

文章编号:2096 - 5389(2022)03 - 0114 - 04

CINRAD/SC 天气雷达体扫时间异常分析

邹 红¹, 汪 俊², 青婷楚¹

(1. 四川省南充市气象局, 四川 南充 637000; 2. 四川省绵阳市气象局, 四川 绵阳 621000)

摘 要:根据 CINRAD/SC 天气雷达体扫时间异常故障现象和原因, 可将故障可分为以下 2 类: 一是方位电机和俯仰电机转速变慢; 二是俯仰电机升降不及时。针对不同的故障现象, 该文从雷达伺服系统、信号处理和网络传输等几方面对体扫时间异常进行分析, 对故障原因、故障排查和处理方法进行了详细介绍。由于导致体扫时间异常的因素多, 部分故障原因隐蔽性强, 给雷达维护带来较大影响, 该文的分析可以为一线机务人员快速发现并处理雷达体扫异常提供参考。

关键词:体扫模式; 时间异常; 体扫超时

中图分类号: TN957.52⁺4 **文献标识码:** B

Abnormal Volume - Scanning Duration of CINRAD/SC Weather Radar

ZOU Hong¹, WANG Jun², QING Pingchu¹

(1. Nanchong Meteorological Bureau of Sichuan Province, Nanchong 637000, China;

2. Mianyang Meteorological Bureau of Sichuan Province, Mianyang 621000, China)

Abstract: According to the abnormal faults of CINRAD/SC weather radar volume scanning time, the faults can be divided into the following two categories: first, the rotation speed of azimuth motor and pitch motor is slow; second, the pitch motor does not rise and fall in time. In view of different fault phenomena, this paper analyzes the abnormal volume scanning time from the aspects of radar servo system, signal processing and network transmission, and introduces the fault causes, troubleshooting and processing methods in detail. Due to many factors leading to abnormal volume scanning time, some fault reasons are highly hidden, which has a great impact on radar maintenance. The introduction of this paper can provide reference for front - line maintenance personnel to quickly find and deal with abnormal volume scanning radar.

Key words: volume scanning mode; time anomaly; volume scanning overtime

0 引言

CINRAD/SC 天气雷达可以实现圆锥扫描模式 (PPI)、体积扫描模式 (VOL) 和垂直扫描模式 (RHI), 业务观测以体扫模式为主^[1]。体扫模式可以分为降水模式 (VCP11、VCP21) 和晴空模式 (VCP31、VCP32)。中国气象局制定的《新一代天气雷达观测规定》对各体扫模式的扫描仰角和扫描时间进行了明确定义。如果体扫周期时间过长, 则不能达到考核规定; 如果时间过短, 规定时间内采集

上传的数据急剧增加, 会给本地存储和省级服务器造成巨大负荷和网络传输拥塞, 同时加快雷达伺服系统磨损, 影响使用寿命。雷达观测业务中, 体扫时间故障以体扫时间变长最为常见, 本文将着重讨论体扫超时故障。近几年来, 随着雷达技术保障工作的开展, 探讨伺服系统维修方法^[2-8]的文献已不少, 但是针对体扫超时故障进行系统全面分析的却比较少见。本文从雷达伺服系统、信号处理和网络传输等几方面对体扫时间异常进行分析, 对故障原因、故障排查和处理方法进行深入分析, 可以为维

收稿日期: 2021 - 08 - 17

第一作者简介: 邹红 (1984—), 女, 工程师, 主要从事天气雷达观测及应用研究工作, E-mail: 568155239@qq.com。

护人员快速排除体扫时间异常故障提供参考。

1 雷达体扫、数据处理及传输工作流程

图 1 是雷达体扫进行数据采集、基数据生成、气象产品生成并向省级服务器传输的简单工作流程。雷达扫描方式由不同的体扫模式决定。体扫模式规定了雷达在一定的时间内完成多少个不同仰角的 PPI 扫描^[9]。以本站雷达采用的 VCP21 模式为例,1 个体扫周期要求在 6 min 内完成 9 个仰角层的扫描(图 2),1 h 完成 10 个体扫数据的采集并上传省局服务器。设定体扫模式后,雷达实时终端向数据采集计算机发出该体扫模式的第 1 个仰角指令,命令伺服系统将天线抬升(或降低)到该仰角层进行 PPI 扫描。通过该仰角层 360°方位扫描并完成规定的 数据采样后,采集计算机将向伺服系统发出指令,使天线抬升到该体扫模式的下一个仰角层进行 PPI 扫描和数据采集。直到雷达完成该体扫模式的最后 1 个仰角层的扫描,实时终端计算机再次将该体扫模式的第 1 个仰角发送到数据采集计算机,使雷达重新开始下一个体扫周期。

