

文章编号:1673-8411 (2016) 02-0088-03

CLC-11-D 型风廓线雷达故障处理与运行维护

苏添记¹, 夏润芳², 刘笑², 潘旭光¹, 孙俊²

(1.烟台市气象局, 山东 烟台 264003; 2.蓬莱市气象局, 山东 蓬莱 265600)

摘要:通过对 CLC-11-D 型边界层风廓线雷达的主要故障分析,找出故障发生的原因,并提出相应的处理方法。

关键词:风廓线雷达;雷达故障;数据探测

中图分类号:P49

文献标识码:A

Fault handling and operation maintenance of the CLC-11-D wind profile radar

Su Tian-ji, Xia Run-fang, Liu Xiao, Pan Xu-guang, Sun-jun

(1.Yantai Municipal Meteorological Service, Yantai Shandong 264003; 2. Penglai Municipal Meteorological Service, Penglai Shandong 265600)

Abstract: Based on analysis of the CLC-11-D wind profile radar main faults , the causes were found out to put forward the corresponding maintenances.

Key Words: wind profile radar; fault; detection

风廓线雷达的使用为天气预报用户提供了高分辨率的风廓线数据,一定程度上填补了探空系统留下的观测区域空白^[1-4]。保障风廓线雷达的正常运转,确保获取探测资料的可靠性,随之也成为台站业务人员的基本业务工作^[5]。了解风廓线雷达的工作原理,掌握基本的维护维修方法,是雷达业务人员开展工作的基础^[6]。

1 基本探测原理

风廓线雷达主要以晴空大气作为探测对象,雷达回波信号强弱与表征大气折射率分布的大气折射率结构常数 C_n^2 直接相关联。对于局地均匀、各向同性湍流的惯性子散射体,单位体积的散射截面与 C_n^2 有如下简单的函数关系:

$$\eta = 0.38 C_n^2 \lambda^{-1/3} \quad (1)$$

(1)式中,单位体积的散射截面 η 的单位为 m^2/m^3 , C_n^2 的单位为 $m^{-2/3}$, 雷达工作波长 λ 的单位为 m 。

式(1)代入弥散目标的雷达气象方程,得到适用于风廓线雷达的雷达气象方程:

$$Pr = 7.3 \times 10^{-4} C_n^2 \lambda^{5/3} Pt G_e h L^2 R^2 \quad (2)$$

(2)式中, Pr 是雷达回波功率, Pt 是雷达发射功率, h 是雷达的取样长度 ($h = 1/2c\tau$, 其中 c 是光速, τ 是雷达发射的脉冲宽度), G_e 是天线增益, L 是雷达天馈系统的损耗, R 是回波距离^[7-8]。

2 系统组成

CLC-11-D 型边界层风廓线雷达主要由相控阵天线、馈线系统、发射(接收)机、频率源、信号处理器、数据处理和监控分机等几部分组成。图1为 CLC-11-D 型边界层风廓线雷达的系统框图。其中相控阵天线、发射机柜(含波控)、T/R 组件机柜安放于室外^[9]。

2.1 相控阵天线

相控阵天线由行列 20×20 共 400 组双极化微带振子组成,各振子辐射的电磁能量在空中进行合成,形成具有角度指向和一定波瓣性能的波束。天线阵面上,各辐射单元激励电流的相位分布起着控制波束指向和波束扫描的作用,相对于机械扫描,此可

收稿日期:2016-01-25

作者简介:苏添记(1980-),男,汉族,广西梧州人,本科,工程师,主要从事气象雷达运行保障工作。

称为电扫描^[10]。激励电流的相位分布受波控系统控制。

2.2 发射与接收

发射机由前级功放、T/R 组件 T 通道功放、控保单元等组成,其作用是将频率源送来的射频激励信号放大,产生符合雷达系统要求的相参的雷达探测信号,通过馈线系统馈送到相控阵天线并辐射出去。它采用全固态有源相控阵体制,具有高效率、低损耗、高可靠性、体积小重量轻和维护方便等优点。

它由低噪放、由接收通道、频率源、信号产生、中频采样、激励源、时钟与控制等部分组成。将天线接收的微弱回波信号经过放大、变频、滤波及数字化等一系列处理,从中提取目标物信息,CLC-11-D 型风廓线雷达采用分布式发射和接收。

2.3 T/R 组件

T/R 组件集发射、接收、波控功能为一体,主要由移相器、T/R(行列转换)开关、隔离器、功率放大器、限幅器与 LNA(低噪声放大器)、环行器、定向耦合器和波束控制单元组成。其主要功能有:提供发射状态下的功率增益和输出功率;提供接收状态下的低噪声信号放大;进行波束(行列)切换;实现收发状态下的移相功能。

