

中国民用航空总局飞标司推荐

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

WOLUNFADONGJIFEIJIJIEGOUYUXITONG

(AV)

下册

郑连兴 任仁良 主编



兵器工业出版社

中国民用航空总局飞标司推荐
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

(AV)

下册

郑连兴 任仁良 主编

兵器工业出版社

目 录

下篇 飞机电子系统

第 1 章 飞机通信系统	(235)
1.1 高频、甚高频通信	(236)
1.2 选择呼叫系统	(255)
1.3 音频控制与内话系统	(258)
1.4 客舱广播系统与话音记录系统	(265)
1.5 卫星通信与飞机通信寻址报告系统	(273)
第 2 章 导航系统	(304)
2.1 飞机无线电导航基础知识	(304)
2.2 自动定向机 (ADF)	(313)
2.3 甚高频全向信标系统 (VOR)	(335)
2.4 仪表着陆系统 (ILS)	(351)
2.5 低高度无线电高度表 (LRRA)	(367)
2.6 测距系统 (DME)	(381)
2.7 气象雷达系统 (WXR)	(394)
2.8 空中交通管制系统应答机	(408)
2.9 交通咨询与防撞系统 (TCAS)	(428)
2.10 近地警告系统 (GPWS)	(445)
2.11 全球定位系统 (GPS)	(462)
2.12 惯性基准系统 (IRS)	(479)
2.13 飞行管理计算机系统 (FMCS)	(499)
第 3 章 仪表系统	(522)
3.1 航空仪表概述	(522)
3.2 大气数据仪表	(528)

3.3	全/静压系统	(538)
3.4	大气数据计算机系统	(546)
3.5	飞行数据记录系统	(561)
3.6	陀螺及陀螺原理	(566)
3.7	陀螺仪表	(571)
3.8	警告系统	(584)
3.9	综合电子仪表系统	(596)
3.10	发动机指示和机组警告系统与电子中央飞机监控系统	(610)
第4章	自动飞行控制系统	(634)
4.1	自动驾驶仪的工作原理	(634)
4.2	安定面配平、马赫配平和偏航阻尼系统的基本工作原理	(645)
4.3	偏航阻尼系统	(653)
4.4	飞行控制计算机 (FCC) 及系统	(658)
4.5	飞行指引仪	(672)
4.6	自动油门系统	(675)
4.7	电传操纵系统介绍	(684)
参考文献		(690)

下篇 飞机电子系统

第1章 飞机通信系统

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。

飞机通信系统一般包括高频通信 (HF)、甚高频通信 (VHF)、选择呼叫 (SELCAL)、客舱广播 (PA)、飞行内话、勤务内话、客舱内话、旅客娱乐 (录像、电视、音乐) 和话音记录系统等, 如图 1-1 所示。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。

除了一般的优质通信设备的设计要求外，对航空通信设备的特殊要求有：能覆盖较大的频率范围，可由遥控装置控制，其性能和可靠性能适应航空环境中工作，整个设备必须在 $-60^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$ 的温度变化条件下，在相当于海平面到 24,000 m (80,000 ft) 的大气压力、湿度为 100% 的条件下（事实上是在从蒸汽到水冻结的条件下）能正常工作，而只允许设备性能有很少的降低。

