

文章编号: 2096-1618(2022)06-0668-06

CINRAD/SA 雷达发射机主控板芯片级故障诊断技术

刘 洁, 邵 楠, 陈玉宝
(中国气象局气象探测中心, 北京 100081)

摘要:主控板是发射机关键组件,是发射机控制保护中心,是影响发射机正常工作和稳定的关键。根据主控板线路图,总结主控板信号流程,在此基础上,依据实际测试的发射机主控板关键点波形或电平,研究规范化的主控板芯片级故障诊断技术,依据主控板芯片级故障诊断技术,解决主控板光耦芯片损坏导致发射机充电过压报虚警,引起发射机无法加高压故障,以及修复主控板充电脉冲信号差分接收芯片故障导致发射机加高压后人工线无电压故障。主控板故障维修效果表明:主控板芯片级故障诊断技术可以快速定位主控板故障点到芯片,方法简洁、操作规范,雷达技术保障人员容易掌握,能满足国家级、省级雷达测试维修平台和雷达站器件(芯片)级维修需求,为发射机主控板智能故障诊断提供借鉴,可有效缩短雷达故障维修时间,提高雷达业务运行可用性指标。

关键词:新一代天气雷达;主控板;信号流程;芯片级故障诊断技术

中图分类号: TN959.4

文献标志码: A

doi: 10.16836/j.cnki.jcuit.2022.06.009

0 引言

“十三五”建设任务完成后,中国将建成由 270 余部天气雷达组成的监测网。随着雷达数量增多,雷达故障总量越来越多,发射系统是雷达故障高发的分系统。发射系统不仅有集成电路、分立半导体电路,还有固态调制器和高压电路,电路复杂,故障率高,一直是新一代天气雷达故障维修难点。王志武等^[1-2]介绍了电子设备规范化维修流程和 FTD,杨传风等^[3-19]从不同方面介绍了天气雷达故障处理方法。所有上述故障维修都是基于分机和组件级故障诊断,没有针对发射机的控制系统,尤其是控制板的芯片级故障诊断进行研究,控制板主要由集成电路组成,信号传输都是数字信号,电路复杂,是发射机故障诊断的难点。本文针对新一代天气雷达 SA 型(CINRAD/SA)雷达发射机主控板器件级故障诊断技术进行研究。根据主控板同功能电路内芯片可以通用的特点,通过总结发射机主控板的时序信号、故障报警信号、状态信号等信号流程,结合关键器件的通用性特点和关键点参数(波形、电平)测试,研究出主控板芯片级故障诊断方法,通过故障诊断验证了技术可行性,表明主控板芯片级故障诊断方法可快速定位故障芯片。基层雷达技术人员只要熟悉主控板信号流程,不需要借助昂贵的测试仪表。使用该方法,一方面提高了发射机故障诊断效率,保障了天气雷达可靠、稳定运行;另一方面降低了维修成本。

1 信号流程

控制保护板 3A3A1 是发射机的控制核心,而单片机及现场可编程门阵列 FPGA、复杂可编程逻辑器件 CPLD 则又是控制保护板的核心。发射机主控板信号包括来自接收机数字中频的发射机时序信号、控制命令等,以及发射机经 DAU 上报到 RDA 计算机的发射机报警信息、状态信息等。

发射机内部接口信号有:定时信号、故障信号、状态信号和控制信号。

发射机 7 路定时脉冲信号,由 FPGA 输出至发射机内部各单元。

状态信号包括:本控/遥控信号、手动/自动信号、灯测试信号、高压通信号、高压断信号、故障复位信号和显示复位信号。

故障信号包括:电网超限信号、低压电源综合故障信号、灯丝电压失常信号、钛泵电压过低信号、磁场电压失常信号、磁场电流失常信号、磁场风流量故障信号、触发器综合故障信号、调制器过流信号、调制器反峰过流信号、调制器开关管故障信号、钛泵过流信号、速调管风温过高信号、速调管风流量故障信号、油温过高信号、油面过低信号、机柜风流量故障信号、机柜温度过高信号、机柜门开关故障信号、后充电校准维修请求信号、调制开关维修请求信号、重复频率过高信号、灯丝电流失常信号、束流过大信号、充电反馈过流信号、充电系统故障信号、充电过压信号和人工线过流信

