

# CINRAD/SA 雷达发射机故障诊断技术与方法

杨传凤<sup>1</sup> 袁希强<sup>2</sup> 黄秀韶<sup>1</sup> 刁秀广<sup>1</sup>  
吕庆利<sup>1</sup> 刘志红<sup>1</sup> 耿 力<sup>1</sup>

(1. 山东省气象台, 济南 250031; 2. 山东省气象科技开发中心)

**提 要:** 济南 CINRAD/SA 天气雷达自 2002 年 2 月交付使用至 2007 年 6 月, 雷达在工作中共出现大小硬件故障 41 次, 其中发射机故障 23 次, 占总故障的 56%。分析了发射机故障的成因, 并提出相应的排除方法和应对措施, 旨在积累经验达到快速排除故障的目的。

**关键词:** CINRAD/SA 雷达 发射机故障 诊断方法

## 引 言

CINRAD/SA 是当今国际上先进的气象雷达之一, 是由众多分机、模块组成的, 是集软件/硬件于一体的高精度现代化设备。整个雷达系统要完成发射、接收、在线标订、系统控制等主要功能。由于它结构复杂, 元器件繁多, 信号流程复杂, 所以它的故障也千变万化, 既有许多常见故障, 又有许多疑难故障。济南 CINRAD/SA 雷达自 2002 年 2 月交付使用至 2007 年 6 月共出现大小硬件故障 41 次, 其中发射机 23 次, 占总故障的 56%。为了使雷达技术保障人员在分析和排除故障时少走弯路, 将 5 年来我站发射机出现的故障进行分类与总结, 主要分析了故障出现的成因, 并提出相应的排除方法和应对措施, 旨在积累经验达到快速排除故障的目的。

## 1 发射机工作原理

CINRAD/SA 发射机是一部主振式速调管发射机。由图 1 可见发射机主要由高频放大链、高压调制器、高低压电源、控制保护信号四大部分组成, 其主要功能是为雷达提供一个载波受到调制的大功率射频信号, 经馈线由天线辐射出去。

## 2 发射机故障诊断技术与方法

### 2.1 发射机控制保护关键信号的检测

发射机控制保护命令等关键信号为发射机的源头信号, 当发射机发生故障时, 首先要根据 RDA 显示终端上的报警信息结合发射机控制面板的报警指示作出相应的判断直接检修与报警参数相关的电路, 如果二者无任何报警信息而发射机无法正常工作, 首先要检查信

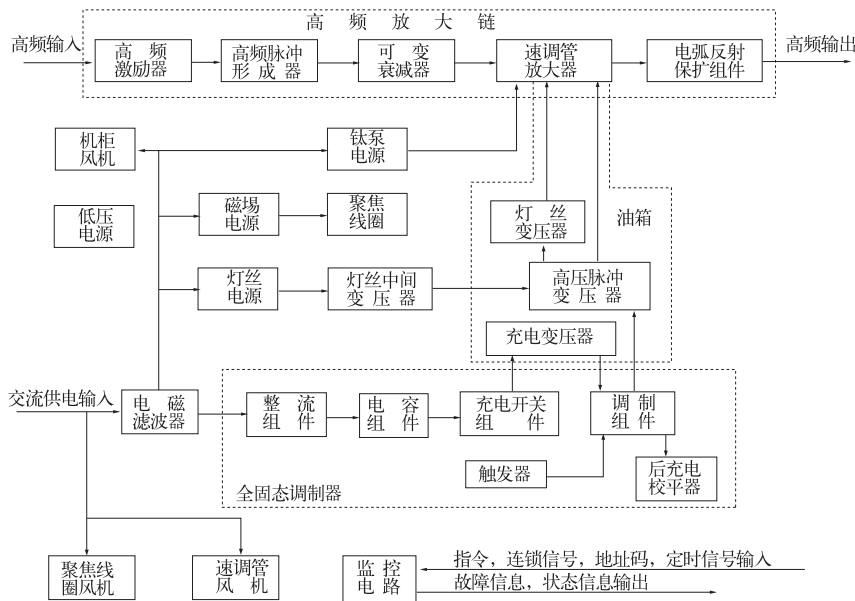
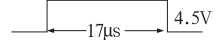
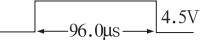
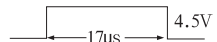
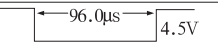


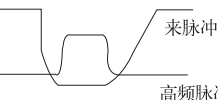








图 1 发射机工作原理框图

号处理器发出的控保信号是否正常,这些关键信号包括保护器命令 RC PT CMC、保护器响应 RC PT RSPS、充电信号 MODCHRG、放电信号 MODISCH、后校平信号 POS CH REG、灯丝同步信号 FIL SY TR、射频触发信号 RF DRIVER、射频脉冲起始信号 RF PLS ST,信

