

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G01V 3/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200510031324.2

[45] 授权公告日 2006 年 12 月 27 日

[11] 授权公告号 CN 1292265C

[22] 申请日 2005.3.11

[21] 申请号 200510031324.2

[73] 专利权人 湖南继善高科技有限公司

地址 410012 湖南省长沙市潇湘大道岳麓
山国家大学科技园创业大厦

[72] 发明人 何继善

审查员 杨永康

[74] 专利代理机构 长沙星耀专利事务所

代理人 宁星耀 宁 冈

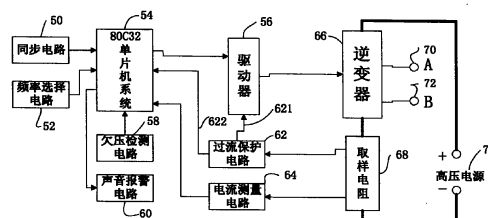
权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 3 页

[54] 发明名称

一种地电场伪随机三频地电响应测量装置

[57] 摘要

本发明公开了一种地电场伪随机三频地电响应测量装置，其包括伪随机三频信号发送机和伪随机双道三频地电场信号采集接收机，所述伪随机三频信号发送机包括单片机系统、驱动器、逆变器、直流高压电源、取样电阻、过流保护电路、电流测量电路、同步电路、频率选择电路，欠压检测电路和声音报警电路；所述伪随机双道三频地电场信号采集接收机由参数完全相同的至少两个三频波信号提取通道和单片机系统组成。利用本发明进行伪随机三频地电法勘探，可大大提高频率域地电法勘探的效率，节省能源，降低成本，可同时获得数个通道三个频率的相对相位资料，为发现硫化矿产的激电异常、分辨异常引起的原因和确定异常的性质，提供现有电探方法无法提供的宝贵资料。



1、一种地电场伪随机三频地电响应测量装置，其特征在于，其由伪随机三频信号发送机和伪随机双道三频地电场信号采集接收机构成，所述伪随机三频信号发送机包括单片机系统、驱动器、逆变器、直流高压电源、取样电阻、过流保护电路、电流测量电路、同步电路、频率选择电路，所述同步电路的输出端连接到单片机系统的中断输入端，频率选择电路的输出端连接到单片机系统的 I/O 口，单片机系统通过 I/O 口控制驱动器，驱动器连接到逆变器，直流高压电源与逆变器连接，逆变器的输出端与接线柱 A 和接线柱 B 连接，取样电阻与直流高压电源和逆变器连接，取样电阻的输出分两路，一路与过流保护电路连接，另一路与电流测量电路连接，过流保护电路的输出端通过信号线连接到驱动器，并通过另一信号线连接到单片机系统，电流测量电路的输出端连接到单片机系统的 I/O 口；所述伪随机双道三频地电场信号采集接收机由参数完全相同的至少两个三频波信号提取通道和单片机系统组成，每个信号提取通道由电场传感器、共同通道、低频通道、中频通道、高频通道、A/D 转换电路和定时与控制逻辑电路组成，所述电场传感器的输出端连接到共同通道的输入端，共同通道的输出端分别连接到低频通道、中频通道和高频通道的输入端，低频通道、中频通道和高频通道的输出端分别连接到 A/D 转换电路的输入端，A/D 转换电路的输出端通过 I/O 接口线再连接到单片机系统，单片机系统通过 I/O 接口线连接到定时与控制逻辑电路；所述直流高压电源电压为 20-1000V。

2、根据权利要求 1 所述的地电场伪随机三频地电响应测量装置，其特征在于，所述伪随机三频信号发送机还包括有欠压检测电路和声音报警电路，所述欠压检测电路的输出端连接到单片机系统的 I/O 口，单片机系统通过 I/O 口

连接到声音报警电路。

3、根据权利要求1或2所述的地电场伪随机三频地电响应测量装置，其特征在于，所述三频波信号提取通道之电场传感器的输出端连接到高通滤波电路的输入端，高通滤波电路的输出端连接到前置放大电路的输入端，前置放大电路的输出端连接到低通滤波电路的输入端，中级放大电路的输入端连接到低通滤波电路的输出端，中级放大电路的输出端通过信号线分别连接到低频带通滤波电路、中频带通滤波电路、高频带通滤波电路的输入端；低频带通滤波电路的输出端连接到低频放大器的输入端，低频放大器的输出端连接到低频检波与积分电路的输入端，低频检波与积分电路输出端连接到积分式 A/D 转换电路的输入端；中频带通滤波电路的输出端连接到中频放大器的输入端，中频放大器的输出端连接到中频检波与积分电路的输入端，中频检波与积分电路输出端连接到积分式 A/D 转换电路的输入端；高频带通滤波电路的输出端连接到高频放大器的输入端，高频放大器的输出端连接到高频检波与积分电路的输入端，高频检波与积分电路输出端连接到积分式 A/D 转换电路的输入端；积分式 A/D 转换电路的输出端连接到单片机系统的输入端，单片机系统通过 I/O 接口线连接到定时与控制逻辑电路；所述共同通道由高频滤波电路、前置放大电路、低通滤波电路、中级放大电路依次串联组成。