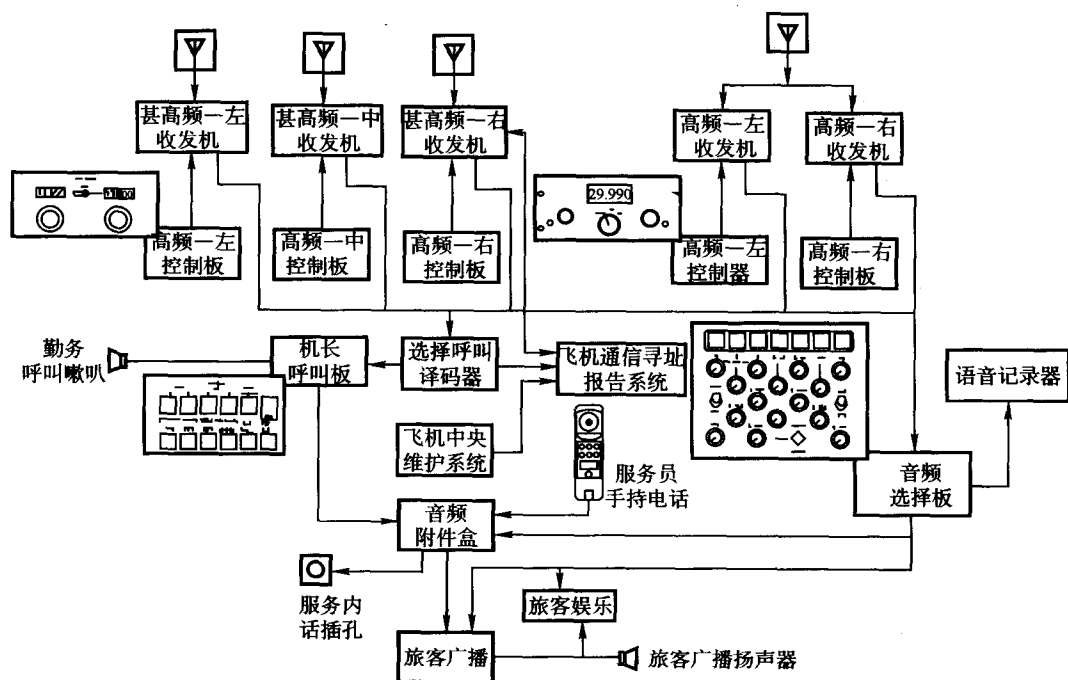


图 1-1 飞机通信系统

高频通信 (HF COMM) 系统是一种机载远程通信系统, 通信距离可达数千公里, 用于在远程飞行时保持与基地间的通信联络。系统占用 $2 \sim 30$ MHz 的高频频段, 波道间隔为 1 kHz。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 1~2 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, 并通常能够和普遍调幅通信相兼容。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。天线调谐组件用以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 (VHF COMM) 系统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 套或者 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 $118.00 \sim 135.975$ MHz, 波道间隔为 25 kHz, 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 10,000 ft (3,000 m) 时, 通信距离约为 123 n mile (225 km); 若飞行高度为 1,000 ft (300 m), 则通信距离约为 10 n mile (19 km), 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 (SELCAL) 系统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、甚高频通信

1.1.1 高频通信系统

1. 概述

高频通信系统是一种远距离的飞机与飞机之间、飞机与地面电台之间的通信系统。高频通信的工作频率是 $2 \sim 30$ MHz, 它是利用电离层的反射实现电波的远距离传播。

使用 HF 通信时应注意以下问题。HF 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。HF 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。HF 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 的频率会有噪声电平和电离层吸收。以上两个限制条件在一天 24 h 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。天线调谐耦合器用来在所选择的频率上使天线与发射机阻抗相匹配。系统的组成如图 1.1-1 所示。

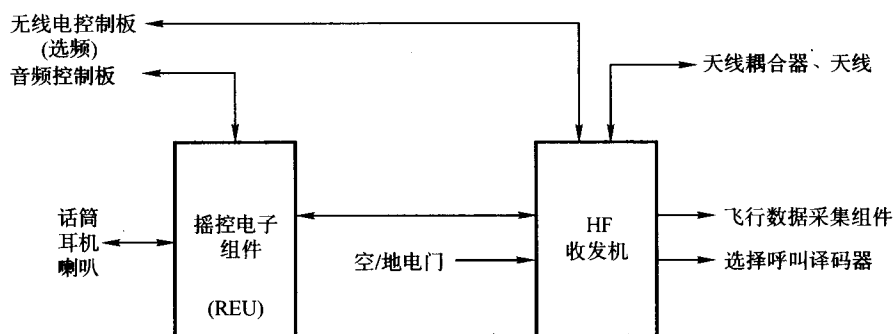


图 1.1-1 高频通信系统

飞机上一般装有 1~2 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。HF 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 3 相 115 V、400 Hz 交流电。

1) HF 控制板

HF 控制板用来选择工作频率、工作方式及调节接收灵敏度。

2) 高频收发机

收发机用于发射和接收载有音频的射频信号。收发机前面板上有一个故障灯、一个测试电门、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，如果出现 +5 V DC 或 +10 V 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等情况之一时，“LRU FAIL”灯亮。

当收发机已被键控，如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音，同时三个故障灯亮，用以检查静噪抑制电路和故障灯的好坏。发射期间，机内风扇工作，用来对发射机功放进行冷却。

3) 高频天线调谐耦合器

天线调谐耦合器用来在 2~30 MHz 频率范围内调谐，通常它能在 2~15 s 内自动地使

天线阻抗与传输特性阻抗为 $50\ \Omega$ 的高频电缆相匹配, 使电压驻波比 (VSWR) 不超过 1.3:1。天线调谐耦合器装在带密封垫圈的可卸增压外壳内 (安装在垂直尾翼根部), 外壳上有三个与外部相连的接头。压力气嘴 (PRESSURE NOZZLE) 是用来给天线调谐耦合器充压的, 通常是充干燥的氮气, 压力约为 22 psi (1 psi = 0.068 大气压 = 6.86 kPa), 比外界气压高半个大气压左右, 防止外面潮湿空气进入或空中低气压, 降低耦合器内部抗电强度。当压力低于 15.5 psi 时, 就必须充压。耦合器使用 115 V 交流电, 没有外部冷却。

4) 高频天线

HF 天线是一个“凹”槽天线, 它由一段“U”形玻璃钢材构成, 绝缘密封在垂直安定面的前缘。来自天线耦合器的馈线连到天线金属部分的一个端头上, 它对射频电流呈低阻抗。耦合器能够将天线阻抗与特性阻抗为 $50\ \Omega$ 的发射机高频电缆相匹配。

