根据国民经济发展对民航业的要求,不断扩充与优化配置航线和飞机等资源。在民航业持续快速发展的同时,必然会使飞行专业技术人才高度匮乏。在《中国民用航空发展第十一个五年规划》中,中国民用航空局对未来20年全行业人才需求进行了预计分析,其中,“十二五”期间需增加飞行员16500人。因此,飞行技术人才的培养是推动或阻碍民航发展的关键。

与其他本科专业相比,飞行技术专业的学生除了学习掌握飞行原理、飞机系统、航空动力装置、航空气象、空中领航、机载设备、仪表飞行程序设计、空中交通管制等飞行技术的专业知识外,还需具备一定的管理能力和较高的英语水平。并且,飞行技术专业人才的培养多采用学历教育与职业教育同步实施的模式,要求同时取得学历、学位证书和职业技能证书(飞行驾驶执照)后,才有资格担任民航运输机副驾驶员。

飞行技术人才培养具有专业性强、培养难度大和成本高的特点。伴随着大型民用运输机的生产与发展,必然要求提高飞行员的学历层次。国内设置飞行技术本科专业的高等院校仅有中国民航飞行学院、中国民航大学、北京航空航天大学、南京航空航天大学、上海工程技术大学等几所。而且,培养学士学位飞行技术人才的历史仅二十多年,尽管积累了一定的培养经验,但适用的专业教材相对较少。

在飞行技术专业的学科建设中,上海工程技术大学飞行学院和航空运输学院秉承服务国家和地区经济建设的宗旨,坚持教学和科研相结合、理论和实践相结合。2010年,上海工程技术大学飞行技术专业被列为教育部卓越工程师教育培养计划的试点专业,上海工程技术大学被列为教育部卓越工程师教育培养计划的示范单位。为满足飞行技术专业卓越工程师教育的需要,上海工程技术大学从事飞行技术专业教学和研究的骨干教师以及航空公司的业务骨干合作编写了“卓越计划”飞行技术系列教材。

“卓越计划”飞行技术系列教材共20本,分别为《运输机飞行仿真技术及应用》、《飞行人因工程》、《机组资源管理》、《飞行运营管理》、《民用航空法概论》、《空中交通管理基础》、《飞机系统》、《航空动力装置》、《飞机空气动力学》、《飞机飞行力学》、《飞行性能与计划》、《仪表飞行程序设计原理》、《航空机载电子设备》、《航空气象》、《空中领航》、《陆空通话》、《飞行专业英语(阅读)》、《飞行专业英语(听力)》、《飞行基础英语(一)》、《飞行基础英语(二)》等。

系列教材以理论和实践相结合作为编写的理念和原则,具有基础性、系统性、应用性等



特点。在借鉴国内外相关文献资料的基础上,坚持加强基础理论,对基本概念、基础知识和基本技能进行详细阐述,能满足飞行技术专业卓越工程师教育培养的教学目标和要求。同时,强调理论联系实际,体现“面向工业界、面向世界、面向未来”的工程教育理念,实践上海工程技术大学建设现代化特色大学的办学思想,凸显飞行技术的专业特色。

系列教材在编写过程中,参阅了大量的中外文参考书籍和文献资料,吸收和借鉴了现有部分教材的优势,参考了航空运输企业的相关材料,在此,对国内外有关作者和企业一并表示衷心的感谢。

受编者水平和时间所限,书中难免有错误和遗漏之处,敬请读者提出宝贵意见,不足之处还请同行不吝赐教。

上海工程技术大学 汪泓

2012年1月



民航机载电子设备已成为保障民航飞机安全飞行和完成各种飞行任务必需的设备,成为提高飞机技术性能的重要因素,其性能和配置是衡量一个国家民用航空技术水平的重要标志之一。

