

# 农业生态环境数据自动采集\*

施建平 林岳 刘光崧

(中国科学院南京土壤研究所)

## 摘 要

介绍了以单片微处理机为核心的数据自动采集器的工作原理、软件设计及野外运行状况。

农业生态环境的自动监测工作已越来越受到人们的重视。很多国家为取得大量可靠的田间资料,都相继采用了田间数据自动采集设备<sup>[1]</sup>。澳大利亚土壤所Brishane分所在70年代研制的小型野外数据自动采集装置,可对若干个农业气象参数进行采集,并记录在磁带中<sup>[2]</sup>;P. F. North等人为了研究土壤耕作的需要,用微机实时监测和采集了土壤剖面不同深度的上百个物理量<sup>[3]</sup>;1986年,澳大利亚MONITOR公司研制了以太阳能电池为电源的数据记录器(datalogger),以及与之配套的体积小、便于田间观测的各种传感器。该系统可采集包括气温、湿度、风速等在内的农业气象方面的8个通道数据,存贮容量为4 K字节<sup>①</sup>。

国内一些科研单位也先后自行研制了野外数据采集系统。其中以“中国科学院禹城实验站”的大气—植物—土壤微机数据遥测系统具有一定的代表性。该系统为研究土壤及植物的蒸发过程提供了可靠的数据。

由于国内这类田间自动观测设备多数是由研究机构自行研制的,因而各具特点。它们大部分采用220V电压,且占地面积大,不宜用于田间观测。而国外商品由于使用条件差异较大,成本高以及维护难等原因,而难以推广。为了系统地、长期地取得有关土壤及其生态环境的数据,迫切需要一个适合我国国情的,体积小、耗电低的农业生态环境数据自动采集系统。由我们研制并于1988年春季投入“封丘农业生态实验站”实地使用的采集系统,即可作为农田小气候、农田灌溉等专项研究的自动监测;又可作为县级农业信息系统的一个子系统,遥测数十公里内各生态网点的环境数据。在取得大量信息的基础上还可借助计算机进行分析和判别。

本文着重介绍数据采集系统中的重要部件——TSC—1数据自动采集器的工作原理,软件设计和野外运行状况。

## 一、硬件组成及工作原理

数据自动采集器由单片微处理机、模拟开关、模数转换电路、数字测量电路、实时时钟及数据记录盒等部分组成(图1)。

\* 本工作曾得到本所物理室、封丘站及方建安等同志的帮助,特此致谢。

① MONITOR COMPANY, MONITOR AUTMATIC WEATHER MEAURING STATION INSTALLTION AND OPERATING MANUAL, 1986.

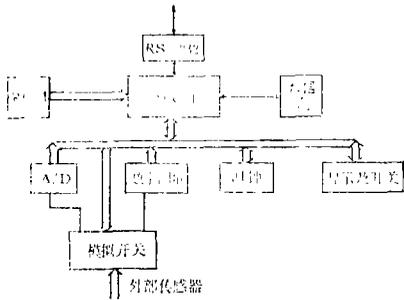


图1 采集器方框图

(一)单片微处理机 选用80C31单片微处理机作为采集器的核心。它具有一个8位CPU;128字节的随机存贮器(RAM);可寻址64K外部数据存贮器空间;两个16位定时/计数器;一个全双工的串行口;并具有空闲工作方式[4]。80C31单片机的作用是执行程序,指挥各部分电路协调地工作。

(二)模拟开关 由两片16通道模拟开关CD-4067组成。它可采集32个通道的数据,也可扩展到采集64个通道数据。模拟开关的作用是在单片机的控制下,按指定地址连通传感器开关,达到多通道采集数据的目的。

(三)模数转换电路 考虑到目前国内使用的传感器输出大部分是模拟量,选用抗干扰能力强的双积分式A/D转换电路MC14433。它的转换位数为3 1/2位(10进制),分辨率为1/1999,并具有自动选择量程的特点。

