

铜仁CINRAD/CD雷达伺服系统一次组件级维修案例解析

桂永刚¹, 杨恩波^{1*}, 陈超¹, 何周见², 冉光镜¹

¹贵州省铜仁市气象局, 贵州 铜仁

²遵义市气象局, 贵州 遵义

收稿日期: 2024年6月9日; 录用日期: 2024年7月12日; 发布日期: 2024年7月19日

摘要

本文先是介绍了CINRAD/CD雷达伺服系统组成及工作原理, 详细描述了雷达伺服系统一次组件级故障维修处理过程, 从此次故障处理中得出了此类雷达故障的高效处理方法, 并提供了该故障组件简单有效的修复方案, 为从事CD雷达运行保障工作人员提供参考。

关键词

伺服系统, 故障分析, 伺服驱动器, 诊断

Analysis of the Component-Level Maintenance Case of Tongren CINRAD/CD Radar Servo System

Yonggang Gui¹, Enbo Yang^{1*}, Chao Chen¹, Zhoujian He², Guangjing Ran¹

¹Tongren Meteorological Bureau of Guizhou Province, Tongren Guizhou

²Zunyi Meteorological Bureau, Zunyi Guizhou

Received: Jun. 9th, 2024; accepted: Jul. 12th, 2024; published: Jul. 19th, 2024

Abstract

This paper first introduces the composition and working principle of CINRAD/CD radar servo system, describes in detail the maintenance process of a component-level fault of radar servo system,

*通讯作者。

文章引用: 桂永刚, 杨恩波, 陈超, 何周见, 冉光镜. 铜仁CINRAD/CD雷达伺服系统一次组件级维修案例解析[J]. 气候变化研究快报, 2024, 13(4): 933-938. DOI: 10.12677/ccrl.2024.134106

obtains an efficient treatment method for such radar faults from this fault handling, and provides a simple and effective repair scheme for the fault component, which provides a reference for the personnel engaged in CD radar operation support.

Keywords

Servo System, Failure Analysis, Servo Drives, Diagnosis

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

全国新一代天气雷达部署以来, 经过多年积累, 在新一代天气雷达伺服系统维护维修方面已经积累了大量的工作经验, 如龚雪鹏、陈焰犊等根据毕节 CINRAD/CD 天气雷达一次天线俯仰失控, 结合伺服系统工作原理, 详细总结了伺服系统故障诊断思路和处理流程[1]; 雷登林等的贵阳新一代天气雷达 CINRAD/CD 交流伺服系统的故障分析与处理, 通过对 3 个故障事例进行分析, 针对伺服系统的特点得出了快速处理故障的组件替代法[2]; 李明元等人的新一代多普勒天气雷达(CINRAD/CD)方位伺服系统典型故障分析及处理, 通过对遵义 CINRAD/CD 雷达 10 次伺服系统故障进行总结归纳, 把方位伺服系统故障分为 5 类典型故障, 并给出了具体维修措施, 并要求台站在掌握技术说明书和原理图的同时对每次故障维修过程进行总结积累维修经验[3]; 李翠翠等人的 CINRAD/CD 雷达伺服系统频发故障判断与处理总结, 通过统计分析 2018 年贵州新一代天气雷达故障得出掌握伺服系统信号流程是解决故障的根本办法, 并要求台站人员做好常规维护和定标, 避免一些软性故障[4]。然而类似的故障处理基本都停留在组件上, 仅对损坏组件进行更换来排除故障, 没有更进一步分析组件的故障点, 从而进行故障组件的修复工作。从此类文章可知, 因雷达伺服驱动器故障而导致雷达停用的案例并不少, 而更换驱动器不仅需要新程序的载入, 还需对增益器件进行调整, 费时费力, 因此结合伺服驱动器内部结构特点, 通过对主控制板和逻辑电源板的简单诊断, 来进行内部板件调整更换或维修, 特别是在驱动器仅逻辑电源主板损坏时, 直接将旧主控制板更换在好的逻辑电源板上, 既能快速排除故障, 又能节约维修维护成本。

