



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103955004 B

(45)授权公告日 2017.04.12

(21)申请号 201410103675.9

G01V 3/38(2006.01)

(22)申请日 2014.03.19

审查员 苏昊月

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103955004 A

(43)申请公布日 2014.07.30

(73)专利权人 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 曲永星 林婷婷 蒋川东

万玲 杜官峰 陈武强 蔡昕

(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 3/14(2006.01)

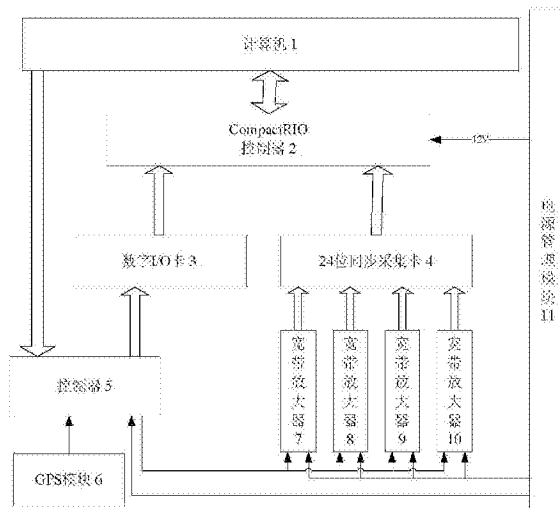
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

四通道核磁共振信号全波采集系统及采集方法

(57)摘要

本发明涉及一种四通道核磁共振信号全波采集系统及采集方法,是由计算机经控制器、高速数字I/O卡和控制器与电源管理模块连接,控制器经采集卡分别连接宽带放大器,计算机经控制器与GPS模块连接构成。前置放大器有效的抵制了放大器饱和,用Q_SWITCH缩短死区时间,提高信噪比,提高了同步精度,防止误触发,噪声信号用电流进行远传有效的抑制传输过程中的信号衰减,用自适应参考消噪算法对采集到的核磁共振信号进行数据处理,提高了仪器的抗干扰能力,提高了仪器的动态范围,使核磁共振方法在大噪声区域的应用成为可能,有效提高对地下水分布测量的横向分辨率和准确性。多通道测量提高工作效率,对地下水体的精确定位。



1. 一种四通道核磁共振信号全波采集系统,其特征在于,是由计算机(1)通过网口与控制器a(2)连接,控制器a(2)经高速数字I/O卡(3)和控制器b(5)与电源管理模块(11)连接,控制器a(2)经24位同步采集卡(4)分别连接宽带放大器a(7)、宽带放大器b(8)、宽带放大器c(9)和宽带放大器d(10),控制器b(5)和电源管理模块(11)分别连接宽带放大器a(7)、宽带放大器b(8)、宽带放大器c(9)和宽带放大器d(10),电源管理模块(11)与控制器a(2)连接,计算机(1)经控制器b(5)与GPS模块(6)连接构成。

2. 按照权利要求1所述的四通道核磁共振信号全波采集系统,其特征在于,宽带放大器是由控制器b(5)分别连接高压继电器(16)、配谐电容(17)、Q_SWITCH模块(18)和可调前置放大器(19),高压继电器(16)经配谐电容(17)、Q_SWITCH模块(18)和可调前置放大器(19)与宽带滤波器(20)连接构成。

3. 一种四通道核磁共振信号全波采集系统的采集方法,其特征在于,包括核磁共振测量模式和核磁共振参考线圈测量模式,包括以下步骤:

a、核磁共振测量模式:在测区内铺设发射线圈(23),在发射线圈内部铺设第1接收线圈(24)、第2接收线圈(25)、第3接收线圈(34)和第4接收线圈(35),计算机(1)经发射机(21)与发射线圈(23)连接,计算机(1)经四通道全波采集系统(22)置于第1接收线圈(24)、和第2接收线圈(25)、第3接收线圈(34)和第4接收线圈(35)的重叠的处,第1接收线圈(24)和第2接收线圈(25)、第3接收线圈(34)和第4接收线圈(35)分别与四通道全波采集系统(22)连接;

