

姜小云,王天宝,张永莉.新一代天气雷达发射机常用芯片自动检测技术研究[J].气象与环境科学,2019,42(4):133-139.

Jiang Xiaoyun, Wang Tianbao, Zhang Yongli. Research on Chips Automatic Detection Technology for the Transmitter of Next Generation Weather Radar [J]. Meteorological and Environmental Sciences, 2019, 42(4): 133-139.

doi: 10.16765/j.cnki.1673-7148.2019.04.019

新一代天气雷达发射机常用芯片 自动检测技术研究

姜小云^{1,2}, 王天宝³, 张永莉³

(1. 海南省气象探测中心, 海口 570203; 2. 南海气象防灾减灾重点实验室, 海口 570203;
3. 成都信息工程大学, 成都 610225)

摘 要: 目前气象业务中, 新一代天气雷达组网建设不断完善, 其在短时临近灾害性天气预报、预警业务和决策服务中越来越发挥着不可替代的重要作用, 因此, 做好新一代天气雷达的业务运行保障工作非常重要。针对新一代天气雷达发射机软硬件复杂、故障频发、维修时效长、维修难度大等特点, 研制了新一代天气雷达发射机常用芯片自动检测系统。该自动检测系统采用了机外脱机测试方法, 从而保证了雷达设备和人身的安全; 采用了发光二极管指示灯直接输出测试结果的自动测试方式, 保证了雷达修复的较短时效; 可直接测试雷达组件内部电路板常用关键芯片的好坏, 而不必更换整个笨重的分机组件备件, 从而使维修新一代天气雷达发射机故障变得便捷、高效、经济。新一代天气雷达发射机常用芯片自动检测系统研制完成后在多个台站得到了试用, 试用效果良好, 可为其他新一代天气雷达站快速维修新一代天气雷达发射机提供借鉴和参考。

关键词: 新一代天气雷达; 芯片; 自动检测; 系统设计

中图分类号: TN957.3

文献标识码: A

文章编号: 1673-7148(2019)04-0133-07

引 言

随着我国新一代天气雷达组网的进一步完善, 在未来气象业务中, 新一代天气雷达将在短时临近灾害性天气预报、预警业务中发挥着不可替代的重要作用^[1-6], 因此, 做好新一代天气雷达的业务保障工作非常重要。前人已经对天气雷达业务保障工作做了许多有益的探索和总结。陈忠勇等^[7]对 CINRAD/SA 新一代天气雷达充电开关控制板工作原理及应用维护、发射机放电触发控制器的电路分析及维修、发射机后充电校准器工作原理及维修作了一些总结。姜小云等^[8-9]对新一代天气雷达数据传输与短信值机系统设计、基数据管理与个例整编系统设计、ASOM 二次监控平台设计及新一代天气雷达远程故障诊断与应急维修应用等进行了研究。李勇

等^[10]对新一代天气雷达发射机速调管失效判断进行了分析。吴少峰等^[11]对 CINRAD/SA 新一代天气雷达发射机典型故障及雷达开关组件故障等作了分析和处理。所有上述工作都是在新一代天气雷达在线通电的情况下进行操作的, 这样既不方便快速判别高电压大电流等的组件和元器件的好坏, 又不能有效保护人身和设备安全^[12-16]。本文针对这一问题进行了研究, 提出了一套解决思路 and 方案: 在新一代天气雷达发生故障后, 根据其系统发出的各种报警信息, 初步定位故障点位于雷达系统某分机组件, 然后将雷达断电关机, 根据雷达系统设备工作原理, 将其电路板上关键常用芯片取下来利用本文研制的芯片自动检测系统进行脱机快速检测, 若芯片损坏, 立即换上另一好的芯片。这样, 不仅大大节省了新一代天气雷达系统故障抢修的时间, 还有效保护了

收稿日期: 2018-02-09; 修订日期: 2018-11-20

基金项目: 海南省气象局科技创新重点项目 (HNQXZD201502); 海南省气象局科技创新项目 (HNQXXT201803)