本文就以一次铜仁天气雷达组件级故障维修为例, 通过实例解析, 总结了该组件的简易检测方法 & 维修思路, 为各台站提供参考。

2. 雷达伺服系统原理

铜仁 CD 雷达伺服系统为全数字连续控制的伺服跟踪系统, 是能够以一定精度复现主控作用的自动装置, 可分为方位伺服系统及俯仰伺服系统, 主要组成部分有伺服分机、驱动分机、方位/俯仰交流执行电机(型号: B-202B-31)、方位/俯仰减速器、方位/俯仰主发送器等[5] [6], 其组成及信号流程如图 1 所示。

伺服系统是在监控分系统及 RVP9 控制下, 伺服分系统将天线位置信号送至 RVP9 中进行 S/D 变换, 再将变化得到的方位角码和俯仰角码信号送至监控分系统中; 监控分系统的监控采集计算机通过对比 RVP9 给定的天线预想位置的角码信息与当前天线角码信息, 通过监控分系统中的伺服驱动单元处理得出驱动天线俯仰和方位的误差电压, 送至伺服分机; 误差电压经过伺服分机处理、放大等, 送至驱动分机处理成足够大的驱动信号, 驱动交流执行电机(电机型号为 B-202B-31)带动天线及自整角发送机(型号

为 45ZKF003), 向着减小误差的方向运行, 直到误差为零, 使天线处在给定跟踪位置上。

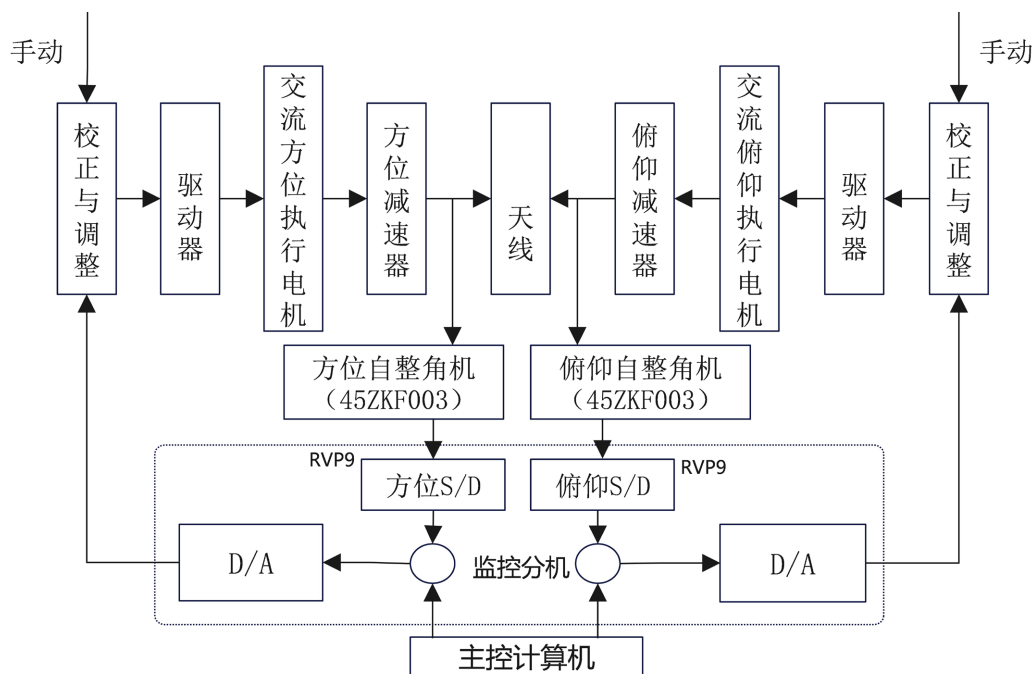


Figure 1. Servo system composition and flow signal diagram

图 1. 伺服系统组成及流程信号图

3. 组件级伺服故障个例分析

3.1. 故障现象

2021 年 12 月 27 日 14 时铜仁雷达监控软件, 提示“无雷达基数据生成”, 查看雷达远程终端软件报警灯全部亮红色, 通过远程控制监控采集分机进行故障复位, 复位后, 除“俯仰故障”及“俯仰 90°”亮红色故障灯外, 其余故障告警消失。

