

DX600发射机运行安全隐患分析

文 / 海峡之声广播电台 王晓

摘要：DX600 发射机采用哈里斯专利的数字化调制技术，整机实现晶体管化，特点是效率高、音质好、失真小、安保措施完善，然而监控电路复杂，运行环境要求较高。笔者多年来从事 DX600 水冷发射机的维护，现将维护中碰到的各种影响运行安全的隐患加以分析整理，希望对同行有借鉴意义。

关键词：DX600 发射机 安全隐患

1 引言

我台 DX600 发射机 2000 年自美国哈里斯公司引进，2001 年正式开播，是当时世界上最先进的中波广播发射机之一，运行至今已有 12 年。虽然整体运行较为稳定，但随着时间逐年增加，各种隐性故障逐渐增多，机器已进入全面维护期。下面是笔者在维护中碰到的一些常见的影响发射机安全

表 1 热交换器更换记录

时间	更换位置	备注
2006. 05	PB2	购新
2008. 05	PB1	购新
2009. 08	PB3	购新
2011. 11	PB2	维修过的
2013. 01	PB1	购新

运行的隐患。

2 影响发射机正常运行的几个安全隐患

2.1 热交换器发生渗水

我台 DX600 全固态中波发射机采用风冷和水冷两种冷却方式，其水冷系统的设备主要有：两台 7.5 马力的水泵，一主一备，用于向发射机输送冷却水；4 台干冷却器，用于冷却回水；膨胀水箱一个，用于气水分离、调节水位和补水。热交换器下面有 4 组铜排，每组 3 根，共 12 根，中间的两组是进水管，左右两组是回水管，所有功放模块的 1000 多只场效应管都紧贴铜排安装，以便冷却。

实际使用中，随着年限的增加，热交换器会产生渗水。在热交换器机箱内安装有发射机漏水检测探头，如果漏水严重则会引起发射机关机，严重影响安全播出。我台 2008 年曾因 PB3 热交换器漏水，导致停播 4 分

52 秒。分析渗水原因主要有以下两个方面：一是制作工艺的问题，热交换器结构复杂，工艺要求相当高，因此细小的砂眼可能在出厂时没有检测到，随着使用时间逐年增加渗水问题显现出来；二是冷却液质量问题，水路采用电导率低的蒸馏水作为冷却介质，但蒸馏水质量不高，造成管道腐蚀。

根据我台的实际维护经验，热交换器发生漏水故障呈有规律性出现。表 1 列出的是我台热交换器更换记录，从表 1 中不难发现 5 年左右为一个更换维护期。我台于 2001 年正式开播，2006 年更换第一台热交换器（PB2 内），至 2009 年，三个 PB 的热交换器全部更换一遍。2011 年第二次更换 PB2 热交换器，2013 年第二次更换了 PB1 热交换器，这给我们下一步维护工作提供了预判性参考。

2.2 整流柜大电流电缆温度过高

发射机每个 PB 有扩展机柜、左



机柜、中机柜、右机柜共四个机柜,由整流柜到PB各机柜的250V直流电缆,规格为350MCM(约177平方毫米)。我台在对各个机柜250V直流电缆摸温中发现有的电缆头温度高于60℃(正常为40℃左右),部分有烧黑迹象,甚至绝缘皮裂开,其中以左机柜更为明显。拆下后进行进一步检查,发现电缆头局部断丝,金属卡扣已经完全到位置极限没有弹性,这会严重影响发射机稳定运行。

产生这个故障可能的原因主要有3个。

一是电缆通过电流较大,长期运行造成线缆老化。发射机扩展机柜、左机柜及中机柜内各安装有64块功率放大模块,右机柜内安装有32块

功率放大模块(其中4块为二进制放大模块)。音频、直流和三角波的复合模拟信号经A/D转换变成复合数字信号,通过调制编码器又变成开通或关断等压功放和二进制功放的控制信号。模块开通控制信号顺序见表2,DX发射机模块采取由低序号到高序号顺序导通的方式,因此编号低的模块几乎一直导通。从表2中可看出左机柜的模块一直导通,实际工作中左机柜电缆发热现象最为明显,我们摸搥结果也验证了这点。正常载波情况下,发射机单个PB功率为200kW,开通模块为103块,每个模块输出功率为1.94kW。当一个PB模块全部开通时,功率为124.16kW,在大电流工作状态下,时间长了造成电缆老化。