2. 接收机的组成及基本工作原理

接收机为二次变频的超外差接收机, 具有两种工作方式: 一种是兼容调幅工作方式, 接收机接收普通调幅信号; 另一种是 SSB 工作方式, 可以接收 LSB 信号或 USB 信号。这两种工作方式的区别仅为解调电路和 AGC 电路。其简单原理如图 1.1-2 所示。

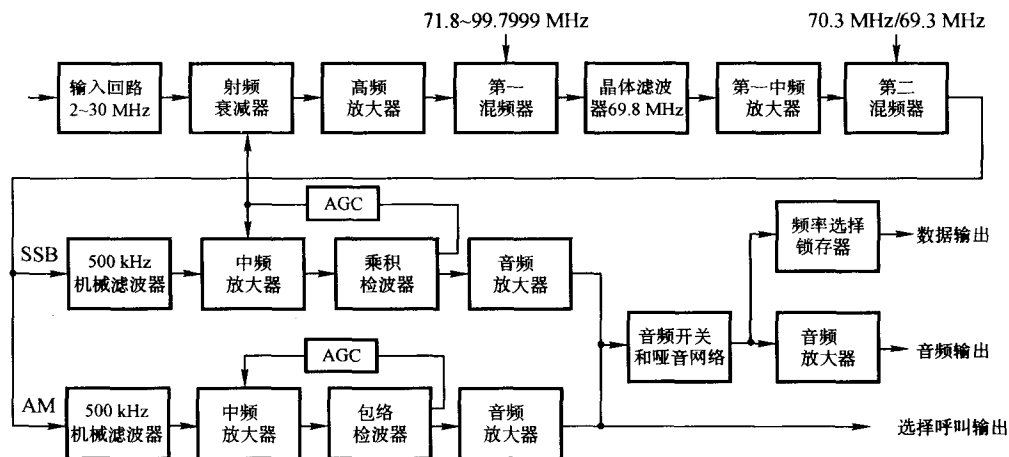


图 1.1-2 高频接收电路原理图

1) 高频电路部分

高频电路部分由输入回路、射频衰减器、高频放大器和混频器等组成。通常要求它的电路线性好, 动态范围宽, 选择性好, 传输系数大, 以提高接收机的灵敏度和抗干扰能力。

(1) 输入回路

输入回路用以选择系统所需要频率的有用信号, 尽可能滤除其他频率信号和噪声干扰; 具有足够的选择性; 由天线回路反射电抗所引起的回路失谐程度要小; 输入电路的频带宽度为 2~30 MHz, 应具有较高的电压传输系数, 并应在整个工作波段内保持均匀。

(2) 射频衰减器

射频衰减器由 AGC 电压放大器、差分放大器和恒流源等组成。其作用是使接收机输入电路有一个较宽的动态范围, 衰减的大小可由控制板上的射频灵敏度控制旋钮来控制, 衰减

量为 20 dB。

(3) 高频放大器

超外差接收机的高频放大器工作在甲类工作状态,其主要作用是提高接收机的信噪比,因为第一级所产生的噪声对接收机的信噪比的影响最为严重,而高放级所产生的噪声比变频级的噪声小。此外,高放级隔离变频级和天线,以避免本地振荡器的能量从天线辐射出去,干扰其他电台。

(4) 混频器

混频器用来降低(或提高)接收信号的载频,实现频率搬移。混频器输出中频的选择应有利于对镜像干扰和邻道干扰的抑制,为此,在短波和超短波接收机中,通常采用二次变频,选择较高的第一中频可保证对镜像干扰的抑制,第二次变频的中频选得较低,可以保证对邻道干扰的抑制,并使中放具有较高的增益,但变频次数的增加,接收机的噪声也会相应地增大。

在第一混频器中,高频放大器输出的 $2 \sim 29.999$ MHz 信号与由频率合成器来的 $71.8 \sim 99.7999$ MHz 的第一本振信号进行混频,输出固定的 69.8 MHz 第一中频边带信号,再经 69.8 MHz 带宽为 34 kHz 的晶体滤波器滤波后加到第二混频器,并与频率合成器来的第二本振信号进行混频。当系统在 LSB 工作方式时,第二本振信号频率为固定的 70.3 MHz;当系统在 USB/AM 工作方式时,第二本振信号频率为固定的 69.3 MHz。第二混频器输出固定的 500 kHz 第二中频边带信号,并分为两路输出,一路至 SSB 第二中放;另一路至 AM 第二中放。使用两组分开的中频放大器是为了当工作于 SSB 方式时,能接收标准调幅的选呼信号。

2) 中放和检波器

(1) AM 中放和解调电路

AM 中频放大级由一个 500 kHz 机械滤波器和四级放大器组成,带通滤波器保证接收机的选择性,放大器提供 100 dB 的增益。前三级中放的增益由自动增益控制电压控制,自动增益控制电压是由检波器产生的直流分量,经低通滤波器、自动增益控制放大器加至中放的前三级中放进行增益控制。混频器输出的 500 kHz AM 信号经中频放大器放大加至 AM 包络检波器。

