(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111521140 A
(43)申请公布日 2020.08.11

(21)申请号 202010342431.1

(22)申请日 2020.04.27

(71)申请人 上海菲伽智能科技有限公司
地址 201105 上海市闵行区沪青平公路277号5楼N12室

(72)发明人 李建国 焦迪 赵晨辉 黄清博

(74)专利代理机构 上海伯瑞杰知识产权代理有限公司 31227
代理人 孟旭彤 胡永宏

(51)Int.Cl.
G01B 21/02(2006.01)
G01B 21/32(2006.01)
G01C 9/00(2006.01)

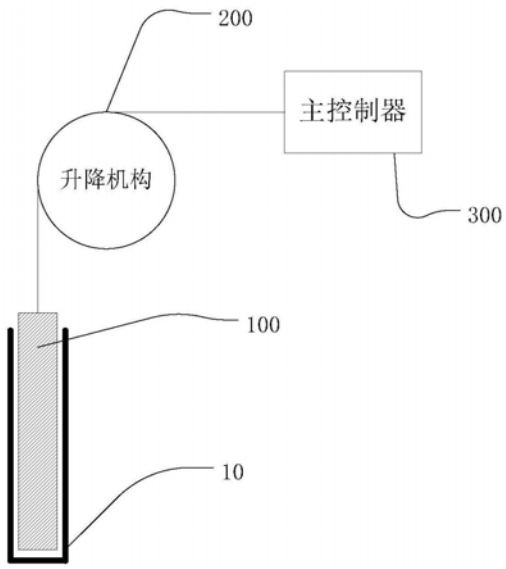
权利要求书4页 说明书13页 附图8页

(54)发明名称

土体位移监测系统

(57)摘要

一种土体位移监测系统，包括至少一支测斜管，被埋入待测土体中，且所述测斜管上部开口伸出土体；测斜仪组件，被置入所述测斜管内，通过测斜仪组件在测斜管内的移动，采集测斜管的倾斜数据；控制组件，该控制组件包括：升降机构，用于牵引所述测斜仪组件在测斜管内的移动；主控制器，用于控制所述升降机构的动作，同时控制测斜仪组件的测量过程，获得测斜仪组件的采集的测斜管的倾斜数据，该倾斜数据用于判断所述土体的位移情况。



CN 111521140 A

1.一种土体位移监测系统,包括,

至少一支测斜管,被埋入待测土体中,且所述测斜管上部开口伸出土体;

测斜仪组件,被置入所述测斜管内,通过测斜仪组件在测斜管内的移动,采集测斜管的倾斜数据;

控制组件,该控制组件包括:

升降机构,用于牵引所述测斜仪组件在测斜管内的移动;

主控制器,用于控制所述升降机构的动作,同时控制测斜仪组件的测量过程,获得测斜仪组件的采集的测斜管的倾斜数据,该倾斜数据用于判断所述土体的位移情况。

2.根据权利要求1所述的土体位移监测系统,其特征在于,主控制器包括,

第一微处理器;

牵引步进电机,该牵引步进电机电连接第一微处理器,用于驱动升降机构;

第一短距通信模块,与第一微处理器电连接,用于主控制器与测斜仪组件之间的数据交互;

光学限位单元,该光学限位单元连接第一微处理器,通过检测钢缆绳上设置的光阻元件限制被钢缆绳吊装的测斜仪组件的复位位置;

无线充电发送单元,与第一微处理器连接,用于对测斜仪组件内的第二电池组进行无线充电。

3.根据权利要求2所述的土体位移监测系统,其特征在于,所述主控制器还包括,

远程通信模块,该远程通信模块与第一微处理器连接,用于主控制器与远程终端之间的数据传输。

4.根据权利要求2所述的土体位移监测系统,其特征在于,所述主控制器的电源电路包括,

工网适配器,用于接入工业电网;

太阳能电池板,利用太阳能蓄电;

太阳能充电管理单元,所述工网适配器和太阳能电池板的输出端接入所述太阳能充电管理单元,所述用于对管理工业电网和太阳能电池板的切换控制以及对太阳能充电的管理;

第一电池组单元,用于对主控制器电路的电池供电;

第一电池组管理单元,太阳能充电管理单元的输出端和电池组单元的输出端接入所述电池组管理单元,所述第一电池组管理单元用于电池组与外部电源的切换控制以及对电池组充电的管理;

第一直流电源变换单元,连接所述第一电池组管理单元的输出端,用于将第一电池组管理单元输出的电压转换为多组不同电压的直流电源。

5.根据权利要求2所述的土体位移监测系统,其特征在于,所述测斜仪组件包括,

第二微处理器;

倾角传感器,与第二微处理器连接,用于检测测斜管的倾斜角度;

第二短距通信模块,与第二微处理器连接,用于向主控器批量传输测斜管倾斜数据;

光电位置检测传感器,经过比较器连接第二微处理器,用于对所述倾角传感器的初始零角度的定位;

第二步进电机，通过第二步进电机控制器连接到第二微处理器，用于驱动倾角传感器沿着所述测斜管的圆截面转动；

温度传感器，与第二微处理器连接，用于检测测斜管内的温度。

6.根据权利要求5所述的土体位移监测系统，其特征在于，所述测斜仪组件的电源电路还包括，

无线充电接收单元，

第二电池组，

第二充电管理单元，无线充电接收单元获得的电能经所述第二充电管理单元接入第二电池组后，再经过第二直流电源变换单元的电压变换接入包括第二微处理器的所述测斜仪组件电路的电源电路。

7.根据权利要求6所述的土体位移监测系统，其特征在于，包括倾角传感器、光电位置检测传感器、无线充电接收单元、第二步进电机以及装载第二微处理器、温度传感器、第二短距通信模块电路板的测斜仪组件被由第一外筒和第二外筒组成的管形壳体封装。

8.根据权利要求7所述的土体位移监测系统，其特征在于，所述倾角传感器被安装在倾角传感器安装板上，倾角传感器安装板上三个角度差为120度的、带有压簧的螺丝，用于将倾角传感器的X、Y轴调整到与重力线垂直，

所述倾角传感器安装板上设有小孔，该小孔结合光电位置检测传感器实现倾角传感器在测斜管圆截面上的初始零角度的光学定位标定。

9.根据权利要求8所述的土体位移监测系统，其特征在于，所述测斜仪组件壳体的2端各设有1对具有扭簧的定位导轮。

10.根据权利要求2所述的土体位移监测系统，其特征在于，所述升降机构的工作过程由主控制器控制，所述升降机构包括：

钢缆滚筒组件，用于钢缆绳的绕卷；

主动轮，由步进电机通过步进电机驱动器驱动；

从动轮，经该从动轮的钢缆绳吊挂测斜仪组件；

编码器，该编码器安装于编码器支架上，与从动轮共轴的齿轮也对应编码器安装于所述编码器支架上，将从动轮的转速信号传递至编码器。

11.根据权利要求10所述的土体位移监测系统，其特征在于，所述升降机构还包括一过渡轮，吊挂测斜仪组件的钢缆绳经从动轮后，经所述过渡轮后再吊挂所述测斜仪组件。

12.根据权利要求11所述的土体位移监测系统，其特征在于，所述升降机构还包括一个定位架，在该定位架上设有光学限位单元，用于所述钢缆绳的复位检测。

13.根据权利要求3所述的土体位移监测系统，其特征在于，所述远程终端通过服务平台异地实现现场测斜数据的分析、图表显示、报表形成、对工程现场个体倾斜监测点设备的电量监视、报警、对现场指定工作模式、原始数据记录功能。

14.根据权利要求13所述的土体位移监测系统，其特征在于，所述的工作模式包括对现场每个土体位移监测点所需要的测量深度、测量时间。

15.根据权利要求13所述的土体位移监测系统，其特征在于，所述服务平台采用C/S架构，结合SQL Sever数据库，架构为包括表现层(UI)，业务逻辑层(BLL)和数据访问层(DAL)的三层架构。

16.根据权利要求13所述的土体位移监测系统，其特征在于，在监测现场主控制器获取的测斜数据形成报文并传送给硬件设备DTU，DTU通过UDP协议和DDP协议利用GPRS信号将数据包无线传送，报文经过移动网络路由器和互联网路由进行路由选择，直接到达服务平台的服务器；

服务器对数据进行拆包、分类，保存，并对数据进行分析，计算、存档，实时报警，将分析数据反映给用户；

通过远程服务器实现对现场信息的监控，远程设定DTU参数，设定现场采样间隔，握手，错误重传。

17.根据权利要求13所述的土体位移监测系统，其特征在于，服务平台对测斜项目的管理包括数据采集、项目信息管理、现场项目配置，

即对项目进行日常信息维护，包括基本信息、计算书、地质资料、项目图纸、对现场单体监测点进行包括设定监测频度、设定测量深度、报警值的配置、设置公式、为监测现场设置工程底图、根据现场监测点分布为工程底图添加或删除监测点、设定DTU远程通信等。

18.根据权利要求5所述的土体位移监测系统，其特征在于，所述测斜仪组件的测量过程包括：

S101，测斜仪组件电路接收到主控制器发出的激活指令后执行光学定位操作，所述的光学定位操作是指将倾角传感器复位到测斜管圆截面上设定的初始零角度；

S102，等待并接收主控制器发送的包括测量深度的信息，并且根据该测量深度计算依据测量间距所需的测量步长数；

S103，第二步进电机驱动倾角传感器沿着所述测斜管的圆截面旋转90度，采样测斜管圆截面90度时三维MEMS倾角传感器X、Y轴相关垂直重力轴方向的偏移倾角；

S104，第二步进电机驱动倾角传感器离开90角度位置旋转到180度，采样测斜管圆截面180度时三维MEMS倾角传感器其X、Y轴相关垂直重力轴方向的偏移倾角；

S104，以此类推，第二步进电机依次驱动倾角传感器倾角传感器移动至70度和0角度至位置，采集270度和0角度时三维MEMS倾角传感器其X、Y轴相关垂直重力轴方向的偏移倾角；

