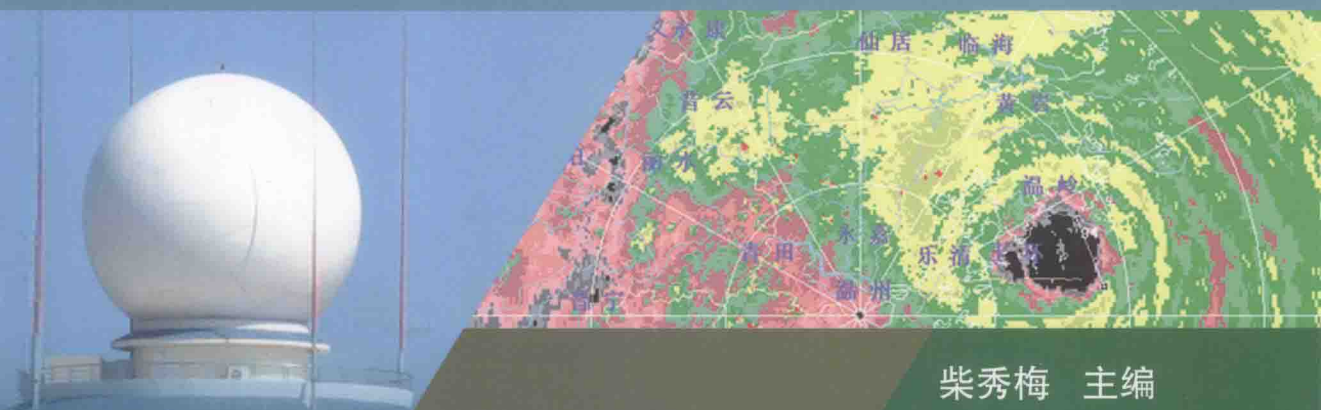



# 新一代天气雷达 故障诊断与处理



柴秀梅 主编

# 新一代天气雷达 故障诊断与处理

柴秀梅 主编

 气象出版社  
China Meteorological Press

## 内容简介

本书系统地论述了六种型号的新一代天气雷达故障诊断与处理方法。全书共分九章,除了介绍新一代天气雷达基本原理及维修方法、技术指标要求和参数测试方法外,分别详细地介绍了六种型号新一代天气雷达发射机、接收机、伺服、信号处理、监控系统信号流程、关键测试点参数和波形,故障诊断与处理方法以及典型故障诊断与处理个例、常见故障排除汇总等。

本书内容理论联系实际,具有实用性和可操作性,可供新一代天气雷达技术保障人员及高校相关专业师生参考使用,也可为大气探测、大气物理的教学、科研提供有益参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

新一代天气雷达故障诊断与处理/柴秀梅主编.

北京:气象出版社,2011.1

ISBN 978-7-5029-5170-2

I. ①新… II. ①柴… III. ①气象雷达-故障诊断  
②气象雷达-维修 IV. ①TN959.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 021883 号

## 新一代天气雷达故障诊断与处理

出版发行:气象出版社

地址:北京市海淀区中关村南大街46号

总编室:010-68407112

网址:<http://www.cmp.cma.gov.cn>

责任编辑:吴晓鹏 陈爱丽

封面设计:博雅思企划

责任校对:永通

印刷:北京中新伟业印刷有限公司

开本:787mm×1092mm 1/16

字数:730千字

版次:2011年1月第1版

定价:88.00元

邮政编码:100081

发行部:010-68409198

E-mail: [qxcbs@cma.gov.cn](mailto:qxcbs@cma.gov.cn)

终审:汪勤模

责任技编:吴庭芳

印张:29.25

印次:2011年1月第1次印刷

## 《新一代天气雷达故障诊断与处理》编委会

顾 问：李 柏 高玉春 张建云 张 越

高仲辉 欧阳茂

主 编：柴秀梅

副主编：潘新民 周红根

编 委：蒋 斌 张晓飞 陆建兵 李昭春

陈 俊 彭 勋 钱 浩 白水成

王 强 肖 宏 高海东 杨金红

姚喜乔 杨传凤 孔石华 陈 锴

刘桂林 汪章维 陈玉宝 李克芳

关 涛 薛双青

# 目 录

序

前言

<b>第 1 章 新一代天气雷达基本原理及维修方法</b> .....	(1)
1.1 新一代天气雷达系统概述 .....	(1)
1.2 新一代天气雷达系统组成 .....	(2)
1.3 新一代天气雷达故障诊断通用的思路与方法 .....	(3)
1.4 新一代天气雷达故障定位分析 .....	(8)
<b>第 2 章 新一代天气雷达技术指标要求和参数测试方法</b> .....	(23)
2.1 新一代天气雷达技术指标要求 .....	(23)
2.2 CINRAD/SA/SB 雷达主要技术指标的测试 .....	(29)
2.3 CINRAD/CC 雷达主要技术指标的测试 .....	(63)
2.4 CINRAD/SC/CD 雷达主要技术指标的测试 .....	(67)
<b>第 3 章 发射系统故障的诊断与处理</b> .....	(74)
3.1 CINRAD/SA/SB 雷达发射系统故障的诊断与处理 .....	(74)
3.2 CINRAD/SC 雷达发射系统故障的诊断与处理 .....	(127)
3.3 CINRAD/CB 雷达发射系统故障的诊断与处理 .....	(149)
3.4 CINRAD/CC 雷达发射系统故障的诊断与处理 .....	(164)
3.5 CINRAD/CD 雷达发射系统故障的诊断与处理 .....	(189)
<b>第 4 章 接收系统故障的诊断与处理</b> .....	(223)
4.1 CINRAD/SA/SB 雷达接收系统故障的诊断与处理 .....	(223)
4.2 CINRAD/SC/CD 雷达接收系统故障的诊断与处理 .....	(248)
4.3 CINRAD/CB 雷达接收系统故障的诊断与处理 .....	(261)
4.4 CINRAD/CC 雷达接收系统故障诊断与处理 .....	(263)
<b>第 5 章 伺服系统故障的诊断与处理</b> .....	(280)
5.1 CINRAD/SA 雷达伺服系统故障诊断与处理 .....	(280)
5.2 CINRAD/SC/CD 雷达伺服系统故障的诊断与处理 .....	(306)
5.3 CINRAD/SB 雷达伺服系统故障的诊断与处理 .....	(325)
5.4 CINRAD/CB 雷达伺服系统故障的诊断与处理 .....	(333)
5.5 CINRAD/CC 雷达伺服系统故障的诊断与处理 .....	(343)
<b>第 6 章 信号处理及软件故障的诊断与处理</b> .....	(359)
6.1 CINRAD/SA/SB 雷达信号处理系统故障的诊断与处理 .....	(359)
6.2 CINRAD/SC/CD 雷达信号处理系统故障的诊断与处理 .....	(377)

