

# 新一代天气雷达回波异常情况分析

周红根<sup>1</sup> 柴秀梅<sup>2</sup> 胡帆<sup>1</sup> 蔡勤<sup>3</sup> 周良<sup>4</sup> 吴田<sup>1</sup>

(1. 江苏省气象局,南京 210008; 2. 中国气象局大气探测技术中心;  
3. 江苏省徐州市气象局; 4. 江苏省南通市气象局)

**提 要:** 针对新一代天气雷达 CINRAD/SA, 在运行过程中出现的雷达回波异常情况, 从新一代天气雷达受到外界电磁波的干扰、计算机系统、接收机系统、天伺系统等方面, 来分析造成雷达回波异常的故障成因, 在此基础上, 归纳出该型号雷达在使用过程中出现回波异常时, 雷达操作、维护人员应掌握的故障排查方法及技巧。

**关键词:** 新一代天气雷达 回波 故障诊断 干扰

## 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<sup>[1-5]</sup>。杨传凤等<sup>[5]</sup>对济南 CINRAD/SA 雷达发射高压故障进行诊断分析。胡东明等<sup>[2]</sup>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。王志武、周红根等<sup>[3]</sup>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<sup>[4]</sup>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。周红根等<sup>[1]</sup>从 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 RDASOT 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。

本文针对新一代天气雷达 (CINRAD/SA), 在运行过程中出现的雷达回波异常情况, 从新一代天气雷达受到外界电磁波的干扰、计算机系统、接收机系统、天伺系统等方面, 来分析造成雷达回波异常的故障成因, 在此基础上, 归纳出该型号雷达在使用过程中出现回波异常时, 雷达操作、维护人员应掌握的故障排查方法及技巧, 以提高雷达数据的质量。

## 1 计算机系统原因造成雷达回波异常情况分析

从图1(见彩页)发现存在两种类型的雷

达回波随时间不断变化的情况。第一种类型见图 1a 和图 1b,是连续两个体扫的  $0.5^\circ$  强度图,仅有局部雷达回波生成,并且随着时间推移在不断地变化出现在不同方位上的回波,雷达无任何报警、所有雷达性能参数均正常;第二种类型见图 1c 和图 1d,也是连续两个体扫的  $0.5^\circ$  强度图,但有完整的雷达回波,其中在 2~3 个方向上存在类似扇形干扰区,扇形干扰区也随时间不断变化位置。此类故障,一般雷达无任何报警、所有雷达性能参数均正常。可以从 RDA 计算机上,实时显示的雷达回波图形是否正常来判断。一般重新启动 RPG 和 PUP 计算机,就能解决故障,必要时可重新启动 RDA 计算机。

由于 RPG 和 PUP 计算机性能、通信网络、产品申请列表等原因导致的缓存溢出、CPU 过载、窄带过载、病毒等问题,造成 PUP 生成的产品异常或某些产品无法生成。因此雷达运行一定时间后,有必要把计算机系统重新启动一下,以减少此类故障的产生。

## 2 接收机系统原因造成雷达回波异常情况分析

### 2.1 接收机 4A23 故障引起雷达回波异常分析

故障现象:雷达能正常工作,但雷达回波忽强忽弱,前后相差 10~20dB 以上,图 2(见彩页)为故障前后两个连续体扫的雷达组合反射率回波图,其中第一个体扫雷达回波是正常的。雷达不断报线性通道测试信号变坏,速度/谱宽变坏,相位/幅度平衡变坏。

检修过程:首先测试频综各路输出信号,正常;用机内信号源做接收机动态,数据不能连续。检查测试通道 4A22、4A23、4A24,将频综输出的 CW 信号作为信号源,输入到 4 位开关 4A22 的输入端,用小功率计测试 4

位开关的输出信号,运行测试平台,分别选 4 位开关的输出测试信号,经检查,确认 4 位开关工作正常。将 CW 信号注入到 4A23 输入端,在无任何衰减下,测试输出信号功率,发现插入损耗超过 20dB,而 4A23 插入损耗一般 3dB 左右,打开测试平台,控制衰减器衰减倍数,发现 4A23 已经失去了控制能力,更换新的 4A23 后,检查控制衰减和插入损耗都在规定范围内,恢复整个电路,开机,雷达工作正常。

故障分析:由于雷达可以收到回波,主通道应该工作正常,初步判断测试通道不稳定,每个体扫后雷达在自动标校后,根据标校的结果,去改变主通道 AGC,从而影响雷达回波的稳定。

### 2.2 接收机 4PS1 电源故障引起雷达回波异常

故障现象:线性通道射频激励测试信号变坏、地物抑制比变坏、I/Q 通道偏差超限、速度/谱宽变坏等;性能参数方面,系统噪声温度和线性通道噪声电平变坏,雷达接收系统频繁告警,图 3(见彩页)为故障前后两个连续体扫的  $2.4^\circ$  雷达强度图。表 1 为故障前后连续四个体扫中雷达性能参数变坏数值表。

