

姜小云,李昭春,吴 俞. 新一代天气雷达远程故障诊断与应急维修应用探讨[J]. 干旱气象, 2016, 34(2): 376-381, [JIANG Xiaoyun, LI Zhao-chun, WU Yu. Discussion of Remote Fault Diagnosis and Emergency Maintenance for the New Generation Weather Radar[J]. Journal of Arid Meteorology, 2016, 34(2): 376-381], doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2016)-02-0376

新一代天气雷达远程故障诊断 与应急维修应用探讨

姜小云¹, 李昭春¹, 吴 俞²

(1. 海南省气象探测中心, 海南 海口 570203; 2. 海南省气象台, 海南 海口 570203)

摘 要: 为了最大程度发挥新一代天气雷达在天气预报、气象决策和服务、人工影响天气等业务和科研方面的效益, 设计了新一代天气雷达远程诊断和应急维修系统。通过设计继电器开关控制伺服控制单元、数据采集控制单元、发射机主控板等设备电源以实现远程复位, 以及信号波形监控系统以实现远程快速在线诊断。同时给出雷达远程控制软件操作方法, 并利用测试软件进行在线测试和参数调整。根据海南省 SA 新一代天气雷达站的实际运行情况, 该系统应用效果良好, 可供其他新一代天气雷达站应用和参考。

关键词: 新一代天气雷达; 远程故障诊断; 应急维修

文章编号: 1006-7639(2016)-02-0376-06 doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2016)-02-0376

中图分类号: P415.2

文献标识码: A

引 言

随着全国新一代天气雷达布网建设的不断完善, 新一代天气雷达技术保障显得越来越重要^[1-6]。前人已经积累了大量关于新一代天气雷达技术保障方面的经验和研究成果^[7-19]。为了最大程度发挥新一代天气雷达在天气预报、气象决策和服务、人工影响天气等业务中的效益, 必须发展新一代天气雷达故障快速诊断与处理及应急维修等技术。林忠南等开发的新一代天气雷达远程控制器^[20], 能够远程重启部分设备电源, 大大提高新一代天气雷达故障应急维修响应速度。由于新一代天气雷达大多布设在高山或远离市区的偏僻地区, 且汛期必须 24 h 不间断运行, 大幅增加了其维修维护和技术保障的压力。新一代天气雷达是一种能全自动化运行的天气观测设备, 基本可以实现无人值守。但事实上, 由于各种环境、干扰等影响使其稳定性、可靠性难以达到无人值守的要求。经统计发现, SA 型新一代天气雷达部分停机故障多由一些小故障等引起, 主要表现为 RDA(雷达数据采集)计算机与伺服系统 DCU

(数控单元)通信连接失败、RDA 计算机与 DAU(数据采集单元)系统通信接口失败、以及天线座报动态错误等故障。上述故障往往只需手动重启 RDA 计算机或 RDASC(新一代天气雷达运行控制工作软件), 重新复位 DCU、DAU 等分机系统, 或者重新复位发射机主控板等。为了尽可能实现无人值守和最大程度上发挥新一代天气雷达使用效益, 本文设计了一套相应的远程故障诊断与应急维修系统。

1 系统总体设计

图 1 给出 SA 型新一代天气雷达远程故障诊断与应急维修系统总体设计框架。可以看出, 整个系统主要有本地终端、远程服务器、继电器开关控制和示波器波形监测等模块。远程服务器可以是新一代天气雷达机房局域网中任意一台电脑, 且安装有 RDASC 的远程桌面工具和操作继电控制模块的专用软件。终端电脑为省局局域网任意一台客户机, 业务保障人员可以通过本地终端远程登陆到新一代天气雷达机房的远程服务器, 进行远程状态查询、故障诊断与应急维修等操作。继电控制模块涉及到硬

