



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107843711 A

(43)申请公布日 2018.03.27

(21)申请号 201710893732.1

G01P 15/00(2006.01)

(22)申请日 2017.09.27

(71)申请人 上海申元岩土工程有限公司

地址 200040 上海市静安区海防路421号7
幢7楼

申请人 华东建筑设计研究院有限公司上海
地下空间与工程设计研究院

(72)发明人 黄玮 梁永辉 秦振华 李伟
何立军 刘坤 苏志鹏 康竹良
李睿

(74)专利代理机构 上海申蒙商标专利代理有限
公司 31214

代理人 黄明凯 徐小蓉

(51)Int.Cl.

G01N 33/24(2006.01)

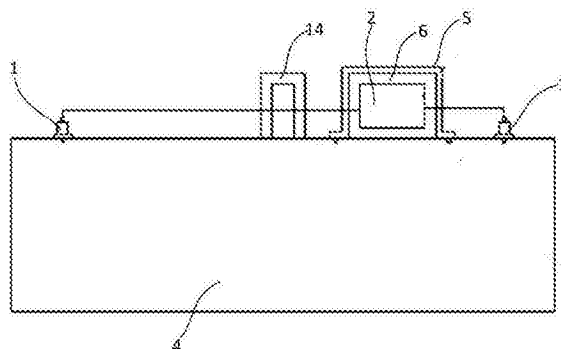
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种基于冲击加速度的强夯施工效果检测方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于冲击加速度的强夯施工效果检测方法,该方法包括以下步骤:在强夯施工区域内选取试夯区域,在所述试夯区域内获取原状土样,对所述原状土样进行室内夯击试验,测量室内夯击试验中的最大加速度峰值 a_{max} ;在强夯机上安装冲击加速度采集系统,使用所述强夯机对所述试夯区域进行逐点强夯测试,并使用所述冲击加速度采集系统测量所述试夯区域的单点夯实系数标准值 δ^* ;所述强夯机对所述强夯施工区域进行逐点强夯加固,在强夯加固过程中,所述冲击加速度采集系统持续测量当前的强夯加固点的夯实系数 δ_i ,当 $\delta_i > \delta^*$ 时表示当前的所述强夯加固点加固完成。本发明的优点是,该方法可以从本质上定量地获得了地基夯实程度的判断结果。



1. 一种基于冲击加速度的强夯施工效果检测方法,其特征在于所述强夯施工效果检测方法具体包括以下步骤:在强夯施工区域内选取试夯区域,在所述试夯区域内获取原状土样,对所述原状土样进行室内夯击试验,测量室内夯击试验中的最大加速度峰值 $a_{\max}$;在强夯机上安装冲击加速度采集系统,使用所述强夯机对所述试夯区域进行逐点强夯测试,并使用所述冲击加速度采集系统测量所述试夯区域的单点夯实系数标准值 δ^* ;所述强夯机对所述强夯施工区域进行逐点强夯加固,在强夯加固过程中,所述冲击加速度采集系统持续测量当前的强夯加固点的夯实系数 δ_i ,当 $\delta_i > \delta^*$ 时表示当前的所述强夯加固点加固完成,所述强夯机停止对当前的所述强夯加固点进行强夯施工。

2. 根据权利要求1所述的一种基于冲击加速度的强夯施工效果检测方法,其特征在于测量室内夯击试验中的最大加速度峰值 $a_{\max}$ 具体包括以下步骤:在所述原状土样处于最优含水率的条件下,对所述原状土样进行夯击,并测量每次夯击过程中的夯击加速度峰值 a_i ,绘制夯击次数与夯击加速度峰值 a_i 之间的关系曲线,对该关系曲线进行拟合得到夯击过程中的最大加速度峰值 $a_{\max}$ 。

3. 根据权利要求1所述的一种基于冲击加速度的强夯施工效果检测方法,其特征在于所述冲击加速度采集系统的安装过程包括以下步骤:在所述强夯机的夯锤的上表面安装冲击加速度传感器以及数据采集仪,并使用信号线将所述冲击加速度传感器和所述数据采集仪连接;在所述强夯机的驾驶室内设置逻辑控制器;所述逻辑控制器通过无线网络与所述数据采集仪连接。

