



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102012525 A

(43) 申请公布日 2011. 04. 13

(21) 申请号 201010596870. 1

(22) 申请日 2010. 12. 21

(71) 申请人 吉林大学

地址 130012 吉林省长春市前进大街 2699 号

(72) 发明人 林君 张文秀 刘长胜 陈健

周逢道 王艳 徐汶东 薛开昶

(74) 专利代理机构 长春吉大专利代理有限责任公司 22201

代理人 王立文

(51) Int. Cl.

G01V 3/08 (2006. 01)

G01V 3/11 (2006. 01)

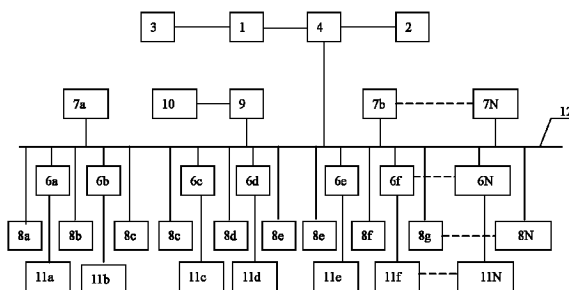
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 3 页

(54) 发明名称

分布式多参数深部电磁断面成像系统及测量方法

(57) 摘要

本发明涉及一种分布式多参数深部电磁断面成像系统及测量方法。是由 1 个主控站和 N 个采集站组成, 主控站与 N 个采集站之间通过多芯复用电缆实现总线式网络连接, 多芯复用电缆中包含通讯总线、IP 供电导线和测量电极引线。主控站兼有主控中心和采集功能, 通过液晶屏和键盘进行人机交互, 控制采集站进行参数设置, 数据采集和数据回传。系统测量时不需要改变发射和接收系统的位置即可在同一测线上依次进行 IP 和 CSAMT 测量。一套仪器两种功能, 一次布设多点同步接收, 主控站测量电场和磁场信号, 采集站只测量电场信号, 从而获得地质体多种参数, 不同测量方法的参数能够相互验证, 提高了测量精度、效率和可靠性, 降低了设备投资和野外工作成本。



1. 一种分布式多参数深部电磁断面成像系统，其特征在于，可控源供电电极(2)通过电缆经选择开关(4)与发射机(1)连接，可控源供电电极或IP无穷远供电电极(3)通过电缆与发射机(1)连接，多芯复用电缆(12)通过电缆和选择开关(4)与发射机(1)连接，磁场传感器(10)与主控站(9)连接，一个以上乃至N个IP供电电极(11)经一个以上乃至N个IP移动电极切换盒(6)与多芯复用电缆(12)连接，一个以上乃至N个采集站(7)通过多芯复用电缆(12)与主控站(9)连接，不极化电极(8a)、(8b)和(8c)通过多芯复用电缆(12)与采集站(7a)连接，不极化电极(8c)、(8d)和(8e)通过多芯复用电缆(12)与主控站(9)连接，不极化电极(8e)、(8f)和(8g)通过多芯复用电缆(12)与采集站(7b)连接，乃至不极化电极(8x)、(8y)和(8N)通过多芯复用电缆(12)与采集站(7N)连接构成。

2. 按照权利要求1所述的分布式多参数深部电磁断面成像系统，其特征在于，主控站(9)是由工控机分别与液晶显示屏、键盘、鼠标、通信模块和硬盘连接，多通道同步数据采集单元经单片机与工控机连接构成。

3. 按照权利要求1所述的分布式多参数深部电磁断面成像系统，其特征在于，采集站(7)是由一个以上乃至N个独立的测量通道与FPGA连接，每个测量通道由阻抗匹配电路经模拟调理电路与A/D转换器连接。FPGA分别与校准信号产生电路、时钟同步电路、SRAM、微控制器连接，微控制器分别与U盘存储器和通信模块连接，接地电阻测量电路或者校准信号产生电路经开关与阻抗匹配电路连接构成，电池经DC-DC模块给采集站(7)供电。

4. 按照权利要求3所述的分布式多参数深部电磁断面成像系统，其特征在于，模拟信号调理电路是由阻抗匹配电路经前置放大器、工频陷波器、程控放大器I和低通滤波器与程控放大器II连接，或者阻抗匹配电路经前置放大器、程控放大器I和低通滤波器与程控放大器II连接，前置放大器与自然电位补偿D/A连接构成。

5. 按照权利要求3所述的分布式多参数深部电磁断面成像系统，其特征在于，GPS模块经串行数据读取电路和比较器连接，微控制器亦和比较器连接，比较器和GPS模块与D触发器连接，D触发器与外触发信号和与门连接，恒温晶振经倍频电路和与门与分频电路连接。

