



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106645419 A

(43)申请公布日 2017. 05. 10

(21)申请号 201610858955.X

(22)申请日 2016.09.27

(71)申请人 华南农业大学

地址 510642 广东省广州市天河区五山路
483号

(72)发明人 李君 徐岩 姜锐 李斌 杨益彬

(74)专利代理机构 广州市华学知识产权代理有
限公司 44245

代理人 付晔

(51) Int. Cl.

G01N 29/07(2006.01)

G01N 29/11(2006.01)

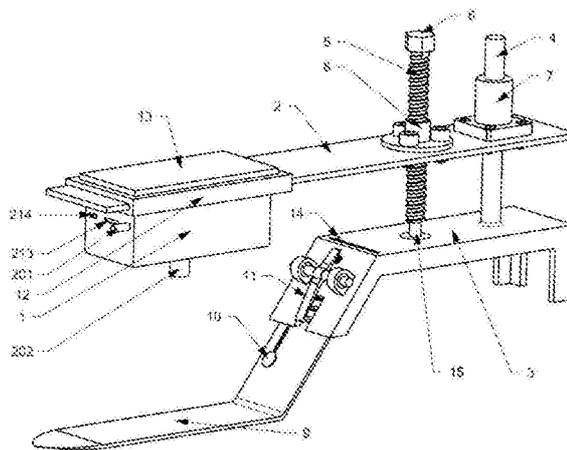
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

一种便携式土壤含水量超声波检测装置及检测方法

(57)摘要

本发明公开了一种便携式土壤含水量超声波检测装置及检测方法。该装置包括探测头和可调高度支架；所述可调高度支架包括螺杆、光轴导轨、方孔阵列斜插金属板、水平基座、弹簧卡扣和支撑平台；探测头安装于滑块上，滑块安装于支撑平台上，探测头可沿着支撑平台水平移动；水平基座与方孔阵列斜插金属板成固定角度夹角并通过弹簧卡扣相连接，弹簧卡扣与斜插金属板的方孔配合，用于调节斜插金属板进入土壤的深度；斜插金属板上安装有温度传感器。本发明利用声速与回波幅值双参数来测定土壤的含水量，具有重复性好和可互补校准的特点，成本低，且精度高。



1. 一种便携式土壤含水量超声波检测装置,其特征在于:包括探测头和可调高度支架;所述可调高度支架包括螺杆、光轴导轨、方孔阵列斜插金属板、水平基座、弹簧卡扣和支撑平台;探测头安装于滑块上,滑块安装于支撑平台上,探测头可沿着支撑平台水平移动;所述螺杆和光轴导轨的直径相同且相互平行,并与水平基座和支撑平台的平面垂直,螺杆通过铁板螺母与支撑平台相连接,光轴导轨通过法兰直线轴承与支撑平台相连接;光轴导轨与螺杆共同决定支撑平台的运动方向,螺杆的顶端与旋转手柄相连接,用于调节支撑平台的上下移动,螺杆的底端与滚轮滚针轴承轴头相连接,滚轮滚针轴承外圈与水平基座刚性连接;光轴导轨与水平基座刚性连接;水平基座与方孔阵列斜插金属板成固定角度夹角并通过弹簧卡扣相连接,弹簧卡扣与斜插金属板的方孔配合,用于调节斜插金属板进入土壤的深度;斜插金属板上安装有温度传感器。

2. 根据权利要求1所述的便携式土壤含水量超声波检测装置,其特征在于:滑块的顶部放置有显示屏。

3. 根据权利要求1所述的便携式土壤含水量超声波检测装置,其特征在于:所述探测头包括MCU主控制器、交流脉冲发生器、功率放大器、微弱信号放大器、滤波器、电源、过零比较器、超声波换能器、存储器模块、显示屏和AD转换器;所述交流脉冲发生器连接功率放大器,功率放大器连接超声波换能器,MCU主控制器连接交流脉冲发生器控制超声波发射;所述超声波换能器连接微弱信号放大器,微弱信号放大器连接滤波器;所述滤波器的输出端连接过零比较器和AD转换器;所述过零比较器和AD转换器分别与MCU主控制器的定时器中断输入端和串行数据输入端连接;所述MCU主控制器分别与温度传感器、存储器模块和显示屏相连。

4. 根据权利要求3所述的便携式土壤含水量超声波检测装置,其特征在于:所述功率放大器包括交流信号隔离放大器、场效应管和高频脉冲变压器,其中隔离放大器、场效应管和高频脉冲变压器依次连接。

