

# ZD9 大地电场仪

赵家骝 苏明达 王燕琼 宋宝昌 张晓帆

(国家地震局兰州地震研究所, 兰州 730000)

**摘要** 本文介绍了作者研制的一种新型的专用大地电场测量仪器——ZD9 大地电场仪,着重介绍了该仪器的主要技术指标、工作原理、主要功能及技术特点等。该仪器可用于大地电场常规观测及运用大地电场张量法进行深部电阻率探测,还可以用于其它需要多路数字采集的场合。经过各种性能试验和地震现场长期使用,该仪器能够满足大地电场观测的需要。

**主题词:** 地电仪 大地电场 地震台

## 1 引言

大地电场的观测研究工作在国外已有百年历史,但在国内仅在六十年代初至七十年代初曾用检流计式的大地电流仪连续记录过大地电场的变化。由于当时记录目的的不同,各频段采用不同的记录设备,至今仍没有统一的专用仪器。我国的一些地电观测台站,在对视电阻率进行观测的同时也测量大地自然电位差(包含有大地电场成分),每隔1小时或数小时观测1次,在20多年的观测中曾多次发现地震前震中及邻近地区的大地电场有剧烈的变化,但是一直没有相应的连续可靠的记录。为了适应大地电场及地电台站观测工作需要,作者研制了一种记录大地电场的专用仪器——ZD9 大地电场仪,可用于记录周期在10秒以上的低频分量。本文对该仪器作了介绍。

## 2 仪器的主要技术指标及工作原理

### 2.1 主要技术指标

- (1) 精确度:  $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$   $\pm(0.1\% \text{读数} + 2)$ ,  
 $0^{\circ}\text{C} - 40^{\circ}\text{C}$   $\pm(1\% \text{读数} + 3)$ ;
- (2) 分辨率: 0.1mv;
- (3) 量程:  $\pm 1.9999\text{V}$ ;
- (4) 输入阻抗: 大于  $10\text{M}\Omega$ ;
- (5) 通频带: 10S—DC;
- (6) 串模抑制比: 大于 80dB (50Hz 峰峰值电压不超过量程);
- (7) 显示: 平时显示时间,时、分(或月、日)与秒交替显示;在采样时显示数据;在打印或转储时停止显示;
- (8) 测量方式: 最多可测量 8 道(可由 8 位开关来选择),每分钟每道采样 1 次;
- (9) 记录方式: 打印记录、模拟记录和磁带转储。

### 2.2 工作原理

该仪器采用微处理技术,以 TP-801B 单板微型机作为核心,由大规模集成电路及大量的软件构成,图 1 为仪器电路原理方框图。开机以后整个仪器处在 TP801B 管理之下。机内有一软件钟,由 5C702 产生秒信号,秒信号输入到机内的 CTC0,CTC0 输出分信号,由此信号产生最高一级可屏蔽中断。中断响应有两个功能:一是时间增加 1 分,二是按指定的通道数采样并作相应的处理。其工作过程参见图 2。

该仪器硬件电路由 4 部分组成:

(1)滤波器:由一级双 T50Hz 陷波器和一级 RC 低通滤波器组成,它对 50Hz 的衰减达 80dB,整个通频带约 10 秒至直流。

(2)多路模拟开关:采用 2 片 8 路模拟开关 CD4051 组成 8 路双通道输入。通道的选择由 4F 口的低三位通过光电耦合管 P<sub>1</sub>—P<sub>3</sub>控制,000 为 00 道,001 为 01 道,……111 为 07 道。

(3)A/D 转换器:采用以 ICL7135 为核心的面板表。ICL7135 的时钟频率为 100kc,转换周期为 400ms,输入电压范围是 -1999.9mV—+1999.9mV。线性度为 0.01%。A/D 转换后的数字(BCD 码)和极性在单板机的控制下通过光电耦合管 P<sub>4</sub>—P<sub>6</sub>送入 PIOA,再由 CPU 处理后送入指定的内存或显示出来。