6. 按照权利要求1所述的分布式多参数深部电磁断面成像系统测量方法，其特征在于，包括以下顺序和步骤：

a、首先进行IP测量，采用双边三极观测装置，即在每个IP供电电极接通发射时，在其左右两边所有接收系统同时采集数据，IP测量时分布式多参数深部电磁断面成像系统的连接方式为：发射机(1)输出一端连接可控源供电电极或IP无穷远供电电极3，此时可控源供电电极或IP无穷远供电电极(3)作为IP无穷远供电电极，通过选择开关(4)使发射机(1)的另一端与多芯复用电缆(12)中的供电线连接，磁场传感器(10)与主控站(9)断开连接；

b、测量过程为：主控站(9)首先使IP移动电极切换盒(6a)导通，其他IP移动电极切换盒(6b)，(6c)...(6N)断开，发射机(1)通过IP无穷远供电电极(3)和IP供电电极(11a)向地下供入电流，主控站(9)与所有采集站(7a)，(7b)...(7N)同步采集不极化电极(8a)，(8b)...(8N)拾取的电场信号；

c、采集完毕后，主控站(9)使IP移动电极切换盒(6b)导通，其他IP移动电极切换盒(6a)，(6c)...(6N)断开，发射机通过IP无穷远供电电极(3)和IP供电电极(11b)向地下供入电流，主控站(9)与所有采集站(7a)，(7b)...(7N)同步采集不极化电极(8a)，(8b)...(8N)拾取的电场信号，重复上述测量过程，依次使IP移动电极切换盒(6c)，(6d)...(6N)导通，直至所有测量完毕，测量时务必保证每次测量只有一个IP移动电极切换盒导通，其余均处于断开状态；

d、IP测量完毕后，野外现场对数据进行初步处理，提取视电阻率、视极化率，绘制断面图，获得测线下方浅部视电阻率和视极化率异常的水平位置及深度信息，根据这些信息确定CSAMT测量的频率范围；

e、IP测量完毕及数据成像后，进行CSAMT测量，CSAMT测量时分布式多参数深部电磁断面成像系统的连接方式为：发射机1和分布式接收机的位置与IP测量时保持不变，发射机1输出一端连接可控源供电电极或IP无穷远供电电极(3)，此时(3)作为CSAMT供电电极，通过选择开关(4)使发射机(1)另一端与可控源供电电极(2)连接，发射系统与接收系统完全分离，将磁场传感器(10)与主控站(9)连接用于测量磁场；

f、测量过程为：发射机按照设定的频率表逐个频率通过CSAMT供电电极(2)和可控源供电电极或IP无穷远供电电极(3)向大地输入电流，主控站(9)与所有采集站(7a)，(7b)...(7N)同步采集由不极化电极(8a)，(8b)...(8N)拾取的电场信号和磁场传感器(10)拾取的磁场信号，直至所有频率均测量完毕；

g、CSAMT测量完毕后，对CSAMT数据进行处理，提取电场和磁场数据的幅度和相位，计算视电阻率和阻抗相位；对IP数据和CSAMT数据进行反演成像，将CSAMT获得的从浅到深的视电阻率断面图与IP获得的浅部直流视电阻率断面图和视极化率断面图进行比较分析，从而获得地下深部地质构造、固体矿产或液体矿产赋存状态信息。

分布式多参数深部电磁断面成像系统及测量方法

技术领域：

[0001] 本发明涉及一种地球物理勘探设备及探测方法，尤其是将激发极化法和可控源音频大地电磁法组合成一体地球物理勘探设备及勘探方法。

背景技术：

[0002] 激发极化法，简称为激电法 (Induced Polarization Method, 缩写为 IP)，是寻找矿产资源最为有效的一种地球物理勘探方法，特别对与磁法和其他电法找矿效果欠佳的无磁或弱磁性黑色金属矿、呈浸染状结构的硫化多金属矿效果明显，与电阻率类方法相比，其优越性表现为：只有电子导体才能引起明显的激电异常，地形或非极化岩石的不均匀性不会引起激电异常。由于激发极化法测量时电极装置与电阻率法相同，亦通过改变极距来改变探测深度，属于尺度测深，供电极距增大会带来电磁耦合等问题而影响解释效果，因此该方法探测深度有限。可控源音频大地电磁测深法 (Controlled Source audio-frequency magnetotelluric, 缩写为 CSAMT) 是在大地电磁法 (MT) 的基础上发展起来的一种人工源频率域电磁测深方法，通过在有限长接地导线或不接地线圈中供入音频电流，以产生相应频率的电磁场，在距发射源十几公里的测线上接收相互正交的电磁场分量，通过改变频率测量不同深度的卡尼亚电阻率。由于采用人工场源且收发距较大，因此该方法具有抗干扰能力强，探测深度大等优点。主要用于寻找深部隐伏金属矿，地热、油气藏和煤田探测等。由于该方法只能给出地下介质的电性结构差异，而引起电性差异的因素很多，因此无法直接指示探测目标体的种类及性质。