b、核磁共振参考线圈测量模式,在测区内铺设发射线圈(23),在发射线圈内部铺设第1接收线圈(24)、第2接收线圈(25),计算机(1)经四通道全波采集系统(22)置于第1接收线圈(24)、和第2接收线圈(25)的重叠的处,第1接收线圈(24)和第2接收线圈(25)分别与四通道全波采集系统(22)连接;在发射线圈(23)外部沿着噪声源的方向铺设第1参考线圈(26)和第2参考线圈(27),第1参考线圈(26)经宽带放大器e(32)、电压电流转换装置(28)和宽带滤波器a(30)与四通道全波采集系统(22)连接,第2参考线圈(27)经宽带放大器f(33)、电压电流转换装置(29)和宽带滤波器b(31)与四通道全波采集系统(22)连接;

c、设置四通道全波采集系统(22)的放大倍数和配谐电容,设置宽带放大器e(32)和宽带放大器f(33)的配谐电容和放大倍数,设定采集时间和发射时间;

d、控制器b(5)读取GPS模块(6)的时间信息,在发射机(21)的发射过程中,控制器b(5)控制高压继电器(16)断开,发射结束后,高压继电器(16)吸合,Q_SWITCH模块(18)工作,四通道24位同步采集卡(4)开始采集,采集250ms后,控制器a(2)将采集到的数据通过网线传输至计算机(1),并在计算机(1)上显示;

e、观测接收到的信号是否饱和,如果信号饱和,改变放大器的放大倍数再次采集,直到选择合适的放大倍数;

f、将采集到的核磁共振信号和噪声信号数据进行自适应消噪处理,并最终通过核磁共振反演解释,绘制出地下水体的二维分布图。

4. 按照权利要求3所述的四通道核磁共振信号全波采集系统的采集方法,其特征在于,步骤c、所述的四通道全波采集系统(22)的放大倍数为1000—20000倍和配谐电容为0.1 μ F~20 μ F,设置宽带放大器e(32)和宽带放大器f(33)的配谐电容为0.1 μ F~20 μ F和放大倍数为1000—20000倍,设定采集时间为250ms和发射时间为40ms。

四通道核磁共振信号全波采集系统及采集方法

技术领域：

[0001] 本发明涉及一种地球物理勘探设备及方法,尤其是通过设定不同的放大倍数有效的抑制放大器饱和,通过铺设参考线圈实现自适应参考消噪的地球物理勘探设备及方法。

背景技术：

[0002] 核磁共振探测方法是目前唯一的地下水直接探测方法,对于滑坡,堤坝渗水能够进行有效地探测,对于干旱地区的找水工作提供了直接有效的探测方法,通过分析采集到的核磁共振信号可以反演出丰富的地下水信息,但是核磁共振信号非常微弱,容易受到环境中各种噪声的干扰,容易造成放大器的饱和,从而使采集到的信号失真;而且,传统的单通道的核磁共振信号采集系统,并不能精确的解释地下水分布状况,并且对于大面积的测量,工作效率较低。

[0003] CN 102096112公开了一种基于阵列线圈的核磁共振地下水探测仪及野外探测方法,由计算机通过串口线或网口线经控制单元、发射线圈与接收线圈连接构成,接收线圈是由25个接收单元连接构成阵列线圈,能够实现二维和三维的地下水成像。CN103033849 A公开了一种带有参考线圈的多通道核磁共振地下水探测仪及其野外工作方法,通过接收线圈的位置不同,来接收信号和环境噪声,通过自适应消噪的方法,来提高核磁共振信号的信噪比。

[0004] CN102053280 A公开了一种带有参考线圈的核磁共振地下水探测系统及探测方法,通过分析计算参考线圈采集的噪声信号与核磁共振信号的最大相关性,实现参考线圈最佳位置和数量的布设,采用变步长自适应算法,实现在强干扰环境下的信号的提取。上述方法都能够进行核磁共振的二维和三维测量,但是环境噪声很大时,放大器容易饱和;由于参考线圈和接收机的距离较远,模拟信号直接利用电压模式进行远距离传输时,会混入环境噪声;发射机和接收机利用线同步,当发射大电流时,容易误触发;大范围测量时,工作效率低下。