收稿日期: 2015-06-09; 改回日期: 2015-07-28

基金项目: 海南省气象局气象科技创新项目(HNQXZD201502)资助

作者简介: 姜小云(1978-), 男, 硕士, 主要从事新一代天气雷达技术开发与保障研究. E-mail: jxy_un@126.com

件操作内容,是远程应急维修技术的核心模块。本文采用 5 V 继电器模块,其输出触点耐压为 220 V,可承受电流 10 A 以下的中等功率负载。该型号继电器能够控制新一代天气雷达 DAU、DCU 单元的供电开关和双踪数字示波器的多路采集电缆开关。为了能够远程查看发射机、接收机等模块电路关键测试点波形,采用时分复用技术把所有待检测的测试点波形采集探头连线利用继电器控制接入到一示波器的某个通道,从而可以轮流检测多个测试点波形。RDASC 是 SA 型新一代天气雷达运行控制工作软件,它可以控制雷达各分系统有序工作,并采集天气观测数据和设备运行状态等信息。操作人员可通过该软件操控新一代天气雷达开机、关机、离线和待机。与其配套的测试软件为 RDASOT,它可以最大限度地测试和标定新一代天气雷达设备,也是远程故障诊断和应急维修的重要组成部分。

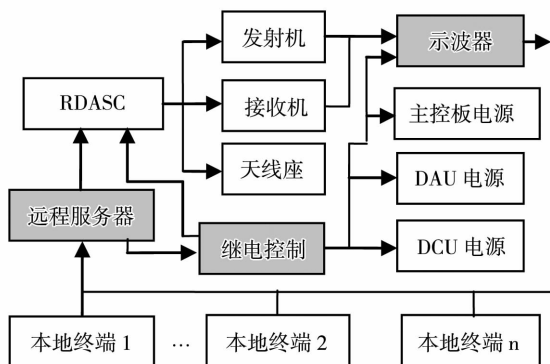


图1 系统总体设计框图

Fig. 1 The overall design block diagram of system

2 远程服务器分系统

2.1 远程操作 Linux 系统

目前 SA 型新一代天气雷达的 RDASC 软件部署在 Linux 系统上,该系统稳定性强、不易受病毒感染、易操作。然而,利用远程 Windows 终端操作 Linux 系统必须安装 Windows 下远程桌面软件。本文使用简单小巧的 Xming 和 Putty 软件实现远程登录 Linux 服务器系统,其优点是远程 Linux 系统不需要预先安装服务软件,利用 Linux 自带的 SSH 服务,就可以实现 Linux 系统的远程连接和操作。

图2是Putty软件界面,只需设置3个地方就可以远程登录Linux系统桌面。包括:(1)左边树形目录选择Session,在右边的设置页面中输入远程Linux服务器的IP地址,其余使用默认设置;(2)树形目录选择SSH,在Remote Command文本框中输入Gnome - Session;(3)树形目录选择X11, X Display

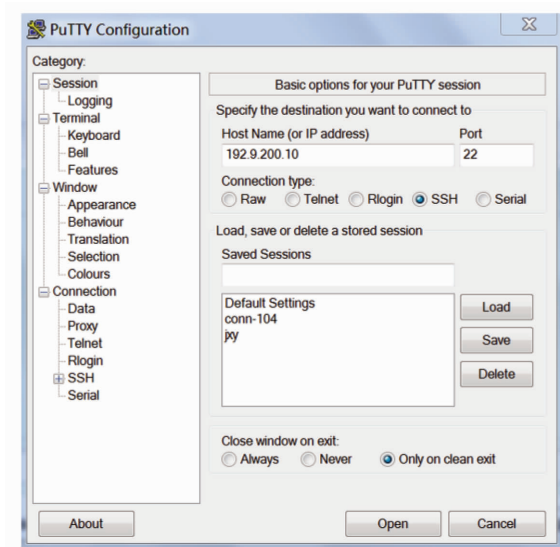


图2 Linux系统远程登录设置

Fig. 2 Remote login settings of Linux system

Location 文本框中输入Local Host:0。

设置好上述选项后,再打开Xming软件,点击Putty软件界面上的Open进行远程连接,输入远程Linux系统的密码,即可看到Xming界面上显示的远程Linux系统桌面及RDASC软件操作,如图3所示。