作者简介: 姜小云 (1978-), 男, 江西南昌人, 高级工程师, 硕士, 从事新一代天气雷达技术开发与保障研究. E-mail: jxy_un@126.com

人身和设备安全。而且,该设计技术不同于市场上通用的集成电路测试仪测试技术,本技术是针对新一代天气雷达发射机各个组件电路板芯片量身订制的,根据其功能设计出相应的测试电路,而不是通用的针对任何芯片的集成电路测试仪测试技术。本文设计的产品体积小巧,便于携带,使用简单方便,制作成本低廉,只要看发光二极管闪烁即可知道待测集成电路芯片的好坏,从而很大程度上方便了新一代天气雷达发射机部件中关于集成电路损坏导致的雷达故障的维修。

1 系统总体设计

1.1 总体设计思路

新一代天气雷达(以 SA 型号雷达为例)故障率较高的分机系统主要是发射机部分,因为发射机部分涉及高电压、大电流的高功率电子电路。发射机主要由高频放大链电路、高压供电电路、电压电源电路、回扫充电电路和调制器、速调管组件及其附属电路等组成。如果发射机系统发生故障,一般故障诊断方法为按照发射机信号流程,故障可能发生在高压产生电路、回扫充电电路、调制器组件、后校平电路、速调管附属电源组件(灯丝电源、磁场电源和钛泵电源等)部分。当发射机系统发生故障时,先要根据故障现象、终端报警信息、发射机系统面板上的报警指示灯,综合判断分析故障点的大致范围,借助仪器仪表(示波器等)测量与故障相关的电路关键测试点参数和波形。一般来说,在线测量仅仅测量到分机外面的预留测试点为止。分机里面的各种电路板、元器件等一般不方便通电测量。如果确实要测量分机内部电路板、元器件的参数信息,则需要拉出设备组件,外接延长线,并短接光耦,接通使能控制信号,才可以测量分机内部元器件的参数信息,定位故障点到元件级,而且要求新一代天气雷达业务检修人员非常熟悉发射机各个组件的电子电路工作原理、布局和测试点参数信息,并且通电测试时,一定要小心测试,注意安全,包括人身和雷达设备的安全。若借助本文设计的新一代天气雷达常用芯片自动检测系统,可高效、便捷地检修新一代天气雷达设备故障。

如图 1 所示,3PS1 组件为灯丝电源组件,3PS2 组件为磁场电源组件,3A8 为后校平组件,3A10 为充电开关组件,3A11 为放电触发组件。这些组件内部都有控制保护电路板,也是故障频发的地方。故障往往是发射机的高电压、大电流、瞬时尖峰电压和

电网电压的波动使这些控制板的控制电路芯片烧坏。本文提供的系统可快速检测出被烧坏的芯片。图 1 中的芯片 SG1525 在 3PS1 和 3PS2 中用于控制斩波时间宽度,以达到稳压稳流的目的。根据 SG1525 芯片能够产生脉冲信号功能的特点,将其输出到发光二极管电路,若发光二极管指示灯以一定的频率间隔闪烁发亮,表明该 SG1525 芯片正常。同时借助 SG1525 芯片产生的脉冲信号来驱动 3A8、3A10、3A11 等组件的脉宽定时芯片 CD4098,其输出也为同频率间隔的脉冲信号,因此也可以输出到发光二极管电路,以此来判定 CD4098 芯片的正常与否。根据比较器芯片(LM111)和集成运算放大器芯片(LM124、LM158 等)的电路功能特点,输入由 SG1525 芯片产生的脉冲信号,也可以构建相应的脉冲输出电路,从而可以测试这类芯片的好坏。最后,根据逻辑门电路芯片(CD4049、CD4071、CD4082、CD4011 等)和光耦(TLP521)及平衡差分收发接口芯片(DS26LS31、DS26LS33 等)同样可以输入上述脉冲信号,然后输出同频率的脉冲,将输出脉冲驱动发光二极管电路,以此来指示这些逻辑门芯片和光耦、差分收发接口芯片的好坏。图 2 为相应的新一代天气雷达发射机常用芯片自动检测设备的实际外观图。