5. 一种土壤含水量超声波检测方法,其特征在于包括下述步骤:

(1) 分析被测土质的质地特征,利用激光粒度仪测定该土质的土壤颗粒粒径均值,根据超声波波长不小于测得的土壤颗粒粒径值的原理,选取检测该类型土壤的最佳超声波频率;

(2) 对被测土质进行取样标定,获得该土质的含水量与超声波回波有效电压值和有效声速的函数模型;

(3) 采用权利要求1~4中任一项所述的便携式土壤含水量超声波检测装置来检测待测土壤,获得有效电压值和有效声速,通过所建立的函数模型,获得对应的含水量值,重复试验三次,取平均值作为被测土壤的含水量。

6. 根据权利要求5所述的土壤含水量超声波检测方法,其特征在于:步骤(2)的具体步骤为:测量在0%含水量土壤不同温度下的收发时间差,得出0%含水量的温度声速 V_T 与温度值的表格;测定不同含水量样本中超声波进入土壤和容器底面强反射后的回波有效电压值 U 与超声波从发射到接收到回波的时间差 T ,并根据时间差 T 计算得到实测声速 V_t ;定义有效声速为 $V_v = |V_t - V_T|$,与有效电压值 U 作为标定数据并记录;然后,分别制作有效电压值 U 、有效声速 V_v 与土壤含水量 P 的关系表格,通过关系表格建立有效电压值 U 、有效声速 V_v 与土壤含水量 P 的函数模型,并根据测得的多组标定数据确定模型中的参数。

一种便携式土壤含水量超声波检测装置及检测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及土壤含水量检测领域,特别涉及一种便携式土壤含水量超声波检测装置及检测方法。

背景技术

[0002] 土壤水分是农作物生长发育的基本条件和产量预报模型中的重要参量,也是研究农业干旱及作物干旱的重要指标,因此土壤含水量是节水农业研究中经常测定的项目。目前,测定土壤含水量的方法主要有烘干称重法、射线法、时域反射法、遥感法等。烘干称重法的精确度较高,但采样速度慢、需要大量的人力物力。射线法存在潜在的辐射危害,难以满足实际生产中检测土壤水分的应用需求。时域反射法是通过测定土壤介电常数来间接确定土壤含水率,该方法成本低,但误差较大,而且盐分会对土壤介电常数产生影响,因此不能适用于所有土壤样本。遥感法的原理是对土壤表面发射或反射的电磁波辐射能进行测量,适用于大面积、多时相的土壤水分监测,但该方法成本昂贵,测量误差大,且目前最大探测深度只有0.05m,局限性较多。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于克服现有技术中存在的缺点,提供一种实时性好、工作时间范围宽、成本低且稳定性好的便携式土壤含水量超声波检测装置。

[0004] 本发明的另一目的在于提供一种便携式土壤含水量超声波检测方法。

[0005] 本发明的目的通过下述技术方案实现:

[0006] 一种便携式土壤含水量超声波检测装置,包括探测头1和可调高度支架;所述可调高度支架包括螺杆5、光轴导轨4、方孔阵列斜插金属板9、水平基座3、弹簧卡扣11和支撑平台2;探测头1安装于滑块12上,滑块12安装于支撑平台2上,探测头1可沿着支撑平台2水平移动;所述螺杆5和光轴导轨4的直径相同且相互平行,并与水平基座3和支撑平台2的平面垂直,螺杆5通过铁板螺母8与支撑平台2相连接,光轴导轨4通过法兰直线轴承7与支撑平台2相连接;光轴导轨4与螺杆5共同决定支撑平台2的运动方向,螺杆5的顶端与旋转手柄6相连接,用于调节支撑平台2的上下移动,螺杆5的底端与滚轮滚针轴承轴头15相连接,滚轮滚针轴承外圈与水平基座3刚性连接;光轴导轨4与水平基座3刚性连接;水平基座3与方孔阵列斜插金属板9成固定角度夹角并通过弹簧卡扣11相连接,弹簧卡扣11与斜插金属板9的方孔配合,用于调节斜插金属板9进入土壤的深度;斜插金属板9上安装有温度传感器10。

