

# CINRAD/SA 天线伺服系统轴角箱 多次故障的分析

胡东明<sup>1</sup> 刘 强<sup>2</sup> 程元慧<sup>3</sup> 吴少峰<sup>1</sup> 胡 胜<sup>1</sup> 杨朝辉<sup>4</sup>

(1. 广州中心气象台, 510080; 2. 北京敏视达雷达有限公司;  
3. 广东省气象局业务处; 4. 广东省阳江市气象局)

**提 要:** 轴角箱是 CINRAD/SA 雷达天伺系统中联系数字控制电路与机械电机的关键环节, 它的故障造成雷达系统报警不断, 方位环节故障将导致终端产品出现蜘蛛网状回波, 俯仰环节故障则导致系统无法工作。为了降低轴角箱故障造成对雷达正常运行的影响, 通过对广州雷达站前后出现的 5 次同类故障的综合分析, 总结得出问题多出现在轴角箱的激磁电压环节, 原因是由于天线罩温度高、湿度大, 导致部分元器件出现性能退化。针对薄弱环节, 采取相应的改进措施之后, 问题得以彻底解决。

**关键词:** CINRAD/SA 雷达 轴角箱故障 改进

## Analysis of the Multi-fault in Conder of Servo about CINRAD/SA Radar

Hu Dongming<sup>1</sup> Liu Qiang<sup>2</sup> Cheng Yuanhui<sup>3</sup> Wu Shaofeng<sup>1</sup> Hu Sheng Yang Zhaohui<sup>4</sup>

(1. Guangzhou Central Meteorological Observatory, 510080; 2. Beijing Metstar Radar Co., Ltd., ;  
3. Guangdong Meteorological Bureau; 4. Yangjiang Meteorological Office, Guangdong Province)

**Abstract:** The encoder is a key part of servo system in CINRAD/SA radar, which contacts digital control unit with mechanism of the pedestal. While failure happens in azimuth loop, it will cause ananeose echo in products, and while fault happens in elevation loop, it will cause INOP about radar system. Five faults about the encoder were analyzed. It discovered that the faults mainly come from the magnetization voltage. When the temperature and humidity are too high in the antenna dome, partial parts will be degenerated. The problem will be throughout resolved after some measures are taken.

**Key Words:** CINRAD/SA radar encoder fault improvement

资助项目: 广州市科技攻关项目(06A13043333)资助

收稿日期: 2006 年 12 月 9 日; 修定稿日期: 2007 年 7 月 19 日

## 引 言

随着我国新一代多普勒天气雷达网的进一步建设,在雷达的日常维护与故障分析处理方面,已积累了相当的经验。胡东明<sup>[1]</sup>等依据 CINRAD/SA 雷达完善的自动定标与故障诊断系统,列举了广州雷达站几次典型故障的分析与处理,覃德庆<sup>[2]</sup>等分析总结了宜昌雷达站历年来发生的故障,王志武<sup>[3]</sup>等收集和分析了多部 CINRAD/SA 及 SB 雷达发生的多个相似故障,周红根<sup>[4]</sup>等综合分析了连云港雷达站多年来出现的故障。上述文章从不同角度提出了关于新一代天气雷达故障的处理思路,并列举了部分故障的简单处理方法,本文则是仅就轴角箱这一故障,分析故障的原因并提出相应的处理办法。

广州多普勒天气雷达自 2001 年 6 月投入业务运行以来,由于轴角箱造成的雷达故障先后发生了 5 次,而且天伺系统的控制牵涉通信环节,故障的可能因素很多,前两次故障的分析和处理都历经一个多月方得以彻底排除,期间为了排除各种故障因素走了不少弯路。分析历次出现的同类故障,总结得出问题多出现在轴角箱的激磁电压环节,要么是方位环节,要么是俯仰环节,而且均由于天线罩温度高、湿度大,导致部分元器件出现性能退化。为此,本文对雷达自身电路设计及台站工作环境都提出了相应的改进和提高方法。

## 1 故障现象

俯仰环节出现轻微问题时,系统报警: Elevation Encoder Light Failure,相应性能参数表 Antenna/Pedestal 页 EL ENCODER LIGHT 项显示为 Fail,严重故障时系统将无法工作;如果方位环节出现轻微问题时,则报

警: Azimuth Encoder Light Failure,相应性能参数表 Antenna/Pedestal 页 AZ ENCODER LIGHT 项显示为 Fail,故障严重时,主用户处理器(PUP)终端显示的产品将出现蜘蛛网状回波。