4. 根据权利要求3所述的一种基于冲击加速度的强夯施工效果检测方法,其特征在于测量所述试夯区域的单点夯实系数标准值 δ^* 具体包括以下步骤:使用所述强夯机对所述试夯区域的土体进行逐点强夯测试;在对单个强夯测试点进行强夯测试的过程中,所述强夯机持续对所述强夯测试点进行夯击,直到符合试验要求,所述冲击加速度采集系统测量所述夯锤第一次夯击的冲击加速度峰值 α_0 以及所述夯锤最后一次夯击的冲击加速度峰值 α_{last} ,并计算该所述强夯测试点的单点夯实系数,所述单点夯实系数的计算公式如下所示:

$$\delta_j = \frac{\alpha_{\text{last}} - \alpha_0}{\alpha_{\max} - \alpha_0}$$

其中: δ_j 为第j个所述强夯测试点的单点夯实系数;

对所述试夯区域内的各所述强夯测试点以及夯间土进行原位测试,原位测试包括平板载荷试验、标准贯入试验和动力触探试验;将原位测试的结果与各强夯测试点的单点夯实系数 δ_j 进行对比分析,得到满足强夯加固要求的单点夯实系数标准值 δ^* 。

5. 根据权利要求3所述的一种基于冲击加速度的强夯施工效果检测方法,其特征在于所述冲击加速度采集系统测量所述强夯加固点的夯实系数 δ_i 具体包括以下步骤:所述强夯机对当前的所述强夯加固点进行强夯加固的过程中,所述冲击加速度采集系统测量并记录所述夯锤第 $i+1$ 次夯击的冲击加速度峰值 α_i , i 为大于等于0的整数,所述冲击加速度采集系统根据冲击加速度峰值 α_i 计算当前的所述强夯加固点的单点夯实系数,所述单点夯实系数的计算公式如下所示:

$$\delta_i = \frac{\alpha_i - \alpha_0}{\alpha_{\max} - \alpha_0}$$

其中: δ_i 为当前的所述强夯加固点第 i 次夯击时的单点夯实系数; α_0 为当前的所述强夯

加固点第i次夯击时的冲击加速度峰值。

一种基于冲击加速度的强夯施工效果检测方法

技术领域

[0001] 本发明属于土木工程技术领域,具体涉及一种基于冲击加速度的强夯施工效果检测方法。

背景技术

[0002] 强夯法是一种经济高效的地基处理方法。上世纪60年代末由法国Menard技术公司首先创用,由于强夯技术效果显著、经济易行、施工便捷、施工周期短、适用范围广等优点,自1975年引进我国以来得到迅速推广和应用。

[0003] 强夯法加固地基的原理是反复将夯锤从一定高处自由落下,将势能转化为动能,而后在土体中产生很大的冲击波和高应力,从而提高地基强度,降低压缩性,改善土体的性能。强夯法具有施工简单、效果好、费用低等优点,适用于多种地基土,尤其大面积地基处理的工程中应用强夯法的优势很显著。

[0004] 在强夯施工过程中,记录的施工参数主要包括夯击击数、夯击能级和单击夯沉量。收锤标准通过夯击的击数和最后两击平均夯沉量控制。

[0005] 目前,夯击的击数主要通过人工测读进行记录,每夯击一下便在总击数上增加一次夯击击数。中国实用新型专利(CN 201662703 U)公开了一种通过在强夯机上安装击数计量电子机构的方法,记录夯击的击数。但该机构安装复杂,稳定性较差。

[0006] 常用的夯击能级的测量方法,通常是在夯击前对夯锤进行称重,获得夯锤的质量,将夯锤质量乘以提升高度再乘以重力加速度,即可得到夯锤夯击能级,单位为kN.m。

[0007] 单击夯沉量的测量方法主要有三种,分别为:人工测量法、光电编码器测量法、激光测距法。

[0008] 人工测量法测量夯沉量,是在每次夯击完成后,由一个工人将水准尺竖直放置于夯锤顶部,另一个工人通过水准仪测读水准尺上的读数,将本次读数与前一次读数之差作为该次夯击的夯沉量。该方法由于夯锤并非完全水平,夯锤顶部存在高度不等的覆土,以及工人放置水准尺的位置不同,均在对夯沉量的测量造成客观误差,同时,测量仪器的精度,以及测量人员读数的准确性也会造成人为误差。但该方法由于操作简便,在实际施工过程中得到广泛应用。