(2) SSB 中放和解调电路

SSB 中频放大级由一个 500 kHz 机械滤波器和三级中频放大器组成。

在单边带工作方式,第二混频器输出的 500 kHz 下边带信号经机械滤波器滤波、中放加至乘积检波器,与来自频率合成器的 500 kHz 本地载波信号相乘,检出原调制音频信号,经音频放大器输出约 100 mW 的音频信号。

3) 自动增益控制

在短波通信中,由于发射功率的强弱、通信距离的远近、电波传播的衰落等等,使得到达收信机输入端的信号电平变化很大 ($0.1 \mu\text{V} \sim$ 几十 mV) (国际电联规定,当输入信号在灵敏度变化 80 dB 以上时 (即 10^4 倍),收信机输出端的信号电平变化应小于 $4 \sim 6$ dB)。

在单边带通信中,自动增益控制电路的设置与调幅制通信中的 AGC 有所不同。因为单边带通信的载波被抑制,所以,通常利用单边带信号的包络产生控制电压,单边带通信采用的这种自动增益控制系统称为 EAGC 系统。

由于单边带通信在不通话或通话间隙中无载波,而利用边带信号控制增益时,在有信号

(通话时) 的状态下 AGC 控制电压的建立跟不上信号的突然出现 (充电慢), 在无信号 (通话间隙) 时, AGC 控制电压迅速消失 (放电快), 噪声不能被限制。为此, EAGC 电路选择了较小的充电时间常数, 使 AGC 控制电压快速建立, 选择较大的放电时间常数, 维持一定时间的 AGC 控制电压以保证无信号时对噪声的控制。

但由于 EAGC 放电时间长, 对电波传播引起的衰减现象不利, 同时, 当出现大的脉冲干扰时, 使接收机增益下降, 而脉冲过后, 使接收机增益仍不能很快恢复, 对接收微弱信号不利。

4) 音频电路

音频输出电路由静噪电路、音频压缩放大器、有源滤波器和低频功率放大器组成。

末级音频放大器除放大检波音频外, 还在天线调谐耦合器调谐时, 对来自调谐音调振荡器的 1,000 Hz 信号进行放大, 听到该信号表明天线处于调谐状态。此外, 对发射方式中产生的“自听”信号进行放大。

(1) 音频压缩放大器

音频压缩放大器的主要作用是保证音频信号输出幅度的变化不超过 3 dB (在 300 ~ 1,500 Hz 范围内) 图中 N 沟道结型场效应管 Q24 起可变电阻的作用, 如图 1.1-3 所示。

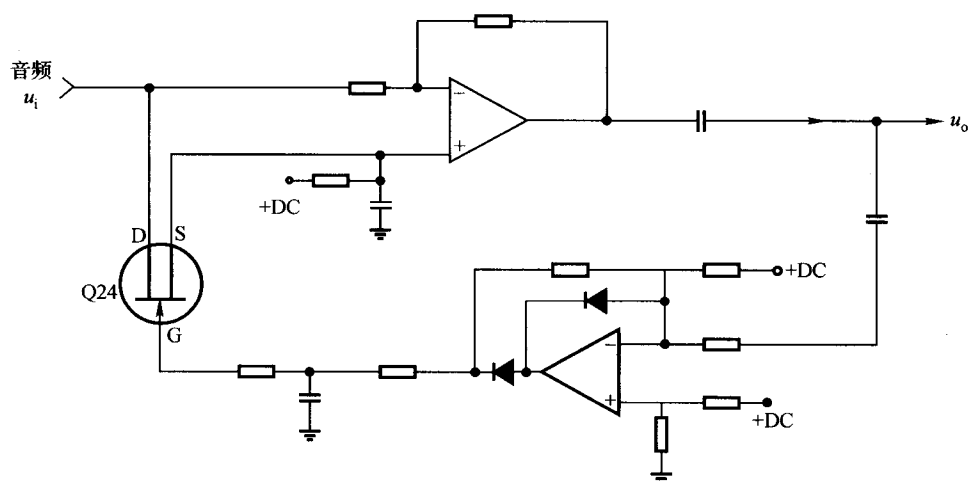


图 1.1-3 音频压缩放大器

当 N 沟道结型场效应管的 $V_{DS} \approx 0$ 或很小时, V_{GS} 的改变引起场效应管沟道宽度的改变, 从而改变沟道电阻, 场效应管的这一区域称为可变电阻区。由于 V_{DS} 很小, 它的变化对沟道电阻的影响很小, 所以在可变电阻区域, 对固定的 V_{GS} , 沟道电阻几乎不变, 随着 V_{GS} 的增大, i_D 近似线性增长。

$V_{GS} \approx 0$ 时, 导电沟道很宽, 导电能力强, 沟道电阻很小;

