

# 铜仁CINRAD/CD天气雷达发射系统 故障实例解析

桂永刚, 陈超\*, 杨恩波, 吕春艳, 吴弘智

贵州省铜仁市气象局, 贵州 铜仁

收稿日期: 2024年5月30日; 录用日期: 2024年6月29日; 发布日期: 2024年7月5日

## 摘要

新一代天气雷达作为天气探测的主要手段, 在灾害性天气监测与短临预报预警中起到极其重要的作用, 然而雷达的故障将极大影响雷达的业务使用, 因此如何高效率排除故障就极为重要。本文对铜仁CINRAD/CD新一代天气雷达进行了简要介绍, 通过对雷达发射系统常见故障进行总结分析得出了一些雷达故障诊断和排除经验, 为从事同型号新一代雷达运行保障台站提供参考。

## 关键词

天气雷达, 发射系统, 故障, 诊断

# Analysis of Failure Cases of the Weather Radar Transmitter System in Tongren City's CINRAD/CD Radar

Yonggang Gui, Chao Chen\*, Enbo Yang, Chunyan Lyu, Hongzhi Wu

Tongren Meteorological Bureau of Guizhou Province, Tongren Guizhou

Received: May 30<sup>th</sup>, 2024; accepted: Jun. 29<sup>th</sup>, 2024; published: Jul. 5<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

As the main means of weather detection, the new generation of weather radar plays an extremely important role in severe weather monitoring and short-term forecast warning. However, because radar failure will greatly affect the operational use of radar, it is extremely important of how to efficiently troubleshoot the fault. In this paper, CINRAD/CD new generation weather radar in Tongren is

\*通讯作者。

文章引用: 桂永刚, 陈超, 杨恩波, 吕春艳, 吴弘智. 铜仁CINRAD/CD天气雷达发射系统故障实例解析[J]. 气候变化研究快报, 2024, 13(4): 775-779. DOI: 10.12677/ccrl.2024.134088

briefly introduced, including some radar fault diagnosis and troubleshooting experience which are obtained by summarizing and analyzing the common faults of radar launching system, which can provide reference for the operation support station of the same type of new generation radar.

### Keywords

Weather Radar, Launch System, Malfunction, Diagnosis

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc. This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0). <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



## 1. 引言

铜仁 CINRAD/CD 新一代天气雷达是 CINRAD/CD 型 C 波段全相参脉冲多普勒天气雷达(以下简称铜仁天气雷达), 位于东经 109°13'3", 北纬 27°49'19", 站址海拔高度 757 m, 于 2012 年 9 月建成并投入业务试运行, 汛期 5~9 月全天时连续观测; 非汛期 10 月~次年 4 月每天 10~15 时连续观测; 遇有重要天气过程时连续观测, 直至天气过程结束或移出雷达站探测范围。2013 年通过中国气象局气象探测中心组织的现场测试, 2014 年纳入中国气象局业务考核。从试运行到 2023 年 12 月, 已运行超过 11 年, 累计运行时间超 7.5 万小时。

全国新一代天气雷达部署以来, 大量运维保障人员对其进行研究, 总结得出了许多故障维修排除方法, 如雷登林、田程等的 CINRAD/CD 天气雷达发射系统解析介绍了“开关电源”及“灯丝欠流或灯丝过流”故障原因及处理方法[1]; 罗红等的发射机调制系统故障诊断技术对开关电源及固态调整器引起的故障做了总结与诊断[2]; 毕明林等人通过雷达速调管故障使发射功率变低、回波偏弱的故障处理, 梳理了速调管原理及结构, 总结了故障判断和处理方法[3]。然而同型号雷达同系统不同的故障现象, 雷达故障处理过程也不尽相同。