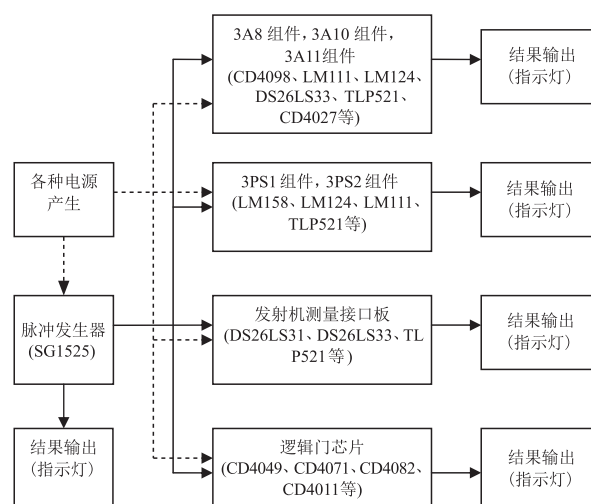


图 1 系统总体设计框图

1.2 SG1525 脉宽调制芯片作用

新一代天气雷达(SA)发射机中 3PS1 组件和 3PS2 组件中均采用了 SG1525 芯片。SG1525 为一完整的 PWM 控制电路芯片,由基准电压、振荡器、误差放大器、比较器及 PWM 锁存器、分相器、电压欠压锁存器、输出级、软启动与关闭控制电路等组成。PWM 输入控制信号由引脚 2 输入,通过调节该

输入信号电压,就可以改变 PWM 输出波形占空比,再经滤波从而改变输出电压大小,达到稳压、稳流的目的。

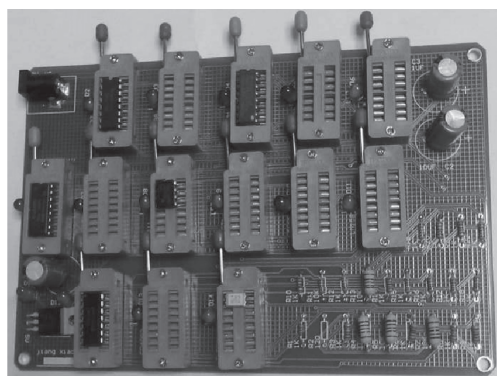


图2 新一代天气雷达发射机常用芯片自动检测设备的外观图

中国电子科技集团第14研究所(以下简称14所)生产的3PS1中,脉宽调制器N2和振荡器N11即为SG1525芯片。经面板灯丝电源调整的基准电流与灯丝电流反馈信号相比较后的误差信号输入给N2,输出信号驱动斩波器V5,对260V直流电压进行斩波。然后经滤波得到120V稳定的直流电压。敏视雷达有限公司(以下简称敏视达公司)生产的3PS1中,脉宽调制器U6和振荡器U4也采用了SG1525芯片。两个厂家的电路原理类似。

14所生产的3PS2中,脉宽调制器N3也是采用了SG1525芯片来作为IGBT斩波器V3的输入控制信号。

2 系统电路原理设计

2.1 SG1525 脉宽调制芯片检测

SG1525芯片检测电路原理如图3所示。SG1525芯片采用双列直插式16脚封装,第13脚为电源供电端(+15V),第1和2脚为误差放大器的反相和同相输入端,第3脚为外部同步端,第4脚为振荡器输出端,第5脚为外部电容输入端,它和第6脚接入的电阻共同决定了脉冲发生器的频率间隔,第7脚为泄放端,第8脚为慢启动端,第9脚为补偿端,通常和第1脚短接,第10脚为输出关闭控制端,当该脚电平超过1.4V时,输出引脚11和14被强制关闭。第12脚为电源地。第16脚为基准参考电压5.1V输出。图3中当SG1525芯片第2脚通过可变电阻器分压从而输入一个固定电压时,该芯片第11脚输出端脉冲宽度随输入电压变化而变化。其输出脉冲频率间隔则由外接的电阻和电容决定,计

