



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103510502 B

(45) 授权公告日 2015. 07. 08

(21) 申请号 201310448470. X

(22) 申请日 2013. 09. 27

(73) 专利权人 同济大学

地址 200092 上海市杨浦区四平路 1239 号

(72) 发明人 李万莉 顾明浩 刘鹏

(74) 专利代理机构 上海天协和诚知识产权代理
事务所 31216

代理人 叶凤

(51) Int. Cl.

E02D 3/046(2006. 01)

E02D 1/00(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102995615 A, 2013. 03. 27,

CN 103088807 A, 2013. 05. 08,

JP H04189913 A, 1992. 07. 08,

CN 201801867 U, 2011. 04. 20,

JP S61183515 A, 1986. 08. 16,

JP H04189913 A, 1992. 07. 08,

JP H06317510 A, 1994. 11. 15,

CN 202523099 U, 2012. 11. 07,

审查员 聂春洁

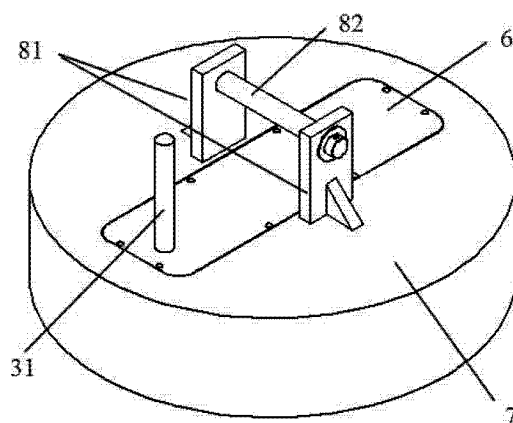
权利要求书1页 说明书4页 附图5页

(54) 发明名称

基于夯锤冲击加速度测量的强夯机施工实时
监测方法与系统

(57) 摘要

本发明涉及一种基于夯锤冲击加速度测量的强夯机施工实时监测方法与系统。系统中的加速度传感器、检测控制器、数据存储器、信号发射器和便携电源,都安装固定于夯锤上;加速度传感器将采集的电压信号提供给检测控制器,由检测控制器对模拟信号进行处理并由信号发射器发射出去。系统中的信号接收器、接收控制器和显示及报警设备,三者均安装于驾驶室内,接收控制器接收来自信号接收器提供的最大峰值加速度数据,接收控制器对每次击点最大峰值加速度进行增量计算,判定是否夯击完成。本发明直接检测夯锤冲击地面时的冲击力,由土体表现的受力情况来判断土体的夯实程度,从本质上直接获得了夯实程度的判断结果,检测结果精确,可靠。



1. 一种基于夯锤冲击加速度测量的强夯机施工实时监测方法,其特征在于,该方法包括步骤:

(1) 采集夯锤冲击地面时的冲击加速度夯击峰值加速度,设前一次夯击时夯锤的峰值加速度为 a_1 ,相对应的设这一次的夯击峰值加速度为 a_2 ,

(2) 当检测到 $(a_2 - a_1) / a_1 < k$ 时,判定为夯击完成,该系数 k 为常数值,由不同的土质来决定。

2. 一种基于夯锤冲击加速度测量的强夯机施工实时监测系统,该系统包括夯锤,夯锤顶面固定有夯锤起吊轴和一对起吊轴固定板,其特征在于,

还包括加速度传感器、检测控制器、数据存储器、信号发射器和便携电源,五者都安装固定于夯锤上;所述加速度传感器的采样频率大于 2KHz;所述便携电源分别与加速度传感器、检测控制器、数据存储器、信号发射器连接为其供电;所述加速度传感器与检测控制器输入端连接,检测控制器输出端分别与数据存储器、信号发射器连接;加速度传感器将采集的电压信号提供给检测控制器,由检测控制器对模拟信号进行滤波处理及 A/D 转换,转换后的数据再由数据存储器进行备份,同时该数据提供给信号发射器由其发射出去;