[0003] 如果将激发极化法寻找金属矿效果显著和可控源音频大地电磁测深法探测深度大的优势联合起来，先通过 IP 测量寻找到激电异常区，同时 IP 测量获得的浅部电阻率信息指导 CSAMT 测量频率范围的设计，再利用 CSAMT 刻画激电异常区深部的电性结构，两者结果结合将大大提高寻找目标体的准确度和深度。如果采用两种设备投资太大，测量时需要做大量的重复劳动，需要移动发射装置，浪费人力并且效率低下。

[0004] CN1137640A 公布了一种用于地球物理勘探的多功能电磁遥测系统，由中心主控站、多个数据采集分站和场源发送装置组成，采用无线通讯技术或者标准 RS232 串行接口电缆在中心站与各分站及发射装置之间构成一个联络网，采集分站为各测点就近处防止的采集器，信号进入采集器中，经过模拟信号预处理，数字量化后再发送回中心控制站，中心控制站发布各种作业命令、回收存盘各分量数据、现场物探数据处理、结果成图显示及打印；发送装置向被测区大地供给大功率电性或磁性激发场源，该发明变革了以往的电探数据采集系统的总体结构模式，变集中采集为就近采集，变模拟信号传输为数字信号传输，具有模拟信号受影响小、系统轻便、通道扩展灵活等优点。不足是采集分站多道模拟信号需要依次通过多路转换器进入公共的数字量化部分，难以满足精确相位测量的需要。多种方法测量时，不同方法的测量结果之间缺少联系，需要多次移动发送装置位置，难以实现快速获取多种方法测量参数。

发明内容：

[0005] 本发明的目的就是针对上述现有技术的不足，提供一种融合 IP 和 CSAMT 方法测量功能，并能够发挥各自优点并且实现多参数的快速测量的分布式多参数深部电磁断面成像系统

[0006] 本发明的另一目的是提供一种分布式多参数深部电磁断面成像系统的测量方法

[0007] 本发明的目的是通过以下技术方案实现的：

[0008] 本发明的分布式多参数深部电磁断面成像系统由 1 个主控站和 N 个采集站组成，主控站与 N 个采集站之间通过多芯复用电缆总线式网络连接，多芯复用电缆中包含通讯总线、IP 供电导线和测量电极引线，实现数据和命令的交互。主控站通过液晶屏和键盘进行人机交互，控制采集站进行参数设置，数据采集和数据回传等，主控站测量电场和磁场信号，采集站只测量电场信号。可在同一测线上依次进行 IP 和 CSAMT 测量。

[0009] 分布式多参数深部电磁断面成像系统，可控源供电电极 2 通过电缆经选择开关 4 与发射机 1 连接，可控源供电电极或 IP 无穷远供电电极 3 通过电缆与发射机 1 连接，多芯复用电缆 12 通过电缆和选择开关 4 与发射机 1 连接，磁场传感器 10 经主控站 9 与多芯复用电缆 12 连接，一个以上乃至 N 个 IP 供电电极 11 经一个以上乃至 N 个 IP 移动电极切换盒 6 与多芯复用电缆 12 连接，一个以上乃至 N 个采集站 7 与多芯复用电缆 12 连接，不极化电极 8a、8b 和 8c 通过多芯复用电缆 12 与采集站 7a 连接，不极化电极 8c、8d 和 8e 通过多芯复用电缆 12 与主控站 9 连接，不极化电极 8e、8f 和 8g 通过多芯复用电缆 12 与采集站 7b 连接，乃至不极化电极 8x、8y 和 8N 通过多芯复用电缆 12 与采集站 7N 连接构成。

[0010] 主控站 9 是由工控机分别与液晶显示屏、键盘、鼠标、通信模块和硬盘连接，多通道同步数据采集单元经单片机与工控机连接构成。

[0011] 采集站 7 是由一个以上乃至 N 个独立的测量通道与 FPGA 连接，每个测量通道由阻抗匹配电路经模拟调理电路与 A/D 转换器连接。FPGA 分别与校准信号产生电路、时钟同步电路、SRAM、和微控制器连接，微控制器分别与 U 盘存储器和通信模块连接，接地电阻测量电路或者校准信号产生电路经开关与阻抗匹配电路连接构成，电池经 DC-DC 模块给采集站 7 供电。

[0012] 模拟信号调理电路是由阻抗匹配电路经前置放大器、工频陷波器、程控放大器 I 和低通滤波器与程控放大器 II 连接，或者阻抗匹配电路经前置放大器、程控放大器 I 和低通滤波器与程控放大器 II 连接，前置放大器与自然电位补偿 D/A 连接构成。

[0013] GPS 模块经串行数据读取电路和比较器连接，微控制器亦和比较器连接，比较器和 GPS 模块与 D 触发器连接，D 触发器与外触发信号和与门连接，恒温晶振经倍频电路和与门与分频电路连接。