发明内容：

[0005] 本发明的目的就是针对上述现有技术的不足,提供一种能够有效克制放大器饱和的四通道核磁共振信号全波采集系统;

[0006] 本发明的另一目的是提供一种四通道核磁共振信号全波采集系统的采集方法。

[0007] 本发明的目的是通过以下技术方案实现的:

[0008] 四通道核磁共振信号全波采集系统,是由计算机1通过网口与控制器a2连接,控制器a2经高速数字I/O卡3和控制器b5与电源管理模块11连接,控制器a2经24位同步采集卡4分别连接宽带放大器a7、宽带放大器b8、宽带放大器c9和宽带放大器d10,控制器b5和电源管理模块11分别连接宽带放大器a7、宽带放大器b8、宽带放大器c9和宽带放大器d10,电源管理模块11与控制器2连接,计算机1经控制器b5与GPS模块6连接构成。

[0009] 宽带放大器是由控制器b5分别连接高压继电器16、配谐电容17、Q_SWITCH模块18

和可调前置放大器19,高压继电器16经配谐电容17、Q_SWITCH模块18和可调前置放大器19与宽带滤波器20连接构成。

[0010] 一种四通道核磁共振信号全波采集系统的采集方法,包括核磁共振测量模式和核磁共振参考线圈测量模式,包括以下步骤:

[0011] a、核磁共振测量模式:在测区内铺设发射线圈23,在发射线圈内部铺设第1接收线圈24、第2接收线圈25、第3接收线圈34和第4接收线圈35,计算机1经发射机21与发射线圈23连接,计算机1经四通道全波采集系统22置于第1接收线圈24、和第2接收线圈25、第3接收线圈34和第4接收线圈35的重叠的处,第1接收线圈24和第2接收线圈25、第3接收线圈34和第4接收线圈35分别与四通道全波采集系统22连接;

[0012] b、核磁共振参考线圈测量模式,在测区内铺设发射线圈23,在发射线圈内部铺设第1接收线圈24、第2接收线圈25,计算机1经四通道全波采集系统22置于第1接收线圈24、和第2接收线圈25的重叠的处,第1接收线圈24和第2接收线圈25分别与四通道全波采集系统22连接;在发射线圈23外部沿着噪声源的方向铺设第1参考线圈26和第2参考线圈27,第1参考线圈26经宽带放大器32、电压电流转换装置28和宽带滤波器30与四通道全波采集系统22连接,第2参考线圈27经宽带放大器f33、电压电流转换装置29和宽带滤波器31与四通道全波采集系统22连接;

[0013] c、设置四通道全波采集系统22的放大倍数和配谐电容,设置宽带放大器e32和宽带放大器f33的配谐电容和放大倍数,设定采集时间和发射时间;

[0014] d、控制器5读取GPS模块6的时间信息,在发射机21的发射过程中,控制器b5控制高压继电器16断开,发射结束后,高压继电器16吸合,Q_SWITCH模块18工作,四通道24位同步采集卡4开始采集,采集250ms后,控制器a2将采集到的数据通过网线传输至计算机1,并在计算机1上显示;

[0015] e、观测接收到的信号是否饱和,如果信号饱和,改变放大器的放大倍数再次采集,直到选择合适的放大倍数;

[0016] f、将采集到的核磁共振信号和噪声信号数据进行自适应消噪处理,并最终通过核磁共振反演解释,绘制出地下水体的二维分布图。

[0017] 步骤c、所述的四通道全波采集系统22的放大倍数为2000—20000倍和配谐电容为0.1uF~20uF,设置宽带放大器e32和宽带放大器f33的配谐电容为0.1uF~20uF和放大倍数为2000—20000倍,设定采集时间为250ms和发射时间为40ms。