检修过程:对雷达整个接收机通道进行全面检查,整体指标都出现变化及下降趋势。并对接收系统的单独组件进行平台测试,发现性能不稳定。结合整个接收系统工作不稳定的情况,对接收机供电部分进行详细检查,虽然 RDA 性能参数指示接收机电源电压均为 OK,但测量 4PS1 电源电压仅为 +16 V 左右,而 4PS1 的 +18 V 过流指示灯,并未变红告警。接收机 4PS1 电源,分别给 4A1、4A5、4A8、4A9、4A10、4A12、4A13、4A14、4A19、4A25 等部件供电,因此造成接收机以上各组

表 1 四个连续体扫雷达主要性能参数表

时间	噪声电平	噪声温度/K	谱宽/ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$		反射率/dB	
			期望值	测量值	期望值	测量值
11:04:11	2.35E-06	344.1	3.5	3.5	7.8	10.5
11:10:11	2.31E-06	364.6	3.5	3.5	7.8	10.5
11:16:16	4.4E-05	37556.9	3.5	8.0	7.8	14.0
11:22:26	3.9E-05	41517.9	3.5	8.0	7.8	-33.0

件不能正常工作。打开 4PS1 电源,检查发现+18 V 电源输出滤波电容,有一只有轻微的电解液流出痕迹,拆下测量,其充放电能力失效,更换同型号的电容后,开机电压恢复正常,雷达报警消除,回波恢复正常。

故障分析:从表 1 可知,在 11:10 分体扫中,4PS1 电源在 2.4°扫描时,才出现故障,性能参数变差要在下个体扫 11:16 分重新标定后才能反映出来,噪声电平和噪声温度突变变大,谱宽和反射率标定误差超出正常范围,雷达产生报警。4PS1 三组电容正对着电源右边功率管的散热装置,温度较高,由于电容本身质量问题及高温,易使电容失效,造成电源故障。而电源本身没有报警,容易误导对故障的分析判断,当雷达接收机整体性能变差时,应当首先测量电源电压是否正常。

### 2.3 频综故障造成雷达出现圆饼回波分析

雷达回波变成大圆饼故障,应首先检查和测试接收机通道和频综输出信息,使用仪表测量,发现 3A5 混频器的增益只有 10dB,正常应为 20dB,进一步检查发现频率源射频本振功率只有 3dBm。大大低于 15~17dBm,更换频率源后雷达能正常工作且各项定标指标正确,连续拷机观察 48 小时再无圆饼出现。

雷达回波变成圆饼,此类故障比较常见,主要是接收机主通道或频综原因引起的。重点检测频综输出信号、接收机主通道 4A8、4A10、4A13 和 HSP 等组件。

### 3 雷达回波受外界临频电磁波干扰分析

图 4a(见彩页)和图 4b(见彩页)分别为雷达回波受外界同频雷达和临频电台干扰图。从图 4a 上可见,由于部队新建同频近距离雷达,形成雷达回波螺旋式的干扰带。从图 4b 上可见,在正北方向远距离存在单频点电台干扰,附近有临频电台干扰,形成满屏干扰麻点。

近距离干扰,一直存在满屏干扰麻点;远距离干扰,一般在某个方向上存在固定的干扰。单频点,干扰是一条直线;一定带宽的干扰,存在满屏干扰麻点。

### 4 天伺系统造成回波异常

故障现象:雷达回波图形连续或间断的出现毛刷现象,雷达无报警,雷达性能参数正常,但天线运转有异常声音<sup>[1]</sup>。

检修过程:通过打开的天线罩门观察天线,发现天线在方位转动过程中不匀速,有突然停顿再加速现象,造成天线座有强烈震感,发出异常响声。使用雷达 RDASOT 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,很快找出故障原因。一般都是方位电机中的测速电机故障,更换整个方位电机即可排除故障。

故障分析:国产方位测速电机碳刷不易维护,由于电机长期连续运行,造成测速反馈电压不稳定,引起天线在方位上运行不匀速,

从而使雷达采集的基数据在方位角度上存在不连续、跳变现象,造成雷达回波图出现毛刷现象。

## 5 小结

从上面多个故障实例分析中,可知,造成雷达回波图像异常的原由是多方面的,可以从雷达报警、性能参数、三台雷达计算机上显示的图像综合判断,具体可以从新一代天气雷达受到外界电磁波的干扰、计算机系统、接收机系统、天伺系统等方面,来分析造成雷达回波异常的故障成因,初步确定故障分机及板块,通过测量进一步确定故障的具体板块,从而快速排除故障。只要维护人员不断增强对整个雷达系统的维护和保养意识,深入了解整个系统的工作流程,养成密切关注雷达

产品,经常检查和自动标校雷达各项参数的习惯,随时掌握系统的运行状况,当系统出现故障时,要及时分析故障原因,同时要不断进行总结和交流。只有这样,才能不断提高对CINRAD/SA 雷达的保障能力。

## 参考文献

- [1] 周红根,周向军,祁欣,等. CINRAD/SA 天气雷达伺服系统特殊故障分析[J]. 气象,2007,33(2):98-101.
- [2] 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.
- [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] 杨传凤,黄秀韶,刁秀广. 济南 CINRAD/SA 雷达发射高压故障诊断[J]. 气象,2005,31(01):88-89.