3.2. 故障分析与处理

3.2.1. 俯仰 90°故障

故障分析: 方位上, CD 雷达方位伺服系统可以将天线调定在 0°到 360°范围内任意位置上; 俯仰上, 俯仰伺服系统能够天线调定在 0°至 88°范围内任意给定仰角上。当天线抬升至+90°时, 天线上限位开关接通, 送出零电平, 天线停止上仰, 起到限位保护作用; 同时限位继电器 K4 动作, 输出“俯仰 90°”故障信号, 此时继电器 K4 可以通过负向误差电压, 阻断正向误差电压, 给出负向误差电压即可使天线下降, 消除故障。

故障处理: 现场检查伺服分机及伺服驱动分机面板, 指示灯正常; 通过雷达监控采集分机给出方位信号, 伺服方位正常转动, 说明天线方位主发送器到监控分机和 RVP9 间方位伺服数据传输连接正常。根据“俯仰 90°”故障原理, 通过雷达监控采集分机给出降低仰角信号, 即给出负向误差电压, 尝试数控下降天线位置, 等待 2 秒左右天线俯仰无动作, 立刻停止信号输送, 防止损坏电机; 伺服分机打到“手控”状态, 尝试手控俯仰, 把天线降下来, 逆时针微微转动“俯仰手控”旋钮, 发现仰角无变化, 俯仰误差立马调零, 防止损坏电机。断开伺服分机及伺服驱动分机电源, 前往天线罩, 打开天线安全开关,

检查天线外观及汇流环内,无明显异常,现场也无异常气味;通过人工推动天线,发现天线在方位及俯仰上转动正常,无异常声响;手动把天线定位在大概 20°仰角,查看监控采集分机,“俯仰 90°”故障告警消失,同时说明天线俯仰主发送器到监控分机和 RVP9 间俯仰伺服数据传输正常。

3.2.2. 俯仰故障

故障分析:由伺服系统组成及电路原理图可知,造成“俯仰故障”的主要原因有:伺服驱动分机俯仰驱动器故障,保险管 FU2 熔断,连接线路故障(如 XS503、XS406)等。结合伺服系统组成及电路流程,按照由简到繁、由大到小的故障排除方法,从故障的细节入手,精准定位故障点。

故障处理:通过处理“俯仰 90°”故障,已判断出天线机械部分正常,天线到监控采集分机和 RVP9 间通讯正常,伺服系统供电也正常。从机柜面板供电指示灯可知,伺服分机及驱动分机供电都正常,拆开驱动分机及伺服分机进行内部直接观察,发现驱动分机中俯仰驱动器风机未转动及 LED 数码管不亮,方位驱动器 LED 数码管显示“1”和“.”,风机正常转动,由此可初步判断为俯仰驱动器供电故障或驱动器故障。使用万用表蜂鸣档,检测驱动分机中俯仰供电保险管 FU2 是否熔断,检测正常。从伺服驱动分机电路原理图可知,伺服驱动器接线端子 L1 接火线,L2 接零线,供 220 V,50 Hz 交流电,万用表打到交流电压 750 V 挡位,测量俯仰驱动器 L1 与 L2 之间电压为 226 V,驱动器供电正常,由此可判定俯仰驱动器内部故障。按常规故障处理流程,更换备用俯仰驱动器(CR06250)即可排除故障,由于台站只有一块几年前换下的损坏方位驱动器(CR06250)并无备用俯仰驱动器,上级单位也无该型号备件,等待厂家送货最快也要两天时间,而当时铜仁市正处于气象灾害(暴雪) III 级应急响应中,时间紧,任务重,只能进一步排查俯仰驱动内部故障,尝试进行修复。