号可在 RDA 机柜后 5A16 I/O 信处转接板上测试点用示波器检测(信号检测波形见附表 1)。当检测到 5A16 I/O 无充/放电信号输出或无保护器命令相应或命令相应不正常时,即使发射机本身无故障但因得不到充/放电信号及发射命令它也是无法正常工作。

附表 1 发射机主要测试点信号检测波形

控保部分: 信号由信号处理器发出, 用示波器检测RDA机柜后5A16 I/O 信处转接板上的各测试点			
保护器命令 RC PT CMC		充电信号 MODISCH	
保护器响应 RC PT RSPS		放电信号 MODISCH	
		射频触发信号 RF DRIVER	
高频部分			
高频激励器 3A4XS5输出		高频脉冲与 束脉冲的关系	
高频脉冲形成器 3A5XS4输出			
高压部分			
开关组件 3A10 ZP1		触发器 3A11ZP15	
开关组件 3A10 ZP2		调制器 人工线电压	
开关组件 3A10 ZP9			

## 2.2 发射机电源故障诊断

与发射机有关的电源包括磁场电源、灯丝电源、钛泵电源及各种低压电源,对于电源的检修一般采用万用表检查其硅桥和电容是否短路,顺带检查 N3 保险组件的保险丝熔断,我站电源故障多集中在磁场电源和灯丝电源上,磁场电源因进风过滤网安装螺钉太长引起线圈对地短路,造成磁场电源控制板器件烧焦,在此提醒同行在清洁进风过滤网后,应检测聚焦线圈对地阻值,正常时在  $2\text{M}\Omega$  以上。灯丝电源故障多表现在欠流或其门限值处于临界状态,此类故障处理方法:(1)将 3PS1 控制板上的 RP1 反馈阻值调到最大。(2)调灯丝电流表 RP1 及 3A1A2 测量接口板中同步 RP8 使之示波器检测的单边波形电压为 120V。(3)调整 3PS1 A1 上的 RP3,如果达不到理想值,继续重复(2)(3)两步。

## 2.3 发射机高频环节故障诊断

高频部分主要功能是对高频信号进行脉冲调制,形成脉冲宽度为  $1.56\mu\text{s}$  的高频脉冲。该部分故障主要表现为无高频脉冲输出或有输出但其包络波形不正常,相应报警有“LIN CHAN RF DRIVE(KLY OUT) TST SIGNAL DEGRADED”、“TRANSMITTER (ANTENNA) POWER LOW”、“XMTR/ANT PWR RATIO DEGRADED”、“ANTENNA POWER BITE FAIL”等报警信息,发射机可以工作,但雷达产品资料没有任何回波显示或回波强度很弱。无高频脉冲输出故障首先检查射频触发信号 RF DRIVER 和频综 J1 输出功率是否正常,此信号正常而无高频脉冲输出,则故障锁定在高频放大链环路上,逐级检查 3A4、3A5 输出波形(在低压状态测试),正常时除去二者之间的耦合它们脉宽分别为约  $8.2\mu\text{s}$ 、 $1.56\mu\text{s}$  的高频脉冲(见附表 1),根据检查结果锁定故

障所在单元。

## 2.4 发射机高压故障诊断

发射机高压输出主要由全固态调制器完成,由图 1 可见交流三相 380V 输入电压,经整流组件 3A2 及电容组件 3A9 整流、滤波,转换为 510V 直流电压,输入充电开关组件 3A10。3A10 接到充电定时信号时,进入回扫充电周期,通过充电变压器 3A7T2 为调制组件 3A12 的人工线充电。充电结束后,人工线电压达到某一精确的设定值( $4.2\sim 4.8\text{kV}$ )。触发器 3A11 的主要功能是产生调制组件 3A12 中放电管的触发脉冲,同时兼具调制组件 3A12 的保护功能,并为充电开关组件 3A10 提供两组 +20V 电压,根据工作原理发射机高压无输出的主要原因有以下几个方面:

- (1) 无充、放电触发脉冲;
- (2) 充电开关 3A10 组件故障;
- (3) 触发器 3A11 组件故障;
- (4) IGBT 无 +20V、+510V 驱动电压或 IGBT 本身故障;
- (5) 高压调制组件 3A12 故障。