# 第1章 新一代天气雷达基本原理及维修方法

## 1.1 新一代天气雷达系统概述

新一代天气雷达系统采用高相位稳定的全相干脉冲多普勒体制。

新一代天气雷达系统具有高增益低副瓣天线系统,大功率全固态调制器速调管发射机,低噪声大动态线性范围接收机,高精度数字中频多普勒信号处理器和智能型多普勒数据处理和显示终端。能为用户提供高精度径向风场数据、丰富的多普勒应用软件产品和图形图像产品。

雷达对主要性能参数进行在线监测和强度、速度自动标校,具有较高的相干性和地物杂波抑制能力,能对降水回波功率和风场信息进行准确的测量。

雷达在监测远距离目标强度信息时,采用低脉冲重复频率的探测模式,以减少二次回波出现的几率。在测量风场分布时,采用较高脉冲重复频率的探测模式,以减少速度模糊现象,并采用双重复频率的探测模式,进行速度退模糊处理,扩大对径向风速测量的不模糊区间。

接收分系统中的频综输出射频激励信号,送入发射分系统,经固态功率放大器作前置放大后(CINRAD/SA/SB为激励器功率放大和脉冲形成器整形),送至速调管功率放大器。固态调制器向速调管提供阴极调制脉冲,从而控制雷达发射脉冲波形。速调管功率放大器输出峰值功率 $\geq 650$  kW(C波段 $\geq 250$  kW)的发射脉冲能量,经过雷达馈线到达天线,向空间定向辐射。天线定向辐射的电磁波能量遇到云、雨等降水目标时,大部分能量会继续前进,而一小部分能量被降水物质向四面八方散射,其中向后散射的能量回到雷达天线,被雷达所接收。

天线接收到的射频回波信号,经过雷达的馈线部分,送往接收分系统的射频接收分机,经过射频放大和混频,送至中频接收分机。中频接收分机为高性能大动态线性中频接收机(或数字中频接收机),它输出16位的I/Q正交信号送往信号处理分系统。

信号处理分系统对来自接收分系统的16位I/Q正交信号,通过平均处理、地物对消滤波处理,得到反射率的估测值,即回波强度(dBZ);并通过脉冲对处理(PPP)或快速傅立叶变换(FFT)处理,从而得到散射粒子群的平均径向速度 $V$ 和速度的平均起伏即速度谱宽 $W$ 。上述回波强度、平均径向速度和速度谱宽信息,送至数据处理和产品生成分系统,通过宽带通信系统将产品分发到各级用户。

监控分系统负责对雷达全机的监测和控制。它自动检测、搜集雷达各分系统的故障信息和状态信息,通过通信总线(如:串口通信、光纤通信、网线)送往终端分系统。由终端分系统发出对其他各分系统的操作控制指令和工作参数设置指令,通过通信总线传送到监控分系统,经

监控分系统分析和处理后,转发至各相应的分系统,完成相应的控制操作和工作参数设置。雷达操作人员在终端显示器上能实时监视雷达工作状态、工作参数和故障报警信息。

伺服分系统直接接收来自监控分系统的控制指令,由其计算处理后,输出电机驱动信号,完成天线的方位和俯仰扫描控制;同时它将天线的实时方位角、仰角数据送往信号处理分系统,将故障信息送往监控分系统。

数据处理和产品生成分系统对于信号处理分系统送来的雷达探测气象目标回波的原始数据进行采集、处理,形成原始数据文件,并在终端显示器上显示各种气象雷达产品。通过服务器和通信网络,可以将原始数据和气象产品传送给其他用户。新一代天气雷达原理框图如图1-1-1所示。

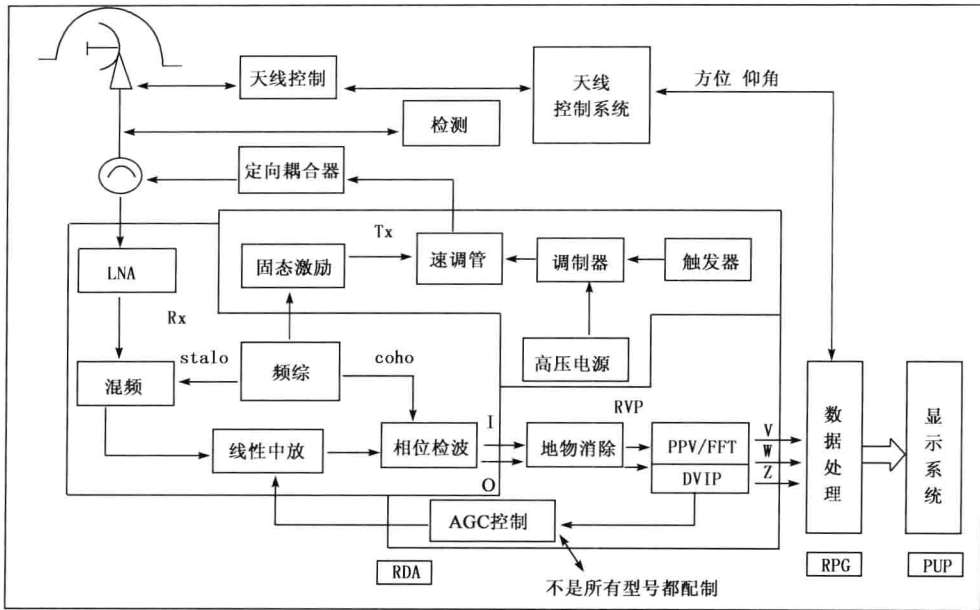


图 1-1-1 新一代天气雷达原理框图

## 1.2 新一代天气雷达系统组成

**新一代天气雷达系统硬件组成:**新一代天气雷达系统是一个智能型的雷达系统,它综合了先进的雷达技术、计算机技术、通信技术,集成探测资料采集、处理、分发、存贮等多种功能于一体。雷达由三大部分组成:雷达数据采集(RDA)、产品生成(RPG)、用户终端(PUP)。