4、根据权利要求1或2所述的地电场伪随机三频地电响应测量装置，其特征在于，所述直流高压电源电压为 200-600V。

5、根据权利要求3所述的地电场伪随机三频地电响应测量装置，其特征在于，所述直流高压电源电压为 200-600V。

一种地电场伪随机三频地电响应测量装置

技术领域

本发明涉及一种地电场伪随机三频地电响应测量装置，尤其是涉及一种地球物理勘查中能同时提供含有三个主频率的电流，同时测量三个主频率的地电响应，包括响应电位差的振幅和相对相位的测量装置。

背景技术

现有的频率域电法勘探方法，不论是频率域电磁法，还是频率域激电法，采用的供电电流大多只含有一个主频率，例如变频法和奇次谐波法。为了获得不同频率的地电场响应（这意味着不同的探测深度或者不同的地电化学特点），或者需要改变频率（变频法），或者因获得的信号太弱而需要提供强大的电流（奇次谐波法）。这两类方案都不利于提高地电场观测的效率和精度，也无法获得相对相位的资料，不能提供分辨矿体和/或非矿的信息。本发明者曾经提出过一次同时供、测两个频率地电场响应的双频电法，但其观测效率仍然较低。

发明内容

本发明的目的在于克服上述现有勘查地球物理电法勘探所使用的地电场供电方式与测量装置的缺陷，提供一种勘探效率高，劳动强度低，节省能源的地电场伪随机三频双通道地电响应测量装置。

本发明的技术方案如下。

本发明之地电场伪随机三频地电响应测量装置包括伪随机三频信号发送机和伪随机双道三频地电场信号采集接收机。

所述伪随机三频信号发送机包括单片机系统、驱动器、逆变器、直流高压电源、取样电阻、过流保护电路、电流测量电路、同步电路、频率选

择电路；优选方案还包括有欠压检测电路和声音报警电路。所述同步电路的输出端连接到单片机系统的中断输入端，频率选择电路的输出端连接到单片机系统的 I/O 口，单片机系统通过 I/O 口控制驱动器，驱动器连接到逆变器，直流高压电源与逆变器连接，逆变器的输出端与接线柱 A 和接线柱 B 连接。取样电阻与直流高压电源和逆变器连接，取样电阻的输出分两路，一路与过流保护电路连接，另一路与电流测量电路连接，过流保护电路的输出端通过信号线连接到驱动器，并通过另一信号线连接到单片机系统。电路测量电路的输出连接到单片机系统的 I/O 口。所述欠压检测电路的输出端也连接到单片机系统的 I/O 口，单片机系统通过 I/O 口连接到声音报警电路。

所述直流高压电源电压可在 20-1000V 间(含两个端点)选择，优选 200-600V。

所述伪随机双道三频地电场信号采集接收机由参数完全相同的至少两个三频波信号提取通道和单片机系统组成，每个信号提取通道由电场传感器、共同通道、低频通道、中频通道、高频通道、A/D 转换电路和定时与控制逻辑电路组成，所述电场传感器的输出端连接到共同通道的输入端，共同通道的输出端分别连接到低频通道、中频通道和高频通道的输入端，低频通道、中频通道和高频通道的输出端分别连接到 A/D 转换电路的输入端，A/D 转换电路的输出端通过 I/O 接口线再连接到单片机系统，单片机系统通过 I/O 接口线连接到定时与控制逻辑电路。

以下所述为信号提取通道更具体的一种结构。

电场传感器的输出端连接到高通滤波电路的输入端，高通滤波电路的输出端连接到前置放大电路的输入端，前置放大电路的输出端连接到低通滤波电路的输入端，中级放大电路的输入端连接到低通滤波电路的输出端，中级放大电路的输出端通过信号线分别连接到低频带通滤波电路、中频带通滤波电路、高

