

智能化磁化率仪原理及研制^{*}

叶春, 陈晔, 陈仕涛

(南京师范大学地理科学学院, 南京, 210097)

[摘要] 从硬件着手, 介绍一种集传感技术和单片机控制数据采集、处理、输出技术于一体, 野外、室内两用的便携式智能化磁化率测量仪器. 其特点是: 数据自动存贮、输出, 测量精度高, 速度快; 使用简便, 成本低廉.

[关键词] 磁化率; 智能化磁化率仪; 传感器; 单片机

[中图分类号] TP212. 6; TH763. 1; [文献标识码] B; [文章编号] 1008- 1925(2001)01- 0055- 05

0 引言

物质的磁化率测定、分析, 经常被用于第四纪地质、考古、土壤等研究领域. 目前在城市环境污染调查、水道湖泊重金属污染调查、古环境变迁等环境研究课题中, 磁化率是一非常有价值的分析参数. 磁化率(κ)表示物质在外磁场的作用下被磁化的难易程度, 它是一个没有量纲的值. 通过磁化率的分析, 可间接的反映污染状况和环境的变化.

目前国内通用的磁化率仪是英国巴林顿公司的 MS-2 型. 但在测量某些湖泊沉积物时, 由于磁化率值非常低, MS-2 型磁化率仪难以分辨, 而且野外不能自动记录数据, 室内测量速度比较慢. 其昂贵的售价令许多单位望而止步. 为此我们研制了智能化磁化率仪(SES-942). 本仪器在性能上较 MS-2 型磁化率仪有两大突出的特点和改进: (1) 提高了测量的灵敏度和精度; (2) 具有一定的智能化. 即通过 87C51 单片机的处理功能, 可实现数据的测量、处理、显示、输出自动化(见表 1).

表 1 国内外现有磁化率仪的性能对比

机型 (生产者)	SES-942 (南京师大)	MS-2 (英国)	KLY-2 (捷克)	HKB-1 (南京地矿所)	WC-1 (北京地质仪器厂)
灵敏度	1×10^{-6}	2×10^{-6}	9.5×10^{-7}	2×10^{-7}	1×10^{-8}
主要用途	室内样品精确测定; 野外剖面测量	室内样品精确测定; 野外剖面测量	室内样品精确测定; 不可野外剖面测量	室内样品精确测定; 不可野外剖面测量	室内样品精确测定; 不可野外剖面测量
测量时间/s	1. 2	12	5	5	60
可否连接计算机	可	可	不可	可	不可
重量/kg	1. 5	2	30	30	4

^{*} 收稿日期: 1999- 06- 21

作者简介: 叶春, 1975- , 南京师范大学地理科学学院助理工程师, 从事电子工程的教学与研究.

1 系统结构及技术指标

1.1 仪器的系统结构(如图 1)

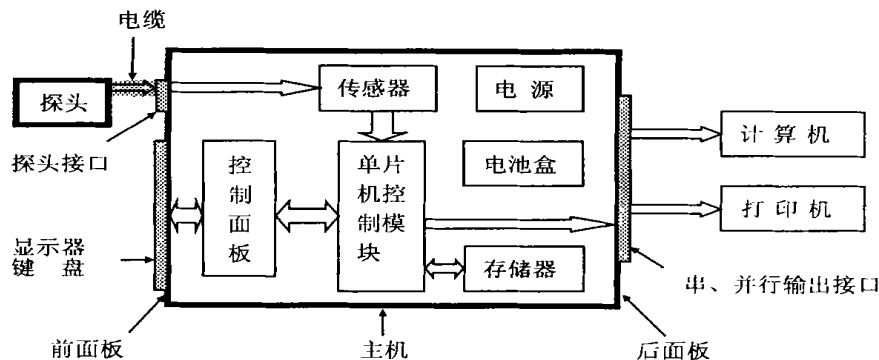


图 1 系统结构图

电气部分由探头和主机组成, 之间用电缆连接. 主机封装于塑料机壳内, 接缝处以硅胶封合. 内部的传感器模块和易受干扰的硬件部分用铝盒包裹, 内有泡沫衬垫四壁, 以防外界电磁场干扰并避免外界温度的影响. 电池盒与主机箱是隔绝的, 电池盒开口在底部, 以防电池废气腐蚀主机电路板.