[0007] 滑块12的顶部放置有显示屏13。

[0008] 方孔阵列斜插金属板9为镀铬不锈钢材料,其金属板头为尖头刀片结构。

[0009] 所述探测头1包括MCU主控制器、交流脉冲发生器、功率放大器、微弱信号放大器、滤波器、电源、过零比较器、超声波换能器、存储器模块、显示屏和AD转换器;所述交流脉冲发生器连接功率放大器,功率放大器连接超声波换能器,MCU主控制器连接交流脉冲发生器控制超声波发射;所述超声波换能器连接微弱信号放大器,微弱信号放大器连接滤波器;所

述滤波器的输出端连接过零比较器和AD转换器;所述过零比较器和AD转换器分别与MCU主控制器的定时器中断输入端和串行数据输入端连接;所述MCU主控制器分别与温度传感器10、存储器模块和显示屏13相连。

[0010] 所述MCU主控制器采用体积小、低功耗、低成本、高性能、高主频ARM架构的处理器,用于连接交流脉冲发生器控制超声波发射、采集超声波回波幅值、计算定时器时间差和对超声波回波与声速进行温度补偿。

[0011] 所述功率放大器包括交流信号隔离放大器、场效应管和高频脉冲变压器,其中隔离放大器、场效应管和高频脉冲变压器依次连接。

[0012] 所述AD转换器用于采集超声波回波的实时电压值并存储。

[0013] 所述滤波器采用高Q值、窄通带无限增益多路反馈带通滤波器。

[0014] 所述过零比较器用于高灵敏度地在接收到超声波回波的第一时间触发定时器中断,再由MCU主控制器计算超声波收发时间差。

[0015] 所述超声波换能器采用高灵敏防水型收发一体的超声波探头。

[0016] 温度传感器10是PT100温度传感器,用于多次采集斜插金属板9进入土壤层后各点的温度,然后取平均值对超声波声速补偿。

[0017] 本发明装置在测试土壤含水量之前,需先对被测土质进行取样标定,获得该土质的含水量与超声波回波电压有效值与收发时间差的函数关系后,存在存储器模块中,存储器模块选用数据传输速率最大150M比特每秒的穿行FLASH系列存储器芯片W25X16AVSIG。

[0018] 一种土壤含水量超声波检测方法,包括下述步骤:

[0019] (1) 分析被测土质的质地特征,利用激光粒度仪测定该土质的土壤颗粒粒径均值,根据超声波波长不小于测得的土壤颗粒粒径值的原理,选取检测该类型土壤的最佳超声波频率;

[0020] (2) 对被测土质进行取样标定,获得该土质的含水量与超声波回波有效电压值和有效声速的函数模型;

[0021] (3) 采用所述的便携式土壤含水量超声波检测装置来检测待测土壤,获得有效电压值和有效声速,通过所建立的函数模型,获得对应的含水量值,重复试验三次,取平均值作为被测土壤的含水量。

[0022] 步骤(2)的具体步骤为:测量在0%含水量土壤不同温度下的收发时间差,得出0%含水量的温度声速 V_T 与温度值的表格;测定不同含水量样本中超声波进入土壤和容器底面强反射后的回波有效电压值 U 与超声波从发射到接收到回波的时间差 T ,并根据时间差 T 计算得到实测声速 V_t ;定义有效声速为 $V_v = |V_t - V_T|$,与有效电压值 U 作为标定数据并记录;然后,分别制作有效电压值 U 、有效声速 V_v 与土壤含水量 P 的关系表格,通过关系表格建立有效电压值 U 、有效声速 V_v 与土壤含水量 P 的函数模型,并根据测得的多组标定数据确定模型中的参数。

[0023] 本发明的原理是:超声波检测技术是利用超声波在介质中传播时的某些特性进行测量。不同含水量的土壤,其内部结构也不同,随着含水量的增大,土壤内部颗粒与颗粒之间距离变小,孔隙也会变小,土壤总体积变小,密度变大,单位体积内的土壤孔隙度也会变小。由于空气的波阻抗远小于水的波阻抗,空气与水的反射系数很大,超声波在其界面上几乎全反射;而水的波阻抗与土壤中颗粒物的波阻抗相差不大,超声波在其界面上的反射相