频带通滤波电路的输入端；低频带通滤波电路的输出端连接到低频放大器的输入端，低频放大器的输出端连接到低频检波与积分电路的输入端，低频检波与积分电路输出端连接到积分式 A/D 转换电路的输入端；中频带通滤波电路的输出端连接到中频放大器的输入端，中频放大器的输出端连接到中频检波与积分电路的输入端，中频检波与积分电路输出端连接到积分式 A/D 转换电路的输入端；高频带通滤波电路的输出端连接到高频放大器的输入端，高频放大器的输出端连接到高频检波与积分电路的输入端，高频检波与积分电路输出端连接到积分式 A/D 转换电路的输入端；积分式 A/D 转换电路的输出端连接到单片机系统的输入端，单片机系统 40 通过 I/O 接口线连接到定时与控制逻辑电路。

共同通道由高通滤波电路、前置放大电路、低通滤波电路、中级放大电路依次串联组成。

所述信号提取通道一般为两个，也可以为三个或更多个。

以上所述各种电路均可从有关公知电路中选用。

测量时宜采用如附图 1 所示的电流波形作为测量电流波形，使供入地下的电流按图 1 (a) 或 (b) 所示的波形变化，在数学上，图 1 (a) 所示的波形可写为：

$$\begin{aligned}
 I_0 & \quad -T/2 < t < -T/8 \\
 I(t) = -I_0 & \quad -T/8 < t < 0 \\
 I_0 & \quad 0 < t < T/8 \\
 -I_0 & \quad T/8 < t < T/2
 \end{aligned} \tag{1}$$

而图 1 (b) 的波形可写为：

$$\begin{aligned}
 I_0 & \quad -T/2 < t < -11T/32 \\
 -I_0 & \quad -11T/32 < t < -10T/32
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& I_0 & -10T/32 < t < -9T/32 \\
& -I_0 & -9T/32 < t < -8T/32 \\
& I_0 & -8T/32 < t < -3T/32 \\
& -I_0 & -3T/32 < t < -2T/32 \\
& I_0 & -2T/32 < t < -T/32 \\
I(t) = & -I_0 & -T/32 < t < 0 & (2) \\
& I_0 & 0 < t < T/32 \\
& -I_0 & T/32 < t < 2T/32 \\
& I_0 & 2T/32 < t < 3T/32 \\
& -I_0 & 3T/32 < t < 8T/32 \\
& I_0 & 8T/32 < t < 9T/32 \\
& -I_0 & 9T/32 < t < 10T/32 \\
& I_0 & 10T/32 < t < 11T/32 \\
& -I_0 & 11T/32 < t < T/2
\end{aligned}$$

公式(1)表示的电流,三个主频率分别是 f 、 $2f$ 和 $4f$,三者的振幅分别是 $0.9003I_0$ 、 $0.6366I_0$ 和 $0.6366I_0$,三者在总能量中占有的份额分别是40.53%、20.26%和20.26%,三者能量之和占了供入地下的总能量的80%以上。

公式(2)表示的电流,三个主频率分别是 f 、 $4f$ 和 $16f$,三者的振幅分别是 $0.6626I_0$ 、 $0.6366I_0$ 和 $0.6366I_0$,三者在总能量中占有的份额分别是21.95%、20.26%和20.26%,三者能量之和占了供入地下总能量的60%以上。

还可以设计其他多种频率间隔和/或能量分配与公式(1)、(2)不同的伪随机三频电流。但经过实验筛选,以上述两种形式的伪随机三频电流更加适合勘查地球物理的需要。

伪随机三频振幅及相对相位测量的原理如下：

在频率域电磁法中，探测深度与供入地下的电流的频率有如下关系：

$$D=356\sqrt{\rho/f} \quad (3)$$

(3) 式中， D 是探测深度， ρ 是被探测物质的电阻率， f 是供入地下的电流的频率。(3) 式表明，送入地下的电流的频率越低，探测深度越大。将如图 1 所示的含有三个主频率的人工电流供入地下，就能一次获得三个深度的地电响应信息。

在频率域激电法中，地下是否存在金属矿产一类的地质目标，一方面反映为地电场电位差响应的振幅的差异，这种差异可用下式定义的叫做幅频率的参数来衡量：

$$F_s=(|\Delta V_b|-|\Delta V_c|)/|\Delta V_c| \quad (4)$$

(4) 式中， F_s —幅频率， ΔV_b —低频响应电位差， ΔV_c —高频响应电位差。

另一方面，也反映为高、中、低频响应的相对相位差：

$$\Delta\varphi_{D-Z}=\varphi_D-\varphi_Z \quad \Delta\varphi_{Z-G}=\varphi_Z-\varphi_G \quad (5)$$

