

伦茨伺服控制器的功能及其 在 CINRAD/SB 中的应用

何炳文¹ 顾松山² 高 嵩³ 郭 庆⁴

(1. 南京大学大气科学系, 210093; 2. 南京信息工程大学;
3. 南京电子技术研究所; 4. 湖南省常德市气象局)

提 要: 介绍新一代多普勒天气雷达 CINRAD/SB 伺服系统的基本工作原理和伦茨伺服控制器的功能及应用, 总结该雷达出厂调试、整改、业务试运行、业务运行过程中出现的技术问题及相应的解决方法。采用半闭环控制方案, 通过适当控制传动链精度解决精度定位, 采用现场总线^[1] (CAN: Controller Area Network) 解决通讯和控制, 利用伺服控制器的“内部跳闸”功能解决现场总线的自动复位, 利用伺服控制器自身的功能解决工作方式切换。经现场测试该雷达方位角和俯仰角的闭环控制精度均优于 0.1° , 伺服系统能按照指令准确切换各种体扫模式 (VCP11、VCP21、VCP31) 和接收各种指令。现场实测数据和业务运行效果均表明该系统的设计是成功的。

关键词: 伺服控制器 雷达 现场总线 闭环

Functions of Lenze Servo Controller and Its Application to CINRAD/SB

He Bingwen¹ Gu Songshan² Gao Song³ Guo Qing⁴

(1. Atmospheric Science Department, Nanjing University, 210093;
2. Nanjing University of Information Science & Technology;
3. Nanjing Electronics Technology Research Institute; 4. Changde Meteorological Office, Hunan Province)

Abstract: In order to better use and maintain the weather radar, the fundamental operational principle of the newly generated Doppler weather radar CINRAD/SB Servo System, and the function and application of Lenze Servo Controller are introduced. It sums up some techno-

logical problems and corresponding solutions when the radar is in the process of debugging while leaving factory, rectifying and improving, trial run and formal operation. It adopts the semi-closed loop controlling project, solves the problem of accurate orientation by appropriately controlling the driving chain, uses the Controller Area Network to communicate and control, makes use of Servo Controller's "inner tripping operation" to solve the automatic reset of the Controller Area Network, utilizes Servo System's own function to resolve the switch of working manners. Through the test on the spot, the closed loop controlling accuracy of the radar's angle of azimuth and elevation outstrips than 0.1° . According to instructions, the Servo System can correctly switch various volume models, such as VCP11, VCP21, VCP31, etc. and receive various instructions. All the factual test on the spot and operational effect indicate that this system's design is successful.

Key Words: Servo Controller radar field bus closed loop

引言

CINRAD/SB 多普勒天气雷达系统数字化、自动化程度高,具备无人值守的功能,是我国天气雷达组网的新一代多普勒天气雷达主要产品之一。随着 CINRAD/SB 天气雷达的布网,雷达的维护和保障成为一项系统工程,王立轩、葛润生等著的文章系统地阐述了新一代天气雷达的自动标校技术^[2],为维护和提高测量精度提供原理和技术依据,胡东明等、杨传凤等、覃德庆等著的文章论述了 CINRAD/SA 的故障维修思路和方法以及部分常见故障的解决方法^[3-5],为雷达保障和维修提供了经验。本文总结雷达出厂调试、整改、业务试运行、业务运行过

程中出现的技术问题及相应的解决方法,以供雷达使用、维护和设计人员参考。

1 伺服系统基本工作原理及控制策略

伺服系统与数据处理机的接口采用 RS-232 串口通讯,全双工,波特率为 19.2Kbps,数据交换周期为 45ms(即在每一周期内伺服系统接收数据处理机发出的气象运行模式指令,并返回上位数据处理机需要的天线位置、速度及 BIT 数据)。根据该雷达伺服系统的负载惯量大、可靠性和稳定性要求高,但控制精度要求不高的特点,采用由工控机、交流伺服控制器及交流伺服电机和一些外围电路等构成伺服系统。它的基本控制策略和工作原理如图 1 所示。