[0009] 光电编码器测量法,是通过在起升卷筒的轴上安装光电编码器,并连接卷扬,通过编码器的输出实时监测下落绳长,计算单击夯沉量(如CN 103471541 B)。该方法具有一定的适用性,但设备安装较为复杂,且测量误差较大。

[0010] 激光测距法或双目测距法,是采用激光测距传感器监测夯锤相对于激光传感器的距离,并对数据进行计算处理,从而获得单击夯沉量(如CN 102032896 B)。由于施工环境恶劣,空气中尘土较多,容易遮挡激光测量,同时夯锤顶部通常都会被尘土覆盖,可能造成测量误差,实际应用效果较差。

[0011] 在强夯施工完成后,需要对场地进行地基处理效果的检测,常用采用平板载荷试验、动力触探试验和标准贯入度试验等原位测试方法。这些检测方法通过在场内选取一

定数量的点进行检测,因此具有一定的随机性,而且检测时间较长,对施工进度容易造成影响。

[0012] 中国发明专利(CN 102943461 A)公开了一种利用瑞雷面波评价地基强夯加固效果的量化方法,该方法通过室内试验得到土体最大剪切波速,通过对比夯击前后土体的剪切波速,定量的评价强夯加固效果。该方法检测结果受瑞雷面波采集点与夯锤的距离影响较大,实际应用效果较差。

发明内容

[0013] 本发明的目的是根据上述现有技术的不足之处,提供一种基于冲击加速度的强夯施工效果检测方法,该方法通过测量夯锤的加速度准确地推算出强夯施工的夯实度,解决了现有技术中存在的问题。

[0014] 本发明目的实现由以下技术方案完成:

[0015] 一种基于冲击加速度的强夯施工效果检测方法,所述强夯施工效果检测方法具体包括以下步骤:在强夯施工区域内选取试夯区域,在所述试夯区域内获取原状土样,对所述原状土样进行室内夯击试验,测量室内夯击试验中的最大加速度峰值 $a_{\max}$;在强夯机上安装冲击加速度采集系统,使用所述强夯机对所述试夯区域进行逐点强夯测试,并使用所述冲击加速度采集系统测量所述试夯区域的单点夯实系数标准值 δ^* ;所述强夯机对所述强夯施工区域进行逐点强夯加固,在强夯加固过程中,所述冲击加速度采集系统持续测量当前的强夯加固点的夯实系数 δ_i ,当 $\delta_i > \delta^*$ 时表示当前的所述强夯加固点加固完成,所述强夯机停止对当前的所述强夯加固点进行强夯施工。

[0016] 测量室内夯击试验中的最大加速度峰值 $a_{\max}$ 具体包括以下步骤:在所述原状土样处于最优含水率的条件下,对所述原状土样进行夯击,并测量每次夯击过程中的夯击加速度峰值 a_i ,绘制夯击次数与夯击加速度峰值 a_i 之间的关系曲线,对该关系曲线进行拟合得到夯击过程中的最大加速度峰值 $a_{\max}$ 。

[0017] 所述冲击加速度采集系统的安装过程包括以下步骤:在所述强夯机的夯锤的上表面安装冲击加速度传感器以及数据采集仪,并使用信号线将所述冲击加速度传感器和所述数据采集仪连接;在所述强夯机的驾驶室内设置逻辑控制器;所述逻辑控制器通过无线网络与所述数据采集仪连接。

[0018] 测量所述试夯区域的单点夯实系数标准值 δ^* 具体包括以下步骤:使用所述强夯机对所述试夯区域的土体进行逐点强夯测试;在对单个强夯测试点进行强夯测试的过程中,所述强夯机持续对所述强夯测试点进行夯击,直到符合试验要求,所述冲击加速度采集系统测量所述夯锤第一次夯击的冲击加速度峰值 α_0 以及所述夯锤最后一次夯击的冲击加速度峰值 α_{last} ,并计算该所述强夯测试点的单点夯实系数,所述单点夯实系数的计算公式如下所示:

$$[0019] \quad \delta_j = \frac{\alpha_{\text{last}} - \alpha_0}{\alpha_{\max} - \alpha_0}$$