(5) 式中， φ_D —低频电位差响应的相位， φ_Z —中频电位差响应的相位， φ_G —高频电位差响应的相位， $\Delta\varphi_{D-Z}$ —低频电位差响应相对于中频电位差响应的相位差， $\Delta\varphi_{Z-G}$ —中频电位差响应相对于高频电位差响应的相对相位差。根据已知的实验结果，这种相对相位差能够提供分辨矿抑或非矿的信息。

本发明之测量装置及方法既可以进行频率域视复电阻率的测量，又可以进行频率域激发激化的测量，其测量电流提供方式能够一次提供同时含有三个主频率成分的电流，这三个主频率成分含有的能量大体相等，三者之和占了总供电能量的大部分；这种测量方式能够同时测量三个主频率的地电响应的信息，包括振幅和相对相位，尤其是能够从三个频率的相对相位资料获得分辨矿和/或非

矿，查明地下目标体性质的重要信息。

由于本发明测量装置每一个通道都能同时测量三个频率的地电场响应，从而做到一次获得 3 个频率地电场响应的信息组合，包括视复电阻率、视幅频率和相对相位，大大提高了电法勘探的工作效率，克服了以往人工源电法勘探效率低下的缺点。

本发明还克服了现有电法勘探需要改变频率，或者能量分布不平衡，除了一个主频率以外其他奇次谐波信号强度过小，难以观测的缺陷。

利用本发明进行伪随机三频电法勘探，由于能够同时获得两个通道或更多通道三个频率的地电资料，大大提高了频率域电法勘探的效率，缩短物探野外工作的时间，降低劳动强度，节省能源，降低成本。尤其重要的是，同时获得数个通道三个频率的相对相位资料，为发现硫化矿产的激电异常、分辨异常引起的原因和确定异常的性质，提供了现有电探方法无法提供的宝贵资料。

附图说明

图 1 为本发明实施例的伪随机三频电流波形图；

图 2 为本发明实施例之伪随机三频信号发送机构成方框图；

图 3 为图 2 所示实施例之伪随机双道三频地电场信号接收机构成方框图；

图 4 为图 3 所示通道 1 三频地电场信号采集接收原理示意框图；

图 5 黄铁矿与石墨标本的 $F_s - \ln(w)$ 曲线；

图 6 伪随机三频相对相位测量的理论分析；

图 7 伪随机三频相对相位测量区分硫化矿与石墨的实验结果。

具体实施方式

下面结合附图对本发明作进一步说明。

参照图 2-4，本实施例之地电场伪随机三频地电响应测量装置包括伪随机三

频信号发送机和伪随机双道三频地电场信号采集接收机。

所述伪随机三频信号发送机的结构如图 2 所示,由 80C32 单片机系统 54、驱动器 56、逆变器 66、直流直流高压电源 74、取样电阻 68、过流保护电路 62、电流测量电路 64、同步电路 50 、频率选择电路 52、欠压检测电路 58 和声音报警电路 60 组成。

同步电路 50 的输出端连接到 80C32 单片机系统 54 的中断输入端,频率选择电路 52 的输出端连接到 80C32 单片机系统 54 的 I/O 口,80C32 单片机系统 54 通过 I/O 口控制驱动器 56,驱动器 56 连接到逆变器 66,直流高压电源 74 与逆变器 66 连接,逆变器 66 的输出端与接线柱 A 70 和接线柱 B 72 连接。取样电阻 68 与直流高压电源 74 和逆变器 66 连接,取样电阻 68 的输出端分两路,一路与过流保护电路 62 连接,另一路与电流测量电路 64 连接,过流保护电路 62 的输出端通过信号线 621 连接到驱动器 56,通过信号线 6222 连接到 80C32 单片机系统 54。电路测量电路 64 的输出端连接到 80C32 单片机系统的 I/O 口。欠压检测电路 58 的输出端连接到 80C32 单片机系统 54 的 I/O 口。80C32 单片机系统 54 通过 I/O 口连接到声音报警电路 60。

80C32 单片机系统 54 根据同步电路 50 和频率选择电路 52 的输入端,产生一定频率和相位的伪随机三频波信号,三频信号通过驱动器 56 控制逆变器 66 工作,逆变器将直流高压电源 74 变换成三频波信号,通过接线柱 A 70 和接线柱 B 72 供入大地。

供电电流信号通过取样电阻 68 产生,电流测量电路 64 对供电电流放大和 A/D 转换后输入端 80C32 单片机系统 54,由 80C32 单片机系统 54 显示供电电流大小。同时,取样电阻 68 产生的供电电流信号送入过流保护电路 62,过流保护电路 62 的输出端通过信号线 621 连接到驱动器 56,如果供电电流超过发

