

调幅技术

第十六届全国中波技术交流会论文集

主编 王辉 何晋文

湘潭大学出版社

调幅技术

第十六届全国中波技术交流会论文集

主编 王辉 何晋文

湘潭大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

调幅技术：第十六届全国中波技术交流会论文集 / 王辉, 何晋文主编. —湘潭：湘潭大学出版社, 2015.4

ISBN 978-7-81128-380-8

I. ①调… II. ①王… ②何… III. ①中波广播—学术会议—文集 IV. ①TN93-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015)第 078694 号

调幅技术

第十六届全国中波技术交流会论文集

王辉 何晋文 主编

责任编辑：丁立松

装帧设计：胡瑶

出版发行：湘潭大学出版社

社址：湖南省湘潭市 湘潭大学出版大楼

电话(传真)：0731-58298966 邮编：411105

网 址：<http://press.xtu.edu.cn>

印 刷：长沙瑞和印务有限公司

经 销：湖南省新华书店

开 本：880×1230 1/16

印 张：14

字 数：298 千字

版 次：2015 年 4 月第 1 版

印 次：2015 年 5 月第 1 次印刷

书 号：ISBN 978-7-81128-380-8

定 价：45.00 元

(版权所有 严禁翻印)

前言

湖南省新闻出版广电局 王 辉

2012年11月，全国第十六届中波技术交流会在长沙召开，得到了全国中波技术交流合作协会理事长徐凤书同志以及全国中波同仁的大力支持。本届大会参会人数、论文数量及质量均创历届之最。湖南中波台管理中心作为此次盛会的承办方，为筹办本次会议做了周密安排。据我了解，当时的中心领导班子召开了五次专题会议，详细研究了会议的每一个细节，为会议的成功举办打下了坚实基础。在会议期间，中心所有的工作人员都倾尽全力做好会务工作，特别是陈治国、赵训非等同志付出了很多。在此，我要向所有为举办本次会议付出努力的同志表示感谢！

2013年7月，省局党组决定由我接替即将退休的赵端荣同志担任中心主任。在交接完成后，他很郑重地拜托我，一定要把全国中波同仁提交的论文正式编辑成册，给大家一个满意的答复，也为本届中波技术交流会画上一个圆满的句号。我答应了他的要求，决定把编辑论文的工作作为整个中心的一项重点工作来抓。经过慎重考虑，我将这项工作交给中心副主任何晋文同志，由他负责具体落实。何晋文同志不负所托，向湘潭大学出版社申请到正式书号，非常圆满地完成了任务。在此，我要向他表示感谢！另外，邵阳中波台副台长庾波同志，不辞辛劳地通读并修改了所有论文，在此我也要向他表示感谢！同时，我还要感谢湘潭大学出版社的领导对于我们工作的大力支持！

看到这些论文，我思绪颇多，感触颇多！从20世纪六七十年代以来，全国各地先后建立起了一大批中波台站。它们是党和政府广播电视事业的重要组成部分，曾经为转播中央电台和省电台信号、传播党和政府声音发挥了重要作用。虽然科技在进步，形势在发展，但是中波台依然是国家重要的战略储备资源。各中波台的历史作用和广大中波人的巨大贡献不容抹杀，历届中波台干部职工“忠诚、奉献、创新、精业”的精神值得我们永远传承！

在这些论文中，很多论文谈论的是中波台播出管理、发射机房的改造和发射机维修方面的问题，充分体现了全国中波同仁对中波事业的热爱，也有的论文体现了全国中波同仁对技术发展新趋势的高度关注，还有的论文体现了全国中波同仁对中波未来发展道路的深入思考。本人认为，这些论文都深深体现了一种热爱中波的精神。正是因为拥有这样的一批热爱中波的人，所以我们中波才能有更美好的明天！

我真诚地希望，这本论文集的正式出版，可以完成前任交给我的政治任务，可以给全国中波同仁一个满意的答复。同时也希望，全国的中波同仁能够从中看到我和我的同事们对中波事业的热爱。