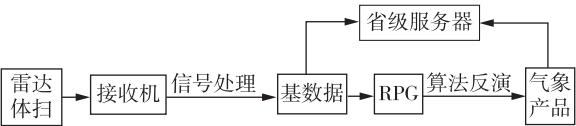


图 1 雷达数据采集、产品生成及传输流程图
Fig. 1 Flow chart of radar data acquisition, product generation and transmission

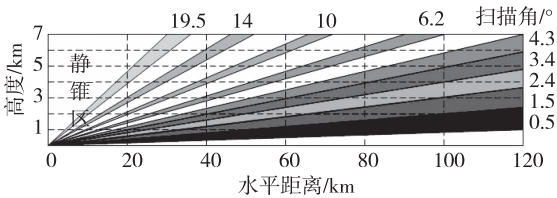


图 2 雷达体扫模式示意图(VCP21)
Fig. 2 Schematic diagram of radar volume scan mode(VCP21)

雷达天线将回波信号送到雷达接收机,经过雷达信号处理器进行数据采样等处理得到雷达回波信号强度、速度和谱宽等基数据,并通过传输软件将基数据向雷达产品终端(RPG)和省级服务器传输。RPG 对基数据进行一系列算法反演得到组合反射率、垂直累计降水等几十个气象产品,并将生成的气象产品向省级服务器传输。

在雷达体扫、数据处理和传输过程中,每个环

节都有可能引起实际体扫时间的异常,从而影响雷达业务观测。根据不同的故障现象和原因,将体扫时间异常分为 2 类:一是方位电机和俯仰电机转速变慢,二是俯仰电机升降不及时。

2 方位与俯仰电机转速变慢原因

伺服系统的工作原理是主控单元给定天线的位置(输入角码),通过伺服系统控制天线负载的位置,通过测量元件及角码变换器获得当前角码并与输入角码进行比较,相符合时系统处于静止状态,不符合时即产生角码误差($\pm \Delta D$)。此误差经数模变换变成误差电压($\pm \Delta U$),再经电压放大及功率放大后,作用在执行电机上,使其朝减小误差的方向运动。因此负载就连续跟踪运转。图 3 是伺服系统角码跟踪系统框架图。

方位电机和俯仰电机转速变慢引起的体扫时间延长现象非常明显,通过观察很容易发现。方位电机转速变慢表现为天线在每一层仰角的扫描时间变长。以 VCP21 模式为例,1 个体扫周期要求在 6 min 内完成 9 个仰角层的扫描,在俯仰升降正常情况下,如果单层仰角扫描时间超过 36 s,就有可能导致体扫超时。同理,在方位电机转速正常的情况下,俯仰电机变慢,相邻仰角抬升或从最高层仰角降到最低层仰角的时间变长,体扫时间也会延长。如果方位电机和俯仰电机同时变慢,体扫时间延长则更为明显。

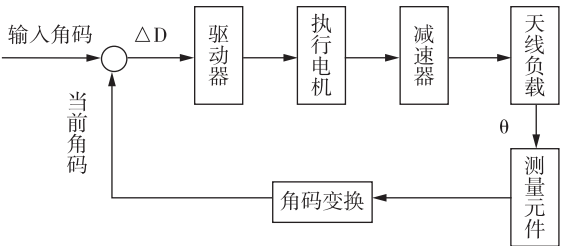


图 3 雷达伺服系统角码跟踪系统框架图
Fig. 3 Frame diagram of angle code tracking system of radar servo system

引起电机转速变慢的因素比较多,常见的有碳刷磨损严重、机械润滑油不足、电机测速信号线故障、伺服放大器增益(或阻尼)阻值不匹配、俯仰电机定位精度不够而产生追摆等。解决电机转速变慢可以针对上述问题进行逐项检查,同时参考以下方法进行解决。一是调节俯仰伺服放大器的 RP5 增益和 RP8 阻尼电阻,使天线俯仰速度和精度达到规定值即可解决追摆问题^[5-6]。调节前先检查 RP5 和 RP8 2 个电位器,正常时电位器中间脚接地电阻