还包括信号接收器、接收控制器和显示及报警设备,三者均安装于驾驶室内,所述信号接收器与所述信号发射器无线信号连接,所述信号接收器、显示及报警设备分别与接收控制器连接;所述显示及报警设备包括报警灯和显示屏;接收控制器接收来自信号接收器提供的最大峰值加速度数据,接收控制器对每次击点最大峰值加速度进行增量计算,即设前后相邻间隔夯击的峰值加速度分别 a_1 和 a_2 ,当计算 $(a_2 - a_1) / a_1 < k\%$,该系数 k 为常数值,由不同的土质来决定,则判定为夯击完成,否则就需要继续夯击,并将结论通过显示屏或者报警灯显示输出;

在所述夯锤上铣出凹槽,凹槽位于夯锤起吊轴的正下方,所述凹槽宽度限制在所述一对起吊轴固定板之间的跨离内;所述加速度传感器、检测控制器、外部数据存储器、信号发射器和便携电源均安置于凹槽内,且均采用橡胶缓冲垫固定连接,其中所述加速度传感器设于夯锤的中心轴线位置;凹槽上方加有盖板,盖板和夯锤之间采用密封垫圈;同时,在夯锤盖板上开设通孔使信号发射器的天线伸出到凹槽外部,在该通孔上垫上密封环。

基于夯锤冲击加速度测量的强夯机施工实时监测方法与系统

技术领域

[0001] 本发明涉及机械工程及其自动化领域,尤其涉及一种通过采集强夯作业中土壤对夯锤的冲击加速度以实现自动监测强夯机施工作业的方法。

背景技术

[0002] 强夯法又称动力固结法 (Dynamic Consolidation),是一种处理软弱土地基的加固方法。它是 20 世纪 60 年代末由法国工程师 Louis 开发并创用的。它利用起重设备将夯锤 (8 ~ 40t) 提升到很大高度 (10 ~ 40m),然后使夯锤自由下落,以很大冲击能量 (500 ~ 8000kN·m) 作用在地基上,在土中产生很大的冲击波,以克服土颗粒间的各种阻力,使地基压密,从而提高地基的强度,减少沉降,消除湿陷性,膨胀性,提高抗液化能力。强夯法现今已广泛的应用于机场跑道和电站水坝、水库等基础工程的地基加固工程。

[0003] 现如今在强夯施工时,夯点的夯击次数一般都是根据现场试夯得到的夯击次数和夯沉量关系曲线确定,并应同时满足下列条件:

[0004] 1. 最后两击的平均夯沉量不宜大于下列数值:当单击夯击能小于 400kN·m 时为 50mm;当单击夯击能为 4000 ~ 6000kN·m 时为 100mm;当单击夯击能大于 6000kN·m 时为 200mm;

[0005] 2. 夯坑周围地面不应发生过大的隆起;

[0006] 3. 不因夯坑过深而发生提锤困难。

[0007] 目前,在强夯检测夯沉量方向上主要分为三类,传统人工测量夯沉量;利用编码器或者特制码盘测量卷扬出绳量再通过计算相对差值求得夯沉量;利用双目测距或者激光测距等非接触方式测量锤顶到标称位置的距离来计算夯沉量。

[0008] 传统人工测量夯沉量是由工人在每次夯击完成后测量锤顶距离地面的高度来计算夯沉量。由于强夯场地条件恶劣,地面可能由于强夯作用而发生隆起,这给夯击是否到位的测量带来了很大的困难和不便。偏锤的实际存在、塔尺所立测点的变换和所立塔尺的垂直度误差,以及锤顶面上积土均使测量存在客观误差,又较难消除,同时测量精度和数据记录准确性受测量记录人员的人为因素影响,容易造成较大误差。在光线较差,尤其是夜间施工时,测量较难进行。在测量过程中,由于吊车的旋转和移动,有时会使观测点与测量仪器的通视遭到破坏,这时需要移动仪器位置重新获得通视,从而增加了测量人员的工作量,导致架设时间内某些点无法监视测量或夯机需停工等待,影响施工效率。由于场地各个夯点的土质不可能完全一样,所以可能造成强夯质量不均的现象。

[0009] 用编码器或者特制码盘测量卷扬出绳量再通过计算相对差值求得夯沉量的方法(如 CN 201546244 U、CN 102108698 B 和 CN 202099794 U)。首先需在卷盘上增加机械结构,另外需要增加一个开始信号传感器如:油压传感器或应力传感器等。而且可能由于地面较为松软或振动会导致强夯机下陷,影响测量高度,带来误差,并且一旦发生钢丝绳在卷筒里乱绳可能影响测量结果。