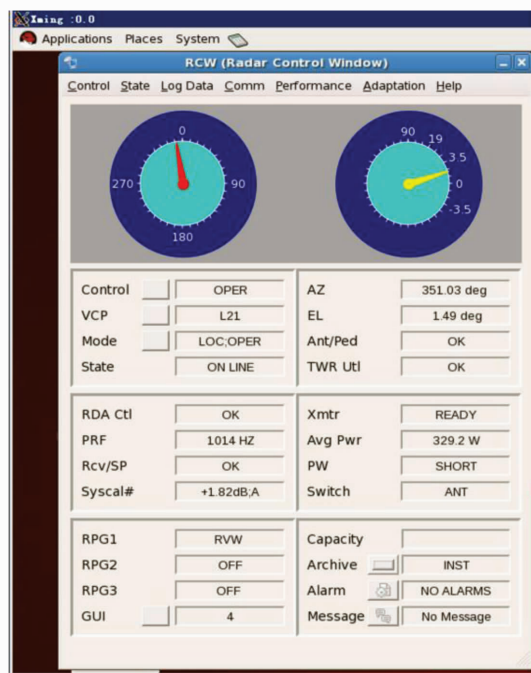


图3 远程登陆Linux系统桌面操作RDASC软件

Fig. 3 Operation of RDASC software
by remote login Linux desktop

利用RDASC雷达运行软件,可远程查看雷达运行状态参数信息,同时可对雷达进行诸如开、关机等操作。利用RDASOT软件可对雷达进行性能测

试、标校和性能参数修改调整等。图 4 是远程使用 RDASOT 软件测试雷达性能和故障诊断的界面,显示当前雷达接收机线性动态范围测试曲线,其值为 86 dB,符合规定的性能指标(指标要求 > 85 dB)。其他大部分雷达系统机内指标参数与动态范围的测试类似,均可以远程操作。

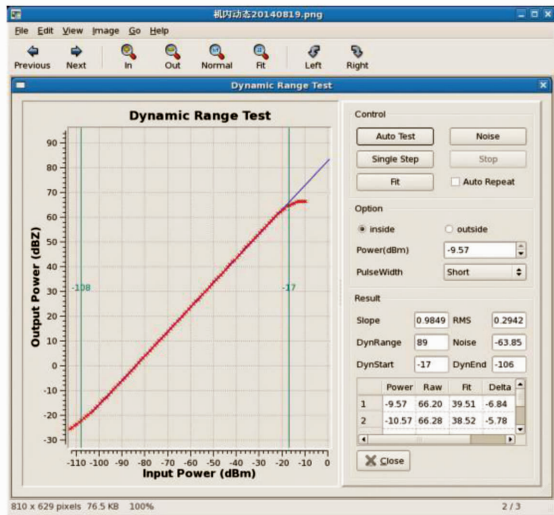


图 4 远程使用 RDASOT 软件测试雷达性能和故障诊断

Fig. 4 Performance test and fault diagnosis of remote radar by RDASOT software

2.2 远程复制文件

当需要从远程 Linux 系统复制一些 RDASC 监控日志等文件到 Windows 系统下,则可以在 Windows 系统下安装一 SCP 小工具软件,就可实现本地 Windows 系统和远程 Linux 系统间的文件传送。

3 继电控制分系统

3.1 远程硬件重启 RDASC 计算机

图 5 是远程开关装有 RDASC 软件的计算机的流程。首先,在终端机的远程桌面登陆到远程专用服务器,该服务器上运行的继电器控制软件给下位机控制系统发送指令,下位机控制系统接收到指令后控制继电器开关,使得计算机电源按键开关吸合 1 s 左右再断开(相当于手动按下电源按钮 1 次),这时计算机执行系统关机命令随即关机。同样,再次使计算机电源按钮开关吸合然后断开,则计算机执行系统开机命令。当计算机出现死机等情况时,在远程登陆该计算机失败的情况下可以通过这种远程硬件控制计算机电源的方法来实现计算机的重启,而不必去雷达站机房重启计算机。继电开关控制电路如图 6 所示,为保证继电器可靠工作,采用一 NPN 型三极管放大驱动电流来控制继电器。