V_P (夹断电压) $< V_{GS} < 0$ 时, 导电沟道变窄, 沟道电阻变大;

$V_{GS} \leq V_P$, 失去导电能力。

当输入信号较强时, 放大器输出的反馈信号使场效应管沟道电阻变小, 从而减小了放大

器的净输入,使输出下降;相反,当输入信号较弱时,场效应管的沟道电阻较大,对放大器没影响,放大器正常工作。从而保证音频信号输出幅度的变化不超过 3 dB。

(2) 静噪电路

静噪电路的主要作用是当没有外来射频信号输入或输入射频信号的信噪比很小时,抑制噪声音频输出,从而减轻驾驶员的听觉疲劳,如图 1.1-4 所示。

① 当没有外来射频信号输入或输入射频信号的信噪比很小时:

AGC 电压小于静噪电路门限值,噪声比较器输出逻辑低电平,与非门输出逻辑高电平,Q30 的 $V_{GS} \approx 0$,这时,Q30 的沟道电阻很小,音频放大器的放大倍数近似为零,接收机没有噪声输出。

② 当接收的射频信号的信噪比较大时:

AGC 电压大于静噪电路门限值,比较器输出逻辑高电平,与非门输出逻辑低电平,Q30 的 V_{GS} 是一个较大的负值,这时,Q30 的沟道电阻很大,音频放大器正常工作,接收机有音频信号输出。

③ 当转换波道时:

频率控制电路输出的转换波道脉冲信号为逻辑低电平,与非门输出逻辑高电平,使 Q30 的 $V_{GS} \approx 0$,接收机没有噪声输出。

④ 在发射方式,当输出波段滤波器未选好时:

低通滤波器组件输出将波段转换信号变为逻辑低电平,与非门输出逻辑高电平,使 Q30 的 $V_{GS} \approx 0$,接收机没有噪声输出。

⑤ 在 CW 方式时:

音频抑制信号有效,为逻辑低电平,与非门输出逻辑高电平,使 Q30 的 $V_{GS} \approx 0$,接收机没有噪声输出。

⑥ 当按下收发机前面板上的静噪按钮时:

静噪电路门限值为零,比较器输出逻辑高电平,与非门输出逻辑低电平,Q30 的 V_{GS} 是一个较大的负值,这时,Q30 的沟道电阻很大,音频放大器正常工作,接收机有噪声输出。

3. 发射机工作原理

高频发射机在单边带方式产生 400 W 峰值射频功率,在调幅方式产生 125 W 平均射频输出。

1) 音频输入电路

音频输入电路主要由音频选择器、低通滤波器、音频放大器和音频压缩放大器组成。

音频选择器是用来从数据音频、话音音频和等幅报 3 个输入的音频信号中选择其中一个经过低通滤波器加到音频放大器。

话音音频输入信号来自收发机前面板话筒插孔或飞行内话插孔,当按下“PTT”时,接

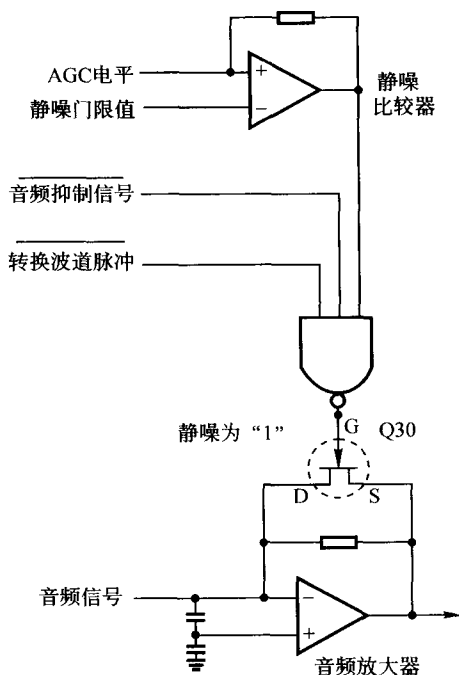


图 1.1-4 静噪电路

地信号加到反相器 U16D 且输出逻辑“1”高电平，加到与非门 U15C 一端，另一输入端在话工作方式（VOICE MODE）时，也为逻辑高电平，此时，U15C 输出逻辑低电平，第一路经 U5F 反相后加到音频选择器 U8，这时 U8 的 3 个输入端分别为：A=0、B=1、C=0，选择话音输入信号经音频放大器加到平衡调制器，如图 1.1-5 所示。