**雷达数据采集:**雷达主要硬件都集中在这一部分,RDA包括天线、天线罩、馈线、天线座、伺服系统、发射机、接收机、信号处理器等,与常规雷达基本相同。新一代天气雷达还在这部分设有RDASC,它由计算机和一些接口装置构成,控制雷达运行、数据采集、参数监控、误差检测、自动标定等。RDA按无人值守设计,满足可靠性、可维护性、可应用性要求。新一代天气雷达系统硬件组成如图1-2-1所示。

**产品生成:**由计算机及通信接口等组成,对采集的雷达观测数据进行处理后形成多种分析、识别、预警预报产品,重点在软件系统的设计(软件编程、产品算法等)、运行。

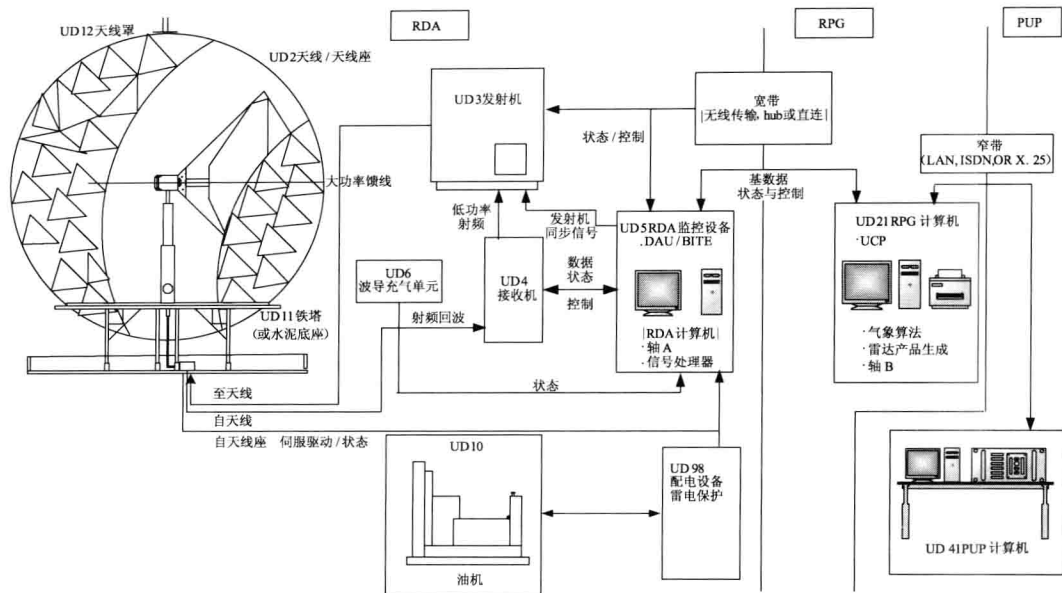


图 1-2-1 新一代天气雷达系统硬件组成框图

用户终端:由计算机及通信接口等组成,对形成的产品以图形、图像的方式显示。  
新一代天气雷达信号流程如图 1-2-2 所示。

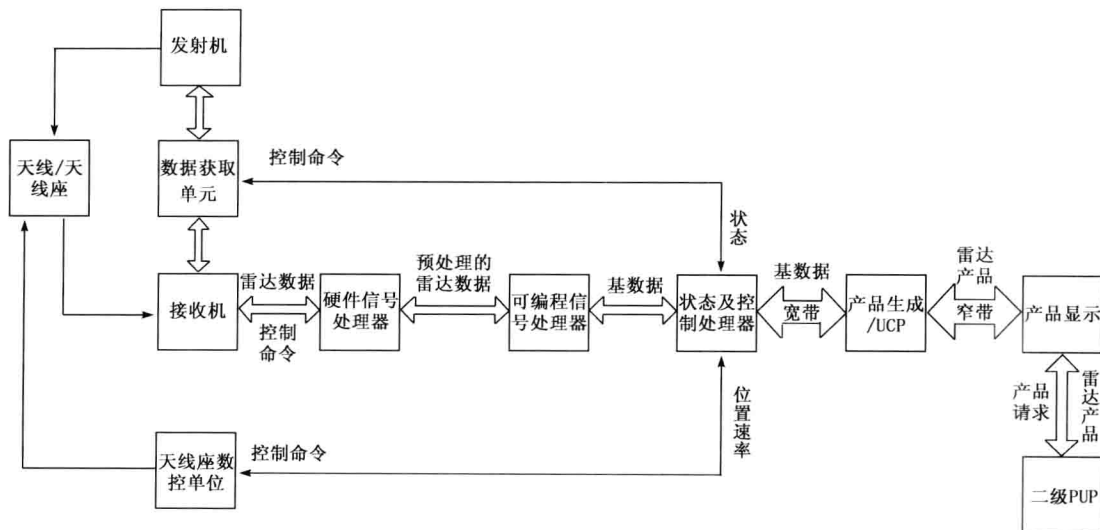


图 1-2-2 新一代天气雷达信号流程图

### 1.3 新一代天气雷达故障诊断通用的思路与方法

#### 1.3.1 雷达故障的基本原因和分类

##### 1. 硬件故障

硬件部分的故障主要是由于元器件参数发生物理性变化、短路、开路等造成。例如:集成



电路、晶体管损坏,电阻、电位器损坏或参数变化,接触器、继电器、电位器的触点及开关、保险丝接触不良等;此外,还有频率综合器、人工线、各种变压器、风冷装置器件的损坏等。这些部件发生故障时,常常伴有烧焦、糊味、打火等现象。