对较弱,因此超声波能量的衰减也就较弱。当土壤含水量增大时,单位体积内的土壤孔隙度变小,其空气与水的反射面变少,水与土壤中颗粒物的反射面变多,所以超声波衰减也就变小。基于上述分析,可以利用超声波在土壤中的衰减特性测量出超声波在不同含水量土壤中回波的相对值,从而获取到土壤含水量信息和超声波回波相对值的关系特性。超声检测是土体非破损检测技术中的一个重要方面,由于声波在土壤中的传播速度能反映土壤的密实度,而土壤的密实度又与土壤的含水量直接有关,因此可以通过测定超声波在土壤中的传播速度来推定土壤的含水量。

[0024] 本发明与现有技术相比具有如下优点和效果:

[0025] (1) 本发明利用声速与回波幅值双参数来测定土壤的含水量,具有重复性好和可互补校准的特点,成本低,且精度高。

[0026] (2) 本发明装置的超声波能穿入土壤内层进行检测,检测过程无损,且灵敏度高,能利用回波直接在土壤表层推定其一定厚度的土壤含水量。

[0027] (3) 本发明超声波在测量时能够多次重复使用,对人体无害,且适用性广。

附图说明

[0028] 图1为便携式土壤含水量超声波检测装置的结构示意图。

[0029] 图2为便携式土壤含水量超声波检测装置的正视图。

[0030] 图3为便携式土壤含水量超声波检测装置的实际工况操作图。

[0031] 图4为探测头的内部结构图。

[0032] 图5为探测头的结构框图。

[0033] 图6为本发明的检测步骤流程图。

[0034] 其中,1、探测头;2、支撑平台;3、水平基座;4、光轴导轨;5、螺杆;6、旋转手柄;7、法兰直线轴承;8、铁板螺母;9、斜插金属板;10、温度传感器;11、弹簧卡扣;12、滑块;13、显示屏;14、温度传感器线缆;15、滚轮滚针轴承轴头;201、温度传感器接口;202、超声波换能器;203、功率放大器;204、电源;205、存储器模块;206、AD转换器;207、微弱信号放大器;208、带通滤波器;209、交流脉冲发生器;210、MCU主控制器;211、过零比较器;212、显示屏插口;213为探测头充电接口。

[0035] 附图仅用于示例性说明,不能理解为对本专利的限制;为了更好说明本实施例,附图某些部件会有省略、放大或缩小,并不代表实际产品的尺寸;对于本领域技术人员来说,附图中某些公知结构及其说明可能省略是可以理解的;相同或相似的标号对应相同或相似的部件;附图中描述位置关系的用语仅用于示例性说明,不能理解为对本专利的限制。

具体实施方式

[0036] 下面结合实施例对本发明做进一步详细的描述,但本发明的实施方式不限于此。

[0037] 实施例1

[0038] 一种便携式土壤含水量超声波检测装置,如图1、图2、图3所示,包括探测头1和可调高度支架;所述可调高度支架包括螺杆5、光轴导轨4、方孔阵列斜插金属板9、水平基座3、弹簧卡扣11和支撑平台2;探测头1安装于滑块12上,滑块12安装于支撑平台2上,滑块12的顶部放置有显示屏13,探测头1可沿着支撑平台2水平移动;所述螺杆5和光轴导轨4的直径

相同且相互平行,并与水平基座3和支撑平台2的平面垂直,螺杆5通过铁板螺母8与支撑平台2相连接,光轴导轨4通过法兰直线轴承7与支撑平台2相连接;光轴导轨4与螺杆5共同决定支撑平台2的运动方向,螺杆5的顶端与旋转手柄6相连接,用于调节支撑平台2的上下移动,螺杆5的底端与滚轮滚针轴承轴头15相连接,滚轮滚针轴承外圈与水平基座3刚性连接;光轴导轨4与水平基座3刚性连接;水平基座3与方孔阵列斜插金属板9成固定角度夹角并通过弹簧卡扣11相连接,弹簧卡扣11与斜插金属板9的方孔配合,用于调节斜插金属板9进入土壤的深度;斜插金属板9上安装有温度传感器10,方孔阵列斜插金属板9为镀铬不锈钢材料,其金属板头为尖头刀片结构。

[0039] 操作时,斜插金属板9插入土层后,调节旋转手柄6,使得探测头1中的超声波换能器202与土壤紧密接触后即可驱动探测头1开始采集与土壤含水量相关的超声回波信息,再由已存的土质含水量与超声波回波电压有效值、有效声速的函数关系算得各自的含水量,求平均后作为本次检测的有效值。