二是电缆工艺问题。电缆在生产制作过程中有断丝,初期不易觉察,时间久了问题暴露出来。

三是电缆螺丝松动,造成电缆头接触电阻变大。设备因为震动等原因,运行久了,螺丝出现松动,造成接触电阻偏大,因而发热严重。处理方法是:一是对温度偏高的电缆头先进行打磨处理,涂导电膏;二是需要立即更换。

为预防故障发生,需经常测量电缆电阻值,看电缆是否导电性良好。在维护中我们建立了大电缆专项摸搥卡片进行跟踪观察,除每周摸搥外,还加入测量电缆阻值项目。目前已更换受损严重的电缆两根,同时还积极联系国内电缆厂家购买制作新电缆。

2.3 整机250V滤波电容大面积失效

发射机四个机柜中每个机柜内有两块保险板给功率放大模块提供250V工作电压(右机柜较为特殊,其中一块给功率放大模块供电,另一块给驱动模块提供电压,驱动模块电压为125V)。在整流柜经过整流后的250V电源先接到四个功放机柜内的保险板,经过保险板上8个35A的保险提供8路输出,每一路输出对地并联一只5100 μ F滤波电容,然后给4个功放模块供电。

5100 μ F滤波电容就是250V整流电路中主要的滤波电容。这些滤波电容为电解电容,有工作寿命长短。随着使用时间的逐年增加,电解液逐渐减少,容量也随之降低。我们曾对PB2机柜的电容进行测量,发现55个250V电源滤波电容中仅有13个容值在4000 μ F以上,其他的42个已经完全失效,占该PB电容的77%。拆下失

表2 模块开通控制信号编排表

机柜	编码板序号	ROM 序号	组别	所控功放模块编号
左机柜	A-29	ME1	一	1~7 和 216
		ME2	二	8~15
		ME3	三	16~23
		ME4	四	24~31
	A-28	ME5	一	32~38 和 217
		ME6	二	39~46
		ME7	三	47~54
		ME8	四	55~62
中机柜	A-27	ME9	一	63~69 和 218
		ME10	二	70~77
		ME11	三	78~85
		ME12	四	86~93
	A-26	ME13	一	94~100 和 219
		ME14	二	101~108
		ME15	三	109~116
		ME16	四	117~124
右机柜	A-25	ME17	一	137~143 和 220
		ME18	二	144~151
		ME19	三	125~132
		ME20	四	133~136 和 二进制功放 1~4
扩展机柜	A-31	ME21	一	152~158 和 214
		ME22	二	159~166
		ME23	三	167~174
		ME24	四	175~182
	A-30	ME25	一	183~189 和 215
		ME26	二	190~197
		ME27	三	198~205
		ME28	四	206~213



图 1

效电容后,发现重量明显较轻,里面电解液已很少,晃动时有声音,用电容表测量,无容值。这些电容达到使用寿命后性能会迅速下降,导致 35A 保险击穿, PB 功率降低明显(按一个模块输出功率 2kW 计算,击穿一个 35A 保险会导致 4 个模块不工作,即 PB 功率下降 8kW 左右),严重时会导致 PB 脱机。因此在维护中需要定期对整机 250V 滤波电容进行检测,若 35A 保险频繁击穿则应重点检测相应 PB 滤波电容,部分电容失效时甚至可以直接观察到明显漏液(见图 1)。

原装进口电容价格昂贵,一只要五六千元,我台积极开展滤波电容国产化(每只电容大概三千元),既解决了发射机安全运行隐患,又节约了经费。如图 1 所示,左侧为国产电容,右侧为失效的原装电容。截止到 2012 年,我们已经完成更换整机 250V 滤波电容共 165 个。更换后,机器工作状态稳定。