目录

中波发射台搬迁建设中注意的几个问题	黄迎召 / 范 波	1
中波台安全运行风险与应对思考	羊胜利 / 李 娇	10
北京电台发射台技术管理工作的思考	邓亚程	15
宣城转播台迁址新建工程技术创新	丁立民 / 夏士苗 / 陈晓彬	20
中波台管理信息系统模型初探	王永祥 / 王 军 / 罗 春	24
机房备品备件管理系统的设计	刘 鑫	28
1 kW PDM 全固态中波发射机改频	路存玉 / 蒋海滨 / 任 昱	36
PDM(1 kW) 中波发射机的改频调试	杨丽萍	42
发射台站低压配电系统的自动监测	管卫民	46
广播发射机房及天调室防雷设施设计与安装	吴战鹰 / 黄永莉	49
广播发射台综合防雷系统的分析与改造	聂刚云	54
哈里斯 200 kW 中波发射机控制技术	宋志宏 / 沈选刚 / 魏国防	58
监测取样系统与中波发射台监控系统并行	姜文波 / 齐 桢	65
立足技术创新, 助力广电发展——谈七一七发射台自动化改造	刘永芬 / 张 东 / 郭晓红	69
四川广播电视台 520 发射传输台播控系统介绍	陈首红 / 刘海章 / 孙荣辉	72
天调网络改造一例	郭晓红 / 倪建业	77
中波发射机天线交换系统技术改造和维护	林 伟	80
中波台发射机房排风系统的改造	路存玉 / 蒋海滨 / 任 昱	86
中波天馈线系统的建设	史贯卿	93
发射台免维护馈管的施工方法	任 海	99
发射机房信号源自动切换	许文跃	103
全固态 PDM 中波发射机部分电路的改进	司建波 / 施 思	105
浅谈中波天调网络的防雷	赵连明	108
WiFi 网络在中波发射台干扰环境下的运用	赵 杰	114
现代防雷技术在中波发射台站的实践应用	和建文	121
在线温度监测系统在广电及高塔环境的应用	董立勇	128

浅谈中波发射台信号源监测报警系统技术改造	林伟	134
海纳 10 kW 中波发射机低压电源隐患排除一例	王作宾 / 申冬	140
846 kHz 发射机备用网络的调整	申东	142
DM10 数字发射机降功率故障维修	蒋海滨 / 路存玉 / 任罡	146
HARRIS DAM 全固态发射机的技术特点	陈首红 / 刘海章 / 孙荣辉	151
ZF-10A 型 DAM 中波发射机风联锁故障处理和防范措施	王廷富 / 郭跃斌 / 胡畅 / 吴家兵	155
关于上海明珠 100 kW 中波发射机故障一例的分析与处理	邓志勇 / 吴家兵	159
哈里斯 DX-10 kW 广播发射机振荡器工作原理及其故障处理	胡畅	162
快速排除数字调幅 (DAM) 中波广播发射机电缆联锁故障	林伟	164
浅谈 DAM 机开机故障一例	刘永芬 / 段庆生 / 罗静	168
1278 kHz 天调网络发热的调整	段庆生 / 刘永芬 / 倪建业	171
上广 TSD-10 中波全固态数字发射机电压瞬变引起发射机锁存数据清零	李兵	174
中波 DM 数字发射机几例特殊故障维修	路存玉 / 蒋海滨 / 任罡	176
浅析固态中波发射机发生故障的因素及预防对策	司建波 / 施思	183
浅谈全固态中波发射机末级功放的检修及场效应管的更换	王永祥 / 王军 / 罗春	192
浅析音频失真	何荣春	197
GZ-G1K-VII 型中波发射机疑难故障维修及处理	杨福成 / 吴志丹	200
M ² W 全固态中波发射机原理分析	李宗延	203
提高功率放大器工作效率的几种方法	张彦国 / 张曙光	213
后记	徐凤书	216

中波发射台搬迁建设中注意的几个问题

河南省广播电影电视局 104 台 黄迎召
咸阳广通电子科技有限公司 范波

中波广播是广播宣传的重要手段，它收听工具普及，覆盖面广。中波广播发射台是调幅广播的最后一个环节，对有效地扩大覆盖，提高播出质量起着重要的作用。建设一个新发射台是百年大计，所以，从选址到基础设施建设，都要从理论上进行论证，在实践中按规范施工。国内许多电台的建台历史较长，原台多建于城市郊区。改革开放以来，城市建设迅猛发展，城市规模日见扩大，多数电台已处于城市市区中。电台周围的高大建筑影响了广播效果，同时对城市环境也造成一定的电磁污染。中波发射台的移址重建也势在必行。以下就中波发射台搬迁建设中的几个问题谈谈我们的看法。

一、中波发射台的选址

建设一座高标准的中波广播发射台，要按照中波广播网技术规划，根据中波广播的特点、行政区划、规划覆盖的人口和面积等因素，结合本地实际情况，多方调查研究，反复论证，科学合理选择台址。

广播电影电视部批准下达的中波广播网技术规划，确定了中波反射面的各项主要技术参数，这是建台的依据。以此为基础，要达到尽可能大的覆盖，就必须考虑提高发射效率问题。对中波发射台来说，科学合理地选择台址，对提高天线的辐射效率影响很大。

