

SQ 型双频道激电仪的研制

白宜诚 ,崔燕丽 ,浦慧如

(中南大学 地球物理勘查新技术研究所 ,湖南 长沙 410083)

摘 要 : 根据双频道激电法的原理及其对观测系统的技术要求 , 分析了自行研制的 SQ 型双频道激电仪的设计依据 , 简介了仪器硬件构成、软件编程及仪器特点。野外实际应用结果表明仪器性能可靠 , 地质效果令人满意。

关键词 : 双频道激电仪 ; 多频组 ; 单片机 ; 自动控制

中图分类号 : P631.3 文献标识码 : A 文章编号 : 1000 - 8918(2002)06 - 0457 - 04

双频道激电法是由中国工程院院士、中南大学何继善教授研究实现的一种新的激发极化“变频法”,该方法的本质是将特殊波形的高、低两种频率信号电流同时发送和接收,因此与其它激发极化法相比具有抗干扰能力强、受电流变化影响小、测量精度高、观测速度快、工作效率高、装置轻便等优点^[1]。

中南工业大学早在 70 年代末期开始研制双频道激电仪,至今相继研制出了 S 系列多种型号双频道激电仪^[2,3],多年来已在铜、铅、锌等多金属硫化物矿地球物理勘查方面得到广泛应用,取得显著地质效果,其应用领域也不断扩大,并已步入工程物探、地下水资源勘查领域。近年来电子技术及计算机技术的飞速发展,电子新器件不断涌现与更新,促进了双频道激电仪的技术进步,为了适应目前寻找识别难、埋藏深的隐伏矿的地质勘查工作的需要,研制了 SQ 型双频道激电仪。

1 仪器总体设计

为了适应野外数据采集工作的需要,获得明显的、可靠的地质信息,仪器具备了以下特点和功能。

(1)多频组。频率域激电法是观测经大地传导后的岩(矿)石对不同频率电流的响应,而作为普查型的 SQ 型双频道激电仪,目前主要观测振幅对不同频率电流的响应,即幅频特性,而不同的岩(矿)石由于其矿物成份、结构、构造不同及所处的地质条件不同,其幅频特性亦不同,因此仪器设计了多个频组以适应不同矿种的找矿工作需要。其二是各地区的地电场条件不同,当工作装置及地电条件不变时,频率域激电中的电磁耦合效应与工作频率相关^[4]。为

了适应不同的地电条件,减少电磁耦合效应的影响,设计了 4 组工作频率,分别为 8 Hz 及 8/13 Hz、4 Hz 及 4/13 Hz、2 Hz 及 2/13 Hz、1 Hz 及 1/13 Hz。其中 4 Hz 及 4/13 Hz 与 S 系列的 S-1、S-2、S-3 型双频仪兼容。

(2)微弱信号提取。双频道激电法的主要观测参数是视幅频率 f_s ,据定义 $f_s = (V_D - V_C) / V_C \times 100\%$, V_D 和 V_C 分别为经过大地传导后的低频和高频电位差。要求在室内条件下,当 $V_D \approx 1$ mV 时, f_s 的变化量小于 $\pm 2\%$, V_D 或 V_C 的观测绝对误差小于 $\pm 10 \mu V$,因而设计中必须采取微弱信号提取技术。该仪器采用了低噪声、低飘移、低功耗的元器件,使仪器测量范围达 0.1 ~ 1 999 mV,其测量误差小于 $1\% \pm 1$ 个字,幅频率测量范围为 $-80\% \sim 80\%$,其测量误差小于 $0.2\% \pm 1$ 个字,满足了实用要求。

(3)抗干扰能力强。仪器在使用过程中不可避免会受到强大的电脉冲干扰,必须对其进行压制,为此仪器中采用了工频陷波、有源滤波、相干检波、双积分采样技术,使仪器对 50 Hz 工频干扰的压制优于 70 dB。

(4)发送机与接收机均采用单片机技术。CMOS 单片机与工控机相比,虽然有运算速度慢、存储量小、界面差等不足之处,但其性能价格比十分优越,且具有功耗低的优点,因而机内电源可使用小容量、小体积的高能电池,可使仪器做到体积小、重量轻、携带方便,便于野外应用,特别适用于山区短导线工作。仪器由于采用了单片机技术实现了逻辑自动控制、增益自动调节、温度自动补偿、电压自动监视、采集数据自动存贮等功能。

