

CINRAD/CC 雷达伺服系统故障与维护处理对策

刘渊玮

新疆气象技术装备保障中心, 新疆 乌鲁木齐 830000

DOI:10.61369/ME.2026050022

摘 要 : CINRAD/CC型天气雷达伺服系统作为负责雷达天线的运转和角度精准定位的重要部分, 其是否稳定运行直接影响到雷达采集数据的精度以及整台设备的工作效率。本文根据多年运行维护经验, 首先介绍了 CINRAD/CC 雷达伺服系统的结构和工作原理, 接着重点分析了雷达伺服系统运行中的主要故障类型, 深入探究了故障产生的原因, 最后提出了常态化、精细化、预防性的维护建议, 以期为保障雷达伺服系统高效、精准运行提供技术参考。

关 键 词 : CINRAD/CC 雷达; 伺服系统; 典型故障; 故障排查; 维护对策

CINRAD/CC Radar Servo System Failure and Maintenance Handling Countermeasures

Liu Yuanwei

Xinjiang Meteorological Technical Equipment Support Center, Wulumuqi, Xinjiang 830000

Abstract : The servo system of the CINRAD/CC type weather radar, which is an important component responsible for the operation of the radar antenna and precise angle positioning, its stable operation directly affects the accuracy of the radar's data collection and the working efficiency of the entire equipment. Based on years of operation and maintenance experience, this paper first introduces the structure and working principle of the CINRAD/CC radar servo system, then focuses on analyzing the main fault types during the operation of the radar servo system, deeply explores the causes of the faults, and finally proposes regular, refined, and preventive maintenance suggestions, with the aim of providing technical references for ensuring the efficient and accurate operation of the radar servo system.

Keywords : CINRAD/CC radar; servo system; typical faults; fault troubleshooting; maintenance countermeasures

引言

CINRAD/CC 雷达作为气象现代化建设的重要装备, 凭借探测范围大、精度高以及稳定性好的优势, 被广泛用于短时临近预报、灾害天气监测以及人工影响天气等防灾减灾服务工作中。CINRAD/CC 雷达伺服系统是主要负责天线方位的控制和俯仰转动, 完成波束的全方位扫描, 其工作质量直接影响雷达回波数据的准确性、连续性以及完整性^[1]。CINRAD/CC 雷达大部分安装在户外开阔高地, 长期面对高温、严寒、雷雨以及风沙等复杂环境, 且常年满负荷运行, 导致机械传动、电气控制、信号传感等部件容易老化、磨损、短路或信号异常, 轻则降低数据质量, 重则造成停机。本文根据 CINRAD/CC 雷达伺服系统的结构特点, 系统分析典型故障的表现形式以及成因, 并给出排查故障处理方式, 最后梳理几点系统维护对策, 为雷达站提供科学、实用的运维指导。

一、CINRAD/CC 雷达伺服系统结构及工作原理

(一) 系统整体结构

CINRAD/CC 雷达伺服系统整体由机械传动、电气控制、信号检测以及电源供给四大模块共同构成^[2]。各模块紧密配合, 实现天线方位角以及俯仰角的精确控制、稳定运转。机械传动单元是系统的执行机构, 主要包括方位转台、俯仰转轴、减速齿轮组、传动皮带和轴承等部件, 负责将电机动力传递给天线, 完成360°

连续方位旋转以及俯仰角度调整, 保障天线的机械稳定性。电气控制单元以伺服控制板为主, 借助 PC104 嵌入式模块接收指令以及进行数据运算和故障监测。信号检测单元利用编码器以及 R/D 变换板, 实时采集天线角度位置并反馈给控制单元, 形成闭环调节, 确保定位准确。电源供给单元为整个伺服系统提供稳定电压, 是系统电气安全运行的基础。

(二) 工作原理

CINRAD/CC 雷达伺服系统采用位置、速度、电流三环闭环

作者简介: 刘渊玮 (1999.07-), 男, 汉族, 新疆维石河子人, 本科学历, 助理工程师, 从事天气雷达标定及质量控制工作。

控制模式。雷达主控系统下发天线扫描角度、转速、范围等指令后，伺服控制板解析运算，将信号传给伺服驱动器；驱动器通过 IGBT 功率模块调节输出电压和电流，驱动伺服电机旋转，经减速传动机构带动天线执行扫描。在系统运行过程中，编码器实时获取天线的方位和俯仰角度信号，由 R/D 变换板将模拟量转换为数字量并反馈至控制板。控制板将实际位置和预设指令进行对比，快速修正转速和角度偏差，实现动态精准调节，可以很好地满足雷达探测精度要求。

二、CINRAD/CC 雷达伺服系统典型故障表现形式、成因及排查处理方法

根据 CINRAD/CC 雷达站运行实际了解到，伺服系统典型故障主要包括机械类故障、信号检测类故障、电气电路类故障以及系统控制类故障四大类，下面对各类故障的主要表现形式、成因以及排查处理方式进行分析探讨。