# 周红根等：新一代天气雷达回波异常情况分析

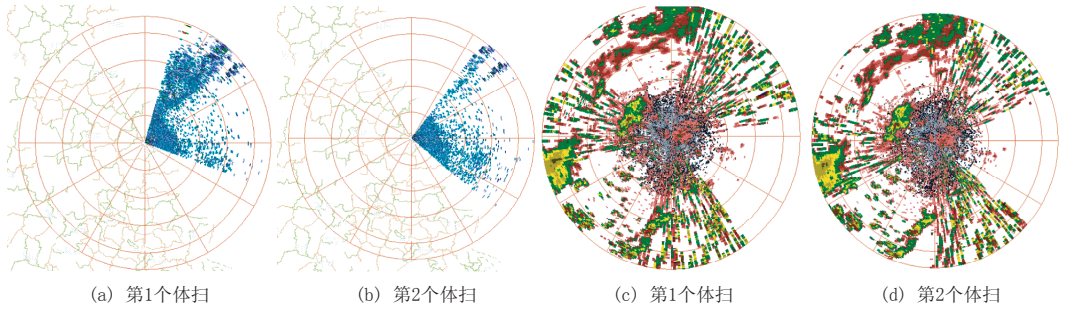


图1 0.5°回波强度图随时间不断变化位置图

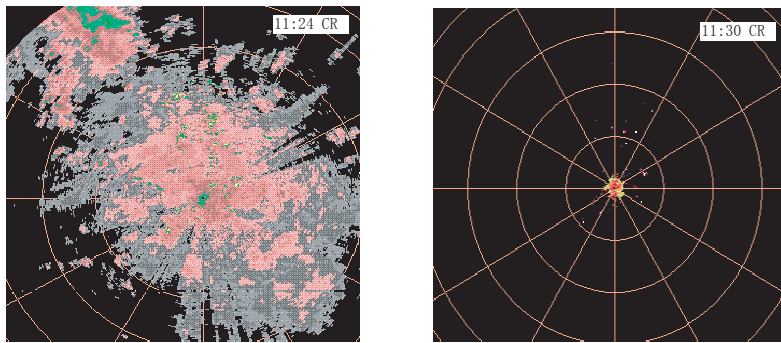


图2 4A23故障造成雷达回波异常

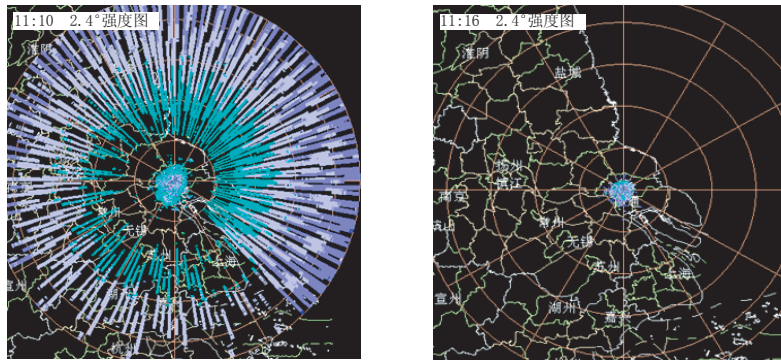


图3 接收机4PS1电源故障造成异常回波

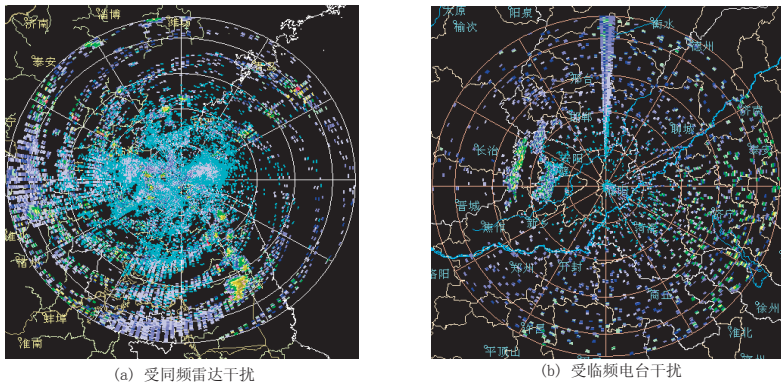


图4 雷达回波受外界临频电磁波干扰分析