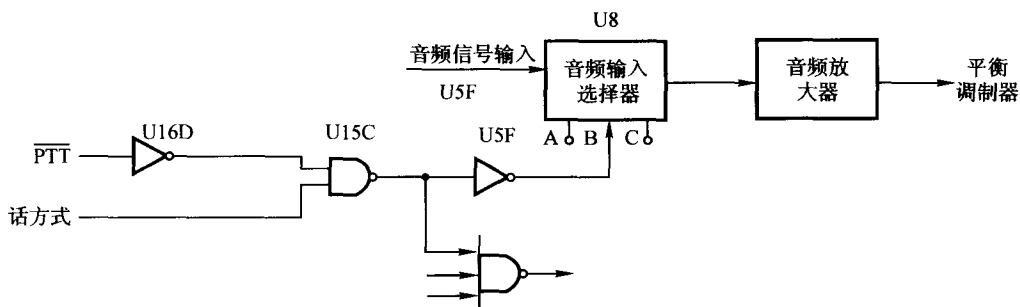


图 1.1-5 音频选择电路

2) 调制电路（见图 1.1-6）

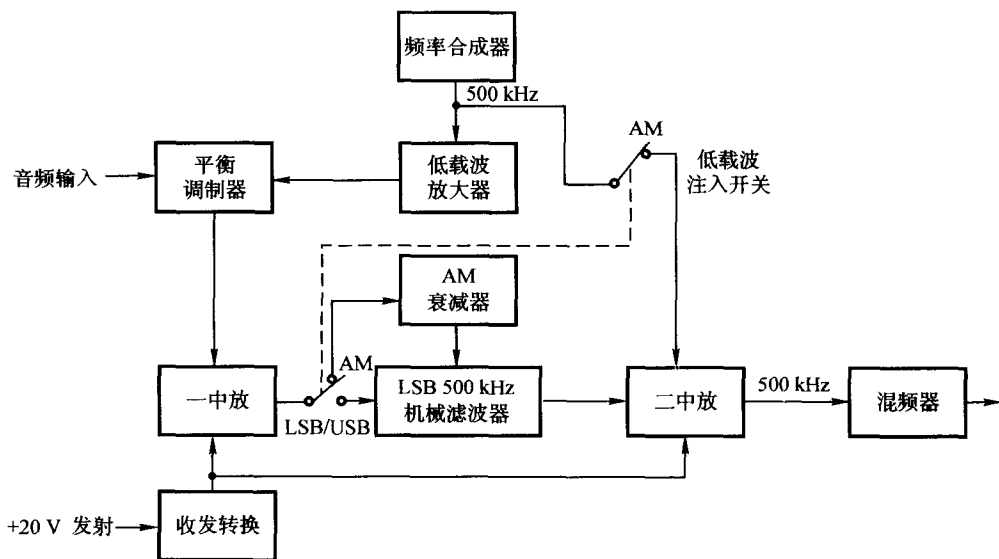


图 1.1-6 调制电路

平衡调制器的主要作用是抑制调幅信号的载波，输出上、下边带信号。

在平衡调制器内，音频信号对 500 kHz 低载波信号进行调制，产生一个抑制载波的 500 kHz 双边带信号。工作在 AM 调幅方式时，输出的 500 kHz 双边带信号经 AM 衰减器适当衰减后加至 500 kHz 下边带机械滤波器。

工作在单边带调幅方式时，AM 衰减器不工作，输出的 500 kHz 双边带信号直接加至

500 kHz 下边带机械滤波器。

3) 变频电路 (见图 1.1-7)

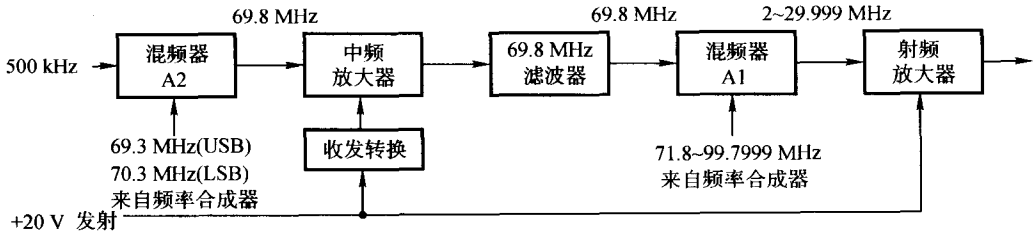


图 1.1-7 变频电路

当工作在下边带方式时, 500 kHz 下边带信号在第一混频器中与来自频率合成器的 70.3 MHz 本振信号混频后输出 69.8 MHz 的下边带信号, 经 69.8 MHz 晶体滤波器加至第二混频器, 在第二混频器中, 69.8 MHz 下边带信号与来自频率合成器的 71.8 ~ 99.7999 MHz 本振信号进行混频, 得到 2 ~ 29.999 MHz 的下边带信号。

当工作在上边带方式时, 500 kHz 下边带信号在第一混频器中与来自频率合成器的 69.3 MHz 本振信号混频后输出 69.8 MHz 的上边带信号, 经 69.8 MHz 晶体滤波器加至第二混频器, 在第二混频器中, 69.8 MHz 上边带信号与来自频率合成器的 71.8 ~ 99.7999 MHz 本振信号进行混频, 得到 2 ~ 29.999 MHz 的上边带信号。

