

# 地电自动测量系统国产化 (C—ATS)研究<sup>1)</sup>

柴剑勇 叶春明 吴名彬 李小宏

(广东省地震局)

**摘 要** 本文简要介绍了地电自动测量系统C—ATS中所采取的技术措施、系统结构和它在地震前兆观测中广泛的应用前景。

**关键词** 地电观测 监测仪器

## 一、前 言

C—ATS系统是china medc ATS的简称或者ATS的国产化。

地电自动测量系统ATS〔1〕、〔2〕、〔3〕、〔4〕是本课题组于1986年应用APPLE II通用微机,美国数字万用表195ADMM及通道扫描器705 Scanner等组成的整机全自动地电测量系统。ATS于1986年通过国家地震局组织的专家评定,并获得国家地震局1987年度科技进步三等奖。

ATS从1986年投入台站试运行,并获国家地震局有关部门批准,于1990年元月1日起正式作为正选仪器系统投入工作,资料参加全国评比(同时停止DDC—2人工仪器)。ATS通过长达4年多的连续运行,证实它具有很高的观测精度、自动化程度高、性能可靠故障率低,具有较强的扩展性和广泛应用的前景。

但是ATS也有它的缺点,即系统基本依赖进口,价格较高,难以在台站上普遍推广使用。

为了使ATS的优良性能能得到广泛和充分的发挥,使之在地震监测工作中起到更大的作用,ATS的国产化研究便成了ATS开发成功之后的必然课题。

## 二、C—ATS中采取的主要技术措施

(1)保留APPLE II作为C—ATS的控制器<sup>2)</sup>

选用APPLE II作为C—ATS的控制器,除了它当选ATS控制器时所阐述的理由外,还有一条主要的依据为,近年来我国计算机工业有了很大的发展,APPLE II也成为很普遍的商品,其价格不断下降,其硬件的性能和质量能得到很好的社会保障。

1) 参加本项目研究的还有张国荣、欧阳纪、黄道立、廖元盛、张祥发、袁杰等,本文由刘昌谋执笔。

2) 随着国内计算机工业的发展,微型计算机的价格不断下降,C—ATS也可选用IBMPC作为控制器。

## (2) 取消ATS中的IEEE—488系统总线

IEEE—488总线系统,是国外70年代发展起来的计算机与测量仪器仪表之间的通用接口总线。对C—ATS来说,在某种程度上来看,它是一种专用的测量系统,或者说是一旦在台站上组成后便不轻易改变的系統,因而没有必要采用那种“易装易折”(easy set up and easy reset)的IEEE—488接口,而宜采用一种更简单从而更可靠也更便宜的接口,即I/O接口。

在选用I/O方式作为C—ATS中计算机与测量控制器的接口时,要考虑到地电测量信号的特殊条件(信号均与地相连),计算机的数字量与模拟信号之间的可靠耦合至关重要。对此我们采用光电耦合的方式。

## (3) 防雷设计和装置

地震台站上仪器的安全,最大的威胁来自雷电,自动化程度高的仪器设备更需要有严密的防雷设施。在C—ATS,我们采用一种我们称之为“oom”(ON only when measuring)的技术来解决雷电威胁,即在非测量时间内,C—ATS与任何外线均严格断开。并据此思想设计出专用的设备LP—C、ATS(lightning protector)和编写了相应的测量控制程序,由于C—ATS进行一次测量的时间很短(约2分钟),在一小时之内,时间上的占空比为1/30,这一设计思想在实践中收到较好的效果。

## (4) 应用电压、电流同步测量原理

地电阻率是一种只能被间接测量的物理量,它是通过自然电位( $E_0$ ),人工电流( $I$ ),人工电位差( $V$ )等量的直接测量后计算出来的。常规地电阻率测量,采用的是顺序测量法,即对 $E_0$ ,  $I$ ,  $V$ 等是按照一定的先后顺序和时间间隔,逐个测量。这种测量方法会引起不可避免的测量误差,原因是电场的建立和消失需要一定的时间过程,另外自然电位是一个随着天然电磁场的变化而变化的量,这两者决定了顺序测量的方法误差。为了提高地电阻率的观测准确度,我们采用同步测量原理,即对人工电流,人工电位差同一时刻采样和测量的原理。它有如下优点:

①可以减少地电阻率的测量误差;

②可以降低供电设备的某些指标要求,从而供电设备的电路、器件等得以简化和降低供电设备的故障率,提高观测资料的连续性;