[0040] 如图4所示,便携式土壤含水量超声波检测装置中,MCU主控制器210选用美国TI公司推出的C2000平台上的定点32位DSP芯片TMS320F28129,该控制器相当于单片机的升级版,工作频率高达150MHz,处理性能可达150MIPS,每条指令周期6.67ns,高频率的时钟可实现更精准的定时。交流脉冲发生器209选用由美国国家半导体公司生产的通用型超声波集成器件,在该芯片的8号引脚输入一定时间的高电平即可控制该芯片在这个时间段内输出设定频率的交流脉冲。主控制器TMS320F2812在输入高电平触发交流脉冲发生器209的同时打开定时器。该集成电路使用时不需要外接晶体管驱动,但为了在测定土壤含水量中可接收到理想的回波,故在其后需加功率放大器203。功率放大器采用D类功率放大电路,D类功放是放大元件处于开关工作状态的一种放大模式:无信号输入时放大器处于截止状态,不耗电;工作时,靠输入信号让晶体管进入饱和状态,晶体管相当于一个接通的开关,把电源与负载直接接通。理想晶体管因为没有饱和压降而不耗电,实际上晶体管总会有很小的饱和压降而消耗部分电能。这种耗电只与管子的特性有关,而与信号输出的大小无关,所以特别有利于超大功率的场合。在理想情况下,D类功放的效率为100%。由于超声波接收到的原始回波信号及其微弱,需要对其进行高保真放大,为接受到分辨率高的回波幅值,选用具有低噪声、低输入偏置电流和低功耗特性的微弱信号放大器207,型号为AD620,它是一款低成本、高精度仪表放大器,仅需要一个外部电阻来设置增益,增益范围为1至10000。为了滤除杂波信号干扰,需要对放大后的信号进行带通滤波,本实施例选用无限增益多路反馈带通滤波器208,MFB滤波器具有极高的选择性和陡峭的过渡带,适用于对超声波回波进行带通滤波。电源204选用1000mah锂电池(6S),213为探测头充电接口。超声波换能器202为高灵敏度防水型收发一体换能器。温度传感器线缆14从斜插金属板9的槽口伸出,与温度传感器接口201连接。显示屏插口212用于连接显示屏13,其中显示屏为分辨率为800*480的组态TFT液晶触摸屏,触摸屏连接MCU主控制器,通过触摸屏交互界面给MCU主控制器发送指令,执行检测任务。超声波回波通过AD转换器206选择TI公司的12位串行模数转换器TLC2543,使用开关电容逐次逼近技术完成A/D转换过程。由于是串行输入结构,能够节省主控制器I/O资源;且价格适中,分辨率较高。AD转换器用于采集超声波回波的实时电压值,并将其转换成数字量储存到存储器模块205中。过零比较器211用于在第一时间接收到超声回波触发定时器中断,主控制器计算收发时间差。

[0041] 如图5所示,交流脉冲发生器连接功率放大器,功率放大器连接超声波换能器,MCU主控制器连接交流脉冲发生器控制超声波发射;所述超声波换能器连接微弱信号放大器,微弱信号放大器连接滤波器;所述滤波器的输出端连接过零比较器和AD转换器;所述AD转换器输出串行接口;所述过零比较器和AD转换器分别与MCU主控制器的定时器中断输入端和串行数据输入端连接;所述MCU主控制器分别与温度传感器10、存储器模块和显示屏13相连。

[0042] 如图6所示,系统开始工作后,MCU主控制器从存储器模块读取标定好的超声波有效声速和回波幅值与土壤含水量的函数方程以及0%含水量土壤的声速 V_T 与温度的表格,开始温度采集、发送脉冲指令,同时打开定时器,等待采集回波有效值和接收触发中断信号。采集到回波有效值或接收到触发中断信号后,存储电压有效值和根据收发时间差计算的实际声速,否则保持等待状态。当存储的电压有效值和实际声速次数均达到10个后,求出电压有效值和实际声速的平均值,取实际声速的平均值与当前温度下的温度声速差值的绝对值作为有效声速,把采集到的回波有效值与计算出的有效声速分别带入对应函数方程中,计算出当前土壤含水量,取二者均值,并通过显示屏显示当前检测土壤的含水量。

[0043] 显然,本发明的上述实施例仅仅是为清楚地说明本发明所作的举例,而并非是对本发明的实施方式的限定。对于所属领域的普通技术人员来说,在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式的变化或变动。这里无需也无法对所有的实施方式予以穷举。凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明权利要求的保护范围之内。

