

CTL-713C 型天气雷达接收机电路分析及检修方法

舒童

(河南省焦作市气象局, 焦作 454003)

摘要 为全面地总结 CTL-713C 型天气雷达接收机硬件维护技术,对接收机主要组成电路及作用进行了分析,总结出接收机整体工作信号流程示意图。由此提出 CTL-713C 型天气雷达接收机故障分析和检修方法:快速诊断法及通过对射频、中频、视频关键点分类测试进行检修的方法,通过 3 类故障的检修过程对接收机故障检修方法和流程进行了实际分析和检验,并指出雷达接收机维护检修的原则:通过整体看局部,先易后难,综合测试,熟悉原理。

关键词 天气雷达 接收机 电路 检修

引言

CTL-713C 型天气雷达作为 713 天气雷达的换代产品,是中国气象局在全国气象部门重点布设的局地天气警戒雷达型号之一,其电路采用模拟、数字电路综合设计,硬件多、集成度低、电路复杂,日常维护和检修难度大。雷达接收机是处理天气回波信号的首要部分,其作用是将接收到的回波信号进行放大并变换为视频信号送至视频信号处理器进行处理,同时设置定标控制器,以便利用计算机对雷达回波强度进行标校,因此,雷达接收机的正常运行是回波信号正常接收处理的前提条件之一。

国内有关雷达接收机的文献主要侧重于其非线性理论问题的研究^[1-2],对接收机硬件的维护技术仅限于其中某部分的交流探讨。本文通过分析 CTL-713C 型天气雷达接收机组成,分析得出接收机信号流程示意图,提出了检修 CTL-713C 型天气雷达接收机常见故障的方法和流程,并通过故障实例及原因解析进行验证,对雷达接收机的日常维护和故障排除有一定参考作用。

1 接收机组成及信号流程

1.1 接收机组成

概括地说,接收机主要由射频、中频和视频 3 部

分组成。其中射频部分主要由限幅器、场效应放大器、滤波器、VCO 等组成,作用是将天线所接收到的回波信号进行射频放大、滤波并经混频转换成中频信号,降低接收机的噪声系数,保证雷达接收机有足够高的灵敏度^[3];中频部分主要由对数中频放大器、自频调、脉冲检波器等组成,用于将高频组件输出的 30 MHz 中频信号进行放大,再经检波变成视频信号,然后由视频放大器将回波信号放大到信号处理系统所需要的幅度;视频部分是由集成电路构成的放大器和由三极管构成的输出级组成,用来对检波器输出的视频脉冲信号进行功率放大。

1.2 接收机信号流程分析

图 1 为接收机回波信号流程。其概略流程为:当发射机磁控管工作时,射频脉冲经截止衰减器和可变衰减器衰减后的一小部分能量,通过射频电缆送到自动频率调节控制电路,产生控制 VCO(体效应振荡器或称压控振荡器)的控制电压,使 VCO 的振荡频率比磁控管的振荡频率高 30 MHz,即保证中频等于 30 MHz。由天线接收到的射频回波信号,经过机外波导系统进入发射机后,通过大功率 4 端环流器、放电管以及机内连接波导送到接收机高频组件,经限幅、低噪声放大、滤波、混频后,得到 30 MHz 的中频信号到对数中频放大器放大和检波变成视频信号送到视频积分器。

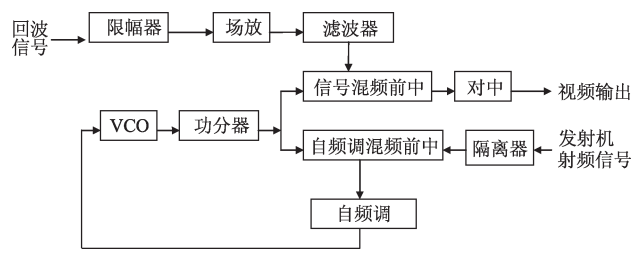


图 1 接收机回波信号流程

雷达定标时,将信号源信号送入限幅器,用示波器观察对中的视频信号,在手动工作方式下使视频信号最强,逐渐增强信号源的输出,由计算机进行自动定标。

2 接收机故障分析及检修方法

2.1 接收机故障分析快速诊断方法

接收机故障现象主要反映为终端回波显示不正常^[4],而雷达终端回波显示好坏除与接收机相关外,还与视频信号处理器、计算机接口、外触发脉冲及天线数字角码信号等有关。因此,根据故障现象判断接收机是否出现故障应采用排除法与分析测试法综合判断^[5],采取先易后难的步骤逐步检修。其主要检修方法及流程为:首先,根据故障现象(终端回波显示)判断故障是否出在包含接收机的这一范围内;其次,若终端回波出现异常,可采用排除法缩小检修范围(例如可将视频输入信号置模拟状态,根据 PPI 画面色环显示确认是否视频信号处理器故障)^[6],其间还可以检查监控台面板显示的信号晶体电流及自频调晶体电流是否处于正常范围,或通过转换“频率控制”的“手动”和“自动”调谐来确定故障是否在接收机部分;最后,排除其他故障可能,确定接收机部分出现故障,则应从接收机部分最易出现故障的自频调、对数中频放大器、高频组件等结合故障现象依次检查测试参数逐一排除。需要重点指出的是,由于接收机电路用到的直流电源较多,因此,在检修接收机部分的故障时,应首先从接收机各组件的供电电源着手检查,而不是直奔相关组件,避免多做“无用功”。