算公式为

$$T = R2 \times C1 / 2 \quad (1)$$

适当选取R2和C1值,使输出脉冲周期为毫秒级,从而可以看到输出脉冲驱动发光二极管闪烁,否则,可判定该SG1525芯片已损坏。

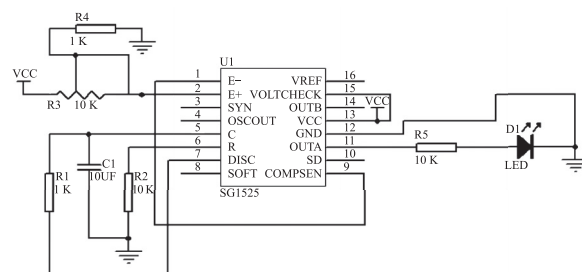


图3 SG1525芯片检测电路原理图

2.2 CD4098 单稳态振荡器芯片检测

CD4098芯片检测电路原理如图4所示。CD4098为一个双组单稳态触发器。该芯片也采用双列16脚直插式封装,其左边第1脚到第7脚为一组单稳态触发器,右边第9脚到15脚为另一个单稳态触发器。TR+和TR-为两个正负触发输入端,R和C分别外接电阻和电容,用于决定脉冲输出Q的宽度,从而达到延时和定时的功能。本文采用SG1525芯片的脉冲输出驱动CD4098芯片输入触发端第5脚,脉冲宽度由R2和C6决定,计算公式为

$$T = 0.7 \times R2 \times C6 \quad (2)$$

脉冲周期与SG1525芯片输入脉冲周期相同,因此输出端同样可以驱动发光二极管闪烁,从而通过发光二极管的闪烁与否来判定该CD4098芯片的好坏。

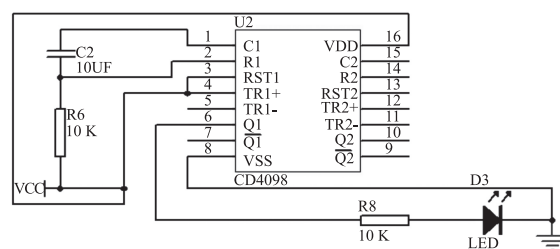


图4 CD4098芯片检测电路原理图

2.3 CD4027 JK 触发器芯片检测

CD4027芯片是JK触发器芯片。它是数字电路中触发器的一种基本常用电路单元。JK触发器具有置0、置1、保持和翻转功能。其真值见表1。

表1中,在异步置1和清零端无效时,当J和K都等于高电平时,其输出结果将翻转。根据这个功能特点,在其时钟触发输入端输入由SG1525芯片产生的脉冲信号,则在其输出端第1脚即可得到一

如图8所示,LM158芯片为一个双组独立的集成运算放大器,其中一组的第5脚为同相输入端,第6脚为反相输入端,第7脚则为输出端。根据集成运算放大器的功能特点,可以把它接成简单的跟随器,也就是将输出端直接反馈到反相输入端,然后在其同相输入端输入上述SG1525芯片产生的脉冲信号,从而在其输出端得到同样的脉冲信号,最后输出驱动发光二极管电路,使发光二极管指示灯闪烁,所以可以根据发光二极管的闪烁与否来判定该集成运算放大器芯片的好坏。图9为LM158集成运算放大器的输入和输出端仿真波形图。