值分别为 $RP5 < 4\text{ k}\Omega$, $RP8 < 20\text{ k}\Omega$, 如电位器损坏, 就更换电位器, 再调整 $RP5$, 顺时针增大增益, 逆时针减小增益, 调整 $RP8$, 顺时针增大阻尼, 逆时针减小阻尼。二是检查俯仰同步电机是否出现故障。三是汇流环接触不良, 俯仰电平发生跳变引起仰角值不断变化^[7]。四是调整雷达实时终端软件的参数或伺服放大器 $RP6$, 可以在一定程度调节雷达天线方位和俯仰电机的转速。若故障依旧存在, 再检查方位和俯仰电机。

3 俯仰电机升降不及时

雷达做正常体扫时, 在 1 个仰角层完成 360° 的 PPI 扫描, 采集计算机向伺服系统发送下一仰角层的指令使天线升降。当雷达系统发生故障时, 天线可能停留在某一仰角层进行超过 1 圈的扫描而不正常升降, 使单层仰角扫描时间远远超过规定时间, 导致体扫严重超时。方位电机转速正常的情况下, 雷达伺服系统故障、信号处理系统故障、网络传输故障等都可能引起俯仰电机升降不及时, 且具有一定的间接性, 不易直观发现。

3.1 伺服系统故障

引起天线不正常升降的伺服系统故障可以分为 2 类: 一类是俯仰误差电压无输出, 另一类是俯仰误差电压有输出。

俯仰误差电压无输出, 主要考虑俯仰伺服放大器故障和 $\pm 15\text{V}$ 电压, 仔细检查伺服放大器的运行是否正常, $\pm 15\text{V}$ 保险丝是否熔断。

俯仰误差电压有输出, 直流驱动电源也正常, 而驱动器无电压输出, 天线也不会升降。如果出现这种现象, 必须立即关掉驱动电源, 改为手控方式进行检查。重点检查脉宽调制器有无三角波输出, 4 路控制脉冲或方波输出是否正常, 4 个驱动模块 $N4$ 、 $N5$ 、 $N6$ 、 $N7$ 中直流 20V 电源是否正常^[9-10]。在伺服分机柜后面有 2 根同芯电缆, 分别传输方位(俯仰)的误差信号。在作定位控制时误差电压与角码误差的关系如图 4。通过控制软件改变天线定位的命令角度, 用万用表检查俯仰控制信号电缆的误差电压变化, ΔU 和 $\Delta\theta$ 的变化关系满足图 4 曲线, 监控分机俯仰驱动单元的误差电压输出关系发生变化, 即需更换俯仰驱动单元。同时, 俯仰发送器同步机故障、方位角码变换器故障也是导致俯仰升降不正常的重要原因。

3.2 信号处理系统故障

雷达信号处理系统对于雷达在单层 PPI 扫描中采集的数据进行实时处理, 处理完成后才会向计算

机发出仰角升降指令。如果信号处理系统发生故障, 处理能力下降或者不能进行数据处理, 则会延后或停止发送仰角升降指令。

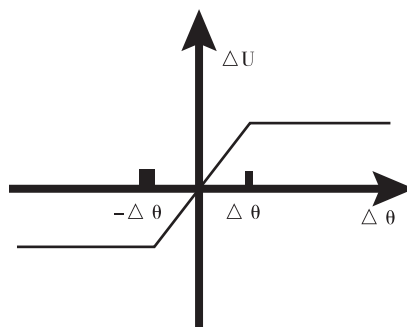


图 4 定位控制曲线图, 横坐标角码误差 $\Delta\theta$, 纵坐标误差电压 ΔU

Fig.4 Positioning control curve, , abscissa angle code error $\Delta\theta$, Ordinate error voltage ΔU

故障现象表现为雷达体扫时间突然变长。观察发现天线在 1 个仰角层要进行 2 圈多扫描后才开始抬升到下一个仰角, 雷达终端系统没有报故障。将雷达停机进行检查没有发现故障, 重新开机进行体扫, 起初几个仰角雷达抬升正常, 工作一段时间后故障现象重复。在排除其他故障后, 怀疑信号处理器 $RVP8$ 出现故障。仔细检查 $RVP8$, 发现主板 2 个散热风扇损坏。分析认为可能由于散热故障, 使得信号处理器 CPU 温度升高, 处理性能下降, 导致单层仰角扫描超时。更换散热风扇后故障解决, 体扫时间恢复正常。

