

潘新民,柴秀梅,王全周,等. CINRAD/SB 伺服系统线路设计特点和维修方法[J]. 气象,2010,36(10):128-133.

CINRAD/SB 伺服系统线路设计特点和维修方法

潘新民¹ 柴秀梅² 王全周³ 徐俊领² 崔炳俭⁴

1 河南省大气探测技术保障中心, 郑州 450003

2 中国气象局气象探测中心, 北京 100081

3 河南省气象局, 郑州 450003

4 河南省郑州市气象局, 郑州 450005

提 要: 总结了CINRAD/SB型新一代天气雷达交流变频调速数字伺服系统线路技术特点和与CINRAD/SA线路设计上的差别。根据数字伺服系统信号流程、电源控制保护原理,从状态监测信息、FC文件信息、报警信息、关键点参数测量和关键信号的传输路径入手,详细介绍了数字伺服系统故障诊断方法和技巧,并列出了两个不同类型的典型故障个例的理论分析和处理步骤。提出了伺服系统维修方面的一些建议,为新一代天气雷达技术支持和保障提供借鉴。

关键词: 数字伺服系统, 变频, 调速, 正弦波脉宽调制技术, PID控制校正, 信号流程

CINRAD/SB Servo System Designing Characteristics and Its Maintaining Methods

PAN Xinmin¹ CHAI Xiumei² WANG Quanzhou³ XU Junling² CUI bingjian⁴

1 Henan Provincial Atmospheric Observation Technical Support Center, Zhengzhou 450003

2 Meteorological Observation Center, China Meteorological Administration, Beijing 100081

3 Henan Provincial Meteorological Bureau, Zhengzhou 450003

4 Zhengzhou Meteorological Office of Henan Province, Zhengzhou 450005

Abstract: The differences of circuit design between CINRAD/SB alternating frequency-conversion numerical servo system and those of CINRAD/SA are summarized herein. Based on the signal procedure of servo system and principle of power protection, the fault diagnosis methods of numerical servo system are detailedly described through analyzing the condition monitoring information, file FC information, alarm, key point parameter measurements and key signal transmission paths. Meanwhile, two different typical fault examples are analyzed theoretically. And then some suggestions are given on maintaining the servo system, which are providing useful references to CINRAD techniques.

Key words: numerical servo system, frequency conversion, speed adjustment, modulation technology of sinusoidal wave pulse width, PID control adjustment, signal procedure

引 言

河南目前已投入运行的新一代天气雷达中,CINRAD/SB型占5部,雷达维修中发现由于CINRAD/SB雷达采用先进的交流变频调速数字伺服

系统,相对于模拟伺服系统维修难度要大,出现问题后无从下手,只有等厂家技术人员现场维修,导致雷达故障时间长,影响灾害性天气监测。何建新、潘新民、何炳文等^[1-3]对雷达伺服系统原理进行了介绍,周红根、胡东明、徐八林、吴少峰等^[4-9]对雷达伺服系统故障进行了分析总结。为了提高CINRAD/SB雷

达运行可靠性,缩短故障修复时间,本文根据交流变频调速数字伺服系统线路设计技术特点,从伺服系统信号流程、电源控制保护过程以及关键信号的传输路径入手,总结了数字伺服系统故障诊断方法和技巧,详细介绍了伺服控制器无法加电;在伺服控制器加电正常下,天线无法控制;天线转速不均匀,有停顿、跳码现象,或天线摆动大、控制精度差三个方面容易出现问题的解决办法和维修经验。列举了典型故障个例的处理步骤。提出了伺服系统维修方面的一些建议,为台站技术人员能够处理并修复常见伺服故障提供借鉴,以缩短 CINRAD/SB 雷达伺服故障修复时间,提高运行可靠性。

1 伺服系统工作原理和线路设计特点

与 SA 型雷达有很大不同,SB 型雷达用旋变—RDC 代替光电编码器、用伦茨伺服控制器代替伺服驱动功率放大装置、用伦茨旋变代替直流测速机,用交流伺服电机代替直流电机等^[5]。线路设计特点如下:

(1) 伦茨控制器是一个交流变频调速系统,内置精确的位置控制器,自带旋变,具有完整的电流环、速度环和位置环,用户可以进行 PID(比例、积分和微分)控制校正,也可以使用其自适应调节功能进行校正,与其驱动电机可以构成一台性能优良的速度环系统或者位置闭环系统,可准确实现相对和绝对的定位功能,具有天线定位运动超调很小及匀速扫描时速度精度较高特点;具有完善的自保功能;具有自检及保护功能,具有过温、欠压、过流、过压、短路等多种报警和保护功能。

