

广播发送技术

(第一册)

主编 王春生

GUANGBO FASONG JISHU

Guangbo Fasong Jishu
Guangbo Fasong Jishu

合肥工业大学出版社

(第一册)

广播发送技术

GUANGBO FASONG JISHU

主编 王春生

编写 王春生 侯丽亚

合肥工业大学出版社



广播发送技术(第一、二册)

王春生 主编

责任编辑 朱移山

出版 合肥工业大学出版社
地址 合肥市屯溪路193号
邮编 230009
电话 总编室:0551-2903038
发行部:0551-2903198
版次 2006年12月第1版
2006年12月第1次印刷

开本 787×1092 1/16
印张 30.5
字数 760千字
发行 全国新华书店
印刷 合肥星光印务有限公司
网址 www.hfutpress.com.cn
E-mail press@hfutpress.com.cn

ISBN 7-81093-483-X/TN·6

定价:48.00元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换

内 容 简 介

本书较全面地介绍了目前工程应用中几种常用天线的工作原理和各波段电磁波传输的方式及特点。全书共分七章,第一、二章主要介绍电波与天线基础知识;第三章讲述了中波、短波、超短波和微波波段电波传播的方式、技术特性;第四、五、六章介绍了常用线天线和面天线的结构特点、工作原理、辐射场特性、技术特点;第七章介绍天馈线的测试技术。

本书系作者多年教学成果总结,内容选取力求将传统天线与新型天线技术相结合,把中波、短波、超短波、微波、移动典型天线纳入其中;理论分析力求系统,一线牵连;语言表述方面力求通俗易懂,深入浅出;技术应用追求实用,通过典型案例说明电波传输与天线维护、设计中应考虑和注意的问题。

本书可作为高职高专院校无线电通信、电子信息工程、卫星通信、移动通信、广播电视发送技术专业学生的教材,也可供上述专业的工程技术人员作学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

广播发送技术/王春生主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2006.12

ISBN 7-81093-483-X

I. 广… II. 王… III. 广播射机—技术 IV. TN83

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 094957 号

前 言

随着科学技术的飞速发展,新型广播发射机不断出现,原先根据广播电视中等专业学校广播电视发送技术专业教学大纲要求编写的教材已不能满足需要。为跟上时代的发展,反映出最新的发送技术,我们对原先使用的《广播电视发送设备》一书进行了重新修订。在修订过程中,对原书的章节进行了较大的调整,删除一部分过时或与高频电子线路重复的内容,增加了一些新的知识,同时也融入了修订者长期使用该教材的一些体会。

本次修订将原书十三章内容修订为本册的六章内容,内容如下:概述、发射电子管及高频功率放大器、高频功率放大器线路、振幅调制与调幅器、同步广播与音频处理技术、频率调制及频率调制器、发射机的电源电控和冷却系统。

本册概述、第一章、第二章、第六章由侯丽亚同志修订,第三章、第四章、第五章由王春生同志修订,由魏瑞发教授主审。在本书的编写过程中得到中原工学院广播电视职业学院领导和有关科室的大力支持和帮助,在此表示衷心感谢。

由于水平有限,不足之处敬请专家、读者批评指正。

作 者

2006 年 12 月

目 录

概 述	(1)
第一章 发射电子管及高频功率放大器	(9)
第一节 发射电子管	(9)
第二节 发射电子管的极限参量及额定功率	(15)
第三节 发射电子管的静态特性曲线	(17)
第四节 折线分析法基础	(19)
第五节 高频功率放大器的工作原理	(23)
第六节 电子管工作状态的理论分析	(30)
第七节 负载特性和工作电压对工作状态的影响	(41)
第八节 放大器工作状态的图解分析法	(47)
第九节 宽频带高频功率放大器及功率合成技术	(51)
第二章 高频功率放大器线路	(62)
第一节 电路组成的基本原则	(62)
第二节 放大器的馈电线路	(64)
第三节 放大器的级间耦合回路和输出回路	(71)
第四节 电子管的并联运用	(82)
第五节 电子管的推挽运用	(84)
第六节 共栅极线路	(89)
第七节 放大器的中和	(91)
第三章 振幅调制与调幅器	(100)
第一节 振幅调制概述	(100)
第二节 板极调幅	(105)