S105，测斜仪组件接收主控制器发送的时钟同步信息，完成测斜仪组件与主控制器之间的时钟同步；

S106，在主控制器的控制下，测斜仪组件在升降机构的钢缆绳牵引下，在测斜管内移动一个步长的距离后停留，在该停留位置的对于倾角传感器数据进行采集；

S107，重复执行前一步骤，当完成预定的步长数后，测斜仪组件在升降机构的牵引下回到初始位置。

19.根据权利要求18所述的土体位移监测系统，其特征在于，在步骤S106中，启动定时计数器定时计数，根据预定时限换算的计数值，控制倾角传感器的旋转时长、倾角传感器数据采集时长、测斜仪组件一个步长的移动时长、测斜仪的每个停留时长。

20.根据权利要求19所述的土体位移监测系统，其特征在于，所述的光学定位操作包括：

将所述倾角传感器安装在倾角传感器安装板上，使得倾角传感器X轴指向倾角传感器安装板上开有的小孔方向；

在所述倾角传感器安装板的一侧设置光接收器，在所述倾角传感器安装板的另一侧正

对光接收器的位置设置光发送器，

第二步进电机驱动倾角传感器安装板沿测斜管圆截面旋转至光接收、发送器对时，所述倾角传感器安装板上的小孔正好位于光发送器与光接收器之间，光发送器发送的光线穿过小孔后被光接收器接收到，定义此时倾角传感器X轴指向为相对于测斜管圆截面上的初始零角度，完成所述的光学定位操作。

21.根据权利要求19所述的土体位移监测系统，其特征在于，所述测斜仪在测斜管内移动一个步长距离后采集该位置的温度值。

22.根据权利要求18所述的土体位移监测系统，其特征在于，所述的测斜仪组件将采集获得的数据及时存储，当测斜仪组件完成测量返回初始位置后，通过第二短距通信模块将获得的数据发送至主控制器。

土体位移监测系统

技术领域

[0001] 本发明属于建筑工程技术领域，特别涉及一种土体位移监测系统。

背景技术

[0002] 在建筑工程中，深基坑围护、水库大坝及山体滑坡监测等项目中，广泛使用测斜仪对土体变形、位移实行量化监测。测斜仪的测斜数据是监视被测土体形变位移的重要依据。

[0003] 测斜是指使用测斜仪观测土体内部水平位移，一般采用一个内部装有测斜传感器的测斜仪，将之置于垂直埋设在被测土体中的带槽导管中往返移动，分段测出导管轴线相对于铅垂线的倾斜角度，并根据分段长度和倾斜角度计算每段水平位移值。带槽导管是工程测斜监测中的专用塑料(或合金铝)制品，通常称为测斜管，分为直径为60毫米和90毫米两种规格。假定需要监测的土体深度为30米，原则上需要垂直埋设一支总长度等于或大于30米的测斜管(需要多节测斜管对接)，测斜管的上端穿透出被测土体的表面。

[0004] 在现有的测斜操作中，大多采用人工测量方法。人工测量是通过将测斜仪与一支每隔500毫米做了标记的信号电缆连接，经人工操作，将测斜仪通过牵拉信号电缆的方式在预先与被测土体垂直埋设好的标准测斜管中完成。根据监测规范，由测斜管的最上端始至测斜管的最下端，每隔500毫米(即电缆沿测斜管拉伸或下放的距离)读取一次数据；然后，将测斜仪从测斜管中拉出，将测斜仪镜面翻转，复由上至下重复前述测量，称完成了一次测回。

[0005] 可见，采用人工操作测斜监测的劳动强度较大，测量频度较低(通常每天每支测斜管监测一次，诸如大面积山体滑坡监测的场合，需要几天才能实现单支测斜管的一次测量)。

发明内容

[0006] 本发明提供了一种土体位移监测系统，目的在于解决现有土体位移监测采用人工方式操作无法满足实际检测效率、精度和成本的问题。

[0007] 本发明实施例之一，一种土体位移监测系统，包括，

[0008] 至少一支测斜管，被埋入待测土体中，且所述测斜管上部开口伸出土体；

[0009] 测斜仪组件，被置入所述测斜管内，通过测斜仪组件在测斜管内的移动，采集测斜管的倾斜数据；

[0010] 控制组件，该控制组件包括：

[0011] 升降机构，用于牵引所述测斜仪组件在测斜管内的移动；

[0012] 主控制器，用于控制所述升降机构的动作，同时控制测斜仪组件的测量过程，获得测斜仪组件的采集的测斜管的倾斜数据，该倾斜数据用于判断所述土体的位移情况。

[0013] 进一步的，主控制器包括，

[0014] 第一微处理器；

[0015] 牵引步进电机，该牵引步进电机电连接第一微处理器，用于驱动升降机构；

[0016] 第一短距通信模块，与第一微处理器电连接，用于主控制器与测斜仪组件之间的数据交互；

[0017] 光学限位单元，该光学限位单元连接第一微处理器，通过检测钢缆绳上设置的光阻元件限制被钢缆绳吊装的测斜仪组件的复位位置；

[0018] 无线充电发送单元，与第一微处理器连接，用于对测斜仪组件内的第二电池组进行无线充电；

[0019] 远程通信模块，该远程通信模块与第一微处理器连接，用于主控制器与远程终端之间的数据传输。

[0020] 主控制器的电源电路包括，

[0021] 工网适配器，用于接入工业电网；

[0022] 太阳能电池板，利用太阳能蓄电；

[0023] 太阳能充电管理单元，所述工网适配器和太阳能电池板的输出端接入所述太阳能充电管理单元，所述用于对管理工业电网和太阳能电池板的切换控制以及对太阳能充电的管理；

[0024] 第一电池组单元，用于对主控制器电路的电池供电；

[0025] 第一电池组管理单元，太阳能充电管理单元的输出端和电池组单元的输出端接入所述电池组管理单元，所述第一电池组管理单元用于电池组与外部电源的切换控制以及对电池组充电的管理；

[0026] 第一直流电源变换单元，连接所述第一电池组管理单元的输出端，用于将第一电池组管理单元输出的电压转换为多组不同电压的直流电源。

[0027] 进一步的，所述测斜仪组件包括，

[0028] 第二微处理器；

[0029] 倾角传感器，与第二微处理器连接，用于检测测斜管的倾斜角度；

[0030] 第二短距通信模块，与第二微处理器连接，用于向主控器批量传输测斜管倾斜数据；

[0031] 光电位置检测传感器，经过比较器连接第二微处理器，用于对所述倾角传感器的初始零角度的定位；

[0032] 第二步进电机，通过第二步进电机控制器连接到第二微处理器，用于驱动倾角传感器沿着所述测斜管的圆截面转动；

[0033] 温度传感器，与第二微处理器连接，用于检测测斜管内的温度。

[0034] 测斜仪组件的电源电路包括，

[0035] 无线充电接收单元，

[0036] 第二电池组，

[0037] 第二充电管理单元，无线充电接收单元获得的电能经所述第二充电管理单元接入第二电池组后，再经过第二直流电源变换单元的电压变换接入包括第二微处理器的所述测斜仪组件电路的电源电路。

[0038] 进一步的，所述测斜仪组件的测量过程包括：

[0039] S101，测斜仪组件电路接收到主控制器发出的激活指令后执行光学定位操作，所述的光学定位操作是指将倾角传感器复位到测斜管圆截面上设定的初始零角度；

[0040] S102，等待并接收主控制器发送的包括测量深度的信息，并且根据该测量深度计算依据测量间距所需的测量步长数；

[0041] S103，第二步进电机驱动倾角传感器沿着所述测斜管的圆截面旋转90度，采样测斜管圆截面90度时三维MEMS倾角传感器X、Y轴相关垂直重力轴方向的偏移倾角；

[0042] S104，第二步进电机驱动倾角传感器离开90角度位置旋转到180度，采样测斜管圆截面180度时三维MEMS倾角传感器其X、Y轴相关垂直重力轴方向的偏移倾角；

[0043] S104，以此类推，第二步进电机依次驱动倾角传感器倾角传感器移动至70度和0角度至位置，采集270度和0角度时三维MEMS倾角传感器其X、Y轴相关垂直重力轴方向的偏移倾角；

[0044] S105，测斜仪组件接收主控制器发送的时钟同步信息，完成测斜仪组件与主控制器之间的时钟同步；

[0045] S106，在主控制器的控制下，测斜仪组件在升降机构的钢缆绳牵引下，在测斜管内移动一个步长的距离后停留，在该停留位置的对于倾角传感器数据进行采集；

[0046] S107，重复执行前一步骤，当完成预定的步长数后，测斜仪组件在升降机构的牵引下回到初始位置。

[0047] 其中，在步骤S106中，启动定时计数器定时计数，根据预定时限换算的计数值，控制倾角传感器的旋转时长、倾角传感器数据采集时长、测斜仪组件一个步长的移动时长、测斜仪的每个停留时长。

[0048] 本发明为工程监测领域提供了一种使用太阳能及电源适配器充电、大容量电池储能供电、电池均衡管理、多种通信模式、自动定长牵引测斜仪、对测斜仪实施无线充电等功能，对测斜仪移动具有自动升降控制的土体位移智能监测系统。在置于被测土体表面(测斜管的上端)的具有各种通信功能的自动升降及主控制器控制下，实现可编程监测深度、每日监测时间，近、远程无线数据采集及发送，远程无线或人机交互接口(或通过触摸屏)工作模式设定。当测斜仪中采用两维倾角敏感元件X，Y轴(或三维X，Y，Z)构成一个关于重力方向垂直的平面，主控制器控制二维倾角敏感元件在测斜管构成的圆截面上以90度转角为角步长、作四象限自动换向并采集X、Y轴关于重力轴的倾角数据。