1.2 智能化磁化率仪主要技术指标

1. 测量灵敏度: $\pm 1 \times 10^{-6}$;
2. 测量精度: 0.1 ;
3. 测量范围: $\pm 0.1 \sim 9999$;
4. 使用范围: 野外剖面测量\室内精确测定;
5. 接口: RS232\LPT 口;
6. 内存储器: 32 k, 可存储 6000 个数据;
7. 测量时间: 1.2 s;
8. 重量: 1.5 kg;
9. 内存数据可保存 1 年以上, 且可随时清除;
10. 配有标准串、并行接口, 可与微机 and 打印机连接, 测量过程中不占用微机或打印机;
11. 电源: 12 V (0), 22 V (alt). 底部装有 5# 可充电电池盒, 机芯集成电路全部采用 CMOS 电路, 耗电极少, 充一次电可连续使用 8 h. 使用电源时交、直流自动转换.

2 电气部分硬件设计

如图 2 原理框图所示: 传感器模块包括探头、(1)、(2) 部分; 主机控制模块包括(3)、数据输出/显示部分.

探头是由一个线圈绕制成的电感元件 L 和电容元件 C 组成的串联谐振槽路. 槽路与反馈元件组成振荡电路. 测量时将样品置于电感线圈 L 之中或将线圈 L 放置在待测点的平面上, 则相当于在线圈中充填了视磁化率为 κ 的磁介质. 这时, 线圈元件的电感量与介质的视磁化率有关, 在均匀磁路的情况下, 其电感 L 与视磁化率成正比, 即:

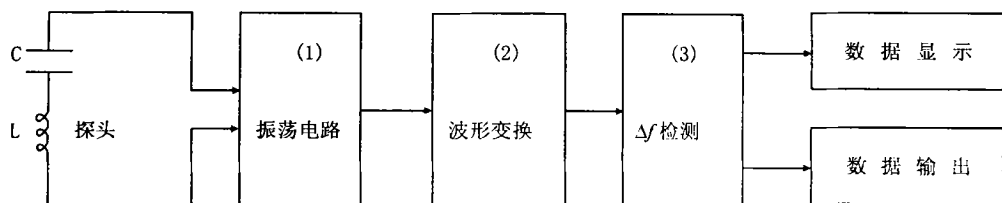


图2 智能化磁化率仪原理框图

$$L = \frac{N^2 S}{l} (1 + 4\pi\kappa')$$

其中 N = 线圈匝数; S = 线圈的截面积; l = 磁路路程; κ = 介质的视磁化率。

图2中方框(1)电路采用负阻型桥式振荡电路,用一级运放产生负阻效应,以补偿 $L-C$ 串联电路中串联谐振电阻,工作原理如图3a、3b所示。

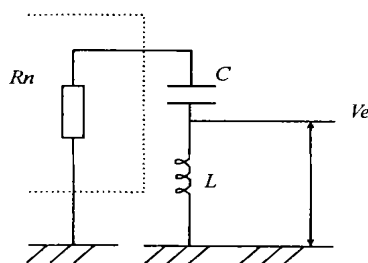
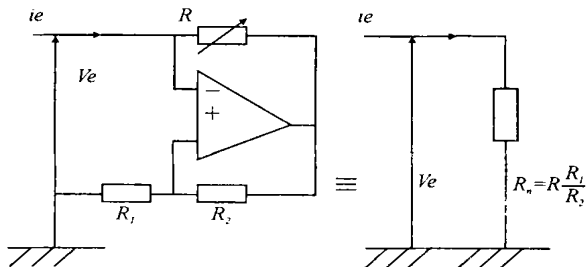
图3a 负阻 $L-C$ 振荡器