民航机载电子设备门类繁多,涉及较广的专门技术领域。新技术的迅速发展使机载设备产品更新换代频繁。数字化、集成化、智能化已成为机载电子设备与系统发展的方向。

本书的编写源于我们对新时代综合航空维修人才培养的反思以及“民航电子设备”精品课程的建设,是完善学科体系的重要成果形式。本书在编写过程中,汲取各任课教师多年的教学经验,紧密联系民用飞机通信系统、导航系统、航空仪表等部分的实际应用经验和发展趋势,注意吸收和借鉴国内外最新的研究资料和成果,以重点阐明民航电子设备与系统的整体特征为主线构建一个内容脉络清晰、结构体系严密、符合认知规律的内容体系,对当今民航常见电子设备和系统的主要类型、原理、功能理论,各种主要电子设备系统的组成、性质和发展规律,以及航空电子系统的整体性特征、发展历程和变化规律等内容都进行了较为全面的阐述。同时在结构安排上,强调各电子设备和系统之间的相互联系及综合研究。

全书分为4章,第1章飞机通信系统,主要介绍了高频通信、甚高频通信等常见机载通信设备原理、结构、使用方法等内容;第2章导航系统,主要介绍了四大导航设备(VOR、DME、ILS和ADF)、雷达系统及机载监视设备(TCAS、GPWS和风切变探测系统)等;第3章仪表系统,介绍了航空仪表的基础知识和飞机的基本仪表设备;第4章自动飞行控制系统,介绍了飞行控制系统的作用、组成及控制规律等。

本书由马银才等四位老师编写,其中第1、2章由张兴媛编写,第3章由徐海荣编写,第4章由党淑雯编写。全书由马银才统稿,并配备阅读材料和练习题。东方航空有限公司、上海航空有限公司的有关专家对全书内容进行了初审,并提出了中肯的建议。同时,在编写过程中,参阅了大量的有关文献,在此向有关人士一并致谢。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中错误和不妥之处在所难免,还望各位读者批评指正,更望各位同行不吝赐教。

编著者

2012.2 于上海





<b>第 1 章 飞机通信系统</b> .....	1
1.1 高频通信系统 .....	2
1.1.1 概述.....	2
1.1.2 高频通信系统的组成.....	3
1.1.3 高频通信系统的基本工作原理.....	5
1.2 甚高频通信系统 .....	7
1.2.1 概述.....	7
1.2.2 甚高频通信系统的组成.....	7
1.2.3 工作原理.....	9
1.3 选择呼叫系统.....	11
1.3.1 概述 .....	11
1.3.2 系统组成 .....	11
1.3.3 工作原理 .....	12
1.4 应急电台.....	13
1.5 音频选择与内话系统.....	13
1.5.1 音频选择系统 .....	13
1.5.2 服务内话系统 .....	15
1.5.3 机组呼叫系统 .....	16
1.6 旅客广播系统.....	17
1.7 话音记录系统.....	20
1.7.1 功能与组成 .....	20
1.7.2 话音记录器的基本工作原理 .....	22
1.8 卫星通信系统.....	23
1.8.1 卫星通信的特点 .....	23
1.8.2 静止卫星通信系统 .....	23



1.9 飞机通信寻址报告系统	26
本章小结	28
复习与思考	28
阅读材料	28
练习题	29
<b>第2章 导航系统</b>	<b>30</b>
2.1 导航系统概述	30
2.1.1 导航系统分类	30
2.1.2 位置线与无线电导航定位	32
2.2 自动定向机	34
2.2.1 自动定向机概述	34
2.2.2 自动定向的基本原理	38
2.3 甚高频全向信标系统	40
2.3.1 概述	40
2.3.2 全向信标测定方位的基本原理	42
2.3.3 机载 VOR 接收系统	47
2.3.4 航道偏离与向/背台指示	49
2.4 仪表着陆系统	50
2.4.1 概述	50
2.4.2 航向偏离指示原理	54
2.4.3 下滑指示的基本原理	55
2.4.4 指点信标系统	56
2.5 低高度无线电高度表	58
2.5.1 功用与组成	58
2.5.2 三种无线电高度表	59
2.5.3 飞机安装延时校正和多设备安装干扰	60
2.5.4 高度表指示	61
2.6 测距系统	63
2.6.1 功能及原理	63
2.6.2 机载测距机	65
2.7 气象雷达系统	67
2.7.1 概述	67
2.7.2 气象雷达对目标的探测	69
2.7.3 观察地形	71
2.7.4 气象雷达系统的工作	71