压、电流及时间和接收部分的 V_D 、 V_G 、 f_s 及时间实时显示,并可绘成曲线,测量结果直观明了。

(6)接收机设有自检及输入瞬间过压保护功能;发送机设有输入过压、输出过流保护功能,保证了仪器安全可靠。

(7)设有 RS232 标准串行接口,可将数据采集结果传输至外部计算机做进一步处理。

(8)整体结构防水、防尘、防震,并设有全密封触摸键盘,适合野外环境应用。

2 硬件构成

SQ 型双频道微机激电仪由发送机和接收机组成。发送机向大地发送含有低频和高频的复合波电流,接收机同时接收 V_D 及 V_G ,并计算出视幅频率

$$f_s = \frac{V_D - V_G}{V_G} \times 100\%。$$

2.1 发送机硬件构成及性能

发送机由电源、单片机系统、供电主回路及电流采样 4 部分组成。由 7.5 V 镍氢电池组经 DC-DC 变换及稳压后产生 ± 5 V 电源,供给整机使用。单片机系统采用 MCS-51 系列的 80C32 CMOS 微处理

机,外接 12 MHz 的晶振、双向驱动器 74HC245、地址

锁存器 74HC372 和程序存储器 27C32^[5]。

单片机采用定时中断方式传送下列波形:①占空比为 1:1 的高频方波信号;②占空比为 1:1 的低频方波信号;③1 ms 的换向关断脉冲信号;④电流、电压采样信号。前 3 种信号经适当组合产生具有供电同步、换向同步、过流可关断的双频信号。

机内设有检测电路和报警电路,单片机时刻查询检测电路和外接高压电源电压和过流保护电路,并及时报警,为了保证开机正常工作,开机时还设有声音提示功能,文字显示机内 EPROM 内部程序运行情况。

供电主回路采用电力电子元件,控制信号经光电隔离后加至主回路,从而简化了驱动电路又扩大了供电范围,同时提高了可靠性^[6]。根据野外工作需要研制了 2 种功率的发送机,小功率发送机的功率元件采用了 VMOS 功率管,输出功率 800 W;中功率发送机的功率元件采用 IGBT,其输出功率为 6 kW。

电流采样部分由取样标准电阻、采样控制开关、积分保持电路组成。供电电流值采用时间序列记录、存贮、回放。亦可通过标准串行接口 RS232 传送到外部微机。这样可根据时间查询某时刻的电流值以便计算视电阻率 ρ_s 。图 1 为发送机结构框。

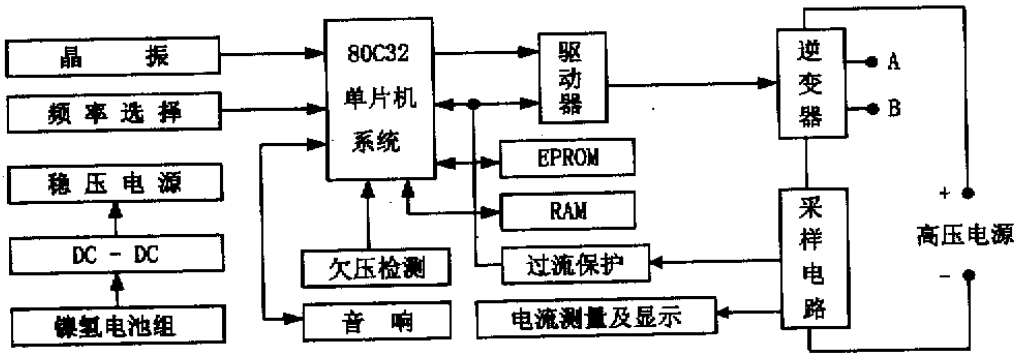


图 1 SQ 型双频激电仪发送机结构

2.2 接收机硬件构成

接收机根据其组成特点可分为 5 部分,即共同通道、低频通道、高频通道、单片机控制系统和电源。

被测双频信号经阻抗变换后,进入双 T 陷波电路对 50 Hz 工频进行压制,再经程控放大器(1)进行前置放大,经低通滤波器进行选频放大后进入主程控放大器(2)进行放大,经主放大器放大后的信号分别进入低频通道、高频通道的带通滤波器分别选出低频及高频正弦波信号,再经精密检波和积分电路后,输出低频、高频直流电位差。该低频、高频电位差由 A/D 转换成数字信号,经 80C32 单片机系统处理后,在液晶显示出 V_D 、 V_G 、 f_s 。