2.4 天调室中电容元件失效

DX600 发射机采用四塔定向,四座铁塔均建有调配室,其中两个为主调室,两个为反调室。天调室中电容



图 2

打火会引起天馈线驻波比保护,导致发射机关机。这个故障出现时,发射机 LED 板会显示天线驻波比红灯告警,同时造成脱机。在我台实际维护中发生过真空电容(1000pf)对地打火,将电容拆下摇绝缘,发现只有 10M(正常为 2500M 以上),绝缘度下降明显。分析原因为白蚁壁虎等动物尸体粘在电容上,造成对地打火的同时电容绝缘性能下降。处理方法是定期清洁维护真空电容,检测其绝缘及容值,对失效电容立即更换。此外需要定期对调配室土建结构进行全面巡视检查,对馈窗及门缝等缝隙进行封堵。

2.5 天馈线系统出现支撑哑铃断裂及馈线锈蚀

天馈线系统是天线系统和馈线系统的合称。这里对天馈线系统作个简单介绍,具体定量分析不在本文讨论范围之内。

天线对空间不同方向具有不同的辐射或接收能力,这就是天线的方向性。衡量天线方向性通常使用方向图,在水平面上,辐射与接收无最大方向的天线称为全向天线,有一个或多个最大方向的天线称为定向天线。定向天线由于具有最大辐射或接收方向,因此能量集中,增益相对全向天线要高,适合于远距离点对点通信,同时由于具有方向性,抗干扰能力比较强。我台采用的是 4 塔定向天线。馈线是连接电台与天线的重要设备。馈线终端

所接负载阻抗 Z_L 等于馈线特性阻抗 Z_0 时,称为馈线终端是匹配连接的。匹配时,馈线上只存在传向终端负载的入射波,而没有由终端负载产生的反射波,因此,

当天线作为终端负载时,匹配能保证天线取得全部信号功率。而当天线和馈线不匹配时(实际上也很难达到完全匹配),也就是天线阻抗不等于馈线特性阻抗时,负载就只能吸收馈线上传输的部分高频能量,而不能全部吸收,未被吸收的那部分能量将反射回去形成反射波。产生的反射波和入射波在馈线上叠加形成的磁波,其相邻电压的最大值和最小值之比是电压驻波比,它是检验馈线传输效率的依据,这种合成波称为驻波。电压驻波比过大,将缩短通信距离,而且反射功率将返回发射机功放部分,容易烧坏功放管,影响通信系统正常工作。

天馈线系统一旦出现问题,会造成发射机驻波比保护而脱机,处理不及时会造成长时间停播。笔者所处台站位于东南沿海地区,存在以下几个特点。

一是海风中盐分高造成天馈线锈蚀加剧,比如馈线双杆拉线及天线铁塔拉线锈蚀严重或馈线本身锈蚀严重。我台馈线芯线及地线采用铜包钢,经过长期的海风腐蚀,部分馈线出现爆皮现象;馈线水泥杆上使用的穿心螺杆,虽然外部可以涂抹防锈涂料,但位于水泥杆内部的部分则暴露于海风环境中,已出现大面积锈断;天线拉线上的放电伞大多锈蚀脱落,无法起到防雷作用。

二是台风较为频繁。台风等自然灾害的破坏力是相当惊人的,笔者所在台站,每年台风少则四、五个,多则十几个,每次台风过境,都会造成馈线损坏,比如馈线芯线被吹断直接搭到地线上,馈线支撑哑铃断裂(见图 2),内圈芯线偏离中央位置靠近外圈地线,导致馈线特性阻抗发生变化。

为应对这种不良的自然条件,我



图 3

们有如下做法。

(1) 天线大修

我台天馈线系统自建台以来没有得到过较为彻底的维护, 2013 年我们联系专业天线维护公司完成天线大修, 对四座铁塔拉线进行全面的防锈处理, 对铁塔刷防锈漆, 更换了天线放电伞。