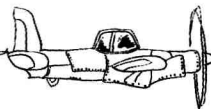
2.7.5 雷达维护中的一些注意事项 .....	75
2.8 空中交通管制雷达信标系统应答机 .....	76
2.8.1 航管雷达信标系统 .....	76
2.8.2 离散选址信标系统 .....	80
2.8.3 机载应答机系统 .....	83
2.9 交通咨询与防撞系统 .....	84
2.9.1 TCAS II 的工作 .....	85
2.9.2 TCAS 系统的组成与部件功用 .....	87
2.9.3 TCAS 咨询信息的显示和控制 .....	90
2.10 近地警告系统 .....	93
2.10.1 GPWS 的组成 .....	94
2.10.2 GPWS 的工作方式 .....	96
2.10.3 EGPWS .....	104
2.11 全球定位系统 .....	105
2.11.1 GPS 的系统组成 .....	105
2.11.2 机载 GPS .....	108
2.11.3 机载 GPS 系统工作方式 .....	109
本章小结 .....	112
复习与思考 .....	112
阅读材料 .....	114
练习题 .....	116
<b>第 3 章 仪表系统</b> .....	<b>117</b>
3.1 航空仪表概述 .....	117
3.1.1 航空仪表的分类 .....	117
3.1.2 航空仪表的发展 .....	119
3.2 大气数据系统仪表 .....	120
3.2.1 高度测量与气压高度表 .....	121
3.2.2 升降速度表 .....	125
3.2.3 马赫-空速表 .....	127
3.3 全/静压系统 .....	130
3.3.1 组成和功能 .....	130
3.3.2 静压系统 .....	131
3.3.3 全压系统 .....	132
3.3.4 系统结构 .....	133
3.3.5 使用注意事项 .....	134



3.4	大气数据计算机系统 .....	134
3.4.1	模拟式大气数据计算机系统 .....	135
3.4.2	数字式大气数据计算机系统 .....	137
3.5	飞行数据记录系统 .....	139
3.6	陀螺及陀螺原理 .....	142
3.6.1	陀螺 .....	142
3.6.2	陀螺仪的应用 .....	147
3.7	陀螺仪表 .....	147
3.7.1	姿态仪表 .....	147
3.7.2	航向仪表 .....	152
3.8	电子飞行仪表系统 .....	157
3.8.1	概述 .....	157
3.8.2	EFIS 的基本组成 .....	158
3.9	发动机指示和机组警告系统与电子中央飞机监控系统 .....	162
3.9.1	EICAS .....	162
3.9.2	电子中央飞机监控系统 .....	176
3.10	惯性基准系统 .....	179
	本章小结 .....	181
	复习与思考 .....	181
	阅读材料 .....	182
	练习题 .....	183
<b>第 4 章</b>	<b>自动飞行控制系统 .....</b>	<b>184</b>
4.1	飞行控制系统及飞行控制计算机 .....	185
4.1.1	飞行控制系统的基本组成 .....	185
4.1.2	飞行控制系统的基本工作原理 .....	186
4.1.3	FCC 的功用及基本组成 .....	186
4.1.4	FCC 的软、硬件组成及功能 .....	187
4.2	自动飞行控制系统的组成 .....	189
4.3	自动驾驶仪 .....	191
4.3.1	自动驾驶仪的功用及其基本组成 .....	191
4.3.2	自动驾驶仪的基本原理 .....	191
4.3.3	自动驾驶仪的常见工作方式 .....	193
4.4	飞行指引 .....	194
4.5	偏航阻尼系统 .....	195
4.5.1	偏航阻尼系统的功用 .....	195



4.5.2 荷兰滚原理.....	195
4.5.3 偏航阻尼系统组成.....	196
4.6 俯仰配平系统 .....	198
4.6.1 安定面配平的功用.....	198
4.6.2 俯仰配平系统的组成和工作原理.....	199
4.7 自动油门系统 .....	201
4.7.1 自动油门系统的功用.....	201
4.7.2 自动油门系统在整个飞行过程中的工作情况.....	203
4.8 飞行管理系统 .....	203
4.8.1 飞行管理系统的功能与组成.....	204
4.8.2 飞行管理系统的子系统组成.....	206
4.8.3 FMS 控制与显示单元 .....	209
本章小结.....	210
复习与思考.....	211
阅读材料.....	211
练习题.....	212
参考文献.....	213