(4)D/A 转换器:仪器内有两路 D/A 转换器,每路由 1 片 DAC0832 和 2 片 CA741 运算放大器组成。DAC0832 为 8 位数模转换器,转换的数字范围是 -128—+127。在回放数据时在整点输出 1.0 mV 的标度信号。

ZD9 大地电场仪内的软件用以完成自动控制、数据采集、数据计算及处理等功能,支持硬件电路工作。工作程序固化在 3 片 2732EPROM 中,占有 10 k 左右的内存。为使数据能够保存,机内设置一个不掉电存储区,可存储数据和时间。具体内存和口地址分配分别见表 1 和表 2。

## 3 仪器的主要功能

### 3.1 定时、多通道测量功能

该仪器有 8 个输入信号通道,可根据需要由 8 位拨动开关选择通道数目,测量时所选中的通道能自动进行切换、自动检测。在时间为整分时每个选定的通道采集 1 次数据,且每次采集的数据又是取 4 次采样数据的平均值,每个数据采样时间约 400 ms,这样可压低电场测量中的随机干扰影响,提高观测精度。

### 3.2 数据存储、转储功能

由于采用微机技术,对时间和采集的数据能自动记忆、自动存储和转储。仪器每分钟各道采集的数据可存储在一个不掉电的存储区中(内存),供打印、数据处理和转储,也可随时

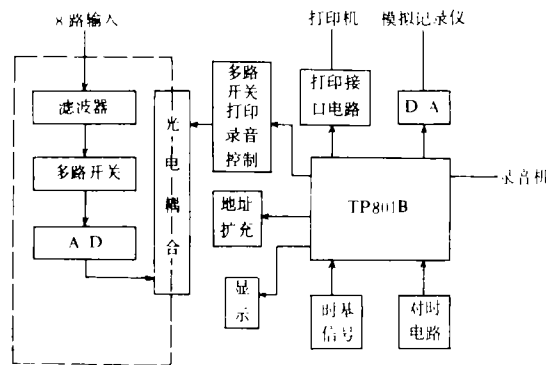


图 1 ZD9 工作原理框图

Fig. 1 Block diagram of ZD9 work principle.

调用。全天记录的原始数据定时转储入磁带,长期保存。

### 3.3 多种输出方式

仪器设置多种输出方式记录。显示屏平时显示时间,可将时、分(或月、日)与秒交替显示;在采样时显示采样数据;在打印或转储数据时停止显示。每天 00 点 00 分或起始工作时打印各通道的初始值;每小时第 59 分打印各通道每分测值与初始值的差值;每小时 00 分后打印出上 1 小时各通道的时均值及最后 10 分钟的均值;每天 00 点 01 分打印出前一天各通道的日均值、极大值及时间、极小值及时间,以及 2 个通道前一天按 10 分一个点的简易曲线。可把 2 道的测值同时送到数模转换输出口作为模拟监视;全天数据可通过 D/A 转换口在模拟记录器上回放。每天 23 点 56 分将全天数据自动转储入外接磁带机,存于磁带中;机内数据可通过仪器的并行输出口传送到计算机中,生成数据文件,便于进一步分析处理。

### 3.4 数据处理功能

仪器内设置的软件系统,可对记录的数据做一些必要的计算和处理。如:计算小时均值和日均值、数据平滑处理、剔除测量中的偶然误差数据等。另外,还有数据回放、向 TP801B 装入磁带中的数据、打印内存某一区域记录的数据和机器码等软件。大部分软件可单独调用,使用非常方便。

## 4 ZD9 大地电场仪的技术特点

(1)A/D 转换器准确度高。该仪器采用 ICL7135 4 1/2 位 A/D 转换芯片,在外围电路配置上采用一些特殊的做法,用晶振代替 RC 振荡器作为时钟;用外接稳定的-5V 电源代替 ICL7660 电压转换器。这样有效地提高了 A/D 转换器在 0 区附近的线性度、抗工频串模干扰能力及测量稳定性。其实测准确度已达到士(0.01%读数+2),优于一般用 ICL7135 做成的数字面板表。