接收机由 80C32 单片机系统管理。4 × 4 键盘实现频率选择、测区、测线、测点、时间校正等参数的输入及菜单选择。240 × 128 液晶显示器显示中文菜单和光标提示,观测数据值和曲线。观测数据存贮在指定的存贮单元,数据存贮时将时间信息亦存在存贮器中,并可通过串口传给通用计算机进一步处理,其结构框图见图 2。

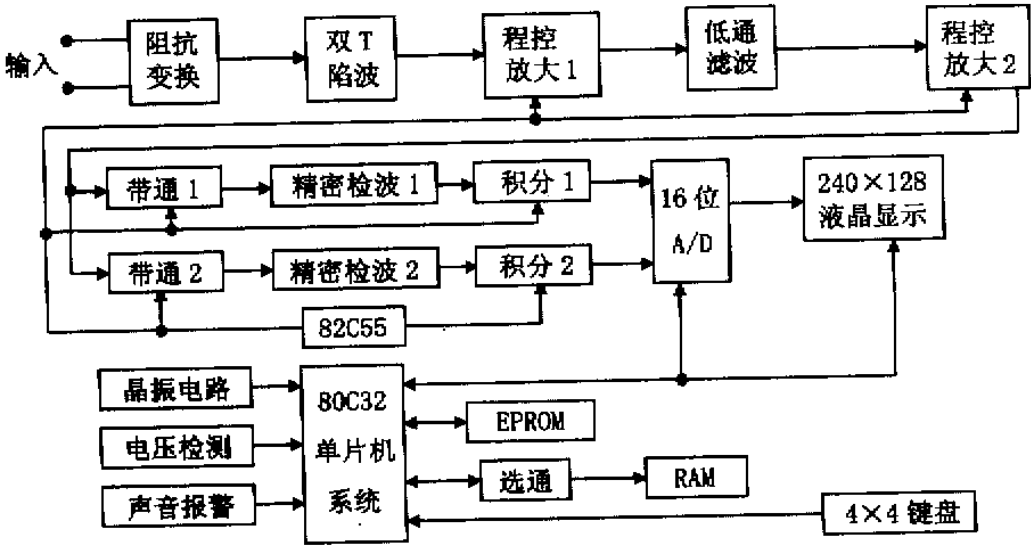


图2 SQ型双频激电仪接收机结构

3 软件编程

仪器的监控程序采用 MCS-51 汇编语言 模块化结构,以主菜单为中心,下挂 6 个模块:系统自检、参数设置、校验、测量、回放及传送。采用汉化菜单、英文提示式操作。每个模块再根据需要设置多级子菜单,子功能模块又包括各自的子程序。

(1)系统自检。开机后启动仪器的自检功能,检查内容:CPU 指令、单片机内部存储器 RAM_1 、外部存储器 RAM_2 、中断口 T_0 、 T_1 及机内电池电压,并显示自测结果。

(2)参数输入。测量前输入工作频率、时间、测区编号、测线号、测点号等各种相关参数,测点号可以自动递增或自动递减。

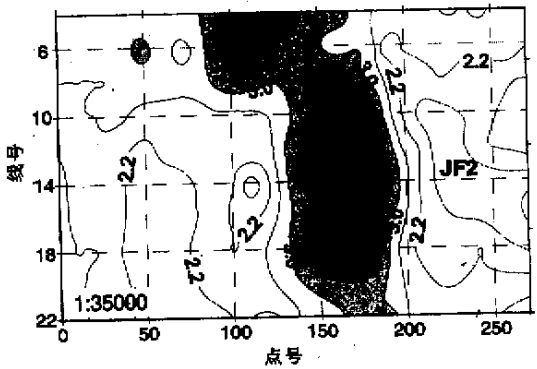
(3)校验。分为自校和外校,外校是用发送机输出的标准信号源,而自校是利用接收机自身的信号源进行校正,并将校验结果存贮在接收机内,供改正用,以保证观测精度。