硬件故障产生的影响可能会导致器件的损坏或者电路失效,造成停机,同时也会影响到硬件的其他设备,必须尽快排除,否则可能造成相关电路的损坏。

## 2. 软件故障

软件方面的故障主要表现为报虚警,系统不能按设定的功能稳定运行。软件的另一类故障是由于文件冲突或电脑病毒入侵而引起的,虽然可以通过防病毒软件来进行预防和杀毒,但是由于病毒的隐蔽性和多样性,所以有时还是防不胜防,必须加强预防,这类故障一般会导致雷达应用软件运行不稳定,有时会导致运行程序自动退出。另外,操作不当也可能造成软件故障。

软件故障发生时,一般只影响某个功能正常运行,严重时可能造成系统崩溃,但一般不会硬件设备造成损坏。

## 3. 机械故障

机械故障主要指天线转动部位等机械部分的故障,例如:驱动电机卡死、转动部位磨损和变形、断裂或某些机械结构脱落松动等。机械故障除设计、材质、器件使用寿命等原因外,还与保养维护和润滑不良所致。

## 4. 硬件软故障

硬件软故障是一种最常见的雷达故障,例如:适配参数设置不当,某电子开关变化或设置不正确使雷达工作时出现错误信息,造成硬件软故障。

## 5. 人为故障

这种故障一般是由操作者使用不当所致,例如:不按规定程序正常开机和关机,不在认真分析故障的前提下盲目检修,带电插拔板卡、电缆等都可能造成此类故障。

各种元器件、机械零件都有一定的使用寿命,经过一定时间的使用其性能会降低,可靠性会变差,但如果平时做好检查和保养维护工作,使用操作得当,可延长设备使用寿命,减少故障的发生。

### 1.3.2 雷达故障诊断的原则

#### 1. 由大部位到小部位

由大部位到小部位分析。确定故障部位时应先把故障的可能性从整机缩小到某一个系统或分机,再由分机缩小到某一支路或某一级,再缩小到具体的故障点。由可能性大到可能性小,检查时应先从可能性大的部位着手,然后再检查可能性小的部件,这样就可以抓住故障主要线索,节省时间,少走弯路。从容易检查和可能性大的部位着手,逐步深入,直到排除故障。

#### 2. 由软件到硬件

当雷达发生故障时,应该先从软件方面来分析原因,首先排除软件方面的可能性,然后再检查硬件的故障。切忌开始就盲目地拆卸硬件,这是雷达故障诊断时应遵守的最基本原则。

#### 3. 由电源到器件

电源部分是否正常工作决定了故障是否为全局性故障的关键,因此,首先要检查电源部分,例如:配电箱,开关,继电器等,然后再检查各个分机的保险丝,工作电压,负载电路和器件。

要分清是电源部分器件损坏导致电源故障还是负载电路故障导致电源故障,对于负载过载故障,要通过逐一断开负载方法找出故障根源。

#### 4. 由公用到专用

公用性故障可能影响整机或者几个分机,而局部故障只影响某个分机。例如:频率综合器出现故障就可能同时影响到发射机和接收机,应该先排除公用性故障后再去排除其他分机故障。

#### 5. 由简到繁、由易到难

雷达故障原因有的复杂,有的简单,为了避免少走弯路,应该从简单易于检查的部位着手,先从外部开始,然后深入到各组合内部。在检查时应充分利用雷达监控报警的提示来孤立故障部位,先检查分机电缆插头、保险丝等是否接触良好,然后检查内部电路。进行检查时先测量方便点。如果需要拆卸大型器件,一般应放在最后进行。

### 1.3.3 雷达故障常用的诊断方法

#### 1. 原理分析法

这种方法是从理论上进行分析,按照雷达的基本原理,根据各分机之间的相互关系,从原理上分析各分机应该实现的功能和各器件应有的特征,进而找出故障原因,然后再进一步分析故障器件,最终找到故障原因。这是排除雷达故障最基本的方法,也是最复杂、最困难的方法,对于经验比较丰富的技术保障人员不一定采用。

#### 2. 监控程序法

监控程序法是利用厂家提供的脱机测试诊断软件,在线监控程序(CINRAD/SA/SB型雷达的性能参数监控)和标定、工作状态日志、报警等文件内容进行故障诊断,通过对各个分机的主要器件及关键点参数进行在线监测判定故障的大致位置,从而引导检修人员进行排除。监控程序虽然极大地方便了对故障的检测,但检修人员还需首先判定是虚警或检测电路本身是否有故障。

#### 3. 直接观察法

直接观察法,即外部查看法,也叫直觉法,主要通过眼看、耳听、鼻闻、手摸等直观方法来确定故障部位。例如:查看雷达的各种关键点表头的指示,元件的外观以及有无冒烟,打火,连接头有无虚焊、接触不良等现象,细听雷达机械的转动部分、发射机工作的声音是否正常,调制器器件及波导有无高压打火声等现象,鼻闻有无焦臭和其他异常气味,手摸有关器件是否有异常升温等,雷达发生类似故障都可以用直觉迅速地发现故障的部位。这种方法简便迅速,检修者经验愈丰富对雷达愈熟悉,其效果愈好。但人的感觉器官总有一定的局限性,所以检修中有时还要与其他方法结合运用。

#### 4. 代替、对换检查法

代替法就是在检修过程中,用规格相同(或相近)、性能良好的元器件(或电路板)代替被怀疑又不便测量的元器件(或电路板)来检查故障的一种方法。如果替换后故障现象消失,则证明原来元器件确有故障;如果替换后故障现象仍然存在,则说明判断有误,应重新查找故障点。这种方法对独立的器件和接插组件(电路板)方便易行,常常首先使用。使用代替法必须注意,防止损坏被用来试验的好元件,如有些故障是由于电路过载或短路等引起的,如果不经过分析,就将好的元件换上去使用,有可能把好的元件烧毁。发现元件有烧焦或连续烧断保险丝等