#### (四)数字测量电路

1. 频率测量。某些传感器(如澳大利亚进口的大气湿度、地下水位传感器)将物理量直接转换成低速频率信号。为了提高测量速度,将频率测量改为周期测量,以被测信号在一个周期内进入标准脉冲的多少表示。可利用单片机内部16位可编程计数器完成这一功能。其原理如下:当被测信号为上升沿时,程序控制信号使计数器的控制门开启,标准脉冲进入计数器计数。直到被测信号的下一个上升沿到来时,控制门才关闭,并停止计数。

2. 事件测量。有些参数(如雨量)需要测量一段时间间隔内的累积量。它们传感器的输出信号是事件脉冲,需在一段时间内对脉冲计数。为此设置了计数器,通过并行接口将外部计数器的计数值读入单片机。

(五)实时时钟 为了能长期观测一些随时间而变化的环境参数,我们选用的时钟集成电路为长年时钟,具有月、日、小时、分、秒的自动记时和定时中断功能。

(六)数据记录盒 采用datasafe-B数据盒为存贮装置。它的容量为64K字节,有掉电保护功能。当外部电源断电后,内部锂电池自动上电,以便不丢失盒内数据。

## 二、软件设计

野外数据采集装置因使用条件恶劣,易出故障,所以必须具备以下功能:(1)能够在简陋条件下检查仪器,判断故障原因;(2)能够克服干扰,长期采集、存贮数据;(3)耗电省,可用电池供电。由此设计了“自检”功能模块和“数据采集”功能模块(图2)。

(一)自检 TSC-1型数据采集器设计了能在野外检查各部分功能是否正常的“自检”系统,使维护检查过程大为简化。

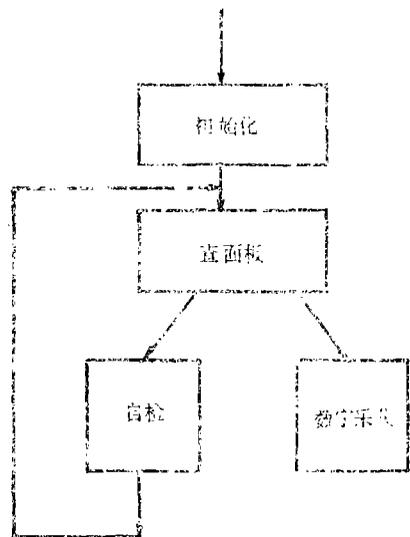


图2 程序总框

1. 初始时间的设置。当数据采集器在野外安装后,首先要向时钟送入当时的时间信息。时钟接收到这些初始信息后,由CPV发出启动时钟指令,时钟开始运行。为了节省输入输出资源,减少面板开关,我们采用串行输入方法,每次按月、日、小时、分、秒的次序依次送数据,同时在面板的液晶显示器上显示此数据。输入完成后,单片机初始化时钟和数据盒,转向中断检查程序。

2. 时钟中断检查。野外的数据采集多为定时巡回采样。采集器以时钟为中断源,每中断一次,采集一次数据,故需要检查时钟及其中断功能。自检时,选时钟每分钟中断一次。在中断过程中,程序读出时钟内当时的时间,并送显示缓冲区,然后返回断点。这样,在野外可直接通过面板开关,核对时钟,检查中断功能。

(3) A/D转换和频率测量电路的检查。为了在野外检查和调试的方便,设计了专门用于输入标准电压(口地址80H)和标准频率(口地址40H)的通道。自检时,程序置模拟通道80H,使采样开关连通输入标准电压,启动A/D转换,A/D转换结束后将转换结果送面板显示。通道40H用于检查频率测量电路,可通过该通道输入标准频率信号,通过面板显示,检查其测量是否正确。

## (二)数据采集

1. 80C31单片机的空闲方式及中断识别。CMOS化的80C31单片机有一种独特的空闲工作状态,在这个状态下,单片机CPU无时钟信号,停止工作。与之相连的电路处于浮空状态,它的工作电流由20毫安降至3毫安,但它的中断,串行口,定时器仍然可得到时钟信号。通过外部中断及硬件复位,可使其恢复到正常状态。利用80C31的这一特点,在采样时间未到使之处于空闲状态;当到达采样时间时则通过时钟中断使其脱离空闲状态。