第三节	调幅器	(112)
第四节	单边带技术	(144)
第四章	同步广播与音频处理技术	(150)
第一节	同步广播	(150)
第二节	音频加工处理技术	(159)
第五章	频率调制及频率调制器	(169)
第一节	频率调制原理及调频、调相信号的频谱	(169)
第二节	实现调频的方法	(178)
第三节	多工广播技术	(197)
第六章	发射机的电源电控和冷却系统	(215)
第一节	发射机电源的特点和要求	(215)
第二节	发射机的交流供电系统	(216)
第三节	多相整流器	(217)
第四节	继电器简介	(237)
第五节	发射机的电控系统	(239)
第六节	发射机的冷却	(244)

概 述

广播系统包括新闻采编、节目制作、播控中心、节目传输、电波发射、监听监视等多个环节。广播发射台是产生和发射无线电波、直接为听众服务的机构和场所。作为发射台主要设备之一的发射机是无线广播过程中不可缺少的主要设备之一，是实现远距离广播的重要手段。因此，发射机质量的好坏对广播质量的优劣，将起着很大的作用。

广播发射台依其规模大小，有骨干发射台和转播台之分。骨干发射台直接与播控中心联系，一般属中央或者省（市）级发射台；转播发射台大多分布在骨干发射台周围，功率等级较低，主要用来改善覆盖效果和扩大服务区。

一、发射机系统的构成

发射机系统的构成情况，视发射台的等级（骨干台还是转播台、大功率机还是小功率机）不同而不同。大功率中短波调幅广播发射机系统的构成如图 0-1 所示。

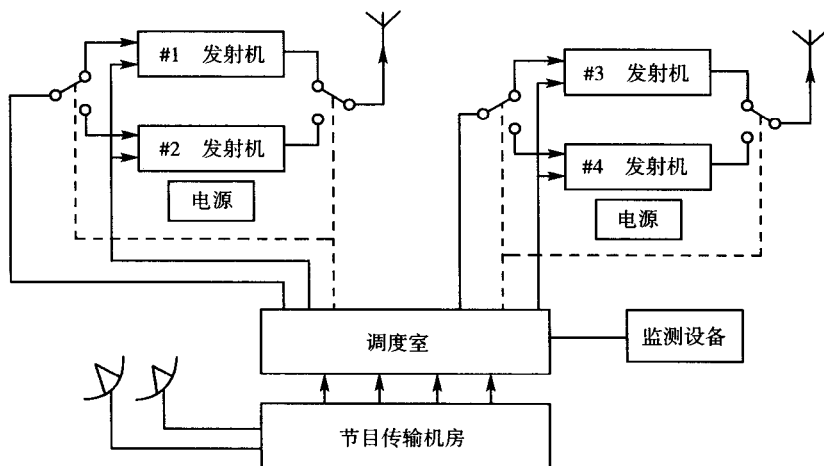


图 0-1 大功率调幅广播发射机系统图

广播发射台的主要设备安装在机房内，装备有发射机的机房叫发射机房；装备有传输设备（微波机或卫星接收机等）的机房称作节目传输机房（或微波机房、收音机房）。有的台有几个发射机房，每个机房至少有一台发射机。有多台发射机工作的发射台一般还建有调度室，用来统一控制所有发射机的节目种类、天线方位和使用频率，并对各级进行监测。

发射天线是将高频电流变成电磁波并将它辐射到空间的一种装置，它是发射台的重要组成部分之一。一般一台发射机配一部天线，在发射频率详尽的情况下，发射机可切换使用多个方向的天线，发射天线的几何尺寸与发射频率有关，使用中应保持匹配状态。为了提高中短波天线的发射效率，在天线周围的地下要埋设圆形辐射状的地网。

电源是发射台的重要设备，一般分交流电源和直流电源两类。在发射机和微波机、卫星接收机中大多使用直流电源，主要作各级放大器的电源。交流电源除经整流器产生直流电源供放大器外，还用作各机房的动力设备（如风机）电源、控制系统电源和行政设施的电源。

有的发射机还配有控制桌。其功能是:(1)对发射机的开关机和监控操作进行集中控制。(2)将播控中心或微波、卫星接收机送来的节目信号经衰减器和切换开关送入发射机。(3)对发射机的主要运行参数进行监测。

中小功率的转播发射台,一般要比骨干台或大功率发射台的设备要简单一些,其标准有多种类型,但基本结构与骨干台相近。

二、大功率调幅广播发射机的发展史

中波广播技术从20世纪初开始发展,因中波传输以地波为主,覆盖范围适当,传播的信号质量也能基本满足人们的要求,因此中波广播经久不衰。

大功率中短波调幅发射机是指以振幅调制为基本调制方式的发送装置。这种发射机的射频工作频率在中、短波波段(535kHz ~ 1605kHz, 3.2MHz ~ 26.1MHz)。所谓的大功率则是指该机的单机输出功率在50kW以上。

