

蔡勤, 柴秀梅, 周红根, 等. CINRAD/SA 雷达闪码故障的诊断分析[J]. 气象, 2011, 37(8): 1045-1048.

CINRAD/SA 雷达闪码故障的诊断分析^{*}

蔡 勤¹ 柴秀梅² 周红根³ 李冰峰¹ 杨 莹¹ 朱 毅³

1 徐州市气象局, 徐州 221006

2 中国气象局气象探测中心, 北京 100081

3 江苏省气象技术装备中心, 南京 210008

提 要: 2009 年 2 月 8 日至 16 日徐州天气雷达开机过程中, 产品出现断断续续的拉丝现象, 产品拉丝处图像掩盖了实际回波, 而检查雷达的各项标校参数, 其值均在正常范围且无任何报警, 雷达回波异常, 使雷达不能正常发挥其有效的作用。通过对 CINRAD/SA 雷达伺服信号链路进行分析, 查找闪码故障的产生原因和检测检修方法, 为雷达技术保障人员提供现场维修、维护方面的经验。

关键词: CINRAD/SA 雷达, 角码, 闪码, 故障诊断, 故障检测, 排除

Diagnosis and Analysis of Flash Code Failure in CINRAD/SA Radar

CAI Qin¹ CHAI Xiumei² ZHOU Honggen³ LI Bingfeng¹ YANG Ying¹ ZHU Yi³

1 Xuzhou Meteorological Office of Jiangsu, Xuzhou 221006

2 CMA Meteorological Observation Centre, Beijing 100081

3 Jiangsu Meteorological and Technical Equipment Centre, Nanjing 210008

Abstract: In the period of CINRAD/SA radar location updating during 8—16 February 2009, wiredrawing phenomena were discovered in the radar products from time to time. Real images were overspread by the positions of wiredrawing. There are no alarms or abnormality by checking radar parameter criteria. We cannot use those abnormal images if the radar could not work regularly. By analyzing the servo signals of radar, we have found the causes for the malfunction and the method of maintenance.

Key words: CINRAD/SA radar, angle code, sensing code, fault diagnosis, fault examination, elimination

引 言

我国新一代天气雷达投入业务运行以来, 在雷达的故障分析及维护保障方面, 已积累了一些实践经验。王志武等^[1]搜集和整理了十几个 CINRAD/SA/B 雷达出现的相似故障, 由此, 针对性地提出了一些加强新一代天气雷达可靠性的措施和改进雷达性能的意见。周红根等^[2]从连云港等多个 CINRAD/SA 雷达中, 选取由于天伺系统造成 PUP 图像产品异常的两类特殊故障, 通过使用雷达 RDA-

SOT 测试程序, 分析雷达基数据, 测量和比较测速反馈电压等方法, 对雷达回波在不确定的某个方位上出现在径向上的错位故障和回波图像上出现毛刷现象的故障进行分析, 揭示它们的故障成因。胡东明等^[3]依据 CINRAD/SA 雷达系统完善的自动定标系统和可靠的故障诊断系统, 利用其“故障报警信息”和“雷达性能参数”, 完成对雷达系统的日常维护及故障诊断。周红根等^[4]通过对连云港 CINRAD/SA 天气雷达安装调试以来所出现的故障, 从雷达硬件和软件两方面来分析各类故障成因, 由此提出相应的解决方法和措施。本文根据 2009 年 2 月 8

* 中国气象局 2009 年行业专项(2009416054)资助
2010 年 6 月 5 日收稿; 2011 年 5 月 24 日收修定稿
第一作者: 蔡勤, 主要从事雷达技术保障工作. Email: 261542666@QQ. cn

日至 16 日徐州天气雷达开机过程中,产品出现断断续续的拉丝现象,产品拉丝处图像掩盖了实际回波,而雷达的各项标校参数正常,且无任何报警,但雷达回波异常现象,从 CINRAD/SA 雷达伺服信号链路进行分析,查找闪码故障的产生原因和检测检修方法,为雷达保障人员提供现场维修、维护方面的经验^[5-6]。

1 雷达天线驱动和位置控制信号流程

雷达天线驱动和位置控制信号流程如图 1 所示。雷达天线的转动由驱动电机驱动,通过测速电机进行速度控制,用旋转变压器进行空间定位,天线的驱动信号是由 RDASC 程序发出的命令来控制,这个命令经 RS-232C 串口送到数字控制单元,然后经功率放大单元,提供足够的功率以驱动方位和俯仰电机。天线速度信号、轴角盒空间位置信号等,经 RS-232C 送到数字控制单元 5A6,通过 DAU 接口板和计算机硬件信号处理器相连。