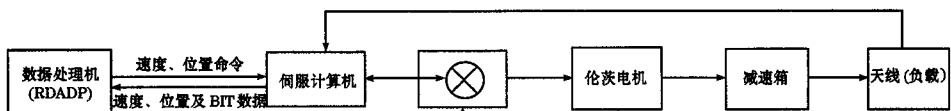


图 1 系统框图

伺服系统采用半闭环控制方案,工控机通过串口接收来自数据处理机的 6 字节命

令,并将它转换为伦茨伺服控制器需要的位置值、速度值,同时通过外围电路采集天线

座当前状态, 经过处理后通过 CAN 总线控制伺服控制器, 同时通过现场总线采集电机的转速, 由伺服控制器发指令给异步伺服电机驱动天线座以规定的方式运行, 并通过串口将数据传送至数据处理机; 对于方式切换, 工控机向伺服控制器数字端口发送不同信号将工作方式切换至相应的定位方式(天线运行到指定的方位值和仰角值)和速度方式(天线运行体扫模式), 控制方位和仰角电机运转^[6,7]。软件采用 C++ 语言模块化编制, 编程环境为 Borland C++ 3.1 for DOS, 工作程序固化在固态盘上。

2 伦茨伺服控制器

伺服控制器是控制天线的主要部件, 它的优点主要体现在: (1) 具有完整的电流环、速度环和位置环, 用户可以根据系统的情况修改比例、积分和微分等参数, 进行 PID 校正, 也可以使用其自适应调节功能进行校正。(2) 内部构成模块化。控制器内部每个模块均提供相应的接口, 用户可通过简单的接口互连得到所需的控制方式。(3) 控制器可以支持旋变、增量编码器、绝对或相对正弦编码器速度和位置反馈输入, 端口提供 2 路模拟输入、2 路模拟输出、5 路数字输入和 4 路数字输出。(4) 支持 RS232/RS485、光纤、InterBus-S、ProfiBus-DP、CAN 等多种通讯方式, 其中 CAN 接口内置于伺服控制器中, 这为解决通讯控制提供依据。(5) 具有自检及保护功能。可在过温、欠压、过流、过压、短路等多种内外故障条件下进行故障识别, 并引起警告、电机快停、内部跳闸等多级别故障响应, 并有历史缓冲区记录最近 7 个故障的种类和发生的时间^[8]。这些优点给应用和维修带来方便。

3 主要问题和解决方案

3.1 伺服系统精度定位

考虑到伺服系统的可靠性和稳定性要求高但控制精度要求不高的特点, 因而系统采用半闭环控制方案, 即: 由伺服控制器与伺服电机构成闭环系统, 传动链及天线(负载)在闭环以外。但采用半闭环系统控制策略后, 由于传动链在闭环系统之外, 传动链的传动误差及回差使系统的精度定位达不到指标要求。因为, 虽然 CINRAD/SB 伺服系统的控制精度要求比某些雷达低, 但它必须满足天气雷达伺服系统的 3 个主要精度指标: 方位、仰角定位误差均小于 0.2; 规定范围内的任意速度下, 角速度误差精度小于 5%; 位置回路的超调小于 1% 或 0.5° (取较小值)^[9]。因此, 设计中通过适当控制传动链精度来满足伺服系统的定位精度指标。采用半闭环控制方案既充分利用了伺服控制器的优良性能, 又减少了外围电路和简化了程序结构, 这便于调试和控制, 最重要的是提高了系统的可靠性、稳定性和易维护性。

3.2 CAN 总线通讯方式

天气雷达的伺服系统要求实时监控和响应, 且有数据交换周期短、数据交换量大、数据错误率低等特点, 以及结合伺服控制器自身的功能, 采用何种通讯方式成为一个主要的问题。经试验, RS-232 和 CCITT V.24 通信标准不能满足要求或效果不理想, 于是只能采用 CAN 总线作为通讯方式。它与 RS-232 通讯方式相比, CAN 总线的最大数据传输速率为 1Mbit/s, 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。

伺服控制器内置 CAN 总线接口, 采用

CAN 总线实现通讯控制，既节省了通常所需的 D/A 和 A/D 变换，使得通讯成为一种控制方式，又发挥了 CAN 总线的低成本和高容错优势。在对伺服控制器进行合理的配