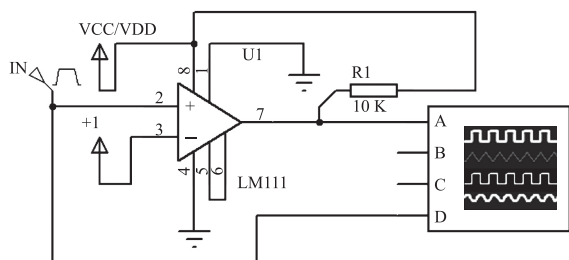


图6 LM111 比较器芯片检测电路原理图

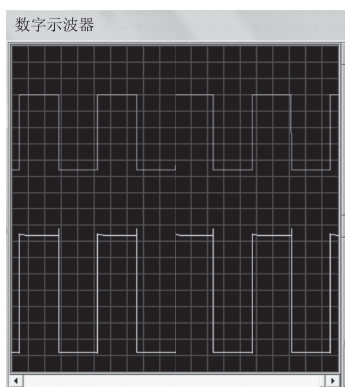
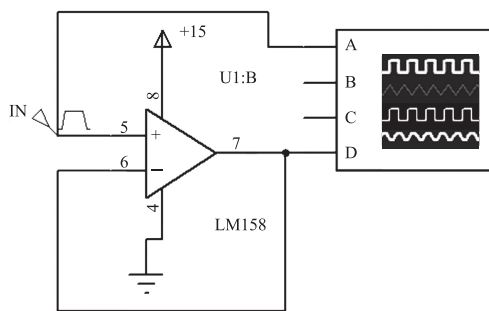
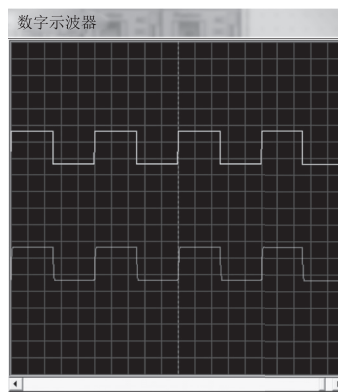
图7 LM111 比较器芯片检测电路输入和输出波形
上面波形为输出,下面为输入

图8 LM158 运算放大器芯片检测电路原理图

图9 LM158 运算放大器芯片检测电路输入输出波形
上面波形为输入波形,下面为输出波形

3 系统应用情况

3.1 部分电子线路连接图

图10为新一代天气雷达常见集成块快速检测系统电路设计图,包括电子线路、针对不同集成块电路连接关系等。为了新一代天气雷达发射机系统电路设备快速检测维修的需要,在工装实现上,采取了一些方便的技巧和经验,比如可将脉冲信号发生模块放在电路板的最左边,待检测集成块芯片放在电路板的右边,每个集成块

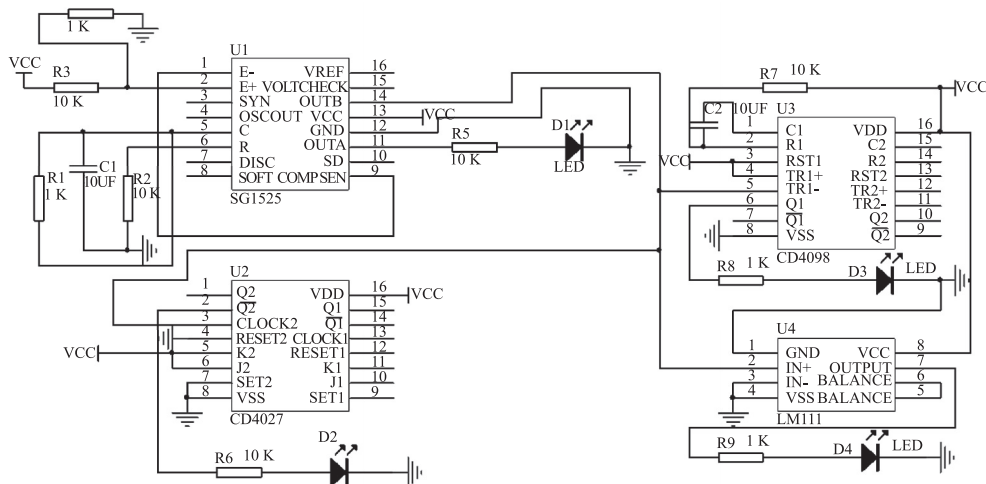


图10 新一代天气雷达常见集成块快速检测系统电路设计图

芯片插座可以使用锁紧 IC 座, 又称 IC 活动插座, 以便节省 IC 芯片插拔的时间, 从而大大节省新一代天气雷达发射机系统电路设备集成芯片的检测时间, 保障了新一代天气雷达发射机系统电路设备故障检修的快速、高效。