2.2 接收机射频部分故障检修方法

(1)测量发射机工作频率是否在 5400 ± 10 MHz 附近。接收机混频电路需要截取发射机一小部分能量用于产生中频信号,因此,发射机工作频率

正常是接收机工作稳定的前提。

(2)测量接收机灵敏度。灵敏度是雷达接收微弱信号能力的表征,接收机灵敏度应小于 -108 dBm,动态范围应大于或等于 78 dB。

(3)接收机射频部分主要用于混频,因此,检修时还应测量供混频用的 24 V 电压及 VCO 用的 $+15$ V 电压是否正常。检修 VCO 好坏,除测量其 G 端外,还应测量其 V 端是否有 $2 \sim 12$ V 搜索电压,同时检查信号晶体和自频调晶体电流是否大于 1 mA,若都为零,则 VCO 损坏需要更换。

2.3 接收机中频和视频部分故障检修方法

中频和视频部分的故障检修主要通过示波器测量信号幅度、噪声电平幅度来判断。

(1)对数中频放大器的视频信号输出幅度应在 $3 \sim 10$ V 之间。对数中频放大器主要由六级双增益对数中频放大器、一级脉冲检波器和视频放大器组成,各级放大之间又相互影响,任何一级工作点的变化都会引起其他各级工作点的响应变化,即使更换元器件后亦是如此。因此,测量各级信号对于判断中频是否正常是很重要的。测量对数中频放大器各级正常信号如图 2~4 所示。

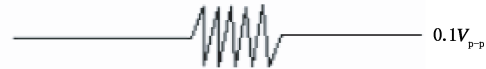


图 2 对数中放输入中频信号

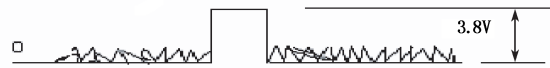


图 3 检波后输出信号(二极管负极)



图 4 对数中放输出视频信号

对数中放出现故障反应现象主要是信杂比不正常(偏小),基线直流电平偏离正常位置,噪声电平增大,信号幅度减少等,发生故障的对数中频放大器输出视频波形主要有图 5、图 6 两种情况。

(2)自频调电路的检修首先检查供电 $+12$ V、 $+24$ V 是否正常,接着检查自频调晶体电流是否正

常,正常情况下应大于 1 mA,若电流为零或很低,则自频调前端的混频二极管需要更换。正常情况下,用示波器测量自频调电路整件上测试孔 X4 处有上下变化的鉴频波形,如图 7~9 所示。

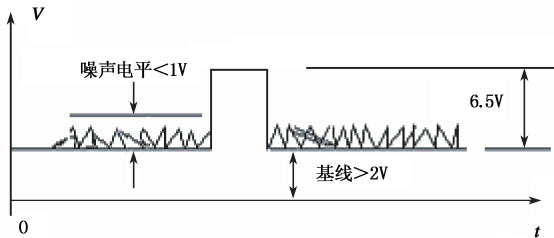


图 5 对数中放输出不正常波形之一(高基线波形)

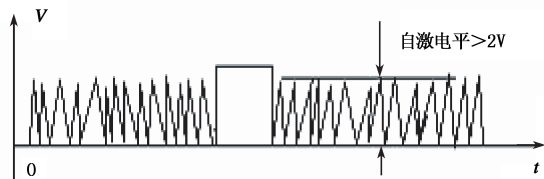


图 6 对数中放输出不正常波形之二(自激波形)



图 7 未跟踪时,自频调上下变化的鉴频波形(X4)

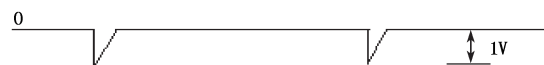


图 8 手动正常时,自频调鉴频波形(X4)



图 9 自动正常时,自频调鉴频波形(X4)

若测得无鉴频波形,则应检查自频调输入的 30 MHz 信号是否有,若有,则检查放大电路 V1 和 N1、N2 以及鉴频二极管 V2、V3,若仍无信号,则说明混频组件出现故障需要更换。