[0049] 本发明的土体位移测斜系统达到或超额达到了《岩土工程监测规范》的要求，将当前技术背景下的先进物联网信息化理念引入了专业工程测斜。可被广泛应用于需要大范围、高频度监测、无人值守的工程测斜场合，尤其适用于野外、无工网支持环境下的山体滑坡、江河湖泊堤坝、水库、深基坑围护等场合。

附图说明

[0050] 通过参考附图阅读下文的详细描述，本发明示例性实施方式的上述以及其他目的、特征和优点将变得易于理解。在附图中，以示例性而非限制性的方式示出了本发明的若干实施方式，其中：

[0051] 图1是根据本发明实施例之一的土体位移监测系统组成示意图。

[0052] 图2是根据本发明实施例之一的主控制器组成示意图。

[0053] 图3是根据本发明实施例之一的测斜仪组件组成示意图。

[0054] 图4是根据本发明实施例之一的测斜仪组件结构正视图。

[0055] 图5是根据本发明实施例之一的图4的剖面示意图。

[0056] 图6是根据本发明实施例之一的测斜仪组件结构示意图。

[0057] 图7是根据本发明实施例之一的控制组件正视图。

[0058] 图8是根据本发明实施例之一的图7中控制组件A-A方向剖视图。

[0059] 图9是根据本发明实施例之一的升降机构工作原理示意图。

[0060] 图10是根据本发明实施例之一的升降机构中编码器安装结构示意图。

[0061] 10——测斜管，100——测斜仪组件，200——升降机构，300——主控制器，101——缓冲垫，102——第一外筒，103——第二外筒，104——顶盖，105——密封圈，106——电池压板，107——电机安装板，108——倾角传感器安装板，109——电刷安装板，110——线路板安装板，111——线路板安装杆，112——压缩弹簧，113——扭簧，114——连接螺栓，115——滑轮，116——紧固螺栓，117——第一连接板，118——第二连接板，119——轴承压板，130——充电接收线圈，131——电刷，132——线路板，135——第二步进电机，136——第二电池组。

[0062] 201——安装脚，202——底板，203——左支架，204——右支架，205——轴承端盖，206——钢缆滚筒组件，207——编码器，208——编码器支架，209——从动轮组件，210——过渡轮组件，211——面板框，212——支撑板，213——电池，214——托，215——牵引步进电机，216——步进电机驱动器，217——定位架，218——无线充电盒，219——定位夹紧组件，220——复位检测电路板，221——限位开关，222——主动轮，223——光阻元件，224——齿轮，230——钢缆绳。

具体实施方式

[0063] 为了充分阐述及加深理解本发明的原理及技术方案，首先说明目前工程测斜中普遍采用的人工监测方式的具体实施方法及工程测斜的相关规范：

[0064] 在需要监测土(岩)深层水平位移的场合，目前广泛采用在被测土地中垂直埋设一根总长度不小于监测深度的专用测斜管(单支测斜管长度为3米，超过3米以上的埋设深度需多支测斜管衔接)。当埋设有测斜管的被测土体发生水平位移变化时，测斜管将发生相应的偏离垂直方向的扭曲变形，测量与垂直方向相对扭曲变形值，经折算便可得到土体发生的水平位移值，这种方法在工程界简称为测斜。工程测斜中的测量深度是指测斜管在土体中的埋深，略短于测斜管长度(因为测斜管要穿出土体地面)。测斜管是一种塑料(或铝型材)制成的专用空心圆管，在其内壁上每隔90度开有通长导槽，因此在测斜管内壁上有四条与测斜管轴线平行、相隔90度的导槽。测斜仪是一种由直径大约为40毫米、长度为500毫米以上的不锈钢金属防水管件、并在该管件内置有对倾斜角度敏感的传感器及相关电子电路、密封连接接口构成的测量仪器，密封连接接口的作用是导出测量数据，并与人工牵拉的每隔500毫米做了标记的电缆线连接，测斜仪的金属不锈钢管件外壳上设有二对相距500毫米的导轮，每对导轮关于金属不锈钢管件的轴线对称，分别被安置在呈圆型管状的不锈钢外壳管件的两侧；当测斜仪导入测斜管的导槽时，需要将二对导轮嵌入测斜管内壁互为180度的二条导槽中。完成对一个测斜监测点的监测通常是按照从测斜管的上部(穿出地面端)开始，将测斜仪放置入测斜管中，测斜仪的导轮被嵌入测斜管的导槽中(0度和180度，或者90度与270度)，在重力作用下，使测斜仪向测斜管下端以每隔500毫米的间隔下放，分段测

出测斜管轴线相对于铅垂线的倾斜角度，记录测量数据并根据分段长度和倾斜角度计算每段水平位移值，直到测斜管的底部，假定为正程测量。正程测量结束后，须将测斜仪从测斜管中拉出，将测斜仪沿测斜管轴线旋转180℃后重新置入原先使用过的二条互为180℃的导槽中(即镜面翻转)，将测斜仪下放到测斜管底部，仍然以500毫米为间隔向上提拉测斜仪，记录并计算测量数据，直到测斜仪回到测斜管上部的起始位置，假定为逆程测量，全程测量结束。将正程和逆程测量数据作绝对算术平均后获得的值(某监测点、某埋深值)与最初测量值比较的差值，通过折算，从而得到对应段(指深度)土体绝对累计位移值。测斜仪由上至下，镜面翻转后由上至下的二次正、逆程测量，其目的在于通过两次相差180度的测量，抵消机械装配等客观因素所产生的误差；根据《岩土工程监测规范》规定，最初测量值必须是重复四次的正程及逆程测量所得的绝对算术平均值。

[0065] 目前，在测斜管中以人工方式上拉或下放测斜仪的方式实施工程测斜。工程测斜场合中的测斜管埋深通常在十几～上百米、测斜监测点通常有数个到上百个不等；因此，以人工实施监测很难实现对每个监测点实时监测，或达到2次/天～4次/天测回的规范要求，也无法保证每次提拉或下放均为相距500(mm)间隔的精确性。由此，在某些特殊应用场合，例如大面积滑坡监测，实际很难实施以人工方式大范围实时监测操作。现有的自动测量方法是通过以多支测斜仪在测斜管中沿轴线首尾对接填满的方式实施的，虽然可以取代人工对测斜仪的拉升、下放操作，但一根n米长的测斜管需要置入2n个测斜仪，费用昂贵，且无法实现正程和逆程的测回操作，监测过程中产生的累积误差较大。

[0066] 根据一个或者多个实施例，如图1所示。一种土体位移监测系统包括主控制器、升降机构、埋于土体中的测斜管以及置于测斜管内的测斜仪组件。其中，

[0067] 测斜管的上部开口伸出土体；

[0068] 测斜仪组件，被置入所述测斜管内，通过测斜仪组件在测斜管内的移动，采集测斜管的倾斜数据；

[0069] 主控制器与升降机构可以集成于一个控制平台上形成一个控制组件，升降机构用于牵引所述测斜仪组件在测斜管内的移动，主控制器用于控制所述升降机构的动作，同时控制测斜仪组件的测量过程，获得测斜仪组件的采集的测斜管的倾斜数据，该倾斜数据用于判断所述土体的位移情况。埋入土体的测斜管的上端穿出地面后被套入并定位在升降机构底板上设置的定位孔中。测斜仪组件不锈钢外壳体的一端通过钢缆与升降机构连接。

[0070] 根据一个或者多个实施例，如图2所示。土体位移监测系统的主控制器包括，第一微处理器和牵引步进电机，该牵引步进电机电连接第一微处理器，用于驱动升降机构；第一短距通信模块与第一微处理器电连接，用于主控制器与测斜仪组件之间的数据交互；光学限位单元连接第一微处理器，通过检测钢缆绳上设置的光阻元件限制被钢缆绳吊装的测斜仪组件的复位位置；无线充电发送单元与第一微处理器连接，用于对测斜仪组件内的第二电池组进行无线充电；该远程通信模块与第一微处理器连接，用于主控制器与远程终端之间的数据传输。

[0071] 主控制器的电源电路包括工网适配器、太阳能电池板、太阳能充电管理单元，第一电池组单元、第一电池组管理单元和第一直流电源变换单元。

[0072] 工网适配器用于接入工业电网。太阳能电池板利用太阳能蓄电。工网适配器和太阳能电池板的输出端接入所述太阳能充电管理单元，用于对管理工业电网和太阳能电池板

的切换控制以及对太阳能充电的管理。第一电池组单元用于对主控制器电路的电池供电。太阳能充电管理单元的输出端和电池组单元的输出端接入第一电池组管理单元，用于电池组与外部电源的切换控制以及对电池组充电的管理。第一直流电源变换单元连接第一电池组管理单元的输出端，用于将第一电池组管理单元输出的电压转换为多组不同电压的直流电源。

[0073] 优选的，考虑主控制器的电源电路组成，采用太阳能充电管理芯片BQ24650，输入电量为工网适配器输出VADP以及太阳能电池板输出VSOR。按照太阳能输入优先设计，因此VSOR要求高于VADP 2伏或以上。由于需要驱动牵引步进电机，如果采用57系列步进电机，则牵引步进电机的驱动电压至少不小于15伏，当考虑以锂电池端电压3伏为下限停止工作电压，需要5组串联锂电池组提供最低为15伏、最高为21伏的牵引步进电机驱动电源。为确保太阳能板提供的电量确保串联锂电池组充足电时21伏之需，采用了开路输出电压为32伏的太阳能电池板，工网适配器采用24伏输出。太阳能充电管理芯片(BQ24650)的输出+串联锂电池组VCELL(21伏)作为串联锂电池均衡充电管理芯片AD7280的输入电源。由串联锂电池均衡管理芯片AD7280组成的串联锂电池组均衡充电管理单元的输出VBAT作为直流电源变换供电单元的输入电源。

