

干扰电场仪的研究^①

鲍光淑 李大庆 张友山 王少武

(中南工业大学地质系, 长沙 410083)

刘启顺

(湘南地质队, 郴州 423000)

摘 要

论述了干扰电场测量对仪器的要求、干扰电场仪的设计思想、主要技术指标、仪器的硬件、软件设计以及模拟通道中分布电容对观测值影响等问题, 并介绍了仪器的应用情况。

关键词: 电法 干扰电场仪 找矿

由于在矿山和工业发达地区存在较强的工业游散电流的干扰, 电法找矿工作存在较大的难度。为了克服和压制干扰电场的影响, 国内外地球物理勘探工作者, 在方法和观测仪器方面进行了大量的研究工作, 在压制 50 Hz 工业干扰等方面取得了很大进展, 但直流脉冲和低频脉冲仍是电法工作难以克服的一种干扰, 在一些地区因此而无法开展电法找矿工作。

40 年代国外曾有人^[1]提出过利用工业游散电流场找矿的设想, 但未实现。地矿部湘南地质队和我校开展了利用干扰电场找矿的可行性和有效性研究, 研制了干扰电场仪。

本文论述了干扰电场测量对仪器的要求、干扰电场仪的设计思想、主要技术指标、仪器的硬件、软件设计及模拟通道中分布电容对观测值影响等问题, 并介绍了仪器的应用情况。

1 干扰场源法对观测仪器的要求

在电法勘探中, 利用工业用电产生的直流脉冲和低频脉冲干扰场作场源来解决地质问题的方法, 称之为“干扰场源法”。

干扰场源法主要是利用直流脉冲和低频脉冲作场源, 它的特点是: 干扰场强度是随时间变化的, 这种变化是随机的、大幅度的, 但在

一个不大的区域内可以看做是一样的。因此, 在同一测点上不同时间的观测值不一样, 这样难以掌握其在目标体上的变化规律。显然, 利用干扰场源法找矿, 采用常规的方法技术和观测仪器是无法实现的。

根据干扰场的上述特点, 干扰场源法必须在一条观测剖面上布置一个多点的观测排列, 在很短的时间里完成干扰场多点测量; 同时还要能连续观测各点干扰场的变化。这样才有可能研究干扰场源在正常地质背景上产生的“正常场”和在地质目标体上产生的“异常场”。因此, 干扰电场仪必须满足以下要求: (1) 仪器必须进行多道测量; (2) 仪器必须在很短时间内, 完成多点(道)测量, 使各点测量可以近似看作是“同时”进行的; (3) 仪器必须每点(道)都能多次扫描观测和叠加; (4) 仪器测量的动态范围大, 满足干扰场强度变化的要求; (5) 测量时结果要能存储, 并打印出相应的曲线。

根据上述要求, 我们设计并研制成功了 16 个测量通道的微机控制的干扰电场仪。

2 仪器设计思想和主要技术指标

2.1 设计思想

干扰电场仪是根据干扰场源的特点, 测量

① 收稿日期: 1993 年 11 月 29 日

干扰场的要求和现有技术条件进行设计的。

(1) 测量频率：干扰电场仪主要是观测直流脉冲和零点几周的低频脉冲干扰场，也可能是几组低频干扰脉冲的叠加场，其频率的变化是随机的，为保证测量低频干扰场，必须滤除强大的 50 Hz 工频干扰信号。

(2) 多点快速测量：干扰场源法要求多点快速测量。测量通道数越多，排列中点数越多，生产效率越高。但道数越多，在道间的时间间隔一定的情况下，扫描一个排列的时间越长，难以保证在此时间内干扰场源信号是“同时的”。而道间的时间间隔越短，各道测量的结果越可以近似看作是“同时的”，但时间间隔受线路电容延时的制约。

考虑测量道数、扫描时间、时间间隔、仪器延迟时间相互制约关系，本着提高性能、成本比的原则，采用了简单而又能达到干扰场测量基本要求的方案，即：(1) 选择十六个测量通道、以电位测量为主的扫描观测方式；(2) 十六个通道扫描一次的时间定为 0.5 s；(3) 各道的采样和时间间隔保持一致，时间间隔选为 26 ms，取后一道为 110 ms；(4) 可多次扫描叠加；(5) 每次扫描时间间隔可以控制。