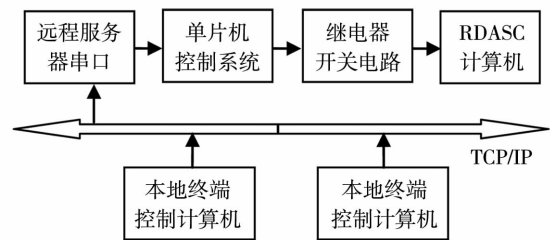


图 5 远程开关 RDASC 计算机

Fig. 5 Remote switch of RDASC computer

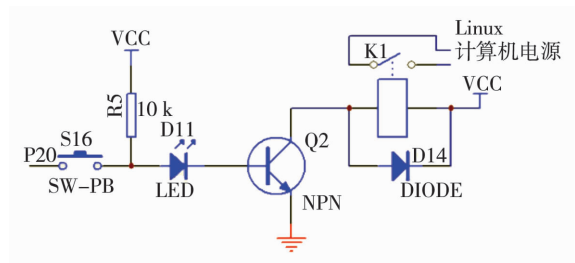


图 6 继电器驱动电路图

Fig. 6 The circuit diagram of relay driver

3.2 远程控制 DAU 分系统电源

新一代天气雷达的数据采集单元简称 DAU,主要由上下光端机、数字板、模拟板以及 DAU 电源组成,主要负责采集雷达天线的状态和报警信息,送给伺服控制单元数字板。雷达发射机、天线功率,探头调零,市电和油机切换标记,波导开关切换指令,空气压缩机的湿度、压力报警等都通过 DAU 数字板上报 RDASC 计算机。DAU 数字板和 RDASC 计算机的接口类型为 RS-232。在出现 DAU 接口失败、通信不畅情况下,设备机房保障人员可以拉下监控面板上的 DAU 开关重启 DAU 系统,而远端则通过登录远程服务器给继电控制分系统发送指令控制 DAU 电源开关,以实现远程控制 DAU 系统复位。

3.3 远程控制 DCU 分系统电源

DCU 内包括数字板、模拟板、轴角二进制显示板及电源。其中数字板接收来自 RDASC 计算机发送的速度和位置命令,据此产生速度设定,并加载到模拟板的速度环输入端;接收 RDASC 计算机发送的“待机/工作”命令信号,并与天线罩门开关状态信号相乘,产生“SERV ON/OFF”指令信号传递给功放,决定功放电源通断。DCU 每隔 45 ms 发送 1 次天线角码信息传送到 RDASC 计算机,获取来自天线和功放的报警信号,做出实时保护动作,每隔 3 s 执行一次 BIT 操作并将报警信息打包上传给 RDASC 计算机。可见,DCU 与 RDASC 计算机信息交换密集,如果发生通信失败、天线动态出错等故障,则需要重启 DCU 电源来复位 DCU 数字板的

CPU。同样,雷达设备机房保障人员可以通过拉下 RDA 监控面板上的 DCU 开关以断开 DCU 分系统电源,再合上开关即可重启 DCU 分系统;而远端则可通过远程服务器给继电控制分系统发送指令控制 DCU 电源开关,以实现远程控制 DCU 系统复位。

3.4 远程控制发射机主控板分系统电源

发射机主控板是发射机告警信息和控制处理的核心部件。其内部有 CPU、灯丝预热计时器、光耦电路和 422 差分接口芯片等。由于发射机告警信息很多,判断过程复杂。发射机的状态和告警以信息码方式发送给 RDA 的 DAU 数字板,在雷达运行过程中,RDASC 程序每隔 45 ms 检测 1 次发射机和 DAU 的接口通信是否正常,若不正常则发出发射机与 DAU 之间的接口故障信号。很多情况下由于各种干扰、静电感应和灰尘堆积等造成发射机主控板接口通信失败,则大多通过重启发射机系统使雷达系统恢复正常。在雷达设备机房可以在 RDASC 程序执行待机后,通过先拉下后合上的方式维护面板上的辅助供电开关即可复位发射机主控板系统,然后再进行雷达正常开机运行。如需在远端控制发射机主控板复位,可用一继电器连接发射机柜中的 28 V 电源线,继电器接收来自远程服务器控制软件的指令后吸合,使得 28 V 电源线断开,然后再恢复 28 V 供电,则发射机主控板通电复位。