# 飞机通信系统

## 本章关键词

甚高频 (very high frequency, VHF)

选择呼叫 (select call, SELCAL)

旅客广播 (passenger address, PA)

飞机通信寻址报告系统 (aircraft communication

addressing and reporting system, ACARS)

高频 (high frequency, HF)

音频选择系统 (audio select system, ASS)

民航客机的机载通信设备大体分为两类：一类负责机外通信联络，如飞机与地面之间、飞机与飞机之间的相互通信，主要包括高频通信系统 (HF COMM)、甚高频通信系统 (VHF COMM)、选择呼叫系统 (SELCAL)、应急电台等；另一类用于机内通信，如进行机内通话、旅客广播、记录话音信号以及向旅客提供视听娱乐信号等，包括音频选择系统 (ASS)、座舱话音记录系统 (CVR)、内话系统 (INT)、旅客广播系统 (PA) 和呼叫系统 (CALL) 等。这些通信系统的安装和使用可实现机组人员与机内人员及地面人员的通信联络，保证了飞行安全，同时也满足了旅客娱乐和服务的需求。现在的大型飞机还包括有卫星通信系统 (SATCOM) 和飞机通信寻址与报告系统 (ACARS) 等。

飞机通信系统主要用于飞机与地面之间、飞机与飞机之间的相互通信；也用于进行机内通话、旅客广播、记录话音信号以及向旅客提供视听娱乐信号。

高频通信系统 (HF COMM) 是一种机载远程通信系统，通信距离可达数千千米，用于在远程飞行时保持与基地间的通信联络。系统占用 2~30MHz 的高频频段，波道间隔为 1kHz。高频通信信号利用天波传播，因此信号可以传播很远的距离。大型飞机上通常装备 1 套或 2 套高频通信系统。现代机载高频通信系统都是单边带通信系统，并通常能够和普通调幅通信相兼容。应用单边带通信可以大大压缩所占用的频带，节省发射功率。

典型的高频通信系统由收发组、天线调谐组件、天线和控制盒组成。收发组由于功率较大，需要采取特殊的通风散热措施。天线调谐组件用于实现天线和发射机输出级之间的阻抗匹配。在某些系统中使用分离的天线耦合器和天线耦合控制组件。

甚高频通信系统 (VHF COMM) 是最重要也是应用最广泛的飞机无线电通信系统。大型飞机通常装备 2 套或 3 套相同的甚高频通信系统，以保证甚高频通信的高度可靠。甚高频通信系统主要用于飞机在起飞、着陆期间以及飞机通过管制空域时与地面交通管制人员之间的双向语音通信。甚高频通信系统的工作频段通常为 118.00~135.975MHz，波道间



隔为 25kHz,可提供 720 个通信波道。由于甚高频信号只能以直达波的形式在视距内传播,所以甚高频通信的距离较近,并受飞行高度的影响。当飞行高度为 6000m 时,通信距离为 350km。机载甚高频通信系统由收发组、控制盒和天线三个基本组件组成。

选择呼叫系统(SELCAL)的功用是当地面呼叫指定飞机时,以灯光和谐音的形式通知机组进行联络,从而免除机组对地面呼叫的长期守候。它不是一种独立的通信系统,是配合高频通信系统和甚高频通信系统工作的。为了实现选择呼叫,机上高频和甚高频通信系统必须调谐在指定的频率上,并且把机上选择呼叫系统的代码调定为指定的飞机(或航班)代码。

音频综合系统(AIS)泛指机内的所有通话、广播、录音等音频系统,这些系统的主要作用是实现机内各类人员(包括机组、乘务员、旅客以及飞机停场时的地面维修人员等)之间的语音信息交换以及驾驶舱内话音的记录。客舱广播系统供驾驶员或机上乘务员通过客舱喇叭向旅客进行广播和播放音乐。旅客娱乐系统用于向旅客放映录像、电视以及传送伴音信号。服务内话供机组成员和勤务人员进行联络以及飞机各维护点之间的联络。话音记录器用于记录机组人员与地面的通信和驾驶舱内的谈话情况。