出现上述故障,与雷达冷机开机及长时间连续运行有某些关联,甚至白天出现故障夜间自动消除等异常规律,说明是部分元器件由于温度等工作环境导致性能退化。

## 2 基本原理

雷达中的伺服系统是用来控制天线转动的,它能够按照 RDASC 信息处理机发布的位置命令使天线准确、快速地转动到指定的位置,亦能够按照 RDASC 信息处理机发布的速度命令精确地使天线匀速转动。伺服系统在电路上采用了三个环路的结构形式:位置环、速度环和加速度环,位置环加一级微分电路得到速度环,再加一级微分电路得到加速度环。将数字控制电路与机械电机联系起来的环节是数模转换器和轴角编码器<sup>[5]</sup>。

位置环由计算机、数模转换器 D/A、速度环和轴角编码器构成。通过轴角编码器将系统输出转角转换成数字电压信号,送到计算机,由计算机按相应控制算法计算后,将数据送至数模转换器 D/A,控制电机转动,直到输出角等于输入角即误差等于零时电机才停止转动。

### 2.1 轴角编码器单元

轴角编码器由旋转变压器、旋变激磁信号发生器、RDC 模/数转换器、PLD 可编程逻辑器件以及控制脉冲组成。其原理框图如图 1 所示。

### 2.2 旋变激磁信号发生器

旋变激磁信号发生器由晶体振荡器、分

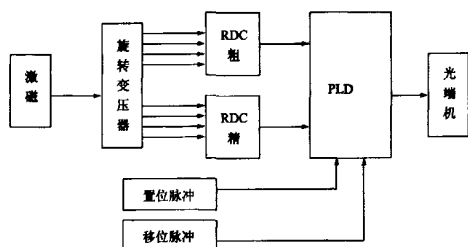


图 1 轴角编码器原理框图

频电路、选频电路和功率放大电路等组成。其原理框图如图 2 所示：

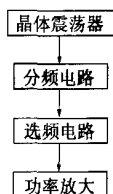


图 2 激磁信号发生器原理框图

晶体振荡器电路产生 4MC 的信号源，经过计数器分频电路得到 400C 的方波信号，选频电路将前级输出的 400C 方波信号，转换为同频率的正弦波。在功率放大电路中，用输出变压器来提高激磁信号的幅度，它的作用主要是，隔离前级电路输出信号中的直流分量以保护旋转变压器，提升前级电路输出信号的幅度，降低前级放大电路输出信号的幅度，有利于提高信号质量且能减少设备的电源种类。

### 3 分析与处理

手工推天线，观察轴角角码显示是否连续，没发现有跳跃现象，从而排除滑环故障。手动开关上光端机和伺服供电开关，如果每次轴角显示的角度值相同，但与天线实际位置之间存在较大误差，这可能是光纤通信环节故障所致；如果每次轴角显示角度值不同，而且不稳定有角码跳动现象，则多半是由于轴角编码系统故障所致。如果轴角箱本身部分器件性能退化，或者如果传输线路（包括光

端机）受到干扰，则可能把正确的角度  $4.3^\circ$  结果读成另一个角度值  $3.9^\circ$ ，导致过冲太大或轴角显示在抖动。

天线用模拟程序 Emulator 代替，保留雷达整机系统的其它分系统，系统运行正常，说明故障存在于天伺系统或上光端机部分。

用示波器监测天线经过上/下光端机传输到伺服主控板的下传数据，发现 RDASC 实时显示的天线指针发生抖动时，也即编码灯和角码数值闪烁的时候，示波器显示波形出现突变，主要表现为宽度突然展宽。直接监测上光端机输出，波形突然展宽仍然存在，则可排除光端机传输问题。监测轴角箱输出，波形突然展宽依然存在，故问题确定在轴角箱。

因为方位和俯仰激磁信号采用相同的电路设计，将方位和俯仰环节调换，轴角箱 XS(J) 2、XS(J) 3 插头互换后故障现象由方位变化到俯仰。由轴角板电原理图分析（方位和俯仰激磁信号发生器部分电路如图 3 和 4 所示），晶体振荡器、分频电路、选频电路为方位和俯仰激磁信号的公共电路，所以这部分可以确定是没有问题的；而剩下的只有功率放大电路了，它包括一级放大（方位和俯仰分别由 V2、V3 和 V5、V6 构成差分对放电路）和二级放大（方位和俯仰分别由 V9、V10 和 V11、V12 构成），从而故障确定在两级放大电路。