为实现上述设计我们选择 MCS-51 系列单片机作控制，PC-1500 微机打印输出。

2.2 仪器的主要技术指标

(1) 测量范围： $\pm(1 \sim 2681) \text{ mV}$ ；(2) 精度：强度 $\geq 10 \text{ mV}$ 时，相对误差 $\leq 3\%$ ，而强度 $< 10 \text{ mV}$ 时，绝对误差 $< 0.3 \text{ mV}$ ；(3) 输入阻抗： $> 3 \text{ M}\Omega$ ；(4) 对 50 Hz 工频抑制能力大于 40 dB；(5) 16 个通道一致性：大于 10 mV 时，相对误差为 1.4%，小于 10 mV 时，绝对误差为 0.3 mV；(6) 稳定性：0.6 mV/h；(7) 扫描时间间隔：0.5~32 s，每隔 0.5 s 递增；(8) 通道之间的时间间隔：26 ms；(9) 最大连续扫描次数：512 次；(10) 16 个通道扫描一次总时间：500 ms；(11) 扫描时间控制误差： $< 4 \mu\text{s}$ ；(12) 仪器工作环境温度：0~45℃，湿度：不大于 85%。

3 仪器的硬件软件设计

干扰电场仪的整机方框图见图 1。

仪器分为模拟通道和微机两个部分。模拟通道包括十六通道转换开并、输入短路开并，前置放大级，调零补偿级，50 Hz 陷波器，缓冲器，低通滤波器，程控放大器，采样保持器，D/A 转换等部分。微机部分则由 MCS-51 型 CMOS 单片机、8K 的 CMOSEPROM、16K CMOSRAM、CMOS 接口电路、3.5 英寸液晶显示器、4×4 触模式键

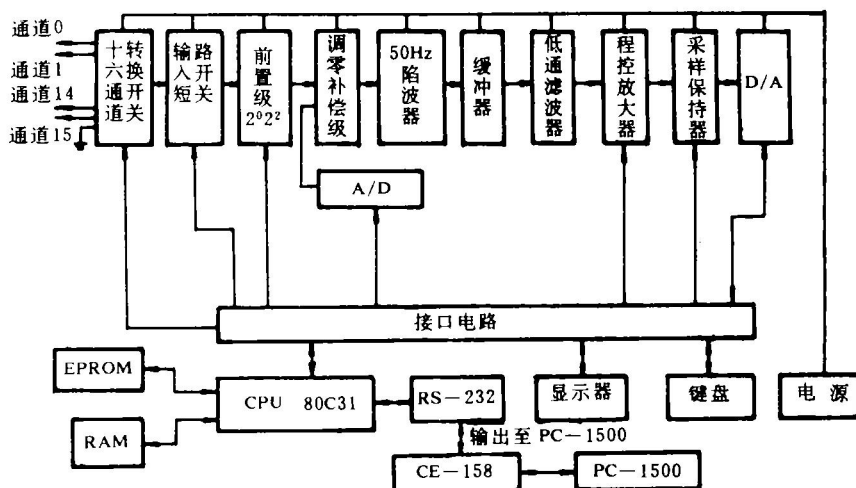


图1 干扰电场仪整机方框图

盘、RS-232 串行通讯接口、PC-1500 微机等部分组成。整个系统软件分两个部分，一部分是仪器的控制及数据预处理软件(图 2 和图 3)。

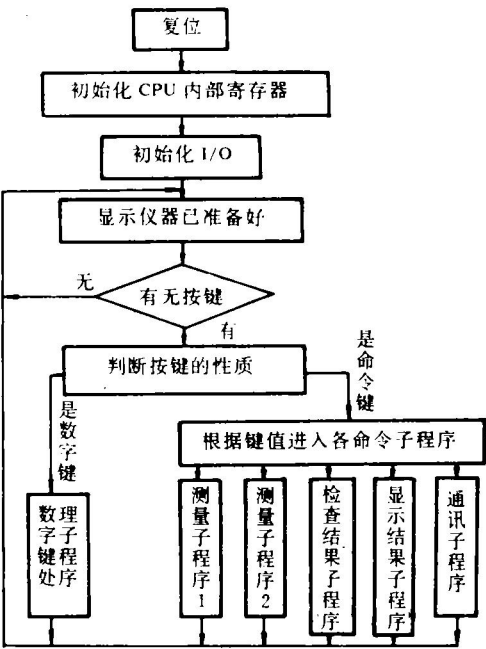


图 2 主程序框图

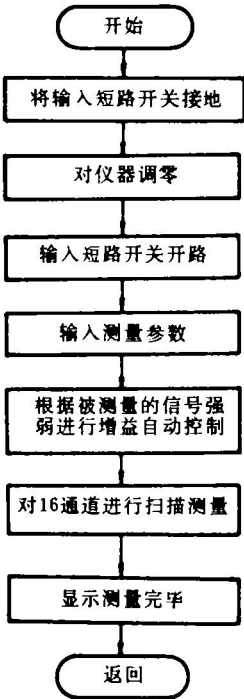


图 3 测量子程序 1 框图

软件用 MCS-51 系列的机器语言编制；另一部分软件是 PC-1500 微机中的软件，用机器语言和 BASIC 语言编制，其任务是传递数据和按需要处理测量结果(见图 4)。