[0010] 用双目测距或者激光测距等非接触方式测量锤顶到标称位置的距离来计算夯沉量(如 CN 102032896 B、CN 102032897 B)。由于强夯施工环境恶劣,在强震动、高温、大雾情况下不能保证视觉传感器或者激光传感器的正常工作,而且由于施工现场空气中尘土较多,可能阻断传感器的测量,另外由于夯锤顶部通常都会被尘土覆盖,可能造成测量误差。

发明内容

[0011] 为了避免上述问题,本发明提供了一种通过采集强夯作业中土壤对夯锤的冲击加速度来自动监测强夯机施工作业的方法,以达到自动实时监测强夯作业的目的。

[0012] 为此,本发明给出的方法技术方案为:

[0013] 一种基于夯锤冲击加速度测量的强夯机施工实时监测方法,其特征在于,该方法包括步骤:

[0014] (1) 采集夯锤冲击地面时的冲击加速度夯击峰值加速度,设前一次夯击时夯锤的峰值加速度为 a_1 ,相对应的设这一次的夯击峰值加速度为 a_2 ,

[0015] (2) 当检测到 $(a_2 - a_1) / a_1 < k$ 时,判定为夯击完成,该系数 k 为常数值,由不同的土质来决定。系数 k 取值属于现有技术。

[0016] 同时,本发明给出的系统技术方案为:

[0017] 一种基于夯锤冲击加速度测量的强夯机施工实时监测系统,该系统包括夯锤,夯锤顶面固定有夯锤起吊轴 82 和一对起吊轴固定板 81,其特征在于,

[0018] 还包括加速度传感器 1、检测控制器 2、数据存储器 4、信号发射器 3 和便携电源 5,五者都安装固定于夯锤上。所述加速度传感器的采样频率大于 2KHz。所述便携电源 5 分别与加速度传感器 1、检测控制器 2、数据存储器 4、信号发射器 3 连接为其供电。所述加速度传感器 1 与检测控制器 2 输入端连接,检测控制器 2 输出端分别与数据存储器 4、信号发射器 3 连接。加速度传感器 1 将采集的电压信号提供给检测控制器 2,由检测控制器 2 对模拟信号进行滤波处理及 A/D 转换,转换后的数据再由数据存储器 4 进行备份,同时该数据提供给信号发射器 3 由其发射出去。

[0019] 还包括信号接收器、接收控制器和显示及报警设备,三者均安装于驾驶室 9 内,所述信号接收器与所述信号发射器 3 无线信号连接,所述信号接收器、显示及报警设备分别与接收控制器连接。所述显示及报警设备包括报警灯和显示屏。接收控制器接收来自信号接收器提供的最大峰值加速度数据,接收控制器对每次击点最大峰值加速度进行增量计算,即设前后相邻间隔夯击的峰值加速度分别 a_1 和 a_2 ,当计算 $(a_2 - a_1) / a_1 < k\%$,该系数 k 为常数值,由不同的土质来决定,则判定为夯击完成,否则就需要继续夯击,并将结论通过显示屏或者报警灯显示输出。

[0020] 在所述夯锤上铣出凹槽,凹槽位于夯锤起吊轴 82 的正下方,所述凹槽宽度限制在所述一对起吊轴固定板 81 之间的跨离内。所述加速度传感器 1、检测控制器 2、外部数据存储器 4、信号发射器 3 和便携电源 5 均安置于凹槽内,且均采用橡胶缓冲垫固定连接,其中所述加速度传感器 1 设于夯锤的中心轴线位置。凹槽上方加有盖板 6,盖板 6 和夯锤 7 之间采用密封垫圈。同时,在夯锤盖板 6 上开设通孔使信号发射器 3 的天线 31 伸出到凹槽外部,在该通孔上垫上密封环。

[0021] 与现有技术相比,本发明技术方案直接检测夯锤冲击地面时的冲击力,由土体表

现的受力情况来判断土体的夯实程度,不仅从本质上直接获得了夯实程度的判断结果,而且避免了环境因素对检测结果的不利影响,因此检测结果精确,可靠。

[0022] 本发明对于脱钩式强夯机和非脱钩式强夯机都能适用。有益效果为:

[0023] 1. 本发明可以自动检测夯锤冲击地面时的冲击加速度,可以实时监测工程的进行状态,既节省了人力成本,又提高强夯作业的工作效率;

