



设备连接的接口。即：天线角度信号采集口；卫星信号采集口和天线走步控制口。分别用于确定天线位置，监视信号变化和控制天线动作。总的接口电路如图2所示。数据采集均由A/D转换器来实现。

### 1. 天线角度信号采集

原始的WT-1天线没有从电路中给出天线角度信号。它的天线位置是通过2组同步电机带动接收机柜刻度盘上的指针来指示天线位置的。经改装后的天线，在其天线箱内的同步电机轴上装了一个精密线性电位器，并在其2端加上直流电压。通过屏蔽电缆和滤波电路连到计算机的A/D口处。接口电路图中的虚线部分安装在WT-1天线上的机箱内。天线转动时，同步电机带动精密线性电位器一起旋转。这样在A/D采样端便可得到一个变化的电压量。通过软件即可将它变成天线角度数值。图中的 $R_3$ 和 $C_1$ 是一个L型滤波器，用来消除传输电缆上的干扰，否则A/D采样将受到影响。本设备中有二套这种电路，分别用于采集X轴和Y轴的天线位置数据。

### 2. 卫星信号监测口

本控制器从WT-1接收机柜后的检波插孔对卫星信号进行监测。平时无信号时，该插孔输出的是接收机噪声信号。实测表明在卫星信号最大时，其输出电压幅度超过6V。故设计与A/D转换器接口时，为了保证A/D正常工作，在连接时加了分压电阻。使A/D输入端采到的电压不超过5V。

### 3. A/D转换器

模拟—数字转换采用了ADC 0816集成块。共有16个模拟信号通道，转换时间约 $100\mu\text{s}$ ，转换精度为8bit。在本设备中共用了3个A/D转换通道口。其中第0通道用来监测卫星信号，第2、3通道分别是X轴和Y轴角度位置采集口。设计时ADC 0816是作为一外部设备来控制的。设备启动号为94H。它的数据输出端与主机板上的PIO A口

相连。工作时只要把所选的模拟通道口地址放到B寄存器中；设备号送入A累加器，则用一条Z-80 I/O指令（OUT）便可达到送出通道地址和启动A/D的目的。A/D转换与主机的信息传输是采用了中断方式。CPU响应中断请求启用输入指令（IN）取走转换结果。

### 4. 天线走步控制口

由图2可看到天线走步触发信号由计算机PIO B口的数据输出线来实现。集成块MC1488是4个独立的电子开关。控制原理是：当PIO B口4根输出线中任一根为低电平时，则相应的电子开关将输出一个+12V的电压。该电压加到WT-1接收机柜的天线触发电路板的 $R_{12}$ 上，使其产生触发脉冲而控制天线走步。如B口输出端为高电平，则电子门关闭，天线不动作。每次天线走步的时间和MC1488输出端+12V电压维持的时间成正比。计算机对天线的控制是通过向PIO B口送走步控制字来完成的。PIO B口(F 5H)数据输出线的分配如下：第1位控制Y轴反走步；第3位是Y轴正走步触发；第5位是X轴反走步启动；第7位是实现X轴正走步。其余4条线不用。天线动作的幅度可由延迟程序来保证。采用天线走步控制字方式使天线动作非常方便灵活。

本天线控制器以Z-80单板机为主体，为了满足需要对其硬件也作了相应的改动。

## 三、应用软件

WT-1天线控制器应用软件有：算法程序库，轨道位置和时间计算程序，天线初始位置预置和信号搜索程序，卫星信号捕获和跟踪程序，中断服务子程序，天线恢复天顶控制程序，飞行轨迹和大圆数据显示程序。图3是程序执行流程图。全部应用程序均用Z-80机器语言编写，并固化在EPROM中。应用程序容量（包括数据和表格）共为18KB。

### 1. 算法程序库

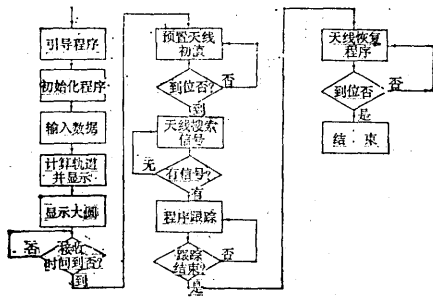


图3 程序执行流程图

本程序库共配有 54 个子程序库。其中有单、双精度四则运算，数制转换和传送，浮点运算和初等函数运算等子程序。程序容量为 3.7KB。其中浮点数的表示点用了 4 个字节。阶码和尾数均以补码表示，且阶码和尾数的最高位都表示符号。子程序库中采用了多级嵌套的形式，其结构比较严密。在应用程序中，绝大部分计算采用了浮点算法。