3.3 网络传输故障

网络传输故障也是造成体扫时间异常的重要原因。根据雷达数据采集和传输工作流程分析, 由于实时终端和数据采集计算机采用网线连接, 采集计算机通过网线将数据传输到终端计算机, 终端计算机收到足量数据后向采集计算机发出仰角升降指令。如果出现网络中断、数据掉包等传输故障, 实时终端将无法及时向采集计算机发送俯仰升降指令, 导致体扫时间延长。

故障现象表现为终端出现扫描线振荡扫描。对雷达程序进行检查发现采集机程序发出的方位角码与实时控制程序接收的方位角码不一致, 存在振荡, 说明网络上存在有重复给实时控制程序发送命令, 判断为网络故障, 断开宽带网络后体扫恢复正常。

3.4 方位电机转速过快

方位电机转速变快一般会使体扫时间明显变

短,规定时间内采集的体扫数据增加。但是,当天线转速进一步加快,体扫时间反而可能会变长,这是一类很难发现的故障。

为了保证雷达满足测速精度,在每个仰角层做 PPI 扫描时,必须达到一定数目的数据采样。采样脉冲数目由雷达波速宽度、脉冲重复频率和天线扫描速率决定^[11]:

$$M = \frac{PRF \times \theta_{3dB}}{\omega}$$

式中: M 为采样脉冲数, PRF 为雷达脉冲重复频率, θ_{3dB} 为雷达天线波束宽度, ω 为天线扫描速率。对特定的观测模式来讲,雷达脉冲重复频率 PRF 和天线波束宽度 θ_{3dB} 是常数。因此,采样脉冲数 M 与天线扫描速度 ω 成反比。当天线转速过快,雷达在某一仰角采样数目不能达到要求时,采集计算机便不会向伺服系统发送俯仰升降指令,天线将留在该仰角层继续做 PPI 扫描,直到采样数目达到要求。这将使天线停留在该仰角执行超过 1 圈(甚至 2 圈以上)扫描,导致体扫严重超时,同时还会加速伺服系统磨损。

通过上述分析可知,引起俯仰电机升降不及时因素很多,具有较强的隐蔽性,没有经验的机务人员很容易忽略,需要根据故障现象进行具体分析,逐一排查原因。

4 结语

本文根据故障现象将体扫时间异常分为 2 类进行分析:一是方位电机和俯仰电机转速变慢,二是

俯仰电机升降不及时。出现第二类故障,既有雷达伺服系统的直接原因,也有信号处理和网络传输等间接原因。本文从雷达伺服系统、信号处理和网络传输等几方面对体扫时间异常进行分析,对故障原因、故障排查和处理方法进行深入分析,并列举了部分具体故障案例。通过本文的总结,为雷达机务人员进行故障排查并及时处理提供参考。

参考文献

- [1] 中国气象局监测网络司. 新一代天气雷达观测规定[Z]. 2005.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 徐晓,王晓波,张琳,等. 新一代 CINRAD/SB 天气雷达伺服系统故障归类分析[J]. 贵州气象,2013,37(1):47-48.
- [5] 李明元. CINRAD/CD 型雷达体扫时自动抬升仰角不稳定典型故障分析及处理[J]. 贵州气象,2012,36(6):56-59.
- [6] 李明元,罗晓松,戴伟明,等. CINRAD/CD 伺服系统一次俯仰定位精度故障的维修实例[J]. 贵州气象,2007,31(4):31-33.
- [7] 柴秀梅. 新一代天气雷达故障诊断与处理[M]. 北京:气象出版社,2011:306-324.
- [8] 魏玉鹏,王庆华,吕学梅. CINRAD/SC 天气雷达伺服系统故障分析与排除[J]. 山东气象,2006,26(1):45-46.
- [9] 俞小鼎,姚秀萍,熊廷南,等. 多普勒天气雷达原理与业务应用[M]. 北京:气象出版社,2006:6-45.
- [10] 国营第七八四厂. CINRAD/SC 型天气雷达使用及维护说明书(上册)[Z].
- [11] 国营第七八四厂. CINRAD/SC 型天气雷达技术说明书(上册)[Z].