## 1.1 高频通信系统

### 1.1.1 概述

高频通信系统提供远距离的声音通信,通信距离可达数千千米,它为飞机与飞机之间或地面站与飞机之间提供通信。HF 系统占用 2~30MHz 的高频频段,波道间隔为 1kHz。这个系统利用地球表面和电离层使通信信号来回反射而传播,因此信号可以传播很远的距离,并且反射的距离随时间、射频和飞机的高度的不同而有所改变。如图 1.1.1 所示为高频通信系统示意图。

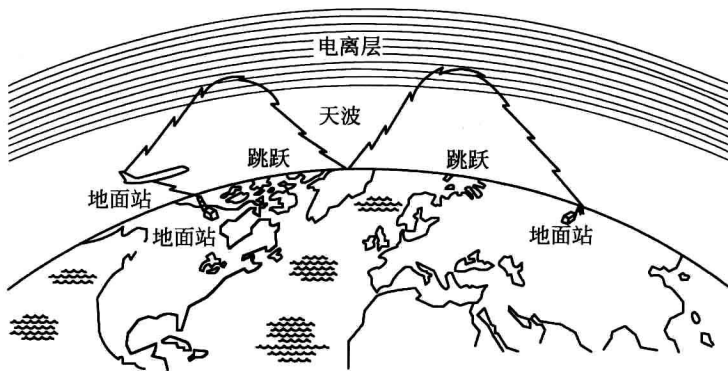


图 1.1.1 高频通信系统

大型飞机上通常装备 1 套或 2 套高频通信系统。现代机载高频通信系统都是单边带通信系统,并通常能够和普通调幅通信相兼容。应用单边带通信可以大大压缩所占用的频带,节省发射功率。

使用高频通信时应注意以下问题:高频通信由于传播距离远,易受到电离层扰动、雷电(静电)、电气设备和其他的辐射引起的各种电气干扰,这样就会产生无线电背景噪声。而在



普遍使用的 VHF 频带中则没有这种噪声背景。高频通信的另一种特性是衰落,即接收信号时强时弱,这是多路径信号接收的超程效应,信号强度变化是由电离层的长期和瞬时变化造成的。高频通信还存在一个电离层反射垂直入射波的临界频率,高于该临界频率的电波则穿过电离层,不会反射回地面。在给定距离、入射角的情况下,最高的可用频率(MUF)是由临界频率乘该入射角的正割得出的。同样还有个最低的可用频率(LUF),低于 LUF 的频率会由噪声电平和电离层吸收。以上两个限制条件在一天 24h 内连续变化,因此需要在两个可用频率之间选择一个尽可能长时间持续工作的工作频率。

高频通信系统以 AM 或 SSB 方式工作。发射机和接收机二者共用一个频率合成系统,音频输入/输出通过遥控电子组件(或音频管理组件)与飞行内话系统相连接。天线调谐耦合器用于在所选择的频率上使天线与发射机阻抗相匹配。

### 1.1.2 高频通信系统的组成

飞机上一般装有 1 套或 2 套高频通信系统。两套系统由两部收发机、两个控制板、两个天线调谐耦合器和一部天线组成。天线调谐耦合器安装在垂直安定面的前下部两侧,每侧各一个。高频天线、馈线和射频屏蔽罩位于垂直安定面内部,其中天线在垂直安定面的前缘。系统使用的电源为三相 115V、400Hz 交流电。

#### 1. 高频收发机

收发机用于发射和接收载有音频的射频信号。发射机和接收机共用一个可选择工作频率的频率合成系统。音频输入和输出通过遥控电子组件(或音频附件盒)与飞行内话系统相连接。天线调谐耦合器用于在所选择的频率上使天线与发射机阻抗相匹配,见图 1.1.2。

收发组的功率较大,需要采取特殊的通风散热措施。发射期间,机内风扇工作用来冷却发射机功效。

收发机使用 115V、400Hz 三相交流电源。在单边带方式,输出峰值功率为 400W;在调幅方式,平均功率为 125W。频率范围为 2.000~29.999MHz,波道间隔 1kHz。