[0018] 有益效果:通过增益可调的前置放大器可以有效地抵制放大器的饱和,利用24位的采集卡能够在相对较小的放大倍数的情况下采集到有用信号,利用Q_SWITCH技术能够缩短死区时间,提高信噪比,利用GPS同步,提高了同步精度,防止误触发,噪声信号利用电流进行远传可以有效的抑制传输过程中的信号衰减,带屏蔽的双绞线有效的抵制传输过程中环境中的噪声干扰,并且利用自适应参考消噪算法对采集到的核磁共振信号进行数据处理,提高了仪器的抗干扰能力,提高了仪器的动态范围,使核磁共振方法在大噪声的区域的应用成为可能,有效提高对地下水体分布测量的横向分辨率和准确性,减少打干井的风险。模拟信号通过转化为电流使用带屏蔽的双绞线进行远距离传输,采集后的数字信号利用网线进行传输;通过多通道测量提高工作效率,提高地下水体测量的横向分辨率,以及对地下水体的精确定位。

附图说明：

[0019] 图1是四通道核磁共振接收机结构框图。

[0020] 图2是核磁共振找水仪发射机结构框图。

[0021] 图3是宽带放大器结构框图。

[0022] 图4是采集线圈的铺设方式结构框图。

[0023] 图5是带参考的采集模式的铺设方式结构框图。

[0024] 1计算机,2 CompactRIO控制器a,3数字I/O卡,4 24位同步采集卡,5控制器b,6 GPS模块,7宽带放大器a,8宽带放大器b,9宽带放大器c,10宽带放大器d,11电源管理模块,12发射控制,13大功率电源,14发射桥路,15配谐电容,16高压继电器,17配谐电容,18 Q_SWITCH电路,19可调前置放大器,20宽带滤波器,21发射机,22四通道全波采集系统,23发射线圈,24第1接收线圈,25第2接收线圈,26第3接收线圈/第1参考线圈,27第4接收线圈/第2参考线圈,28电压电流转换装置,29电压电流转换装置,30宽带滤波器a,31宽带滤波器b,32宽带放大器e,33宽带放大器f,34第3接收线圈,35第4接收线圈。

具体实施方式

[0025] 下面结合附图和实施例作进一步的详细说明：

[0026] 计算机1通过网口与CompactRIO控制器2连接,CompactRIO控制器2通过CompactRIO可重配置嵌入式机箱与高速数字I/O卡3和四通道24位同步采集卡4连接,计算机1通过RS485总线与控制器5连接,控制器5通过信号线与高速数字I/O卡连接,控制器5通过信号线与宽带放大器7、宽带放大器8、宽带放大器9、宽带放大器10连接,宽带放大器7、宽带放大器8、宽带放大器9、宽带放大器10通过同轴电缆线同四通道24位同步采集卡连接,GPS模块6通过RS232总线与控制器5连接,电源管理模块11通过电源线与CompactRIO控制器2、控制器5、宽带放大器7、宽带放大器8、宽带放大器9、宽带放大器10连接,计算机1通过RS485总线与发射控制12连接,发射控制12通过电源线与大功率电源13连接,发射控制12通过RS232总线与GPS模块6连接,发射控制12通过信号线与发射桥路14连接,大功率电源13通过电源线与发射桥路14连接,配谐电容15通过高压导线与发射桥路14连接,发射桥路14通过导线与发射线圈23连接。

[0027] 核磁共振接收线圈24与高压继电器16相连,高压继电器16与配谐电容17连接,配谐电容17与Q_SWITCH模块18连接,Q_SWITCH模块18与可调前置放大器19连接,可调前置放大器19与宽带滤波器20连接,宽带滤波器20与四通道同步24位采集卡4连接。

[0028] 核磁共振测量模式时,计算机1与发射机21连接,发射机21与发射线圈23连接,计算机1与四通道全波采集系统22连接,四通道全波采集系统22与第1接收线圈24、第2接收线圈25、第3接收线圈34、第4接收线圈35连接。

[0029] 核磁共振参考线圈测量模式时,计算机1与发射机21连接,发射机21与发射线圈23连接,计算机1与四通道全波采集系统22连接,第1参考线圈26与宽带放大器32连接,宽带放大器32与电压电流转换装置28连接,电压电流转换装置28通过带屏蔽的双绞线与宽带滤波器30连接,宽带滤波器30与四通道全波采集系统22连接,第2参考线圈27与宽带放大器33连接,宽带放大器33与电压电流转换装置29连接,电压电流转换装置29通过带屏蔽的双绞线