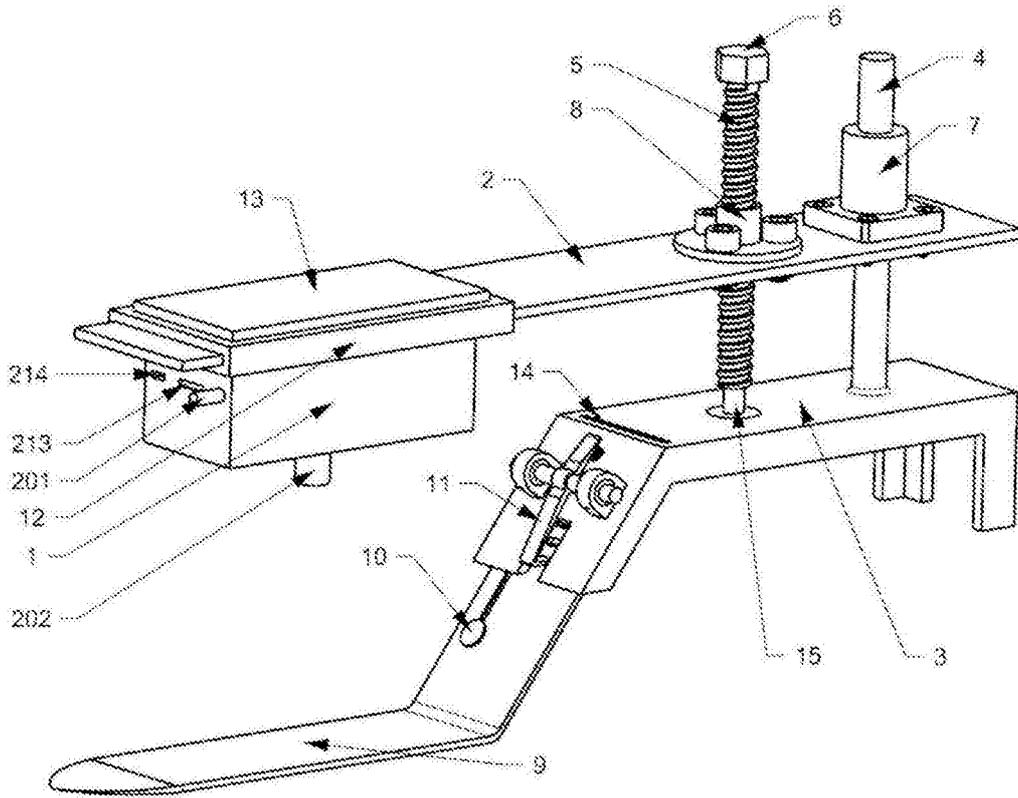


图1

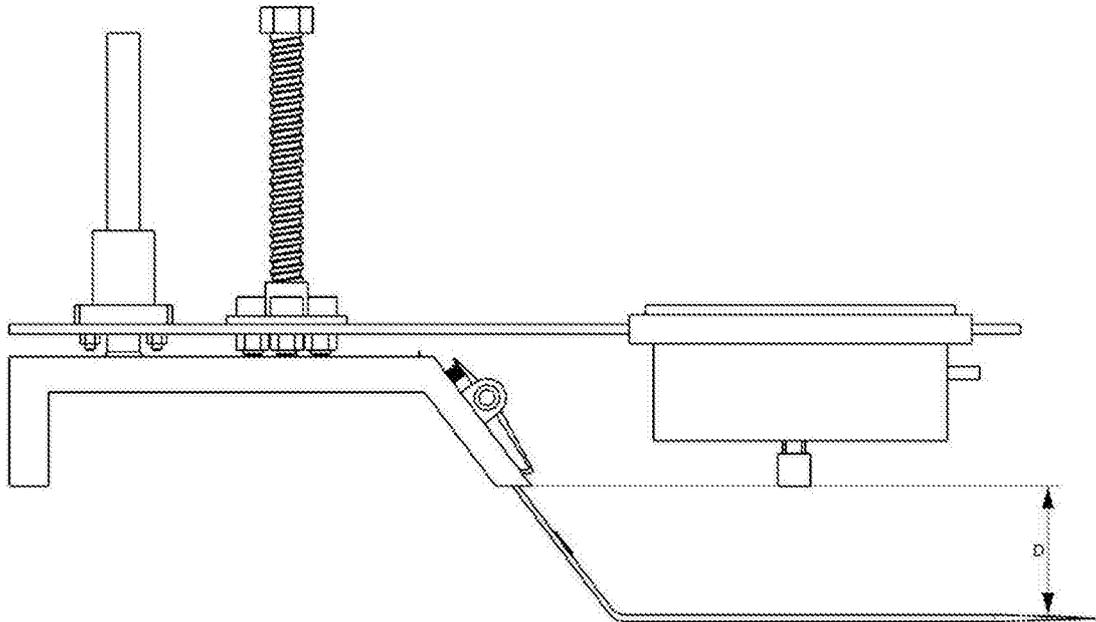


图2