现象,则应先检查是否存在负载过载现象,再确定是否接上替换元件;用来替换的元件必须性能良好,否则会给检修者造成错觉,引起误判,反而增加新的故障。由于同类型元件的参数不完全一致,运用代替法是可能会产生一些影响,应考虑到这一点。

对换检查法:就是用设备上处于不同部位而功能相同的部件、器件进行对换来确定故障部位的检查。如方位和俯仰功率放大器模块、方位和俯仰电机、天线功率探头和发射机功率探头(位于接收机柜内)、型号相同的集成块等,如果对换后故障移位,则证明原目标器件有故障,例如原来天线不作方位运动,而俯仰正常,对换功放模块后,方位正常而俯仰不正常,则证明原来方位功放模块有故障;否则说明原来判断有误,应重新查找故障点。

### 5. 测量分析法

测量法就是利用仪表测量雷达相关参数以及电路关键点的电阻、电压、电流以及波形和信号有无等。测量法是检修故障比较准确可靠的方法,也是最常用的方法。因此,平时利用各种机会对各种分机都应选择几个重要测量点,熟记和积累电路正常工作时的数据,做到心中有数,以便迅速孤立故障部位。

(1)电压测量:电压测量用在音频、低频和直流电路中比较方便,它能够判断某一级电路是否正常。一般用万用表和示波器进行测量,测量时应注意对比测量数据(技术说明书中和平时测试积累的)和测试方法以及仪表的正确操作等。对测量的数据结合电路功能进行具体分析,如有些电路相差十几伏仍能正常工作,有些相差几伏就不能正常工作。测量时还要考虑仪表的负荷效应以及连接头接触是否良好;还要注意人员和仪表的安全,应先把量程适当放大一些,以防损坏仪表。

(2)电流测量:电流测量用得不多,主要用来检查电源部分的变压器和整流器以及电源输出带负载能力,测出变压器和电源输出有载和空载电流,来判断是否有线圈短路和电路过载。测量时先断开电路串入电表,电表量程要先适当放大,然后接通电源,以免引起表笔接触处打火和烧坏电表。

(3)电阻测量:电阻测量是在不通电的情况下,找出故障元件的一种重要方法(有时因故障不能通电,只能用电阻测量法)。测量仪表有万用表、电桥等,测量时要注意被测元件和其他元件的联系,遇有并联电路时,可将被测元件的一端焊开后再测量,对无法完全脱离并联电路(集成电路)的器件应注意并联器件电阻的影响,遇有大电容刚切断电源时,需先把电容放电后再测量,以免损坏测量仪表。通过测量集成电路、晶体管的各管脚和各单元对地电阻来判断故障,对检修开路、短路性故障和确定故障元件最有效。在实际测量中,可作“在线”测量和“脱焊”测量。在线测量时,应选择合适的连接方式,并交换表笔作正反两次测量,然后根据电路图分析测量结果做出正确的判断;对难于判断的故障点,采取“脱焊”测量的方法较好。若两种测量方法能恰当地结合运用,可充分发挥电阻检查法的优点。

(4)电容和电感测量:它是在不通电的情况下,找出故障元件的一种重要方法。主要测量仪表有数字电桥,带电容和电感测量的数字万用表等,测量时要注意被测元件和其他元件的联系,遇有并联电路时,可将被测元件的一端焊开后再测量,遇有大电容刚切断电源时,需先把电容放电后再测量,测量时量程要先适当放大,然后逐步找到合适量程,以确保测量精度。

(5)波形测量:波形测量的方法在脉冲和低频电路以及数字信号测量中运用较为有效。主要测量工具为示波器,它能直接观察到波形和数字信号的变化,有利于对故障的分析。但波形测量只能确定故障的范围,或定位到某一级,要找出故障元件,需采用电阻、电压测量法或者其

他方法来确定。

#### 6. 隔离法

电路中各支路中互有影响,检修时需将它们互相隔离。隔离法一般有两种,一种是拔去插件或集成电路使前后级隔离;另一种是断开电路使其他支路不起作用。拔掉插件的方法比较简便。

#### 7. 越级法

越级法就是越过被怀疑的那一级(或几级)电路,把信号从被怀疑的前一级引到被怀疑的那一级(或几级)电路的后一级,把被怀疑的那一级暂时隔开。同类型多级串联电路的检修,要求各级有相同的频率、足够的放大量、对应点的电位相同。

#### 8. 开路、短路、并联检查法

(1)开路检查法:是将电路某一部件的某一部分电路断开,根据故障现象的变化情况或电压的变化情况来判断故障,此方法适合于检查短路性故障。

(2)短路检查法:是利用短路线夹(直流短路)或有电容的线夹(交流短路)将电路中的某一部分或某一元件短路,根据故障现象的变化来判断故障,此方法适合于检查开路性故障。使用此法时,必须先认真分析电路原理图,确定电路能否短路(特别是直流短路),以防故障扩大。

(3)并联检查法:是用性能良好的规格相近或可调的元件并联到被怀疑的元件上来判断故障的一种方法,小电容开路、失效很难判断,采用这种方法判断故障比较好。

开路、短路、并联检查法各有所长,可视情况选用。

#### 9. 外加信号法

这种方法是将外来的信号加到被怀疑的电路输入端,以判断工作的好坏。例如检查接收机故障时,可将射频测试信号送入混频器,观察终端得到的电平分贝数是否与原来所测的数值有变化,以判断中频放大通道放大能力。若无明显的变化则说明从接收机混频器至中频信号通道都为正常,应该查找接收机的射频放大通道故障。

#### 10. 触击检查法

它是采用故障触发原理,用形成故障的条件来促使故障频繁发生,从而找出故障根源的一种方法。它适用于雷达在工作时间比较长或者环境温度变化时出现的一些故障,一般表现为动态测试某器件技术指标超差,而静态时测试又正常,或者某器件刚工作时正常,工作一段时间后又出现错误信息。这时采用触击检查法,如人为将环境温度升高或降低,加速高温或低温参数较差的器件发生故障;用绝缘器件轻轻敲击被怀疑的元器件,使故障现象消失或重现,以检查时隐时现或接触不良的故障,便于定位故障点。