4 模拟通道电容对观测值的影响

模拟通道中不可避免地存在电容效应，它会使信号产生不同程度的延时，这对连续扫描观测干扰场是一个不容忽视的问题。这种影响表现在上一个测点上的观测值不同程度地带到下一测点观测值中，其影响程度取决于线路电容和道间的时间间隔大小。

减小和消除这种带入值的影响有两种途径：一是仪器中采用高速元器件以及采取合理布线等技术措施尽量地减小线路中电容；另一种是研究线路电容对扫描通道影响的规律，用软件进行改正，以便消除带入值的影响。我们是采用硬、软件结合，以软件为主的方法解决这一问题的。

通过对干扰电场仪样机的大量模拟试验，

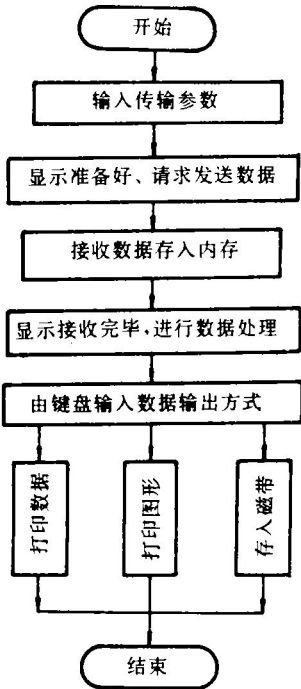


图 4 PC-1500 程序框图

总结出带入值有如下规律:

设计仪器 0 道的观测值为输入值(即不存在带入值影响);零道观测值带入第 1 道观测值中和第 2 道观测值中的带入值的大小,与 0 道观测值的大小成线性相关;第 1 道观测值带入到第二道观测值中的带入值与第 1 道观测值中的带入值的大小也成线性相关,其比值均为常数,从而可求出改正系数。

带入值由 n 道带入 $n+1$ 道的叫直接带入,由 n 道通过 $n+1$ 道带入值再带入到 $n+2$ 道叫间接带入。用直接带入进行改正的第一改正方案和用直接带入和间接带入共同进行改正计算为第二方案,其结果如图 5 所示。从图中可看出本仪器采用第二改正方案时实测输入值曲线与实际输入值曲线几乎完全重合,平均相对误差为 5%,这说明利用软件改正方法来消除观测值中带入值是可行的。

仪器的延迟时间 t_1 不同,所选的时间间隔 t_2 不同,可采用不同的改正方案。当 $t_1/t_2 < 1$ 时可不进行带入值改正;当 $t_1/t_2 \leq 2$ 时带入值用第一方案改正;当 $2 \leq t_1/t_2 < 3$ 时,采用第二方案,如此类推可采用多级改正;这种改正原则对其他连续扫描测量也是适用的。

5 应用情况

干扰电场仪通过室内模拟实验和大量野外测量,表明仪器能满足干扰场源法野外试验观测的需要。1990 年底本项目通过湖南省地矿局评审^[2]。

干扰电场仪先后在 13 个干扰场区、5 个矿区 21 条试验剖面上,系统扫描观测 33 000 条曲线,大量资料证实:

(1) 在有干扰场影响的地区,开展干扰场源法测量,在同一观测剖面上不同时间进行野外扫描测量,可采集到强度不同,但曲线形态相似的干扰场曲线(如图 6)。这一结果说明了干扰场源法的可行性,也充分显示干扰电场仪观测质量的可靠性。

(2) 在断层破碎带和矿体上干扰场法有异常显示,见湖南省桂阳县上银山矿区 1 号剖面用干扰场源法观测的结果(如图 7 所示)。

1 号试验剖面上,自然电场曲线,在已知矿体上有一 40 mV 的异常,反映了块状硫化铅银矿体及其周围的矿化体。由于浅部矿体已采空,潜水面下降至 220 m 标高以上,仅局部剩