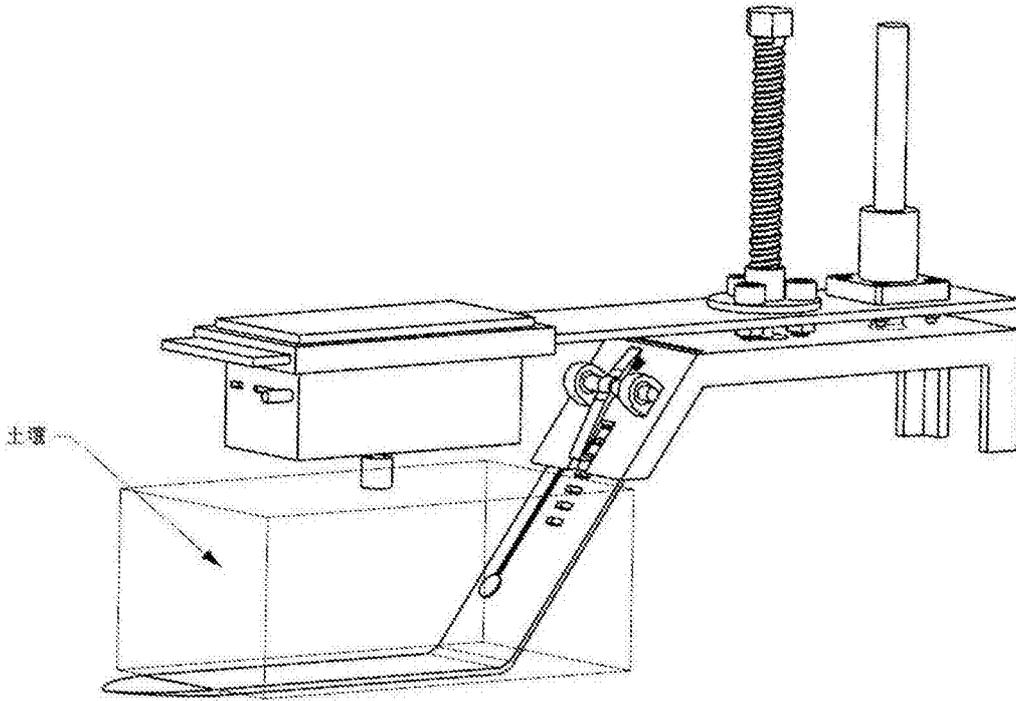


图3

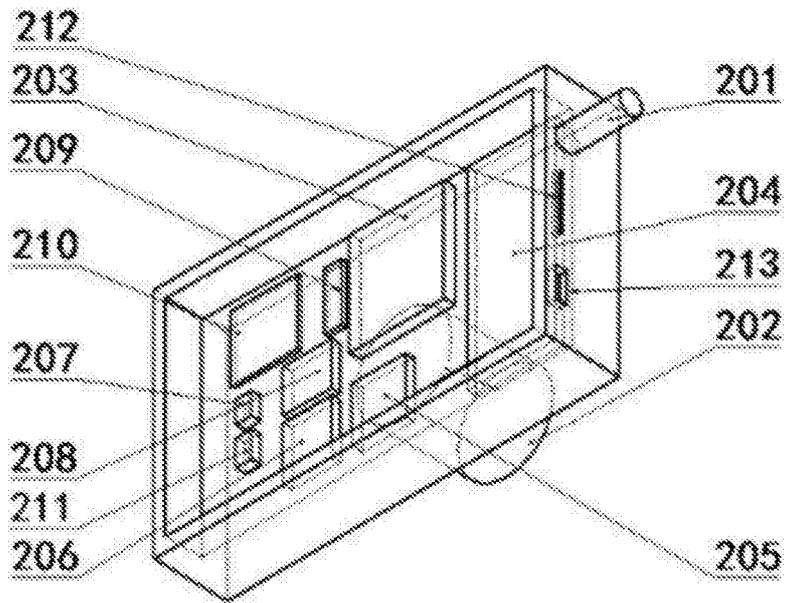


图4