[0024] 2. 本发明采用加速度传感器测量加速度,稳定可靠;

[0025] 3. 本发明对于采集的加速度信号的传输采用无线传输,避免了传输数据线的布置;

[0026] 4. 本发明结构简单,各数据采集装置不破坏原机结构,只需在夯锤上铣出安装凹槽,在驾驶室安装信号接收器,控制器和显示设备即可,整套系统安装方便,调试简单,可用于各种强夯设备。

附图说明

[0027] 图 1 是本发明的各个器件在夯锤中的布置图。

[0028] 图 2 是本发明的夯锤总体图。

[0029] 图 3 是本发明检测控制器的程序流程图。

[0030] 图 4 是本发明接收控制器的程序流程图。

[0031] 图 5 是本发明监测系统的结构框图。

[0032] 图 6 是本发明夯锤和驾驶室通信图。

[0033] 标记说明:加速度传感器 1,检测控制器 2,信号发射器 3,信号发射器的天线 31,外部数据存储器 4,便携电源 5,盖板 6,夯锤 7,夯锤起吊轴的固定板 81,夯锤起吊轴 82,驾驶室 9。

具体实施方式

[0034] 以下结合附图对本发明技术方案作进一步说明。

[0035] 1、设计思路即本发明原理:

[0036] 在未夯前,夯点土质松软,夯锤冲击碰撞地面的作用时间长,地面缓冲效果较好,峰值加速度小。夯击时,夯坑下方由上向下逐渐形成硬壳,上层土体屈服应力接近或大于强夯冲击载荷的附加应力,上层土体的动力响应主要呈弹性特点,大部分夯击能量消耗于土体的压密作用,小部分消耗于土体的弹性振动和阻尼振动。随着夯击击数的增加,土体中动力响应主要呈弹性特点的硬壳层逐渐向下扩展增大,消耗于土体的弹性振动和阻尼振动的能量增加,压密效果减少,也就是说缓冲效果在减少,因此夯锤的峰值冲击力增加。当夯击达到一定击数后,夯击能绝大部分消耗于土体的弹性振动和阻尼振动,压密效果非常少,此时冲击力趋向于稳定。设前一次夯击时夯锤的峰值加速度为 a_1 ;相对应的设这一次的夯击峰值加速度为 a_2 。工程中当压密效果非常少时,即可停止强夯作业,因此当 $(a_2 - a_1) / a_1$ 小于某一值时,即可判定为夯击完成。所以,若能直接检测到夯锤冲击地面时的冲击力,就能由该冲击力来判断地面的夯击程度。更进一步的,若能在每个夯击点每次夯击时检测到冲击力,就能实时检测强夯夯实程度,提高夯击次数的准确性,避免欠夯或过夯的出现,保证工程质量。

[0037] 与现有技术相比（从夯沉量方向所进行的各类检测方法），本发明方法技术方案直接检测夯锤冲击地面时的冲击力，由土体表现的受力情况来判断土体的夯实程度，该方法设计不仅从本质上直接获得了夯实程度的判断结果，而且避免了环境因素对检测结果的不利影响，因此检测结果精确，可靠。

[0038] 2、系统实现：

[0039] 2.1、整个系统结构（如图 5 所示）

[0040] 本发明需在夯锤 7 增加一个凹槽，以容纳加速度传感器 1、检测控制器 2、外部数据存储器 4、信号发射器 3 和便携电源 5；同时配备信号接收装置，接收控制器和显示报警设备。信号接收装置，接收控制器和显示设备安装于驾驶室 9 内。显示设备包括报警灯和显示屏。

[0041] 2.2、对强夯机的夯锤处的结构安装（如图 1、图 2 所示）

[0042] 夯锤凹槽位于夯锤起吊轴 82 的正下方，其宽度不得超过固定夯锤起吊轴的固定板 81 的距离。加速度传感器 1 的安装位置靠近夯锤的中心轴线，优选的采用螺纹连接。检测控制器 2、外部数据存储器 4、信号发射器 3 和便携电源 5 的固定均采用橡胶缓冲垫连接。凹槽上方加有盖板 6，盖板 6 和夯锤 7 之间采用密封垫圈（图中未示），以隔绝泥水进入夯锤 7 的凹槽内。在夯锤盖板 6 上开个通孔使信号发射器的天线 31 伸出到凹槽外部。在该通孔上垫上密封环（图中未示），以隔绝泥水进入夯锤 7 的凹槽内。