图3b 采用运放获得的负阻

R 用来调节负阻的大小,使振荡器的输出为一理想的正弦波。为测定磁化率,振荡器应有较高的稳定度,故在电路中加了热稳定性极高的补偿元件。该电路的振荡频率由电抗的元件值决定 $f_0 = (1/2\pi)(LC)^{-1/2}$ 。为避免 50Hz 工频电源对测定磁化率的影响,振荡频率选在工频 50Hz 的 9 次与 10 次谐波之间,即 $f_0 = 470\text{Hz}$, 频率为 Fe_3O_4 单晶在室温下磁谱曲线将要下降的位置对应的频率。振荡频率不宜选得太高,但太低对压制干扰不利,同时对电感的制作带来困难。

图2中的框(2)为采用高压摆率运放组成过零检测电路。它将前级的正弦波信号变换成前、后沿十分陡峭的方波,以适应微小的频率变化进行检测。

在电路中,对振荡波形的优劣要求不高,只要求其能产生振荡和保证频率的稳定性即可。电感量与磁化率值成正比关系,且计数闸门的宽度可通过调整振荡器的 L 、 C 值改变。电路中,采取选确定电容 C 值,然后主要调整电感 L 值的方法来改变计数闸门的宽度,使单片机显示的磁化率与已知磁化率样品在数值上相等,之后就可以用本仪器来测量样品的磁化率值。

频率的稳定度用频率变化的相对值表示。振荡器频率 f_0 , 当发生一个偏离 Δf 时,则以 $(\Delta f/f_0)\%$ 来表示偏离的稳定度。在实际使用中频率稳定度的缓慢变化,一般是由周围环境(如温度等)、电路参数等因素变化所引起的。而频率稳定度的突变,大都由电源电压、外界干扰、机械震动等因素引起的。在上述因素中,尤以温度变化的影响最主要。温度变化时,会引起 L 、 C 的变化,又将引起晶体管参数的变化。温度升高时,导线、线圈骨架的热膨胀,都会使线直径、线圈长度增加(其中对线圈直径的影响最大),所以温度升高将使电感量增加,导致频率的

降低. 温度和气压的变化, 将影响电容器中介质的介电常数, 使电容量随之改变.

为减小温度的影响: (1) 把振荡器和谐振回路置于恒温系统中; (2) L 、 C 选用损耗较小和温度系数较小的品种, 电感的绕制采用膨胀系数很小的材料作骨架; (3) 采用具有正、负温度系数的电容相互进行补偿; (4) 电容采用受温度影响较小的云母电容.

机械震动将引起 L 、 C 等元件发生一定的形变, 为此要加入必要的减震、缓冲装置.

晶体管是非线性元件, 它的常数与其工作点有关. 电源电压的变化将直接引起工作点的变化, 所以必须提高电源电压的稳定度.

谐振回路的固有频率表示式为(1)式. 实际上它是一个近似值, 在 L 、 C 回路中总有损耗电阻 r 存在, 考虑到这个电阻的影响, L 、 C 回路的固有振荡频率应为(2)式, 式中 $Q = \omega L / r$ 为谐振的品质因素.

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} \tag{1}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} \sqrt{1 - \frac{1}{Q^2}} \tag{2}$$

当 Q 值愈高, (2) 式愈接近(1)式. 但当接上负载后, 负载的阻抗必然会反射到谐振回路的两端, 这相当于增加了回路的损耗电阻, 从而降低了回路的 Q 值, 结果引起频率的变化. 此外, 当负载为电容性时, 此电容是并联在 L 、 C 回路上的, 它将使回路电容的数值发生变化, 也将引起频率的变化. 所以要尽量减小回路的损耗, 并加大 L/C 值. 但电容的取值也不能太小, 否则会受布线的分布电容及杂散电容的影响, 从而影响频率的稳定性, 只能适当选取 L/C 值. 电感的分端绕法、蜂房绕法、扎绕法可减少线圈本身的分布电容. 在振荡回路与负载之间加入一级缓冲器, 可减少负载对振荡回路的反射影响. 外界电磁场的感应也将引起频率的变化, 所以要采取密闭、屏蔽等措施, 包括振荡器电路板、电感的屏蔽等.