4 波形监控系统

SA 新一代天气雷达是一技术先进、结构复杂、功能完整的现代天气观测系统,需要所有分机模块协同正常工作才能获取准确的天气观测资料。为快速判断和维修雷达故障,设计人员预先留有一些关键测试点,其中大部分测试点需要用示波器来测量。目前,全国各级新一代天气雷达保障单位都配有 1 台美国泰克仪器公司的泰克系列数字示波器,其示波器资源管理软件可以通过局域网连接和管理所有泰克数字示波器,为远程控制示波器和获取波形参数提供条件。该软件在后台自动运行,并每隔一段时间自动搜索联网的泰克数字示波器设备,一旦发现有新设备联网则将其添加到仪器列表栏中。通过该资源管理器,还可二次开发出针对泰克数字示波器特殊应用的软件。图 7 为使用美国 NI 公司的 LABVIEW 图形编程软件开发的远程连接和控制示波器的应用程序界面。

新一代天气雷达需要测量和监控的波形测量点较多,本文选取最重要的 16 个测试点进行监控。这些测试点为:接收机后面 IO62 转接盒中的 9.6 M 主

时钟信号,发射机充电触发信号,发射机放电触发信号,接收机保护器命令信号,接收机保护器响应信号,灯丝同步信号,触发器组件 ZP2、ZP15,开关组件 ZP1、ZP2、ZP9,灯丝逆变电压(230 V)信号,发射机放电脉冲,发射脉冲包络,人工线充电电压,发射机射频触发信号。以上测试点涵盖了新一代天气雷达故障诊断时必需的关键点波形。远程获取这些测试点的波形参数便于第一时间分析和解决雷达故障,提高响应速度,缩短雷达故障排除时间。

为了能在同一台示波器上获取上述 16 路波形数据,采用时分复用和多路继电器开关控制技术。如图 8 所示,终端计算机可以通过登陆远程服务器,利用操作服务器上专用控制软件来控制各路继电器开关以便从 16 路信号中选择一路输入到示波器输入端口,然后通过图 7 的软件界面,远程控制示波器获取波形参数信息。

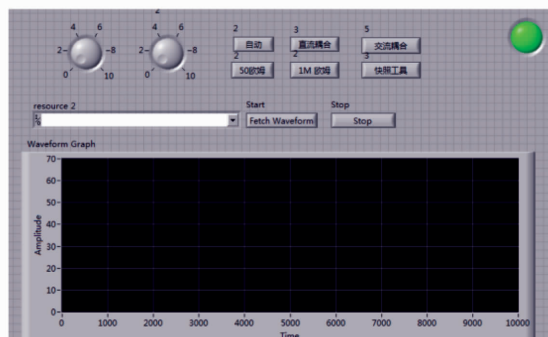


图 7 远程连接和控制示波器的 LABVIEW 编程界面

Fig. 7 LABVIEW programming interface for remote connection and control of oscilloscope

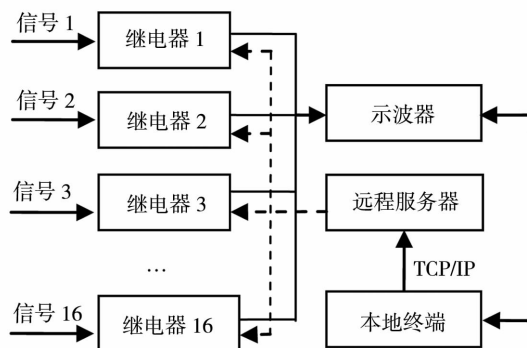


图 8 多路信号在单个示波器上显示框图

Fig. 8 Block diagram of multi channel signal display in the same single oscilloscope