由于自检中的中断检查和运行状态下的采样中断共用同一个中断源,为了区别这两个不同性质的中断,设置了一位标记位。CPV响应中断后首先判断标记位,若开关打到“运行”,则标记位置。转向用于数据采集的中断服务程序。

2. 数据采集。为降低功耗,未届采样时间时,传感器电源均关闭。届采样时间时,首先开启传感器电源,读出该次采样的时间,巡回采集模拟通道和数字通道数据,再将数据存入数据盒,最后关闭传感器电源,返回断点(图3)。

由于土壤,气象等环境参数变化缓慢,故选择每小时采样一次的采样速度,并选用定点,双字节的二进制数(10进制3位有效数字)表示一个数据。在采样中取3次采样的平均值为采样值,以减少随机误差。

3. 数据存贮与抗干扰措施。数据记录盒为顺序存贮装置,数据应按物理地址依次存贮。由于数据盒本身具有良好的掉电保护功能,将单片机随机存贮器中必要的信息(如地址指针,时钟内容)存入盒内,可大大提高抗干扰能力。

数据盒的存贮格式定义如下:从0H到FFH为空白,其目的是为防止干扰造成信息丢失。从100H到11FH为初始信息块,它是由标志字,启动该盒的初始时间,上次采样时间,数据盒地址指针,及

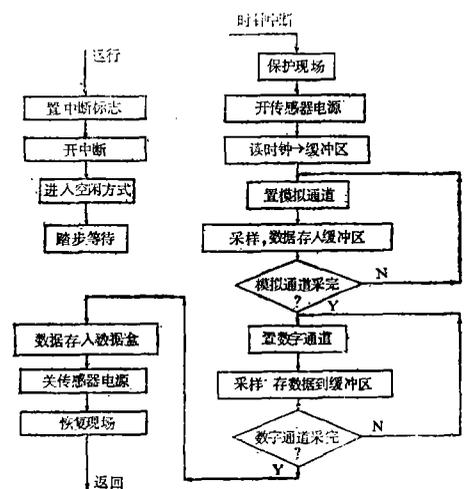


图3 数据采集程序框图

其它初始信息构成的。从120H开始每39个字节为一个数据块，它由块标志，本次采样时间，数据块长度，16个数据及该数据块的检查和(二进制代码和)组成。检查和用于校对数据存贮的正确性。

当数据采集器在“自检”状态下置入时间后，初始化数据盒，将标志位，起始时间写入，并置数据盒初始地址指针。每次采样时，先从盒内读出当时地址的指针，按照指针存入数据。每次存贮后，地址指针自动修改，指向下一个数据块的首地址。当地址指针超出盒子容量64K时，数据盒溢出。程序置溢出标志，停止向数据盒写数据。

为了克服由于随机存贮器RAM被冲而引起的“死机”，在RAM区设置了若干个标志数据，程序定时核对这些预置数据是否改变。改变的原因只能是掉电，或其它外界干扰引起。一旦标志数据出错，则程序自动复位，重新初始化，预置标志数据。

实践证明，将初始信息存入数据盒和定时校验RAM标志区对提高本仪器的抗干扰能力有明显的效果。

### 三、运行结果与讨论

该仪器自1988年5月开始在河南封丘农业生态实验站实地运行。分别采用澳大利亚MONITOR公司的大气温度、大气湿度、风速、日辐射，地下水位传感器，国产的雨量计及我们自制的土壤温度传感器，以太阳能电池及碱性镍铬蓄电池为电源，组成农田小气候野外数据自动采集系统，进行数据连续自动采集。经过两年来的实地考察，运行结果表明，仪器稳定可靠。