置后，伺服系统的全部操作可以通过工控机与伺服控制器之间的 CAN 总线完成。

符合 CAN 总线协议的数据格式如图 2 所示。

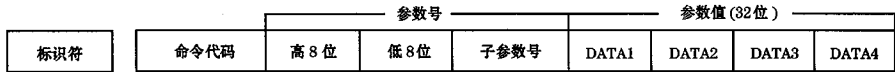


图 2 CAN 总线数据格式

图 2 中：标识符表示伺服控制器的地址；命令代码表示读/写参数；参数号表示对此参数进行读/写；在读参数时，参数值全为 0，在写参数时，参数值为要求写入的值 DATA (16 进制数)， $DATA = (DATA1)_{16} + (DATA2)_{16} \ll 8 + (DATA3)_{16} \ll 16 + (DATA4)_{16} \ll 24$ 。

根据规定的指标要求，伺服系统同上位数据处理机每隔 45ms 交换一次数据。但是，在常规方式读取参数（例如速度等需要不断采集的参数）时，由于伦茨伺服控制器接收“读参数”操作后，需进行数据采集、运算处理后（大约 30~50ms）才能够得到参数值，即有可能在 45ms 时间间隔后，总线被其他读写操作所占用。这样就无法返回希望得到的参数值（例如速度）。由于伺服控制器的参数是由 32 位二进制数经过处理得到的，因此，利用内置 CAN 总线的“进程数据”通道，直接将二进制数传至上图中 DATA1~DATA4 所在的位置，再由工控机进行数据处理。因为“进程数据”通道的数据采集由硬件完成，只需大约 1~2ms 时间。工控机在延时 2~3ms 后从总线上采集数据并处理，就可以得到希望的参数值，这样将总线空闲下来，可以让其他指令占用总线。采用此方法，既利用了伺服控制器的采集功能，又充分发挥了总线的高速率和工控机强大的计算能力。虽然采用 CAN 总线很好地解决了通讯控制，但另外一个问题又随之产生：那就是 CAN 总线的自动复位。

3.3 CAN 总线通讯的自动复位

伺服控制器是一种交流变频调速设备，内部采用了正弦波脉宽调制技术。在调试过程中发现，如果接地效果不佳，使 CAN 总线错误计数器累积到一定值，CAN 总线就自动出现“总线关闭”状态，这时就无法通过 CAN 总线控制伺服控制器。虽然后来改善了接地，问题得到解决，但由于工控机对伺服控制器控制的唯一通道是 CAN 总线，显然“总线关闭”属于一种失控状态，必须采取有效措施避免系统失控。伺服控制器提供 3 种 CAN 总线复位方式：①主电路重新上电；②插接模块的总线（不是 CAN 总线）发“复位”命令；③对复位参数进行写“复位”操作。上述方法③不能实现，因为在工作过程中写参数唯一的途径就是通过 CAN 总线，在“总线关闭”状态下是无法进行通讯的。上述方法②也不能实现，因为工作中无任何插接模块。由于伺服控制器内部有高压电容放电的影响，断电后需 3 分钟后才能重新上电，所以方法①也不是很理想的方法。因此，“总线关闭”状态采用伺服控制器的“内部跳闸”功能解决。伺服控制器的“内部跳闸”功能是伺服控制器提供了一种故障响应，用来保护控制器和电机，它的作用效果类似于断电。在伺服控制器的数字输入端口加一些外围电路，实现“内部跳闸”复位的功能，即可实现与主电路重新上电相同的效果，起到总线复位的作用。需要

指出的是该方法并不是最佳的方法,将总线控制器的复位端直接外接到数字端口是最好的选择。但是,伺服控制器未提供“总线控制器”模块及接口,无法直接实现总线控制器的直接复位。

3.4 工作方式切换

CINRAD/SB 主要有两种工作方式:定位方式和体扫方式。在定位方式下,工控机接收的是方位与仰角的位置值;在体扫方式下,工控机接收的是方位的速度值和仰角的位置值。采取伺服控制器的方位控制器设为固定速度方式,由计算机作位置闭环实现定位方式会导致软件工作量大,控制复杂,且实时性差,是一种不可取的方案。因此,采取方位控制器可有速度和定位两种工作方式,利用伺服控制器内置的功能实现工作方式的切换,具体即为改变伺服控制器的数字输入端口电平来切换工作方式。在速度方式下,通过数字输入端口使“定位控制”模块的“位置环禁止/有效”端子处于禁止状态(LOOP_INH 有效),同时切换“模拟开