俯仰驱动器维修过程:

(1) 拆开俯仰驱动器,其内部为上下两层 PCB 板,PCB 板间通过排线进行连接,在这里为了方便描述我们将上层 PCB 板命名为板 1,下层 PCB 板命名为板 2,PCB 板如图 2 所示。

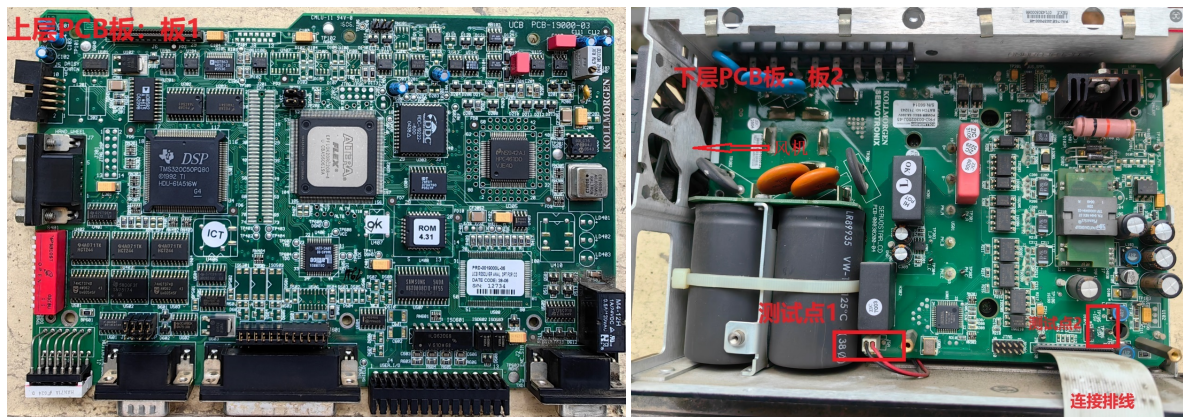


Figure 2. The left picture is Board 1 and the right picture is Board 2
图 2. 左图为板 1, 右图为板 2

(2) 由于 CD 雷达采用的伺服驱动器为 KOLLMORGEN CX 系列属于厂家进口采购部件,无其内部电路图纸以及详细的介绍说明书,所以仅能从 PCB 板上的电子元器件及驱动分机电路原理图来判断板 1 和板 2 的主要功能。从板 1 上的 DSP 微处理芯片、ROM 存储芯片、逻辑芯片 ALTERA 等元器件,可以确认板 1 为伺服器主控制板,主要作用为信号处理、反馈、通信等,LED 数码管位于板 1 上,主要作用为显示驱动器状态信息;从板 2 上大量电容、电阻及变压器件等,可以得出板 2 为逻辑电源部分(IGBT),