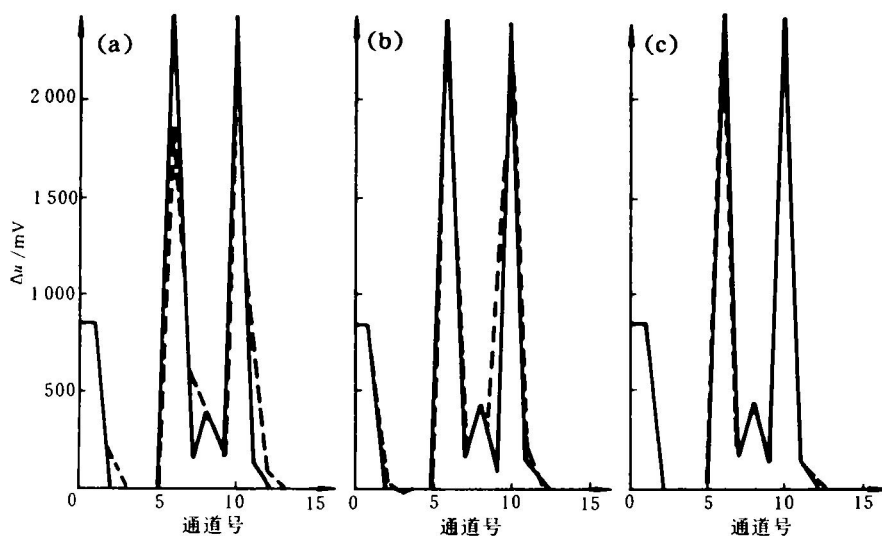


图 5 模拟试验输入曲线、观测曲线、改正曲线对比图

(a) 实线—输入曲线; 虚线—观测曲线; (b) 实线—输入曲线; 虚线—第一改正方案曲线;

(c) 实线—输入曲线; 虚线—第二改正方案曲线

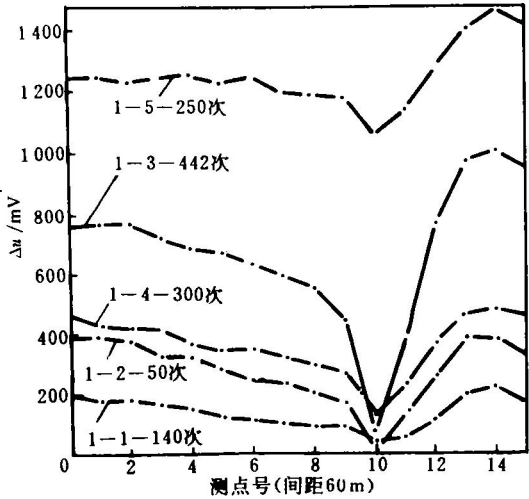


图 6 上银山矿区 1 号试验剖面多次测量
干扰场源异常曲线对比图

下一些残留体，故在地表所观测到的自然异常强度较低，但还是反映了硫化物地质体的存在。

干扰场源法异常曲线在 8~11 点处，反映为一低干扰场异常，中心位于 10 号点，异常中心与现矿体顶部在地表投影位置大体一致，曲线形态大号点较陡，小号点相对平缓开阔，形成西陡东缓的异常曲线形态，它反映引起低电位异常地质体向东倾斜，与现知矿体和含矿层间破碎带的产状一致。在已知地质剖面上干扰场法试验结果展示了干扰场源法应用的前景。

工业用电产生的直流脉冲和低频脉冲干扰是电法工作中最难以克服的干扰，我们利用此工业干扰电场作场源研制成功的低频干扰电场仪。经过室内模拟和现场实验表明，仪器能满足干扰场源法野外试验观测要求，为干扰场源法这一新的找矿方法的深入研究和推广应用提供了一种可靠的观测的手段。

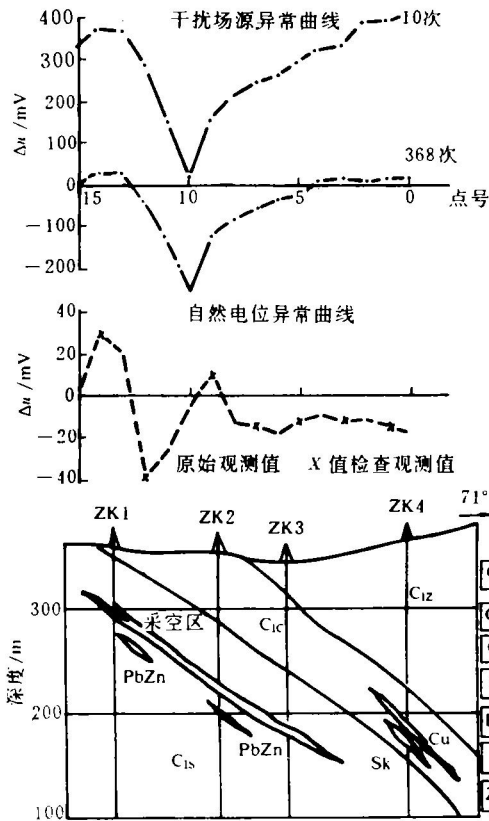


图 7 桂阳县黄沙坪矿田上银山矿区 1 号
剖面干扰场和自然电位曲线图

1—石炭系下统梓门桥组灰岩；2—石炭系下统测水组砂页岩；
3—石炭系下统石碇子组灰岩；4—砂卡岩；5—铅锌矿体；
6—铜矿体；7—剖面钻孔及编号

参考文献

1 谢苗诺夫 A C. 见：自然电场法电法勘探，北京：地质出版社，1960 年。
2 湖南省地矿局湘南地质队. 干扰场源法在地质找矿试验中的方法可行性和有效性研究报告，中南工业大学，1990。