关”模块,“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,通过数字输入端口使“定位控制”模块的“位置环禁止/有效”端子处于有效状态(LOOP_INH 无效),同时切换“模拟开关”模块,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。该方法的优点有:①方式切换时间短。由于通过改变数字输入端口电平进行切换,且其余的“模拟开关”切换接口、“位置环禁止/有效”端子也均为 PLC 逻辑电平,故切换速度快,可靠性高;②切换方式简单。只需少量外围电路即可实现方式切换,同时便于检查和维护故障;③工作效果好。定位方式和速度方式均利用伺服控制器本身的控制功能,控制能力强,效果好。

4 伺服系统性能测试和验证

根据测试要求对伺服系统的方位和仰角测量的数据见表 1。

表 1 伺服系统方位仰角测量数据

期望值	方位 (单位:度)				仰角 (单位:度)			
	180	90	0	270	20	15	10	30
实测值	180.00	89.97	0.04	269.96	19.99	14.97	9.97	30.03
误差值	0.0	0.03	-0.04	0.04	0.01	0.03	0.03	0.03

从数据可以分析出,方位和仰角的闭环精度优于 0.1° 符合指标要求^[10],表明采用半闭环控制方案,通过适当控制传动链精度是切实可行的。在业务运行过程中,统计由于天线动态错误造成的自动保护停机为 2 次/月,且再次运行雷达时不需要给伺服系统重新上电,表明采用 CAN 总线通讯方式是稳定、可靠和满足通信速度要求,同时也表明现场总线的自动复位处理方法是成功的。

在测试和业务运行中,伺服系统能按照指令准确切换各种体扫模式和接收各种指令,说明体扫模式和工作方式切换符合要求。

5 小结

采用半闭环控制方案,通过适当控制传动链精度解决精度定位;采用 CAN 总线通讯方式解决通讯和控制,利用伺服控制器自

身的功能解决 CAN 总线的自动复位和工作方式切换。这可帮助使用、维修人员理解伺服系统的工作原理, 便于其分析和维修系统故障, 并为设计伺服系统的控制问题提供经验。多次现场测试结果表明该系统各项性能指标满足要求。系统在业务试运行、业务运行过程中稳定、可靠, 说明采用基于 CAN 总线控制的交流伺服控制器应用于天气雷达伺服系统是成功的, 同时也表明对问题解决的结果是成功的。基于天气雷达数据处理机的需要, 采取 CAN 总线虽然有效地解决了通讯控制问题, 但同时也带来 CAN 总线自身不能自动复位的弊端, 虽然采取其它途径较好地解决了该问题, 但不是最理想的方案。

参考文献

- 1 阳宪惠. 现场总线技术及其应用 [M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.
- 2 王立轩, 葛润生, 秦勇等. 新一代天气雷达的自动标校技术 [J]. 气象科技, 2001, (3): 26-29.
- 3 胡东明, 伍志方. CINRAD/SA 雷达日常维护机故障诊断方法 [J]. 气象, 2003, 29 (10): 26-28.
- 4 杨传凤, 黄秀韶, 刁秀广. 济南 CINRAD/SA 雷达发射高压故障诊断 [J]. 气象, 2005, 31 (1): 88-89.
- 5 谭德庆. 宜昌新一代天气雷达运行故障处理及维护方法 [J]. 湖北气象, 2004, (1): 34-36.
- 6 陈伯时. 电力拖动自动控制系统 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1991.
- 7 胡祐德. 伺服系统原理与设计 [M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1993.
- 8 Operating Instruction, 9300 servo position controller, Lenze.
- 9 北京敏视达雷达有限公司. 中国新一代多普勒天气雷达 CINRAD WSR-98D 用户手册 [G]. 北京: 北京敏视达雷达有限公司, 2001.
- 10 中国气象局雷达技术支持中心. 常德 CINRAD/SB 雷达出厂验收测试报告 [R]. 北京: 中国气象局雷达技术支持中心, 2001.