号。这些信号经光耦隔离后,送入主控板。

控制信号有:复位控制信号、脉宽选择控制信号、使能控制信号。这些信号,由 FPGA 经光耦隔离,送至

各单元。
信号流程如图 1 所示。

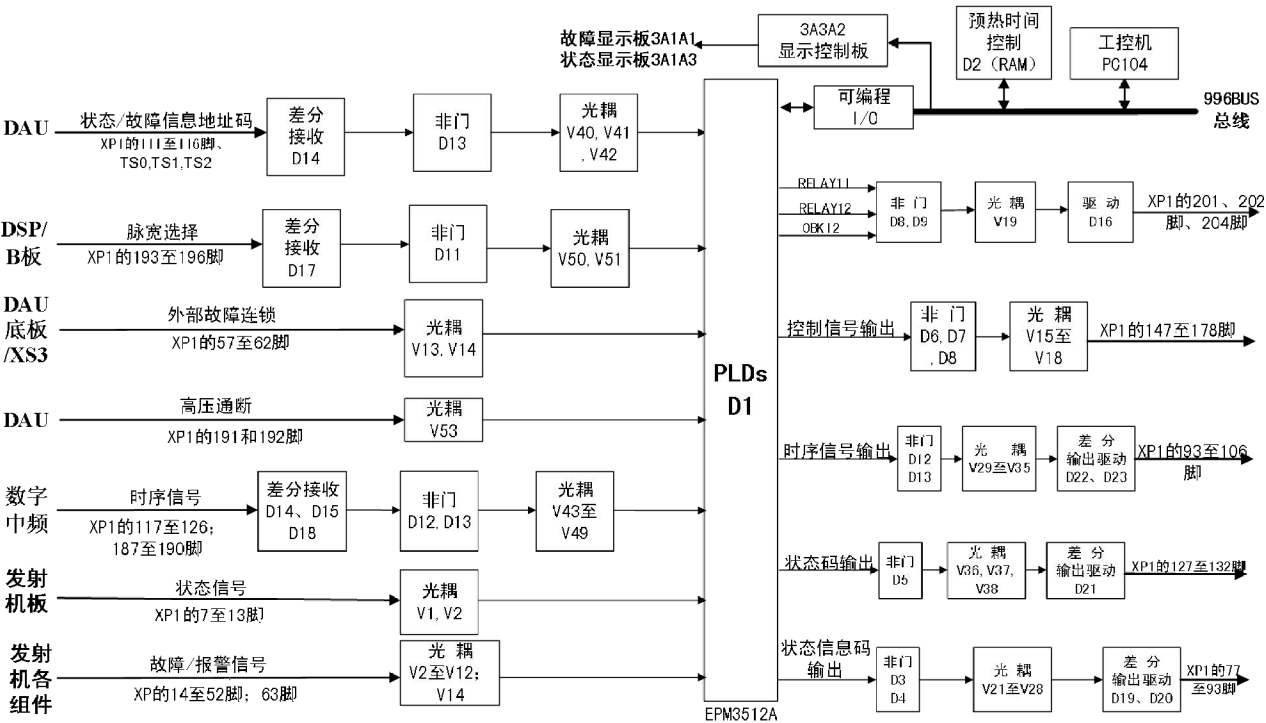


图 1 主控板信号流程

所有分级、模块的外部故障、状态、指令输入都经过光耦隔离器后进入 FPGA,而 FPGA 给各个分机、模块的指令和使能输出也经过反向驱动器和光耦隔离器

后送出。发射机同步信号流程见图 2,故障报警信号流程见图 3,使能控制信号流程见图 4。

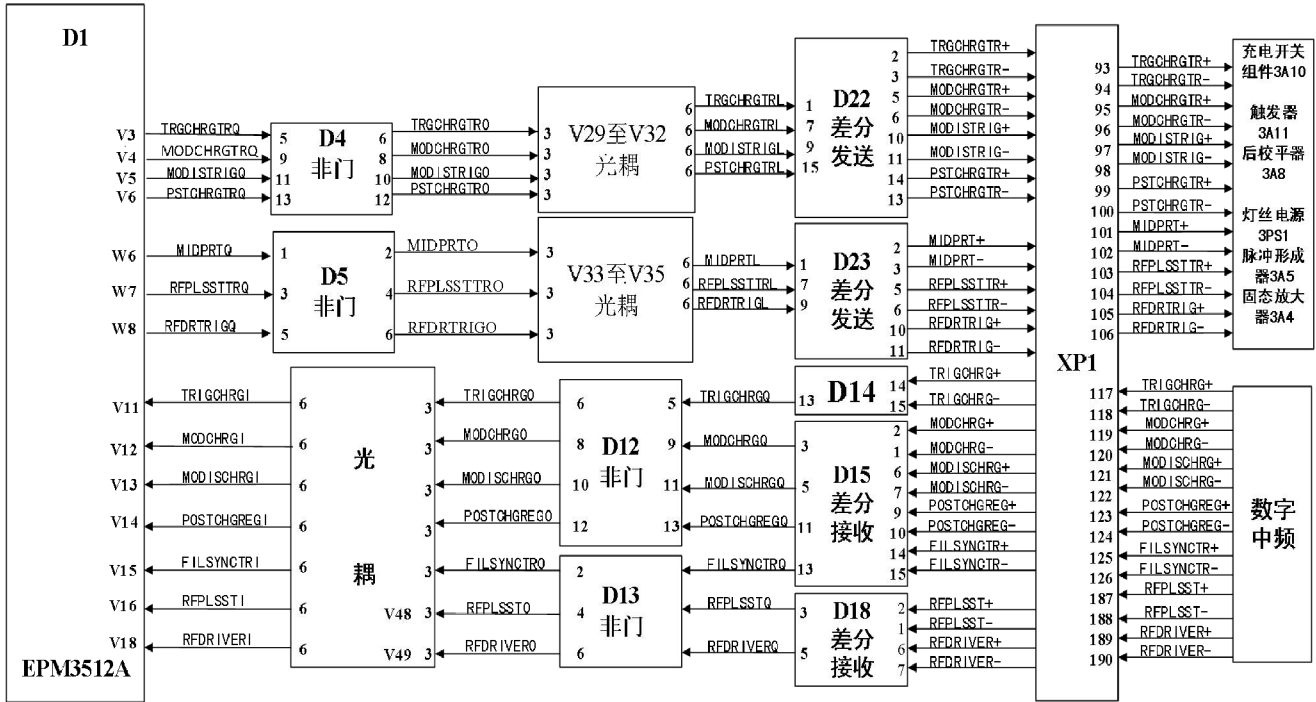
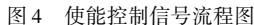


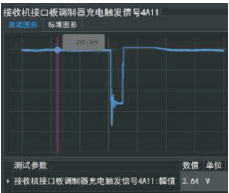
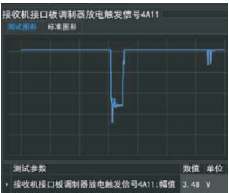
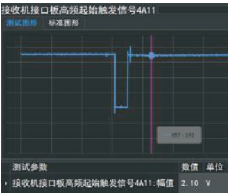
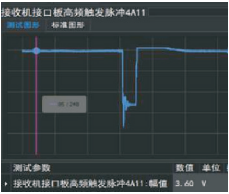
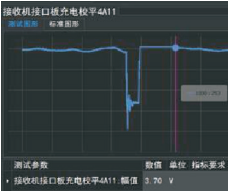
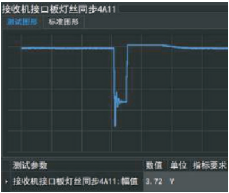
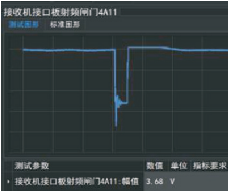
图 2 发射机同步信号信号流程图