(2) 为满足伺服系统实时监控和响应、数据交换周期短、数据交换量大、数据错误率低等要求,伺服系统采用内置协议无须增加外围设备的 CAN 总线通讯方式,具有控制能力强、可靠性与故障容限高,实时响应性好,实现成本低、通讯协议简单等优点。通过“内部跳闸”功能实现 CAN 总线通讯的自动复位,提高了 CAN 总线通讯可靠性。

(3) 伦茨伺服控制器采用正弦波脉宽调制技术的异步电动机的变频调速系统,在调速时转差功率不变,具有效率最高,性能好的特点。伺服电机直接和伦茨齿轮减速箱集成一起,具有构成紧凑、低隙、长寿命的特点。

(4) 利用伺服控制器内置的功能实现速度和定位工作方式的切换,在速度方式下,“电机控制”模块接受的是来自总线的速度值,实现速度方式的切换;在定位方式下,电机控制模块接受的是来自“定位控制”模块的速度值,即电机以定位功能模块给定的速度值实现定位运行。具有方式切换时间短、切换方式简单、工作效果好特点。

(5) 为了抗干扰及保证控保系统可靠性,伺服工控机的加电命令、天线 BIT 信号、自动开关信号、OP/STBY、伺服故障经伺服分机接口板光耦隔离后送到伺服各单元,以确保天伺系统安全可靠工作。数字 PID(比例、积分和微分)控制方便其纠正偏差、消除系统稳态误差、减少系统超调量,增加系统稳定性,其增量形式对位置/误差信号突变无强烈反映,具有较强的抗干扰和应付突变能力。

(6) 完善的伺服系统监控功能:在 RDASC 计算机和伺服系统间进行数据闭环测试(自检 1),测试 RDASC 计算机和伺服系统间的 RS-232 串行通信是否正常;对伺服系统内部线路的一系列检测(自检 2),可以确定故障范围,识别故障的最小可更换单元(LRU);正常数据收集期间,检测天线状态数据;体扫运行期间采集天线位置、速度数据,分析天线运行状态,产生各种报警信号。

2 信号流程

CINRAD/SB 型雷达数字伺服系统信号流程图见图 1。

伺服系统关键信号传输路径如下:

伺服系统的四路直流电源监测信号在接口板 5A8A3 上生成→DAU/ XS8→COM1→RDA 计算机。

速度、位置命令由 RDA 计算机通过另一路 68 芯电缆中的串口发出→5A16→DAU 底板→伺服分机 XS4 串口→伺服工控机串口(5A6XP1)。伺服的状态检测信号(BIT)、天线当前状态数据通过同样通道由伺服工控机传到 RDA 计算机。

方位旋变信号→2W202→2A5/X5→5XS14 伺服分机 XS6→工控机 A3XP4/5→角码 RDC 变换板。

仰角旋变信号→2W302→汇流环/XS4→汇流环/XS10→2W102后,和方位旋变信号同样路径传到角码 RDC 变换板。

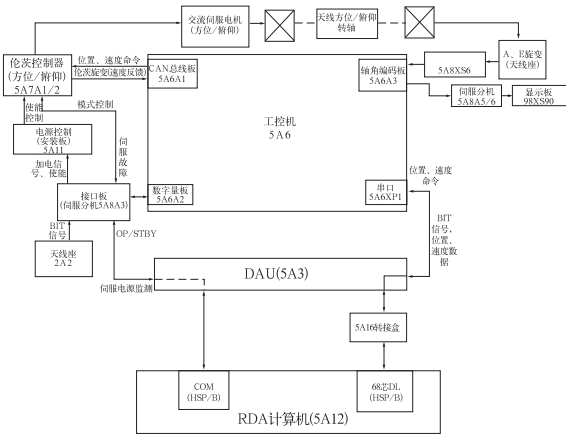


图 1 数字伺服系统信号流程图

Fig. 1 Flow chart of the digital servo system signal

天线锁定、限位装置、E 手轮 → 2W303 → 汇流环/XS5 → 汇流环/XS11 → 2W103(方位手轮、安全开关) → 2W203 → 2A5/XS6 → W502 → 5XS15 伺服分机 XS3 → 伺服分机接口板 A3 → 工控机数字量板 A2 → 工控机 XP1(串口) → 伺服分机 XS4 → DAU 地板 → 5A16 → RDA 计算机。