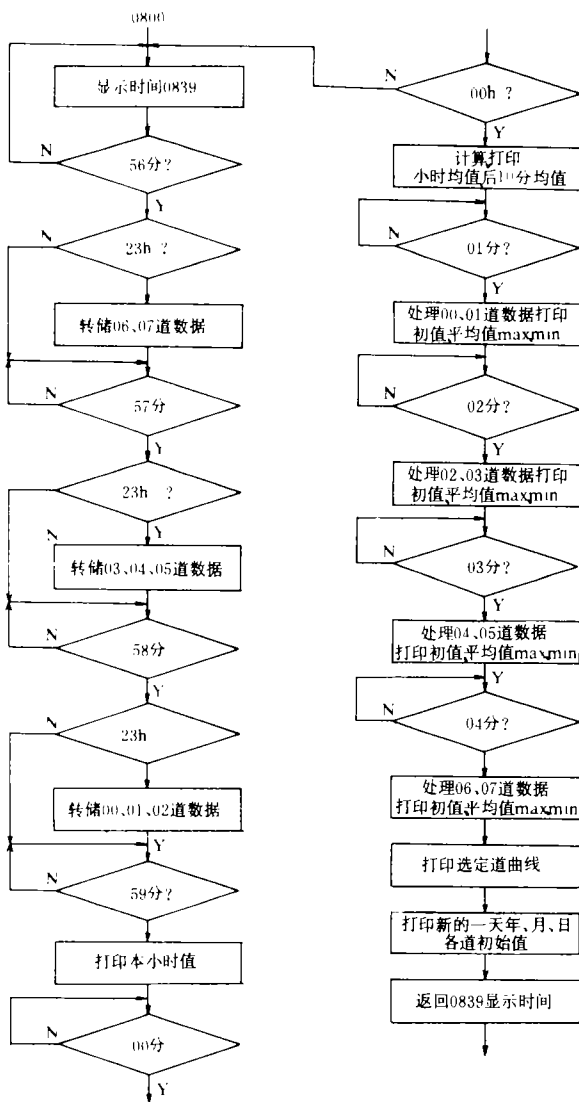


图 2 ZD9 主程序流程图

Fig. 2 The main program flow chart of ZD9.

表 1 内存分配

起始地址	长度	内存	功 能
0000	0800	EPROM1	监控程序
0800	0800	EPROM1	工作程序
1000	1000	EPROM2	工作程序
2000	1000	RAM	用户区、部分为工作程序占用
3000	0800	EPROM3	工作程序
			以下为扩充不掉电存储区
8660	01A0	RAM	时间和初始值存储
8800	0C00	RAM	00 道数据存储
9400	0C00	RAM	01 道数据存储
A000	0C00	RAM	02 道数据存储
AC00	0C00	RAM	03 道数据存储
B800	0C00	RAM	04 道数据存储
C400	0C00	RAM	05 道数据存储
D000	0C00	RAM	06 道数据存储
DC00	0C00	RAM	07 道数据存储

表 2 入口地址分配

序号	属类	功 能
40 口	输入	测道、数据及曲线打印选择
48 口	输出	第一道模拟输出
49 口	输出	第二道模拟输出
4C 口	输出	显示个位、十位
4D 口	输出	显示百位、千位
4E 口	输出	显示万位、极性
4F 口	输出	输入通道选择, 打印机、录音机电源控制
80 口	PIOA	数据口
81 口	PIOB	数据口
82 口	PIOA	控制口
83 口	PIOB	控制口
84 口	CTC0	
85 口	CTC1	
86 口	CTC2	
87 口	CTC3	
9C 口		打印输出口

(2) 采用差位存储法。由于国内大地电场观测大多采用铅板作电极, 铅电极的极化电位

比较大,而大地电场在一天内的变化是比较小的,因此在观测中从电极接收到的信号可能是一个数值较大而变化不大的信号。为了清晰地给出或从 D/A 输出大地电场的变化,我们采取将每天 00 点 00 分测得的值作为初始值,以后每次的测值都减去初始值,将差值存入内存,供 D/A 输出或绘曲线用。在需要时可再加上初始值获得该测点的实际值,例如在将 ZD9 的数据转送到 PC 机时,在 PC 机中生成的数据文件即为测量的实际值。