③可以缩短测量和供电时间,减少测量过程的能量损耗,这点的意义在于停电时,具有一定容量的备用电源可提高系统的连续运转时间。

实现同步测量的技术条件是C—ATS具备双采和双ADC。在综合分析各种因素的利弊之后,我们认为在C—ATS中作双AD、设计是合理的,也是可行的。

## (5) 采用路、流分控原理

地电阻率的测量,以大电流的频繁通断为特点,这对器件的要求很高,即使是使用性能良好的器件,也会时常损坏,原因是开关过程有电火花效应,它会使触点遭到损伤。

为了减少器件的损坏,提高整个系统的可靠性,我们采用电路、电流分别控制的原理。具体说,在开通时应用先接通电路,再接通电流(First on last flow),断开时应用先断开电流,再断开电路(First stop last off)原理,对电流和电路分别控制,保证开关器件无论在开还是关的动作时电路中无电流通过,不产生电火花,而在必须的通电开关部位采用无触点(或固体继电器)开关。实现这种电路,电流分控原理需要增加控制通道和控制软

件, 尽管电路会复杂一点, 但它却给C—ATS带来了更大的可靠性。

#### (6) 改进供电条件和设备

C—ATS按设计的要求是每天24次(如需加密只需改变程序即可), 长期连续工作的。要做到这点, 当然首先是C—ATS本身需要具备高度可靠的硬件, 同时也要求有电源的正常供应和可靠的供电设备。从实际情况看, 后两者均难以得到保障:

##### ①市电供应不正常:

为保证前兆数据的连续, 地电台站需配备相应的备用电源, 较为理想的是不间断电源UPS。但是UPS都有一定的容量。当地电的供电设备自身的功耗太大时, 则UPS难以负担。不能保证较长时间停电的观测需要, 实际上地电测量时有效功耗并不大, 一般情况为200w ( $2\text{A} \times 100\text{V}$ )左右。但台站现役使用的稳流源, 其起动功率很大, 可达到500—1000w, 有很大的电能被浪费。在停电时间较长时, UPS不能保证足够的电能输出, 系统便无法运转。

##### ②稳流源故障率较高

前面述及稳流源的自身无用功耗太大, 这是它的一个缺点, 另一方面现役使用的设备其服役期均已较长, 经常发生故障, 造成C—ATS系统工作的中断。

具体分析稳流源的结构, 我们发现它是以继电器作为开关元件<sup>1)</sup>, 在大电流通断时, 触点会发出电火花, 这种电火花不但会损坏触头本身, 同时可能产生高频电磁波, 对微机系统也有危害。

稳流源故障的原因, 除了开关元件之外, 还有一点是它的设计没有从整个系统出发, 而只从独立的部件设计, 提出它的指标, 因而它指标要求较高。例如按照常规要求, 稳流源要求有很高的纹波系数指标(规范要求小于1%), 因而对电路的设计及元器件的要求等方面都提出较高的要求, 这都会带来较高的故障率。

基于上述原因, 再考虑到C—ATS所采取的同步采样双ADC技术, 决定在C—ATS中舍弃传统的稳流供电方式, 应用电压源代替之, 这种与C—ATS配套的供电装置我们称为P—C. ATS(Power of C. ATS简写)。

#### (7) 良好的器件和精良的工艺保证

##### ①. 器材选择原则

器件的选择以质量为第一指标, 尽量选用大规模集成电路, 集成度越高越好, (如ICL7135集放大, ADC, BCD输出, 超量程指示等为一体)。关键器件, 更需特别注意, 如ICL8069, 4N25, 固体继电器等的选定。

##### ②. 精心的工艺设计

电路设计工艺力求精细, 如可损件继电器, 我们选用可直接插入IC插座的插拔式连接方法, 以便一旦损坏可随时方便更换。

电路板的加工质量对仪器的性能质量有至关重要的影响, 我们力求选择加工质量最好的厂家进行加工。

### 三、C—ATS的主要功能和技术指标

(1) C—ATS除具有ATS的全部功能外, 还增加了如下功能:

---

1) 最新设计的稳流采用可控硅开关。

①汉字显示功能。

在APPLE II 机内扩展槽中增加一块汉字卡(现用苹果蓝卡),便可使C—ATS具有汉字功能。汉字的显示功能使台站人员带来很大的方便。

②回路电阻每日自动测量功能。

③ADC零电压输入每日自动检查功能。

④半月用标准电池(标准电压)自动检查功能。

表1 C—ATS的功能和指标  
Tab. 1 The function and index of C—ATS

参数、项目	实测指标	计量单位
ADC转换速率	3	次/秒
最大指示数	$\begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix} \begin{matrix} 1.9999 \\ 199.99 \end{matrix}$	$\begin{matrix} V \\ mV \end{matrix}$
读数准确度	$\pm (0.01\% \text{满度} + 0.04\% \text{读数})$	
零输入读数	0.0000	V
分辨率	$\begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix} \begin{matrix} 100 \\ 10 \end{matrix}$	$\begin{matrix} \mu V \\ \mu V \end{matrix}$
输入方式	差模	
输入阻抗	$>1000$	M $\Omega$
CMRR	$>120$	dB
SMRR	$>70$	dB
通道数	(1) 控制通道 8	双通道
	(2) 测量通道 8	双通道
一次测量时间	$<2$	分钟/3 通道
磁盘容量(单面)	1个3月测线24次/日,含各种辅助量、及值班日志	
打印方式	每日一次打印前一天测量结果,每月最后一天最后一次测量完,打印出当月每日日均值等数据。	
系统自检项目	1. 外负载每日定时自动检查, 2. 零输入每日定时自动检查, 3. 标准电属(标准电池每月1、16日自动检查)	
漏电检查	插入漏电测量磁盘,人机对话	
DMM月标定	插入月标定磁盘,人机对话	
数据检索	应用检索程序,可调出所需日,时的资料	
机内时钟校正	应用时钟校正程序,人机对话	

注:上述数据是C—ATS验收时专家组实测结果

⑤人机对话方式的供电查漏自动检测功能。

⑥人机对话方式的月标定功能。

由于C—ATS具备了上述功能,使得C—ATS能满足地电观测的全部现行规范。

(2) C—ATS的主要技术指标(见表1)

#### 四、C—ATS与ATS对比观测

C—ATS系统于1990年2月1日到6月30日<sup>1)</sup>在黄子洞地电台与ATS进行了为期150天的对比观测试验,得到如下三点结论:

(1) C—ATS的可靠性高、故障率低

在全部150天记录中,应取得的测量数据为14160组(每日24次,每次测量四道,每道测线的E、V、I为一组)。因C—ATS系统本身故障而丢失的数据为8组,系统正常运转率为99.94%。

(2) C—ATS的观测精度比ATS稍低

地电的观测精度用相对均方误差来表示,其意义为:假空地电阻率在一段时间内保持不变,在这段时间内用同一仪器进行多次测量,测量结果的统计均方误差可以用来表示仪器的绝对测量精度,其相对均方误差可以用来表示仪器系统的相对测量精度。

据此原理统计,C—ATS在上述试验期中的相对观测精度为0.22%,比ATS的0.33%稍低。但C—ATS对个别测线的观测精度达到0.08%,高于ATS的0.11%。

(3) C—ATS的长期稳定性与ATS相同

仪器的稳定性:我们是这样假定的:如果把地电阻率在一个月的时间内都看作是不变的,那么坚持每天多次进行测量。在一个月的时间里,它的测量结果的相对均方差,可以看作是该仪器在长期(1个月)连续运转时的稳定性。

据此原理对C—ATS和ATS在上述试验期内的长期稳定性进行统计,其结果分别为0.08%和0.07%,两者没有明显的差异。

#### 五、C—ATS整机结构

C—ATS采用插件式组合设计,把不同功能的硬件独立设计。这一设计思想是参照了微型计算机的设计方式。一方面便于系统的维护,某一插件出现故障,更换一块即可。另一方面有利于系统的局部技术更新。例如只要采用一块IBMPC机的I/O—C、ATS代替APPIE II的I/O—C、ATS,就可实现控制主机的更新。

C—ATS的配套插件有:I/O—C、ATS, AB—C、ATS, MN—C、ATS, ADC—C、ATS等均系自行设计,另外APPIE II TIME II卡及汉卡等为市场购买插卡。

C—ATS的硬件结构框图见图1。

C—ATS的运转,需按程序进行。C—ATS的运行程序是写在软盘上的,采用这种方式,是根据软盘可以反复拷贝复制。因而某一盘出现故障时,可以马上更换新盘,保证系统正常工作。