[0074] 主控制器的微处理器采用微处理器芯片STM32L476，微处理器芯片STM32L476内置的实时时钟被编程为需要工作的时刻表。当工作时间到达，实时时钟唤醒微处理器芯片STM32L476，STM32L476完成初始化后，首先检测电池组电压是否在合适的范围内，如锂电池组输出电压低于15伏，则通过远程通信模块向终端服务平台连续三次发出工作电压过低信号后再次转入休眠状态，表示本次测量任务被取消。如果，锂电池组输出电压在正常范围，微处理器芯片STM32L476停止无线充电发送单元的工作，并以蓝牙方式向测斜仪发出“激活”信号。等待2秒后，再次向测斜仪发出“测量深度”信息，并等待3秒(此时测斜仪已经完成零步长四象限二维倾角测量)后发出“时间同步”信息。同时，微处理器芯片(STM32L476)控制牵引步进电机以250毫米/秒的速率使测斜仪下移到第一个500毫米的测量步长位置。等待4秒后，复用2秒牵引测斜仪下移到第二个500毫米的步长位置。因此，每个测量步长用时6秒：其中，500毫米位移用时2秒，等待测斜仪稳定2秒，测斜仪作四象限2维倾角测量用时2秒。

[0075] 例如，测量长度为4米、测量步长为500毫米、牵引步进电机牵引测斜仪的速率为4m/S(每米用时4秒)，则自发出“时间同步”信号后到完成全部测量总共经历了7个步长，用时42秒.停顿2秒后，并且点亮位置复位用红外发射二极管。微处理器芯片(STM32L476)控制牵引步进电机以250毫米/秒的速率使测斜仪向上起点位置运动，用时14秒到达原始起点(复位)。

[0076] 因此，微处理器芯片(STM32L476)从发出“时间同步”信号到测斜仪完成测量并复位共用时58秒。这个用时，在“测量深度”确定后，微处理器芯片(STM32L476)会自动计算并定时。微处理器芯片(STM32L476)收到测斜仪完成测量任务后回复到原始起点位置信号后，产生二个操作：

[0077] 1.转入接收测斜仪发送测量数据，

[0078] 2.接通无线充电发送单元。

[0079] 2秒后，微处理器芯片(STM32L476)依次以GPRS、RS232、RS485方式向终端服务平

台、其它数据接收设备转发测量数据。转发数据后，微处理器芯片STM32L476将再次进入休眠模式，直到下次测量时间到达。

[0080] 所述的光学限位单元用以控制测斜仪完成测量任务后回到原始起点位置，用以在复位失败情况时控制牵引步进电机紧急停止运动。光学及限位单元包括逻辑数字驱动芯片(74AUP2G17)、集成比较器LM293、红外发射二极管D8、红外接收二极管D9。当测斜仪完成测量任务后，微处理器芯片(STM32L476)使得测斜仪停顿2秒，然后控制牵引步进电机向上部的原始起点位置匀速提升测斜仪；当牵引测斜仪的钢缆绳上的光阻元件到达原始起点位置，遮挡住红外发射二极管D8时，红外接收管D9输出零电流。集成比较器(LM293)输出低电平，微处理器芯片(STM32L476)接收到该跃变低电平后，立即停止对牵引步进电机的牵引操作。

[0081] 无线充电发送单元采用无线GPRS、RS232、RS485、蓝牙等方式与外部设备实现信息交互。微处理器芯片(STM32L476)可以使用内置的蓝牙功能，实现与多种外部设备的信息交互。无线GPRS用以与终端服务平台间的信息交互，RS485在需要时可与现场管理部门实现有线数据交互，微处理器芯片(STM32L476)内置的蓝牙功能与测斜仪实现数据交互，控制组件如果采用液晶触摸屏，可以实现现场人机交互(具有最高优先权)。

[0082] 直流电源变换单元用以为本发明实施例的主控制器电路提供合适的工作电源。直流电源变换单元包括固定输出降压变换芯片(LM2594-5)、固定输出降压变换芯片(LM22677-5)、固定输出降压变换芯片(LM2594-3.3)，线性LDO稳压芯片IC5(TPS70618DB)，直流电源变换供电共输出+1.8、+5A、+5、+3.3四组直流电源，分别提供给相关电路单元使用。

[0083] 根据一个或者多个实施例，如图3所示，土体位移监测系统中的测斜仪组件包括，倾角传感器与第二微处理器连接，用于检测测斜管的倾斜角度；第二短距通信模块，与第二微处理器连接，用于向主控器批量传输测斜管倾斜数据；光电位置检测传感器，经过比较器连接第二微处理器，用于对所述倾角传感器的初始零角度的定位；第二步进电机通过第二步进电机控制器连接到第二微处理器，用于驱动倾角传感器沿着所述测斜管的圆截面转动；温度传感器，与第二微处理器连接，用于检测测斜管内的温度。

[0084] 测斜仪组件的电源电路还包括：无线充电接收单元、第二电池组、第二充电管理单元，无线充电接收单元获得的电能经所述第二充电管理单元接入第二电池组后，再经过第二直流电源变换单元的电压变换接入包括第二微处理器的所述测斜仪组件电路的电源电路。

[0085] 优选的，测斜仪组件采用3维(X、Y、Z)微机电倾角传感器(ADXL355)、步进电机(JF15BYG-018)、步进电机控制芯片(STSPIN220)、导电滑环(SRM-12-12A)、光电位置检测传感器(红外收发对管)、带蓝牙功能的微处理器(PTR9016)和与微处理器连接的集成比较器(MAX920)。测斜仪组件工作过程如下：

[0086] 当测斜仪的微处理器(PTR9610)收到主控制器以蓝牙方式发送来的“激活”信号，首先执行光学定位功能，光学定位的目的是确定每次测量时微机电倾角传感器(MEMS)X轴指向在测斜管圆截面上的固定初始角度位置。三轴倾角传感器(MEMS)由X、Y轴构成一个平面，三轴倾角传感器(MEMS)被安装在MEMS安装板上，其X轴指向安装板上开有的一个0.3毫米的小孔方向。正对该小孔，装有一个微型光学接受器件(LREC)。在MEMS安装板的下方沿测

斜管圆截面某处安装有一个LED红外发射二极管(LTRANS)。

[0087] 执行光学定位的操作步骤包括：

[0088] 在微处理器(PTR9610)控制下，点亮发光二极管LTRANS；

[0089] 微处理器(PTR9610)结合步进电机控制芯片(STSPIN220)控制步进电机(JF15BYG-018)带动MEMS安装板沿测斜管圆截面旋转；

[0090] 当MEMS安装板上的小孔对准LED红外发射二极管(LTRANS)时，MEMS安装板上的光学接收管(LREC)收到红外发射二极管穿过小孔的红外信号，

[0091] 接收到定位光信号的集成比较器(MAX920)电平翻转，输出高电平，接收到该高电平的微处理器(PTR9610)结合步进电机控制芯片(STSPIN220)控制步进电机(JF15BYG-018)停止旋转；

[0092] 定义此时倾角传感器(MEMS)X轴指向为相对于测斜管圆截面上的初始零角度，于是完成了所谓的光学定位。

[0093] 完成光学定位操作后，微处理器(PTR9016)关闭发光二极管(LTRANS)，并等待主控制器发送的“测量深度”信息。微处理器(PTR9016)收到“测量深度”信息后，依据“测量深度”及500毫米为间距，自动计算所需的“测量步长数”。

[0094] 此后，测斜仪采样“零步长”(此时，测斜仪处于测斜管最顶端的复位位置)时对应测斜管圆截面上的4个角度(90度、180度、270度、0度)的二维倾角及温度数据。该操作完成后，测斜仪等待主控制器以蓝牙方式发送的“时间同步”信号。一旦收到“时间同步”信号，测斜仪的微处理器(PTR9016)复位内部定时计数器并开始重新定时计数。

[0095] 此后，在每个6秒间隔的第4秒(升降结构以2秒控制测斜仪下降500毫米，2秒等待稳定，消除可能的机械振动带来的误差)采集对应测斜管圆截面上的4个角度(90度、180度、270度、0度)的二维倾角及温度数据。当测斜仪依据“测量深度”数据完成对应的“测量步长数”，停顿2秒后，测斜仪在自动升降机构的牵引下向上作匀速提升运动，直到回复到起始位置。再停顿2秒后，测斜仪子系统(A)以蓝牙方式向主控制器发送全部测量数据。

[0096] 测斜仪电源电路包括无线充电接收单元、为满足测斜仪各部分功能电路正常工作的直流电源变换电路、26650锂电池。无线充电接收电路接收主控制器中无线充电发射电路的电磁能量，为配置的26650锂电池充电。测斜仪组件采用无线充电接收集成电路(EC3028A)、锂电池充电集成电路(MCP73832)、升压变换集成电路(TPS63000)、低压差集成稳压电路(ADP150)，26650锂电池等组成。对于26650-4100mAh锂电池(BT1)，由于测斜仪不工作时总是处于测斜管出土体端的上部，此时，无线充电接收集成电路(EC3028A)结合锂电池充电集成电路(MCP73832)总是接受主控制器对其实施的无线充电，使得锂电池BT1总保持有V_{BAT}(3.0～4.2伏)的电势。该V_{BAT}经升压变换集成电路(TPS63000)升压成5伏直流工相应单元使用。同时，升压变换集成电路(TPS63000)的5伏输出，还提供为低压差集成稳压电路(ADP150)的输入电源，低压差集成稳压电路(ADP150)的输出3.3伏供相关单元使用。

[0097] 根据一个或者多个实施例，如图4、5和6所示，测斜仪各部件组装而成的测斜仪组件中无线充电接收单元和电源管理电路被分开设计在二块印刷线路板上，包括步进电机、锂电池等，均被内置于不锈钢高水密机械壳体中。为消除测量环境周边的电磁干扰，不锈钢高水密机械壳体由无磁性不锈钢(304#)材质加工而成，其二端设计安装了二对间距为500毫米的弹性定位导轮。

[0098] 测斜仪组件的壳体机械结构由不锈钢外筒、滑轮、非金属顶盖、水密件等机械部件组成。采用非金属顶盖的目的是为无线蓝牙及无线充电电磁场、电磁场能量提供传播路径，实现测斜仪与主控制器间的信息交互及无线充电功能。机械部件的设计要点是防水、适应测斜管长期工作在水媒质环境。