中波广播段无线电波的传播特点是白天沿地表面传播的地波，地波衰减较小，有较强的绕射能力，可以形成一个比较稳定的服务区域，根据设备的功率大小，可达数十千米，甚至达百余千米，我们称其为地波服务区域。夜间不但靠地波传播，而且电波向空中发射被电离层反射回地面形成天波，在较远的地方形成另一个区域，称其为天波覆盖区。这个服务区不稳定，经常有衰落现象，而且随着季节和时间的不同而变化，因此中波台的选址主要从如下几个方面考虑。

1. 中波广播主要靠地面波覆盖，确定地址一定要首先考虑地质性能。

地面的电气特性对于地波的传播影响很大，同样的发射条件，电波在不同的地面传播时，电场强度有很大的差别，尤其发射台周围的地导率和地形直接影响天线的发射效率。所以，选台址要考虑下列因素：大地常数、地势、服务范围。要求发射台周围的地导率要高，地导系数的一般估算值，见表一，地形要平坦、开阔，以提高发射效果。

2. 中波发射台在选址中还应符合电磁环境的要求，既不能干扰附近已建的无线和有线通讯设施，又不能被其他无线电设施所干扰。

表一 地导系数的一般估算值

地导系数 V (s/m)	地面种类
5	海水
10^{-2}	湿土壤、耕地、淡水
10^{-3}	干土壤、粘土、森林、山区
10^{-4}	花岗岩、干石子地、沙漠
10^{-5}	山区中的干冰河

3. 台址选择还必须远离机场起落航线管制区、高大建筑物，特别是大功率机器一定要远离油库、化工库、加油站。对于高压输电塔，微波通讯塔也必须远离，防止电磁损耗。

二、技术区和机房

中波发射台的设计和施工应符合“广播电视工程规范”。要充分考虑发射机的启动控制，减小噪声，防止灰尘，改善机房工作环境。

1. 中波发射台技术区和机房与电视、调频机房不同的是，除主机房、风机房外，还有一个天调室（天线调配间）。这两个机房相距数十米至数百米，用馈线连接起来。馈线长度应避开 $1/4$ 工作波长。

2. 主机房的规模由发射机的数量及功率等级确定。新建发射台应考虑采用微机控制，机房应设微机控制室，对微机室要进行屏蔽。发射台自动化是今后的发展方向，势在必行。已经使用微机控制的发射台证明，自动化微机控制对提高播出质量，减少人为事故有明显效果。主机房要按设备集中安装设计施工。主机房建筑净高（装修后的天花板或梁至地面的高度）一般要达到 4.5 m。这样主机房采光、通风比较好，机房宽敞、明亮。主机房在设计时要充分考虑馈线、电源、底线、信号线的接入，因此，主机房应设计有上下净高 2 m 的夹层最好。无论馈线走桥架还是走地沟都非常方便联接，也方便电源和高频地的联接。一方面从机房看不到过多的馈线、同轴开关，另一方面也看不到供电线、地线等，维护起来非常方便、安全，并解决了库房及办公屏蔽等问题。

主机房除了结构重要外，一定要注意配电和机房的高频接地问题。配电线一定要是 K 状屏蔽电缆，接地井一定要把发射设备接地和控制室音频接地分离。

3. 天调室是机房的一个重要部分。天调室要安装调配网络，其作用有二：一是天线的输入阻抗经匹配网络转换后等于馈线的特性阻抗，即终端匹配；二是调配网络有滤波性能，即只能让工作频率通过，对其他频率，特别是工作频率的高次谐波有较大的衰减作用。若滤波性能差，则发射机的谐波衰减小，将有较强的辐射。另外，若本台尚有其他中波发射机，则通过天线会收到这些发射机的较强信号，甚至带来明显的干扰。所以，设计调试好天调室的调配网络对提高发射效率，改善播出质量十分重要。

天调室的面积大小要根据功率、共塔工作情况及台内工作频率的多少来决定。天调

室室内六面内壁应采取屏蔽措施,室内还应备有交流电源、照明及防盗报警装置。调配室一般注意不要太小,要求其墙体距离调配网络组架间距不小于 1.6 m,不然会带来网络的分布参数增大,影响网络的稳定。另外,也会消除调配室产生的涡流发热现象。再就是注意调配网络的通风、防热、防雷问题,过热过冷都会影响网络中的电容,温度变数增加了网络的不稳定性。

4. 中波天线塔和旁边的天调室必须用围墙围住,以保护天线设施,防止人员接触,确保设备及人身安全。

三、天线与地网

发射天线是一种能量转换装置,它将发射机提供的高频已调电流的能量变成电磁波的能量,并将电磁波辐射到空间去。

标准的中波发射台,其发射天线多采用对地绝缘铁塔。对地绝缘铁塔天线,可以根据工作频率决定其高度。天线的机械长度,从理论上讲, 0.53λ 的长度效率最高,也就是天线的最佳高度。在实践中,中波广播的高频段可以做到 0.53λ 长度,但在低频段由于受场地、资金等因素的制约,大多采用 $\lambda/4$ 的长度。