[0014] 分布式多参数深部电磁断面成像系统测量方法，包括以下顺序和步骤：

[0015] a、首先进行 IP 测量，采用双边三极观测装置，即在每个 IP 供电电极接通发射机时，在其左右两边所有接收系统同时采集数据，IP 测量时分布式多参数深部电磁断面成像系统的连接方式为：发射机 1 输出一端连接可控源供电电极或 IP 无穷远供电电极 3，此时可控源供电电极或 IP 无穷远供电电极 3 作为 IP 无穷远供电电极，通过选择开关 4 使发射机 1 的另一端与多芯复用电缆 12 中的供电线连接，磁场传感器 10 与主控站 9 断开连

接；

[0016] b、测量过程为：主控站 9 首先使 IP 移动电极切换盒 6a 导通，其他 IP 移动电极切换盒 6b，6c...6N 断开，发射机 1 通过 IP 无穷远供电电极 3 和 IP 供电电极 11a 向地下供入电流，主控站 9 与所有采集站 7a，7b...7N 同步采集不极化电极 8a，8b...8N 拾取的电场信号；

[0017] c、采集完毕后，主控站 9 使 IP 移动电极切换盒 6b 导通，其他 IP 移动电极切换盒 6a，6c...6N 断开，发射机通过 IP 无穷远供电电极 3 和 IP 供电电极 11b 向地下供入电流，主控站 9 与所有采集站 7a，7b...7N 同步采集不极化电极 8a，8b...8N 拾取的电场信号，重复上述测量过程，依次使 IP 移动电极切换盒 6c，6d...6N 导通，直至所有测量完毕，测量时务必保证每次测量只有一个 IP 移动电极切换盒导通，其余均处于断开状态；

[0018] d、IP 测量完毕后，野外现场对数据进行初步处理，提取视电阻率、视极化率，绘制断面图，获得测线下方浅部视电阻率和视极化率异常的水平位置及深度信息；

[0019] e、IP 测量完毕及数据成像后，进行 CSAMT 测量，CSAMT 测量时分布式多参数深部电磁断面成像系统的连接方式为：发射机 1 和分布式接收机的位置与 IP 保持不变，发射机 1 输出一端连接可控源供电电极或 IP 无穷远供电电极 3，此时 3 作为 CSAMT 供电电极，通过选择开关 4 使发射机 1 另一端与可控源供电电极 2 连接，发射系统与接收系统完全分离，将磁场传感器 10 与主控站 9 连接用于测量磁场；

[0020] f、测量过程为：发射机按照设定的频率表逐个频率通过 CSAMT 供电电极 2 和可控源供电电极或 IP 无穷远供电电极 3 向大地输入电流，主控站 9 与所有采集站 7a，7b...7N 同步采集由不极化电极 8a，8b...6N 拾取的电场信号和磁场传感器 10 拾取的磁场信号，直至所有频率均测量完毕；

[0021] g、CSAMT 测量完毕后，对 CSAMT 数据进行处理，提取电场和磁场数据的幅度和相位，计算视电阻率和阻抗相位；对 IP 数据和 CSAMT 数据进行反演成像，将 CSAMT 获得的从浅到深的视电阻率断面图与 IP 获得的浅部直流视电阻率断面图和视极化率断面图进行比较分析，从而获得地下深部地质构造、固体矿产或液体矿产赋存状态信息。

[0022] 有益效果：本发明用一套仪器即实现了激发极化测量，同时也实现了可控源音频大地电磁测深法测量，一套仪器两种功能，一次布设多点同步接收，主控站测量电场和磁场信号，采集站只测量电场信号，获得多种测量数据，不同测量功能获得的数据能够相互认证，提高了测试精度、效率和可靠性，降低了设备投资和野外工作成本。

附图说明：

[0023] 图 1 是分布式多参数深部电磁断面成像系统结构框图

[0024] 图 2 是附图 1 中主控站 9 结构框图

[0025] 图 3 是附图 1 中采集站 7 结构框图

[0026] 图 4 是附图 3 中模拟信号调理电路结构框图

[0027] 图 5 是附图 3 中时钟同步电路结构框图

[0028] 图 6 是激发极化测量的双边三极装置类型

[0029] 图 7 是接收电极的排列方式

[0030] 图 8 是 MT 测量时接收电极的排列方式

[0031] 1 发射机, 2 可控源供电电极, 3 可控源供电电极或 IP 无穷远供电电极, 4 选择开关, 6IP 移动电极切换盒, 7 采集站, 8 不极化电极, 9 主控站, 10 磁场传感器, 11IP 供电电极, 12 多芯复用(通讯、供电、测量)电缆,

具体实施方式:

[0032] 下面结合附图和实例作进一步的详细说明:

[0033] 分布式多参数深部电磁断面成像系统, 可控源供电电极 2 通过电缆经选择开关 4 与发射机 1 连接, 可控源供电电极或 IP 无穷远供电电极 3 通过电缆与发射机 1 连接, 多芯复用电缆 12 通过电缆和选择开关 4 与发射机 1 连接, 磁场传感器 10 经主控站 9 与多芯复用电缆 12 连接, 一个以上乃至 N 个 IP 供电电极 11 经一个以上乃至 N 个 IP 移动电极切换盒 6 与多芯复用电缆 12 连接, 一个以上乃至 N 个采集站 7 与多芯复用电缆 12 连接, 不极化电极 8a、8b 和 8c 通过多芯复用电缆 12 与采集站 7a 连接, 不极化电极 8c、8d 和 8e 通过多芯复用电缆 12 与主控站 9 连接, 不极化电极 8e、8f 和 8g 通过多芯复用电缆 12 与采集站 7b 连接, 乃至不极化电极 8x、8y 和 8N 通过多芯复用电缆 12 与采集站 7N 连接构成。

[0034] 主控站 9 是由工控机分别与液晶显示屏、键盘、鼠标、通信模块和硬盘连接, 多通道同步数据采集单元经单片机与工控机连接构成。

[0035] 采集站 7 是由一个以上乃至 N 个独立的测量通道与 FPGA 连接, 每个测量通道由阻抗匹配电路经模拟调理电路与 A/D 转换器连接。FPGA 分别与校准信号产生电路、时钟同步电路、SRAM、和微控制器连接, 微控制器分别与 U 盘存储器和通信模块连接, 接地电阻测量电路或者校准信号产生电路经开关与阻抗匹配电路连接构成, 电池经 DC-DC 模块给采集站 7 供电。

[0036] 模拟信号调理电路是由阻抗匹配电路经前置放大器、工频陷波器、程控放大器 I 和低通滤波器与程控放大器 II 连接, 或者阻抗匹配电路经前置放大器、程控放大器 I 和低通滤波器与程控放大器 II 连接, 前置放大器与自然电位补偿 D/A 连接构成。

[0037] GPS 模块经串行数据读取电路和比较器连接, 微控制器亦和比较器连接, 比较器和 GPS 模块与 D 触发器连接, D 触发器与外触发信号和与门连接, 恒温晶振经倍频电路和与门与分频电路连接。

[0038] 分布式多参数深部电磁断面成像系统测量方法, 包括以下顺序和步骤:

[0039] a、首先进行 IP 测量, 采用双边三极观测装置, 即在每个 IP 供电电极接通发射机时, 在其左右两边所有接收系统同时采集数据, IP 测量时分布式多参数深部电磁断面成像系统的连接方式为: 发射机 1 输出一端连接可控源供电电极或 IP 无穷远供电电极 3, 此时可控源供电电极或 IP 无穷远供电电极 3 作为 IP 无穷远供电电极, 通过选择开关 4 使发射机 1 的另一端与多芯复用电缆 12 中的供电线连接, 磁场传感器 10 与主控站 9 断开连接;

[0040] b、测量过程为: 主控站 9 首先使 IP 移动电极切换盒 6a 导通, 其他 IP 移动电极切换盒 6b, 6c...6N 断开, 发射机 1 通过 IP 无穷远供电电极 3 和 IP 供电电极 11a 向地下供入电流, 主控站 9 与所有采集站 7a, 7b...7N 同步采集不极化电极 8a, 8b...8N 拾取的电

场信号；

[0041] c、采集完毕后，主控站 9 使 IP 移动电极切换盒 6b 导通，其他 IP 移动电极切换盒 6a，6c...6N 断开，发射机通过 IP 无穷远供电电极 3 和 IP 供电电极 11b 向地下供入电流，主控站 9 与所有采集站 7a，7b...7N 同步采集不极化电极 8a，8b...8N 拾取的电场信号，重复上述测量过程，依次使 IP 移动电极切换盒 6c，6d...6N 导通，直至所有测量完毕，测量时务必保证每次测量只有一个 IP 移动电极切换盒导通，其余均处于断开状态；

[0042] d、IP 测量完毕后，野外现场对数据进行初步处理，提取视电阻率、视极化率，绘制断面图，获得测线下方浅部视电阻率和视极化率异常的水平位置及深度信息；

[0043] e、IP 测量完毕及数据成像后，进行 CSAMT 测量，CSAMT 测量时分布式多参数深部电磁断面成像系统的连接方式为：发射机 1 和分布式接收机的位置与 IP 保持不变，发射机 1 输出一端连接可控源供电电极或 IP 无穷远供电电极 3，此时 3 作为 CSAMT 供电电极，通过选择开关 4 使发射机 1 另一端与可控源供电电极 2 连接，发射系统与接收系统完全分离，将磁场传感器 10 与主控站 9 连接用于测量磁场；

[0044] f、测量过程为：发射机按照设定的频率表逐个频率通过 CSAMT 供电电极 2 和可控源供电电极或 IP 无穷远供电电极 3 向大地输入电流，主控站 9 与所有采集站 7a，7b...7N 同步采集由不极化电极 8a，8b...6N 拾取的电场信号和磁场传感器 10 拾取的磁场信号，直至所有频率均测量完毕；