发射机 7 路定时脉冲信号见表 1。使能信号都是低电平,正常工作是通过低电平控制各组件工作;报警信号报警状态光耦输入为低电平信号,输出到 FPGA 为低电平信号,雷达正常工作状态,光耦输入为高电平信号,输出到 FPGA 为高电平信号。

关键点波形正确与否是诊断故障到芯片级器件的一个重要依据,结合主控板芯片级故障诊断方法就可以快速定位故障到芯片电路。来自接收机数字中频的

表 1 发射机 7 路定时脉冲信号波形

序号	信号名称	波形	测试点
1	调制器充电触发信号		接收机接口板发射机测量端口 XP2 的第 5 个端口;负脉冲信号,信号幅度3.3 V,脉宽0.8 μs。
2	调制器放电触发信号		接收机接口板发射机测量端口 XP2 的第 6 个端口;负脉冲信号,信号幅度3.3 V,脉宽0.8 μs。
3	高频起始触发脉冲		接收机接口板发射机测量端口 XP2 的第 1 个端口;负脉冲信号,信号幅度3.3 V,脉宽0.8 μs。
4	高频触发信号		接收机接口板发射机测量端口 XP2 的第 2 个端口;负脉冲信号,信号幅度3.3 V,脉宽0.8 μs。
5	充电校平脉冲信号		接收机接口板发射机测量端口 XP2 的第 4 个端口;负脉冲信号,信号幅度3.3 V,脉宽0.8 μs。
6	灯丝同步脉冲信号		接收机接口板发射机测量端口 XP2 的第 3 个端口;负脉冲信号,信号幅度3.3 V,脉宽0.8 μs。
7	射频闸门脉冲信号		接收机接口板发射机测量端口 XP2 的第 9 个端口;负脉冲信号,信号幅度3.3 V,脉宽0.8 μs。