本文以铜仁天气雷达出现的发射系统常见故障为例, 通过实例解析, 总结了类似故障的产生原因及排除方法, 为各台站高效排除此类故障提供参考。

## 2. 雷达发射系统

### 发射系统组成

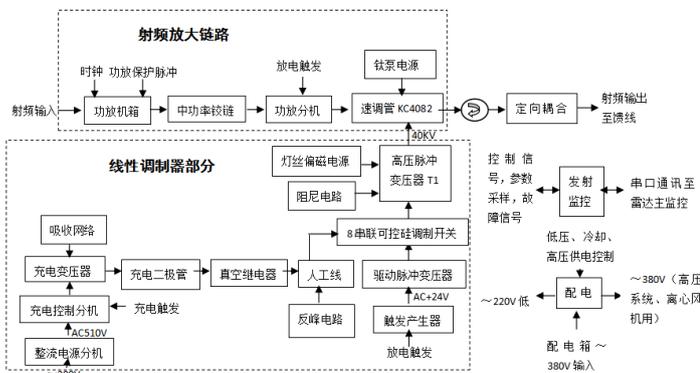


Figure 1. Composition and flow signal diagram of the transmitting system  
图 1. 发射系统组成及流程信号图

CD 雷达发射系统为固态功放和 KC4082 永磁聚焦直射式脉冲速调管级联而成的主振放大式发射机,由调制机柜和射频机柜组成,主要部件有速调管、功放、调制器、高压电源、发射监控分机等,其中发射系统主要功能是将接收到的低功率高频触发脉冲信号,经过一系列的调整、控制后输出大于等于 250 kW 的高功率高频率的脉冲信号。发射系统组成及流程信号方框图[4],如图 1 所示。

### 3. 故障实例解析 1

#### 3.1. 故障现象

2022 年 6 月 1 日 11 时铜仁雷达业务监控系统报警,雷达远程终端软件报警灯全部亮红色,通过远程控制监控分机进行故障复位,复位后,其余故障告警消失,雷达报风冷故障和偏磁故障,无法开启高压。

#### 3.2. 故障处理与分析

##### 3.2.1. 偏磁故障

灯丝偏磁分机为速调管灯丝提供 130 V 的交流电源以及为脉冲变压器所需的偏磁电源,主要有 6 个继电器、灯丝隔离变压器 T1、偏磁变压器 T2、整流滤波电路、保护电路、电流互感器 TA1 等组成。当偏磁电流过低时,电流型继电器 K6 动作,通过 K6 触点送出偏磁故障至监控分机,显示“偏磁故障”。根据灯丝偏磁分机原理及电路图,可以总结出分机的主要故障及原因,如表 1 所示。

Table 1. Main faults of bias extensions

表 1. 偏磁分机主要故障

故障信息	动作器件	故障原因及检查方向
欠流或过流故障	K1 或 K2	灯丝电流过大或过低,正常为 0.6 A 左右,检查前端 PV2 电压值。
注电流故障	K5	注电流过大,检查 T1~10 输出电压。
偏磁故障	K6	偏磁电流低,保险丝 FU2 熔断, T2 输出、桥堆 U1 等输出变差, K6 变坏等。

找出偏磁电流过低的原因及可排除“偏磁故障”。通过故障表 1 确定故障信号动作器件,再根据电路原理图进行一一检查,使用万用表对保险丝 FU2 进行通断检测,通路正常;其次使用万用表对变压器 T2 的输出电压进行检查,电压正常;再对桥堆 U1 输出端进行检查,偏磁电压 1.7 V,偏磁电流为 4.1 A 左右,均处于正常值范围;将万用表调到欧姆档对电流型继电器 K6 (JZ-3-3)的 6、7 常闭触点之间阻值进行测量,发现再偏磁分机断电情况下,6、7 常闭触点间电阻值在 19.8  $\Omega$  左右,远大于正常 0.8  $\Omega$  左右的阻值。更换继电器 K6 (JZ-3-3),开机后偏磁故障消失,元器件老化阻值增大是导致偏磁电流过低的直接原因。

##### 3.2.2. 风冷故障

速调管管体插在风机线圈中,管体的冷却则由线圈离心风机完成。而在离心风机的风道上设有风压检测装置,由一块用于检测风压的金属薄片、弹簧杆、微动开关等组成。风量小时,金属薄片、弹簧杆带动微动开关动作,将闭合信号送至监控分机,显示“风冷”正常。当风压不够小时,微动开关释放,将故障信号送至监控分机,显示“风冷”故障。雷达报“风冷”故障时,雷达自我保护电路动作,断掉高压,延时后切断发射机低压。造成“风冷”故障的可能原因有:金属薄片脱落、弹簧杆变形、风道堵塞、风机缺相或停转等。