[0020] 其中: δ_j 为第j个所述强夯测试点的单点夯实系数;

[0021] 对所述试夯区域内的各所述强夯测试点以及夯间土进行原位测试,原位测试包括平板载荷试验、标准贯入试验和动力触探试验;将原位测试的结果与各强夯测试点的单点

夯实系数 δ_j 进行对比分析,得到满足强夯加固要求的单点夯实系数标准值 δ^* 。

[0022] 所述冲击加速度采集系统测量所述强夯加固点的夯实系数 δ_i 具体包括以下步骤:所述强夯机对当前的所述强夯加固点进行强夯加固的过程中,所述冲击加速度采集系统测量并记录所述夯锤第 $i+1$ 次夯击的冲击加速度峰值 α_i , i 为大于等于0的整数,所述冲击加速度采集系统根据冲击加速度峰值 α_i 计算当前的所述强夯加固点的单点夯实系数,所述单点夯实系数的计算公式如下所示:

$$[0023] \quad \delta_i = \frac{\alpha_i - \alpha_0}{\alpha_{\max} - \alpha_0}$$

[0024] 其中: δ_i 为当前的所述强夯加固点第 i 次夯击时的单点夯实系数; α_0 为当前的所述强夯加固点第 i 次夯击时的冲击加速度峰值。

[0025] 本发明的优点是,可以从本质上定量地获得了地基夯实程度的判断结果,而且可以有效地避免环境因素对检测结果造成的影响;以上因素使得检测结果精确可靠,不仅能够满足施工要求,还具有更快的检测速度。

附图说明

[0026] 图1为本发明中逻辑控制器的结构框图;

[0027] 图2为本发明中夯锤的侧视图;

[0028] 图3为本发明中夯锤的俯视图。

具体实施方式

[0029] 以下结合附图通过实施例对本发明的特征及其它相关特征作进一步详细说明,以便于同行业技术人员的理解:

[0030] 如图1-3,图中标记1-14分别为:冲击加速度传感器1、数据采集仪2、逻辑控制器3、夯锤4、固定外壳5、减振防护泡沫6、中央处理器7、计数模块8、存储器9、显示器10、串口扩展电路11、WiFi通信模块12、供电单元13、吊轴14。

[0031] 实施例:如图1至3所示,本实施例具体涉及一种基于冲击加速度的强夯施工效果检测方法,该方法具体包括以下步骤:

[0032] 1) 在强夯施工区域内选取 $20\text{m} \times 20\text{m}$ 的区域作为试夯区域,在试夯区域内获取原状土样,对原状土样进行室内夯击试验,测量室内夯击试验中的最大加速度峰值 $\alpha_{\max}$;在室内夯击试验需要在原状土样处于最优含水率的条件下进行;每次对原状土样进行夯击时,测量每次夯击对应的夯击加速度峰值 α_i ;绘制夯击次数与夯击加速度峰值 α_i 之间的关系曲线;对该曲线进行拟合得到夯击过程中原状土样的最大加速度峰值 $\alpha_{\max}$ 。

[0033] 原状土样未进行室内夯击试验时,土体较松散,夯锤与土样碰撞接触时间长,夯锤冲击加速度峰值小;随着夯击次数的增加,原状土样逐渐密实,夯锤的冲击峰值加速度逐渐增大,并趋于稳定;因此可以通过夯击次数与夯击加速度峰值 α_i 之间的关系曲线拟合出室内夯击试验中的最大加速度峰值 $\alpha_{\max}$;此外还可通过采集夯锤冲击加速度峰值,实时检测原状土样的强夯夯实程度。

[0034] 2) 在强夯机上安装冲击加速度采集系统;如图1至3所示,冲击加速度采集系统包括冲击加速度传感器1、数据采集仪2以及逻辑控制器3;在安装过程中,在强夯机的夯锤4的

上表面安装冲击加速度传感器1以及数据采集仪2,并使用信号线将冲击加速度传感器1和数据采集仪2连接;在强夯机的驾驶室内设置逻辑控制器3;逻辑控制器3通过无线网络与数据采集仪2连接。