[0045] g、CSAMT 测量完毕后，对 CSAMT 数据进行处理，提取电场和磁场数据的幅度和相位，计算视电阻率和阻抗相位；对 IP 数据和 CSAMT 数据进行反演成像，将 CSAMT 获得的从浅到深的视电阻率断面图与 IP 获得的浅部直流视电阻率断面图和视极化率断面图进行比较分析，从而获得地下深部地质构造、固体矿产或液体矿产赋存状态信息。

[0046] IP 测量时系统的连接方式为：发射机 1 输出一端连接供电电极 2，作为 IP 三极装置的无穷远极，IP 与 CSAMT 供电电极切换开关 4 切换到 IP 供电线一测，使发射机 1 的另一端与多芯电缆 12 中的 IP 供电线相连，磁场传感器 10 与主控站 1 断开连接，不需要测量磁场，通过 IP 移动电极切换盒 6 依次切换供电电极在测线中的位置进行逐次测量，保证每次测量只有一个供电电极连接到供电线，其他电极均处于断开状态。

[0047] CSAMT 测量时系统的连接方式为：IP 测量结束后，发射机和分布式接收机的位置保持不变，将开关 4 切换到 CSAMT 供电电极 5 一测，与供电电极 2 构成与测线平行的电偶源，将磁场传感器 10 与主控站 4 的磁场测量通道连接好，依次改变发射频率即可进行可控源音频大地电磁法测量。

[0048] 分布式多参数深部电磁断面成像系统及其测量方法，按以下步骤进行工作：首先系统进行 IP 测量，采用双边三极观测装置，无穷远极 2 垂直于测线，共用 CSAMT 测量方式其中的一个发射电极，沿测线按测量点位布置主控站、采集站、接收 MN 电极，主控站置于测线中央，MN 中点埋设一个带切换开关 6 的发射电极 11，同时沿测线铺设 1 根包含供电 AB 线，接收 MN 线和通讯线的多芯电缆 12，将上述装置正确连接。主控站 9 依次切换发射电极 11 的位置，保证每次测量只有一个供电电极连接到供电线，其他电极均处于断开状态。供电电极 11 与各通道的 MN 接收电极构成三极装置，控制所有采集站 7 同步测量，为了保证测线下数据的完整性，供电电极位置需要向测线两端各延伸出几个

供电点位。测量完毕后，对数据进行初步处理，获得浅部电阻率和激电参数异常的水平位置及深度信息。然后系统进行 CSAMT 测量，发射及接收系统无需移动位置，发射机将 IP 测量时的开关电极一测断开，连接到另一个 CSAMT 发射电极，接收系统主控站连接好磁传感器，无需其它改变即可进行测量，逐个频率进行测量直至所有频点均测量完毕。对可控源音频大地电磁测深数据进行处理，获得从浅到深的电阻率断面图，与激发极化浅部测得的直流电阻率和激电参数进行比较分析，通过多种参数推断地下介质的信息。

[0049] 主控站 9 兼有主控中心和采集功能，采用工控机 PC104 作为整个系统的控制核心，通过连接键盘、鼠标、液晶显示屏进行人机交互，外接大容量硬盘用来存储从各采集站回收上来的测量数据。通讯模块实现与采集站 7 的通信。主控站中的 USB 单片机作为协处理器实现对多通道数据采集卡的控制，采集的数据通过 USB 总线送入主控站。

[0050] 采集站 7 主要用于采集电场信号，不极化电极和参考电极拾取的差分电信号进入模拟信号调理模块进行放大滤波后，进入数据采集模块进行数字量化，同步控制模块实现对采集的起停控制，保证所有采集站的同步采集并与发射信号同步。采集站采用微控制器作为控制核心，外接 U 盘对采集到的数据进行本地存储。通信模块负责与主控站进行通信。

[0051] 采集站 7 中的模拟信号调理模块由阻抗匹配电路、差分放大器、工频陷波器、程控放大器、抗混叠滤波器等电路构成。该模块主要负责模拟信号的放大和滤波，实现宽频带大动态范围模拟信号的调理，使模拟信号以最佳幅度进入模数转换器。

[0052] 采集站中的数据采集模块，基于 IP 和 CSAMT 方法信号对采样率和采样精度的要求，数据采集模块采样率最高 32KHz，采样精度 24 位。

[0053] 模拟信号调理模块输出的信号为单端交流信号，需要经过单端转差分电路送入 A/D 进行采集，由于采样率较高，采用 FPGA 实现串并转换，将转换后的并行数据写入 SRAM，采集结束后，数据从 SRAM 中转存到采集站的 U 盘中形成文件保存。

[0054] 采集站 7 中的同步控制模块保证各采集子站和主控站能够同步开始采集，保证接收系统与发射系统之间同步工作，由全球定位系统 (GPS) 接收模块、时间信息读取电路、恒温晶振以及触发控制电路组成。