从信号流程图 1 可以看出,信号链路上任何一环节出现问题都可能造成天线停转、失控、转速不均匀或闪码等现象。

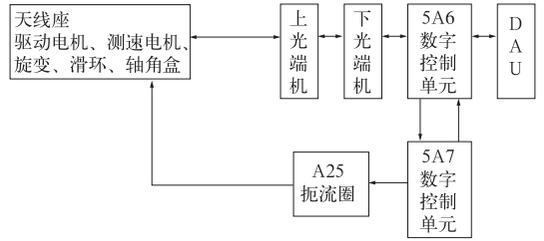


图 1 雷达天线驱动和位置控制信号流程

Fig. 1 Signal flow chart for radar antenna drive and position control

2 闪码故障现象

2009 年 2 月 8—16 日,徐州 CINRAD/SA 雷达出现角码闪码现象如图 2,具体表现为:(1)雷达能做正常体扫,但部分雷达产品出现拉丝现象。出现拉丝现象的方位不固定,时间不固定,有很大的随机性,有时几个连续体扫产品都正常。(2)雷达监测系统标定参数 CW、RFD、KD、滤波前后功率、速度和谱宽等参数均在正常值范围,系统并无任何报警。(3)现场观察雷达伺服 5A6 扫描数码显示,在雷达体扫过程中,会不定期出现闪动。(4)检查雷达实时

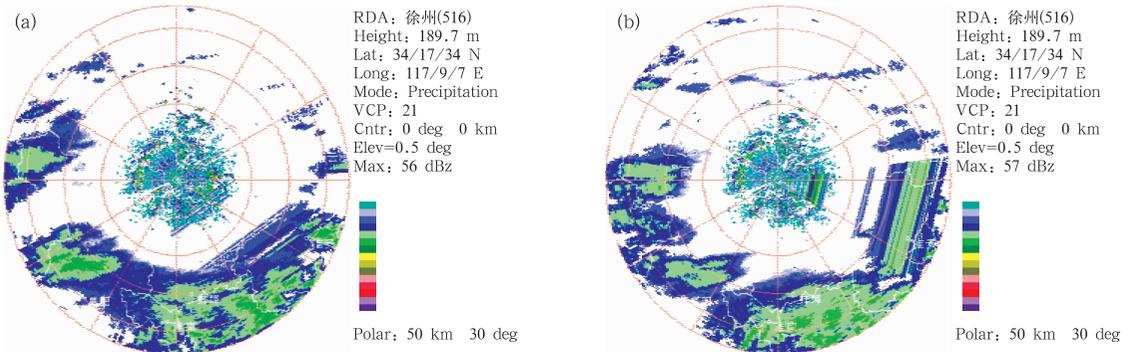


图 2 徐州 CINRAD/SA 雷达产品出现拉丝现象图

Fig. 2 Picture of wiredrawing phenomena occurring in CINRAD/SA products of Xuzhou

扫描记录文件 log.txt,仰角和方位均有不连续的跳跃闪动。

3 故障分析

3.1 驱动电机、测速电机和旋转变压器故障,引起天线空间位置变化

雷达天线的驱动电机和测速电机是雷达伺服电

路的重要组成部分,天线转动和定位靠驱动电机、测速电机和旋转变压器来完成。电机常见的故障有:电机绕组开路或短路,造成天线停转;电机换相器积碳太多,造成部分短路;电机碳刷磨损严重,接触不良打火,造成电机速度不稳定,误差电压摆动幅度较大且抖动;电机测速和驱动信号线不良,造成天线转速不稳,天线转速会逐渐变快或变慢甚至失控;旋转变压器故障,会造成对应的角码编码信号畸变或消失,影响雷达准确的空间定位。

3.2 滑环故障引起天线空间位置变化

雷达天线座内滑环汇集雷达天线动力电缆和信号电缆于一体,是天线座动态和静态触点接触式转换部位,主要承担天线的各类信号的传输,天线滑环接触不良等故障,必然造成传输信号的开路、短路或打火,造成雷达天线工作不稳定。主要故障原因有:滑环积碳太多、滑环比较脏,碳刷接触不良;滑环自身断裂,天线旋转中出现闪码跳跃;碳刷自身断裂,造成信号传输开路;天线方位或仰角齿轮箱漏油污染滑环,造成部分短路。滑环出现故障时,往往造成天线停转、失控、冲顶、乱码等现象。