### 2. 卫星轨道位置和时间计算程序

本程序的功能是计算卫星进入接收范围以后任意时间上的 X、Y 值。整个程序可分成三个部分。

(1) 计算任一时刻卫星星下点的经纬度值 ( $\phi$ ,  $\theta_L$ )。

如图 4 所示，若卫星星下点的升交点经度为  $L_s$ ，升交点时间为  $t_s$ ，升交点以后  $t$  时刻卫星飞到 P 点，则 P 点的经纬度计算公式为：

$$\phi = \arcsin(\sin \Omega \cdot \sin \lambda)$$

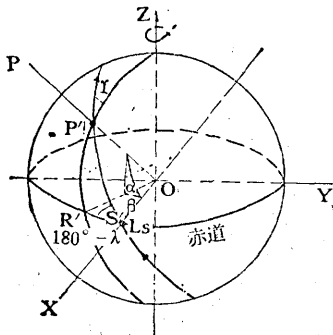


图4 任一时刻卫星的位置

$$\theta_L = \theta_0 + L_s - \Omega.$$

其中： $\Omega = \omega_s \cdot \Delta t$ ， $\Omega_e = \omega_e \cdot \Delta t$ ， $\Delta t = t - t_s$ ， $\omega_s$  为卫星绕地球公转角速度， $\omega_e$  为地球自转角速度， $\lambda$  为卫星轨道倾角。

(2) 由  $t$  时刻的经纬度值计算卫星相对接收点的方位和仰角 ( $\alpha$ ,  $\beta$ )。

$$\cos \delta = \sin \phi_0 \cdot \sin \phi + \cos \phi_0 \cdot \cos \phi \cdot$$

$$\cos \Delta \lambda$$

$$\alpha = \arcsin(\sin \Delta \lambda \cdot \cos \phi / \sin \delta)$$

$$\beta = \arctg\left(\frac{\cos \delta - R / (R + H)}{\sin \delta}\right)$$

式中： $R$  为地球半径， $\phi_0$  为测站的纬度， $H$  为卫星高度， $\phi$  为  $t$  时刻星下点纬度， $\Delta \lambda = \theta_L - \lambda$ ， $\delta$  为  $t$  时刻以测站到星下点的大圆弧长。

由此可确定卫星的接收范围：

$$\delta_{\max} = \arccos(R / (R + H))$$

(3) 根据  $t$  时刻的方位和仰角计算 WT-1 天线的 X 和 Y 轴变化值。

$$X = \arctg(\sin \alpha / \tg \beta) - 90 \leq x \leq +90$$

$$Y = \arctg(\cos \alpha / \tg \beta) - 90 \leq Y \leq +90$$

### 3. 接收大圆和飞行轨迹屏幕显示程序

屏幕上显示的接收大圆图形是用数据压缩的方法来实现的。压缩后的数据量为 2kB。只有逐点输入数据量的 1/6。制作时先按屏幕坐标 (256 行 × 512 点) 逐行将有图形的点采样，再通过大圆图形恢复程序逐点计算各点的屏幕地址，将图形恢复出来。由于显示器控制板对刷新存储器只有写入功能，故轨迹图形不能作得太复杂。否则将会把显示的大圆底图抹掉。

### 4. 预置初始天线位置和信号搜索程序

该程序的功能是在卫星信号到来之前 2 分钟，自动将天线转到初始接收位置处。同时由程序控制使 Y 轴在初始位置附近  $\pm 3^\circ$  范围内搜索信号。WT-1 天线原始位置一般放在  $X = 0$ ,  $Y = 0$  处。在天线转动过程中，计算机 A/D 转换器每隔 250ms 对天线角度信号采样。并把当时天线位置与初始接收位