[0055] 采集站 7 中的通信模块该模块负责采集子站与主控站之间的通讯，进行命令和采集数据的交互，通信协议采用 RS485 规范，通讯总线与测量回路隔离。

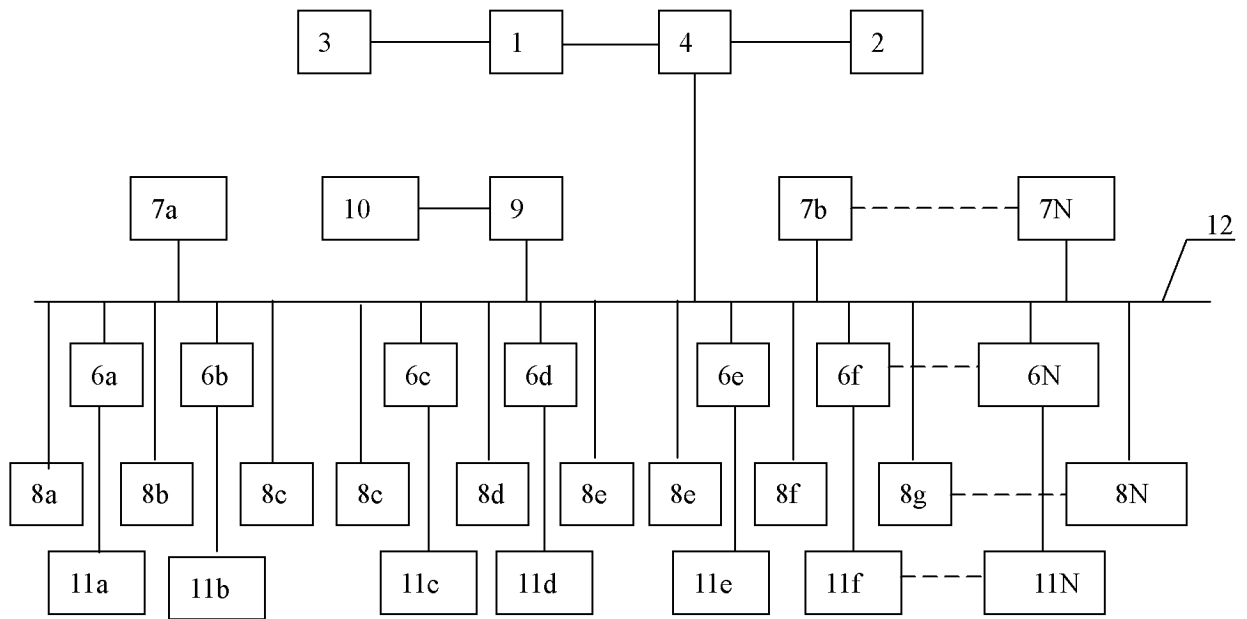


图 1

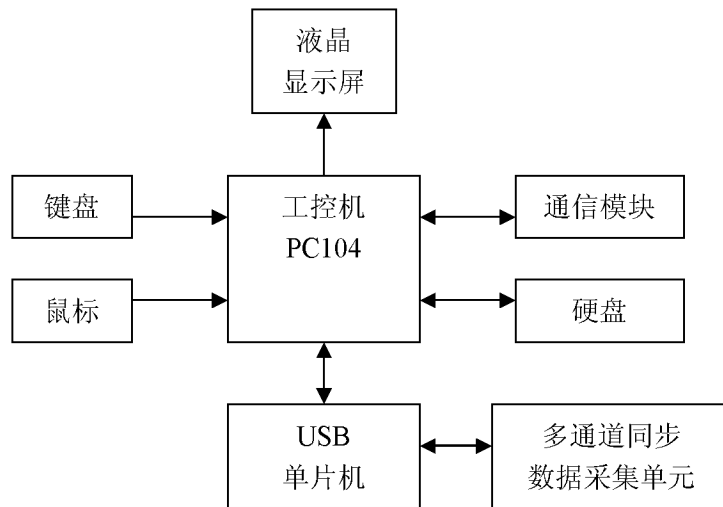


图 2

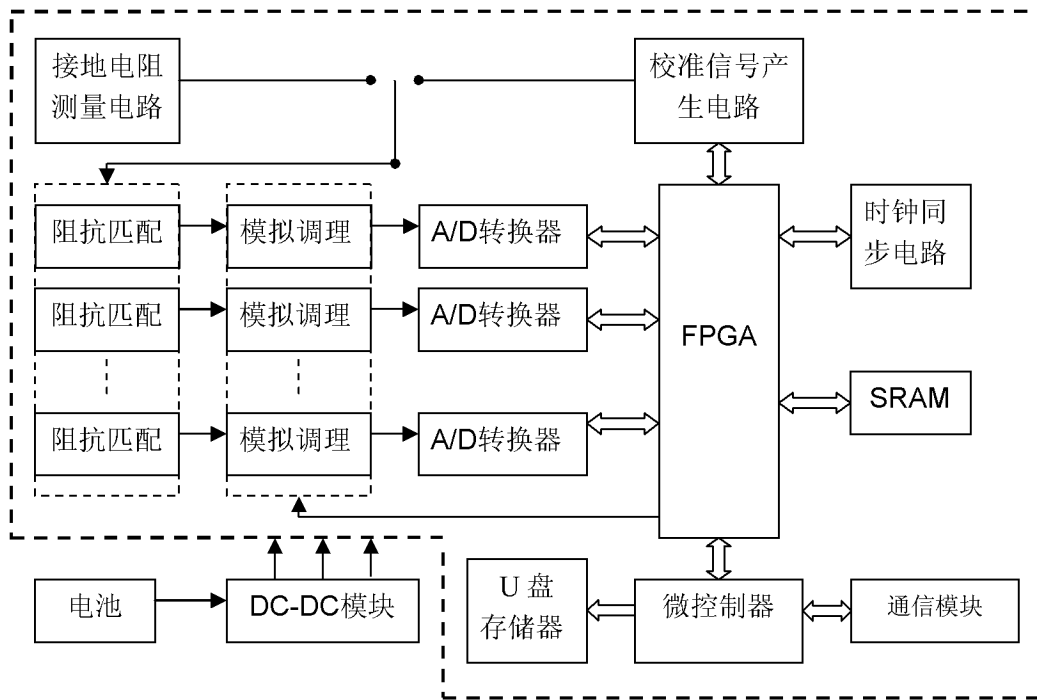


图 3