（一）机械故障

机械故障是伺服系统中最常见的基础性问题，通常是因为长期运行磨损、环境腐蚀、润滑失效或外部机械干扰造成的^[3]，主要体现为天线转动卡滞、异响、抖动、俯仰动作异常等，直接影响雷达扫描连续性。

（1）天线转动卡滞与异响

故障现象：雷达开机扫描时，天线方位或俯仰转动不流畅，存在间歇性卡顿，转台或俯仰支架处发出摩擦声或齿轮啮合异响，严重时天线无法连续扫描。

成因：长期服役导致减速齿轮组、轴承磨损或间隙增大；潮湿、风沙环境下灰尘杂质侵入传动机构；润滑油干涸变质，摩擦阻力上升；固定螺栓松动或部件位移，造成传动受力不均。

排查处理方法：先断电并人工手动转动天线，定位卡滞点^[4]；拆开传动护罩，清理齿轮及轴承表面杂物，检查磨损情况和轴承灵活性；紧固松动螺栓；对磨损轻微部件补充专用润滑油，严重磨损或变形的直接更换；调整齿轮啮合间隙，空载试运行确认异响消除。

（2）天线无规则抖动与扫描偏移

故障现象：天线扫描中出现轻微抖动，雷达回波图像错位模糊，角度定位存在较小偏差。

成因：传动皮带松弛或老化，动力传递不稳；旋转关节磨损导致动力波动；机械件长期受力微小变形，闭环控制难以完全补偿。

排查处理方法：优先检查皮带松紧度，老化即换；检测旋转关节磨损并清洁触点；重新校准机械间隙，紧固各连接部件。

（二）信号检测故障

信号检测故障主要集中在编码器以及 R/D 变换板，直接影响角度定位精度，表现为角度码错误、扫描轨迹异常、回波失真，常常没有明显硬件报警，隐蔽性强。

（1）编码器故障

故障现象：雷达方位角、俯仰角数值跳动或偏移，天线到位

后仍持续微调，探测回波错位残缺。

成因：长期磨损造成内部光栅污染或损坏；信号线缆破损或屏蔽失效，受电磁干扰；接头松动氧化，信号中断；编码器固定位移，采样基准偏差。

排查处理方法：检查编码器固定是否牢固；查看信号线完整性，更换破损线缆并且紧固清洁接头；拆开外壳采取无水酒精轻拭光栅；假如仍出现异常则表明内部元件出现损坏，需要更换备件，更换后选择太阳法进行角度标校，确保波束指向误差控制在 0.3° 以内。

（2）R/D 变换板故障

故障现象：模拟和数字信号转换异常，角度反馈数据紊乱，闭环控制失效，天线无序转动或者定位不准。

成因：板卡老化、电容失效、芯片性能下降，线路干扰造成转换失真。

排查处理方法：先检查板卡供电以及插接点，清洁金手指后重新插拔固定；测量工作温度以及电压参数，假如出现异常则需要直接更换 R/D 板，更换后重新匹配系统参数并且完成角度校准。

（三）电气电路故障

电气电路故障发生频率高且危害很大，大部分由电源波动、线路老化、短路、功率模块损坏或散热不良造成，主要出现在电源、驱动器以及 IGBT 模块等部位。

（1）伺服电源故障

故障现象：雷达开机后伺服系统没有响应，面板供电指示灯不亮，或者系统运行中突然断电、反复重启，系统报警提示电源异常。

成因：电网波动或瞬时过载造成保险熔断；高温运行使得电容老化加速，输出电压不稳；线路接头氧化、松动或者受潮，出现接触不良或漏电；雷击浪涌导致电源保护元件受损。

排查处理方法：断电后静置，目测保险丝、线路及接头状态；选择万用表对输入输出电压进行测量，对照标准值判断模块好坏；假如保险丝熔断，更换同规格后空载测试，再次熔断则表明后端短路，切勿反复换保险；查找短路点，修复破损线路，紧固并且清洁接头，加装浪涌保护装置。

（2）伺服驱动器与 IGBT 模块故障

故障现象：驱动器面板报警、电机无法转动、天线启停失效、运行电流异常偏高。

成因：长时间满载运行且散热不良，温度偏高烧毁元件；电机过载造成瞬时大电流冲击；电磁干扰导致模块信号紊乱；模块老化或者焊点虚脱。

排查处理方法：开机记录报警代码，对照说明书初步定位；断电拆解驱动单元，选择万用表测 IGBT 模块 C1-E1、C2-E2 通断状态，判断是否击穿；检查散热风扇以及散热片是否积尘，查看焊点有无虚焊；及时对损坏的模块或板卡进行更换，补焊虚焊点；清洁散热系统并且需优化风道；逐级进行空载以及负载测试。实操中可选择应急按钮测试电机正反转，假如电机运转正常，则故障主要处于驱动模块，需要及时换新。