我们在检修中发现有些故障根据其报警信息很快会找到故障所在,如反峰击穿问题,而有些故障根据报警信息就是找不到问题,对于这样故障的检修,首先要判断故障是位于调制器前部的 3A10、3A11 组件还是其后部的 3A12 组件,也就是说故障是位于低压部分还是位于高压部分,断开 3A12 即甩开后部的高压部分后如果报警消失,说明故障多半是位于 3A12 组件或者位于 3A10 的 IGBT 上,检查是否有短路现象包括 IGBT、充电电路二级管、反峰、电容、电阻是否被击穿,用兆欧表摇测人工线及高压线对地阻值等。如果断开 3A12 后报警继续,故障则位于 3A10、3A11 上,重点检测 3A11 ZP15 输出,正常时为 200V 左右的负方波,3A10 的检修首先检测 ZP1,正常时约为 15 左右的充电方波,此检测点若无输出,一般情况下是 26LS33 芯片损坏。我站 3A10 组件是发射

机故障相对较多的组件,此组件故障发射机面板上一般不会有报警信息,多表现为自己点灯即 3A10 的 V6 报警,对于此故障的处理方法采取以下措施,(1) 检查 +20V 电源是否正常,(2) 检测 3A10 的 ZP1、ZP2,若输出正常,则重点检查 3A10A1 的监测电路部分。3A10、3A11、3A12 各组件主要测试点波形及数据见附表 1。

### 3 发射机高压故障诊断实例分析

#### 3.1 故障特征

发射机控制面板上相继出现“发射机过流”、“调制器过流”报警指示,RAD 终端监控器上有“TRANSMITTER OVERCURRENT”、“MODULATOR OVERLOAD”、“TRANSMITTER HV SWITCH FAILURE”、“FLYBACK CHARGE FAILURE”、“MODULATOR INVERSE CURRENT FAIL”、“MODULATOR SWITCH FAILURE”、“TRANSMITTER INOPERATIVE”等报警信息,发射机高压被强制关闭,雷达停运运行。

#### 3.2 故障分析与排除

根据报警信息,初步断定故障位于发射机的脉冲调制器部分,首先手动“故障复位”,发现发射机控制面板上“过流”报警清除,试图“加高压”试验结果失败,且报警再次出现,由于手动复位能将过流清除,说明过流只是瞬间的,发射机保护电路迅速自保,甩开高压 3A12 组件报警消除,初步怀疑 3A12 组件电路中可能有短路存在,检测 3A12 组件发现串联在一起的四只大功率二极管 3A12A3 全部被击穿,同时接人工线充电回路高压端的 14 号线有明显的打火痕迹(原因线裂),更换反峰二极管和高压线,再次“加高压”试验发射机面板上出现“回授过流”报警信息,3A10 中 V6 灯继续点亮,并且当甩开 3A12 组件报警不能消除,说

明故障与 3A12 组件无关,检测发现 3A10 的 ZP2 输出不稳定(脉冲方波波形左右移动),当测其 ZP1 充电脉冲出现两次充电现象(图 2),更换发射机主控板 A 板上的 D31、D32 和 3A10 的 N15 芯片后 ZP1 两次充电现象消除,“加高压”又出现高压输出时有时无现象,仔细排查发现 3A10 中 D10 芯片抗干扰能力差,处于不稳定状态更换之,为了更好地提高抗干扰能力,同时在 3A10 组件充电支路中 V21、V22 二极管的输出端并入 1000P 滤波电容,此后考机 48 小时系统稳定。

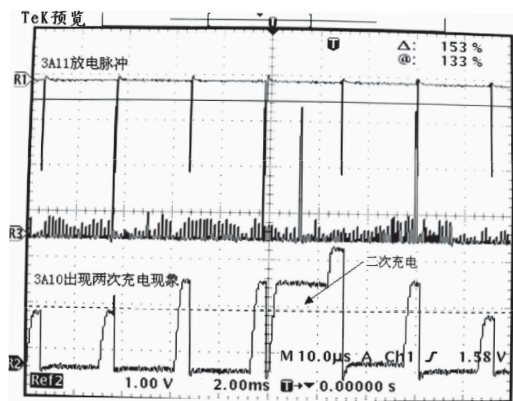


图 2 3A10 ZP1 充电脉冲出现两次充电现象

### 4 结 语

总结 23 次发射机故障,发现发射机故障主要分为高频、高压、电源、控保四个方面,相对而言高压部分故障率较高(占 47%),高压故障主要集中在调制器和开关组件上,报警表现为发射机过压、过流,调制器过流,充电回授过流,充电故障等。导致发射机故障率较高的主要原因是由于受调制的大功率射频信号对发射机器件的要求较高,既要耐高压又要耐大电流,其次发射机保护电路较多。所以要想达到快速检修的目的,不但要熟记设备信号流程,而且要牢记使设备工作必须具备的一些关键信号的波形、电压、电流等参数的范围,同时要求技术保障人员在工作中多学习,多积累实例故障排除经验。