注意:实施局部加热时,加热温度应严格控制,否则,好的元器件也会被烧坏。一般情况下,加热、冷却检查法主要用于检查正常工作时温度变化不大的元器件;加热的目的是为了提

高环境温度,而不是为了考元器件。  
在检查某一具体电路故障时,采用哪一种方法或哪几种方法结合使用,应根据具体故障做具体分析,不采用生搬硬套方法。技术人员在检修雷达时,如果能严格遵守雷达故障分析的原则,灵活运用故障的诊断方法和技巧一定能收到事半功倍的效果。

当雷达发生故障后,应全面分析故障现象和特征,分析和定位故障的部位,然后进行修理,更换元器件(有时换器件后需做调整),迅速排除故障,使雷达尽快恢复正常工作。

## 1.4 新一代天气雷达故障定位分析

### 1.4.1 CINRAD/SA/SB/CB 雷达故障定位分析

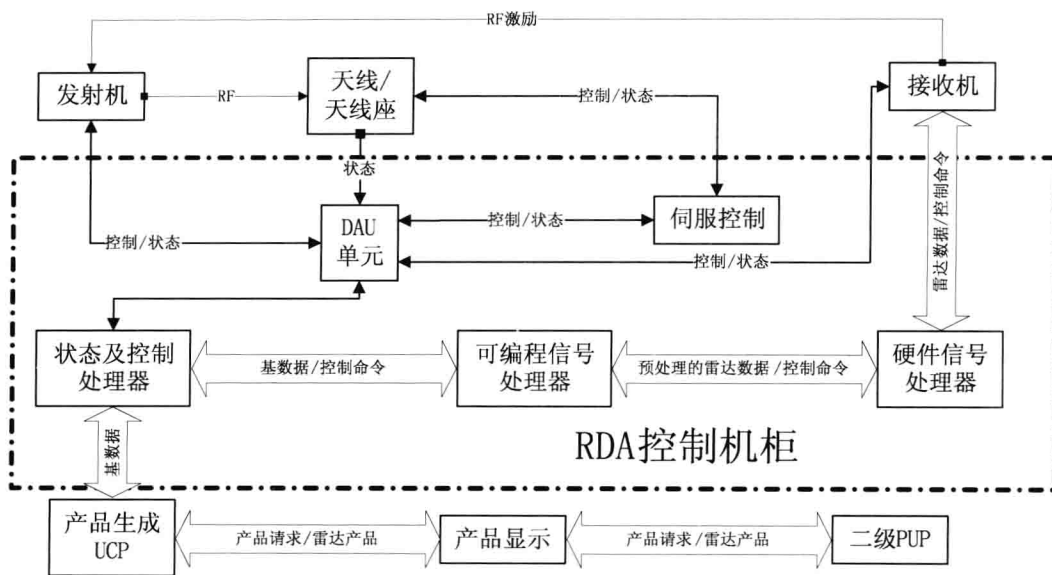


图 1-4-1 CINRAD 雷达系统互连简化框图

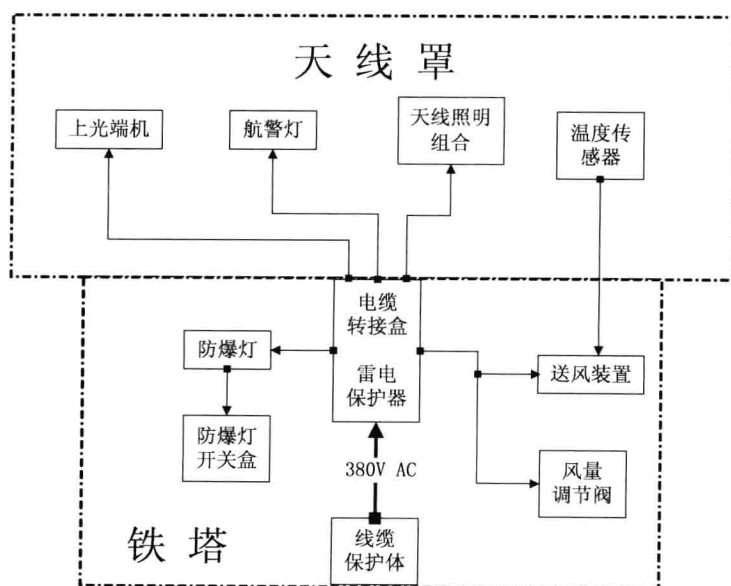


图 1-4-2 铁塔及天线罩供电框图

新一代天气雷达故障隔离和修复流程一般分为六个步骤:①在线故障现象观测;②在线性能检测;③脱机测试诊断软件的测试;④脱机关键点参数测试;⑤故障修复后通电试机(考机);⑥事后故障分析总结。

当雷达出现报警或故障时,首先要迅速分析判断是哪个分机出现故障或性能参数超限,即通过雷达故障定位分析确定故障范围。有些故障通过故障现象即可确定在哪个分机,但有些故障很有迷惑性,故障现象看似像某一个分机,但实际上却是另一个分机,这就需要技术人员仔细观测和分析故障现象,综合考虑与故障现象有关的信号、性能参数,必要时做一些关键点参数测量,最终正确判断故障可更换单元。

#### 1. 如何定位发射机、接收机、信号处理器故障

对于无回波故障,如果无任何报警,但发射机不能加高压,这时可以通过测试软件,在本控和手动工作状态下进行测试。如果本控状态下发射机可以正常加高压,这时基本上可以判断出故障在信号处理器。

如果接收机无任何报警,发射机调制器工作正常,但无回波信号或回波面积有所减小,发射机报发射机功率测试设备故障或报反射率定标超限警报,机内发射功率测试明显减小,这时首先检查发射机固态激励器 3A4 输入高频信号功率(频综输出端测试),如果不正常,则是接收机频综故障导致无射频激励信号输出或功率太小。