（四）系统控制故障

故障现象：系统控制故障主要涉及到伺服控制板、嵌入式程序及参数配置方面的问题，表现形式为响应迟钝、指令无效、误报警以及扫描模式异常。

成因：控制板长时间老化，PC104 嵌入式模块数据处理异常；参数被误改或漂移；程序缓存堆积；板卡金手指氧化或插槽接触不良，数据中断。

排查处理方法：先重启伺服控制系统，清除缓存并且恢复默认扫描参数，排除临时故障；断电后将控制板取出，并且对金手指和插槽的灰尘、氧化层进行清洁，重新精准插接；检测供电电压以及工作电流，对照标准值；假如故障没有排除，需要更换备用控制板，重新加载系统程序以及匹配设备参数，完成整机联调。此外，还要注意检查 DCU 单元拨码开关，避免拨码偏移造成固定角度偏差。

三、CINRAD/CC 雷达伺服系统维护对策

（一）常态化日常基础维护

为确保 CINRAD/CC 雷达长期稳定运行，日常维护工作必须常态化开展。建议养成每日巡检、每周排查的固定习惯，从源头上减少常见故障的发生。每日开机前，需要检查设备供电是否稳定，查看伺服系统的报警信息以及天线的初始角度状态。启动设备后，需要注意观察天线运转是否顺畅，回波数据是否正常，并且确认设备是否存在这种异响、卡顿或数据异常等情况。每周需要对伺服系统的外部设备以及传动机构进行一次清洁，重点清理转台、散热片和风扇表面的灰尘与杂物，保证散热良好、传动灵活^[5]；还要仔细检查各线路接头以及固定螺栓，及时拧紧松动部件，清洁氧化接触面；还应仔细查看传动皮带的松紧度以及润滑状况，确保机械结构运转可靠。此外，每日需要核对雷达的角度探测数据，与标准阈值进行对比，以便及时发现轻微的定位偏差问题，并进行处理。

（二）周期性专项深度维护

根据雷达设备的老化规律以及运行特点，制定月度、季度以及年度三级专项维修维护方案，促进雷达设备隐患全面清零。第一，月度维护重点放在电气电路系统方面，需要检测电源模块的

输出电压、IGBT 功率模块以及驱动器的工作参数，排查线路老化与漏电风险，测试系统自检报警功能，确保电气系统安全可靠。第二，季度维护重点检修机械传动系统，需要拆开传动机构护罩，对齿轮、轴承以及旋转关节进行彻底清洁，对变质或干涸的润滑脂进行及时更换，调整齿轮啮合间隙和皮带松紧度，检查机械部件的磨损情况，提前更换接近使用寿命的老化件；同时需要及时校准编码器以及 R/D 变换板的信号精度，修正角度偏差。第三，年度维护主要开展整机深度检修和性能标定，全面拆解并且检测伺服系统的重点部件，及时对老化线缆、轴承、密封件等易损件进行更换；对伺服控制板、变换板、驱动板进行彻底检测、除尘和保养，刷新系统程序，复位并优化运行参数^[6]；对整机的散热与防护系统进行升级优化，排查设备的密封、防水以及防尘隐患。

（三）备件储备以及应急运行维护

首先，需要健全备件储备机制。对于伺服控制板、IGBT 模块、R/D 变换板、电源保险丝、编码器、传动皮带、轴承等易损备件需要提前准备充分，确保故障发生后能及时更换，尽可能减少停机时间。其次，要建立故障应急预案，针对驱动故障、机械卡顿、电源故障、信号异常等主要故障，制定专卖的处置流程，明确运维保障人员职责、操作步骤以及安全规范，而提高故障发生时的响应速度。最后，需要对伺服系统运行电流、温度、角度以及报警信息等参数进行实时监控，提前预判设备老化以及性能下降的苗头，实现故障提前预警、提前维修维护。

四、结语

总之，CINRAD/CC 雷达伺服系统的稳定运行，是保障天气雷达探测精准、气象业务高效开展的基础。伺服系统结构复杂、精密性强，长期受环境、老化等因素影响，经常会出现机械、电气、信号、控制类故障。为了提升系统运行效率，需要掌握各类故障的表现特征和成因，并及时进行排查处理。此外，还要强化覆盖日常维护、专项检修、季节性防护、应急保障的维护措施。通过精细化的维护管理，有效延长雷达设备使用寿命，保障 CINRAD/CC 雷达伺服系统精准、稳定、高效运行，为气象灾害监测预警、气象防灾减灾工作提供强有力的保障。

参考文献

- [1] 曹德煜, 周红根, 江海洋, 等. CINRAD/SA 雷达伺服系统稳定性对数据质量的影响 [J]. 气象科技, 2018, 46(3): 436-442.
- [2] 成回中, 柴秀芳, 田扬松. CINRAD/CC 雷达伺服电机驱动器故障分析及维修 [J]. 气象水文海洋仪器, 2011, 28(2): 110-113.
- [3] 贾志非, 赵洁, 杨柳. CINRAD/CD 雷达伺服系统频发故障诊断与维护处理措施 [J]. 仪器仪表用户, 2024(3): 66-68.