(4)测量过程控制。根据设置,可完成测量过程中的工作频率、测量数据与时间显示。由于接收机内部 RC 网络的影响,仪器有过渡时间,因而程序控制在信号输入第三周期进行测量及显示测量结果。发送机显示参数有工作频率、输出电压、输出电流、实时时间。接收机显示参数为:工作区的测区号、测线号、测点号、时间;高频电位差 V_G (mV)、低频电位差 V_L (mV)、(视)幅频率 f_s (%)。

(5)回放(检查)。可将已存贮在机内的测量数据及曲线,根据检索号(测区、测线、测点)调出并显示。可以数据块为基点,查询相邻数据块的测量结

果。

(6)数据传送。将存贮机内数据通过 RS232 串口传至外部通用微机供进一步处理分析。



在 J_1 中心埋深 63 m 处见到致密块状铜、铅、锌、金等多金属矿。 J_2 在预定深度 100 ~ 110 m 及 200 m 处,见到浸状黄铁矿化,作为激电法来讲,已经达到地质目的。图 3 为该测区双频激电中梯装置视幅频率平面等值线分布。

该区双频激电成果经不同日期、不同操作者分别使用 2 台 SQ 型双频激电仪进行质量检查,检查结果为 ρ_s 均方相对误差 2.82%, f_s 均方相对误差 5.4%,已达到中国有色金属工业总公司物化探管理中心 1992 年颁布的双频道激电法技术规定(试

行)的要求,说明仪器稳定、观测精度高。

参考文献：

[1] 何继善,鲍光淑,温佩琳,等. 双频道激电法研究[M]. 长沙,湖南科学技术出版社,1989.
[2] 何继善,鲍光淑,张友山. 双频道数字激电仪[M]. 长沙,中南工业大学出版社,1988.
[3] 浦慧如,何继善. 双频双通道微机激电仪[J]. 物探与化探,1996 20(5).
[4] 傅良魁. 激发极化法[M]. 北京,地质出版社,1982.
[5] 何立民. MCS-51 系列单片机应用系统设计[M]. 北京,北京航空航天大学出版社,1992.
[6] 李宏. 电力电子器件与集成电路应用指南[M]. 北京,机械工业出版社,2001.

THE DEVELOPMENT OF THE SQ SERIES DUAL-FREQUENCY IP INSTRUMENT

BAI Yi-cheng , CUI Yan-li , PU Hui-ru

(Institute of Applied Geophysics , Central South University , Changsha 410083 , china)

Abstract : According to the theory of dual-frequency IP method and the technical requirements for the dual-frequency IP instrument , the authors have analyzed the principle of the SQ series dual-frequency IP instrument designed and made by ourselves , and described the hardware , software and specification of this IP instrument . Its field application shows its high reliability and quality , as evidenced by the satisfactory geological effects achieved.

Key words : dual-frequency IP instrument ; multi-frequency group ; micro-controller ; automatic control

作者简介：白宜诚(1944 -)男,教授,1970年毕业于长春地质学院物探系,长期从事电磁法及其观测系统教学与科研工作,已发表论文 10 余篇。



上接 456 页

Abstract : To investigate the influence of transmission attenuation of seismic waves in a layer-cake model , the authors formulated a seismic convolution model by considering the coefficient of transmission attenuation , and then provided a new forward algorithm for the model-based seismic inversion of impedance . Seismic data processing practices demonstrate that the seismic convolution model can be used to correct transmission attenuation component by means of impedance inversion , with the merit of avoiding the screen effect of strata . Therefore , the authors believe that the seismic convolution model proposed in the paper is useful in the impedance inversion of seismic data .

Key words : convolution model , transmission attenuation , forward inversion

作者简介：苑春方(1958 -)男,中国地质大学(北京)博士生,从事地球物理数据处理,地震属性反演等方面的研究工作,发表论文数篇。