送机允许值，过流保护电路 62 向驱动器发出锁定信号，让驱动器 66 停止工作，同时通过信号线 622 通知单片机系统 54，单片机系统 54 收到过流信号后，停止三频波的发送工作，同时通过声音报警电路 60 发出报警信号。

欠压检测电路 58 监控发送机的各种电源电压，当电压电源低于设定值时，欠压检测电路 58 向 80C32 单片机系统 54 发出报警信号。80C32 单片机系统 54 收到报警信号后发出声音报警，提示用户关机，停止三频波的发送工作。

所述伪随机双道三频地电场信号采集接收机构成如图 3 所示，由参数完全相同的两个三频波信号提取通道（通道 1 和通道 2）和 80C32 单片机系统 40 组成，通道 1 由电场传感器 10、共同通道 12、低频通道 14、中频通道 16、高频通道 18、A/D 转换电路 20 和定时与控制逻辑电路 22 组成，电场传感器 10 的输出端连接到共同通道 12 的输入端，共同通道 12 的输出端分别连接到低频通道 14、中频通道 16 和 高频通道 18 的输入端，低频通道 14、中频通道 16 和 高频通道 18 的输出端分别连接到 A/D 转换电路 20 的输入端，A/D 转换电路 20 的输出端通过 I/O 接口线 201 连接到单片机系统 40，单片机系统 40 通过 I/O 接口线 201 连接到定时与控制逻辑电路 22。通道 2 由电场传感器 24、共同通道 26、低频通道 28、中频通道 30、高频通道 32、A/D 转换电路 34 和定时与控制逻辑电路 32 组成，在参数和结构上与通道 1 完全相同。通道 1 的测量结果通过数据线 201 送到 80C32 单片机系统 40，通道 2 的测量结果通过数据线 202 送到 80C32 单片机系统 40。

由于两个通道的工作原理完全相同，现仅就通道 1 的工作原理作出说明。电场传感器 10 将三频波地电场信号转换成需要的三频电位差信号，该信号经共同通道 12 放大和滤波后，分三路分别进入低频通道 14、中频通道 16、高频通道 18。低频通道 14 将三频波中的低频信号分离和提取出来，中频通道 16 将三

频波中的中频信号分离和提取出来，高频通道 18 将三频波中的中频信号分离和提取出来，在定时与控制逻辑 电路 22 的控制下，低频通道 14、中频通道 16、和 高频通道 18 的输出端依次进入 A/D 转换电路 20，A/D 转换电路 20 的输出端通过数据线 201 进入单片机系统 40，由单片机系统 40 计算和显示测量结果。

图 4 是图 3 所示的通道 1 三频波地电场信号采集部分结构的更详细的示意图。

电场传感器 10 的输出端连接到高通滤波电路 121 的输入端，高通滤波电路 121 的输出端连接到前置放大电路 122 的输入端，前置放大电路 122 的输出端连接到低通滤波电路 123 的输入端，中级放大电路 124 的输入端连接到低通滤波电路 123 的输出端，中级放大电路 124 的输出端通过信号线 1241、信号线 1242、信号线 1243 分别连接到低频带通滤波电路 143、中频带通滤波电路 163、高频带通滤波电路 183 的输入端；低频带通滤波电路 143 的输出端连接到低频放大器 142 的输入端，低频放大器 142 的输出端连接到低频检波与积分电路 141 的输入端，低频检波与积分电路 141 连接到积分式 A/D 转换电路 20 的输入端；中频带通滤波电路 163 的输出端连接到中频放大器 162 的输入端，中频放大器 162 的输出端连接到中频检波与积分电路 161 的输入端，中频检波与积分电路 161 连接到积分式 A/D 转换电路 20 的输入端；高频带通滤波电路 183 的输出端连接到高频放大器 182 的输入端，高频放大器 182 的输出端连接到高频检波与积分电路 181 的输入端，高频检波与积分电路 181 输出端连接到积分式 A/D 转换电路 20 的输入端；积分式 A/D 转换电路 20 的输出端连接到单片机系统 40 的输入端，单片机系统 40 通过 I/O 接口线连接到定时与控制逻辑电路 22。