5 远程控制实例

5.1 海口新一代天气雷达 RDASC 计算机断电重启故障现象:海口新一代天气雷达站的远程服务

器监控短信报告没有采集到该雷达基数据、状态数据和产品。

故障诊断与排除:先通过远程服务器远程桌面连接 RDASC 计算机系统,若连接不上,则初步诊断为 RDASC 计算机系统死机或网络异常。此时无法通过远程桌面方法重启 RDASC 计算机,只能利用远程硬件继电器开关系统控制 RDASC 计算机电源

断电再加电来重启 RDASC 计算机。重启后,再通过远程桌面方法打开 RDASC 软件,进行开机操作,雷达系统恢复正常运行。图 9 的监控日志显示本次应急抢修任务只花了约 5 min 的时间。

故障原因分析:RDASC 计算机本身不是服务器,但充当了服务器的角色,24 h 不间断运行,很可能是运行程序不断占用资源,造成计算机系统死机。



图 9 实时采集的故障监控短信报告(a)和日志(b)

Fig.9 Real-time SMS report (a) and log file (b) of fault monitoring

5.2 东方新一代天气雷达 DCU 复位

故障现象:东方新一代天气雷达站的远程服务器监控程序报告天线动态故障(代码:336)和强制系统待机报警(代码:398)。

故障诊断与排除:首先通过远程服务器的远程桌面登陆 RDASC 计算机系统,发现 RDASC 软件已处于待机状态。重新选择运行操作(点击 Operate 子菜单),发现软件立即返回待机状态,不能正常运行;关闭 RDASC 程序,进入 RDASOT 测试程序,选择 Antena Control 子程序点击 Selftest 按钮,发现自检失败(Selftest Error)。然后通过远程服务器的继电器开关控制系统远程关闭 DCU 电源,对 DCU 进行远程复位,再运行天线座自检程序,发现自检成功(Selftest Successfully);退出 RDASOT 程序,进入 RDASC 程序,正常开机,雷达系统运行正常。

故障原因分析:可能由于天线座的汇流环堆累了一些碳粉,没有及时清洗干净,引起雷达监控系统报天线座动态错误,进而导致 RDASC 系统强制待机报警;也可能由于某些干扰使得天线座报动态故障,从而导致 RDASC 为了保护天线设备安全而立即停机。

6 结论与讨论

(1)新一代天气雷达观测系统从刚开始布点到目前大规模组网建设已有 10 多 a,为短时临近天气预报、灾害性天气监测、人工影响天气等业务和科研发挥了巨大作用。与此同时,现代气象业务对新一代天气雷达观测系统的稳定性、可靠性、准确性和时效性等保障业务方面的要求越来越高。

(2)通过网络远程诊断和应急解决新一代天气雷达故障,设计继电器开关系统控制伺服控制单元、数据采集控制单元、发射机主控板等设备电源以实现远程复位,设计信号波形监控系统实现雷达设备故障远程快速在线诊断和监控。

(3)给出雷达远程控制运行软件的方法,以及利用其测试软件进行实时在线测试和参数动态调整技术。根据在海口、东方等新一代天气雷达站实际运行情况,该系统使用效果良好,能对其他 SA 型新一代天气雷达站的技术保障业务提供借鉴和参考。

参考文献:

- [1] 朱轶明,班显秀,刘小东,等. 辽宁一次暴雨天气过程的多普勒雷达层状云降水回波特征分析[J]. 气象与环境科学,2014,37(1):55-61.