与宽带滤波器31连接,宽带滤波器31与四通道全波采集系统22连接,第1接收线圈24、第2接收线圈25与四通道全波采集系统22连接。

[0030] 具体工作过程:

[0031] 基于宽频放大器的四通道全波采集系统的操作控制由计算机1负责,计算机1通过网口与CompactRIO控制器2连接,用来进行数据的传输。CompactRIO控制器2通过CompactRIO可重配置嵌入式机箱与高速数字I/O卡3和四通道24位同步采集卡4连接,用来接收同步信号和进行数据采集。计算机1通过RS485总线与控制器5连接,用来发送放大器配置和同步时间指令。控制器5通过信号线与高速数字I/O卡3连接,用来发送同步信号。控制器5通过信号线分别与宽带放大器7、宽带放大器8、宽带放大器9、宽带放大器10连接,用来控制高压继电器的吸合,Q_SWITCH模块,放大倍数和配谐电容,同步信号的输出。发射机21通过采集GPS模块6的时间信息来进行发射,计算机1通过RS485总线与发射机21连接,用来进行控制指令数据的传输和发射时间的设定。

[0032] 发射机21由发射控制12、大功率电源13、发射桥路14和配谐电容15构成。发射控制12完成对大功率电源13的充电控制,产生PWM波来驱动发射桥路14,通过发射线圈23和配谐电容15进行谐振发射。发射控制12通过对大功率电源13的电压检测,控制大功率电源13中的电容充电,为发射线圈提供不同大小的发射电流。发射控制12产生两路相反的PWM波来控制发射桥路14中的四个IGBT开关管,输出拉莫尔频率的交变信号。

[0033] 当发射控制12发出发射命令时,发射线圈23和配谐电容构成的谐振回路将产生大功率的交变电流,激发地下水中的氢核,使之跃迁至高能级。当发射控制12发出停止命令后,发射线圈23经过10ms死区时间将剩余能量释放完毕。

[0034] 四通道同步采集系统22首先配置好放大倍数和配谐电容,设定采集时间,当到达采集时间后,吸合高压继电器16,设置Q_SWITCH模块工作,四通道24位同步采集卡4开始采集,采集250ms后,将数据上传至计算机1,高压继电器16断开。最后将计算机1中的数据进行处理,反演解释,绘制图像。

[0035] 实施例1

[0036] 计算机1通过网口与CompactRIO控制器2连接,CompactRIO控制器2通过CompactRIO可重配置嵌入式机箱与高速数字I/O卡3和四通道24位同步采集卡4连接,计算机1通过RS485总线与控制器5连接,控制器5通过信号线与高速数字I/O卡连接,控制器5通过信号线与宽带放大器7、宽带放大器8、宽带放大器9、宽带放大器10连接,宽带放大器7、宽带放大器8、宽带放大器9、宽带放大器10通过同轴电缆线同四通道24位同步采集卡连接, GPS模块6通过RS232总线与控制器5连接,电源管理模块11通过电源线与CompactRIO控制器2、控制器5、宽带放大器7、宽带放大器8、宽带放大器9、宽带放大器10连接,计算机1通过RS485总线与发射控制12连接,发射控制12通过电源线与大功率电源13连接,发射控制12通过RS232总线与GPS模块6连接,发射控制12通过信号线与发射桥路14连接,大功率电源13通过电源线与发射桥路14连接,配谐电容15通过高压导线与发射桥路14连接,发射桥路14通过导线与发射线圈23连接。

[0037] 核磁共振接收线圈24与高压继电器16相连,高压继电器16与配谐电容17连接,配谐电容17与Q_SWITCH模块18连接,Q_SWITCH模块18与可调前置放大器19连接,可调前置放大器19与宽带滤波器20连接,宽带滤波器20与四通道同步24位采集卡4连接。

[0038] 四通道核磁共振信号全波采集系统的采集方法,包括以下步骤:

[0039] a、在测区范围内铺设发射线圈23,在发射线圈内部铺设第1接收线圈24、第2接收线圈25、第3接收线圈34、第4接收线圈35,四通道全波采集系统22置于四个接收线圈的交点处;