[0035] 如图2、3所示,本实施例中冲击加速度传感器1为压电式加速度传感器,传感器的量程大于 $\pm 500g$,工作温度范围 $-40\sim 120^{\circ}\text{C}$;本实施例中冲击加速度传感器1的数目为四,四个冲击加速度传感器1在所述夯锤的上表面呈矩形排列;冲击加速度传感器1通过螺栓与所述夯锤4刚性连接,冲击加速度传感器1的安装位置与夯锤4的边缘之间的距离大于10cm;在冲击加速度传感器1顶端设置有信号传输线以便冲击加速度传感器1与数据采集仪2连接。

[0036] 如图2、3所示,数据采集仪2的数据采集通道大于四,各冲击加速度传感器1分别与一个数据采集通道连接;数据采集仪2具有无线WiFi模块以及以太网接口,以便数据采集仪2与逻辑控制器3进行通信;数据采集仪2内部设置有可充电锂电池,电池的容量使得数据采集仪2的工作时长不小于8小时;夯锤4的上表面设置有用以容纳数据采集仪2的固定外壳5,固定外壳5的内壁与数据采集仪2之间的空隙填充有减振防护泡沫6;固定外壳5与减振防护泡沫6使得数据采集仪2可以在强振、高温等恶劣环境下长时间稳定的工作;数据采集仪2的安装位置与夯锤4的吊轴14之间的距离大于20cm,以防止夯锤4起吊和脱钩对数据采集仪2造成不良影响。

[0037] 如图1所示,本实施例中,逻辑控制器3为PLC逻辑控制器;逻辑控制器3包括中央处理器7、计数模块8、存储器9、显示器10、串口扩展电路11、WiFi通信模块12和供电单元13。中央处理器7用于控制PLC逻辑控制器的运行,并对接收到的数据进行相关处理;计数模块8可以记录夯锤4的夯击次数;存储器9用于存储冲击加速度传感器1采集到的数据;显示器10可以为触屏也可以为非触屏,主要用于显示处理结果和施工人员进行相关操作;供电单元13为逻辑控制器3提供电源,保证PLC逻辑控制器正常工作;WiFi通信模块12与数据采集仪相适配,用于接收数据采集仪2发出的数据。

[0038] 如图1、2所示,在工作过程中,强夯机重复地将夯锤4提升并将夯锤4脱钩释放,使得夯锤4自由落体下落,利用下落的动能对其下方的土体进行夯实加固;在夯锤4每次下落的过程中,冲击加速度传感器1持续地采集夯锤4的加速度数据;冲击加速度传感器1将采集到的信号通过传输线传送至数据采集仪2,数据采集仪2对冲击加速度传感器1的电压信号进行滤波处理和A/D转换,转换后的数据通过无线网络传输至逻辑控制器3;逻辑控制器3可以对接收到的加速度数据进行运算处理。

[0039] 3) 使用强夯机以及冲击加速度采集系统测量试夯区域的单点夯实系数标准值 δ^* ;如图2、3所示,测量过程包括以下步骤:使用强夯机对试夯区域的土体进行逐点强夯测试;在对单个强夯测试点进行强夯测试的过程中,强夯机持续对强夯测试点进行夯击,直到符合试验要求;本实施例中,试验要求包括夯击次数以及最后两击的夯沉量;在强夯测试的过程中,冲击加速度采集系统测量夯锤4第一次夯击的冲击加速度峰值 α_0 以及夯锤4最后一次夯击的冲击加速度峰值 α_{last} ;并计算该强夯测试点的单点夯实系数,单点夯实系数的计算公式如下所示:

[0040]
$$\delta_j = \frac{\alpha_{last} - \alpha_0}{\alpha_{max} - \alpha_0}$$

[0041] 其中： δ_j 为第j个所述强夯测试点的单点夯实系数；单点夯实系数的取值范围在0和1之间；单点夯实系数可以反映出土体的密实程度。本实施例中，强夯机以及冲击加速度采集系统依次对试夯区域内的土体进行逐点强夯测试，并测试各个强夯测试点的单点夯实系数 δ_j 。

[0042] 强夯测试完成后，对试夯区域内的各强夯测试点以及夯间土进行原位测试，原位测试的项目包括但不限于平板载荷试验、标准贯入试验和动力触探试验；将各个强夯测试点的原位测试的结果与各强夯测试点的单点夯实系数 δ_j 进行对比分析，得到满足强夯加固要求的单点夯实系数标准值 δ^* 。