图 2 中的框(3), 由 87C51 单片机及外围电路组成检测电路(主机). 如前所述, 当样品置于电感线圈 L 中或将线圈放置在待测点的平面上, 其电感的变化与视磁化率成正比. 若样品属顺磁性, 则 $L = L_0 + \Delta L$, L 值增大振荡频率变低. 反之, 样品为逆磁性时, L 值减小振荡频率变高. 这一微小的变化, 通过 87C51 控制检测.

主机电路结构如图 4 所示.

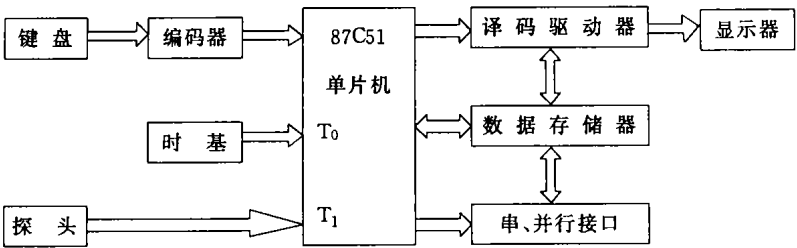


图4 87C51外围电路原理框图

仪器面板功能键经 4532 八位优先编码器, 对 87C51 发出控制指令. 10 MHz 晶振提供 0.1 μs 的计数时基脉冲, 来自探头的 470 Hz 信号, 经 N 分频后进入 T_0 端, 作为计数闸门. 当探头线圈内未放入样品时, 每按校准键一次, 闸门开启一次, 对 10 MHz 的时基脉冲进行计数. 该数为有效值为 8 位的十进制数, 是磁化率为零的空气介质的基准值, 存放于 87C51 的内部 R 寄

存器. 而将样品放于探头线圈内后, 每按测量键闸门开启一次, 这次的计数值与没有样品时的计数值相减, 余数即为所测得的样品的磁化率值. 仪器的测定值, 是事先把已知磁化率值的样品作为标样, 然后进行测量校正后确定. 校正方法十分简单, 只需对计数闸门时间作微小调整, 就可将测定值校正到标样的已知值. 因电感与磁化率成正比关系, 当振荡器的稳定度满足测量精度的要求时, 理论上, 测定值是线性的. 故磁化率值大的样品与磁化率值小的样品, 勿需作线性校正. 以上所述的测量值是视磁化率, 若需计算出的样品的真磁化率, 可利用近似球型样品的换算公式, 即:

$$K = \frac{K'}{1 - (4/3)\pi K'}$$

该仪器可对测量范围在+ 0.1 ~ + 9999 和- 0.1 ~ - 9999 单位的样品直观测量. 闸门时间为 1.2 s, 计数时基脉冲为 0.1 μ s, 显示器所示的 0.1 即为一个脉冲, 它代表 0.1 的磁化率值, 故闸门时间的稳定度应为 1×10^{-7} s, 这是智能化磁化率仪的关键技术. 测量数据一路经液晶驱动器 7211 送到液晶显示器, 另一路送到 62256 内存. 当需要传送数据时, 按打印键, 数据通过 TC232 接口电路串行输出, 或通过 74HC244 接口电路并行输出.

3 程序设计

图 5 为主机控制程序流程图.

4 结论

该仪器测量精度高, 实现了数据自动存储、输出; 速度快; 使用简便, 价格低廉. 经多家科研院所使用, 均得到好评.

为了进一步扩大本仪器的适用范围, 今后计划拟对仪器的传感器模块做进一步改进, 提高仪器的测量精度和稳定度, 实现物质各向异性的测定.