[0099] 为便于组装时对倾角传感器MEMS的X、Y轴构成的平面垂直于重力线，测斜仪壳体由外筒1和外筒2两部分组成。装配时，先装配外筒1中内置的元器件及机械零件，包括：电池、电池压板、线路板、步进电机、倾角敏感元件MEMS等。然后，通过调整倾角传感器MEMS安装板上三个角度差为120度的、带有压簧的螺丝，将测斜敏感元件MEMS的X、Y轴调整到恰当机械位置(与重力线垂直)后，再装配外筒2。

[0100] 测斜仪内的电路用以实现起始工作时确定3维微机电倾角传感器(MEMS)的初始位置(即采用光电定位方式确定MEMS倾角传感器之X轴指向在外筒圆周内的初始固定零角度)、以无线蓝牙方式收发与主控制器间的信息交互、完成3维微机电倾角传感器的数据采样、完成分层温度测量、根据测量深度自动计算以500毫米为间距的测量步长数、控制微机电倾角传感器(MEMS)沿测斜管圆周作从零角度始、角度差为90度的四象限旋转。步进电机控制接线通过连接滑环与微处理器及电源连接。

[0101] 根据一个或者多个实施例，如图7、8、9和10。土体位移监测系统的升降机构的工作过程由主控制器控制。所述升降机构包括：钢缆滚筒组件，用于钢缆绳的绕卷；主动轮，由步进电机通过步进电机驱动器驱动；从动轮，经该从动轮的钢缆绳吊挂测斜仪组件；编码器，该编码器安装于编码器支架上，与从动轮共轴的齿轮也对应编码器安装于所述编码器支架上，将从动轮的转速信号传递至编码器；过渡轮，吊挂测斜仪组件的钢缆绳经从动轮后，经所述过渡轮后再吊挂所述测斜仪组件。定位架，在该定位架上设有光学限位单元，用于所述钢缆绳的复位检测。

[0102] 升降机构由安装脚，底板，各类托架、支架、支撑板、及定位架，钢缆滚筒组件，从动轮组件，步进电机，步进电机驱动器，无线充电盒，电池等21个机械及电气部件组成。为了有效增加不锈钢钢丝缆绳在从动轮组件上的切向摩擦力，不致钢丝绳挂载3公斤负荷(测斜仪的重量为2.7公斤)时产生打滑现象，钢缆滚筒组件、从动轮组件、及钢丝绳间的机械配合设计成如图8的结构。考虑到本实施例的升降机械及传动结构可能处于长期运用于野外作业场合，所有机械零部件均采用了抗氧化、生锈的材料加工而成。

[0103] 自动升降结构与测斜仪通过钢缆绳连接，钢缆的一端与升降结构的主动转轴盘连接，另一端通过从动滑轮圆盘与测斜仪连接。升降机构对测斜仪的牵引控制是通过牵引步进电机带动主动转轴盘、并通过卷绕在从动滑轮圆盘上的不锈钢钢缆与之产生的摩擦力带动从动滑轮圆盘转动实现的。主动转轴盘还完成不锈钢钢缆的卷盘功能。从动滑轮圆盘，通过将数字编码器与动滑轮圆盘联动的机械设计，检测动滑轮圆盘总转动角度，结合动滑轮圆盘的直径，可得到精确的钢丝绳的运动长度；编码器的输出信号还可被用来控制自动升降及控制子系统中的步进电机的转速，从而达到匀速控制钢丝绳的运动之目的。

[0104] 根据一个或者多个实施例，主控制器配置了蓝牙、GPRS无线通信及RS485有线数据传输功能，与测斜仪组件交互控制指令和测试数据，沟通异地终端服务平台与监测现场间的数据交互、制定相关通信协议、提供异地终端服务平台监测分析软件，实现对现场数据的分析及反分析、图表显示、报表形成，实现异地异地终端服务平台对现场每个倾斜监测点设

备电量的监视、报警(包括测量数据偏离了设定界限、某个现场监测点设备需要充电等)、对现场指定工作模式(包括现场每个倾斜监测点所需要的测量深度、测量时间)、原始数据记录等功能。

[0105] 异地终端服务平台包括客户端与服务端,由GPRS远程无线数据透传模块方式沟通客户端与主控制器、服务端与主控制器间的信息交互。异地终端服务平台用以在异地实现对现场测量数据的分析及反分析、图表显示、报表形成、对工程现场个体倾斜监测点设备的电量监视、报警(包括测量数据偏离了设定界限、某个现场监测点设备需要充电等)、对现场指定工作模式(包括现场每个倾斜监测点所需要的测量深度、测量时间)、原始数据记录等功能。

[0106] 异地终端服务平台软件采用C/S架构,利用.net语言,结合SQL Sever数据库,软件架构为三层架构(表现层(UI),业务逻辑层(BLL)和数据访问层(DAL),代码层次化、模块化,结构清晰易维护。无线微处理器将采集到的数据,形成报文并传送给硬件设备DTU(数据终端设备,宏电H7210透明传输模块),DTU通过UDP协议和DDP协议利用GPRS信号将数据包无线传送,服务端采用Socket网络编程,报文经过移动网络路由器和互联网路由进行路由选择,直接到达目的地—服务器;目的地服务器根据制定的测斜协议对数据进行拆包、分类,保存,并对数据进行分析,计算、存档,实时报警(通过短信猫发送短信),将分析数据反映到现场客户端;还可以通过远程服务器实现对现场信息的监控,远程设定DTU参数,设定现场采样间隔,握手,错误重传等。客户端实现现场监测人员对项目进行管理:包括数据采集、项目信息管理、现场项目配置。

[0107] 现场监测人员可以对项目进行日常信息维护,包括基本信息、计算书、地质资料、项目图纸、对现场单体监测点进行配置(包括设定监测频度、设定测量深度、报警值)、设置公式、为监测现场设置工程底图、根据现场监测点分布为工程底图添加或删除监测点、设定DTU远程通信等。在配置和查询中,通过WPF用户控件实现配置移动、放大、缩小,显得直观、方便。整个框架通过DonnetBar组件使界面更加美观。客户端和服务端用户均可根据需求查询测斜数据,监测数据最终通过Zedgraph绘制各种数据列表及曲线图。通过AxFramerControl,用户还可以实现数据存档、打印、数据列表、日志管理(报警日志、修改/删除日志)、历史数据管理(原始历史数据、初始历史数据、中间历史数据、最终历史数据)等功能。

[0108] 根据一个或者多个实施例,一种土体位移监测方法,基于包括主控制器、升降机构、埋于土体中的测斜管以及置于测斜管内的测斜仪的监测系统,该检测方法操作步骤包括,

[0109] 该方法以远程无线通信、或使用人机交互界面(触摸液晶屏)设定工作模式(工作模式包括测量深度、测量时间);

[0110] 以蓝牙无线传输方式激活智能测斜仪,并实现与主控制器的时钟同步;

[0111] 在测斜仪完成监测后回到初始位置时(即返回到测斜管穿出土体后的上端位置),为测斜仪实施无线充电功能,将测量数据以各种方式外传;

[0112] 测量时,以每隔500米为间距测取数据,升降机构自动牵引测斜仪的升降;

[0113] 以短程蓝牙方式接收测斜仪的的批测量数据;

[0114] 以无线通信方式与终端服务平台实现信息交互,远程交互信息包括:

[0115] 1.终端服务平台发出的需要改变某监测点的测量深度及测量时间信息，

[0116] 2.每次测量结束后送往终端服务平台的测量数据信息，以及控制组件和测斜仪的电池供电状态信息。

[0117] 如有需要，以RS485方式为监测现场提供有线数据交互等功能。

[0118] 举例如下，主控制器在接收到工作模式设定参数(测量深度、测量时间)后，自动换算为以500(mm)为间隔分割测量深度所对应的测量次数(步长数)，并保存该参数。带有实时时钟功能的微处理器配合设置的测量时间完成自动适时测量。当到达设定测量时间时，主控制器将执行下述操作：

[0119] 1.以蓝牙无线方式向测斜仪发出激活信号；

[0120] 2.等待A秒内后，以蓝牙无线方式向测斜仪发出测量深度参数，

[0121] 3.再等待B秒后，以蓝牙方式向测斜仪发出时间同步信号，定义该时刻点为主控制器和测斜仪开始工作零时刻，启动各自的定时计数器开始计数，并驱动牵引步进电机以L(mm)/s速率匀速下放测斜仪，D秒后测斜仪被下放了500mm，测斜仪停顿C秒(其中c1秒用以消除因运动导致的机械振动，c2秒用以等待测斜仪中的倾角敏感元件沿测斜管圆截面以4个象限(0度，90度，180度，270度)转向方式采集的二维倾角数据；

[0122] 执行数据存储操作(每个旋转角度步长为90度，倾角敏感元件每转向90度将作一短暂停止操作，以便完成数据采集)；

[0123] 4.然后重复上述的过程，直到完成测量步长数。

[0124] 完成全部测量后，升降机构将停顿E秒，然后开始以L(mm)/s速率匀速提拉测斜仪，直到主控制器接收到复位信号(到达测斜管穿出土体后的上端位置)，升降机构停止对测斜仪的牵引，测斜仪回到起始原点，此操作需时为F秒。

[0125] 主控制器开始转入、并等待接收测斜仪以蓝牙无线方式发来的测量数据(包括采集到的分层二维倾斜数据、分层温度、测斜仪电池供电状况信息)，该段操作的总时间为G秒。G秒后，主控制器将本次测量的所有信息通过GPRS无线模块向终端服务平台发送，这些信息中包括测得的分层倾斜、分层温度、地面温度、主控制器和测斜仪电池组电气状态。发送结束后，主控制器中的微处理器送出“ENBL”为低电平，启动无线充电模块，为测斜仪实施无线充电，直到下个测量周期止。