[0043] 2.3、实现方法（如图 3、图 4、图 5 所示）

[0044] 冲击开始后，检测控制器接收加速度传感器的电压信号，并将其滤波并备份，然后将其通过无线信号发送器发出。接收控制器通过无线信号接收器接收，然后取出最大峰值加速度，并与上一次峰值加速度进行增量计算，最后给出是否需要继续夯击的结论，通过显示屏和报警灯显示。

[0045] 需要强调的是，为了保证所采集的加速度信号的测量精度，加速度传感器的采样频率应不低于 2KHz。

[0046] 3、基于上述系统，本发明自动实时监测的工作过程如下：

[0047] 步骤 1：从地面起吊夯锤 7（如图 6 所示），起吊到预定高度后，夯锤 7 下落，加速度传感器 1 检测到加速度大幅度变化时采集冲击时的加速度数据，加速度传感器 1 输出电压信号，检测控制器 2 通过模数转换器，采集该电压信号。

[0048] 步骤 2：当采集的数据达到所设定的数量后，停止数据采集并进行滤波处理。检测控制器 2 将本次采集的数据备份保存到外部数据存储器 4 中，同时通过信号发射器 3 将数据以无线发送的方式发送给信号接收器；

[0049] 步骤 3：信号接收器接收数据，接收控制器将数据转换为加速度数据，得到峰值加速度。

[0050] 步骤 4：接收控制器通过将峰值加速度与此夯点之前夯击所得到的数据进行增量计算。这里需要说明的是：设前一次夯击的峰值加速度为 a_1 ；相对应的设这一次的夯击峰值加速度为 a_2 。若 $(a_2 - a_1) / a_1 < k\%$ 则判定为夯击完成，否则就需要继续夯击。对于不同的土质， k 是不同的。若需要继续夯击，则报警灯不进行闪烁；若无需继续夯击，则报警灯闪烁，提醒驾驶员无需继续夯击，并且将夯击次数显示于显示屏。