在新建中波发射台时,除考虑天线长度,还要注意另一个问题是天线的位置。如果一个发射台根据频率的多少需要架设两座到三座铁塔,那么要慎重决定两铁塔间的距离。单桅杆非定向天线塔间距离大于 1λ 为最好,不宜取 $\lambda/4$ 塔距。

无线电波即电磁波沿地面传播过程中,垂直极化波(其电场方向与大地垂直)的损耗低于水平极化波的损耗。因此,中波天线多采用矗立于大地的垂直天线来获取垂直极化的电磁波。

当前中波发射天线主要有 4 类:

1. 细截面垂直天线也就是 T 型和倒 L 型天线。
2. 底部绝缘的拉绳铁塔天线也就是桅杆天线。
3. 自立式铁塔天线。它包含有底部绝缘的和底部接地 $\lambda/4$ 并馈式自立铁塔天线。
4. 电小天线。按 H A Wheeler 教授定义,这种天线的高度 $H \leq \lambda/2\pi$, λ 为工作波长。这 4 类天线各有其特点,以下简要地对它们进行分析。

(1) 细截面垂直天线是由一根铜导线或数根铜导线绞合组成,悬挂于两支撑物之间,支撑物是木杆或是带绝缘的钢支架。沿天线导体的电流分布,可视为正弦分布;该天线主要用在小功率方面,作为短期应急使用。

(2) 底部绝缘的拉绳铁塔天线是用钢丝绳固定,为了避免钢丝绳的电气影响,在钢丝绳上用绝缘子将之分成数段互相隔开;底部绝缘的拉绳铁塔天线是 20 世纪 30 年代出现的,由于其结构特点,高度可以做到工作波长的 $1/2 \sim 5/8$;根据天线特性阻抗图(图一)频率低(531 kHz~810 kHz),功率大(100 kW~2 000 kW)时,通过增加塔高和塔宽来改善输入阻抗,使输入阻抗提升到合理阻值,满足输入电流和输入电压达到一定的合理值,

满足发射需求；同时在塔底以塔为中心的地面下（30~50 cm）敷设有辐射状地网（60~120根；长度为 $0.3\lambda \sim 0.5\lambda$ ），因而有较高的辐射效率和良好的辐射图形。

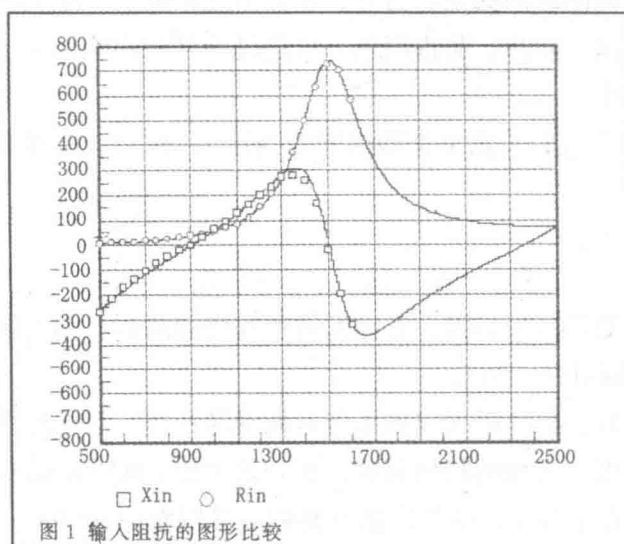


图1 输入阻抗的图形比较

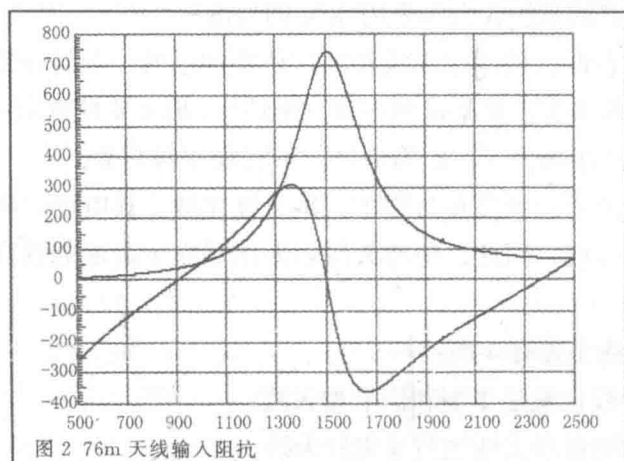


图2 76m 天线输入阻抗

图一

在这种塔上既可以承受大功率工作，也可以在其上实现二频或三频共塔工作。不过，我们认为共塔频率愈多，其网络损耗愈大，机器的发射效果愈差。如果发射功率大（100 kW~2000 kW），频率高（1008 kHz~1602 kHz）时，通过减少塔高和增加塔宽来改善输入阻抗，使输入阻抗降低，满足输入电流和输入电压达到一定的合理值，满足发射需求。

