

# 试析数字调制中波广播发射机的改频工程

徐文

山东省威海市广播电视台中波发射台

**摘要:** 中波发射机改频工程是一个非常复杂的工程, 需要从调整频率合成器、调整前置放大器、调整射频推动阶段和调整输出网络匹配四个角度来进行。文章探讨了频率改频时出现的一些问题, 并提出了相应的处理方法, 希望能对频率改频工作有一定的借鉴作用。

**关键词:** 中波发射机; 改频; 数字调制

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2023.04.073

中波发射系统的频率重置工作包括发射机重置和网络重置两个环节(通常, 输出网络电路的重置不需上电, 射频通道的重置多是上电), 整个重频率的工作是繁琐而复杂的, 所以相关的工作人员必须对其各个方面的内容进行详细的分析, 并制定详细的计划, 确保改频工作可以顺利的完成。

## 一、中波广播发射机构成

### (一) 射频系统

中波广播发射机的核心部件是RF, 它的核心部件是信号的发送, 它包括功率放大器和合成器、激励信号源等, 这些部件相互配合, 互相支撑, 从而保证了整个系统的安全、稳定运行。在无线通信系统中, 它能将中波信号逐级放大, 进而达到更大范围的传输, 从而有效地保证了无线通信系统的听觉效果。在机载网络方面, 它主要由带通滤波器、分配网络等组成, 通过分配网络对采集到的信号进行合理分配, 保证其在轨工作, 并保证发射机的传输稳定。在带通滤波器方面, 它的主要功能是滤除中波内部的杂波, 为功率合成器的运行提供支撑。

### (二) 音频系统

它由一个编码器、一个声频处理机和一个变换器组成。在该系统中, 编码器主要是对音频进行转换, 并对RF的输出进行控制; 其中, 以音频处理器为中心, 完成了对语音信息的处理, 以满足无线通讯的要求; 它的主要作用是对信号进行编码、处理和逐步转换, 从而达到良好的传输和输出效果。

在中波传输系统中, 它通过对特定的声音信号进行处理, 使之能更好的工作于无线通信系统中, 从而达到对无线通信系统的要求, 从而达到增强无线通信传输的目的。

### (三) 控制系统

控制系统首先要做的就是对数字化中波电台的各

分进行有效的操作, 通过这个系统来实现对编程线路的控制和对故障的探测等, 使整个电台的工作得到充分的保障。

所以, 对数字化中波广播发射机来说, 其控制是为了保证信号的平稳传输而设计的。

### (四) 计算机系统

随着现代信息科技的飞速发展, 计算机系统在数字中频广播发射机中的地位日益突出, 将其与发射机有机地结合起来, 可以实时监测中波的传播, 进而对其进行网络化、遥控, 推动中波发射技术的现代化进程。

### (五) 供电系统

为了保障数字中波广播发射机的正常运行, 电力供应系统是保障其正常工作的重要保障。

在电力供应系统中, 为了保证电力供应的稳定, 还必须增加一个与之相匹配的辅助系统, 以保证电力供应的稳定, 这样才能避免电力供应装置由于长期使用而产生的热量问题, 从而不会影响到发射机的稳定和安全。

## 二、浅谈中波广播发射机调制原理

中波广播发射机是在中波广播中得到了普遍使用的一种以电台为基础的广播装置。它的基本工作原理就是把声音信号经过一定的调制, 转换成中波的无线电波, 以达到对声音进行无线传送的目的。中波广播发射机的调制机理是其关键所在。

调制就是把一些特定的特性参量与载体信号按某种规律组合在一起, 既能传递信息, 也能便于识别。近年来, 各种类型的调制方法层出不穷, 主要有调幅、调频、相位调制等。在中波广播系统中, 使用了调幅技术。

振幅调节是将声音的振幅(也就是声音的尺寸)按照某种规则和载频的振幅进行组合, 由此把声音信号发送给远处的接收方。中波广播发送器振幅调制的方法是把一个声音信号乘以一个载频, 即一个调幅的处理。

其调制方式为： $(1+k \times \text{声频}) \times \text{载波}$ 。这里， $k$ 为调制因子，指示声音信号对振幅调制的作用范围。在 $k=0$ 的情况下，在不发送声音信息的情况下，所述输出信号与载波信号相等；在 $k>0$ 的情况下，通过改变语音信号的幅值来改变其幅值，从而达到发送语音的目的。