[0051] 步骤 5：重复步骤 1 到步骤 4，直到报警灯闪烁，该夯点夯击完成。

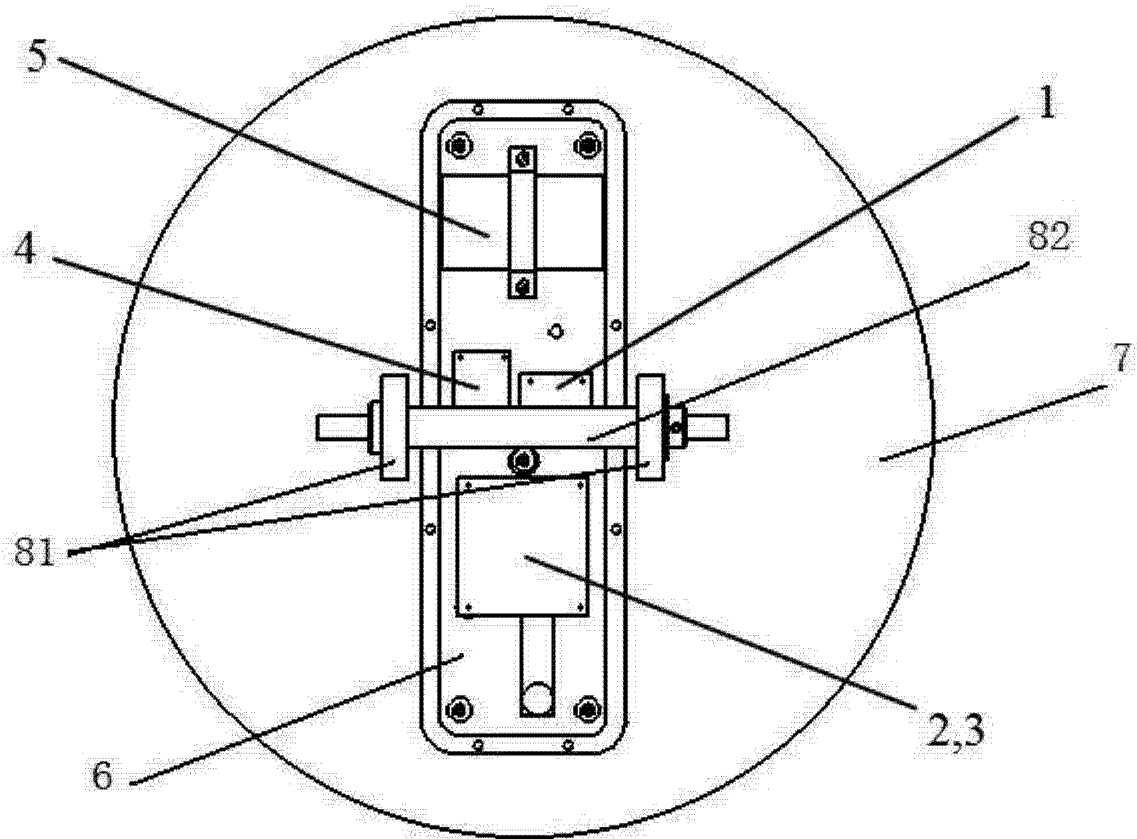


图 1