E 电机驱动电源 (5A7A2) → 5XS25 → 2A5/XS1 (天线座) → 汇流环/XS7 → 汇流环/XS1 → E 电机。

A 电机驱动电源 (5A7A1) → 5XS24 → 2A5/XS2 (天线座) → 2W200 → A 电机。

雷达天线电机伦茨旋变信号传输经历通路：

E 电机伦茨旋变信号 → 2W301 → 汇流环/XS3 → 汇流环/XS9 → 2W101 → 2A5/XS4 → W504 → 5XS13 → 5A7。

A 电机伦茨旋变信号 → 2W201 → 2A5/XS3 → W503 → 5XS12 → 5A7。

来自 RDA 计算机的天线 OP/STBY 信号 → DAU 数字板 5A3A1 → DAU 模拟板 5A3A2 外围驱动器芯片 U25 或 U26 驱动继电器 U31 → DAU/XS7 → 伺服分机 (5A8)/XS4 → 接口板 5A8A3 → 伺服工控机的数字量板 5A6A2。

3 关键点参数

3.1 伺服电源控保系统控制点参数

3.1.1 伺服电源控制系统控制信号流程(见图 2)

伺服系统供电负载主要有伺服工控机、伺服分机直流电源、伦茨控制器、天线伦茨驱动电机散热风机。

开伺服总电源后,四路电源指示灯亮,开伺服工控机,并且初始化正常后,开伺服开关 Q1、Q2(伺服

分机直流电源供电),伺服工控机产生伺服加电信号到伺服数字继电器 K7 的 I2 输入控制端(高电平),使 K7 接通,在天线座内的制动器正常(K3 闭合)及强制断电开关 SA3 闭合情况下(交流接触器 K1、K2 控制端 A、B 接通交流 220 V 控制电源),交流接触器 K1、K2 接通,交流 380 V 接通 A、E 伦茨控制器电源,伺服分机面板加电指示灯亮。当工控计算机发出方位、俯仰使能控制信号后,数字继电器 K7 输入控制端 I3、I4 由于加上低电平使能控制信号而使对应输出端接通,A、E 伦茨伺服控制器使能接通(方位伺服控制器 5A7A2X5/A1 直接通过 K7/I4 接通 5A7A2X5/28,从而连通 +24 V;俯仰伺服控制器 5A7A1X5/A1,经过 K7/I4 控制接通 K8/3、4 脚后,再和 5A7A2X5/28 接通,从而连通 +24 V),A、E 伺服控制器绿灯由闪烁转为常亮,伦茨伺服控制器开始正常工作。

如果制动器电流过大导致制动电阻温度超限,由于 K3 过温保护作用,即使天线加电信号(EASY I2)正常,伦茨控制器也无法上电。

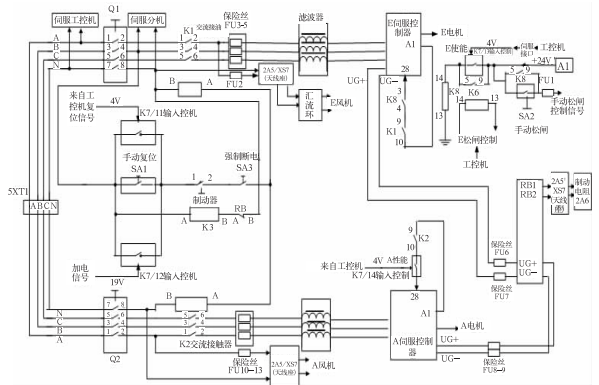


图 2 伺服电源控制系统控制信号流程图

Fig. 2 Flow chart for the control signal of servo power control system

伦茨控制器的方位使能控制信号由工控机根据 RDA 计算机发出的天线工作(OP)命令及方位手轮啮合信号、方位锁定销信号组合生成,通过数字继电器 K7 控制端 I4,并经交流接触器 K2(后期雷达已不用)控制伦茨伺服控制器的方位使能;伦茨控制器的俯仰使能控制信号由工控机根据 RDA 计算机发出的天线工作(OP)命令及俯仰手轮啮合信号、俯仰锁定销信号、天线预限位信号组合生成,通过数字继电器 K7 控制端 I3 及继电器 K8 并经交流接触器 K1 (后期雷达已不用)控制伦茨伺服控制器的俯仰使

能。这两种使能控制信号使伦茨控制器输出三相交流驱动电压。如果天线处于手轮啮合、锁定销在停止位置、天线在限位任一状态或 RDA 计算机没有发出天线工作命令,工控机都不会发出相关使能控制信号,使得伦茨控制器无法正常工作。