总的来说，中波广播发射机的基本思想是把声音的声音转换成中波的射频信号，然后在特定的距离上传送。其中，中波传输系统的基本工作就是在此基础上进行的。

### 三、前期准备工作

#### (一) 相关仪器的准备

改频工作所需的仪器包括：针对多功能表、信号发生器、示波器、频谱仪、矢量网络分析仪、声畸变实验机等，当变频时存在高频噪声时，还必须单独设计一台电桥。

特别要指出的是，在进行频率调整之前，工作人员一定要保证以上的仪表都在检查期间，并且能够正常工作，防止在改频过程中发生故障。

#### (二) 改频电路的设计

中波发射机的关键在于对发射端进行阻抗匹配，使其输出功率达到最大，而阻抗匹配网络又具备滤波功能，可以有效地抑制其他频段对发射端的干扰。选择合适的结构型式和选用合适的元器件，可以有效地减小雷击对发射机的冲击。

另外，为了全面掌握中波发射网和发射网的性能，需要对发射网和发射网进行测试，如：调试之前，三塔到地线之间的馈线阻抗为603 kHz ( $20 \Omega - j57 \Omega$ )、900 kHz ( $111 \Omega + j10 \Omega$ )、1 143 kHz ( $130 \Omega - j110 \Omega$ )，发射机末端输出为50  $\Omega$  纯阻抗，而天线是复杂阻抗  $R_a + jX_a$  的情况下，需要在发送和馈线之间建立一个馈线的零阻抗和虚部阻抗的匹配电路。

### 四、功能调试

#### (一) 做好频率合成振荡器的调整

频率综合器是发射机产生工作频率的核心，因此要求其具有较高的频率稳定性。为了进一步提高其频率稳定性，通常将晶振经分频，得到工作频率的基波，然后利用直接数字频率合成器(DDS)来获取工作频率下的电压信号。

在工作过程中，先把频率合成器的拨代码调到工作频率(1557 KHz, 1098 KHz)，并把22V的直流电压施加到频率合成器的输入上，然后把一个示波器接到频率合成器的输出上，然后示波器就会显示出一个15V的方

波。再把它输出连接到测频仪上，调节频率合成器的温敏和晶振的调谐电容，可以在工作频率(1557 KHz, 1098 KHz)的 $\pm 3$ 赫兹。

#### (二) 做好前置放大器的调整

(1) 插入缓冲放大器，并将低电压施加在发射器上，然后缓慢地调整滑片，将输入到缓冲放大器中的激发电压降至30伏。

(2) 通过调节前级推进的串联共振来调节电感，并改变调节电容器的共振度，测试三台合成变压器的RF输入电压，使之具有最大振幅。

(3) 对合成变压器的输出进行测试，调整并联共振电感，并将并联电容器进行并联共振，使得合成变压器的输出功率最大。

(4) 对所述推压级的驱动电压进行变化，对所述前级所述电压驱动器上的电位计进行转动，将所述前一级的所述综合变压器输出为30V。

#### (三) 做好射频推动级的调整

将220V的高电压输入发射器，并用示波器测试推合电路的输出，调节驱动合成器的串联和并联的电感，将输入的电压设定在50V以上，且波形为正弦波。接着，将115V的高电压加到RF推进级，同时将功放220V的供电切断，关掉发射机，再把推进功率调节器调到闭环，重新启动发射装置，调节推进功率调节器上的电位计，实现开环和闭环同步。在调试时，要注意前级推送的功率放大器模块温度不要过高，功率放大器模块的RF输入电压应该是28V，而功率调节器的输出电压应该是40-80V。

#### (四) 做好输出网络的匹配

输出端采用T型网路与带通滤波器组成。该方法首先要带通滤波器从它的输入端切断，把它的串联回路切断，把它从T型电路中分离出来，然后把它的两个试验端分别放在它的两端，然后调节它的可调谐电感或者可调节的电容，使得它的实部在欧豪级，虚部分在0，也就是在阻抗最小的情况下。然后，在并联谐振端上夹住两个测试端，调节并联共振的可调节电感，使得并联共振的实部极大，虚部跳跃在0附近，也就是并联回路阻抗极大的情况。然后，对T型网的三次谐波进行调节：(1) 将网络分析仪调至3倍工作频率，通过调节T型网的接地电感，使得T型网的阻抗最小。(2) 首先在工作频段设置好一个网络分析器，然后与T网相连，然后将50欧的虚负荷加在T网的输出上，然后将该网络分析器的测试端子与T型电网的输入相连，调整T型电网中

两条串联臂的可调电感，以使其电阻为真50欧姆，虚电阻为0。（3）将该带通滤波器重接至T网络，并利用网络分析仪对其输入进行检测，经调节并联共振，将输出网络的阻抗设定在50欧特纯电阻。

### 五、联机微调

在图1中，天调从900KHz到1557 KHz的单点塔换线，当来自天线的信号被引入时，通过电感L4和L5和电容C4组成的T形网络来进行阻抗的匹配，而通过电感L4和L5的串联来抵消-JXa，并通过附加的电容C4来抵消虚拟部分的电容。通过对并联共振器回路的阻抗进行调整，使其工作频段不低于5K，从而实现对系统工作频率与泄漏频率的有效抑制。