#### 2. 如何定位天伺、DAU、信号处理器故障

对于出现由于天线角码信号不正常导致雷达天线不运转故障,首先模拟天线状态下运行 RDASC 程序,如果天线运转正常,则信号处理器正常;接着用 RDASOT 软件进行天线座待机/工作(使能)命令测试,如果使能控制不正常,而伺服系统工控机、伺服分机及伺服控制器加电正常,则是 DAU 有故障,如果使能、伺服加电控制正常,确定串口通信正常时,则是伺服系统故障。

#### 3. 如何定位发射机、DAU 故障

如果报雷达波导转换开关连锁故障,首先运行 RDASOT 测试软件,控制波导转换开关,如果能听到 DAU 底板继电器吸合声,则是波导转换开关或+28 V 电源故障;反之,则是 DAU 故障。

如果报雷达发射机高压开关故障,这时需要检查在本控、手动状态下,能否加上高压,如果正常,则是 DAU 故障,如果仍加不上,则要检查发射机监控系统。

对于发射机/DAU 接口一类故障,一般如果在本控、手动状态下发射机工作正常,则是 DAU 故障,否则就要检查发射机监控系统。

#### 4. 如何定位接收机、信号处理器故障

如果报信号处理器 9.6 MHz 主时钟故障,首先通过转接盒 5A16 检查从接收机 9.6 MHz 主时钟信号是否正常,如果正常则是信号处理器故障,否则就是接收机频综或接口电路、接收机相关电源故障。

#### 5. 如何定位天馈系统、接收系统故障

当雷达出现接收回波面积偏小(可能伴随报天线发射功率不正常警报),但接收机反射率因子定标却正常的现象,如果检查接收机保护器正常,一般都是天馈系统某微波器件损坏或损耗太大。反之,如果接收通道有故障(含主通道、测试通道、测试信号等),一般都伴随接收机反射率因子定标超限、接收机参数不正常报警。

### 1.4.2 CINRAD/SC/CD 雷达故障定位分析

S 波段多普勒天气雷达 CINRAD/SC 和 C 波段多普勒天气雷达 CINRAD/CD 的原理相同和功能模块及结构基本相同,其故障定位分析方法相同。

雷达对目标测量和定位的物理基础是当雷达天线辐射的电磁波在传播途中遇到不均匀介质(即目标)时所产生的折射和反射现象,而反射信号包含目标的位置和强度信息。天气雷达对云、雨等气象目标进行测量和定位时,云块、雨滴等水凝结物受到电磁波照射会在水滴内感生偶极子振荡,入射的一部分电磁波能量被水滴吸收,形成衰减,另一部分被水滴重新向外辐射形成散射。被水滴散射的电磁波,一部分按入射波方向回到雷达天线而被其接收,这一部分散射称作反射。为表征目标的反射能力,通常用目标反射面积(雷达截面积) $\sigma$ 表示,其定义为一个理想的各向同性的反射面积,它反射到雷达的角功率密度与实际目标一致。

对于球形水滴,当其直径  $D$  远小于雷达工作波长  $\lambda$ (即  $\pi D/\lambda \leq 1$ ) 时,则该单个水滴的雷达截面积:

$$\sigma_i = \frac{\pi^5}{\lambda^4} \left| \frac{m^2 - 1}{m^2 + 2} \right|^2 D_i^6 = \frac{\pi^5}{\lambda^4} |K|^2 D_i^6$$

式中,  $m$  为水的复折射指数。

雷达所观测的降水目标为雨滴群,其有效雷达截面积与波瓣宽度和脉冲宽度所相应的空间长度(即  $\frac{1}{2}C\tau$ ,其中  $C$  为光速,  $\tau$  为发射脉冲宽度)所组成的空间中所有雨滴的  $\sigma_i$  之和。

$$\sigma = \frac{\pi^5}{\lambda^4} |K|^2 \sum D_i^6$$

通常用雷达反射因子  $Z$  表示  $\sum D_i^6$ ,它和降水中雨滴尺度谱的分布有关,则:

$$\sigma = \frac{\pi^5}{\lambda^4} |K|^2 Z$$

天气雷达可以通过对接收机回波功率  $\overline{P_r}$  的测量计算出降水反射因子  $Z$  值,从而推算出降水强度值。

CINRAD/SC 和 CINRAD/CD 型新一代天气雷达整机框图如图 1-4-3 所示。

#### 1.4.2.1 雷达射频信号工作流程及故障定位分析

根据图 1-4-4,雷达射频信号的工作流程为:在信号处理器送出的脉冲调制下,接收系统中的频综产生射频激励信号,该激励信号送入发射机的功放,经过一次放大后,送入发射机的速调管进行再次放大,放大后的大功率脉冲射频信号进入馈线系统经过四端环形器,方位旋转铰链,俯仰旋转铰链,喷口,再通过反射体向天空辐射,反射体天线汇集反射回来的微波信号,经喷口,俯仰旋转铰链,方位旋转铰链,四端环形器,放电管送入接收系统,经场放大后,经预选器检波滤波处理,回波信号进入混频器混频变成中频信号,经前置中频放大器放大后进入数字中频(IFD),回波信号在此变成数字信号后经网络(光纤或网线)送入信号处理器,采集程序(监控采集分机上或在采集分机上)从信号处理器上提取数据送入终端显示程序显示。