收发机前面板上有三个故障灯、一个测试开关、一个话筒插孔和一个耳机插孔。当来自控制板的输入信号失效时,“CONTROL INPUT FAIL”灯亮。在收发机内,当出现+5V DC 或+10V DC 电源电压消失、发射输出功率低、频率控制板故障或频率合成器失锁和机内微处理器故障时,“LRU FAIL”灯亮。当收发机已被键控,而天线调谐耦合器中存在故障,则“KEY INTERLOCK”灯亮,此时发射被抑制。

当按下静噪/灯试验电门(SQL/LAMP TEST)时,静噪抑制失效,此时耳机内可听到噪声,同时三盏故障灯亮,可检查故障灯的好坏。

#### 2. 高频天线

现代飞机应用与机身蒙皮齐平安装的天线,这类天线多安装在飞机尾部或垂直安定面的前缘。

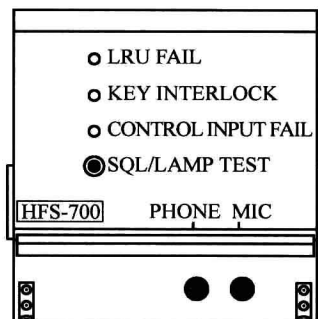


图 1.1.2 高频通信收发机



高频天线是一个“凹”槽天线，它由一段 U 形玻璃钢材料构成，绝缘密封在垂直安定面的前缘，来自天线调谐耦合器的馈线连到天线金属部分的一个端头上。天线呈现为低阻抗。高频天线通过天线调谐耦合器与发射机的高频电缆相匹配，见图 1.1.3。

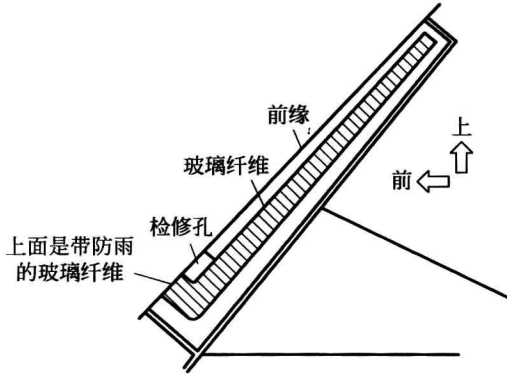


图 1.1.3 高频天线

### 3. 高频天线调谐耦合器

天线调谐耦合器安装在垂直安定面的前下部两侧，每侧各一个。高频天线、馈线和射频屏蔽罩位于垂直安定面内部，其中天线在垂直安定面的前缘。

天线调谐耦合器用来在 2~30MHz 频率范围内调谐并实现阻抗匹配。通常能在 2~15s 内，自动地使天线阻抗与 50Ω 的高频馈线相匹配，使电压驻波比(VSWR)不超过 1.3:1。天线调谐耦合器在其带密封垫圈的可卸外壳内增压，外壳上有三个与外部相连的接头。压力气嘴(pressure nozzle)用于向天线调谐耦合器充压。通常应充干燥的氮气，压力约为 22PSI，比外界气压高半个大气压左右，以防止外面潮湿空气进入。当压力低于 15.5PSI 时就必须充压，否则会降低耦合器内部的抗电强度。耦合器使用 115V 交流电，没有外部冷却。天线调谐耦合器安装在垂直尾翼根部。

### 4. 高频控制板

高频系统控制板用于控制系统“通/断”、选择工作方式和工作频率，以及调节接收机灵敏度，如图 1.1.4 所示。

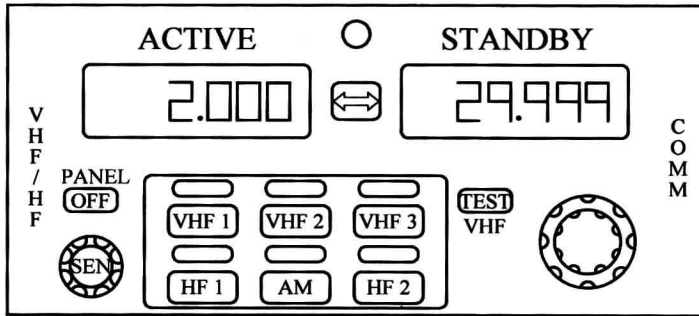


图 1.1.4 高频通信系统控制板