中波调幅广播就调制方式而言,栅调、帘调、抑制栅调、自动板调先后出现,但不能满足人们的要求,又先后被淘汰。唯有乙类板调机电声指标相对优良,整机效率较高,使用效率较高,使用较稳定可靠,技术成熟,基本满足当时的要求,被广大用户接受,从20世纪20年代开始出现,直到20世纪80年代还在生产,应用了几十年。中波发射机就采用的放大器件而言,以前是真空电子管。如四极管、五极管等,因为电子管都要使用灯丝加热阴极,阴极加热后电子管才能工作。而大功率发射机采用大功率电子管更需要耗费大量的电能用于加热灯丝,又要耗费大量的电能进行降温,因此电子管中波发射机的效率是很低的。1kW电子管板调中波发射机整机效率只有25%(空载),10kW电子管板调中波发射机效率略高一点,也只有30%多(空载)。

随着科学技术的发展,在对中波广播发射机的使用过程中,人们总是追求更高的整机效率,更好的信号传输质量、更稳定的工作状态。因此对中波广播发射机进行不断的改进,主要分两个方面:一方面改进器件,新型的固态放大器件出现,在中波发射机中逐步取代了耗能高、效率低的真空电子管的地位,使中波发射机的效率得到了一定的提高;另一方面创造了新的电路,如脉冲宽度调制(PDM)、脉冲阶梯调制(PSM)和数字调制(DAM)等各种调制电路。新电路和新器件的采用不但进一步提高了效率、减小了体积、减轻了重量、工作更稳定,而且还提高了信号质量。各种主要调制方式的10kW中波发射机性能见表0-1。

表 0-1 各种主要调制方式的发射机性能表

	电子管板 调机	电子管 PDM	PSM	全固态 PDM	全固态 DAM
整机效率 %	35	40 ~ 50	70	70 ~ 75	80 ~ 85
信噪比 C/N(dB)	60	> 60	60	> 60	> 65
失真度 (%)	< 4	< 3.5	< 3	1	1
频率响应 (dB)	1	1	1	0.5	1

三、电子管乙类板调机

电子管乙类板调机是采用电子管作放大器件。一般由五部分组成:高频部分、音频部分、电源部分、控制保护部分和冷却部分。

音频放大部分由音频处理器和音频放大器组成。音频处理器是对音频信号加工处理的设备,其主要功能是:自动压缩信号的动态范围;提高发射机的平均调幅度和接受响度;对节目信号的高低频分量进行予加重,补偿接收机频响的高低频跌落等。音频放大器采用多级乙类推挽放大,把输入的微弱音频信号放大到可以去调制射频信号的程度,送到被调级进行调制。音频放大器一般有四级推挽放大器组成。低一级为串接放大器,低二级是以阻流圈作为板极负载的电压放大器,低三级为阴极输出器,最后一级是乙类推挽功率放大器称为调制极,输出既为高电平音频调制信号。

在高频部分,由振荡器(又称激励器)产生射频信号,经过多级放大达到一定幅度和功率,然后送入被调级(高末级),被调级是实现高电平板极振幅调制的放大级,也是发射机输出功率的主要形成级。一方面要放大射频信号,达到可以发射出去的要求;另一方面它又将调制极输入的音频信号叠加在射频信号上,对射频信号进行幅度调制,形成射频调幅波发射出去,供收音机接收使用。