T/R 组件是 CLC-11-D 型风廓线雷达的最核心部件,共有 20 只 3 种不同功率规格的 T/R 组件,分别为 8 只 40W、6 只 120W 和 6 只 160W。T/R 组件为高功率输出单元,可产生高温,是本雷达的故障高发部位。

3 风廓线雷达故障处理

CLC-11-D 型边界层风廓线雷达各组件高度集

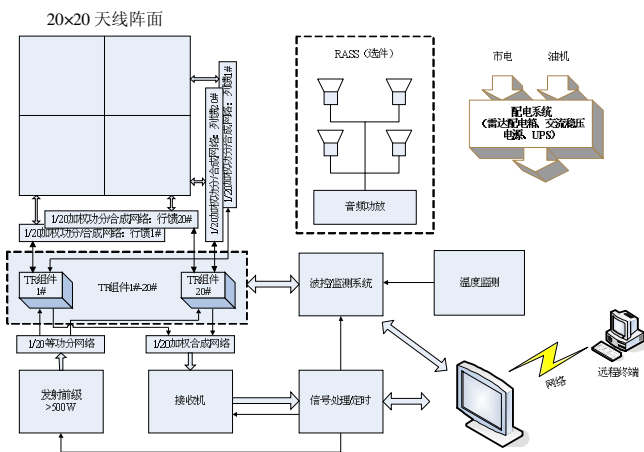


图 1 固定式边界层风廓线雷达系统框图

成,发射机实现全固态化,天线为相控阵,且有较完善的机内检测功能组件(BIT)及软件监测。BIT 对接收机、发射机、信号处理机、T/R 组件状态和发射功率等均自动进行故障检测,检测信息在雷达控制软件终端用不同的颜色表示不同的雷达工作状态。当系统提示故障时,可通过“控制程序”界面中的 BIT 颜色指示来判定故障源,再进行更换设备和维修。该系统可以通过直接更换模块化的组件来排除故障,使故障的处理变得相对简单。因此,比起常规雷达,它的故障排除快,其可用性更好。

蓬莱 CLC-11-D 型固定式边界层风廓线雷达自 2011 年 9 月投入业务运行以来,至 2014 年只出现过 7 次影响雷达系统正常工作的硬件故障。

3.1 T/R 组件故障

蓬莱风廓线雷达系统的 20 只 T/R 组件安放在两个机柜中,机柜位于室外天线阵面正下方,与环境无任何隔绝,机柜为半封闭,经过特殊的结构设计,以防海雾腐蚀昂贵的 T/R 组件。机柜通过附带安装的小空调进行控温。

2012 年 5 月 25 日和 7 月 12 日,蓬莱风廓线雷达控制软件监测显示有 T/R 组件故障,5 月 25 日为第二 T/R 机柜中的一只 40W 的 T/R 组件故障,7 月 12 日为第一 T/R 机柜中的一只 160W 的 T/R 组件故障。由于 T/R 组件是集成器件,可通过更换相应组件来排除故障,以上两次故障通过更换 T/R 组件得到排除。需要说明的是,只要故障的 T/R 组件不超过 5 个,即使雷达波的副瓣电平升高,最大探测高度降低,影响探测效果,但不会影响雷达的正常运转。因此,虽然 T/R 组件是故障高发部分,但不是致命故障。

3.2 T/R 机柜温度超标

2011 年 10 月 19 日、2012 年 2 月 9 日和 4 月 22 日,蓬莱风廓线雷达控制软件监测监测到 TR1 机柜温度报警,其中 2011 年的一次为温度超标报警,监测温度为 87℃,2012 年两次为温度故障报警。经查,2011 年 10 月的温度超标是因为 TR1 机柜的空调故障所致。雷达工作时半封闭的机柜内温度迅速升高,达到控保温度时雷达自动停机进行自我保护,此时软件监测的雷达激励信号、发射功率和驻波均为零。机柜空调故障排除后,雷达也恢复正常。2012 年的两次温度故障报警,当班的值班人员到站检查后发现机柜空调工作正常,温度也正常,重新启动雷达系统后报警依然保持。最后把故障定位在机柜温

度传感器上,更换温度传感器后故障排除。蓬莱风廓线 2012 年的第一次 TR1 机柜温度传感器故障,极有可能是因 TR1 机柜在 2011 年长时间过温,传感器迅速老化所致,而第二次故障是因第一次故障时换上的传感器性能不好。