[0040] b、设置四通道全波采集系统22的放大倍数和配谐电容,设置宽带放大器 32、33的配谐电容为 $0.1\mu\text{F}\sim 20\mu\text{F}$ 和放大倍数为20000倍,设定采集时间为250ms,和发射时间为40ms;

[0041] c、发射控制12读取GPS模块6的时间信息,到达设定的发射时间时,发射控制12控制发射桥路14向发射线圈23中供入拉莫尔频率的交变电流;发射控制12控制大功率电源13的电压大小来改变发射脉冲矩,从而激发地下水体;

[0042] d、控制器5读取GPS模块6的时间信息,在发射机21的发射过程中,控制器5控制高压继电器16断开,发射结束后,高压继电器16吸合,Q_SWITCH模块18工作,四通道24位同步采集卡4开始采集,采集250ms后,CompactRIO控制器2将采集到的数据通过网线传输至计算机1,并在计算机1上显示;

[0043] e、观测接收到的信号是否饱和,如果信号饱和,依次减小放大器的放大倍数为10000倍,5000倍,2000倍,1000倍,再次采集,直到选择合适的放大倍数;

[0044] f、将采集到的核磁共振信号数据进行核磁共振反演,绘制出地下水体的二维分布图。

[0045] 实施例2

[0046] 计算机1通过网口与CompactRIO控制器2连接,CompactRIO控制器2通过CompactRIO可重配置嵌入式机箱与高速数字I/O卡3和四通道24位同步采集卡4连接,计算机1通过RS485总线与控制器5连接,控制器5通过信号线与高速数字I/O卡连接,控制器5通过信号线与宽带放大器7、宽带放大器8、宽带放大器9、宽带放大器10连接,宽带放大器7、宽带放大器8、宽带放大器9、宽带放大器10通过同轴电缆线同四通道24位同步采集卡连接, GPS模块6通过RS232总线与控制器5连接,电源管理模块11通过电源线与CompactRIO控制器2、控制器5、宽带放大器7、宽带放大器8、宽带放大器9、宽带放大器10连接,计算机1通过RS485总线与发射控制12连接,发射控制12通过电源线与大功率电源13连接,发射控制12通过RS232总线与GPS模块6连接,发射控制12通过信号线与发射桥路14连接,大功率电源13通过电源线与发射桥路14连接,配谐电容15通过高压导线与发射桥路14连接,发射桥路14通过导线与发射线圈23连接。

[0047] 核磁共振接收线圈24与高压继电器16相连,高压继电器16与配谐电容17连接,配谐电容17与Q_SWITCH模块18连接,Q_SWITCH模块18与可调前置放大器19连接,可调前置放大器19与宽带滤波器20连接,宽带滤波器20与四通道同步24位采集卡4连接。

[0048] 四通道核磁共振信号全波采集系统的采集方法,包括以下步骤:

[0049] a、在测区围内铺设发射线圈23,在发射线圈内铺设第1接收线圈24和第2接收线圈25,在发射线圈外部沿着噪声源的方向铺设第1参考线圈26和第2接收线圈27,使第1参考线圈26、第2接收线圈27尽可能的少接收到核磁共振信号,尽可能多的接收噪声信号;第1参考线圈26、第2参考线圈27分别连接宽带放大器32、宽带放大器33,宽带放大器32、宽带放大器33的输出分别接电压电流转换装置28、电压电流转换装置29,四通道全波采集系统22置

于两个接收线圈24,接收线圈25的重叠处;

[0050] b、设置四通道全波采集系统22的放大倍数和配谐电容,设置宽带放大器32、33的配谐电容为 $0.1\mu\text{F}\sim 20\mu\text{F}$ 和放大倍数为20000倍,设定采集时间为250ms,和发射时间为40ms;

[0051] c、发射控制12读取GPS模块6的时间信息,到达设定的发射时间时,发射控制12控制发射桥路14向发射线圈23中供入拉莫尔频率的交变电流;发射控制12控制大功率电源13的电压大小来改变发射脉冲矩,从而激发地下水体;