在天线控制程序停止运行时,为避免天线俯仰随重力活动,俯仰制动器处于抱闸状态。这时,如需要手动改变天线仰角,就必须先把俯仰手动松闸开关(SA2)打到松闸位置(直接接通松闸控制信号)。正常工作时,开关应在抱闸位置,松闸控制信号和继电器 K8 的 5、9 端直接并联。

手动复位开关(SA1)用于在故障保护状态下控制程序无法控制伺服加电时,强制 A、E 伦茨伺服控制器加电,使 A、E 伦茨伺服控制器自动复位。需注意:由于伺服控制器内部有高压电容放电的影响,断电后需 3 分钟后才能重新加电。

强制断电开关(SA3)可在紧急情况时强制切断伺服主电源,使伺服电机断电。开关串联于 A、E 伦茨伺服控制器加电控制回路之中。

3.1.2 伺服数字继电器 K7 未加使能控制信号状态图示

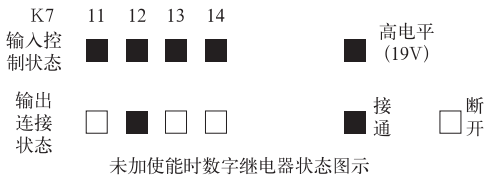


图 3 数字继电器 K7 未加使能控制信号状态图示
Fig. 3 Digital relay K7 conditions when it is not added to enabling control signal status

3.1.3 伺服数字继电器 K7 加使能控制信号状态图示

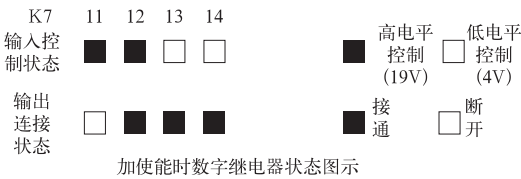


图 4 数字继电器 K7 加使能控制信号状态图示
Fig. 4 Digital relay K7 conditions when it is added to enabling control signal status

3.2 伺服工控机初始化正常后显示数据

用显示器接到伺服工控机的显示接口,伺服工控机加电后且初始化正常,启动操作系统(WIN98),

加载完后,正常后显示器应显示:

```
Current status:0
Time to Test
```

3.3 串口信号在伺服系统的测试点

表 1 给出串口信号在伺服系统的测试点。

表 1 串口信号在伺服系统的测试点
Table 1 Serial signal test points in the servo system

信号特性	接口 1	接口 2
RS232 发送	5A8XS4/3	5A6XP1/2
RS232 接收	5A8XS4/4	5A6XP1/3
RS232 地	5A8XS4/5	5A6XP1/5

3.4 伺服系统主要检测点电压值测量

伺服系统主要报警检测点电压值测量(限位、连锁、伦茨控制器故障等)在伺服分机接口板。伦茨控制器工作方式、使能、上电、抱闸、STBY/OP 等控制信号电平测量点在伺服工控机数字量板 CN1 插槽(PCL-731 卡)。

4 故障排除方法

伺服系统故障首先通过 RDASC 性能参数检查 DAU 电源及伺服电源是否正常,正常后,依次自检 1 检查串口通信情况,自检 2 检查天线 BIT,以及检查 FC 文件信息,是否存在天线状态命令传输不正常状况。在保证串口通信正常情况下,一般根据故障现象从三个方面进行分析判断:(1)伺服控制器无法加电(主交流接触器无法吸合);(2)在伺服控制器加电正常下,天线无法控制。(3)天线转速不均匀,有停顿、跳码现象,或天线摆动大、控制精度差。

如果自检 1 没通过,说明串口传输通道问题,雷达运行天线模拟程序(或 A104M1 测试程序)判断信号处理板是否正常,模拟正常说明信号处理器正常,伺服有问题,则要检查从 5A16 经 DAU 到伺服分机和工控机的串口线路,找出问题器件。否则信号处理器不正常。