C—ATS的软件框图见华南地震7卷3期54页。

1) 对比试验实际延续到1990、12、31止。本文用台站试用报告的结果。

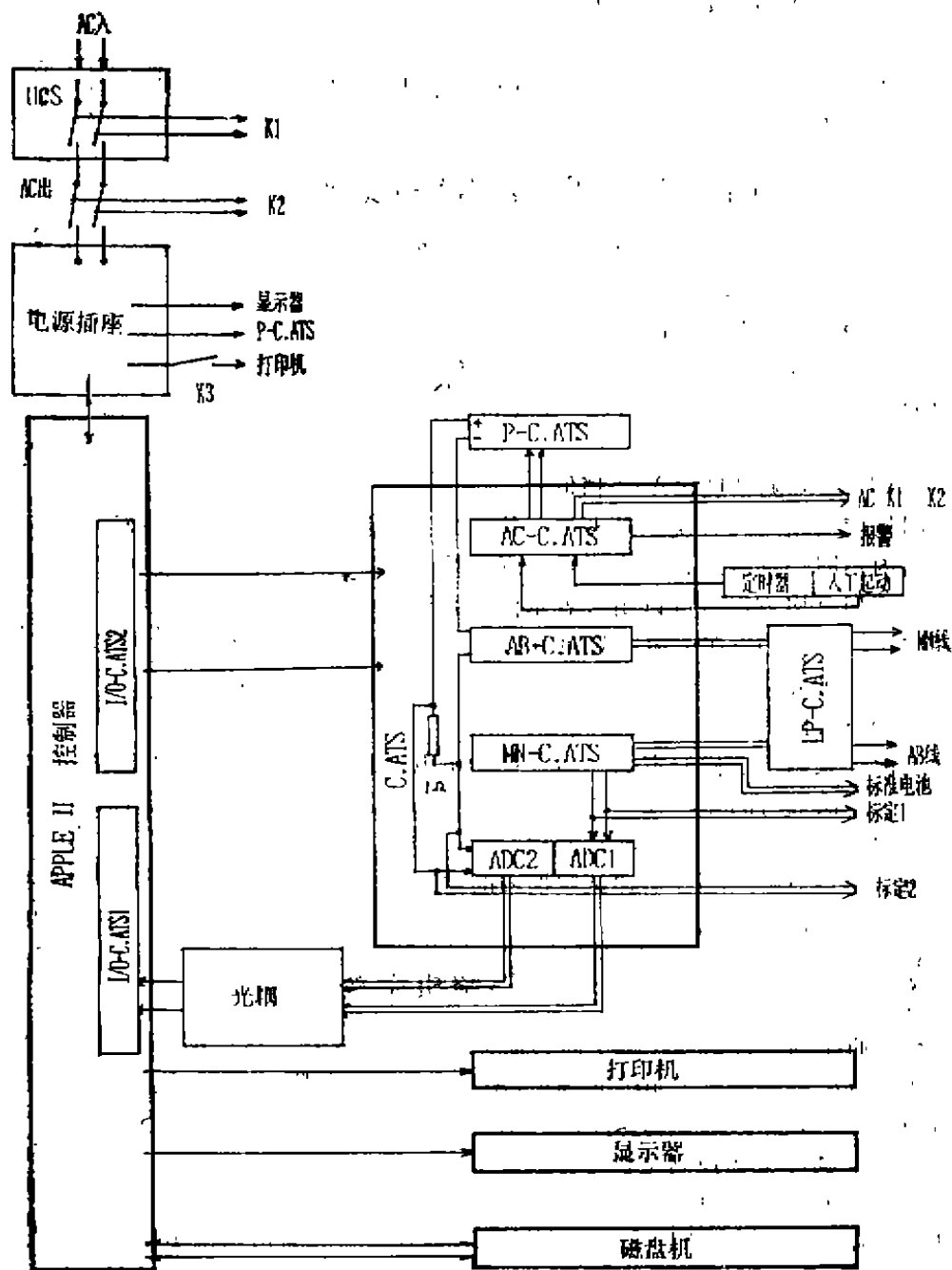


图 1 C—ATS硬件结构框图

Fig. 1 The structure of C—ATS hardware

## 六、结 论

C—ATS实现了ATS的全国产化目标，使得系统的成本比ATS降低了70%。为台站的

普遍推广和应用创造了条件。

C—ATS实际上是一种通用的测量系统，它除了已开发成功的在地电和浮子水管倾斜上的应用之外，还可应用于其他已转化为电学量的前兆信号的自动测量。由于C—ATS采用了插件式结构，只需开发出适用于不同前兆方法相应的插件，就可以实现该方法的自动测量。

### 参 考 文 献

- 〔1〕刘昌谋等 GP—IB和地电自动测量系统，华南地震1985，5，（1）
- 〔2〕刘昌谋等 地电自动测量系统（ATS）与电子自动补偿仪（DDC—2B）的对比观测，华南地震，1987，7，（3）
- 〔3〕刘昌谋等，地电自动测量系统（ATS）的硬件和软件，华南地震，1987，7，（3）
- 〔4〕刘昌谋等 地电自动测量系统（ATS）对地电噪音的抑制能力及其观量精度的估计，华南地震，1987，7，（3）
- 〔5〕柴剑勇等，地形变浮子水管倾斜仪的自动测量系统（FSQ—ATS），华南地震，1987，7，（3）

## STUDYING THE AUTOMATIC INSTRUMENTATION SYSTEM (C-TAS, WHICH MADE IN CHINA) IN GEOELECTRICITY

Chai Jianyong, Ye Chunming, Wu Mingbin and Li Xiaohong  
(Seismological Bureau of Guangdong Province)

〔Abstract〕 This paper describes the technical measure which adopted in automatic instrumentation system (C-ATS), its systematic structure and the prospects of which are widely used in the observation in seismic precursor.

〔Key words〕 Geoelectric observation, Monitoring instrument