[0126] 其中，测斜数据的采集采用三维高精度MENMS倾角传感器及其信号调理电路用以检测MENMS倾角传感器X、Y轴相对于重力轴间的倾角变化，并对倾角测量值实施20位精度的A/D转换。三维高精度MENMS倾角传感器还集成有温度传感器，用以检测分层温度信息。光学初始角度定位，用以测量时确定MEMS倾角传感器在测斜管组成的圆截面上的零角度。

[0127] 测斜仪完整测量过程如下。

[0128] 测斜仪通过无线蓝牙方式实现与主控制器的信息交互。当测斜仪中的无线蓝牙模块接收到主控制器发送来的“激活”信息后，测斜仪中的微处理器被激活。

[0129] 随之，执行下述过程：

[0130] 1.执行光学定位操作，光学定位操作的目的是使得倾斜测量用的三维MEMS倾角传感器芯片(X,Y轴)复零(复位到测斜管圆截面上设定的固定零角度)；

[0131] 2.等待并接收主控制器随后发送的“测量深度”信息；接收到“测量深度”信息后，测斜仪依据收到的“测量深度”信息自动计算依据500mm测量间距所需的测量步长数，并保

存;此时测斜仪处于测斜管最顶端(复位位置)。

[0132] 3.测斜仪中的步进电机离开0角度位置旋转90度,稍作停顿后,采样测斜管圆截面90度时三维MEMS倾角传感器其X、Y轴相关垂直重力轴方向的偏移倾角;

[0133] 4.测斜仪中的步进电机离开90角度位置旋转到180度,稍作停顿后,采样测斜管圆截面180度时三维MEMS倾角传感器其X、Y轴相关垂直重力轴方向的偏移倾角;

[0134] 5.重复上述过程,直到三维MEMS倾角传感器回到初始0角度位置、并采集了0角度时三维MEMS倾角传感器其X、Y轴相关垂直重力轴方向的偏移倾角后;

[0135] 6.测斜仪进入等待主控制器发出“时钟同步”信息。

[0136] 所述的光学定位操作包括:

[0137] 将倾角传感器安装在倾角传感器MEMS安装板上,使得倾角传感器X轴指向倾角传感器MEMS安装板上开有的小孔方向;

[0138] 在所述倾角传感器安装板的一侧设置光接收器,在所述倾角传感器安装板的另一侧正对光接收器的位置设置光发送器,

[0139] 第二步进电机驱动倾角传感器安装板沿测斜管圆截面旋转至光接收、发送器对时,所述倾角传感器安装板上的小孔正好位于光发送器与光接收器之间,光发送器发送的光线穿过小孔后被光接收器接收到,定义此时倾角传感器X轴指向为相对于测斜管圆截面上的初始零角度,完成所述的光学定位操作。

[0140] 当测斜仪接收到时钟同步信息后,测斜仪立即执行下述操作:

[0141] 1.启动定时计数器开始定时计数;

[0142] 2.计数到c1秒后执行四象限倾角数据采集并保存。当计数到C秒后,清除计数值并重新计时(定时计数器复位),重新计时到D+c1秒后,采集第一个步长的二维MEMS倾角传感器的输出数据并保存;

[0143] 3.清除计数值并重新计时(定时计数器复位),重新计时到D+c1秒后,采集第二个步长的二维MEMS倾角传感器的输出数据并保存;

[0144] 依次类推,直至最后一个采样步长。

[0145] 假定在一支埋深10米的测斜管中进行二维倾角测量,并且假定测斜仪初始位置处于穿出土体测斜管的上端,由此可知,测量步长数N为(2×10)-1,在时间同步后,除了起始位置采样二维倾角数据依据程式规定为C秒外,其余N个测量步长中每个测量步长开销C+D秒;因此全部测量时间开销T_{CL}=C+N×(C+D)秒。完成全部测量后停顿E秒,又开销测斜仪复位时间F=10(m)/L(mm)/s,测斜仪回到起始原位。因此,整个过程开销时间$T_{TOTAL}=T_{CL}$+F秒。

[0146] 倾角传感器对于每个500mm步长,沿测斜管圆周实施了4象限的数据采样。因此可以得到测斜管在某分层处发生关于轴线偏移的矢量增量值。在完成一个步长倾角测量后,采样MEMS传感器内置温度传感器的温度值,存储所有采样数据后,完成该步长下所有的操作。

[0147] 由于测斜仪工作时大多浸没于水中环境,测量数据在水中无法实现无线方式发送,将定时采样MEMS倾斜传感器(X,Yy轴)的输出数据存储于记忆体中,一旦测斜仪回到初始位置后(测斜管上端,脱离了浸没在水中的环境),将采集到的存于记忆体中的数据以无线蓝牙方式成批发送至主控制器。

[0148] 根据本发明实施例,本发明的有益效果包括:

[0149] 1.采用近程及远程无线数据通信,实现了无电缆智能控制及数据传送;

[0150] 2.采用了蓝牙技术,实现了主控制器与测斜仪二个独立工作子系统的无线时钟同步,;

[0151] 3.采用了数字编码器实现不锈钢缆绳运动距离及步进电机运动速率的精确控制;

[0152] 4.仅需一支测斜仪完成了在测斜管圆截面上以0(360)度、90度、180度、270度四象限方式精确测量X轴、Y轴关于测斜管轴线Z轴(垂线方向)的倾角(调试时,使得X轴和Y轴构成的平面与Z垂直);

[0153] 5.采用控制组件对复位后的测斜仪实施无线智能充电方式补偿测斜仪的电能;

[0154] 6.可实现高频度监测,此功能在被测土体存在危险移动时,尤其适用;

[0155] 7.可实现定时监测,尤其适用于大坝、水道在洪峰到达时的土体位移监测;

[0156] 8.利用微处理器中实时时钟实现:一旦设定了工作模式,长期自动定时监测;

[0157] 9.采用了红外光电位置检测、限位开关控制紧急刹车等措施,确保测斜仪完成测量后精确复位,消除了监测长度及测斜仪复位位置的累计偏差;

[0158] 10.采用了先进的具有20位量化精度的三轴MEMS倾角传感器技术,具有体积小、测量精度高的优点;

[0159] 11.具有被测土体分层和地面环境的双重温度监视功能;

[0160] 12.充分的冗余供电设计,原则上无需人为干预能量补充;

[0161] 13.全智能化操作,完全避免了人工测斜所带来的劳动成本上升、人工操作带来的测量误差。

[0162] 14.由客户端和服务端二部分组成的终端服务平台软件,为现场监测人员及异地管理人员分别提供了便利、多功能的信息管理、信息分析、信息配置、信息修改、曲线图表等功能。

[0163] 15.本发明完全无须人为干预(包括供电管理)实现长期无人值守情况下的智能监测。

[0164] 值得说明的是,虽然前述内容已经参考若干具体实施方式描述了本发明创造的精神和原理,但是应该理解,本发明并不限于所公开的具体实施方式,对各方面的划分也不意味着这些方面中的特征不能组合,这种划分仅是为了表述的方便。本发明旨在涵盖所附权利要求的精神和范围内所包括的各种修改和等同布置。