[0052] d、控制器5读取GPS模块6的时间信息,在发射机21的发射过程中,控制器5控制高压继电器16断开,发射结束后,高压继电器16吸合,Q_SWITCH模块工作,四通道24位同步采集卡4开始采集,采集250ms后,CompactRIO控制器2将采集到的数据通过网线传输至计算机1,并在计算机1上显示;

[0053] e、观测接收到的信号是否饱和,如果信号饱和,依次减小放大器的放大倍数为10000倍,5000倍,2000倍,1000倍,再次采集,直到选择合适的放大倍数;

[0054] f、将采集到的核磁共振信号数据进行核磁共振反演,绘制出地下水体的二维分布图。

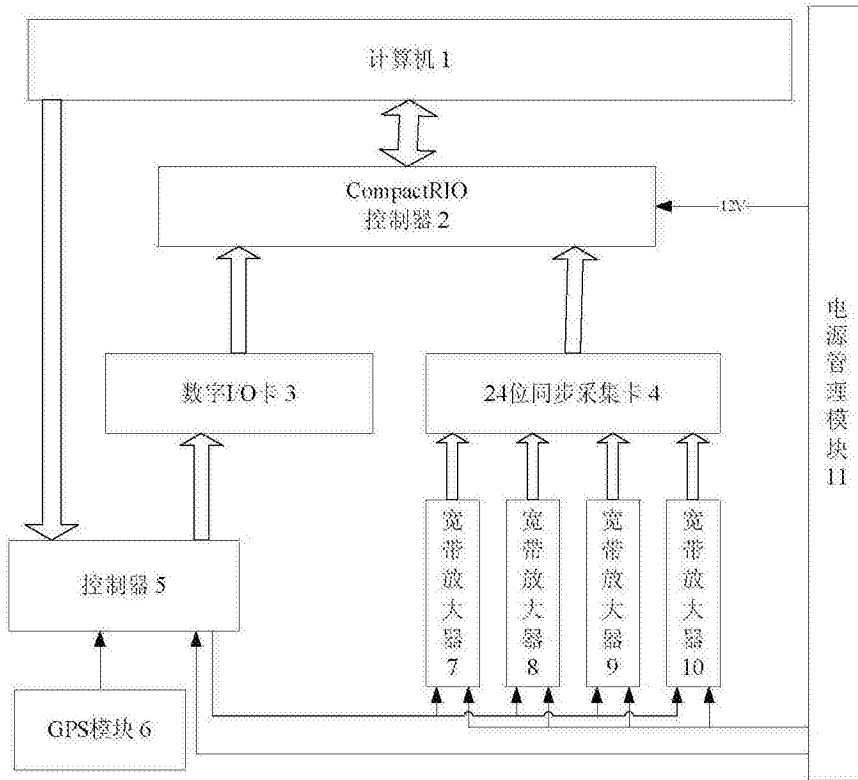


图1



图2

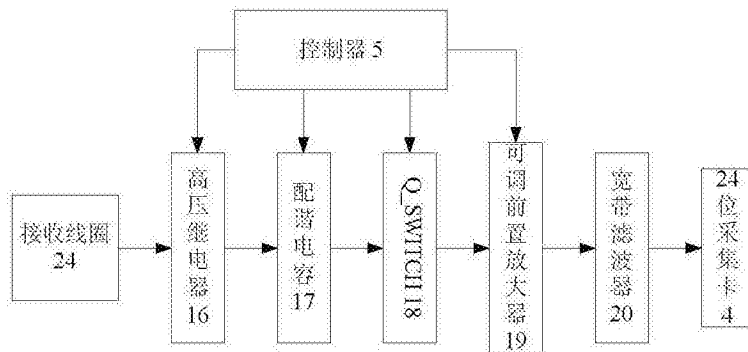


图3

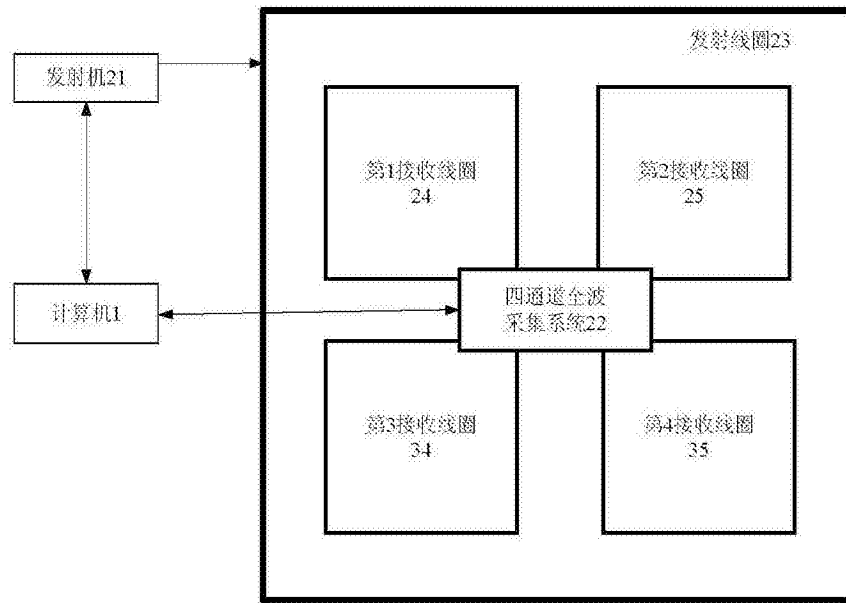


图4

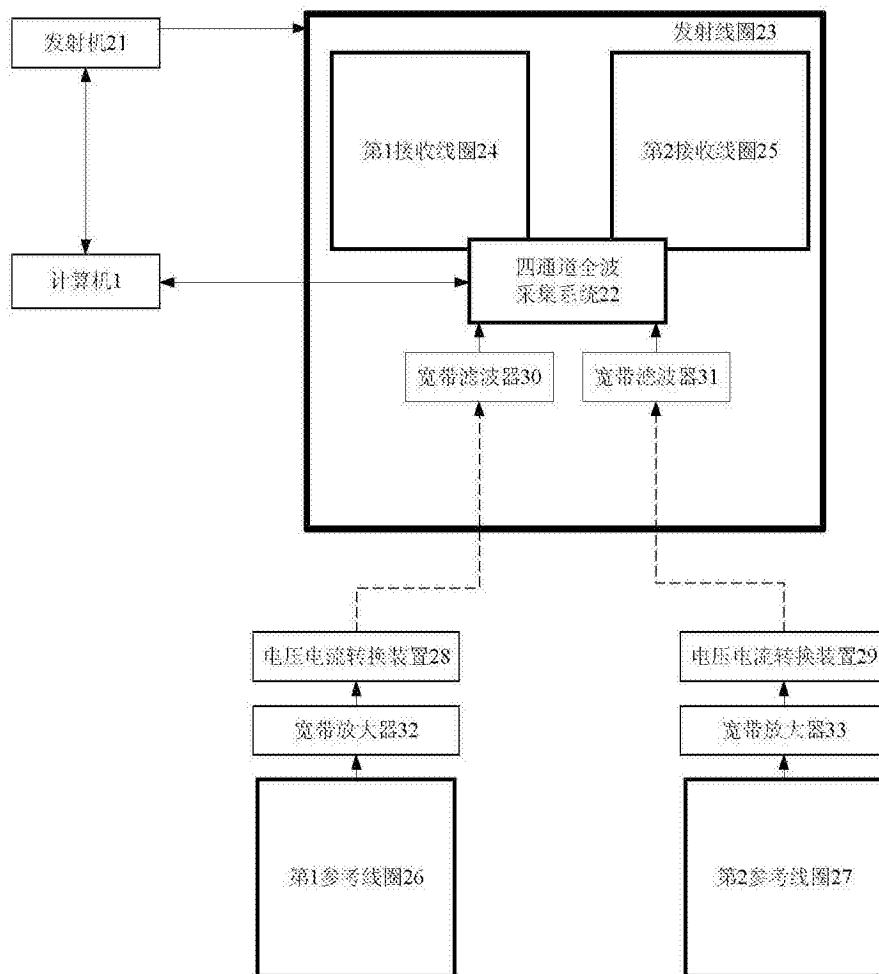


图5