3.3 其它故障

2012 年 7 月 23 日,雷达工控机无法启动,由于信号处理板安装在工控机内,雷达无法获取控制时序和进行信号处理,导致雷达停机。雷达工控机的框架是一台微机,经检查,其故障现象是不能开机,电源指示灯不亮,判断为电源故障。之后,厂家更换工控机,故障排除。工控机返修后发现确是电源损坏。故障出现时,该站尚未配备大功率 UPS,导致市电停电时,雷达设备会突然掉电而停机。当市电短时恢复而雷达各开关又处于合上状态时,雷达又经历突然全加电状态。故障后分析,工控机电源故障主要是受外电源电压波动所致。

2014 年 6 月 13 日,雷达控制软件监测显示,TR 组件全处于故障状态,输出功率为零,雷达无产品生成。检查两个 TR 机柜,温度正常,判断 20 只 T/R 组件同时损坏的可能性极小,应将故障定位在 T/R 组件之前的发射前级,用功率计测试前级各节点的功率,发现发射前级无激励输入,再检查发射机,发现功率总输出端线缆接头处有烧糊,判断为连接线过细致大功率击穿,更换连接线后,故障排除。

4 风廓线雷达的运行维护

对于 CLC-11-D 型固定式边界层风廓线雷达,日常维护工作需要合适天气和时间进行。每月的例行维护对雷达系统的正常运转相当重要,避开特殊天气找一晴好天进行停机维护。维护内容包括:检查室内设备,维护室外设备。维护步骤:按照关机程序关机,清洁室内设备表面灰尘,查看设备;清除 T/R 组件机柜内外的灰尘,避免机柜的进出风口堵塞;检查空凋制冷情况,定期添加氟利昂;检查天线屏蔽网,拉线和天线支架,天线底部,给暴露的金属上油。需要工具:干净毛巾、螺丝刀、活动扳手、自来水、防锈油、手电。

雷达系统机内监测系统比较完善,通过控制软件即可监控雷达的工作状态,从而实现了全天候 24h 无人值守运行。因此,雷达业务人员应密切监视控制软件的运行,定时检查记录雷达的工作状态。

5 小结

雷达台站的重要工作是监控雷达的运行状态,出现故障及时发现并进行故障定位排除。雷达的相关配套设施对雷达的稳定性至关重要,必须配足并确保运行正常。

早期的 CLC-11-D 型边界层风廓线雷达为减少功率的衰减,将 T/R 组件等部分组件放置到室外的天线架,采用机柜与外界环境隔离,但增加了冷却、防腐蚀、防尘、防风雨的难度。蓬莱风廓线因为这种设计的缺陷出现过多的故障。后期建设的雷达设置了雷达机房,除了天线布设在室外的房顶,其它设备均布设到室内,解决了上述问题。

T/R 组件是此雷达的故障高发点,但只要损坏少于 5 只 T/R 组件,不影响雷达的正常工作,只对探测高度等性能有所影响。因 T/R 组件价格昂贵,建议,对过了保质期的雷达,取其仍良好的部件储备。

为雷达配备功率足够大的 UPS 设备,以确保雷达的连续运行,避免出现突然断电导致浪涌电流对雷达设备的损害。

参考文献:

- [1] 陈元昭,王小勇,王明洁,等.深圳 LAP-3000 型风廓线雷达系统及应用[J].气象研究与应用,2007,28(3):73-76
- [2] 林中庆,曹亚平,赵小伟.风廓线雷达资料在一次强对流天气过程中的应用[J].气象研究与应用,2011,32(3):19-22
- [3] 黄静,李海鹰,吴嘉豪.用风廓线资料分析热带气旋“帕布”的风场结构[J].广东气象,2009,31(1):5-8
- [4] 刘尉,林举宾.3000Q 型车载式边界层风廓线雷达测风资料的验证[J].广东气象,2010,32(5):53-55
- [5] 陈冰怀,黄宏智,陈捷雄,等.风廓线雷达实时监控系统的开发与应用[J].广东气象,2015,37(1):68-70
- [6] 李鑫,汪高明,秦建峰,等.CLC-II-D 固定式边界层风廓线雷达系统及产品应用[J].气象水文海洋仪器,2014,(1):77-81
- [7] 何平.相控阵风廓线雷达[M].北京:气象出版社,2006:2-6.
- [8] 何建新.气象雷达原理与系统[M].成都:成都信息工程学院电子工程学院,2010:461-463
- [9] 南京恩瑞特公司.固定式边界层风廓线雷达用户使用手册[M].南京:南京恩瑞特实业有限公司,2009:8-10.
- [10] 杨金红,高玉春,程明虎.相控阵技术在大气探测中的应用及面临的挑战[J].地球科学进展,2008,23(2):142-150.