

# GFE(L)型二次测风雷达大发射机故障 诊断分析方法

贾木辛, 安克武

(新疆气象技术装备保障中心, 乌鲁木齐 830002)

**摘要:**大发射机是 GFE(L)型二次测风雷达测距功能的核心, 如果大发射机出现故障将会无法实现测距功能。文章通过对大发射机电路进行分析, 结合对故障实例的分析处理, 总结出大发射机的故障诊断方法, 为大发射机现场维修提供参考及技术支持。

**关键词:**发射机; 晶闸管; 故障诊断; 分析方法

**中图分类号:** TH7      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1006-009X(2013)04-0111-04

## Fault diagnosis on the large transmitter of GFE (L) secondary wind measuring radar

Jia Muxin, An Kewu

(Xinjiang Meteorological Technology & Equipment Support Center, Urumchi 830002)

**Abstract:** The large transmitter is the core of the ranging function for GFE (L) secondary wind measurement radar. If the large transmitter appears the failures, it will not be able to complete the ranging function. Based on the circuit analysis of the transmitter, combined with trouble shooting methods, this paper summarizes the fault diagnosis on the large transmitter, which can provide the references and technical support for the site maintenance of the large transmitter.

**Key words:** transmitters; thyristor; fault diagnosis; analysis methods

## 0 引言

GFE(L)型二次测风雷达大发射机是测风雷达的关键部件, 工作期间处在大电流、高电压的工作环境中, 个别器件年久老化, 致使性能下降, 影响发射机的正常工作, 如果大发射机工作不正常将无斜距, 无法实现雷达测风功能。本文从 GFE(L)型二次测风雷达大发射机的组成和结构原理以及电路分析出发, 通过对大发射机信号流程关键点的测量, 依据输入到大发射机的触发脉冲的波形和参数、整流电路输出电压的测量、脉冲形成网络中晶闸管的测量和高压电容等的检测以及各类独立器

件的测量方法和故障的诊断分析, 并通过故障实例分析, 给出故障诊断依据、得到测试结果和排除方法<sup>[1,2]</sup>。对整机带电测量和独立器件测量相结合的方法进行了系统总结, 目的在于为测风雷达大发射机现场故障处理提供经验及技术支持。

## 1 大发射机电路分析及信号流程

### 1.1 电路分析信号流程

大发射机电路主要由整流电路、脉冲形成网络(仿真线)、发射触发脉冲整形放大电路、脉冲调制电路组成。信号流程如图 1 所示。

(1) 首先, 大发射机输入 220 V 交流电, 经过

T1 变压器放大,再经过 V1~V8 整流二极管整流输出半高压时 800 V、全高压时 1 600 V 的直流电压。

(2) 整流输出的直流高压送往 LC 谐振充电,仿真线由 8 个高压电容及 8 个电感器件组成。

(3) 由 11-3 板输出 600 Hz、0.8 μs 的触发脉冲,送往大发射机发射,触发整形放大电路经 T2 变压器输出三路发射触发信号到 V16、V7、V83 个晶闸管控制极,此时与仿真线形成 0.8 μs、800 V、600 Hz 的矩形脉冲送往脉冲调制电路。

(4) 经过 T4 脉冲变压器放大后送往磁控管阴极,通过磁控管 1 675 MHz 载波形成峰值功率大于 15 kW 的矩形脉冲调制电子束送往天线。

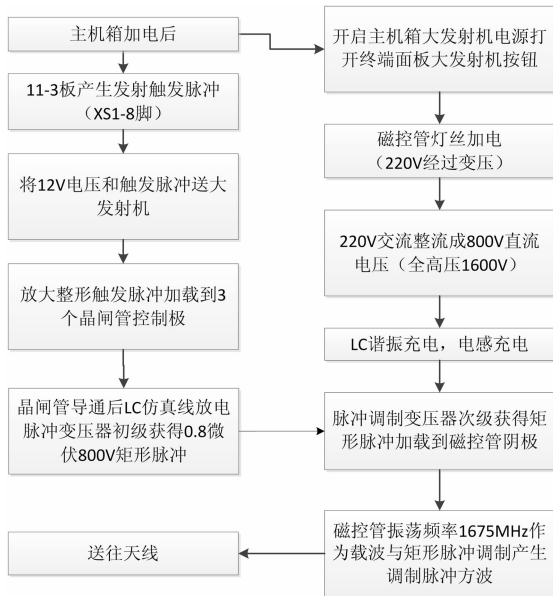


图 1 大发射机信号流程

### 1.2 关键点波形测试

在大发射机现场测试中只需要使用万用表及示波器完成各类测试,台站均具备测试条件。重要的是操作人员需要熟悉信号流程和看懂看清电路图纸。

#### 1.2.1 发射触发脉冲测试

主机 11-3 产生的发射触发脉冲和主机箱电源产生的 12 V 电压经过 50 m 线缆送到天线座,经过长距离后信号衰减,需要整形和放大后再加载到晶闸管的控制极。主要参数及测量方法:

(1) 主机直接送来的 12 V 电压,使用万用表测试 XS3 头的脚 1 端。在测试的时候,打开主机箱电源,关闭发射机电源,在打开雷达天线底座发射机盖子。实际测得 12.1 V。

(2) 主机直接送来的触发脉冲,是一个锯齿

波形,测试点 XS3 头的脚 3 端,没有经过放大和整形,波形如图 2 所示。

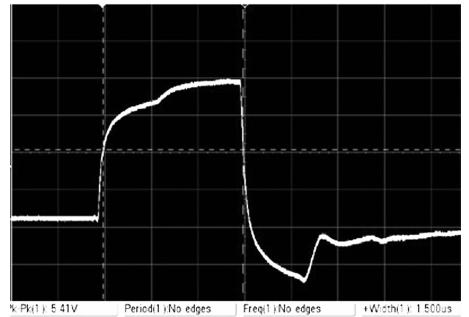


图 2 送往大发射机的发射触发脉冲波形

(3) 经过放大和整形后加载到晶闸管上的发射触发脉冲(发射机电源关闭状态)。主机直接送来的 12 V 电压,经过 N17805 形成 5 V 电压,加载到 54LS223 和 54LS244 芯片上,经过放大和整形后再经过 T2 变压器生成 3 路信号输出到晶闸管上的触发极。正常波形是幅度为 5 V,宽度为 3.5 μs 的方波。波形如图 3 所示。

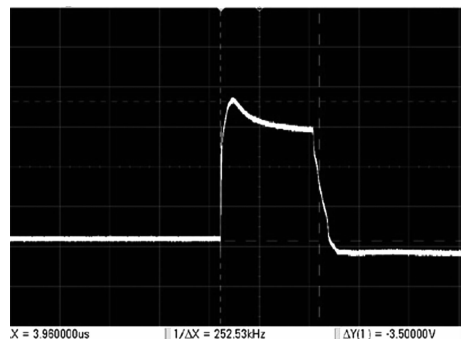


图 3 发射机晶闸管触发极触发脉冲波形

#### 1.2.2 晶闸管测试

L 波段雷达使用的是 KG50-10 型晶闸管,晶闸管是一种 4 层结构的大功率半导体器件,它同时也被称为空整流器或可控硅原件。它有 3 个引脚,即:阳极(A)、阴极(K)、和门极(加控制脉冲),晶闸管具有硅整流器件的特性,能在高电压、大电流条件下工作,且其工作过程可以控制。L 波段雷达使用的晶闸管为三极导通控制类型。主要参数测试方法