其中,接收机口板 XP2 的第 10 个端口为 GND;第 7 个端口为保护器命令信号,正脉冲信号,信号幅度 3.3 V,脉宽16 μs;第 8 个端口为保护器响应信号,正脉冲信号,信号幅度2.2 V。

3 故障诊断技术与方法

发射机控制保护系统故障通常出现以下现象:无定

时触发信号输出;无使能信号或使能信号电平输出不正常(正常为低电平);由于器件损坏或性能参数不稳定造成错误的报警或保护性停机(如:差分接收\发送芯片抗干扰差导致虚警、隔离光耦损坏等);脉宽、高压通断、准加控制等出现故障。

控制保护系统故障一般有 3 种情况。(1)检查控制保护系统的输入、输出信号。若输入信号正常,但输出信号不正常;或者输出使能信号不正常导致高压准加控制不正常。(2)若出现监控系统发出高压控制指令(接通高压)后,发射机不工作(人工线无高压),报高压软启动连锁故障,但整流组件 3A2 延时软启动回报信号正常。(3)高压准加时间不正常,准加灯一直不亮或预热时间不到 13 分钟。

在定位到主控板故障后,有两种定位到故障芯片的方法:按照信号流程采用测量信号波形或电平高低是否正常定位故障芯片;按照信号流程采用从后级到前级更换器件方法,首先更换易损的差分接收\发送芯片,再排查光耦隔离芯片,直到找出故障芯片,使主控板输出信号正常。

对于其中一路定时触发信号不正常的情况,按照信号流程采用示波器测量逐级测量功能模块的输入和输出信号,主控板输入触发信号为差分脉冲信号,脉宽 0.8 μs,幅度3.3V,经差分输出后变为脉宽0.8 μs、幅度3.3 V 的正脉冲信号,在经过非门输出为脉宽 0.8 μs、幅度3.3 V 的负脉冲信号,最后经过光耦输出到 D1(FPGA)的信号为脉宽0.8 μs、幅度3.3 V 的正脉冲信号;D1(FPGA)通过和输入相反信号处理过程,把触发信号输出到发射机各分机。对于每个功能模块(集成芯片)如果输入信号正常但输出信号不正常,说明这个芯片故障。一般先测量数字中频输出的触发信号,如正常则按照差分接收、非门、光耦顺序检查输入路径的芯片是否有问题,如果波形都正常,则按照非门、光耦、差分发送顺序检查输出路径的芯片是否有问题,直至找出故障芯片。

对于由主控板故障导致报警虚警问题,首先测量报警光耦输入信号是否为低电平,如为低电平说明主控板前级故障报警;如果为高电平,则测量报警光耦输出。如果为低电平,说明光耦故障;如果输出为高电平,则 D1 故障或者线路板问题。

如果不熟悉仪表测量方法,可以采用更换相同型号芯片的方法。主控板电路中差分发送\接收芯片、光耦芯片等,大部分型号都是一样的,可以进行对换,如果对换后故障依旧,说明对换的芯片正常,可以按照信号流程继续下一级芯片对换,直到对换后故障发生变

化,说明对换的芯片故障,更换故障芯片即可。

4 典型故障

故障现象:发射机加高压后无人工线电压。故障分析诊断:发射机加高压后,用示波器测量开关组件 3A10 无充电触发脉冲信号(不是正常的脉宽 $0.8\ \mu\text{s}$ 、幅度 $3.3\ \text{V}$ 脉冲差分信号,而是低电平信号);再测量接收机接口板发射机测量端口 XP2 的第 5 个端口测量数字中频输出充电触发脉冲信号正常(为脉宽 $0.8\ \mu\text{s}$ 、幅度 $3.3\ \text{V}$ 负脉冲信号),说明主控板问题。进一步用示波器测量发射机主控板差分接收芯片 D15 输入(1 和 2 脚)差分信号正常(为脉宽 $0.8\ \mu\text{s}$ 、幅度 $3.3\ \text{V}$ 的脉冲差分信号),输出(3 脚)没有脉宽 $0.8\ \mu\text{s}$ 、幅度 $3.3\ \text{V}$ 正脉冲信号,而是低电平信号,说明主控板充电触发脉冲信号接收通道的差分接收芯片故障,更换 D15 后雷达恢复正常。