置进行比较。一旦天线旋转到位,则发出停转命令。实测表明,本设备中天线初始位置定位误差在 $\pm 2^\circ$ 以内,而WT-1天线半功率点波瓣宽度为 $4\sim 5^\circ$ 。故能满足精度要求。在执行信号搜索程序时,计算机通过A/D信号监视口对信号进行采样。信号监视采样间隔为200ms。若前后二次信号采样值有突变,则认为有信号来了。本程序中要连续5次以上采到信号才进入程序跟踪控制。在天线搜索卫星信号时有几点注意事项。第一,在Y轴搜索信号期间,切不可随意调整WT-1接收机面板上的增益旋钮,否则会造成计算机判断错误。第二,增益旋钮一般事先调到信号强度指示刻度为“10”的地方。信号增益太小不利于自动跟踪控制。第三,由于X-Y结构的天线在半球空间跟踪卫星,其X和Y轴的变化率是非均匀的。通常当卫星在天边时X轴变化率较大,天顶时较小。Y轴则恰好相反。特别是有些轨道,一开始X轴的变化率到 $1.5^\circ/s$ 。为了防止在跟踪时丢失信号,计算机将自动选择X轴变化率小的位置作为天线的初始位置。本程序设计时将天线的X轴初始位置定在10s、位置变化小于 $3^\circ$ 的地方。而Y轴变化率大的问题将在自动跟踪程序中解决。

### 5. 卫星信号自动跟踪程序

自动跟踪程序的设计是采用了被动方式。即始终将天线走步到信号最大处。图5是软件框图。天线每走一步,计算机都要对信号采样。若走步后信号变小,则修改走步方向标志,下一次天线则朝相反方向运动。否则下一次动作仍按前一次的方向进行。为了防止出现盲目多走步现象,程序设计规定只有当信号变小后天线才动作,否则天线保持不动。这样不仅可减少盲目走步次数,而且可降低机械结构的磨损。自动跟踪程序还有纠正错误的功能。另外在程序设计时,对卫星处在不同天空位置时,Y轴的步长作了特殊处理。程序规定,Y轴的步长随Y绝对

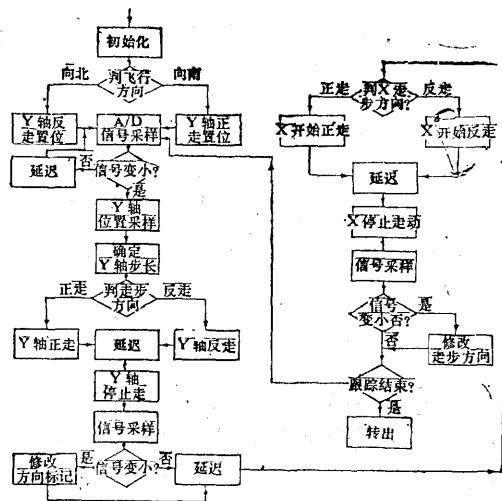


图5 程序跟踪框图

值的减小而增大,且规定,由南向北飞行的卫星Y轴正走步长比反走步长大。反之亦然。程序设计时,Y轴步幅的变化是通过修改延迟时间常数来实现的,方便而又灵活。采用这种步长的方式,实际使用效果好,即使卫星飞过测站上空也不会丢失信号。用程序跟踪信号的时间共为14分钟。由CTC记时中断服务来控制该程序转出。自跟踪程序结束后,控制进入天线恢复部分。天线恢复程序的功能是将天线恢复到 $X=0$ 、 $Y=0$ 处。程序设计原理与天线初始位置预置大同小异。

### 6. 中断服务

在本系统内共有两个中断源:CTC记时中断和A/D转换中断。它的功能是:产生1s一次的记时信号,并在屏幕上显示当前时间,按系统设计的步骤指挥各部分程序工作。记时中断服务有较高的中断优先权。A/D采样中断,主要用于监测信号大小和天线位置。每次中断均采20次样本,平均后得到一个标准数值。