电子管乙类板调机方框图如图 0-2 示。

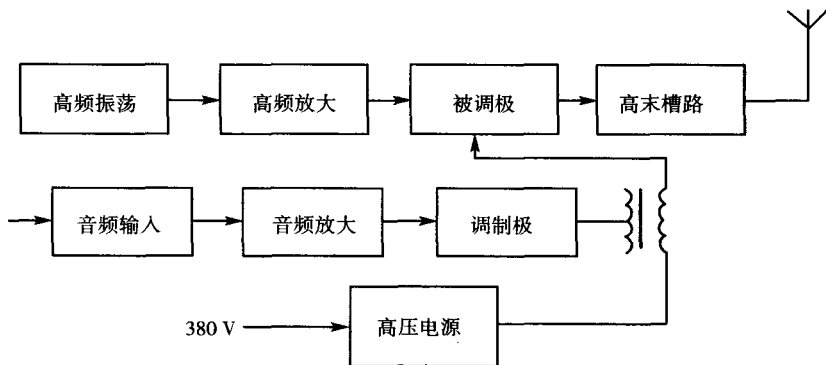


图 0-2 电子管乙类板调机方框图

四、全固态 PDM 发射机

1. 脉宽调制发射机的产生

电子管乙类板调机的突出特点是:简单、易调、性能稳定、易于维护;但缺点也很明显:效率低、体积大、引起失真环节多,要得到很高的信号质量,需要付出很大代价。造成上述缺点的原因主要有两个:一是音频放大器和调制极都工作在甲乙类或乙类,一般需要“二调一”,即一只 10kW 的射频放大管要用两只 10kW 的管子来调制,效率低,很不经济;二是此电路需要用一个大功率的调制变压器和音频阻流圈,它们带来了新的非线性失真,又很笨重,要做一个高质量的大功率调制变压器很不容易,但作为乙类板调机来说它们又是不可缺少的,只有发展新技术才能跳出老框框。针对第一个缺点是如何提高音频放大调制极的效率。甲类放大器板极效率为 50%,乙类放大器板极效率为 78%,而开关放大器板极效率为 100%。如果直接使音频放大器和调制极工作在开关状态,失真会很大,显然这是不切合实际的。要提高放大器效率,只有用开关放大器。而要避免失真,就需要对音频改造了,使它适应开关放大器电路,等这个已改造的信号经开关放大器放大并达到要求后,再还原成我们需要的音频信号,这样就克服了第一个缺点。

脉宽调制就是根据这条思路而来的。基本概念是开关放大器放大一串开关脉冲信号,而这

串开关脉冲信号的宽度是变化的,它的变化规律受输入的音频信号控制。经过若干级开关放大电路,这个脉冲信号达到所需要的电平后,然后利用一个适当的低通滤波器把音频信号取出来,用这个还原后的音频电压对射频信号进行调制。表面上看来,把音频信号变为脉冲信号,然后又把脉冲信号还原为音频信号似乎多此一举。其实这样做有很多好处:一是原来各级音频放大器都由原来工作在甲乙类或乙类变为工作在开关状态,效率由 78% 提高到约 100%,解决了提高效率问题。二是可以把调制极、低通滤波器、被调级和高压电源串联起来,省去调幅变压器和调幅阻流圈,这样解决了第二个问题。但也有自己的缺点:(1) 增加了把音频信号变换为脉宽调制的脉冲串的设备。由于这个变换是在低电平时进行的,现在又有很多优秀的器件,技术上解决起来并不复杂。(2) 在这种制式中是将调制级、低通滤波器、被调级和高压电源串联起来,故高压要提高一倍,而且某些部件的耐压也要相应提高,从工艺上说要求更高了,但就目前的器件水平来说比较容易办到。(3) 由于脉冲载频信号很强,略有不慎漏到被调级,便会经天线辐射出一些不应有的边带信号。

2. 脉宽调制的主要特点

脉宽调制机和乙类板调机一样,都属于板调机,两者的区别在于调制器。乙类板调机的调制器是工作在甲乙类或乙类的推挽功放,然后通过调幅变压器、调幅阻流圈将音频信号叠加到高末被调级的板极上,从而实现对高末级的板极调制。而脉宽机则实现将音频信号对开关脉冲串进行宽度调制,再将调宽脉冲串经高效率的开关放大器放大,经低通滤波器把脉冲串滤去,还原出音频信号和直流信号,再加入到被调级的板极,实现板极调制。

脉宽调制式(PDM)发射机根据被调级与调制级的连接方式分为串馈式 PDM 机和并馈式 PDM 机。串馈式 PDM 机若调制级阴极接地而被调级电子管阴极悬浮于高电位,称之为串馈阴极调制式脉宽调制发射机(盖茨电路);当被调级电子管阴极接地而调制级阴极悬浮于高电位,称之为串馈板极调制式脉宽调制发射机(潘太尔电路)。并馈式 PDM 机有五五四电路、帕尔萨姆电路。从综合性能看,它们尚不如串馈级优越。

脉宽调制机和乙类板调机比较,其优点是:

(1) 脉冲放大器的瞬时电压、电流都是矩形脉冲波,是典型的开关工作状态,与一般的音频放大器相比可以大幅度地提高效率,使整机效率高达 75% 以上。

(2) 脉冲放大器是优良的宽带放大器,它使音频调制信号的频率失真很小,频率响应指标较好。

(3) 脉冲放大器的非线性失真与工作区域特性曲线无关,因此,可以在充分利用管子的情况下,把非线性失真系数限制在规定的水平以下,失真度小。

(4) 省去了价格昂贵而笨重的大型元件,如调幅阻流圈、高压隔直电容、调幅变压器,降低了造价。

(5) 脉宽调制器的调宽极限是 $K = 0$ 和 $K = 1$ 。在输入的音频调制信号超过 100% 调幅时,被调级的音频包络将由正弦波转化为梯形波,说明脉宽调制机可以方便地实现梯调,扩大边带功率输出,而且不会在被调级或调制级产生过调幅和过电压。操作简单,可靠性好。