(一)精密度和准确度 选用标准信号与测量值的引用误差(引用误差 = 示值误差 ÷ 满刻度值 × 100%)<sup>[5]</sup>表示准确度；用标准偏差来表示精确度。对测量电路进行室内标定。用6位电位差计作为A/D转换的标准信号源，测得模拟测量电路的最大引用误差为0.2% (表1)。标定频率测量电路可用标准频率信号发生器，在没有该仪器的条件下，选用石英晶体振荡器产生的32768HZ频率信号，分频得到标准频率信号，并用E312A通用计数器监测。当取计数频率为256HZ时，测得最大引用误差为0.2% (表2)。

表1 A/D转换器的标定

标准 电压	测 定 值					平均值	标准 偏差
	1	2	3	4	5		
0	0	0	0	0	0	0	0
100	100	99	100	100	100	99.8	0.45
500	499	500	500	499	499	499.4	0.55
1000	999	999	998	1000	1001	999.4	1.07
1500	1501	1500	1499	1500	1500	1500	0.7
1900	1899	1899	1900	1900	1900	1899.5	0.5

表2 频率测量电路的标定

标准 信号 (256/HZ)	测 定 值					平均值	标准 偏差
	1	2	3	4	5		
16386	16385	16387	16385	16387	16387	16386	1
8192	8192	8192	8192	8193	8195	8193.4	1.5
512	512	512	512	512	512	512	0
128	128	128	127	128	128	127.8	0.45
32	32	31	32	32	31	31.6	0.55

对自制的土壤温度传感器也进行了联机标定。自制土壤温度传感器是由一个集成电路温度传感器芯片AD5%和相应的放大电路组成。将0~50℃的0.2级水银温度计和自制温度传感器探头放入一盛有适量水的高真空杜瓦瓶内，使容器内水溶液温度保持相对平稳，水银温度计与TSC-1采集器示值之最大引用误差为1% (表3)。

为了判别各传感器与水银温度计测定差异是否显著，采用t检验，判断各组数据差异均值

表3

## 土壤温度传感器的标定

温度计示值(°C)	各传感器示值(°C)				温度计与各传感器示值之差			
	1	2	3	4	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>
0.6	0.8	0.8	0.8	0.8	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2
9.5	9.5	9.5	9.6	9.5	0	0	-0.1	0
20.1	19.7	19.6	19.6	19.9	0.4	0.5	0.5	0.2
31.8	31.5	31.5	31.4	31.6	0.3	0.3	0.4	0.2
34.6	34.4	34.4	34.2	34.3	0.2	0.2	0.4	0.3
40.1	40	40.1	40.3	40.3	0.1	0	-0.2	-0.2
48.5	49	49	49	48.9	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4

是否小于  $\frac{S}{\sqrt{n}} t_{\alpha/2}(n-1)$  (表4)[6]。由表4可见,在水平0.01下,各组数据差异的均值均小于  $\frac{S}{\sqrt{n}} t_{\alpha/2}(n-1)$  ( $n=7, \alpha=0.01$ ), 水银温度计与各温度传感器的质量无显著差异。

表4 水银温度计与传感器差异显著性判定

传感器序号	差异平均值 $\bar{x}$	标准差 S	$\frac{S}{\sqrt{n}} t_{\alpha/2}(n-1)$ ( $n=7, \alpha=0.01$ )
1	0.043	0.31	0.43
2	0.043	0.33	0.46
3	0.043	0.39	0.55
4	-0.014	0.26	0.36

此外,还分别对大气温度,大气湿度和风速等传感器进行了标定,它们的最大引用误差分别为1%,6%和8%。

(二)耗电量 在接入10个传感器(依赖本采集系统供电)的条件下,测得采集器的待机电流小于20mA,最大工作电流为60mA。两年来的运行结果表明,在黄淮海地区光照资源充足的条件下,可用22安时镍镉蓄电池及12瓦太阳能电池浮充充电作为供电系统,也可用45安时

(下转第132页)