现场检查,市电工作正常,再检查离心风机时,发现风压开关的金属薄片已经脱落,更换备件后,“风冷”故障消失,雷达正常开机。风压开关长期工作在风道口,金属薄片焊接点老化导致脱落。在此

建议厂家重新设计风压检测装置，风道内部空间小，更换风压开关非常困难。

## 4. 故障实例解析 2

### 4.1. 故障现象

2021年7月13日日维护时发现雷达发射峰值功率低于240 kW (正常情况雷达峰值功率大于250 kW)，通过定向耦合器测试端口，现场使用功率计测试功率为226 kW，雷达监控终端软件无报警信息，对比正常时的地物回波强度偏弱。

### 4.2. 故障处理及分析

由雷达发射机组成及流程图可知，影响雷达发射功率的分为线性调制部分与射频放大链路。线性调制线路，可以看成是脉冲速调管的供电部分，供电电压降低将直接影响发射机发射功率偏低，常见的原因有：可控硅被击穿、灯丝电压偏低等。射频放大链路可简单看成高频信号调整线路，可使速调管获得最佳激励状态，输入信号状态也将直接影响发射功率，常见原因有：固态功放输出电缆开路、速调管寿命到期、速调管激励偏低、高压调制脉冲未把功放输出射频脉冲对等包裹等。

1) 从调制机柜入手，检查各机柜有无异常，正常。打开高频机柜门，拉开门卡关，雷达重频设置为1000 Hz 不变比，通过“本控”启动雷达，15分钟后“准加”灯亮起，说明低压部分正常。开启雷达高压，观察各分机面板参数表数据与往期正常记录对比，各种仪表数据指标无明显变化，说明线性调制线路正常。

2) 检查速调管的输入激励信号是否达到最佳状态，激励信号功率偏高或偏低以及包络情况都将影响速调管的输出功率。示波器接入功放分机末端输出可调衰减器 SHK-4 [N]的输出端口，通过观察激励信号的上升沿、下降沿、脉宽、顶降等波形数据，可以确认激励信号为正常激励。

3) 使用示波器检查高压调制脉冲是否把功放输出射频脉冲对等包裹即检查嵌套状况，关雷达高压，在1 μs 时，示波器 CH1 通道设置匹配阻抗为1 MΩ，并探头放在脉冲高压变压器输出高压绝缘子边上，用于观察耦合调制脉冲波形；发射激励输出通过检波器接入示波器 CH2 通道(设置匹配阻抗为50 Ω)，人员远离变压器，打开雷达高压，检查调制脉冲波形和检波包络关系，测试情况如图2所示，调制脉冲波形和输入射频脉冲嵌套关系较差。

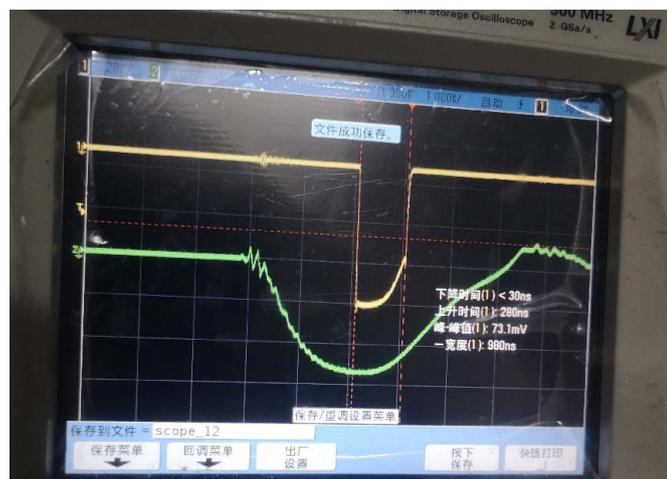


Figure 2. Waveform nesting before 1 μs adjustment

图 2. 1 μs 调整前波形嵌套情况