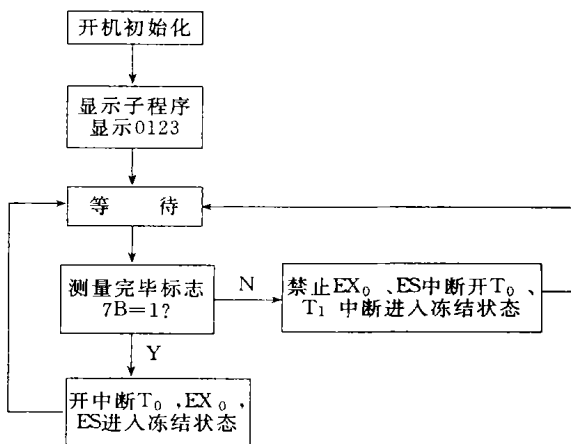


图5 87C51单片机汇编程序主流程图

致谢: 本文是在地理科学学院刘泽纯教授的支持和张静明高工的精心指导下完成的, 特此表示衷心的感谢!

[参考文献]

- [1] 郭贻诚. 铁磁学[M]. 北京: 人民出版社, 1992
- [2] 谭永泽, 郭绍. 磁法勘探教程[M]. 北京: 地质出版社, 1984
- [3] 薛钧义, 张彦斌. MCS-51、96 系列单片微型计算机及其应用[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 1990
- [4] 张肃文, 陆兆熊. 高频电子线路(上、下册)[M]. 北京: 高等教育出版社, 1995
- [5] 康华光. 电子技术基础(模拟部分, 数字部分)[M]. 北京: 高等教育出版社, 1991
- [6] 郑子礼. 单片微机及外围集成电路技术手册[M]. 北京: 光明日报出版, 1989
- [7] 王定章. 电子电路实验[M]. 南京: 南京大学出版社, 1992
- [8] 沈雷. CMOS 集成电路原理及应用[M]. 北京: 光明日报出版社, 1986

(下转第 63 页)

的比例因子(k_3)、修正因子(k_4); 各参数的给定值设定及各参数的报警值设定。但是, 以上设定都要输入正确的口令后才能修改。另外还具有手-自动切换及遥控功能。

4.2.4 实时趋势 有总实时趋势图及各参数分实时趋势图, 并可切换记录时间间隔, 例如 0.5min、1min、10min、60min。

4.2.5 帮助 具有在线帮助功能, 功能键 F1 可快捷地弹出帮助信息。

5 结论

该无土栽培的计算机监控系统在某园艺种植场投入运行后, 在现场进行了多次调试, 对各参数的设置进行了修改, 使营养液浓度的配置及大棚内温湿度控制要求都得到了可靠保证, 误差小于 $\pm 1\%$ 。整个系统运行稳定, 满足了设计要求, 不但可以全方位监控大棚植物的生长, 减轻了劳动强度, 而且为无土栽培蔬菜、花卉以至粮食作物反季节生产的自动化、工厂化开辟了广阔的前景。

[参考文献]

[1] 蔡自兴. 智能控制——基础与应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 1998

[2] Mike McKelvy, Ronald Martinsen. Visual Basic 5.0 开发使用手册[M]. 杨继平译. 北京: 机械工业出版社, 1997

Computer Monitoring and Controlling System of Soilless Culture

Di Liming¹, Fan Yihong²

(1. Department of Control Science and Engineering, Nanjing Normal University, Nanjing, 210042, PRC)

(2. Middle School of Nanjing Chemical Plant, Nanjing, 210038, PRC)

Abstract: This paper introduces the application of automation technology to agricultural soilless culture of vegetables or flowers. The hardware of the system can perform the following functions: automatic monitoring of temperature and humidity, making nutritious solution and all-weather environmental monitoring. The system operates steadily and reliably by adopting fuzzy controlling technology as well as multi-module and multi-section arithmetic method.

Key words: soilless culture; monitor and control; fuzzy control

[责任编辑: 严海琳]

(上接第 59 页)

Study of Intelligent Magnetic Susceptibility Instrument

Ye Chun, Chen Ye, Chen Shitao

(College of Geographical Science, Nanjing Normal University, Nanjing, 210097, PRC)

Abstract: This paper introduces a new kind of intelligent magnetic susceptibility instrument which combines sensor technology with microprocessor technology to measure susceptibility automatically indoors or outdoors. The instrument is characterized by automatic data storing and output, high precision, high speed, easy operation as well as low cost.

Key words: magnetic susceptibility; intelligent susceptibility instrument; monolithic processor

[责任编辑: 严海琳]