(2) 加强日常巡视和维护力度

平时我们建立定期巡视天馈线制度, 对馈线支撑哑铃、馈线拉钩、水泥馈线杆的穿心螺杆及抱箍进行更换, 对馈杆拉线及馈线法兰螺丝进行防锈处理, 视情对馈线下方沿途长势过快树木清理砍伐。

(3) 建立完善应急措施

我台两次因台风恶劣天气发生馈线支撑哑铃断裂, 造成发射机驻波比保护, 导致停播。对此我们专门建立了防台风应急工具柜 (见图 3), 配齐抢修需要用到的工具, 用环氧树脂板制作了天线芯线与地线之间的绝缘支撑, 进一步提高了抗击台风应急播出能力。

2.6 电源系统发生故障

表 3 发射机主整变压器初级抽头短接方式与电压对应关系表

初级抽头	输入电压 (伏特)
1-2	10800
2-3	10400
1-4	10000
3-4	9600
4-5	9200

电源系统涵盖较广, 这里主要讨论两个方面: 一是外电不稳引起故障, 二是 UPS 电源故障。

由于发射机对外输电人的电压级别要求很高, 过压或欠压均会产生各种故障。我台曾发生过由于 10kV 外电偏高 (达 10.8kV), 早班人员试机时出现一系列故障。

先是触摸屏显示伺服保险故障, 立即处理后开机又显示驻波比故障自动倒两并机模式运行, 在两并机状态下又出现模式开关不到位等等软故障。笔者在参加台外 DX600 发射机装机时, 曾发生过因外电供电电压偏低 (9.6kV 左右), 发射机因此频繁脱机, 后临时将变压器抽头由按低一个电压档次的接法 (3-4 抽头短路) 连接后才正常开机。分析原因为: 一是高压外电不稳, 会造成 380V 发射机低压电源故障; 二是发射机主用 10kV 变压器输出偏高。

DX600 发射机主整变压器工作电压为 10kV, 三个变压器柜之间采用并联方式连接, 容量均为 405kVA。变压器初级为星形接法, 次级电压为交流 205V, 三角形接法。初级线圈内引出 6 个抽头, 根据输入电压的波动范围, 变压器初级抽头按不同方式短接来改变初级线圈匝数 (电压输入范围与变压器抽头连接方式见表 3)。

UPS 电源在广播电台及电视台中使用非常普遍, 它是一种含有储能装置, 以逆变器为主要组成部分的恒压恒频的不间断电源。主要

用于给单台计算机、计算机网络系统或其它电力电子设备提供不间断的电力供应。当市电输入正常时, UPS 将市电稳压后供应给负载使用, 此时的 UPS 就是一台交流市电稳压器, 同时它还向机内电池充电; 当市电中断 (事故停电) 时, UPS 立即将机内电池的电能, 通过逆变转换的方法向负载继续供应 220V 交流电, 使负载维持正常工作并保护负载软、硬件不受损坏。设备通常对电压过大和电压太低都提供保护。然而 UPS 电源也存在潜在的安全隐患, 从近几年国家广电总局的事故通报情况来看, 因 UPS 故障引发的重大停播事故时有发生。分析原因有: 一是 UPS 生产工艺及质量问题, 市面上的 UPS 质量良莠不齐; 二是 UPS 电池组老化严重。在使用 UPS 的过程中, 人们往往片面地认为蓄电池是免维护的而不加重视。然而有资料显示, 因蓄电池故障而引起 UPS 主机故障或工作不正常的比例大约为 1/3。

3 总结

影响发射机安全稳定运行的因素还有很多, 客观因素比如电路板元件老化、继电器动作机构失灵、电路板插接件接触不紧、微动开关磨损及个别模块集成化程度高难以拆解维护等等, 在此限于篇幅不再一一列举。这些需要我们在日常的检修维护中善于发现, 善于解决, 善于总结。同时主观上也要求每位从业人员严格落实发射台规章制度做好日常巡视及维护保养, 很多问题发现及时与否对后期处理会带来本质上的区别。以上是笔者从事 DX600 发射机维护工作以来的一些心得, 现在整理成文以便于同行之间互相交流借鉴。RTI