主要作用执行俯仰驱动、故障信号反馈等，风机位于板 2 上。

(3) 由检查伺服驱动分机时可知，俯仰驱动器 LED 数码管不亮，风机不转。按照由易到难的排除原则，优先检测板 2 是否故障。首先直接观察，查看 PCB 板有无明显故障点，无明显故障点；其次手动拨动风机风扇，风机转动正常，排除风机故障；俯仰驱动器上电，通过测试点 1，使用万用表测量风机供电情况，无电压输出；测量测试点 2 的检测电压，万用表红表笔接 TP305 (+15 V)检测柱，黑表笔接 TP203(GND)柱，正常情况输出+15 V 电压，此时无电压输出，由此可判断板 2 供电线路故障；接下来根据板 2 供电线路走向，进行一一检测，使用万用表蜂鸣档，测量热敏电阻 RV301、RV302 均有蜂鸣声，且阻值相近，测量 RV303 时，阻值无限大，万用表无蜂鸣声，说明其断路，需更换 RV303。由于台站无相关元器件，不能进行修复，只能另想他法。板 1 结构由于过于复杂，暂时不进行检测。拆除台站旧方位驱动器(CR06250)，对其逻辑电源板采用板 2 的检测办法进行检测，发现旧方位驱动器逻辑电源 PCB 板上电后，风机转动，测量 TP305 (+15 V)检测柱与 TP203 (GND)间输出电压为 15.3 V，由此可初步判断旧方位驱动器逻辑电源板工作正常，再将主控制板 1 与旧方位驱动器逻辑电源板进行组装后，接线上电，驱动器 LED 数码管显示“1”与“.”，风机转动。下午 16 点 30 分，将组合俯仰驱动器接入伺服驱动分机，通过监控分机进行故障复位，“俯仰故障”告警消失。故障消失，上电检测组合俯仰驱动器工作是否正常，伺服分机打到“手控”状态，逆时针微微转动“俯仰手控”旋钮，发现天线仰角逐渐下降；伺服系统打到“数控”，给定仰角信号，俯仰正常定位，维修后定标测试正常，体扫正常，至此故障排除。

4. 小结

(1) 本次故障处理，通过对驱动器内部 PCB 板进行故障诊断后，直接对故障逻辑电源 PCB 板进行更换，因为驱动器使用的仍是原主控制板，更换后基本不用调试，节约了驱动器匹配调试或者新程序写入等流程，大大节约故障处理时间。此思路供台站参考。

(2) 雷达伺服系统的线路长而复杂，故障时先对雷达伺服系统进行直接观察检查，再判断是否为天线机械性故障，其次检查是否控制软件故障，最后检查硬件故障。

(3) 对雷达组件内部进行故障判断时，根据电路原理图及使用说明书来进行检测，是稳妥的故障定位方式，常常能够起到事半功倍的效果。检测期间注意器件间的电压，做好保护措施。

(4) 在对 PCB 板进行检查时，最好双手带上防静电手套，防止静电对元器件造成损坏；在 PCB 板的故障检测过程中，优先观察其板件上有无明显故障点，如烧焦、击穿的器件；其次通电后，闻有无异常气味，再用手感受集成器件的温度有无异常；最后 PCB 板存在测试点的，优先对测试点进行测试，可以大致判断出 PCB 板故障节点情况，再根据 PCB 板线路走向逐步进行测试。

5. 结语

雷达故障排查过程，离不开信号流程图及电路原理图，熟练掌握它们是排除故障最有效的方法，当然在缺少驱动器电路原理图及详细说明书的情况下，能够精准定位到板件故障点，就需要保障人员具有较丰富的维修经验，以及对 PCB 板及元器件都有一定的认知能力和检测能力。

基金项目

铜气科登[2023]11 号；铜市科研[2022]44 号。

参考文献

- [1] 龚雪鹏, 陈焰棣, 罗红. 毕节 CINRAD/CD 天气雷达一次天线俯仰失控的分析与处理[J]. 贵州气象, 2014, 38(z1): 46-48.

- [2] 雷登林, 钟健, 田程. 贵阳新一代天气雷达(CINRAD/CD)交流伺服系统的故障分析与处理[J]. 中低纬山地气象, 2018, 42(6): 67-69.
- [3] 李明元, 陈明林, 左经纯, 等. 新一代多普勒天气雷达(CINRAD/CD)方位伺服系统典型故障分析及处理[J]. 气象, 2012(1): 123-128.
- [4] 李翠翠, 杨震, 冯和平, 等. CINRAD/CD 雷达伺服系统频发故障判断与处理总结[J]. 中低纬山地气象, 2019, 43(5): 75-77.
- [5] 国营第七八四厂. 714CDN 型雷达技术说明书[Z]. 成都: 成都国营第七八四厂, 2011.
- [6] CINRAD/CD 型多普勒天气雷达原理与维修[Z]. 成都: 成都国营第七八四厂, 2014.