若为调幅方式, 除 AM 衰减器工作外, 载波注入开关接通, 500 kHz 载波信号经注入开关电路也加至 500 kHz 中频放大器, 这时, 加至第一混频器的是一个含有 500 kHz 载波的 500 kHz 下边带信号, 在第一混频器中与来自频率合成器的 69.3 MHz 本振信号混频后输出含有 69.8 MHz 载波的 69.8 MHz 上边带信号, 经 69.8 MHz 晶体滤波器加至第二混频器, 在第二混频器中, 69.8 MHz 上边带信号与来自频率合成器的 71.8 ~ 99.7999 MHz 本振信号进行混频, 得含有 2 ~ 29.999 MHz 辐射载波的 2 ~ 29.999 MHz 的上边带信号。

4) 射频功率放大电路 (见图 1.1-8)

功率放大器对 100 mW 的射频信号进行放大, SSB 方式时输出 400W 峰值包络功率, AM 方式时输出 125 W 平均功率, 该输出加至低通滤波器。功率放大器中设有保护电路, 当功率放大器内部功耗过大时, 该电路可瞬时关断功率放大器。

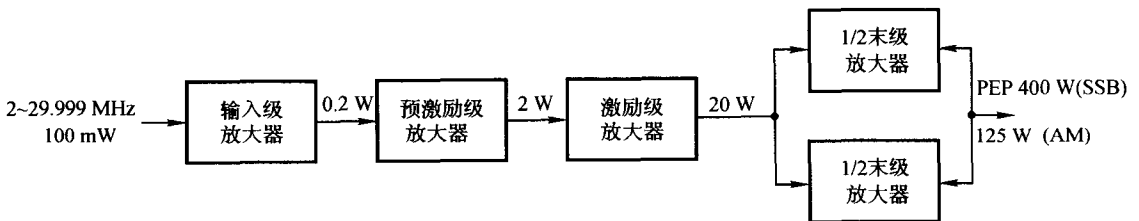


图 1.1-8 功率放大器

5) 天线调谐耦合器 (见图 1.1-9)

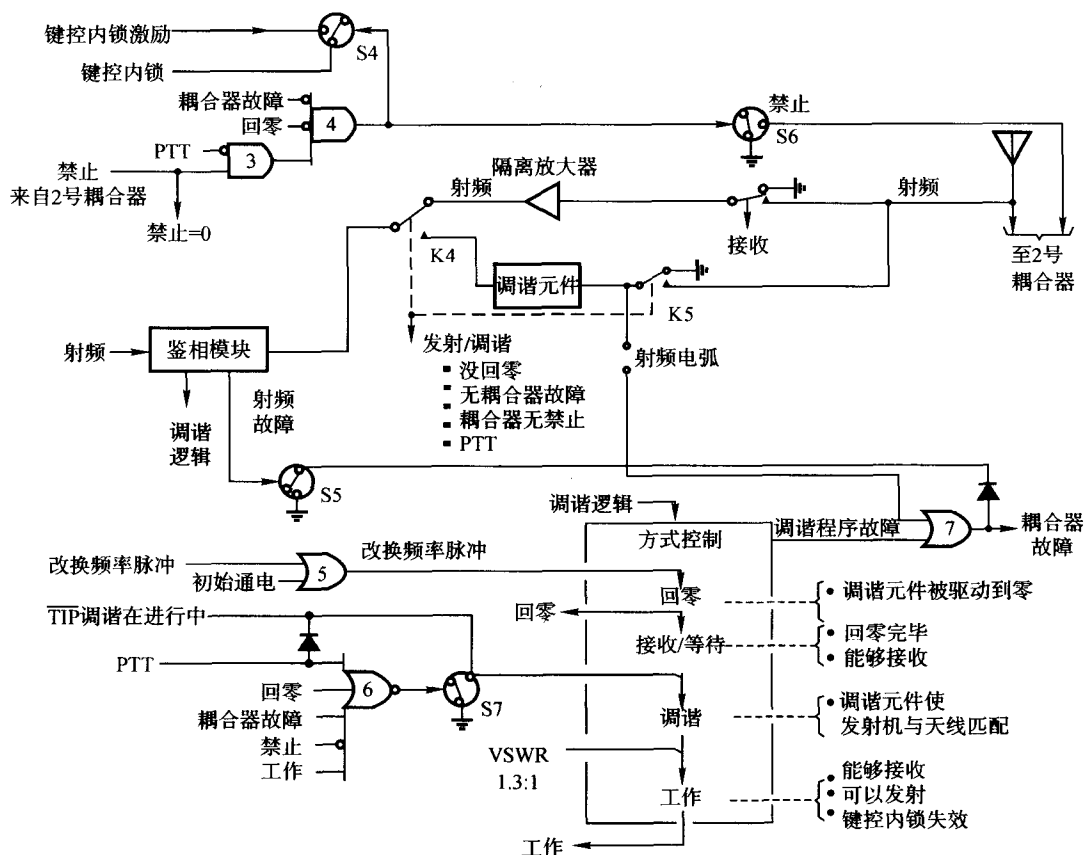


图 1.1-9 天线调谐耦合器

功率放大器输出的射频信号经定向功率耦合器和发/收继电器加至外部天线调谐耦合器。天线调谐耦合器的主要目的是使天线与高频电缆匹配，即天线与末级功放匹配。

(1) 归零 (HOME)