对于中小功率低频段用的拉绳铁塔，由于成本上的原因，其铁塔高度 $H < \lambda/4$ ，这种天线输入阻抗的电阻部分变小、容抗变大、天线辐射效率降低、工作频带变窄。为此，人们采用了补救办法，就是在天线顶部拉线作为顶负荷来增加天线的有效高度，加大天线的辐射电阻，以提高天线的辐射效率。顶负荷的拉线是 120° 分布；长度不宜大于 $1/2$ 塔高。

总体来说拉绳铁塔优点不少。但建塔的工程量大，还要占用较多的土地。使用中必须经常注意维护，而且有因铁塔拉绳故障而致倒塔的风险特别大。本世纪头十年间，国内至少已有三座铁塔因此而倒塌。

(3) 早期的自立塔用作支撑 T 型、倒 L 型天线，后来才演变出底部绝缘的和底部接地 $\lambda/4$ 馈电的自立塔。它们也有较高的辐射效率和良好的辐射图形，减少了拉绳占用的土地及其维护工作量，避免了因拉绳故障而致倒塔风险。但其高度和绝缘的矛盾，塔高一般在 150 m 以下，在低频点（531 kHz~810 kHz）上特性阻抗偏低，输入电流偏大，天线耗损增大，不利于大功率发射。在其他频点，通过改变塔高来满足大功率发射需要。

自立塔可以实现二频共塔工作，其功率容量可达到 200 kW。对于接地自立塔高度一般都在 100 m 以上，其独特优点是在其顶部可以安装 FM 和 TV 天线，可以一塔多用，但同样无法满足大功率发射需要。

(4) 在当前土地使用紧张，低空航空事业的发展，以及地价及原材料昂贵的形势下，电小中波天线使用越来越广泛。

目前，电小天线有应用在大功率方面 76 m 锥面顶负荷自立式宽频带天线，应用在中小功率中的 32 m 套筒式锥面顶负荷天线，以及 48 m 自立式双锥天线。

76 m 锥面顶负荷自立塔式宽频带天线的最大优点是天线的输入阻抗可以调整，使其能最佳地在本频下工作。由于输入阻抗的合理性，一方面使匹配网络更简单高效，另一方面可以减地耗损和匹配网络损耗。彻底解决了大功率、低频率下，天线的稳定工作。

32 m 套筒式锥面顶负荷中波发射天线，它与国内其他小天线相比具有独特的性能。其占地面积小、高度低、防雷及抗风性能好、结构美观、维护工作量小等优点。

一般小天线与高度 $> \lambda/4$ 的拉绳铁塔天线相比较有其特有的缺点，这就是其辐射电阻 R_r 小、输入容抗 (X_c) 较高、 Q 值高，因而带宽较窄。为了实现发射机和天线之间的匹配，就需引入适当的补偿网络来消除输入容抗以满足整个系统谐振条件。又由于天线底部电流大而带来较大损耗，由天线效率 η_A 定义可知：

$$\eta_A = \frac{P_r}{P_{in}} = \frac{P_r}{P_r + P_L} = \frac{R_r}{R_r + R_L}$$

当辐射电阻 R_r 较小，而损耗电阻 R_L （包括地损耗和调配网络损耗）较大时，天线效率就会降低。

为了克服上述缺点，我们在提高天线辐射电阻，降低地损耗及网络损耗方面做出了诸多努力。

48 m 自立式双锥发射天线，一方面采用自立式发射体结构和新型上锥顶负荷发射体结构相结合，这就提高了天线辐射电阻，降低了电抗分量，拓展了天线工作带宽。另一方面对地网实施电容、电感加载；在电脑上利用 Smith 导抗圆图软件反复进行推演，选择出最优化的调配网络，从而降低了损耗，拓宽了工作带宽，使发射机的边带功率有效地从天线辐射到空间。