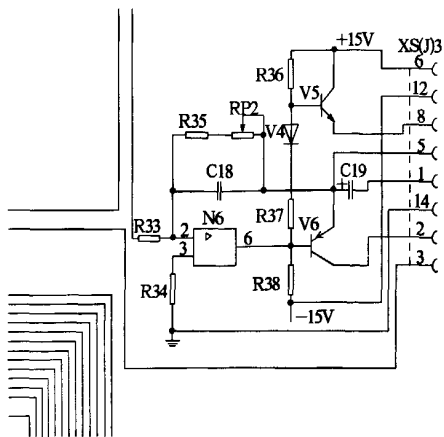


图 3 俯仰激磁信号发生器电路图

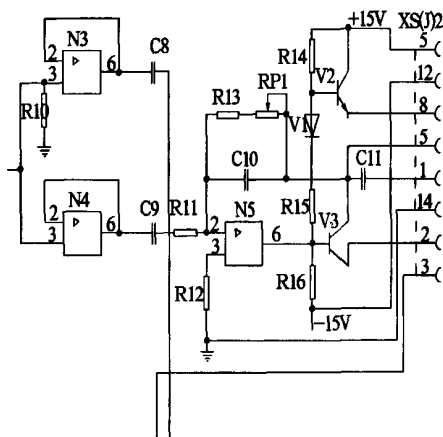


图 4 方位激磁信号发生器电路图

上述功放电路的三极管,可以用万用表逐个检测。或者用示波器逐级每段电路的输出,D2 第 3 脚输出 5V 方波,N1 第 6 脚输出 4V 三角波,N2 第 6 脚输出 3V 正弦波,N5 和 N6 第 6 脚输出 6V 正弦波,激磁变压器第 3、4 脚(电容两端)只有 300mV(正常时空载应为 20V 左右,至少高于 10V),检测结果发现激磁电压输出偏小,问题往往归结于两极放大电路之间的耦合电容 C11(方位)C19(俯仰)性能出现退化,电路设计过程选择器件时阈值设置余量过小。

#### 4 对产品的影响

导致终端产品出现蜘蛛网状回波主要由方位环激磁电压故障引起,因为俯仰环故障严重时直接导致系统无法工作。以 2002 年 5 月 27 日至 6 月 7 日那次故障为例,每天 17:30 之后的夜间出现强度图和速度图均异常,出现蜘蛛网状(图 5,见彩页)待机 1 小时后重启,系统能恢复正常工作,第二天又出现相同的故障现象。由现象分析,闷热的潮湿天气下,加之当时的工作环境散热条件差,连续运行后导致部分元器件性能退化。

观察角码,大概在 130°、290°、330°区域角码在闪,RDASC 实时显示出现雷达中断、不连续的现象,但在第一、第三象限正常。分析基数据,结果发现当某一径向缺数据,则用下一径向的数据来补偿(平滑),即部分径向确实有数据丢失。

检修结果表明原因正是方位激磁电压功率放大电路中的耦合电容 C11 性能退化。

#### 5 提高与改进

##### (1) 轴角箱自身设计的改进

当广州等几个站多次出现类似的轴角箱故障后,北京敏视达雷达有限公司及时吸取其中的经验教训,分析和检讨相关模块的电路设计,并做了以下改进:激磁电压采用集成的电源模块产生,由于是模块化设计,既提高工作稳定性,又降低对环境的要求,同时降低了检修和更换的难度,方便日常维护和故障检修。

##### (2) 工作环境的改进

在天线罩内增加抽湿机、循环风冷系统,条件允许的话加装抽湿机,防止过潮和高温,这样也可增加它的使用寿命。

#### 参考文献

- [1] 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.
- [2] 覃德庆,向阿勇,刘艳玉,等. 宜昌新一代天气雷达运行故障处理及维护方法[J]. 湖北气象,2004,31(1):34-36.
- [3] 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.
- [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] 北京敏视达雷达有限公司. 中国新一代多普勒天气雷达 CINRAD WSR-98D 技术手册[G]. 北京:北京敏视达雷达有限公司,2000.