(1) 闸管的阴极与门极(加发射脉冲)如图 4, BC 之间的电阻约 50 Ω 左右,使用普通的万用表直接可以测量。

(2) 晶闸管的阴极与阳极 AB 之间的电阻非常大,基本达到 MΩ 级或无穷大。

需要注意的是测量时需要将 B 和 C 端拆卸下来测量。如图 4 是 L 波段雷达发射机晶闸管实物图。

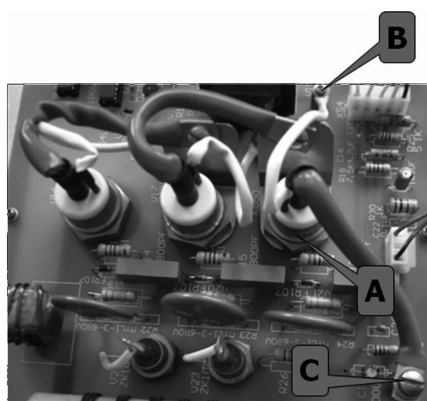


图4 发射机晶闸管实物图

### 1.2.3 发射机高压电容测试(CYHM-4)

L波段雷达发射机通过固态调制器形成宽度 $0.8\ \mu\text{s}$ ,幅度为 $8\ 000\ \text{V}$ 的高压脉冲,调制器的工作可分为充电和放电两个过程,其中充电的方法采用的是直流谐振式充电。在测距分系统的发射触发脉冲送来之前,直流高压对仿真线的电容器充电,当仿真线上的电容器充满达到直流高压 $E_C = 800\ \text{V}$ 时,串接在充电支路中的充电电感将所贮存的能量又继续向仿真线上的电容器释放,即仿真线上的电容器获得第二次充电。此时串接在充电支路中的二极管起着防止充电电感产生反向电流的作用,从而使仿真线上电容器的电压达最大后维持不变,以等待放电。由于占空比很大,约 $2\ 000:1$ ,因此谐振充电时间很充足,足以使仿真线上电容器两端电压 $U_C$ 充到直流高压的两倍,即 $U_C = E_C \times 2 = 800 \times 2 = 1\ 600\ \text{V}$ 。

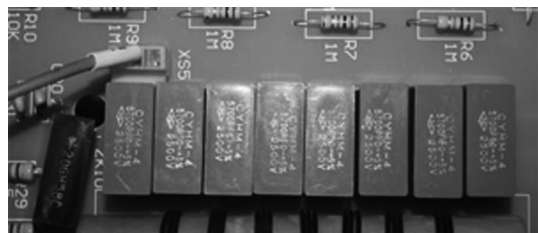


图5 发射机仿真线充电电容实物图

在测量充电电容时,必须将电容拆卸下来用万用表电阻挡(最大档)分别将两个表笔放置到电容的两个极,如果万用表电阻始终显示无穷大,说明电容工作正常,如阻值很小说明已经击穿,有阻值显示说明性能下降,需更换。

### 1.2.4 直流电压电源测试

为发射机仿真线电容充电提供直流 $800\ \text{V}$ 的电压,直流电压测试方法:

(1) 打开雷达天线底座发射机盖子,找到电路板上R8、R9、R10测量点。测试时必须小心。

(2) 开启主机箱发射机电源,在终端界面上

开启发射机高压

(3) 用万用表置到电压 $1\ 000\ \text{V}$ 直流档,黑表笔达到发射机机壳,红表笔分别小心达到R8、R9、R10端,实际测量得到 $V_{R10} = 1.9\ \text{V}$ (非接地端), $V_{R9} = 185\ \text{V}$ (前端), $V_{R8} = 358\ \text{V}$ (前端)。

(4) 全高压状态下,测得 $V_{R10} = 2.0\ \text{V}$ (非接地端), $V_{R9} = 225\ \text{V}$ (前端), $V_{R8} = 434\ \text{V}$ (前端)。

### 1.2.5 磁控管电流测试

当发射机高压加载成功,在磁控管阴极上加载很大负脉冲,在磁控管阳极板上可以收集到电子束感应电流,可以使用万用表测试磁控管电流,测试点在T3脉冲变压器红线上。在半高压时测得 $2\ \text{V}$ ,全高压测得 $3\ \text{V}$ 。

### 1.2.6 高压过荷电压测量

输入 $220\ \text{V}$ 电压后经过整流,经过电阻R11( $510\ \Omega$ ,在电路板焊接状态下 $140\ \Omega$ )电压取样,半高压情况下取样电压 $V = 6.31\ \text{V}$ 。测试点选择在R11端子上。

### 1.2.7 整流二极管测量

用万用表欧姆档测量单向应为导通,反相阻值应为无穷大。

### 1.2.8 T3脉冲变压器测量

入线1、2和出线3、4中,1、3通,2、4通,其余两两不通。

## 2 大发射机故障诊断分析方法

### 2.1 故障分类及其可能原因

一般情况下大发射机的故障有以下几种:

#### (1) 发射触发故障

故障现象为开大发射机无电流指示,无主波时:首先考虑11-3板无发射触发产生,或者没有送到大发射机;另外大发射机54LS221、54LS44或者三极管3DK9损坏;另外可能11-2板损坏,主要是74LS77或者稳压管V1、V2损坏。

#### (2) 整流电路故障

故障现象为半高压工作不正常时:首先看输入到大发射机 $220\ \text{V}$ 供电是否正常,然后检查变压器T1及整流二极管是否老化被击穿。

#### (3) 脉冲形成网络故障(仿真线)

表现现象:开大发射机电流起来后,马上又回到零,显示过压短路或者过荷包护等。这部分电路主要可能会是:晶闸管KG50损坏、仿真线 $5700\ \text{PF}$ 电容漏电或短路、R26击穿、或发射机有一导线与机体短路。