3. PDM 发射机的组成

随着半导体的发展,射频功率合成技术的成熟,保护电路的不断完善,全固态的 PDM 发射机已获得普遍的应用。其组成如下:

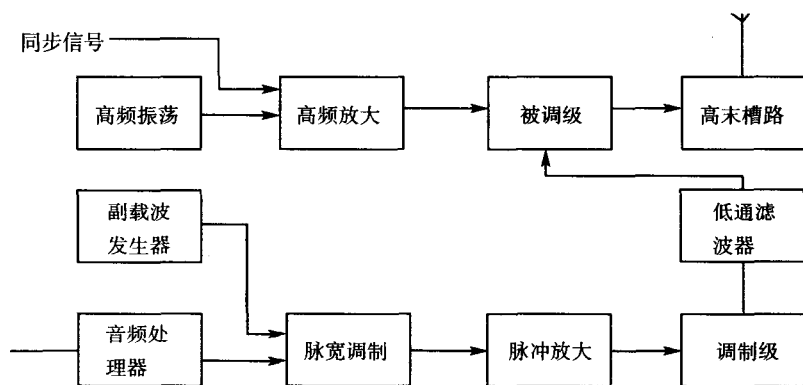


图 0-3 脉宽调制式调幅发射机

(1) 低频通路

低频通路由副载波发生器、音频信号处理器、脉宽放大器、开关放大器、调制器、低通滤波器组成。

副载波发生器产生一个 $60 \sim 72\text{kHz}$ 的脉冲信号,供脉宽调制器使用。

音频信号处理器接受双端平衡输入的音频信号,转换为单端信号。为了提高发射机的响度和保护发射机,这个音频信号要经过限放保持一定幅度,然后送入脉宽调制器。

脉宽调制器是将输入的音频信号去调制脉冲方波的宽度,得到一串脉冲宽度随音频信号变化而变化的调宽脉冲。

开关放大器将从脉宽调制器送来的脉冲串放大到一定幅度和功率,以便通过低通滤波器后得到一个有足够幅度和功率的音频信号去被调级对射频信号进行调幅。

(2) 高频通路

高频通路由高频振荡器、高频驱动放大器、被调级、高末槽路组成。

高频振荡器产生发射机所需要的工作载频,然后送到高频放大器。

高频驱动放大器将载频信号放大输出,用于推动被调级。

被调级一方面将载频信号放大到额定功率,另一方面又接受调制级送来的音频信号对载频信号进行调制,得到射频调幅波。

(3) 电源部分

电源部分有高低压变压器和相应的整流滤波电路和一些稳压电路组成,输出各种直流电压供发射机各部分使用。

(4) 监测部分

为了保证发射机正常工作或使发射机能自动按程序工作,从发射机的各重要部分分别进行采样,然后将这些样本信号和标准信号进行比较,如在正常值以内,则发射机正常工作,如果样本信号超出了正常值,则发射机发出相应调整指令直至关机。

(5) 控制部分

控制部分接受人工操作指令和由监测部分送来的指令,经过判别以后,操作发射机的工作状态。

五、PSM 发射机

上世纪 80 年代初,瑞士 BBC 公司推出了脉冲阶梯调制式发射机。其方框图如图 0-4:

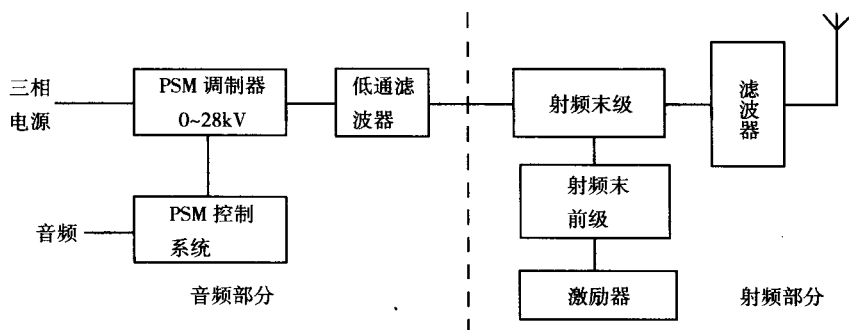


图 0-4 PSM 广播发射机方框图

该机是把主整和调制器合二为一,并把主整电压化整为零,即主整由 48 套整流器串联组成,每套整流器的输出电压由电子开关控制,这些开关又受控于数字化音频信号,从而使被调级获得载波点的直流板压和音频调制电压。由于现在又有了新的器件,制作已变得简单。

