

数字调幅中波广播发射机故障检修方法浅谈

宋滨

(山东省威海市广播电视台, 山东 威海 264200)

【摘要】数字调幅技术的应用提升了中波广播的音频质量,但发射机故障时有发生。文章从发射机的基本原理与结构入手,分析了射频功放、调制、控制监测、电源以及冷却系统等易发故障点,并提供了相应的诊断思路。通过实际案例剖析,说明故障排查需要综合理论分析与现场经验。日常维护是防患于未然的有效手段,需对设备运行环境、硬件状态、软件系统进行定期检查,并合理配置备品备件。针对数字调幅新技术,应努力学习掌握,不断提高发射机故障诊断水平。

【关键词】数字调幅;中波广播;发射机;故障检修;日常维护

引言:

随着广播技术的不断进步,数字调幅已成为中波广播的重要发展方向。相关政策的出台为行业带来新的机遇,但也对设备的稳定性提出更高要求。发射机是广播传输的核心设备,其故障检修水平直接关系到广播质量。在新形势下,广播工程技术人员应加强对发射机故障规律的研究,总结诊断、排查的新思路、新方法,完善维护保养制度,为听众提供高质量的广播服务。本文将重点探讨数字调幅中波广播发射机的常见故障及检修策略。

一、数字调幅中波广播发射机的基本原理与结构

(一) 发射机的基本工作原理

数字调幅中波广播发射机的基本工作原理是将音频信号转换为数字信号,经过数字信号处理后调制到射频载波上,再通过功率放大、滤波、阻抗匹配等环节,将调幅信号放大到所需功率,由天线发射出去。音频编码采样得到数字音频信号后,先进行预加重、限幅等处理,提高音质和抗噪性能,然后通过数字调制将其调制到中频载波上,再经数字上变频和D/A转换,生成模拟射频信号。射频功放电路将射频信号放大到千瓦量级,并通过阻抗匹配网络,使发射机和天线阻抗相匹配,提高发射效率。同时采用负反馈、数字预失真等技术,抑制功放的非线性失真,保证发射信号质量。发射系统还集成了频率合成、自动增益控制、检测反馈、远程监控等子系统,可灵活调整发射参数,实现发射机的智能化控制。

(二) 硬件结构组成

发射机的硬件结构主要包括射频功率放大器、调制器、激励器、电源模块、控制单元等部分。射频功放采用大功率晶体管或真空电子管器件,将调幅信号放大到所需功率,并通过耦合电路馈送到天线。调制器负责音频信号的数模转换和数字化调制处理,可实现灵活的参

数配置和算法优化。激励器包含本振源、驱动放大器等,为功放提供射频激励信号,并完成ALC自动电平控制。开关电源模块为系统提供多路稳定隔离的工作电压。控制单元采用工业级计算机或嵌入式控制器,运行控制和监测程序,负责发射机的状态监测、故障诊断、参数管理和人机交互等任务。硬件单元之间通过标准总线进行互连,并配有完善的电磁屏蔽和接地措施。整机结构合理紧凑,满足电磁兼容性要求,并具有良好的散热性能,适应连续工作的应用环境。

(三) 软件系统架构

发射机软件系统采用分层架构设计,自底向上依次为设备驱动层、算法库层、中间件层和应用层。设备驱动程序封装硬件操作细节,为上层软件提供统一的设备访问接口。算法库中包含数字信号处理、线性化、预失真等各类算法模型,支撑系统的核心功能。中间件屏蔽操作系统差异,提供标准的任务管理、进程通信、数据持久化等服务。应用软件覆盖图形化监控、参数配置、故障诊断、远程维护、日志管理等功能,并提供友好的人机界面。软件各层之间通过清晰定义的API接口通信,实现低耦合、可重用的组件化设计。系统可裁剪和扩展性强,支持各类外设的灵活接入。软件充分考虑实时性、可靠性、安全性等需求,并经过严格的测试和验证,确保系统稳定运行。同时,软件架构与硬件平台相适应,充分发挥硬件性能,实现软硬件协同设计。合理的软件架构是实现发射机智能化、网络化的基础。

二、常见故障分类与诊断思路

(一) 射频功放电路故障

射频功放电路常见故障包括功率管故障、匹配电路故障和驱动级电路故障等。功率管故障主要有栅极开路或短路、漏电、击穿等,可通过测量栅压、漏压、管流等参数判断,也可通过红外测温等方法检查管子

发热情况。匹配电路故障如电容击穿、电感开路等，会导致驻波比升高、输出功率下降，可用阻抗分析仪等设备测试和定位。驱动级电路故障如驱动器损坏、信号失真等，可通过示波器观察波形并对比分析。射频功放作为发射机的核心部件，其故障诊断需要全面了解电路原理和器件特性，并综合运用仪器测试、参数分析、经验判断等方法，准确查找故障原因。同时，还需考虑功放电路与其他电路的关联影响，开展系统级分析和排查。