3.3 轴角盒 A6 故障,造成乱码

天线座方位仓内有方位和仰角轴角编码盒 A6,主要承担着方位和仰角旋转变压器的空间定位信号(13 位粗精码)的编码,接收来自旋转变压器的脉冲波和数字板 5A6AP2 板轴角串型接口的时钟信号,并给 5A6AP2 串行接口传输仰角、方位轴角的编码信号。如果轴角盒故障,就不能对旋转变压器输出信号进行正确的编码,会出现无码、乱码和闪码。

3.4 光纤板通信不稳定,造成闪码

光线链路功能,是将塔/天线座所有的数字和模拟信号,经变换后通过光缆传输到 RDA 监控机柜,然后将这些信号还原后,传送到相应的控制单元;传送 RDA 到接收机保护器的命令和接收机保护器的输出信号。上光端机电路,采集天线罩温度传感器、天线功率监视器、天线转速表(方位和俯仰)输出的 4 路模拟信号,将这 4 路模拟信号进行 12 位的 A/D 转换;采集塔/天线座的 16 个数字信号及 2 组天线角度信号(方位和俯仰角度)、时序控制电路,将这些信号通过光缆传输到 RDA 监控机柜的下光端机电路;将下光端机电路的接收机保护器命令信号传送给接收机保护器光线链路由上光端机电路、下光端机电路及光缆组成。

表 1 上下光纤信号传输对照表

Table 1 Comparison of signal transfer between cepper and down fiber optics

	数据	同步信号	时钟	保护器命令	保护器响应
上光端收发器	U7	U11	U12	U14	U13
下光端收发器	U9	U17	U16	U15	U14

雷达上下光纤传输 5 路信号:U7 至 U9 传输不良,雷达会出现轴角编码传输的故障,会出现角码乱码闪码等。

3.5 伺服单元 5A6 或 5A7 自身故障

因为本次故障无任何报警信息,说明 DAU 接收的离散量测试点的值均在正常范围,而仰角和方位均有不同程度的闪码,闪码后能回到断点继续扫描,并且有时雷达体扫正常,而 5A6 或 5A7 自身电路故障表现常为难以恢复性故障较多,所以,在实际检修过程中从易到难,分段检查测试和替代等方法。

4 故障诊断

从上面的分析了解到天线角度信号的流程,我们在实际检修过程中,本着先易后难的原则,分段检查,使用标准的故障检修步骤可以隔离,如:电缆断开、连接器连接好不好等进行检查。

4.1 对天线运转稳定度检查

运行雷达自带的天线控制定位检查程序 RDA-SOT,调到雷达天线控制,选择雷达方位按一定的速度连续进行扫描,检修人员一人在平台进行操作,同时观察 5A6AP5 轴角显示板和 5A6AP4 状态显示板的工作状态,另一人则在天线罩内接近天线筒站立,短接天线罩舱门开关或关上舱门,观察天线转动情况。检修人员之间保持通讯畅通,在旋转过程中看到偶尔出现方位闪码,状态显示板闪码时,及时和天线筒内观察人员沟通,查看天线转速是否存在异常或有异常声响。经过实际检测,5A6AP5 和 5A6AP4 闪码时,雷达天线无停顿,无异常声响。说明方位齿轮箱和电机控制驱动没问题,闪码应该是旋转变压器和轴角信号采集编码、传输等环节有故障。

4.2 对雷达天线电机、滑环、线路电缆整体检查维护

根据以往对天线检修经验,在出现故障时,往往应先对天线做一次整体检查维护,看看故障是否有改善。首先对仰俯、方位驱动电机和测速电机进行清理维护。按照常规维护方法,进行碳刷检查,用汽车专用清洗剂对电机的积碳和换相环清洗,用万用表测试电机绕组阻值,其电阻值 20 Ω 左右,应该在正常范围,检查四个碳刷架和碳刷弹簧弹力良好。

其次,对整个滑环进行清洁,用细目砂布和酒精棉球对滑环进行清洁,消除积碳和环上污点,打开碳刷支架,对碳刷进行整体检查维护,检查其完整度和压力,安装形变到达 10 cm 左右,说明压力正常,对压力过小的要进行机械调整,改变弯曲度以保证压力适中。再就是对仰俯、方位线缆检查紧固,对接插件进行拔插检查,保证接触良好。