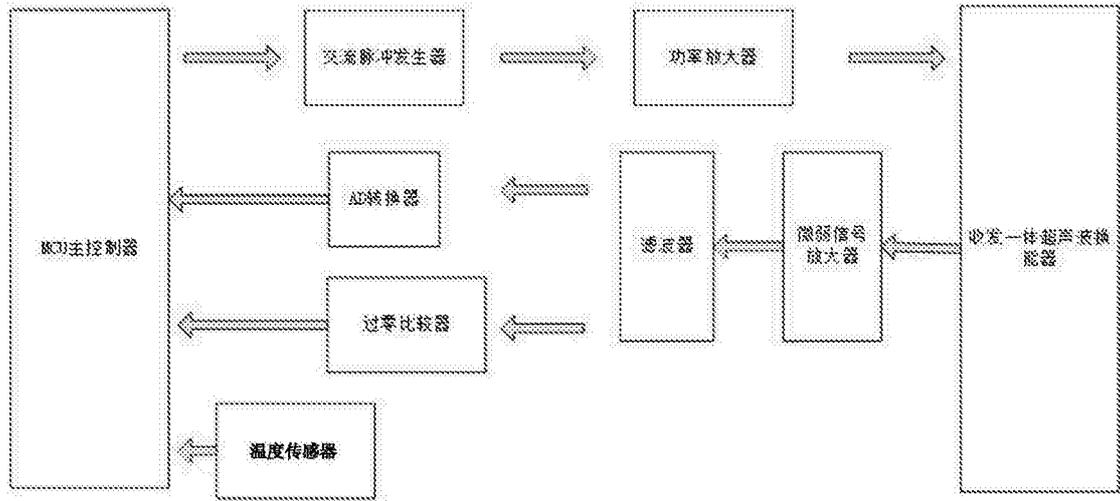


图5

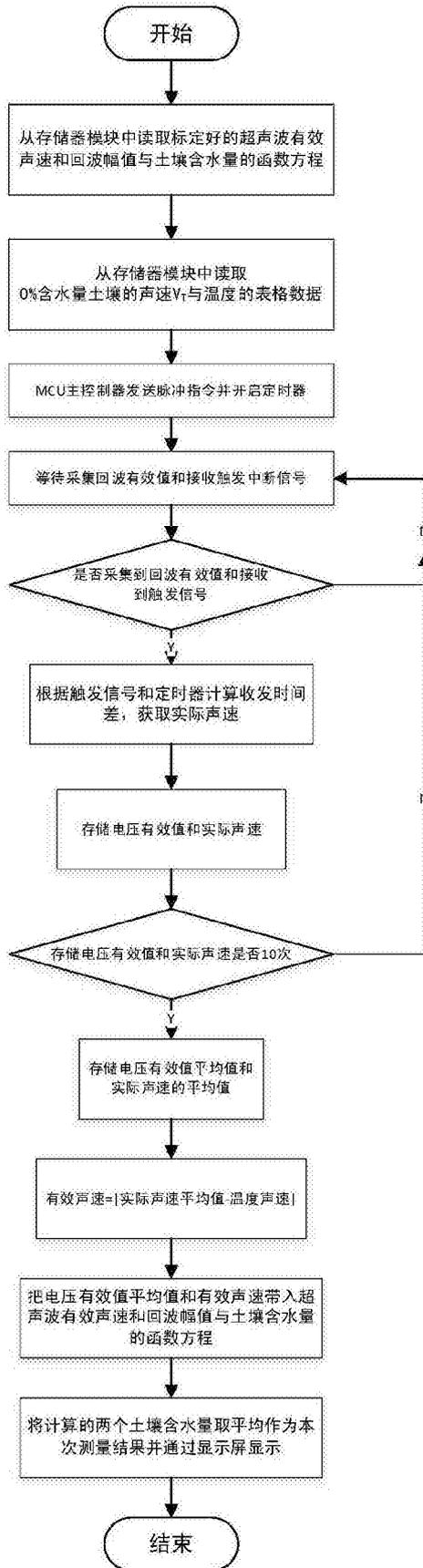


图6