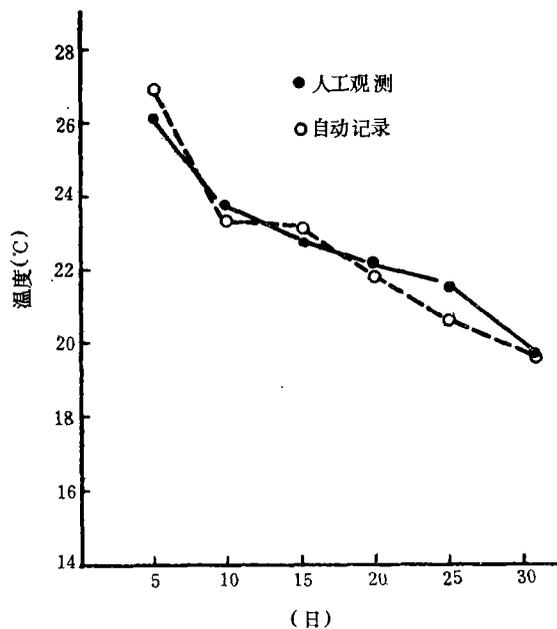


图4 日平均气温(8—20时)变化曲线  
(封丘县潘店乡屯里村,1988年8月)

进农业生态结构良性循环的系统；治理水土流失，以治坡为主，沟坡兼治。治坡以削减地表径流，控制沟壑发展；保持水土要以防为主，防治结合，防止新的水土流失发生；需搞好水土保持规划，因地制宜，因害设防。有针对性地确定防治措施，使各项水土保持措施行之有效。

.....

(上第137页)

普通铅酸蓄电池为电源，半月充电一次。

**(三)稳定性** 此野外数据自动采集装置，自1988年5月的野外实地运行以来，除人为原因及传感器发生故障造成停机外，能够长期连续运转。图4为该采集器连续一个月自动记录的日平均气温(8—20时)数据与人工观测数据(由我所物理室提供)的对比曲线。由图可见，采集器运行准确、可靠，两者最大差值为1.5℃。

TSC—1数据采集器除性能稳定可靠外，还具有满足生态环境低速数据采集的要求；耗电省，易于电池供电；体积小，适于野外田间安装等优点。

#### 参 考 文 献

- [1] D. M. Vuwin 著(杨证明等译)，生物环境的小气候测量，气象出版社，1985。
- [2] CSIRO DIVISION of SOILS. "Biennical Report Division of Soils", 69-70. Australia, 1974-1975.
- [3] P.F. North, etc., COMP & GEOSCL., Vo19, No2, 229-234, 1983.
- [4] 复旦大学微机开发应用研究室，MCS—51 微计算机用户手册，铅印本，1984。
- [5] 肖明耀著，实验误差估计与数据处理，科学出版社，1985。
- [6] 浙江大学数学系高等数学教研组编，概率论与数理统计，265~266，人民教育出版社，1979。

.....

(上接第127页)

#### 参 考 文 献

- [1] 傅积平，土壤有机无机复合度测定法，土壤肥料，第1期，1978。
- [2] Saiz-Jimenez, C. K. Haider et al, Soil Sci. Soc. Am. Proc., 39(4), 1975.
- [3] Vancura, V., Plant and Soil, 21(2), 1964.
- [4] Sauerbeck, D. R. et al. 德意志联邦共和国和哥斯达黎加不同土壤中<sup>14</sup>C标记植物残体的田间分解，《土壤有机质研究》，科学出版社，1983(3)。
- [5] 汪德水，绿肥作物对土壤有机质品质的影响，土壤肥料，第3期，1983。
- [6] 袁可能等，土壤有机矿质复合体研究，土壤学报，第4期，1981。
- [7] 刘忠翰等，稻草、紫云英对土壤复合体性质的影响，土壤学报，第2期，1984。
- [8] 文启孝等，土壤中的固定态铵，《我国土壤氮素研究工作的现状与展望》，科学出版社，1986。
- [9] Laura, R. D., PLant and Soil, 44: 463-465, 1976.