4.3 轴角盒的检查与测试

5A6AP5 轴角显示板和 5A6AP4 状态显示板闪码和计算机采集到的 log 文件一致,表明轴角显示板和状态显示板本身故障的概率小,因为这二块板自身故障,数据不会采集到计算机。检查重点:旋转变压器—轴角转换信号链路—5A6 数字板的轴角信号链路。所以对轴角盒进行重点检查,进入方位仓,打开轴角盒罩,对轴角盒整个线路电缆进线一次紧固检查。检查 5A6 内 AP4 状态显示板 XP(P)18 和 AP5 板 XP(P)19 插头接触牢固,用万用表检查 AP5 板上 XS(J)19-9 脚的电压 5.1 V 正常;用万用表测量 DCU 机箱底板上,接线排 XT1-11 脚的电压 5.1 V 正常;手轮转动天线,用示波器监测 AP2 板 D25-3 脚的数据波形,波形规律变化,说明轴角编码器输送波形基本正常。

4.4 光纤通信不稳定造成角码闪码故障

经过前面的检查测试,未发现明显的问题,雷达开机做体扫检查,闪码现象依旧存在,在整个信号链路中对上光纤板收发端 U7 和下光纤板 U9 数据端不稳定怀疑最大,由于无备份光纤板可以替代。为保证雷达产品正常,紧急请求省气象局局技术装备中心助援,省装备中心将省级储备光纤板送到徐州,2月17日下午更换下光纤板后,开机试验,雷达闪码现象消失,经过 2009 年整个汛期,雷达运行正常,未再发生类似故障。

5 小结

此次雷达故障发生在非汛期观测时段,我们对故障的分析、测试和判断提供了充足的时间,3月20日是省气象局规定的雷达进入汛期 24 小时开机时段,利用这次故障检查测试机会,对雷达天馈系

统做一次检查维护,确保汛期雷达工作正常。类似光纤板通信故障,徐州雷达站有三次较深的感受:(1) 2005 年 5 月,由于光纤通信不良,雷达每 2~3 天就会出现一次仰角下限位和死限位,当初仅仅怀疑 5A6 速度环、加速度环路控制不好,对相关的电位器进行了调整,虽然故障有所减轻,但故障现象依然存在,并计划更换 5A6 数字板和模拟板,后来也是考虑先易后难的修理原则,更换上下光纤板后,故障彻底排除。(2) 2006 年 8 月 29 日至 11 月 10 日,雷达各项标定参数变坏,各类报警不断:I/Q 幅度平衡变坏、中频步进量变坏,速度谱宽检查变坏,并且整个参数每个体扫都在变化,在检修过程中绕了很大的弯路,更换 AGC/4A23/4A10/4A5/频率源等,故障没排除,后来在测试保护器命令和响应时,发现保护器命令波形方波正常,保护器响应波形上好像叠加了干扰波,干扰波时有时无,不是很明显,但基本可以看到有干扰波形闪动,怀疑保护器故障或光纤板故障,更换上光纤板后,故障排除。(3) 本次雷达闪码故障,可能造成的原因很多,但在实际检修过程中,利用信号链路,逐步隔离排除,采用先简单后难的方法,准确判断光纤板故障,顺利排除了故障,保证了雷达在 2 月 17 日到 2 月 18 日人工增雨作业中发挥了应有的效益。

在实际雷达故障检修过程中,根据故障现象,利用好现有的资料,多加以分析,找出故障的实质,用先简单后复杂的检修思路,逐步隔离到故障点,最终排除故障。

参考文献

- [1] 王志武,周红根,林忠南,等.新一代天气雷达 SA&B 的故障分析[J].现代雷达,2005,27(1):16-18.
- [2] 周红根,柴秀梅,胡帆,等.新一代天气雷达回波异常情况分析[J].气象,2008,34(6):112-115.
- [3] 胡东明,伍志方. CINRAD/SA 雷达日常维护及故障诊断方法[J].气象,2003,29(10):26-28.
- [4] 周红根,朱敏华,段素莲,等. CINRAD/SA 雷达故障分析[J].气象,2005,31(10):39-42.
- [5] 柴秀梅,潘新民,汤志亚,等.新一代天气雷达回波强度异常分析与处理方法[J].气象,2011,37(3):379-384.
- [6] 潘新民,柴秀梅,黄跃青,等. CINRAD/SA&SB 回波强度定标故障的诊断分析和解决方法[J].气象,2010,36(12):122-127.