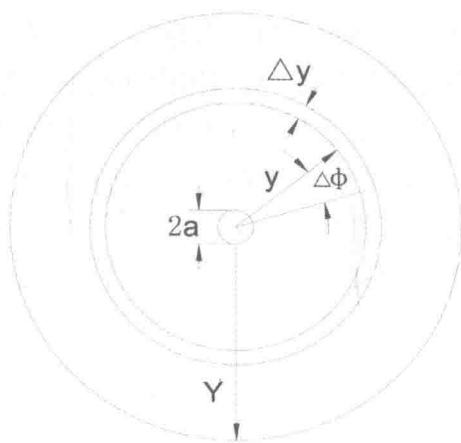
对于中波广播我们应重视天线的效率。中波天线的效率不仅决定于天线塔本身，还决定于地损，中波天线系统包括铁塔和接地系统，接地系统叫地网。

中波天线的地网是给天线地电流一个良好的回路，即提供一个直接流向天线底部的回路，敷设一个标准中波天线的地网是一个至关重要的问题。当电流通过大地回到天线底部时，能量的损耗比导体的损耗、绝缘子的介电损耗都大，这个损耗叫地损耗。地损耗主要集中在天线塔基座附近。所以设计、敷设一个标准的地网，能减少地损耗，提高中波天线的效率，扩大覆盖面积。

下面谈一下中波天线的效率问题。

讨论中波天线的效率，首先要明确一个界限，即限制在天线底部半个波长以内，当距离大于半个波长时，已属于辐射场了。在这以外的损耗属于电波传播的损耗，不再是天线的效率问题了。

影响中波天线效率因素主要有三：导体损耗，绝缘子的介质损耗，垂直接地天线的损耗——地损耗。在以上三种损耗中，理论和实践都证明导体损耗是比较小，绝缘子的介电损耗，由于在天线设备中均用高频瓷，所以，这种损耗也是比较小的。影响天线效率的主要因素是地损耗，计算大地损耗的说明图，见图二。



图二 计算大地损耗的说明图

若以天线为中心，在地面上与天线距离为 a 到 y_1 的区域中如图，大地的功率损耗如下， J 为地电流密度。

$$P_{LO} = \int_0^{2\pi} \int_a^{y_1} |J|^2 \sqrt{\frac{\pi f \mu}{\delta}} y d\varphi dy$$

$$J = \frac{Iy}{2\pi y}$$

所以,

$$P_{LO} = \int_0^{2\pi} \int_a^1 \left(\frac{Iy}{2\pi y}\right)^2 \sqrt{\frac{\pi f u}{\delta}} y d\varphi dy = \int_a^{y_1} \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\mu f}{\pi \delta}} \frac{I^2}{y} dy$$

地损耗电阻为

$$R_{LO} = \int_a^{y_1} \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\mu f}{\pi \delta}} \left(\frac{Iy}{I_b}\right)^2 \frac{1}{y} dy$$

若以天线底部为中心,按《广播电视工程建设规范》第3.1.3条规定敷设一均匀分布的径向地网,则在地网范围内的总损耗为

$$P = \int_0^{2\pi} \int_a^1 \sqrt{\frac{\delta f^3 u^3}{4\pi}} \left(\frac{I_0}{N}\right)^2 \left(\frac{Iy}{I_b}\right)^2 \left(\ln \frac{y}{N_a}\right)^2 y d\varphi dy$$

上式中, N 为地网根数, u 为导磁率, I_y 为径向电流, I_b 为天线底部电流, a 为天线底部接地棒半径。由于地损的原因,天线效率的表示式为

$$\eta_b = \frac{R_b}{R_b + R_L} = \frac{1}{1 + \frac{R_L}{R_b}}$$

上式中, R_b 为天线底部或电流波腹点的辐射电阻, R_L 为地损耗电阻。

从 η_b 公式中看出 η_b 决定于 $\frac{R_L}{R_b}$ 的比值,例如实测得天线塔底阻抗实部为 $22\ \Omega$,

其中含地损耗电阻 $R_L \approx 2\ \Omega$,则天线效率 $\eta_b = 90\%$ 。总之,天线辐射电阻 R_b 值愈大,

地损耗电阻 R_L 越小,则天线的效率越高。

当天线高度大于 $\lambda/8$ 时,垂直接地天线的辐射电阻表示式为

$$R_{\Sigma} = 15[2(E + \ln 2\beta h - \cos 2\beta h) + \sin 2\beta h(\sin 4\beta h - 2\sin 2\beta h) + \cos 2\beta h(E + \ln \beta h + \cos 4\beta h - 2\cos 2\beta h)]$$

式中： $\beta = \omega/c = 2\pi/\lambda$ (相位常数)

$E = 0.57721$ (欧拉常数)

从式中可以看出，当天线高度已定， R_b 也就确定了。

$$R_{LO} = \iint_0^{2\pi} \frac{1}{N^2} \sqrt{\frac{\pi f^3 \mu^3}{4\pi}} \left(\frac{I_y}{I_b}\right)^2 \left(\ln \frac{y}{N_a}\right)^2 y d\varphi dy$$