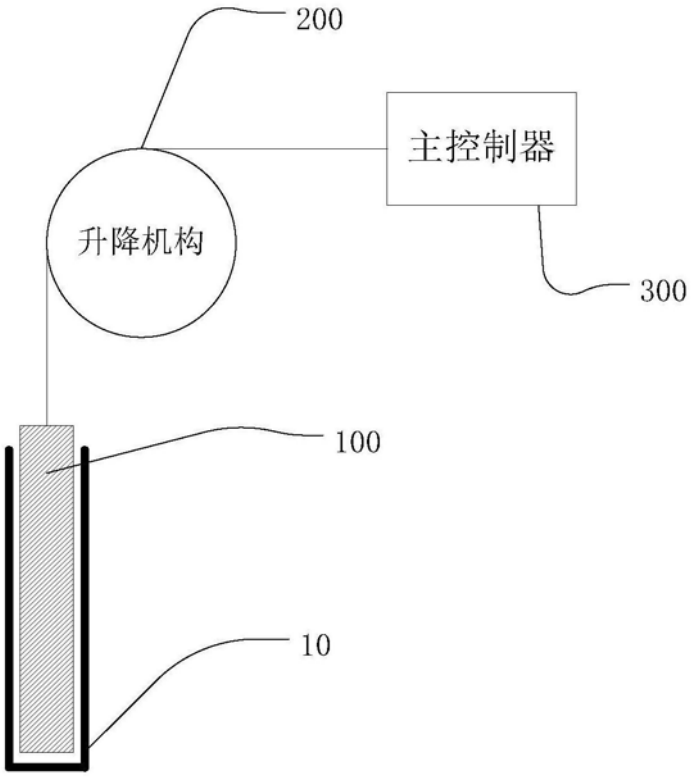

200
主控制器
升降机构
300
100
10

图1

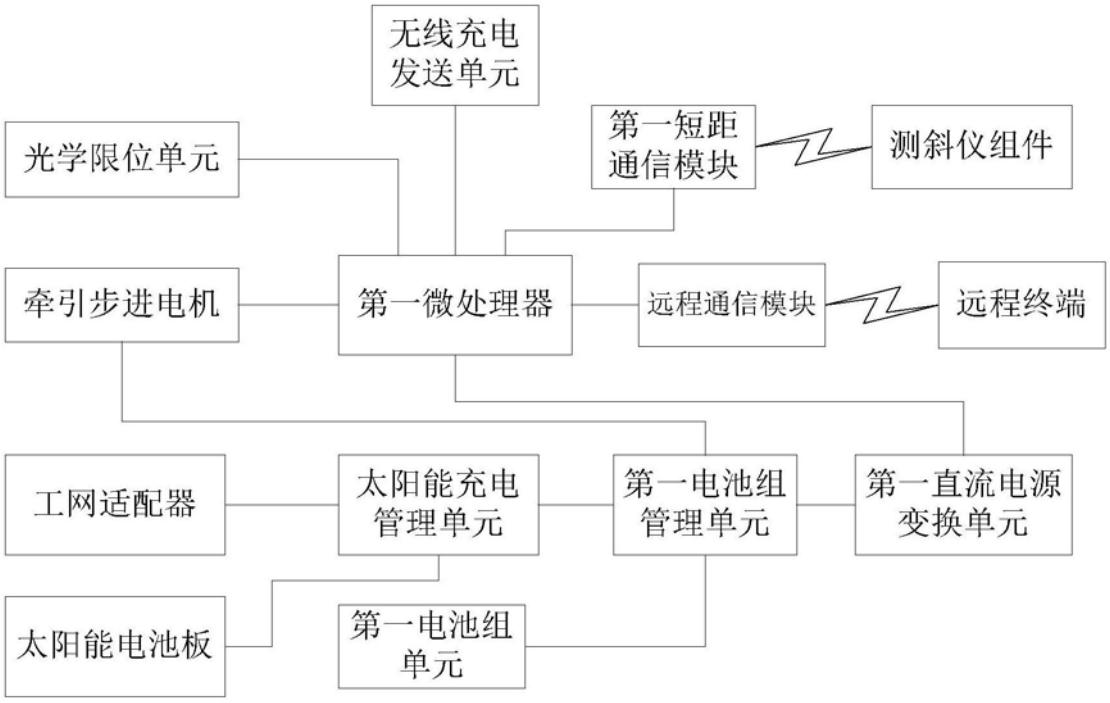

无线充电
发送单元
光学限位单元
第一短距
通信模块
测斜仪组件
牵引步进电机
第一微处理器
远程通信模块
远程终端
工网适配器
太阳能充电
管理单元
第一电池组
管理单元
第一直流电源
变换单元
太阳能电池板
第一电池组
单元

图2

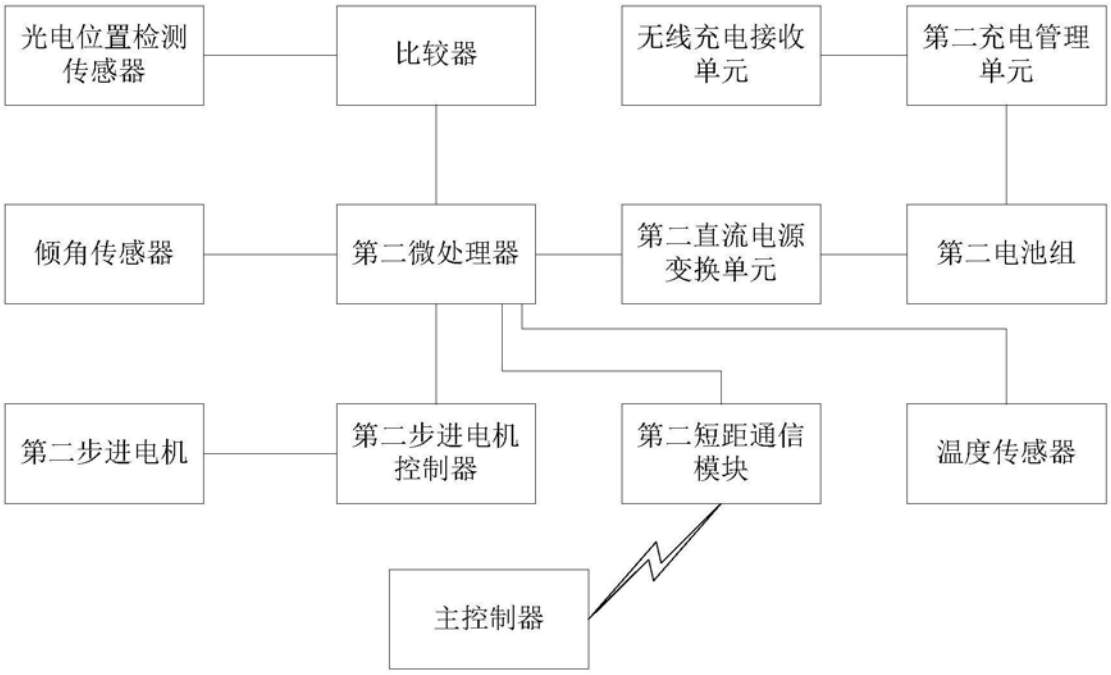

光电位置检测传感器
比较器
无线充电接收单元
第二充电管理单元
倾角传感器
第二微处理器
第二直流电源变换单元
第二电池组
第二步进电机
第二步进电机控制器
第二短距通信模块
温度传感器
主控制器

图3

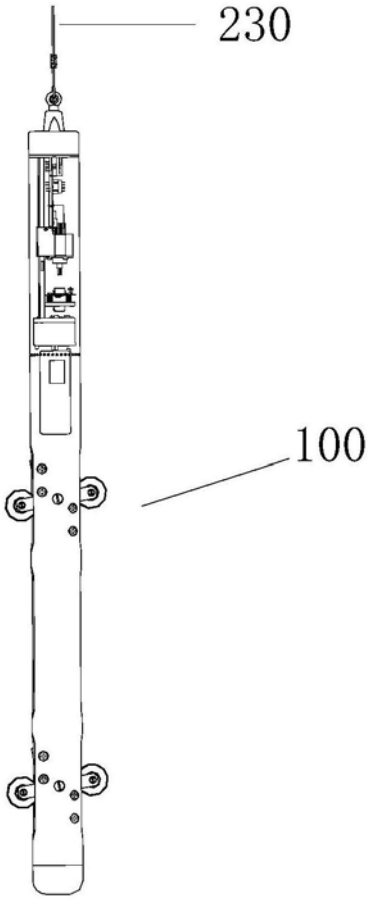

230
100

图4

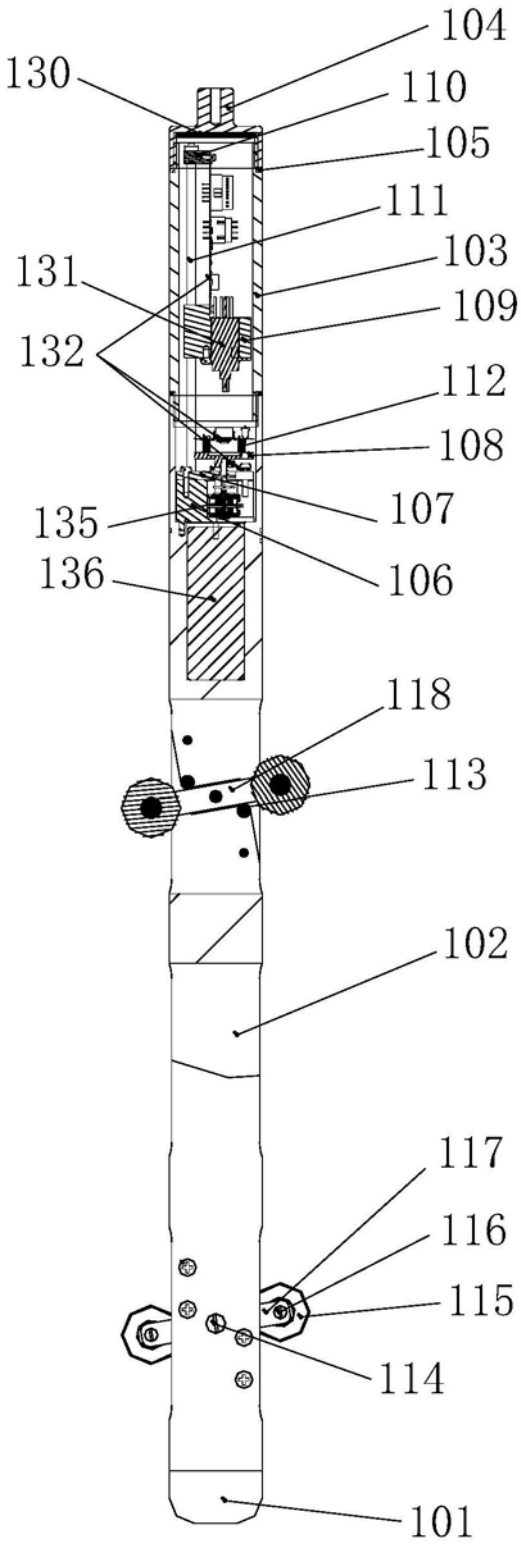

104
130
110
105
111
103
131
109
132
112
108
135
107
136
106
118
113
102
117
116
115
114
101