从调制原理上讲,PSM 发射机仍然是板调机。

六、DAM 发射机

全固态数字调制式发射机是在 1987 年美国哈里斯公司推出,它具有更好的指标、更高的效率。该机将高压整流、调制级和被调级三者合为一体,全部由数字电路控制。DX-10 型 10kW 中波数字调制式调幅广播发射机射频功率由 48 级射频功率放大器组成。输入的音频信号先经数字处理,并进行编码,用来控制各射频放大器的开关。通过接通射频放大器的数量多少,来控制发射机输出电平,达到调制的目的。再经过滤除不需要的频谱分量,就得到调幅波。

哈里斯 DX-10 数字调制 DAM 发射机的基本框图如图 0-5 所示。虚线内部分是发射机的数字电路部分。

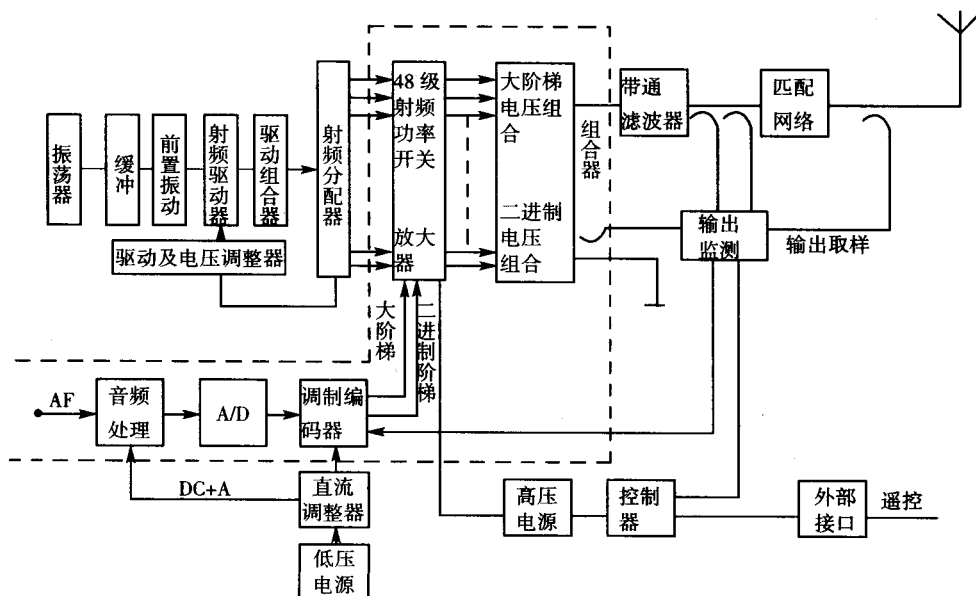


图 0-5 DX-10 数字调制发射机方框图

七、发展中的调幅数字广播技术

经过多方论证,音频信号的数字化将是提高信号传输质量的根本途径。音频信号数字化后,信息量很大还不能直接用于传输,还需要将这些数字信息进行编码,除去多余信息,这样传输既保证了质量,又节约了频带,使相同的频带宽度可以传输更多的信息。编码后的数字信息经过数字调制后发射出去,供接收机接收。

数字广播与当前的 AM 模拟广播相比,有以下特点:

- (1) 音质会大大提高,有可能超过 FM 广播。
- (2) 数字信号用更好的质量覆盖同一地区,所需要的发射功率比模拟信号小得多。
- (3) 在短波中使用有更强的稳定性、抗干扰性。
- (4) 可开展附加数据业务。

数字广播的开发利用将会对现行的调幅广播产生深远的影响。

八、调频广播发射机

调频广播发射机是一种采用频率调制方式的声音广播发射机。我国规定调频广播使用的频段范围为其高频(VHF)频段中的 88 ~ 108MHz,每个频道宽度为 200kHz。

调频广播的这些工作条件,决定它的工作质量优于调幅广播。具体讲:调频广播具有很宽的音频频率特性(15kHz)、非线性失真可以做得很小、具有优良的噪声改善性能和抗干扰性能,动态范围宽,容易实现多工广播等。

调频广播发射机使用的调频方式,有直接调频法和间接调频法。所谓直接调频法是用调制信号直接控制自激振荡频率的变化,即使自激振荡器的振荡频率随调制信号的变化规律呈线性关系。由于自激振荡器的振荡频率主要由谐振回路元件 LC 决定,改变其中之一即可实现振荡频率的变化。由此,产生了电抗管的调频、变容二极管的调频、调频晶体法等直接调频方式,其中变容二极管直接调频法在国内外调频发射机中应用最广泛。间接调频法是利用调相来实现调频的一种方法,使用较多的是脉冲调相式间接调频法,目前渐渐被变容二极管直接调频所取代。