（二）调制电路故障

调制电路的常见故障有数字信号处理电路故障、D/A 转换电路故障和混频电路故障等。数字信号处理电路如 FPGA、DSP 等器件的损坏或程序错误，会导致基带信号异常，可通过逻辑分析仪检测数字信号并定位故障。D/A 转换电路的故障如转换器件失效、电平异常等，会引起模拟信号失真，可用示波器观察信号波形并分析。混频电路的故障如本振源异常、混频器损坏等，会导致混频失败或寄生干扰，可通过频谱分析仪检查频谱成分并判断故障。调制电路涉及复杂的信号变换和处理过程，其故障诊断需综合时域、频域等多种测试手段，细致分析电路实现方案，并充分借助原理图、程序代码等资料。同时，还需考虑调制电路与上下游电路的接口匹配和信号质量问题，开展综合排查。

（三）控制与监测电路故障

控制与监测电路的常见故障包括控制电路故障、监测电路故障和人机界面故障等。控制电路如微处理器、存储器件损坏，程序出错，会导致控制逻辑混乱或失控，可用仿真器检查程序运行并定位代码错误。监测电路如传感器损坏、采样电路异常等，会使监测数据失真或丢失，可通过校准和对比测试判断故障。人机界面如显示屏损坏、触摸屏失灵等，会影响设备操作和显示，可通过更换界面单元诊断故障。控制与监测电路往往分布在设备各处，其故障诊断需要综合硬件、软件、接口等多方面因素，细致检查电路连接、器件状态、程序运行等情况。同时，还需系统分析监测参数的合理性和一致性，并结合控制策略和逻辑，开展交叉验证和综合判断，准确定位故障节点和原因。

（四）电源电路故障

电源电路的典型故障有整流滤波电路故障、稳压电路故障和功率因数校正电路故障等。整流滤波电路如整流桥短路、滤波电容开路等，会导致直流电压脉动大或不稳，可用示波器观察纹波并检查元器件。稳压电路如稳压管击穿、反馈回路异常等，会使输出电压偏离额定值，可用万用表测量电压并分析偏差原因。功率因数校正电路如 PFC 电感饱和、控制电路失效等，会引起谐波畸变加剧、功率因数下降，

可用功率分析仪测试并判断故障。电源作为发射机各部分的能量来源，其故障诊断需要系统把握供电拓扑和控制方式，综合应用电参数测试、热工分析、功率质量检测等手段，多维度考察电源性能。同时，还需充分理解负载特性和故障的供电影响，开展负载侧和电源侧的联合诊断，综合研判故障成因。

（五）冷却系统故障

冷却系统的常见故障包括风扇或水泵故障、冷却媒介循环不畅和温度监测与保护电路故障等。风扇或水泵故障如电机烧毁、叶轮脱落等，会导致冷却效果下降，可通过观察转速、测量电流判断故障。冷却媒介循环不畅如水路堵塞、管路泄漏等，会影响冷却剂流动和热交换，可采用压差测试、流量检测等方法定位故障。温度监测与保护电路如传感器失灵、阈值设置不当等，会使温度超限而触发误报警或漏报警，可通过校准传感器、合理配置阈值等措施解决。冷却系统故障诊断需要综合设备结构、布局、材料等因素，利用红外成像、流体仿真等技术，分析系统散热能力和热分布特性。同时，还需动态跟踪设备工况和环境条件变化，并结合运行数据和故障历史，开展趋势预测和相关性分析，前瞻研判冷却系统的健康水平和故障风险。

（六）软件系统故障

软件系统故障主要表现为控制程序 bug、监控程序异常和故障诊断程序缺陷等。控制程序 bug 如逻辑错误、死循环、内存泄漏等，会引起系统功能失常或崩溃，可采用静态代码分析、动态调试跟踪等方法排查。监控程序异常如数据误判、界面卡死等，会影响系统监视和交互，可通过日志分析、流量抓包等手段诊断。故障诊断程序缺陷如知识库不全、推理规则错误等，会导致误报或漏报故障，可通过完善知识库、优化推理机制等途径改进。软件系统故障诊断需要综合程序设计、运行机制、数据结构等要素，利用代码审查、性能分析、安全测试等技术，系统评估软件质量和可靠性。同时，还需充分挖掘运行日志、报错信息、操作记录等数据，并运用大数据分析、机器学习等智能化手段，及时发现和定位软件故障，持续优化和强化软件系统。

三、案例分析

（一）某台发射机输出功率不稳定的故障分析与排查

某台发射机输出功率不稳定，表现为输出功率忽高忽低，并伴有驻波比升高现象。经检查发现，功放电路中某个功率管栅极电压不稳，怀疑是栅极电路故障。于是，对栅极电阻进行测量，发现阻值异常偏低。进一步检查发现，栅极电阻的焊点虚焊，导致接触不良。重新焊接并更换了该电阻后，栅极电压恢复正常，

输出功率也趋于稳定。这起案例表明，虚焊等不良焊接是引起元器件参数异常和电路故障的常见原因，需要仔细检查焊点状况。同时，电压等关键参数的稳定性对于保证设备性能至关重要，应将其作为故障诊断的重点。