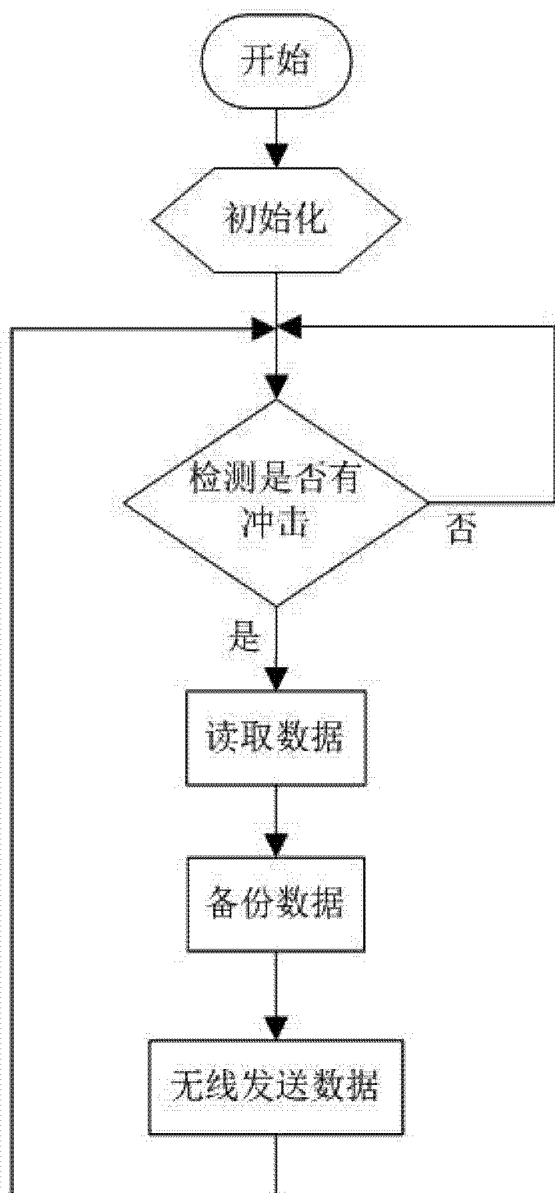


图 3

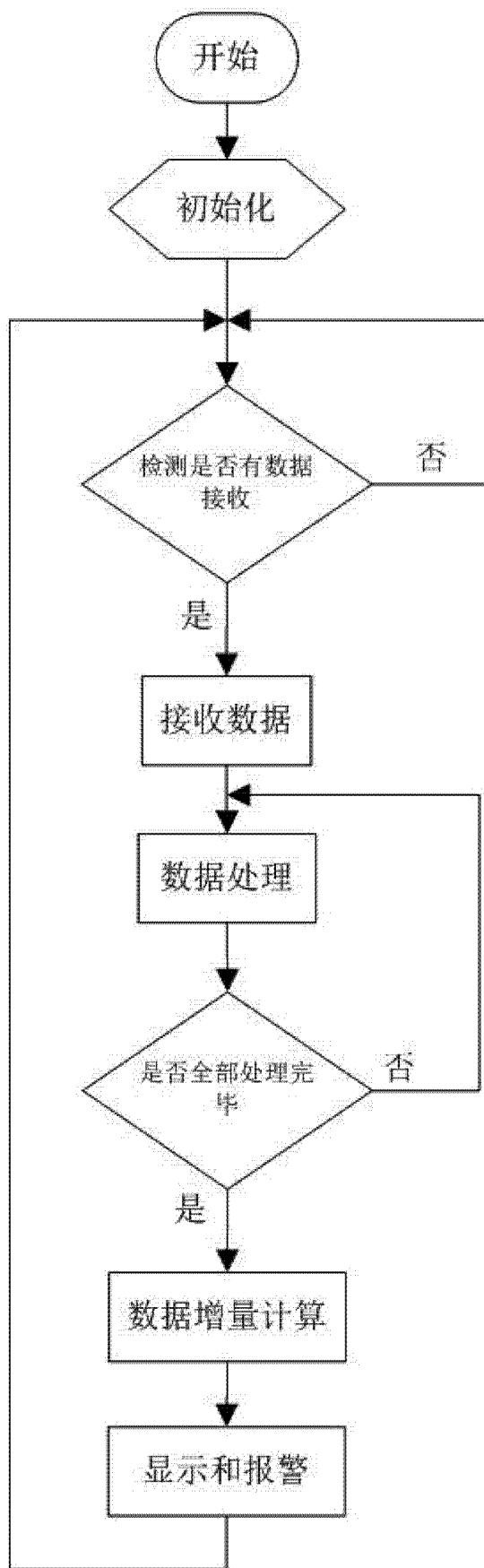


图 4