上式中， N 为地网根数， μ 为导磁率， I_y 为径向电流， I_b 为天线底部电流， a 为天线底部接地棒半径。

从上式看出，在其他条件已定的情况下，要减小 R_1 ，就要在接地系统上采取：增加地网根数，加大接地棒半径。

如何敷设地网，《广播电视工程建设规范》第 3.1.3 条规定：“桅杆天线必须敷设地网，地网自桅杆中心向四周作辐射状敷设，相邻导线夹角相等。”地网导线的根数，每根长度，应符合表二的规定。

表二 地网导线根数和每根导线长度

发射机输出功率 (kW)	导线根数	每根长度
≥ 500	120	0.5λ
150 ~ 200	120	$0.25\lambda \sim 0.5\lambda$ (531 ~ 747 kHz) $0.35\lambda \sim 0.5\lambda$ (756 ~ 1602 kHz)
50	120	$0.2\lambda \sim 0.35\lambda$ (531 ~ 747 kHz) $0.25\lambda \sim 0.5\lambda$ (756 ~ 1602 kHz)

“地网导线的埋设深度，一般为 300 mm，在耕地上可加深到 500 ~ 600 mm，但在桅杆中心向外 0.1λ 以内，应埋深 300 mm。”

根据上述原则，在地网设计、施工中要认真做到：

- (1) 以铁塔基础为中心，在靠近地表处敷设一均匀分布径向辐射的地网。
- (2) 地网根数为 120 根，夹角平均为 3° ，最佳长度为工作频率的二分之一波长，铜线用 $\phi 3.0$ 硬铜线，埋设深度 300 mm，耕地处为 500~600 mm。
- (3) 地网终端用较粗铜线连接起来。
- (4) 天线座底座基础全部用铜带屏蔽，屏蔽层和基础四周汇流条焊接在一起。汇流条用铜条或较粗的铜线做成，地网始端导线应均匀分布，并焊接在此汇流条上。
- (5) 在天线基础底部打入一根接地铜棒，直径要粗一些，打入地中要深一些，达到电流的集肤深度，一般在 5 m 左右。

下面再谈一下实际中的一些具体问题。

由于环境等一些条件限制,在中波广播的低频段,地网铜线的长度很难达到工作频率的二分之一波长,这时,可在终端打入一接地棒,其深度应等于电流的集肤深度。在施工中,可根据土壤的实际情况,打入3~4 m铁桩,然后和地网焊接起来。

若受环境限制,地网根数不能达到120根,这时,可均匀减少地网根数,但最少不能少于15根,在这种情况下,接地极要做规范。

地网深度,在塔基周围 0.1λ 以内要埋得浅一些。在建设天调室和铁塔围墙时,要注意保护地网。

四、馈线的选定及注意事项

对于中波电台来说选定馈线除了考虑功率大小外,特别要注意的是馈线的长度,馈线的长度一定要注意不要落在使用频率的波长倍数上,也不要落在发射台其他频率的波长倍数上,不然就会使电台使用频率无法工作。另外注意选定馈线长度时,一定要考虑机房硬馈长度和调配室连线长度之和。

由于馈线架设和保护的因素,越来越多的电台考虑让馈线走地沟铺设。一方面架设方便,另一方面可以延长馈线寿命。地沟如果规范设计好也可以作为到调配室的工作路面。从电台的整体布局上来看,也非常整洁美观。

上面几个方面,是我们在电台建设中考虑和遇到的问题,也是经验之谈。希望能给大家提供一定的帮助。

参考文献:

1. 《中短波电波传播和天线使用手册》. 苏英智, 丁冬宜编著. 广电部无线电台管理局.
2. 《广播电视技术手册》第7.12分册. 李孝勳主编. 国防工业出版社.
3. 《The ARRL Antenna book》. 美国业余无线电转播联盟著. 匡磊, 陈荣标等译. 人民邮电出版社.