变容二极管直接调频法的主要优点是频率偏移大,在较低的载频上调制时,仍能获得较大的频偏,电路简单,可适应较高的工作频率,且几乎不需要调制功率,调制线性较好。缺点是中心频率稳定性差,必须采取稳频措施。但现在采用调频锁相环路来稳定中心频率,可克服直接调频法的这一不足。

从用途考虑,调频广播发射机分调制式和差频式两种类型,前者直接用于调频广播,多为骨干台使用,后者多供转播台使用。图 0-6 为单声道 10kW 调制式调频广播发射机的方框图。其调频激励器位于前级,通过自动相位控制(APC)来稳定中心频率。音频信号输入经予加重网络送入调频激励器,直接调制中心频率实现调频。予加重网络与接收机的去加重是改善整个调频系统信噪比有效措施。这是因为,调频噪声在高频和超音频段较强,而节目内容中的高频段的能量分布较小,于是人为地将发射机内节目信号的高音频提升,在接收机中再将其衰减,就可保持节目信号原有能量的分布情况,使系统信噪比提高。因此,予加重—去加重技术在调频和电视伴音发射机中得到了广泛应用。

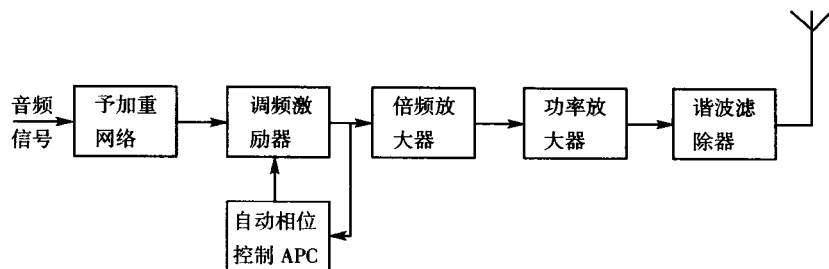


图 0-6 单声道 10kW 调制式调频广播发射机

立体声调频广播是为了提高播出质量、改善接收效果而提出的广播方式,国内外立体声均通过双声道来实现。所谓双声道将从信号源来的原始信息分左、右两路信道传送,并分别称作“L”信号和“R”信号。这样,立体声调频广播发射机也就用 L 和 R 两个声道传输音频信号,两路信号的汇集传输采用的多路传输技术,即用一个载波来完成两个或两个以上信息的传输,具体讲,是用频率搬移方法将各路安插在相互不重迭的频带内形成的基带信号,再用此基带信号去调制主载波。换言之,采用二重调制系统,使第一次调制形成的是基带信号,第二次调制实现立体声调频。考虑到立体声调频广播的适应性,立体声调频广播与单声道调频广播之间应相互具有兼容性。办法是:第一次调频时,不直接对 L 和 R 信号进行搬移,而是对 L 和 R 信号的“和”信号 $L+R$ 与“差”信号 $L-R$ 进行频率搬移,这样就实现了与单声调频广播的兼容。

第一章 发射电子管及高频功率放大器

第一节 发射电子管

众所周知,发射机为了扩大服务范围,都是采用大功率的发射机,而在传统的乙类板调机中,半导体器件在高频大功率放大方面有一定的困难。在这方面都采用真空器件,发射电子管的特点是电压高、功率大,能满足大功率发射机功率放大这一需求。而正确的选择电子管及其工作状态是使发射机达到规定的技术指标和经济指标的重要保证,所以,我们现在要学习用于广播的发射电子管的特点及其特性曲线。

一、发射电子管的类型

发射电子管的类型很多,有不同的分类方式,一般按照功率的大小或用途的不同来分类。不同的功率级别往往采用不同的冷却方式,例如自然风冷式发射管的板耗大都在 1kW 以下;强制风冷式发射管的板耗功率一般在 10kW 以下;而水冷式发射管的板耗功率一般在 10kW 以上;至于蒸冷式发射管的板耗功率一般在 15kW 以下;超蒸冷式发射管的板耗功率可达到 $300\text{W}/\text{cm}^2$ 以上,是目前效率最高的冷却方式。

各种管子外形如图 1-1 示:

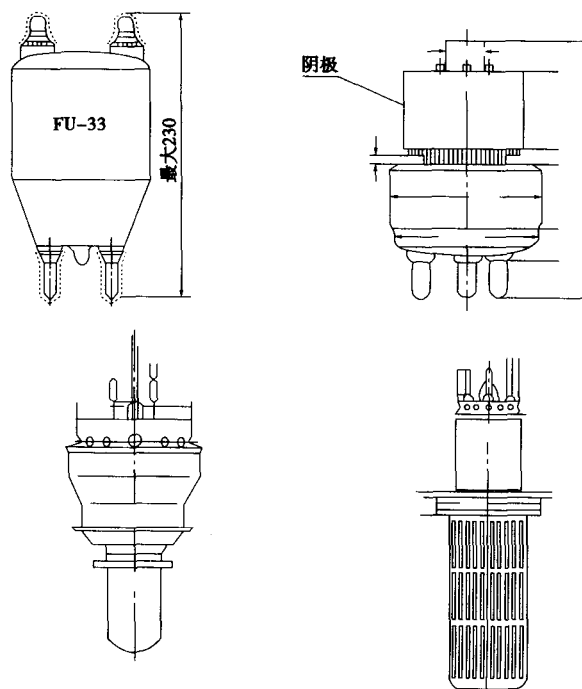


图 1-1 各种发射管外形图

发射电子管按照用途可分为振荡管、调制管、脉冲振荡管、脉冲调制管等,实际应用中很难区分,在此仅作说明,不再一一介绍了。

二、发射管的特点

发射电子管与普通电子管相比,其特点是电压高、功率大,因而电极消耗的功率大、电极的温度高,因此管子的体积大,零件都采用耐高压材料,还需特殊的冷却方式,此外还要适应高频工作,反应到大功率管的结构上,应具有高效率、高增益、高可靠性和寿命长的特点。下面着重介绍其结构特点。

输出功率较小的发射管,通常采用玻璃壳结构,它靠热辐射和空气对流作用得到自然冷却。

随着输出功率的增大,板极耗散功率也增大,必须将自然冷却改为强迫冷却方式散热。目前常用的强迫冷却方式有风冷、水冷和蒸发冷却等。

风冷是在板极外焊上有散热片组成的散热器,当风机供给的气流流过散热器时,使板极得到冷却。

水冷是在板极外面套一个水套,冷却水高速流过板极和水套的间隙,使板极壁和流过的冷却水进行热交换,达到耗散热量的目的。

蒸发冷却方式是利用介质(如水)从液体变为气体过程中吸收汽化热,而对板机进行冷却的。

在蒸发冷却的基础上,又出现了利用散热齿之间的很窄缝隙的窄槽效应来冷却板极的超蒸冷技术。

由上可知,要想使电子管适应大功率的要求,必须加冷却装置。

发射管的寿命主要取决于阴极的寿命。发射管所用的阴极有纯钨阴极、氧化物阴极和碳化钨阴极等三种,多做成笼形或网状直热式阴极。由于大功率发射管输出功率大,要求板压高、板流大,因此要求阴极发射电流大、发射效率高,并且有良好的耐高压性能。根据这些要求,故三种阴极分别用于不同等级的功率放大管中。纯钨阴极是使用最早的阴极,由于发射稳定、不怕正离子轰击、工作寿命长,所以一般用于很大功率的发射管中。氧化物阴极具有工作温度低、发射电流密度大、耐离子轰击性能差、抗气体中毒能力差、怕打火和活性物质储备不足等缺点,所以常用在输出功率小、工作电压低的管子中。碳化钨阴极的优点是抗离子轰击能力强、抗气体中毒能力强、活性物质蒸发小、发射效率高,缺点是工作温度高,所以适用于输出功率大、工作电压高的大型发射管中。

为了使发射管的跨导大,一般阴、栅极间距离很小,由于阴极的热辐射作用,再加上发射管工作是通常有栅流,栅流本身有较大的损耗,而散热条件又比板极差,因而工作时栅级的温度高达1000多度,故要求栅极在高温下有较大的机械强度、较小的热变形、很低的热电子发射性能。为此,通常选择导热好、辐射系数大、熔点高的钼或石墨做栅极材料。大功率栅极多采用网状且采用对栅结构,如图1-2(b)所示。大功率发射管大都做成三极管和四极管,为了使大功率发射管能在较高功率工作,发射管的阴极和栅极及板级电极系统采用了同轴筒结构,如图1-2(a)示。引线部分为了与外腔体配合,也设计成同轴结构,从中心往外依次为灯丝(阴极)引出环、控制栅、帘栅极引出环,引出环间用陶瓷环绝缘,这种结构减少了引线电感,有利于高频工作。