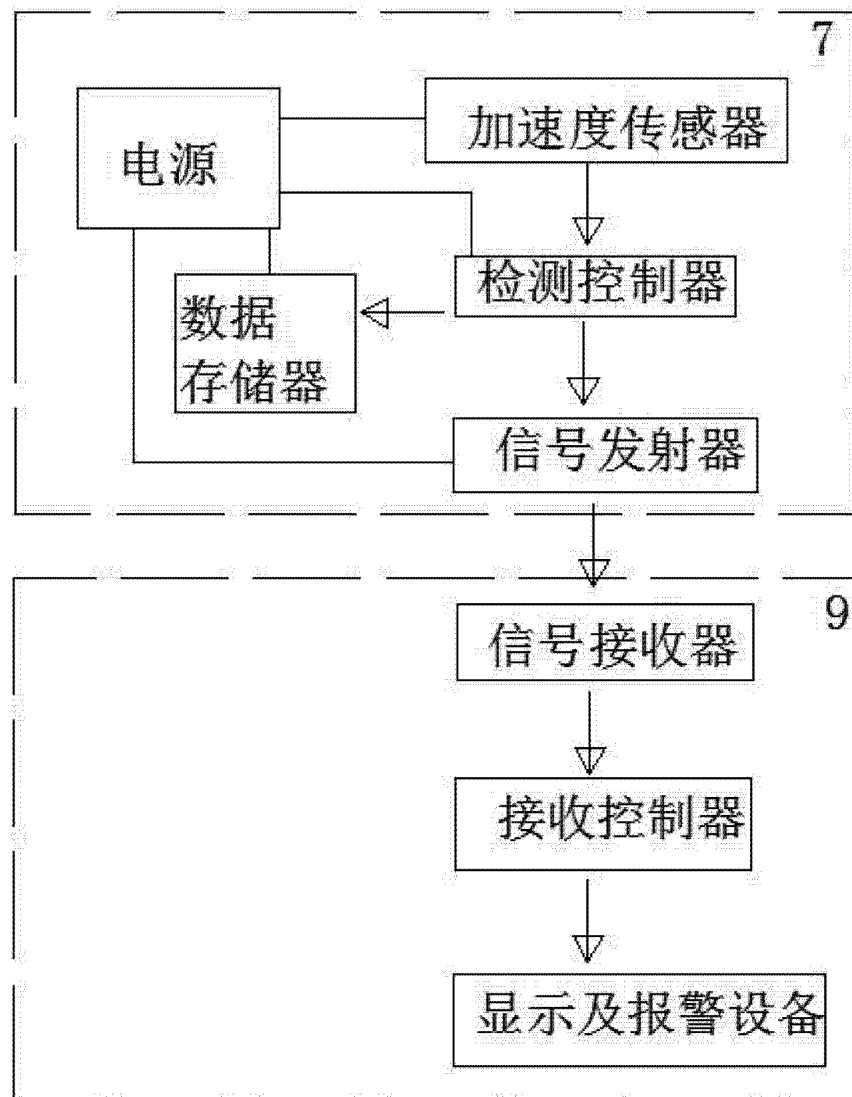


图 5

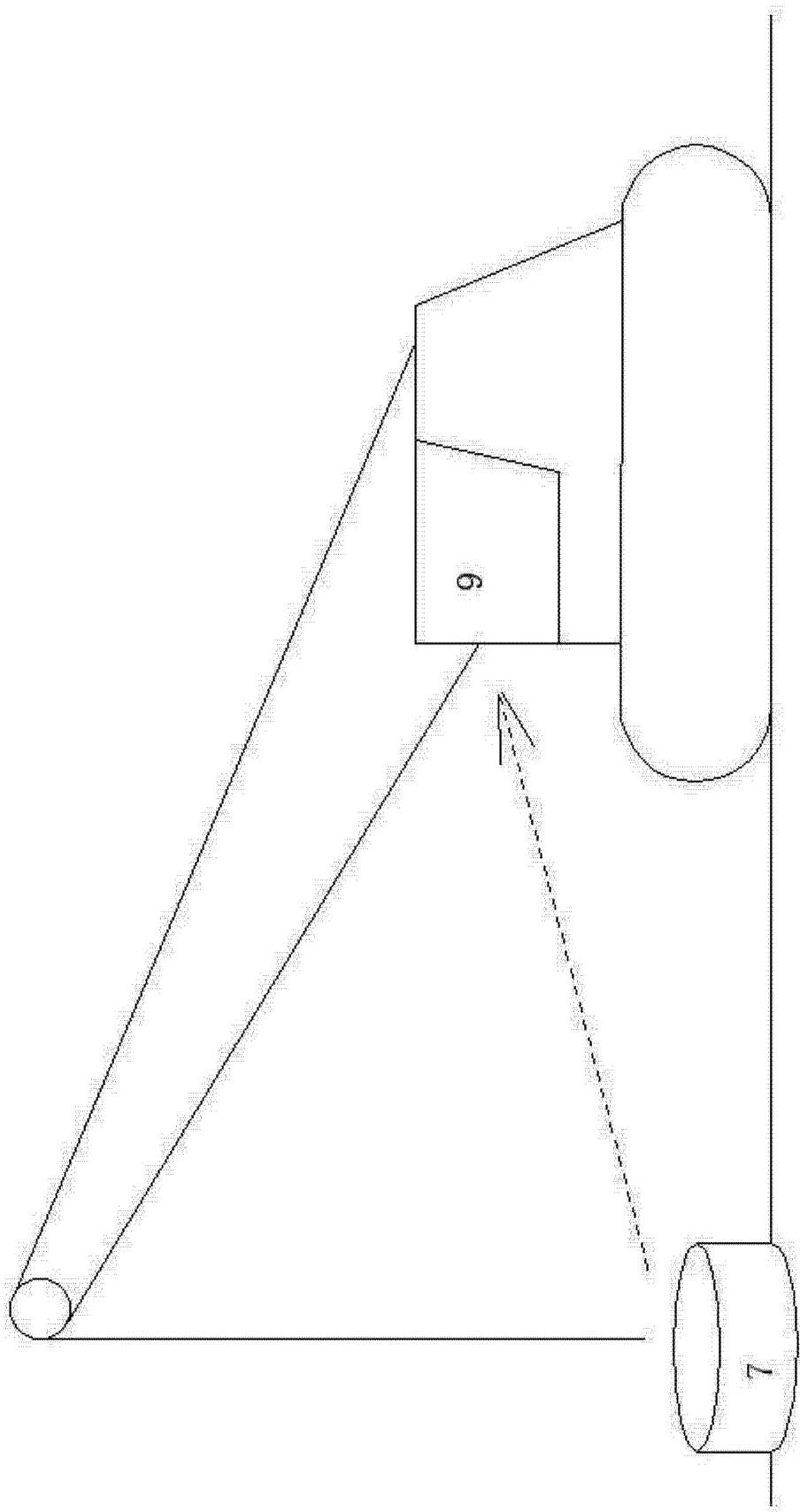


图 6