如果伺服控制器已加上电,但天线不受控,应通过 RDASOT 软件检查伺服使能控制信号是否加上。

第一种情况应进行伺服供电检查,如果工控机加电正常后,A、E 没有加电指示,先检查直流 24 V 电源是否正常;24 V 电源正常后,首先检查电源控

制部分电路中数字继电器 K7 状态显示是否有加电信号到 I2 输入控制端,如果无加电信号,再检查天线仰角是否处于死限位区(或者死限位信号传输通道问题导致死限位信号不正常)以及基座连锁开关(安全开关)是否不在工作位置,如果不在正常工作状态,应恢复到正常工作状态;如果仍无上电信号,应检查工控机是否发出加电命令,检查工控机显示状态信息是否正常,不正常时,应检查是工控机原因或是串口通信、数字量板故障,找出故障原因,更换故障器件。如:若工控机电子硬盘损坏导致无法完成初始化,伺服控制器则无法上电;如果有加电信号,则要检查安装板断路器 Q1 是否在开位置,以及交流接触器(K1)交流 220 V 控制通路中 K3 是否由于天线制动器电流过大使制动电阻温度超限导致 K3 断开,或者 K7、K1、K3 损坏,更换问题器件,一般问题都可解决。

第二种情况应首先检查伺服控制器状态灯显示情况,正常工作情况下,绿灯常亮,红灯不亮。如果绿灯闪亮,红灯不亮,说明无使能信号,应根据数字继电器 K7 状态显示是否有使能控制信号到 I3、I4 输入控制端,如无此信号,检查工控机是否报手轮处于啮合状态、方位仰角停止销处于停止状态;如果 RDA 计算机的天线工作命令不正常,应检查串口通信链路(5A16、DAU、RDA 计算机)是否正常(通过模拟天线、DAU 定位故障)、伺服分机接口板是否有使能控制信号发出,重点检查 DAU 模拟板及外围驱动电路和继电器;如 K7 状态显示有此信号,一般 A 伺服控制器应有使能信号加上,否则就是 K7 损坏,如果 A 伺服控制器使能信号正常, E 伺服控制器无使能信号,则要检查 K8 继电器的 +24 V 控制电压是否加上,否则就是 K8 继电器损坏;如果伺服控制器状态灯绿灯常亮(使能信号正常),但红灯亮,一般都是天线驱动电机损坏(电机过载或伦茨旋变信号不正常)或伦茨控制器电机驱动电源输出到电机连接通路中有短路现象;如果伦茨控制器状态信号都正常,天线不动作,检查 RDASC 界面有角码显示不变化,一般是天线角码传输线路或 RDC 转换板问题。

第三种情况比较复杂,首先判断是信号处理器问题或是伺服本身问题,如果观测伺服分机的角码显示正常,无停顿及不均匀现象,说明 RDA 计算机

或信号处理器问题,应通过更换信号处理器或者重装系统(操作系统、RDASC 应用软件)及更换 RDA 计算机解决问题;如果伺服分机的角码显示有停顿、跳码、转速不均匀现象,或天线摆动大,这说明伺服本身故障。如果有跳码现象,应检查 RDC 转换板、旋变,用示波器观测 RDC 转换板数字信号有无跳变,如有则定位故障在 RDC 转换板,否则在旋变,对于俯仰还应检查汇流环;如果有转速不均匀现象,先检查伦茨电机、机械传动部分,然后示波器检查控制器 X6/62 和 7 脚速度信号正常否,对于俯仰还应检查汇流环,出现这种情况一般都伴随天线动态、无法到 PARK 位置等报警,严重时导致雷达生成产品不全。对于报天线动态错误及定位不准或到位精度差、天线摆动大问题,先检查伦茨控制器模式控制信号是否正常,如正常,则要对伦茨控制器 PID 控制进行调整解决;对于俯仰支路如果通过清洗汇流环不起作用,则测量天线到位精度,如果出现从高仰角 19° 回到低仰角 0.5° 到位精度超限,而小范围控制正常,应通过调整传动链(减速箱等)精度来解决,否则要对伦茨控制器 PID 控制进行调整解决。

5 典型故障举例

5.1 三门峡雷达故障

故障现象:A、E 加电指示正常,但伦茨伺服控制器使能信号不正常。

关键点参数检查:通过 RDASOT 测试软件检查 A、E 使能信号不受控制,伦茨伺服控制器绿灯方位闪烁,仰角常亮,但都不受控制,检查工控机工作状态,当前状态数据显示不对(代码为 4),报方位手轮处于啮合状态,到天线座检查方位手轮处于正常工作状态,显然工控机数字量板接触不良导致故障。

故障排除:清洗工控机底板和数字量板后重新开机,A、E 使能信号不受控制,伦茨伺服控制器绿灯仰角闪烁,方位常亮,但都不受控制。检查工控机工作状态,当前状态数据显示仍不对(代码为 8),而且换报仰角手轮处于啮合状态外,还报多处天线状态数据不正常状态,进一步证实工控机底板和数字量板接触不良是导致伦茨伺服控制器使能控制信号不正常的根源。关机重新把数字量板换一个插槽后,开机雷达回复正常。