- [2] 唐秀,支俊,李广军. 塔里木盆地西北部一次飑线过程的多普勒雷达回波分析[J]. 沙漠与绿洲气象,2012,6(3):21-26.
- [3] 一次对流性强降雨过程的雷达特征分析[J]. 高原山地气象研究,2010,30(2):46-50.
- [4] 丁建芳,杜春丽,鲍向东,等. 一次冰雹云过程及其冰雹形成机制的模拟研究[J]. 气象与环境科学,2014,37(2):49-57.
- [5] 田密,张剑秋,张杰. C波段多普勒雷达观测暴雨灾害过程的分析[J]. 高原山地气象研究,2012,32(3):22-27.
- [6] 张磊,张继韞. 一次局地强冰雹的多普勒雷达回波特征分析[J]. 沙漠与绿洲气象,2013,7(4):26-30.
- [7] 潘新民,汤志亚,柴秀梅,等. CINRAD-SA/SB发射机故障定位方法[J]. 气象与环境科学,2010,33(3):78-85.
- [8] 杨传凤,袁希强,黄秀韶. CINRAD/SA雷达发射机故障诊断技术与方法[J]. 气象,2008,34(2):115-118.
- [9] 胡东明,胡胜,刘强. CINRAD/SA雷达调制器真空开关漏气故障的分析处理[J]. 气象,2006,32(8):118-120.
- [10] 梁华,任京伟,刘永强,等. 新一代天气雷达(CINRAD/CC)发射系统典型故障分析与处理[J]. 干旱气象,2013,31(3):622-626.
- [11] 梁华,刘永强,谢万军,等. 利用微波仪器测量新一代天气雷达发射功率及改善因子[J]. 干旱气象,2012,30(4):635-638.
- [12] 姜小云,李昭春,吴俞. 新一代天气雷达全过程自动监控系统设计[J]. 计算机技术与发展,2014,24(12):245-248.
- [13] 吴少峰,胡东明,黎德波,等. CINRAD/SA雷达开关组件故障分析处理[J]. 气象科技,2009,37(3):354-355.
- [14] 边智,贾汉奎,康桂红,等. 新一代天气雷达(CINRAD/CD)几种故障分析和排除方法[J]. 气象与环境科学,2010,33(1):85-88.
- [15] 潘新民,王全周,熊毅,等. 回波强度测量的误差因素分析及解决方法[J]. 气象与环境科学,2009,32(4):74-79.
- [16] 毛文,蒋小平,郑伟. 714CDN天气雷达特征性故障的技术分析[J]. 高原山地气象研究,2010,30(3):85-86.
- [17] 潘新民,崔炳俭,王全周,等. 新一代天气雷达天馈系统故障分析诊断方法和技巧[J]. 气象科技,2013,41(6):982-987.
- [18] 蔡宏,秦建峰. CINRAD/SA天气雷达RDA适配参数的组成与应用[J]. 气象科技,2014,42(4):570-574.
- [19] 汪章维,胡雪英,弓宇恒,等. CINRAD/SA天气雷达开关组件IGBT过流保护与处理[J]. 气象科技,2015,43(2):191-195.
- [20] 林忠南,张伟红,徐才,等. 新一代多普勒新一代天气雷达远程控制器[J]. 浙江气象,2013,34(1):42-44.

Discussion of Remote Fault Diagnosis and Emergency Maintenance for the New Generation Weather Radar

JIANG Xiaoyun¹, LI Zhaochun¹, WU Yu²

(1. Hainan Meteorological Detection Center, Haikou 570203, China;

2 Hainan Meteorological Observatory, Haikou 570203, China)

Abstract: In order to make the new generation weather radar create the most benefit in weather forecast, meteorological decision and service, weather modification, etc, the network remote fault diagnosis and emergency maintenance system of the new generation weather radar was designed. The relay switches were designed for controlling the device power supply of servo control unit, data collection control unit and master control board of transmitter to realize remote reset operations, and the signal waveform monitoring system was designed to implement remote quick diagnosis for the new generation weather radar. In addition, the remote operation method of the new generation weather radar software was put forward, and its parameters were tested by the professional test software, then they were adjusted. Finally, the network remote fault diagnosis and emergency maintenance system of the new generation weather radar was applied in Hainan Province. According to the actual operation in Haikou and Dongfang radar stations, the effect was better, and it could be used for reference by other new generation weather radar stations.

Key words: the new generation weather radar; remote fault diagnosis; emergency maintenance