[0043] 4) 强夯机对强夯施工区域进行逐点强夯加固，在强夯加固过程中，冲击加速度采集系统持续测量当前的强夯加固点的夯实系数 δ_i ；当 $\delta_i > \delta^*$ 时表示当前的强夯加固点加固完成，强夯机即可停止对当前的强夯加固点进行强夯施工。

[0044] 如图2、3所示，测量强夯加固点的夯实系数 δ_i 具体包括以下步骤：强夯机对当前的强夯加固点进行强夯加固的过程中，冲击加速度采集系统测量并记录夯锤第i+1次夯击的冲击加速度峰值 α_i ，i为大于等于0的整数，冲击加速度采集系统根据冲击加速度峰值 α_i 计算当前的强夯加固点的单点夯实系数，单点夯实系数的计算公式如下所示：

[0045]
$$\delta_i = \frac{\alpha_i - \alpha_0}{\alpha_{\max} - \alpha_0}$$

[0046] 其中： δ_i 为当前的所述强夯加固点第i次夯击时的单点夯实系数； α_0 为当前的所述强夯加固点第i次夯击时的冲击加速度峰值； δ_i 越大表示当前的强夯加固点的土层越密实；当 $\delta_i > \delta^*$ 表示当前强夯加固点的加固效果达到设计要求；强夯机可进行下一个强夯加固点的强夯加固。

[0047] 本实施例的有益技术效果为：可以从本质上定量地获得了地基夯实程度的判断结果，而且可以有效地避免环境因素对检测结果造成的影响；以上因素使得检测结果精确可靠，不仅能够满足施工要求，还具有更快的检测速度。