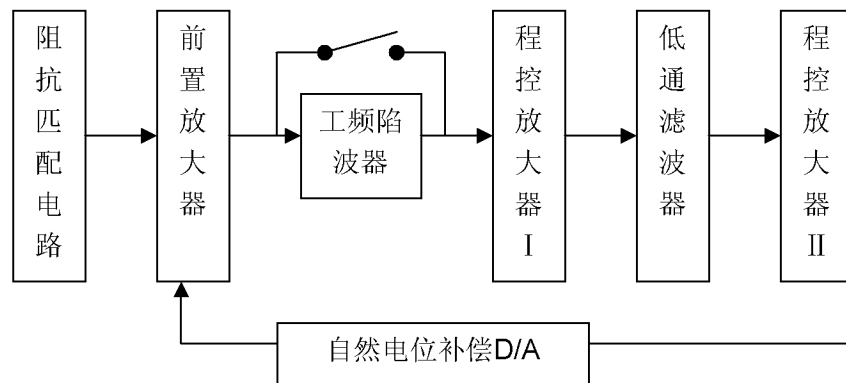


图 4

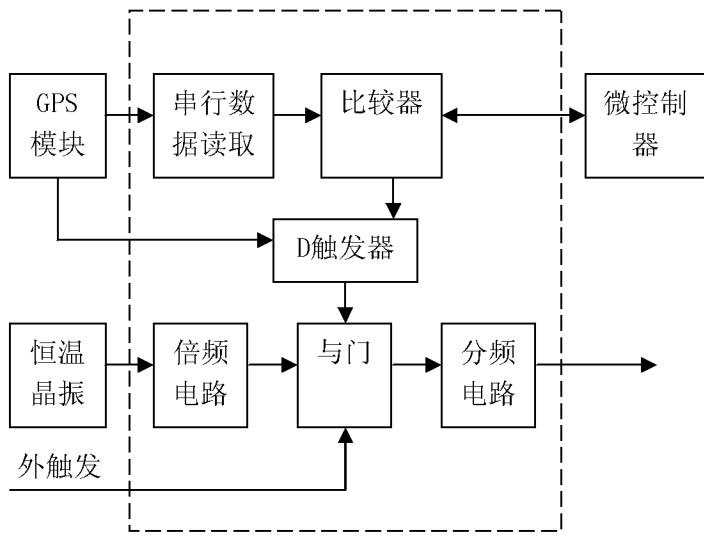


图 5

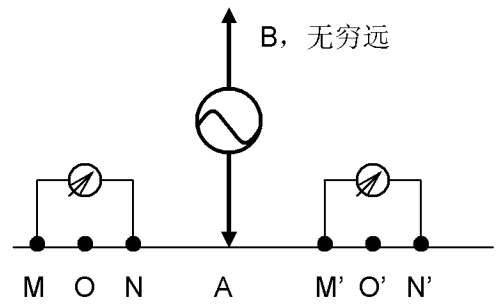


图 6

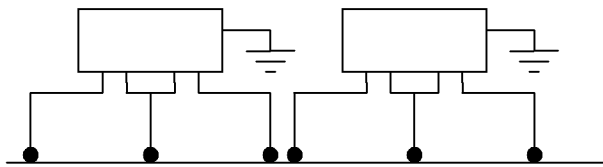


图 7

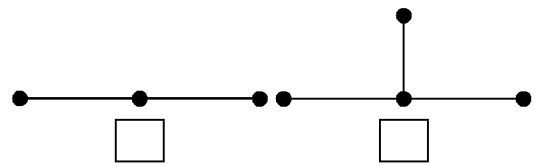


图 8