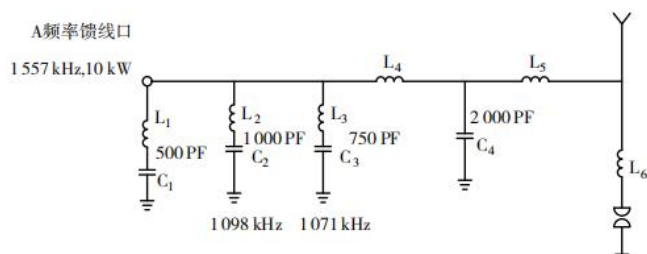


图1 900kHz单频改为1557kHz单频工作后的天调网络走线图

因为这是一个双频段的同塔设计，因此必须添加一个阻带和一个泄漏网络，他们的载波与上下的两条边带具有不同的抗抗，当LC串连在一起的时候，载波与上下的两条边带的抗抗差异累积叠加，产生了边带的反射现象。然而，随着边带频率的提升，这种行为会导致发射机的增益降低。所以，对于603KHz的天线部分，将其与1098KHz的频率一起使用C2、L3进行并联处理，并将L1、L2、C1组合成T型网络，目的在于避免因载波频率及其边带极小的频谱特质导致的发射机驻波过高进而损坏功率放大模块。然后，又把电容C9（2250 pf）与电感器L12进行了并联操作，以便于屏蔽603 KHz的信号，这可以有效地去除603 KHz馈送端口的信号。接着，利用T型连接方式把两组电感器L10和L11以及电容器C8（20000 pf）组合起来，实现谐振效果，进而通过111欧姆+J10欧姆天线的等效阻抗转变为纯粹的阻力（50欧姆），同时让电感L9与电容器C7（300 pf）形成串连共振状态，以排除掉1061 KHz的信号。

第三部分是603 kHz陷波网络，在此基础上，设计了陷波网络，对匹配网没有任何影响，所以需要寻找合适的接入点。603 kHz的频率小于1.098千赫，在高的工作频率下表现为容抗，而在高的频率上表现为感抗，这与通过阻塞网络时的阻抗正好是相反的。

双频共塔也需要预处理网络，这是因为在双频天线

阻抗差异很大的情况下，需要通过预处理网络来调整双频天线的阻抗，使得双频与天线端口之间的阻抗趋于一致。在双路阻抗差异较小的情况下，可以不用预处理，而加入预调的目的就是要解决双路阻抗之间的不均衡，从而减少阻路网络的能量消耗。在改频试验中，1557 KHz、603 KHz、1098 KHz三种频率均以10 kW的大功率进行操作，对这三种主要指标进行试验时，在虚假负载情况下，1557 KHz频率和603 KHz频率的各项性能都很好，而在A级以上，仅1098 KHz的频率稍低，从示波器的波形可以看出，它的中心点基本上是原来的位置，但是两侧的带宽有些偏差，存在着一定的偏差。这表明，调频室内的频谱指数与调频室内的天线网有着直接的联系，特别是邻近频段的干扰，以及外部的天气，风，温度等因素的影响。

经与制造厂工程师共同研究，发现1098 KHz的频率出现轻微偏移，主要原因是高频干涉所致。由于在发射机上引入了大量的高频干扰，因此产生了很大的回波，使其驻波系数增加。这就要求发射机采取一种自保护措施，就是关掉功放，降低功率。此外，高频反馈还会引起附加噪声，降低发送端的信噪比，从而影响信号的畸变程度和频率特性，因此，操作人员可以将1098 kHz的输出功率做得较低，这样就能让该指标回归正常。

### 六、结语

DAM改频是一个复杂而繁琐的工程，工作人员不仅要做好发送端改频，还要做好网络改频，以保证它的作用，通过调优来保证它的准确性。对于在使用过程中遇到的问题，工作人员应该遵循一定的程序，在调试完毕之后，耐心细致地进行在线调试，保证频率调整工作的准确性，保证广播发射机的平稳运转。

### 参考文献

- [1] 吴志娟. 10KW DCM中波发射机改频和调机[J]. 视听界: 广播电视技术, 2011(6): 32-33.
- [2] 周成刚, 刘光祜. 模拟移相器的研究与实践[J]. 大众科技, 2009, 11(5): 86-87.
- [3] 张富强, 武官文. 10kW全固态DAM发射机输出网络的原理及调整[J]. 西部广播电视, 2016, 0(6): 241-242.
- [4] 林王骋坤, 吴边. 温度对陷波网络阻抗的影响[J]. 西部广播电视, 2015, 0(3): 164-164.
- [5] 李月琴, 何明芳. 中波发射机的输出阻抗变换为50Ω的实践与探讨[J]. 西部广播电视, 2015, 0(10): 228-229.