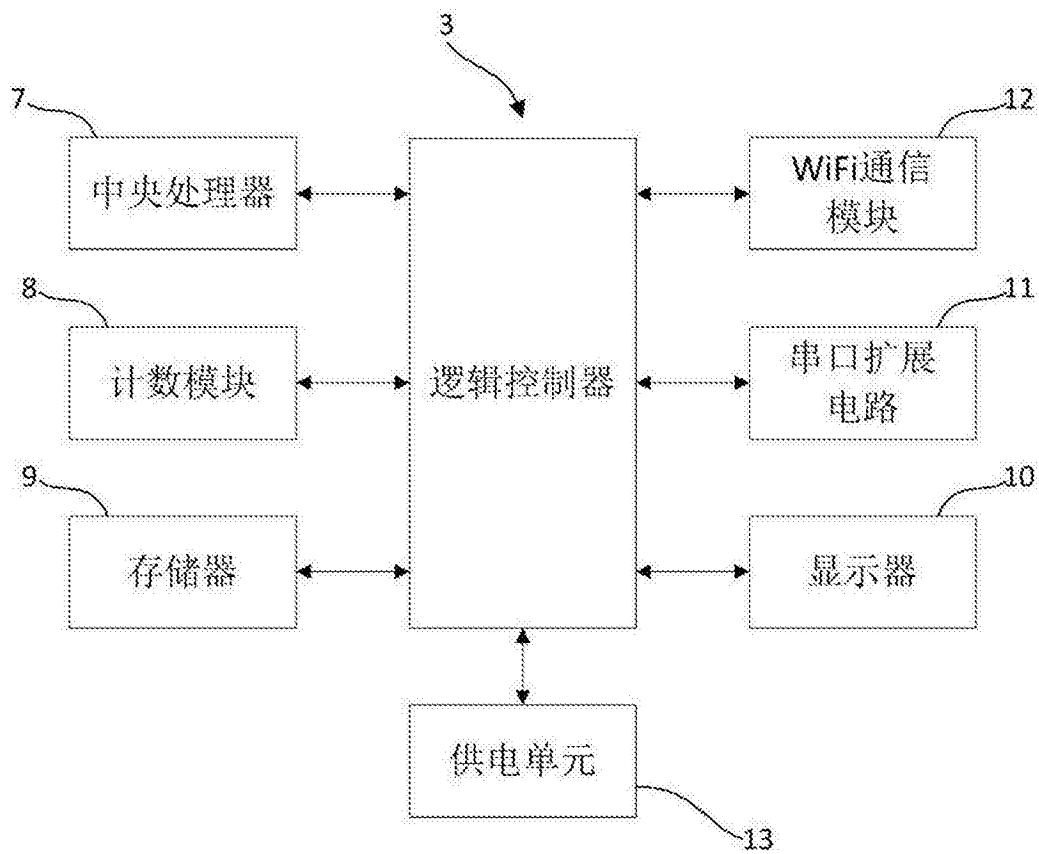


图1

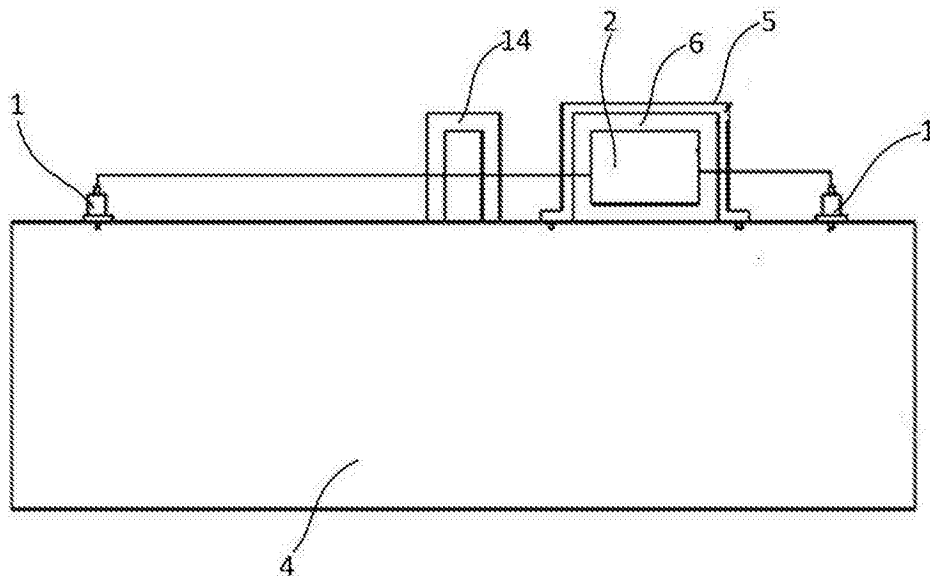


图2

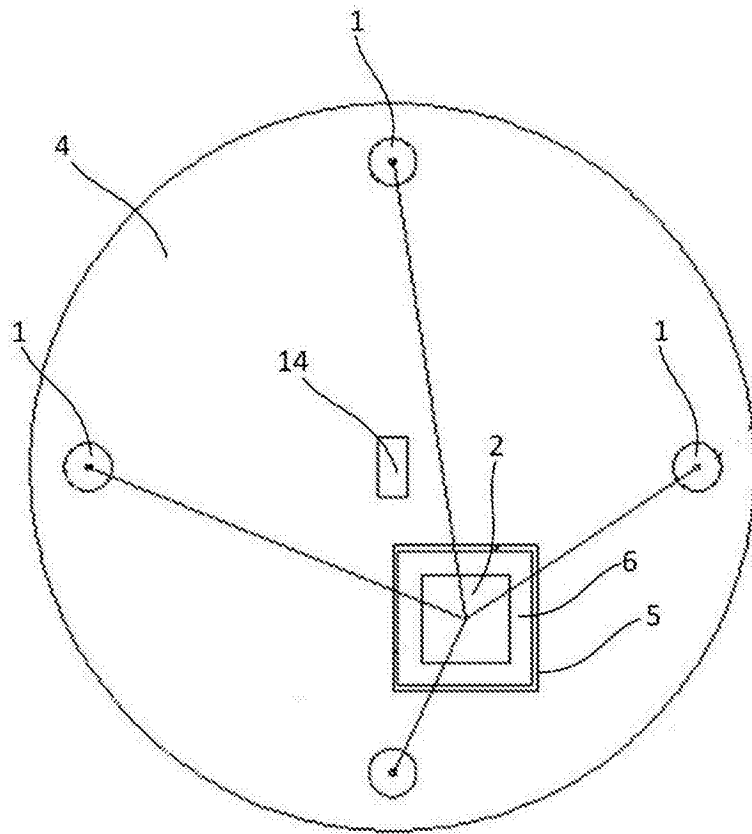


图3