故障原因分析:由于工控机底板和数字量板接触不良,导致接触电阻增大,从而引起天线状态数据检测错误,引起 A、E 使能信号不受控制。在这个故障现象中如果检查工控机工作状态正常,但仰角使能信号不受控制,一般是 K8 继电器故障引起;如果 A、E 使能信号都不受控制,可能是数字继电器 K7 有问题。

5.2 南阳雷达故障

故障现象:雷达伺服系统无法上电(伺服开关 K1 和 K2 不吸合)。

故障排除过程:强行上电导致电源机柜雷达伺服供电空气开关和伺服机柜空气开关 Q1、Q2 保护性断电,而且 UPS 在上电瞬间电压波动较大。伺服系统供电负载支路主要有四路:伦茨控制器(方位、俯仰);伺服分机;天线驱动电机散热风机(方位、俯仰);工控机供电(没有经过交流接触器控制,运转正常)。检查发现,伺服分机的直流供电电源保险丝、DAU 电源 3 A 保险丝以及伦茨电机(方位和俯仰)的风机供电保险丝都烧断,显然雷达伺服系统存在严重的负载过载(对地短路)现象。用万用表检查雷达伺服系统各路负载对地电阻,当检查到俯仰伺服驱动电机风机供电保险丝 FU2 输出端对地电阻时,发现已几乎为零欧姆,再断开 5XS16 插头后强行上电,可以给伦茨控制器加电,进一步断定 5XS16 到天线的俯仰伦茨电机风机供电线路有短路点。采用分段断开负载方法,断开俯仰箱内俯仰伦茨电机风机供电插头,故障依旧,当打开方位门检查汇流环时,发现有明显的电线烧糊味,但汇流环所有连接插座及碳刷连接电缆都正常,再进一步检查到天线最下面门内的 2A5 转接板时发现 XS7 插头、插座已完全烧毁,XS3、XS4、XS8 插座后面的连接电缆已和 XS7 插座后的电缆线由于高温融化在一起,自此故障根源已找到,更换烧毁的 XS7 插座、插头,剪断损坏的

电缆,用一段导线通过万用表测量找出各个电缆的芯线的对应插座、插头的脚号,焊接好各插座、插头对应的电缆芯线,更换烧断的个保险丝,开机后,雷达恢复正常。

6 结 语

由于数字伺服系统采用模拟-离散设计方法,不同于模拟伺服系统维修方法,无法直观地进行模拟量参数测量,必须熟悉测试软件功能和使用方法,充分利用 BIT 自诊断信息(自检、FC 文件、报警信息等)、基数据天线角码数据信息,再根据控制、天线状态等信号流程及各可更换单元电路功能,通过关键点数字信号电平测量,综合分析判断,找出故障器件。

参考文献

- [1] 何建新,姚振东,李飞,等. 现代天气雷达[M]. 成都:电子科技大学出版社,2004:98-99.
- [2] 潘新民,柴秀梅,申安喜,等. 新一代天气雷达(CINRAD/SB)技术特点和维修、维修方法. [M]. 北京:气象出版社,2009:229-230.
- [3] 何炳文,顾松山,高嵩,等. 伦茨伺服控制器的功能及其在 CINRAD/SB 中的应用[J]. 气象,2006,32(7):53-55.
- [4] 胡东明,胡胜,程元慧,等. CINRAD/SA 天气雷达伺服系统轴角箱多次故障的分析[J]. 气象,2007,33(10):114-117.
- [5] 周红根,朱敏华,段素莲,等. CINRAD/SA 雷达故障分析[J]. 气象,2005,31(10):39-41.
- [6] 周红根,周向军,祈欣,等. CINRAD/SA 天气雷达伺服系统特殊故障分析[J]. 气象,2007,33(2):98-101.
- [7] 徐八林,杨松福,何跃,等. CINRAD/SA 雷达发射机磁场电源故障诊断与调试[J]. 气象,2010,36(2):126-129.
- [8] 吴少峰,胡东明,胡胜,等. 一次 CINRAD/SA 雷达发射机功率偏低故障的分析及处理[J]. 气象,2009,35(10):108-112.
- [9] 周红根,高玉春,胡帆,等. CINRAD/SA 雷达频综故障检修方法[J]. 气象,2009,35(10):113-118.