3.2 检修实例一: 海口新一代天气雷达无回波

根据海南省气象台预报业务人员反馈海口新一代天气雷达产品无回波(当天有小雨), 海口雷达保障业务人员检查发现天气雷达系统无报警, 发射机控制面板也没有任何报警, 但充电人工线的电压表头指示为 0。首先怀疑 3A10 充电开关组件故障。根据 3A10 的工作原理, 先把发射机控制面板的高压、辅助供电等电源开关拉下, 断开发射机电源。从发射机柜拉出 3A10 组件, 拆开其前盖板, 取出充电触发信号接收芯片 DS26LS33, 利用上述芯片自动检测系统快速检测该芯片, 发现该芯片没能使发光二极管指示灯闪烁, 说明此芯片已损坏。换上另一个好的 DS26LS33 芯片, 并盖上前面板, 推入 3A10 组件到发射机柜, 合上发射机控制面板上的辅助电源开关、高压开关等待发射机预热。预热完毕, 雷达开机运行, 发现人工线电压恢复到正常水平(4600 V), RDASC 运行监控软件平台的 RTW 软件界面已经出现小雨回波图。至此, 整个雷达抢修过程结束, 花费时间不到 10 min。

原因分析: 发射机 3A10 开关组件正常工作受两个信号控制, 其一是发射机发出的使能信号, 其二是信号处理器发出的充电触发信号。当这两个信号都正常时, 3A10 组件才开始工作。因此, 首先取出充电触发差分接收芯片 DS26LS33, 判定其好坏。由于该芯片的损坏, 造成发射机 3A10 组件不工作, 所以发射机没有高压产生, 也就没有速调管功率输出, 也就接收不到气象目标回波。

3.3 检修实例二: 东方新一代天气雷达磁场电源过/欠压报警

东方新一代天气雷达出现一次磁场电源过压/欠压故障报警, 磁场电流表头指示为 0。根据磁场电源组件工作原理, 首先将发射机断电, 从发射机柜拉出该组件, 拆下前盖板, 从其控制电路板上取下 SG1525 芯片, 利用上述芯片自动检测系统快速检测该芯片的好坏。结果发现此芯片已经损坏, 立即换上另外一个好的芯片, 盖上盖板, 然后推入发射机指定位置, 给发射机电源通电, 预热后, 开机运行 RDASC, 发现发射机控制面板不再报警, 磁场电源故障已恢复正常。整个抢修过程持续了 8 min。

原因分析: 三相 380 V 交流电经过变压器降压整流滤波得到约为 180 V 的直流电压馈入斩波器, 斩波器输出的脉冲电压经滤波器转换为直流输出。磁场电流采样电路将输出的电流采样信号送入比较器与基准电压比较, 比较器输出的误差电压通过脉宽调制电路控制斩波器的输出脉冲占空比, 从而实现输出稳流。磁场电源组件的关键芯片为脉宽调制器 SG1525。此例表明 SG1525 损坏导致磁场电源组件欠压报警, 磁场电源无输出。

4 结论与讨论

(1) 新一代天气雷达观测系统组网建设已趋于完善, 在短时临近天气预报、灾害性天气监测、人工影响天气等业务和科研工作发挥了不可替代的重要作用, 同时, 人们对现代气象业务的需求越来越高, 这就使天气预报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的要求越来越高。

(2) 为了更快捷、高效、安全地维修新一代天气雷达, 本文研制了新一代天气雷达常用芯片自动检测系统。该自动检测系统采用了机外脱机测试方法, 从而保证了雷达设备和人身安全; 采用了发光二极管指示灯自动输出测试结果的测试方式, 保证了雷达修复的较短时效; 系统直接测试雷达组件内部电路板常用关键芯片, 不必更换整个笨重的分机组件备件, 从而使维修新一代天气雷达故障变得便捷高效。

(3) 新一代天气雷达常用芯片自动检测系统研制完成后, 在海南省多个台站得到了应用, 应用效果良好, 可以为其他新一代天气雷达站快速维修新一代天气雷达提供借鉴和参考。