（二）某台发射机音频质量下降的故障分析与排查

某台发射机音频质量明显下降，出现失真、噪声增大等问题。经检查发现，调制电路中一块 DSP 芯片的工作电流异常偏低。更换该 DSP 芯片后，故障依然存在。进一步排查发现，DSP 的供电电压偏低，电源电路中一个稳压器件损坏，导致输出电压不足。更换该稳压器件并调整电源电压后，DSP 工作电流恢复正常，音频质量也明显改善。这起案例说明，音频质量问题可能与调制电路的数字信号处理环节有关，需要重点排查 DSP 等关键器件及其供电情况。同时，电源电路作为各部分的能量供给，其故障可能引起连锁反应，需系统分析和多点检测。

（三）某台发射机反复烧毁功率管的故障分析与排查

某台发射机反复烧毁功率管，更换新管后仍在短时间内烧毁。经现场测试发现，功放电路负载端存在严重的驻波，反射功率较大。检查负载连接线和天线，未发现异常。进一步利用网络分析仪测试发现，天线与发射机的阻抗严重失配，驻波比高达 5 以上。重新调试天线匹配单元，并适当延长馈线，使驻波比降到 1.5 以下，发射机连续工作一周后，功率管未再烧毁。这起案例说明，功率管烧毁的原因可能是负载不匹配导致反射功率过大，长期工作引起管子过热。驻波比和反射功率是判断负载匹配状况的关键指标，应纳入故障诊断和例行巡检的重要内容。

四、发射机日常维护要点

（一）运行环境的维护要求

发射机运行环境维护应重点关注温湿度控制，温度宜保持在 18-25℃，相对湿度控制在 45%-65%，使用空调、除湿机等设备维持环境稳定。做好防尘措施，定期清扫机房，使用防尘地板和过滤网。合理布置电磁屏蔽，采取接地、屏蔽等措施，降低电磁干扰，远离强电磁干扰源。配备火灾、防雷等安全防护设施，加强安全管理。科学规划线缆布线，电源线和信号线分开，保持线缆整齐有序。定期对环境进行巡检和测试，及时发现和消除环境隐患，为发射机可靠运行提供有利环境。

（二）硬件系统的定期检查与维护

硬件系统定期预防性检查和维护是保障发射机稳定运行的重要环节。定期全面细致检查和清洁各功能模块，如功放、调制、电源等，清除污物，检查元器件状态、线缆连接可靠性，发现问题及时处理。

对功率计、频谱仪、示波器等关键测试仪表定期校准，确保测量准确可靠。持续检测各监控参数，包括电压、电流、功率、温度等，对比分析趋势变化，及时捕获异常征兆。定期检测备用设备，确保其随时可用。按预防性维护计划定期进行保养，如更换老化部件、添加润滑油等，有效延长设备使用寿命。

（三）软件系统的定期维护

软件系统可靠性是影响发射机稳定运行的关键因素。做好软件系统配置、工作参数、日志数据等重要数据的定期备份，防止意外丢失。及时对软件系统进行更新和升级，修复漏洞，优化性能，提高软件质量和安全性。监控系统运行状态，对 CPU 占用、内存使用、进程运行等指标进行采集分析，及时发现和处理异常情况。定期开展系统安全扫描，检查系统是否存在病毒、恶意程序等安全隐患，发现问题及时清除。有计划地开展应急演练，针对可能出现的各种故障开展演练，检验应急预案的可行性和有效性。

（四）备品备件的配置原则

备品备件是发射机故障处理不可或缺的物质基础，需要全面考虑设备型号、故障率、使用寿命、采购周期等因素，优先配置故障频发、维修耗时长、采购周期长的关键部件。昂贵或采购困难的专用备件，可适当降低配置量，但要制定周全的应急预案。兼顾各类备件的均衡性，避免重点突出而其他缺失的不平衡现象。建立完善的备件管理制度，包括采购、储存、领用等环节的管理流程。定期盘点备件，对长期闲置或即将到保质期的备件及时检测和更换。平衡备件利用效率和经济性，科学配置备品备件。

结束语：

数字调幅中波广播发射机故障检修是一项复杂的系统工程，需要工程技术人员具备扎实的理论功底、丰富的实践经验和不断学习意识。只有全面掌握发射机的工作原理，熟悉各种故障的表现和诊断方法，并做好日常维护和管理，才能从根本上提高发射机的整体可靠性，减少故障停播时间。面对新技术带来的挑战，广播工程技术人员应积极主动地学习，用创新思维不断优化故障检修流程，为听众奉献更加优质的广播服务。

参考文献：

- [1] 王俊. 中波数字调幅广播发射机的常见故障及维护方法 [J]. 数字通信世界, 2022, (04): 179-181.
- [2] 师晶. 数字调幅中波广播发射机故障检修方法浅谈 [J]. 电视技术, 2021, 45 (12): 58-61.
- [3] 恩和. 海通 DA10 数字调幅中波广播发射机故障及处理方法 [J]. 数字传媒研究, 2021, 38 (12): 60-62.