共同通道 12 由高频滤波电路 121、前置放大电路 122、低通滤波电路 123、中级放大电路 124 依次串联组成。

电场传感器 10 的输出端连接到高通滤波电路 121，高通滤波电路 121 压制了三频波地电场信号中的直流和低频干扰，前置放大电路 122 对信号进行放大后，进入低通滤波电路 123，该电路压制信号中的高频干扰，信号中的高频干扰压制后，中级放大电路 124 对三频波地电场信号进行进一步放大。中级放大器 124 的输出端通过信号线 1241、信号线 1242 和信号线 1243 分别连接到低频带通滤波电路 143、中频带通滤波电路 163 和低频带通滤波电路 183。因此共同通道 12 的作用是对三频波地电场信号中所有三个频率的信号进行滤波和放大，压制信号中的低频和高频干扰，使三频波信号得到有效放大。

低频通道 14、中频通道 16 和高频通道 18 的电路结构相同，但电路参数不同，它们的作用是将三频波信号中的低频、中频和高频信号提取出来。现仅说明低频通道 14 的工作原理。

低频带通滤波电路 143 将三频波信号中的低频信号分离出来，通过低频放大器 142 放大到需要的幅度，然后进入低频检波与积分电路 141，该电路将三频波中的低频信号转换成直流信号，积分式 A/D 转换电路 20 对低频检波与积分电路的输出端进行 A/D 转换，转换结果进入单片机系统 40。

单片机系统 40 通过定时与控制逻辑电路 22 对共同通道 12、低频通道 14、中频通道 16 和高频通道 18 的中的放大器、积分式 A/D 转换电路 20 进行控制，使测量过程按设计要求进行。

直流高压电源 74 电压为 500V。

使用本发明之伪随机三频双通道地电响应测量装置进行地电响应的振幅和相对相位的测量可在不改变频率的条件下一次获得三个频点两个通道包括视电阻率、视幅频率、相对相位在内的六组共 18 个参数，大大提高电法勘探的工作效率，节省工作时间，减轻劳动强度，节约能源，降低成本。在频率域电磁法

中，能够一次获得三个深度的视电阻率。而在频率域激电法中，能够一次获得三个频点的视幅频率和相对相位。

采用本发明的最大优点是能够提供区分矿和/或非矿的宝贵资料。下面举例说明。

图 5 是黄铁矿与石墨的 $F_s - \ln(w)$ 曲线，两条曲线具有类似的特征，单凭 $F_s - \ln(w)$ 曲线难以区分二者的性质。但是，黄铁矿和石墨各自具有不同的激电相位特征，如图 6。黄铁矿的 $j - \ln f$ 曲线的峰值在较高的频率，而石墨的 $j - \ln f$ 曲线的峰值出现的频率要低得多。因此对于黄铁矿而言三个频率相位的相对关系为 $j_c > j_z > j_b$ ，石墨三个频率相位的相对关系为 $j_b > j_z > j_c$ 。它们不同的频率特性使得可以用伪随机三频相对相位测量来区分它们。附图 7 是用伪随机三频相对相位测量区分硫化矿与石墨的实验结果，在磁黄铁矿上的实验结果（附图 7（a））和石墨上的实验结果（附图 7（b））分别具有前述的相对相位特征，而当黄铁矿与石墨共存时二者的相对相位特征仍很清楚，彼此能够很好地区分。