吕江津等：海河流域一次大到暴雨天气过程的预报分析

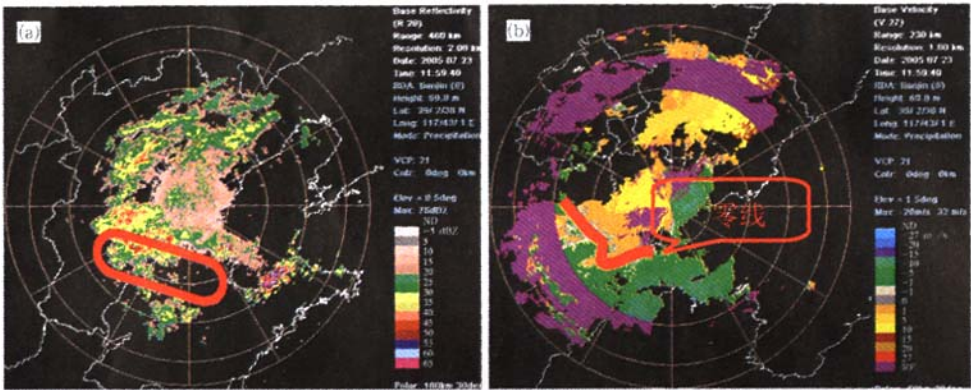


图 6 2005年7月23日19时59分反射率因子图(a)和同一时刻的基本速度图(b)

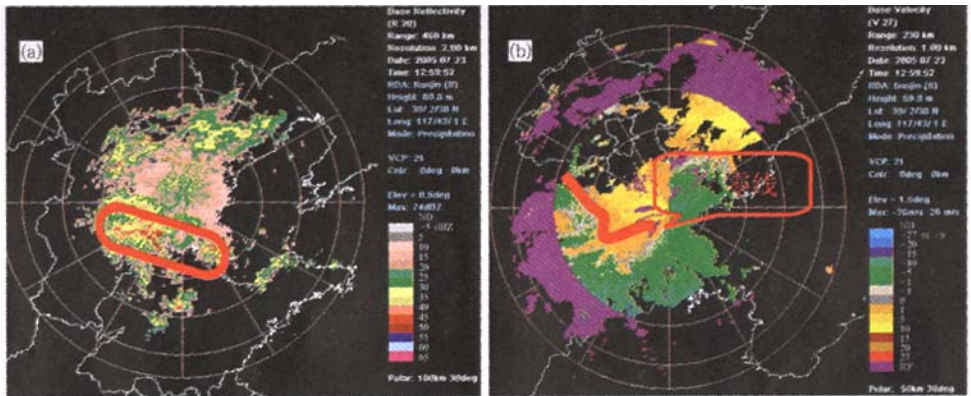


图 7 2005年7月23日20时59分反射率因子图(a)和同一时刻的基本速度图(b)

胡东明等：CINRAD/SA天线伺服系统轴角箱多次故障的分析

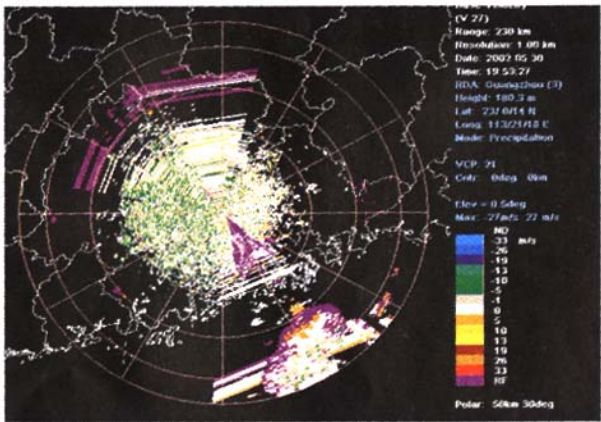


图 5 激磁电压故障对产品的影响

## 如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深, 让许多工程师望而却步, 然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上, 我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识, 借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))专注于微波射频和天线设计人才的培养, 推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程, 化繁为简, 直观易学, 可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛, 让天线设计不再难...



### HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书, 课程从基础讲起, 内容由浅入深, 理论介绍和实际操作讲解相结合, 全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程, 可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计, 让天线设计不再难...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

### CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程, 由经验丰富的专家授课, 旨在帮助您从零开始, 全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程, 边操作边讲解, 直观易学; 购买套装同时赠送 3 个月在线答疑, 帮您解答学习中遇到的问题, 让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>



### 13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程, 培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合, 全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作, 同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习, 可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试...

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



## 关于易迪拓培训:

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,一直致力和专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;后于 2006 年整合合并微波 EDA 网([www.mweda.com](http://www.mweda.com)),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

## 我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年, 10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养,更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果,又能免除您舟车劳顿的辛苦,学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲,结合实际工程案例,直观、实用、易学

## 联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>