参考文献

- [1] 敖泽建, 傅朝, 蒋友严, 等. 甘南高原“4·15”冰雹天气的多普勒雷达特征分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2017, 11(2): 27-33.
- [2] 赵雷, 吴坤梯, 陈明. 2016 年 6 月海南一次龙卷过程分析[J]. 气象与环境科学, 2018, 41(2): 69-75.
- [3] 周亦凌, 姚展予. 一次积层混合云增雨作业天气条件分析和雷达回波效果检验[J]. 气象与环境科学, 2017, 40(1): 11-20.
- [4] 宋文婷, 周毓荃, 王飞. 基于雷达观测的中- γ 尺度对流云人工催化效果检验方法的个例研究[J]. 气象与环境科学, 2017, 40(2): 11-19.
- [5] 童志明, 施萧, 冯箫. 一次海风锋天气过程分析与数值模拟[J]. 气象与环境科学, 2017, 40(2): 109-114.
- [6] 方标, 张逸, 严小冬. 雷达资料在黔东南北雷电预警中的应用研究[J]. 气象与环境科学, 2017, 40(3): 133-137.

- [7] 陈忠勇,程昌玉,李力. CINRAD/SA 发射机放电触发控制器的电路分析及维修[J]. 气象科技,2014,42(6):969-972.
- [8] 姜小云,吴俞. 新一代天气雷达数据传输与短信值机系统[J]. 气象科技,2016,44(5):733-738.
- [9] 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(1):376-381.
- [10] 李勇,黄丹萍,王静. 新一代天气雷达发射机速调管失效判断[J]. 气象科技,2010,38(3):344-346.
- [11] 吴少峰,项颂翔,胡东明,等. CINRAD/SA 发射机典型故障分析处理[J]. 气象科技,2012,40(3):358-362.
- [12] 沈立程,沈举鹏,钱宏超. 提高 CINRAD/SA 型天气雷达运行质量的几点措施[J]. 气象水文海洋仪器,2017(3):71-74.
- [13] 黄裔诚,黄殷,郭泽勇. 一次 CINRAD/SA 天气雷达频率源故障的分析与处理[J]. 气象与环境科学,2017,40(2):127-132.
- [14] 潘新民,白水成,崔炳俭,等. CINRAD/SA(B)发射机激励放大器芯片级故障诊断流程[J]. 气象与环境科学,2017,40(3):119-124.
- [15] 郑洪,柴秀梅,余加贵,等. CINRAD/CC 雷达伺服系统故障分析与处理方法[J]. 气象与环境科学,2011,34(1):91-95.
- [16] 王全周,崔炳俭,杨奇,等. CINRAD/SB 型新一代天气雷达频综故障诊断方法[J]. 气象与环境科学,2011,34(4):88-91.

Research on Chips Automatic Detection Technology for the Transmitter of Next Generation Weather Radar

Jiang Xiaoyun^{1,2}, Wang Tianbao³, Zhang Yongli³

(1. Hainan Provincial Meteorological Observation Center, Haikou 570203, China;

2. Key Laboratory of Meteorological Disaster Prevention and Mitigation in South China Sea, Haikou 570203, China;

3. Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China)

Abstract: At present, the construction of the next generation weather radar network is constantly improving and it plays an increasingly important role in short-time nowcasting disastrous weather forecast, early warning and decision-making services. Thus, it is very important to ensure the operation of the new generation of weather radar. Aiming at the characteristics of the next generation weather radar, such as complex hardware and software of transmitter, frequent failures, long maintenance time and great difficulty in maintenance, a new chip automatic detection system for weather radar transmitter is developed. This system adopts the off-board offline test method to guarantee the safety of the radar equipment and operation staff. The light-emitting diode indicator is used to output the test results automatically, which ensures the efficiency of the radar repairing. In addition, this automatic detection system can directly test the quality of the key chips of the internal circuit board of the radar components instead of replacing the entire bulky spare parts, thus making it convenient, efficient and economical to repair the fault of the radar transmitter. Actually, this automatic chips detection system for the next generation weather radar transmitter has been tested at several stations since its coming into being and the trial effect is good. So, the system can provide references for other weather radar stations in China to quickly repair the next generation weather radar transmitter.

Key words: the next generation weather radar; chips; automatic detection; system design