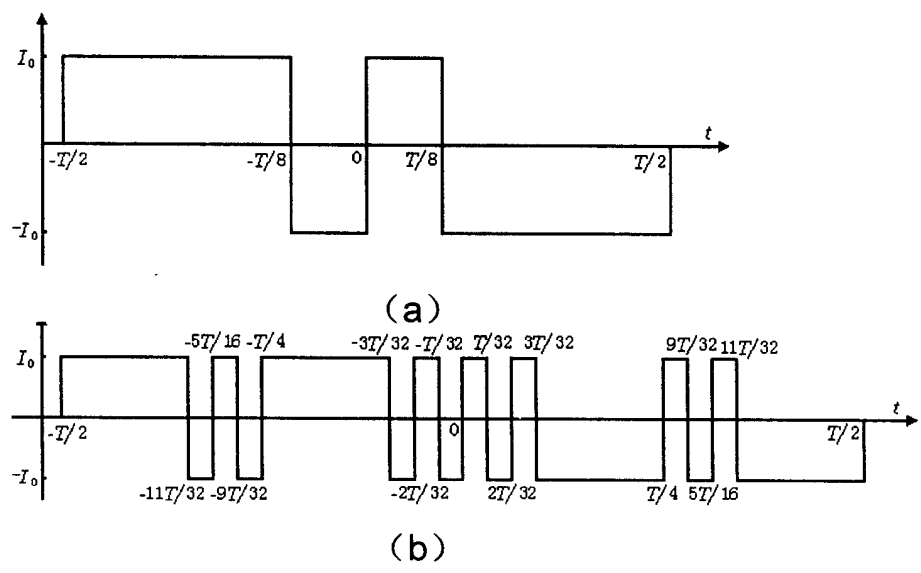


图 1

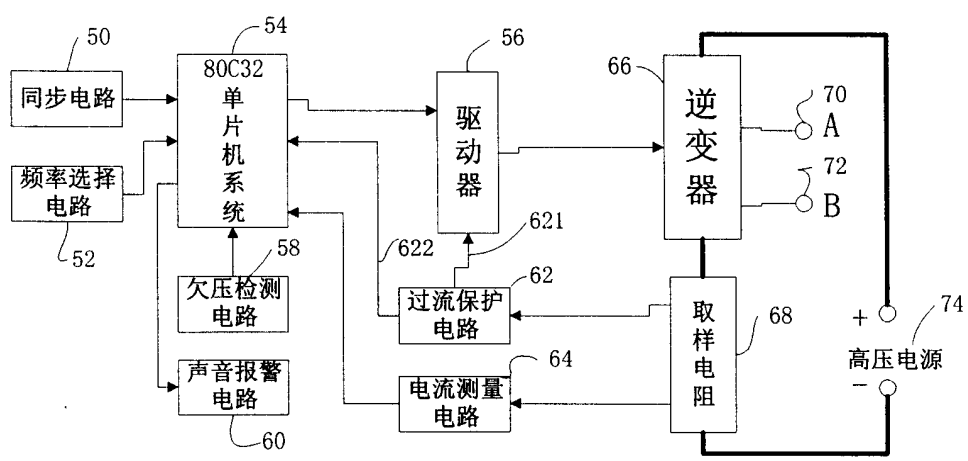


图 2

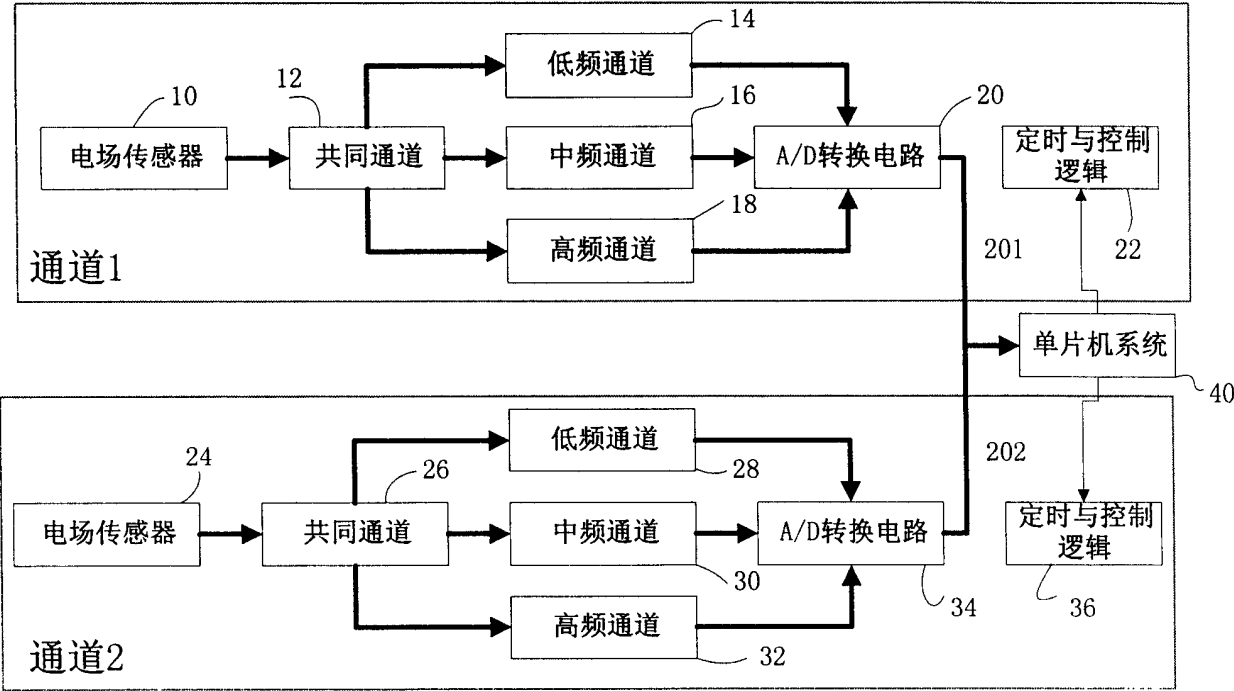


图 3

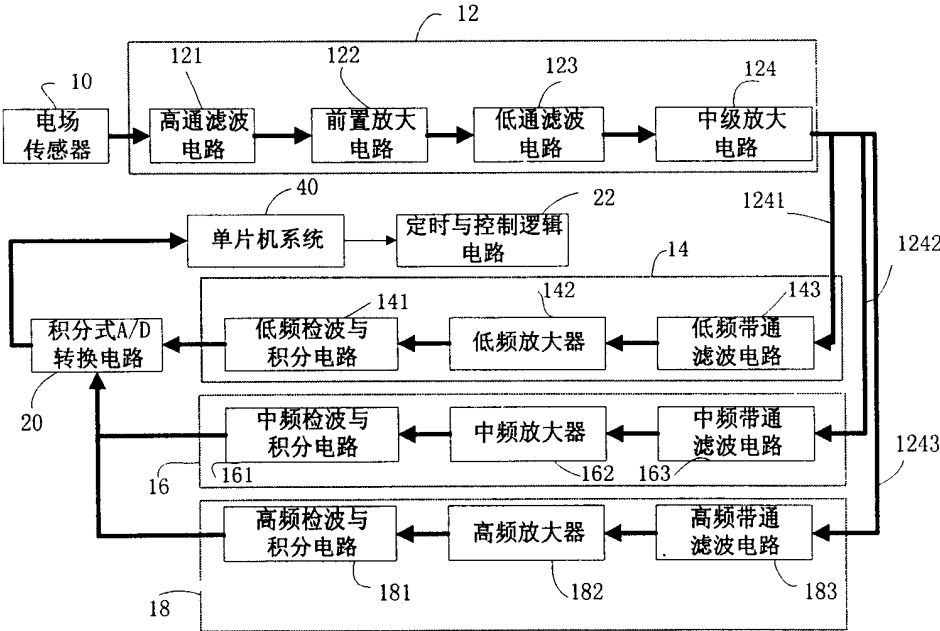