#### (4) 脉冲放大电路及磁控管故障

故障现象:开大发射机电流满偏、天控乱转;能开半高压不能开全高压。此时前者是因为大发射机脉冲变压器 T3 损坏;后者是因为磁控管漏磁而造成的。

### 2.2 故障诊断及排除方法

当出现大发射机故障时应根据具体故障现象对症诊断,逐个排除,采取在线带电测量及分离器件脱离测量相结合的方式,各探空站均有具备。

(1) 首先排除进入到大发射机的电源及发射触发信号是否正常。如果不正常先将进入到大发射机的前端线缆进行排查,对主机箱输出的发射触发脉冲使用示波器进行测量。

(2) 当发射机出现故障时无需加载高压,按顺序测量进入到大发射机的发射触发脉冲、12 V 直流电源、T2 变压器前端发射触发波形、输出端三路发射触发脉冲。如果进入到大发射机的触发脉冲正常,T2 前端无触发脉冲需检查发射触发脉冲放大整形电路。此时更换 54LS221、54LS44 或者三极管 V11(3DK9H);如 T2 前端有发射触发,后端输出的三路无发射触发更换 T2 变压器。

(3) 排除了发射触发故障后断电拆卸大发射机,按顺序拆卸三个晶闸管,按 1.2.2 节进行独立器件测试,更换损坏的晶闸管。

(4) 排除晶闸管故障后按 1.2.3 节拆卸高压电容进行独立器件测量,更换损坏的高压电容。

(5) 排除上述故障后加高压如果出现工作不正常,断电拆卸整流二极管,用万用表测试整流二极管,更换损坏的整流二极管。

(6) 再加高压正常后按 1.2.4 节进行在线带电测试,整流输出 800 V 直流电压是否正常。

(7) 如果出现半高压能加上全高压加不上去,此时一定是磁控管被磁化,更换磁控管或脉冲变压器。

(8) 排除以上大发射机故障后还是高压加不上去,则一定是高压控制电路出现问题,更换 11-2 板解决。

## 3 典型故障案例分析

### 3.1 故障现象

- (1) 高压工作正常,全高压加不上;
- (2) 半高压工作不正常;

(3) 磁控管电流指示和增益指示满偏,天控失控。

### 3.2 故障判断

(1) 高压工作正常,全高压加不上的可能原因有:

a. 磁控管不正常会导致半高压正常,全高压加不上,原因是如果磁控管时间用的比较长,或者被铁器磁化过,使磁控管充磁受到损伤,造成全高压时因功率不够而不能正常工作;

b. 脉冲变压器的不正常,也会造成此现象。因为脉冲变压器是产生高压的器件,如果脉冲变压器的初次级与地耐压不够,而造成打火等原因,使全高压加不上;

c. 仿真线上的高压电容不正常,使其在半高压时,电容能承受,而全高压时仿真线上的某一只电容可能不能承受其高压而被击穿,导致全高压加不上;

d. 排除大发射机本身故障以后,全高压还是加不上,那么就是 11-2 板全压/板压控制电路出了问题。一般来说是 11-2 板 V8(3DK4B)损坏所致。

(2) 半高压工作不正常的可能原因有:

a. 发射机上 V1, V2, V3, V4, V5, V6, V9 整流二极管中的任何一只损坏都将没有高压输出;

b. 仿真线上的某一只电容击穿造成仿真线上无高压,而不能正常工作;

c. V16, V17, V18 三只晶闸管任何一只损坏也会使发射机不能正常工作;

d. 发射触发信号没有加到 V16, V17, V18 晶闸管上,晶闸管将不能导通而使发射机不能正常工作;

e. 11-2 发射控制板故障也会使发射机高压加不上,如自检电路显示过荷保护,判断为发射机保护电路出了问题,将 D1:74LS77 拔掉,用万用表检查 10 V 稳压管 V1,发现击穿,正常情况,该管正向电阻约 1.2 k $\Omega$ ,反向电阻约 6.5 k $\Omega$ 。若该管是好的,就应该是 D1:74LS77 损坏。如自检电路显示反峰保护,那么就可能是 10 V 稳压管 V2 击穿。

(3) 磁控管电流指示和增益指示满偏,天控失控的可能原因:此为大发射机出现故障。一般为脉冲变压器损坏所致,导致电流加大,将阻值为 15  $\Omega$  的 R26 电阻烧至似开路非开路状态,光线暗时可以看到该电阻中间有打火现象。脉冲变压器

(下转 118 页)