当接通收/发电源或选择新的频率后，收/发机输出一个“重调脉冲”送到天线调谐耦合器，或门 U5 输出逻辑“1”，加到调谐方式控制单元，天线调谐耦合器开始归零过程，调谐元件被驱动至归零位（此时调谐回路在 2 MHz 位置）。在天调归零过程中，“归零状态 (HOME)”信号为逻辑“1”，开关 S4 断开键控内锁信号，抑制发射；开关 S7 断开，天调不能调谐。归零过程必须在 15 s 内完成，否则产生一个天调故障信号，使收发机前面板上的“KEY INTERLOCK”灯亮，表明键控内锁故障。

归零过程完成后，“归零状态 (HOME)”信号变为逻辑“0”，系统就自动进入“接收/等待”状态。

(2) 接收/等待 (RCV/STBY)

当调谐元件达到相应的归零位后，系统就自动进入接收/等待状态，在这种状态，系统能按所选择的频率接收信号，而且可以随时键控发射。

(3) 调谐过程

当键控发射时, 按压发话 (PTT) 逻辑“0”信号送到天线调谐耦合器, 或非门 U6 输出逻辑“1”, 使开关 S7 接通并自锁, “地信号”经过开关 S7 加到调谐控制单元, 调谐回路开始调谐。

“地信号”作为 $\overline{TIP}$ (调谐过程中) 信号送到收发机。如收发机的工作方式为 SSB 方式, 微处理器就将收发机的工作方式转换为 AM 方式, 为天调提供一个未调制的载波信号; 功放输出电路中的射频衰减器被接入电路, 将功放输出的平均功率从 125 W 衰减到 75 W 后加到天调。1 kHz 音频振荡器工作, 耳机内可以听到一个 1 kHz 的单音信号, 表明调谐正在进行。

调谐过程 A:

调谐过程中, 天线调谐耦合器内的相位鉴别器比较射频电压和电流之间的相位, 同相时表明调谐回路谐振, 负载呈电阻性。

调谐过程 B:

调整调谐元件使负载阻抗接近 $50\ \Omega$ 并谐振。

调谐过程 C (电压驻波比 VSWR):

进一步调节调谐元件, 使电压驻波比小于 1.3: 1 (射频反射功率小于 2W)。

整个调谐过程 (A、B、C) 必须在 15 s 内完成, 否则产生一个“天调”故障信号, 收发机前面板上的“KEY INTERLOCK”灯亮。

调谐完成后, “工作状态 (OPERATE)”信号变为逻辑“1”, 或非门 U6 输出逻辑“0”, 使开关 S7 断开并开锁, $\overline{TIP}$ 变为“1”, 调谐射频信号消失, 音调停止, 发射机恢复正常工作。

(4) 工作方式

调谐过程完成之后, 系统进入工作状态。系统可以接收或发射 (当键控时)。在全功率发射时, 电压驻波比不超过 1.3: 1。

4. 频率合成器 (见图 1.1-10)

对单边带发射机和接收机的频率稳定性和准确度的要求远比常规调幅发射机和接收机高, 传送语言消息的单边带, 为了保证有较高的清晰度, 要求整个通信系统的频率误差不能大于 $\pm 100\ \text{Hz}$, 这就要求发射机的频率稳定性在 10^{-7} 以上, 因此现代单边带发射机, 为了在整个短波波段内获得高稳定的载波频率, 频率源都采用了频率合成技术。

1) 频率控制电路

工作频率是由控制盒上的一组控制旋钮来选择的, 按照 ARINC-429 串行字格式以低速送往频率控制单元内 ARINC-429 接收电路。包含频率和工作方式信息的串行字是一个 32 位控制字, 但如果频率间隔为 100 Hz 或等幅报工作时, 串行字是 2 个 32 位的双字。ARINC-429 接收电路将双极归零码的 ARINC-429 串行字转换为 TTL 电平的串行字, 经串并转换电路后, 以并行方式送到微处理器。同时, ARINC-429 接收电路输出的位同步信息也送到微处理器, 微处理器每次读取 1 个字节, 连续读 4 次为一个 32 位控制字, 译码后送出 BCD 频率信息、波段信息和工作方式信息, BCD 频率信息被送到频率合成器。

2) 频率合成器电路

频率合成器主要由 500 kHz 锁相环、69.3 MHz 锁相环和 71.8 ~ 99.7999 MHz 双环锁相环等电路组成, 产生 500 kHz、69.3 MHz/70.3 MHz、71.8 ~ 99.7999 MHz 和 19.8 kHz 四个工作频率。