WT-1天线自动控制器的研制成功,是对气象台站卫星云图接收工作的一大改进。使用该设备可以减轻观测者的劳动强度,提高卫星云图接收的质量。

# An auto-controller for WT-1 satellite antenna

Wu Zhigen

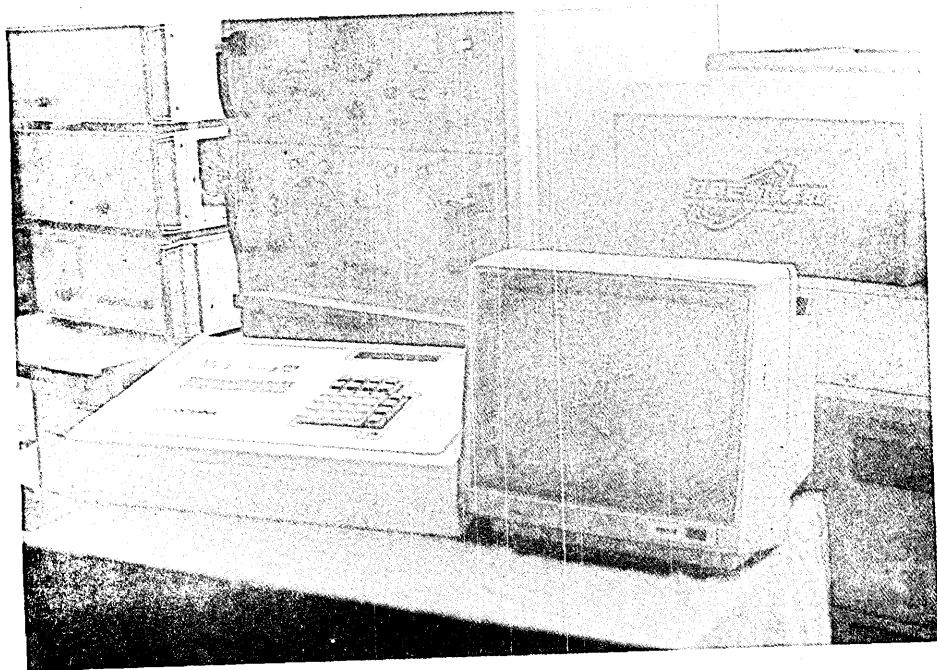
(Shanghai Meteorological Bureau)

## Abstract

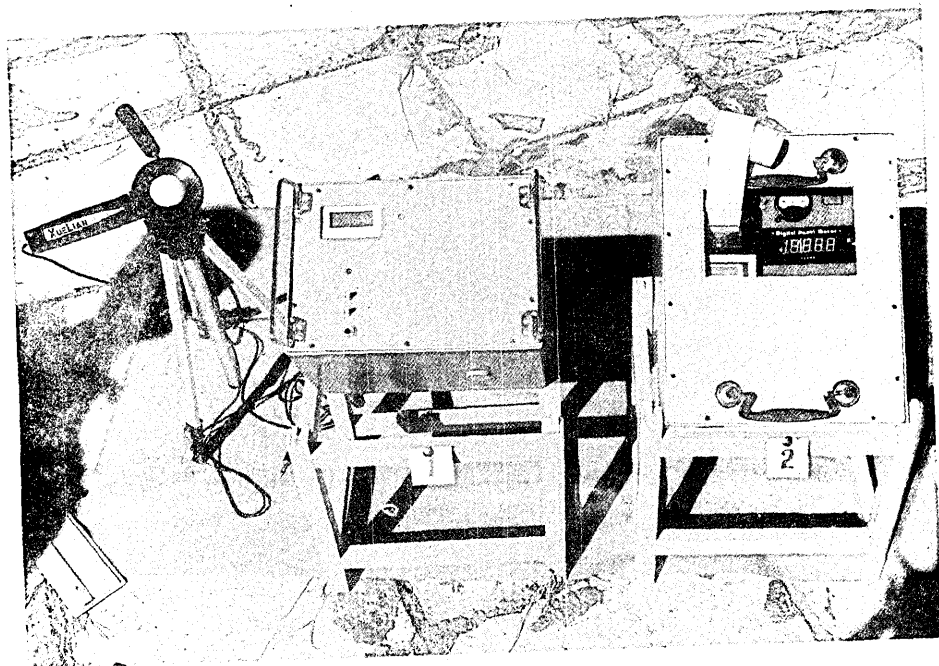
This device is an advanced equipment used to control WT-1 receiving antenna to track satellite signals automatically. Its main parts consist of: a single-board microcomputer containing an expansion I/o interface, an 8-Bit A/D converter with 16 channels, a CRT display in addition to a graphic-control module, two angle transfer parts of the antenna, as well as some application programmes with versatile function.

The functions are as follows:

The equipment can carry out time-counting, and move the antenna to the pre-determined primary position to pick up the signals. The system can control the antenna to track satellite signals automatically. CRT displays various parameters and graphics in real-time, such as current time, present position of the antenna, flying track of the nadirs of satellites, the pan disk-graphic of the receiving scope of the ground station along with geographic landmarks.



《WT—1 天线自动控制器》一文附图



ND—85自动打印光纤照度计

“自动打印光纤照度计”是吉林农业大学农业气象教研室和长春邮电学院载波教研室共同研制成的新型测光仪。ND-85自动打印光纤照度计的先进之处，是在照度计的基础上设计了光纤曲线记录和自动打印两种记录装置。具有数字瞬时显示照度值，连续描绘照度随时间变化曲线、定时自动打印照度值以及自动打印某一给定时刻开始的光量值等四种功能。

(胡本贵 陈秋元)