中波台安全运行风险与应对思考

河南省广电局无线电台管理中心 羊胜利 李 娇

近年来,中波台由于受所处驻地环境因素影响,安全播出面临着内、外部各类安全风险的威胁,需建立完善的安全风险管理体系,防范和减少各类风险带来的事故危害。

一、中波台安全风险识别划分和分析评估

安全风险来源于社会环境的威胁和技术环境的脆弱性。根据国家标准 GA586-2005《广播电视系统重点单位重要部位的风险等级和安全防护级别》的规定,中波台均属于三级风险单位,结合各地中波台工作环境和运行现状,安全运行风险划分为两大类,即系统外风险和系统技术风险。

(一) 系统外风险

系统外安全风险主要包括整台搬迁风险,广播设施保护和被侵扰风险,自然灾害风险和其他不可预知风险四类,这些安全风险大部分依靠中波台自身力量难以防范,也是干扰中波台安全播出运行的主要风险因素。

1. 整台搬迁风险

随着城市化步伐加快,原处在城乡郊区的中波台,多数台被驻地政府要求搬迁,同时,个别中波台座落在矿区,采矿造成地质结构发生变化,给中波台发射天线和机房造成严重的安全隐患,需重新选址搬迁。

2002年以来,全省29个中波台因上述原因搬迁重建的中波台有5个,目前正在实施搬迁的中波台5个,当地政府有意向规划搬迁的中波台5个,其数量占列全省中波台的一半以上,是中波台系统外风险的大概率事件,同时中波台的搬迁规划报批手续繁杂,建设周期长,投资大,专业技术性强,环境评估要求高,势必影响中波台安全播出运行。

2. 广播设施保护和被侵扰风险

由于大部分中波台始建于20世纪七八十年代,历史原因使其多数中波台土地没有征用,尤其天线场区土地不属于中波台所有。随着各地城市化建设加快,土地资源日趋紧张,受利益关系的驱使,原土地所有者,设法挤占中波台生存空间,有的不惜破坏广播设施,或强行在天线场区种树等,不断出现发射地网与馈线系统遭到破坏的事件,尤其是近年来,广播设施遭到侵害的事件有逐年增加的态势,此类风险因素对中波台而言具有较大的普遍性,也是新的发展时期中波台所面临的突出矛盾。

3. 自然灾害风险

豫西、豫南地区多为山区、丘陵地貌,豫东是黄泛区,均属自然灾害的高发区。在豫中平原地区有些台站所在的位置地势较低洼,甚至于发射天线位居于河道之内,极易

遭到洪水灾害的侵害。自然灾害每年对中波台安全运行造成的灾害形式主要是强对流天气、雷电、洪水、雪灾和火灾等，因各种自然灾害而造成危害的主要表现为铁塔倾覆、馈线杆断裂、天调室进水、拉线及拉线绝缘子损坏等。自然灾害风险因素所造成重大安全事故仅为个案，但个别事故却是造成长时间停播和重大财产损失的重点风险。

4. 其他不可预知风险

这类风险主要由中波台所处具体环境影响而造成的不可预知因素；不法分子的蓄意破坏以及体制改革、无线发射不同覆盖方式的行业内竞争而造成的不确定因素等。

（二）系统技术风险

中波台系统技术风险可分为四类：人员因素风险、系统设备风险、风险管控机制不完善和其他风险。

1. 人员因素风险

人员因素这里主要指中波台工作人员的能力、素质及责任意识。事故统计表明，人的责任事故发生次数最多。其原因，一是责任心，二是精力与能力，三是值机员组合因素。中波台因值机人员责任心不强或操作失误导致停播、误播和劣播发生，以及因技术维护人员缺乏遇故障无法排除，是中波台普遍性风险，此类风险因素直接影响中波台安全播出。

2. 系统设备风险

中波台根据其播出运行的技术特点，其播出设备运行系统主要包括发射机系统、天馈线系统、信号源系统、监控系统及供配电系统五大子系统。五大系统的运行故障率对各中波台而言各有不同，设备较多、发射频率较多的中波台其故障发生的概率也相对较高。

设备的技术性事故造成的停播最长，影响最大，设备的技术性事故将成为广播电视安全播出的主要风险要素。其原因有四：一是设备陈旧，缺少备品备件；二是设备改造时，因技术上的缺欠，系统的软、硬件设备不配套；三是数字全固态发射机故障率相对较低，值机人员动手机会少，不利于提高值机人员设备维护维修的动手能力，使中波台整体维护力量呈弱化态势；四是设备供应商公司倒闭，无法及时购置所需的备品备件。

3. 风险管控机制不完善

中波台发射机全固态化升级改造在系统内业已完成，数字化网络化技术已全面应用于安全播出各系统、各环节。20世纪八九十年代形成的维护运行管理方式、管理手段和技术要求不能适应新时期的工作要求，但在中波台应对这种不适应的能力与管理模式，还没有建立起来。此类风险是隐性的、潜在的，适时地建立和完善与新设备、新系统相适应的各项管理制度、新的运行秩序、操作规范、应急预案和技术保障措施，形成新的管理体系，具有重要的现实意义。

（三）中波台风险应对策略和建议

中波台的安全运行系统是一个以特定射频段为发射中心，集射频技术、信息技术、天馈线技术、自控技术、电力技术、网络技术为一体的机电一体化系统，应对这样一个