图 4

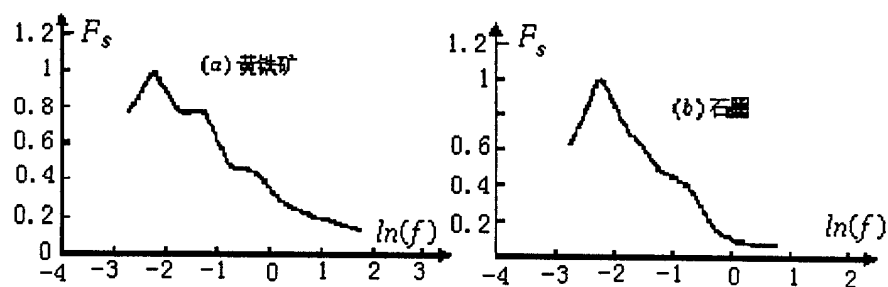


图 5

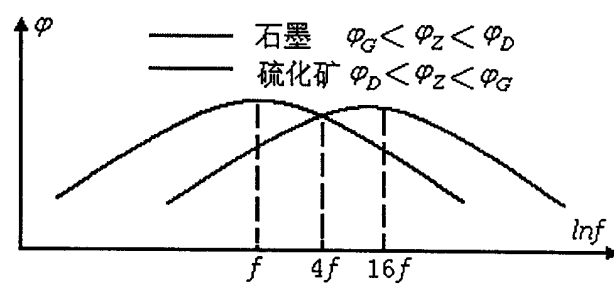


图 6

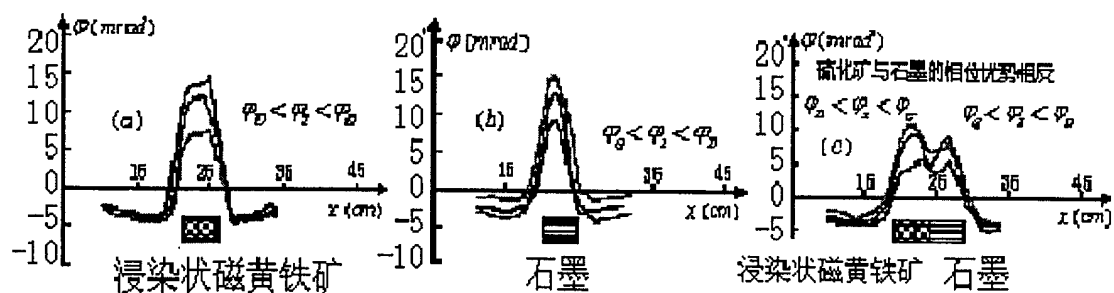


图 7