故障现象:发射机报警——发射机过压。故障分析诊断:采用调压器法, $0\ \text{V}$ 状态开高压,仍报警,说明发射机过压为虚警,检查发射机开关组件 3A10 人工线过压报警非门 D15/6 脚输出为正常高电平(不是报警低电平状态),更换光耦 N27 后故障依旧,说明是主控板问题,依据发射机报警信号流程,采用对换法,更换报警电路集成块 V9 后,雷达恢复正常。

5 结束语

(1)主控板故障维修如果要达到芯片级,必须熟悉线路图中关键芯片的输入、输出信号特征,分析故障导致的原因,准确区分是主控板故障还是主控板前级或后级故障,通过波形测试或互换器件来定位故障到芯片级。

(2)通过主控板信号流程了解故障因果关系,主控板芯片级关键点的性能参数(波形、电平等)应输入到对应的测试维修数据库中,以便维修时关键点波形对比查询,可以快速定位故障点,提高故障诊断效率,这对国家级雷达故障诊断平台的故障自动诊断建模,以及故障人工智能诊断具有重要意义。

参考文献:

- [1] 王志武,张建敏.大型电子设备规范化维修[J].气象科技,2013,41(5):791-795.
- [2] 王志武,张建敏,杨安良.CINRAD 通用性测试维修

平台[M].北京:气象出版社,2015:6-9,128-130.

- [3] 杨传风,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):117-118.
- [4] 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):119-120.
- [5] 王志武,周红根,林忠南,等.CINRADSA&B 的故障分析[J].现代雷达 2005,27(1):16-18.
- [6] 袁希强,杨传风,吕庆利,等.CINRAD/SA 雷达回扫充电控制电路调试技巧及故障处理[J].气象科技,2009,37(3):349-351.
- [7] 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):353-355.
- [8] 杨传风,黄秀韶,刁秀广.济南 CINRAD/SA 雷达发射高压故障诊断[J].气象,2006,31(1):88-89.
- [9] 潘新民,柴秀梅,申安喜,等.CINRAD(CINRAD/SB)技术特点和维护、维修方法[M].北京:气象出版社,2009:137-139.
- [10] 黄晓,熊毅.脉冲多普勒气象雷达发射机相位稳定性分析[J].气象科技,2006,34(3):332-335.
- [11] 徐八林,刘黎平,余海容,等.CINRAD/CC 雷达速调管工作状态控制及维护[J].气象科技,2007,35(5):736-739.
- [12] 郑洪,余家贵,李培民,等.CINRAD/CC 雷达固态调制器原理及故障分析[J].气象科技,2006,34(5):115-11.
- [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] 潘新民,王全周,崔炳俭,等.CINRAD-SA/SB 型新一代天气雷达故障快速定位方法[J].气象与环境科学,2013,36(1):71-75.
- [15] 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):83-84.
- [16] 王志武,韩博,林中南.CINRAD-SB 型发射机一例复杂故障排除[J].气象,2006,32(9):116-120.
- [17] 董建设,杜丽娅.新一代天气雷达发射机灯丝电源故障分析[J].气象与环境科学,2014,37(4):114-11.
- [18] 潘新民,白水城,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):119-123.

代天气雷达频综故障诊断方法[J]. 气象与环

[19] 王全周,崔炳俭,杨奇,等. CINRAD/SB 型新一

境科学,2011,34(4):88-90.

A Chip Level Fault Diagnosis Technique for CINRAD/SA Radar Transmitter Main Control Board

LIU Jie, SHAO Nan, CHEN Yubao

(Meteorological Observation Center of CMA, Beijing 100081, China)

Abstract: The main control board is the key component of the transmitter, the control and protection center of the transmitter, and the key to the normal operation and stability of the transmitter. According to the main control board wiring diagram, sums up the main control board signal process, on this basis, according to the actual test transmitter master key waveforms or level, research the standardization of the main control board chip level fault diagnosis technology. According to the chip level fault diagnosis technology of the main control board, the fault that the transmitter cannot add high voltage caused by the damage of the optocoupler chip of the main control board is solved, and the fault that the transmitter cannot add high voltage caused by the differential receiving chip of the charge pulse signal of the main control board is repaired. The maintenance effect of main control board fault shows that: Main control board chip level fault diagnosis technology can quickly locate the master board fault point to chip, method is simple and operation specification, radar technical support personnel easy to master, can meet the national and provincial radar test maintenance platform and the radar station device (chips) level maintenance requirements, as the transmitter main control board to provide reference for intelligent fault diagnosis, which can effectively shorten the radar fault maintenance time, Improve radar operational availability indicators.

Keywords: next-generation weather radar; main control board; signal flow; chip level fault diagnosis technology