充分了解雷达射频信号工作流程,为我们分析定位相应故障提供极大帮助。以下是通过典型故障分析定位,并采用有效方法进行故障处理,为雷达技术保障人员提供借鉴。

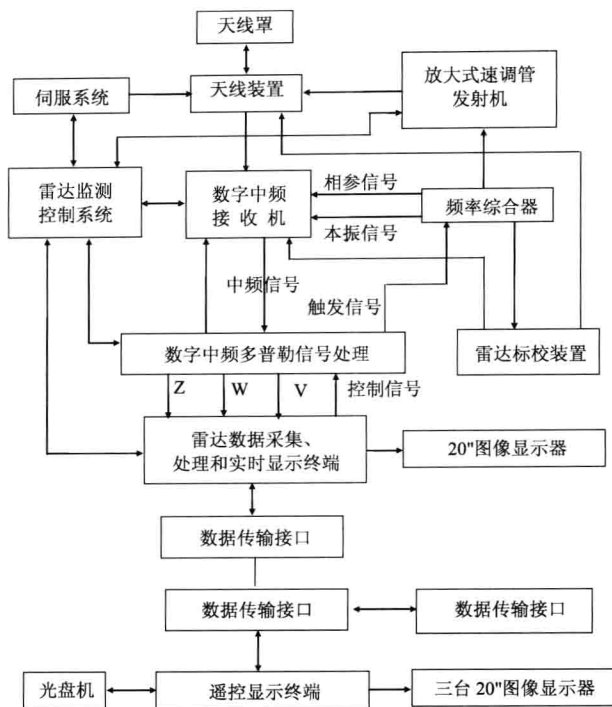


图 1-4-3 CINRAD/SC/CD 型雷达系统方框图

故障现象：

雷达回波面积明显减小。

故障诊断与处理：

根据雷达射频信号的工作流程见图 1-4-4，雷达系统回波面积减小可能是多个分系统故障造成发射系统输出功率大幅减小；馈线系统损坏打火；接收系统通道电缆或器件损坏；终端软件标校错误。

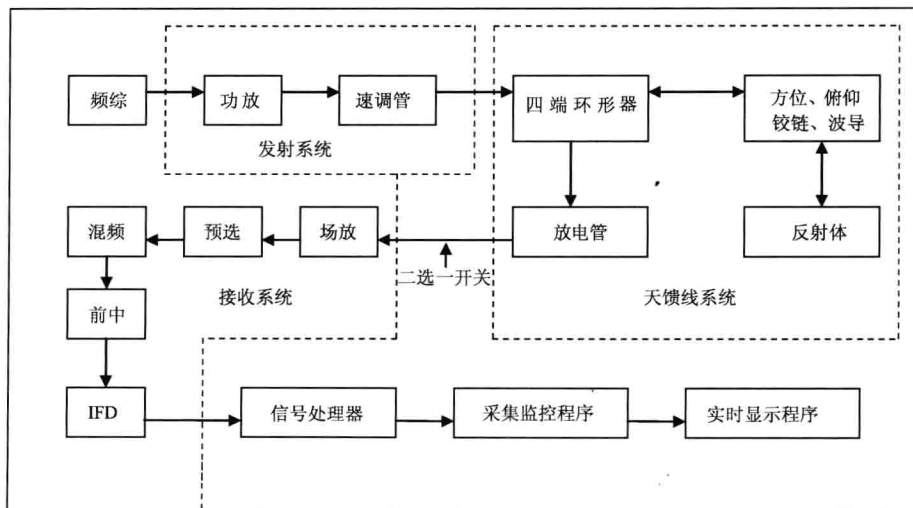


图 1-4-4 射频信号工作流程方框图



排障方法:

(1)查看雷达发射功率显示是否大幅度降低,如降低,检查发射系统。

(2)在雷达终端系统实施程序中打开雷打标校检查信号,如在终端系统上看到标校检查信号强度降低,则检查接收系统主通道和标校是否正常。

①重新对雷达进行标校。

②用雷达综合测试源引一固定测试信号从放电管后开始逐一从各个器件和电缆中送入,检查插损有无超标现象。

③回波在进入主通道前由一个二选一开关控制,检查此二选一开关的控制码,如不正常则更换开关。

(3)对馈线系统进行检查。因为波导、方位旋转关节、俯仰旋转关节等属于刚性器件,故障概率较低可予以排除(特殊情况如长期腐蚀生锈打火或馈线系统连接不紧密进水)。馈线系统的检查重点为放电管。该器件是真空器件,属于寿命件(厂家保证寿命为800小时)。检查放电管—600 V电源的电流是否正常,其范围是80~120  $\mu\text{A}$ ,如超范围应予以检查更换。

#### 1.4.2.2 雷达伺服角码显示工作流程及故障定位分析

雷达伺服系统的工作流程为:给定天线的位置(输入角码),通过伺服系统来控制天线负载位置,通过测量元件及角码变换器获得的当前角码与输入角码加以比较,相符合时系统处于静止状态,当不符合时即产生角码误差( $\pm\Delta D$ ),此误差在监控系统中伺服驱动单元上数模变换变成误差电压 $\pm\Delta U$ ,再经电压放大及功率放大后,作用在执行元件上,使其向减小误差的方向运动。因此,负载连续跟踪主控单元运转。在本系统中采用自整角发送机45ZKF003作角度测量元件,由监控系统提供110 V励磁电压。其反馈的三路交流信号送入监控系统中的角码转换单元变成角码数字信号(采用RVP7的系统)或送入RVP8中的IO-62板中变成角码数字信号(采用RVP8的系统),其中较为特殊的是俯仰自整角发送机的反馈信号其传送路径中要经过汇流环。

充分了解雷达伺服角码显示工作流程,将会准确快速分析定位相应故障。以下通过对实际故障的分析、处理给出典型故障快速分析及处理方法。

##### 故障个例1 天线转动失控

故障现象:

雷达发出命令停止天线转动,但实际天线仍然在缓慢转动。

故障诊断与处理:

根据雷达伺服系统的工作流程。天线转动是伺服系统根据监控系统给定的误差电压信号经电压放大及功率放大后,作用在电机上,由电机转动带动天线运转。产生该故障的原因可能是监控系统错误输出误差信号造成伺服系统故障。

检查监控系统送入伺服系统的数控误差信号,如果有误差电压,检查监控系统,排除故障。如果没有数控误差信号,检查伺服系统,排除故障。

##### 故障个例2 体扫功能丧失

故障现象:

雷达系统不能完成体扫,天线俯仰角码在 $13.5^\circ$ 附近剧烈晃动。

故障诊断与处理:

体扫是根据程序内给定的每层俯仰度数控控制雷达,其到位精度在 $\pm 0.3^\circ$ 内才能存储数据。