3 接收机故障检修实例及原因解析

3.1 故障实例一

故障现象:雷达终端回波开机显示就较弱,最后逐渐消失,终端无回波信号输出。

故障分析:先将输入信号通过变视频为模拟,发现视频积分器部分没有故障,根据故障现象应重点

检查接收机部分,此类故障应出在中频或视频部分。

故障处理过程:检查监控台自频调及信号晶体电流均在正常范围。转换“频率控制”由“自动”到“手动”调谐,信号也是先强后弱,并逐渐消失。打开接收机面板,检查发现 S-6 电源的 +15 V 电源灯熄灭,关闭雷达,检修发现该 +15 V 电源保险管熔断,更换保险管,雷达重新开机后,终端回波显示正常。经查阅电路图,发现该 +15 V 电源为对数中频放大器供电电源,对中停止工作导致接收机不能产生中频放大信号,所以终端显示由弱至无。

3.2 故障实例二

故障现象:“手动”档可以观测而“自动”档观测回波信号很弱。

故障分析:该故障首先怀疑自频调,VCO 对保证中频信号有重要作用,所以也应成为“怀疑对象”,而对数中频放大器用于将中频信号进行放大,也是导致故障的可能原因,因此检修中频部分是故障处理重点。

故障处理过程:确定故障在接收机范围内后,断开高压,检查接收机各部分的电压是否正常(对数中放的工作电压为 +15 V 和 -15 V,自频调工作电压为 +12 V 和 +24 V),确定电源正常后,把雷达综合测试仪接入雷达的接收通道,频率调到 5400 MHz,把示波器接到自频调的输出测试端,保证雷达综合测试仪、示波器同时使用天气雷达的同步脉冲,先用“手动”跟踪档,调整手动旋柄配合自频调上的可变电阻 R12 使示波器指示最大值(在 6~7 V 之间),然后换到自动档观察示波器值远小于 6~7 V,怀疑 VCO 故障,更换 VCO,故障依旧。再更换对数中频放大器,则“手动”和“自动”档回波信号一致,故障排除。

3.3 故障实例三

故障现象:“手动”档可以观测而“自动”档观测回波信号不稳定。

故障分析:自频调是保证回波信号稳定的重要器件,鉴频特性变坏致使鉴频波形时有时无,是产生该故障的主要原因^[7]。

故障处理过程:将示波器接在对中的测试点上,调整自频调上的 R12,结果无论怎么调自动跟踪的回波都没有手动跟踪回波强,R12 的调整已经达到饱和,则说明自频调输出的控制 VCO 的电压不正确,而控制电压的大小又是由频率差所决定,判断自

频调上的滤波器中心频率点发生偏移。更换自频调后,故障排除。

4 小结

判断雷达接收机故障主要通过终端回波显示进行甄别,若是回波信号按规律减弱或消失等不稳定现象出现,且雷达有正常扫描线,则故障多与接收机相关。检修接收机故障应遵循先易后难、先基本后复杂的原则进行,用排除法结合仪器测试能起到事半功倍的效果^[8]。而掌握和熟悉接收机组成工作原理及信号流程对接收机的检修维护有重要作用,也是雷达整机维护检修的必备条件。

参考文献

[1] 张沛源,周海光,梁海河,等. 数字化雷达定标中应注意的一些

问题[J],气象,2001,27(6):27-32.

[2] 柴秀梅,黄晓,黄兴玉. 新一代天气雷达回波强度自动标校技术[J]. 气象科技,2007,35(3):418-422.

[3] 潘新民,713、714CD 天气雷达线路设计特点及改进建议[J]. 河南气象,1997,(2):41-42.

[4] 李顺利,张爱玲,刘世学. CTL-713 型雷达接收机故障分析[J]. 河南气象,1997,(3):45.

[5] 张涛,王民栋,解莉燕,等. 用频谱仪检修 CINRAD/CC 雷达接收系统故障[J]. 气象科技,2010,38(3):336-339.

[6] 舒童. CTL-713 天气雷达中放特点及相关故障分析[J]. 气象与环境科学,2008,31(增刊):232-234.

[7] 高峰. 雷达接收机相位鉴频器的设计[J]. 火控雷达技术,2002,(3):54-58.

[8] 刘小东,柴秀梅,张维全,等. 新一代天气雷达检修的技术与方法[J]. 气象科技,2006,34(Z1):111-114.

Circuit Analysis and Troubleshooting of CTL-713C Weather Radar Receiver

Shu Tong

(Jiaozuo Meteorological Service, Henan, Jiaozuo 454003)

Abstract: To summarize the maintenance techniques of the CTL-713C weather radar receiver comprehensively, an analysis is made of the main component circuits and functions of the receiver, and the schematic signal flow chart is presented. The CTL-713C weather radar receiver faults are analyzed, and troubleshooting methods is discussed. The frame of reference for radar receiver maintenance is given: looking through the whole, starting with the easy, testing comprehensively, and being familiar with the working principles.

Key words: weather radar, receiver, electric circuit, troubleshooting