(3)大地电场为一矢量,从理论上讲只要测量两个不同方向的大地电场值即可。但大地电场测量中干扰因素很多,ZD9 大地电场仪设计了 8 个信号通道,可以测量多个方向、同一方向不同极距的大地电场值,然后通过相关分析能较准确地测量出大地电场的变化。

(4)在仪器中固化了大量的软件,软件均为模块化的,即按基本功能设计若干任务单一的程序块,可很方便地调用拼成实用程序,充分体现了微机系统独有的灵活性。

(5)采用高集成度的元器件,尽量用软件来完成硬件功能,例如仪器中的时钟即为软件时钟。这样不仅降低了成本,还大大提高了仪器工作的可靠性。

(6)采用了一系列抗干扰措施,提高仪器的抗共模和串模干扰能力。其中包括:

电路隔离:模拟电路与数字电路的信息交换全部通过输入、输出之间绝缘电阻大于  $1000\text{M}\Omega$  的光电耦合器件完成,该器件优于脉冲变压器之处是可以直接传递电平。

电源隔离:仪器设置内外两套电源,分别供给测量系统和控制系统,同时采用交一直一交一直变换方式,使测量部分与大地之间绝缘阻抗增高。

电源变压器采用初次级分别屏蔽的方式,初次级屏蔽层分别接大地(机壳)和测量部分地,提高了仪器的抗干扰能力。

采用浮地屏蔽技术:将仪器测量部分置于密封的金属屏蔽盒内,该盒可按需要接在共模干扰源上,这样使仪器测量部分浮在干扰电压上而不致影响测量,从而有效地减少共模干扰的影响。

## 5 实际使用情况

经过多年现场观测,证明该仪器精度的长期稳定性好,工作可靠,结构简单,功能齐全,使用操作方便。在兰州观象台地电台实际试用观测表明,每天都能记录到明显的电场日变化形态,图 3 为该台 1988 年记录曲线。在磁暴时可记录到多道同步的变化,这表明 ZD9 大地

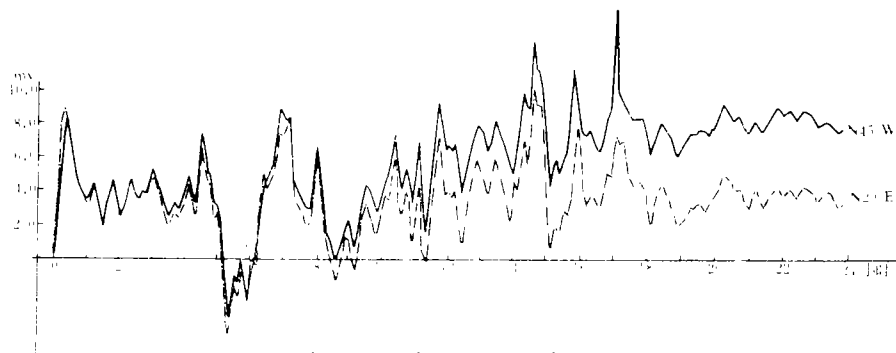


图 3 兰州地电台记录曲线

Fig. 3 Recorded curve at Lanzhou station.

电场仪记录到了大地电场的变化。在地震重点监视区内的青海省祁连布置了有关大地电场观测的项目,使用 ZD9 大地电场仪进行观测,其观测资料在多次地震前出现明显的异常。

(本文 1994 年 3 月 4 日收到)

## MODEL-ZD9 TELLURIC EQUIPMENT

Zhao Jialiu, Su Mingda, Wang Yanqiong, Song Baochang and Zhang Xiaofan

(*Earthquake Research Institute of Lanzhou, SSB, Lanzhou 730000*)

### Abstract

In this paper the technical indexes, principle, function of a new specialized electrotelluric measuring instrument (Model-ZD9) developed by authors is introduced. This instrument can be used for routine observation of earth electric field at field stations and to detect deep earth resistivity by using the tensor method. It can also be used in other cases where multi-channel data collecting is required. The tests of various performances and long use in earthquake sites show that the instrument can meet the needs of observing the geoelectric field.

**Subject words:** Terrameter, Geoelectric field, Seismostation