图5

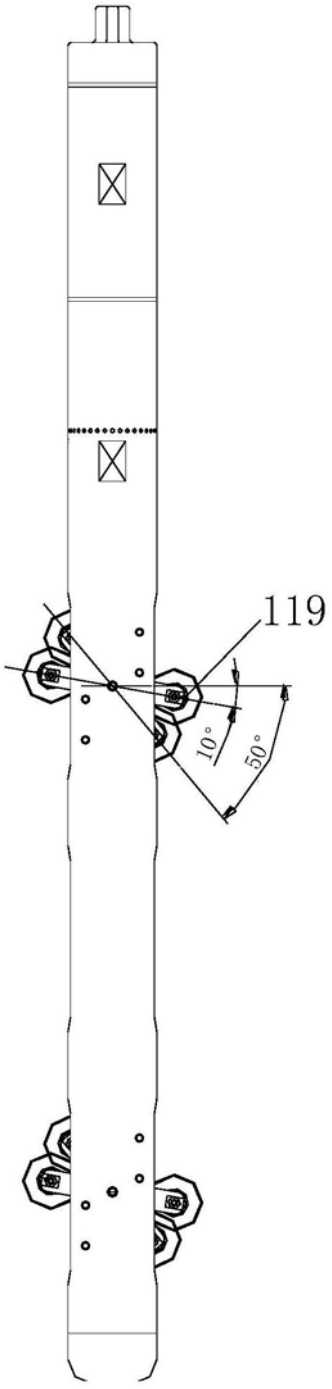


图6

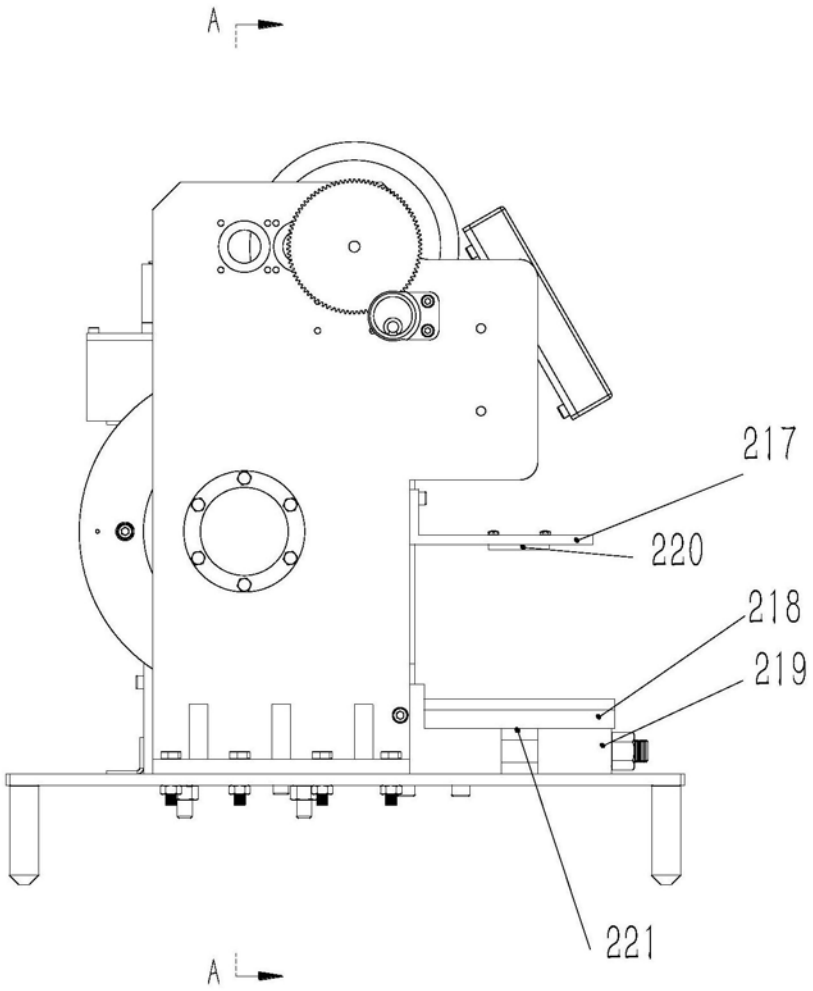


图7

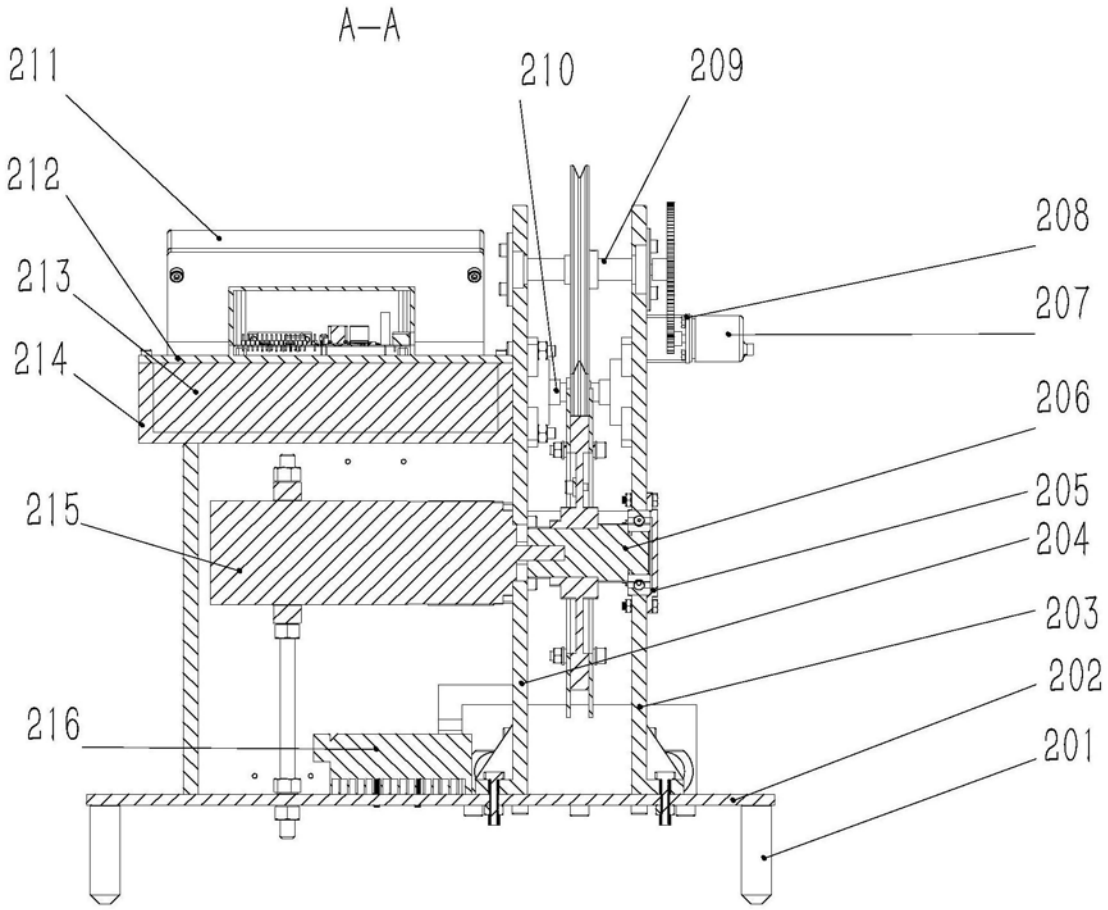

A-A
211
210
209
212
208
213
207
214
206
205
215
204
203
202
216
201

图8

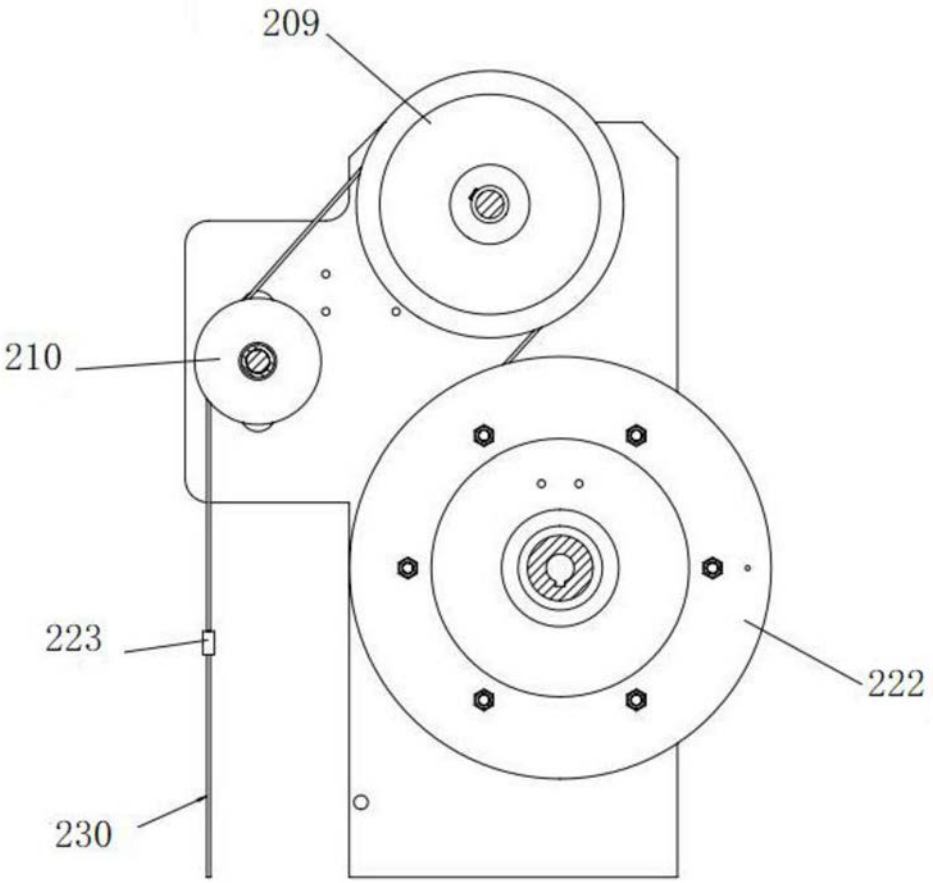


图9

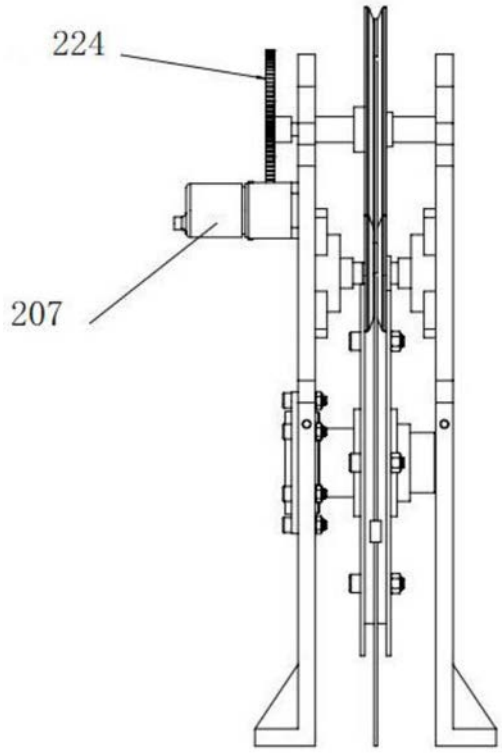


图10